
PostgreSQL 7.1.3 手册

PostgreSQL 全球开发组

翻译：冯若航¹，Pigsty 项目组²

版权 © 1996-2001 PostgreSQL 全球开发组

法律声明

PostgreSQL 版权所有 © 1996-2001，归 PostgreSQL 全球开发组所有，并按照下文所述加利福尼亚大学的许可条款分发。

Postgres95 版权所有 © 1994-5，归加利福尼亚大学董事会所有。

特此授权，可为任何目的使用、复制、修改和分发本软件及其文档，无需付费，也无需书面协议，但条件是所有副本中都必须包含上述版权声明、本段以及后续两段内容。

在任何情况下，加利福尼亚大学都不对任何一方承担因使用本软件及其文档而产生的任何直接、间接、特殊、附带或后果性损害赔偿责任，包括利润损失，即使加利福尼亚大学已被告知此类损害发生的可能性。

加利福尼亚大学明确不作任何担保，包括但不限于适销性和特定用途适用性的默示担保。本协议项下提供的软件按"原样"提供，加利福尼亚大学没有义务提供维护、支持、更新、增强或修改。

¹<https://vonng.com>

²<https://pigsty.cc>

目录

PostgreSQL 7.1.3 教程	ix
1. SQL	1
1.1. 关系数据模型	1
1.2. 关系数据模型的形式化定义	2
1.3. 关系数据模型中的操作	3
1.4. SQL 语言	6
2. 体系结构	19
2.1. Postgres 体系结构概念	19
3. 从头开始	20
3.1. 设置你的环境	20
3.2. 启动交互式监控器 (psql)	20
3.3. 管理数据库	21
4. 查询语言	24
4.1. 交互式监视器	24
4.2. 概念	24
4.3. 创建新表	24
4.4. 向表中填充行	25
4.5. 查询表	25
4.6. 重定向 SELECT 查询	26
4.7. 表之间的连接	26
4.8. 更新	27
4.9. 删除	27
4.10. 使用聚合函数	27
5. Postgres SQL 的高级特性	29
5.1. 继承	29
5.2. 非原子值	30
5.3. 更多高级特性	31
PostgreSQL 7.1.3 用户指南	xxxii
前言	xxxix
1. 什么是PostgreSQL?	xxxix
2. Postgres简史	xxxix
3. 文档资源	xli
4. 术语和记法	xlvi
5. 缺陷报告指南	xlvi
6. Y2K 声明	xlvi
1. SQL 语法	1
1.1. 词法结构	1
1.2. 列	5
1.3. 值表达式	6
1.4. 词法优先级	7
2. 查询	9
2.1. 表表达式	9
2.2. 选择列表	14
2.3. 组合查询	15
2.4. 行排序	15
2.5. LIMIT 和 OFFSET	16
3. 数据类型	17
3.1. 数字类型	18
3.2. 货币类型	19
3.3. 字符类型	19
3.4. 日期/时间类型	20
3.5. 布尔类型	25
3.6. 几何类型	26
3.7. 网络地址数据类型	28
3.8. 位串类型	29

4. 函数和操作符	31
4.1. 逻辑操作符	31
4.2. 比较操作符	31
4.3. 数学函数和操作符	32
4.4. 字符串函数和操作符	36
4.5. 模式匹配	39
4.6. 格式化函数	42
4.7. 日期/时间函数	46
4.8. 几何函数和操作符	52
4.9. 网络地址类型函数	54
4.10. 条件表达式	56
4.11. 杂项函数	57
4.12. 聚合函数	58
5. 类型转换	60
5.1. 概述	60
5.2. 操作符	61
5.3. 函数	63
5.4. 查询目标	65
5.5. UNION 和 CASE 结构	66
6. 数组	68
7. 索引	71
7.1. 简介	71
7.2. 索引类型	71
7.3. 多列索引	72
7.4. 唯一索引	73
7.5. 函数索引	73
7.6. 操作符类	73
7.7. 键	74
7.8. 部分索引	75
8. 继承	76
9. 多版本并发控制	79
9.1. 介绍	79
9.2. 事务隔离	79
9.3. 读已提交隔离级别	79
9.4. 可串行化隔离级别	80
9.5. 应用级别的数据一致性检查	80
9.6. 锁与表	81
9.7. 锁与索引	82
10. 管理数据库	83
10.1. 数据库创建	83
10.2. 备选数据库位置	83
10.3. 访问数据库	84
10.4. 删除数据库	85
11. 性能提示	86
11.1. 使用EXPLAIN	86
11.2. 用显式 JOIN 控制规划器	88
11.3. 填充一个数据库	89
A. 日期/时间支持	91
A.1. 时区	91
A.2. 历法的历史	94
B. SQL 关键字	96
参考书目	109
PostgreSQL 7.1.3 管理员指南	cxi
1. 安装说明	1
1.1. 简短版本	1
1.2. 需求	1
1.3. 获取源代码	2
1.4. 如果你是在升级	2

1.5. 安装过程	3
1.6. 安装后设置	8
1.7. 受支持的平台	8
2. 在 Windows 上安装	13
3. 服务器运行时环境	14
3.1. Postgres 用户账户	14
3.2. 创建数据库集簇	14
3.3. 启动数据库服务器	15
3.4. 运行时配置	17
3.5. 管理内核资源	24
3.6. 关闭服务器	29
3.7. 使用 SSL 的安全 TCP/IP 连接	29
3.8. 使用 SSH 隧道的安全 TCP/IP 连接	30
4. 客户端认证	31
4.1. pg_hba.conf 文件	31
4.2. 认证方法	34
4.3. 认证问题	36
5. 本地化	37
5.1. 区域支持	37
5.2. 多字节支持	38
5.3. 单字节字符集重编码	44
6. 管理数据库	45
6.1. 创建数据库	45
6.2. 访问数据库	46
6.3. 删除数据库	47
7. 数据库用户和权限	48
7.1. 数据库用户	48
7.2. 组	48
7.3. 权限	49
7.4. 函数和触发器	49
8. 备份与恢复	50
8.1. SQL 转储	50
8.2. 文件系统级别的备份	52
8.3. 版本间的迁移	53
9. 预写式日志 (WAL)	54
9.1. 总体描述	54
9.2. 实现	55
9.3. WAL 配置	55
10. 磁盘存储	57
11. 数据库恢复	58
12. 回归测试	59
12.1. 测试结果评估	60
12.2. 平台相关的比较文件	62
A. 发布说明	63
A.1. 版本 7.1.3	63
A.2. 版本 7.1.2	63
A.3. 版本 7.1.1	64
A.4. 版本 7.1	64
A.5. 版本 7.0.3	68
A.6. 版本 7.0.2	69
A.7. 版本 7.0.1	69
A.8. 版本 7.0	70
A.9. 版本 6.5.3	77
A.10. 版本 6.5.2	77
A.11. 版本 6.5.1	78
A.12. 版本 6.5	79
A.13. 版本 6.4.2	83
A.14. 版本 6.4.1	83

A.15. 版本 6.4	84
A.16. 版本 6.3.2	88
A.17. 版本 6.3.1	89
A.18. 版本 6.3	90
A.19. 版本 6.2.1	94
A.20. 版本 6.2	95
A.21. 版本 6.1.1	97
A.22. 版本 6.1	98
A.23. 版本 6.0	100
A.24. 版本 1.09	102
A.25. 版本 1.02	102
A.26. 版本 1.01	104
A.27. 版本 1.0	106
A.28. Postgres95 版本 0.03	107
A.29. Postgres95 版本 0.02	109
A.30. Postgres95版本 0.01	110
A.31. 计时结果	110
PostgreSQL 7.1.3 程序员指南	cxii
组织结构	cxx
I. 客户端接口	1
1. libpq - C 库	4
2. 大对象	28
3. libpq++ - C++ 绑定库	36
4. pgsql - TCL 绑定库	43
5. libpqeasy - 简化 C 库	63
6. ecpg - C 中的嵌入式 SQL	64
7. ODBC 接口	73
8. JDBC 接口	79
9. PyGreSQL - Python 接口	114
10. Lisp 编程接口	166
II. 服务器编程	167
11. 体系结构	170
12. 扩展 SQL: 概览	173
13. 扩展 SQL: 函数	176
14. 扩展 SQL: 类型	191
15. 扩展 SQL: 操作符	193
16. 扩展 SQL: 聚合	198
17. Postgres 规则系统	199
18. 索引扩展接口	220
19. 索引代价估计函数	225
20. GiST 索引	228
21. 触发器	229
22. 服务器编程接口	236
III. 过程语言	260
23. 过程语言	262
24. PL/pgSQL - SQL 过程语言	264
25. PL/Tcl - TCL 过程语言	290
26. PL/Perl - Perl 过程语言	295
PostgreSQL 7.1.3 参考手册	ccxcvii
I. SQL 命令	302
ABORT	304
ALTER GROUP	305
ALTER TABLE	306
ALTER USER	309
BEGIN	311
CHECKPOINT	313
CLOSE	314
CLUSTER	315

COMMENT	317
COMMIT	319
COPY	320
CREATE AGGREGATE	325
CREATE CONSTRAINT TRIGGER	327
CREATE DATABASE	328
CREATE FUNCTION	331
CREATE GROUP	335
CREATE INDEX	336
CREATE LANGUAGE	339
CREATE OPERATOR	342
CREATE RULE	346
CREATE SEQUENCE	348
CREATE TABLE	351
CREATE TABLE AS	368
CREATE TRIGGER	369
CREATE TYPE	371
CREATE USER	374
CREATE VIEW	376
DECLARE	378
DELETE	380
DROP AGGREGATE	382
DROP DATABASE	383
DROP FUNCTION	385
DROP GROUP	387
DROP INDEX	388
DROP LANGUAGE	389
DROP OPERATOR	390
DROP RULE	392
DROP SEQUENCE	393
DROP TABLE	394
DROP TRIGGER	396
DROP TYPE	397
DROP USER	398
DROP VIEW	399
END	401
EXPLAIN	402
FETCH	404
GRANT	407
INSERT	410
LISTEN	412
LOAD	414
LOCK	416
Merge	420
NOTIFY	421
REINDEX	423
RESET	425
REVOKE	426
ROLLBACK	429
SELECT	430
SELECT INTO	439
SET	441
SET CONSTRAINTS	444
SET TRANSACTION	445
SHOW	446
TRUNCATE	447
UNLISTEN	448
UPDATE	450

VACUUM	452
II. PostgreSQL 客户端应用	454
createdb	455
createuser	457
dropdb	459
dropuser	461
ecpg	463
pgaccess	467
pgadmin	469
pg_config	470
pg_dump	471
pg_dumpall	475
pg_restore	477
psql	482
pgtclsh	501
pgtksh	502
vacuumdb	503
III. PostgreSQL 服务器应用	505
createlang	506
droplang	508
initdb	510
initlocation	512
ipcclean	513
pg_ctl	514
pg_passwd	517
postgres	518
postmaster	521
PostgreSQL 7.1.3 开发人员指南	dxv
1. Postgres 源代码	1
1.1. 格式	1
2. PostgreSQL 内部概述	2
2.1. 查询的路径	2
2.2. 连接是如何建立的	2
2.3. 解析器阶段	3
2.4. Postgres 规则系统	4
2.5. 规划器/优化器	5
2.6. 执行器	6
3. 系统目录	8
3.1. Overview	8
3.2. pg_aggregate	8
3.3. pg_attrdef	9
3.4. pg_attribute	9
3.5. pg_class	11
3.6. pg_database	12
3.7. pg_description	13
3.8. pg_group	13
3.9. pg_index	13
3.10. pg_inherits	14
3.11. pg_language	14
3.12. pg_operator	15
3.13. pg_proc	15
3.14. pg_relcheck	16
3.15. pg_shadow	16
3.16. pg_type	17
4. 前端/后端协议	20
4.1. Overview	20
4.2. Protocol	20
4.3. 消息数据类型	24

4.4. 消息格式	25
5. gcc 默认优化	32
6. BKI 后端接口	33
6.1. BKI 文件格式	33
6.2. BKI 命令	33
6.3. 示例	34
7. 页文件	35
8. 遗传查询优化	36
8.1. 将查询处理看成是一个复杂的优化问题	36
8.2. 遗传算法 (GA)	36
8.3. Postgres 中的遗传查询优化 (GEQO)	37
DG1. CVS 代码库	39
DG1.1. 通过匿名 CVS 获取源码	39
DG1.2. CVS 树的组织	40
DG1.3. 通过 CVSup 获取源码	41
DG2. 文档	46
DG2.1. DocBook	46
DG2.2. Toolsets	46
DG2.3. 构建文档	49
DG2.4. 文档编写	52

PostgreSQL 7.1.3 教程

PostgreSQL 全球开发组

PostgreSQL 7.1.3 教程

PostgreSQL 全球开发组

版权 © 1996-2001 PostgreSQL 全球开发组

法律声明

PostgreSQL 版权所有 © 1996-2001，归 PostgreSQL 全球开发组所有，并按照下文所述加利福尼亚大学的许可条款分发。

Postgres95 版权所有 © 1994-5，归加利福尼亚大学董事会所有。

特此授权，可为任何目的使用、复制、修改和分发本软件及其文档，无需付费，也无需书面协议，但条件是所有副本中都必须包含上述版权声明、本段以及后续两段内容。

在任何情况下，加利福尼亚大学都不对任何一方承担因使用本软件及其文档而产生的任何直接、间接、特殊、附带或后果性损害赔偿责任，包括利润损失，即使加利福尼亚大学已被告知此类损害发生的可能性。

加利福尼亚大学明确不作任何担保，包括但不限于适销性和特定用途适用性的默示担保。本协议项下提供的软件按"原样"提供，加利福尼亚大学没有义务提供维护、支持、更新、增强或修改。

目录

1. SQL	1
1.1. 关系数据模型	1
1.2. 关系数据模型的形式化定义	2
1.2.1. 域与数据类型	2
1.3. 关系数据模型中的操作	3
1.3.1. 关系代数	3
1.3.2. 关系演算	5
1.3.3. 元组关系演算	5
1.3.4. 关系代数与关系演算	5
1.4. SQL 语言	6
1.4.1. Select	6
1.4.2. 数据定义	14
1.4.3. 数据操纵	16
1.4.4. 系统目录	17
1.4.5. 嵌入式 SQL	17
2. 体系结构	19
2.1. Postgres 体系结构概念	19
3. 从头开始	20
3.1. 设置你的环境	20
3.2. 启动交互式监控器 (psql)	20
3.3. 管理数据库	21
3.3.1. 创建数据库	21
3.3.2. 访问数据库	22
3.3.3. 删除数据库	23
4. 查询语言	24
4.1. 交互式监视器	24
4.2. 概念	24
4.3. 创建新表	24
4.4. 向表中填充行	25
4.5. 查询表	25
4.6. 重定向 SELECT 查询	26
4.7. 表之间的连接	26
4.8. 更新	27
4.9. 删除	27
4.10. 使用聚合函数	27
5. Postgres SQL 的高级特性	29
5.1. 继承	29
5.2. 非原子值	30
5.2.1. 数组	30
5.3. 更多高级特性	31

插图清单

2.1. 如何建立一个连接	19
---------------------	----

范例清单

1.1. 供应商与零件数据库	1
1.2. 一个内连接	3
1.3. 一个使用关系代数的查询	5
1.4. 带限定条件的简单查询	6
1.5. 聚合	10
1.6. 聚合	10
1.7. Having	11
1.8. 子选择	12
1.9. FROM 中的子选择	13
1.10. Union, Intersect, Except	13
1.11. 创建表	14
1.12. 创建索引	15

第 1 章 SQL

本章介绍关系数据库背后的数学概念。这不是必读内容，所以如果你觉得陷入困境，或者想直接看一些简单的例子，尽管跳到下一章，等有了更多时间和耐心时再回来。这些内容本来就应该应该是有趣的！

这些材料最初是 Stefan Simkovics 的硕士论文 (Simkovics, 1998) 的一部分。

SQL 已成为最流行的关系查询语言。名称 "SQL" 是 Structured Query Language (结构化查询语言) 的缩写。1974 年, Donald Chamberlin 等人在 IBM 研究院定义了语言 SEQUEL (Structured English Query Language, 结构化英语查询语言)。该语言于 1974-75 年首次在一个名为 SEQUEL-XRM 的 IBM 原型中实现。1976-77 年定义了修订版 SEQUEL, 称为 SEQUEL/2, 随后名称改为 SQL。

1977 年, IBM 开发了一个名为 System R 的新原型。System R 实现了 SEQUEL/2 (即现在的 SQL) 的一个很大的子集, 并且在项目期间对 SQL 做了大量修改。System R 被安装在许多用户站点, 既有 IBM 内部站点, 也有一些选定的客户站点。得益于 System R 在这些用户站点的成功和认可, IBM 开始基于 System R 技术开发实现 SQL 语言的商业产品。

在随后的几年里, IBM 以及其他许多厂商都发布了 SQL 产品, 例如 SQL/DS (IBM)、DB2 (IBM)、ORACLE (Oracle Corp.)、DG/SQL (Data General Corp.) 和 SYBASE (Sybase Inc.)。

SQL 如今也是一个官方标准。1982 年, 美国国家标准协会 (ANSI) 授权其数据库委员会 X3H2 制定标准关系语言的提案。该提案于 1986 年获得批准, 本质上由 SQL 的 IBM 方言构成。1987 年, 这一 ANSI 标准又被国际标准化组织 (ISO) 接受为国际标准。这一最初的标准版本的 SQL 常被非正式地称为 "SQL/86"。1989 年, 原始标准得到扩展, 这一新标准同样常被非正式地称为 "SQL/89"。同样在 1989 年, 还制定了一个相关标准, 称为 Database Language Embedded SQL (ESQL, 数据库语言嵌入式 SQL)。

ISO 和 ANSI 委员会多年来一直在定义一个大幅扩展的原始标准版本, 它被非正式地称为 SQL2 或 SQL/92。该版本于 1992 年底成为批准的标准——"International Standard ISO/IEC 9075:1992, Database Language SQL"。当人们提到 "the SQL standard" (SQL 标准) 时, 通常指的就是 SQL/92。SQL/92 的详细描述见 Date and Darwen, 1997。在撰写本文时, 一个被非正式地称为 SQL3 的新标准正在制定中。计划让 SQL 成为图灵完备的语言, 即所有可计算的查询 (例如递归查询) 都将成为可能。这是一项非常复杂的任务, 因此新标准的完成不会早于 1999 年。

1.1. 关系数据模型

如前所述, SQL 是一种关系语言。也就是说, 它基于 E.F. Codd 于 1970 年首次发表的关系数据模型。我们稍后 (在关系数据模型的形式化定义中) 给出关系模型的形式化描述, 但首先我们想从更直观的角度看一看它。

关系数据库是这样一种数据库: 在它的用户看来, 它是一个表的集合 (而且除了表之外没有别的东西)。表由行和列组成, 每一行代表一条记录, 每一列代表表中记录的一个属性。

供应商与零件数据库展示了一个由三张表组成的数据库示例:

- SUPPLIER 是一张存储供应商编号 (SNO)、名称 (SNAME) 和所在城市 (CITY) 的表。
- PART 是一张存储零件编号 (PNO)、名称 (PNAME) 和价格 (PRICE) 的表。
- SELLS 存储哪个供应商 (SNO) 销售哪个零件 (PNO) 的信息。在某种意义上, 它起着把另外两张表连接起来的作用。

例 1.1. 供应商与零件数据库

SUPPLIER:	SELLS:
SNO SNAME CITY	SNO PNO

1	Smith	London	1	1
2	Jones	Paris	1	2
3	Adams	Vienna	2	4
4	Blake	Rome	3	1
			3	3
			4	2
			4	3
			4	4

PART:

PNO	PNAME	PRICE
1	Screw	10
2	Nut	8
3	Bolt	15
4	Cam	25

表 PART 和 SUPPLIER 可以看作实体，而 SELLS 可以看作特定零件与特定供应商之间的联系。

正如我们稍后将看到的，SQL 就是在刚才定义的这类表上操作的，但在此之前，我们先学习关系模型的理论。

1.2. 关系数据模型的形式化定义

关系模型背后的数学概念是集合论的关系，即一组域的笛卡尔积的子集。

正是这个集合论意义上的关系赋予了该模型名字（不要把它与实体-联系模型中的联系相混淆）。形式上，域只是一个值的集合。

例如整数集合就是一个域。长度为 20 的字符串集合和实数集合也是域的例子。

域 $D_1, D_2, \dots, D_k$ 的笛卡尔积记作 $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_k$ 它是所有 k 元组 $v_1, v_2, \dots, v_k$ 的集合，其中 $v_1 \in D_1, v_2 \in D_2, \dots, v_k \in D_k$ 。

例如，当我们有 $k=2, D_1=\{0,1\}$ 和 $D_2=\{a,b,c\}$ 时， $D_1 \times D_2$ 是 $\{(0,a), (0,b), (0,c), (1,a), (1,b), (1,c)\}$ 。

关系是一个或多个域的笛卡尔积的任意子集： $R \subseteq D_1 \times D_2 \times \dots \times D_k$ 。

例如 $\{(0,a), (0,b), (1,a)\}$ 是一个关系；它实际上是上文提到的 $D_1 \times D_2$ 笛卡尔积的一个子集。

关系的成员称为元组。某个笛卡尔积 $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_k$ 上的每个关系被称为元数为 k ，因而它是 k 元组的一个集合。

关系可以被看作一张表（我们前面已经这样做了，回忆一下供应商与零件数据库），其中每个元组由一行表示，而每一列对应元组的一个分量。给列命名（称为属性）就引出了关系模式的定义。

关系模式 R 是属性的一个有限集 $A_1, A_2, \dots, A_k$ 。对每个属性 A_i ($1 \leq i \leq k$) 都有一个域 D_i ，属性的值即取自该域。我们常把关系模式写成 $R(A_1, A_2, \dots, A_k)$ 。

注意

关系模式只是一种模板，而关系是关系模式的一个实例。
关系由元组组成（因此可以看作一张表）；关系模式则不然。

1.2.1. 域与数据类型

上一节我们经常谈到域。回想一下，形式上域只是一个值的集合（例如整数集或实数集）。在数据库系统的语境中，我们常常谈论数据类型而不是域。定义一张表时，

我们必须决定要包含哪些属性。此外还必须决定属性值将要存储哪种数据。例如，表 SUPPLIER 中 SNAME 的值将是字符串，而 SNO 将存储整数。我们通过为每个属性指定一个数据类型来定义这一点。SNAME 的类型将是 VARCHAR(20)（这是长度 ≤ 20 的字符串的 SQL 类型），SNO 的类型将是 INTEGER。指定数据类型的同时，我们也就为属性选定了一个域。SNAME 的域是所有长度 ≤ 20 的字符串的集合，SNO 的域是所有整数的集合。

1.3. 关系数据模型中的操作

在上一节（关系数据模型的形式化定义）中，我们定义了关系模型的数学概念。

现在我们知道如何用关系数据模型存储数据了，

但还不知道对这些表做些什么才能从数据库中检索内容。

例如有人可能询问销售零件'Screw'的所有供应商的名称。为此，

人们定义了两种相当不同的用于表达关系上操作的记法：

- 关系代数，一种代数记法，查询通过将专门的操作符应用于关系来表达。
- 关系演算，一种逻辑记法，查询通过表述答案中的元组必须满足的某些逻辑限制来表达。

1.3.1. 关系代数

关系代数由 E. F. Codd 于 1972 年提出。它由一组关系上的操作组成：

- SELECT (σ)：从关系中提取满足给定限制的元组。设 R 是一张包含属性 A 的表。 $\sigma_{A=a}(R) = \{t \in R \mid t(A) = a\}$ 其中 t 表示 R 的一个元组，而 $t(A)$ 表示元组 t 的属性 A 的值。
- PROJECT (π)：从关系中提取指定的属性（列）。设 R 是一个包含属性 X 的关系。 $\pi_X(R) = \{t(X) \mid t \in R\}$ ，其中 $t(X)$ 表示元组 t 的属性 X 的值。
- PRODUCT ($\times$)：构建两个关系的笛卡尔积。设 R 是元数为 k_1 的表， S 是元数为 k_2 的表。 $R \times S$ 是所有这样的 $k_1 + k_2$ 元组的集合：其前 k_1 个分量构成 R 中的一个元组，后 k_2 个分量构成 S 中的一个元组。
- UNION ($\cup$)：构建两个表的集合论并集。给定表 R 和 S （两者的元数必须相同），并集 $R \cup S$ 是属于 R 或 S 或两者的元组的集合。
- INTERSECT ($\cap$)：构建两个表的集合论交集。给定表 R 和 S ， $R \cap S$ 是既属于 R 又属于 S 的元组的集合。我们同样要求 R 和 S 元数相同。
- DIFFERENCE ($-$ 或 $\setminus$)：构建两个表的集合差。设 R 和 S 仍是两张元数相同的表。 $R - S$ 是属于 R 但不属于 S 的元组的集合。
- JOIN ($\Join$)：通过公共属性连接两张表。设 R 是具有属性 A 、 B 和 C 的表， S 是具有属性 C 、 D 和 E 的表。两个关系有一个公共属性，即属性 C 。 $R \Join S = \pi_{R.A, R.B, R.C, S.D, S.E}(\sigma_{R.C=S.C}(R \times S))$ 。我们在这里做了什么？首先计算笛卡尔积 $R \times S$ 。然后选出公共属性 C 的值相等的那些元组 ($\sigma_{R.C=S.C}$)。现在我们得到一张包含两次属性 C 的表，再通过投影去掉重复的列来纠正这一点。

例 1.2. 一个内连接

让我们看一看执行连接所需的各个步骤所产生的表。给定下面两张表：

R:	S:
A B C	C D E
---+---+---	---+---+---
1 2 3	3 a b
4 5 6	6 c d
7 8 9	

首先计算笛卡尔积 $R \times S$ ，得到：

R x S:

A	B	R.C	S.C	D	E
1	2	3	3	a	b
1	2	3	6	c	d
4	5	6	3	a	b
4	5	6	6	c	d
7	8	9	3	a	b
7	8	9	6	c	d

经过选择 $\sigma_{R.C=S.C}(R \times S)$ 后，得到：

A	B	R.C	S.C	D	E
1	2	3	3	a	b
4	5	6	6	c	d

为去掉重复的列 S.C，我们用下面的操作把它投影出去： $\pi_{R.A,R.B,R.C,S.D,S.E}(\sigma_{R.C=S.C}(R \times S))$ 并得到：

A	B	C	D	E
1	2	3	a	b
4	5	6	c	d

- **DIVIDE ($\div$)**：设 R 是具有属性 A、B、C、D 的表，S 是具有属性 C 和 D 的表。除法定义为：

$$R \div S = \{t \mid \forall t_s \in S \exists t_r \in R$$

使得 $t_r(A,B)=t \wedge t_r(C,D)=t_s\}$ 其中 $t_r(x,y)$ 表示表 R 中仅由分量 x 和 y 组成的一个元组。注意元组 t 只由关系 R 的分量 A 和 B 组成。

给定下面的表

R:	S:
A B C D	C D
---+---+---+---	---+---
a b c d	c d
a b e f	e f
b c e f	
e d c d	
e d e f	
a b d e	

R $\div$ S 的结果推导为

A B
---+---
a b
e d

关于关系代数更详细的描述和定义，参见 [Ullman, 1988] 或 [Date, 1994]。

例 1.3. 一个使用关系代数的查询

回想一下，我们阐述所有这些关系操作符，是为了能够从数据库中检索数据。让我们回到上一节（关系数据模型中的操作）中的例子：有人想知道销售零件 `Screw` 的所有供应商的名称。使用关系代数，这个问题可以用下面的操作来回答：

```
 $\Pi_{\text{SUPPLIER.SNAME}}(\sigma_{\text{PART.PNAME}='Screw'}(\text{SUPPLIER} \bowtie \text{SELLS} \bowtie \text{PART}))$ 
```

我们把这样的操作称为查询。如果对示例表（供应商与零件数据库）求值上述查询，将得到以下结果：

```
SNAME
-----
Smith
Adams
```

1.3.2. 关系演算

关系演算基于一阶逻辑。关系演算有两种变体：

- 域关系演算（DRC），其中变量代表元组的分量（属性）。
- 元组关系演算（TRC），其中变量代表元组。

我们只想讨论元组关系演算，因为它是大多数关系语言的基石。关于 DRC（以及 TRC）的详细讨论，参见 Date, 1994 或 Ullman, 1988。

1.3.3. 元组关系演算

TRC 中使用的查询具有如下形式：

$$x(A) \mid F(x)$$

其中 x 是元组变量， A 是一个属性集合， F 是一个公式。结果关系由满足 $F(t)$ 的所有元组 $t(A)$ 组成。

如果我们想用 TRC 回答例子一个使用关系代数的查询中的问题，可以表述如下查询：

$$\{x(\text{SNAME}) \mid x \in \text{SUPPLIER} \wedge \exists y \in \text{SELLS} \exists z \in \text{PART} (y(\text{SNO})=x(\text{SNO}) \wedge z(\text{PNO})=y(\text{PNO}) \wedge z(\text{PNAME})='Screw')\}$$

对供应商与零件数据库中的表求值该查询，得到的结果与一个使用关系代数的查询中的相同。

1.3.4. 关系代数与关系演算

关系代数和关系演算具有相同的表达能力；

即所有能用关系代数表达的查询也都能用关系演算表达，反之亦然。这一点最早由 E. F. Codd 于 1972 年证明。该证明基于一个算法（"Codd 归约算法"），通过它可以把关系演算的任意表达式归约为语义等价的关系代数表达式。更详细的讨论参见 Date, 1994 和 Ullman, 1988。

有时人们说，基于关系演算的语言比基于关系代数的语言"层次更高"或"更具声明性"，因为代数（部分地）指定了操作的顺序，而演算把确定最有效求值顺序的工作留给了编译器或解释器。

1.4. SQL 语言

与大多数现代关系语言一样，SQL 基于元组关系演算。因此，每个能用元组关系演算（或者等价地，关系代数）表述的查询也都能用 SQL 表述。不过，SQL 也有一些超出关系代数或演算范围的能力。下面列出 SQL 提供的一些不属于关系代数或演算的附加特性：

- 用于插入、删除或修改数据的命令。
- 算术能力：在 SQL 中可以使用算术运算和比较，例如：

```
A < B + 3.
```

注意 + 或其他算术操作符既不出现在关系代数中，也不出现在关系演算中。

- 赋值和打印命令：可以打印由查询构造出的关系，也可以把计算得到的关系赋给一个关系名。
- 聚合函数：可以对关系的列应用诸如平均值、求和、最大值等操作，以获得单一的量。

1.4.1. Select

SQL 中最常用的命令是用于检索数据的 SELECT 语句。其语法为：

```
SELECT [ ALL | DISTINCT [ ON ( expression [, ...] ) ] ]
      * | expression [ AS output_name ] [, ...]
      [ INTO [ TEMPORARY | TEMP ] [ TABLE ] new_table ]
      [ FROM from_item [, ...] ]
      [ WHERE condition ]
      [ GROUP BY expression [, ...] ]
      [ HAVING condition [, ...] ]
      [ { UNION | INTERSECT | EXCEPT [ ALL ] } select ]
      [ ORDER BY expression [ ASC | DESC | USING operator ] [, ...] ]
      [ FOR UPDATE [ OF class_name [, ...] ] ]
      [ LIMIT { count | ALL } [ { OFFSET | , } start ] ]
```

下面我们将用各种示例来说明 SELECT 语句的复杂语法。示例所用的表定义于供应商与零件数据库。

1.4.1.1. 简单 Select

下面是一些使用 SELECT 语句的简单示例：

例 1.4. 带限定条件的简单查询

要检索表 PART 中属性 PRICE 大于 10 的所有元组，我们写出如下查询：

```
SELECT * FROM PART
      WHERE PRICE > 10;
```

并得到表：

PNO	PNAME	PRICE
3	Bolt	15
4	Cam	25

在 SELECT 语句中使用 "*" 将交付该表的所有属性。如果只想检索表 PART 的属性 PNAME 和 PRICE，我们使用如下语句：

```
SELECT PNAME, PRICE
FROM PART
WHERE PRICE > 10;
```

此时结果为：

PNAME	PRICE
Bolt	15
Cam	25

注意，SQL 的 SELECT 对应于关系代数中的"投影"而不是"选择"（更多细节见关系代数）。

WHERE 子句中的限定条件也可以用关键字 OR、AND 和 NOT 进行逻辑连接：

```
SELECT PNAME, PRICE
FROM PART
WHERE PNAME = 'Bolt' AND
      (PRICE = 0 OR PRICE <= 15);
```

将得到结果：

PNAME	PRICE
Bolt	15

目标列表和 WHERE 子句中可以使用算术运算。例如，如果我们想知道取一个零件的两件要花多少钱，可以用如下查询：

```
SELECT PNAME, PRICE * 2 AS DOUBLE
FROM PART
WHERE PRICE * 2 < 50;
```

我们得到：

PNAME	DOUBLE
Screw	20
Nut	16
Bolt	30

注意，关键字 AS 之后的单词 DOUBLE 是第二列的新标题。此技术可用于目标列表的每个元素，为结果列指派新标题。这个新标题通常称为别名。别名不能在查询的其余部分中使用。

1.4.1.2. 连接

下面的示例演示了SQL中如何实现连接。

要通过公共属性连接 SUPPLIER、PART 和 SELLS 三张表，我们表述如下语句：

```
SELECT S.SNAME, P.PNAME
FROM SUPPLIER S, PART P, SELLS SE
```

```
WHERE S.SNO = SE.SNO AND
      P.PNO = SE.PNO;
```

并得到以下表作为结果：

SNAME	PNAME
Smith	Screw
Smith	Nut
Jones	Cam
Adams	Screw
Adams	Bolt
Blake	Nut
Blake	Bolt
Blake	Cam

在 FROM 子句中，我们为每个关系引入了一个别名，因为这些关系之间存在同名属性（SNO 和 PNO）。现在只需在属性名前加上别名和一个点号，就可以区分这些同名属性。连接的计算方式与一个内连接中所示的相同。首先导出笛卡尔积 SUPPLIER × PART × SELLS 然后只选出满足 WHERE 子句所给条件的元组（即同名属性必须相等）。最后把除 S.SNAME 和 P.PNAME 之外的所有列都投影出去。

执行连接的另一种方式是使用 SQL 的 JOIN 语法，如下所示：

```
select sname, pname from supplier
      JOIN sells USING (sno)
      JOIN part USING (pno);
```

同样得到：

sname	pname
Smith	Screw
Adams	Screw
Smith	Nut
Blake	Nut
Adams	Bolt
Blake	Bolt
Jones	Cam
Blake	Cam

(8 rows)

使用 JOIN 语法创建的连接表是出现在 FROM 子句中、并且位于任何 WHERE、GROUP BY 或 HAVING 子句之前的表引用列表项。其他表引用（包括表名或其他 JOIN 子句）只要用逗号分隔，也可以包含在 FROM 子句中。连接表在逻辑上与 FROM 子句中列出的其他任何表一样。

SQL 的 JOIN 分为两大类型：CROSS JOIN（非限定连接）和限定 JOIN。限定连接还可以进一步按连接条件的指定方式（ON、USING 或 NATURAL）以及应用方式（INNER 或 OUTER 连接）细分。

连接类型

CROSS JOIN

```
{ T1 } CROSS JOIN { T2 }
```

交叉连接取分别有 N 行和 M 行的两张表 T1 和 T2，返回包含所有 N*M 种可能连接行的连接表。对 T1 的每一行 R1，T2 的每一行 R2 都与 R1 连接，产生由 R1 和 R2 的所有字段组成的连接表行 JR。CROSS JOIN 等价于 INNER JOIN ON TRUE。

限定 JOIN

```
{ T1 } [ NATURAL ] [ [ INNER ] | [ { LEFT | RIGHT | FULL } [ OUTER ] ] ] JOIN { T2 } [ [ ON  
search condition ] | [ USING ( join column list ) ] ]
```

限定 JOIN 必须通过给出 NATURAL、ON 或 USING 三者之一（且仅一者）来指定其连接条件。ON 子句接受一个 *search condition*（搜索条件），它与 WHERE 子句中的相同。USING 子句接受一个逗号分隔的列名列表，这些列是两张被连接表所共有的，连接在这些列相等的基础上进行。NATURAL 是 USING 子句的简写形式，它列出两张表所有公共列名。USING 和 NATURAL 都有一个副作用：每个被连接列只有一份副本会输出到结果表中（对比前面给出的 JOIN 的关系代数定义）。

[INNER] JOIN

对 T1 的每一行 R1，连接表都为 T2 中满足与 R1 的连接条件的每一行各包含一行。

提示

对所有 JOIN 而言，单词 INNER 和 OUTER 都是可选的。INNER 是默认值。LEFT、RIGHT 和 FULL 意味着 OUTER JOIN。

LEFT [OUTER] JOIN

首先执行 INNER JOIN。然后，对 T1 中不满足与 T2 任何行的连接条件的每一行，额外返回一个连接行，其来自 T2 的列为空值。

提示

连接表无条件地为 T1 的每一行各包含一行。

RIGHT [OUTER] JOIN

首先执行 INNER JOIN。然后，对 T2 中不满足与 T1 任何行的连接条件的每一行，额外返回一个连接行，其来自 T1 的列为空值。

提示

连接表无条件地为 T2 的每一行各包含一行。

FULL [OUTER] JOIN

首先执行 INNER JOIN。然后，对 T1 中不满足与 T2 任何行的连接条件的每一行，额外返回一个连接行，其来自 T2 的列为空值。同样，对 T2 中不满足与 T1 任何行的连接条件的每一行，额外返回一个连接行，其来自 T1 的列为空值。

提示

连接表无条件地为 T1 的每一行和 T2 的每一行各包含一行。

所有类型的 JOIN 都可以串联或嵌套在一起，*T1* 和 *T2* 之一或两者都可以是连接表。可以在 JOIN 子句周围使用圆括号来控制 JOIN 的顺序，否则 JOIN 按从左到右的顺序处理。

1.4.1.3. 聚合函数

SQL 提供聚合运算符（例如 AVG、COUNT、SUM、MIN、MAX），它们接受一个表达式作为参数。该表达式在满足 WHERE 子句的每一行上求值，聚合运算符就在这组输入值上计算。通常，一个聚合为整个 SELECT 语句交付单个结果。但如果查询中指定了分组，则会对每个组的行分别计算，每个组交付一个聚合结果（见下一节）。

例 1.5. 聚合

如果我们想知道表 PART 中所有零件的平均价格，使用以下查询：

```
SELECT AVG(PRICE) AS AVG_PRICE
FROM PART;
```

结果是：

```
AVG_PRICE
-----
14.5
```

如果我们想知道表 PART 中定义了多少个零件，使用语句：

```
SELECT COUNT(PNO)
FROM PART;
```

并得到：

```
COUNT
-----
4
```

1.4.1.4. 按组聚合

SQL 允许把表的元组划分成组。然后就可以把上面描述的聚合运算符应用到这些组上——即聚合运算符的值不再是对指定列的所有值计算，而是对一个组的所有值计算。这样，聚合运算符会对每个组分别求值。

把元组划分成组的工作通过关键字 GROUP BY 后跟定义组的属性列表来完成。如果有 GROUP BY $A_1, \dots, A_k$ ，我们就把关系划分为若干组，使得两个元组处于同一组当且仅当它们在所有属性 $A_1, \dots, A_k$ 上都一致。

例 1.6. 聚合

如果我们想知道每个供应商销售多少个零件，可以表述如下查询：

```
SELECT S.SNO, S.SNAME, COUNT(SE.PNO)
FROM SUPPLIER S, SELLS SE
WHERE S.SNO = SE.SNO
GROUP BY S.SNO, S.SNAME;
```

并得到：

```
SNO | SNAME | COUNT
-----+-----+-----
```

1		Smith		2
2		Jones		1
3		Adams		2
4		Blake		3

现在来看看这里发生了什么。首先导出表 SUPPLIER 和 SELLS 的连接：

S.SNO		S.SNAME		SE.PNO
1		Smith		1
1		Smith		2
2		Jones		4
3		Adams		1
3		Adams		3
4		Blake		2
4		Blake		3
4		Blake		4

接下来，把在 S.SNO 和 S.SNAME 两个属性上都一致的元组放在一起，将元组划分为组：

S.SNO		S.SNAME		SE.PNO
1		Smith		1
				2
2		Jones		4
3		Adams		1
				3
4		Blake		2
				3
				4

在我们的例子中得到了四个组，现在可以对每个组应用聚合函数 COUNT，从而得到上面给出的查询最终结果。

注意，要让一个使用 GROUP BY 和聚合函数的查询有意义，目标列表只能直接引用被分组的那些属性。其他属性只能用在聚合函数的参数内部。否则，其他属性就无法关联到一个唯一的值。

还要注意，请求聚合的聚合（例如 AVG(MAX(sno))）是没有意义的，因为 SELECT 只做一轮分组和聚合。你可以通过临时表或 FROM 子句中的子 SELECT 完成第一级聚合来得到这类结果。

1.4.1.5. Having

HAVING 子句的作用与 WHERE 子句很像，用于只考虑满足 HAVING 子句中限定条件的那些组。本质上，WHERE 在分组和聚合之前过滤掉不需要的输入行，而 HAVING 在 GROUP 之后过滤掉不需要的组行。因此，WHERE 不能引用聚合函数的结果。另一方面，写不涉及聚合函数的 HAVING 条件毫无意义！如果你的条件不涉及聚合，不妨直接把它写进 WHERE，从而避免为反正要丢弃的组计算聚合。

例 1.7. Having

如果我们只想要销售多于一个零件的供应商，我们使用如下查询：


```

SELECT S.SNO, S.SNAME, COUNT(SE.PNO)
  FROM SUPPLIER S, SELLS SE
 WHERE S.SNO = SE.SNO
 GROUP BY S.SNO, S.SNAME
 HAVING COUNT(SE.PNO) > 1;

```

并得到：

SNO	SNAME	COUNT
1	Smith	2
3	Adams	2
4	Blake	3

1.4.1.6. 子查询

在 WHERE 和 HAVING 子句中，凡是期望一个值的地方都允许使用子查询（子 SELECT）。此时该值必须先通过求值子查询得出。子查询的使用扩展了 SQL 的表达能力。

例 1.8. 子选择

如果我们想知道所有比名为 'Screw' 的零件价格更高的零件，我们使用如下查询：

```

SELECT *
  FROM PART
 WHERE PRICE > (SELECT PRICE FROM PART
                 WHERE PNAME='Screw');

```

结果是：

PNO	PNAME	PRICE
3	Bolt	15
4	Cam	25

观察上面的查询可以看到关键字 SELECT 出现了两次。第一次在查询的开头——我们称之为外层 SELECT——另一次在 WHERE 子句中，它开始一个嵌套查询——我们称之为内层 SELECT。对外层 SELECT 的每个元组，都必须求值内层 SELECT。每次求值后我们就知道了名为 'Screw' 的元组的价格，从而可以检查当前元组的价格是否更大。（实际上在本例中，内层查询只需求值一次，因为它不依赖外层查询的状态。）

如果我们想知道没有销售任何零件的供应商（例如，以便能从数据库中删除这些供应商），使用：

```

SELECT *
  FROM SUPPLIER S
 WHERE NOT EXISTS
    (SELECT * FROM SELLS SE
     WHERE SE.SNO = S.SNO);

```

在本例中结果将为空，因为每个供应商都至少销售一个零件。注意我们在内层 SELECT 的 WHERE 子句中使用了来自外层 SELECT 的 S.SNO。这里子查询必须对外层查询的每个元组重新求值，即 S.SNO 的值总是取自外层 SELECT 的当前元组。

1.4.1.7. FROM 中的子查询

使用子查询的一种略有不同的方式是把它们放到 FROM 子句中。这是一个有用的特性，因为这种子查询可以输出多列多行，而用在表达式中的子查询必须只给出单个结果。它还让我们无需借助临时表就能进行不止一轮的分组/聚合。

例 1.9. FROM 中的子选择

如果我们想知道所有供应商中最高的平均零件价格，不能写成 `MAX(AVG(PRICE))`，但可以写成：

```
SELECT MAX(subtable.avgprice)
      FROM (SELECT AVG(P.PRICE) AS avgprice
            FROM SUPPLIER S, PART P, SELLS SE
            WHERE S.SNO = SE.SNO AND
                  P.PNO = SE.PNO
            GROUP BY S.SNO) subtable;
```

子查询为每个供应商返回一行（因为它有 GROUP BY），然后我们在外层查询中对这些行进行聚合。

1.4.1.8. Union, Intersect, Except

这些操作计算两个子查询所得元组的并集、交集和集合论差。

例 1.10. Union, Intersect, Except

下面的查询是 UNION 的例子：

```
SELECT S.SNO, S.SNAME, S.CITY
      FROM SUPPLIER S
      WHERE S.SNAME = 'Jones'
UNION
      SELECT S.SNO, S.SNAME, S.CITY
      FROM SUPPLIER S
      WHERE S.SNAME = 'Adams';
```

给出结果：

SNO	SNAME	CITY
2	Jones	Paris
3	Adams	Vienna

下面是 INTERSECT 的例子：

```
SELECT S.SNO, S.SNAME, S.CITY
      FROM SUPPLIER S
      WHERE S.SNO > 1
INTERSECT
      SELECT S.SNO, S.SNAME, S.CITY
      FROM SUPPLIER S
      WHERE S.SNO < 3;
```

给出结果：

SNO	SNAME	CITY
-----	-------	------

```
-----+-----+-----
2 | Jones | Paris
```

查询两部分都返回的唯一元组是 SNO=2 的那一个。

最后是 EXCEPT 的例子：

```
SELECT S.SNO, S.SNAME, S.CITY
  FROM SUPPLIER S
 WHERE S.SNO > 1
EXCEPT
  SELECT S.SNO, S.SNAME, S.CITY
  FROM SUPPLIER S
 WHERE S.SNO > 3;
```

给出结果：

```

SNO | SNAME | CITY
-----+-----+-----
2  | Jones | Paris
3  | Adams | Vienna
```

1.4.2. 数据定义

SQL 语言中包含一组用于数据定义的命令。

1.4.2.1. 创建表

数据定义最基本的命令是创建新关系（新表）的命令。CREATE TABLE 命令的语法为：

```
CREATE TABLE table_name
  (name_of_attr_1 type_of_attr_1
    [, name_of_attr_2 type_of_attr_2
    [, ...]]);
```

例 1.11. 创建表

要创建供应商与零件数据库中定义的表，使用以下 SQL 语句：

```
CREATE TABLE SUPPLIER
  (SNO    INTEGER,
   SNAME  VARCHAR(20),
   CITY   VARCHAR(20));

CREATE TABLE PART
  (PNO    INTEGER,
   PNAME  VARCHAR(20),
   PRICE  DECIMAL(4 , 2));

CREATE TABLE SELLS
  (SNO    INTEGER,
   PNO    INTEGER);
```

1.4.2.2. SQL 中的数据类型

下面是 SQL 支持的一些数据类型的列表：

- INTEGER：有符号全字二进制整数（31 位精度）。
- SMALLINT：有符号半字二进制整数（15 位精度）。
- DECIMAL(p,q)：有符号压缩十进制数，最多 p 位数字，其中小数点右边有 q 位数字。如果省略 q ，则假定为 0。
- FLOAT：有符号双字浮点数。
- CHAR(n)：长度为 n 的定长字符串。
- VARCHAR(n)：最大长度为 n 的变长字符串。

1.4.2.3. 创建索引

索引用来加快对关系的访问。如果关系 R 在属性 A 上有一个索引，那么检索所有满足 $t(A) = a$ 的元组 t 时，所需时间大致与这类元组 t 的数量成正比，而不再与 R 的大小成正比。

要在 SQL 中创建索引，使用 CREATE INDEX 命令。其语法为：

```
CREATE INDEX index_name
    ON table_name ( name_of_attribute );
```

例 1.12. 创建索引

要在关系 SUPPLIER 的属性 SNAME 上创建名为 I 的索引，使用以下语句：

```
CREATE INDEX I ON SUPPLIER (SNAME);
```

创建的索引会被自动维护，即每当有新元组插入关系 SUPPLIER 时，索引 I 都会随之调整。注意，存在索引时用户能察觉到的唯一变化是 SELECT 的速度提高和更新的速度降低。

1.4.2.4. 创建视图

视图可以被看作一张虚拟表，即一张在数据库中并不物理存在、但在用户看来好像存在的表。相比之下，当我们谈论基表时，表的每一行在物理存储中的某处确实有一个物理存储的对应物。

视图没有自己的、物理上独立、可区分的存储数据。

系统只是把视图的定义（即如何访问物理存储的基表以物化该视图的规则）存储在系统目录的某个地方（见系统目录）。关于实现视图的不同技术的讨论，参见 SIM98。

在 SQL 中使用 CREATE VIEW 命令定义视图。语法为：

```
CREATE VIEW view_name
    AS select_stmt
```

其中 *select_stmt* 是一个如 Select 中所定义的有效 select 语句。注意，创建视图时并不执行 *select_stmt*，它只是被存储在系统目录中，每当对视图进行查询时才被执行。

给定下面的视图定义（我们再次使用供应商与零件数据库中的表）：

```
CREATE VIEW London_Suppliers
    AS SELECT S.SNAME, P.PNAME
```

```
FROM SUPPLIER S, PART P, SELLS SE
WHERE S.SNO = SE.SNO AND
      P.PNO = SE.PNO AND
      S.CITY = 'London';
```

现在我们就可以像使用另一张基表一样使用这个虚拟关系 London_Suppliers:

```
SELECT * FROM London_Suppliers
WHERE PNAME = 'Screw';
```

它将返回以下表:

```
SNAME | PNAME
-----+-----
Smith | Screw
```

为了计算这个结果, 数据库系统必须先隐蔽地访问基表 SUPPLIER、SELLS 和 PART。它通过对这些基表执行视图定义中给出的查询来完成这一步。之后, 再应用 (针对视图的查询中给出的) 附加限定条件, 即可得到结果表。

1.4.2.5. Drop Table、Drop Index、Drop View

要销毁一个表 (包括该表中存储的所有元组), 使用 DROP TABLE 命令:

```
DROP TABLE table_name;
```

要销毁 SUPPLIER 表, 使用以下语句:

```
DROP TABLE SUPPLIER;
```

要销毁一个索引, 使用 DROP INDEX 命令:

```
DROP INDEX index_name;
```

最后, 要销毁一个给定的视图, 使用命令 DROP VIEW:

```
DROP VIEW view_name;
```

1.4.3. 数据操纵

1.4.3.1. Insert Into

一旦创建了表 (见创建表), 就可以用 INSERT INTO 命令向其中填入元组。语法为:

```
INSERT INTO table_name (name_of_attr_1
                        [, name_of_attr_2 [, ...]])
VALUES (val_attr_1 [, val_attr_2 [, ...]]);
```

要向关系 SUPPLIER (来自供应商与零件数据库) 插入第一个元组, 使用以下语句:

```
INSERT INTO SUPPLIER (SNO, SNAME, CITY)
VALUES (1, 'Smith', 'London');
```

要向关系 SELLS 插入第一个元组，使用：

```
INSERT INTO SELLS (SNO, PNO)
VALUES (1, 1);
```

1.4.3.2. Update

要更改关系中元组的一个或多个属性值，使用 UPDATE 命令。其语法为：

```
UPDATE table_name
SET name_of_attr_1 = value_1
    [, ... [, name_of_attr_k = value_k]]
WHERE condition;
```

要修改关系 PART 中零件'Screw'的属性 PRICE 的值，使用：

```
UPDATE PART
SET PRICE = 15
WHERE PNAME = 'Screw';
```

名为'Screw'的元组的属性 PRICE 的新值现在是 15。

1.4.3.3. Delete

要从特定的表中删除元组，使用 DELETE FROM 命令。语法为：

```
DELETE FROM table_name
WHERE condition;
```

要删除表 SUPPLIER 中名为'Smith'的供应商，使用以下语句：

```
DELETE FROM SUPPLIER
WHERE SNAME = 'Smith';
```

1.4.4. 系统目录

在每个 SQL 数据库系统中，都使用系统目录来记录数据库中定义了哪些表、视图、索引等。这些系统目录可以像普通关系一样被查询。例如，有一个用于视图定义的目录，该目录存储视图定义中的查询。每当对视图进行查询时，系统首先从目录中取出视图定义查询并物化该视图，然后再继续处理用户的查询（更详细的描述见 Simkovics, 1998）。关于系统目录的更多信息，参见 Date, 1994。

1.4.5. 嵌入式 SQL

本节将概述如何把 SQL 嵌入到宿主语言（例如 C）中。我们想从宿主语言中使用 SQL 有两个主要原因：

- 有些查询无法用纯 SQL 表述（即递归查询）。要能够执行这类查询，我们需要一种表达能力比 SQL 更强的宿主语言。
- 我们只是想从用宿主语言编写的应用程序访问数据库（例如，一个带图形用户界面的订票系统用 C 编写，而关于还剩哪些票的信息存储在可以用嵌入式 SQL 访问的数据库中）。

在宿主语言中使用嵌入式 SQL 的程序由宿主语言的语句和嵌入式 SQL (ESQL) 语句组成。每条 ESQL 语句都以关键字 `EXEC SQL` 开头。ESQL 语句由预编译器转换成宿主语言的语句（预编译器通常会插入对库例程的调用，由这些例程执行各种 SQL 命令）。

纵观Select中的示例可以意识到，查询的结果常常是一个元组的集合。而大多数宿主语言并非为操作集合而设计，因此我们需要一种机制来访问 `SELECT` 语句返回的元组集合中的每一个元组。这一机制可以通过声明一个游标来提供。之后我们就可以用 `FETCH` 命令检索一个元组并把游标移到下一个元组。

关于嵌入式 SQL 的详细讨论，参见 Date and Darwen, 1997、Date, 1994 或 Ullman, 1988。

第 2 章 体系结构

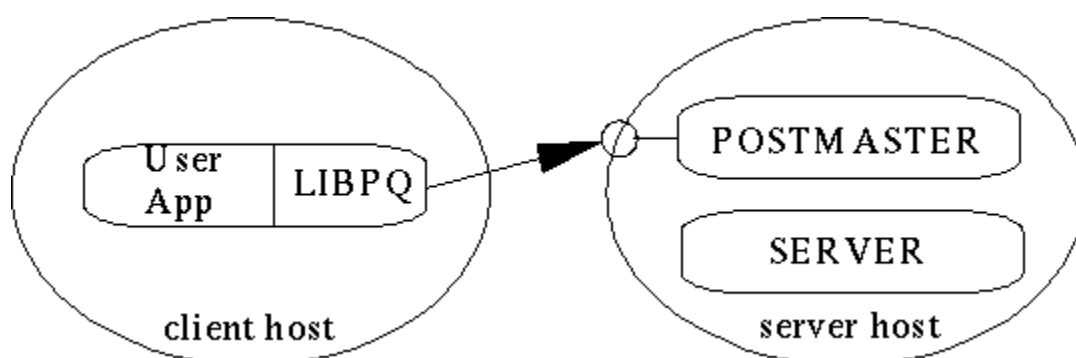
2.1. Postgres 体系结构概念

在我们开始之前，你应当理解基本的 Postgres 系统体系结构。理解 Postgres 的各个部分如何交互将使下一章更容易理解。用数据库术语来说，Postgres 使用一种简单的 "每用户一进程" 客户端/服务器模型。一个 Postgres 会话由下列相互协作的 Unix 进程（程序）组成：

- 一个监管守护进程（postmaster），
- 用户的前端应用（例如 psql 程序），以及
- 一个或多个后端数据库服务器（postgres 进程本身）。

一个 postmaster 管理单个主机上一个给定的数据库集合。这样的数据库集合称为一个（数据库）集群。希望访问集群内某个给定数据库的前端应用对库进行调用。库通过网络把用户请求发送给 postmaster（图 2.1），后者转而启动一个新的后端服务器进程

图 2.1. 如何建立一个连接



并把前端进程连接到新的服务器。从那时起，前端进程和后端服务器进行通信而无需 postmaster 干预。因此，postmaster 总是在运行，等待请求，而前端和后端进程则来来去去。

libpq 库允许单个前端建立到多个后端进程的连接。但是，前端应用仍然是单线程进程。目前 libpq 不支持多线程的前端/后端连接。这种体系结构的一个含义是 postmaster 和后端总是在同一台机器（数据库服务器）上运行，而前端应用可以运行在任何地方。

你应当牢记这一点，因为在客户机上可以访问的文件在数据库服务器机器上可能无法访问（或者只能用不同的文件名访问）。

你还应当知道，postmaster 和 postgres 服务器以 Postgres "超级用户" 的用户 ID 运行。注意 Postgres 超级用户并不非得是特殊用户（例如名为 "postgres" 的用户）。而且，Postgres 超级用户绝对不应当是 Unix 超级用户 ("root")！任何情况下，与某个数据库相关的所有文件都应当属于这个 Postgres 超级用户。

第 3 章 从头开始

新用户如何开始使用 Postgres。

使用 Postgres 所需的一些步骤可以由任何 Postgres 用户执行，而另一些必须由站点数据库管理员完成。站点管理员是安装软件、创建数据库目录并启动 postmaster 进程的人。这个人不必是 Unix 超级用户 ("root") 或计算机系统管理员；任何人都可以在没有任何特殊账户或权限的情况下安装和使用 Postgres。

如果你要自己安装 Postgres，请参阅管理员指南中的安装说明，安装完成后再回到本指南。

在本手册中，任何以字符 "%" 开头的示例都是应当在 Unix shell 提示符下键入的命令。以字符 "*" 开头的示例是 Postgres 查询语言 Postgres SQL 中的命令。

3.1. 设置你的环境

本节讨论如何设置你自己的环境，以便使用前端应用。我们假定 Postgres 已经成功安装并启动；关于如何安装 Postgres，请参阅管理员指南和安装说明。

Postgres 是一个客户端/服务器应用。作为用户，你只需要访问安装中的客户端部分（客户端应用的一个例子是交互式监控器 psql）。为简单起见，我们假定 Postgres 安装在目录 /usr/local/pgsql 中。因此，凡是看到目录 /usr/local/pgsql 之处，你都应该把它替换为 Postgres 实际安装的目录名。所有 Postgres 命令都安装在目录 /usr/local/pgsql/bin 中。因此，你应当把这个目录加入你的 shell 命令路径。如果你使用 Berkeley C shell 的变体（如 csh 或 tcsh），可以在你家目录的 .login 文件中加入

```
% set path = ( /usr/local/pgsql/bin path )
```

。如果你使用 Bourne shell 的变体（如 sh、ksh 或 bash），则应当把

```
% PATH=/usr/local/pgsql/bin:$PATH
% export PATH
```

加入你家目录的 .profile 文件。从现在起，我们假定你已把 Postgres 的 bin 目录加入了路径。此外，本文档会频繁提到“设置 shell 变量”或“设置环境变量”。如果你没有完全理解上一段关于修改搜索路径的内容，应当先查阅描述你所用的 shell 的 Unix 手册页，然后再继续。

如果你的站点管理员没有按默认方式完成设置，你可能还需要做一些额外工作。例如，如果数据库服务器所在的机器是远程机器，你就需要把 PGHOST 环境变量设置为数据库服务器机器的名称。环境变量 PGPORT 也可能需要设置。归根结底就是：如果你试着启动某个应用程序，而它抱怨无法连接到 postmaster，你应当立即咨询站点管理员，以确保你的环境已正确设置。

3.2. 启动交互式监控器（psql）

假定你的站点管理员已正确启动 postmaster 进程并授权你使用数据库，你（作为用户）就可以开始启动应用了。如前所述，你应当把 /usr/local/pgsql/bin 加入你的 shell 搜索路径。在大多数情况下，这就是你在准备方面需要做的全部工作。

支持两种不同风格的连接。站点管理员或者选择允许 TCP/IP 网络连接，或者把数据库访问限制为仅本地（同机）套接字连接。如果你在连接数据库时遇到问题，这些选择就变得重要了，因为你需要确认自己选择的是被允许的连接选项。

如果你从某个 Postgres 命令（如 psql 或 createdb）得到下面的错误消息：

```
% psql template1
psql: connectDBStart() -- connect() failed: No such file or
directory
    Is the postmaster running locally
    and accepting connections on Unix socket '/tmp/.s.PGSQL.
5432'?
```

或者

```
% psql -h localhost template1
psql: PQconnectPoll() -- connect() failed: Connection refused
    Is the postmaster running (with -i) at 'localhost'
    and accepting connections on TCP/IP port 5432?
```

通常是因为

- postmaster 没有在运行，或者
- 你试图连接到错误的服务器主机。

如果你得到下面的错误消息：

```
FATAL 1:Feb 17 23:19:55:process userid (2360) != database owner (
268)
```

这表示站点管理员以错误的用户身份启动了 postmaster。让他以 Postgres 超级用户身份重新启动它。

3.3. 管理数据库

既然 Postgres 已经启动并运行，我们可以创建一些数据库来做实验。这里我们描述管理数据库的基本命令。

大多数 Postgres 应用假定，如果没有指定数据库名，它就与你的计算机账户名相同。

如果你的数据库管理员在设置你的账户时没有给它创建数据库的权限，那么她应当已经告诉你你的数据库名是什么。如果是这种情况，你可以跳过关于创建和删除数据库的小节。

3.3.1. 创建数据库

比如说你想创建一个名为 mydb 的数据库。你可以用下面的命令完成：

```
% createdb mydb
```

如果你没有创建数据库所需的权限，你会看到：

```
% createdb mydb
NOTICE:user "your username" is not allowed to create/destroy
databases
createdb: database creation failed on mydb.
```

Postgres 允许你在一个给定站点上创建任意数量的数据库，并且你会自动成为你所创建数据库的数据库管理员。数据库名必须以字母开头，长度限制为 32 个字符。并非每个用户都有成

为数据库管理员的授权。如果 Postgres 拒绝为你创建数据库，那么站点管理员需要授予你创建数据库的权限。如果发生这种情况，请咨询你的站点管理员。

3.3.2. 访问数据库

构建好数据库后，你可以通过以下方式访问它：

- 运行 Postgres 终端监控器程序（如 psql），它允许你交互式地输入、编辑并执行 SQL 命令。
- 使用现有的原生前端工具，如 pgaccess 或 ApplixWare（通过 ODBC）来创建和操作数据库。
- 使用带有 Postgres 受支持接口的语言（如 perl 或 tcl）。其中一些语言还有方便而强大的 GUI 工具包，可以帮助你构建自定义应用。上面提到的 pgaccess 就是这样一种用 tk/tcl 编写的应用，可以用作示例。
- 用 C 语言编写使用 LIBPQ 子例程库的程序。这允许你从 C 提交 SQL 命令，并把答案和状态消息返回给你的程序。这个接口在 PostgreSQL 程序员指南中进一步讨论。

你可能想启动 psql 来试一下本手册中的示例。为 mydb 数据库启动它只需键入命令：

```
% psql mydb
```

你会看到下面的欢迎消息：

```
Welcome to the POSTGRES SQL interactive sql monitor:
Please read the file COPYRIGHT for copyright terms of POSTGRES SQL

type \? for help on slash commands
type \q to quit
type \g or terminate with semicolon to execute query
You are currently connected to the database: template1

mydb=>
```

这个提示符表示终端监控器正在等待你的输入，你可以把 SQL 查询键入由终端监控器维护的工作区中。psql 程序会响应以反斜杠字符 "\" 开头的转义码。例如，键入下面的命令可以得到各种 Postgres SQL 命令语法的帮助：

```
mydb=> \h
```

把查询输入工作区后，你可以通过键入下面的命令把工作区的内容传递给 Postgres 服务器：

```
mydb=> \g
```

这会告诉服务器处理该查询。如果你用分号终止查询，则不需要 "\g"。psql 会自动处理以分号终止的查询。要从文件（比如 myFile）读取查询而不是交互式输入，键入：

```
mydb=> \i fileName
```

要退出 psql 并返回 Unix，键入

```
mydb=> \q
```

这样 psql 就会退出并返回到命令 shell。（要了解更多转义码，在监控器提示符下键入 \h。）在 SQL 查询中可以自由使用空白（即空格、制表符和换行符）。单行注释用 "--" 表示。从双划线到行尾的所有内容都会被忽略。多行注释和行内注释用 "/* ... */" 表示。

3.3.3. 删除数据库

如果你是数据库 mydb 的数据库管理员，你可以用下面的 Unix 命令删除它：

```
% dropdb mydb
```

这个操作会从物理上删除与该数据库关联的所有 Unix 文件，而且无法撤销，因此务必三思而后行。

第 4 章 查询语言

Postgres 查询语言是 SQL 标准的一个变种。它对 SQL 有许多扩展，例如可扩展的类型系统、继承、函数和产生式规则。这些都是从最初的 Postgres 查询语言 PostQuel 继承下来的特性。本节概述如何使用 Postgres SQL 执行简单的操作。本手册只是让你对我们这种风格的 SQL 有个概念，绝不是 SQL 的完整教程。关于 SQL92 已有许多著作，包括 Melton and Simon, 1993 和 Date and Darwen, 1997。你应当知道，某些语言特性是对标准的扩展。

4.1. 交互式监视器

在后面的例子中，我们假设你已按上一小节的说明创建了 mydb 数据库并启动了 psql。本手册中的例子也可以在源码发行包的 `src/tutorial/` 目录中找到。如何使用它们请参考该目录下的 README 文件。要开始教程，请执行以下操作：

```
$cd .../src/tutorial$psql -s mydbWelcome to the POSTGRESQL
interactive sql monitor:
Please read the file COPYRIGHT for copyright terms of POSTGRESQL

type \? for help on slash commands
type \q to quit
type \g or terminate with semicolon to execute query
You are currently connected to the database: postgresmydb=>\i
basics.sql
```

`\i` 命令从指定的文件中读入查询。`-s` 选项让你进入单步模式，它会在把查询发送给后端之前暂停。本节使用的查询在文件 `basics.sql` 中。

psql 有多种用于显示系统信息的 `\d` 命令。更多细节请查阅这些命令；要查看列表，请在 psql 提示符下输入 `\?`。

4.2. 概念

Postgres 中的基本概念是表，它是一组有名字的行。每行都有相同的命名列集合，每列都有特定的类型。此外，每行都有一个永久的对象标识符（OID），它在整个数据库集簇中唯一。历史上，表在 Postgres 中一直被称为类（class），行被称为对象实例，列被称为属性。考虑到数据库系统的面向对象方面，这样说是合理的，但在本手册中我们将使用习惯的 SQL 术语。如前所述，表被组织成数据库，而由单个 postmaster 进程管理的一组数据库构成一个数据库集簇。

4.3. 创建新表

你可以通过指定表名以及各列的列名和类型来创建一个新表：

```
CREATE TABLE weather (
    city          varchar(80),
    temp_lo       int,           -- low temperature
    temp_hi       int,           -- high temperature
    prcp          real,         -- precipitation
    date          date
);
```

注意关键字和标识符都不区分大小写；标识符可以用双引号括起来以保留大小写，这是 SQL92 所允许的。Postgres 的 SQL 支持常见的 SQL 类型 `int`、`float`、`real`、`smallint`、`char(N)`、`varchar(N)`、`date`、`time` 和 `timestamp`，还有其他一些通用类型以及一套丰富的几何类型。我们后面会看到，Postgres 可以用任意数量的用户自定义数

据类型来定制。因此，类型名不是语法上的关键字，除非为了支持 SQL92 标准中的特殊情形所必需。到目前为止，Postgres 的 `CREATE` 命令看上去与传统关系系统中建表的命令完全一样。但我们马上就会看到，表还有一些性质是对关系模型的扩展。

4.4. 向表中填充行

`INSERT` 语句用于向表中填充行：

```
INSERT INTO weather VALUES ('San Francisco', 46, 50, 0.25, '1994-11-27');
```

你也可以用 `COPY` 从平面 (ASCII) 文件装载大量数据。这通常更快，因为数据是作为单个原子事务直接读写目标表的。例如：

```
COPY weather FROM '/home/user/weather.txt' USING DELIMITERS '|';
```

其中源文件的路径名必须是后端服务器机器（而不是客户端）能访问到的，因为文件是由后端服务器直接读取的。

4.5. 查询表

`weather` 表可以用普通的关系选择和投影查询来查询。这由 `SQL` 的 `SELECT` 语句完成。该语句分为目标列表（列出要返回的列的部分）和限定条件（指定任何限制的部分）两部分。例如，要检索 `weather` 的所有行，输入：

```
SELECT * FROM weather;
```

输出应该是：

city	temp_lo	temp_hi	prcp	date
San Francisco	46	50	0.25	1994-11-27
San Francisco	43	57	0	1994-11-29
Hayward	37	54		1994-11-29

你可以在目标列表中指定任意表达式。例如：

```
SELECT city, (temp_hi+temp_lo)/2 AS temp_avg, date FROM weather;
```

查询的限定条件中允许使用任意布尔运算符 (`AND`、`OR` 和 `NOT`)。例如，

```
SELECT * FROM weather
WHERE city = 'San Francisco'
AND prcp > 0.0;
```

结果为：

city	temp_lo	temp_hi	prcp	date
San Francisco	46	50	0.25	1994-11-27

最后提一句，你可以指定选择的结果按排序顺序返回，或者去掉重复的行。

```
SELECT DISTINCT city
FROM weather
ORDER BY city;
```

4.6. 重定向 SELECT 查询

任何 SELECT 查询都可以重定向到一个新表：

```
SELECT * INTO TABLE temp FROM weather;
```

这构成一条隐式的 CREATE 命令，用 SELECT INTO 命令目标列表中指定的列名和类型创建新表 temp。当然，之后我们可以像对其他表一样对结果表执行任何操作。

4.7. 表之间的连接

到目前为止，我们的查询一次只访问一个表。查询可以同时访问多个表，也可以用让表的多个行同时被处理的方式访问同一个表。一次访问同一张表或多张表多行的查询称为连接查询。举个例子，假设我们希望找出所有位于其他记录温度范围之内的记录。实际上，我们需要把每个 WEATHER 行的 temp_lo 和 temp_hi 列与所有其他 WEATHER 行的 temp_lo 和 temp_hi 列进行比较。

注意

这只是一个概念模型。实际的连接可能以更高效的方式执行，但这对用户是不可见的。

我们可以用下面的查询做到：

```
SELECT W1.city, W1.temp_lo AS low, W1.temp_hi AS high,
       W2.city, W2.temp_lo AS low, W2.temp_hi AS high
FROM weather W1, weather W2
WHERE W1.temp_lo < W2.temp_lo
AND W1.temp_hi > W2.temp_hi;
```

city	low	high	city	low	high
San Francisco	43	57	San Francisco	46	50
San Francisco	37	54	San Francisco	46	50

注意

这种连接的语义是：限定条件是针对查询中所指各表的笛卡尔积定义的一个真值表达式。对于笛卡尔积中使限定条件为真的那些行，Postgres 计算并返回目标列表中指定的值。Postgres 的 SQL 不对此类表达式中的重复值赋予任何意义。这意味着 Postgres 有时会多次重复计算同一目标列表；当布尔表达式用 "or" 连接时经常出现这种情况。要去掉这样的重复，必须使用 SELECT DISTINCT 语句。

在这个例子中，w1 和 w2 都是表 weather 中某一行的替身，二者都遍历该表的所有行。（用大多数数据库系统的术语说，w1 和 w2 被称为范围变量。）查询可以包含任意数量的表名和替身。

4.8. 更新

你可以用 `UPDATE` 命令更新现有的行。假设你发现从 11 月 28 日起所有温度读数都偏了 2 度，你可以这样更新数据：

```
UPDATE weather
    SET temp_hi = temp_hi - 2,    temp_lo = temp_lo - 2
    WHERE date > '1994-11-28';
```

4.9. 删除

删除是用 `DELETE` 命令执行的：

```
DELETE FROM weather WHERE city = 'Hayward';
```

所有属于 Hayward 的天气记录都被删除了。对如下形式的查询应当保持警惕

```
DELETE FROM tablename;
```

没有限定条件时，`DELETE` 会直接删除给定表中的所有行，使其变空。系统在此之前不会请求确认。

4.10. 使用聚合函数

与大多数其他关系数据库产品一样，PostgreSQL 支持聚合函数。聚合函数从多个输入行计算出单个结果。例如，有一些聚合可以计算一组行的 `count`（计数）、`sum`（求和）、`avg`（平均值）、`max`（最大值）和 `min`（最小值）。

理解聚合与 SQL 的 `WHERE` 和 `HAVING` 子句之间的交互很重要。`WHERE` 与 `HAVING` 的根本区别在于：`WHERE` 在分组和聚合计算之前选择输入行（因此它控制哪些行进入聚合计算），而 `HAVING` 在分组和聚合计算之后选择分组行。因此，`WHERE` 子句不得包含聚合函数；试图用聚合来决定哪些行作为聚合的输入是没有意义的。另一方面，`HAVING` 子句总是包含聚合函数。（严格说来，你也可以写不使用聚合的 `HAVING` 子句，但那是浪费；同样的条件放在 `WHERE` 阶段会更高效。）

例如，我们可以用下面的语句找出所有记录中最低温度读数的最高值：

```
SELECT max(temp_lo) FROM weather;
```

如果我们想知道这个读数出现在哪个（哪些）城市，我们可能会试试

```
SELECT city FROM weather WHERE temp_lo = max(temp_lo);
```

但这行不通，因为聚合 `max` 不能用在 `WHERE` 中。不过，正如常见的情况，可以把查询改写成另一种形式来达到想要的结果，这里用的是子选择：

```
SELECT city FROM weather
    WHERE temp_lo = (SELECT max(temp_lo) FROM weather);
```

这样是可以的，因为子选择是一个独立的计算，它独立于外层选择所做的事情计算自己的聚合。

聚合与 `GROUP BY` 子句结合使用也非常有用。例如，我们可以用下面的语句得到每个城市观测到的最低温度的最大值：


```
SELECT city, max(temp_lo)
  FROM weather
 GROUP BY city;
```

这会为每个城市输出一行。我们可以用 `HAVING` 过滤这些分好组的行：

```
SELECT city, max(temp_lo)
  FROM weather
 GROUP BY city
HAVING min(temp_lo) < 0;
```

这只会对那些有零下读数的城市给出相同的结果。最后，如果我们只关心名字以 "P" 开头的城市，可以这样写：

```
SELECT city, max(temp_lo)
  FROM weather
 WHERE city like 'P%'
 GROUP BY city
HAVING min(temp_lo) < 0;
```

注意，我们可以把城市名的限制条件放在 `WHERE` 中，因为它不需要聚合。这比把该限制加到 `HAVING` 更高效，因为我们避免了对所有未通过 `WHERE` 检查的行做分组和聚合计算。

第 5 章 Postgres SQL 的高级特性

在介绍了使用 Postgres SQL 访问数据的基础知识之后，我们现在来讨论 Postgres 区别于传统数据管理器的那些特性。这些特性包括继承、时间旅行以及非原子数据值（数组值和集合值属性）。本节的示例也可以在教程目录的 `advance.sql` 中找到。（关于如何使用它，请参阅第 4 章。）

5.1. 继承

让我们创建两个表。`capitals` 表包含也是城市的州首府。自然，`capitals` 表应当从 `cities` 继承。

```
CREATE TABLE cities (  
    name          text,  
    population    real,  
    altitude      int      -- (in ft)  
);  
  
CREATE TABLE capitals (  
    state         char(2)  
) INHERITS (cities);
```

在这种情况下，`capitals` 的一行会从它的父表 `cities` 继承全部列（`name`、`population` 和 `altitude`）。列 `name` 的类型是 `text`，这是 Postgres 内置的一种变长 ASCII 字符串类型。列 `population` 的类型是 `real`，一种单精度浮点数类型。州首府有一个额外的列 `state`，用来表示所在的州。在 Postgres 中，一个表可以从零个或多个其他表继承，而一个查询既可以只引用一个表的所有行，也可以引用一个表及其所有后代的所有行。

注意

继承层次结构是一个有向无环图。

例如，下面的查询会找出所有海拔超过 500 英尺的城市名称，其中包括州首府：

```
SELECT name, altitude  
FROM cities  
WHERE altitude > 500;
```

它返回：

```
+-----+-----+  
|name      | altitude |  
+-----+-----+  
|Las Vegas | 2174     |  
+-----+-----+  
|Mariposa  | 1953     |  
+-----+-----+  
|Madison   | 845      |  
+-----+-----+
```

另一方面，下面的查询会找出所有不是州首府且海拔在 500 英尺或更高的城市：

```
SELECT name, altitude
```

```
FROM ONLY cities
WHERE altitude > 500;
```

```
+-----+-----+
|name      | altitude |
+-----+-----+
|Las Vegas | 2174     |
+-----+-----+
|Mariposa  | 1953     |
+-----+-----+
```

这里，cities 前面的“ONLY”表示该查询应当只在 cities 表上运行，而不包括继承层次中位于 cities 之下的表。我们已经讨论过的许多命令--SELECT、UPDATE 和 DELETE--都支持这种“ONLY”记法。

已废弃

在以前版本的 Postgres 中，默认不访问子表。这被发现容易出错，而且也违反 SQL99。按照旧语法，要获得子表需要在表名后追加“*”。例如

```
SELECT * from cities*;
```

你仍然可以通过追加“*”显式指定扫描子表，也可以通过书写“ONLY”显式指定不扫描子表。但从 7.1 版开始，不带修饰的表名的默认行为是同时扫描其子表，而以前默认不这样做。要得到旧的默认行为，可把配置选项 SQL_Inheritance 设置为 off，例如

```
SET SQL_Inheritance TO OFF;
```

或者在你的 postgresql.conf 文件中加一行。

5.2. 非原子值

关系模型的信条之一是表的列是原子的。Postgres 没有这个限制；列本身可以包含可以从查询语言访问的子值。例如，你可以创建由基本类型构成的数组列。

5.2.1. 数组

Postgres 允许把一行的列定义为定长或变长的多维数组。可以创建任何基本类型或用户定义类型的数组。为了说明它们的用法，我们首先创建一个带有基本类型数组的表。

```
CREATE TABLE SAL_EMP (
    name          text,
    pay_by_quarter integer[],
    schedule      text[][]
);
```

上面的查询会创建一个名为 SAL_EMP 的表，它带有一个 text 字符串 (name)、一个 integer 一维数组 (pay_by_quarter，表示雇员按季度的薪水) 和一个 text 二维数组 (schedule，表示雇员的每周日程)。现在我们做一些 INSERT；注意，向数组追加内容时，我们把值放在花括号内并用逗号分隔。如果你了解 C，这很像初始化结构的语法。

```
INSERT INTO SAL_EMP
VALUES ('Bill',
```

```
'{10000, 10000, 10000, 10000}',
'{"meeting", "lunch"}, {}')';
```

```
INSERT INTO SAL_EMP
VALUES ('Carol',
       '{20000, 25000, 25000, 25000}',
       '{"talk", "consult"}, {"meeting"}');
```

默认情况下, Postgres 对数组使用"从 1 开始"的编号约定--即一个有 n 个元素的数组从 array[1] 开始到 array[n] 结束。现在, 我们可以在 SAL_EMP 上运行一些查询。首先, 我们演示如何一次访问数组的一个元素。下面的查询检索薪水在第二季度发生变化的雇员的姓名:

```
SELECT name
FROM SAL_EMP
WHERE SAL_EMP.pay_by_quarter[1] <>
      SAL_EMP.pay_by_quarter[2];
```

```
+-----+
|name   |
+-----+
|Carol  |
+-----+
```

下面的查询检索所有雇员的第三季度薪水:

```
SELECT SAL_EMP.pay_by_quarter[3] FROM SAL_EMP;
```

```
+-----+
|pay_by_quarter |
+-----+
|10000          |
+-----+
|25000          |
+-----+
```

我们还可以通过为每个下标同时指定上下界来访问数组的任意切片(子数组)。下面的查询检索 Bill 的日程中一周头两天的第一项。

```
SELECT SAL_EMP.schedule[1:2][1:1]
FROM SAL_EMP
WHERE SAL_EMP.name = 'Bill';
```

```
+-----+
|schedule      |
+-----+
|{"meeting"}, {""} |
+-----+
```

5.3. 更多高级特性

Postgres 还有许多特性是这个面向 SQL 新用户的入门教程中没有涉及的。这些特性在用户指南和程序员指南中有更详细的讨论。

PostgreSQL 7.1.3 用户指南

PostgreSQL 全球开发组

PostgreSQL 7.1.3 用户指南

PostgreSQL 全球开发组

版权 © 1996-2001 PostgreSQL 全球开发组

法律声明

PostgreSQL 版权所有 © 1996-2001，归 PostgreSQL 全球开发组所有，并按照下文所述加利福尼亚大学的许可条款分发。

Postgres95 版权所有 © 1994-5，归加利福尼亚大学董事会所有。

特此授权，可为任何目的使用、复制、修改和分发本软件及其文档，无需付费，也无需书面协议，但条件是所有副本中都必须包含上述版权声明、本段以及后续两段内容。

在任何情况下，加利福尼亚大学都不对任何一方承担因使用本软件及其文档而产生的任何直接、间接、特殊、附带或后果性损害赔偿责任，包括利润损失，即使加利福尼亚大学已被告知此类损害发生的可能性。

加利福尼亚大学明确不作任何担保，包括但不限于适销性和特定用途适用性的默示担保。本协议项下提供的软件按"原样"提供，加利福尼亚大学没有义务提供维护、支持、更新、增强或修改。

目录

前言	xxxix
1. 什么是PostgreSQL?	xxxix
2. Postgres简史	xxxix
2.1. 伯克利 Postgres 项目	xxxix
2.2. Postgres95	xl
2.3. PostgreSQL	xl
3. 文档资源	xli
4. 术语和记法	xlII
5. 缺陷报告指南	xlII
5.1. 识别缺陷	xlIII
5.2. 报告哪些内容	xlIII
5.3. 到哪里报告缺陷	xlIV
6. Y2K 声明	xlV
1. SQL 语法	1
1.1. 词法结构	1
1.1.1. 标识符和关键词	1
1.1.2. 常量	2
1.1.3. 操作符	4
1.1.4. 特殊字符	4
1.1.5. 注释	5
1.2. 列	5
1.3. 值表达式	6
1.3.1. 列引用	6
1.3.2. 位置参数	7
1.3.3. 函数调用	7
1.3.4. 聚合表达式	7
1.4. 词法优先级	7
2. 查询	9
2.1. 表表达式	9
2.1.1. FROM 子句	9
2.1.2. WHERE 子句	12
2.1.3. GROUP BY 和 HAVING 子句	13
2.2. 选择列表	14
2.2.1. 列标签	14
2.2.2. DISTINCT	15
2.3. 组合查询	15
2.4. 行排序	15
2.5. LIMIT 和 OFFSET	16
3. 数据类型	17
3.1. 数字类型	18
3.1.1. serial 类型	18
3.2. 货币类型	19
3.3. 字符类型	19
3.4. 日期/时间类型	20
3.4.1. 日期/时间输入	20
3.4.2. 日期/时间输出	23
3.4.3. 时区	24
3.4.4. 内部实现	25
3.5. 布尔类型	25
3.6. 几何类型	26
3.6.1. 点	26
3.6.2. 线段	26
3.6.3. 方框	27
3.6.4. 路径	27
3.6.5. 多边形	27

3.6.6. 圆	28
3.7. 网络地址数据类型	28
3.7.1. inet	28
3.7.2. cidr	29
3.7.3. inet vs cidr	29
3.7.4. macaddr	29
3.8. 位串类型	29
4. 函数和操作符	31
4.1. 逻辑操作符	31
4.2. 比较操作符	31
4.3. 数学函数和操作符	32
4.4. 字符串函数和操作符	36
4.5. 模式匹配	39
4.5.1. 使用 LIKE 进行模式匹配	39
4.5.2. POSIX正则表达式	40
4.6. 格式化函数	42
4.7. 日期/时间函数	46
4.7.1. EXTRACT, date_part	48
4.7.2. date_trunc	50
4.7.3. 当前日期/时间	51
4.8. 几何函数和操作符	52
4.9. 网络地址类型函数	54
4.10. 条件表达式	56
4.11. 杂项函数	57
4.12. 聚合函数	58
5. 类型转换	60
5.1. 概述	60
5.1.1. 指南	61
5.2. 操作符	61
5.2.1. 示例	62
5.3. 函数	63
5.3.1. 示例	64
5.4. 查询目标	65
5.4.1. 示例	65
5.5. UNION 和 CASE 结构	66
5.5.1. 示例	66
6. 数组	68
7. 索引	71
7.1. 简介	71
7.2. 索引类型	71
7.3. 多列索引	72
7.4. 唯一索引	73
7.5. 函数索引	73
7.6. 操作符类	73
7.7. 键	74
7.8. 部分索引	75
8. 继承	76
9. 多版本并发控制	79
9.1. 介绍	79
9.2. 事务隔离	79
9.3. 读已提交隔离级别	79
9.4. 可串行化隔离级别	80
9.5. 应用级别的数据一致性检查	80
9.6. 锁与表	81
9.6.1. 表级锁	81
9.6.2. 行级锁	82
9.7. 锁与索引	82

10. 管理数据库	83
10.1. 数据库创建	83
10.2. 备选数据库位置	83
10.3. 访问数据库	84
10.4. 删除数据库	85
11. 性能提示	86
11.1. 使用EXPLAIN	86
11.2. 用显式 JOIN 控制规划器	88
11.3. 填充一个数据库	89
11.3.1. 禁用 Auto-commit	89
11.3.2. 使用 COPY FROM	90
11.3.3. 移除索引	90
A. 日期/时间支持	91
A.1. 时区	91
A.1.1. 澳大利亚时区	92
A.1.2. 日期/时间输入解释	93
A.2. 历法的历史	94
B. SQL 关键字	96
参考书目	109

表格清单

1.1. 操作符优先级（递减）	8
3.1. 数据类型	17
3.2. 数字类型	18
3.3. 货币类型	19
3.4. 字符类型	19
3.5. 特殊字符类型	20
3.6. 日期/时间类型	20
3.7. 日期输入	21
3.8. 月份缩写	21
3.9. 星期缩写	21
3.10. 时间输入	22
3.11. 带时区的时间输入	22
3.12. 时区输入	22
3.13. 特殊日期/时间常量	23
3.14. 日期/时间输出风格	23
3.15. 日期顺序习惯	24
3.16. 几何类型	26
3.17. 网络地址数据类型	28
3.18. cidr 类型输入示例	29
4.1. 比较操作符	31
4.2. 数学操作符	32
4.3. 位串二进制操作符	33
4.4. 数学函数	33
4.5. 三角函数	35
4.6. SQL字符串函数和操作符	36
4.7. 其他字符串函数	37
4.8. 正则表达式匹配操作符	40
4.9. 格式化函数	42
4.10. 用于日期/时间转换的模板模式	42
4.11. 用于日期/时间转换的模板模式修饰符	43
4.12. 用于数值转换的模板模式	44
4.13. to_char 示例	45
4.14. 日期/时间函数	46
4.15. 几何操作符	52
4.16. 几何函数	53
4.17. 几何类型转换函数	53
4.18. cidr 和 inet 操作符	54
4.19. cidr 和 inet 函数	54
4.20. macaddr 函数	55
4.21. 杂项函数	57
4.22. 聚合函数	58
9.1. 隔离级别	79
A.1. 时区	91
A.2. 澳大利亚时区	92
B.1. SQL 关键字	96

范例清单

3.1. 使用boolean类型	25
------------------------	----

前言

1. 什么是PostgreSQL?

PostgreSQL是一个对象-关系数据库管理系统（ORDBMS），它基于加州大学伯克利分校计算机科学系开发的 POSTGRES, Version 4.2¹。POSTGRES项目由 Michael Stonebraker 教授领导，得到了国防高级研究计划局（DARPA）、陆军研究办公室（ARO）、国家自然科学基金会（NSF）以及 ESL 公司的赞助。

PostgreSQL是这一原始伯克利代码的开源后代。它提供 SQL92/SQL99 语言支持和其他现代特性。

POSTGRES开创的许多对象-关系概念如今才在一些商业数据库中变得可用。传统的关系数据库管理系统（RDBMS）支持的数据模型由一组命名的关系组成，关系中包含特定类型的属性。在当前的商业系统中，可用的类型包括浮点数、整数、字符串、货币和日期。人们普遍认识到，这个模型对于未来的数据处理应用是不够的。关系模型之所以能够成功地取代以前的模型，部分原因在于它的“斯巴达式的简洁”。然而，如前所述，这种简洁性常使某些应用的实现变得非常困难。Postgres通过以下面这种方式纳入下列附加概念，提供了可观的额外能力，使用户可以轻松地扩展系统：

- 继承
- 数据类型
- 函数

其他特性提供了额外的能力和灵活性：

- 约束
- 触发器
- 规则
- 事务完整性

这些特性使Postgres属于被称为对象-关系的数据库类别。注意，这不同于那些被称为面向对象的数据库，后者通常不太适合支持传统的关系数据库语言。因此，尽管 Postgres有一些面向对象的特性，它仍然坚定地站在关系数据库的世界中。事实上，一些商业数据库最近纳入了Postgres开创的特性。

2. Postgres简史

如今名为 Postgres（并曾短暂称为 Postgres95）的对象关系数据库管理系统，源自加州大学伯克利分校编写的 Postgres 软件包。经过十多年的发展，Postgres 已成为当今任何地方都能获得的最先进的开源数据库，它提供多版本并发控制，支持几乎所有 SQL 结构（包括子查询、事务以及用户定义的类型和函数），并有广泛的语言绑定可用（包括 C、C++、Java、Perl、Tcl 和 Python）。

2.1. 伯克利 Postgres 项目

Postgres DBMS 的实现始于 1986 年。该系统的最初概念见于 The Design of Postgres，而最初数据模型的定义见于 Rowe and Stonebraker, 1987。当时规则系统的设计见于 The Design of the Postgres Rules System。存储管理器的设计动机和体系结构详见 Stonebraker, 1987。

自那以后，Postgres 经历了几次重大版本发布。第一个“演示版”系统于 1987 年开始运行，并在 1988 年的 ACM-SIGMOD 大会上进行了展示。版本 1 在 The Implementation of Postgres 中有描述，并于 1989 年 6 月发布给少数外部用户。针对第一代规则系统所受到的

¹<http://s2k-ftp.CS.Berkeley.EDU:8000/postgres/postgres.html>

批评 (A Commentary on the Postgres Rules System)，规则系统被重新设计 (On Rules, Procedures, Caching and Views in Database Systems)，版本 2 连同新的规则系统于 1990 年 6 月发布。版本 3 于 1991 年问世，增加了对多个存储管理器的支持、改进后的查询执行器以及重写后的规则系统。此后直到 Postgres95 (见下文) 之前的后续版本，主要聚焦于可移植性和可靠性。

Postgres 被用于实现许多不同的研究和生产应用。这些应用包括金融数据分析系统、喷气发动机性能监测软件包、小行星跟踪数据库、医疗信息数据库以及若干地理信息系统。Postgres 还在多所大学中被用作教学工具。最后，Illustra Information Technologies² (后来并入 Informix³) 接手了这套代码并将其商业化。在 1992 年末，Postgres 成为 Sequoia 2000 科学计算项目⁴ 的主要数据管理器。

1993 年期间，外部用户社区的规模几乎翻了一番。人们越来越清楚地意识到，对原型代码的维护和支持工作占用了大量本应用于数据库研究的时间。为了减轻这一支持负担，该项目在版本 4.2 时正式结束。

2.2. Postgres95

1994 年，Andrew Yu 和 Jolly Chen 为 Postgres 添加了一个 SQL 语言解释器。随后，它以 Postgres95 这一新名称发布到网络上，作为最初的 Postgres 伯克利代码的开源后继者自行发展。

Postgres95 的代码完全采用 ANSI C 编写，并将体积缩减了 25%。许多内部更改提升了性能和可维护性。Postgres95 v1.0.x 版本在 Wisconsin Benchmark 上快了大约 30-50%，比较对象是 Postgres v4.2。除了错误修复之外，这些就是主要的增强：

- 查询语言 Postquel 被 SQL 所取代 (在服务器中实现)。直到 PostgreSQL (见下文) 才支持子查询，但在 Postgres95 中可以用用户定义的 SQL 函数来模拟。聚合函数也得到了重新实现，并增加了对 GROUP BY 查询子句的支持。libpq 接口仍然可用于 C 程序。
- 除了 monitor 程序之外，还提供了一个用于交互式 SQL 查询的新程序 (psql)，它使用了 GNU readline。
- 新增的前端库 libpgtcl 支持基于 Tcl 的客户端。示例 shell pgctlsh 提供了新的 Tcl 命令，用于让 tcl 程序与 Postgres95 服务器交互。
- 大对象接口经过了全面改造。反转大对象成为存储大对象的唯一机制。(反转文件系统已被移除。)
- 实例级规则系统被移除。规则仍然可以作为重写规则使用。
- 源代码中附带了一份简短教程，介绍常规 SQL 特性以及 Postgres95 的特性。
- 构建时使用的是 GNU make (而不是 BSD make)。此外，Postgres95 可以用未经修改的 gcc 编译 (双精度浮点数的数据对齐问题已修复)。

2.3. PostgreSQL

到了 1996 年，很明显 "Postgres95" 这个名字经不起时间的考验。我们选择了一个新名字 PostgreSQL，以体现最初的 Postgres 与后来具备 SQL 能力的版本之间的关系。同时，我们将版本号从 6.0 开始，使编号重新回到最初由伯克利 Postgres 项目开启的序列中。

在开发 Postgres95 期间，重点是识别并理解服务器代码中已有的问题。到了 PostgreSQL 阶段，重点则转向增强特性和能力，不过各个方面的工作仍在继续。

PostgreSQL 中的主要增强包括：

²<http://www.illustra.com/>

³<http://www.informix.com/>

⁴http://www.sdsc.edu/0/Parts_Collabs/S2K/s2k_home.html

- 表级锁已被多版本并发控制取代，它允许读取者在写入者活动期间继续读取一致的数据，并使得在数据库保持可查询的同时，可以用 `pg_dump` 进行热备份。
- 实现了重要的后端特性，包括子查询、默认值、约束和触发器。
- 增加了额外的符合 SQL92 的语言特性，包括主键、带引号的标识符、字面串类型强制转换、类型转换以及二进制和十六进制整数输入。
- 内置类型得到了改进，包括新的大范围日期/时间类型和额外的几何类型支持。
- 后端代码的整体速度提升了大约 20-40%，而且自 6.0 版发布以来，后端启动时间缩短了 80%。

3. 文档资源

本手册集被组织为若干部分：

教程

面向新用户的介绍。不涉及高级特性。

用户指南

记录 SQL 查询语言环境，包括数据类型和函数。

程序员指南

面向应用程序员的高级信息。主题包括类型和函数可扩展性、库接口以及应用设计问题。

管理员指南

安装和服务器管理信息

参考手册

SQL 命令语法以及客户端和服务端程序的参考页

开发者指南

面向 Postgres 开发者的信息。此书面向为 Postgres 项目做贡献的人；应用开发的信息见程序员指南。

除本手册集之外，还有其他资源可以帮助你安装和使用 Postgres：

man 手册页

参考手册的页面采用传统的 Unix man 格式。

FAQs

常见问题（FAQ）列表既记录一般性问题，也记录一些平台特定的问题。

READMEs

某些附带的软件包提供了 README 文件。

网站

PostgreSQL 网站⁵提供最新版本的详细信息、即将推出的特性，以及其他能让你在工作中或日常使用 PostgreSQL 时更加高效的信息。

⁵<http://www.postgresql.org>

邮件列表

`<pgsql-general@postgresql.org>` (archive⁶)

邮件列表是一个让用户问题得到解答的好地方。还有其他可用的邮件列表；详情请参阅 PostgreSQL 网站的 User's Lounge⁷ 栏目。

你自己！

PostgreSQL 是一项开源工作。因此，它的持续支持依赖于用户社区。当你开始使用 PostgreSQL 时，你会依赖他人的帮助——无论是通过文档还是通过邮件列表。请考虑回馈你的知识。如果你学到了文档中没有的东西，把它写出来并贡献回去。如果你给代码添加了特性，也把它们贡献出去。

即使经验不多的人也能为文档提供更正和小改动，而这是一个很好的起点。
`<pgsql-docs@postgresql.org>` (archive⁸) 邮件列表就是开始的地方。

4. 术语和记法

术语“Postgres”和“PostgreSQL”将互换使用，指的是随本文档一同发布的软件。

一般来说，管理员是负责安装和运行服务器的人。用户则是任何正在使用或想要使用 PostgreSQL 系统任一部分的人。这些术语不应解释得过于狭隘；本文档集对系统管理规程没有固定的假定。

通常使用 `/usr/local/pgsql/` 作为安装的根目录，`/usr/local/pgsql/data` 作为存放数据库文件的目录。这些目录在你的站点上可能不同，细节可以在管理员指南中推导得到。

在命令概要中，方括号 (“[”和”]”) 表示可选的短语或关键字。花括号 (“{”和”}”) 中含有竖线 (“|”) 时表示你必须选择其中一个。

示例将展示从不同账户和程序执行的命令。从 Unix shell 执行的命令前可能带有美元符 (“\$”)。从特定用户账户（如 root 或 postgres）执行的命令会特别标出并解释。SQL 命令前可能带有 “=>” 提示符，也可能没有前导提示符，视上下文而定。

注意

在整个文档集中，标记命令的记法并不完全一致。如发现问题请报告给文档邮件列表 `<pgsql-docs@postgresql.org>`。

5. 缺陷报告指南

当你在 PostgreSQL 中发现缺陷时，我们希望得知此事。你的缺陷报告对于提高 PostgreSQL 的可靠性十分重要，因为即使再怎么小心，也无法保证 PostgreSQL 的每一部分都能在每个平台、任何情况下正常工作。

以下建议旨在帮助你组织缺陷报告，以便能够高效处理。没有人必须遵循这些建议，但这样做通常对各方都有好处。

我们无法承诺立刻修复每一个缺陷。如果该缺陷明显、严重，或者影响大量用户，很可能会有人去调查它。也可能我们会让你升级到更新的版本，看看在新版本中是否也会出现同样的缺陷。或者，我们可能会认定，在某些计划中的重大重写完成之前，这个缺陷无法修复。再或者，它只是过于棘手，而当前还有更重要的事情要处理。如果你需要立即获得帮助，请考虑购买商业支持合同。

⁶<http://www.postgresql.org/mhonarc/pgsql-general/>

⁷<http://www.postgresql.org/users-lounge/>

⁸<http://www.postgresql.org/mhonarc/pgsql-docs/>

5.1. 识别缺陷

在报告缺陷之前，请反复阅读文档，以确认你确实可以完成正在尝试做的事情。如果从文档中无法明确看出某件事是否可行，也请报告；那就是文档中的缺陷。如果程序实际做的事情与文档描述不同，那就是缺陷。这可能包括但不限于以下情况：

- 程序因致命信号而终止，或者给出一条表明程序本身存在问题的操作系统错误消息。（反例可能是“磁盘满”之类的消息，因为那得由你自己解决。）
- 程序对给定输入产生了错误的输出。
- 程序拒绝接受有效输入（按文档定义）。
- 程序接受了无效输入，却没有给出提示或错误消息。但请记住，你认为是无效输入，可能正是我们认为的扩展功能，或者是对传统做法的兼容。
- 在受支持的平台上，PostgreSQL无法按照说明完成编译、构建或安装。

这里的“程序”指的是任何可执行程序，不只是后端服务器。

运行缓慢或消耗大量资源，并不一定就是缺陷。请阅读文档，或在某个邮件列表中寻求调优应用程序的帮助。不符合 SQL 标准，也不一定是缺陷，除非明确声称该特定特性符合标准。

在继续之前，请查看 TODO 列表和 FAQ，确认你的缺陷是否已经是已知问题。如果你看不懂 TODO 列表中的信息，也请报告你的问题。至少我们可以把 TODO 列表写得更清楚。

5.2. 报告哪些内容

关于缺陷报告，最重要的一点是陈述全部事实，而且只陈述事实。不要猜测你觉得哪里出了问题、“它看起来像是在做什么”，或者程序的哪一部分有错。如果你不熟悉实现，十有八九会猜错，对我们毫无帮助。即使你熟悉实现，有根据的解释也只能是事实的有益补充，而不能替代事实。如果我们要修复这个缺陷，仍然必须先亲自重现它。陈述这些基本事实并不难做（你大概可以直接从屏幕上复制粘贴），但太多时候，重要细节会被遗漏，因为有人觉得它们不重要，或者认为即使不说清楚，报告也一样能被理解。

以下各项应包含在每一个缺陷报告中：

- 重现问题所需的精确步骤序列，而且必须是从程序启动开始。这些步骤应当是自包含的；如果输出依赖表中的数据，那么仅仅发来一条 `select` 语句，而不附带前面的 `create table` 和 `insert` 语句，是不够的。我们没有时间去逆向推导你的数据库模式；如果要靠我们自己编造数据，多半会错过问题。对于 SQL 相关问题，测试用例的最佳形式是一个可由 `psql` 前端运行、并能展示问题的文件。（请务必确保你的 `~/psqlrc` 启动文件中没有任何内容。）创建这个文件的一个简便方法，是用 `pg_dump` 导出搭建场景所需的表声明和数据，再附上触发问题的查询。我们鼓励你尽量缩小示例规模，但这并非绝对必要。如果缺陷可重现，我们无论如何都能找出来。

如果你的应用使用的是别的客户端接口，例如 PHP，那么请尽量隔离出触发问题的查询。我们大概不会为了重现你的问题去搭建一个 Web 服务器。无论如何，都请记住提供精确的输入文件；不要笼统地猜测问题发生在“大文件”或“中等大小的数据库”等情况下，因为这些信息不够精确，派不上用场。

- 你实际得到的输出。请不要只说它“没起作用”或“崩溃了”。如果有错误消息，请把它贴出来，即使你看不懂。如果程序因操作系统错误而终止，请说明是哪一种错误。如果什么都没发生，也说清楚。即使你的测试用例导致程序崩溃，或出现其他显而易见的问题，这种情况在我们的平台上也未必会发生。如果可以，最简单的做法就是直接从终端复制输出。

注意

在致命错误的情况下，客户端报告的错误消息可能不包含全部可用信息。也请查看数据库服务器的日志输出。如果你平时没有保留服务器日志，现在正是开始这样做的好时机。

- 你期望得到的输出，也非常重要。如果你只是写 "这个命令给了我那个输出。"或"这不是我期望的。"，我们可能会自己运行一遍，扫一眼输出，然后觉得它看起来没问题，也正是我们所期望的。我们不应该花时间去揣摩你的命令背后的确切语义。尤其不要只是说 "这不是 SQL 规定的/Oracle 所做的。"从SQL标准中找出正确行为并不是一件轻松的事，而且我们也不都了解其他所有关系数据库的行为。
(如果你的问题是程序崩溃，显然可以省略这一项。)
- 任何命令行选项和其他启动选项，包括所有被你改动过、且与问题相关的环境变量或配置文件。同样，请提供精确的信息。如果你使用的是一种预打包发行版，并且它会在系统启动时自动启动数据库服务器，那么你应当尽量弄清楚它是怎么做到的。
- 任何偏离安装说明的做法。
- PostgreSQL的版本。你可以运行命令 `SELECT version();`来查明所连接服务器的版本。大多数可执行程序也支持 `--version`选项；至少`postmaster` `--version`和`psql` `--version`应当可以工作。如果这个函数或这些选项都不存在，那你的版本可能已经够老了。你还可以查看 `README` 文件，或者查看你的发行文件或软件包的名称。如果你运行的是预打包版本，例如 `RPM`，请说明这一点，并附上该软件包可能带有的子版本号。如果你说的是一个 `CVS` 快照，也请说明，并给出它的日期和时间。

如果你的版本早于 7.1.3，我们几乎肯定会建议你升级。每个新版本都包含大量的缺陷修复，这正是我们发布新版本的原因。

- 平台信息。这包括内核名称和版本、C 库、处理器、内存信息等。在大多数情况下，报告供应商和版本就足够了，但不要想当然地认为所有人都知道 "Debian"具体包含什么，或者所有人都运行在 `i386` 上。如果你遇到的是安装问题，那么你机器上的工具链信息（编译器、`make` 等）也是必需的。

不要担心你的缺陷报告会变得很长；这很正常。第一次就把所有内容都报告出来，总比让我们反复追问细节要好。另一方面，如果你的输入文件非常大，先问问是否有人愿意看一看，也是合理的。

不要把全部时间都花在找出输入中的哪些变化会让问题消失上。这多半无助于解决问题。如果最后发现这个缺陷无法立刻修复，你仍然有时间去寻找并分享变通办法。还有，再强调一次，不要浪费时间去猜测这个缺陷为什么存在。我们迟早会查明原因。

在编写缺陷报告时，请选择不会引起混淆的术语。整个软件包本身叫作 "PostgreSQL"，有时简称 "Postgres"。（有时也会用缩写 "Pgsql"，但请不要那样做。）如果你特指后端服务器，请明确说出来，不要只是说 "Postgres 崩溃了"。交互式前端叫作 "psql"，它实际上与后端完全是分开的。

5.3. 到哪里报告缺陷

一般来说，请将缺陷报告发送到缺陷报告邮件列表 `<pgsql-bugs@postgresql.org>`。请你为电子邮件找一个描述性的主题，必要时可以摘取部分错误消息。

不要将缺陷报告发送到任何用户邮件列表，例如 `<pgsql-sql@postgresql.org>`或 `<pgsql-general@postgresql.org>`。这些邮件列表用于回答用户问题，其订阅者通常并不希望收到缺陷报告。更重要的是，他们也不太可能去修复这些缺陷。

此外，请不要把报告发送到开发者邮件列表 `<pgsql-hackers@postgresql.org>`。这个列表是用来讨论 PostgreSQL 开发的，最好把缺陷报告和这类讨论分开。如果这个缺陷需要更多的审查，我们可能会选择在它上面继续讨论你的缺陷报告。

如果你遇到的是文档问题，请发送邮件到文档邮件列表 `<pgsql-docs@postgresql.org>`。请在问题报告中提及文档、章节和小节。

如果你的缺陷是在某个不受支持平台上出现的可移植性问题，请发送邮件到 `<pgsql-ports@postgresql.org>`，这样我们（以及你）就可以共同推进 PostgreSQL 在该平台上的移植工作。

注意

由于垃圾邮件泛滥，上述所有电子邮件地址都是封闭邮件列表。也就是说，你必须订阅某个列表才能向它发帖。如果你只是希望发邮件但不想接收列表邮件，可以订阅并把订阅选项设置为 `nomail`。要了解更多信息，请向 `<majordomo@postgresql.org>` 发送邮件，正文只写一个词 `help`。

6. Y2K 声明

作者

由 Thomas Lockhart (`<lockhart@alumni.caltech.edu>`) 写于 1998-10-22。
更新于 2000-03-31。

PostgreSQL 全球开发组将 PostgreSQL 软件代码树作为公共服务提供，不对其行为或性能作任何保证，也不承担任何责任。不过，在撰写本文时：

- 本声明的作者自 1996 年 11 月起就是 Postgres 支持团队的一名志愿者，他不知道 Postgres 代码库中存在任何与 2000 年 1 月 1 日前后的时间过渡（Y2K）相关的问题。
- 本声明的作者没有听说在回归测试中或在 Postgres 近期或当前版本的其他实际使用中发现过任何 Y2K 问题的报告。考虑到已安装的用户基础以及用户在支持邮件列表上的积极参与，如果存在问题，我们本应有所耳闻。
- 就作者所知，Postgres 对用两位数字年份指定的日期所做的假定记录在当前用户指南关于数据类型的章节中。对于两位年份，关键的过渡年份是 1970 而不是 2000；例如 "70-01-01" 被解释为 1970-01-01，而 "69-01-01" 被解释为 2069-01-01。
- 底层操作系统中与获取“当前时间”相关的任何 Y2K 问题都可能传播为 Postgres 中表面的 Y2K 问题。

关于 Y2K 问题的进一步讨论，特别是与开源、免费软件相关的讨论，请参阅 The Gnu Project⁹ 和 The Perl Institute¹⁰。

⁹<http://www.gnu.org/software/year2000.html>

¹⁰<http://language.perl.com/news/y2k.html>

第 1 章 SQL 语法

本章给出 SQL 的一般语法描述。

1.1. 词法结构

SQL 输入由一系列命令组成。一个命令由一系列词元组成，并以分号（“;”）终止。输入流的结束也会终止一个命令。哪些词元是合法的，取决于具体命令的语法。

一个词元可以是关键词、标识符、带引号的标识符、字面量（或常量），或者特殊字符符号。词元通常由空白（空格、制表符、换行）分隔，但如果不存在歧义，则不必如此（一般只有特殊字符与其他类型的词元相邻时才会这样）。

此外，注释也可以出现在 SQL 输入中。它们不是词元，实际上等价于空白。

例如，下面是一个（语法上）合法的 SQL 输入：

```
SELECT * FROM MY_TABLE;
UPDATE MY_TABLE SET A = 5;
INSERT INTO MY_TABLE VALUES (3, 'hi there');
```

这是一个由三个命令组成的序列，每行一个命令（虽然这并非必须；一行中可以包含多个命令，命令也可以有意义地跨多行书写）。

在哪些词元标识命令、哪些词元是操作数或参数这一点上，SQL 语法并不十分一致。最前面的几个词元通常是命令名，因此在上面的示例中，我们通常会说是“SELECT”、“UPDATE”和“INSERT”命令。但是例如 UPDATE 命令总是要求在特定位置出现一个 SET 词元，而这种形式的 INSERT 也要求有一个 VALUES 才算完整。每个命令的精确语法规则见参考手册。

1.1.1. 标识符和关键词

上例中的 SELECT、UPDATE 或 VALUES 这类词元都是关键词，也就是在 SQL 语言中具有固定含义的词。词元 MY_TABLE 和 A 则是标识符的例子。它们标识表、列或其他数据库对象的名称，这取决于它们所在的命令。因此，它们有时也简称为“名称”。关键词和标识符具有相同的词法结构，这意味着如果不了解该语言，就无法判断一个词元究竟是标识符还是关键词。完整的关键词列表可以在附录 B 中找到。

SQL 标识符和关键词必须以字母（a-z）或下划线（_）开头。标识符或关键词中的后续字符可以是字母、数字（0-9）或下划线，不过 SQL 标准不会定义包含数字或以下划线开头、结尾的关键词。

系统对标识符最多只使用 NAMEDATALEN-1 个字符；在命令中可以写更长的名称，但它们会被截断。默认情况下，NAMEDATALEN 为 32，因此标识符的最大长度是 31（但在编译系统时，可以修改 src/include/postgres_ext.h 中的 NAMEDATALEN）。

关键词和未加引号的标识符不区分大小写。因此：

```
UPDATE MY_TABLE SET A = 5;
```

也可以等价地写成：

```
uPDaTE my_Table SeT a = 5;
```

一种常见约定是关键词使用大写、名称使用小写，例如：

```
UPDATE my_table SET a = 5;
```

还有第二类标识符：定界标识符或带引号的标识符。它通过把任意字符序列括在双引号中形成（"）。定界标识符始终是标识符，

绝不会是关键词。因此，"select" 可以用来引用名为 "select" 的列或表，而不加引号的 select 会被视为关键词，因此在期望表名或列名的位置使用时会导致解析错误。这个示例可以用带引号的标识符写成：

```
UPDATE "my_table" SET "a" = 5;
```

带引号的标识符可以包含除双引号本身之外的任意字符。这使得可以构造原本不可能的表名或列名，例如包含空格或和号的名称。长度限制仍然适用。

给标识符加上引号也会使其区分大小写，而不加引号的名称总是会被折叠成小写。例如，标识符 `FOO`、`foo` 和 `"foo"` 在 Postgres 中被视为相同，但 `"Foo"` 和 `"FOO"` 与这三个都不同，彼此之间也不同。¹

1.1.2. 常量

在 Postgres 中有四种隐式类型常量：字符串、位串、整数和浮点数。也可以为常量指定显式类型，这样系统就能更准确地表示并更高效地处理它们。隐式常量将在下面介绍；显式常量在随后讨论。

1.1.2.1. 字符串常量

SQL 中的字符串常量是由单引号（`'`）括起的任意字符序列，例如 `'This is a string'`。SQL 允许在字符串中嵌入单引号，方法是写两个相邻的单引号，例如 `'Dianne's horse'`。在 Postgres 中，也可以用反斜线（`\`）对单引号转义，例如 `'Dianne\'s horse'`。

也可以使用 C 风格的反斜线转义：`\b` 是退格，`\f` 是换页，`\n` 是换行，`\r` 是回车，`\t` 是制表符，而 `\xxx`（其中 `xxx` 是一个八进制数）是具有相应 ASCII 代码的字符。跟随在反斜线后面的任何其他字符都按其字面意思对待。因此，要在字符串常量中包含一个反斜线，请写两个反斜线。

编码为零的字符不能出现在字符串常量中。

两个只由空白及至少一个换行分隔的字符串常量会被连接在一起，并且实际上被当作该字符串写成一个常量来对待。例如：

```
SELECT 'foo'
'bar';
```

等同于

```
SELECT 'foobar';
```

但是

```
SELECT 'foo'      'bar';
```

不是合法的语法。

1.1.2.2. 位串常量

位串常量看起来像在常规字符串常量的开引号之前（中间无空白）加了一个 `B`（大写或小写形式），例如 `B'1001'`。位串常量中允许的字符只有 `0` 和 `1`。位串常量可以以与常规字符串常量相同的方式跨行继续。

¹ Postgres 将不加引号的名称折叠为小写，这与 SQL 标准不兼容；标准规定，不加引号的名称应折叠为大写。因此，按照标准，`foo` 应当等价于 `"FOO"`，而不是 `"foo"`。如果你想编写可移植的应用，建议对某个特定名称要么始终加引号，要么始终不加引号。

1.1.2.3. 整数常量

SQL 中的整数常量是不带小数点的十进制数字（0 到 9）序列。合法值的范围取决于所用的整数数据类型，但普通的 `integer` 类型接受从 -2147483648 到 +2147483647 的值。（可选的正号或负号实际上是一个单独的一元操作符，而不是整数常量的一部分。）

1.1.2.4. 浮点常量

浮点常量接受下列一般形式：

```
digits.[digits][e[+-]digits]
[digits].digits[e[+-]digits]
digitse[+-]digits
```

其中 *digits* 是一个或多个十进制数字。小数点前后必须至少有一位数字，如果使用 `e` 选项，其后也必须至少有一位数字。这样，浮点常量通过小数点或指数子句（或两者）的存在与整数常量区分开来。常量中不能嵌入空格或其他字符。

这些是合法浮点常量的一些示例：

```
3.5
4.
.001
5e2
1.925e-3
```

浮点常量的类型是 `DOUBLE PRECISION`。`REAL` 可以用 SQL 字符串记法或 Postgres 类型记法显式指定：

```
REAL '1.23' -- string style
'1.23'::REAL -- Postgres (historical) style
```

1.1.2.5. 其他类型的常量

一个任意类型的常量可以用下列记法之一输入：

```
type 'string'
'string'::type
CAST ( 'string' AS type )
```

字符串之内的值被传递给名为 *type* 的类型的输入转换例程。结果就是所指示类型的一个常量。如果常量必须是哪个类型没有歧义（例如，当它作为参数传递给一个未重载的函数时），显式类型转换可以省略，此时它会被自动强制转换。

也可以用类似函数调用的语法来指定类型强制转换：

```
typename ( value )
```

不过这只对那些名称也可作为函数名使用的类型有效。（例如，`double precision` 不能用这种方式——但等效的 `float8` 可以。）

`::`、`CAST()` 以及函数调用语法也可以用来指定任意表达式的类型，但 `type 'string'` 形式只能用来指定字面常量的类型。

1.1.2.6. 数组常量

数组常量的一般格式如下：

```
'{ val1 delim val2 delim ... }'
```

其中 *delim* 是该类型的分隔符字符，记录在它的 *pg_type* 项中。（对于所有内建类型，这都是逗号字符","。）每个 *val* 要么是数组元素类型的一个常量，要么是一个子数组。一个数组常量的示例是

```
'{{1,2,3},{4,5,6},{7,8,9}}'
```

这个常量是一个二维的 3×3 数组，由三个整数子数组组成。

单个数组元素可以放在双引号（"）之间，以避免与空白相关的歧义问题。若不加引号，数组值解析器将跳过前导空白。

（数组常量实际上只是前一节讨论的一般类型常量的一种特例。该常量最初被当作字符串处理并被传给数组的输入转换例程。可能需要显式的类型说明。）

1.1.3. 操作符

一个操作符是由下列列表中的字符组成的一个序列，长度最多为 `NAMEDATALEN-1` 个字符（默认是 31）：

```
+ - * / < > = ~ ! @ # % ^ & | ` ? $
```

不过，操作符名称也有一些限制：

- "\$"（美元符号）不能作为单字符操作符，尽管它可以作为多字符操作符名称的一部分。
- -- 和 /* 不能出现在操作符名称中的任何位置，因为它们会被视为注释的开始。
- 多字符操作符名称不能以 "+" 或 "-" 结尾，除非该名称中还至少包含下列字符中的一个：

```
~ ! @ # % ^ & | ` ? $
```

例如，@- 是合法的操作符名称，但 *- 不是。这个限制使 Postgres 能够在不要求词元之间必须有空格的情况下解析符合 SQL 的查询。

当使用非 SQL 标准的操作符名时，你通常需要用空格分隔相邻的操作符来避免歧义。例如，如果你定义了一个名为 "@" 的左一元操作符，你不能写 `x*@y`，你必须写 `x* @y` 来确保 Postgres 把它读作两个操作符名而不是一个。

1.1.4. 特殊字符

某些非字母数字字符具有不同于操作符的特殊含义。关于它们的详细用法，可以在描述相应语法元素的位置找到。本节只是为了提示它们的存在，并概述这些字符的用途。

- 美元符号（\$）后跟数字时，用来表示函数定义体中的位置参数。在其他上下文中，美元符号可以是操作符名称的一部分。
- 圆括号（()）具有它们通常的含义，用来对表达式分组并确定运算优先级。在某些情况中，圆括号被要求作为一个特定 SQL 命令的固定语法的一部分。
- 方括号（[]）被用来选择一个数组中的元素。更多关于数组的信息见第 6 章。
- 逗号（,）被用在某些语法结构中来分割一个列表的元素。
- 分号（;）结束一个 SQL 命令。它不能出现在一个命令中间的任何位置，除了在一个字符串常量中或者一个带引号的标识符中。
- 冒号（:）被用来从数组中选择“切片”（见第 6 章）。在某些 SQL 的“方言”（例如嵌入式 SQL）中，冒号被用来作为变量名的前缀。

- 星号 (*) 在 SELECT 命令中或与 COUNT 聚合函数一起使用时有特殊含义。
- 句点 (.) 被用在浮点常量中, 并且被用来分割表和列名。

1.1.5. 注释

注释是一串以双连字符开始并延伸到行尾的字符, 例如:

```
-- 这是一条标准 SQL92 注释
```

另外, 也可以使用 C 风格注释块:

```
/* 多行注释  
 * 包含嵌套: /* 嵌套块注释 */  
 */
```

这里该注释开始于 /* 并且延伸到匹配出现的 */。这些注释块可按照 SQL99 中指定的方式嵌套, 但和 C 中不同。这样我们可以注释掉一大段可能包含注释块的代码。

在进一步进行语法分析之前, 注释会从输入流中移除, 并实际被替换为空白。

1.2. 列

一个列既可以是给定表的一个用户定义列, 也可以是下列系统定义列之一:

oid

一行的唯一标识符 (对象 ID)。这是由 Postgres 自动为所有行添加的一个序列号。OID 不会被重用, 并且是 32 位的量。

tableoid

包含该行的表的 OID。对于从继承层次中选择的查询来说, 这个属性特别有用, 因为它就很难分辨一行来自哪个具体的表。tableoid 可以与 pg_class 的 OID 属性连接来获得表名。

xmin

插入该元组的事务的标识 (事务 ID)。(注意: 元组是一行的单个状态; 对一行的每次 UPDATE 都会为同一逻辑行创建一个新元组。)

cmin

插入事务内部的命令标识符 (从零开始)。

xmax

删除事务的标识 (事务 ID), 对于未删除的元组为零。实践中, 在一个可见元组中它从不为零。

cmax

删除事务内部的命令标识符, 或为零。同样, 它在一个可见元组中从不为零。

ctid

该元组在其表中的元组 ID。这是一对 (块号, 块内元组索引), 标识该元组的物理位置。注意, 虽然 ctid 可以用来非常快速地定位元组, 但一行的 ctid 在每次被更新或被 VACUUM 移动时都会改变。因此 ctid 作为长期行标识符是没有用的。应该使用 OID, 或者更好的是用户定义的序列号来标识逻辑行。

关于系统属性的更多信息请参阅 Stonebraker, Hanson, Hong, 1987。事务和命令标识符都是 32 位的量。

1.3. 值表达式

值表达式被用于各种各样的环境中，例如在 `SELECT` 命令的目标列表中，作为 `INSERT` 或 `UPDATE` 中的新列值，或者作为若干命令中的搜索条件。

为了与表表达式（其结果是一张表）区分开来，值表达式的结果有时被称为标量。因此，值表达式也称为标量表达式（甚至简称为表达式）。表达式语法允许使用算术、逻辑、集合以及其他操作，从基本部分计算出值。

一个值表达式是下列之一：

- 一个常量或字面值；见第 1.1.2 节。
- 一个列引用
- 一次操作符调用：

*expression**operator**expression*（二元中缀操作符）
*operator**expression*（一元前缀操作符）
*expression**operator*（一元后缀操作符）

其中 *operator* 遵循第 1.1.3 节的语法规则或者是词元 `AND`、`OR` 和 `NOT` 之一。具体存在哪些操作符以及它们是一元还是二元，取决于系统或用户定义了哪些操作符。第 4 章描述了内置操作符。

- (*expression*)

圆括号被用来对子表达式分组并覆盖优先级。

- 在一个函数声明体中的一个位置参数引用
- 一个函数调用
- 一个聚合表达式
- 一个标量子查询。这是一个放在圆括号中的普通 `SELECT`，它恰好返回一行一列。在一个值表达式的上下文中使用一个返回多于一行或多于一列的子查询是错误的。

在这个列表之外，还有一些结构可以被分类为一个表达式，但是它们不遵循任何一般语法规则。这些通常具有一个函数或操作符的语义并且在第 4 章中的合适位置解释。一个示例是 `IS NULL` 子句。

我们已经在第 1.1.2 节中讨论过常量。下面的小节会讨论剩下的选项。

1.3.1. 列引用

一个列可以以下面的形式被引用：

correlation.columnname `['*subscript*`']

correlation 是一个表的名字、一个由 `FROM` 子句定义的表别名，或者是关键词 `NEW` 或 `OLD` 之一。（`NEW` 和 `OLD` 只能出现在规则的动作部分，而其他关联名称可以用在任何 SQL 语句中。）如果该列名在当前查询所用的所有表中都是唯一的，则关联名称可以省略。如果 *column* 是一个数组类型，那么可选的 *subscript* 选择该数组中的一个元素。如果没有提供下标，那么选中整个数组。关于每种情况下允许的语法，请参阅 PostgreSQL 参考手册中对相应命令的描述。

1.3.2. 位置参数

位置参数引用用来表示 SQL 函数中的一个参数。这典型地用在 SQL 函数定义语句中。参数的形式是：

\$number

例如，考虑一个函数dept的定义：

```
CREATE FUNCTION dept (text) RETURNS dept
AS 'select * from dept where name = $1'
LANGUAGE 'sql';
```

这里\$1引用函数被调用时第一个函数参数的值。

1.3.3. 函数调用

函数调用的语法是：函数名（须遵循第 1.1.1 节中标识符的语法规则）后跟一组放在圆括号内的参数列表：

function ([*expression* [, *expression* ...]])

例如，下面会计算 2 的平方根：

`sqrt(2)`

内置函数的列表在第 4 章中。其他函数可以由用户增加。

1.3.4. 聚合表达式

一个聚合表达式表示将聚合函数应用于查询选中的各行。
聚合函数将多个输入归约为单个输出值，例如输入的和或平均值。
聚合表达式的语法可以是以下形式之一：

```
aggregate_name(expression)
aggregate_name(ALL expression)
aggregate_name(DISTINCT expression)
aggregate_name(*)
```

其中，*aggregate_name* 是先前定义的聚合，而 *expression* 是任何本身不包含聚合表达式的表达式。

第一种形式的聚合表达式为所有使给定表达式产生非空值的输入行调用聚合。（实际上，是否忽略空值取决于聚合函数本身——但所有标准聚合都会忽略空值。）

第二种形式和第一种相同，因为ALL是默认选项。

第三种形式为输入行中表达式的所有非空可区分值调用聚合。

最后一种形式为每一个输入行调用一次聚合而不管值是空还是非空；
因为没有指定特定的输入值，它通常只对count()聚合函数有用。

例如，count(*)得到输入行的总数。count(f1)得到输入行中f1为非空的数量；
而count(distinct f1)得到f1的非空可区分值的数量。

预定义的聚合函数在第 4.12 节中描述。其他聚合函数可以由用户增加。

1.4. 词法优先级

操作符的优先级和结合性是固定写在解析器中的。大多数操作符具有相同的优先级，并且是左结合的。这可能导致不直观的行为；例如，布尔操作符"<"和">"与布尔操作符"<="

"和">="的优先级不同。此外，在组合使用二元和一元操作符时，有时需要添加圆括号。例如：

```
SELECT 5 ! - 6;
```

将被解析为

```
SELECT 5 ! (- 6);
```

因为解析器并不知道 - 等到知道时已经太迟了 - ! 被定义为后缀操作符，而不是中缀操作符。要在这种情况下得到所需的行为，必须写成：

```
SELECT (5 !) - 6;
```

这是为可扩展性付出的代价。

表 1.1. 操作符优先级（递减）

操作符/元素	结合性	描述
::	左	Postgres-风格的类型转换
[]	左	数组元素选择
.	左	表/列名分隔符
-	右	一元负号
^	左	求幂
* / %	左	乘、除、取模
+ -	左	加、减
IS		测试 TRUE、FALSE、NULL
ISNULL		空值测试
NOTNULL		非空测试
(任意其他)	左	所有其他内建和用户定义的操作符
IN		集合成员关系
BETWEEN		范围包含
OVERLAPS		时间区间重叠
LIKE ILIKE		字符串模式匹配
< >		小于、大于
=	右	相等、赋值
NOT	右	逻辑否定
AND	左	逻辑合取
OR	左	逻辑析取

注意，这些操作符优先级规则也适用于名称与上述内置操作符相同的用户定义操作符。例如，如果你为某种自定义数据类型定义了一个 "+" 操作符，那么无论你的操作符做什么，它都将具有与内置 "+" 操作符相同的优先级。

第 2 章 查询

查询是从数据库检索数据的过程或用于检索数据的命令。在 SQL 中，SELECT 命令用于指定查询。SELECT 命令的一般语法为

```
SELECT select_list FROM table_expression [sort_specification]
```

以下各节将详细描述选择列表、表表达式和排序说明。最简单的一种查询具有形式

```
SELECT * FROM table1;
```

假设存在一个名为 table1 的表，则这条命令会从 table1 中检索所有行以及所有列。（具体的检索方式取决于客户端应用。例如，psql 程序会在屏幕上显示一个 ASCII 形式的表格，客户端库则会提供检索单个行和列的函数。）选择列表说明 * 表示表表达式所提供的全部列。选择列表也可以只选择部分可用列，或者在检索之前先对这些列进行计算；参见第 2.2 节。例如，如果 table1 有名为 a、b 和 c 的列（还可能还有其他列），那么可以写出下面的查询：

```
SELECT a, b + c FROM table1;
```

（假设 b 和 c 都是数值数据类型）。

FROM table1 是一种特别简单的表表达式。通常，表表达式可以是由基本表、连接和子查询组成的复杂结构。不过，你也可以完全省略表表达式，把 SELECT 命令当成计算器来使用：

```
SELECT 3 * 4;
```

如果选择列表中的表达式会返回变化的结果，这种用法就更有用了。例如，你可以这样调用函数。

```
SELECT random();
```

2.1. 表表达式

表表达式指定一个表。表表达式包含一个 FROM 子句，后面可以根据需要跟上 WHERE、GROUP BY 和 HAVING 子句。最简单的表表达式只是引用磁盘上的一个表，即所谓的基本表；但也可以使用更复杂的表达式，以多种方式修改或组合基本表。

表表达式中可选的 WHERE、GROUP BY 和 HAVING 子句指定了一个连续变换的流水线，这些变换作用于由 FROM 子句派生出的表。所有这些变换所产生的派生表提供输入行，用于按选择列表中的列值表达式计算输出行。

2.1.1. FROM 子句

FROM 子句从逗号分隔的表引用列表所给出的一个或多个其他表推导出一个表。

```
FROM table_reference [, table_reference [, ...]]
```

表引用可以是表名，也可以是子查询、表连接等推导表，或它们的复杂组合。如果 FROM 子句中列出了多个表引用，这些表会被 CROSS JOIN（见下文），形成派生表，随后该派生表可以被 WHERE、GROUP BY 和 HAVING 子句变换，并最终成为整个表表达式的结果。

当表引用命名的是表继承层次中的父表时，除非在表名前加上关键字 ONLY，否则该表引用不仅会产生该表中的行，还会产生其所有子表后代的行。不过，这种引用只会产生所命名表中出现的列——子表中新增的列会被忽略。

2.1.1.1. 连接表

一个连接表是根据特定的连接类型的规则从两个其它表（真实表或推导表）中派生的表。支持 INNER、OUTER 和 CROSS JOIN。

连接类型

CROSS JOIN

```
T1 CROSS JOIN T2
```

对来自于 *T1* 和 *T2* 的行的每一种组合，派生表将包含这样一行：它由所有 *T1* 中的列后面跟着所有 *T2* 中的列构成。如果两个表分别有 *N* 和 *M* 行，连接表将有 *N * M* 行。交叉连接等效于 `INNER JOIN ON TRUE`。

提示

`FROM T1 CROSS JOIN T2` 等效于 `FROM T1, T2`。

Qualified JOINS

```
T1 { [INNER] | { LEFT | RIGHT | FULL } [OUTER] } JOIN T2
  ON boolean_expression
T1 { [INNER] | { LEFT | RIGHT | FULL } [OUTER] } JOIN T2 USING (
  join column list )
T1 NATURAL { [INNER] | { LEFT | RIGHT | FULL } [OUTER] } JOIN T2
```

`INNER` 和 `OUTER` 对所有连接都是可选的。`INNER` 是默认值；`LEFT`、`RIGHT` 和 `FULL` 表示 `OUTER JOIN`。

连接条件在 `ON` 或 `USING` 子句中指定，或者用关键字 `NATURAL` 隐含地指定。连接条件决定来自两个源表中的哪些行被认为是“匹配”的，这些我们将在下文详细解释。

`ON` 子句是最一般的连接条件形式：它接收一个和 `WHERE` 子句里用的一样的布尔值表达式。如果两个分别来自 *T1* 和 *T2* 的行在 `ON` 表达式上运算的结果为 `TRUE`，那么它们就算是匹配的行。

`USING` 是个缩写符号：它接受一个逗号分隔的列名列表，这些列名是被连接的两个表必须共有的，并为其中每一对列构造一个指定等值比较的连接条件。此外，`JOIN USING` 的输出为每一对相等的输入列产生一个列，后面跟上各个表的所有其余列。因此，`USING (a, b, c)` 等效于 `ON (t1.a = t2.a AND t1.b = t2.b AND t1.c = t2.c)`，不同之处在于：如果使用 `ON`，结果中会有两个分别名为 *a*、*b* 和 *c* 的列，而使用 `USING` 时每列只有一个。

最后，`NATURAL` 是 `USING` 的一种缩写形式：它会形成一个 `USING` 列表，其中包含的正是两个输入表中共同出现的那些列名。和 `USING` 一样，这些列在输出表中只出现一次。

限定 `JOIN` 有以下几种类型：

INNER JOIN

对于 *T1* 的每一行 *R1*，连接表都有一行对应 *T2* 中的每一个满足和 *R1* 的连接条件的行。

LEFT OUTER JOIN

首先，执行一次 `INNER JOIN`。然后，为 *T1* 中每一个无法在连接条件上匹配 *T2* 里任何一行的行返回一个连接行，该连接行中 *T2* 的列用 `NULL` 值补齐。因此，连接表里为来自 *T1* 的每一行都无条件地至少包含一行。

RIGHT OUTER JOIN

首先，执行一次 `INNER JOIN`。然后，为 *T2* 中每一个无法在连接条件上匹配 *T1* 里任何一行的行返回一个连接行，该连接行中 *T1* 的列用 `NULL` 值补齐。这是左连接的反面：结果表里为来自 *T2* 的每一行都无条件地包含一行。

FULL OUTER JOIN

首先，执行一次 INNER JOIN。然后，为 T1 中每一个无法在连接条件上匹配 T2 里任何一行的行返回一个连接行，该连接行中 T2 的列用空值补齐。同样，为 T2 中每一个无法在连接条件上匹配 T1 里任何一行的行返回一个连接行，该连接行中 T1 的列用空值补齐。

所有类型的连接都可以被链在一起或者嵌套：*T1*和*T2*都可以是被 JOIN 的表。可以在 JOIN 子句周围使用圆括号来控制连接顺序。如果不使用圆括号，JOIN 子句会从左至右嵌套。

2.1.1.2. 子查询

指定派生表的子查询必须用圆括号括起来，并且必须用 AS 子句命名。（参见第 2.1.1.3 节。）

```
FROM (SELECT * FROM table1) AS alias_name
```

这个示例等效于 `FROM table1 AS alias_name`。更有趣的情况是在子查询里面有分组或聚合的时候，这时子查询不能被简化为一个简单的连接。

2.1.1.3. 表和列别名

你可以给表以及复杂的表引用指定一个临时名字，以便在后续处理中引用该派生表。这被称为表别名。

```
FROM table_reference AS alias
```

这里，*alias*可以是任意常规标识符。对于当前查询而言，别名成为该表引用的新名称——不再能通过原名称引用该表。因此

```
SELECT * FROM my_table AS m WHERE my_table.a > 5;
```

不是合法的 SQL 语法。实际会发生的是（这是 Postgres 对标准的一个扩展）：一个隐式的表引用会被加入 FROM 子句，因此该查询会被当作像下面这样写的一样来处理

```
SELECT * FROM my_table AS m, my_table AS my_table WHERE my_table.a > 5;
```

表别名主要用于简化符号，但是当把一个表连接到它自身时必须使用别名，例如：

```
SELECT * FROM my_table AS a CROSS JOIN my_table AS b ...
```

此外，当表引用是子查询时也必须使用别名。

圆括弧用于解决歧义。下面的语句会把别名 *b* 赋给连接的结果，这与前一个例子不同：

```
SELECT * FROM (my_table AS a CROSS JOIN my_table) AS b ...
```

```
FROM table_reference alias
```

这种形式与前面处理的那种等价；AS 关键字只是可选的语法噪音。

```
FROM table_reference [AS] alias ( column1 [, column2 [, ...]] )
```

在这种形式中，除了像上面描述的那样重命名表之外，还会为表的列赋予临时名字供外围查询使用。如果指定的列别名比表里实际的列少，那么剩下的列就没有被重命名。这种语法对于自连接或子查询特别有用。

如果用这些形式中的任何一种给一个 JOIN 子句的输出附加了一个别名，那么该别名就在 JOIN 的作用下隐去了其原始的名字。例如：

```
SELECT a.* FROM my_table AS a JOIN your_table AS b ON ...
```

是合法 SQL, 但是:

```
SELECT a.* FROM (my_table AS a JOIN your_table AS b ON ...) AS c
```

是不合法的: 表别名 A 在别名 C 外面是看不到的。

2.1.1.4. 例子

```
FROM T1 INNER JOIN T2 USING (C)
FROM T1 LEFT OUTER JOIN T2 USING (C)
FROM (T1 RIGHT OUTER JOIN T2 ON (T1C1=T2C1)) AS DT1
FROM (T1 FULL OUTER JOIN T2 USING (C)) AS DT1 (DT1C1, DT1C2)
```

```
FROM T1 NATURAL INNER JOIN T2
FROM T1 NATURAL LEFT OUTER JOIN T2
FROM T1 NATURAL RIGHT OUTER JOIN T2
FROM T1 NATURAL FULL OUTER JOIN T2
```

```
FROM (SELECT * FROM T1) DT1 CROSS JOIN T2, T3
FROM (SELECT * FROM T1) DT1, T2, T3
```

上面是一些连接表和复杂派生表的例子。注意 AS 子句如何重命名或命名派生表, 以及其后可选的逗号分隔列名列表如何重名列。最后两个 FROM 子句从 T1、T2 和 T3 产生相同的派生表。在把子查询命名为 DT1 时省略了 AS 关键字。关键字 OUTER 和 INNER 也是可以省略的噪音。

2.1.2. WHERE 子句

WHERE 子句的语法是

```
WHERE search_condition
```

其中, *search_condition* 是任意的值表达式 (如第 1.3 节中所定义), 它返回一个 boolean 类型的值。

在完成 FROM 子句的处理之后, 派生表中的每一行都会根据搜索条件进行检查。如果条件结果为真, 该行就会保留在输出表中; 否则 (也就是说, 如果结果为假或 NULL) 就会被丢弃。搜索条件通常至少会引用 FROM 子句生成的表中的某一列; 这并非必须, 但若不引用这些列, WHERE 子句通常就没什么用了。

注意

在 JOIN 语法实现之前, 内连接的连接条件必须放在 WHERE 子句中。例如, 这些表表达式是等效的:

```
FROM a, b WHERE a.id = b.id AND b.val > 5
```

和

```
FROM a INNER JOIN b ON (a.id = b.id) WHERE b.val > 5
```

或者可能还有

```
FROM a NATURAL JOIN b WHERE b.val > 5
```

选择其中哪一种主要只是风格问题。FROM 子句中的 JOIN 语法移植到其他产品时可能没有那么容易。对于外连接在任何情况下都没有选择的余地: 它们必须在 FROM 子句中完成。外连接的 ON/USING 子句与 WHERE 条件并不等价, 因为它除了会在最终结果中移除行之外, 还会为不匹配的输入行增加结果行。

```
FROM FDT WHERE
    C1 > 5

FROM FDT WHERE
    C1 IN (1, 2, 3)
FROM FDT WHERE
    C1 IN (SELECT C1 FROM T2)
FROM FDT WHERE
    C1 IN (SELECT C3 FROM T2 WHERE C2 = FDT.C1 + 10)

FROM FDT WHERE
    C1 BETWEEN (SELECT C3 FROM T2 WHERE C2 = FDT.C1 + 10) AND 100

FROM FDT WHERE
    EXISTS (SELECT C1 FROM T2 WHERE C2 > FDT.C1)
```

在上面的例子中，FDT 是由 FROM 子句推导得到的表。不满足 where 子句搜索条件的行会从 FDT 中消除。注意，这里将标量子查询用作值表达式。与其他查询一样，子查询也可以使用复杂的表表达式。还要注意 FDT 在子查询中的引用方式。将 C1 限定为 FDT.C1 仅在 C1 也是子查询推导输入表中的列名时才有必要。限定列名即使在不必要的情况下也能增加清晰度。这说明了外层查询的列命名作用域如何扩展到其内部查询。

2.1.3. GROUP BY 和 HAVING 子句

通过 WHERE 过滤之后，派生出来的输入表还可以使用 GROUP BY 子句进行分组，并通过 HAVING 子句排除某些分组行。

```
SELECT select_list FROM ... [WHERE ...] GROUP BY grouping_column_
reference [, grouping_column_reference]...
```

GROUP BY 子句用于把表中所有列出列的值均相同的行分到同一组。列的列出顺序没有影响（这与 ORDER BY 子句不同）。其效果是把具有相同值的每一组行合并为一个分组行，由它代表组内的所有行。这样可以消除输出中的冗余，或者获得应用于各组的聚合。

一旦一个表被分组，没有参与分组的列就不能被引用，除非是在聚合表达式中，因为那些列中的特定值是有歧义的——它应该来自组中的哪一行？参与分组的列可以在选择列表的列表表达式中引用，因为它们在每个组都有已知的常量值。对未分组列的聚合函数提供的是跨一个组的各行（而不是整张表）的值。例如，在按产品代码分组的表上，sum(sales)给出每种产品的总销售额，而不是所有产品的总销售额。在未分组列上计算的聚合代表的是组，而未分组列的单个值则不代表组。

例子：

```
SELECT pid, p.name, (sum(s.units) * p.price) AS sales
FROM products p LEFT JOIN sales s USING ( pid )
GROUP BY pid, p.name, p.price;
```

在这个示例里，列 pid、p.name 和 p.price 必须在 GROUP BY 子句里，因为它们都在查询的选择列表里被引用到。列 s.units 不必在 GROUP BY 列表里，因为它只是在一个聚合表达式（sum()）里使用，它代表一种产品的销售额。对于每种产品，这个查询都返回一个关于该产品所有销售额的汇总行。

在严格的 SQL 里，GROUP BY 只能对源表的列进行分组，但 Postgres 把这个扩展为也允许 GROUP BY 去根据查询选择列表中的列分组。也允许对值表达式进行分组，而不仅是简单的列名。

如果一个表已经用 GROUP BY 子句分了组，而你只对其中某些组感兴趣，那么就可以使用 HAVING 子句。它很像 WHERE 子句，用于从分组表中删除某些组。Postgres 允许 HAVING 子句在没有 GROUP BY 的情况下使用，这时它的作用就像另一个 WHERE 子句，但这样使用

HAVING 的意义并不明确。一个好的经验法则是 HAVING 条件应该引用聚合函数的结果。不涉及聚合的限制条件用 WHERE 子句表达更高效。其语法是

```
SELECT select_list FROM ... [WHERE ...] GROUP BY ...
HAVING boolean_expression
```

一个更实际的例子：

```
SELECT pid      AS "Products",
       p.name AS "Over 5000",
       (sum(s.units) * (p.price - p.cost)) AS "Past Month Profit"
FROM products p LEFT JOIN sales s USING ( pid )
WHERE s.date > CURRENT_DATE - INTERVAL '4 weeks'
GROUP BY pid, p.name, p.price, p.cost
HAVING sum(p.price * s.units) > 5000;
```

在上面的示例里，WHERE 子句通过一个未分组的列来选择数据行，而 HAVING 子句则把输出限制为总销售收入超过 5000 的组。

2.2. 选择列表

如前面几节所示，SELECT 命令中的表表达式会构造出一个中间虚拟表，其中可能涉及组合表和视图、消除行、分组等操作。这个表随后交由选择列表处理。选择列表决定中间表中的哪些列会实际输出。最简单的选择列表是*，它会输出表表达式生成的所有列。否则，选择列表就是一个逗号分隔的值表达式列表（定义见第 1.3 节）。例如，它可以是一个列名列表：

```
SELECT a, b, c FROM ...
```

列名 a、b 和 c 要么是 FROM 子句中所引用表的实际列名，要么是像第 2.1.1.3 节所述为它们指定的别名。选择列表中可用的名字空间与 WHERE 子句相同（如果使用了分组，则与 HAVING 子句相同）。如果超过一个表有同样的列名，那么你还必须给出表名字，如：

```
SELECT tbl1.a, tbl2.b, tbl1.c FROM ...
```

（另请参阅第 2.1.2 节）。

如果在选择列表中使用任意值表达式，那么从概念上说，它会在返回表中增加一个新的虚拟列。该值表达式会对每个检索到的行计算一次，并用该行中的值替换其中的列引用。不过，选择列表中的表达式并不一定要引用 FROM 子句表表达式中的列；例如，它也可以是任意常量算术表达式。

2.2.1. 列标签

选择列表中的项可以被赋予名字，以供后续处理使用。这里的“后续处理”指的是可选的排序说明和客户端应用（例如用于显示的列标题）。例如：

```
SELECT a AS value, b + c AS sum FROM ...
```

如果没有通过 AS 指定输出列名，系统就会分配一个默认列名。对于简单的列引用，它就被引用列的名字；对于函数调用，它就是函数的名字；对于复杂表达式，系统则会生成一个通用名称。

注意

输出列的命名和在 FROM 子句里的命名是不一样的（参阅第 2.1.1.3 节）。它实际上允许你对同一个列命名两次，但是在选择列表中分配的名字是要传递下去的名字。

2.2.2. DISTINCT

在处理完选择列表之后，结果表还可以选择性地删除重复行。我们可以直接在 `SELECT` 后面写上 `DISTINCT` 关键字来指定：

```
SELECT DISTINCT select_list ...
```

（如果不用 `DISTINCT`，则可以用 `ALL` 关键字来显式指定保留所有行这一默认行为。）

显然，如果两行至少在一个列值上不同，就认为它们是不同的。`NULL` 在这种比较中被认为是相等的。

另外，我们还可以用任意表达式来判断什么行可以被认为是可区分的：

```
SELECT DISTINCT ON (expression [, expression ...]) select_list ...
```

这里的 `expression` 是一个对所有行求值的任意值表达式。

如果某一组行在这些表达式上的值都相等，那么它们就会被视为重复行，因此输出中只保留该组中的第一行。请注意，某一组里的“第一行”是不可预测的，除非查询在足够多的列上进行了排序，以保证到达 `DISTINCT` 过滤器的行顺序是唯一的。（`DISTINCT ON` 的处理发生在 `ORDER BY` 排序之后。）

`DISTINCT ON` 子句不是 SQL 标准的一部分，有时会被认为风格不佳，因为它的结果可能具有不确定性。通过审慎使用 `GROUP BY` 以及 `FROM` 中的子选择，可以避免使用这种结构，但它往往是最方便的替代方案。

2.3. 组合查询

两个查询的结果可以用集合操作并、交、差进行组合。语法是

```
query1 UNION [ALL] query2
query1 INTERSECT [ALL] query2
query1 EXCEPT [ALL] query2
```

`query1` 和 `query2` 都是可以使用以上所有特性的查询。集合操作也可以嵌套和链式使用，例如

```
query1 UNION query2 UNION query3
```

它实际上说的是

```
(query1 UNION query2) UNION query3
```

`UNION` 有效地把 `query2` 的结果附加到 `query1`

的结果上（不过我们不能保证这就是这些行实际被返回的顺序）。此外，它将删除结果中所有重复的行，就像 `DISTINCT` 做的那样，除非指定了 `ALL`。

`INTERSECT` 返回那些同时存在于 `query1` 和 `query2` 的结果中的行，除非指定了 `ALL`，否则所有重复行都被消除。

`EXCEPT` 返回所有在 `query1` 结果中但不在 `query2` 结果中的行。同样，除非指定了 `ALL`，否则重复行都会被消除。

为了计算两个查询的并、交、差，这两个查询必须是“并操作兼容的”，也就意味着它们都返回同样数量的列，并且对应的列有兼容的数据类型，如第 5.5 节中描述的那样。

2.4. 行排序

当一个查询生成输出表之后（也就是处理完选择列表之后），还可以选择对其排序。如果没有选择排序，行将按随机顺序返回。

这时的实际顺序取决于扫描和连接计划类型以及磁盘上的物理顺序，但绝不能依赖这些因素。只有显式选择排序步骤，才能保证特定的输出顺序。

ORDER BY 子句指定排序顺序：

```
SELECT select_list FROM table_expression ORDER BY column1 [ASC |
DESC] [, column2 [ASC | DESC] ...]
```

*column1*等指的是选择列表的列。它们既可以是列的输出名（见第 2.2.1 节），也可以是列的编号。一些例子：

```
SELECT a, b FROM table1 ORDER BY a;
SELECT a + b AS sum, c FROM table1 ORDER BY sum;
SELECT a, sum(b) FROM table1 GROUP BY a ORDER BY 1;
```

作为对 SQL 标准的扩展，Postgres 还允许按任意表达式排序：

```
SELECT a, b FROM table1 ORDER BY a + b;
```

在选择列表中被重命名的 FROM 子句列名的引用也是允许的：

```
SELECT a AS b FROM table1 ORDER BY a;
```

但这些扩展在涉及 UNION、INTERSECT 或 EXCEPT 的查询中不起作用，并且不能移植到其他 DBMSes。

每个列说明后面都可以选择性地写上 ASC 或 DESC 来指定排序方向。ASC 是默认值。升序会把较小的值排在前面，而“较小”是由<操作符定义的。类似地，降序则由>操作符定义。

如果指定了多个排序列，
较后的项将用于对那些在前面排序说明所决定的顺序下相等的行继续排序。

2.5. LIMIT 和 OFFSET

```
SELECT select_list FROM table_expression [ORDER BY sort_spec]
[LIMIT { number | ALL }] [OFFSET number]
```

LIMIT 允许你仅检索查询其余部分所生成行的一部分。如果给出了一个限制计数，那么会返回数量不超过该限制的行。如果给出了偏移量，那么在开始返回行之前会跳过相应数量的行。

如果使用 LIMIT，那么最好用一个 ORDER BY 子句把结果行约束成一个唯一的顺序。否则你就会拿到一个不可预料的该查询的行的子集——你要的可能是第十到第二十行，但以什么顺序的第十到第二十？除非你指定了 ORDER BY，否则顺序是不知道的。

查询优化器在生成查询计划时会考虑 LIMIT，因此如果你给定 LIMIT 和 OFFSET，那么你可能收到不同的规划（产生不同的行顺序）。因此，使用不同的 LIMIT/OFFSET 值选择查询结果的不同子集将生成不一致的结果，除非你用 ORDER BY 强制一个可预测的顺序。这并非 bug，这是一个很自然的结果，因为 SQL 没有许诺把查询的结果按照任何特定的顺序发出，除非用了 ORDER BY 来约束顺序。

第 3 章 数据类型

Postgres 有一套丰富的本机数据类型可供用户使用。用户可以用 `CREATE TYPE` 命令向 Postgres 添加新类型。

表 3.1列出了可供用户使用的所有通用数据类型。“别名”列中列出的大多数替代名称，是 Postgres 出于历史原因在内部使用的名称。此外还有一些内部使用或已废弃的类型可用，但这里没有记载。许多内建类型都有显而易见的外部格式。但也有一些类型要么为 Postgres 所独有（例如开放和闭合路径），要么有多种可选格式（例如日期和时间类型）。

表 3.1. 数据类型

类型名	别名	描述
<code>bigint</code>	<code>int8</code>	有符号的8字节整数
<code>bit</code>		定长位串
<code>bit varying(n)</code>	<code>varbit(n)</code>	变长位串
<code>boolean</code>	<code>bool</code>	逻辑布尔值（真/假）
<code>box</code>		二维平面上的矩形框
<code>character(n)</code>	<code>char(n)</code>	定长字符串
<code>character varying(n)</code>	<code>varchar(n)</code>	变长字符串
<code>cidr</code>		IP 网络地址
<code>circle</code>		二维平面上的圆
<code>date</code>		日历日期（年、月、日）
<code>double precision</code>	<code>float8</code>	双精度浮点数
<code>inet</code>		IP 主机地址
<code>integer</code>	<code>int</code> , <code>int4</code>	有符号4字节整数
<code>interval</code>		通用时间段
<code>line</code>		二维平面上的无限直线
<code>lseg</code>		二维平面上的线段
<code>macaddr</code>		MAC 地址
<code>money</code>		美式货币
<code>numeric(p, s)</code>	<code>decimal(p, s)</code>	精度可选择的精确数值
<code>oid</code>		对象标识符
<code>path</code>		二维平面上的开放和闭合几何路径
<code>point</code>		二维平面上的几何点
<code>polygon</code>		二维平面上的封闭几何路径
<code>real</code>	<code>float4</code>	单精度浮点数
<code>smallint</code>	<code>int2</code>	有符号2字节整数
<code>serial</code>		自动递增的4字节整数
<code>text</code>		变长字符串
<code>time [without time zone]</code>		一天中的时间
<code>time with time zone</code>		一天中的时间，包括时区
<code>timestamp [with time zone]</code>		日期和时间

兼容性

SQL 指定了下列类型（或其拼写）：`bit`、`bit varying`、`boolean`、`char`、`character`、`character varying`、`varchar`、`date`、`double precision`、`integer`、`interval`、`numeric`、`decimal`、`real`、`smallint`、`time`、`timestamp`（带或不带时区）。

大多数对应于基本类型（如整数和浮点数）的输入和输出函数会做一些错误检查。为了提高执行速度，某些运算符和函数（例如加法和乘法）不做运行时错误检查。例如在某些系统上，某些数据类型的数值运算符可能静默下溢或上溢。

有些输入和输出函数是不可逆的。也就是说，输出函数的结果与原始输入相比可能损失精度。

3.1. 数字类型

数值类型包括二字节、四字节和八字节整数，四字节和八字节浮点数，以及固定精度的小数。

表 3.2. 数字类型

类型名	存储尺寸	描述	范围
<code>smallint</code>	2字节	定点数	-32768 到 +32767
<code>integer</code>	4字节	定点数的常用选择	-2147483648 到 +2147483647
<code>bigint</code>	8字节	极大范围定点数	约 18 位十进制数字
<code>decimal</code>	可变	用户指定精度	无限制
<code>numeric</code>	可变	用户指定精度	无限制
<code>real</code>	4字节	可变精度	6 位十进制数字
<code>double precision</code>	8字节	可变精度	15 位十进制数字
<code>serial</code>	4字节	标识符或交叉引用	0 到 +2147483647

数值类型常量的语法在第 1.1.2 节中描述。数值类型有一整套相应的算术运算符和函数。更多信息请参阅第 4 章。

`bigint` 类型并非在所有平台上都可用，因为它依赖编译器对八字节整数的支持。

3.1.1. `serial` 类型

`serial` 类型是由 Postgres 用其他现有构件构造的一种特殊类型。它通常用于为表条目创建唯一标识符。在当前的实现中，指定

```
CREATE TABLE tablename (colname SERIAL);
```

等效于指定：

```
CREATE SEQUENCE tablename_colname_seq;
CREATE TABLE tablename
    (colname integer DEFAULT nextval('tablename_colname_seq');
CREATE UNIQUE INDEX tablename_colname_key on tablename (colname);
```

小心

为 `serial` 类型创建的隐式序列在表被删除时不会被自动删除。

支撑 `serial` 的隐式序列不会在包含 `serial` 类型的表被删除时自动删除。因此，按顺序执行下面的命令很可能会失败：

```
CREATE TABLE tablename (colname SERIAL);
DROP TABLE tablename;
CREATE TABLE tablename (colname SERIAL);
```

该序列会一直留在数据库中，直到用 `DROP SEQUENCE` 显式删除。

3.2. 货币类型

已弃用

`money` 类型已被弃用。请改用 `numeric` 或 `decimal` 类型，并结合 `to_char` 函数。在未来的版本中，`money` 类型可能会变成 `numeric` 类型之上一个感知区域设置的层。

`money` 类型以固定小数点表示存储美式货币。如果 Postgres 编译时包含了区域设置支持，则 `money` 类型使用随区域而定的输出格式。

输入接受多种格式，包括整数和浮点数字面量，以及“典型的”货币格式，例如 `'$1,000.00'`。输出采用后一种形式。

表 3.3. 货币类型

类型名	存储尺寸	描述	范围
<code>money</code>	4字节	定点数	-21474836.48 到 +21474836.47

3.3. 字符类型

SQL 定义了两种主要的字符类型：`character` 和 `character varying`。Postgres 支持这些类型，此外还有更通用的 `text` 类型；与 `character varying` 不同，它不要求为字段大小显式声明上限。

关于字符串字面量的语法，参见第 1.1.2.1 节；关于可用的运算符和函数，参见第 4 章。

表 3.4. 字符类型

类型名	存储尺寸	建议	描述
<code>character(n)</code> , <code>char(n)</code>	(4+n) 字节	SQL 兼容	定长，空白填充
<code>character varying(n)</code> , <code>varchar(n)</code>	(4+n) 字节	SQL 兼容	有长度限制的变长
<code>text</code>	(4+n) 字节	最灵活	无限长度的变长

注意

尽管 `text` 类型不符合 SQL，许多其他 RDBMS 软件包也有它。

Postgres 中还有另外两种定长字符类型。`name` 类型仅用于存储内部系统目录的名称，并非供普通用户使用。其长度目前定义为 32 字节（31 个字符加终止符），但应使用宏 `NAMEDATALEN` 引用。该长度在编译时设定（因此可为特殊用途调整）；默认的最大长度在未来的版本中可能改变。类型 `"char"`（注意引号）与 `char(1)` 的不同之处在于它只使用一个字节的存储。它在系统目录内部被用作一种简易的枚举类型。

表 3.5. 特殊字符类型

类型名	存储尺寸	描述
<code>"char"</code>	1字节	单字符内部类型
<code>name</code>	32字节	31 字符内部类型

3.4. 日期/时间类型

Postgres 支持全套 SQL 日期和时间类型。

表 3.6. 日期/时间类型

类型	描述	存储尺寸	最早	最晚	精度
<code>timestamp</code>	日期和时间	8字节	4713 BC	AD 1465001	1微秒 / 14位
<code>timestamp [with time zone]</code>	带时区的日期和时间	8字节	1903 AD	2037 AD	1微秒 / 14位
<code>interval</code>	用于时间间隔	12字节	-1780000000年	1780000000年	1微秒
<code>date</code>	仅日期	4字节	4713 BC	32767 AD	1日
<code>time [without time zone]</code>	仅一天中的时间	4字节	00:00:00.00	23:59:59.99	1微秒
<code>time with time zone</code>	仅一天中的时间	4字节	00:00:00.00+12	23:59:59.99-12	1微秒

注意

为确保与 Postgres 早期版本的兼容，我们还继续提供 `datetime`（等价于 `timestamp`）和 `timespan`（等价于 `interval`），但对它们的支持现在仅限于到 `timestamp` 和 `interval` 的隐式转换。`abstime` 和 `reltime` 类型是内部使用的低精度类型。不鼓励在新应用中使用这些类型，并建议在合适时把旧的迁移过去。这些内部类型中的任何一种或全部都可能在未来的版本中消失。

3.4.1. 日期/时间输入

日期和时间输入几乎可以采用任何合理的格式，包括 ISO-8601、SQL 兼容格式、传统 Postgres 格式等。日期输入中月和日的顺序可能有歧义，因此有一个设置用于指定歧义情况下如何解释。命令 `SET DateStyle TO 'US'` 或 `SET DateStyle TO 'NonEuropean'` 指定"月在前"的变体，命令 `SET DateStyle TO 'European'` 则设置"日在前"的变体。ISO 风格是默认值，但这一默认可以在编译时或运行时改变。

关于日期/时间输入的精确解析规则和可识别的时区，参见附录 A。

请记住，任何日期或时间输入都必须像文本字符串一样用单引号括起来。更多信息请参见第 1.1.2.5 节。SQL 要求使用下列语法

```
type 'value'
```

但 Postgres 更灵活。

3.4.1.1. date

下面是 date 类型的一些可能输入。

表 3.7. 日期输入

示例	描述
January 8, 1999	无歧义
1999-01-08	ISO-8601 格式，推荐
1/8/1999	美式；在欧洲模式下读作 8 月 1 日
8/1/1999	欧式；在美式模式下读作 8 月 1 日
1/18/1999	美式；在任何模式下都读作 1 月 18 日
19990108	ISO-8601 年、月、日
990108	ISO-8601 年、月、日
1999.008	年和一年中的日子
99008	年和一年中的日子
January 8, 99 BC	公元前的 99 年

表 3.8. 月份缩写

月份	缩写
April	Apr
August	Aug
December	Dec
February	Feb
January	Jan
July	Jul
June	Jun
March	Mar
November	Nov
October	Oct
September	Sep, Sept

注意

出于显而易见的原因，五月（May）没有明确的缩写。

表 3.9. 星期缩写

日	缩写
Sunday	Sun
Monday	Mon
Tuesday	Tue, Tues
Wednesday	Wed, Weds
Thursday	Thu, Thur, Thurs
Friday	Fri
Saturday	Sat

3.4.1.2. time [without time zone]

按 SQL99, 此类型可以写作 `time` 和 `time without time zone`。

下面是有效的 `time` 输入。

表 3.10. 时间输入

示例	描述
04:05:06.789	ISO-8601
04:05:06	ISO-8601
04:05	ISO-8601
040506	ISO-8601
04:05 AM	和 04:05 一样; AM 并不影响值
04:05 PM	和 16:05 一样; 输入的小时必须 ≤ 12
z	和 00:00:00 一样
zulu	和 00:00:00 一样
allballs	和 00:00:00 一样

3.4.1.3. time with time zone

此类型由 SQL92 定义, 但该定义存在根本性的缺陷, 使这一类型几乎无法使用。在大多数情况下, `date`、`time` 和 `timestamp` 的组合应能提供任何应用所需的完整日期/时间功能。

`time with time zone` 接受所有对 `time` 类型合法的输入, 再加上一个合法的时区, 如下:

表 3.11. 带时区的时间输入

示例	描述
04:05:06.789-8	ISO-8601
04:05:06-08:00	ISO-8601
04:05-08:00	ISO-8601
040506-08	ISO-8601

更多时区的示例参见表 3.12。

3.4.1.4. timestamp

`timestamp` 类型的有效输入由一个日期和一个时间连接而成, 其后可跟可选的 AD 或 BC, 再后可跟可选的时区。(见下文。)因此

`1999-01-08 04:05:06 -8:00`

是一个符合 ISO 的有效 `timestamp` 值。此外, 广泛使用的格式

`January 8 04:05:06 1999 PST`

也被支持。

表 3.12. 时区输入

时区	描述
PST	太平洋标准时间
-8:00	PST 的 ISO-8601 偏移
-800	PST 的 ISO-8601 偏移

时区	描述
-8	PST的ISO-8601偏移

3.4.1.5. interval

`interval` 可用下列语法指定：

```
Quantity Unit [Quantity Unit...] [Direction]
@ Quantity Unit [Direction]
```

其中：Quantity（数量）是 ...、-1、0、1、2、...；Unit（单位）是 second、minute、hour、day、week、month、year、decade、century、millennium，或者这些单位的缩写或复数形式；Direction（方向）可以是 ago 或为空。

3.4.1.6. 特殊值

下面的函数与 `SQL` 兼容，可用作相应数据类型的日期或时间输入：`CURRENT_DATE`、`CURRENT_TIME`、`CURRENT_TIMESTAMP`。

Postgres 还为方便使用支持几种特殊常量。

表 3.13. 特殊日期/时间常量

常量	描述
<code>current</code>	当前事务时间，延迟求值
<code>epoch</code>	1970-01-01 00:00:00+00（Unix系统时间0）
<code>infinity</code>	晚于其他有效时间
<code>-infinity</code>	早于其他有效时间
<code>invalid</code>	非法输入
<code>now</code>	当前事务时间
<code>today</code>	今天午夜
<code>tomorrow</code>	明天午夜
<code>yesterday</code>	昨天午夜

'now' 在插入值时解析，而 'current' 在每次取值时解析。所以你可能想用 'now' 在大多数应用中。（当然，你真正想用的是 `CURRENT_TIMESTAMP`，它等价于 'now'。）

3.4.2. 日期/时间输出

输出格式可以用 `SET DateStyle` 设为四种风格之一：ISO-8601、SQL（Ingres）、传统 Postgres 和德式。默认是 ISO 格式。

表 3.14. 日期/时间输出风格

样式说明	描述	示例
'ISO'	ISO-8601 标准	1997-12-17 07:37:16-08
'SQL'	传统样式	12/17/1997 07:37:16.00 PST
'Postgres'	原始样式	Wed Dec 17 07:37:16 1997 PST
'German'	地区样式	17.12.1997 07:37:16.00 PST

`date` 和 `time` 风格的输出当然只是上述示例中相应的日期或时间部分。

SQL 风格有欧式和非欧式（美式）两种变体，它们决定月跟在日后还是日跟在月后。（另见上文一节中关于此设置如何影响输入值解释的说明。）

表 3.15. 日期顺序习惯

样式说明	描述	示例
European	<i>day/month/year</i>	17/12/1997 15:37:16.00 MET
US	<i>month/day/year</i>	12/17/1997 07:37:16.00 PST

`interval` 的输出与输入格式相似，区别在于像 `week` 或 `century` 这样的单位会被转换为年和天。ISO 模式下输出形如

```
[ Quantity Units [ ... ] ] [ Days ] Hours:Minutes [ ago ]
```

有几种方法可以影响日期/时间类型的外观：

- `postmaster` 启动时后端直接使用的 `PGDATESTYLE` 环境变量。
- 会话启动时前端 `libpq` 使用的 `PGDATESTYLE` 环境变量。
- `SET DATESTYLE SQL` 命令。

3.4.3. 时区

Postgres 力求在典型用法上与 SQL92 定义兼容。但 SQL92 标准对日期和时间类型及能力有一种奇怪的组合。两个明显的问题是：

- 尽管 `date` 类型没有关联的时区，`time` 类型却可以或确实有关联的时区。现实世界中的时区若不同时关联日期和时间就可能没有意义，因为偏移量在一年中可能随夏令时边界而变化。
- 默认时区被指定为相对 GMT/UTC 的固定整数偏移。在跨 DST 边界进行日期/时间运算时无法适应夏令时。

为解决这些困难，我们建议在使用时区时选用同时包含日期和时间的日期/时间类型。我们建议不要使用 SQL92 的 `TIME WITH TIME ZONE`（尽管为了旧应用以及与其他 RDBMS 实现的兼容，Postgres 支持它）。对于只包含日期或只包含时间的类型，Postgres 假定使用本地时间。此外，时区支持源自底层操作系统的时区能力，因此可以处理夏令时和其他预期行为。

对于 1902 到 2038 年之间的日期，Postgres 从底层操作系统获得时区支持（接近 Unix 风格系统的典型日期界限）。在此范围之外，所有日期都假定以协调世界时（UTC）指定和使用。

所有日期和时间在内部都以 UTC（传统上称为格林尼治标准时间 GMT）存储。时间在发送给客户端前端之前会被转换为数据库服务器上的本地时间，因此默认情况下采用服务器时区。

有几种方法可以影响时区行为：

- `postmaster` 启动时后端直接使用 `TZ` 环境变量作为默认时区。
- 在客户端设置的 `PGTZ` 环境变量由 `libpq` 用于在连接时向后端发送时区信息。
- SQL 命令 `SET TIME ZONE` 设置会话的时区。
- SQL92 的限定词

```
timestamp AT TIME ZONE 'zone'
```

其中 `zone` 可以指定为文本时区（例如 `'PST'`）或区间（例如 `INTERVAL '-08:00'`）。

注意

如果指定了无效的时区，时区会变成 GMT（至少在大多数系统上如此）。

注意

如果设置了编译选项 `USE_AUSTRALIAN_RULES`，那么 `EST` 指的是澳大利亚东部标准时间，其偏移为相对 UTC +10:00 小时。

3.4.4. 内部实现

Postgres 在所有日期/时间计算中使用儒略日。它们有一个好的特性：在假定一年长度为 365.2425 天的前提下，能正确预测/计算从公元前 4713 年到遥远未来的任何日期。

19 世纪之前的日期约定读起来很有意思，但它们并不足够一致，不值得写进日期/时间处理器中。

3.5. 布尔类型

Postgres 提供 SQL99 类型 `boolean`。`boolean` 只能处于两种状态之一：“真”或“假”。第三种状态“未知”由 SQL 的 `NULL` 状态表示。

“真”状态的有效字面值有：

```
TRUE
't'
'true'
'y'
'yes'
'1'
```

对于“假”状态，可以使用下列值：

```
FALSE
'f'
'false'
'n'
'no'
'0'
```

使用关键字 `TRUE` 和 `FALSE` 是首选的（符合 SQL）用法。

例 3.1. 使用 `boolean` 类型

```
CREATE TABLE test1 (a boolean, b text);
INSERT INTO test1 VALUES (TRUE, 'sic est');
INSERT INTO test1 VALUES (FALSE, 'non est');
SELECT * FROM test1;
 a |      b
---+-----
 t | sic est
 f | non est

SELECT * FROM test1 WHERE a;
 a |      b
---+-----
 t | sic est
```

例 3.1 表明，`boolean` 值在输出时使用字母 `t` 和 `f`。

提示

`boolean` 类型的值不能直接转换为其他类型（例如 `CAST(boolval AS integer)`）不可行。这可以用 `CASE` 表达式完成：`CASE WHEN boolval THEN '为真时的值' ELSE '为假时的值' END`。另见第 4.10 节。

`boolean` 使用 1 字节存储。

3.6. 几何类型

几何类型表示二维的空间物体。最基础的类型是点，它是所有其他类型的基础。

表 3.16. 几何类型

几何类型	存储尺寸	表示	描述
<code>point</code>	16 字节	<code>(x,y)</code>	空间中的点
<code>line</code>	32 字节	<code>((x1,y1),(x2,y2))</code>	无限直线
<code>lseg</code>	32 字节	<code>((x1,y1),(x2,y2))</code>	有限线段
<code>box</code>	32 字节	<code>((x1,y1),(x2,y2))</code>	矩形框
<code>path</code>	4+32n 字节	<code>((x1,y1),...)</code>	封闭路径（类似于多边形）
<code>path</code>	4+32n 字节	<code>[(x1,y1),...]</code>	开放路径
<code>polygon</code>	4+32n 字节	<code>((x1,y1),...)</code>	多边形（类似于封闭路径）
<code>circle</code>	24 字节	<code><(x,y),r></code>	圆（圆心和半径）

有一套丰富的函数和运算符可用于执行各种几何操作，如缩放、平移、旋转以及求交。

3.6.1. 点

点是几何类型的基础二维构件。

`point` 用下列语法指定：

```
( x , y )
  x , y
```

其中的参数是

`x`

`x` 轴坐标，以浮点数表示。

`y`

`y` 轴坐标，以浮点数表示。

3.6.2. 线段

线段 (`lseg`) 由点对表示。

`lseg` 用下列语法指定：

```
( ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 ) )
```

```
( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 )
x1 , y1      , x2 , y2
```

其中的参数是

```
(x1,y1)
(x2,y2)
```

线段的端点。

3.6.3. 方框

方框由作为其两个对角的点对表示。

box 用下列语法指定：

```
( ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 ) )
( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 )
x1 , y1      , x2 , y2
```

其中的参数是

```
(x1,y1)
(x2,y2)
```

方框的对角。

方框使用第一种语法输出。输入时角点会被重新排序，先存右上角，再存左下角。也可以输入方框的其他角点，但左下角和右上角由输入确定并存储。

3.6.4. 路径

路径由相连的点集表示。路径可以是"open"（开放）的（集合中第一个点和最后一个点不相连），也可以是"closed"（封闭）的（第一个点和最后一个点相连）。函数 `popen(p)` 和 `pclose(p)` 可用于强制路径开放或封闭，而函数 `isopen(p)` 和 `isclosed(p)` 可用于在查询中测试这两种类型。

path 用下列语法指定：

```
( ( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn ) )
[ ( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn ) ]
( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn )
( x1 , y1      , ... , xn , yn )
x1 , y1      , ... , xn , yn
```

其中的参数是

```
(x,y)
```

组成路径的各线段的端点。前导方括号 "[" 表示开放路径，前导圆括号 "(" 表示封闭路径。

路径使用第一种语法输出。

3.6.5. 多边形

多边形由点集表示。多边形或许应被视为等价于封闭路径，但其存储方式不同，并且有自己的一套支持例程。

`polygon` 用下列语法指定：

```
( ( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn ) )
  ( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn )
  ( x1 , y1 , ... , xn , yn )
    x1 , y1 , ... , xn , yn
```

其中的参数是

(x,y)

组成多边形边界的各线段的端点。

多边形的输出使用第一种语法。

3.6.6. 圆

圆由一个圆心和一个半径表示。

`circle` 用下列语法指定：

```
< ( x , y ) , r >
( ( x , y ) , r )
  ( x , y ) , r
    x , y , r
```

其中的参数是

(x,y)

圆的圆心。

r

圆的半径。

圆的输出用第一种语法。

3.7. 网络地址数据类型

Postgres 提供存储 IP 和 MAC 地址的数据类型。最好使用这些类型而不是普通文本类型，因为这些类型提供输入错误检查和若干专用的运算符与函数。

表 3.17. 网络地址数据类型

名字	存储尺寸	描述	范围
<code>cidr</code>	12字节	IP 网络	有效的 IPv4 网络
<code>inet</code>	12字节	IP 主机和网络	有效的 IPv4 主机或网络
<code>macaddr</code>	6字节	MAC地址	惯用格式

尚不支持 IPv6。

3.7.1. `inet`

`inet` 类型在单个字段中保存一个 IP 主机地址以及可选的其所在子网的标识。子网标识由地址网络部分的位数（即“网络掩码”）表示。如果网络掩码是 32，则该值不表示子网而只表示单个主机。注意，如果你只想接受网络，应使用 `cidr` 类型而不是 `inet`。

此类型的输入格式是 `x.x.x.x/y`，其中 `x.x.x.x` 是一个 IP 地址，`y` 是网络掩码的位数。如果省略了 `/y` 部分，则网络掩码取 32，该值只表示单个主机。显示时，如果网络掩码为 32，则会省略 `/y` 部分。

3.7.2. cidr

`cidr` 类型保存一个 IP 网络规范。输入和输出格式遵循无类别域间路由（Classless Internet Domain Routing）惯例。指定无类别网络的格式是 `x.x.x.x/y`，其中 `x.x.x.x` 是网络，`y` 是网络掩码的位数。如果省略 `y`，则按较老的有类别编号系统的假定来计算，但至少会大到包含输入中写出的所有八位组。

下面是一些示例：

表 3.18. cidr 类型输入示例

CIDR 输入	CIDR 显示	abbrev(CIDR)
192.168.100.128/25	192.168.100.128/25	192.168.100.128/25
192.168/24	192.168.0.0/24	192.168.0/24
192.168/25	192.168.0.0/25	192.168.0.0/25
192.168.1	192.168.1.0/24	192.168.1/24
192.168	192.168.0.0/24	192.168.0/24
128.1	128.1.0.0/16	128.1/16
128	128.0.0.0/16	128.0/16
128.1.2	128.1.2.0/24	128.1.2/24
10.1.2	10.1.2.0/24	10.1.2/24
10.1	10.1.0.0/16	10.1/16
10	10.0.0.0/8	10/8

3.7.3. inet vs cidr

`inet` 和 `cidr` 两种数据类型的本质区别在于：`inet` 接受网络掩码右侧仍含有非零位的值，而 `cidr` 不接受。

提示

如果你不喜欢 `inet` 或 `cidr` 值的输出格式，可以试试 `host()`、`text()` 和 `abbrev()` 函数。

3.7.4. macaddr

`macaddr` 类型存储 MAC 地址，即以太网卡硬件地址（尽管 MAC 地址也用于其他目的）。输入接受多种惯用格式，包括 `'08002b:010203'`、`'08002b-010203'`、`'0800.2b01.0203'`、`'08-00-2b-01-02-03'` 和 `'08:00:2b:01:02:03'`，它们都表示同一个地址。数字 `a` 到 `f` 大小写均可接受。输出总是采用所给形式中的最后一种。

Postgres 源码发行包中的目录 `contrib/mac` 包含可用于把 MAC 地址映射到硬件制造商名称的工具。

3.8. 位串类型

位串是由 1 和 0 组成的串。它们可用于存储或可视化位掩码。SQL 有两种位类型：`BIT(x)` 和 `BIT VARYING(x)`；其中 `x` 指定最大长度。`BIT` 类型的数据会在右侧自动补 0 到最大长度，

BIT VARYING 则是变长的。不带长度的 BIT 等价于 BIT(1)，不带长度的 BIT VARYING 表示长度不限。超过允许长度的输入数据将被截断。关于位串常量的语法，参见第 1.1.2.2 节。可用的还有位逻辑运算符和字符串操作函数；见第 4 章。

一些示例：

```
CREATE TABLE test (a BIT(3), b BIT VARYING(5));
INSERT INTO test VALUES (B'101', B'00');
SELECT SUBSTRING(b FROM 1 FOR 2) FROM test;
```


第 4 章 函数和操作符

Postgres为内置数据类型提供了大量函数和操作符。
用户也可以按程序员指南中的说明定义自己的函数和操作符。psql命令\df和\do可分别用于列出所有可用的函数和操作符。

如果你关心可移植性，
请注意本章描述的大多数函数和操作符（最简单的算术和比较操作符除外）都不是 SQL 标准定义的。

4.1. 逻辑操作符

常用的逻辑操作符有：

AND
OR
NOT

SQL 使用三值布尔逻辑，其中 NULL 表示“未知”。请观察下面的真值表：

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a AND b</i>	<i>a OR b</i>
TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
TRUE	FALSE	FALSE	TRUE
TRUE	NULL	NULL	TRUE
FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
FALSE	NULL	FALSE	NULL
NULL	NULL	NULL	NULL

<i>a</i>	NOT <i>a</i>
TRUE	FALSE
FALSE	TRUE
NULL	NULL

4.2. 比较操作符

表 4.1. 比较操作符

操作符	描述
<	小于
>	大于
<=	小于或等于
>=	大于或等于
=	等于
<> or !=	不等于

注意

!= 操作符在解析器阶段会转换为 <>。不可能实现行为不同的 != 和 <> 操作符。

比较操作符适用于所有相关的数据类型。所有比较操作符都是返回 boolean 类型值的二元操作符；类似 1 < 2 < 3 的表达式是无效的（因为没有用于比较布尔值和 3 的 < 操作符）。

除了比较操作符之外，还可以使用特殊的 BETWEEN 结构。

```
a BETWEEN x AND y
```

等价于

```
a >= x AND a <= y
```

类似地，

```
a NOT BETWEEN x AND y
```

等价于

```
a < x OR a > y
```

除了把第一种形式在内部改写为第二种形式所需的 CPU 周期外，这两种形式没有任何区别。

要检查一个值是否为 NULL，可以使用结构

```
expression IS NULL
expression IS NOT NULL
```

请不要使用 `expression = NULL`，因为 NULL 不“等于” NULL。（NULL 表示一个未知的值，因此两个未知的值是否相等是未知的。）Postgres 目前会把 `x = NULL` 子句转换为 `x IS NULL`，以便让一些有问题的客户端应用（如 Microsoft Access）能够工作，但这在未来的版本中可能会被停用。

4.3. 数学函数和操作符

表 4.2. 数学操作符

名称	描述	示例	结果
+	加法	2 + 3	5
-	减法	2 - 3	-1
*	乘法	2 * 3	6
/	除法（整数除法会截断结果）	4 / 2	2
%	取模（余数）	5 % 4	1
^	求幂	2.0 ^ 3.0	8.0
/	平方根	/ 25.0	5.0
/	立方根	/ 27.0	3
!	阶乘	5 !	120
!!	阶乘（前缀操作符）	!! 5	120
@	绝对值	@ -5.0	5.0
&	二进制与	91 & 15	11
	二进制或	32 3	35
#	二进制异或	17 # 5	20
~	二进制非	~1	-2
<<	二进制左移	1 << 4	16
>>	二进制右移	8 >> 2	2

位串类型 BIT 和 BIT VARYING 也可以使用“二进制”操作符。

表 4.3. 位串二进制操作符

例子	结果
B'10001' & B'01101'	00001
B'10001' B'01101'	11101
B'10001' # B'01101'	11110
~ B'10001'	01110
B'10001' << 3	01000
B'10001' >> 2	00100

&、| 和 # 的位串参数必须等长。进行移位时，字符串的原始长度保持不变，如上所示。

表 4.4. 数学函数

函数	abs(x)
返回类型	(与 x 相同)
描述	绝对值
示例	abs(-17.4)
结果	17.4
函数	cbrt(dp)
返回类型	dp
描述	立方根
示例	cbrt(27.0)
结果	3.0
函数	ceil(numeric)
返回类型	numeric
描述	不小于参数的最小整数
示例	ceil(-42.8)
结果	-42
函数	degrees(dp)
返回类型	dp
描述	弧度转换为角度
示例	degrees(0.5)
结果	28.6478897565412
函数	exp(dp)
返回类型	dp
描述	指数
示例	exp(1.0)
结果	2.71828182845905
函数	floor(numeric)
返回类型	numeric
描述	不大于参数的最大整数

示例	<code>floor(-42.8)</code>
结果	-43
函数	<code>ln(dp)</code>
返回类型	dp
描述	自然对数
示例	<code>ln(2.0)</code>
结果	0.693147180559945
函数	<code>log(dp)</code>
返回类型	dp
描述	以 10 为底的对数
示例	<code>log(100.0)</code>
结果	2.0
函数	<code>log(b numeric, x numeric)</code>
返回类型	numeric
描述	以 b 为底的对数
示例	<code>log(2.0, 64.0)</code>
结果	6.0
函数	<code>mod(y, x)</code>
返回类型	(与参数类型相同)
描述	y/x 的余数
示例	<code>mod(9,4)</code>
结果	1
函数	<code>pi()</code>
返回类型	dp
描述	"Pi" 常量
示例	<code>pi()</code>
结果	3.14159265358979
函数	<code>pow(e dp, n dp)</code>
返回类型	dp
描述	把一个数提升到指数 e
示例	<code>pow(9.0, 3.0)</code>
结果	729.0
函数	<code>radians(dp)</code>
返回类型	dp
描述	角度转换为弧度
示例	<code>radians(45.0)</code>
结果	0.785398163397448

函数	random()
返回类型	dp
描述	介于 0.0 和 1.0 之间的值
示例	random()
结果	
函数	round(dp)
返回类型	dp
描述	舍入到最近的整数
示例	round(42.4)
结果	42
函数	round(vnumeric, s integer)
返回类型	numeric
描述	舍入到 <i>s</i> 位小数
示例	round(42.4382, 2)
结果	42.44
函数	sqrt(dp)
返回类型	dp
描述	平方根
示例	sqrt(2.0)
结果	1.4142135623731
函数	trunc(dp)
返回类型	dp
描述	向零截断
示例	trunc(42.8)
结果	42
函数	trunc(numeric, s integer)
返回类型	numeric
描述	截断到 <i>s</i> 位小数
示例	round(42.4382, 2)
结果	42.43

在上面的表中, "dp" 表示 double precision。函数 exp、ln、log、pow、round (1 参数)、sqrt 和 trunc (1 参数) 也适用于 numeric 类型以代替 double precision。除非另有说明, 返回 numeric 结果的函数接受 numeric 输入参数。这些函数中的许多是在宿主系统的 C 库之上实现的, 因此边界情况下的行为可能因操作系统而异。

表 4.5. 三角函数

函数	描述
acos(<i>x</i>)	反余弦
asin(<i>x</i>)	反正弦

函数	描述
$\text{atan}(x)$	反正切
$\text{atan2}(x, y)$	y/x 的反正切
$\cos(x)$	余弦
$\cot(x)$	余切
$\sin(x)$	正弦
$\tan(x)$	正切

所有三角函数的参数和返回值的类型都是 `double precision`。

4.4. 字符串函数和操作符

本节描述用于检查和操作字符串值的函数和操作符。这里的字符串包括 `CHARACTER`、`CHARACTER VARYING` 和 `TEXT` 所有类型的值。除非另有说明，下面列出的所有函数都适用于这些类型，但使用 `CHARACTER` 类型时，应注意自动填充空格可能带来的影响。通常，这里描述的函数也能用于非字符串类型的数据，方法是先把该数据转换为字符串表示。一些函数也为位串类型提供了原生实现。

SQL 定义了一些字符串函数，它们使用特殊语法，其中用某些关键字而不是逗号来分隔参数。详情见表 4.6。这些函数也使用常规的函数调用语法实现（见表 4.7）。

表 4.6. SQL 字符串函数和操作符

函数	<code>string string</code>
返回类型	<code>text</code>
描述	字符串串接
示例	<code>'Postgre' 'SQL'</code>
结果	PostgreSQL
函数	<code>char_length(string)</code> or <code>character_length(string)</code>
返回类型	<code>integer</code>
描述	字符串的长度
示例	<code>char_length('jose')</code>
结果	4
函数	<code>lower(string)</code>
返回类型	<code>text</code>
描述	把字符串转换为小写。
示例	<code>lower('TOM')</code>
结果	tom
函数	<code>octet_length(string)</code>
返回类型	<code>integer</code>
描述	串中的字节数
示例	<code>octet_length('jose')</code>
结果	4
函数	<code>position(substring in string)</code>
返回类型	<code>integer</code>

描述	指定子串的位置
示例	position('om' in 'Thomas')
结果	3
函数	substring(<i>string</i> [from integer] [for integer])
返回类型	text
描述	提取子串
示例	substring('Thomas' from 2 for 3)
结果	oma
函数	trim([leading trailing both] [<i>characters</i>] from <i>string</i>)
返回类型	text
描述	移除字符串开始端/结束端/两端（默认为两端）仅含指定字符（默认为空格）的最长字符串。
示例	trim(both 'x' from 'xTomx')
结果	Tom
函数	upper(<i>string</i>)
返回类型	text
描述	把字符串转换为大写。
示例	upper('tom')
结果	TOM

下面还有一些其他的字符串处理函数。其中一些在内部用于实现上面列出的 SQL 字符串函数。

表 4.7. 其他字符串函数

函数	ascii(text)
返回类型	integer
描述	返回参数第一个字符的 ASCII 码。
示例	ascii('x')
结果	120
函数	btrim(<i>string</i> text, <i>trim</i> text)
返回类型	text
描述	移除 <i>string</i> 开头和结尾处仅由 <i>trim</i> 中的字符组成的最长字符串。
示例	btrim('xyxtrimyyx', 'xy')
结果	trim
函数	chr(integer)
返回类型	text
描述	返回给定 ASCII 码的字符。
示例	chr(65)
结果	A

函数	<code>initcap(text)</code>
返回类型	<code>text</code>
描述	把每个单词（以空白分隔）的首字母转换为大写。
示例	<code>initcap('hi thomas')</code>
结果	Hi Thomas
函数	<code>lpad(string text, length integer [, fill text])</code>
返回类型	<code>text</code>
描述	在 <i>string</i> 的前面添加字符 <i>fill</i> （默认为空格）把它填充到 <i>length</i> 长度。如果 <i>string</i> 已经超过 <i>length</i> ，则把它截断（在右边）。
示例	<code>lpad('hi', 5, 'xy')</code>
结果	xyxhi
函数	<code>ltrim(string text, trim text)</code>
返回类型	<code>text</code>
描述	移除字符串开头处仅由 <i>trim</i> 中的字符组成的最长字符串。
示例	<code>ltrim('zzzytrim', 'xyz')</code>
结果	trim
函数	<code>repeat(text, integer)</code>
返回类型	<code>text</code>
描述	将文本重复指定次数。
示例	<code>repeat('Pg', 4)</code>
结果	PgPgPgPg
函数	<code>rpadd(string text, length integer [, fill text])</code>
返回类型	<code>text</code>
描述	在 <i>string</i> 的后面添加字符 <i>fill</i> （默认为空格）把它填充到 <i>length</i> 长度。如果 <i>string</i> 已经超过 <i>length</i> ，则把它截断。
示例	<code>rpadd('hi', 5, 'xy')</code>
结果	hixyx
函数	<code>rtrim(string text, trim text)</code>
返回类型	<code>text</code>
描述	移除字符串结尾处仅由 <i>trim</i> 中的字符组成的最长字符串。
示例	<code>rtrim('trimxxxx', 'x')</code>
结果	trim
函数	<code>strpos(string, substring)</code>
返回类型	<code>text</code>
描述	定位指定子串（与 <code>position(substring in string)</code> 相同，但注意参数顺序相反）
示例	<code>strpos('high', 'ig')</code>
结果	2

函数	<code>substr(string, from[, count])</code>
返回类型	text
描述	提取指定的子串（与 <code>substring(string from from for count)</code> 相同）。
示例	<code>substr('alphabet', 3, 2)</code>
结果	ph
函数	<code>to_ascii(text [, encoding])</code>
返回类型	text
描述	把文本从多字节编码转换为 ASCII。
示例	<code>to_ascii('Karel')</code>
结果	Karel
函数	<code>translate(string text, from text, to text)</code>
返回类型	text
描述	<code>string</code> 中任何与 <code>from</code> 集合中字符匹配的字符，都会被替换成 <code>to</code> 集合中的相应字符。
示例	<code>translate('12345', '14', 'ax')</code>
结果	a23x5

`to_ascii` 函数只支持从 LATIN1、LATIN2、WIN1250 (CP1250) 转换。

4.5. 模式匹配

Postgres 提供了两种独立的模式匹配方法：SQL 的 `LIKE` 操作符和 POSIX 风格的正则表达式。

提示

如果你的模式匹配需求超出了这些，或者想进行由模式驱动的替换或翻译，可以考虑用 Perl 或 Tcl 编写用户定义的函数。

4.5.1. 使用 `LIKE` 进行模式匹配

```
string LIKE pattern [ ESCAPE escape-character ]
string NOT LIKE pattern [ ESCAPE escape-character ]
```

每个 `pattern`（模式）都定义了一个字符串集合。如果 `string`（字符串）包含在 `pattern` 所表示的字符串集合中，`LIKE` 表达式就返回真。（与预期的一样，如果 `LIKE` 返回真，`NOT LIKE` 表达式就返回假，反之亦然。等价的表达式是 `NOT (string LIKE pattern)`。）

如果 `pattern` 不包含百分号或下划线，那么该模式只表示字符串本身；此时 `LIKE` 的行为与等于操作符相同。`pattern` 中的下划线（`_`）代表（匹配）任意单个字符；百分号（`%`）匹配任意零个或多个字符的字符串。

一些示例：

```
'abc' LIKE 'abc'      true
'abc' LIKE 'a%'       true
'abc' LIKE '_b_'      true
'abc' LIKE 'c'        false
```

`LIKE` 模式匹配总是覆盖整个字符串。要匹配字符串中任意位置的模式，模式必须以百分号开头并以百分号结尾。

要匹配字面量下划线或百分号而不是把它们当作通配符，`pattern` 中相应的字符前面必须带有转义字符。默认的转义字符是反斜线，但也可以使用 `ESCAPE` 子句选择其他转义字符。要匹配转义字符本身，请写两个转义字符。

注意，反斜线在字符串常量中本来就有特殊含义，因此要写一个包含反斜线的模式常量，必须在查询中写两个反斜线。

可以使用关键字 `ILIKE` 代替 `LIKE`，按照当前的区域设置使匹配不区分大小写。这不是 SQL 标准的内容，而是 Postgres 的扩展。

操作符 `~~` 等效于 `LIKE`，而 `~~*` 对应 `ILIKE`。还有 `!~~` 和 `!~~*` 操作符分别代表 `NOT LIKE` 和 `NOT ILIKE`。所有这些操作符都是 Postgres 特有的。

4.5.2. POSIX正则表达式

表 4.8. 正则表达式匹配操作符

操作符	描述	示例
<code>~</code>	匹配正则表达式，区分大小写	<code>'thomas' ~ '*.thomas.*'</code>
<code>~*</code>	匹配正则表达式，不区分大小写	<code>'thomas' ~* '*.Thomas.*'</code>
<code>!~</code>	不匹配正则表达式，区分大小写	<code>'thomas' !~ '*.Thomas.*'</code>
<code>!~*</code>	不匹配正则表达式，不区分大小写	<code>'thomas' !~* '*.vadim.*'</code>

POSIX 正则表达式提供了比 `LIKE` 函数更强大的模式匹配手段。许多 Unix 工具（如 `egrep`、`sed` 或 `awk`）使用的模式匹配语言与此处描述的类似。

正则表达式是一个字符序列，它是一个字符串集合（正则集）的缩写定义。

如果一个字符串是正则表达式所描述的正则集中的成员，就说该字符串匹配这个正则表达式。与 `LIKE` 一样，模式字符与字符串字符精确匹配，除非它们是正则表达式语言中的特殊字符——但正则表达式使用的特殊字符与 `LIKE` 不同。与 `LIKE` 模式不同的是，除非正则表达式被显式地锚定到字符串的开头或结尾，否则正则表达式可以匹配字符串中任意位置的内容。

正则表达式（RE）按 POSIX 1003.2 的定义有两种形式：现代 RE（大致相当于 `egrep` 的那些；1003.2 称之为“扩展”RE）和过时的 RE（大致相当于 `ed` 的那些；1003.2 的“基本”RE）。Postgres 实现的是现代形式。

一个（现代）RE 是一个或多个非空分支，由 `|` 分隔。它能匹配其中任何一个分支所能匹配的内容。

一个分支是一个或多个片段的串接。

它匹配第一个片段的一个匹配后跟第二个片段的一个匹配，依此类推。

一个片段是一个原子，后面可能跟着一个 `*`、`+`、`?` 或界限。原子后跟 `*` 匹配该原子的 0 个或多个匹配组成的序列。原子后跟 `+` 匹配该原子的 1 个或多个匹配组成的序列。原子后跟 `?` 匹配该原子的 0 个或 1 个匹配组成的序列。

一个界限是 `{` 后跟一个无符号十进制整数，后面可能跟 `,`，再后面可能跟另一个无符号十进制整数，最后总是跟 `}`。这些整数必须在 0 到 `RE_DUP_MAX` (255) 之间（含），如果有两个整数，第一个不能超过第二个。原子后跟含一个整数 `i` 而没有逗号的界限匹配恰好 `i` 个该原子的匹配组成的序列。原子后跟含一个整数 `i` 和一个逗号的界限匹配 `i` 个或更多个该原子的匹配组成的序列。原子后跟含两个整数 `i` 和 `j` 的界限匹配 `i` 到 `j`（含）个该原子的匹配组成的序列。

注意

重复操作符（`?`、`*`、`+` 或界限）不能跟在另一个重复操作符后面。重复操作符不能作为表达式或子表达式的开头，也不能跟在 `^` 或 `|` 后面。

一个原子是一个由 `()` 括起来的正则表达式（匹配该正则表达式的一个匹配）、一个空的 `()`（匹配空串）、一个方括号表达式（见下文）、`.`（匹配任意单个字符）、`^`（匹配输入字符串开头的空串）、`$`（匹配输入字符串结尾的空串）、一个 `\` 后跟 `^[()|*+?{\ 中的一个字符（匹配作为普通字符的该字符）、一个 \ 后跟其他任何字符（匹配作为普通字符的该字符，如同 \ 不存在一样），或者一个没有其他含义的单个字符（匹配该字符）。一个 { 后跟非数字字符时是普通字符，不是界限的开始。以 \ 结束一个 RE 是非法的。`

注意，反斜线（`\`）在字符串常量中本来就有特殊含义，因此要写一个包含反斜线的模式常量，必须在查询中写两个反斜线。

方括号表达式是一个由 `[]` 括起来的字符列表。它通常匹配列表中的任意单个字符（但见下文）。如果列表以 `^` 开头，则匹配任意一个不在列表其余部分中的单个字符。如果列表中的两个字符由 `-` 分隔，这是按整理序列位于这两个字符之间（含）的完整字符范围的简写形式，例如在 ASCII 中 `[0-9]` 匹配任意十进制数字。两个范围共享一个端点是非法的，例如 `a-c-e`。范围非常依赖于整理序列，因此可移植的程序应当避免依赖它们。

要在列表中包含字面字符 `]`，可以让它作为第一个字符（跟在可能的 `^` 之后）。要包含字面字符 `-`，可以让它作为第一个或最后一个字符，或者一个范围的第二个端点。要把字面 `-` 用作范围的第一个端点，可以把它放在 `[.` 和 `.]` 中使它成为一个排序元素（见下文）。除了这些和某些使用 `]` 的组合（见下一段）之外，所有其他特殊字符，包括 `\`，在方括号表达式内都失去它们的特殊含义。

在方括号表达式中，排序元素（一个字符、一个排序时如同单个字符的多字符序列或者一个排序序列名）放在 `[.` 和 `.]` 中，表示该排序元素的一个实例。序列 `[.characters.]` 在当前区域设置下作为一个字符排序。

在方括号表达式里，包围在 `[=` 和 `=]` 里的排序元素是一个等价类，代表等效于那一个的所有排序元素的字符序列，包括它本身（如果没有其它等效排序元素，那么就好像封装定界符是 `[.` 和 `.]`）。例如，如果 `o` 和 `^` 是一个等价类的成员，那么 `[ [=o= ]`、`[ [=^= ]` 和 `[o^]` 都是同义的。一个等价类不能是一个范围的端点。

在方括号表达式中，用 `[:` 和 `:]` 括起的字符类名表示属于该类的所有字符的列表。标准字符类名包括：`alnum`、`alpha`、`blank`、`cntrl`、`digit`、`graph`、`lower`、`print`、`punct`、`space`、`upper`、`xdigit`。它们表示 `ctype` 中定义的字符类。区域设置可以提供其他字符类。字符类不能用作范围的端点。

方括号表达式有两个特例：方括号表达式 `[[:<:]]` 和 `[[:>:]]` 分别匹配一个单词开头和结尾的空串。单词定义为前后都没有单词字符的单词字符序列。单词字符是 `alnum` 字符（由 `ctype` 定义）或下划线。这是一个与 POSIX 1003.2 兼容但未由其规定的扩展，在打算移植到其他系统的软件中应谨慎使用。

在一个 RE 可以匹配给定字符串的多个子串的情况下，RE 匹配在字符串中最先开始的那个。如果 RE 可以匹配从该点开始的多个子串，它匹配最长的那个。在整个匹配尽可能长的约束之下，子表达式也匹配最长的可能子串，在 RE 中靠前的子表达式比靠后的优先。注意，高层子表达式因而比其低层的组成子表达式优先。

匹配长度是以字符衡量的，而不是以排序元素。空串被认为比完全不匹配长。例如，`bb*` 匹配 `abbbbc` 的中间三个字符，`(wee|week)(knights|nights)` 匹配 `weeknights` 的全部十个字符，当 `(.*)` 与 `abc` 匹配时，带圆括号的子表达式匹配全部三个字符，而当 `(a*)` 与 `bc` 匹配时，整个 RE 和带圆括号的子表达式都匹配空串。

如果指定不区分大小写的匹配，其效果非常类似于字母表中的所有大小写差别都消失了。当存在多种大小写形式的字母作为普通字符出现在方括号表达式之外时，

它实际上被转换为包含两种大小写形式的方括号表达式，例如 `x` 变成 `[xX]`。当它出现在方括号表达式内部时，它的所有大小写对应字符都被加入该方括号表达式，因此（例如）`[x]` 变成 `[xX]`，`[^x]` 变成 `[^xX]`。

RE 的长度没有特定的限制，除了内存有限之外。内存使用量与 RE 大小大致成线性关系，并且很大程度上对 RE 的复杂度不敏感，有界重复除外。有界重复通过宏展开实现，如果计数很大或有界重复嵌套，它在时间和空间上的代价都很高。像 `((((a{1,100}){1,100}){1,100}){1,100}){1,100}){1,100}` 这样的 RE 会（最终）耗尽几乎任何现有机器的交换空间。¹

4.6. 格式化函数

Author

由 Karel Zak (<zakkr@zf.jcu.cz>) 于 2000-01-24 编写

Postgres 格式化函数提供了一套强大的工具，用于把各种数据类型（日期/时间、整数、浮点、numeric）转换为格式化的字符串以及把格式化的字符串转换回原始的数据类型。这些函数都使用一个公共的调用约定：第一个参数是要格式化的值，第二个参数是定义输出或输入格式的模板。

表 4.9. 格式化函数

函数	返回	描述	例子
<code>to_char(timestamp, text)</code>	text	把 timestamp 转换为字符串	<code>to_char(timestamp 'now', 'HH12:MI:SS')</code>
<code>to_char(int, text)</code>	text	把 int4/int8 转换为字符串	<code>to_char(125, '999')</code>
<code>to_char(double precision, text)</code>	text	把 real/double precision 转换为字符串	<code>to_char(125.8, '999D9')</code>
<code>to_char(numeric, text)</code>	text	把 numeric 转换为字符串	<code>to_char(numeric '-125.8', '999D99S')</code>
<code>to_date(text, text)</code>	date	把字符串转换为 date	<code>to_date('05 Dec 2000', 'DD Mon YYYY')</code>
<code>to_timestamp(text, text)</code>	timestamp	把字符串转换为 timestamp	<code>to_timestamp('05 Dec 2000', 'DD Mon YYYY')</code>
<code>to_number(text, text)</code>	numeric	把字符串转换为 numeric	<code>to_number('12,454.8-', '99G999D9S')</code>

在输出模板字符串中，有一些特定的模式会被识别，并被替换为来自待格式化值的、格式恰当的数据。任何不是模板模式的文本都简单地按字面复制。同样，在输入模板字符串中，模板模式标识要查看的输入数据字符串的部分以及要在其中找到的值。

表 4.10. 用于日期/时间转换的模板模式

模式	描述
HH	小时 (01-12)
HH12	小时 (01-12)
HH24	小时 (00-23)
MI	分钟 (00-59)
SS	秒 (00-59)
SSSS	自午夜以来的秒数 (0-86399)

¹ 注意这是 1994 年写的。数字可能已经变了，但问题依然存在。

模式	描述
AM or A.M. or PM or P.M.	大写形式的上午/下午指示符
am or a.m. or pm or p.m.	小写形式的上午/下午指示符
Y,YYY	年份（4 位或更多数字）带逗号
YYYY	年份（4 位或更多数字）
YYY	年份的最后 3 位数字
YY	年份的最后 2 位数字
Y	年份的最后一位数字
BC or B.C. or AD or A.D.	大写形式的纪元指示符
bc or b.c. or ad or a.d.	小写形式的纪元指示符
MONTH	全大写的月名（空格填充到 9 个字符）
Month	首字母大写的月名全称（空格填充到 9 个字符）
month	全小写的月名（空格填充到 9 个字符）
MON	缩写的全大写月名（3 个字符）
Mon	缩写的首字母大写月名（3 个字符）
mon	缩写的全小写月名（3 个字符）
MM	月份数（01-12）
DAY	全大写的星期名（空格填充到 9 个字符）
Day	首字母大写的星期名全称（空格填充到 9 个字符）
day	全小写的星期名（空格填充到 9 个字符）
DY	缩写的全大写星期名（3 个字符）
Dy	缩写的首字母大写星期名（3 个字符）
dy	缩写的全小写星期名（3 个字符）
DDD	一年中的第几天（001-366）
DD	月中的日（01-31）
D	星期几（1-7；SUN=1）
W	月内的周序号（1-5），第一周从该月的第一天开始
WW	一年中的周序号（1-53），第一周从该年的第一天开始
IW	ISO 一年中的周序号（新年的第一个星期四在第 1 周。）
CC	世纪（2 位数字）
J	儒略日（自公元前 4712 年 1 月 1 日以来的天数）
Q	季度
RM	以大写罗马数字表示的月份（I-XII；I=一月）
rm	以小写罗马数字表示的月份（I-XII；I=一月）
TZ	大写形式的时区名称
tz	小写形式的时区名称

某些修饰符可以应用于任何模板模式以改变其行为。例如，“FMMonth”是带“FM”前缀的“Month”模式。

表 4.11. 用于日期/时间转换的模板模式修饰符

修饰符	描述	例子
FM prefix	填充模式（抑制填充的空白和零）	FMMonth

修饰符	描述	例子
TH suffix	添加大写序数后缀	DDTH
th suffix	添加小写序数后缀	DDth
FX prefix	固定格式全局选项（见下文）	FX Month DD Day
SP suffix	拼写模式（尚未实现）	DDSP

用法说明：

- FM 抑制前导零和尾随空白，否则它们会被添加进来使模式的输出具有固定宽度。
- 如果不使用 FX 选项，to_timestamp 和 to_date 会跳过输入字符串中的多个连续空格。FX 必须指定为模板中的第一项；例如 to_timestamp('2000 JUN', 'YYYY MON') 是对的，但 to_timestamp('2000 JUN', 'FXYYYY MON') 返回一个错误，因为 to_timestamp 只要求一个空格。
- 如果想在字符串常量中使用反斜杠（“\”），必须输入双反斜杠（“\\”）；例如 '\\HH\\MI\\SS'。对 PostgreSQL 中的任何字符串常量都是如此。
- to_char 模板中允许有普通文本，它们会按字面输出。可以把一个子串放在双引号中，强制把它解释为字面文本，即使它包含模式关键字。例如，在 '"Hello Year "YYYY' 中，YYYY 会被年份数据替换，但 “Year” 中单个的 Y 不会被替换。
- 如果想在输出中出现双引号，必须在它前面加一个反斜杠，例如 '\\ "YYYY Month\\ "'。
- 如果使用多于 4 位数字的年份，从字符串到 timestamp 或 date 的 YYYY 转换会受限制：必须在 YYYY 之后使用某个非数字字符或模板，否则年份总是被解释为 4 位数字。例如（年份为 20000 时）：to_date('200001131', 'YYYYMMDD') 会被解释为 4 位年份；更好的做法是在年份后使用非数字分隔符，例如 to_date('20000-1131', 'YYYY-MMDD') 或 to_date('20000Nov31', 'YYYYMonDD')。

表 4.12. 用于数值转换的模板模式

模式	描述
9	具有指定位数的值
0	带前导零的值
.(period)	小数点
, (comma)	组（千位）分隔符
PR	尖括号中的负值
S	带负号的负值（使用区域设置）
L	货币符号（使用区域设置）
D	小数点（使用区域设置）
G	组分分隔符（使用区域设置）
MI	指定位置上的负号（若数字 < 0）
PL	指定位置上的正号（若数字 > 0）
SG	指定位置上的正/负号
RN	罗马数字（输入在 1 和 3999 之间）
TH or th	转换为序数
V	移动 <i>n</i> 位数字（见注释）
EEEE	科学计数法（尚不支持）

用法说明：

- 使用 SG、PL 或 MI 格式化的符号不是数字中的锚点；例如 `to_char(-12, 'S9999')` 产生 `' -12'`，但 `to_char(-12, 'MI9999')` 产生 `'- 12'`。Oracle 实现不允许在 9 前面使用 MI，而是要求 9 在 MI 之前。
- 9 指定一个位数与 9 的个数相同的值。如果没有可用数字，则输出一个空格。
- TH 不转换小于零的值，也不转换十进制数。
- PL、SG 和 TH 是 Postgres 扩展。
- V 实际上把输入值乘以 10^n ，其中 n 是 V 后面的数字个数。

表 4.13. to_char 示例

输入	输出
<code>to_char(now(),'Day, DD HH12:MI:SS')</code>	<code>'Tuesday , 06 05:39:18'</code>
<code>to_char(now(),'FMDay, FMDD HH12:MI:SS')</code>	<code>'Tuesday, 6 05:39:18'</code>
<code>to_char(-0.1,'99.99')</code>	<code>' -.10'</code>
<code>to_char(-0.1,'FM9.99')</code>	<code>'-.1'</code>
<code>to_char(0.1,'0.9')</code>	<code>' 0.1'</code>
<code>to_char(12,'9990999.9')</code>	<code>' 0012.0'</code>
<code>to_char(12,'FM9990999.9')</code>	<code>'0012'</code>
<code>to_char(485,'999')</code>	<code>' 485'</code>
<code>to_char(-485,'999')</code>	<code>'-485'</code>
<code>to_char(485,'9 9 9')</code>	<code>' 4 8 5'</code>
<code>to_char(1485,'9,999')</code>	<code>' 1,485'</code>
<code>to_char(1485,'9G999')</code>	<code>' 1 485'</code>
<code>to_char(148.5,'999.999')</code>	<code>' 148.500'</code>
<code>to_char(148.5,'999D999')</code>	<code>' 148,500'</code>
<code>to_char(3148.5,'9G999D999')</code>	<code>' 3 148,500'</code>
<code>to_char(-485,'999S')</code>	<code>'485-'</code>
<code>to_char(-485,'999MI')</code>	<code>'485-'</code>
<code>to_char(485,'999MI')</code>	<code>'485'</code>
<code>to_char(485,'PL999')</code>	<code>' +485'</code>
<code>to_char(485,'SG999')</code>	<code>' +485'</code>
<code>to_char(-485,'SG999')</code>	<code>' -485'</code>
<code>to_char(-485,'9SG99')</code>	<code>' 4-85'</code>
<code>to_char(-485,'999PR')</code>	<code>' <485 >'</code>
<code>to_char(485,'L999')</code>	<code>'DM 485'</code>
<code>to_char(485,'RN')</code>	<code>' CDLXXXV'</code>
<code>to_char(485,'FMRN')</code>	<code>'CDLXXXV'</code>
<code>to_char(5.2,'FMRN')</code>	<code>V</code>
<code>to_char(482,'999th')</code>	<code>' 482nd'</code>
<code>to_char(485,'"Good number:"999')</code>	<code>'Good number: 485'</code>
<code>to_char(485.8,'"Pre:"999" Post: ".999")</code>	<code>'Pre: 485 Post: .800'</code>
<code>to_char(12,'99V999')</code>	<code>' 12000'</code>
<code>to_char(12.4,'99V999')</code>	<code>' 12400'</code>
<code>to_char(12.45,'99V9')</code>	<code>' 125'</code>

4.7. 日期/时间函数

表 4.14列出了可用于日期/时间值处理的函数。基本的算术操作符（+、* 等）也可用。格式化函数请参阅第 4.6 节。你应当熟悉日期/时间数据类型的背景信息（见第 3.4 节）。

表 4.14. 日期/时间函数

名称	age (timestamp)
返回类型	interval
描述	从今天减去
示例	age(timestamp '1957-06-13')
结果	43 years 8 mons 3 days
名称	age (timestamp , timestamp)
返回类型	interval
描述	参数相减
示例	age('2001-04-10', timestamp '1957-06-13')
结果	43 years 9 mons 27 days
名称	current_date
返回类型	date
描述	今天的日期；见下文
示例	
结果	
名称	current_time
返回类型	time
描述	一天中的时间；见下文
示例	
结果	
名称	current_timestamp
返回类型	timestamp
描述	日期和时间；另见下文
示例	
结果	
名称	date_part (text , timestamp)
返回类型	double precision
描述	获取子字段（等价于 extract）；另见下文
示例	date_part('hour', timestamp '2001-02-16 20:38:40')
结果	20
名称	date_part (text , interval)
返回类型	double precision
描述	获取子字段（等价于 extract）；另见下文

示例	date_part('month', interval '2 years 3 months')
结果	3
名称	date_trunc (text , timestamp)
返回类型	timestamp
描述	截断到指定精度；另见下文
示例	date_trunc('hour', timestamp '2001-02-16 20:38:40')
结果	2001-02-16 20:00:00+00
名称	extract(<i>field</i> from timestamp)
返回类型	double precision
描述	获取子字段；另见下文
示例	extract(hour from timestamp '2001-02-16 20:38:40')
结果	20
名称	extract(<i>field</i> from interval)
返回类型	double precision
描述	获取子字段；另见下文
示例	extract(month from interval '2 years 3 months')
结果	3
名称	isfinite (timestamp)
返回类型	boolean
描述	测试时间戳是否有限（既非无效也非无穷）
示例	isfinite(timestamp '2001-02-16 21:28:30')
结果	true
名称	isfinite (interval)
返回类型	boolean
描述	测试时间戳是否有限（不是正负无穷）
示例	isfinite(interval '4 hours')
结果	true
名称	now()
返回类型	timestamp
描述	当前日期和时间（等价于 current_timestamp）；另见下文
示例	
结果	
名称	timeofday()
返回类型	text
描述	高精度的日期和时间；另见下文
示例	timeofday()
结果	Wed Feb 21 17:01:13.000126 2001 EST

名称	timestamp(date)
返回类型	timestamp
描述	Date to timestamp
示例	timestamp(date '2000-12-25')
结果	2000-12-25 00:00:00
名称	timestamp(date, time)
返回类型	timestamp
描述	把日期和时间转换为 timestamp
示例	timestamp(date '1998-02-24',time '23:07')
结果	1998-02-24 23:07:00

4.7.1. EXTRACT, date_part

EXTRACT (*field* FROM *source*)

extract 函数从日期/时间值中检索诸如年或小时这样的子字段。*source* 是一个求值结果为 timestamp 或 interval 类型的值表达式。(date 或 time 类型的表达式会被转换为 timestamp, 因此也可以使用。) *field* 是一个标识符或字符串, 它选择从源值中提取哪个字段。extract 函数返回 double precision 类型的值。下面是有效的取值:

century

年份字段除以 100

```
SELECT EXTRACT(CENTURY FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 20

注意, century 字段的结果只是年份字段除以 100, 而不是把 1900 年代的大部分年份归入二十世纪的传统定义。

day

(月中的) 日字段 (1 - 31)

```
SELECT EXTRACT(DAY FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 16

decade

年份字段除以 10

```
SELECT EXTRACT(DECADE FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 200

dow

星期几 (0 - 6; 星期日为 0) (仅用于 timestamp 值)

```
SELECT EXTRACT(DOW FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 5

doy

一年中的第几天 (1 - 365/366) (仅用于 timestamp 值)

```
SELECT EXTRACT(DOY FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 47

epoch

对于 `date` 和 `timestamp` 值, 是自 1970-01-01 00:00:00 以来的秒数 (结果可能为负。); 对于 `interval` 值, 是该间隔中的总秒数

```
SELECT EXTRACT(EPOCH FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 982352320

```
SELECT EXTRACT(EPOCH FROM INTERVAL '5 days 3 hours');
```

结果: 442800

hour

小时字段 (0 - 23)

```
SELECT EXTRACT(HOUR FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 20

microseconds

秒字段 (包括小数部分) 乘以 1 000 000。注意这包括完整的秒数。

```
SELECT EXTRACT(MICROSECONDS FROM TIME '17:12:28.5');
```

结果: 28500000

millennium

年份字段除以 1000

```
SELECT EXTRACT(MILLENNIUM FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 2

注意, `millennium` 字段的结果只是年份字段除以 1000, 而不是把 1900 年代的年份归入第二个千年的传统定义。

milliseconds

秒字段 (包括小数部分) 乘以 1000。注意这包括完整的秒数。

```
SELECT EXTRACT(MILLISECONDS FROM TIME '17:12:28.5');
```

结果: 28500

minute

分钟字段 (0 - 59)

```
SELECT EXTRACT(MINUTE FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 38

month

对于 `timestamp` 值, 是一年中的月份数 (1 - 12); 对于 `interval` 值, 是月数模 12 (0 - 11)

```
SELECT EXTRACT(MONTH FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 2

```
SELECT EXTRACT(MONTH FROM INTERVAL '2 years 3 months');
```

结果: 3

```
SELECT EXTRACT(MONTH FROM INTERVAL '2 years 13 months');
```

结果: 1

quarter

该日所在的一年中的季度（1 - 4）（仅用于 timestamp 值）

```
SELECT EXTRACT(QUARTER FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 1

second

秒字段（包括小数部分）（0 - 59²）

```
SELECT EXTRACT(SECOND FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 40

```
SELECT EXTRACT(SECOND FROM TIME '17:12:28.5');
```

结果: 28.5

week

从 timestamp 值计算该日所在一年中的周数。根据定义（ISO 8601），一年的第一周包含该年的 1 月 4 日。（ISO 的周从星期一开始。）换句话说，一年的第一个星期四在该年的第 1 周。

```
SELECT EXTRACT(WEEK FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 7

year

年份字段

```
SELECT EXTRACT(YEAR FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 2001

extract 函数主要的用途是做计算性处理。对于用于显示的日期/时间值格式化，参阅第 4.6 节。

date_part 函数仿照传统 Ingres 中与 SQL 函数 extract 等价的函数建模：

```
date_part('field', source)
```

注意这里的 *field* 值需要是字符串。date_part 的有效字段取值与 extract 的相同。

```
SELECT date_part('day', TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

结果: 16

```
SELECT date_part('hour', INTERVAL '4 hours 3 minutes');
```

结果: 4

4.7.2. date_trunc

date_trunc 函数在概念上和用于数字的 trunc 函数类似。

```
date_trunc('field', source)
```

source 是一个 timestamp 类型的值表达式（date 和 time 类型的值会被自动转换）。field 选择把时间戳值截断到哪种精度。返回值的类型是 timestamp，其中所有低于所选字段的字段都被置为零（日和月则置为一）。

field 的有效值有：

microseconds

²如果操作系统实现了闰秒则为 60

```

milliseconds
second
minute
hour
day
month
year
decade
century
millennium

```

```

SELECT date_trunc('hour', TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
结果: 2001-02-16 20:00:00+00

```

```

SELECT date_trunc('year', TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
结果: 2001-01-01 00:00:00+00

```

4.7.3. 当前日期/时间

可以使用下面的函数获得当前日期和/或时间:

```

CURRENT_TIME
CURRENT_DATE
CURRENT_TIMESTAMP

```

注意, 由于内部实现的要求, 这些函数必须不带圆括号使用。

```

SELECT CURRENT_TIME;
19:07:32

```

```

SELECT CURRENT_DATE;
2001-02-17

```

```

SELECT CURRENT_TIMESTAMP;
2001-02-17 19:07:32-05

```

函数 `now()` 是 Postgres 中 `CURRENT_TIMESTAMP` 的传统等价形式。

还有 `timeofday()`, 它返回的当前时间比 `CURRENT_TIMESTAMP` 一族具有更高的精度:

```

SELECT timeofday();
Sat Feb 17 19:07:32.000126 2001 EST

```

`timeofday()` 使用操作系统调用 `gettimeofday(2)`, 其分辨率可以好到微秒 (取决于你的平台); 而其他函数从 `time(2)` 获取时间, 大多数平台上分辨率最多为 1 秒。

十分重要的是要认识到 `CURRENT_TIMESTAMP` 及相关函数返回的都是当前事务开始时的时间; 在事务运行期间它们的值不增长。但 `timeofday()` 返回实际的当前时间。

所有日期/时间数据类型还接受特殊的字面值 `now` 来指定当前日期和时间。因此, 下面三个都返回相同的结果:

```

SELECT CURRENT_TIMESTAMP;
SELECT now();
SELECT TIMESTAMP 'now';

```

注意

在创建表时指定 `DEFAULT` 值不要使用第三种形式。系统会在解析常量时立即把 `now` 转换为 `timestamp`, 因此在需要默认值时, 使用的将是建表时刻的时间! 前两种形式在

默认值被使用之前不会被求值，因为它们是函数调用。
因此它们会给出在插入行时取默认值的期望行为。

4.8. 几何函数和操作符

几何类型 point、box、lseg、line、path、polygon 和 circle 有一大套原生支持的函数和操作符。

表 4.15. 几何操作符

操作符	描述	用法
+	平移	<code>box '((0,0),(1,1))' + point '(2.0,0)'</code>
-	平移	<code>box '((0,0),(1,1))' - point '(2.0,0)'</code>
*	缩放/旋转	<code>box '((0,0),(1,1))' * point '(2.0,0)'</code>
/	缩放/旋转	<code>box '((0,0),(2,2))' / point '(2.0,0)'</code>
#	交集	<code>'((1,-1),(-1,1))' # '((1,1),(-1,-1))'</code>
#	多边形中的点数	<code># '((1,0),(0,1),(-1,0))'</code>
##	最近邻近点	<code>point '(0,0)' ## lseg '((2,0),(0,2))'</code>
&&	是否重叠？（有一个公共点即为真。）	<code>box '((0,0),(1,1))' && box '((0,0),(2,2))'</code>
&<	重叠或在左边？	<code>box '((0,0),(1,1))' &< box '((0,0),(2,2))'</code>
&>	重叠或在右边？	<code>box '((0,0),(3,3))' &> box '((0,0),(2,2))'</code>
<->	两者之间的距离	<code>circle '((0,0),1)' <-> circle '((5,0),1)'</code>
<<	是否位于左侧？	<code>circle '((0,0),1)' << circle '((5,0),1)'</code>
<^	是否位于下方？	<code>circle '((0,0),1)' <^ circle '((0,5),1)'</code>
>>	是否位于右侧？	<code>circle '((5,0),1)' >> circle '((0,0),1)'</code>
>^	是否位于上方？	<code>circle '((0,5),1)' >^ circle '((0,0),1)'</code>
?#	相交或重叠	<code>lseg '((-1,0),(1,0))' ?# box '((-2,-2),(2,2))';</code>
?-	是否水平？	<code>point '(1,0)' ?- point '(0,0)'</code>
?	是否互相垂直？	<code>lseg '((0,0),(0,1))' ? lseg '((0,0),(1,0))'</code>
@-@	长度或周长	<code>@-@ path '((0,0),(1,0))'</code>
?	是否竖直？	<code>point '(0,1)' ? point '(0,0)'</code>
?	是否平行？	<code>lseg '((-1,0),(1,0))' ? lseg '((-1,2),(1,2))'</code>
@	包含于或位于其上	<code>point '(1,1)' @ circle '((0,0),2)'</code>
@@	中心	<code>@@ circle '((0,0),10)'</code>

操作符	描述	用法
~=	是否相同?	<code>polygon '((0,0),(1,1))' ~= polygon '((1,1),(0,0))'</code>

表 4.16. 几何函数

函数	返回类型	描述	示例
<code>area (object)</code>	double precision	对象的面积	<code>area(box '((0,0),(1,1))')</code>
<code>box (box, box)</code>	box	交集矩形框	<code>box(box '((0,0),(1,1))', box '((0.5,0.5),(2,2))')</code>
<code>center (object)</code>	point	对象的中心	<code>center(box '((0,0),(1,2))')</code>
<code>diameter (circle)</code>	double precision	圆的直径	<code>diameter(circle '((0,0),2.0)')</code>
<code>height (box)</code>	double precision	矩形框的竖直尺寸	<code>height(box '((0,0),(1,1))')</code>
<code>isclosed (path)</code>	boolean	是否为闭合路径?	<code>isclosed(path '((0,0),(1,1),(2,0))')</code>
<code>isopen (path)</code>	boolean	是否为开放路径?	<code>isopen(path '[(0,0),(1,1),(2,0)]')</code>
<code>length (object)</code>	double precision	对象的长度	<code>length(path '((-1,0),(1,0))')</code>
<code>pclose (path)</code>	path	将路径转换为闭合路径	<code>popen(path '[(0,0),(1,1),(2,0)]')</code>
<code>npoint (path)</code>	int4	点数	<code>npoints(path '[(0,0),(1,1),(2,0)]')</code>
<code>popen (path)</code>	path	把路径转换为开放路径	<code>popen(path '((0,0),(1,1),(2,0))')</code>
<code>radius (circle)</code>	double precision	圆的半径	<code>radius(circle '((0,0),2.0)')</code>
<code>width (box)</code>	double precision	水平尺寸	<code>width(box '((0,0),(1,1))')</code>

表 4.17. 几何类型转换函数

函数	返回类型	描述	示例
<code>box (circle)</code>	box	将圆转换为矩形框	<code>box(circle '((0,0),2.0)')</code>
<code>box (point , point)</code>	box	将点转换为矩形框	<code>box(point '(0,0)', point '(1,1)')</code>
<code>box (polygon)</code>	box	将多边形转换为矩形框	<code>box(polygon '((0,0),(1,1),(2,0))')</code>
<code>circle (box)</code>	circle	转换为圆	<code>circle(box '((0,0),(1,1))')</code>
<code>circle (point , double precision)</code>	circle	把点转换为圆	<code>circle(point '(0,0)', 2.0)</code>
<code>lseg (box)</code>	lseg	矩形框对角线转换为线段	<code>lseg(box '((-1,0),(1,0))')</code>
<code>lseg (point , point)</code>	lseg	由点构造线段	<code>lseg(point '(-1,0)', point '(1,0)')</code>
<code>path (polygon)</code>	point	将多边形转换为路径	<code>path(polygon '((0,0),(1,1),(2,0))')</code>
<code>point (circle)</code>	point	中心	<code>point(circle '((0,0),2.0)')</code>

函数	返回类型	描述	示例
<code>point (lseg , lseg)</code>	point	交集	<code>point(lseg '((-1,0),(1,0))', lseg '((-2,-2),(2,2))')</code>
<code>point (polygon)</code>	point	中心	<code>point(polygon '((0,0),(1,1),(2,0)))'</code>
<code>polygon (box)</code>	polygon	12 点多边形	<code>polygon(box '((0,0),(1,1)))'</code>
<code>polygon (circle)</code>	polygon	12 点多边形	<code>polygon(circle '((0,0),2.0)')</code>
<code>polygon(<i>npts</i>, circle)</code>	polygon	<i>npts</i> 点多边形	<code>polygon(12, circle '((0,0),2.0)')</code>
<code>polygon (path)</code>	polygon	将路径转换为多边形	<code>polygon(path '((0,0),(1,1),(2,0)))'</code>

4.9. 网络地址类型函数

表 4.18. `cidr` 和 `inet` 操作符

操作符	描述	用法
<code><</code>	小于	<code>inet '192.168.1.5' < inet '192.168.1.6'</code>
<code><=</code>	小于或等于	<code>inet '192.168.1.5' <= inet '192.168.1.5'</code>
<code>=</code>	等于	<code>inet '192.168.1.5' = inet '192.168.1.5'</code>
<code>>=</code>	大于或等于	<code>inet '192.168.1.5' >= inet '192.168.1.5'</code>
<code>></code>	大于	<code>inet '192.168.1.5' > inet '192.168.1.4'</code>
<code><></code>	不等于	<code>inet '192.168.1.5' <> inet '192.168.1.4'</code>
<code><<</code>	被包含于	<code>inet '192.168.1.5' << inet '192.168.1/24'</code>
<code><=<</code>	被包含于或等于	<code>inet '192.168.1/24' <=< inet '192.168.1/24'</code>
<code>>></code>	包含	<code>inet '192.168.1/24' >> inet '192.168.1.5'</code>
<code>>=></code>	包含或等于	<code>inet '192.168.1/24' >=> inet '192.168.1/24'</code>

`inet` 的所有操作符也都可以应用于 `cidr` 值。操作符 `<<`、`<=<`、`>>` 和 `>=>` 测试子网包含：它们只考虑两个地址的网络部分，忽略任何主机部分，并判断一个网络部分是否与另一个相同或是它的子网。

表 4.19. `cidr` 和 `inet` 函数

函数	<code>broadcast (inet)</code>
返回类型	inet
描述	网络的广播地址
示例	<code>broadcast('192.168.1.5/24')</code>
结果	192.168.1.255/24

函数	host (inet)
返回类型	text
描述	以 text 形式抽取 IP 地址
示例	host('192.168.1.5/24')
结果	192.168.1.5
函数	masklen (inet)
返回类型	integer
描述	抽取网络掩码长度
示例	masklen('192.168.1.5/24')
结果	24
函数	netmask (inet)
返回类型	inet
描述	构造网络的网络掩码
示例	netmask('192.168.1.5/24')
结果	255.255.255.0
函数	network (inet)
返回类型	cidr
描述	抽取地址的网络部分
示例	network('192.168.1.5/24')
结果	192.168.1.0/24
函数	text (inet)
返回类型	text
描述	以文本形式提取 IP 地址和掩码长度
示例	text(inet '192.168.1.5')
结果	192.168.1.5/32
函数	abbrev (inet)
返回类型	text
描述	以文本形式提取缩写显示
示例	abbrev(cidr '10.1.0.0/16')
结果	10.1/16

inet 的所有函数也都可以应用于 cidr 值。host()、text() 和 abbrev() 函数主要用于提供替代的显示格式。

表 4.20. macaddr 函数

函数	trunc(macaddr)
返回	macaddr
描述	把最后 3 个字节置为零
例子	trunc(macaddr '12:34:56:78:90:ab')
结果	12:34:56:00:00:00

函数 `trunc(macaddr)` 返回一个把最后 3 个字节置为 0 的 MAC 地址。这可以用于把剩余的前缀与一个制造商关联起来。源代码发行版中的 `contrib/mac` 目录包含一些用于创建和维护这种关联表的工具。

`macaddr` 类型还支持用于字典序排序的标准关系操作符 (`>`、`<=` 等)。

4.10. 条件表达式

本节描述 Postgres 中可用的 SQL 兼容的条件表达式。

提示

如果你的需求超过这些条件表达式的能力，你可能会希望用一种更富表现力的编程语言写一个存储过程。

CASE

```
CASE WHEN condition THEN result
      [WHEN ...]
      [ELSE result]
END
```

SQL 的 CASE 表达式是一种通用的条件表达式，类似于其他语言中的 if/else 语句。CASE 子句可以用于任何允许表达式的地方。*condition* 是一个返回 boolean 结果的表达式。如果结果为真，CASE 表达式的值就是 *result*。如果结果为假，则以相同的方式搜索后续的 WHEN 子句。如果没有 *condition* 为真的 WHEN 子句，则 case 表达式的值是 ELSE 子句中的 *result*。如果省略了 ELSE 子句且没有任何条件匹配，结果为 NULL。

一个例子：

```
=>SELECT * FROM test; a
---
1
2
3=>SELECT a,
        CASE WHEN a=1 THEN 'one'
              WHEN a=2 THEN 'two'
              ELSE 'other'
        END
        FROM test; a | case
-----+-----
1 | one
2 | two
3 | other
```

所有 *result* 表达式的数据类型都必须能强制转换为一个单一的输出类型。更多细节参见第 5.5 节。

```
CASE expression
      WHEN value THEN result
      [WHEN ...]
      [ELSE result]
END
```

这个“简单”的 `CASE` 表达式是上面一般形式的一个特化变体。`expression` 被计算并与 `WHEN` 子句中的所有 `value` 比较，直到找到一个相等的。如果没有找到匹配，则返回 `ELSE` 子句中的 `result`（或 `NULL`）。

上面的例子可以用简单的 `CASE` 语法写成：

```
=>SELECT a,
        CASE a WHEN 1 THEN 'one'
              WHEN 2 THEN 'two'
              ELSE 'other'
        END
FROM test; a | case
-----
1 | one
2 | two
3 | other
```

COALESCE

`COALESCE(value[, ...])`

`COALESCE` 函数返回它的第一个非 `NULL` 参数。这在为显示检索数据时用默认值替换 `NULL` 值常常很有用，例如：

```
SELECT COALESCE(description, short_description, '(none)') ...
```

NULLIF

`NULLIF(value1, value2)`

当且仅当 `value1` 和 `value2` 相等时，`NULLIF` 函数返回 `NULL`。否则它返回 `value1`。它可用于执行与上面给出的 `COALESCE` 例子相反的操作：

```
SELECT NULLIF(value, '(none)') ...
```

提示

`COALESCE` 和 `NULLIF` 只是 `CASE` 表达式的缩写。它们实际上在处理的非常早期阶段就被转换为 `CASE` 表达式，后续处理认为自己在处理 `CASE`。因此，不正确地使用 `COALESCE` 或 `NULLIF` 可能会得到引用 `CASE` 的错误消息。

4.11. 杂项函数

表 4.21. 杂项函数

名称	返回类型	描述
<code>current_user</code>	<code>name</code>	当前执行上下文的用户名
<code>session_user</code>	<code>name</code>	会话用户名
<code>user</code>	<code>name</code>	等价于 <code>current_user</code>

`session_user` 是发起数据库连接的用户，在该连接期间是固定的。`current_user` 是适用于权限检查的用户标识符。当前它总是等于会话用户，但将来可能会有 `setuid` 函数和其他允许当前用户临时更改的设施。用 Unix 的说法，会话用户是“真实用户”，当前用户是“有效用户”。

注意这些函数在 SQL 中具有特殊的语法地位；调用它们时不能带尾部的圆括号。

Deprecated

函数 `getpgusername()` 是 `current_user` 的已废弃等价形式。

4.12. 聚合函数

Author

由 Isaac Wilcox <isaac@azartmedia.com> 于 2000-06-16 编写

聚合函数从一组输入值中计算出一个单一的结果值。聚合函数的特殊语法考虑在第 1.3.4 节中解释。更多信息请参阅 PostgreSQL 教程。

表 4.22. 聚合函数

函数	描述	说明
<code>AVG(expression)</code>	所有输入值的平均值（算术平均）	可以对下列数据类型求平均值：smallint、integer、bigint、real、double precision、numeric、interval。对于任何整数类型输入，结果的类型是 numeric；浮点输入是 double precision；否则与输入数据类型相同。
<code>COUNT(*)</code>	输入值的数目	返回值的类型是 integer。
<code>COUNT(expression)</code>	统计 <code>expression</code> 的值不为 NULL 的输入值的个数。	
<code>MAX(expression)</code>	<code>expression</code> 在所有输入值中的最大值	可用于所有数字、字符串和日期/时间类型。结果的类型与输入表达式相同。
<code>MIN(expression)</code>	<code>expression</code> 在所有输入值中的最小值	可用于所有数字、字符串和日期/时间类型。结果的类型与输入表达式相同。
<code>STDDEV(expression)</code>	输入值的样本标准差	可以对下列数据类型求标准差：smallint、integer、bigint、real、double precision、numeric。The result is of type double precision for floating point input, otherwise numeric.
<code>SUM(expression)</code>	<code>expression</code> 在所有输入值上的总和	可以对下列数据类型求和：smallint、integer、bigint、real、double precision、numeric、interval。对于任何整数类型输入，结果的类型是 numeric；浮点输入是 double precision；否则与输入数据类型相同。
<code>VARIANCE(expression)</code>	输入值的样本方差	方差是标准差的平方。支持的数据类型与标准差的相同。

应当注意，除了 `COUNT` 之外，这些函数在没有选中任何行时都返回 `NULL`。特别地，没有行时 `SUM` 返回 `NULL`，而不是人们可能预期的零。必要时可以使用 `COALESCE` 函数把 `NULL` 替换为零。

第 5 章 类型转换

SQL 查询可能有意或无意地要求在同一表达式中混用不同的数据类型。Postgres 提供了丰富的机制来求值混合类型表达式。

在很多情况下，用户不需要了解类型转换机制的细节。但 Postgres 所做的隐式转换会影响查询的结果。必要时，用户或程序员可以用显式类型强制转换来定制这些结果。

本章介绍 Postgres 的类型转换机制和约定。关于特定数据类型及允许的函数和操作符的更多信息，请参阅用户指南和程序员指南中的相关章节。

程序员指南中有关于隐式类型转换和强制转换所用确切算法的更多细节。

5.1. 概述

SQL 是一种强类型语言。也就是说，每个数据项都有一个相关联的数据类型，它决定了该数据项的行为和允许的用法。Postgres 拥有一个可扩展的类型系统，比其他 RDBMS 实现更加通用和灵活。因此，Postgres 中大部分类型转换行为应当由一般规则而不是 ad-hoc（特定）启发式规则支配，以使混合类型表达式即使在有用户定义类型时也有意义。

Postgres 的扫描器/解析器只把词法元素解码成五种基本类别：整数、浮点数、字符串、名字和关键字。大多数扩展类型首先被词法化为字符串。SQL 语言定义允许用字符串指定类型名，这一机制可以用来让解析器走上正确的路径。例如，查询

```
tgl=> SELECT text 'Origin' AS "Label", point '(0,0)' AS "Value";
      Label | Value
-----+-----
      Origin | (0,0)
(1 row)
```

中有两个字符串，类型分别为 `text` 和 `point`。如果没有为字符串指定类型，则最初会赋予占位类型 `unknown`（未知），并在后面阶段按如下所述解析。

在 Postgres 解析器中有四种基本的 SQL 结构需要专门的类型转换规则：

操作符

Postgres 允许带左一元和右一元（单参数）操作符的表达式，也允许二元（双参数）操作符的表达式。

函数调用

Postgres 类型系统的很大一部分是围绕一套丰富的函数构建的。函数调用有一个或多个参数，对任何具体的查询，这些参数都必须与系统目录中可用的函数匹配。由于 Postgres 允许函数重载，仅凭函数名并不能唯一标识要调用的函数——解析器必须根据所提供参数的数据类型选择正确的函数。

查询目标

SQL 的 `INSERT` 和 `UPDATE` 语句把表达式的结果放到表中。查询中的表达式必须与目标列的类型匹配，必要时还要转换成目标列的类型。

UNION 和 CASE 结构

由于 `UNION SELECT` 语句的所有查询结果必须出现在一组列中，每个 `SELECT` 子句结果的类型必须匹配并转换成统一的集合。类似地，`CASE` 结构的结果表达式必须强制转换成公共类型，使 `CASE` 表达式整体有已知的输出类型。

许多一般类型转换规则使用了建立在 `Postgres` 函数和操作符系统表之上的简单约定。转换规则中还包含一些启发式规则，以便更好地支持 `SQL92` 标准固有类型（如 `smallint`、`integer` 和 `float`）的约定。

`Postgres` 解析器使用的约定是：所有类型转换函数都接受一个源类型的参数，并且以目标类型的名称命名。满足这些标准的任何函数都被认为是有效的转换函数，解析器可以把它当作转换函数使用。

这个简单的假设使解析器无需硬编码就能探索类型转换的可能性，让扩展的用户定义类型透明地使用这些相同的特性。

解析器中还提供了一个额外的启发式规则，以便对 `SQL` 标准类型的正确行为做出更好的猜测。定义了几种基本的类型类别：`boolean`、`numeric`、`string`、`bitstring`、`datetime`、`timespan`、`geometric`、`network` 以及用户自定义。除用户自定义外，每个类别都有一个在歧义时会被优先选择的首选类型。在用户自定义类别中，每个类型都是自己的首选类型。有歧义的表达式（有多个候选解析解的表达式）在有多个可能的内置类型时通常可以解决，但在用户定义类型有多个选择时则会报错。

5.1.1. 指南

所有类型转换规则的设计都遵循若干原则：

- 隐式转换绝不应产生令人意外或无法预测的结果。
- 解析器没有先验知识的用户定义类型在类型层级中应该更“高”。在混合类型表达式中，固有类型总是应当转换为用户定义类型（当然，只在需要转换时如此）。
- 用户定义的类型之间没有关联。目前，`Postgres` 没有关于类型之间关系的信息，只有内置类型的硬编码启发式规则以及基于目录中可用函数的隐式关系。
- 如果查询不需要隐式类型转换，解析器或执行器就不应有额外的开销。也就是说，如果查询构造良好且类型已经匹配，查询就应当继续进行，不必在解析器上花费额外时间，也不必向查询中引入不必要的隐式转换函数。

此外，如果某个查询通常需要为函数做隐式转换，而之后用户用正确的参数类型定义了一个显式函数，解析器就应使用这个新函数，不再用旧函数做隐式转换。

5.2. 操作符

操作符类型解析

1. 在 `pg_operator` 系统目录中检查精确匹配。
 - （可选的）如果二元操作符的一个参数是 `unknown` 类型，那么在这一步检查中假定它与另一个参数的类型相同。其他涉及 `unknown` 的情况在这一步永远找不到匹配。
2. 寻找最佳匹配。
 - a. 列出所有同名且输入类型匹配或可以强制转换成匹配的操作符。（为此目的，假定 `unknown` 字面量可以转换成任何类型。）如果只有一个，就使用它；否则继续下一步。
 - b. 遍历所有候选，保留输入类型精确匹配最多的。如果没有任何精确匹配，则保留全部候选。如果只剩一个候选，就使用它；否则继续下一步。
 - c. 遍历所有候选，保留输入类型精确匹配或二进制兼容匹配最多的。如果没有任何精确或二进制兼容匹配，则保留全部候选。如果只剩一个候选，就使用它；否则继续下一步。
 - d. 遍历所有候选，保留在需要类型强制转换的最多个位置上接受首选类型的。如果没有任何候选接受首选类型，则保留全部候选。如果只剩一个候选，就使用它；否则继续下一步。

- e. 如果有输入参数是"unknown", 检查其余候选在这些参数位置上接受的类型类别。在每个位置上, 如果有候选接受 "string" 类别就选择该类别 (这种偏向字符串的做法是恰当的, 因为未知类型的字面量看起来确实像字符串)。否则, 如果所有剩余候选接受相同的类型类别, 就选择该类别; 否则失败, 因为没有更多线索就无法推断出正确的选择。还要注意是否有候选接受所选类别中的首选数据类型。现在丢弃不接受所选类型类别的操作符候选; 此外, 如果某个候选在给定的参数位置上接受首选类型, 就丢弃在该参数上接受非首选类型的候选。
- f. 如果只剩一个候选操作符, 就使用它。如果没有候选操作符或者不止一个候选操作符剩余, 则失败。

5.2.1. 示例

5.2.1.1. 求幂操作符

目录中只定义了一个求幂运算符, 它接受 `double precision` 类型的参数。扫描器给这个查询表达式的两个参数都赋予了初始类型 `int4`:

```
tgl=> select 2 ^ 3 AS "Exp";
      Exp
-----
      8
(1 row)
```

于是解析器对两个操作数都做类型转换, 查询等价于

```
tgl=> select CAST(2 AS double precision) ^ CAST(3 AS double
precision) AS "Exp";
      Exp
-----
      8
(1 row)
```

或

```
tgl=> select 2.0 ^ 3.0 AS "Exp";
      Exp
-----
      8
(1 row)
```

注意

最后这种形式的开销最小, 因为没有调用任何函数来做隐式类型转换。这对小查询不是问题, 但可能影响涉及大表的查询的性能。

5.2.1.2. 字符串连接

类字符串的语法既用于处理字符串类型, 也用于处理复杂的扩展类型。未指定类型的字符串会与可能的操作符候选匹配。

一个参数未指定类型:

```
tgl=> SELECT text 'abc' || 'def' AS "Text and Unknown";
      Text and Unknown
```



```
-----
abcdef
(1 row)
```

在这种情况下，解析器会查看是否存在一个两边参数都接受`text`的操作符。既然存在，它就会假定第二个参数应解释为`text`类型。

未指定类型上的串接：

```
tgl=> SELECT 'abc' || 'def' AS "Unspecified";
Unspecified
-----
abcdef
(1 row)
```

这种情况下没有关于使用哪个类型的初始提示，因为查询中没有指定类型。于是解析器查找所有候选操作符，发现有候选既接受 `string` 类别也接受 `bitstring` 类别的输入。由于 `string` 类别可用时会被优先选择，就选择了该类别，然后把字符串的 "preferred type"（首选类型）`text` 用作解析未知字面量的具体类型。

5.2.1.3. 阶乘

这个例子说明了一个有趣的结果。传统上，阶乘运算符只为整数定义。Postgres 的运算符目录中阶乘只有一个条目，接受整数操作数。如果给定非整数的数值参数，Postgres 会试图将该参数转换成整数来求阶乘。

```
tgl=> select (4.3 !);
?column?
-----
      24
(1 row)
```

注意

当然，这在数学上是可疑的结果，因为原则上非整数的阶乘没有定义。不过，数据库的职责不是教数学，而是做数据操纵的工具。如果用户选择对浮点数求阶乘，Postgres 也会照办。

5.3. 函数

函数调用类型解析

1. 在 `pg_proc` 系统目录中检查精确匹配。（涉及 `unknown` 的情况在这一步永远找不到匹配。）
2. 寻找最佳匹配。
 - a. 列出所有同名、参数个数相同且输入类型匹配或可以强制转换成匹配的函数。（为此目的，假定 `unknown` 字面量可以转换成任何类型。）如果只有一个，就使用它；否则继续下一步。
 - b. 遍历所有候选，保留输入类型精确匹配最多的。如果没有任何精确匹配，则保留全部候选。如果只剩一个候选，就使用它；否则继续下一步。
 - c. 遍历所有候选，保留输入类型精确匹配或二进制兼容匹配最多的。如果没有任何精确或二进制兼容匹配，则保留全部候选。如果只剩一个候选，就使用它；否则继续下一步。

- d. 遍历所有候选，保留在需要类型强制转换的最多个位置上接受首选类型的。如果没有任何候选接受首选类型，则保留全部候选。如果只剩一个候选，就使用它；否则继续下一步。
 - e. 如果有输入参数是"unknown"，检查其余候选在这些参数位置上接受的类型类别。在每个位置上，如果有候选接受 "string" 类别就选择该类别（这种偏向字符串的做法是恰当的，因为未知类型的字面量看起来确实像字符串）。否则，如果所有剩余候选接受相同的类型类别，就选择该类别；否则失败，因为没有更多线索就无法推断出正确的选择。还要注意是否有候选接受所选类别中的首选数据类型。现在丢弃不接受所选类型类别的操作符候选；此外，如果某个候选在给定的参数位置上接受首选类型，就丢弃在该参数上接受非首选类型的候选。
 - f. 如果只剩一个候选操作符，就使用它。如果没有候选操作符或者不止一个候选操作符剩余，则失败。
3. 如果找不到最佳匹配，看看这个函数调用是否是一个平凡的类型强制转换请求。当函数调用只有一个参数且函数名与某个数据类型的（内部）名相同时就是这种情况。此外，函数参数必须是未知类型的字面量或与该数据类型二进制兼容的类型。满足这些条件时，函数参数被强制转换为该数据类型。

5.3.1. 示例

5.3.1.1. 阶乘函数

pg_proc 目录中只定义了一个阶乘函数。因此下面的查询自动把 int2 参数转换为 int4：

```
tgl=> select int4fac(int2 '4');
int4fac
-----
      24
(1 row)
```

并且实际上被解析器变换为

```
tgl=> select int4fac(int4(int2 '4'));
int4fac
-----
      24
(1 row)
```

5.3.1.2. 子串函数

pg_proc 中声明了两个 substr 函数。但只有一个接受两个参数，类型是 text 和 int4。

如果用未指定类型的字符串常量调用，该类型会直接与唯一的候选函数类型匹配：

```
tgl=> select substr('1234', 3);
substr
-----
      34
(1 row)
```

如果该字符串被声明为 varchar 类型（例如它来自一张表时就是这种情况），则解析器会试图把它强制转换成 text：

```
tgl=> select substr(varchar '1234', 3);
```

```

substr
-----
      34
(1 row)

```

它被解析器变换成

```

tgl=> select substr(text(varchar '1234'), 3);
      substr
-----
      34
(1 row)

```

注意

实际上，解析器知道 `text` 和 `varchar` 是"二进制兼容"的，即一个可以传给接受另一个的函数而不做任何物理转换。因此，这种情况下实际上不会插入显式的类型转换调用。

而且，如果用 `int4` 调用该函数，解析器会试图把它转换成 `text`：

```

tgl=> select substr(1234, 3);
      substr
-----
      34
(1 row)

```

实际执行行为

```

tgl=> select substr(text(1234), 3);
      substr
-----
      34
(1 row)

```

这之所以成功，是因为系统目录中有一个转换函数 `text(int4)`。

5.4. 查询目标

查询目标类型解析

1. 检查是否与目标类型精确匹配。
2. 否则，尝试把表达式强制转换成目标类型。如果两个类型已知二进制兼容，或者存在转换函数，转换就会成功。如果表达式是未知类型的字面量，就把字面字符串的内容送给目标类型的输入转换例程。
3. 如果目标是定长类型（例如声明了长度的 `char` 或 `varchar`），则尝试为目标类型寻找一个尺寸调整函数。尺寸调整函数是一个与类型同名的函数，接受两个参数，第一个是该类型，第二个是 `integer`，并返回同一类型。如果找到了这样的函数，就应用它，把列的声明长度作为第二个参数传递。

5.4.1. 示例

5.4.1.1. `varchar` 存储

对于声明为 `varchar(4)` 的目标列，下面的查询确保目标的大小正确：

```

tgl=> CREATE TABLE vv (v varchar(4));
CREATE
tgl=> INSERT INTO vv SELECT 'abc' || 'def';
INSERT 392905 1
tgl=> SELECT * FROM vv;
      v
-----
    abcd
(1 row)

```

这里真正发生的是：两个未知字面量默认被解析成 `text`，使 `||` 运算符被解析为文本串接。然后运算符的文本结果被强制转换成 `varchar` 以匹配目标列类型。（但由于解析器知道 `text` 和 `varchar` 二进制兼容，这个强制转换是隐式的，不会插入任何真实的函数调用。）最后，在系统目录中找到尺寸调整函数 `varchar(varchar,int4)`，应用到操作符的结果和存储的列长度上。这个类型特定的函数执行所需的截断。

5.5. UNION 和 CASE 结构

UNION 和 CASE 结构必须把可能不相似的类型匹配起来构成单一结果集。解析算法对 UNION 的每个输出列分别应用。CASE 用同一算法匹配其结果表达式。

UNION 和 CASE 类型解析

1. 如果所有输入都是 `unknown` 类型，就解析为 `text` 类型（`string` 类别的首选类型）。否则，在选择类型时忽略 `unknown` 输入。
2. 如果非 `unknown` 输入并非全都属于同一类型分类，则失败。
3. 如果一个或多个非 `unknown` 输入是该类别中的首选类型，就解析为该类型。
4. 否则，解析为第一个非 `unknown` 输入的类型。
5. 把所有输入强制转换为所选类型。

5.5.1. 示例

5.5.1.1. 未充分指定的类型

```

tgl=> SELECT text 'a' AS "Text" UNION SELECT 'b';
      Text
-----
      a
      b
(2 rows)

```

这里，未知类型的字面量 `'b'` 会被解析成 `text` 类型。

5.5.1.2. 简单 UNION

```

tgl=> SELECT 1.2 AS "Double" UNION SELECT 1;
      Double
-----
          1
         1.2
(2 rows)

```

5.5.1.3. 转置 UNION

这里 `union` 的输出类型被强制匹配 `union` 中第一个/顶端子句的类型：

```
tgl=> SELECT 1 AS "All integers"
tgl-> UNION SELECT CAST('2.2' AS REAL);
  All integers
-----
           1
           2
(2 rows)
```

由于 `REAL` 不是首选类型，解析器找不到选它而不选 `INTEGER`（也就是 `1` 的类型）的理由，于是退回到使用第一个备选的规则。
这个例子说明首选类型机制并没有编码我们希望的那样多的信息。`Postgres` 的未来版本可能支持更一般的类型偏好概念。

第 6 章 数组

Postgres允许把表的列定义为变长的多维（multi-dimensional）数组。
可以创建任何内建类型或用户定义类型的数组。为了说明它们的用途，我们创建这个表：

```
CREATE TABLE sal_emp (  
    name          text,  
    pay_by_quarter integer[],  
    schedule       text[][]  
);
```

上面的查询将创建一个名为 `sal_emp` 的表，其中有一个 `text` 字符串（`name`）、一个 `integer` 类型的一维数组（`pay_by_quarter`，它将表示员工的季度薪水）以及一个 `text` 类型的二维数组（`schedule`，表示员工的周计划）。

现在我们做一些 `INSERT`；注意，向数组追加时，我们把值用花括号括起来并用逗号分隔。如果你了解 C，这很像 C 中初始化结构的语法。

```
INSERT INTO sal_emp  
VALUES ('Bill',  
    '{10000, 10000, 10000, 10000}',  
    '{{"meeting", "lunch"}, {}}');  
  
INSERT INTO sal_emp  
VALUES ('Carol',  
    '{20000, 25000, 25000, 25000}',  
    '{{"talk", "consult"}, {"meeting"}}');
```

现在，我们可以在 `sal_emp` 上运行一些查询。首先，
我们展示如何一次访问数组的一个元素。
下面的查询检索第二季度薪水发生变化的员工的姓名：

```
SELECT name FROM sal_emp WHERE pay_by_quarter[1] <> pay_by_quarter[2];
```

```
name  
-----  
Carol  
(1 row)
```

Postgres对数组使用“从 1 开始”的编号约定，也就是说，一个有 `n` 个元素的数组从 `array[1]` 开始，以 `array[n]` 结束。

这个查询检索所有员工的第三季度薪水：

```
SELECT pay_by_quarter[3] FROM sal_emp;
```

```
pay_by_quarter  
-----  
10000  
25000  
(2 rows)
```

我们也可以访问数组的任意矩形切片或子数组。数组切片通过为一个或多个数组维度写 `lower subscript : upper subscript` 来表示。下面的查询检索 Bill 周计划前两天的第一项：

```
SELECT schedule[1:2][1:1] FROM sal_emp WHERE name = 'Bill';
```

```

      schedule
-----
  {"meeting"}, {""}
(1 row)

```

我们也可以写成

```
SELECT schedule[1:2][1] FROM sal_emp WHERE name = 'Bill';
```

结果相同。只要任何一个下标写成了 *lower : upper* 的形式，数组下标操作就表示一个数组切片。对于只指定了一个值的下标，会假定其下界为 1。

可以完整地替换一个数组值：

```
UPDATE sal_emp SET pay_by_quarter = '{25000,25000,27000,27000}'
WHERE name = 'Carol';
```

也可以在单个元素上更新：

```
UPDATE sal_emp SET pay_by_quarter[4] = 15000
WHERE name = 'Bill';
```

或者在切片上更新：

```
UPDATE sal_emp SET pay_by_quarter[1:2] = '{27000,27000}'
WHERE name = 'Carol';
```

通过向与已有元素相邻的元素赋值，或向与已有数据相邻或重叠的切片赋值，可以扩大数组。例如，如果一个数组值当前有 4 个元素，那么向 `array[5]` 赋值的更新完成后它将有 5 个元素。目前，只允许以这种方式扩大一维数组，不允许扩大多维数组。

CREATE TABLE 的语法允许定义定长数组：

```
CREATE TABLE tictactoe (
    squares    integer[3][3]
);
```

然而，当前的实现并不强制数组的大小限制——其行为与未指定长度的数组相同。

实际上，当前的实现也不强制声明的维数。特定基本类型（base type）的数组无论大小或维数如何，都被视为同一类型。

任何数组值的当前维度都可以用 `array_dims` 函数检索：

```
SELECT array_dims(schedule) FROM sal_emp WHERE name = 'Carol';

 array_dims
-----
 [1:2][1:1]
(1 row)
```

`array_dims` 产生一个 `text` 类型的结果，便于人阅读，但对程序来说可能不太方便。

要在数组中搜索一个值，必须检查数组的每个值。
这可以手工完成（如果你知道数组的大小）：

```
SELECT * FROM sal_emp WHERE pay_by_quarter[1] = 10000 OR
                             pay_by_quarter[2] = 10000 OR
                             pay_by_quarter[3] = 10000 OR
                             pay_by_quarter[4] = 10000;
```

然而，对于大型数组这很快就会变得繁琐，而且在数组大小未知时也帮不上忙。虽然它不属于PostgreSQL的主发行版，但在贡献目录中，有一个PostgreSQL的扩展为遍历数组值定义了新的函数和操作符。使用它，上面的查询可以写成：

```
SELECT * FROM sal_emp WHERE pay_by_quarter[1:4] *= 10000;
```

要搜索整个数组（而不只是指定的列），可以使用：

```
SELECT * FROM sal_emp WHERE pay_by_quarter *= 10000;
```

此外，你还可以找出数组中所有值都等于 10 000 的行：

```
SELECT * FROM sal_emp WHERE pay_by_quarter **= 10000;
```

要安装这个可选模块，请查看PostgreSQL源码发行版中的contrib/array目录。

提示

数组不是列表；按上一段描述的方式使用数组往往是数据库设计不当的标志。数组字段一般应该拆分到一个独立的表中。表显然很容易搜索。

第 7 章 索引

索引是增强数据库性能的一种常用手段。

索引让数据库服务器能够比没有索引时快得多地找到并检索特定的行。但索引也会给整个数据库系统带来开销，因此应该合理地使用它们。

7.1. 简介

需要使用索引的经典例子是：假设有一张类似这样的表：

```
CREATE TABLE test1 (  
    id integer,  
    content varchar  
);
```

而应用程序需要执行大量如下形式的查询

```
SELECT content FROM test1 WHERE id = constant;
```

通常情况下，系统必须逐行扫描整个 `test1` 表才能找出所有匹配的项。如果 `test1` 中有大量行，而这种查询只会返回很少几行（可能只有零行或一行），那么这显然是一种低效的方法。但如果系统被指示在 `id` 列上维护一个索引，它就可以使用一种更高效的方法来定位匹配的行。例如，它可能只需深入搜索树中的少数几层。

大多数非小说类书籍都采用类似的做法：读者经常查阅的术语和概念被收集在书末的字母顺序索引中。有兴趣的读者可以相对快速地扫描索引并翻到相应的页，而不必为了找到感兴趣的内容通读整本书。正如预见读者最可能查阅哪些条目是作者的任务一样，预见哪些索引会带来好处也是数据库程序员的任务。

如上所述，要在 `id` 列上创建索引，可以使用下面的命令：

```
CREATE INDEX test1_id_index ON test1 (id);
```

名称 `test1_id_index` 可以自由选择，但你应该选一个能让你事后记起这个索引用途的名字。

要删除一个索引，使用 `DROP INDEX` 命令。索引可以在任何时候添加到表或从表中删除。

索引一旦创建，就不再需要进一步的干预：当系统认为使用索引比顺序表扫描更高效时，就会在查询中使用它。但你可能需要定期运行 `VACUUM ANALYZE` 命令来更新统计信息，使查询规划器能够做出有根据的决策。关于如何查明索引是否被使用，以及规划器在何时、为何可能选择不使用索引，另请阅读第 11 章。

索引也可以让带有搜索条件的 `UPDATE` 和 `DELETE` 命令受益。注意，一个查询或数据操纵命令对每个表最多只能使用一个索引。索引也可以用于表连接方法。因此，在作为连接条件一部分的列上定义的索引，可以显著加快带连接的查询。

创建索引后，系统必须让索引与表保持同步。这会给数据操纵操作带来开销。因此，非必需或根本不会被用到的索引应该被删除。

7.2. 索引类型

Postgres 提供几种索引类型：B-树、R-树和 Hash。每种索引类型使用的算法使其更适合特定类型的查询。默认情况下，`CREATE INDEX` 命令会创建 B-树索引，它适合最常见的情况。特别地，只要被索引列参与的比较使用下列操作符之一，Postgres 查询优化器就会考虑使用 B-树索引：<, <=, =, >=, >

R-树索引特别适合空间数据。要创建 R-树索引，使用如下形式的命令

```
CREATE INDEX name ON table USING RTREE (column);
```

只要被索引列参与的比较使用下列操作符之一，Postgres 查询优化器就会考虑使用 R-树索引：<<, &<, &>, >>, @, ~=, &&（这些操作符的含义请参阅第 4.8 节。）

只要被索引列参与的比较使用 = 操作符，查询优化器就会考虑使用 hash 索引。下面的命令用于创建 hash 索引：

```
CREATE INDEX name ON table USING HASH (column);
```

注意

由于 hash 索引的用途有限，通常应该优先选择 B-树索引而不是 hash 索引。我们没有充分的证据表明，即使在 = 比较上，hash 索引也确实比 B-树更快。此外，hash 索引需要更粗粒度的锁；参见第 9.7 节。

B-树索引方法是 Lehman-Yao 高并发 B-树的一种实现。R-树索引方法使用 Guttman 的二次分裂算法实现标准 R-树。hash 索引方法是 Litwin 线性散列的一种实现。我们提到这些算法只是为了说明所有这些索引方法都是完全动态的，不需要定期优化（例如，与静态散列方法的情况不同）。

7.3. 多列索引

索引可以定义在多个列上。例如，如果你有一个这样形式的表：

```
CREATE TABLE test2 (
    major int,
    minor int,
    name varchar
);
```

（比如说，你把你的 /dev 目录保存在数据库里……）而且你经常做这样的查询

```
SELECT name FROM test2 WHERE major = constant AND minor = constant;
```

那么在 major 和 minor 列上一起定义一个索引可能是合适的，例如

```
CREATE INDEX test2_mm_idx ON test2 (major, minor);
```

当前，只有 B-树实现支持多列索引。最多可以指定 16 个列。（在构建 Postgres 时可以改变这个限制；参见文件 config.h。）

查询优化器可以把多列索引用于涉及索引中最先的 n 个连续列（当与合适的操作符一起使用时）的查询，最大可以达到索引定义中指定的总列数。例如，一个定义在 (a, b, c) 上的索引可以用于涉及 a、b、c 全部的查询，或涉及 a 和 b 两者的查询，或只涉及 a 的查询，但不能用于其他组合。（在涉及 a 和 c 的查询中，规划器可以选择把索引用于 a，而把 c 当作普通的未索引列。）

只有当涉及被索引列的子句是用 AND 连接时，才能使用多列索引。例如，

```
SELECT name FROM test2 WHERE major = constant OR minor = constant;
```

不能使用上面定义的索引 test2_mm_idx 来同时查找两个列。（不过，它可以用来只查找 major 列。）

多列索引应该节制使用。大多数情况下，单个列上的索引就足够了，而且节省空间和时间。超过三个列的索引几乎肯定是不合适的。

7.4. 唯一索引

索引还可以用于强制列值唯一，或者强制多个列组合值唯一。

```
CREATE UNIQUE INDEX name ON table (column [, ...]);
```

只有 B-树索引可以声明为唯一。

当一个索引被声明为唯一时，就不允许存在多个具有相同索引值的表行。NULL 值不被视为相等。

当为表声明唯一约束或主键时，PostgreSQL会在构成主键或唯一约束的列（必要时是多列索引）上自动创建唯一索引，以强制执行该约束。稍后任何时候都可以再向表中添加唯一索引，用来增加一个唯一约束。（但主键不能在表创建之后再添加。）

7.5. 函数索引

函数索引定义在一个函数应用于单个表的一列或多列所得的结果上。函数索引可用于基于函数调用的结果快速访问数据。

例如，进行大小写不敏感比较的一种常见方式，是使用lower：

```
SELECT * FROM test1 WHERE lower(coll) = 'value';
```

为了让该查询能够使用索引，索引必须定义在lower(column)操作的结果上：

```
CREATE INDEX test1_lower_coll_idx ON test1 (lower(coll));
```

索引定义中的函数可以接受多个参数，但这些参数必须是表的列，而不能是常量。函数索引始终是单列的（即函数的结果），即使函数使用了多个输入字段；不存在包含函数调用的多列索引。

提示

上一段中提到的限制很容易绕过：定义自定义函数用在索引定义中，让它在内部调用所需的函数即可。

7.6. 操作符类

索引定义可以为索引的每一列指定一个操作符类。

```
CREATE INDEX name ON table (column opclass [, ...]);
```

操作符类确定索引针对该列使用哪些操作符。例如，建立在四字节整数上的 B-树索引会使用int4_ops类；该操作符类包含针对四字节整数的比较函数。实际中，列数据类型的默认操作符类通常就足够了。之所以需要操作符类，主要是因为对于某些数据类型，可能存在不止一种有意义的排序方式。例如，可能希望按绝对值或实部对复数数据类型排序。可以为该数据类型定义两个操作符类，并在创建索引时选择合适的类。此外还有一些特殊用途的操作符类：

- 操作符类box_ops和bigbox_ops都支持box数据类型上的 R-树索引。它们的区别在于，bigbox_ops会将框的坐标按比例缩小，以避免在对非常大的浮点坐标做乘法、加法和减法时出现浮点异常。如果你的矩形所在的范围大约在 20000 个单位见方或更大，就应该使用bigbox_ops。

下面的查询会显示所有已定义的操作符类：

```
SELECT am.amname AS acc_name,
       opc.opcname AS ops_name,
       opr.oprname AS ops_comp
FROM pg_am am, pg_amop amop,
       pg_opclass opc, pg_operator opr
WHERE amop.amopid = am.oid AND
       amop.amopclaid = opc.oid AND
       amop.amopopr = opr.oid
ORDER BY acc_name, ops_name, ops_comp;
```

7.7. 键

作者

由 Herouth Maoz (<herouth@oumail.openu.ac.il>) 撰写。它最初于 1998-03-02 发表的用户邮件列表上，作为对问题 “What is the difference between PRIMARY KEY and UNIQUE constraints?” 的回答。

Subject: Re: [QUESTIONS] PRIMARY KEY | UNIQUE

下面两者有什么区别：

PRIMARY KEY(fields,...) 和
UNIQUE (fields,...)

- 这是一个别名吗？
- 如果 PRIMARY KEY 已经是唯一的，那为什么还会有另一种名为 UNIQUE 的键？

主键是用来标识特定行的字段。例如，用社会保障号码标识一个人。

一个单纯的 UNIQUE 字段组合与标识行无关，它只是一种完整性约束。例如，我有若干链接集合。每个集合由一个唯一的编号标识，这个编号就是主键。这个键用于关系。

不过，我的应用还要求每个集合有一个唯一的名称。
为什么？为了让想要修改集合的人能够识别它。如果你有两个名为 “Life Science” 的集合，就很难知道究竟标记为 24433 的那个才是你需要的，而标记为 29882 的那个不是。

因此，用户通过名称来选择集合。我们因而在数据库中确保名称是唯一的。但是，数据库中没有其他表通过集合名称与 collections 表关联，那样做会非常低效。

而且，集合名称尽管唯一，实际上并不定义这个集合！例如，如果有人决定把集合的名称从 “Life Science” 改为 “Biology”，它仍然是同一个集合，只是名称不同而已。只要名称是唯一的，这就没有问题。

所以：

- 主键：
 - 用于标识行并与其他数据相关联。
 - 不可能（或很难）更新。
 - 不应允许 NULL。
- 唯一字段：
 - 用作访问行的另一种途径。
 - 可以更新，只要保持唯一。

- 可以接受 NULL。

至于为什么标准 SQL 语法中没有显式定义非唯一键？你必须理解，索引是依赖于实现的。SQL 不定义实现，只定义数据库中数据之间的关系。Postgres 确实允许非唯一索引，但用于强制 SQL 键的索引总是唯一的。

因此，你可以按列的任意组合查询一个表，即使你在这些列上并没有索引。索引只是每种 RDBMS 提供给你的实现辅助手段，目的是让常用的查询执行得更高效。有些 RDBMS 还可能提供额外的手段，例如把键保存在主存中。它们会有一个特殊命令，例如

```
CREATE MEMSTORE ON table COLUMNS cols
```

（这不是一个真实存在的命令，只是一个例子。）

事实上，当你创建主键或唯一的字段组合时，SQL 规范中没有任何地方说会创建索引，也没有说按键检索数据会比顺序扫描更高效！

所以，如果你想用一个不唯一的字段组合作为辅助键，其实完全不必指定任何东西——直接按那个组合开始检索就行了！不过，如果你想让检索高效，就得求助于你的 RDBMS 供应商提供的手段——无论是索引、我虚构的 MEMSTORE 命令，还是一个智能的 RDBMS：它会根据你曾基于特定键组合发送过许多查询这一事实，在你不知情的情况下创建索引……（它从经验中学习）。

7.8. 部分索引

作者

这出自 Paul M. Aoki (<aoki@CS.Berkeley.EDU>) 于 1998-08-11 在邮件列表上对某个问题的回复。

注意

PostgreSQL 目前并不支持部分索引，但它的前身 Postgres 曾经支持过，而且大部分代码仍然保留着。我们希望有朝一日能恢复对这个特性的支持。

部分索引是建立在表的一个子集上的索引；这个子集由一个谓词定义。Postgres 曾支持带任意谓词的部分索引。我相信 IBM 的 DB2 for AS/400 支持使用单子句谓词的部分索引。

部分索引的主要动机是：如果你提出的所有能够有利可图地使用索引的查询都落在某个特定范围内，那为什么要对整个表建索引、承担随之而来的空间/时间开销呢？（还有其他一些原因；细节参见 Stonebraker, M, 1989b。）

构建、更新和查询部分索引的机制并不算太糟。麻烦的部分在于索引选择（我该建哪些索引？）和查询优化（我该用哪些索引？）；也就是那些涉及判断哪些谓词能以某种有用的方式匹配工作负载/查询的部分。对于熟悉数据库理论的人来说，这些问题基本上与相应的物化视图问题类似，只是代价参数和公式不同。对于标准的有序 SQL 类型，这些问题在一般情况下就已经是难题；而对于黑盒扩展类型则是超级难题，因为选择率估计技术还太粗糙。

更多信息请参阅 Stonebraker, M, 1989b、Olson, 1993 和 Seshardri, 1995。

第 8 章 继承

我们来创建两个表。capitals 表包含各州首府，它们同时也是城市。自然地，capitals 表应当继承自 cities。

```
CREATE TABLE cities (  
    name          text,  
    population    float,  
    altitude      int      -- (in ft)  
);  
  
CREATE TABLE capitals (  
    state         char(2)  
) INHERITS (cities);
```

在这种情况下，capitals 的一行从其父表 cities 继承所有属性 (name、population 和 altitude)。属性 name 的类型是 text，这是 Postgres 用于变长 ASCII 字符串的原生类型。属性 population 的类型是 float，这是 Postgres 用于双精度浮点数的原生类型。州首府有一个额外的属性 state，表示它所在的州。在 Postgres 中，一个表可以从零个或多个其他表继承，而查询既可以只引用一个表的所有行，也可以引用一个表及其所有后代的所有行。

注意

继承层次实际上是一个有向无环图。

例如，下面的查询找出所有位于海拔 500 英尺以上的城市（包括州首府）的名称：

```
SELECT name, altitude  
FROM cities  
WHERE altitude > 500;
```

它返回：

```
+-----+-----+  
|name      | altitude |  
+-----+-----+  
|Las Vegas | 2174     |  
+-----+-----+  
|Mariposa  | 1953     |  
+-----+-----+  
|Madison   | 845      |  
+-----+-----+
```

另一方面，下面的查询找出所有不是州首府且位于海拔 500 英尺或以上的城市：

```
SELECT name, altitude  
FROM ONLY cities  
WHERE altitude > 500;
```

```
+-----+-----+  
|name      | altitude |  
+-----+-----+  
|Las Vegas | 2174     |  
+-----+-----+
```

```
|Mariposa | 1953 |
+-----+
```

这里 `cities` 前面的“ONLY”表示查询只应在 `cities` 上执行，而不包括继承层次中位于 `cities` 之下的表。我们已经讨论过的许多命令——`SELECT`、`UPDATE` 和 `DELETE`——都支持这种“ONLY”记法。

有时你可能想知道某个特定元组来自哪个表。每个表中有一个名为“TABLEOID”的系统列，它可以告诉你来源表：

```
SELECT c.tableoid, c.name, c.altitude
FROM cities c
WHERE c.altitude > 500;
```

它返回：

```
+-----+-----+-----+
|tableoid|name      | altitude|
+-----+-----+-----+
|37292   |Las Vegas | 2174    |
+-----+-----+-----+
|37280   |Mariposa  | 1953    |
+-----+-----+-----+
|37280   |Madison   | 845     |
+-----+-----+-----+
```

如果与 `pg_class` 做连接，就可以看到实际的表名：

```
SELECT p.relname, c.name, c.altitude
FROM cities c, pg_class p
WHERE c.altitude > 500 and c.tableoid = p.oid;
```

它返回：

```
+-----+-----+-----+
|relname |name      | altitude|
+-----+-----+-----+
|capitals|Las Vegas | 2174    |
+-----+-----+-----+
|cities  |Mariposa  | 1953    |
+-----+-----+-----+
|cities  |Madison   | 845     |
+-----+-----+-----+
```

已废弃

在以前的 Postgres 版本中，默认不访问子表。这被发现容易出错，也违反 SQL99。在旧语法下，要获得子表，需在表名后追加“*”。例如

```
SELECT * from cities*;
```

仍然可以通过追加“*”显式指定扫描子表，也可以通过写“ONLY”显式指定不扫描子表。但从 7.1 版开始，不带修饰的表名的默认行为是同时扫描其子表，而以前的默认行为则不是这样。要获得旧的默认行为，可把配置选项 `SQL_Inheritance` 设为 `off`，例如

```
SET SQL_Inheritance TO OFF;
```

或者在你的 `postgresql.conf` 文件中加一行。

第 9 章 多版本并发控制

多版本并发控制（MVCC）是一种在多用户环境下提升数据库性能的高级技术。Vadim Mikheev (<vadim@krs.ru>) 为 Postgres 提供了实现。

9.1. 介绍

与大多数使用锁进行并发控制的其他数据库系统不同，Postgres 通过使用多版本模型来维护数据一致性。这意味着，在查询数据库时，每个事务看到的都是某个较早时刻的数据快照（即一个数据库版本），而不受底层数据当前状态的影响。这样可以保护事务，使其看不到由（其他）并发事务在同一数据行上执行更新所产生的不一致数据，从而为每个数据库会话提供事务隔离。

多版本模型与锁模型的主要区别在于：在 MVCC 中，为查询（读取）数据而获取的锁不会与为写入数据而获取的锁冲突，因此读取永远不会阻塞写入，写入也永远不会阻塞读取。

9.2. 事务隔离

ANSI/ISO 的 SQL 标准根据并发事务之间必须防止的三个现象，定义了四个事务隔离级别。这些不受欢迎的现象是：

脏读

一个事务读取了由并发未提交事务写入的数据。

不可重复读

一个事务重新读取它之前读过的数据，发现这些数据已经被另一个事务修改（且该事务已在初次读取之后提交）。

幻读

一个事务重新执行一个返回满足某个搜索条件的行集合的查询，发现满足该条件的行集合由于另一个最近提交的事务而发生了变化。

四种隔离级别及其对应行为描述如下。

表 9.1. ANSI/ISO SQL 隔离级别

隔离级别	脏读	不可重复读	幻读
读未提交	可能	可能	可能
读已提交	不可能	可能	可能
可重复读	不可能	不可能	可能
可串行化	不可能	不可能	不可能

Postgres 提供读已提交和可串行化两个隔离级别。

9.3. 读已提交隔离级别

读已提交是 Postgres 中的默认隔离级别。当事务使用这一隔离级别时，SELECT 查询只能看到查询开始之前已经提交的数据，既看不到未提交的数据，也看不到查询执行期间并发事务提交的更改。（不过，SELECT 能看到同一事务中先前执行的更新效果，即使这些更新尚未提交。）注意，如果其他事务在第一个 SELECT 执行期间提交了更改，即使两个连续的 SELECT 命令位于同一个事务中，它们也可能看到不同的数据。

如果查询在执行 UPDATE 语句（或 DELETE 或 SELECT FOR UPDATE）时找到的目标行，已经被一个并发未提交事务更新，那么试图更新该行的第二个事务会等待另一个事务提交或回滚。若对方回滚，等待的事务可以继续更改该行。若对方提交（且该行仍然存在，即没有被另一个事务删除），查询会针对该行重新执行，以检查新行版本是否仍然满足查询的搜索条件。如果新行版本满足查询搜索条件，该行将被更新（或删除或标记为更新）。注意，更新的起点将是新行版本；而且，更新之后这个被更新过两次的行对当前事务中后续的 SELECT 可见。因此，当前事务能够看到另一个事务对这一特定行的效果。

读已提交级别所提供的部分事务隔离对许多应用来说已经足够，而且这一级别快速又易于使用。不过，对于执行复杂查询和更新的应用，可能需要保证比读已提交级别更严格一致的数据库视图。

9.4. 可串行化隔离级别

可串行化提供最高的事务隔离。该级别模拟串行的事务执行，就好像事务是一个接一个串行执行的，而不是并发执行的。不过，使用这一级别的应用必须准备好在出现串行化失败时重试事务。

当事务使用可串行化级别时，SELECT 查询只能看到事务开始之前已经提交的数据，既看不到未提交的数据，也看不到事务执行期间并发事务提交的更改。（不过，SELECT 能看到同一事务中先前执行的更新效果，即使这些更新尚未提交。）这与读已提交的不同之处在于，SELECT 看到的是事务开始时刻的快照，而不是事务内当前查询开始时刻的快照。

如果查询在执行 UPDATE 语句（或 DELETE 或 SELECT FOR UPDATE）时找到的目标行，已经被一个并发未提交事务更新，那么试图更新该行的第二个事务会等待另一个事务提交或回滚。若对方回滚，等待的事务可以继续更改该行。若并发事务提交，可串行化事务将被回滚并收到以下消息：

```
ERROR:  Can't serialize access due to concurrent update
```

因为可串行化事务不能修改在它开始之后被其他事务更改过的行。

当应用收到这条错误消息时，应当中止当前事务，并从头重试整个事务。第二次执行时，该事务会把先前已提交的更改视为其初始数据库视图的一部分，因此以该行的新版本作为新事务更新的起点时，就不存在逻辑冲突。注意，只有更新型事务才可能需要重试——只读事务永远不会发生串行化冲突。

可串行化事务级别严格保证每个事务都看到完全一致的数据库视图。不过，当并发更新使得无法维持串行执行的假象时，应用必须准备好重试事务，而重做复杂事务的代价可能很高。因此，只有当更新查询包含的逻辑复杂到在读已提交级别下可能给出错误结果时，才推荐使用这一级别。

9.5. 应用级别的数据一致性检查

由于 Postgres 中的读操作不加锁（无论事务隔离级别如何），一个事务读取的数据仍可能被另一个并发事务覆盖。换句话说，某行被 SELECT 返回，并不意味着该行在返回的那一刻（即当前事务开始之后的某个时刻）仍然存在；该行可能已经被一个在本事务开始之后提交的已提交事务修改或删除。即使该行“现在”仍然有效，它也可能在当前事务提交或回滚之前被更改或删除。

换个角度想，每个事务看到的都是数据库内容的一个快照，而并发执行的事务完全可能看到不同的快照。因此“现在”这个概念本身就很可疑。如果客户端应用彼此隔离，这通常不是什么大问题；但如果客户端能通过数据库之外的渠道通信，就可能引发严重的混乱。

要确保某一行当前仍然存在，并保护它不受并发更新影响，就必须使用 `SELECT FOR UPDATE` 或适当的 `LOCK TABLE` 语句。（`SELECT FOR UPDATE` 只锁定返回的行以防止并发更新，而 `LOCK TABLE` 保护整张表。）从其他环境向 Postgres 移植应用时，应当考虑这一点。

注意

在 6.5 版之前，Postgres 使用的是读锁，因此从较早的 Postgres 版本升级到 6.5（或更高）时，上述考虑同样适用。

9.6. 锁与表

Postgres 提供多种锁模式来控制对表中数据的并发访问。其中一些锁模式由 Postgres 在语句执行之前自动获取，另一些则供应用使用。事务中获取的所有锁模式在该事务期间一直保持。

9.6.1. 表级锁

AccessShareLock

在被查询的表上自动获取的一种读锁模式。

只与 `AccessExclusiveLock` 冲突。

RowShareLock

由 `SELECT FOR UPDATE` 以及 `IN ROW SHARE MODE` 的 `LOCK TABLE` 语句获取。

与 `ExclusiveLock` 和 `AccessExclusiveLock` 模式冲突。

RowExclusiveLock

由 `UPDATE`、`DELETE`、`INSERT` 以及 `IN ROW EXCLUSIVE MODE` 的 `LOCK TABLE` 语句获取。

与 `ShareLock`、`ShareRowExclusiveLock`、`ExclusiveLock` 和 `AccessExclusiveLock` 模式冲突。

ShareLock

由 `CREATE INDEX` 以及 `IN SHARE MODE` 的 `LOCK TABLE` 语句获取。

与 `RowExclusiveLock`、`ShareRowExclusiveLock`、`ExclusiveLock` 和 `AccessExclusiveLock` 模式冲突。

ShareRowExclusiveLock

由 `IN SHARE ROW EXCLUSIVE MODE` 的 `LOCK TABLE` 语句获取。

与 `RowExclusiveLock`、`ShareLock`、`ShareRowExclusiveLock`、`ExclusiveLock` 和 `AccessExclusiveLock` 模式冲突。

ExclusiveLock

由 `IN EXCLUSIVE MODE` 的 `LOCK TABLE` 语句获取。

与 `RowShareLock`、`RowExclusiveLock`、`ShareLock`、`ShareRowExclusiveLock`、`ExclusiveLock` 和 `AccessExclusiveLock` 模式冲突。

AccessExclusiveLock

由 ALTER TABLE、DROP TABLE、VACUUM 和 LOCK TABLE 语句获取。

与所有模式冲突 (AccessShareLock、RowShareLock、RowExclusiveLock、Share Lock、ShareRowExclusiveLock、ExclusiveLock 和 AccessExclusiveLock)。

注意

只有 AccessExclusiveLock 会阻塞 (不带 FOR UPDATE 的) SELECT 语句。

9.6.2. 行级锁

这些锁在行被更新 (或删除或标记为更新) 时获取。行级锁不影响数据查询。它们只阻塞同一行的写者。

Postgres 不会在内存中保存任何关于已修改行的信息, 因此一次加锁的行数没有限制。不过, 锁定一行可能导致一次磁盘写; 例如, SELECT FOR UPDATE 会修改被选中的行以标记它们, 因此会产生磁盘写入。

除了表锁和行锁之外, 还使用短期的共享/排他锁来控制对共享缓冲池中表页的读写访问。这些锁在取到或更新一个元组后立即释放。应用开发者通常不需要关心页级锁, 但为完整性起见我们提一下。

9.7. 锁与索引

尽管 Postgres 对表数据提供了非阻塞的读写访问, 但对于 Postgres 中实现的每一种索引访问方法, 目前并非都能提供非阻塞的读写访问。

各种索引类型的处理方式如下:

GiST 和 R-树索引

读/写访问使用共享/排他的索引级锁。锁在语句完成之后释放。

Hash 索引

读/写访问使用共享/排他的页级锁。锁在页面处理完成之后释放。

页级锁比索引级锁提供更好的并发性, 但可能发生死锁。

B-树索引

读/写访问使用短期的共享/排他页级锁。锁在每个索引元组被取到或插入之后立即释放。

B-树索引在不产生死锁条件的前提下提供最高的并发性。

总之, 对于并发应用, 推荐使用 B-树索引类型。

第 10 章 管理数据库

注意

这一节目前基本上是教程的一份简单改写的拷贝。需要扩充。 - thomas 1998-01-12

虽然站点管理员负责 Postgres 安装的整体管理，但安装中的某些数据库可以由另一个人管理，这个人被指定为数据库管理员。这种职责分配发生在创建数据库时。一个用户可以被授予创建数据库和/或创建新用户的显式权限。被同时授予这两种权限的用户可以在 Postgres 内执行大多数管理任务，但默认不会拥有与站点管理员相同的操作系统权限。

数据库管理员指南更详细地讨论这些主题。

10.1. 数据库创建

数据库由从 Postgres 内部发出的 `create database` 命令创建。`createdb` 是一个命令行实用程序，用来在 Postgres 之外提供同样的功能。

无论哪种方法，要成功执行都必须有 Postgres 后端在运行，而且发出命令的用户必须是 Postgres 超级用户，或者已被超级用户授予了数据库创建权限。

要从命令行创建一个名为 `mydb` 的新数据库，输入

```
% createdb mydb
```

要在 `psql` 内做同样的事，输入

```
=> CREATE DATABASE mydb;
```

如果你没有创建数据库所需的权限，你会看到下列消息：

```
ERROR: CREATE DATABASE: Permission denied.
```

Postgres 允许你在给定站点创建任意数量的数据库，并且你会自动成为你刚创建的数据库的数据库管理员。数据库名的第一个字符必须是字母，并且长度限制为 32 个字符。

10.2. 备选数据库位置

可以在安装的默认位置之外的位置创建数据库。请记住，所有数据库访问实际上都是通过数据库后端进行的，因此所指定的任何位置都必须是后端可以访问的。

备选数据库位置由一个给出预期存储位置绝对路径的环境变量创建和引用。这个环境变量必须在 `postmaster` 启动之前已经定义，而且它指向的位置必须可被 `postgres` 管理员账号写入。关于预先配置的备选数据库位置，请咨询站点管理员。任何有效的环境变量名都可以用来引用一个备选位置，不过建议使用带 `PGDATA` 前缀的变量名，以避免混淆以及与其他变量的冲突。

注意

在以前的 Postgres 版本中，也允许使用绝对路径名来指定备选存储位置。虽然环境变量风格的指定方式更可取，因为它让站点管理员在管理磁盘存储时有更大的灵活性，但也可以使用绝对路径来指定一个备选位置。管理员指南讨论了如何启用这一特性。

出于安全和完整性原因，所指定的任何路径或环境变量都会被追加一些额外的路径字段。备选数据库位置必须通过运行 `initlocation` 来准备。

要使用环境变量 `PGDATA2`（本例中设为 `/alt/postgres`）创建一个数据存储区，请确保 `/alt/postgres` 已经存在并且可被 `Postgres` 管理员账号写入。然后，在命令行输入

```
% initlocation PGDATA2
Creating Postgres database system directory /alt/postgres/data
Creating Postgres database system directory /alt/postgres/data/base
```

要从命令行在备选存储区 `PGDATA2` 中创建数据库，使用下面的命令：

```
% createdb -D PGDATA2 mydb
```

要在 `psql` 内做同样的事，输入

```
=> CREATE DATABASE mydb WITH LOCATION = 'PGDATA2';
```

如果你没有创建数据库所需的权限，你会看到下列消息：

```
ERROR: CREATE DATABASE: permission denied
```

如果指定的位置不存在，或者数据库后端没有权限访问它或写入其下的目录，你会看到下列消息：

```
ERROR: The database path '/no/where' is invalid. This may be due
to a character that is not allowed or because the chosen path
isn't permitted for databases.
```

10.3. 访问数据库

一旦构造好数据库，就可以通过以下方式访问它：

- 运行 PostgreSQL 交互式终端 `psql`，它允许你交互式地输入、编辑和执行 SQL 命令。
- 使用 `LIBPQ` 子程序库编写 C 程序。这允许你从 C 中提交 SQL 命令，并把答案和状态消息返回给你的程序。这一接口在 PostgreSQL 程序员指南中有进一步讨论。

你也许想启动 `psql`，来试试本手册中的例子。可以通过输入以下命令为 `mydb` 数据库激活它：

```
% psql mydb
```

你会看到下面的欢迎消息：

```
Welcome to psql, the PostgreSQL interactive terminal.
```

```
Type: \copyright for distribution terms
      \h for help with SQL commands
      \? for help on internal slash commands
      \g or terminate with semicolon to execute query
      \q to quit
```

```
mydb=>
```

这个提示表明 `psql` 正在监听你，你可以把 SQL 查询输入到由终端监视程序维护的工作区中。`psql` 程序响应以反斜杠字符 `"\"` 开头的转义码。例如，你可以通过输入下列内容获得各种 PostgreSQL SQL 命令的语法帮助：

```
mydb=> \h
```

一旦在工作区中输入完查询，你可以通过输入下列内容把工作区的内容传递给 Postgres 服务器：

```
mydb=> \g
```

这告诉服务器处理该查询。如果你用分号终止查询，"`\g`"就不是必需的。psql 会自动处理以分号终止的查询。要从文件（例如 myFile）中读取查询而不是交互式地输入，输入：

```
mydb=> \i fileName
```

要退出 psql 并返回 Unix，输入

```
mydb=> \q
```

然后 psql 将退出并把你返回到命令 shell。（关于更多转义码，在 psql 提示符下输入 `\?`。）空白（即空格、制表符和换行符）可以在 SQL 查询中自由使用。单行注释用 `--` 表示。连字符之后直到行尾的所有内容都被忽略。多行注释以及行内注释用 `/* ... */` 表示。

10.4. 删除数据库

如果你是数据库 mydb 的拥有者，你可以使用下面的 Unix 命令销毁它：

```
% dropdb mydb
```

这个动作会物理地删除与该数据库关联的所有 Unix 文件，而且无法撤销，因此只应在深思熟虑之后才进行。

第 11 章 性能提示

查询性能可能受许多因素影响。其中一些因素可以由用户控制，另一些则属于系统底层设计的基本特性。本章提供一些帮助理解和调优 Postgres 性能的提示。

11.1. 使用 EXPLAIN

作者

由 Tom Lane 撰写，取自 2000-03-27 的电子邮件。

Postgres 会为收到的每个查询制定一个查询计划。选择与查询结构和数据特性相匹配的正确计划，对获得良好的性能至关重要。可以使用 EXPLAIN 命令查看系统为任意查询生成的查询计划。遗憾的是，读懂计划是一门值得专门教程详述的技艺，而我还没来得及写一篇。这里只做一些快速而粗略的解释。

EXPLAIN 当前引用的这些数字是：

- 估计启动代价（在输出扫描开始之前消耗的时间，例如在 SORT 节点中完成排序所需的时间）。
- 估计总代价（如果所有元组都被检索；不过它们也可能不被检索——例如带 LIMIT 的查询会在付出全部代价之前停止，举例来说）。
- 该计划节点输出的估计行数（同样，不考虑任何 LIMIT）。
- 该计划节点输出元组的估计平均宽度（以字节计）。

这些开销以磁盘页读取的次数为单位来衡量。（CPU 工作量估计会用一些相当任意的经验系数换算成磁盘页单位。如果你想试验这些系数，可以看管理员指南中的运行时配置参数列表。）

需要理解的一点是，上层节点的开销包含了其所有子节点的开销。还要注意，这个开销只反映规划器/优化器关心的内容。特别是，它没有考虑将结果元组传输给前端所消耗的时间——这在实际耗时中可能是重要因素，但规划器会忽略这些代价，因为它无法通过改变计划来影响它们。（我们相信每个正确的计划都会输出相同的元组集。）

rows 输出值有些容易误解，因为它不是查询处理或扫描的行数——这个数字通常更小，反映的是在该节点上应用的任何 WHERE 条件子句的估计选择率。理想情况下，顶层的行数估计应当接近查询实际返回、更新或删除的行数（同样，不考虑 LIMIT 的影响）。

平均宽度是相当不可靠的，因为系统其实并不知道变长列的平均长度。我在考虑将来改进这一点，但这可能不值得费那个麻烦，因为宽度的用处不大。

这里是一些例子（使用执行过 vacuum analyze 的回归测试数据库，以及接近 7.0 的源码）：

```
regression=# explain select * from tenk1;
NOTICE:  QUERY PLAN:

Seq Scan on tenk1   (cost=0.00..333.00 rows=10000 width=148)
```

这大概是最简单的情况了。如果你执行


```
select * from pg_class where relname = 'tenk1';
```

就会发现 tenk1 有 233 个磁盘页和 10000 个元组。因此代价估计为 233 次块读取（每次定义为 1.0），加上 $10000 * \text{cpu_tuple_cost}$ （当前为 0.01；可以试试 `show cpu_tuple_cost`）。

现在修改查询，添加一个限定子句：

```
regression=# explain select * from tenk1 where unique1 < 1000;
NOTICE:  QUERY PLAN:
```

```
Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..358.00 rows=1000 width=148)
```

由于有了 WHERE 子句，估计输出行数减少了。（这个估计出奇地准确，因为 tenk1 是一个特别简单的情形——unique1 列有 10000 个从 0 到 9999 的不同值，所以估计器在列的最小值和最大值之间做的线性插值正中目标。）但扫描仍需访问全部 10000 个元组，因此代价没有下降；实际上还略有上升，以反映检查 WHERE 条件所消耗的额外 CPU 时间。

进一步收紧限定条件：

```
regression=# explain select * from tenk1 where unique1 < 100;
NOTICE:  QUERY PLAN:
```

```
Index Scan using tenk1_unique1 on tenk1  (cost=0.00..89.35 rows=100
width=148)
```

可以看到，如果 WHERE 条件的选择性足够强，规划器最终会判定索引扫描比顺序扫描更便宜。得益于索引，这个计划只需访问 100 个元组，因此尽管每次单独读取很昂贵，它仍然是赢家。

再向限定条件添加另一个条件：

```
regression=# explain select * from tenk1 where unique1 < 100 and
regression=# stringu1 = 'xxx';
NOTICE:  QUERY PLAN:
```

```
Index Scan using tenk1_unique1 on tenk1  (cost=0.00..89.60 rows=1
width=148)
```

新增的子句 "stringu1 = 'xxx'" 降低了估计输出行数，但没有降低代价，因为仍然必须访问同一组元组。

使用之前讨论的字段，尝试连接两个表：

```
regression=# explain select * from tenk1 t1, tenk2 t2 where t1.
unique1 < 100
regression=# and t1.unique2 = t2.unique2;
NOTICE:  QUERY PLAN:
```

```
Nested Loop  (cost=0.00..144.07 rows=100 width=296)
->  Index Scan using tenk1_unique1 on tenk1 t1
      (cost=0.00..89.35 rows=100 width=148)
->  Index Scan using tenk2_unique2 on tenk2 t2
      (cost=0.00..0.53 rows=1 width=148)
```

在这个嵌套循环连接中，外层扫描就是前一个例子中的那个索引扫描，其代价和行计数也相同，因为 "unique1 < 100" 这个 WHERE 子句正是在该节点上应用的。"t1.unique2 = t2.unique2" 子句此时还无关，因此不会影响外层扫描的行计数。对于内层扫描，当前外层扫描元组的 unique2 值被代入内层索引扫描，产生一个形如 "t2.unique2 = constant" 的索引限定条件。因此我们得到的内层扫描计划和代价，与执行 "explain select * from tenk2 where unique2 = 42" 之类查询所得到的相同。循环节点的代价则建立在外层扫描的代价之上，再加上每个外层元组都要执行一次内层扫描的代价（这里是 100 * 0.53），以及少量连接处理的 CPU 时间。

本例中，循环的输出行数等于两个扫描行数的乘积，但并非所有情况都如此，因为可能还有同时涉及两个关系的 WHERE 子句，因此只能在连接处应用，不能应用到任一输入扫描。例如，如果我们加上 "WHERE ... AND t1.hundred < t2.hundred"，它会减少连接节点的输出行数，但不会改变任何一个输入扫描。

查看不同计划的一种办法，是使用针对每种计划类型的启用/禁用开关，强制规划器放弃它认为的最优策略。（这是一种粗糙的工具，但很有用。另见第 11.2 节。）

```
regression=# set enable_nestloop = off;
SET VARIABLE
regression=# explain select * from tenk1 t1, tenk2 t2 where t1.
unique1 < 100
regression-# and t1.unique2 = t2.unique2;
NOTICE:  QUERY PLAN:
```

```
Hash Join  (cost=89.60..574.10 rows=100 width=296)
-> Seq Scan on tenk2 t2
    (cost=0.00..333.00 rows=10000 width=148)
-> Hash    (cost=89.35..89.35 rows=100 width=148)
    -> Index Scan using tenk1_unique1 on tenk1 t1
        (cost=0.00..89.35 rows=100 width=148)
```

这个计划打算用与之前相同的索引扫描取出 tenk1 中那 100 行感兴趣的行，把它们存入一个内存中的哈希表，然后对 tenk2 做顺序扫描，对每一个 tenk2 元组在哈希表中探测 "t1.unique2 = t2.unique2" 的可能匹配。读取 tenk1 并建立哈希表的代价完全是哈希连接的启动代价，因为在开始读取 tenk2 之前不会有任何元组输出。连接的总时间估计中还包含一笔相当可观的 CPU 时间开销，用于对哈希表探测 10000 次。但注意，我们 NOT 按 10000 乘以 89.35 来计费；在这种计划类型中，哈希表的建立只做一次。

11.2. 用显式 JOIN 控制规划器

从 Postgres 7.1 开始，就可以用显式 JOIN 语法在一定程度上控制查询规划器。要理解这一点为何重要，先需要一些背景知识。

在一个简单的连接查询中，例如

```
SELECT * FROM a, b, c WHERE a.id = b.id AND b.ref = c.id;
```

规划器可以自由地按任意顺序连接这些表。例如，它可以生成一个查询计划，先利用 WHERE 子句 a.id = b.id 将 A 连接到 B，然后再利用另一个 WHERE 子句把 C 连接到这个结果上。也可以先连接 B 和 C，再把 A 连接到所得结果上。甚至还可以先连接 A 和 C，再与 B 连接——但这样效率会很低，因为必须先形成 A 和 C 的完整笛卡尔积，而 WHERE 子句中并没有可用于优化这一连接的条件。（Postgres 执行器中的所有连接都发生在两个输入表之间，因此结果必须以这些形式之一逐步构造出来。）关键在于，这些不同的连接可能性在语义上是等价的，但执行代价可能相差极大。因此，规划器会探索它们，力图找出最高效的查询计划。

当查询只涉及两个或三个表时，需要考虑的连接顺序并不多。但可能的连接顺序数量会随着表数增加而呈指数增长。输入表超过十个左右之后，

对所有可能性做穷举搜索实际上就不再可行，甚至六七个表也可能让规划耗时长得令人厌烦。输入表过多时，Postgres规划器会从穷举搜索切换到一种遗传概率搜索，只考虑有限数量的可能性。（切换阈值由运行时参数 `GEQO_THRESHOLD` 控制，管理员指南中有描述。）遗传搜索耗时更少，但并不一定能找到最优计划。

当查询涉及外连接时，规划器比处理普通（内）连接时拥有更小的自由度。例如，考虑

```
SELECT * FROM a LEFT JOIN (b JOIN c ON (b.ref = c.id)) ON (a.id = b.id);
```

尽管这个查询的约束表面上与前一个非常相似，但它们的语义不同，因为如果 A 中有某一行无法匹配 B 和 C 连接结果中的任何行，该行仍然必须被输出。因此这里规划器对连接顺序没有选择：它必须先连接 B 和 C，再把 A 连接到该结果上。相应地，这个查询比前一个查询需要更少的规划时间。

在Postgres 7.1 中，规划器把所有显式 JOIN 语法都当作带有连接顺序约束来处理，即使对内连接来说这种约束在逻辑上并不必要。因此，尽管下面这些查询给出的结果相同：

```
SELECT * FROM a, b, c WHERE a.id = b.id AND b.ref = c.id;
SELECT * FROM a CROSS JOIN b CROSS JOIN c WHERE a.id = b.id AND b.ref = c.id;
SELECT * FROM a JOIN (b JOIN c ON (b.ref = c.id)) ON (a.id = b.id);
```

第二个和第三个查询在规划上会比第一个花费更少时间。对于只有三个表的连接来说，这种效果微不足道；但当表很多时，它可能非常关键。

不必为了缩短搜索时间而完全约束连接顺序，因为可以在普通 FROM 列表中使用 JOIN 操作符。例如，

```
SELECT * FROM a CROSS JOIN b, c, d, e WHERE ...;
```

这会强制规划器先将 A 连接到 B，然后再与其他表连接，但不会进一步约束它的选择。在这个示例中，可能的连接顺序数量减少了 5 倍。

如果在一个复杂查询中混合使用外连接和内连接，你可能不希望约束规划器在外连接内部对内连接的良好顺序的搜索。在 JOIN 语法中无法直接做到这一点，但可以通过使用子查询绕过这一语法限制。例如，

```
SELECT * FROM d LEFT JOIN
    (SELECT * FROM a, b, c WHERE ...) AS ss
    ON (...);
```

这里，连接 D 必须是查询计划的最后一步，但规划器可以自由地考虑 A,B,C 的各种连接顺序。

以这种方式约束规划器的搜索，是一种既可减少规划时间、又可引导规划器生成更好查询计划的实用技巧。如果规划器默认选择了糟糕的连接顺序，可以通过 JOIN 语法强制它采用更好的顺序——前提当然是确实知道哪个顺序更好。建议进行实验。

11.3. 填充一个数据库

初次填充数据库时，可能需要做大量的表插入。本节给出一些让这一过程尽可能高效的建议和技巧。

11.3.1. 禁用 Auto-commit

关闭 auto-commit，只在最后提交一次。否则Postgres就必须为每条记录的加入执行大量工作。一般来说，在做批量插入时，你会希望关掉一些数据库特性来换取速度。

11.3.2. 使用 COPY FROM

使用 `COPY FROM STDIN` 在一条命令中装载所有记录，而不是使用一系列 `INSERT` 命令。这会大幅减少解析、规划等方面的开销。采用这种方法时不必为自动提交操心，因为反正它只是一条命令。

11.3.3. 移除索引

如果正在装载一个新创建的表，最快的方法是先创建表，用 `COPY` 批量装载数据，然后再创建该表所需的索引。在已有数据的表上创建索引，要比在每行装载时对索引做增量更新更快。

如果正在向现有表加入大量数据，可以 `DROP INDEX`、装载数据、再重建索引。当然，在索引缺失期间，其他数据库用户的性能可能会受到不利影响。

附录 A. 日期/时间支持

A.1. 时区

Postgres 必须拥有用于时区解码的内部表格式信息，因为没有标准的 *nix 系统接口可用于访问通用的跨时区信息。底层操作系统确实被用来为输出提供时区信息。

表 A.1. Postgres 识别的时区

时区	与 UTC 的偏移	描述
NZDT	+13:00	新西兰夏令时间
IDLE	+12:00	国际日期变更线以东
NZST	+12:00	新西兰标准时间
NZT	+12:00	新西兰时间
AESST	+11:00	澳大利亚东部夏季标准时间
ACSST	+10:30	中澳夏季标准时间
CADT	+10:30	中澳夏令时间
SADT	+10:30	南澳夏令时间
AEST	+10:00	澳大利亚东部标准时间
EAST	+10:00	澳东标准时间
GST	+10:00	关岛标准时间，苏联 9 区
LIGT	+10:00	澳大利亚墨尔本
ACST	+09:30	中澳标准时间
SAST	+09:30	南澳标准时间
CAST	+09:30	中澳标准时间
AWSST	+9:00	澳大利亚西部夏季标准时间
JST	+9:00	日本标准时间，苏联 8 区
KST	+9:00	韩国标准时间
WDT	+9:00	西澳夏令时间
MT	+8:30	摩鹿加时间
AWST	+8:00	澳大利亚西部标准时间
CCT	+8:00	中国沿海时间
WADT	+8:00	西澳夏令时间
WST	+8:00	西澳标准时间
JT	+7:30	爪哇时间
WAST	+7:00	西澳标准时间
IT	+3:30	伊朗时间
BT	+3:00	巴格达时间
EETDST	+3:00	东欧夏令时间
CETDST	+2:00	中欧夏令时间
EET	+2:00	东欧，苏联 1 区
FWT	+2:00	法国冬令时间
IST	+2:00	以色列标准时间
MEST	+2:00	中欧夏令时间
METDST	+2:00	中欧夏令时间
SST	+2:00	瑞典夏令时间

时区	与 UTC 的偏移	描述
BST	+1:00	英国夏令时间
CET	+1:00	中欧时间
DNT	+1:00	Dansk Normal Tid
FST	+1:00	法国夏令时间
MET	+1:00	中欧时间
MEWT	+1:00	中欧冬令时间
MEZ	+1:00	中欧时区
NOR	+1:00	挪威标准时间
SET	+1:00	塞舌尔时间
SWT	+1:00	瑞典冬令时间
WETDST	+1:00	西欧夏令时间
GMT	0:00	格林尼治标准时间
WET	0:00	西欧
WAT	-1:00	西非时间
NDT	-2:30	纽芬兰夏令时间
ADT	-03:00	大西洋夏令时间
NFT	-3:30	纽芬兰标准时间
NST	-3:30	纽芬兰标准时间
AST	-4:00	大西洋标准时间（加拿大）
EDT	-4:00	美国东部夏令时间
CDT	-5:00	美国中部夏令时间
EST	-5:00	美国东部标准时间
CST	-6:00	美国中部标准时间
MDT	-6:00	美国山地夏令时间
MST	-7:00	美国山地标准时间
PDT	-7:00	美国太平洋夏令时间
PST	-8:00	美国太平洋标准时间
YDT	-8:00	育空夏令时间
HDT	-9:00	夏威夷/阿拉斯加夏令时间
YST	-9:00	育空标准时间
AHST	-10:00	阿拉斯加-夏威夷标准时间
CAT	-10:00	阿拉斯加中部时间
NT	-11:00	诺姆时间
IDLW	-12:00	国际日期变更线以西

A.1.1. 澳大利亚时区

澳大利亚时区及其命名变体占了 Postgres 时区查找表中整整四分之一的条目。它们与美国定义的常用时区存在两处命名冲突：CST 和 EST。

如果设置了编译器选项 `USE_AUSTRALIAN_RULES`，那么 CST、EST 和 SAT 将按澳大利亚约定解释。不设置该选项时，SAT 会被解释为一个表示 "Saturday" 的噪声词。

表 A.2. Postgres 澳大利亚时区

时区	与 UTC 的偏移	描述
CST	+10:30	澳大利亚中部标准时间

时区	与 UTC 的偏移	描述
EST	+10:00	澳大利亚东部标准时间
SAT	+9:30	南澳标准时间

A.1.2. 日期/时间输入解释

日期/时间类型都使用一组公共的例程进行解码。

日期/时间输入解释

- 将输入字符串拆分为词元，并把每个词元归类为字符串、时间、时区或数字。
 - 如果词元包含冒号 (":"), 则它是一个时间字符串。
 - 如果词元包含连字符 ("-")、斜杠 ("/") 或点 (".") , 则它是一个日期字符串, 并且可能带有文本形式的月份。
 - 如果词元是纯数字, 那么它要么是一个单个字段, 要么是一个 ISO-8601 拼接式日期 (例如 "19990113" 表示 1999 年 1 月 13 日) 或时间 (例如 141516 表示 14:15:16) 。
 - 如果词元以加号 ("+") 或减号 ("-") 开头, 那么它要么是一个时区, 要么是一个特殊字段。
- 如果词元是一个文本字符串, 则将其与可能的字符串匹配。
 - 对该词元做二分查找表匹配, 看它是否为特殊字符串 (例如 `today`)、星期名 (例如 `Thursday`)、月份名 (例如 `January`) 或噪声词 (例如 `on`) 。

设置字段值和字段位掩码。例如, 为 `today` 设置年、月、日, 并为 `now` 额外设置时、分、秒。
 - 如果没有找到, 则做一次类似的二分查找表匹配, 尝试将该词元与时区匹配。
 - 如果没有找到, 则抛出错误。
- 该词元是一个数字或数字字段。
 - 如果多于 4 位数字, 并且之前还没有读取到其他日期字段, 则将其解释为"拼接式日期" (例如 19990118)。8 位和 6 位数字被解释为年、月、日, 而 7 位和 5 位数字则分别被解释为年、年积日。
 - 如果词元是三位数字并且已经解码了年份, 则解释为年积日。
 - 如果是四位或更多位数字, 则解释为年份。
 - 如果处于欧洲日期模式, 并且还没有读取日字段, 并且该值小于或等于 31, 则解释为日。
 - 如果还没有读取月份字段, 并且该值小于或等于 12, 则解释为月。
 - 如果还没有读取日字段, 并且该值小于或等于 31, 则解释为日。
 - 如果是两位数字或四位及更多位数字, 则解释为年份。
 - 否则, 抛出错误。
- 如果指定了 BC, 则将年份取反并偏移一后再用于内部存储 (格里高利历中没有 0 年, 因此从数值上说, 1BC 会变成年 0)。

5. 如果没有指定 BC，并且年份字段的长度为两位，则将年份调整为 4 位。如果该字段小于 70，则加上 2000；否则加上 1900。

提示

格里高利历公元 1-99 年可以使用带前导零的 4 位数字输入（例如，0099 表示公元 99 年）。以前的 Postgres 版本接受三位数字和单个数字的年份，但从 7.0 版开始，规则已被收紧以减少歧义的可能性。

A.2. 历法的历史

注意

由 José Soares (<jose@sferacarta.com>) 贡献

儒略日由法国学者 Joseph Justus Scaliger (1540-1609) 发明，其名称大概取自 Scaliger 的父亲、意大利学者 Julius Caesar Scaliger (1484-1558)。天文学家用儒略纪为自公元前 4713 年 1 月 1 日以来的每一天分配一个唯一的编号。这就是所谓的儒略日 (JD)。JD 0 表示从 UTC 公元前 4713 年 1 月 1 日正午到 UTC 公元前 4713 年 1 月 2 日正午的 24 小时。

"儒略日" (Julian Day) 与"儒略积日" (Julian Date) 并不相同。儒略历由 Julius Caesar 于公元前 45 年引入。直到 1582 年各国开始改用格里高利历之前，它在西方世界一直被广泛使用。在儒略历中，回归年近似为 $365 \frac{1}{4}$ 天 = 365.25 天。这会在大约 128 年里累计 1 天的误差。不断累积的历法误差促使教皇格里高利十三世按照特伦托会议的指示改革历法。

在格里高利历中，回归年近似为 $365 + 97 / 400$ 天 = 365.2425 天。因此，回归年相对于格里高利历大约每 3300 年偏移一天。

$365 + 97 / 400$ 这一近似值是通过每 400 年设置 97 个闰年来实现的，具体规则如下：

能被 4 整除的年份是闰年。
但是，能被 100 整除的年份不是闰年。
但是，能被 400 整除的年份仍是闰年。

因此，1700、1800、1900、2100 和 2200 年不是闰年，而 1600、2000 和 2400 年是闰年。相比之下，在较老的儒略历中只有能被 4 整除的年份是闰年。

1582 年 2 月发布的教皇诏书规定，应从 1582 年 10 月删去 10 天，使 10 月 15 日紧接在 10 月 4 日之后。意大利、波兰、葡萄牙和西班牙执行了这一规定。其他天主教国家随后不久也照办，但新教国家不愿改变，而希腊正教国家直到本世纪初才改历。大不列颠及其领地（包括现在的美国）在 1752 年执行了这一改革。因此 1752 年 9 月 2 日之后紧跟着的是 1752 年 9 月 14 日。这就是 Unix 系统的 cal 会输出下面内容的原因：

```
% cal 9 1752
    September 1752
S   M Tu   W Th   F   S
                1   2 14 15 16
17 18 19 20 21 22 23
24 25 26 27 28 29 30
```


注意

SQL92 指出,“在 `datetime literal` 的定义中, `datetime value` 受格里高利历下日期和时间的自然规则约束”。1752-09-03 到 1752-09-13 之间的日期虽然在某些国家被教皇敕令取消,但它们符合“自然规则”,因而是合法的日期。

世界上不同地区发展出了不同的历法,其中许多都早于格里高利体系。例如,中国历法的起源可以追溯到公元前 14 世纪。传说黄帝在公元前 2637 年发明了这种历法。中华人民共和国在民用方面使用格里高利历。中国历法则用于确定节日。

附录 B. SQL 关键字

表 B.1列出了在 SQL 标准以及 PostgreSQL 7.1.3 中被视为关键字的所有词元。背景信息可参见第 1.1.1 节。

SQL 区分保留关键字和非保留关键字。保留关键字才是真正的关键字，它们绝不允许作为标识符使用。非保留关键字只在特定上下文中具有特殊含义，在其他上下文中则可以作为标识符使用。大多数非保留关键字实际上是 SQL 规定的内置表和内置函数名称，而非保留关键字这一概念，本质上只是为了声明某个词在某些上下文中附带了预定义含义。

在PostgreSQL解析器中，情况要更复杂一些。这里的词元分属若干不同类别，从绝不能用作标识符的词元，到在解析器中完全没有特殊地位、只是被当作普通标识符处理的词元都有。（后一类通常就是 SQL 规定的函数名。）大多数 SQL 保留关键字在PostgreSQL中并不是完全保留的，它们可以用作列标签（例如SELECT 55 AS CHECK，尽管CHECK是一个保留关键字）。

在表 B.1中针对PostgreSQL的那一列里，我们把解析器明确识别、但又允许在大多数或所有期望标识符的上下文中使用的那些关键字归类为“非保留”。标为“保留”的是那些只允许作为“AS”列标签名使用的词元（或许还有极少数其他上下文允许）。词元 AS 是唯一的例外：它甚至不能用作列标签。一般来说，如果你在某个命令中把这里列出的关键字当作标识符使用，并因此遇到意外的解析器错误，应尝试为该标识符加上引号，看看问题是否消失。

在研读表 B.1之前，有一点非常重要：某个关键字在PostgreSQL中不被保留，并不意味着与该词相关的特性尚未实现；反过来，某个关键字的存在也不意味着相应特性一定存在。

表 B.1. SQL 关键字

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
ABORT	保留		
ABS		非保留	
ABSOLUTE	非保留	保留	保留
ACCESS	非保留		
ACTION	非保留	保留	保留
ADA		非保留	非保留
ADD	非保留	保留	保留
ADMIN		保留	
AFTER	非保留	保留	
AGGREGATE	非保留	保留	
ALIAS		保留	
ALL	保留	保留	保留
ALLOCATE		保留	保留
ALTER	非保留	保留	保留
ANALYSE	保留		
ANALYZE	保留		
AND	保留	保留	保留
ANY	保留	保留	保留
ARE		保留	保留
ARRAY		保留	
AS	保留	保留	保留

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
ASC	保留	保留	保留
ASENSITIVE		非保留	
ASSERTION		保留	保留
ASSIGNMENT		非保留	
ASYMMETRIC		非保留	
AT	非保留	保留	保留
ATOMIC		非保留	
AUTHORIZATION		保留	保留
AVG		非保留	保留
BACKWARD	非保留		
BEFORE	非保留	保留	
BEGIN	非保留	保留	保留
BETWEEN	保留	非保留	保留
BINARY	保留	保留	
BIT	保留	保留	保留
BITVAR		非保留	
BIT_LENGTH		非保留	保留
BLOB		保留	
BOOLEAN		保留	
BOTH	保留	保留	保留
BREADTH		保留	
BY	非保留	保留	保留
C		非保留	非保留
CACHE	非保留		
CALL		保留	
CALLED		非保留	
CARDINALITY		非保留	
CASCADE	非保留	保留	保留
CASCADED		保留	保留
CASE	保留	保留	保留
CAST	保留	保留	保留
CATALOG		保留	保留
CATALOG_NAME		非保留	非保留
CHAIN	非保留	非保留	
CHAR	保留	保留	保留
CHARACTER	保留	保留	保留
CHARACTERISTICS	非保留		
CHARACTER_LENGTH		非保留	保留
CHARACTER_SET_CATALOG		非保留	非保留
CHARACTER_SET_NAME		非保留	非保留
CHARACTER_SET_SCHEMA		非保留	非保留

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
CHAR_LENGTH		非保留	保留
CHECK	保留	保留	保留
CHECKED		非保留	
CHECKPOINT	非保留		
CLASS		保留	
CLASS_ORIGIN		非保留	非保留
CLOB		保留	
CLOSE	非保留	保留	保留
CLUSTER	保留		
COALESCE	保留	非保留	保留
COBOL		非保留	非保留
COLLATE	保留	保留	保留
COLLATION		保留	保留
COLLATION_CATALOG		非保留	非保留
COLLATION_NAME		非保留	非保留
COLLATION_SCHEMA		非保留	非保留
COLUMN	保留	保留	保留
COLUMN_NAME		非保留	非保留
COMMAND_FUNCTION		非保留	非保留
COMMAND_FUNCTION_CODE		非保留	
COMMENT	非保留		
COMMIT	非保留	保留	保留
COMMITTED	非保留	非保留	非保留
COMPLETION		保留	
CONDITION_NUMBER		非保留	非保留
CONNECT		保留	保留
CONNECTION		保留	保留
CONNECTION_NAME		非保留	非保留
CONSTRAINT	保留	保留	保留
CONSTRAINTS	非保留	保留	保留
CONSTRAINT_CATALOG		非保留	非保留
CONSTRAINT_NAME		非保留	非保留
CONSTRAINT_SCHEMA		非保留	非保留
CONSTRUCTOR		保留	
CONTAINS		非保留	
CONTINUE		保留	保留
CONVERT		非保留	保留
COPY	保留		
CORRESPONDING		保留	保留
COUNT		非保留	保留
CREATE	非保留	保留	保留
CREATEDB	非保留		

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
CREATEUSER	非保留		
CROSS	保留	保留	保留
CUBE		保留	
CURRENT		保留	保留
CURRENT_DATE	保留	保留	保留
CURRENT_PATH		保留	
CURRENT_ROLE		保留	
CURRENT_TIME	保留	保留	保留
CURRENT_TIMESTAMP	保留	保留	保留
CURRENT_USER	保留	保留	保留
CURSOR	非保留	保留	保留
CURSOR_NAME		非保留	非保留
CYCLE	非保留	保留	
DATA		保留	非保留
DATABASE	非保留		
DATE		保留	保留
DATETIME_INTERVAL_CODE		非保留	非保留
DATETIME_INTERVAL_PRECISION		非保留	非保留
DAY	非保留	保留	保留
DEALLOCATE		保留	保留
DEC	保留	保留	保留
DECIMAL	保留	保留	保留
DECLARE	非保留	保留	保留
DEFAULT	保留	保留	保留
DEFERRABLE	保留	保留	保留
DEFERRED	非保留	保留	保留
DEFINED		非保留	
DEFINER		非保留	
DELETE	非保留	保留	保留
DELIMITERS	非保留		
DEPTH		保留	
DEREF		保留	
DESC	保留	保留	保留
DESCRIBE		保留	保留
DESCRIPTOR		保留	保留
DESTROY		保留	
DESTRUCTOR		保留	
DETERMINISTIC		保留	
DIAGNOSTICS		保留	保留
DICTIONARY		保留	
DISCONNECT		保留	保留
DISPATCH		非保留	

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
DISTINCT	保留	保留	保留
DO	保留		
DOMAIN		保留	保留
DOUBLE	非保留	保留	保留
DROP	非保留	保留	保留
DYNAMIC		保留	
DYNAMIC_FUNCTION		非保留	非保留
DYNAMIC_FUNCTION_CODE		非保留	
EACH	非保留	保留	
ELSE	保留	保留	保留
ENCODING	非保留		
END	保留	保留	保留
END-EXEC		保留	保留
EQUALS		保留	
ESCAPE	非保留	保留	保留
EVERY		保留	
EXCEPT	保留	保留	保留
EXCEPTION		保留	保留
EXCLUSIVE	非保留		
EXEC		保留	保留
EXECUTE	非保留	保留	保留
EXISTING		非保留	
EXISTS	保留	非保留	保留
EXPLAIN	保留		
EXTEND	保留		
EXTERNAL		保留	保留
EXTRACT	保留	非保留	保留
FALSE	保留	保留	保留
FETCH	非保留	保留	保留
FINAL		非保留	
FIRST		保留	保留
FLOAT	保留	保留	保留
FOR	保留	保留	保留
FORCE	非保留		
FOREIGN	保留	保留	保留
FORTRAN		非保留	非保留
FORWARD	非保留		
FOUND		保留	保留
FREE		保留	
FROM	保留	保留	保留
FULL	保留	保留	保留
FUNCTION	非保留	保留	

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
G		非保留	
GENERAL		保留	
GENERATED		非保留	
GET		保留	保留
GLOBAL	保留	保留	保留
GO		保留	保留
GOTO		保留	保留
GRANT	非保留	保留	保留
GRANTED		非保留	
GROUP	保留	保留	保留
GROUPING		保留	
HANDLER	非保留		
HAVING	保留	保留	保留
HIERARCHY		非保留	
HOLD		非保留	
HOST		保留	
HOURL	非保留	保留	保留
IDENTITY		保留	保留
IGNORE		保留	
ILIKE	保留		
IMMEDIATE	非保留	保留	保留
IMPLEMENTATION		非保留	
IN	保留	保留	保留
INCREMENT	非保留		
INDEX	非保留		
INDICATOR		保留	保留
INFIX		非保留	
INHERITS	非保留		
INITIALIZE		保留	
INITIALLY	保留	保留	保留
INNER	保留	保留	保留
INOUT	保留	保留	
INPUT		保留	保留
INSENSITIVE	非保留	非保留	保留
INSERT	非保留	保留	保留
INSTANCE		非保留	
INSTANTIABLE		非保留	
INSTEAD	非保留		
INT		保留	保留
INTEGER		保留	保留
INTERSECT	保留	保留	保留
INTERVAL	非保留	保留	保留
INTO	保留	保留	保留

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
INVOKER		非保留	
IS	保留	保留	保留
ISNULL	保留		
ISOLATION	非保留	保留	保留
ITERATE		保留	
JOIN	保留	保留	保留
K		非保留	
KEY	非保留	保留	保留
KEY_MEMBER		非保留	
KEY_TYPE		非保留	
LANCOMPILER	非保留		
LANGUAGE	非保留	保留	保留
LARGE		保留	
LAST		保留	保留
LATERAL		保留	
LEADING	保留	保留	保留
LEFT	保留	保留	保留
LENGTH		非保留	非保留
LESS		保留	
LEVEL	非保留	保留	保留
LIKE	保留	保留	保留
LIMIT	保留	保留	
LISTEN	保留		
LOAD	保留		
LOCAL	保留	保留	保留
LOCALTIME		保留	
LOCALTIMESTAMP		保留	
LOCATION	非保留		
LOCATOR		保留	
LOCK	保留		
LOWER		非保留	保留
M		非保留	
MAP		保留	
MATCH	非保留	保留	保留
MAX		非保留	保留
MAXVALUE	非保留		
MESSAGE_LENGTH		非保留	非保留
MESSAGE_OCTET_LENGTH		非保留	非保留
MESSAGE_TEXT		非保留	非保留
METHOD		非保留	
MIN		非保留	保留
MINUTE	非保留	保留	保留

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
MINVALUE	非保留		
MOD		非保留	
MODE	非保留		
MODIFIES		保留	
MODIFY		保留	
MODULE		保留	保留
MONTH	非保留	保留	保留
MORE		非保留	非保留
MOVE	保留		
MUMPS		非保留	非保留
NAME		非保留	非保留
NAMES	非保留	保留	保留
NATIONAL	非保留	保留	保留
NATURAL	保留	保留	保留
NCHAR	保留	保留	保留
NCLOB		保留	
NEW	保留	保留	
NEXT	非保留	保留	保留
NO	非保留	保留	保留
NOCREATEDB	非保留		
NOCREATEUSER	非保留		
NONE	非保留	保留	
NOT	保留	保留	保留
NOTHING	非保留		
NOTIFY	非保留		
NOTNULL	保留		
NULL	保留	保留	保留
NULLABLE		非保留	非保留
NULLIF	保留	非保留	保留
NUMBER		非保留	非保留
NUMERIC	保留	保留	保留
OBJECT		保留	
OCTET_LENGTH		非保留	保留
OF	非保留	保留	保留
OFF	保留	保留	
OFFSET	保留		
OIDS	非保留		
OLD	保留	保留	
ON	保留	保留	保留
ONLY	保留	保留	保留
OPEN		保留	保留
OPERATION		保留	
OPERATOR	非保留		

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
OPTION	非保留	保留	保留
OPTIONS		非保留	
OR	保留	保留	保留
ORDER	保留	保留	保留
ORDINALITY		保留	
OUT	保留	保留	
OUTER	保留	保留	保留
OUTPUT		保留	保留
OVERLAPS	保留	非保留	保留
OVERLAY		非保留	
OVERRIDING		非保留	
OWNER	非保留		
PAD		保留	保留
PARAMETER		保留	
PARAMETERS		保留	
PARAMETER_MODE		非保留	
PARAMETER_NAME		非保留	
PARAMETER_ORDINAL_POSITION		非保留	
PARAMETER_SPECIFIC_CATALOG		非保留	
PARAMETER_SPECIFIC_NAME		非保留	
PARAMETER_SPECIFIC_SCHEMA		非保留	
PARTIAL	非保留	保留	保留
PASCAL		非保留	非保留
PASSWORD	非保留		
PATH	非保留	保留	
PENDANT	非保留		
PLI		非保留	非保留
POSITION	保留	非保留	保留
POSTFIX		保留	
PRECISION	保留	保留	保留
PREFIX		保留	
PREORDER		保留	
PREPARE		保留	保留
PRESERVE		保留	保留
PRIMARY	保留	保留	保留
PRIOR	非保留	保留	保留
PRIVILEGES	非保留	保留	保留
PROCEDURAL	非保留		
PROCEDURE	非保留	保留	保留
PUBLIC	保留	保留	保留

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
READ	非保留	保留	保留
READS		保留	
REAL		保留	保留
RECURSIVE		保留	
REF		保留	
REFERENCES	保留	保留	保留
REFERENCING		保留	
REINDEX	非保留		
RELATIVE	非保留	保留	保留
RENAME	非保留		
REPEATABLE		非保留	非保留
RESET	保留		
RESTRICT	非保留	保留	保留
RESULT		保留	
RETURN		保留	
RETURNED_LENGTH		非保留	非保留
RETURNED_OCTET_LENGTH		非保留	非保留
RETURNED_SQLSTATE		非保留	非保留
RETURNS	非保留	保留	
REVOKE	非保留	保留	保留
RIGHT	保留	保留	保留
ROLE		保留	
ROLLBACK	非保留	保留	保留
ROLLUP		保留	
ROUTINE		保留	
ROUTINE_CATALOG		非保留	
ROUTINE_NAME		非保留	
ROUTINE_SCHEMA		非保留	
ROW	非保留	保留	
ROWS		保留	保留
ROW_COUNT		非保留	非保留
RULE	非保留		
SAVEPOINT		保留	
SCALE		非保留	非保留
SCHEMA	非保留	保留	保留
SCHEMA_NAME		非保留	非保留
SCOPE		保留	
SCROLL	非保留	保留	保留
SEARCH		保留	
SECOND	非保留	保留	保留
SECTION		保留	保留
SECURITY		非保留	

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
SELECT	保留	保留	保留
SELF		非保留	
SENSITIVE		非保留	
SEQUENCE	非保留	保留	
SERIAL	非保留		
SERIALIZABLE	非保留	非保留	非保留
SERVER_NAME		非保留	非保留
SESSION	非保留	保留	保留
SESSION_USER	保留	保留	保留
SET	非保留	保留	保留
SETOF	保留		
SETS		保留	
SHARE	非保留		
SHOW	保留		
SIMILAR		非保留	
SIMPLE		非保留	
SIZE		保留	保留
SMALLINT		保留	保留
SOME	保留	保留	保留
SOURCE		非保留	
SPACE		保留	保留
SPECIFIC		保留	
SPECIFICTYPE		保留	
SPECIFIC_NAME		非保留	
SQL		保留	保留
SQLCODE			保留
SQLERROR			保留
SQLEXCEPTION		保留	
SQLSTATE		保留	保留
SQLWARNING		保留	
START	非保留	保留	
STATE		保留	
STATEMENT	非保留	保留	
STATIC		保留	
STDIN	非保留		
STDOUT	非保留		
STRUCTURE		保留	
STYLE		非保留	
SUBCLASS_ORIGIN		非保留	非保留
SUBLIST		非保留	
SUBSTRING	保留	非保留	保留
SUM		非保留	保留
SYMMETRIC		非保留	

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
SYSID	非保留		
SYSTEM		非保留	
SYSTEM_USER		保留	保留
TABLE	保留	保留	保留
TABLE_NAME		非保留	非保留
TEMP	非保留		
TEMPLATE	非保留		
TEMPORARY	非保留	保留	保留
TERMINATE		保留	
THAN		保留	
THEN	保留	保留	保留
TIME	非保留	保留	保留
TIMESTAMP	非保留	保留	保留
TIMEZONE_HOUR	非保留	保留	保留
TIMEZONE_MINUTE	非保留	保留	保留
TO	保留	保留	保留
TOAST	非保留		
TRAILING	保留	保留	保留
TRANSACTION	保留	保留	保留
TRANSACTIONS_ COMMITTED		非保留	
TRANSACTIONS_ ROLLED_BACK		非保留	
TRANSACTION_ ACTIVE		非保留	
TRANSFORM		非保留	
TRANSFORMS		非保留	
TRANSLATE		非保留	保留
TRANSLATION		保留	保留
TREAT		保留	
TRIGGER	非保留	保留	
TRIGGER_CATALOG		非保留	
TRIGGER_NAME		非保留	
TRIGGER_SCHEMA		非保留	
TRIM	保留	非保留	保留
TRUE	保留	保留	保留
TRUNCATE	非保留		
TRUSTED	非保留		
TYPE	非保留	非保留	非保留
UNCOMMITTED		非保留	非保留
UNDER		保留	
UNION	保留	保留	保留
UNIQUE	保留	保留	保留
UNKNOWN		保留	保留

关键字	PostgreSQL	SQL 99	SQL 92
UNLISTEN	非保留		
UNNAMED		非保留	非保留
UNNEST		保留	
UNTIL	非保留		
UPDATE	非保留	保留	保留
UPPER		非保留	保留
USAGE		保留	保留
USER	保留	保留	保留
USER_DEFINED_ TYPE_CATALOG		非保留	
USER_DEFINED_ TYPE_NAME		非保留	
USER_DEFINED_ TYPE_SCHEMA		非保留	
USING	保留	保留	保留
VACUUM	保留		
VALID	非保留		
VALUE		保留	保留
VALUES	非保留	保留	保留
VARCHAR	保留	保留	保留
VARIABLE		保留	
VARYING	非保留	保留	保留
VERBOSE	保留		
VERSION	非保留		
VIEW	非保留	保留	保留
WHEN	保留	保留	保留
WHenever		保留	保留
WHERE	保留	保留	保留
WITH	非保留	保留	保留
WITHOUT	非保留	保留	
WORK	非保留	保留	保留
WRITE		保留	保留
YEAR	非保留	保留	保留
ZONE	非保留	保留	保留

参考书目

这里列出了一些关于 SQL 和 Postgres 的参考文献与读物。

来自最初的 Postgres 开发团队的一些白皮书和技术报告，可在加州大学伯克利分校计算机科学系网站¹上获取。

SQL 参考书

SQL 特性的参考文本。

The Practical SQL Handbook . Bowman et al, 1996 . Using Structured Query Language . 3. Judith Bowman、Sandra Emerson和Marcy Darnovsky. ISBN 0-201-44787-8. 1996. Addison-Wesley. 版权 © 1996 Addison-Wesley Longman, Inc..

A Guide to the SQL Standard . Date and Darwen, 1997 . A user's guide to the standard database language SQL . 4. C. J. Date和Hugh Darwen. ISBN 0-201-96426-0. 1997. Addison-Wesley. 版权 © 1997 Addison-Wesley Longman, Inc..

An Introduction to Database Systems . Date, 1994 . 6. C. J. Date. 1. 1994. Addison-Wesley. 版权 © 1994 Addison-Wesley Longman, Inc..

Understanding the New SQL . Melton and Simon, 1993 . A complete guide. Jim Melton和Alan R. Simon. ISBN 1-55860-245-3. 1993. Morgan Kaufmann. 版权 © 1993 Morgan Kaufmann Publishers, Inc..

Abstract

SQL 特性的易读参考。

Principles of Database and Knowledge . Base Systems . Ullman, 1988 . Jeffrey D. Ullman. 1. Computer Science Press . 1988 .

PostgreSQL 专属文档

本节收录相关文档。

The PostgreSQL. Administrator's Guide . The Administrator's Guide . Thomas Lockhart. 2001-04-13. The PostgreSQL Global Development Group.

The PostgreSQL. Developer's Guide . The Developer's Guide . Thomas Lockhart. 2001-04-13. The PostgreSQL Global Development Group.

The PostgreSQL. Programmer's Guide . The Programmer's Guide . Thomas Lockhart. 2001-04-13. The PostgreSQL Global Development Group.

The PostgreSQL. Tutorial Introduction . The Tutorial . Thomas Lockhart. 2001-04-13. The PostgreSQL Global Development Group.

The PostgreSQL. User's Guide . The User's Guide . Thomas Lockhart. 2001-04-13. The PostgreSQL Global Development Group.

Enhancement of the ANSI SQL Implementation of PostgreSQL . Simkovics, 1998 . Stefan Simkovics. with support by . O.Univ.Prof.Dr.. Georg. Gottlob. Univ.Ass. Mag.. Katrin. Seyr. .

¹<http://s2k-ftp.CS.Berkeley.EDU:8000/postgres/papers/>

讨论 SQL 的历史和语法, 并描述向 Postgres 中加入 INTERSECT 和 EXCEPT 构造的过程。在维也纳技术大学的 O.Univ.Prof.Dr. Georg Gottlob 和 Univ.Ass. Mag. Katrin Seyr 的支持下作为硕士论文完成。

November 29, 1998. Department of Information Systems, Vienna University of Technology .

The Postgres95. User Manual . Yu and Chen, 1995 . A. Yu和J. Chen. . Sept. 5, 1995. University of California, Berkeley CA.

会议论文和期刊文章

本节收录文章和简报。

Partial indexing in POSTGRES: research project . Olson, 1993 . Nels Olson. 1993. UCB Engin T7.49.1993 O676. University of California, Berkeley CA.

A Unified Framework for Version Modeling Using Production Rules in a Database System . Ong and Goh, 1990 . L. Ong和J. Goh. April, 1990. ERL Technical Memorandum M90/33. University of California, Berkeley CA.

The Postgres. Data Model . Rowe and Stonebraker, 1987 . L. Rowe和M. Stonebraker. VLDB Conference, Brighton, England, Sept. 1987.

Generalized partial indexes². Seshadri, 1995 . P. Seshadri和A. Swami. Eleventh International Conference on Data Engineering, March 1995. 1995. Cat. No.95CH35724. IEEE Computer Society Press.

The Design of Postgres. . Stonebraker and Rowe, 1986 . M. Stonebraker和L. Rowe. Conference on Management of Data, Washington DC, May 1986.

The Design of the Postgres. Rules System. Stonebraker, Hanson, Hong, 1987 . M. Stonebraker, E. Hanson和C. H. Hong. Conference on Data Engineering, Los Angeles, CA, Feb. 1987.

The Postgres. Storage System . Stonebraker, 1987 . M. Stonebraker. VLDB Conference, Brighton, England, Sept. 1987.

A Commentary on the Postgres. Rules System . Stonebraker et al, 1989. M. Stonebraker, M. Hearst和S. Potamianos. Record 18(3), Sept. 1989.

The case for partial indexes (DBMS)³. Stonebraker, M, 1989b. M. Stonebraker. Record 18(no. 4):4-11, Dec. 1989.

The Implementation of Postgres. . Stonebraker, Rowe, Hirohama, 1990 . M. Stonebraker, L. A. Rowe和M. Hirohama. Transactions on Knowledge and Data Engineering 2(1), March 1990.

On Rules, Procedures, Caching and Views in Database Systems . Stonebraker et al, ACM, 1990 . M. Stonebraker和et al. Conference on Management of Data, June 1990.

²<http://simon.cs.cornell.edu/home/praveen/papers/partindex.de95.ps.Z>

³<http://s2k-ftp.CS.Berkeley.EDU:8000/postgres/papers/ERL-M89-17.pdf>

PostgreSQL 7.1.3 管理员指南

The PostgreSQL Global Development Group

PostgreSQL 7.1.3 管理员指南

The PostgreSQL Global Development Group

版权 © 1996-2001 PostgreSQL 全球开发组

法律声明

PostgreSQL 版权所有 © 1996-2001，归 PostgreSQL 全球开发组所有，并按照下文所述加利福尼亚大学的许可条款分发。

Postgres95 版权所有 © 1994-5，归加利福尼亚大学董事会所有。

特此授权，可为任何目的使用、复制、修改和分发本软件及其文档，无需付费，也无需书面协议，但条件是所有副本中都必须包含上述版权声明、本段以及后续两段内容。

在任何情况下，加利福尼亚大学都不对任何一方承担因使用本软件及其文档而产生的任何直接、间接、特殊、附带或后果性损害赔偿责任，包括利润损失，即使加利福尼亚大学已被告知此类损害发生的可能性。

加利福尼亚大学明确不作任何担保，包括但不限于适销性和特定用途适用性的默示担保。本协议项下提供的软件按"原样"提供，加利福尼亚大学没有义务提供维护、支持、更新、增强或修改。

目录

1. 安装说明	1
1.1. 简短版本	1
1.2. 需求	1
1.3. 获取源代码	2
1.4. 如果你是在升级	2
1.5. 安装过程	3
1.6. 安装后设置	8
1.6.1. 共享库	8
1.6.2. 环境变量	8
1.7. 受支持的平台	8
2. 在 Windows 上安装	13
3. 服务器运行时环境	14
3.1. Postgres 用户账户	14
3.2. 创建数据库集簇	14
3.3. 启动数据库服务器	15
3.3.1. 服务器启动失败	16
3.3.2. 客户端连接问题	17
3.4. 运行时配置	17
3.4.1. 规划器和优化器调整	18
3.4.2. 日志和调试	20
3.4.3. 常规操作	21
3.4.4. WAL	23
3.4.5. 短选项	24
3.5. 管理内核资源	24
3.5.1. 共享内存和信号量	25
3.5.2. 资源限制	28
3.6. 关闭服务器	29
3.7. 使用 SSL 的安全 TCP/IP 连接	29
3.8. 使用 SSH 隧道的安全 TCP/IP 连接	30
4. 客户端认证	31
4.1. pg_hba.conf 文件	31
4.2. 认证方法	34
4.2.1. 密码认证	34
4.2.2. Kerberos 认证	34
4.2.3. 基于 ident 的认证	35
4.3. 认证问题	36
5. 本地化	37
5.1. 区域支持	37
5.1.1. 概述	37
5.1.2. 优点	38
5.1.3. 问题	38
5.2. 多字节支持	38
5.2.1. 启用 MB	39
5.2.2. 设置编码	39
5.2.3. 后端和前端之间的自动编码翻译	40
5.2.4. 关于 Unicode	41
5.2.5. 如果无法完成转换会怎样?	41
5.2.6. 参考资料	41
5.2.7. 历史	42
5.2.8. Windows/ODBC 上的 WIN1250	43
5.3. 单字节字符集重编码	44
6. 管理数据库	45
6.1. 创建数据库	45
6.1.1. 备选位置	45
6.2. 访问数据库	46

6.3. 删除数据库	47
7. 数据库用户和权限	48
7.1. 数据库用户	48
7.1.1. 用户属性	48
7.2. 组	48
7.3. 权限	49
7.4. 函数和触发器	49
8. 备份与恢复	50
8.1. SQL 转储	50
8.1.1. 恢复转储	50
8.1.2. 使用 <code>pg_dumpall</code>	51
8.1.3. 大型数据库	51
8.1.4. 注意事项	52
8.2. 文件系统级别的备份	52
8.3. 版本间的迁移	53
9. 预写式日志 (WAL)	54
9.1. 总体描述	54
9.1.1. WAL 的直接收益	54
9.1.2. 未来的收益	54
9.2. 实现	55
9.2.1. 用 WAL 进行数据库恢复	55
9.3. WAL 配置	55
10. 磁盘存储	57
11. 数据库恢复	58
12. 回归测试	59
12.1. 测试结果评估	60
12.1.1. 错误消息差异	60
12.1.2. Locale 差异	60
12.1.3. 日期和时间差异	60
12.1.4. 浮点差异	61
12.1.5. 多边形差异	61
12.1.6. 元组顺序差异	61
12.1.7. “random” 测试	61
12.2. 平台相关的比较文件	62
A. 发布说明	63
A.1. 版本 7.1.3	63
A.1.1. 迁移到版本 7.1.3	63
A.1.2. 变更	63
A.2. 版本 7.1.2	63
A.2.1. 迁移到版本 7.1.2	63
A.2.2. 变更	63
A.3. 版本 7.1.1	64
A.3.1. 迁移到版本 7.1.1	64
A.3.2. 变更	64
A.4. 版本 7.1	64
A.4.1. 迁移到版本 7.1	65
A.4.2. 变更	65
A.5. 版本 7.0.3	68
A.5.1. 迁移到版本 7.0.3	68
A.5.2. 变更	68
A.6. 版本 7.0.2	69
A.6.1. 迁移到版本 7.0.2	69
A.6.2. 变更	69
A.7. 版本 7.0.1	69
A.7.1. 迁移到版本 7.0.1	69
A.7.2. 变更	70
A.8. 版本 7.0	70
A.8.1. 迁移到版本 7.0	71

A.8.2. 变更	71
A.9. 版本 6.5.3	77
A.9.1. 迁移到版本 6.5.3	77
A.9.2. 变更	77
A.10. 版本 6.5.2	77
A.10.1. 迁移到版本 6.5.2	77
A.10.2. 变更	77
A.11. 版本 6.5.1	78
A.11.1. 迁移到版本 6.5.1	78
A.11.2. 变更	78
A.12. 版本 6.5	79
A.12.1. 迁移到版本 6.5	80
A.12.2. 变更	80
A.13. 版本 6.4.2	83
A.13.1. 迁移到版本 6.4.2	83
A.13.2. 变更	83
A.14. 版本 6.4.1	83
A.14.1. 迁移到版本 6.4.1	83
A.14.2. 变更	84
A.15. 版本 6.4	84
A.15.1. 迁移到版本 6.4	85
A.15.2. 变更	85
A.16. 版本 6.3.2	88
A.16.1. 变更	89
A.17. 版本 6.3.1	89
A.17.1. 变更	89
A.18. 版本 6.3	90
A.18.1. 迁移到版本 6.3	91
A.18.2. 变更	91
A.19. 版本 6.2.1	94
A.19.1. 从版本 6.2 迁移到版本 6.2.1	94
A.19.2. 变更	94
A.20. 版本 6.2	95
A.20.1. 从版本 6.1 迁移到版本 6.2	95
A.20.2. 从版本 1.x 迁移到版本 6.2	95
A.20.3. 变更	95
A.21. 版本 6.1.1	97
A.21.1. 从版本 6.1 迁移到版本 6.1.1	97
A.21.2. 变更	97
A.22. 版本 6.1	98
A.22.1. 迁移到版本 6.1	98
A.22.2. 变更	98
A.23. 版本 6.0	100
A.23.1. 从版本 1.09 迁移到版本 6.0	100
A.23.2. 从 1.09 之前版本迁移到版本 6.0	100
A.23.3. 变更	100
A.24. 版本 1.09	102
A.25. 版本 1.02	102
A.25.1. 从版本 1.02 迁移到版本 1.02.1	102
A.25.2. 转储/重载程序	103
A.25.3. 变更	103
A.26. 版本 1.01	104
A.26.1. 从版本 1.0 迁移到版本 1.01	104
A.26.2. 变更	106
A.27. 版本 1.0	106
A.27.1. 变更	106
A.28. Postgres95 版本 0.03	107
A.28.1. 变更	107

A.29. Postgres95 版本 0.02	109
A.29.1. 变更	109
A.30. Postgres95版本 0.01	110
A.31. 计时结果	110
A.31.1. 版本 6.5	110
A.31.2. 版本 6.4beta	111
A.31.3. 版本 6.3	111
A.31.4. 版本 6.1	111

表格清单

3.1. 短选项对照	24
3.2. System V IPC 参数	25
5.1. 编码	39
5.2. 通信编码	40

范例清单

4.1. 一个 <code>pg_hba.conf</code> 文件示例	33
4.2. 一个 <code>pg_ident.conf</code> 文件示例	36

第 1 章 安装说明

1.1. 简短版本

```
./configure
gmake
gmake install
adduser postgres
su - postgres
/usr/local/pgsql/bin/initdb -D /usr/local/pgsql/data
/usr/local/pgsql/bin/postmaster -D /usr/local/pgsql/data >logfile
2>&1 &
/usr/local/pgsql/bin/createdb test
/usr/local/pgsql/bin/psql test
```

长版本就是本章的其余部分。

1.2. 需求

一般来说，现代的 Unix 兼容平台应该能够运行 PostgreSQL。发布时经过明确测试的平台列于下方第 1.7 节。发行包的 doc 子目录中有若干平台特定的 FAQ 文档，遇到问题时可以查阅。

构建 PostgreSQL 需要满足以下先决条件：

- 必须使用 GNU make；其他 make 程序不能用。GNU make 常以 gmake 的名称安装；本文档将始终用该名称指代它。（在 GNU/Linux 系统上 GNU make 是名为 make 的默认工具。）要测试 GNU make，输入

```
gmake --version
```

只要可能就应使用 3.76.1 或更新版本。

- 需要一个 ISO/ANSI C 编译器。推荐使用较新版本的 GCC，但已知 PostgreSQL 可以用各厂商的多种编译器构建。
- gzip
- GNU Readline 库可提供舒适的行编辑和命令历史回溯功能，如果找到就会自动使用。你可能希望先安装它再继续，但它不是必需的。（在 NetBSD 上，libedit 库与 readline 兼容，找不到 libreadline 时会使用它。）
- 从正式发布的源码包构建时不需要 Flex 和 Bison，因为输出文件已预先生成。只有从 CVS 树构建、或者实际的扫描器和分析器定义文件被修改时才需要这些程序。如果需要，务必获取 Flex 2.5.4 或更新版本以及 Bison 1.28 或更新版本。其他 yacc 程序有时也能用，但这需要额外的功夫，不推荐。其他 lex 程序则肯定不能用。
- 要在 Windows NT 或 Windows 2000 上构建，需要 Cygwin 和 cygipc 软件包。详情见 doc/FAQ_MSWIN 文件。

如果需要获取 GNU 软件包，可以从本地的 GNU 镜像站点获取（站点列表见 <http://www.gnu.org/order/ftp.html>），或者从 <ftp://ftp.gnu.org/gnu/> 获取。

还要检查您是否有足够的磁盘空间。编译期间源码树大约需要 30 MB，安装目录大约需要 5 MB。空数据库约占 1 MB，之后它占用的空间约为容纳相同数据的纯文本文件的五倍。如果你打算运行回归测试，临时还需要额外的 20 MB。用 df 命令检查磁盘空间。

1.3. 获取源代码

PostgreSQL 7.1.3 的源码可以从 `ftp://ftp.postgresql.org/pub/postgresql-7.1.3.tar.gz` 获取。可能的话请使用镜像站点。然后解包：

```
gunzip postgresql-7.1.3.tar.gz tar xf postgresql-7.1.3.tar
```

这会在当前目录中创建一个含有 PostgreSQL 源码的目录 `postgresql-7.1.3`。在安装过程的其余步骤中请切换到该目录。

1.4. 如果你是在升级

PostgreSQL 的内部数据存储格式会随新版本而变化。因此，如果你要升级的现有安装版本号不是“7.1.x”，就必须按照这里的方法备份并恢复数据。这些说明假定你现有的安装在 `/usr/local/pgsql` 目录下，数据区域在 `/usr/local/pgsql/data` 中。请酌情替换为你实际的路径。

1. 确保在备份期间和备份之后数据库没有被更新。这不影响备份的完整性，但已更改的数据当然不会包含在内。必要时，可以修改文件 `/usr/local/pgsql/data/pg_hba.conf`（或等价文件）中的权限，禁止除你之外的所有人访问。
2. 要转储你的数据库安装，输入：

```
pg_dumpall > outputfile
```

如果你需要保留 OID（例如把它们用作外键），请在运行 `pg_dumpall` 时使用 `-o` 选项。`pg_dumpall` 不保存大对象。如果你需要保存大对象，请查阅第 8.1.4 节。

务必使用你当前运行版本中的 `pg_dumpall` 命令。7.1.3 的 `pg_dumpall` 不能用于较旧的数据库。

3. 如果你把新版本安装在与旧版本相同的位置，那么最迟在安装新文件之前关闭旧服务器：

```
kill -INT `cat /usr/local/pgsql/data/postmaster.pid`
```

7.0 之前的版本没有这个 `postmaster.pid` 文件。如果你使用的是这样的版本，就必须自己找出服务器的进程 ID（例如输入 `ps ax | grep postmaster`），并把它提供给 `kill` 命令。

在开机时自动启动 PostgreSQL 的系统上，多半有一个能完成同样事情的启动文件。例如在 Red Hat Linux 系统上，可以发现

```
/etc/rc.d/init.d/postgresql stop
```

有效。

4. 如果你把新版本安装在与旧版本相同的位置，那么把旧的安装移开也是个好主意，以防以后还会用到它。使用类似这样的命令：

```
mv /usr/local/pgsql /usr/local/pgsql.old
```

安装好 PostgreSQL 7.1.3 之后，创建新的数据库目录并启动新服务器。记住，这些命令必须以特殊的数据库用户账户登录执行（如果你是在升级，该账户已经存在）。

```
/usr/local/pgsql/bin/initdb -D /usr/local/pgsql/data/usr/local/pgsql/bin/postmaster -D /usr/local/pgsql/data
```

最后，用

```
/usr/local/pgsql/bin/psql -d template1 -f outputfile
```

恢复你的数据，这里使用新的psql。

你也可以把新版本与旧版本并行安装以减少停机时间。这些主题在第 8.3 节中有详细讨论，无论如何都建议你阅读。

1.5. 安装过程

1. 配置

安装流程的第一步是为你的系统配置源码树并选择所需选项。这通过运行configure脚本来完成。默认安装只需输入

```
./configure
```

此脚本会运行一系列测试来猜测各种系统相关变量的值，检测你的操作系统的一些特性，最后在构建树中创建若干文件记录其发现。

默认配置将构建服务器和实用程序，以及所有只需要 C 编译器的客户端应用程序和接口。默认情况下，所有文件都会安装到 /usr/local/pgsql 之下。

可以通过向configure提供下列一个或多个命令行选项来自定义构建和安装过程：

```
--prefix=PREFIX
```

把所有文件安装在目录PREFIX而不是/usr/local/pgsql之下。
实际文件会安装到各个子目录中；任何文件都不会直接安装到PREFIX目录本身。

如果你有特殊需求，还可以用下面的选项自定义各个子目录。

```
--exec-prefix=EXEC-PREFIX
```

可以把体系结构相关的文件安装在不同于PREFIX所设置的另一个前缀EXEC-PREFIX之下。这在多台主机共享体系结构无关文件时很有用。如果省略此选项，EXEC-PREFIX将被设置为等于PREFIX，体系结构相关和无关文件将安装到同一个目录树下，这多半正是你想要的。

```
--bindir=DIRECTORY
```

指定可执行程序所在的目录。默认值为EXEC-PREFIX/bin，通常即/usr/local/pgsql/bin。

```
--datadir=DIRECTORY
```

已安装程序使用的只读数据文件所在的目录。默认值为PREFIX/share。
注意这与数据库文件放在哪里无关。

```
--sysconfdir=DIRECTORY
```

各种配置文件所在的目录，默认为PREFIX/etc。

```
--libdir=DIRECTORY
```

安装库和动态可装载模块的位置。默认值为EXEC-PREFIX/lib。

```
--includedir=DIRECTORY
```

安装 C 和 C++ 头文件的目录。默认值为PREFIX/include。

`--docdir=DIRECTORY`

文档文件（“man”页除外）将安装到此目录。默认为 `PREFIX/doc`。

`--mandir=DIRECTORY`

PostgreSQL附带的手册页将安装在该目录下各自的`manx`子目录中。

默认值为 `PREFIX/man`。

注意

为减少对共享安装位置（例如 `/usr/local/include`）的污染，除非完全展开的目录名已经包含字符串“postgres”或“pgsql”，否则字符串“/postgresql”会自动追加到 `datadir`、`sysconfdir`、`includedir` 和 `docdir`。例如，如果你选择 `/usr/local` 作为前缀，C 头文件将安装在 `/usr/local/include/postgresql`；但如果前缀是 `/opt/postgres`，则会安装在 `/opt/postgres/include`。

`--with-includes=DIRECTORIES`

`DIRECTORIES`是一个冒号分隔的目录列表，这些目录将被加入编译器搜索头文件的路径列表。如果把可选软件包（如 GNU Readline）安装在非标准位置，就必须使用此选项，并且很可能还要使用相应的 `--with-libraries`选项。

例如：`--with-includes=/opt/gnu/include:/usr/sup/include`。

`--with-libraries=DIRECTORIES`

`DIRECTORIES`是一个冒号分隔的搜索库的目录列表。如果软件包安装在非标准位置，你很可能需要使用此选项（以及相应的 `--with-includes`选项）。

例如：`--with-libraries=/opt/gnu/lib:/usr/sup/lib`。

`--enable-locale`

启用区域设置支持。区域设置支持会带来性能损失，但如果你不在英语环境中，你很可能需要它。

`--enable-recode`

启用单字节字符集 recode 支持。关于此特性，参见第 5.3 节。

`--enable-multibyte`

允许使用多字节字符编码。这主要是为日语、韩语和中文之类的语言准备的。详情请阅读第 5.2 节。

`--with-pgport=NUMBER`

把 `NUMBER` 设为服务器和客户端的默认端口号。默认值为 5432。端口以后总是可以更改的，但如果你在此处指定，服务器和客户端就会内置相同的默认值，这会非常方便。

`--with-CXX`

构建 C++ 接口库。

`--with-perl`

构建 Perl 接口模块。Perl 接口将安装在 Perl 模块的惯常位置（通常在 `/usr/lib/perl` 之下），因此你必须有 root 权限才能执行安装步骤（见步骤 4）。使用此选项需要已安装 Perl 5。

`--with-python`

构建 Python 接口模块。你需要 root 权限才能把 Python 模块安装到其默认位置（`/usr/lib/pythonx.y`）。要使用此选项，你必须已安装 Python，而且你的系统需要支持共享库。如果你想构建一个新的完整解释器二进制，就得手动做了。

`--with-tcl`

构建需要 Tcl/Tk 的组件，即 `libpgtcl`、`pgtclsh`、`pgtksh`、`pgaccess` 和 `PL/Tcl`。但关于 `--without-tk` 请见下文。

`--without-tk`

如果你同时指定 `--with-tcl` 和此选项，需要 Tk 的程序（即 `pgtksh` 和 `pgaccess`）将被排除。

`--with-tclconfig=DIRECTORY`

`--with-tkconfig=DIRECTORY`

Tcl/Tk 会安装文件 `tclConfig.sh` 和 `tkConfig.sh`，其中包含构建与 Tcl 或 Tk 接口的模块所需的某些配置信息。这些文件通常会在其惯常位置被自动找到，但如果你想使用其他版本的 Tcl 或 Tk，可以指定到哪个目录寻找它们。

`--enable-odbc`

构建 ODBC 驱动程序包。

`--with-odbcinst=DIRECTORY`

指定 ODBC 驱动到哪里找它的 `odbcinst.ini` 配置文件。默认为 `/usr/local/pgsql/etc` 或你为 `--sysconfdir` 指定的任何值。一个默认文件会被安装到那里。如果你打算在多个 ODBC 驱动之间共享 `odbcinst.ini` 文件，就可能需要使用此选项。

`--with-krb4=DIRECTORY`

`--with-krb5=DIRECTORY`

构建时加入对 Kerberos 认证的支持。你可以使用 Kerberos 版本 4 或 5，但不能两者都用。`DIRECTORY` 参数指定 Kerberos 安装的根目录；默认假定为 `/usr/athena`。如果相关的头文件和库不在一个共同的父目录之下，就必须在此选项之外再使用 `--with-includes` 和 `--with-libraries` 选项。反之，如果所需文件位于默认会搜索的位置（例如 `/usr/lib`），则可以省略该参数。

`configure` 会检查所需的头文件和库，以确保你的 Kerberos 安装满足要求，然后才继续。

`--with-krb-srvnam=NAME`

Kerberos 服务主体的名称。默认为“postgres”。大概没有理由更改它。

`--with-openssl=`*DIRECTORY*

构建时加入对 SSL（加密）连接的支持。这要求已安装 OpenSSL 软件包。*DIRECTORY* 参数指定 OpenSSL 安装的根目录；默认为 `/usr/local/ssl`。

`configure` 会检查所需的头文件和库，以确保你的 OpenSSL 安装满足要求，然后才继续。

`--with-java`

构建 JDBC 驱动及相关的 Java 软件包。此选项要求已安装 Ant（当然还需要 JDK）。更多信息参见程序员指南中的 JDBC 驱动文档。

`--enable-syslog`

使 PostgreSQL 服务器可以使用 syslog 日志设施。（使用此选项并不意味着你必须用 syslog 记录日志，也不意味着默认就会这样做，它只是使得运行时可以打开这个选项。）

`--enable-debug`

编译所有程序和库时带上调试符号。
这意味着你可以让程序在调试器中运行来分析问题。
这会显著增大安装后的可执行文件的体积，而且在非 gcc 编译器上通常会同时关闭编译器优化，导致变慢。不过，带着这些符号对处理可能出现的任何问题都极有帮助。目前，此选项对生产安装来说价值有限，但如果你在做开发工作或运行 beta 版本，就应该打开它。

`--enable-cassert`

在服务器中启用断言检查，它们会测试许多“不可能发生”的情况。
这对代码开发非常有价值，但这些测试会略微拖慢速度。而且，
打开这些测试不一定能增强你服务器的稳定性！断言检查没有按严重程度分类，
因此一个相对无害的 bug 一旦触发断言失败，仍会导致 postmaster 重启。目前不推荐在生产环境中使用此选项，但做开发工作或运行 beta 版本时应该打开它。

如果你希望使用与 `configure` 所选不同的 C 或 C++ 编译器，可以分别将环境变量 `CC` 和 `CXX` 设置为你选择的程序。类似地，你可以用 `CFLAGS` 和 `CXXFLAGS` 变量覆盖默认的编译器标志。例如：

```
env CC=/opt/bin/gcc CFLAGS='-O2 -pipe' ./configure
```

2. 构建

要开始构建，输入

```
gmake
```

（记住要使用 GNU make。）构建过程可能需要 5 分钟到半小时不等。最后显示的一行应该是

```
All of PostgreSQL is successfully made. Ready to install.
```

3. 回归测试

如果你想在安装之前测试新构建的服务器，可以在此时运行回归测试。
回归测试是一套测试用例，用于验证 PostgreSQL 在你的机器上按开发者预期的方式运行。输入

```
gmake check
```

由于错误消息措辞或浮点结果方面的差异，可能有些测试会失败。第 12 章包含关于解释测试结果的详细信息。你可以在之后任何时候通过执行相同的命令重复此测试。

4. 安装文件

注意

如果你是在升级现有系统，并且要把新文件安装到旧文件之上，那么此时你应该已经按上文第 1.4 节的说明备份了数据并关闭了旧服务器。

要安装 PostgreSQL，输入

```
gmake install
```

这会把文件安装到步骤 1 中指定的目录中。请确保你有写入该区域的适当权限。通常你需要以 `root` 身份执行这一步。或者，你也可以提前创建目标目录，并安排授予适当的权限。

如果你构建了 Perl 或 Python 接口，而在执行上述命令时你不是 `root` 用户，那么安装的这一部分很可能失败了。这种情况下你应当成为 `root` 用户然后执行

```
gmake -C src/interfaces/perl5 installgmake -C src/interfaces/  
python install
```

由于 Perl 构建环境的一个怪癖，第一条命令实际上会重新构建整个接口然后再安装它。这没有危害，只是不常见。如果你没有超级用户权限，那就只能自己想办法了：你仍然可以拿走所需的文件并把它们放到 Perl 或 Python 能找到的其他目录中，但具体怎么做就留作练习了。

标准安装只会安装客户端应用开发所需的头文件。

如果你打算做任何服务器端程序开发（例如用 C 编写的自定义函数或数据类型），那么你可能想把整个 PostgreSQL include 树安装到你的目标 include 目录中。为此，输入

```
gmake install-all-headers
```

这会让安装占用增加一两 MB，而且只在你不打算保留整个源码树供参考时才有用。（如果保留了，构建服务器端软件时直接用源码的 include 目录即可。）

仅安装客户端。 如果你只想安装客户端应用和接口库，可以使用这些命令：

```
gmake -C src/bin installgmake -C src/interfaces installgmake -C  
doc install
```

要撤销安装，使用命令 `gmake uninstall`。但是，这不会删除 Perl 和 Python 接口，也不会删除任何目录。

安装之后，你可以用命令 `gmake clean` 从源码树中删除构建出来的文件以腾出空间。这会保留 `configure` 程序所做的选择，这样你以后还能用 `gmake` 重新构建一切。要把源码树重置为分发时的状态，使用 `gmake distclean`。如果你打算从同一个源码树为多个平台构建，就必须为每次构建执行此操作并重新配置。

1.6. 安装后设置

1.6.1. 共享库

在一些使用共享库的系统（大多数系统都是）上，你需要告诉系统如何找到新安装的共享库。不需要这样做的系统包括 FreeBSD、HP/UX、Irix、Linux、NetBSD、OpenBSD、OSF/1 (Digital Unix、Tru64 UNIX) 和 Solaris。

设置共享库搜索路径的方法因平台而异，但最通用的方法是像下面这样设置环境变量 `LD_LIBRARY_PATH`。在 Bourne shell (sh、ksh、bash、zsh) 中

```
LD_LIBRARY_PATH=/usr/local/pgsql/lib
export LD_LIBRARY_PATH
```

或者在 csh 或 tcsh 中：

```
setenv LD_LIBRARY_PATH /usr/local/pgsql/lib
```

请将 `/usr/local/pgsql/lib` 替换为你为 `--libdir` 指定的值，设置过程见步骤 1。应将这些命令放入 shell 启动文件，例如 `/etc/profile` 或 `~/.bash_profile`。关于此方法相关注意事项的一些有用信息，参见 <http://www.visi.com/~barr/ldpath.html>。

在某些系统上，更好的做法可能是在构建之前就设置好环境变量 `LD_RUN_PATH`。

如果不确定，请参考你系统的手册页（可能是 `ld.so` 或 `rld`）。如果你随后收到类似下面这样的消息

```
pgsql: error in loading shared libraries
libpq.so.2.1: cannot open shared object file: No such file or
directory
```

那就说明这一步确实是必需的。到那时再处理即可。

1.6.2. 环境变量

如果你安装到了 `/usr/local/pgsql` 或其他默认不会搜索程序的位置，就需要把 `/usr/local/pgsql/bin`（或你在步骤 1 中为 `--bindir` 设置的任何值）加入你的 `PATH`。为此，请把下面的内容加入你的 shell 启动文件，例如 `~/.bash_profile`（如果你想让每个用户都受影响，则用 `/etc/profile`）：

```
PATH=$PATH:/usr/local/pgsql/bin
```

如果你使用的是 csh 或 tcsh，则使用此命令：

```
set path = ( /usr/local/pgsql/bin $path )
```

要让你的系统能找到 man 文档，你需要在某个 shell 启动文件中加入类似下面的一行：

```
MANPATH=$MANPATH:/usr/local/pgsql/man
```

环境变量 `PGHOST` 和 `PGPORT` 向客户端应用指定数据库服务器的主机和端口，覆盖编译时的默认值。如果你要在远程运行客户端应用，那么每个打算使用数据库的用户都设置 `PGHOST` 会更方便，但这不是必需的，这些设置也可以通过命令行选项传递给大多数客户端程序。

1.7. 受支持的平台

开发者社区已验证 PostgreSQL 能在下面列出的平台上运行。受支持的平台通常意味着 PostgreSQL 能按这些说明构建和安装，并且回归测试通过。

注意

如果你在受支持的平台上安装时遇到问题，请写信给
<pgsql-bugs@postgresql.org> 或 <pgsql-ports@postgresql.org>，而
不是写给此处列出的人。

OS	处理器	版本	报告者	备注
AIX 4.3.3	RS6000	7.1	2001-03-21, Gilles Darold (<gilles@ darold.net>)	参见 doc/FAQ_ AIX
BeOS 5.0.4	x86	7.1	2001-02-26, Cyril Velter (<cyril. velter@libert ysurf.fr>)	需要新的 BONE 网 络栈
BSD/OS 4.01	x86	7.1	2001-03-20, Bruce Momjian (<pgman@candle. pha.pa.us>)	
Compaq Tru64 UNIX	Alpha	7.1	2001-03-26, Adriaan Joubert (<a.joubert@ albourne.com>)	4.0-5.0、cc 和 gcc
FreeBSD 4.3	x86	7.1	2001-03-19, Vince Vielhaber (<vev@hub.org>)	
HP/UX	PA-RISC	7.1	2001-03-19, 10. 20 Tom Lane (<tgl@sss.pgh. pa.us>), 2001 -03-22, 11.00, 11i Giles Lean (<giles@nemeto n.com.au>)	11.00 上的 32 位和 64 位; 另请参阅 doc/FAQ_HPUX
IRIX 6.5.11	MIPS	7.1	2001-03-22, Robert Brucce leri (<bruc@acm. org>)	32 位编译模型
Linux 2.2.x	Alpha	7.1	2001-01-23, Ryan Kirkpatrick (<pgsql@rkirkp at.net>)	
Linux 2.2.x	armv4l	7.1	2001-02-22, Mark Knox (<segfau lt@hardline. org>)	
Linux 2.0.x	MIPS	7.1	2001-03-30, Dominic Eidson (<sauron@the- infinite.org>)	Cobalt Qube
Linux 2.2.18	PPC74xx	7.1	2001-03-19, Tom Lane (<tgl@sss. pgh.pa.us>)	Apple G3
Linux	S/390	7.1	2000-11-17, Neale Ferguson (<Neale.Fergus	

OS	处理器	版本	报告者	备注
			on@softwareAG-usa.com>)	
Linux 2.2.15	Sparc	7.1	2001-01-30, Ryan Kirkpatrick (<pgsql@rkirkpat.net>)	
Linux	x86	7.1	2001-03-19, Thomas Lockhart (<thomas@fourpalms.org>)	2.0.x, 2.2.x, 2.4.2
MacOS X	PPC	7.1	2000-12-11, Peter Bierman (<bierman@apple.com>), 2000-12-11, Daniel Luke (<dluke@geeklair.net>)	仅 Darwin, Beta-2 或更高
NetBSD 1.5	Alpha	7.1	2001-03-22, Giles Lean (<giles@nemeton.com.au>)	
NetBSD 1.5E	arm32	7.1	2001-03-21, Patrick Welche (<prlw1@cam.ac.uk>)	
NetBSD	m68k	7.0	2000-04-10, Henry B. Hotz (<hotz@jpl.nasa.gov>)	Mac 8xx
NetBSD	PPC	7.1	2001-04-05, Henry B. Hotz (<hotz@jpl.nasa.gov>)	Mac G4
NetBSD	Sparc	7.1	2000-04-05, Matthew Green (<mrg@eterna.com.au>)	32 位和 64 位构建
NetBSD 1.5	VAX	7.1	2001-03-30, Tom I. Helbekkmo (<tih@kpnQwest.no>)	
NetBSD 1.5	x86	7.1	2001-03-23, Giles Lean (<giles@nemeton.com.au>)	
OpenBSD 2.8	Sparc	7.1	2001-03-23, Brandon Palmer (<bpalmer@crimelabs.net>)	
OpenBSD 2.8	x86	7.1	2001-03-21, Brandon Palmer (<bpalmer@	

OS	处理器	版本	报告者	备注
			crimelabs.net>)	
SCO UnixWare 7.1.1	x86	7.1	2001-03-19, Larry Rosenman (<ler@lerctr.org>)	UDK FS 编译器; 另请参阅 doc/FAQ_SCO
Solaris 2.7-8	Sparc	7.1	2001-03-22, Marc Fournier (<scrappy@hub.org>), 2001-03-25, Justin Clift (<justin@postgresql.org>)	另请参阅 doc/FAQ_Solaris
Solaris 2.8	x86	7.1	2001-03-27, Mathijs Brands (<mathijs@ilse.nl>)	另请参阅 doc/FAQ_Solaris
SunOS 4.1.4	Sparc	7.1	2001-03-23, Tatsuo Ishii (<tishii@sra.co.jp>)	
Windows NT/2000 with Cygwin	x86	7.1	2001-03-16, Jason Tishler (<Jason.Tishler@dothill.com>)	使用 Cygwin 工具集, 参见 doc/FAQ_MSWIN

不支持的平台。 下列平台尚未经证实可用。为 6.3.x 及之后版本列出的平台应该也能用于 7.1.3, 但在编制此列表时我们没有收到明确的确认。我们在此列出它们, 是想让你知道只要稍加关注, 这些平台有可能得到支持。

OS	处理器	版本	报告者	备注
DGUX 5.4R4.11	m88k	6.3	1998-03-01, Brian E Gallew (<geek+@cmu.edu>)	6.4 大概没问题
MkLinux DR1	PPC750	7.0	2001-04-03, Tatsuo Ishii (<tishii@sra.co.jp>)	7.1 需要操作系统更新?
NextStep	x86	6.x	1998-03-01, David Wetzel (<dave@turbocat.de>)	疑似代码老化
QNX 4.25	x86	7.0	2000-04-01, Dr. Andreas Kardos (<kardos@repas-aeg.de>)	自旋锁代码需要改进。另请参阅 doc/FAQ_QNX4。
SCO OpenServer 5	x86	6.5	1999-05-25, Andrew Merrill (<andrew@compclass.com>)	7.1 应该可以工作, 但没有相关报告; 另请参阅 doc/FAQ_SCO
System V R4	m88k	6.2.1	1998-03-01, Doug Winterburn (<dlw@seavme.xroads.com>)	需要新的 TAS 自旋锁代码

OS	处理器	版本	报告者	备注
System V R4	MIPS	6.4	1998-10-28, Frank Ridder busch (<ridder busch.pad@sni. de>)	无 64 位整数
Ultrix	MIPS	7.1	2001-03-26	未检测到 TAS 自旋 锁代码
Ultrix	VAX	6.x	1998-03-01	最近没有报告。可 能已过时?
Windows 9x, ME, NT, 2000 (native)	x86	7.1	2001-03-26, Magnus Hagand er (<mha@sollen tuna.net>)	只有客户端库 (libpq 和 psq1) 或 ODBC/JDBC, 没有服务器端; 见 第 2 章了解说明

第 2 章 在 Windows 上安装

在 Windows 上构建、安装和使用 PostgreSQL 客户端库的说明

虽然 PostgreSQL 是为类 Unix 操作系统编写的，但 C 客户端库 (libpq) 和交互式终端 (psql) 可以在 Windows 下原生编译。源码发行版中包含的 makefile 是为 Microsoft Visual C++ 编写的，可能在其他系统上不能用。在其他情况下应当可以手动编译这些库。

提示

如果你使用 Windows NT/2000，可以先安装 Cygwin 工具包，然后“以 Unix 的方式”构建并使用完整的 PostgreSQL。这种情况下请参阅第 1 章。

要构建在 Windows 上能构建的一切，进入 src 目录并输入命令

```
nmake /f win32.mak
```

这假设你的路径中有 Visual C++。

将构建出下列文件：

```
interfaces\libpq\Release\libpq.dll
```

可动态链接的前端库

```
interfaces\libpq\Release\libpqdll.lib
```

把你的程序链接到 libpq.dll 的导入库

```
interfaces\libpq\Release\libpq.lib
```

前端库的静态库版本

```
bin\psql\Release\psql.exe
```

PostgreSQL 交互式终端

真正需要安装的只有 libpq.dll 库。在大多数情况下，这个文件应当放在 WINNT\SYSTEM32 目录中（在 Windows 95/98/ME 系统上则放在 WINDOWS\SYSTEM 中）。如果这个文件是用安装程序安装的，应当使用文件中包含的 VERSIONINFO 资源带版本检查地安装，以确保不会覆盖较新版本的库。

如果你计划在这台机器上使用 libpq 进行开发，你必须把源码树的 src\include 和 src\interfaces\libpq 子目录加到你的编译器设置的 include 路径中。

要使用这些库，你必须把 libpqdll.lib 文件加到你的项目中。（在 Visual C++ 中，只需右键点击项目并选择添加它。）

第 3 章 服务器运行时环境

本章讨论如何设置和运行数据库服务器，以及它与操作系统的交互。

3.1. Postgres 用户账户

与任何连接到外部世界的服务器守护进程一样，建议在单独的用户账户下运行 Postgres。该用户账户应只拥有服务器所管理的数据本身，不应与其他守护进程共用。（因此，使用“nobody”用户是个坏主意。）不建议把可执行文件安装为由该用户账户所有，因为那样会有用户自定义函数行为失常或任何其他利用手段破坏可执行程序的风险。

要向系统添加用户账户，请查找 `useradd` 或 `adduser` 命令。用户名“postgres”很常用，但并非必须。

3.2. 创建数据库集簇

在做任何事情之前，必须先在磁盘上初始化一个数据库存储区域。我们把它称为数据库集簇。（SQL 标准则说目录集簇。）数据库集簇是一组可通过单个运行中的数据库服务器实例访问的数据库。初始化之后，数据库集簇会包含一个名为 `template1` 的数据库。顾名思义，它会作为后续新建数据库的模板；不应将它用于实际工作。

从文件系统角度看，数据库集簇就是一个目录，所有数据都存储在其下。我们将它称为数据目录或数据区域。数据存放位置完全由你决定，没有默认值，不过诸如 `/usr/local/pgsql/data` 或 `/var/lib/pgsql/data` 这样的位置比较常用。要初始化数据库集簇，请使用随 PostgreSQL 一起安装的命令 `initdb`。数据库系统在文件系统中的目标位置通过 `-D` 选项指定，例如

```
> initdb -D /usr/local/pgsql/data
```

注意，必须以 Postgres 用户账户登录后再执行此命令，该账户已在上一节介绍。

提示

除了使用 `-D` 选项，也可以设置环境变量 `PGDATA`。

如果指定的目录尚不存在，`initdb` 会尝试创建它。它很可能没有这样做的权限（如果你听从了我们的建议，创建的是非特权账户）。这种情况下，你应该（以 `root` 身份）自行创建该目录，并将其所有权转移给 Postgres 用户账户。过程可能如下：

```
root# mkdir /usr/local/pgsql/data
root# chown postgres /usr/local/pgsql/data
root# su postgres
postgres> initdb -D /usr/local/pgsql/data
```

如果数据目录看起来属于一个已经初始化过的安装，`initdb` 将拒绝运行。

由于数据目录包含存储在数据库中的全部数据，必须妥善保护它免遭未经授权的访问。因此，`initdb` 会撤销除 Postgres 用户账户以外所有人的访问权限。

运行 `initdb` 时你可能遇到的一个意外是类似这样的通知：

```
NOTICE:  Initializing database with en_US collation order.
        This locale setting will prevent use of index optimization
for
```

LIKE and regexp searches. If you are concerned about speed of such queries, you may wish to set LC_COLLATE to "C" and re-initdb. For more information see the Administrator's Guide.

此通知是为了警告你，当前选择的区域设置会导致索引按某种顺序排序，使它们无法用于 LIKE 和正则表达式搜索。如果你需要这类搜索的良好性能，应当把当前区域设置改为 "C" 并重新运行 initdb。在大多数系统上，设置当前区域设置的方法是更改环境变量 LC_ALL 或 LANG 的值。特定数据库集簇中使用的排序顺序由 initdb 设置，事后无法更改，除非转储全部数据、重新 initdb、重新装载数据。因此，现在就作出正确选择很重要。

3.3. 启动数据库服务器

在任何人访问数据库之前，必须先启动数据库服务器。数据库服务器称为 `postmaster`。`postmaster` 必须知道应到哪里查找它要处理的数据。这通过 `-D` 选项指定。因此，启动服务器最简单的方法例如：

```
> postmaster -D /usr/local/pgsql/data
```

这会让服务器在前台运行。同样，必须以 Postgres 用户账户登录后再执行此操作。如果不使用 `-D`，服务器会尝试使用环境变量 `PGDATA` 所指定的数据目录；如果两者都不可用，则会失败。

要在后台启动 `postmaster`，可使用常见的 shell 语法：

```
> postmaster -D /usr/local/pgsql/data > logfile 2>&1 &
```

按这里所示的方式把服务器输出保存在某个地方，是极好的做法。这对审计和诊断问题都有帮助。

`postmaster` 还接受许多其他命令行选项。更多信息请见参考页以及下面运行时配置一节。特别是，要让 `postmaster` 接受 TCP/IP 连接（而不只是 Unix 域套接字连接），还必须指定 `-i` 选项。

这些 shell 语法很快就会让人觉得繁琐。因此提供了封装部分任务的 shell 脚本包装器 `pg_ctl`。例如：

```
pg_ctl start -l logfile
```

会在后台启动服务器，并把输出写入指定的日志文件。这里的 `-D` 选项含义与直接调用 `postmaster` 时相同。`pg_ctl` 还实现了一个对称的“stop”操作。

通常，你会希望在计算机启动时就启动数据库服务器。这不是必需的；PostgreSQL 服务器可以在非特权账户下无需 `root` 干预地成功运行。

不同系统在引导时启动守护进程的惯例各不相同，因此建议你熟悉它们。许多系统有 `/etc/rc.local` 或 `/etc/rc.d/rc.local` 文件，把这样的命令放在那里几乎肯定没有坏处。无论采用哪种方式，服务器都必须由 Postgres 用户账户而不是 `root` 或其他用户来启动。因此，你大概总是想把命令写成 `su -c '...' postgres` 这样的形式，例如：

```
su -c 'pg_ctl -D /usr/local/pgsql/data -l serverlog' postgres
```

下面是一些与操作系统相关的补充建议。（务必替换为你所选的正确安装目录和用户名。）

- 在 FreeBSD 上，请查看 PostgreSQL 源码发布包中的 `contrib/start-scripts/freebsd` 文件。
- 在 OpenBSD 上，把以下内容加入 `/etc/rc.local` 文件：

```
if [ -x /usr/local/pgsql/bin/pg_ctl -a -x /usr/local/pgsql/bin/
postmaster ]; then
    su - -c '/usr/local/pgsql/bin/pg_ctl start -l /var/
postgresql/log -s' postgres
    echo -n ' postgresql'
fi
```

- 在Linux系统上，可以把

```
/usr/local/pgsql/bin/pg_ctl start -l logfile -D /usr/local/pgsql/
data
```

加入/etc/rc.d/rc.local，或者查看 PostgreSQL源码发布包中的 contrib/start-scripts/linux文件，把启动和关闭集成进运行级别系统。

- 在NetBSD上，可以根据喜好以 FreeBSD或Linux 的启动脚本为示例，并把文件放在 /usr/local/etc/rc.d/postgresql。

- 在Solaris上，编辑 rc2.d文件，使其包含以下单行内容：

```
su - postgres -c "/usr/local/pgsql/bin/pg_ctl start -l logfile -
D /usr/local/pgsql/data"
```

当 postmaster 运行时，其 PID 保存在数据目录中的 postmaster.pid文件里。这用作防止多个 postmaster 在同一个数据目录上运行的互锁，也可以用来关闭 postmaster。

3.3.1. 服务器启动失败

postmaster 启动失败有几种常见原因。请检查 postmaster 的日志文件，或者手工启动它（不要重定向标准输出和标准错误），看看出现了什么错误消息。有些可能的错误消息是相当不言自明的，下面列出一些不是的。

```
FATAL: StreamServerPort: bind() failed: Address already in use
Is another postmaster already running on that port?
```

这通常就是字面上的意思：你不小心在一个已有 postmaster 运行的端口上启动了第二个 postmaster。不过，如果内核错误消息不是 Address already in use或该措辞的某种变体，也可能是别的问题。例如，试图在一个保留端口号上启动 postmaster，可能会得到类似下面的消息：

```
> postmaster -i -p 666
FATAL: StreamServerPort: bind() failed: Permission denied
Is another postmaster already running on that port?
```

像：

```
IpcMemoryCreate: shmget(key=5440001, size=83918612, 01600) failed:
Invalid argument
FATAL 1: ShmemCreate: cannot create region
```

这样的消息可能表示你的内核对共享内存区域大小的限制小于 Postgres 尝试创建的缓冲区区域（本例中为 83918612 字节）。也可能表示你的内核中根本没有配置 System V 风格的共享内存支持。作为临时解决办法，可以尝试以少于通常数量的缓冲区启动 postmaster（-B 开关）。不过最终还是需要重新配置内核，增大允许的共享内存大小。如果尝试在同一台机器上启动多个 postmaster，而它们请求的总空间超出内核限制，也可能看到这条消息。

像：

```
IpcSemaphoreCreate: semget(key=5440026, num=16, 01600) failed: No
space left on device
```


这样的错误并不意味着你已经用光了磁盘空间；它表示你的内核对 System V 信号量数量的限制，小于 Postgres 想要创建的数量。和上面一样，你也许可以通过以减少的后端进程数（-N 开关）启动 postmaster 来暂时绕过这个问题，但最终还是应该提高内核限制。

如果收到 “illegal system call” 错误，很可能是内核中根本不支持共享内存或信号量。在这种情况下，唯一的办法就是重新配置内核以启用这些功能。

关于配置 System V IPC 功能的细节请见第 3.5.1 节。

3.3.2. 客户端连接问题

客户端一侧可能出现的错误条件几乎无穷无尽且依赖于具体应用，但其中有一些可能直接与服务器的启动方式有关。除下面列出的几种情况外，其他问题应查阅相应客户端应用的文档。

```
PQconnectPoll() -- connect() failed: Connection refused
Is the postmaster running (with -i) at 'server.joe.com'
and accepting connections on TCP/IP port 5432?
```

这是常见的“我找不到可通信的服务器”失败。尝试 TCP/IP 通信时，它就会显示为上述形式。一个常见错误是忘记给 postmaster 指定 -i，使其能接受 TCP/IP 连接。

另一种情况是，尝试通过 Unix 套接字与本地 postmaster 通信时，会得到以下消息：

```
connectDBstart() -- connect() failed: No such file or directory
Is the postmaster running locally
and accepting connections on Unix socket '/tmp/.s.PGSQL.5432'?
```

最后一行有助于确认客户端是否正尝试连接到正确的位置。如果那里实际上没有运行 postmaster，内核错误消息通常会像示例那样是 Connection refused 或 No such file or directory。（尤其要注意，在这里 Connection refused 并不表示 postmaster 收到了你的连接请求并拒绝了它——那种情况会产生另一条消息，如第 4.3 节所示。）其他错误消息，例如 Connection timed out，可能表示更底层的问题，例如网络不通。

3.4. 运行时配置

有大量配置参数以各种方式影响数据库系统的行为。这里我们描述如何设置它们，随后的小节将逐一详细讨论。

所有参数名都不区分大小写。每个参数取以下四种类型之一的值：布尔、整数、浮点、字符串，如下所述。布尔值可以是 ON、OFF、TRUE、FALSE、YES、NO、1、0（不区分大小写）或其中任何一个无歧义的前缀。

设置这些选项的一种方法是在数据目录（例如 /usr/local/pgsql/data）中创建 postgresql.conf 文件。该文件的内容可能类似于：

```
# This is a comment
log_connections = yes
syslog = 2
```

如你所见，选项每行一个。名称和值之间的等号是可选的。空白无关紧要，空行会被忽略。井号（“#”）可在任何位置引入注释。

每当 postmaster 收到 SIGHUP 信号时，配置文件就会被重新读取。该信号也会被传播给所有正在运行的后端进程，使运行中的会话获得新的默认值。另外，你也可以只把信号直接发送给单个后端进程。

设置这些配置参数的第二种方法是把它们作为命令行选项传给 postmaster，例如：

```
postmaster -c log_connections=yes -c syslog=2
```

其效果与前面的例子相同。命令行选项覆盖 `postgresql.conf` 中任何与之冲突的设置。

有时，只给某个特定的后端会话指定命令行选项也很有用。
为此可以在客户端一侧使用环境变量 `PGOPTIONS`：

```
env PGOPTIONS='-c geqo=off' psql
```

（这适用于任何客户端应用程序，不只是 `psql`。）注意，对那些在服务器启动后必然固定的选项（例如端口号），这种方式不起作用。

最后，有些选项可以在单个 SQL 会话中用 `SET` 命令更改，例如：

```
=> SET ENABLE_SEQSCAN TO OFF;
```

语法的细节参见 SQL 命令语言参考。

3.4.1. 规划器和优化器调整

`CPU_INDEX_TUPLE_COST` (floating point)

设置查询优化器对索引扫描期间处理每个索引元组的代价的估计。
它以顺序获取一个页面的代价的一个比例来计量。

`CPU_OPERATOR_COST` (floating point)

设置优化器对处理 `WHERE` 子句中每个操作符的代价的估计。它以顺序获取一个页面的代价的一个比例来计量。

`CPU_TUPLE_COST` (floating point)

设置查询优化器对查询期间处理每个元组的代价的估计。
它以顺序获取一个页面的代价的一个比例来计量。

`EFFECTIVE_CACHE_SIZE` (floating point)

设置优化器关于磁盘缓存有效大小的假设（即内核磁盘缓存中将被用于 Postgres 数据文件的部分）。它以磁盘页为单位计量，每页通常为 8kB。

`ENABLE_HASHJOIN` (boolean)

启用或禁用查询规划器对哈希连接计划类型的使用。默认是打开的。
这主要用于调试查询规划器。

`ENABLE_INDEXSCAN` (boolean)

启用或禁用查询规划器对索引扫描计划类型的使用。默认是打开的。
这主要用于调试查询规划器。

`ENABLE_MERGEJOIN` (boolean)

启用或禁用查询规划器对归并连接计划类型的使用。默认是打开的。
这主要用于调试查询规划器。

`ENABLE_NESTLOOP` (boolean)

启用或禁用查询规划器对嵌套循环连接计划的使用。不可能完全压制嵌套循环连接，但关闭此变量会使规划器在有其他方法可用时不去使用它。默认是打开的。
这主要用于调试查询规划器。

ENABLE_SEQSCAN (boolean)

启用或禁用查询规划器对顺序扫描计划类型的使用。不可能完全压制顺序扫描，但关闭此变量会使规划器在有其他方法可用时不去使用它。默认是打开的。这主要用于调试查询规划器。

ENABLE_SORT (boolean)

启用或禁用查询规划器对显式排序步骤的使用。不可能完全压制显式排序，但关闭此变量会使规划器在有其他方法可用时不去使用它。默认是打开的。这主要用于调试查询规划器。

ENABLE_TIDSCAN (boolean)

启用或禁用查询规划器对 TID 扫描计划类型的使用。默认是打开的。这主要用于调试查询规划器。

GEQO (boolean)

启用或禁用遗传查询优化，它是一种试图不做穷举搜索就完成查询规划的算法。默认是打开的。另见其他各种 GEQO_ 设置。

GEQO_EFFORT (integer)**GEQO_GENERATIONS (integer)****GEQO_POOL_SIZE (integer)****GEQO_RANDOM_SEED (integer)****GEQO_SELECTION_BIAS (floating point)**

遗传查询优化算法的各种调整参数：池大小 (pool size) 是一个种群中个体的数量。有效值在 128 到 1024 之间。如果设置为 0 (默认值)，则取池大小为 $2^{(QS+1)}$ ，其中 QS 是查询中 FROM 项的数量。effort 用于计算 generations 的默认值。有效值在 1 到 80 之间，默认为 40。generations 指定算法中迭代的次数。该数必须是正整数。如果指定为 0，则使用 $\text{Effort} * \log_2(\text{PoolSize})$ 。算法的运行时间大致与池大小和 generations 之和成正比。选择偏差 (selection bias) 是种群内的选择压力。取值可以从 1.50 到 2.00；后者是默认值。随机种子 (random seed) 可以设置，以从算法获得可复现的结果。如果设置为 -1，则算法的行为是非确定性的。

GEQO_THRESHOLD (integer)

当查询涉及的 FROM 项至少达到此数量时，使用遗传查询优化进行规划。（注意，一个 JOIN 结构只算一个 FROM 项。）默认值是 11。对较简单的查询，通常最好使用确定性的穷举规划器。

KSQO (boolean)

键集查询优化器 (KSQO) 使查询规划器把 WHERE 子句包含许多 OR 连接的 AND 子句的查询（例如 WHERE (a=1 AND b=2) OR (a=2 AND b=3) ...）转换为 UNION 查询。这种方法可以比默认实现更快，但它不一定会给出完全相同的结果，因为 UNION 隐式添加了一个 SELECT DISTINCT 子句来消除相同的输出行。使用 Microsoft Access 之类的产品时通常会用到 KSQO，它们倾向于生成这种形式的查询。

KSQO 算法过去对包含许多 OR 连接的 AND 子句的查询绝对不可或缺，但在 Postgres 7.0 及更高版本中，标准规划器已经能相当好地处理这些查询。因此默认是 OFF。

RANDOM_PAGE_COST (floating point)

设置查询优化器对非顺序获取一个磁盘页的代价的估计。它以顺序获取一个页面的代价的倍数来计量。

注意

遗憾的是，没有定义良好的方法来确定刚才描述的这组“COST”变量的理想值。鼓励你进行实验并分享你的发现。

3.4.2. 日志和调试

`DEBUG_ASSERTIONS` (boolean)

打开各种断言检查。这是一种调试辅助。如果你遇到奇怪的问题或崩溃，可能需要打开它，因为它可能暴露编程错误。要使用此选项，构建 Postgres 时必须定义宏 `USE_ASSERT_CHECKING`（见 `configure` 选项 `--enable-cassert`）。注意，如果 Postgres 是以这种方式构建的，`DEBUG_ASSERTIONS` 默认是 ON。

`DEBUG_LEVEL` (integer)

此值设置得越高，服务器运行期间在服务器日志中生成的各种“调试”输出就越多。此选项默认为 0，表示没有调试输出。目前大约最高到 4 的值是有意义的。

`DEBUG_PRINT_QUERY` (boolean)

`DEBUG_PRINT_PARSE` (boolean)

`DEBUG_PRINT_REWRITTEN` (boolean)

`DEBUG_PRINT_PLAN` (boolean)

`DEBUG_PRETTY_PRINT` (boolean)

这些标志启用向服务器日志发送各种调试输出。对每个执行的查询，打印查询文本、所得的语法解析树、查询重写器输出或执行计划之一。`DEBUG_PRETTY_PRINT` 会对这些显示进行缩进，产生更可读但也长得多的输出格式。把 `DEBUG_LEVEL` 设置为大于零会隐式打开其中一些标志。

`HOSTNAME_LOOKUP` (boolean)

默认情况下，连接日志只显示连接主机 IP 地址。如果想让它显示主机名，可以打开此选项，但取决于你的主机名解析配置，这可能带来不可忽视的性能损失。此选项只能在服务器启动时设置。

`LOG_CONNECTIONS` (boolean)

在服务器日志中打印一行，告知每个成功的连接。默认是关闭的，尽管它可能非常有用。此选项只能在服务器启动时设置。

`LOG_PID` (boolean)

在服务器日志的每条消息前加上后端进程的进程 id。这有助于分清哪些消息属于哪个连接。默认是关闭的。

`LOG_TIMESTAMP` (boolean)

在服务器日志的每条消息前加上时间戳。默认是关闭的。

`SHOW_QUERY_STATS` (boolean)

`SHOW_PARSER_STATS` (boolean)

`SHOW_PLANNER_STATS` (boolean)

`SHOW_EXECUTOR_STATS` (boolean)

对每个查询，把相应模块的性能统计写入服务器日志。这是一种粗略的性能剖析工具。

SHOW_SOURCE_PORT (boolean)

在连接日志消息中显示连接主机的源端口号。你可以追溯端口号，找出是哪个用户发起的连接。除此之外它没什么用处，因此默认是关闭的。此选项只能在服务器启动时设置。

SYSLOG (integer)

Postgres 允许使用 syslog 记录日志。如果此选项设置为 1，消息会同时发送到 syslog 和标准输出。设置为 2 则只把输出发送到 syslog。（有些消息仍会发送到标准输出/错误。）默认值是 0，表示 syslog 关闭。此选项必须在服务器启动时设置。

要使用 syslog，Postgres 的构建必须用 `--enable-syslog` 选项配置。

SYSLOG_FACILITY (string)

此选项决定启用 syslog 时所使用的 syslog “设施”。可以从 LOCAL0、LOCAL1、LOCAL2、LOCAL3、LOCAL4、LOCAL5、LOCAL6、LOCAL7 中选择；默认值是 LOCAL0。另见你的系统的 syslog 文档。

SYSLOG_IDENT (string)

如果启用了记录到 syslog，此选项决定在 syslog 日志消息中用于标识 PostgreSQL 消息的程序名。默认是 “postgres”。

TRACE_NOTIFY (boolean)

为 LISTEN 和 NOTIFY 命令生成大量调试输出。

3.4.3. 常规操作

DEADLOCK_TIMEOUT (integer)

这是在等待锁多长时间（以毫秒计）之后才检查是否存在死锁条件。死锁检查相对较慢，所以我们不想在每次等待锁时都运行它。我们（乐观地？）假设生产应用中死锁并不常见，先在锁上等待一会儿，然后才开始追问它究竟还能否被解锁。增大此值可以减少无谓的死锁检查所浪费的时间，但会减慢真实死锁错误的报告。默认值是 1000（即一秒），这大概是你实践中想要的最小值。在负载很重的服务器上，你可能需要提高它。理想情况下，该设置应当超过你的典型事务时间，以便提高在等待者决定检查死锁之前锁就被释放的机会。此选项只能在服务器启动时设置。

FSYNC (boolean)

如果此选项打开，Postgres 后端会在多处使用 `fsync()` 系统调用，确保更新被物理写入磁盘，而不是滞留在内核缓冲区缓存中。这会大大增加数据库安装在操作系统或硬件崩溃之后仍然可用的机会。（数据库服务器自身的崩溃不影响此考虑。）

不过，此操作会减慢 Postgres，因为在所有那些位置它都必须阻塞并等待操作系统刷新缓冲区。不使用 `fsync` 时，操作系统被允许尽其所能地对写操作进行缓冲、排序和延迟，这可以带来可观的性能提升。但是，如果系统崩溃，最近若干已提交事务的结果可能部分或全部丢失；最坏情况下，可能发生不可恢复的数据损坏。

此选项是 Postgres 用户和开发者社区中一场永恒争论的主题。有些始终关闭它，有些只在批量装载时关闭它（批量装载出问题时有明确的重启点），还有些只是为保险起见而保持打开。因为它是安全的一侧，打开也是默认值。

如果你信任你的操作系统、硬件和电力公司（更好的是你有 UPS），可能需要禁用 fsync。

应当指出，做 fsync 的性能损失在 Postgres 7.1 版中已比以前的版本显著降低。如果你过去因性能问题禁用了 fsync，可以重新考虑你的选择。

此选项只能在服务器启动时或在 postgresql.conf 文件中设置。

KRB_SERVER_KEYFILE (string)

设置 Kerberos 服务器密钥文件的位置。详情见第 4.2.2 节。

MAX_CONNECTIONS (integer)

决定数据库服务器允许的并发连接数。默认值是 32。此值还有一个编译进服务器的硬上限，通常是 1024（这两个数字都可以在编译服务器时更改）。这个参数只能在服务器启动时设置。

MAX_EXPR_DEPTH (integer)

设置解析器可接受的最大表达式嵌套深度。默认值对任何正常查询都足够高，但如有需要可以提高它。（但如果提得太高，就有因栈溢出而导致后端崩溃的风险。）

PORT (integer)

服务器监听的 TCP 端口，默认是 5432。这个选项只能在服务器启动时设置。

SHARED_BUFFERS (integer)

设置数据库服务器将使用的共享内存缓冲区数量。默认值是 64。每个缓冲区通常为 8192 字节。这个选项只能在服务器启动时设置。

SILENT_MODE (bool)

让 postmaster 静默运行。如果设置了此选项，postmaster 将自动在后台运行，并脱离任何控制终端，这样，不会有任何消息写到 stdout 或 stderr（效果与 postmaster 的 -S 选项相同）。除非启用了 syslog 之类的日志系统，否则不建议使用此选项，因为它会使你无法看到错误消息。

SORT_MEM (integer)

指定内部排序和哈希在诉诸临时磁盘文件之前可使用的内存量。值以千字节为单位指定，默认为 512 千字节。注意，对于复杂查询，可能同时运行多个排序和/或哈希，每一个在被允许开始把数据放入临时文件之前，都可以使用多达该值所指定的内存。而且别忘了，每个运行中的后端可能正在做一个或多个排序。因此所需的总内存可能是 SORT_MEM 值的许多倍。

SQL_INHERITANCE (bool)

此参数控制继承语义，特别是各种命令在考虑范围中是否默认包含子表。7.1 之前的版本不是这样。如果你需要旧行为，可以把此变量设置为关闭，但长远来看，建议你修改应用程序，用 ONLY 关键字排除子表。关于继承的更多信息，参见 SQL 语言参考和用户指南。

SSL (boolean)

启用 SSL 连接。使用前请阅读第 3.7 节。默认是关闭的。

TCPIP_SOCKET (boolean)

如果为真，服务器将接受 TCP/IP 连接。否则只接受本地 Unix 域套接字连接。默认是关闭的。这个选项只能在服务器启动时设置。

UNIX_SOCKET_DIRECTORY (string)

指定 `postmaster` 用于监听来自客户端应用连接的 Unix 域套接字所在的目录。默认值通常是 `/tmp`，但可以在构建时更改。

UNIX_SOCKET_GROUP (string)

设置 Unix 域套接字的所属组。（套接字的所属用户总是启动 `postmaster` 的用户。）与选项 `UNIX_SOCKET_PERMISSIONS` 组合，可以作为这种套接字类型的一种附加访问控制机制。默认是一个空字符串，表示使用当前用户的默认组。
这个选项只能在服务器启动时设置。

UNIX_SOCKET_PERMISSIONS (integer)

设置 Unix 域套接字的访问权限。Unix 域套接字使用通常的 Unix 文件系统权限集。选项值应是以 `chmod` 和 `umask` 系统调用所接受格式指定的数字权限模式。（要使用惯用的八进制格式，数字必须以 0（零）开头。）

默认权限是 `0777`，表示任何人都可以连接。合理的其他取值可以是 `0770`（仅用户和组，另见 `UNIX_SOCKET_GROUP`）和 `0700`（仅用户）。（注意，对 Unix 套接字而言，实际上只有写权限起作用，设置或撤销读权限和执行权限没有意义。）

此访问控制机制独立于第 4 章中描述的机制。

这个选项只能在服务器启动时设置。

VIRTUAL_HOST (string)

指定 `postmaster` 用于监听来自客户端应用连接的 TCP/IP 主机名或地址。默认监听所有已配置的地址（包括 `localhost`）。

3.4.4. WAL

关于 WAL 调优的细节另见第 9.3 节。

CHECKPOINT_SEGMENTS (integer)

自动 WAL 检查点之间的最大距离，以日志文件段为单位（每段通常为 16 兆字节）。这个选项只能在服务器启动时或在 `postgresql.conf` 文件中设置。

CHECKPOINT_TIMEOUT (integer)

自动 WAL 检查点之间的最长时间，以秒为单位。这个选项只能在服务器启动时或在 `postgresql.conf` 文件中设置。

COMMIT_DELAY (integer)

向 WAL 缓冲区写入提交记录与把缓冲区刷到磁盘之间的时间延迟，以微秒为单位。非零的延迟允许多个事务只做一次 `fsync` 提交，前提是系统负载足够高，在给定的时间间隔内有额外的事务准备好提交。但如果没有其他事务准备好提交，该延迟就只是白白浪费时间。因此，只有当一个后端写入其提交记录的瞬间，至少有 `COMMIT_SIBLINGS` 个其他事务处于活跃状态时，才执行该延迟。

COMMIT_SIBLINGS (integer)

执行 `COMMIT_DELAY` 延迟之前所要求的最少并发打开事务数。更大的值使在延迟间隔内至少有另一个事务准备好提交更有可能。

WAL_BUFFERS (integer)

共享内存中用于 WAL 日志的磁盘页缓冲区数量。这个选项只能在服务器启动时设置。

WAL_DEBUG (integer)

如果非零，在标准错误上打开与 WAL 相关的调试输出。

WAL_FILES (integer)

检查点时预先创建的日志文件数量。这个选项只能在服务器启动时或在 `postgresql.conf` 文件中设置。

WAL_SYNC_METHOD (string)

用于强制把 WAL 更新刷到磁盘的方法。可能的取值有 `FSYNC`（每次提交时调用 `fsync()`）、`FDATASYNC`（每次提交时调用 `fdatasync()`）、`OPEN_SYNC`（以 `open()` 选项 `O_SYNC` 写 WAL 文件）或 `OPEN_DATASYNC`（以 `open()` 选项 `O_DSYNC` 写 WAL 文件）。并非所有平台上这些选择都可用。这个选项只能在服务器启动时或在 `postgresql.conf` 文件中设置。

3.4.5. 短选项

为方便起见，许多参数还有单字母的选项开关。它们在下表中描述。

表 3.1. 短选项对照

短选项	等价形式	备注
-B <i>x</i>	shared_buffers = <i>x</i>	
-d <i>x</i>	debug_level = <i>x</i>	
-F	fsync = off	
-h <i>x</i>	virtual_host = <i>x</i>	
-i	tcpip_socket = on	
-k <i>x</i>	unix_socket_directory = <i>x</i>	
-l	ssl = on	
-N <i>x</i>	max_connections = <i>x</i>	
-p <i>x</i>	port = <i>x</i>	
-fi, -fh, -fm, -fn, -fs, -ft	enable_indexscan=off, enable_hashjoin=off, enable_mergejoin=off, enable_nestloop=off, enable_seqscan=off, enable_tidscan=off	*
-S <i>x</i>	sort_mem = <i>x</i>	*
-s	show_query_stats = on	*
-tpa, -tpl, -te	show_parser_stats=on, show_planner_stats=on, show_executor_stats=on	*

由于历史原因，标有 “*” 的选项必须通过 `-o postmaster` 选项传给单个后端进程，例如：

```
> postmaster -o '-S 1024 -s'
```

或者从客户端一侧通过 `PGOPTIONS` 传递，如上文所述。

3.5. 管理内核资源

一个大型Postgres安装会很快耗尽各种操作系统资源限制。（在某些系统上，出厂默认值非常低，你甚至不需要真正“大型”的安装就会遇到问题。）如果你遇到过这类问题，请继续阅读。

3.5.1. 共享内存和信号量

共享内存和信号量统称为“System V IPC”（连同消息队列，但消息队列与 Postgres 无关）。几乎所有现代操作系统都提供这些特性，但并非所有系统都默认启用了它们或将其设置得足够大，尤其是有 BSD 血统的系统。（对于 QNX 和 BeOS 移植，Postgres 为这些设施提供了自己的替代实现。）

完全缺少这些功能时，通常会在服务器启动时出现 Illegal system call 错误。在这种情况下，除了重新配置内核别无选择。没有它们，Postgres 无法工作。

当 Postgres 超出各种硬性 IPC 限制之一时，postmaster 会拒绝启动，并应留下带有指导性的错误消息，说明所遇到的问题以及应如何处理（另见第 3.3.1 节）。相关内核参数在不同系统上的命名基本一致，表 3.2 给出了概览。不过，设置它们的方法却各不相同。下面给出一些平台上的建议。请注意，更改这些设置通常需要重启机器，甚至可能需要重新编译内核。

表 3.2. System V IPC 参数

名称	描述	合理的值
SHMMAX	共享内存段的最大尺寸（字节）	250 kB + 8192 * buffers，或无穷大
SHMMIN	共享内存段的最小尺寸（字节）	1
SHMALL	可用共享内存的总量（字节或页面）	如果是字节，同 SHMMAX；如果是页面，为 $\text{ceil}(\text{SHMMAX} / \text{PAGE_SIZE})$
SHMSEG	每个进程的最大共享内存段数目	只需要 1 段，但是默认值高很多
SHMMNI	系统范围内的最大共享内存段数目	像 SHMSEG 外加其他应用的空间
SEMMNI	信号量标识符（即，集合）的最大数目	$\geq \text{ceil}(\text{max_connections} / 16)$
SEMMNS	系统范围内的最大信号量数目	$\text{ceil}(\text{max_connections} / 16) * 17$ + 其他应用的空间
SEMMSL	每个集合中信号量的最大数目	≥ 17
SEMAP	信号量映射中的项数	见文本
SEMVMX	信号量的最大值	≥ 255 （默认值常常是 32767，如非必要不要更改）

最重要的共享内存参数是 SHMMAX，即一个共享内存段所能拥有的最大尺寸（以字节计）。如果 shmget 返回类似 Invalid argument 这样的错误消息，可能是超出了这个限制。所需共享内存段的尺寸随请求的共享缓冲区数量和允许的连接数量（-B/-N 选项）而变化，尽管前者的影响最大。（作为临时解决办法，你可以调低这些设置来消除失败。）粗略估计，你可以用缓冲区数量乘以块大小（默认 8192 kB）再加上充足的额外开销（至少半兆字节）来估算所需的段尺寸。你可能得到的任何错误消息都会包含失败分配请求的尺寸。

不太可能出问题的是共享内存段的最小尺寸（SHMMIN），对 Postgres 来说最多大约在 256 kB 上下（通常只是 1）。系统范围（SHMMNI）或每进程（SHMSEG）的最大共享内存段数目不会导致问题，除非你的系统把它们设成零。有些系统还对系统内共享内存的总量有限制；参见下面的平台特定说明。

Postgres 为每个允许的连接（-N 选项）使用一个信号量，每 16 个组成一组。每组还包含第 17 个信号量，其中存放一个“魔数”，用来避免与其他应用程序使用的信号量集的冲突。系统中的信号量最大数量由 SEMMNS 设置，因此它必须至少等于连接设置再加上每 16 个允许连接的一个额外信号量（见表 3.2 中的公式）。参数 SEMMNI 决定系统中同时可以存在的信号量集的数量上限，因此它必须至少为 $\text{ceil}(\text{max_connections} / 16)$ 。降低允许的连接数是失败时的一种临时变通办法，这种失败通常表现为 semget() 函数返回措辞令人困惑的 “No space left on device”。

在某些情况下，可能最终还需要增大 `SEMMAP`，使其至少与 `SEMMNS` 处于同一数量级。这个参数定义信号量资源映射的大小，其中每个连续的可用信号量块都需要占用一项。

每当一个信号量集合被释放时，它要么会并入与该释放块相邻的现有项，要么会登记为一个新的映射项。如果映射已满，被释放的信号量就会丢失（直到重启）。因此，信号量空间的碎片化随时间推移可能导致可用信号量少于应有数量。

`SEMMSL` 参数决定一个信号量集中可以包含多少个信号量，对于 Postgres，它必须至少为 17。

与“信号量撤销”有关的其他各种设置，如 `SEMMNU` 和 `SEMUME`，对 Postgres 无关紧要。

BSD/OS

共享内存。 默认只支持 4 MB 共享内存。请记住，共享内存是不可换页的，它被锁定在 RAM 中。要增加 postmaster 支持的共享缓冲区数量，可以在内核 `config` 文件中加入下面的内容。`SHMALL` 值 1024 表示 4 MB 共享内存。以下设置把最大共享内存区域增加到 32 MB：

```
options "SHMALL=8192"
options "SHMMAX=\(SHMALL*PAGE_SIZE\)"
```

对于运行 4.1 或更高版本的用户，只需做上述更改、重新编译内核并重启。对于运行更早版本的用户，可用 `bpatch` 在当前内核中找到 `sysptsize` 值。该值是在引导时动态计算的。

```
$ bpatch -r sysptsize
0x9 = 9
```

然后，在内核 `config` 文件中把 `SYSPTSIZE` 加为硬编码值。把你用 `bpatch` 找到的值增大。每想要 4 MB 额外共享内存就加 1。

```
options "SYSPTSIZE=16"
```

`sysptsize` 无法通过 `sysctl` 更改。

Semaphores. 你可能需要增加信号量的数量。默认情况下，Postgres 分配 34 个信号量，这超过了系统默认总数 60 的一半。

在内核 `config` 文件中设置你想要的值，例如：

```
options "SEMMNI=40"
options "SEMMNS=240"
options "SEMUME=40"
options "SEMMNU=120"
```

FreeBSD

OpenBSD

编译内核时需要启用选项 `SYSVSHM` 和 `SYSVSEM`（默认已启用）。

共享内存的最大尺寸由选项 `SHMMAXPGS`（以页计）决定。下面展示了一个如何设置各参数的例子：

```
options SYSVSHM
options SHMMAXPGS=4096
options SHMSEG=256

options SYSVSEM
options SEMMNI=256
options SEMMNS=512
options SEMMNU=256
```

```
options          SEMMAP=256
```

HP-UX

默认设置通常足以满足普通安装的需求。在 HP-UX 10 上, SEMMNS 的出厂默认值为 128, 对较大的数据库站点来说可能过低。

可以在 System Administration Manager (SAM) 的 Kernel Configuration → Configurable Parameters 中设置 IPC 参数。完成后选择 Create A New Kernel。

Linux

在 2.2 内核中, 默认的共享内存限制 (SHMMAX和SHMALL都是) 是 32 MB, 但可以在 proc 文件系统中更改 (无需重启)。例如, 要允许 128 MB:

```
$echo 134217728 >/proc/sys/kernel/shmall$echo 134217728 >/proc/
sys/kernel/shmmax
```

你可以把这些命令放进引导时运行的脚本中。

另外, 如果可用的话, 也可以用 sysctl控制这些参数。找到名为 /etc/sysctl.conf 的文件, 向其中加入如下行:

```
kernel.shmall = 134217728
kernel.shmmax = 134217728
```

此文件通常在引导时被处理, 但之后也可以显式调用 sysctl。

其他参数对任何应用来说尺寸都已足够。如果你想亲自查看, 可以看 /usr/src/linux/include/asm-xxx/shmparam.h和/usr/src/linux/include/linux/sem.h。

SCO OpenServer

在默认配置中, 每个段只允许 512 kB 共享内存, 大约只够 -B 24 -N 12使用。要提高此设置, 首先切换到目录 /etc/conf/cf.d。要显示SHMMAX的当前值 (以字节计), 运行

```
./configure -y SHMMAX
```

要为SHMMAX设置新值, 运行:

```
./configure SHMMAX=value
```

其中value是你使用的新值 (以字节计)。设置 SHMMAX之后, 重建内核

```
./link_unix
```

然后重启。

Solaris

至少在 2.6 版中, 为共享内存段设置的默认最大尺寸对 Postgres来说太低。相关设置可以在 /etc/system中更改, 例如:

```
set shmsys:shminfo_shmmax=0x2000000
set shmsys:shminfo_shmmin=1
set shmsys:shminfo_shmmni=256
set shmsys:shminfo_shmseg=256

set semsys:seminfo_semmap=256
set semsys:seminfo_semmni=512
```

```
set semsys:seminfo_semmns=512
set semsys:seminfo_semmsl=32
```

需要重启才能使更改生效。

关于 Solaris 下共享内存的信息，另见 <http://www.sunworld.com/swol-09-1997/swol-09-insidesolaris.html>。

UnixWare

在 UnixWare 7 上，默认配置中共享内存段的最大尺寸是 512 kB。这大约够 -B 24 -N 12 使用。要显示 SHMMAX 的当前值，运行

```
/etc/conf/bin/ldtune -g SHMMAX
```

它会显示当前值、默认值、最小值和最大值（以字节计）。要为 SHMMAX 设置新值，运行：

```
/etc/conf/bin/ldtune SHMMAX value
```

其中 *value* 是你使用的新值（以字节计）。设置 SHMMAX 之后，重建内核

```
/etc/conf/bin/ldbuild -B
```

然后重启。

3.5.2. 资源限制

类 Unix 操作系统强制执行多种资源限制，它们可能干扰 Postgres 服务器的运行。尤其重要的是每用户进程数、每进程打开文件数以及每个进程可用内存量的限制。

这些限制都各有“硬”限制和“软”限制。实际生效的是软限制，但用户可以把它提高到硬限制为止。硬限制只能由 root 用户更改。系统调用 `setrlimit` 负责设置这些参数。从命令行控制资源限制使用 shell 内建命令 `ulimit` (Bourne shell) 或 `limit` (csh)。在 BSD 衍生的系统上，文件 `/etc/login.conf` 控制登录时各种资源限制所设置的值。细节参见 `login.conf`。相关参数是 `maxproc`、`openfiles` 和 `datasize`。例如：

```
default:\
...
      :datasize-cur=256M:\
      :maxproc-cur=256:\
      :openfiles-cur=256:\
...
```

(-cur 是软限制。加 -max 后缀可设置硬限制。)

内核通常也对某些资源有依赖实现的系统范围限制。

- 在 Linux 上，`/proc/sys/fs/file-max` 决定内核支持的最大打开文件数。可以通过向该文件写入不同的数字或在 `/etc/sysctl.conf` 中加入赋值来更改它。每进程的最大文件数上限在内核编译时固定；更多信息见 `/usr/src/linux/Documentation/proc.txt`。

Postgres 服务器每个连接使用一个进程，因此除了系统其余部分所需的进程外，你应当为允许的连接数准备至少同样多的进程。这通常不是问题，但如果在一台机器上运行多个服务器，就可能变得紧张。

打开文件数的出厂默认限制通常被设置为“兼顾大家”的值，允许多个用户共存于一台机器而不占用过多的系统资源。如果你在一台机器上运行许多服务器，这可能正合你意，但在专用服务器上，你可能希望提高此限制。

3.6. 关闭服务器

根据你的需要，在工作结束时关闭数据库服务器有几种方式。其区别在于你向服务器进程发送什么信号。

SIGTERM

收到 SIGTERM 后，postmaster 不再接受新连接，但让现有的后端正常结束其工作。只有在所有后端都因客户端请求而终止之后，它才会关闭。这是智能关闭。

SIGINT

postmaster 不再接受新连接，并向所有现有的后端发送 SIGTERM，使它们中止当前事务并迅速退出。然后它等待后端退出，最终关闭数据库。这是快速关闭。

SIGQUIT

这是立即关闭，它会使 postmaster 向所有后端发送 SIGQUIT 并立即退出（不做对数据库系统的妥善关闭）。后端收到 SIGQUIT 后同样立即退出。这会导致下次启动时进行恢复（通过重放 WAL 日志）。建议只在紧急情况下使用。

小心

最好不要用 SIGKILL 来关闭 postmaster。这会阻止 postmaster 释放共享内存和信号量，之后你可能不得不手工完成。

postmaster 进程的 PID 可以用 ps 程序找到，也可以从数据目录中的 postmaster.pid 文件得到。例如，要做快速关闭：

```
> kill -INT `head -1 /usr/local/pgsql/data/postmaster.pid`
```

pg_ctl 程序是一个 shell 脚本，为关闭 postmaster 提供了更方便的接口。

3.7. 使用 SSL 的安全 TCP/IP 连接

PostgreSQL 原生支持通过 SSL 的连接来加密客户端/服务器通信，以提高安全性。这要求客户端和服务器系统上都安装了 OpenSSL，并且构建时启用了相应支持（见第 1 章）。

编译了 SSL 支持后，PostgreSQL 服务器可以用 `-l (ell)` 参数启动以启用 SSL 连接。以 SSL 模式启动时，服务器会在数据目录中寻找 `server.key` 和 `server.crt` 文件。这两个文件应分别包含服务器私钥和证书。这些文件必须正确设置，启用了 SSL 的服务器才能启动。如果私钥受口令保护，postmaster 会提示输入口令，输入之前不会启动。

postmaster 会在同一个 TCP/IP 端口上同时监听标准连接和 SSL 连接，并与每个连接的客户端协商是否使用 SSL。关于如何在服务器端强制某些连接使用 SSL，见第 4 章。

关于如何创建服务器私钥和证书的细节，请参考 OpenSSL 文档。可以使用简单的自签名证书来开始测试，但在生产环境中应使用由 CA（全球性 CA 或本地 CA 之一）签名的证书，以便客户端能验证服务器的身份。要快速创建一个自签名证书，使用以下 OpenSSL 命令：

```
openssl req -new -text -out cert.req
```

填写 openssl 询问的信息。确保把本地主机名输入为 Common Name；challenge password 可以留空。该脚本会生成一个受 passphrase 保护的密钥；它不接受少于四个字符的 pass phrase。要去除 passphrase（如果想让 postmaster 自动启动就必须去除），运行命令

```
openssl rsa -in privkey.pem -out cert.pem
```

输入旧 passphrase 以解锁现有密钥。然后执行

```
openssl req -x509 -in cert.req -text -key cert.pem -out cert.cert
cp cert.pem $PGDATA/server.key
cp cert.cert $PGDATA/server.crt
```

把证书转换为自签名证书，并把密钥和证书复制到 postmaster 将要寻找它们的位置。

3.8. 使用 SSH 隧道的安全 TCP/IP 连接

致谢

此创意取自 Gene Selkov, Jr. (<selkovjr@mcs.anl.gov>) 于 1999-09-08 回答 Eric Marsden 提问的一封电子邮件。

可以用 ssh 加密客户端与 Postgres 服务器之间的网络连接。做得正确的话，这应能提供足够安全的网络连接。

首先确保 ssh 服务器在 Postgres 所在的同一台机器上正常运行，并且你能用 ssh 以某个用户登录。然后，你可以从客户端机器上用这样的命令建立安全隧道：

```
> ssh -L 3333:foo.com:5432 joe@foo.com
```

-L 参数中的第一个数字 3333 是隧道你这一端的端口号，可以自由选择。第二个数字 5432 是隧道的远端——你的后端正在使用的端口号。两个端口号之间的名称或地址是你要连接的数据库服务器所在的主机。要通过此隧道连接数据库服务器，你连接本机的 3333 端口：

```
psql -h localhost -p 3333 template1
```

对数据库服务器来说，就像是你是用户 joe@foo.com 一样，服务器会使用为该用户设置的任何认证过程。为使隧道设置成功，你必须被允许像尝试用 ssh 建立终端会话那样，以 joe@foo.com 身份通过 ssh 连接。

提示

还有其他一些产品可以用与刚才描述的概念类似的步骤提供安全隧道。

第 4 章 客户端认证

当客户端应用连接到数据库服务器时，它会指定要以哪个 Postgres 用户名连接，这很像以某个特定用户身份登录 Unix 计算机。在 SQL 环境中，当前活动的数据库用户名决定了对数据库对象的访问权限——有关的更多信息见第 7 章。因此，显然必须限制给定客户端能以哪些数据库用户名连接。

认证是数据库服务器确认客户端身份的过程，并据此决定是否允许该客户端应用（或者运行该客户端应用的用户）以请求的用户名进行连接。

Postgres 按（客户端）主机和数据库提供客户端认证，并有多种不同的认证方法可用。

Postgres 数据库用户名在逻辑上独立于服务器所在操作系统的用户名。如果某台服务器的所有用户在该机器上也都有账号，那么为他们分配与其 Unix 用户 id 匹配的数据库用户名是有意义的。不过，接受远程连接的服务器可能有许多用户并没有本地账号，在这种情况下，数据库用户名与 Unix 用户名之间就不必存在任何对应关系。

4.1. pg_hba.conf 文件

客户端认证由 `$PGDATA` 目录中的文件 `pg_hba.conf` 控制，例如 `/usr/local/pgsql/data/pg_hba.conf`。（HBA 代表 *host-based authentication*，即基于主机的认证。）当数据区域由 `initdb` 初始化时，会安装一个默认的 `pg_hba.conf` 文件。

`pg_hba.conf` 文件的基本格式是一组记录，每行一条。空行和以井号（`#`）开头的行会被忽略。每条记录由若干字段组成，字段之间用空格和/或制表符分隔。记录不能跨行续写。

记录可以采用以下三种格式

```
local    database authentication-method [ authentication-option ]
host     database IP-address IP-mask authentication-method [
    authentication-option ]
hostssl  database IP-address IP-mask authentication-method [
    authentication-option ]
```

各字段的含义如下：

`local`

该记录针对经由 Unix domain 套接字的连接尝试。

`host`

该记录针对经由 TCP/IP 网络的连接尝试。注意，除非服务器启动时带了 `-i` 开关或设置了等效的配置参数，否则 TCP/IP 连接被完全禁用。

`hostssl`

该记录针对在 TCP/IP 上使用 SSL 的连接尝试。要使用此选项，服务器编译时必须带有 SSL 支持启用。此外，服务器启动时必须用 `-l` 选项或等效的配置设置启用 SSL。

`database`

指定此记录适用的数据库。值 `all` 表示适用于所有数据库，而值 `sameuser` 标识与连接用户同名的那个数据库。否则，这就是某个具体 Postgres 数据库的名称。

IP address
IP mask

这两个字段根据 IP 地址控制一条 `host` 记录适用于哪些主机。（当然，IP 地址可以伪造，但这一考虑超出了 Postgres 的范围。）精确的逻辑是

$$(actual-IP-address \text{ xor } IP-address-field) \text{ and } IP-mask-field$$

必须为零，记录才匹配。

authentication method

指定用户连接该数据库时必须用来认证自身的方法。可选方法如下，细节见第 4.2 节。

`trust`

无条件地允许连接。此方法允许任何对客户端主机有登录访问权限的用户以任何 Postgres 用户身份连接。

`reject`

无条件地拒绝连接。这主要用于从一组主机中“过滤掉”某些主机。

`password`

要求客户端随连接尝试提供一个密码，该密码须与为该用户设置的密码匹配。

可以在 `password` 关键字之后指定一个可选的文件名。该文件应包含此记录所涉及的用户列表，还可以可选地包含备用密码。

密码以明文形式在线路上发送。为了更好的保护，请使用 `crypt` 方法。

`crypt`

类似于 `password` 方法，但密码使用一个简单的质询-应答协议加密后在线路上发送。这仍不是密码学上安全的，但可以防范偶然的线路嗅探。`crypt` 关键字后面可以跟一个文件名，该文件包含此记录所涉及的用户列表。

`krb4`

使用 Kerberos V4 认证用户。这只适用于 TCP/IP 连接。

`krb5`

使用 Kerberos V5 认证用户。这只适用于 TCP/IP 连接。

`ident`

向客户端主机上的 `ident` 服务器询问连接用户的身份。Postgres 然后验证如此识别出的操作系统用户是否被允许以请求的数据库用户身份连接。这只适用于 TCP/IP 连接。跟在 `ident` 关键字后面的 *authentication option* 指定一个 `ident` 映射的名称，该映射指定哪些操作系统用户等同于哪些数据库用户。细节见下文。

authentication option

此字段的解释因认证方法而异，如那里所述。

第一条与连接尝试的客户端 IP 地址和请求数据库名匹配的记录被用来执行认证步骤。这里不存在“继续向后匹配”或“后备”机制：如果选中某条记录而认证失败，就不会再考虑后面的记录。如果没有任何记录匹配，访问将被拒绝。

`pg_hba.conf` 文件在每次连接尝试期间重新读取。因此，在服务器运行期间修改访问权限是轻而易举的：只需编辑该文件。

一个 `pg_hba.conf` 文件的例子见例 4.1。各种认证方法的细节见下文。

例 4.1. 一个 `pg_hba.conf` 文件示例

```
# TYPE          DATABASE    IP_ADDRESS    MASK                      AUTHTYPE
MAP

# Allow any user on the local system to connect to any
# database under any username, but only via an IP connection:

host            all          127.0.0.1     255.255.255.255         trust

# The same, over Unix-socket connections:

local           all                                     trust

# Allow any user from any host with IP address 192.168.93.x to
# connect to database "template1" as the same username that ident
# on that
# host identifies him as (typically his Unix username):

host            template1    192.168.93.0  255.255.255.0           ident
sameuser

# Allow a user from host 192.168.12.10 to connect to database
# "template1"
# if the user's password in pg_shadow is correctly supplied:

host            template1    192.168.12.10 255.255.255.255         crypt

# In the absence of preceding "host" lines, these two lines will
# reject
# all connection attempts from 192.168.54.1 (since that entry will
# be
# matched first), but allow Kerberos V5-validated connections from
# anywhere
# else on the Internet. The zero mask means that no bits of the
# host IP
# address are considered, so it matches any host:

host            all          192.168.54.1  255.255.255.255         reject
host            all          0.0.0.0       0.0.0.0                krb5

# Allow users from 192.168.x.x hosts to connect to any database, if
# they
# pass the ident check. If, for example, ident says the user is
# "bryanh"
# and he requests to connect as PostgreSQL user "guest1", the
# connection
# is allowed if there is an entry in pg_ident.conf for map
# "omicron" that
# says "bryanh" is allowed to connect as "guest1":
```

host	all	192.168.0.0	255.255.0.0	ident
omicron				

4.2. 认证方法

下面详细描述这些认证方法。

4.2.1. 密码认证

Postgres 数据库密码与任何操作系统用户密码都是分开的。通常，每个数据库用户的密码存储在 `pg_shadow` 系统目录表中。密码可以用查询语言命令 `CREATE USER` 和 `ALTER USER` 管理，例如 `CREATE USER foo WITH PASSWORD 'secret'`；。默认情况下，即如果没有设置密码，存储的密码为 `NULL`，该用户的密码认证将总是失败。

要限制允许连接到某些数据库的用户集合，可把用户集合放进一个单独的文件（每行一个用户名），该文件与 `pg_hba.conf` 位于同一目录中，并在 `pg_hba.conf` 中 `password` 或 `crypt` 关键字之后分别提及该文件的（基）名。如果不使用此特性，那么数据库系统已知的任何用户都可以连接到任何数据库（当然，只要他通过密码认证）。

这些文件还可用于对某个特定数据库或一组数据库应用一组不同的密码。这种情况下，文件的格式类似于标准的 Unix 口令文件 `/etc/passwd`，即

```
username:password
```

密码后面任何额外的冒号分隔字段都被忽略。密码应使用系统的 `crypt()` 函数加密。随 Postgres 一起安装的工具程序 `pg_passwd` 可用来管理这些密码文件。

次要密码文件中可以混合带密码和不带密码的行。不带密码的行表示使用 `pg_shadow` 中由 `CREATE USER` 和 `ALTER USER` 管理的主密码。带密码的行将导致使用该密码。密码条目为 `+` 也表示使用 `pg_shadow` 密码。

使用 `crypt` 方法时不能使用备用密码。文件仍会被照常评估，但密码字段将被简单地忽略，并使用 `pg_shadow` 密码。

注意，像这样使用备用密码意味着不能再使用 `ALTER USER` 来更改自己的密码。它看起来仍然会成功，但你实际更改的密码并不是系统最终使用的密码。

4.2.2. Kerberos 认证

Kerberos 是一种行业标准的、适合在公共网络上进行分布式计算的安全认证系统。对 Kerberos 系统的描述远超出本文档的范围；就一般性而言，它可能相当复杂（然而强大）。Kerberos FAQ¹ 或 MIT Project Athena² 可以作为入门的起点。存在若干 Kerberos 发行版来源。

要使用 Kerberos，必须在构建时启用对它的支持。Kerberos 4 和 5 都受支持（分别为 `./configure --with-krb4` 或 `./configure --with-krb5`）。

Postgres 应当像一个正常的 Kerberos 服务那样运作。服务主体的名称通常是 `postgres`，除非在构建期间更改了它。确保你的服务器密钥文件可被 Postgres 服务器账号读取（而且最好只被它读取）（见第 3.1 节）。密钥文件的位置由 `krb_server_keyfile` `run time` 配置参数指定。（另见第 3.4 节。）默认值：使用 Kerberos 4 时为 `/etc/srvtab`，使用 Kerberos 5 时为 `FILE:/usr/local/pgsql/etc/krb5.keytab`（或构建时指定为 `sysconfdir` 的那个目录）。

¹<http://www.nrl.navy.mil/CCS/people/kenh/kerberos-faq.html>

²<ftp://athena-dist.mit.edu>

要生成 keytab 文件，例如可以（用版本 5）使用

```
kadmin% ank -randkey postgres/server.my.domain.orgkadmin% ktadd -k
krb5.keytab postgres/server.my.domain.org
```

细节请阅读 Kerberos 文档。

在 Kerberos 5 挂钩中，对用户和服务命名做了如下假定：

- 假定用户主体名（aname）的第一个组件包含实际的 Unix/Postgres 用户名。
- 假定 Postgres 服务有两个组成部分，即服务名和一个主机名，并像版本 4 中那样规范化（即去掉所有域后缀）。

参数	例子
user	frew@S2K.ORG
user	aoki/HOST=miyu.S2K.Berkeley.EDU@S2K.ORG
host	postgres_dbms/ucbvax@S2K.ORG

如果你在 Apache Web 服务器上使用 mod_auth_krb 和 mod_perl，你可以在 mod_perl 脚本中使用 AuthType KerberosV5SaveCredentials。这能通过 Web 安全地访问数据库，无需额外的密码。

4.2.3. 基于 ident 的认证

“Identification Protocol”（识别协议）在 RFC 1413 中描述。几乎每个类 Unix 操作系统都附带一个 ident 服务器，默认监听 TCP 端口 113。ident 服务器的基本功能是回答诸如“哪个用户发起了从你的端口 x 出来并连接到我的端口 y 的连接？”这样的问题。由于在建立物理连接时 Postgres 同时知道 x 和 y ，它可以查询连接客户端主机上的 ident 服务器，并由此在理论上确定任何给定连接的操作系统用户。

这一过程的缺点是它依赖于客户端的完整性：如果客户端机器不可信或已被攻破，攻击者可以在端口 113 上运行几乎任何程序并返回他选择的任何用户名。因此这种认证方法只适用于每台客户端机器都处于严格控制之下、且数据库与系统管理员保持密切联系的封闭网络。请留意这个警告：

标识协议（Identification Protocol）并不打算用作授权或访问控制协议。

—RFC 1413

使用基于 ident 的认证时，在确定了发起连接的操作系统用户之后，Postgres 决定该用户可以作为哪个数据库系统用户连接。这由 pg_hba.conf 文件中跟在 ident 关键字之后的 ident 映射参数控制。最简单的 ident 映射是 sameuser，它允许任何操作系统用户以同名的数据库用户身份连接（如果后者存在）。其他映射必须手工创建。

Ident 映射保存在数据目录的文件 pg_ident.conf 中，该文件包含如下一般形式的行：

```
map-nameident-username-database-username
```

注释和空白的处理与通常一样。map-name 是一个任意名称，将用于在 pg_hba.conf 中引用这个映射。另外两个字段指定哪个操作系统用户被允许以哪个数据库用户身份连接。同一个 map-name 可以重复使用，以指定更多的用户映射。一个给定的操作系统可以对应多少个数据库用户、反之一个数据库用户可以对应多少个操作系统用户，也都没有限制。

一个可与例 4.1 中的 pg_hba.conf 文件配合使用的 pg_ident.conf 文件见例 4.2。在这个示例设置中，任何登录到 192.168 网络某台机器上、但 Unix 用户名不是 bryanh、ann 或 robert 的人都不会被授予访问权限。Unix 用户 robert 只有在他尝试以 Postgres 用户“bob”而不是“robert”或任何其他身份连接时才被允许访问。“ann”只被允许以“ann”身份连接。用户 bryanh 被允许以“bryanh”本人或“guest1”身份连接。

例 4.2. 一个 `pg_ident.conf` 文件示例

```
#MAP          IDENT-NAME    POSTGRESQL-NAME

omicron       bryanh         bryanh
omicron       ann           ann
# bob has username robert on these machines
omicron       robert        bob
# bryanh can also connect as guest1
omicron       bryanh        guest1
```

4.3. 认证问题

真正的认证失败及相关问题通常会表现为类似下面这样的错误消息。

```
No pg_hba.conf entry for host 123.123.123.123, user joeblow,
database testdb
```

如果你成功联系到了服务器、但服务器不想与你交谈，最可能得到的就是这个。正如消息所示，服务器拒绝了该连接请求，因为它没有在自己的 `pg_hba.conf` 配置文件中找到授权条目。

```
Password authentication failed for user 'joeblow'
```

这样的消息表示你已经联系到了服务器，而且服务器也愿意与你交谈，但前提是你必须先通过 `pg_hba.conf` 文件中指定的认证方法。请检查你提供的密码；如果错误消息提到了 Kerberos 或 IDENT 等认证类型，也请检查对应的软件。

```
FATAL 1:  user "joeblow" does not exist
```

指定的用户名在 `pg_shadow` 中未找到。

```
FATAL 1:  Database "testdb" does not exist in the system catalog.
```

你试图连接的数据库不存在。注意，如果你不指定数据库名，默认会使用数据库用户名作为数据库名，但这不一定是对的。

第 5 章 本地化

从管理员的角度描述可用的本地化特性。

Postgres通过三种方式支持本地化：

- 使用操作系统的区域特性来提供与区域相关的排序顺序、数字格式、翻译消息以及其他方面。
- 使用在Postgres服务器中定义的显式多字节字符集，来支持所需字符数超出单字节容量的语言，并提供客户端和服务端之间的字符集重编码。支持的字符集数量在编译服务器时固定，而字符串比较等内部操作需要把每个字符扩展为一个 32 位字。
- 单字节字符重编码为使用多种但仍为单字节字符集的用户提供了更轻量的解决方案。

5.1. 区域支持

区域设置支持是指应用程序在字母表、排序、数字格式等方面尊重文化偏好。PostgreSQL使用服务器操作系统提供的标准 ISO C 和 POSIX 区域设置机制。更多信息请参考系统文档。

5.1.1. 概述

区域支持默认并不内置于PostgreSQL；要启用它，需要给configure脚本提供`--enable-locale`选项：

```
$ ./configure --enable-locale
```

区域支持只影响服务器；所有客户端都与带或不带区域支持的服务器兼容。

关于使用哪些特定文化规则的信息由标准环境变量决定。如果你已经从其他程序得到了本地化行为，那么你大概已经设置好了这些变量。设置本地化信息最简单的方式是LANG变量，例如：

```
export LANG=sv_SE
```

这会吧区域设置为瑞典（SE）所讲的瑞典语（sv）。其他可能的设置有en_US（美国英语）和fr_CA（加拿大法语）。如果一个区域可以使用多种字符集，那么规范可以采用cs_CZ.ISO8859-2这样的形式。系统上有哪些区域设置可用，以及它们以什么名称出现，取决于操作系统供应商提供了什么以及实际安装了什么。

有时混合多个区域设置的规则会很有用，例如使用美国排序规则但使用西班牙语消息。为此，存在一组环境变量，它们为特定类别覆盖LANG的默认值：

LC_COLLATE	字符串排序顺序
LC_CTYPE	字符分类（什么算字母？它的大写等价形式是什么？）
LC_MESSAGES	消息的语言
LC_MONETARY	货币数量的格式
LC_NUMERIC	数字的格式
LC_TIME	日期和时间的格式

LC_MESSAGES只影响来自操作系统的消息，不影响 PostgreSQL。

如果希望系统的行为如同没有区域支持一样，可以使用特殊区域C或POSIX，或者干脆取消设置所有与区域相关的变量。

请注意，区域行为由服务器看到的环境变量决定，而不是由任何客户端的环境决定。因此，务必在启动 postmaster 前设置好这些变量。由此带来的一个结果是，如果客户端和服务端使用不同的区域设置，消息可能会因其来源不同而显示为不同语言。

LC_COLLATE和LC_CTYPE变量影响索引的排序顺序。因此，对任何特定的数据库集群，这些值都必须保持固定，否则文本列上的索引会损坏。Postgres通过记录 initdb所见的LC_COLLATE和 LC_CTYPE值来强制这一点。服务器启动时会自动采用这两个值；只有其他LC_类别可以在服务器启动时从环境设置。简而言之，一个数据库集群中只能使用一种排序顺序，而且它是在 initdb时选定的。

5.1.2. 优点

区域支持尤其会影响下列特性：

- ORDER BY查询中的排序顺序。
- to_char函数族
- 用于模式匹配的LIKE和~操作符

在PostgreSQL中使用区域支持的唯一严重缺点是速度。因此，只有在确实需要时才使用区域。特别要注意，选择非 C 区域会禁用LIKE和~操作符的索引优化，这可能对使用这些操作符的搜索速度产生巨大影响。

5.1.3. 问题

如果区域设置支持没有像上面说明的那样工作，请检查操作系统中的区域设置支持是否正常。要检查某个给定区域是否已安装并可用，例如可以使用Perl。Perl也支持区域设置，如果区域损坏，perl -v会给出类似下面这样的抱怨：

```
$export LC_CTYPE='not_exist'$perl -vperl: warning: Setting locale
failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
LC_ALL = (unset),
LC_CTYPE = "not_exist",
LANG = (unset)
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
```

请检查你的区域文件是否位于正确的位置。可能的位置包括：/usr/lib/locale (Linux、Solaris)、/usr/share/locale (Linux)、/usr/lib/nls/loc (DUX 4.0)。如果不确定，请查阅系统的 locale 手册页。

src/test/locale目录包含 PostgreSQL区域设置支持的一个测试套件。

5.2. 多字节支持

作者

Tatsuo Ishii (<ishii@postgresql.org>)，最后更新于 2000-03-22。更多信息请查看Tatsuo 的网站¹。

¹<http://www.sra.co.jp/people/t-ishii/PostgreSQL/>

多字节（MB）支持旨在让 Postgres 能够处理多字节字符集，例如 EUC（扩展 Unix 编码）、Unicode 和 Mule 内部编码。启用 MB 后，你可以在正则表达式（regex）、LIKE 以及其他一些函数中使用多字节字符集。默认编码系统是在使用 initdb 初始化 Postgres 安装时选定的。注意，这可以在你使用 createdb 创建数据库或使用 SQL 命令 CREATE DATABASE 时被覆盖。因此你可以拥有多个数据库，并让每个数据库使用不同的编码系统。

MB 还修复了一些与 8 位单字节字符集（包括 ISO8859）有关的问题。（我不能说所有问题都已修复。我只是确认了回归测试运行正常，而且补丁可以使用几个法语字符。如果你在使用 8 位字符时发现任何问题，请告诉我。）

5.2.1. 启用 MB

在运行 configure 时带上多字节选项：

```
% ./configure --enable-multibyte[=encoding_system]
```

其中 *encoding_system* 可以是下表中的值之一：

表 5.1. Postgres 字符集编码

编码	描述
SQL_ASCII	ASCII
EUC_JP	日语 EUC
EUC_CN	中文 EUC
EUC_KR	韩语 EUC
EUC_TW	台湾 EUC
UNICODE	Unicode (UTF-8)
MULE_INTERNAL	Mule 内部
LATIN1	ISO 8859-1 英语和某些欧洲语言
LATIN2	ISO 8859-2 英语和某些欧洲语言
LATIN3	ISO 8859-3 英语和某些欧洲语言
LATIN4	ISO 8859-4 英语和某些欧洲语言
LATIN5	ISO 8859-5 英语和某些欧洲语言
KOI8	KOI8-R(U)
WIN	Windows CP1251
ALT	Windows CP866

这里有一个把 Postgres 默认配置为使用日语编码的例子：

```
% ./configure --enable-multibyte=EUC_JP
```

如果省略了编码系统（./configure --enable-multibyte），则假定使用 SQL_ASCII。

5.2.2. 设置编码

initdb 为 Postgres 安装定义默认编码。例如：

```
% initdb -E EUC_JP
```

这会把默认编码设为 EUC_JP（日语的扩展 Unix 编码）。注意，如果你喜欢较长的选项形式，也可以用 "--encoding" 代替 "-E"。如果没有给出 -E 或 --encoding 选项，就使用在 configure 时指定的编码。

你可以创建使用不同编码的数据库：

```
% createdb -E EUC_KR korean
```

这会创建一个名为"korean"的数据库，使用 EUC_KR 编码。另一种实现方式是使用 SQL 命令：

```
CREATE DATABASE korean WITH ENCODING = 'EUC_KR';
```

数据库的编码表示为pg_database系统目录中的一个编码列。可以通过 psql 的 -l 或 \l 命令查看它。

```
$ psql -l
          List of databases
 Database | Owner | Encoding
-----+-----+-----
 euc_cn   | t-ishii | EUC_CN
 euc_jp   | t-ishii | EUC_JP
 euc_kr   | t-ishii | EUC_KR
 euc_tw   | t-ishii | EUC_TW
 mule_internal | t-ishii | MULE_INTERNAL
 regression | t-ishii | SQL_ASCII
 template1 | t-ishii | EUC_JP
 test     | t-ishii | EUC_JP
 unicode  | t-ishii | UNICODE
(9 rows)
```

5.2.3. 后端和前端之间的自动编码翻译

对于某些编码，Postgres支持在后端和前端之间进行自动编码翻译。

表 5.2. Postgres 客户端/服务器字符集编码

服务器编码	可用的客户端编码
EUC_JP	EUC_JP, SJIS
EUC_TW	EUC_TW, BIG5
LATIN2	LATIN2, WIN1250
LATIN5	LATIN5, WIN, ALT
MULE_INTERNAL	EUC_JP, SJIS, EUC_KR, EUC_CN, EUC_TW, BIG5, LATIN1 to LATIN5, WIN, ALT, WIN1250

若要启用自动编码翻译，必须告诉Postgres 你希望前端使用哪种编码。有几种方法可以做到这一点。

- 在psql中使用\encoding 命令。 \encoding允许动态更改前端编码。例如，要把编码改成 SJIS，可以输入：

```
\encoding SJIS
```

- 使用 libpq 函数。 \encoding实际上就是为此目的调用 PQsetClientEncoding() 的。

```
int PQsetClientEncoding(PGconn *conn, const char *encoding)
```


其中 *conn* 是到后端的连接，*encoding* 是你想使用的编码。如果成功设置了编码，它返回 0，否则返回 -1。此连接的当前编码可以通过下面的函数得到：

```
int PQclientEncoding(const PGconn *conn)
```

注意它返回的是“编码 ID”，而不是像“EUC_JP”这样的编码符号字符串。要把编码 ID 转换为编码符号，可以使用：

```
char *pg_encoding_to_char(int encoding_id)
```

- 使用 SET CLIENT_ENCODING TO。可以使用以下 SQL 命令设置前端侧的编码：

```
SET CLIENT_ENCODING TO 'encoding';
```

也可以为此使用 SQL92 语法“SET NAMES”：

```
SET NAMES 'encoding';
```

要查询当前的前端编码：

```
SHOW CLIENT_ENCODING;
```

要返回到默认编码：

```
RESET CLIENT_ENCODING;
```

- 使用 PGCLIENTENCODING。如果在客户端环境中定义了 PGCLIENTENCODING 环境变量，那么建立后端连接时会自动选择该前端编码。（之后仍可以用上面提到的任何其他方法覆盖它。）

5.2.4. 关于 Unicode

从 PostgreSQL 7.1 开始支持 Unicode 与其他编码之间的自动编码翻译。因为这需要巨大的转换表，所以它默认不启用。要启用这个特性，运行 configure 时带上 --enable-unicode-conversion 选项。注意这还要求同时带 --enable-multibyte 选项。

5.2.5. 如果无法完成转换会怎样？

假设你为后端选择了 EUC_JP，为前端选择了 LATIN1，那么某些日语字符无法翻译为 LATIN1。在这种情况下，无法用 LATIN1 字符集表示的字母会被变换为：

```
(HEXA DECIMAL)
```

5.2.6. 参考资料

这些都是开始了解各种编码系统的良好资料。

- <ftp://ftp.ora.com/pub/examples/nutshell/ujip/doc/cjk.inf>² 对 EUC_JP、EUC_CN、EUC_KR、EUC_TW 的详细说明见 3.2 节。

²<ftp://ftp.ora.com/pub/examples/nutshell/ujip/doc/cjk.inf>

- Unicode: <http://www.unicode.org/> UNICODE 的主页。
- RFC 2044 UTF-8 在这里定义。

5.2.7. 历史

Dec 7, 2000

- * 实现了 Unicode 与其他编码之间的自动编码转换
- * 以上变更将出现在 7.1 中

May 20, 2000

- * SJIS UDC (NEC 选定 IBM 汉字) 支持, 由 Eiji Tokuya 贡献
- * 以上变更将出现在 7.0.1 中

Mar 22, 2000

- * 新增 libpq 函数 PQsetClientEncoding、PQclientEncoding
- * ./configure --with-mb=EUC_JP
已废弃。请改用 ./configure --enable-multibyte=EUC_JP
- * 新增 SQL_ASCII 回归测试用例
- * 新增 SJIS 用户自定义字符 (UDC) 支持
- * 以上全部将出现在 7.0 中

July 11, 1999

- * 新增对 WIN1250 (Windows 捷克语) 作为客户端编码的支持 (由 Pavel Behal 贡献)
- * 修复一些编译器警告 (由 Tomoaki Nishiyama 贡献)

Mar 23, 1999

- * 新增对 KOI8 (KOI8-R)、WIN (CP1251)、ALT (CP866) 的支持 (感谢 Oleg Broytmann 测试)
- * 修复 MB 与 locale 相关的问题

Jan 26, 1999

- * 新增 Big5 作为前端编码的支持 (要使用 Big5, 需用 EUC_TW 创建数据库)
- * 新增 EUC_TW 的回归测试用例 (由 Jonah Kuo <jonahkuo@mail.ttn.com.tw>)

Dec 15, 1998

- * 修复了与 SQL_ASCII 支持相关的一些错误

Nov 5, 1998

- * 6.4 发布。此版本中, pg_database 增加了表示数据库编码的 "encoding" 列

Jul 22, 1998

- * 在 initdb/createdb 时确定编码, 而非编译时
- * 在发出 COPY 命令时支持 PGCLIENTENCODING
- * 支持 SQL92 语法 "SET NAMES"
- * 支持 LATIN2-5
- * 新增 UNICODE 回归测试用例
- * 新的 MB 测试套件
- * 清理源代码文件

Jun 5, 1998

- * 新增后端与前端之间的编码转换支持
- * 新增 SET CLIENT_ENCODING 等新命令
- * 新增 LATIN1 字符集支持
- * enhance 8 bit cleanliness

April 21, 1998 一些增强/修复

- * `character_length()`、`position()`、`substring()` 现在能识别多字节字符
- * 新增 `octet_length()`
- * 为 `configure` 新增 `--with-mb` 选项
- * 新的 EUC_KR 回归测试 (由 Soonmyung Hong <hong@lunaris.hanmesoft.co.kr> 贡献)
- * 为 EUC_JP 回归测试新增一些测试用例
- * 修复 System V 情况下 `regress/regress.sh` 中的问题
- * 修复 `toupper()`、`tolower()` 以处理 8 位字符

Mar 25, 1998 MB PL2 被并入 PostgreSQL 6.3.1

Mar 10, 1998 PL2 发布

- * 为 EUC_JP、EUC_CN 和 MULE_INTERNAL 新增回归测试
- * 新增一份英文文档 (本文件)
- * 修复与 8 位单字节字符有关的问题

Mar 1, 1998 PL1 发布

5.2.8. Windows/ODBC 上的 WIN1250

Windows 客户端平台上的 WIN1250 字符集可以配合启用了区域支持的 Postgres 使用。

应记住以下几点：

- 成功与否取决于正确的系统区域设置。这已经在 RH6.0 和 Slackware 3.6 上用 `cs_CZ.iso8859-2` 区域测试过。
- 决不要尝试把服务器多字节数据库编码设为 WIN1250。始终改用 LATIN2，因为 Unix 中没有 WIN1250 区域。
- WIN1250 编码只对 M\$W ODBC 客户端可用。字符会被动态转码，以便正确显示和存回。

运行时，重要的是记住以下几点：

- 这种配置会根据你的 `LC_x` 设置重排你的排序顺序。不要因为回归测试结果而困惑，因为它们不使用区域。
- 像 "ch" 这样的区域只有在你的系统支持该区域时才能正确排序；较老的系统可能做不到，但新的系统（例如 RH6.0）可以。
- 你必须以 '162,50' 的形式插入货币值（注意单引号内的逗号）。
- 在撰写本文时（1999 年初），这种配置还没有经过广泛测试。如果你不得不做任何修改，请告诉我们！

Windows/ODBC 上的 WIN1250

1. 在启用区域支持、多字节编码设为 LATIN2 的情况下编译 Postgres。
2. 设置你的安装。不要忘记在你的 `profile`（环境）中创建区域变量。例如（这可能不适用于你的环境）：

```
LC_ALL=cs_CZ.ISO8859-2
LC_COLLATE=cs_CZ.ISO8859-2
LC_CTYPE=cs_CZ.ISO8859-2
LC_MONETARY=cs_CZ.ISO8859-2
LC_NUMERIC=cs_CZ.ISO8859-2
LC_TIME=cs_CZ.ISO8859-2
```

3. 必须带着区域设置启动 postmaster!
4. 用捷克语试一试，并在查询上进行排序。
5. 在你的 M\$ Windows 机器上为 PostgreSQL 安装 ODBC 驱动。
6. 正确设置你的数据源。在 ODBC 配置对话框的 Connect Settings 字段中加入这一行：

```
SET CLIENT_ENCODING = 'WIN1250';
```

7. 现在再试一次，但这次是在带 ODBC 的 Windows 中。

5.3. 单字节字符集重编码

你可以通过 configure 的 `--enable-recode` 选项启用这个特性。这个选项以前被描述为“西里尔重编码支持”，那并没有体现它的全部能力。它可以用于任何单字节字符集的重编码。

这种方法使用位于数据库目录 (PGDATA) 中的 `charset.conf` 文件。它是一个典型的配置文本文件，其中空格和换行分隔项与记录，`#` 表示注释。这里识别三个关键字，语法如下：

```
BaseCharset      server_charset
RecodeTable      from_charset to_charset file_name
HostCharset      host_spec      host_charset
```

`BaseCharset` 定义数据库服务器的编码。所有字符集名只在 `charset.conf` 内部用于映射，因此你可以随意使用便于键入的名称。

`RecodeTable` 记录指定服务器和客户端之间的转换表。文件名相对于 PGDATA 目录。表文件的格式非常简单。没有关键字，字符由单行上的一对十进制或十六进制 (0x 前缀) 值表示：

```
char_valuetranslated_char_value
```

`HostCharset` 记录按 IP 地址定义客户端字符集。你可以使用单个 IP 地址、从给定地址开始的 IP 掩码范围或 IP 区间 (例如 127.0.0.1、192.168.1.100/24、192.168.1.20-192.168.1.40)。

`charset.conf` 文件总是被处理到末尾，因此你可以方便地为前面的规则指定例外。在 `src/data/` 目录中你可以找到 `charset.conf` 的一个示例和一些重编码表。

由于这个方案基于客户端的 IP 地址和字符集映射，显然也有一些限制。你不能在同一台主机上同时使用不同的编码。当你的客户端主机启动到多个操作系统时也不方便。不过，当这些限制不构成障碍且你不需要多字节字符时，它是一个简单而有效的方案。

第 6 章 管理数据库

数据库是一个命名的 SQL 对象（“数据库对象”）；每个数据库对象（表、函数等）都属于且只属于一个数据库。

连接到数据库服务器的应用用它的连接请求指定它想要连接的数据库的名称。

每个连接不能访问多于一个数据库。

（但一个应用可以打开的到同一数据库或其他数据库的连接数量不受限制。）

注意

SQL 把数据库称为“目录”，但在实践中没有区别。

要创建或删除数据库，Postgres postmaster 必须已经启动并正在运行（见第 3.3 节）。

6.1. 创建数据库

数据库使用查询语言命令 `CREATE DATABASE` 创建：

```
CREATE DATABASE name
```

其中 *name* 可以自由选择。（取决于当前的实现，底层操作系统的某些特殊字符可能被禁止。

届时会有运行时检查。）当前用户自动成为新数据库的所有者。

数据库的所有者有权在以后删除它（这也会删除其中的所有对象，

即使它们有不同的所有者）。

创建数据库是一项受限操作。关于如何授予该权限，见第 7.1.1 节。

引导（Bootstrapping）。 由于执行 `CREATE DATABASE` 命令时必须先连接到数据库服务器，因此还会有一个问题：某个站点上的

第一个数据库是如何创建的？第一个数据库总是由 `initdb`

命令在初始化数据存储区时创建的（见第 3.2 节）。这个数据库叫做 `template1`，并且不能被删除。因此，要创建第一个“真正”的数据库，你可以连接到 `template1`。

“`template1`”这个名字并非偶然：每当创建一个新数据库时，模板数据库都会被实质性地克隆。这意味着你在 `template1` 中所做的任何更改，都会传播到后来创建的所有数据库中。这暗示你不应把模板数据库用于实际工作，但如果使用得当，这一特性可以带来便利。

为了方便，还可以从 shell 中执行一个程序来创建新数据库，即 `createdb`。

```
createdb dbname
```

`createdb` 并没有什么特殊之处。它连接到 `template1` 数据库并执行 `CREATE DATABASE` 命令，和上面描述的完全一样。它在内部使用 `psql` 程序。`createdb` 的参考页包含调用细节。特别是，不带任何参数的 `createdb` 会创建一个与当前用户名同名的数据库，这未必是你想要的。

6.1.1. 备选位置

可以在默认位置之外的地方创建数据库。请记住，所有数据库访问都是通过数据库服务器后端进行的，因此所指定的任何位置都必须是后端可以访问的。

备选数据库位置通过一个环境变量来引用，该变量给出预期存储位置的绝对路径。这个环境变量必须在后端启动之前已被定义。

任何有效的环境变量名都可以用来引用备选位置，不过建议使用以 `PGDATA` 为前缀的变量名，以避免与其他变量混淆和冲突。

要在服务器进程的环境中创建变量，你必须先关闭服务器、定义变量、初始化数据区域，最后重新启动服务器。（见第 3.6 节和第 3.3 节。）要设置环境变量，在 Bourne shell 中输入

```
PGDATA2=/home/postgres/data
export PGDATA2
```

或者在 `csch` 或 `tcsh` 中输入

```
setenv PGDATA2 /home/postgres/data
```

你必须确保这个环境变量始终在服务器环境中有定义，否则你将无法访问那个数据库。因此你大概会想在某个 shell 启动文件或服务器启动脚本中设置它。

要在 `PGDATA2` 中创建一个数据存储区域，首先要确保 `/home/postgres` 已经存在，并且运行后端的用户账号可以写入它（见第 3.1 节）。然后在命令行输入

```
initlocation PGDATA2
```

这之后就可以重新启动服务器。

要在新位置创建数据库，使用命令

```
CREATE DATABASE name WITH LOCATION = 'location'
```

其中 `location` 是你使用的环境变量，本例中即 `PGDATA2`。`createdb` 命令有 `-D` 选项用于此目的。

用这种方法在备选位置创建的数据库可以像任何其他数据库一样被访问和删除。

注意

也可以直接向 `CREATE DATABASE` 命令指定绝对路径而不定义环境变量。默认情况下这是不允许的，因为它有安全风险。要允许这样做，你必须在编译 Postgres 时定义 C 预处理器宏 `ALLOW_ABSOLUTE_DBPATHS`。一种做法是这样运行编译步骤：**`gmake CPPFLAGS=-DALLOW_ABSOLUTE_DBPATHS all`**。

6.2. 访问数据库

一旦构造好数据库，就可以通过以下方式访问它：

- 运行 Postgres 终端监视程序 (`psql`)，它允许你交互式地输入、编辑和执行 SQL 命令。
- 使用 `libpq` 子程序库编写 C 程序。这允许你从 C 中提交 SQL 命令，并把答案和状态消息返回给你的程序。这一接口在 PostgreSQL 程序员指南中有进一步讨论。

你也许想启动 `psql` 来试试本手册中的例子。可以通过输入以下命令为数据库 `dbname` 激活它：

```
psql dbname
```

你会看到下面的欢迎消息：

```
Welcome to psql, the PostgreSQL interactive terminal.
```

```
Type: \copyright for distribution terms
```

```
\h for help with SQL commands
\? for help on internal slash commands
\g or terminate with semicolon to execute query
\q to quit
```

dbname=>

这个提示表明终端监视程序正在监听你，你可以在终端监视程序维护的工作区中输入 SQL 查询。psql 程序响应以反斜杠字符 "\" 开头的转义码。例如，你可以通过输入以下内容获得各种 Postgres SQL 命令的语法帮助：

dbname=> \h

一旦在工作区中输入完查询，你可以通过输入以下内容把工作区的内容传递给 Postgres 服务器：

dbname=> \g

这告诉服务器处理该查询。如果你用分号终止查询，就不需要 backslash-g。psql 会自动处理以分号终止的查询。要从文件中读取查询而不是交互式地输入，输入：

dbname=> \i filename

要退出 psql 并返回 Unix，输入

dbname=> \q

psql 将退出并把你返回到命令 shell。（关于更多转义码，在监视提示符下输入 backslash-h。）空白（即空格、制表符和换行符）可以在 SQL 查询中自由使用。单行注释用两个连字符（"--"）表示。连字符之后直到行尾的所有内容都被忽略。多行注释以及行内注释用 "/* ... */" 表示，这是从 Ingres 借来的约定。

6.3. 删除数据库

数据库使用命令 `DROP DATABASE` 删除：

```
DROP DATABASE name
```

只有数据库的拥有者（即创建它的用户）才能删除数据库。
删除数据库会移除其中包含的全部对象。数据库的销毁无法撤销。

当连接到目标数据库时，不能执行 `DROP DATABASE` 命令。不过，你可以连接到任何其他数据库，包括 `template1` 数据库，后者将是删除某个给定安装中最后一个数据库时的唯一选择。

为了方便，还有一个 shell 程序可以删除数据库：

```
dropdb dbname
```

（与 `createdb` 不同，删除与当前用户名同名的数据库并不是默认操作。）

第 7 章 数据库用户和权限

管理数据库用户及其权限在概念上类似于 Unix 操作系统的做法，但又没有相似到不需要解释的程度。

7.1. 数据库用户

数据库用户在概念上与任何操作系统用户完全分离。实践中维持对应关系可能方便，但这不是必需的。

数据库用户名在整个数据库集簇安装中是全局的（而不是每个数据库单独的）。

要创建用户，使用 `CREATE USER SQL` 命令：

```
CREATE USER name
```

`name` 遵循 SQL 标识符的规则：要么是不带特殊字符的普通形式，要么用双引号括起。要移除现有的用户，使用类似的 `DROP USER` 命令。

为了方便，shell 脚本 `createuser` 和 `dropuser` 是这些 SQL 命令的包装。

为了引导数据库系统，新初始化的系统总是包含一个预定义的用户。

这个用户与初始化该区域的操作系统用户同名（并且大概也被用作运行服务器的用户）。

因此，通常存在一个初始用户“`postgres`”。要创建更多用户，

你必须先以这个初始用户身份连接。

特定数据库连接所用的用户名由发起连接请求的客户端以应用特定的方式指明。例如，`psql` 程序用 `-U` 命令行选项指明要连接的用户。给定客户端连接可以以哪些数据库用户身份连接，由客户端认证设置决定，如第 4 章所述。（因此，客户端不一定只能与其操作系统用户同名，就像一个人的登录名不受其真实姓名约束一样。）

7.1.1. 用户属性

数据库用户可以具有一些定义其权限并与客户端认证系统交互的属性。

superuser

数据库超级用户绕过所有权限检查。而且，只有超级用户才能创建新用户。

要创建数据库超级用户，使用 `CREATE USER name CREATEUSER`。

数据库创建

必须显式给用户创建数据库的权限（超级用户除外，因为超级用户绕过所有权限检查）。

要创建这样的用户，使用 `CREATE USER name CREATEDB`。

password

只有当客户端认证使用口令认证时，口令才有意义。

数据库口令与任何操作系统口令都是分开的。创建用户时按 `CREATE USER name WITH PASSWORD 'string'` 的形式指定口令。

See the reference pages for `CREATE USER` and `ALTER USER` for details.

7.2. 组

与 Unix 中一样，组是对用户进行逻辑分组的一种方法。要创建组，使用

```
CREATE GROUP name
```


要分别向组中添加用户或从组中删除用户，使用

```
ALTER GROUP name ADD USER uname1, ...  
ALTER GROUP name DROP USER uname1, ...
```

7.3. 权限

创建数据库对象时，它会被指派一个所有者。所有者是执行创建语句的用户。目前没有更改数据库对象所有者的完善接口。默认情况下，只有所有者（或超级用户）才能对对象做任何操作。为了让其他用户能使用它，必须授予权限。

目前有四种不同的权限：`select`（读）、`insert`（追加）和 `update/delete`（写），以及 `RULE`，即在表上创建重写规则的权限。修改或销毁对象的权利始终只属于所有者。要授予权限，使用 `GRANT` 命令。因此，如果 `joe` 是一个现有用户，`accounts` 是一个现有的表，写访问权限可以用下面的命令授予：

```
GRANT UPDATE ON accounts TO joe;
```

执行这条命令的用户必须是表的所有者。要向组授予权限，使用

```
GRANT SELECT ON accounts TO GROUP staff;
```

特殊“用户”名 `PUBLIC` 可用来向系统中的每个用户授予权限。用 `ALL` 代替具体的权限就表示授予所有权限。

要收回权限，使用名字同样贴切的 `REVOKE` 命令：

```
REVOKE ALL ON accounts FROM PUBLIC;
```

表拥有者持有的权限集总是隐含的，永远不能被收回。

7.4. 函数和触发器

函数和触发器允许用户把代码插入到后端服务器中，其他用户可能在不知情的情况下执行它。因此，这两种机制都允许用户相对不受惩罚地特洛伊木马他人。唯一真正的保护是严格控制谁可以定义函数（例如写入 `SQL` 字段的关系）和触发器。对系统目录 `pg_class`、`pg_user` 和 `pg_group` 做审计跟踪和告警也是可行的。

用 `SQL` 之外的语言编写的函数在后端服务器进程内运行，拥有数据库服务器守护进程的操作系统权限。从受信任函数内部就有可能更改服务器的内部数据结构。因此，除了许多其他事情之外，这样的函数可以绕过任何系统访问控制。这是用户定义 `C` 函数的固有问题。

第 8 章 备份与恢复

与任何包含有价值数据的事物一样，Postgres 数据库也应定期备份。虽然这个过程基本上很简单，但理解其底层技术和前提假设的基本概念非常重要。

备份Postgres数据有两种根本不同的方法：

- SQL 转储
- 文件系统级别的备份

8.1. SQL 转储

这种方法的思路是生成一个包含 SQL 命令的文本文件，当把这些命令送回服务器时，服务器会把数据库重建为转储时的状态。Postgres为此提供了工具程序 `pg_dump`。该命令的基本用法是：

```
pg_dump dbname > outfile
```

如你所见，`pg_dump`把结果写到标准输出。我们将在下面看到这样做的用处。

`pg_dump`是一个常规的Postgres客户端应用（尽管是一个特别聪明的应用）。这意味着你可以从任何能访问数据库的远程主机上执行这个备份过程。但请记住，`pg_dump`并不会以特殊的权限运行。特别是，你必须对所有想要备份的表拥有读权限，因此在实践中你几乎总是必须是数据库超级用户。

要指定`pg_dump`应当连接哪个数据库服务器，可以使用命令行选项 `-h` *host* 和 `-p` *port*。默认主机是本地主机，或者由 `PGHOST` 环境变量指定的主机。类似地，默认端口由 `PGPORT` 环境变量指示，若未设置，则使用编译时的默认值。（方便的是，服务器通常也有相同的编译时默认值。）

与任何其他Postgres客户端应用一样，`pg_dump`默认以与当前 Unix 用户名相同的数据库用户名连接。要覆盖这一行为，可以指定 `-u` 选项来强制提示输入用户名，或设置环境变量 `PGUSER`。请记住，`pg_dump` 的连接同样受常规的客户端认证机制约束（这些机制在第 4 章中描述）。

`pg_dump`创建的转储在内部是一致的，也就是说，`pg_dump`运行期间对数据库的更新不会出现在转储中。`pg_dump`工作时不会阻塞数据库上的其他操作。（例外是那些需要以排他锁运行的操作，例如 `VACUUM`。）

重要

当你的数据库模式依赖于 OID（例如用作外键）时，你必须指示 `pg_dump`把 OID 也一并转储。为此，可以使用 `-o` 命令行选项。

8.1.1. 恢复转储

`pg_dump`创建的文本文件应由 `psql` 程序读入。恢复转储的一般命令形式是：

```
psql dbname < infile
```

其中 *infile* 就是你在 `pg_dump` 命令中用作 *outfile* 的文件。数据库 *dbname* 不会由此命令创建，你必须在执行 `psql` 之前自己从 `template0` 创建它（例如用 `createdb -T template0 dbname`）。`psql` 支持与 `pg_dump` 类似的用于控制数据库服务器位置和用户名的选项。更多信息见其参考页。

如果原始数据库中的对象属于不同的用户，那么转储会指示 `psql` 依次以每个受影响的用户连接，然后创建相应的对象。这样便保留了原来的属主关系。然而，这也意味着所有这些用户必须已经存在，而且你必须被允许以每个用户的身份连接。因此，可能有必要临时放宽客户端认证设置。

`pg_dump` 和 `psql` 能够写入或读取管道，这也使得把一个数据库从一台服务器直接地转储到另一台服务器成为可能，例如

```
pg_dump -h host1 dbname | psql -h host2 dbname
```

重要

`pg_dump` 产生的转储是相对于 `template0` 的。这意味着任何添加到 `template1` 中的语言、过程等也会被 `pg_dump` 转储。因此，恢复时如果你使用了定制的 `template1`，就必须像上面的例子那样从 `template0` 创建空数据库。

8.1.2. 使用 `pg_dumpall`

上述机制在备份整个数据库集群时既繁琐又不合适。为此提供了 `pg_dumpall` 程序。`pg_dumpall` 备份给定集群中的每个数据库，同时确保用户和组等全局数据的状态得到保留。`pg_dumpall` 的调用序列很简单：

```
pg_dumpall > outfile
```

得到的转储可以按上文所述用 `psql` 恢复。但这种情况下你肯定需要数据库超级用户权限，因为恢复用户和组信息需要这样的权限。

`pg_dumpall` 有一个小缺陷：它没有为逐一交互式认证它所转储的每个数据库做准备。如果你使用的是口令认证，就需要设置环境变量 `PGPASSWORD`，以便把口令传达给底层的 `pg_dump` 调用。更严重的是，如果你为每个数据库设置了不同的口令，那么 `pg_dumpall` 将会失败。你可以为备份目的选择一种不同的认证机制，或者按你的需要修改 `pg_dumpall` shell 脚本。

8.1.3. 大型数据库

致谢

本文最初由 Hannu Krosing (<hannu@trust.ee>) 写于 1999-06-19

由于 Postgres 允许表大于系统上的最大文件尺寸，把该表转储到一个文件可能会成问题，因为得到的文件很可能大于系统允许的最大尺寸。由于 `pg_dump` 可以写到标准输出，你可以直接使用标准 `*nix` 工具来绕过这个潜在问题。

使用压缩转储。 使用你喜欢的压缩程序，例如 `gzip`。

```
pg_dump dbname | gzip > filename.gz
```

恢复时用：

```
createdb dbname
gunzip -c filename.gz | psql dbname
```

或者：

```
cat filename.gz | gunzip | psql dbname
```

使用split。。 它允许你把输出分割成底层文件系统可接受大小的块。例如，要切分为 1 MB 的块：

```
pg_dump dbname | split -b 1m - filename
```

恢复时用：

```
createdb dbname
cat filename.* | psql dbname
```

使用定制转储格式 (V7.1)。。 如果 PostgreSQL 是在安装了 zlib 压缩库的系统上构建的，定制转储格式会在把数据写入输出文件时压缩数据。对于大型数据库，这会产生与使用 gzip 相当的转储尺寸，而且还有一个额外的优点：可以选择性地恢复部分表。

下面的命令用定制转储格式转储一个数据库：

```
pg_dump -Fc dbname > filename
```

详情见pg_dump和pg_restore的参考页。

8.1.4. 注意事项

pg_dump（相应地也包括pg_dumpall）有一些限制，这些限制源于从系统目录中重建某些信息的困难。

具体来说，pg_dump写对象的顺序并不十分精巧。例如，当函数被用作列默认值时，这可能导致问题。唯一的解决办法是手动对转储重新排序。如果你在模式中创建了循环依赖，那么你要做的工作会更多。

出于向后兼容的原因，pg_dump默认不转储大对象。要转储大对象，你必须使用定制输出格式或 TAR 输出格式，并在 pg_dump中使用 -B 选项。详情见参考页。Postgres源码树的 contrib/pg_dumplo目录中也包含一个可以转储大对象的程序。

请熟悉pg_dump参考页。

8.2. 文件系统级别的备份

另一种备份策略是直接复制Postgres用来存储数据库中数据的文件。这些文件的位置在第 3.2 节中有说明，但如果你对这个方法感兴趣，可能早就已经找到它们了。你可以使用自己喜欢的任何常规文件系统备份方法，例如：

```
tar -cf backup.tar /usr/local/pgsql/data
```

然而，有两个限制使这种方法不实用，或者至少不如pg_dump 方法：

1. 为了得到可用的备份，数据库服务器必须被关闭。
诸如禁止所有连接之类的折中办法是行不通的，因为总会有一些缓冲在进行。因此，也不建议信任那些声称支持“一致快照”的文件系统。关于停止服务器的信息可以在第 3.6 节中找到。

不用说，恢复数据之前你也需要关闭服务器。

2. 如果你深入研究过文件系统布局的细节，你可能会想尝试只从各自的文件或目录中备份或恢复某些单独的表或数据库。这行不通，因为这些文件中包含的信息只是真相的一半。另一半在文件 pg_log中，其中包含所有事务的提交状态。一个表文件只有配合这些信息才可用。当然，只恢复一个表及相关的pg_log 文件也是不可能的，因为那将使数据库集群中的所有其他表都变得不可用。

另外注意，文件系统备份不一定比 SQL 转储小。相反，它很可能会更大。（例如，pg_dump 不需要转储索引（indices）的内容，只需要转储重建它们的命令。）

8.3. 版本间的迁移

作为一般规则，Postgres的各版本之间内部数据存储格式可能发生变化。这不适用于不同的“补丁级别”；它们总是具有兼容的存储格式。例如，版本 6.5.3、7.0.1 和 7.1 互不兼容，而 7.0.2 和 7.0.1 是兼容的。在兼容的版本之间升级时，你可以直接让新的可执行文件复用磁盘上的数据目录。否则，你需要“备份”你的数据并把它“恢复”到新服务器上，使用 `pg_dump`。（有些检查可以防止你做错事，因此混淆这些事情不会造成损害。）具体的安装过程不是本节的主题，这些细节见安装指南。

把新服务器安装到另一个目录中，并让旧服务器和新服务器在不同的端口上并行运行，可以实现最短的停机时间。然后你可以用类似下面的命令：

```
pg_dumpall -p 5432 | psql -d template1 -p 6543
```

来传输你的数据，如果愿意，也可以使用中间文件。然后你可以关闭旧服务器，并在旧服务器运行的端口上启动新服务器。你应当确保在运行 `pg_dumpall` 之后数据库没有被更新，否则你显然会丢失那些数据。关于如何禁止访问，见第 4 章。在实践中，切换前你可能想先在新的配置上测试你的客户端应用。

如果无法或不想并行运行两个服务器，可以在安装新版本之前先执行备份步骤，然后关闭旧服务器、把旧版本移开、安装新版本、启动新服务器并恢复数据。例如：

```
pg_dumpall > backup
kill -INT `cat /usr/local/pgsql/postmaster.pid`
mv /usr/local/pgsql /usr/local/pgsql.old
cd /usr/src/postgresql-7.1
gmake install
initdb -D /usr/local/pgsql/data
postmaster -D /usr/local/pgsql/data
psql < backup
```

有关启动和停止服务器的方式及其他细节，见第 3 章。安装说明会提示执行这些步骤的合适位置。

注意

当你“把旧安装移开”时，它就不再完全可用了。安装的某些部分包含其他部分所在位置的信息。这通常不是大问题，但如果你计划让两个安装并行使用一段时间，应当在构建时就给它们分配不同的安装目录。

第 9 章 预写式日志 (WAL)

Author

Vadim Mikheev 和 Oliver Elphick

9.1. 总体描述

预写式日志 (WAL) 是一种标准的事务日志方法。

它的详细描述可以在大多数 (即使不是全部) 关于事务处理的书中找到。简言之, WAL 的核心概念是: 对数据文件 (表和索引所在之处)

的更改必须只在这些更改被记录之后写入——也就是在日志记录已刷写到永久存储之后。

When we follow this procedure, we do not need to flush data pages to disk on every transaction commit, because we know that in the event of a crash we will be able to recover the database using the log: any changes that have not been applied to the data pages will first be redone from the log records (this is roll-forward recovery, also known as REDO) and then changes made by uncommitted transactions will be removed from the data pages (roll-backward recovery - UNDO).

9.1.1. WAL 的直接收益

使用 WAL 的第一个明显好处是大幅减少磁盘写入次数, 因为在事务提交时只需要把日志文件刷写到磁盘; 在多用户环境中, 许多事务的提交可以通过对日志文件的一次 `fsync()` 完成。此外, 日志文件是顺序写入的, 因此同步日志的代价远小于刷写数据页的代价。

下一个好处是数据页的一致性。事实是, 在 WAL 之前, PostgreSQL 从不能保证崩溃后的一致性。在 WAL 之前, 写入期间的任何崩溃都可能导致:

1. 索引元组指向不存在的表行
2. 索引元组在分裂操作中丢失
3. 由于数据页部分写入, 表或索引页内容完全损坏

索引的问题 (问题 1 和 2) 或许可以通过额外的 `fsync()` 调用修复, 但如果没有 WAL, 如何处理最后一种情况并不明显; WAL 在需要时会把整个数据页内容保存在日志中, 以确保崩溃后恢复的页面一致性。

9.1.2. 未来的收益

In this first release of WAL, UNDO operation is not implemented, because of lack of time. This means that changes made by aborted transactions will still occupy disk space and that 我们仍需要一个保存事务状态的永久 `pg_log` 文件, 因为事务标识符不能重用。一旦实现了 UNDO, `pg_log` 就不再需要是永久的; 可以在关机时删除 `pg_log`、把它分段并删除旧段。

有了 UNDO, 还可以实现保存点, 允许部分回滚无效的事务操作 (命令输错导致的解析错误、插入重复的主键/唯一键等), 同时能够继续或提交事务在出错之前所做的有效操作。目前, 任何错误都会使整个事务无效并要求中止事务。

WAL 为数据库在线备份和恢复 (BAR) 的新方法提供了机会。要使用这种方法, 需要定期把数据文件保存到另一块磁盘、磁带或另一台主机, 并归档 WAL 日志文件。数据库文件副本和归档的日志文件可以像崩溃后恢复那样用于恢复。每次制作新的数据库文件副本后,

旧的日志文件就可以删除。实现这一功能需要记录数据文件和索引的创建与删除；还需要开发一种复制数据文件的方法（操作系统的复制命令并不合适）。

9.2. 实现

从 7.1 版开始 WAL 自动启用。管理员无需任何操作，只需确保满足 WAL 日志的额外磁盘空间需求，并完成必要的调优（见第 9.3 节）。

WAL 日志存储在目录 `$PGDATA/pg_xlog` 中，作为一组段文件，每个大小为 16 MB。每个段划分为 8 kB 的页。日志记录头在 `access/xlog.h` 中描述；记录内容取决于所记录事件的类型。段文件以顺序数字命名，从 0000000000000000 开始。目前数字不会回绕，但用尽可用数字也需要非常长的时间。

WAL 缓冲区和控制结构位于共享内存中，由后端处理；它们由自旋锁保护。对共享内存的需求取决于缓冲区的数量；WAL 缓冲区的默认大小是 64 kB。

如果日志与主数据库文件位于不同的磁盘上会更有利。这可以通过把目录 `pg_xlog` 移到另一个位置（当然要在 `postmaster` 关闭时）并从 `$PGDATA` 中的原位置创建指向新位置的符号链接来实现。

The aim of WAL, to ensure that the log is written before database records are altered, may be subverted by disk drives that falsely report a successful write to the kernel, when, in fact, they have only cached the data and not yet stored it on the disk. A power failure in such a situation may still lead to 不可恢复的数据损坏；管理员应尽量确保存放 PostgreSQL 数据和日志文件的磁盘不做这样的虚假报告。

9.2.1. 用 WAL 进行数据库恢复

After a checkpoint has been made and the log flushed, the checkpoint's position is saved in the file `pg_control`. Therefore, when recovery is to be 时, 后端先读取 `pg_control` 和检查点记录；接着读取其位置保存在检查点中的重做记录，并开始 REDO 操作。因为检查点后第一次修改页时页面的完整内容都保存在日志中，页面将先被恢复到一致的状态。

Using `pg_control` to get the checkpoint position speeds up the recovery process, but to handle possible corruption of `pg_control`, we should actually 实现以相反顺序——从最新到最旧——读取现有日志段来找到最后一个检查点。这一点在 7.1 版中尚未完成。

9.3. WAL 配置

有若干影响数据库性能的与 WAL 相关的参数。本节说明它们的用法。设置配置参数的详情请查阅第 3.4 节。

有两个常用的 WAL 函数：`LogInsert` 和 `LogFlush`。`LogInsert` 用于把一条新记录放入共享内存中的 WAL 缓冲区。如果没有空间放新记录，`LogInsert` 就不得不写出（移入内核缓存）几个已满的 WAL 缓冲区。这并不理想，因为 `LogInsert` 在每次数据库低层修改（例如元组插入）时都会被使用，而那时受影响的数据页上正持有排他锁，该操作应当尽可能快；更糟的是，写出 WAL 缓冲区还可能引发创建新的日志段，这需要更多时间。正常情况下，WAL 缓冲区应当由 `LogFlush` 请求写出并刷写，该请求大部分在事务提交时发出，以确保事务记录被刷写到永久存储。在日志输出很高的系统上，`LogFlush` 请求可能不够频繁，无法阻止 WAL 缓冲区被 `LogInsert` 写出。在这样的系统上，应当通过修改 `WAL_BUFFERS` 参数来增加 WAL 缓冲区的数量。WAL 缓冲区的默认数量是 8。增大这个值将影响共享内存的使用。

检查点是事务序列中保证数据文件已用检查点之前记录的所有信息更新过的点。在检查点时刻，所有脏数据页被刷写到磁盘，并向日志文件写入一条特殊的检查点记录。结果是，一旦发生崩溃，恢复者就知道应从日志中的哪条记录（称为重做记录）开始 REDO

操作，因为在该记录之前对数据文件所做的任何更改都已在磁盘上。做完检查点之后，重做记录之前写入的任何日志段都会被删除，因此检查点也被用来释放 WAL 目录中的磁盘空间。（当实现了基于 WAL 的 BAR 时，日志段可以被归档而不仅仅是删除。）检查点生成器还能为将来的使用创建几个日志段，以避免 LogInsert 或 LogFlush 花时间创建它们。

WAL 日志以一组称为段的 16 MB 文件的形式保存在磁盘上。默认情况下，只有当前段用了超过 75% 时才创建新段。可以通过修改配置参数 `WAL_FILES` 让服务器在检查点时预创建最多 64 个日志段。

为了崩溃后恢复更快，更频繁地创建检查点会更好。但应把这与刷写脏数据页的成本相权衡；此外，为确保数据页一致性，每个检查点后对数据页的第一次修改会导致记录整个页面内容，从而增加日志输出和日志的大小。

`postmaster` 每隔一段时间派生一个专门的后端进程来创建下一个检查点。每 `CHECKPOINT_SEGMENTS` 个日志段或每 `CHECKPOINT_TIMEOUT` 秒（以先到者为准）创建一个检查点。默认设置分别是 3 段和 300 秒。也可以用 SQL 命令 `CHECKPOINT` 强制检查点。

The `COMMIT_DELAY` parameter defines for how many microseconds the backend will sleep after writing a commit record to the log with `LogInsert` but before performing a `LogFlush`. This delay allows other backends to add their commit records to the log so as to have all of them flushed with a single log sync. No sleep will occur if `fsync` is not enabled or if fewer than `COMMIT_SIBLINGS` other backends are not currently in active transactions; this avoids sleeping when it's unlikely that any other backend will commit soon. 注意在大多数平台上，休眠请求的分辨率是十毫秒，因此 1 到 10000 微秒之间的任何非零 `COMMIT_DELAY` 设置效果都相同。

`WAL_SYNC_METHOD` 参数决定 Postgres 如何要求内核把 WAL 更新强制写到磁盘。All the options should be the same as far as reliability goes, but it's quite platform-specific which one will be the fastest. Note that this parameter is irrelevant if `FSYNC` has been turned off.

把 `WAL_DEBUG` 参数设为任何非零值将导致每次 `LogInsert` 和 `LogFlush` 的 WAL 调用都被记录到标准错误。目前，非零值具体是什么没有区别。这个选项将来可能被更通用的机制取代。

第 10 章 磁盘存储

本节尚待编写。FAQ 中有一些相关信息。有人愿意吗? - thomas 1998-01-11

第 11 章 数据库恢复

本节尚待编写。有人愿意吗？

第 12 章 回归测试

回归测试的说明与分析

回归测试是针对 PostgreSQL 中 SQL 实现的一套全面测试。它们既测试标准 SQL 操作，也测试 PostgreSQL 的扩展能力。这个测试套件最初由 Jolly Chen 和 Andrew Yu 开发，并经 Marc Fournier 和 Thomas Lockhart 大幅修订和重新打包。从 PostgreSQL 6.1 起回归测试对每个正式发行版都是最新的。

回归测试既可以针对一个已安装并正在运行的服务器运行，也可以使用构建树中的一个临时安装来运行。此外，还有“并行”和“顺序”两种运行测试的模式。顺序方法依次运行每个测试脚本，而并行方法会启动多个服务器进程来并行运行成组的测试。并行测试可以让人确信进程间通信和锁机制工作正常。由于历史原因，顺序测试通常针对现有安装运行，而并行方法针对临时安装运行，但这并没有技术上的原因。

要在构建之后、安装之前运行回归测试，在顶层目录中键入

```
$ gmake check
```

（或者你可以切换到 `src/test/regress` 并在那里运行该命令。）这会先构建若干辅助文件，例如平台相关的“expected”文件和一些示例用户定义触发器函数，然后运行测试驱动脚本。最后你应当看到类似

```
=====
All 76 tests passed.
=====
```

的输出，或者一条关于哪些测试失败的说明。更多信息见下文第 12.1 节。

注意

由于这种测试方法运行的是一个临时服务器，当你以 `root` 用户操作时它将无法工作（服务器不会以 `root` 启动）。如果你已经以 `root` 完成了构建，不必从头再来。只需让回归测试目录可被其他用户写入，以该用户登录，然后重新启动测试。例如

```
root# chmod -R a+w src/test/regress
root# su - joeuser
joeuser$ gmake check
```

（这里唯一可能的“安全风险”是其他用户可能背着你篡改回归测试结果。管理用户权限时请运用常识。）

或者，在安装之后运行测试。

提示

在某些系统上，默认的 Bourne 兼容 shell (`/bin/sh`) 在要并行管理太多子进程时会出问题。这可能导致并行测试运行锁死或失败。在这种情况下，在命令行上指定一个不同的 Bourne 兼容 shell，例如：

```
$ gmake SHELL=/bin/ksh check
```

要在安装之后运行测试（见第 1 章），初始化一个数据区域并启动服务器，如第 3 章所述，然后键入

```
$ gmake installcheck
```

除非 PGHOST 和 PGPORT 环境变量另有指示，测试将期望在本地主机和默认端口号上连接服务器。

12.1. 测试结果评估

某些安装正确且功能完备的 PostgreSQL 实例，可能会因为平台特有因素而在部分回归测试中“失败”，例如浮点表示和时区支持的差异。目前这些测试是通过把输出与参考系统生成的输出做简单的 diff 比较来评估的，因此结果会对细微的系统差异很敏感。报告某项测试“失败”时，请务必检查预期结果与实际结果之间的差异；你可能会发现这些差异并不重要。尽管如此，我们仍努力在所有受支持平台上维护准确的参考文件，因此原则上应期待所有测试都能通过。

回归测试的实际输出位于 `src/test/regress/results` 目录中的文件里。测试脚本使用 diff 把每个输出文件与存储在 `src/test/regress/expected` 目录中的参考输出进行比较。任何差异都会保存到 `src/test/regress/regression.diffs` 中供你检查。（如果愿意，也可以自己运行 diff。）

12.1.1. 错误消息差异

某些回归测试包含故意构造的非法输入值。错误消息可能来自 PostgreSQL 代码，也可能来自宿主平台的系统例程。在后一种情况下，消息会因平台而异，但应反映相近的信息。这类消息差异会导致回归测试显示为“失败”，但可以通过检查确认其有效性。

12.1.2. Locale 差异

这些测试期望在普通的“C” locale 中运行。当你针对临时安装运行测试时，这应当不会造成任何问题，因为回归测试驱动程序会确保以 C locale 启动服务器。但是，如果你针对一个使用非 C locale 设置的已安装服务器运行测试，可能会看到由字符串排序规则、数字和货币值格式等方面的差异引起的问题。

在某些 locale 中，产生的差异很小，很容易通过检查确认。但是，在改变了数字值格式规则的 locale 中（通常是通过交换逗号和 decimal 点的用法），某些数据值的输入将会失败，从而在测试后面本应使用这些缺失数据值的地方引起大量差异。

12.1.3. 日期和时间差异

大多数日期和时间结果依赖于时区环境。参考文件是为时区 PST8PDT（加利福尼亚州伯克利）生成的，如果测试不使用该时区设置运行，就会出现明显的失败。

回归测试驱动程序会把环境变量 PGTZ 设置为 PST8PDT 以确保正确的结果。但是，你必须为 PST8PDT 时区提供系统库支持，否则依赖时区的测试将会失败。要验证你的机器确实支持这一点，请键入：

```
$ env TZ=PST8PDT date
```

上面的命令应当以 PST8PDT 时区返回当前系统时间。如果 PST8PDT 时区不可用，你的系统可能返回的是 GMT 时间。如果缺少 PST8PDT 时区，你可以显式设置时区规则：

```
PGTZ='PST8PDT7,M04.01.0,M10.05.03'; export PGTZ
```

有些系统似乎不接受显式设置本地时区规则的推荐语法；在这类机器上你可能需要使用不同的 PGTZ 设置。

一些使用较老时区库的系统无法对 1970 年之前的日期应用夏令时修正，导致 1970 年前的 PDT 时间显示为 PST。这会导致测试结果中出现局部差异。

如果你在一个夏令时切换日或其前一天或后一天运行“timestamp”测试，其中少数查询会失败。这些查询假定昨天午夜、今天午夜和明天午夜之间的间隔正好是二十四小时——如果其间夏令时生效或失效，这就是错误的。

12.1.4. 浮点差异

某些测试涉及从表列计算 64 位 (double precision) 数。已经观察到涉及 double precision 列数学函数的结果存在差异。float8 和 geometry 测试尤其容易在不同平台之间、甚至在不同编译器优化设置下出现微小差异。需要人工目测比较来确定这些差异的真实意义，它们通常出现在小数点右侧第 10 位。

某些系统对 pow() 和 exp() 发出错误的方式，与当前 PostgreSQL 代码所预期的机制不同。

12.1.5. 多边形差异

若干测试涉及对加利福尼亚州奥克兰/伯克利街道地图地理数据的操作。地图数据被表示为多边形，其顶点用一对 double precision 数（十进制纬度和经度）表示。首先创建一些表并装入地理数据，然后创建一些使用多边形相交操作符 (##) 连接两个表的视图，再对视图做一次 select。

在比较不同平台的结果时，差异出现在小数点右侧第 2 或第 3 位。出现这些问题的 SQL 语句是：

```
SELECT * from street;  
SELECT * from iexit;
```

12.1.6. 元组顺序差异

你可能会看到这样的差异：同样的元组在输出中的顺序与预期文件中的顺序不同。在大多数情况下，严格说来这并不是缺陷。大多数回归测试脚本并没有细致到为每一个 SELECT 都使用 ORDER BY，因此按 SQL 规范，它们的结果元组顺序并没有良好定义。实际上，由于我们看到的是同一软件在同一数据上执行相同查询，通常在所有平台上都会得到相同的结果顺序，所以缺少 ORDER BY 并不是问题。不过，有些查询确实会表现出跨平台的顺序差异。（非 C 区域设置也可能触发顺序差异。）

因此，如果你看到顺序差异，一般无需担心，除非查询确实包含 ORDER BY 而你的结果违反了它。不过，仍请报告该问题，这样我们可以为那个特定查询加上 ORDER BY，以在后续版本中消除这种虚假的“失败”。

你可能会好奇，为什么我们不显式地对所有回归测试 SELECT 排序，从而一劳永逸地解决这个问题。原因在于，那样反而会降低回归测试的价值，因为测试会倾向于覆盖能产生有序结果的查询计划类型，而排除那些不能产生有序结果的计划类型。

12.1.7. “random” 测试

“random” 测试脚本中至少有一种情况旨在产生随机结果。这会使 random 回归测试偶尔（也许每五到十次尝试一次）失败。键入

```
diff results/random.out expected/random.out
```

应当只产生一行或几行差异。除非随机测试在反复尝试中总是失败，否则不必担心。（另一方面，如果在回归测试的多次尝试中随机测试从未被报告失败，你可能确实应该担心。）

12.2. 平台相关的比较文件

由于某些测试固有的会产生与平台相关的结果，我们提供了一种提供平台相关结果比较文件的方法。通常，同一种变化适用于多个平台；与其为每个平台提供一个单独的比较文件，不如用一个映射文件来定义使用哪个比较文件。因此，要消除特定平台上虚假的测试“失败”，你必须选择或制作一个变体结果文件，然后向映射文件 `resultmap` 中添加一行。

映射文件中的每一行的形式是

```
testname/platformpattern=comparisonfilename
```

测试名就是特定回归测试模块的名称。平台模式是一个 `expr(1)` 风格的模式（即一个在开头隐式带有 `^` 锚点的正则表达式）。它是与 `config.guess` 输出的平台名后跟 `:gcc` 或 `:cc` 进行匹配（取决于你使用的是 GNU 编译器还是系统原生编译器，在有差异的系统上）。比较文件名是替代结果比较文件的名称。

例如：int2 回归测试包含一个故意输入的、大到无法放入 int2 的值。所产生的具体错误消息是平台相关的；我们的参考平台发出

```
ERROR:  pg_atoi: error reading "100000": Numerical result out of
range
```

但相当多的其他 Unix 平台发出

```
ERROR:  pg_atoi: error reading "100000": Result too large
```

因此，我们提供了一个变体比较文件 `int2-too-large.out`，其中包含这种拼写的错误消息。为了在 HPPA 平台上消除虚假的“失败”消息，`resultmap` 中包含了

```
int2/hppa=int2-too-large
```

它会在任何 `config.guess` 的输出以“hppa”开头的机器上触发。`resultmap` 中的其他行为其他合适的平台选择变体比较文件。

附录 A. 发布说明

A.1. 版本 7.1.3

发行日期
2001-08-15

A.1.1. 迁移到版本 7.1.3

对于运行 7.1.X 的用户，不需要进行转储/恢复。

A.1.2. 变更

移除大事务的无用 WAL 段 (Tom)
多动作规则修复 (Tom)
PL/pgSQL 内存分配修复 (Jan)
VACUUM 缓冲区修复 (Tom)
回归测试修复 (Tom)
pg_dump 修复视图、用户定义类型上的 GRANT/REVOKE/注释 (Tom)
修复带 DISTINCT ON 或 LIMIT 的子选择 (Tom)
BeOS 修复
禁止对视图执行 COPY TO/FROM (Tom)
Cygwin 构建 (Jason Tishler)

A.2. 版本 7.1.2

发行日期
2001-05-11

本次发布包含对 7.1.1 的一项修复。

A.2.1. 迁移到版本 7.1.2

对于运行 7.1.X 的用户，不需要进行转储/恢复。

A.2.2. 变更

修复 PL/pgSQL SELECT 未返回行时的问题
修复 psql 反斜杠命令核心转储
引用完整性权限修复
优化器修复
pg_dump 清理

A.3. 版本 7.1.1

发行日期

2001-05-05

本次发布包含对 7.1 的多方面修复。

A.3.1. 迁移到版本 7.1.1

对于运行 7.1 的用户，不需要进行转储/恢复。

A.3.2. 变更

修复 numeric 的 MODULO 操作符 (Tom)
 pg_dump 修复 (Philip)
 pg_dump 可以转储 7.0 数据库 (Philip)
 readline 4.2 修复 (Peter E)
 JOIN 修复 (Tom)
 AIX、MSWIN、VAX、N32K 修复 (Tom)
 多字节修复 (Tom)
 Unicode 修复 (Tatsuo)
 优化器改进 (Tom)
 修复函数中的整元组 (Tom)
 修复 pg_ctl 处理带空格选项字符串的问题 (Peter E)
 ODBC 修复 (Hiroshi)
 EXTRACT 现在可以接受字符串参数 (Thomas)
 Python 修复 (Darcy)

A.4. 版本 7.1

发行日期

2001-04-13

此发行版的重点是移除 PostgreSQL 代码中存在多年的限制。

此发行版的主要变更：

预写日志 (WAL)

为了在操作系统崩溃时保持数据库一致性，以前的 PostgreSQL 发行版强制在每次事务提交之前将所有数据修改写入磁盘。有了 WAL，只需将一个日志文件刷写到磁盘，从而大大改进了性能。如果你在以前的发行版中使用 -F 来禁用磁盘刷写，现在可以考虑停止使用它。

TOAST

TOAST -- 以前的发行版有编译期行长度限制，通常为 8k - 32k。这一限制使长文本字段的存储很困难。有了 TOAST，任意长度的长行都能以良好的性能存储。

外连接

我们现在支持外连接。用于模拟外连接的 UNION/NOT IN 变通方法不再需要。我们使用 SQL92 外连接语法。

函数管理器

以前的 C 函数管理器不能正确处理空值，也不支持 64 位 CPU (Alpha)。新的函数管理器可以。你可以继续使用旧的自定义函数，但将来可能需要重写它们以使用新的函数管理器调用接口。

复杂查询

大量以前发行版不支持的复杂查询现在可以工作了。视图、聚合、UNION、LIMIT、游标、子查询和继承表的许多组合现在都能正常工作。默认情况下现在会访问继承表。FROM 中的子查询现在受支持。

A.4.1. 迁移到版本 7.1

希望从任何以前的发行版迁移数据的用户，需要使用 pg_dump 进行转储/恢复。

A.4.2. 变更

缺陷修复

大量多字节/Unicode/区域设置修复 (Tatsuo 等)
 更可靠的 ALTER TABLE RENAME (Tom)
 Kerberos V 修复 (David Wragg)
 修复目标列表带子查询的 INSERT INTO...SELECT (Tom)
 在标准错误上提示用户名/口令 (Bruce)
 大对象 inv_read/inv_write 修复 (Tom)
 to_char()、to_date()、to_ascii() 和 to_timestamp() 的修复 (Karel, Daniel Baldoni)
 防止查询表达式泄漏内存 (Tom)
 允许更新数组元素 (Tom)
 取消时唤醒锁等待者 (Hiroshi)
 修复使用哈希连接时罕见的游标崩溃 (Tom)
 修复已回滚事务中的 DROP TABLE/INDEX (Hiroshi)
 修复启用 MULTIBYTE 时 psql \l+ 的崩溃 (Peter E)
 修复 CREATE VIEW 期间规则名被截断的问题 (Ross Reedstrom)
 修复 PL/perl (Alex Kapranoff)
 禁止对视图执行 LOCK (Mark Hollomon)
 禁止对视图执行 INSERT/UPDATE/DELETE (Mark Hollomon)
 禁止对视图执行 DROP RULE、CREATE INDEX、TRUNCATE (Mark Hollomon)
 允许 PL/pgSQL 接受非 ASCII 标识符 (Tatsuo)
 允许视图正确处理 GROUP BY、聚合、DISTINCT (Tom)
 修复 TRUNCATE 命令的罕见失败 (Tom)
 允许 UNION/INTERSECT/EXCEPT 与 ALL、子查询、视图、DISTINCT、ORDER BY、SELECT...INTO 一起使用 (Tom)
 修复已中止事务期间解析器的失败 (Tom)
 允许临时关系正确清理索引 (Bruce)
 修复 VACUUM 在同一页内移动行的问题 (Tom)
 修改 pg_dump 以更好地处理 template1 中的用户自定义项 (Philip)
 允许在视图中使用 LIMIT (Tom)
 要求游标 FETCH 遵守 LIMIT (Tom)
 允许在继承列上定义 PRIMARY/FOREIGN KEY (Stephan)
 允许子查询中的 ORDER BY、LIMIT (Tom)
 允许在 CREATE RULE 中使用 UNION (Tom)
 使 ALTER/DROP TABLE 可回滚 (Vadim, Tom)
 将 initdb 的排序规则存入 pg_control，使排序规则无法被更改 (Tom)
 修复带规则的 INSERT...SELECT (Tom)
 修复视图和子选择内部的 FOR UPDATE (Tom)
 修复 OVERLAPS 操作符使其在 NULL 处理上符合 SQL92 规范 (Tom)
 修复 lpad() 和 rpad() 以处理长度小于输入字符串的情况 (Tom)

修复某些规则中 NOTIFY 的使用 (Tom)
全面翻修 btree 代码 (Tom)
修复 PL/pgSQL 变量中 NOT NULL 的使用 (Tom)
全面翻修 GIST 代码 (Oleg)
修复 CLUSTER 以保留约束和列默认值 (Tom)
改进的死锁检测处理 (Tom)
允许表中有多列 SERIAL (Tom)
防止偶发的索引损坏 (Vadim)

增强

添加外连接 (Tom)
函数管理器全面翻修 (Tom)
允许对索引执行 ALTER TABLE RENAME (Tom)
改进 CLUSTER (Tom)
改进更多平台上的 ps 状态显示 (Peter E、Marc)
改进 CREATE FUNCTION 失败消息 (Ross)
JDBC 改进 (Peter、Travis Bauer、Christopher Cain、William Webber、Gunnar)
大一统配置方案/GUC。现在许多选项可以在 data/postgresql.conf、
postmaster/postgres 标志或 SET 命令中设置 (Peter E)
改进文件描述符缓存的处理 (Tom)
关于自动创建表别名的新的警告代码 (Bruce)
全面翻修 initdb 流程 (Tom、Peter E)
继承表的全面翻修；默认情况下现在会访问继承表；
新的 ONLY 关键字可阻止这一点 (Chris Bitmead、Tom)
ODBC 清理/改进 (Nick Gorham、Stephan Szabo、Zoltan Kovacs、
Michael Fork)
允许重命名临时表 (Tom)
全面翻修内存管理器上下文 (Tom)
pg_dumpall 使用 CREATE USER 或 CREATE GROUP 而不是 COPY (Peter E)
全面翻修 pg_dump (Philip Warner)
允许 pg_hba.conf 辅助口令文件只指定用户名 (Peter E)
创建临时表时允许使用 TEMPORARY 或 TEMP 关键字 (Bruce)
新的内存泄漏检查器 (Karel)
新的 SET SESSION CHARACTERISTICS (Thomas)
允许嵌套块注释 (Thomas)
添加 WITHOUT TIME ZONE 类型限定符 (Thomas)
新的 ALTER TABLE ADD CONSTRAINT (Stephan)
整数聚合使用 NUMERIC 累加器 (Tom)
全面翻修聚合代码 (Tom)
新的 VARIANCE 和 STDDEV() 聚合
改进 pg_dump 的依赖排序 (Philip)
新的 pg_restore 命令 (Philip)
新的 pg_dump tar 输出选项 (Philip)
新的大对象 pg_dump (Philip)
LIKE 的新 ESCAPE 选项 (Thomas)
新的不区分大小写的 LIKE — ILIKE (Thomas)
允许函数索引使用二进制兼容类型 (Tom)
允许 SQL 函数在更多上下文中使用 (Tom)
新的 pg_config 工具 (Peter E)
新的 PL/pgSQL EXECUTE 命令，允许动态 SQL 和工具语句 (Jan)
用于 SPI 值访问的新的 PL/pgSQL GET DIAGNOSTICS 语句 (Jan)
新的 quote_identifiers() 和 quote_literal() 函数 (Jan)
新的 ALTER TABLE table OWNER TO user 命令 (Mark Hollomon)
允许 FROM 中的子选择，即 FROM (SELECT ...) [AS] alias (Tom)
更新 PyGreSQL 到 3.1 版 (D'Arcy)
表存储为以 OID 命名的文件 (Vadim)

新的 SQL 函数 `setval(seq, val, bool)` 供 `pg_dump` 使用 (Philip)
要求用 `DROP VIEW` 删除视图, 不能用 `DROP TABLE` (Mark)
允许 `DROP VIEW view1, view2` (Mark)
允许 `DROP INDEX`、`DROP RULE` 和 `DROP TYPE` 中有多个对象 (Tom)
允许与 Unicode 的自动双向转换 (Tatsuo、Eiji)
新的 `/contrib/pgcrypto` 哈希函数 (Marko Kreen)
新的 `pg_dumpall --globals-only` 选项 (Peter E)
用于 WAL 的新的 `CHECKPOINT` 命令, 它创建新的 WAL 日志文件 (Vadim)
新的 `AT TIME ZONE` 语法 (Thomas)
允许配置 Unix 域套接字的位置 (David J. MacKenzie)
允许 `postmaster` 监听特定 IP 地址 (David J. MacKenzie)
允许通过前导斜杠在主机名中指定套接字路径名 (David J. MacKenzie)
允许 `CREATE DATABASE` 指定模板数据库 (Tom)
将 MySQL 模式转储转换为 SQL92 和 PostgreSQL 的新工具 (Thomas)
新的 `/contrib/rserve` 复制工具包 (Vadim)
`COPY BINARY` 的新文件格式 (Tom)
新的 `/contrib/oid2name`, 将数字文件映射为表名 (B Palmer)
新的 "idle in transaction" ps 状态消息 (Marc)
更新到 `pgaccess 0.98.7` (Constantin Teodorescu)
`pg_ctl` 关闭时现在默认 `-w` (等待), 新的 `-l` (日志) 选项
为 `pg_dump` 添加初步的依赖检查 (Philip)

类型

修复 `INET/CIDR` 类型排序并添加新函数 (Tom)
使 `OID` 表现为无符号类型 (Tom)
允许 `BIGINT` 作为 `INT8` 的同义词 (Peter E)
新的 `int2` 和 `int8` 比较操作符 (Tom)
新的 `BIT` 和 `BIT VARYING` 类型 (Adriaan Joubert、Tom、Peter E)
由于 `TOAST`, `CHAR()` 不再比 `VARCHAR()` 快 (Tom)
新的 `GIST seg/cube` 示例 (Gene Selkov)
改进的 `round(numeric)` 处理 (Tom)
修复 `CIDR` 输出格式 (Tom)
新的 `CIDR abbrev()` 函数 (Tom)

性能

预写日志 (WAL) 以更低的性能开销提供崩溃恢复 (Vadim)
`VACUUM` 的 `ANALYZE` 阶段不再独占锁定表 (Bruce)
减少文件寻道 (Denis Perchine)
改进重复键的 `BTREE` 代码 (Tom)
将所有大对象存储在单个表中 (Denis Perchine、Tom)
改进内存分配性能 (Karel、Tom)

源代码

新的函数管理器调用约定 (Tom)
`SGI` 可移植性修复 (David Kaelbling)
新的 `configure --enable-syslog` 选项 (Peter E)
新的 `BSDI README` (Bruce)
`configure` 脚本移到顶层, 不在 `/src` 中 (Peter E)
`Makefile/配置/编译` 全面翻修 (Peter E)
新的 `configure --with-python` 选项 (Peter E)
`Solaris` 清理 (Peter E)
全面翻修 `/contrib Makefile` (Karel)
新的 `OpenSSL` 配置选项 (Magnus、Peter E)
`AIX` 修复 (Andreas)
`QNX` 修复 (Maurizio)

新的 `heap_open()`、`heap_openr()` API (Tom)
 移除冒号和分号操作符 (Thomas)
 视图的新 `pg_class.relkind` 值 (Mark Hollomon)
 将 `ichar()` 更名为 `chr()` (Karel)
`btrim()`、`ascii()`、`chr()`、`repeat()` 的新文档 (Karel)
 NT/Cygwin 修复 (Pete Forman)
 AIX 移植修复 (Andreas)
 新的 BeOS 移植 (David Reid、Cyril Velter)
 将校对者的修改添加到文档 (Addison-Wesley、Bruce)
 新的 Alpha 自旋锁代码 (Adriaan Joubert、Compaq)
 UnixWare 移植全面翻修 (Peter E)
 新的 Darwin/MacOS X 移植 (Peter Bierman、Bruce Hartzler)
 新的 FreeBSD Alpha 移植 (Alfred)
 全面翻修共享内存段 (Tom)
 添加 IBM S/390 支持 (Neale Ferguson)
 将 `macmanuf` 移到 `/contrib` (Larry Rosenman)
`syslog` 改进 (Larry Rosenman)
 新的不含用户添加内容的 `template0` 数据库 (Tom)
 新的 `/contrib/cube` 和 `/contrib/seg GIST` 示例代码 (Gene Selkov)
 允许使用 NetBSD 的 `libedit` 代替 `readline` (Peter)
 改进的汇编语言源代码格式 (Bruce)
 新的 `contrib/pg_logger`
`createdb` 的新 `--template` 选项
 新的 `contrib/pg_control` 工具 (Oliver)
 新的 FreeBSD 工具 `ipc_check`、`start-scripts/freebsd`

A.5. 版本 7.0.3

发行日期

2000-11-11

本次发布包含对 7.0.2 的多方面修复。

A.5.1. 迁移到版本 7.0.3

对于运行 7.0.* 的用户，不需要进行转储/恢复。

A.5.2. 变更

`Jdbc` 修复 (Peter)
 大对象修复 (Tom)
 修复 `COPY WITH OIDS` 的内存泄漏 (Tom)
 修复反向索引扫描 (Tom)
 修复 `SELECT ... FOR UPDATE`，使其检查重复键 (Hiroshi)
 为 `configure` 添加 `--enable-syslog` (Marc)
 修复罕见情况下后端退出时中止事务的问题 (Tom)
 修复启用多字节时的 `psql \l+` (Tatsuo)
 允许 PL/pgSQL 接受非 ASCII 标识符 (Tatsuo)
 使 `vacuum` 总是刷新缓冲区 (Tom)
 修复以允许在等待锁时取消 (Hiroshi)
 修复用户认证代码中的内存分配问题 (Tom)
 移除对 `int4out()` 的错误使用 (Tom)
 修复 `COALESCE` 或 `BETWEEN` 中多个子查询的问题 (Tom)

修复某些情况下堆打开时触发器的失败 (Jeroen van Vianen)
修复不等号选择率的错误 (Tom)
修复 `strcmp()` 的错误使用 (Tom)
修复存储管理器访问文件末尾之后条目的缺陷 (Tom)
修复以在所有 `smgr elog` 消息中包含内核 `errno` 消息 (Tom)
修复构建时 `'.'` 不在 `PATH` 中的问题 (SL Baur)
修复文件描述符耗尽错误 (Tom)
修复以使 `pg_dump` 转储函数的 `'iscachable'` 标志 (Tom)
修复 `Append` 节点目标列表中的子选择 (Tom)
修复归并连接计划 (Tom)
修复 `TRUNCATE` 在带索引关系上的失败 (Tom)
避免写错误时整个数据库重启 (Hiroshi)
修复 `nodeMaterial` 以通过重算输出来遵守 `chgParam` (Tom)
修复元组的源和目标位于同一页时 `VACUUM` 移动更新元组链的问题 (Tom)
修复 `user.c` 的 `CommandCounterIncrement` (Tom)
修复 `to_char()` 中 `AM/PM` 边界的问题 (Karel Zak)
修复 `TIME` 聚合处理 (Tom)
修复 `to_char()` 以避免在 `NULL` 输入时核心转储 (Tom)
缓冲区修复 (Tom)
修复向 `char()` 数据类型插入/复制较长多字节字符串的问题 (Tatsuo)
修复中止时后端的崩溃 (Tom)

A.6. 版本 7.0.2

发行日期

2000-06-05

这是对 7.0.1 的重新打包，并添加了文档。

A.6.1. 迁移到版本 7.0.2

对于运行 7.* 的用户，不需要进行转储/恢复。

A.6.2. 变更

向 `tarball` 添加了文档。

A.7. 版本 7.0.1

发行日期

2000-06-01

这是针对 7.0 的清理发行版。

A.7.1. 迁移到版本 7.0.1

对于运行 7.0 的用户，不需要进行转储/恢复。

A.7.2. 变更

修复许多 CLUSTER 失败 (Tom)
 允许 ALTER TABLE RENAME 用于索引 (Tom)
 修复 plpgsql 以处理 datetime->timestamp 和 timespan->interval (Bruce)
 新的 configure --with-setproctitle 开关以使用 setproctitle() (Marc, Bruce)
 修复 6.5.3 以来 ResultSet 的差一错误, 以及更多修复。
 jdbc ResultSet 修复 (Joseph Shraibman)
 优化器调整 (Tom)
 为 pgaccess 修复 create user
 修复 UNLISTEN 失败
 IRIX 修复 (David Kaelbling)
 QNX 修复 (Andreas Kardos)
 降低 COPY IN 的锁级别 (Tom)
 更改 libpqeas 以使用 PQconnectdb() 风格的参数 (Bruce)
 修复 pg_dump 以处理 OID 索引 (Tom)
 修复小的内存泄漏 (Tom)
 Solaris 上 createdb/dropdb 的修复 (Tatsuo)
 修复非阻塞连接 (Alfred Perlstein)
 修复 RENAME TABLE 失败后的不当恢复 (Tom)
 安装时将 pg_ident.conf.sample 复制到 /lib 目录 (Bruce)
 添加 SJIS UDC (NEC selection IBM 汉字) 支持 (Eiji Tokuya)
 修复过长的 syslog 消息 (Tatsuo)
 修复带引号的过长索引的问题 (Tom)
 JDBC ResultSet.getTimestamp() 修复 (Gregory Krasnow & Floyd Marinescu)
 ecpg 变更 (Michael)

A.8. 版本 7.0

发行日期

2000-05-08

此发行版包含许多方面的改进, 展示了 PostgreSQL 的持续成长。7.0 中的改进和修复比以往任何发行版都多。开发者们相信这是迄今最好的发行版; 我们尽力只发布稳固的发行版, 这一版也不例外。

此发行版的主要变更:

外键

外键现已实现, PARTIAL MATCH 外键除外。许多用户一直在请求这一特性, 我们很高兴能提供它。

优化器全面翻修

延续一年前开始的工作, 优化器得到了改进, 能够更好地选择查询计划, 性能更快且内存使用更少。

更新的 psql

我们的交互式终端监视器 psql 已经更新, 增加了多种新特性。详情参见 psql 手册页。

连接语法

现在支持 SQL92 连接语法，不过此发行版中仅支持 `INNER JOIN`。`JOIN`、`NATURAL JOIN`、`JOIN/USING` 和 `JOIN/ON` 都可用，列相关名也可用。

A.8.1. 迁移到版本 7.0

希望从任何以前的 Postgres 发行版迁移数据的用户，需要使用 `pg_dump` 进行转储/恢复。对于从 6.5.* 升级的用户，也可以改用 `pg_upgrade` 升级到此发行版；不过，完整的转储/重装安装始终是升级最稳健的方法。

新发行版需要考虑的接口和兼容性问题包括：

- 日期/时间类型 `datetime` 和 `timespan` 已被 SQL92 定义的类型 `timestamp` 和 `interval` 取代。尽管已经做了一些工作来简化过渡 -- 允许 Postgres 识别已废弃的类型名并将它们转换为新类型名 -- 但这一机制对你现有的应用程序可能无法完全透明。
- 优化器在查询代价估算方面得到了实质性改进。在某些情况下，由于优化器为首选计划做出了更好的选择，查询时间会缩短。但是，在少数情况下（通常涉及病态的数据分布），你的查询时间可能上升。如果你处理大量数据，可能需要检查你的查询以验证性能。
- JDBC 和 ODBC 接口已升级并扩展。
- 字符串函数 `CHAR_LENGTH` 现在是原生函数。以前的版本将它转换为对 `LENGTH` 的调用，这可能与其它实现 `LENGTH` 的类型（例如几何类型）产生歧义。

A.8.2. 变更

缺陷修复

防止函数调用超出参数数量上限 (Tom)
 改进 CASE 结构 (Tom)
 修复 `SELECT coalesce(f1,0) FROM int4_tbl GROUP BY f1` (Tom)
 修复 `SELECT sentence.words[0] FROM sentence GROUP BY sentence.words[0]` (Tom)
 修复 GROUP BY 扫描缺陷 (Tom)
 SQL 语法处理的改进 (Tom)
 修复涉及 `INSERT ... SELECT ...` 的视图的问题 (Tom)
 修复 `SELECT a/2, a/2 FROM test_missing_target GROUP BY a/2` (Tom)
 修复 `INSERT ... SELECT` 中的子选择 (Tom)
 禁止 `INSERT ... SELECT ... ORDER BY` (Tom)
 修复大于 2GB 的关系（包括 vacuum）的问题
 改进系统表变更向其他后端的传播 (Tom)
 改进用户表变更向其他后端的传播 (Tom)
 修复复杂情况下临时表的处理 (Bruce、Tom)
 允许在表打开时锁定表，改进并发可靠性 (Tom)
 在 `pg_dump` 中正确为序列名加引号 (Ross J. Reedstrom)
 防止他人正在访问时 `DROP DATABASE`
 防止 GROUP BY 未处理任何行时返回行 (Tom)
 修复 `'SELECT COUNT(1) FROM table WHERE ...'` (无匹配 WHERE 的行时) (Tom)
 修复 `pg_upgrade` 使其适用于 MVCC (Tom)
 修复 `SELECT ... WHERE x IN (SELECT ... HAVING SUM(x) > 1)` (Tom)
 修复 `"f1 datetime DEFAULT 'now'"` (Tom)
 修复 DEFAULT 中使用 `CURRENT_DATE` 的问题 (Tom)
 允许纯注释行，以及 `;;;` 行。(Tom)
 改进磁盘写入失败、磁盘满之后的恢复 (Hiroshi)
 修复表在 FROM 中提到但未连接的情况 (Tom)

允许不带聚合函数的 HAVING 子句 (Tom)
修复 "--" 注释且无末尾换行的问题, 如 perl 接口中所见
改进 pg_dump 失败错误报告 (Bruce)
允许排序和哈希超过 2GB 文件大小 (Tom)
修复 pg_dump 转储继承规则的问题 (Tom)
修复 NULL 处理比较的问题 (Tom)
修复失败的 CREATE/DROP 命令导致的不一致状态 (Hiroshi)
修复带连字符的数据库名
防止 DROP INDEX 干扰其他后端 (Tom)
修复 verify_password() 中的文件描述符泄漏
修复 "Unable to identify an operator = \$" 问题
修复 ODBC, 使得启用 CommLog 和 Debug 时不再段错误 (Dirk Niggemann)
修复递归 exit 调用 (Massimo)
修复超长时区的问题 (Jeroen van Vianen)
使 pg_dump 保留主键信息 (Peter E)
防止带单引号的数据库名 (Peter E)
禁止在事务内 DROP DATABASE (Peter E)
ecpg 内存泄漏修复 (Stephen Birch)
修复 SELECT null::text、SELECT int4fac(null) 和 SELECT 2 + (null) (Tom)
Y2K 时间戳修复 (Massimo)
修复 VACUUM 的 'HEAP_MOVED_IN was not expected' 错误 (Tom)
修复带空格表/列的视图的问题 (Tom)
禁止对索引授权 (Peter E)
修复出错时自旋锁卡住的问题 (Hiroshi)
修复 Linux 上的 ipcclean
修复 NULL 约束条件的处理 (Tom)
修复 odbc 驱动中的内存泄漏 (Nick Gorham)
修复 UNION 表上的权限检查 (Tom)
修复以允许 SELECT 'a' LIKE 'a' (Tom)
修复 SELECT 1 + NULL (Tom)
CHAR 的若干修复
修复 numeric 类型的 log() (Tom)
废弃 ':' 和 ';' 操作符
允许清理临时表
禁止与新列同名的继承列
磁盘空间耗尽时恢复或强制失败 (Hiroshi)
修复 INSERT INTO ... SELECT 中 AS 列与结果列匹配的问题
修复 INSERT ... SELECT ... GROUP BY 按目标列而不是源列分组的问题 (Tom)
修复 CREATE TABLE test (a char(5) DEFAULT text '', b int4) 与 INSERT (Tom)
修复带 LIMIT 的 UNION
修复 CREATE TABLE x AS SELECT 1 UNION SELECT 2
修复 CREATE TABLE test(col char(2) DEFAULT user)
修复 CREATE TABLE ... DEFAULT 中类型不匹配的问题
修复 SELECT * FROM pg_class where oid in (0,-1)
修复 SELECT COUNT('asdf') FROM pg_class WHERE oid=12
防止能创建数据库的用户修改 pg_database 表 (Peter E)
修复 btree, 当键 > 1/2 (页 - 开销) 时给出有用的 elog (Tom)
修复向 DECIMAL(4,4) 字段插入 0.0 的问题 (Tom)

增强

新的 CLI 接口头文件 sqlcli.h, 基于 SQL3/SQL98
移除查询长度的所有限制, 行长度限制仍存在 (Tom)
将 jdbc 协议更新到 2.0 (Jens Glaser <jens@jens.de>)
添加 TRUNCATE 命令以快速截断关系 (Mike Mascari)
修复以赋予超级用户和 createdb 用户正确的目录更新权限 (Peter E)

允许 ecpg 布尔变量取 NULL 值 (Christof)
当无 NULL 指示符的变量取 NULL 值时发出 ecpg 错误 (Christof)
允许用 ^C 取消 COPY 命令 (Massimo)
添加 SET FSYNC 和 SHOW PG_OPTIONS 命令 (Massimo)
动态加载 C 函数的函数名重载 (Frankpitt)
向 libpq++ 添加 CmdTuples() (Vince)
新的 CREATE CONSTRAINT TRIGGER 和 SET CONSTRAINTS 命令 (Jan)
允许 CREATE FUNCTION/WITH 子句用于所有语言类型
configure --enable-debug 添加 -g (Peter E)
configure --disable-debug 移除 -g (Peter E)
允许更复杂的默认表达式 (Tom)
第一个真正可用的外键约束触发器功能 (Jan)
添加 FOREIGN KEY ... MATCH FULL ... ON DELETE CASCADE (Jan)
添加 FOREIGN KEY ... MATCH <unspecified> 引用动作 (Don Baccus)
允许对 ctid (物理堆位置) 使用 WHERE 限制 (Hiroshi)
将 pginterface 从 contrib 移到 interface 目录并更名为 pgeasy (Bruce)
更改 pgeasy connectdb() 的参数顺序 (Bruce)
要求 SELECT DISTINCT 目标列表包含所有 ORDER BY 列 (Tom)
添加 Oracle 的 COMMENT ON 命令 (Mike Mascari <mascarim@yahoo.com>)
libpq 的 PQsetNoticeProcessor 函数现在返回之前的钩子 (Peter E)
防止 PQsetNoticeProcessor 被设置为 NULL (Peter E)
使 COPY 中的 USING 变为可选 (Bruce)
允许目标列表中的子选择 (Tom)
允许比较操作符左侧的子选择 (Tom)
新的并行回归测试 (Jan)
将后端侧 COPY 写文件的权限从 666 改为 644 (Tom)
即使 PGDATA 目录已存在也强制其权限安全 (Tom)
添加 psql LASTOID 变量以返回最后插入的 oid (Peter E)
允许并发 vacuum 并移除 pg_vlock vacuum 锁文件 (Tom)
为 vacuum 添加权限检查 (Peter E)
libpq 新函数支持异步连接: PQconnectStart()、
PQconnectPoll()、PQresetStart()、PQresetPoll()、PQsetenvStart()、
PQsetenvPoll()、PQsetenvAbort (Ewan Mellor)
新的 libpq PQsetenv() 函数 (Ewan Mellor)
create/alter user 扩展 (Peter E)
\$PGDATA 下新的 postmaster.pid 和 postmaster.opts (Tatsuo)
用于 create/drop user/db 的新脚本 (Peter E)
psql 全面翻修 (Peter E)
向 libpq 接口添加 const (Peter E)
新的 libpq 函数 PQoidValue (Peter E)
显示导致 GROUP BY 问题的特定非聚合 (Tom)
使对 pg_shadow 的更改重建 pg_pwd 文件 (Peter E)
添加 aggregate(DISTINCT ...) (Tom)
允许用标志控制 NULL 的 COPY 输入/输出 (Peter E)
使 postgres 用户默认有口令 (Peter E)
添加 CREATE/ALTER/DROP GROUP (Peter E)
所有管理脚本现在支持 --long 选项 (Peter E、Karel)
Vacuumdb 脚本现在支持 --all 选项 (Peter E)
ecpg 新的可移植 FETCH 语法
添加 ecpg 的 EXEC SQL IFDEF、EXEC SQL IFNDEF、EXEC SQL ELSE、EXEC SQL
ELIF
和 EXEC SQL ENDIF 指令
添加 pg_ctl 脚本以控制后端启动 (Tatsuo)
添加 postmaster.opts.default 文件以存储启动标志 (Tatsuo)
允许 --with-mb=SQL_ASCII
将索引键最大数量增加到 16 (Bruce)
将函数参数最大数量增加到 16 (Bruce)
允许配置索引键和参数的最大数量 (Bruce)

允许无特权用户更改自己的口令 (Peter E)
启用口令认证; 新用户必需 (Peter E)
禁止删除拥有数据库的用户 (Peter E)
将 initdb 选项 --with-mb 改为 --enable-multibyte
为 initdb 添加提示输入超级用户口令的选项 (Peter E)
允许复杂类型转换, 如 col::numeric(9,2) 和 col::int2::float8 (Tom)
更新 initdb、initlocation、pg_dump、ipcclean 的用户界面 (Peter E)
新的 pg_char_to_encoding() 和 pg_encoding_to_char() 函数 (Tatsuo)
libpq 非阻塞模式 (Alfred Perlstein)
改进未指定长度的类型转换中的类型转换
新的 plperl 内部编程语言 (Mark Hollomon)
允许 COPY IN 读取不以换行结尾的文件 (Tom)
指示长标识符何时被截断 (Tom)
允许聚合使用类型等价 (Peter E)
添加 Oracle 的 to_char()、to_date()、to_datetime()、to_timestamp()、to_number()
转换函数 (Karel Zak <zakkr@zf.jcu.cz>)
添加 SELECT DISTINCT ON (expr [, expr ...]) targetlist ... (Tom)
检查以确保 ORDER BY 与 DISTINCT 操作兼容 (Tom)
向 ODBC 添加 NUMERIC 和 int8 类型
改进 Append、Group、Agg、Unique 的 EXPLAIN 结果 (Tom)
添加 ALTER TABLE ... ADD FOREIGN KEY (Stephan Szabo)
允许在 PL/pgSQL 中使用 SELECT .. FOR UPDATE (Hiroshi)
即使到达 EOF 也启用反向顺序扫描 (Hiroshi)
添加布尔值的 btree 索引, >= 和 <= (Don Baccus)
COPY FROM 失败时打印当前行号 (Massimo)
识别 POSIX 时区, 例如 "PST+8" 和 "GMT-8" (Thomas)
添加 DEC 作为 DECIMAL 的同义词 (Thomas)
添加 SESSION_USER 作为 SQL92 关键字, 同 CURRENT_USER (Thomas)
实现 SQL92 列别名 (又称相关名) (Thomas)
实现 SQL92 连接语法 (Thomas)
使保留字 INTERVAL 可用作列标识符 (Thomas)
实现 REINDEX 命令 (Hiroshi)
接受聚合函数 SUM(ALL col) 中的 ALL (Tom)
防止 GROUP BY 使用列别名 (Tom)
新的 psql \encoding 选项 (Tatsuo)
允许 PQrequestCancel() 在等待锁状态下终止 (Hiroshi)
允许在所有情况下对负数取负
添加 ecpg 描述符 (Christof、Michael)
允许 CREATE VIEW v AS SELECT fl::char(8) FROM tbl
允许带长度的转换, 如 foo::char(8)
新的 libpq 函数 PQsetClientEncoding()、PQclientEncoding() (Tatsuo)
添加对 SJIS 用户定义字符的支持 (Tatsuo)
支持更大的视图/规则
使 libpq 的 PQconndefaults() 线程安全 (Tom)
禁用 // 作为注释以符合 ANSI, 应使用 -- (Tom)
允许视图上的列别名 CREATE VIEW name (collist)
修复带子查询的视图的问题 (Tom)
允许 UPDATE table SET fld = (SELECT ...) (Tom)
SET 命令选项不再需要引号
将 pgaccess 更新到 0.98.6
新的 SET SEED 命令
新的 pg_options.sample 文件
新的 SET FSYNC 命令 (Massimo)
允许创建表时使用 pg_descriptions
允许创建类型、列和函数时使用 pg_descriptions
允许 psql \copy 使用分隔符 (Peter E)
允许 psql 将空值打印为与 "" 不同的 [null] (Peter E)

类型

大量数组修复 (Tom)
 允许裸列名作为数组下标使用 (Tom)
 改进 `int` 和 `float` 常量的类型转换 (Tom)
`int8` 输入、范围检查和类型转换的清理 (Tom)
 修复 `SELECT timespan('21:11:26'::time)` (Tom)
`netmask('x.x.x.x/0')` 现在是 255.255.255.255 而不是 0.0.0.0 (Oleg Sharoiko)
 在 `NUMERIC` 上添加 `btree` 索引 (Jan)
 Perl 修复包含 `NUL` 字符的大对象 (Douglas Thomson)
`ODBC` 大对象修复 (free)
 修复 `cidr` 数据类型的索引
 修复以太网 `MAC` 地址 (`macaddr` 类型) 比较的问题
 修复计算中发生溢出时日期/时间类型的问题 (Tom)
 允许 `int8` 数组 (Peter E)
 修复 `NUMERIC` 类型的舍入/溢出, 如 `NUMERIC(4,4)` (Tom)
 允许 `NUMERIC` 数组
 修复 `NUMERIC ceil()` 和 `floor()` 函数中的缺陷 (Tom)
 使 `char_length()/octet_length` 包含尾部空格 (Tom)
 使 `abstime/reftime` 使用 `int4` 而不是 `time_t` (Peter E)
 新的 `lztext` 数据类型用于压缩文本字段
 修订处理 `int` 和 `float` 常量转换的代码 (Tom)
 开始编写实现 `BIT` 和 `BIT VARYING` 类型的新代码 (Adriaan Joubert)
`NUMERIC` 现在接受科学记数法 (Tom)
`NUMERIC` 到 `int4` 进行舍入 (Tom)
 正确地将 `float4/8` 转换为 `NUMERIC` (Tom)
 允许与 `NUMERIC` 的类型转换 (Thomas)
 使 `ISO` 日期样式 (2000-02-16 09:33) 成为默认 (Thomas)
 添加 `NATIONAL CHAR [ VARYING ]` (Thomas)
 允许 `NUMERIC` 的 `round` 和 `trunc` 接受负标度 (Tom)
 新的 `TIME WITH TIME ZONE` 类型 (Thomas)
 在 `time` 类型上添加 `MAX()/MIN()` (Thomas)
 为 `int8` 添加 `abs()`、`mod()`、`fac()` (Thomas)
 将 `float8` 的函数更名为 `round()`、`sqrt()`、`cbirt()`、`pow()` (Thomas)
 为 `float8` 添加超越数学函数 (如 `sin()`、`acos()`) (Thomas)
 为 `NUMERIC` 类型添加 `exp()` 和 `ln()`
 将 `NUMERIC` 的 `power()` 更名为 `pow()` (Thomas)
 改进的 `TRANSLATE()` 函数 (Edwin Ramirez、Tom)
 允许 `X=-Y` 操作符 (Tom)
 允许 `SELECT float8(COUNT(*))/(SELECT COUNT(*) FROM t) FROM t GROUP BY f1;` (Tom)
 允许 `LOCALE` 在正则表达式搜索中使用索引 (Tom)
 允许创建函数索引时使用默认类型

性能

防止大量 `AND` 和 `OR` 导致的指数级空间消耗 (Tom)
 为系统列收集属性选择率值 (Tom)
 减少聚合的内存使用 (Tom)
 修复 `LIKE` 优化以在多字节编码下使用索引 (Tom)
 修复 `r-tree` 索引优化器选择率 (Thomas)
 改进优化器选择率计算和函数 (Tom)
 优化存在许多相等键时的 `btree` 搜索 (Tom)
 仅在存在索引时启用快速 `LIKE` 索引处理 (Tom)
 重用索引页上重复项的空闲空间 (Tom)
 改进哈希连接处理 (Tom)

防止结果已排序时降序排序 (Hiroshi)
 允许索引扫描查询条件的交换 (Tom)
 在需要 ORDER BY/GROUP BY 的情况下优先使用索引扫描 (Tom)
 为提升性能, 以固定大小的块分配大内存请求 (Tom)
 通过减少内存分配请求改进 vacuum 的性能 (Tom)
 实现常量表达式化简 (Bernard Frankpitt、Tom)
 使用次要列确定索引扫描的起点 (Hiroshi)
 防止内部排序时四倍占用磁盘空间 (Tom)
 通过调用更少的函数加快排序 (Tom)
 创建系统索引以匹配所有系统缓存 (Bruce、Hiroshi)
 使系统缓存使用系统索引 (Bruce)
 使所有系统索引唯一 (Bruce)
 改进 pg_statistics 管理以提升 VACUUM 速度 (Tom)
 降低后端缓存刷新频率 (Tom、Hiroshi)
 COPY 现在重用先前的内存分配, 改进性能 (Tom)
 改进优化代价估算 (Tom)
 改进优化器对范围查询 $x > \text{lowbound}$ AND $x < \text{highbound}$ 的估计 (Tom)
 在适当处使用 DNF 而不是 CNF (Tom、Taral)
 对 OR-of-AND WHERE 子句的进一步清理 (Tom)
 在 OR 子句中使用索引 ($x = 1$ AND $y = 2$) OR ($x = 2$ AND $y = 4$) (Tom)
 对随机索引页访问的更智能优化器计算 (Tom)
 新的 SET 变量以控制优化器代价 (Tom)
 基于 LIMIT、OFFSET 和 EXISTS 条件优化查询 (Tom)
 减少优化器对连接路径的内部管理以加速 (Tom)
 子查询的重大加速 (Tom)
 fsync 未禁用时更少的 fsync 写 (Tom)
 改进的 LIKE 优化器估计 (Tom)
 防止仅 SELECT 查询中的 fsync (Vadim)
 使索引创建使用 psort 代码, 因为它现在更快 (Tom)
 允许创建大于 1 Gig 的排序临时表

源代码树变更

 修复 linux PPC 编译
 新的通用表达式树遍历子例程 (Tom)
 将 form() 改为 varargform() 以防止可移植性问题
 改进 Alpha 上大整数的范围检查
 清理 /include 目录中的 #include (Bruce)
 添加检查 include 的脚本 (Bruce)
 从 *.c 文件中移除不需要的 #include (Bruce)
 酌情将 #include 改为使用 <> 和 "" (Bruce)
 启用 libpq 的 Windows 编译
 来自 Uncle George 的 Alpha 自旋锁修复 <gatgul@voicenet.com>
 优化器数据结构的全面翻修 (Tom)
 cygipc 库的修复 (Yutaka Tanida)
 允许 pgsq1 在较新的 Cygwin 快照上工作 (Dan)
 新的目录版本号 (Tom)
 添加 Linux ARM
 将 heap_replace 更名为 heap_update
 为 QNX 更新 (Dr. Andreas Kardos)
 新的平台特定回归处理 (Tom)
 将 oid8 更名为 oidvector, int28 更名为 int2vector (Bruce)
 将所有 yacc 和 lex 文件纳入发行版 (Peter E.)
 移除不再需要的 lextest (Peter E.)
 修复 Windows 上的 libpq 和 psql (Magnus)
 内部将 datetime 和 timespan 更改为 timestamp 和 interval (Thomas)
 修复 BSD/OS 上的 plpgsql
 向回归测试添加 SQL_ASCII 测试用例 (Tatsuo)

configure --with-mb 现已废弃 (Tatsuo)
 NT 修复
 NetBSD 修复 (Johnny C. Lam <lamj@stat.cmu.edu>)
 Alpha 编译的修复
 新的多字节编码

A.9. 版本 6.5.3

发行日期

1999-10-13

这基本上是 6.5.2 的清理版本。我们添加了 6.5.2 中缺失的新版 pgaccess，并安装了一个 NT 特定的修复。

A.9.1. 迁移到版本 6.5.3

对于运行 6.5.* 的用户，不需要进行转储/恢复。

A.9.2. 变更

更新版本的 pgaccess 0.98
 NT 特定补丁
 修复继承表上规则的转储

A.10. 版本 6.5.2

发行日期

1999-09-15

这基本上是 6.5.1 的清理版本。我们修复了 6.5.1 用户报告的多种问题。

A.10.1. 迁移到版本 6.5.2

对于运行 6.5.* 的用户，不需要进行转储/恢复。

A.10.2. 变更

子查询+CASE 修复 (Tom)
 为 solaris_i386 和 solaris_sparc 移植添加 SHLIB_LINK 设置 (Daren Sefcik)
 WHERE 连接子句中 CASE 的修复 (Tom)
 修复 BTScan 中止 (Tom)
 修复对冗余 UNIQUE 和 PRIMARY KEY 索引的检查 (Thomas)
 改进为可检查多列约束 (Thomas)
 修复启用 MB 时 Win32 的构建问题 (Hiroki Kataoka)
 允许 BSD yacc 和 bison 编译 pl 代码 (Bruce)
 修复 SET NAMES 的功能
 int8 修复 (Thomas)

修复 vacuum 的内存消耗 (Hiroshi、Tatsuo)
 降低 vacuum 的总内存消耗 (Tom)
 修复 timestamp(datetime)
 规则反编译缺陷修复 (Tom)
 修复 mkMakefile.tcldefs.sh.in 和 mkMakefile.tkdefs.sh.in 中的引号问题 (Tom)
 这是为了重用 vacuum 释放的索引页空间 (Vadim)
 为 pg_dump 记录 -x (Bruce)
 修复规则反编译器中的一元操作符 (Tom)
 在 mdtruncate() 期间注释掉多余段的 FileUnlink (Tom)
 来自 Yu Cao 的 IRIX 链接修复 >yucao@falcon.kla-tencor.com<
 修复 LIKE 中的逻辑错误: 不应返回 LIKE_ABORT
 (在到达模式末尾而文本未结束时) (Tom)
 修复事务中止期间堆内存分配的不当清理 (Tom)
 更新 pgaccess 0.98 版本

A.11. 版本 6.5.1

发行日期

1999-07-15

这基本上是 6.5 的清理版本。我们修复了 6.5 用户报告的多种问题。

A.11.1. 迁移到版本 6.5.1

对于运行 6.5 的用户，不需要进行转储/恢复。

A.11.2. 变更

添加 NT README 文件
 linux_ppc、IRIX、linux_alpha、OpenBSD、alpha 的可移植性修复
 移除 QUERY_LIMIT, 使用 SELECT...LIMIT
 修复继承上的 EXPLAIN (Tom)
 补丁允许对多段表进行清理 (Hiroshi)
 R-Tree 优化器选择率修复 (Tom)
 ACL 文件描述符泄漏修复 (Atsushi Ogawa)
 新表达式子树代码 (Tom)
 只读事务避免磁盘写 (Vadim)
 修复最后事务中止时临时表的移除 (Bruce)
 防止创建过大的元组 (Bruce)
 plpgsql 修复
 允许 32k - 64k 的端口号 (Bruce)
 添加 ^ 优先级 (Bruce)
 把名为 pg_temp 的排序文件改名为 pg_sorttemp (Bruce)
 修复时间值中的微秒 (Tom)
 教程源码清理
 新 linux_m68k 移植
 修复某些情形下 NULL 的排序 (Tom)
 修复共享库依赖 (Tom)
 修复影响子查询中 GROUP BY 的故障 (Tom)
 修复一些编译器警告 (Tomoaki Nishiyama)
 新增 Win1250 (捷克语) 支持 (Pavel Behal)

A.12. 版本 6.5

发行日期

1999-06-09

此版本标志着开发团队对从 Berkeley 继承的源代码的掌握迈出了一大步。你会看到我们现在能轻松添加重大特性，这要归功于我们全球开发团队不断扩大的规模和日益丰富的经验。

以下是较显著变更的简要总结：

多版本并发控制 (MVCC)

这移除了我们旧的表级锁定，代之以优于大多数商业数据库系统的锁定系统。在传统系统中，每个被修改的行都被锁定直到提交，阻止其他用户读取。MVCC 利用 PostgreSQL 天生的多版本特性，允许读者在写入者活动期间继续读取一致的数据。写入者继续使用紧凑的 `pg_log` 事务系统。这一切都不需要像传统数据库系统那样为每行分配锁。因此，基本上我们不再受简单表级锁定的限制；我们有了比行级锁定更好的东西。

来自 `pg_dump` 的热备份

`pg_dump` 利用新的 MVCC 特性，在数据库保持在线并可用于查询的同时给出一致的数据库转储/备份。

numeric 数据类型

我们现在有了真正的数字数据类型，精度由用户指定。

临时表

临时表保证在数据库会话内名称唯一，并在会话退出时销毁。

新 SQL 特性

我们现在支持 `CASE`、`INTERSECT` 和 `EXCEPT` 语句。新增了 `LIMIT/OFFSET`、`SET TRANSACTION ISOLATION LEVEL`、`SELECT ... FOR UPDATE` 以及改进的 `LOCK TABLE` 命令。

提速

得益于团队内的多种才能，我们继续加快 PostgreSQL 的速度。我们加速了内存分配、优化、表连接和行传输例程。

移植

我们继续扩大移植列表，这次包括 WinNT/ix86 和 NetBSD/arm32。

接口

大多数接口有了新版本，现有功能得到改进。

文档

文档中到处都有新的和更新的材料。SGI 和 AIX 平台有了新的 FAQ。教程有 Stefan Simkovics 编写的 SQL 入门信息。用户指南有涵盖 `postmaster` 和更多工具程序的参考页，新附录包含日期/时间行为的细节。管理员指南有 Tom Lane 编写的故障排除新章节。程序员指南有 Stefan 编写的查询处理描述，以及通过匿名 CVS 和 CVSup 获取 Postgres 源代码树的细节。

A.12.1. 迁移到版本 6.5

希望从任何以前的 Postgres 版本迁移数据的用户，需要使用 `pg_dump` 进行转储/恢复。`pg_upgrade` 不能用于升级到此版本，因为表的磁盘结构相对于以前的版本已更改。

新的多版本并发控制 (MVCC) 特性在多用户环境中可能给出略有不同的行为。请阅读并理解以下章节，以确保你的现有应用程序能给出你需要的行为。

A.12.1.1. 多版本并发控制

由于 6.5 中的读者不锁定数据（无论事务隔离级别如何），一个事务读取的数据可能被另一个事务覆写。换句话说，如果 `SELECT` 返回了一行，并不意味着该行在被返回时（即语句或事务开始之后的某个时刻）确实存在，也不意味着该行在当前事务提交或回滚之前受到保护，不被并发事务删除或更新。

为确保某行确实存在并保护它不被并发更新，必须使用 `SELECT FOR UPDATE` 或适当的 `LOCK TABLE` 语句。从以前的 Postgres 版本和其他环境移植应用程序时应考虑到这一点。

如果你在使用 `contrib/refint.*` 触发器做参照完整性，请记住上述内容。现在需要额外的技术。一种方法是：如果事务要更新/删除主键，使用 `LOCK parent_table IN SHARE ROW EXCLUSIVE MODE` 命令；如果事务要更新/插入外键，使用 `LOCK parent_table IN SHARE MODE` 命令。

注意

注意，如果你以 `SERIALIZABLE` 模式运行事务，则必须在执行事务中的任何 DML 语句（`SELECT/INSERT/DELETE/UPDATE/FETCH/COPY_TO`）之前执行上述 `LOCK` 命令。

当实现读取脏（未提交）数据的能力（无论隔离级别）和真正的参照完整性后，这些不便将消失。

A.12.2. 变更

缺陷修复

修复 `text<->float8` 和 `text<->float4` 转换函数 (Thomas)
 修复创建带大小写混合约束表的问题 (Billy)
 更改 `exp()/pow()` 行为以在下溢/上溢时报错 (Jan)
 修复 `pg_dump -z` 中的缺陷
 内存越界清理 (Tatsuo)
 修复 `lo_import` 崩溃 (Tatsuo)
 调整数据类型名的处理以抑制双引号 (Thomas)
 用类型强制匹配列和 `DEFAULT` (Thomas)
 修复死锁，使其在一秒睡眠后只检查一次 (Bruce)
 聚合和 `PL/pgSQL` 的修复 (Hiroshi)
 修复子查询崩溃 (Vadim)
 修复 `libpq` 函数 `PQfnumber` 和大小写不敏感名称的问题 (Bahman Rafatjoo)
 修复大对象中间写入、无额外块和内存消耗的问题 (Tatsuo)
 修复 `pg_dump -d` 或 `-D` 以及 `INSERT` 中特殊字符的引号问题
 修复 `dynahash` 的严重问题 (Tom)
 修复 `INET/CIDR` 可移植性问题
 修复 `ALTER TABLE ADD COLUMN` 中选择率错误的问题 (Bruce)
 修复执行器使不同列类型的归并连接可用 (Tom)
 修复 `Alpha OR` 选择率缺陷
 修复 `OR` 索引选择率问题 (Bruce)
 修复 `\d` 为 `char()/varchar()` 显示正确长度的问题 (Ryan)

修复教程代码 (Clark)
改进 `destroyuser` 检查 (Oliver)
修复 Kerberos 的问题 (Rodney McDuff)
修复存在脏缓冲区时删除数据库的问题 (Bruce)
修复使 `sequence nextval()` 可区分大小写的问题 (Bruce)
修复 `!=` 操作符
销毁数据库文件前丢弃缓冲区 (Bruce)
修复执行器两次求值函数的情形 (Tatsuo)
允许 `sequence nextval` 动作区分大小写 (Bruce)
修复优化器对负数索引不工作的问题 (Bruce)
修复执行器中 `fjIsNull` 的内存泄漏
修复聚合内存泄漏 (Erik Riedel)
允许为包含连字符的用户名授权
清理 `inet` 类型中的 `NULL`
清理系统表缺陷 (Tom)
修复 `PAGER` 和 `\?` 命令的问题 (Masaaki Sakaida)
把默认多段文件大小限制降为 1GB (Peter)
修复 `CREATE OPERATOR` 的转储 (Tom)
修复游标反向扫描 (Hiroshi Inoue)
修复使用 `\i` 时的 `COPY FROM STDIN` (Tom)
修复子查询在表达式内比较的问题 (Jan)
修复返回行时的错误报告处理 (Tom)
修复数组类型引用的问题 (Tom、Jan)
防止 `UPDATE SET oid` (Jan)
修复 `pg_dump` 使 `-t` 选项可处理大小写敏感的表名
特殊情形 `GROUP BY` 的修复 (Tom、Jan)
修复失败查询的内存泄漏 (Tom)
`DEFAULT` 现在支持大小写混合的标识符 (Tom)
修复表和索引 `DROP/RENAME` 的多段使用 (Ole Gjerde)
禁用 `pg_dump` 同时使用 `-o` 和 `-d` 选项 (Bruce)
允许 `pg_dump` 正确转储组权限 (Bruce)
修复 `INSERT INTO table SELECT * FROM table2` 中的 `GROUP BY` (Jan)
修复视图中的计算 (Jan)
修复数组索引上的聚合 (Tom)
修复 `DEFAULT` 处理值中需要过多引号的单引号的问题
修复非超级用户导入/导出大对象的安全问题 (Tom)
创建表的事务回滚现在正确清理 (Tom)
修复以允许长表名和列名生成正确的序列名 (Tom)

增强

添加 "vacuumdb" 工具
通过更好的内存分配加速 `libpq` (Tom)
`EXPLAIN` 显示所有使用的索引 (Tom)
实现 `CASE`、`COALESCE`、`NULLIF` 表达式 (Thomas)
新 `pg_dump` 表输出格式 (Constantin)
添加字符串 `min()/max()` 函数 (Thomas)
把新类型强制转换技术扩展到聚合 (Thomas)
新 `moddatetime contrib` (Terry)
更新到 `pgaccess 0.96` (Constantin)
为单字节 "char" 类型添加例程 (Thomas)
改进的 `substr()` 函数 (Thomas)
改进的多字节处理 (Tatsuo)
多版本并发控制/MVCC (Vadim)
新 `Serialized` 模式 (Vadim)
修复超过 2GB 表的问题 (Peter)
新 `SET TRANSACTION ISOLATION LEVEL` (Vadim)
新 `LOCK TABLE IN ... MODE` (Vadim)

更新 ODBC 驱动 (Byron)
新 NUMERIC 数据类型 (Jan)
新 SELECT FOR UPDATE (Vadim)
处理输入值的 "NaN" 和 "Infinity" (Jan)
改进的日期/年份处理 (Thomas)
改进的后端连接处理 (Magnus)
日志文件的新选项 ELOG_TIMESTAMPS 和 USE_SYSLOG (Massimo)
新 TCL_ARRAYS 选项 (Massimo)
新 INTERSECT 和 EXCEPT (Stefan)
用于主键跟踪的新 pg_index.indisprimary (D'Arcy)
允许在创建前删除表的新 pg_dump 选项 (Brook)
行输出例程加速 (Tom)
新 READ COMMITTED 隔离级别 (Vadim)
新 TEMP 表/索引 (Bruce)
结果已排序时防止排序 (Jan)
新内存分配优化 (Jan)
允许 psql 执行 \p\g (Bruce)
允许多个规则动作 (Jan)
添加 LIMIT/OFFSET 功能 (Jan)
改进连接大量表时的优化器 (Bruce)
来自 S. Simkovics 硕士论文的新 SQL 介绍 (Stefan、Thomas)
来自 S. Simkovics 硕士论文的后端处理新介绍 (Stefan)
改进的 int8 支持 (Ryan Bradetich、Thomas、Tom)
int8 与 text/varchar 类型之间转换的新例程 (Thomas)
新浓密计划, 其中连接元表 (Bruce)
默认启用右手查询 (Bruce)
允许在 configure 时设置可靠的最后端数
(--with-maxbackends 和 postmaster 开关 (-N backends)) (Tom)
因优化器提速, GEQO 默认现为 10 表 (Tom)
为 MS-SQL 可移植性允许 NULL=Var (Michael、Bruce)
修改 contrib/check_primary_key() 使其可为 "automatic" 或
"dependent" (Anand)
允许 psql 对视图的 \d 显示查询 (Ryan)
LIKE 提速 (Bruce)
Ecpq 修复/特性, 参见 src/interfaces/ecpq/ChangeLog 文件 (Michael)
JDBC 修复/特性, 参见 src/interfaces/jdbc/CHANGELOG (Peter)
使 % 操作符具有与 / 相同的优先级 (Bruce)
添加新 postgres -O 选项以允许系统表结构更改 (Bruce)
更新 contrib/pginterface/findoidjoins 脚本 (Tom)
带索引已删行清理 (vacuum) 的大幅提速 (Vadim)
允许非 SQL 函数根据参数运行不同版本 (Tom)
添加 -E 选项显示 \dt 等发送的实际查询 (Masaaki Sakaida)
在 psql 启动横幅中添加版本号 (Masaaki Sakaida)
新 contrib/vacuumlo 移除未被引用的大对象 (Peter)
新表大小初始化使未清理的表性能更好 (Tom)
改进连接被拒绝时的错误消息 (Tom)
支持 char() 和 varchar() 字段数组 (Massimo)
哈希代码的全面翻修以提高可靠性和性能 (Tom)
更新到 PyGreSQL 2.4 (D'Arcy)
更改调试选项使 -d4 和 -d5 产生不同的节点显示 (Jan)
新 pg_options: pretty_plan、pretty_parse、pretty_rewritten (Jan)
更好的系统表访问优化统计 (Tom)
更好地处理非默认块大小 (Massimo)
改进 GEQO 优化器内存消耗 (Tom)
UNION 现在支持对不在目标列表中的列 ORDER BY (Jan)
libpq++ 的重大改进 (Vince Vielhaber)
pg_dump 现在默认使用 -z (ACL) (Bruce)
后端缓存和内存提速 (Tom)

让 pg_dump 在一个快照事务中完成所有工作 (Vadim)
 修复大对象内存泄漏和 pg_dump 问题 (Tom)
 INET 类型现在比较时遵循网络掩码
 使 VACUUM ANALYZE 只使用读锁 (Vadim)
 允许 UNION 上的视图 (Jan)
 pg_dump 现在能在活动数据库上生成一致快照 (Vadim)

源代码树变更

 改进移植匹配 (Tom)
 SunOS 可移植性修复
 添加 Windows NT 后端移植并启用动态加载 (Magnus 和 Daniel Horak)
 新移植到运行 Linux 的 Cobalt Qube (Mips) (Tatsuo)
 移植到 NetBSD/m68k (Mr. Mutsuki Nakajima)
 移植到 NetBSD/sun3 (Mr. Mutsuki Nakajima)
 移植到 NetBSD/macppc (Toshimi Aoki)
 修复 tcl/tk 配置 (Vince)
 移除规则查询的 CURRENT 关键字 (Jan)
 NT 动态加载现在可用 (Daniel Horak)
 添加 ARM32 支持 (Andrew McMurtry)
 更好地支持 HP-UX 11 和 UnixWare
 改进文件处理使其更统一, 防止文件描述符泄漏 (Tom)
 plpgsql 的新安装命令 (Jan)

A.13. 版本 6.4.2

发行日期

1998-12-20

6.4.1 版本打包不当。此版本还包含一个额外的缺陷修复。

A.13.1. 迁移到版本 6.4.2

对于运行 6.4.* 的用户, 不需要进行转储/恢复。

A.13.2. 变更

修复某些平台上日期时间常量的问题 (Thomas)

A.14. 版本 6.4.1

发行日期

1998-12-18

这基本上是 6.4 的清理版本。我们修复了 6.4 用户报告的多种问题。

A.14.1. 迁移到版本 6.4.1

对于运行 6.4 的用户, 不需要进行转储/恢复。

A.14.2. 变更

为 `pg_dump` 添加 `-N` 标志以强制在标识符周围加上双引号。这是默认行为 (Thomas)

修复 `where` 子句中 `NOT` 导致崩溃的问题 (Bruce)

`EXPLAIN VERBOSE` 核心转储修复 (Vadim)

修复 Linux 上的共享库问题

修复表存在性测试, 以允许表名中包含大小写混合和空白 (Thomas)

修复几个 `pg_dump` 缺陷

Configure 更好地匹配 `template/.similar` 条目 (Tom)

把内建函数名从 `SPI_*` 改为 `spi_*`

`OR WHERE` 子句修复 (Vadim)

修复大小写混合表名的多处问题 (Billy)

`contrib/linux/postgres.init.csh/sh` 修复 (Thomas)

`libpq` 内存越界修复

SunOS 修复 (Tom)

更改 `exp()` 行为在下溢时报错 (Thomas)

修复 `pg_dump` 的内存泄漏、继承约束、布局更改问题

把 `pgaccess` 更新到 0.93

修复 64 位平台上的原型

多字节修复 (Tatsuo)

新 `ecpg` 手册页

内存越界修复 (Tatsuo)

`lo_import()` 崩溃修复 (Bruce)

改进对 `install` 程序的查找 (Tom)

时区修复 (Tom)

HPUX 修复 (Tom)

用隐式类型强制转换匹配 `DEFAULT` 值 (Thomas)

添加用于辅助单字节 (内部) 字符类型的例程 (Thomas)

win32 下 `libpq` 编译修复 (Magnus)

升级到 PostgreSQL 2.2 (D'Arcy)

A.15. 版本 6.4

发行日期

1998-10-30

此版本有许多新特性和改进。感谢我们的开发者和维护者, 自上一个版本以来系统的几乎每个方面都得到了关注。以下是简要而不完整的总结:

- 得益于 Jan Wieck 在重写规则系统中的大量新代码, 视图和规则现在可以工作了。他还为程序员指南写了相关章节。
- Jan 还贡献了第二个过程语言 PL/pgSQL, 与他在上个版本贡献的最初的 PL/pgTCL 过程语言相伴。
- 我们有 Tatsuo Ishii 提供的可选多字节字符集支持, 以补充现有的区域设置支持。
- 客户端/服务器通信得到了清理, 感谢 Tom Lane, 对异步消息和中断的支持更好了。
- 解析器现在执行自动类型强制转换, 以把参数匹配到可用的操作符和函数, 并把列和表达式与目标列匹配。这使用了支持 Postgres 类型可扩展特性的通用机制。用户指南有涵盖此主题的新章节。

- 新增了三种数据类型。其中两种，`inet` 和 `cidr`，支持各种形式的 IP 网络、子网和机器寻址。某些平台上现在有 8 字节整数类型可用。详情见用户指南中的数据类型章节。第四种类型 `serial` 现在被解析器支持，作为 `int4` 类型、序列和唯一索引的混合体。
- 新增了更多 SQL92 兼容的语法特性，包括 `INSERT DEFAULT VALUES`
- 自动配置和安装系统得到了一些关注，应比以往在更多平台上更健壮。

A.15.1. 迁移到版本 6.4

希望从任何以前的 Postgres 版本迁移数据的用户，需要使用 `pg_dump` 或 `pg_dumpall` 进行转储/恢复。

A.15.2. 变更

缺陷修复

修复 `PQsetdb/PQfinish` 中的小内存泄漏 (Bryan)
 移除 `char2-16` 数据类型，使用 `char/varchar` (Darren)
`Pqfn` 现在处理 `NOTICE` 消息 (Anders)
 降低多后端时自旋锁的忙等开销 (dg)
 卡死自旋锁检测 (dg)
 修复 "ISO 风格" `timespan` 的解码和编码 (Thomas)
 修复事务回滚后删除表的问题 (Vadim)
 更改错误消息并移除无效的更新消息 (Vadim)
 修复 `COPY` 数组检查的问题
 修复 `SELECT 1 UNION SELECT NULL`
 修复大对象调用中的缓冲区泄漏 (Pascal)
 把 `owner` 从 `oid` 类型改为 `int4` (Bruce)
 修复 Oracle 兼容函数 `btrim()`、`ltrim()` 和 `rtrim()` 中的缺陷
 修复共享失效缓存溢出 (Massimo)
 防止失败的 `COPY` 中的文件描述符泄漏 (Bruce)
 修复 `libpgtcl` 的 `pg_select` 中的内存泄漏 (Constantin)
 修复超过 8 字符的用户名/口令问题 (Tom)
 修复后端处理异步 `NOTIFY` 的问题 (Tom)
 修复许多错误的系统表条目 (Tom)

增强

升级 `ecpg` 和 `ecpglib`，参见 `src/interfaces/ecpg/ChangeLog` (Michael)
 在 `EXPLAIN` 中显示使用的索引 (Zeugswetter)
`EXPLAIN` 调用规则系统并显示被重写查询的计划 (Jan)
 通过 `configure` 使许多数据类型和函数感知多字节 (Tatsuo)
 新 `configure --with-mb` 选项 (Tatsuo)
 新 `initdb --pgencoding` 选项 (Tatsuo)
 新 `createdb -E` 多字节选项 (Tatsuo)
`Select version()`；现在返回 PostgreSQL 版本 (Jeroen)
`libpq` 现在允许异步客户端 (Tom)
 允许从客户端取消后端查询 (Tom)
`psql` 现在可用 `Control-C` 取消查询 (Tom)
`libpq` 用户不必发送哑查询即可获取 `NOTIFY` 消息 (Tom)
`NOTIFY` 现在发送发送者的 `PID`，可以判断是否是自己的 (Tom)
`PGresult` 结构现在包含相关的错误消息 (如果有) (Tom)
 定义 `date_part()` 的 `"tz_hour"` 和 `"tz_minute"` 参数 (Thomas)
 添加 `varchar` 和 `bpchar` 之间转换的例程 (Thomas)
 添加允许把 `varchar` 和 `bpchar` 调整到目标列大小的例程 (Thomas)
 添加位标志以支持数据检索中的时区小时和分钟 (Thomas)
 允许有效浮点数的更多变体 (如 `".1"`、`"1e6"`) (Thomas)

修复带前导空格的一元负号解析 (Thomas)
按 SQL92 规范实现 TIMEZONE_HOUR、TIMEZONE_MINUTE (Thomas)
检查并正确忽略 FOREIGN KEY 列约束 (Thomas)
按 SQL92 规范定义 USER 为 CURRENT_USER 的同义词 (Thomas)
启用 HAVING 子句但其他地方尚无修复。
使 "char" 类型成为 "char(1)" 的同义词 (实际实现为 bpchar) (Thomas)
为 DEFAULT 子句处理保存指定的字符串类型 (Thomas)
强制涉及不同数据类型的操作 (Thomas)
允许对不同类型列的某些索引使用 (Thomas)
添加自动类型转换能力 (Thomas)
清理大对象, 使文件在打开时被截断 (Peter)
Readline 清理 (Tom)
允许 psql \f \ 用空格作为分隔符 (Bruce)
把 pg_attribute.atttypmod 传递给前端以获取列字段长度 (Tom、Bruce)
/contrib 中的 Msql 兼容库 (Aldrin)
移除 ORDER/GROUP BY 子句标识符必须
包含在目标列表中的要求 (David)
转换列以匹配 UNION 子句中的列 (Thomas)
移除 fork()/exec() 只做 fork() (Bruce)
Jdbc 清理 (Peter)
在 ps 命令行上显示后端状态 (只在某些平台上有效) (Bruce)
Pg_hba.conf 的 database 字段现在有 sameuser 选项
使 lo_unlink 接受 oid 参数而不是 int4
为无法处理我们宏的编译器新增 DISABLE_COMPLEX_MACRO (Bruce)
Libpgtcl 现在把 NOTIFY 作为 Tcl 事件处理, 不必发送哑查询 (Tom)
libpgtcl 清理 (Tom)
向 libpgtcl 的 pg_result 命令添加 -error 选项 (Tom)
新区域设置补丁, 参见 docs/README/locale (Oleg)
修复 pg_dump 使 CONSTRAINT 和 CHECK 语法正确 (ccb)
新 contrib/lo 代码用于移除孤立大对象 (Peter)
多字节特性的新 psql 命令 "SET CLIENT_ENCODING TO 'encoding'",
参见 /doc/README.mb (Tatsuo)
contrib/noupdate 代码用于撤销列上的更新权限
libpq 现在可以在 Windows 上编译 (Magnus)
在 libpq 中添加 PQsetdbLogin()
新 8 字节整数类型, 由 configure 检查操作系统支持 (Thomas)
更好地支持带引号的表/列名 (Thomas)
在 pg_dump 中用双引号包围表和列名 (Thomas)
PQreset() 现在可用于口令 (Tom)
处理 GROUP BY 目标列表列号越界的情形 (David)
允许子查询中的 UNION
向 \d? 命令添加屏幕自动调整大小 (Bruce)
用 UNION 在一个查询中显示所有 \d? 结果 (Bruce)
添加 \d? 字段搜索特性 (Bruce)
Pg_dump 发出更少的 \connect 请求 (Tom)
使 pg_dump -z 标志更好地工作并在手册页中记录 (Tom)
添加对子查询和 union 完全支持的 HAVING 子句 (Stephan)
contrib/fulltextindex 中的全文索引例程 (Maarten)
事务 id 现在存储在共享内存中 (Vadim)
发出 COPY 命令时的新 PGCLIENTENCODING (Tatsuo)
支持 SQL92 语法 "SET NAMES" (Tatsuo)
支持 LATIN2-5 (Tatsuo)
添加 UNICODE 回归测试用例 (Tatsuo)
锁管理器清理, LLL 的新锁定模式 (Vadim)
允许 OR 子句使用索引 (Bruce)
允许 "SELECT NULL ORDER BY 1;"
Explain VERBOSE 打印计划, 现在还把计划美化打印到
postmaster 日志文件 (Bruce)

向 \d 命令添加索引显示 (Bruce)
允许对函数 GROUP BY (David)
大对象的新 pg_class.relkind (Bruce)
把 libpq NOTICE 消息发送到其他位置的新方法 (Tom)
psql 的新 \w 写入命令 (Bruce)
新 /contrib/findoidjoins 扫描 oid 列以发现连接关系 (Bruce)
检查含常量的限制子句的有效索引时
允许考虑二进制兼容的索引 (Thomas)
/contrib/isbn_issn 中的新 ISBN/ISSN 代码
允许 NOT LIKE、IN、NOT IN、BETWEEN 和 NOT BETWEEN 约束 (Thomas)
新重写系统修复了规则和视图的许多问题 (Jan)
* 关系上的规则可用
* insert/update/delete 上的事件限定可用
* 新的 OLD 变量引用 CURRENT, CURRENT 未来将被移除
* 更新规则可在规则限定/动作中引用 NEW 和 OLD
* 视图上的 insert/update/delete 规则可用
* 现在支持多个规则动作, 用括号包围
* 普通用户可以在有 RULE 权限的表上创建视图/规则
* 规则和视图继承创建者的权限
* 没有列级别的规则
* 没有 UPDATE NEW/OLD 规则
* 新 pg_tables、pg_indexes、pg_rules 和 pg_views 系统视图
* SELECT 规则只有单个动作
* 彻底的重写改造, 也许在 6.5
* 处理子查询
* 处理视图上的聚合
* 处理 insert into select from view 可用
系统索引现在是多键的 (Bruce)
移除 Oidint2、oidint4 和 oidname 类型 (Bruce)
更多系统表查找使用系统缓存 (Bruce)
backend/pl 中的新后端编程语言 PL/pgSQL (Jan)
新 SERIAL 数据类型, 自动创建序列/索引 (Thomas)
无需重新编译即可启用断言检查 (Massimo)
用户锁增强 (Massimo)
设置序列值的新 setval() 命令 (Massimo)
启动时若无 postmaster 运行则自动移除 unix 套接字文件 (Massimo)
条件跟踪包 (Massimo)
新 UNLISTEN 命令 (Massimo)
psql 和 libpq 现在可用 win32.mak 在 Windows 下编译 (Magnus)
Lo_read 不再存储尾随 NULL (Bruce)
标识符现在内部截断为 31 字符 (Bruce)
Createuser 选项现在可在命令行上使用
添加 64 位整数支持代码, configure 已测试, int8 类型 (Thomas)
防止失败 COPY 的文件描述符泄漏 (Bruce)
新 pg_upgrade 命令 (Bruce)
更新的 /contrib 目录 (Massimo)
新 CREATE TABLE DEFAULT VALUES 语句可用 (Thomas)
新 INSERT INTO TABLE DEFAULT VALUES 语句可用 (Thomas)
新 DECLARE 和 FETCH 特性 (Thomas)
libpq 的内部结构现在不导出 (Tom)
允许多达 8 键的索引 (Bruce)
移除 ARCHIVE 关键字, 它不再使用 (Thomas)
pg_dump -n 标志以抑制标识符周围的引号
禁用视图的系统列 (Jan)
用于网络地址的新 INET 和 CIDR 类型 (TomH、Paul)
psql 输出中不再有双引号
pg_dump 现在转储视图 (Terry)
新 SET QUERY_LIMIT (Tatsuo、Jan)

源代码树变更

 /contrib 清理 (Jun)
 内联一些每行都调用的小函数 (Bruce)
 Alpha/linux 修复
 HP-UX 清理 (Tom)
 多字节回归测试 (Soonmyung.)
 从 configure 移除 --disabled 选项
 定义 PGDOC 默认使用 POSTGRES DIR
 使回归可选
 移除 pgindent 的额外花括号代码 (Bruce)
 添加 bsd 共享库支持 (Bruce)
 新 --without-CXX 支持 configure 选项 (Brook)
 新 FAQ_CVS
 更新 tools/backend 中的后端流程图 (Bruce)
 把 atttypmoud 从 int16 改为 int32 (Bruce、Tom)
 为没有 Getrusage() 的平台提供修复 (Tom)
 把 PQconnectdb、PGUSER、PGPASSWORD 添加到 libpq 手册页
 NS32K 平台修复 (Phil Nelson、John Buller)
 SCO 7/UnixWare 2.x 修复 (Billy 等)
 Sparc/Solaris 2.5 修复 (Ryan)
 Pgbuiltin.3 已过时, 移到 doc 文件 (Thomas)
 更多的文档 (Thomas)
 Nextstep 支持 (Jacek)
 Aix 支持 (David)
 pginterface 手册页 (Bruce)
 所有共享库都有版本号
 把所有操作系统特定的共享库定义合并到一个文件
 更智能的 TCL/TK 配置检查 (Billy)
 更智能的 perl 配置 (Brook)
 未找到 install 脚本时 configure 使用随附的 install-sh (Tom)
 用于共享库配置的新 Makefile.shlib (Tom)

A.16. 版本 6.3.2

发行日期

1998-04-07

这是 6.3.x 的缺陷修复版本。有关 6.3 版本系列新特性更完整的摘要, 请参阅 6.3 版本的发行说明。

摘要:

- 修复某些平台 (包括 Linux) 的自动配置支持, 该问题是 6.3.1 版本无意中引入的。
- 正确处理 BETWEEN 和 LIKE 子句左侧的函数调用。

对于运行 6.3 或 6.3.1 的用户, 不需要进行转储/恢复。只需做一次 'make distclean'、'make' 和 'make install'。最后一步应在 postmaster 未运行时执行。你应重新链接任何使用 Postgres 库的自定义应用程序。

对于从 6.3 之前安装的升级, 请参阅 6.3 版本的安装和迁移说明。

A.16.1. 变更

对 tcl/tk 的配置检测改进 (Brook Milligan、Alvin)
 手册页改进 (Bruce)
 BETWEEN 和 LIKE 修复 (Thomas)
 修复 pg_dump 所用 psql \connect 的问题 (Oliver Elphick)
 新 odbc 驱动
 pgaccess 0.86 版
 移除 qsort, 现使用 libc 版本并清理 (Jeroen)
 修复检测到的缓冲区越界 (Maurice Gittens)
 修复 libpgtcl 中的缓冲区越界 (Randy Kunkee)
 修复带 DISTINCT 或 ORDER BY 的 UNION (Bruce)
 gettimeofday configure 检查 (Doug Winterburn)
 修复 "indexes not used" 缺陷 (Vadim)
 文档补充 (Thomas)
 修复后端内存泄漏 (Bruce)
 libreadline 清理 (Erwan MAS)
 移除 DISTDIR (Bruce)
 Makefile 依赖清理 (Jeroen van Vianen)
 ASSERT 修复 (Bruce)

A.17. 版本 6.3.1

发行日期

1998-03-23

摘要:

- 对多字节字符集的额外支持。
- 修复混合端序客户端和服务器的字节顺序。
- 对允许的 SQL 语法做小的更新。
- 改进安装时配置的自动检测。

对于运行 6.3 的用户, 不需要进行转储/恢复。只需做一次 'make distclean'、'make' 和 'make install'。最后一步应在 postmaster 未运行时执行。你应重新链接任何使用 Postgres 库的自定义应用程序。

对于从 6.3 之前安装的升级, 请参阅 6.3 版本的安装和迁移说明。

A.17.1. 变更

ecpg 清理/修复, 现为 1.1 版 (Michael Meskes)
 pg_user 清理 (Bruce)
 pg_dump 和 tclsh 的大对象修复 (alvin)
 修复多个相邻下划线的 LIKE
 修复重定义内建函数的问题 (Thomas)
 ultrix4 清理
 升级到 pg_access 0.83
 更新 CLUSTER 手册页
 多字节字符集支持, 参见 doc/README.mb (Tatsuo)
 configure --with-pgport 修复
 pg_ident 修复

修复后端通信的大端问题 (Kataoka)
 修复 SUBSTR() 和 substring() (Jan)
 若干 jdbc 修复 (Peter)
 libpgtcl 改进, 见 libpgtcl/README (Randy Kunkee)
 修复 "Datasize = 0" 错误 (Vadim)
 防止 \do 折行 (Bruce)
 移除重复的俄文字符集条目
 Sunos4 清理
 允许 LOCK 和 SELECT INTO 中使用可选的 TABLE 关键字 (Thomas)
 CREATE SEQUENCE 选项允许负整数 (Thomas)
 添加 "PASSWORD" 作为允许的列标识符 (Thomas)
 添加对 UNION 目标字段的检查 (Bruce)
 修复 Alpha 移植 (Dwayne Bailey)
 修复包含引号的 text 数组 (Doug Gibson)
 Solaris 编译修复 (Albert Chin-A-Young)
 更好地识别 tcl 与 tk 库和头文件 (Bruce)

A.18. 版本 6.3

发行日期

1998-03-01

此版本有许多新特性和改进。以下是简要而不完整的总结：

- 许多新的 SQL 特性，包括完整的 SQL92 子查询能力（只缺目标列表子查询，其余一切都有了）。
- 支持用客户端环境变量指定时区和日期样式。
- 客户端/服务器连接的套接字接口。现在这是默认，所以你可能需要用 `-i` 标志启动 postmaster。
- 更好的口令认证机制。默认表权限已经更改。
- 旧式时间旅行已被移除。性能得到改进。

注意

Bruce Momjian 写了以下说明来介绍新版本。

我想提一些 6.3 的普遍问题。这里只是无法用一句话描述的大项。仍需查阅详细变更列表。

首先，我们现在有了子查询。既然有了它们，我想指出：没有子查询的 SQL 是一种非常受限的语言。子查询是一项重大特性，你应当检查自己的代码，看看哪些地方子查询能为你的查询提供更好的解决方案。我想你会发现，子查询的用途比你想象的更多。Vadim 用子查询让我们登上了 SQL 的大舞台，而且是功能完备的子查询。子查询唯一不能做的，是用在目标列表中。

其次，6.3 默认使用 Unix 域套接字而不是 TCP/IP。要启用来自其他机器的连接，必须使用新的 postmaster `-i` 选项，当然还要编辑 `pg_hba.conf`。此外，由于这个原因，`pg_hba.conf` 的格式已经更改。

第三，`char()` 字段现在允许比 `varchar()` 或 `text` 更快的访问。具体来说，`text` 和 `varchar()` 在访问该类型第一列之后的任何列时有性能损失。`char()` 过去也有这种访问损

失，但现在没有了。这可能提示你重新设计一些表，特别是如果你有定义为 `varchar()` 或 `text` 的短字符列。这项和其他变更使 6.3 比以前的版本更快。

我们现在可以独立于任何 Unix 文件定义口令。有新的 SQL USER 命令。更多信息见管理员指南。还有一个新表 `pg_shadow`，用于存储用户信息和用户口令，默认只有 postgres 超级用户可以 SELECT。`pg_user` 现在是 `pg_shadow` 的视图，可被 PUBLIC SELECT。你的应用程序应继续使用 `pg_user` 而无需更改。

用户创建的表现默认不再对 PUBLIC 授予 SELECT 权限。这样做是因为 ANSI 标准的要求。当然，你可以在表创建之后随意 GRANT 你想要的任何权限。系统表仍然可被 PUBLIC SELECT。

我们还有真正的死锁检测代码。不再有六十秒超时。而且新的锁定代码更好地实现了 FIFO，因此在重度使用期间资源饥饿应该会更少。

以前的版本中有很多关于文档不足的抱怨。Thomas 在此版本的许多新手册上投入了大量精力。请查看 doc/ 目录。

出于性能原因，时间旅行已被移除，但可以用触发器实现（参见 `pgsql/contrib/spi/README`）。请查看新的 `\d` 命令以了解类型、操作符等。此外，视图现在有自己的权限，不再基于底层表，因此必须单独设置视图的权限。查看 `/pgsql/interfaces` 了解与 Postgres 交互的一些新方式。

这是第一个真正需要为现有用户做解释的版本。在许多方面，这是必要的，因为新版本移除了许多限制，人们以前使用的变通方法不再需要。

A.18.1. 迁移到版本 6.3

希望从任何以前的 Postgres 版本迁移数据的用户，需要使用 `pg_dump` 或 `pg_dumpall` 进行转储/恢复。

A.18.2. 变更

缺陷修复

修复被 MOVE 实现破坏的二进制游标 (Vadim)
 修复 tcl 库崩溃 (Jan)
 修复数组处理的问题，来自 Gerhard Hintermayer
 修复 acl 错误并移除重复的 pqtrace (Bruce)
 修复 psql \e 对空文件的问题 (Bruce)
 修复 varchar() 字段上的 textcat (Bruce)
 修复 DBT Sendproc (Zeugswetter Andres)
 修复 vacuum analyze 语法问题 (Bruce)
 修复国际标识符的问题 (Tatsuo)
 修复继承表上的聚合 (Bruce)
 修复 substr() 的越界数据问题
 修复 select 1=1 or 2=2、select 1=1 and 2=2 和 select sum(2+2) (Bruce)
 修复 notty 输出以显示状态结果。-q 选项仍会关闭它 (Bruce)
 修复 count(*)、带视图和多表的聚合以及 sum(3) (Bruce)
 修复 cluster (Bruce)
 修复 PQtrace 多次启动/停止的问题 (Bruce)
 修复多种锁定问题，例如较新的锁等待者先于较旧的等待者获得锁、
 有写者等待锁时读锁持有者不共享锁、以及等待的写者没有
 优先于等待的读者 (Bruce)
 修复从外部文件执行查询时 psql 的崩溃 (James)
 修复多列 order by 且第一列含 NULL 值的问题 (Jeroen)
 为 float8 和 int4 使用正确的哈希表支持函数 (Thomas)
 重新启用 CREATE OPERATOR 语句中的 JOIN= 选项 (Thomas)

更改布尔操作符的优先级以符合预期行为 (Thomas)
对过大整数生成 `elog(ERROR)` (Bruce)
允许在约束子句中使用多参数函数 (Thomas)
检查布尔输入字面量 `'true'`、`'false'`、`'yes'`、`'no'`、`'1'`、`'0'`，
无法识别时抛出 `elog(ERROR)` (Thomas)

大型对象的重要修复

修复 `GROUP BY` 显示重复项的问题 (Vadim)

修复 `MergeJoin` 中的索引扫描 (Vadim)

增强

带 `EXISTS`、`IN`、`ALL`、`ANY` 关键字的子查询 (Vadim、Bruce、Thomas)
新用户手册 (Thomas 等)
通过内联一些频繁调用的函数提速
真正的死锁检测，不再依赖超时 (Bruce)
添加 SQL92 "常量" `CURRENT_DATE`、`CURRENT_TIME`、`CURRENT_TIMESTAMP`、
`CURRENT_USER` (Thomas)
修改约束语法以符合 SQL92 (Thomas)
用索引实现 SQL92 `PRIMARY KEY` 和 `UNIQUE` 子句 (Thomas)
识别 `FOREIGN KEY` 的 SQL92 语法。抛出 `elog` 通知 (Thomas)
允许 `NOT NULL UNIQUE` 约束子句 (以前各自单独允许) (Thomas)
允许对非常量使用 PostgreSQL 风格的类型转换 (`"::"`) (Thomas)
添加对 SQL3 `TRUE` 和 `FALSE` 布尔常量的支持 (Thomas)
支持 `IS TRUE`/`IS FALSE`/`IS NOT TRUE`/`IS NOT FALSE` 的 SQL92 语法
(Thomas)
允许更短的布尔字面量字符串 (如 `"t"`、`"tr"`、`"tru"`) (Thomas)
允许 SQL92 分隔标识符 (Thomas)
实现 SQL92 二进制和十六进制字符串解码 (`b'10'` 和 `x'1F'`) (Thomas)
支持字面字符串类型强制转换的 SQL92 语法
(如 `"DATETIME 'now'"`) (Thomas)
添加 `int2`、`int4` 和 `OID` 类型与 `text` 之间的转换 (Thomas)
构建索引时使用共享锁 (Vadim)
事务块内的用户查询完成后释放为其分配的内存，
此功能在 `<= 6.2.1` 中被关闭 (Vadim)
新 SQL 语句 `CREATE PROCEDURAL LANGUAGE` (Jan)
新 Postgres 过程语言 (PL) 后端接口 (Jan)
把 `pg_dump -H` 选项改名为 `-h` (Bruce)
添加 Java 对口令和欧洲日期的支持 (Peter)
为 `LIKE` 和 `~`、`!~` 操作使用索引 (Bruce)
添加 `datetime` 和 `timespan` 的哈希函数 (Thomas)
移除时间旅行 (Vadim、Bruce)
为 `\d` 和 `\z` 添加分页并修复 `\i` (Bruce)
向后端和前端库添加 Unix 域套接字支持 (Goran)
实现 `CREATE DATABASE/WITH LOCATION` 和 `initlocation` 工具 (Thomas)
允许更多 SQL92 和/或 Postgres 保留字作为列标识符 (Thomas)
增强对 SQL92 `SET TIME ZONE...` 的支持 (Thomas)
`SET/SHOW/RESET TIME ZONE` 使用 `TZ` 后端环境变量 (Thomas)
实现 `SET keyword = DEFAULT` 和 `SET TIME ZONE DEFAULT` (Thomas)
启用使用 `TZ` 环境变量的 `SET TIME ZONE` (Thomas)
把 `PGDATESTYLE` 环境变量添加到前端和后端初始化 (Thomas)
添加 `PGTZ`、`PGCOSTHEAP`、`PGCOSTINDEX`、`PGRPLANS`、`PGGEQO`
前端库初始化环境变量 (Thomas)
回归测试时区用 `"setenv PGTZ PST8PDT"` 自动设置 (Thomas)
添加 `pg_description` 表以存放表、列、操作符、类型和
聚合的信息 (Bruce)
把系统表/索引名 16 字符的限制增加到 32 字符 (Bruce)
重命名系统索引 (Bruce)
向 `SET DATESTYLE` 添加 `'GERMAN'` 选项 (Thomas)

定义带 "hh:mm:ss" 字段的 "ISO 风格" timespan 输出格式 (Thomas)
允许 delta time 的小数值 (如 '2.5 days') (Thomas)
更仔细地验证 delta time 的数字输入 (Thomas)
实现把年积日作为 date_part() 的可能输入 (Thomas)
定义 timespan_finite() 和 text_timespan() 函数 (Thomas)
移除归档内容 (Bruce)
允许有独立于系统口令文件的 pg_password 认证数据库 (Todd)
转储 ACL、GRANT、REVOKE 权限 (Matt)
定义 text、varchar 和 bpchar 字符串长度函数 (Thomas)
修复 Query 对继承的处理以及代价计算 (Bruce)
实现 CREATE TABLE/AS SELECT (SELECT/INTO 的替代) (Thomas)
允许约束中的 NOT、IS NULL、IS NOT NULL (Thomas)
实现 SELECT 的 UNION (Bruce)
向 INSERT 添加 UNION、GROUP、DISTINCT (Bruce)
varchar() 在磁盘上只存储必要的字节 (Bruce)
修复 BLOB 的问题 (Peter)
JDBC 超大补丁.....变更列表见 README_6.3 (Peter)
从 PQconnectdb() 移除未使用的 "option"
新 LOCK 命令和描述死锁的锁手册页 (Bruce)
添加新 psql \da、\dd、\df、\do、\ds 和 \dT 命令 (Bruce)
增强 psql \z 以显示序列 (Bruce)
在 psql \d 表中显示 NOT NULL 和 DEFAULT (Bruce)
新 psql .psqlrc 文件启动 (Andrew)
修改 contrib/linux 中的示例启动脚本以显示 syslog (Thomas)
contrib/ip_and_mac 中 IP 和 MAC 地址的新类型 (TomH)
contrib/unixdate 中与日期/时间类型的 Unix 系统时间转换 (Thomas)
contrib 内容的更新 (Massimo)
向 DBD::Pg 添加 Unix 套接字支持 (Goran)
新 python 接口 (PyGreSQL 2.0) (D'Arcy)
新的前端/后端协议带有版本号和网络字节序 (Phil)
pg_hba.conf 的安全特性得到增强和记录, 大量清理 (Phil)
CHAR() 现在比 VARCHAR() 或 TEXT 访问更快
ecpg 嵌入式 SQL 预处理器
降低系统列的开销 (Vadmin)
移除 pg_time 表 (Vadim)
添加 pg_type 属性以标识需要长度的类型 (bpchar、varchar)
COPY 命令失败时报告出错的行
允许对视图设置的权限独立于底层表。
为安全起见, 酌情对视图使用 GRANT/REVOKE (Jan)
表现在没有默认的 GRANT SELECT TO PUBLIC。你必须
显式授予此类权限。
清理教程示例 (Darren)

源码树变更

添加新的 html 开发工具和 /tools/backend 中的流程图
修复 SCO 编译
Stratus 计算机移植 (Robert Gillies)
为 BSD44_derived & i386_solaris 添加 shlib 支持
使 configure 更加自动化 (Brook)
添加检查回归测试结果的脚本
将解析器函数拆分为更小的文件并分组 (Bruce)
把 heap_create 改名为 heap_create_and_catalog, 把 heap_creatr
改名为 heap_create() (Bruce)
Sparc/Linux 的锁定补丁 (TomS)
移除 PORTNAME 并重组移植特定内容 (Marc)
添加优化器 README 文件 (Bruce)
移除优化器中的部分递归并清理那里的代码 (Bruce)

修复 NetBSD 锁定 (Henry)
 修复 libptcl 的制作 (Tatsuo)
 AIX 补丁 (Darren)
 把 IS TRUE、IS FALSE、... 更改为使用 "=" 的表达式而不是
 对 istrue() 或 isfalse() 的函数调用以允许优化 (Thomas)
 各种 NetBSD/Sparc 相关修复 (TomH)
 Alpha linux 锁定 (Travis、Ryan)
 把 elog(WARN) 改为 elog(ERROR) (Bruce)
 FreeBSD 的 FAQ (Marc)
 将 PostODBC 源码树纳入标准发行版 (Marc)
 HP/UX 10 与 9 的小补丁 (Stan)
 新 pg_attribute.atttypmod 用于 varchar 长度等类型特定信息 (Bruce)
 UnixWare 补丁 (Billy)
 自旋锁 asm 的新 i386 'lock' (Billy)
 移除对多路复用后端的支持
 开始 OpenBSD 移植
 开始 AUX 移植
 开始 Cygnus 移植
 在回归测试套件中添加字符串函数 (Thomas)
 扩展一些以前截断为 16 字符的函数名 (Thomas)
 移除不需要的 malloc() 调用并用 palloc() 替换 (Bruce)

A.19. 版本 6.2.1

发行日期

1997-10-17

6.2.1 是 6.2 之上的缺陷修复和易用性版本。

摘要：

- 按照 SQL92，允许字符串跨行。
- 包含在表更新时插入用户名的示例触发器函数。

这是 6.2 之上的次要缺陷修复版本。从 6.2 之前的系统升级需要完整的转储/重载。请参阅 6.2 版本的发行说明了解操作说明。

A.19.1. 从版本 6.2 迁移到版本 6.2.1

这是次要缺陷修复版本。从 6.2 版本不需要转储/重载，但从 6.2 之前的任何版本需要。

从 6.2 版本升级时，如果你选择转储/重载，你会发现 avg(money) 现在计算正确。所有其他缺陷修复在更新可执行文件后生效。

避免转储/重载的另一种方法是在 psql 中使用以下 SQL 命令更新现有的系统表：

```
update pg_aggregate set aggfinalfn = 'cash_div_flt8'
where aggname = 'avg' and aggbasetype = 790;
```

这需要对每个现有数据库执行，包括 template1。

A.19.2. 变更

允许 TIME 和 TYPE 作为列名 (Thomas)
 允许更大范围的 true/false 布尔值 (Thomas)
 支持 "now" 和 "current" 的输出 (Thomas)

正确处理 INSERT NULL 与 DEFAULT (Vadim)
 修复缓冲区管理器中关系引用计数的问题 (Vadim)
 像 ANSI 一样允许字符串跨行 (Thomas)
 修复带 ORDER BY 的反向游标 (Vadim)
 修复 avg(cash) 计算 (Thomas)
 修复 ORDER/GROUP BY 中重复指定列的问题 (Vadim)
 记录返回受影响行数的新 libpq 函数 PQcmdTuples (Bruce)
 用于在 INSERT/UPDATE 时插入用户名的触发器函数 (Brook Milligan)

A.20. 版本 6.2

发行日期

1997-10-02

希望从以前的 Postgres 版本迁移数据的用户，需要进行转储/恢复。

A.20.1. 从版本 6.1 迁移到版本 6.2

此迁移需要完整转储 6.1 数据库并在 6.2 中恢复。

注意，应使用 6.2 的 pg_dump 和 pg_dumpall 工具来转储 6.1 数据库。

A.20.2. 从版本 1.x 迁移到版本 6.2

从更早的 1.* 版本迁移的用户应先升级到 1.09，因为 COPY 输出格式自 1.02 版本起得到了改进。

A.20.3. 变更

缺陷修复

修复 pg_dump 对继承、序列、归档表的问题 (Bruce)
 修复因移位、无符号和 Solaris 的错误原型
 导致的溢出编译错误 (Diab Jerius)
 修复几何线段算术中的缺陷（错误的交点计算） (Thomas)
 检查几何对象在端点处的相交以避免舍入问题 (Thomas)
 捕获无效的删除尝试 (Vadim)
 把时间函数名改得更一致 (Michael Reifenberg)
 检查除零 (Michael Reifenberg)
 修复一个非常老的缺陷：命令本身可以看见
 由该命令更改/插入的行（因此会导致对已更新
 元组的多次更新等） (Vadim)
 修复 SELECT null, 'fail' FROM pg_am (Patrick)
 现在允许 SELECT NULL as EMPTY_FIELD (Patrick)
 从 contrib/pginterface 中移除不需要的信号代码
 修复 OR (where x != 1 or x isnull 不返回 x NULL 的行) (Vadim)
 修复 time_cmp 函数 (Vadim)
 修复 WHERE 子句中对首参数为非属性的函数的处理 (Vadim)
 修复条目顺序与目标列表顺序不同时的 GROUP BY (Vadim)
 修复 pg_dump 对无 sfunc1 聚合的处理 (Vadim)

增强

默认遗传优化器 GEQO 参数现在是 8 (Bruce)

允许在目标列表中使用带聚合的函数参数 (Vadim)
 添加 JDBC 驱动作为接口 (Adrian & Peter)
 pg_password 工具
 返回 INSERT/UPDATE/DELETE 等插入/影响的行数 (Vadim)
 用 CREATE TRIGGER 实现触发器 (SQL3) (Vadim)
 SPI (服务器编程接口) 允许在 C 函数内
 执行查询 (Vadim)
 实现 NOT NULL (SQL92) (Robson Paniago de Miranda)
 纳入用于字符串处理、外连接和联合的保留字 (Thomas)
 用独占状态实现扩展注释 ("/* ... */") (Thomas)
 添加 "///" 单行注释 (Bruce)
 移除对操作符名称中字符的一些限制 (Thomas)
 实现表的 DEFAULT 和 CONSTRAINT (SQL92) (Vadim & Thomas)
 添加文本连接操作符和函数 (SQL92) (Thomas)
 支持 WITH TIME ZONE 语法 (SQL92) (Thomas)
 支持 INTERVAL unit TO unit 语法 (SQL92) (Thomas)
 定义类型 DOUBLE PRECISION、INTERVAL、CHARACTER、
 和 CHARACTER VARYING (SQL92) (Thomas)
 定义类型 FLOAT(p) 和基础的 DECIMAL(p,s)、NUMERIC(p,s) (SQL92)
 (Thomas)
 定义 EXTRACT()、POSITION()、SUBSTRING() 和 TRIM() (SQL92) (Thomas)
 定义 CURRENT_DATE、CURRENT_TIME、CURRENT_TIMESTAMP (SQL92) (Thomas)
 为 UNION、HAVING、INNER 和 OUTER JOIN 添加语法和警告 (SQL92) (Thomas)
 添加更多保留字, 主要为符合 SQL92 (Thomas)
 允许 timespan/retime 类型的 hh:mm:ss 时间输入 (Thomas)
 为 lseg、path、polygon 添加 center() 例程 (Thomas)
 为 circle-polygon、polygon-polygon 添加 distance() 例程 (Thomas)
 用轴交叉算法显式检查多边形内包含的
 点和多边形 (Thomas)
 添加 circle-box 转换例程 (Thomas)
 合并不同几何数据类型的冲突操作符 (Thomas)
 将距离操作符 "<==>" 替换为 "<->" (Thomas)
 把"上方"操作符 "!^" 替换为 ">^", "下方"操作符 "!!" 替换为 "<^" (Thomas)
 添加两端修剪文本、子串和字符串位置的例程 (Thomas)
 添加转换例程 circle(box) 和 poly(circle) (Thomas)
 允许内部排序存储在内存中而不是文件中 (Bruce & Vadim)
 允许内部相同的类型上的函数和操作符成功执行 (Bruce)
 在性能分析后加速后端启动 (Bruce)
 为性能内联频繁调用的函数 (Bruce)
 减少 open() 调用 (Bruce)
 psql: 为 \h 和 \? 添加 PAGER, \C 修复
 修复无 tty 时 psql 分页器的问题 (Bruce)
 新 entab 工具 (Bruce)
 用于引用完整性的通用触发器函数 (Vadim)
 用于时间旅行的通用触发器函数 (Vadim)
 用于 AUTOINCREMENT/IDENTITY 特性的通用触发器函数 (Vadim)
 MOVE 实现 (Vadim)

源码树变更

 HP-UX 10 补丁 (Vladimir Turin)
 添加 SCO 支持 (Daniel Harris)
 MkLinux 补丁 (Tatsuo Ishii)
 把几何 box 术语从 "length" 改为 "width" (Thomas)
 废弃几何代码中临时不存储的斜率字段 (Thomas)
 从 INSTALL 移除重启说明 (Bruce)
 先在 /usr/ucb 中查找 install (Bruce)
 修复 c++ 复制示例代码 (Thomas)

在 psql 手册页添加 -o (Bruce)
 防止 relname 未分配字符串长度被复制进数据库 (Bruce)
 清理 NAMEDATALEN 的使用 (Bruce)
 修复输出中超过 15 字符的 pg_proc 名 (Bruce)
 添加 strncpy() 函数 (Bruce)
 移除一些不必要的 (void) 转换 (Bruce)
 新的 interfaces 目录 (Marc)
 用对 fd.c 函数的调用替换 fopen() 调用 (Bruce)
 尽可能把函数设为 static (Bruce)
 把未使用的函数包在 #ifdef NOT_USED 中 (Bruce)
 移除时间戳支持中对 difftime() 的调用以修复 SunOS (Bruce & Thomas)
 针对 Digital Unix 的变更
 pg_dumpall 的可移植性修复 (Bruce)
 把 pg_attribute.attnvals 改名为 attdispersion (Bruce)
 "intro/unix" 手册页现为 "pgintro" (Bruce)
 "built-in" 手册页现为 "pgbuiltin" (Bruce)
 "drop" 手册页现为 "drop_table" (Bruce)
 添加 "create_trigger"、"drop_trigger" 手册页 (Thomas)
 添加约束回归测试 (Vadim & Thomas)
 添加注释语法回归测试 (Thomas)
 添加 PGINDENT 和支持程序 (Bruce)
 对所有 *.c 和 *.h 文件运行 PGINDENT 的大规模提交 (Bruce)
 文件移到 /src/tools 目录 (Bruce)
 SPI 和触发器编程指南 (Vadim & D'Arcy)

A.21. 版本 6.1.1

发行日期

1997-07-22

A.21.1. 从版本 6.1 迁移到版本 6.1.1

这是次要缺陷修复版本。从 6.1 版本不需要转储/重载，但从 6.1 之前的任何版本需要。更多细节请参阅 6.1 的发行说明。

A.21.2. 变更

修复带选项的 SET (Thomas)
 允许 pg_dump/pg_dumpall 保留所有表/对象的所有权 (Bruce)
 新 psql \connect 选项允许只更改用户名而不更改数据库
 修复 initdb --debug 选项 (Yoshihiko Ichikawa)
 lextest 清理 (Bruce)
 哈希修复 (Vadim)
 修复日期/时间的月份边界算术 (Thomas)
 修复某些移植的时区夏令时处理 (Thomas、Bruce、Tatsuo)
 timestamp 彻底改造为使用标准函数 (Thomas)
 日期/时间例程的其他代码清理 (Thomas)
 psql 的 \d 现在不区分大小写 (Bruce)
 psql 的反斜杠命令现在可以带尾部分号 (Bruce)
 修复使用 \g 时 psql 的内存泄漏 (Bruce)
 与服务器通信的字节序处理重大修复 (Thomas、Tatsuo)
 Solaris 编译器和头文件的修复 (Yoshihiko Ichikawa)
 允许用户名中使用下划线 (Bruce)
 pg_dumpall 现在返回正确状态，可移植性修复 (Bruce)

A.22. 版本 6.1

发行日期

1997-06-08

回归测试已经为 Postgres 6.1 版本做了适配和大量修改。

新增了三种数据类型 (datetime、timespan 和 circle)，已加入到 Postgres 本地类型集中。点、框、路径和多边形在各数据类型间的输出格式已统一。misc.out 中的多边形输出只相对原始回归输出做了抽查。

Postgres 6.1 引入了使用遗传算法的新备选优化器。当查询包含多个限定条件或多个表时（优化器可选择求值顺序），这些算法会给查询结果的顺序引入随机行为。

已有几个回归测试被修改为显式排序结果，因此对优化器的选择不敏感。

少数回归测试针对本质上无序的数据类型（如点和时间间隔），

涉及这些类型的测试显式地用 `set geqo to 'off'` 和 `reset geqo` 括起来。

数组说明符（原子值周围的花括号）

的解释似乎在最初的回归测试生成之后的某个时候发生了变化。当前的 `./expected/*.out` 文件反映了这一新解释，它可能并不正确！

float8 回归测试至少在某些平台上失败。这是由于 `pow()` 和 `exp()` 实现的差异以及上溢/下溢条件所用的信号机制不同。

“random” 测试中的“随机”结果本应导致“random”测试“失败”，

因为回归测试是用简单的 `diff` 评估的。不过，在我的测试机（Linux/gcc/i686）上，“random”似乎并不会产生随机结果。

A.22.1. 迁移到版本 6.1

此迁移需要完整转储 6.0 数据库并在 6.1 中恢复。

从更早的 1.* 版本迁移的用户应先升级到 1.09，因为 COPY 输出格式自 1.02 版本起得到了改进。

A.22.2. 变更

缺陷修复

库例程中的包长度检查

锁管理器优先级补丁

检查 float8 的下溢/上溢 (Bruce)

多表连接修复 (Vadim)

SIGPIPE 崩溃修复 (Darren)

大对象修复 (Sven)

允许 btree 索引处理 NULL (Vadim)

时区修复 (D'Arcy)

无行时 `select SUM(x)` 可返回 NULL (Thomas)

内部优化器、执行器缺陷修复 (Vadim)

修复 `<` 或 `<=` 内层循环无行的问题 (Vadim)

防止连接索引子句重新交换 (Vadim)

修复多表的连接子句 (Vadim)

修复数组的哈希和哈希连接 (Vadim)

修复 abstime 类型的 btree (Vadim)

大对象修复 (Raymond)
修复哈希索引中的缓冲区泄漏 (Vadim)
修复 rtree 以用于内层扫描 (Vadim)
修复 gist 以用于内层扫描并清理 (Vadim、Andrea)
避免不必要的本地缓冲区分配 (Vadim、Massimo)
修复事务中止时本地缓冲区泄漏 (Vadim)
修复文件管理器内存泄漏并清理 (Vadim、Massimo)
修复存储管理器内存泄漏 (Vadim)
修复 btree 重复项处理 (Vadim)
修复 vacuum 导致已删元组复活的问题 (Vadim)
修复 SELECT varchar()/char() INTO TABLE 生成零长度字段的问题 (Bruce)
用 Purify 修复许多 psql、pg_dump 和 libpq 内存泄漏 (Igor)

增强

属性优化统计 (Bruce)
快得多的新 btree 批量装载代码 (Paul)
批量装载代码加入 BTREE UNIQUE (Vadim)
新锁调试代码 (Massimo)
libpq++ 的大规模变更 (Leo)
新 GEQO 优化器加速多表优化 (Martin)
对唯一键非唯一插入的新 WARN 消息 (Marc)
update x=-3 (无空格) 现在有效 (Bruce)
移除标识符的大小写敏感处理 (Bruce、Thomas、Dan)
调试后端现在美化打印树 (Darren)
新 Oracle 字符函数 (Edmund)
新明文口令函数 (Dan)
"no such class or insufficient privilege" 拆分为不同的消息 (Dan)
新 ANSI timestamp 函数 (Dan)
新 ANSI Time 和 Date 类型 (Thomas)
在后端中移动大数据块 (Martin)
多列 btree 索引 (Vadim)
新 SET var TO value 命令 (Martin)
读取时更新事务状态 (Dan)
字符类型的新区域设置 (Oleg)
新 SEQUENCE 序列号生成器 (Vadim)
现在可以使用 GROUP BY 函数 (Vadim)
重新组织回归测试 (Thomas、Marc)
新优化器操作权重 (Vadim)
新 psql \z 授予/许可选项 (Marc)
新 MONEY 数据类型 (D'Arcy、Thomas)
tcp 套接字通信速度改进 (Vadim)
VACUUM 的属性统计及特定列新选项 (Vadim)
许多几何类型改进 (Thomas、Keith)
附加回归测试 (Thomas)
新 datestyle 变量 (Thomas、Vadim、Martin)
更多用于排序的比较操作符 (Thomas)
新转换函数 (Thomas)
新更紧凑的 btree 格式 (Vadim)
允许 pg_dumpall 保留数据库所有权 (Bruce)
新 SET GEQO=# 和 R_PLANS 变量 (Vadim)
旧 (!GEQO) 优化器可使用右侧计划 (Vadim)
SQL 解析器类型检查改进 (Bruce)
新 SET、SHOW、RESET 命令 (Thomas、Vadim)
新 \connect database USER 选项
新 destroydb -i 选项 (Igor)
新 \dt 和 \di psql 命令 (Darren)
SELECT "\n" 现在转义换行 (A. Duursma)

从旧格式转换的新几何转换函数 (Thomas)

源代码树变更

新配置脚本 (Marc)

添加 readline 配置选项 (Marc)

移除操作系统特定的配置选项 (Marc)

新的操作系统特定模板文件 (Marc)

不再需要编辑 Makefile.global (Marc)

重新安排头文件 (Marc)

nextstep 补丁 (Gregor Hoffleit)

移除 WIN32 专用代码 (Bruce)

移除 postmaster -e 选项, 现在只有 postgres -e 选项 (Bruce)

合并前后端中重复的库代码 (Martin)

现在可与 eBones、国际 Kerberos 一起工作 (Jun)

更多共享库支持

c++ 头文件清理 (Bruce)

对有缺陷的 flex 发出警告 (Bruce)

DG/UX、Ultrix、IRIX、AIX 可移植性修复

A.23. 版本 6.0

发行日期

1997-01-29

希望从以前的 Postgres 版本迁移数据的用户, 需要进行转储/恢复。

A.23.1. 从版本 1.09 迁移到版本 6.0

此迁移需要完整转储 1.09 数据库并在 6.0 中恢复。

A.23.2. 从 1.09 之前版本迁移到版本 6.0

从更早的 1.* 版本迁移的用户应先升级到 1.09, 因为 COPY 输出格式自 1.02 版本起得到了改进。

A.23.3. 变更

缺陷修复

ALTER TABLE 缺陷—运行中的 postgres 进程需要重新读取表定义
允许对一个表或整个数据库运行 vacuum (Bruce)

数组修复

修复数组内存写的越界 (Kurt)

修复难以捉摸的 btree 范围/非范围缺陷 (Dan)

修复某些类型 (如 time 和 date) 上的哈希索引

修复 pg_log 大小爆炸的问题

修复 lo_export() 的权限 (Bruce)

修复未初始化的内存读取 (Kurt)

修复 ALTER TABLE ... char(3) 缺陷 (Bruce)

修复了几个小的内存泄漏

修复 EXPLAIN 的选项处理并更改了 full_path 选项名

修复组 acl 权限的输出

内存泄漏 (用 Purify 等工具查找并消灭) (Kurt)
规则系统的小改进
NOTIFY 修复
新的运行检查断言
彻底改造 parser/analyze 代码以正确报告错误并提高速度
Pg_dump -d 现在正确处理 NULL (Bruce)
防止 SELECT NULL 使服务器崩溃 (Bruce)
INSERT ... SELECT 列不匹配时正确报告错误
插入列名不正确时正确报告错误
psql \g filename 现在可用 (Bruce)
修复 psql 一行多语句多输出的问题
移除重复的系统 OID
SELECT * INTO TABLE . GROUP/ORDER BY 在表已存在时给出 unlink 错误
(Bruce)
几项对使后端崩溃查询的修复
插入字符串中起始引号的错误 (Bruce)
提交空查询现在返回空状态, 而不只是 " " 查询 (Bruce)

增强

添加 EXPLAIN 手册页 (Bruce)
添加 UNIQUE 索引能力 (Dan)
添加主机名/用户级访问控制, 而不只是主机名和用户
为 <> 添加 != 同义词 (Bruce)
允许 "select oid,* from table"
允许 BY、ORDER BY 按编号或按非别名的 table.column 指定列 (Bruce)
允许从前端 COPY (Bryan)
允许 GROUP BY 使用别名列名 (Bruce)
允许真正的压缩, 而不只是同一页上的重用 (Vadim)
允许安装配置选项自动添加所有本地用户 (Bryan)
允许 libpq 区分文本值 '' 和 null (Bruce)
允许有 createdb 权限的非 postgres 用户 destroydb
允许限制谁可以创建 C 函数 (Bryan)
允许限制谁可以做后端 COPY (Bryan)
可以收缩表、pg_time 和 pg_log (Vadim & Erich)
更改调试级别 2 为只打印查询, 更改调试标题布局 (Bruce)
把十进制常量的默认表示从 float4 改为 float8 (Bruce)
postmaster 启动时现在设置欧洲日期格式
找不到精确大小写时执行小写函数名
聚合/GROUP 处理的修复, 允许 'select sum(func(x),sum(x+y) from z'
Gist 现在包含在发行版中 (Marc)
本地用户的 Ident 认证 (Bryan)
实现 BETWEEN 限定符 (Bruce)
实现 IN 限定符 (Bruce)
libpq 有 PQgetisnull() (Bruce)
libpq++ 改进
initdb 的新选项 (Bryan)
pg_dump 允许转储 OID (Bruce)
Pg_dump 为提高速度在表装载后创建索引 (Bruce)
Pg_dumpall 转储所有数据库和用户表
Pginterface 对 NULL 值的补充 (Bruce)
防止以 root 运行 postmaster
psql \h 和 \? 现在可读 (Bruce)
psql 允许行内任意位置的反斜杠和分号 (Bruce)
psql 更改查询中或引号中行的命令提示符 (Bruce)
psql char(3) 现在在 \d 输出中显示为 (bp)char (Bruce)
psql 返回码现在更准确 (Bryan?)
psql 更新的帮助语法 (Bruce)

重新检查并修复 vacuum (Vadim)
 减小回归 diff 的大小, 移除时区名差异 (Bruce)
 移除编译期参数以支持二进制发行 (Bryan)
 反转 HBA 掩码的含义 (Bryan)
 本地用户的安全认证 (Bryan)
 加快 vacuum (Vadim)
 Vacuum 现在有 VERBOSE 选项 (Bruce)

源代码树变更

所有函数现在都有与调用比较的原型
 允许从 Makefile.global 轻松禁用断言 (Bruce)
 把代码中使用的 oid 常量改为 #define 名称
 解耦 sparc 和 solaris 定义 (Kurt)
 Gcc -Wall 干净编译, 警告只来自无法修复的构造
 主要的头文件重组/精简 (Marc)
 编译失败时 make 现在停止 (Bryan)
 Makefile 重构 (Bryan、Marc)
 把 bsd_2_1 合并到 bsd (Bruce)
 移除 Monitor 程序
 从 Postgres95 改名为 PostgreSQL
 新 config.h 文件 (Marc、Bryan)
 PG_VERSION 现在设为 6.0 并被 postmaster 使用
 可移植性补充, 包括 Ultrix、DG/UX、AIX 和 Solaris
 减少 #define 的数量, 集中化 #define
 移除系统表中的重复 OID (Dan)
 移除重复的系统目录信息或报告不匹配 (Dan)
 移除了许多操作系统特定的 #define
 重构目标文件的生成/位置 (Bryan、Marc)
 重构移植特定文件的位置 (Bryan、Marc)
 纠正未使用/未初始化的变量

A.24. 版本 1.09

发行日期

1996-11-04

Unknown 抱歉, 我们停止了记录 1.02 到 1.09 的变更。6.0 中列出的一些变更实际上包含在 1.02.1 到 1.09 版本中。

A.25. 版本 1.02

发行日期

1996-08-01

A.25.1. 从版本 1.02 迁移到版本 1.02.1

这是 1.02.1 的新迁移文件。它包括 'copy' 变更和一个把旧 ascii 文件转换为新格式脚脚本。

注意

以下说明是为了帮助希望把数据库从 postgres95 1.01 和 1.02 迁移到 postgres95 1.02.1 的用户。

如果你全新开始使用 postgres95 1.02.1 而不需要迁移旧数据库，则无需再往下读。

为了把较旧的 postgres95 1.01 或 1.02 版本数据库升级到 1.02.1 版本，需要以下步骤：

1. 启动新的 1.02.1 postmaster
2. 将 1.02.1 新增的内建函数和操作符添加到 1.01 或 1.02 数据库中。方法是用新的 1.02.1 服务器运行你自己的 1.01 或 1.02 数据库，并应用本文件末尾附带的查询。这可以通过 psql 轻松完成。如果你的 1.01 或 1.02 数据库名为 testdb，并且你已把命令从本文件末尾剪出并保存到 addfunc.sql 中：

```
% psql testdb -f addfunc.sql
```

从 1.02 升级的用户在执行文件中的最后两条语句时会得到警告，因为它们已经存在于 1.02 中。这无需担心。

A.25.2. 转储/重载程序

如果你试图重新装载由旧版本生成的 pg_dump 或文本模式 copy tablename to stdout 输出，需要先对 ASCII 文件运行附带的 sed 脚本，再将其装入数据库。旧格式用 '.' 作为数据结束标记，而现在的数据库结束标记是 '\.'。此外，空字符串现在装载为 '' 而非 NULL。完整细节见 copy 手册页。

```
sed 's/^\.$/\./g' <in_file >out_file
```

如果你装载的是较旧的二进制 copy 或非 stdout 的 copy，则没有数据结束字符，因此无需转换。

```
-- following lines added by agc to reflect the case-insensitive
-- regexp searching for varchar (in 1.02), and bpchar (in 1.02.1)
create operator ~* (leftarg = bpchar, rightarg = text, procedure =
    texticregexeql);
create operator !~* (leftarg = bpchar, rightarg = text, procedure =
    texticregexne);
create operator ~* (leftarg = varchar, rightarg = text, procedure =
    texticregexeql);
create operator !~* (leftarg = varchar, rightarg = text, procedure =
    texticregexne);
```

A.25.3. 变更

源代码维护与开发

- * 全球志愿者团队
- * 源代码树现在在 ftp.ki.net 的 CVS 中

增强

- * psql (及底层 libpq 库) 现在有更多输出格式化选项，包括 HTML
- * pg_dump 现在可以输出模式和/或数据，并有许多修复以提高完整性。
- * 管理 shell 脚本中用 psql 代替 monitor。monitor 将在下一个发行版中废弃。
- * 日期/时间函数得到增强

- * NULL 插入/更新/比较修复/增强
- * TCL/TK 库和 shell 修复为同时支持 tcl7.4/tk4.0 和 tcl7.5/tk4.1

缺陷修复（多到几乎无法列举）

- * 索引
- * 存储管理
- * 解引用前检查 NULL 指针
- * Makefile 修复

新移植

- * 新增 SolarisX86 移植
- * 新增 BSD/OS 2.1 移植
- * 新增 DGUX 移植

A.26. 版本 1.01

发行日期

1996-02-23

A.26.1. 从版本 1.0 迁移到版本 1.01

以下说明是为了帮助希望把数据库从 postgres95 1.0 迁移到 postgres95 1.01 的用户。

如果你全新开始使用 postgres95 1.01 而不需要迁移旧数据库，则无需再往下读。

为了在用 postgres95 1.0 版本创建的数据库上运行 postgres95 1.01 版本，需要以下步骤：

1. 把 `src/Makefile.global` 中 `NAMEDATALEN` 的定义改为 16，`OIDNAMELEN` 改为 20。
2. 决定是否要使用基于主机的认证。
 - a. 如果要用，你必须在顶级数据目录（通常是 `$PGDATA` 的值）中创建名为 `pg_hba` 的文件。`src/libpq/pg_hba` 给出了示例语法。
 - b. 如果不想使用基于主机的认证，可以注释掉 `src/Makefile.global` 中的这一行：

```
HBA = 1
```

注意，基于主机的认证默认开启，如果你不执行上面的 A 或 B 步骤，开箱即用的 1.01 将不允许你连接到 1.0 数据库。

3. 编译并安装 1.01，但不要执行 `initdb` 步骤。
4. 在做任何其他事情之前，终止你的 1.0 `postmaster`，并备份现有的 `$PGDATA` 目录。
5. 把 `PGDATA` 环境变量指向你的 1.0 数据库，但把路径设置为使用 1.01 二进制文件。
6. 把文件 `$PGDATA/PG_VERSION` 从 5.0 改为 5.1
7. 启动新的 1.01 `postmaster`
8. 将 1.01 新增的内建函数和操作符添加到 1.0 数据库中。方法是用新的 1.01 服务器运行你自己的 1.0 数据库，并应用随附保存在文件 `1.0_to_1.01.sql` 中的查询。这可以通过 `psql` 轻松完成。如果你的 1.0 数据库名为 `testdb`：

```
% psql testdb -f 1.0_to_1.01.sql
```


然后执行以下命令（从此处剪切并粘贴）：

```
-- add builtin functions that are new to 1.01

create function int4eqoid (int4, oid) returns bool as 'foo'
language 'internal';
create function oideqint4 (oid, int4) returns bool as 'foo'
language 'internal';
create function char2icregexe (char2, text) returns bool as
'foo'
language 'internal';
create function char2icregexne (char2, text) returns bool as
'foo'
language 'internal';
create function char4icregexe (char4, text) returns bool as
'foo'
language 'internal';
create function char4icregexne (char4, text) returns bool as
'foo'
language 'internal';
create function char8icregexe (char8, text) returns bool as
'foo'
language 'internal';
create function char8icregexne (char8, text) returns bool as
'foo'
language 'internal';
create function char16icregexe (char16, text) returns bool as
'foo'
language 'internal';
create function char16icregexne (char16, text) returns bool as
'foo'
language 'internal';
create function texticregexe (text, text) returns bool as
'foo'
language 'internal';
create function texticregexne (text, text) returns bool as
'foo'
language 'internal';

-- add builtin functions that are new to 1.01

create operator = (leftarg = int4, rightarg = oid, procedure =
int4eqoid);
create operator = (leftarg = oid, rightarg = int4, procedure =
oideqint4);
create operator ~* (leftarg = char2, rightarg = text, procedure
= char2icregexe);
create operator !~* (leftarg = char2, rightarg = text,
procedure = char2icregexne);
create operator ~* (leftarg = char4, rightarg = text, procedure
= char4icregexe);
create operator !~* (leftarg = char4, rightarg = text,
procedure = char4icregexne);
create operator ~* (leftarg = char8, rightarg = text, procedure
= char8icregexe);
create operator !~* (leftarg = char8, rightarg = text,
procedure = char8icregexne);
```

```
create operator ~* (leftarg = char16, rightarg = text,
    procedure = char16icregexeq);
create operator !~* (leftarg = char16, rightarg = text,
    procedure = char16icregexne);
create operator ~* (leftarg = text, rightarg = text, procedure
    = texticregexeq);
create operator !~* (leftarg = text, rightarg = text, procedure
    = texticregexne);
```

A.26.2. 变更

不兼容之处:

- * 只要用户按照 `MIGRATION_from_1.0_to_1.01` 文件中概述的步骤操作, 1.01 与 1.0 数据库向后兼容。
如果未采取这些步骤, 1.01 与 1.0 数据库不兼容。

增强:

- * 为 `libpq` 添加 `PQdisplayTuples()` 并更改 `monitor` 和 `psql` 使用它
- * 新增 `NeXT` 移植 (需要 `SysVIPC` 实现)
- * 新增 `CAST .. AS` 语法
- * 添加了 `ASC` 和 `DESC` 关键字
- * 为 `CREATE FUNCTION` 添加 `'internal'` 作为可能的语言
内部函数是已静态链接
到 `postgres` 后端中的 `C` 函数。
- * 为系统标识符 (表名、
属性名等) 添加了新类型 `"name"`。它取代了旧的 `char16` 类型。
`name` 的长度由 `src/Makefile.global` 中的 `NAMEDATALEN` `#define` 设置
- * 一本描述查询语言的易读参考手册。
- * 添加了基于主机的访问控制。配置文件 (`$PGDATA/pg_hba`)
用于保存配置数据。如果不需要基于主机的访问控制,
请注释掉 `src/Makefile.global` 中的 `HBA=1`。
- * 更改正则表达式处理为统一使用 `Henry Spencer` 的正则代码,
与平台无关。正则代码包含在发行版中
- * 添加了用于不区分大小写正则表达式的函数和操作符。
操作符为 `~*` 和 `!~*`。
- * `pg_dump` 使用 `COPY` 而非 `SELECT` 循环以获得更好性能

缺陷修复:

- * 修复了一个优化器缺陷, 当在 `WHERE` 子句的比较中使用
函数调用时会导致核心转储
- * 将所有 `getuid` 的使用改为 `geteuid`, 以使用有效 `uid`
- * `psql` 使用 `-c` 时出错现在返回非零状态
- * 应用了公开补丁 1-14

A.27. 版本 1.0

发行日期

1995-09-05

A.27.1. 变更

版权变更:

- * `Postgres 1.0` 的版权已放宽为可自由修改并可用于任何目的。
请阅读 `COPYRIGHT` 文件。感谢 `Michael Stonebraker` 教授使之成为可能。

不兼容之处:

- * 日期格式必须为 MM-DD-YYYY (如果使用欧洲风格, 则为 DD-MM-YYYY)。这遵循 SQL-92 规范。
- * "delimiters" 现在是一个关键字

增强:

- * 添加了 SQL LIKE 语法
- * copy 命令现在接受可选的 USING DELIMITER 说明。

分隔符可以是任何单字符串。

- * 添加了 IRIX 5.3 移植。

感谢 Paul Walmsley 等人。

- * 更新 pg_dump 以配合新 libpq 工作
- * psql 中添加了 \d

感谢 Keith Parks

- * 对于使用 POSIX 正则的体系结构, 正则性能通过缓存预编译模式得到了改进。

感谢 Alistair Crooks

- * 新版本的 libpq++

感谢 William Wanders

缺陷修复:

- * 可以在 createuser 脚本中指定任意用户 id
- * psql 中连接其他数据库的 \c 现在可以工作了。
- * 修复了 float4inc() 的错误 pg_proc 条目
- * 设置了 usecreatedb 字段的用户现在可以创建数据库, 而无需是 usesuper
- * 当条目不再有任何权限时移除访问控制条目
- * 修复了不可移植的 datetimes 实现
- * 在 src/backend/Makefile 中添加 kerberos 标志
- * libpq 现在支持 kerberos
- * 用户手册中的排印错误已更正。
- * 多索引的 btree 从未工作过, 现在尝试使用时会明确告知它们不可用

A.28. Postgres95 版本 0.03

发行日期

1995-07-21

A.28.1. 变更

不兼容变更:

- * BETA-0.3 与用以前版本创建的数据库不兼容 (由于系统目录更改和索引结构更改)。
- * 双引号 (") 作为字符串字面量的引号字符已被废弃; 你需要将它们转换为单引号 (')。
- * 聚合的名称 (如 int4sum) 已按照 SQL 标准重命名 (如 sum)。
- * CHANGE ACL 语法被 GRANT/REVOKE 语法取代。
- * 浮点字面量 (如 3.14) 现在是 float4 类型 (而不是以前版本的 float8); 如果你依赖它是 float8 类型, 可能需要进行类型转换。如果忽略类型转换而把浮点字面量赋给 float8 类型的字段, 可能会得到错误的

存储值！

- * LIBPQ 经过彻底翻新，前端应用程序可以连接多个后端
- * pg_user 中的 usesysid 字段已从 int2 改为 int4，以允许更宽范围的 Unix 用户 id。
- * netbsd/freebsd/bsd 操作系统移植已合并为单一的 BSD44_derived 移植。（感谢 Alistair Crooks）

SQL 标准符合性（以下详述使 postgres95

更符合 SQL-92 标准的更改）：

- * 以下 SQL 类型现在是内建的：smallint、int(eger)、float、real、char(N)、varchar(N)、date 和 time。

以下是现有 postgres 类型的别名：

```
smallint -> int2
integer, int -> int4
float, real -> float4
```

char(N) 和 varchar(N) 实现为截断的 text 类型。此外，char(N) 会做空白填充。

- * 用单引号 (') 引用字符串字面量；''（除 \ 外）也可用于在字符串中插入单引号
- * 使用 SQL 标准聚合名 (MAX、MIN、AVG、SUM、COUNT)（此外，聚合现在可以重载，即你可以定义接受用户自定义类型的 MAX 聚合。）
- * 移除 CHANGE ACL。添加 GRANT/REVOKE 语法。
 - 可以使用 "GROUP" 关键字把权限授予组。

例如：

```
GRANT SELECT ON foobar TO GROUP my_group;
```

关键字 'PUBLIC' 也受支持，表示所有用户。

每次只能对一个用户或组授予或撤销权限。

不支持 "WITH GRANT OPTION"。只有类所有者可以更改访问控制

- 默认访问控制是给用户只读访问权限。你必须显式授予用户插入/更新权限。要更改这一点，请修改

```
src/backend/utils/acl.h
```

中定义 ACL_WORLD_DEFAULT 的那一行

缺陷修复：

- * 空表上的聚合不被运行的缺陷已修复。现在，在空表上运行的聚合将返回聚合的初始条件。因此，空表的 COUNT 现在会正确返回 0。
- * 空表的 MAX/MIN 将返回值为 NULL 的元组。
- * 允许在 monitor 中使用 \;
- * LISTEN/NOTIFY 异步通知机制现在可以工作
- * 规则动作体中的 NOTIFY 现在可以工作
- * 哈希索引可以工作了，访问方法总体上性能应该更好。创建大型 btree 索引应该快得多。（感谢 Paul Aoki）

其他更改与增强：

- * 添加了用于解释查询执行计划的 EXPLAIN 语句（例如 "EXPLAIN SELECT * FROM EMP" 会打印出该查询的执行计划）。
- * WARN 和 NOTICE 消息不再带时间戳。要打开错误消息的时间戳，请取消注释 src/backend/utils/elog.h 中的这一行：

- ```
/* define ELOG_TIMESTAMPS */
```
- \* 访问控制被违反时，会给出消息  
"Either no such class or insufficient privilege"。  
这与找不到类时返回的消息相同。这可以阻止无权限的用户  
猜测受权限保护的类的存在。
  - \* 还做了一些用户不可见的  
系统目录更改。

libpgtcl 更改:

- \* "pg\_result" tcl 命令添加了 -oid 选项。  
pg\_result -oid 返回最后插入元组的 oid。如果最后的命令不是 INSERT，则  
pg\_result -oid 返回 ""。
- \* 大对象接口以 pg\_lo\* tcl 命令的形式提供：  
pg\_lo\_open, pg\_lo\_close, pg\_lo\_creat, etc.

可移植性增强与新移植:

- \* flex/lex 的问题已经解决。现在，在任何平台上都应该可以用 flex 代替 lex。  
我们不再根据你所用的平台假设你使用的词法分析器。
- \* 现在支持 Linux-ELF 移植。已测试多种配置：已知以下配置可以工作：  
kernel 1.2.10, gcc 2.6.3, libc 4.7.2, flex 2.5.2, bison 1.

24

所有内容均为 ELF 格式，

新实用程序:

- \* ipcclean 已加入发行版  
通常不需要运行 ipcclean，但如果你的后端崩溃  
并留下共享内存段，ipcclean 会为你清理它们。

新文档:

- \* 用户手册已经修订并添加了 libpq 文档。

## A.29. Postgres95 版本 0.02

发行日期

1995-05-25

### A.29.1. 变更

不兼容变更:

- \* 创建数据库的 SQL 语句是 'CREATE DATABASE' 而不是  
'CREATEDB'。类似地，删除数据库是 'DROP DATABASE' 而不是 'DESTROYDB'。  
但可执行文件名 'createdb' 和 'destroydb' 保持不变。

新工具:

- \* pgperl - Postgres95 的 Perl (4.036) 接口
- \* pg\_dump - 把 postgres 数据库转储为包含查询命令的  
脚本文件的工具。脚本文件为 ASCII 格式，可用于重建数据库，甚至在其他  
机器和其他体系结构上。（也适合把 Postgres 4.2 数据库转换为 Postgres95 数据  
库。）

以下移植已并入 postgres95-beta-0.02:

- \* Alistair Crooks 的 NetBSD 移植
- \* Mike Tung 的 AIX 移植
- \* Jon Forrest 的 Windows NT 移植（内容更多但尚未完成）

\* Brian Gallew 的 Linux ELF 移植

postgres95-beta-0.02 中修复了以下缺陷:

- \* COPY OUT 中换行未转义以及首属性为 '.' 时 COPY OUT 的问题
- \* createuser 中无法键入回车以使用默认用户 id
- \* 大表上的 SELECT DISTINCT 崩溃
- \* Linux 安装问题
- \* monitor 不允许使用 'localhost' 作为 PGHOST
- \* psql 执行 \c 或 \l 时核心转储
- \* src/bin/pgtclsh/Makefile 中缺少 "pgtclsh" 目标
- \* libpgtcl 有硬编码的默认端口号
- \* SELECT DISTINCT INTO TABLE 挂起
- \* CREATE TYPE 不接受 'variable' 作为 internallength
- \* 在 SELECT 中使用多个聚合时结果错误

## A.30. Postgres95版本 0.01

### 发行日期

1995-05-01

初始发行版。

## A.31. 计时结果

这些计时结果来自使用以下命令运行回归测试

```
% cd src/test/regress
% make all
% time make runtest
```

Linux 2.0.27 下的计时在每次运行之间似乎有大约 5% 的波动, 这大概是多任务系统调度的不确定性所致。

### A.31.1. 版本 6.5

与以前的版本一样, 各版本之间的计时不能直接比较, 因为加入了新的回归测试。总体而言, 6.5 比以前的版本更快。

禁用 fsync() 时的计时:

```
时间 系统
02:00 Dual Pentium Pro 180, 224MB, UW-SCSI, Linux 2.0.36, gcc 2.
7.2.3 -O2 -m486
04:38 Sparc Ultra 1 143MHz, 64MB, Solaris 2.6
```

启用 fsync() 时的计时:

```
时间 系统
04:21 Dual Pentium Pro 180, 224MB, UW-SCSI, Linux 2.0.36, gcc 2.
7.2.3 -O2 -m486
```

对于上面的 Linux 系统，使用 UW-SCSI 磁盘而非（较旧的）IDE 磁盘可使回归测试的速度提升 50%。

## A.31.2. 版本 6.4beta

本版本的耗时与以前版本不能直接比较，因为纳入了一些额外的回归测试。不过总体而言，6.4 应比前一版本略快（谢谢 Bruce!）。

| 时间    | 系统                                                                       |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| 02:26 | Dual Pentium Pro 180, 96MB, UW-SCSI, Linux 2.0.30, gcc 2.7.2.1 -O2 -m486 |

## A.31.3. 版本 6.3

本版本的耗时与以前版本不能直接比较，因为纳入了一些额外的回归测试并移除了一些涉及时间旅行的过时测试。不过总体而言，6.3 比以前的版本快得多（谢谢 Bruce!）。

| 时间    | 系统                                                                       |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| 02:30 | Dual Pentium Pro 180, 96MB, UW-SCSI, Linux 2.0.30, gcc 2.7.2.1 -O2 -m486 |
| 04:12 | Dual Pentium Pro 180, 96MB, EIDE, Linux 2.0.30, gcc 2.7.2.1 -O2 -m486    |

## A.31.4. 版本 6.1

| 时间    | 系统                                                             |
|-------|----------------------------------------------------------------|
| 06:12 | Pentium Pro 180, 32MB, EIDE, Linux 2.0.30, gcc 2.7.2 -O2 -m486 |
| 12:06 | P-100, 48MB, Linux 2.0.29, gcc                                 |
| 39:58 | Sparc IPC 32MB, Solaris 2.5, gcc 2.7.2.1 -O -g                 |

# PostgreSQL 7.1.3 程序员指南

PostgreSQL 全球开发组



---

# PostgreSQL 7.1.3 程序员指南

PostgreSQL 全球开发组

版权 © 1996-2001 PostgreSQL 全球开发组

## 法律声明

PostgreSQL 版权所有 © 1996-2001，归 PostgreSQL 全球开发组所有，并按照下文所述加利福尼亚大学的许可条款分发。

Postgres95 版权所有 © 1994-5，归加利福尼亚大学董事会所有。

特此授权，可为任何目的使用、复制、修改和分发本软件及其文档，无需付费，也无需书面协议，但条件是所有副本中都必须包含上述版权声明、本段以及后续两段内容。

在任何情况下，加利福尼亚大学都不对任何一方承担因使用本软件及其文档而产生的任何直接、间接、特殊、附带或后果性损害赔偿责任，包括利润损失，即使加利福尼亚大学已被告知此类损害发生的可能性。

加利福尼亚大学明确不作任何担保，包括但不限于适销性和特定用途适用性的默示担保。本协议项下提供的软件按"原样"提供，加利福尼亚大学没有义务提供维护、支持、更新、增强或修改。

---

---

# 目录

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 组织结构 .....                                         | CXX |
| I. 客户端接口 .....                                     | 1   |
| 1. libpq - C 库 .....                               | 4   |
| 1.1. 数据库连接函数 .....                                 | 4   |
| 1.2. 查询执行函数 .....                                  | 9   |
| 1.3. 异步查询处理 .....                                  | 13  |
| 1.4. 快速路径 .....                                    | 15  |
| 1.5. 异步通知 .....                                    | 16  |
| 1.6. 与 COPY 命令相关的函数 .....                          | 16  |
| 1.7. libpq 跟踪函数 .....                              | 18  |
| 1.8. libpq 控制函数 .....                              | 18  |
| 1.9. 环境变量 .....                                    | 19  |
| 1.10. 线程行为 .....                                   | 19  |
| 1.11. 示例程序 .....                                   | 20  |
| 2. 大对象 .....                                       | 28  |
| 2.1. 历史注记 .....                                    | 28  |
| 2.2. 实现特性 .....                                    | 28  |
| 2.3. 接口 .....                                      | 28  |
| 2.4. 内建已注册函数 .....                                 | 30  |
| 2.5. 从 LIBPQ 访问大对象 .....                           | 30  |
| 2.6. 示例程序 .....                                    | 30  |
| 3. libpq++ - C++ 绑定库 .....                         | 36  |
| 3.1. 控制与初始化 .....                                  | 36  |
| 3.2. libpq++ 类 .....                               | 37  |
| 3.3. 数据库连接函数 .....                                 | 37  |
| 3.4. 查询执行函数 .....                                  | 38  |
| 3.5. 异步通知 .....                                    | 41  |
| 3.6. 与 COPY 命令相关的函数 .....                          | 41  |
| 4. pgsql - TCL 绑定库 .....                           | 43  |
| 4.1. 命令 .....                                      | 43  |
| 4.2. 示例 .....                                      | 43  |
| 4.3. pgsql 命令参考信息 .....                            | 44  |
| 5. libpqeasy - 简化 C 库 .....                        | 63  |
| 6. ecpg - C 中的嵌入式 SQL .....                        | 64  |
| 6.1. Why Embedded SQL? .....                       | 64  |
| 6.2. 概念 .....                                      | 64  |
| 6.3. How To Use ecpg .....                         | 64  |
| 6.4. Limitations .....                             | 67  |
| 6.5. 从其他 RDBMS 软件包移植 .....                         | 67  |
| 6.6. 给开发者 .....                                    | 67  |
| 7. ODBC 接口 .....                                   | 73  |
| 7.1. 背景 .....                                      | 73  |
| 7.2. 安装 .....                                      | 73  |
| 7.3. 配置文件 .....                                    | 74  |
| 7.4. Windows应用 .....                               | 75  |
| 7.5. ApplixWare .....                              | 75  |
| 8. JDBC 接口 .....                                   | 79  |
| 8.1. 设置 JDBC 驱动 .....                              | 79  |
| 8.2. 使用驱动 .....                                    | 80  |
| 8.3. 发出查询并处理结果 .....                               | 81  |
| 8.4. 执行更新 .....                                    | 82  |
| 8.5. 使用大对象 .....                                   | 82  |
| 8.6. PostgreSQL 对 JDBC API 的扩展 .....               | 83  |
| 8.7. 在多线程 (multi-threaded) 或 servlet 环境中使用驱动 ..... | 112 |
| 8.8. 延伸阅读 .....                                    | 113 |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 9. PyGreSQL - Python 接口 .....           | 114 |
| 9.1. pg 模块 .....                        | 114 |
| 9.2. pg 模块函数 .....                      | 115 |
| 9.3. 连接对象: pgobject .....               | 127 |
| 9.4. 数据库包装类: DB .....                   | 140 |
| 9.5. 查询结果对象: pgqueryobject .....        | 149 |
| 9.6. 大对象: pglarge .....                 | 155 |
| 9.7. DB-API 接口 .....                    | 165 |
| 10. Lisp 编程接口 .....                     | 166 |
| II. 服务器编程 .....                         | 167 |
| 11. 体系结构 .....                          | 170 |
| 11.1. Postgres 体系结构概念 .....             | 170 |
| 12. 扩展 SQL: 概览 .....                    | 173 |
| 12.1. 可扩展性如何运作 .....                    | 173 |
| 12.2. Postgres 类型系统 .....               | 173 |
| 12.3. 关于 Postgres 系统目录 .....            | 173 |
| 13. 扩展 SQL: 函数 .....                    | 176 |
| 13.1. 查询语言 (SQL) 函数 .....               | 176 |
| 13.2. 过程语言函数 .....                      | 179 |
| 13.3. 内部函数 .....                        | 179 |
| 13.4. 编译型 (C) 语言函数 .....                | 179 |
| 13.5. 函数重载 .....                        | 190 |
| 14. 扩展 SQL: 类型 .....                    | 191 |
| 14.1. 用户定义的类型 .....                     | 191 |
| 15. 扩展 SQL: 操作符 .....                   | 193 |
| 15.1. 操作符优化信息 .....                     | 193 |
| 16. 扩展 SQL: 聚合 .....                    | 198 |
| 17. Postgres 规则系统 .....                 | 199 |
| 17.1. 什么是查询树? .....                     | 199 |
| 17.2. 视图和规则系统 .....                     | 200 |
| 17.3. INSERT、UPDATE 和 DELETE 上的规则 ..... | 207 |
| 17.4. 规则和权限 .....                       | 216 |
| 17.5. 规则与触发器 .....                      | 217 |
| 18. 索引扩展接口 .....                        | 220 |
| 19. 索引代价估计函数 .....                      | 225 |
| 20. GiST 索引 .....                       | 228 |
| 21. 触发器 .....                           | 229 |
| 21.1. 触发器创建 .....                       | 229 |
| 21.2. 与触发器管理器的交互 .....                  | 230 |
| 21.3. 数据更改的可见性 .....                    | 232 |
| 21.4. 示例 .....                          | 232 |
| 22. 服务器编程接口 .....                       | 236 |
| 22.1. 接口函数 .....                        | 236 |
| 22.2. 接口支持函数 .....                      | 244 |
| 22.3. 内存管理 .....                        | 256 |
| 22.4. 数据更改的可见性 .....                    | 256 |
| 22.5. 示例 .....                          | 257 |
| III. 过程语言 .....                         | 260 |
| 23. 过程语言 .....                          | 262 |
| 23.1. 安装过程语言 .....                      | 262 |
| 24. PL/pgSQL - SQL 过程语言 .....           | 264 |
| 24.1. 概述 .....                          | 264 |
| 24.2. 描述 .....                          | 265 |
| 24.3. 触发器过程 .....                       | 277 |
| 24.4. 示例 .....                          | 278 |
| 24.5. 从 Oracle PL/SQL 移植 .....          | 279 |
| 25. PL/Tcl - TCL 过程语言 .....             | 290 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 25.1. 概述 .....                | 290 |
| 25.2. 描述 .....                | 290 |
| 26. PL/Perl - Perl 过程语言 ..... | 295 |
| 26.1. 构建和安装 .....             | 295 |
| 26.2. 使用 PL/Perl .....        | 295 |

---

## 插图清单

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 11.1. 如何建立连接 .....           | 171 |
| 12.1. Postgres 的主要系统目录 ..... | 174 |

---

## 表格清单

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 4.1. pgtbl 命令 ..... | 43  |
| 12.1. 目录 .....      | 173 |
| 13.1. 等价 C 类型 ..... | 180 |
| 18.1. 索引 .....      | 220 |
| 18.2. B-tree .....  | 221 |
| 24.1. 单引号转义表 .....  | 280 |

---

## 范例清单

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 1.1. libpq 示例程序 1 .....            | 20  |
| 1.2. libpq 示例程序 2 .....            | 22  |
| 1.3. libpq 示例程序 3 .....            | 24  |
| 8.1. 在 JDBC 中处理一个简单查询 .....        | 81  |
| 8.2. 使用 JDBC 大对象接口 .....           | 83  |
| 24.1. 一个 PL/pgSQL 触发器过程示例 .....    | 277 |
| 24.2. 一个让整数加一的简单 PL/pgSQL 函数 ..... | 278 |
| 24.3. 一个连接文本的简单 PL/pgSQL 函数 .....  | 278 |
| 24.4. 一个操作复合类型的 PL/pgSQL 函数 .....  | 279 |
| 24.5. 一个简单的函数 .....                | 280 |
| 24.6. 一个创建另一个函数的函数 .....           | 281 |
| 24.7. 一个带大量字符串操作和 OUT 参数的过程 .....  | 282 |

---

# 组织结构

本手册的第一部分描述各种语言的客户端编程接口和支持库。第二部分解释 PostgreSQL 的可扩展性方法，并描述用户如何通过添加用户定义的类型、操作符、聚集以及查询语言和编程语言函数来扩展 PostgreSQL。在讨论 PostgreSQL 规则系统之后，我们讨论触发器和 SPI 接口。第三部分记录 PostgreSQL 发行版本中可用的过程语言。

假定读者熟练掌握 Unix 和 C 编程。



---

## 部分 I. 客户端接口

---

---

# 目录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1. libpq - C 库 .....           | 4  |
| 1.1. 数据库连接函数 .....             | 4  |
| 1.2. 查询执行函数 .....              | 9  |
| 1.2.1. 主要例程 .....              | 9  |
| 1.2.2. 检索 SELECT 结果信息 .....    | 11 |
| 1.2.3. 检索 SELECT 结果值 .....     | 11 |
| 1.2.4. 检索非 SELECT 结果信息 .....   | 12 |
| 1.3. 异步查询处理 .....              | 13 |
| 1.4. 快速路径 .....                | 15 |
| 1.5. 异步通知 .....                | 16 |
| 1.6. 与 COPY 命令相关的函数 .....      | 16 |
| 1.7. libpq 跟踪函数 .....          | 18 |
| 1.8. libpq 控制函数 .....          | 18 |
| 1.9. 环境变量 .....                | 19 |
| 1.10. 线程行为 .....               | 19 |
| 1.11. 示例程序 .....               | 20 |
| 2. 大对象 .....                   | 28 |
| 2.1. 历史注记 .....                | 28 |
| 2.2. 实现特性 .....                | 28 |
| 2.3. 接口 .....                  | 28 |
| 2.3.1. 创建一个大对象 .....           | 28 |
| 2.3.2. 导入一个大对象 .....           | 29 |
| 2.3.3. 导出一个大对象 .....           | 29 |
| 2.3.4. 打开一个现有的大对象 .....        | 29 |
| 2.3.5. 向大对象写入数据 .....          | 29 |
| 2.3.6. 从大对象读取数据 .....          | 29 |
| 2.3.7. 在大对象上定位 .....           | 29 |
| 2.3.8. 关闭一个大对象描述符 .....        | 29 |
| 2.3.9. 移除一个大对象 .....           | 30 |
| 2.4. 内建已注册函数 .....             | 30 |
| 2.5. 从 LIBPQ 访问大对象 .....       | 30 |
| 2.6. 示例程序 .....                | 30 |
| 3. libpq++ - C++ 绑定库 .....     | 36 |
| 3.1. 控制与初始化 .....              | 36 |
| 3.1.1. 环境变量 .....              | 36 |
| 3.2. libpq++ 类 .....           | 37 |
| 3.2.1. 连接类: PgConnection ..... | 37 |
| 3.2.2. 数据库类: PgDatabase .....  | 37 |
| 3.3. 数据库连接函数 .....             | 37 |
| 3.4. 查询执行函数 .....              | 38 |
| 3.4.1. 主例程 .....               | 38 |
| 3.4.2. 获取 SELECT 结果信息 .....    | 38 |
| 3.4.3. 获取 SELECT 结果值 .....     | 39 |
| 3.4.4. 获取非 SELECT 结果信息 .....   | 40 |
| 3.4.5. 处理 COPY 查询 .....        | 40 |
| 3.5. 异步通知 .....                | 41 |
| 3.6. 与 COPY 命令相关的函数 .....      | 41 |
| 4. pgsql - TCL 绑定库 .....       | 43 |
| 4.1. 命令 .....                  | 43 |
| 4.2. 示例 .....                  | 43 |
| 4.3. pgsql 命令参考信息 .....        | 44 |
| 5. libpqeasy - 简化 C 库 .....    | 63 |
| 6. ecpq - C 中的嵌入式 SQL .....    | 64 |
| 6.1. Why Embedded SQL? .....   | 64 |
| 6.2. 概念 .....                  | 64 |

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 6.3. How To Use ecpg .....                         | 64  |
| 6.3.1. Preprocessor .....                          | 64  |
| 6.3.2. Library .....                               | 64  |
| 6.3.3. 错误处理 .....                                  | 65  |
| 6.4. Limitations .....                             | 67  |
| 6.5. 从其他 RDBMS 软件包移植 .....                         | 67  |
| 6.6. 给开发者 .....                                    | 67  |
| 6.6.1. 待办列表 .....                                  | 67  |
| 6.6.2. The Preprocessor .....                      | 68  |
| 6.6.3. 一个完整的例子 .....                               | 71  |
| 6.6.4. 库 .....                                     | 72  |
| 7. ODBC 接口 .....                                   | 73  |
| 7.1. 背景 .....                                      | 73  |
| 7.2. 安装 .....                                      | 73  |
| 7.2.1. 支持的平台 .....                                 | 74  |
| 7.3. 配置文件 .....                                    | 74  |
| 7.4. Windows应用 .....                               | 75  |
| 7.4.1. 编写应用 .....                                  | 75  |
| 7.5. ApplixWare .....                              | 75  |
| 7.5.1. 配置 .....                                    | 75  |
| 7.5.2. 常见问题 .....                                  | 76  |
| 7.5.3. 调试ApplixWare ODBC 连接 .....                  | 77  |
| 7.5.4. 运行ApplixWare演示 .....                        | 78  |
| 7.5.5. 有用的宏 .....                                  | 78  |
| 8. JDBC 接口 .....                                   | 79  |
| 8.1. 设置 JDBC 驱动 .....                              | 79  |
| 8.1.1. 构建驱动 .....                                  | 79  |
| 8.1.2. 设置类路径 .....                                 | 79  |
| 8.1.3. 为 JDBC 准备数据库 .....                          | 80  |
| 8.2. 使用驱动 .....                                    | 80  |
| 8.2.1. 导入 JDBC .....                               | 80  |
| 8.2.2. 载入驱动 .....                                  | 80  |
| 8.2.3. 连接到数据库 .....                                | 81  |
| 8.2.4. 关闭连接 .....                                  | 81  |
| 8.3. 发出查询并处理结果 .....                               | 81  |
| 8.3.1. 使用 Statement 接口 .....                       | 82  |
| 8.3.2. 使用 ResultSet 接口 .....                       | 82  |
| 8.4. 执行更新 .....                                    | 82  |
| 8.5. 使用大对象 .....                                   | 82  |
| 8.6. PostgreSQL 对 JDBC API 的扩展 .....               | 83  |
| 8.6.1. 访问扩展 .....                                  | 83  |
| 8.6.2. 几何数据类型 .....                                | 88  |
| 8.6.3. 大对象 .....                                   | 99  |
| 8.6.4. 对象串行化 .....                                 | 102 |
| 8.7. 在多线程 (multi-threaded) 或 servlet 环境中使用驱动 ..... | 112 |
| 8.8. 延伸阅读 .....                                    | 113 |
| 9. PyGreSQL - Python 接口 .....                      | 114 |
| 9.1. pg 模块 .....                                   | 114 |
| 9.1.1. 常量 .....                                    | 114 |
| 9.2. pg 模块函数 .....                                 | 115 |
| 9.3. 连接对象: pgobject .....                          | 127 |
| 9.4. 数据库包装类: DB .....                              | 140 |
| 9.5. 查询结果对象: pgqueryobject .....                   | 149 |
| 9.6. 大对象: pglarge .....                            | 155 |
| 9.7. DB-API 接口 .....                               | 165 |
| 10. Lisp 编程接口 .....                                | 166 |

---

# 第 1 章 libpq - C 库

libpq 是 Postgres 的 C 应用程序接口。libpq 是一组库例程，客户端程序通过它们可以向 Postgres 后端服务器传送查询并接收这些查询的结果。libpq 也是其他几个 Postgres 应用接口的底层引擎，包括 libpq++ (C++)、libpgtcl (Tcl)、Perl 和 ecpq。因此，即使你使用的是上述某个软件包，libpq 行为的某些方面对你来说也很重要。

本节末尾包含三个简短程序，展示如何编写使用 libpq 的程序。下列目录中还有几个完整的 libpq 应用程序示例：

```
../src/test/regress
../src/test/examples
../src/bin/psql
```

使用 libpq 的前端程序必须包含头文件 libpq-fe.h，并且必须与 libpq 库链接。

## 1.1. 数据库连接函数

下面的例程用于建立与 Postgres 后端服务器的连接。一个应用程序可以同时打开多个后端连接（原因之一是需要访问多个数据库）。每个连接由一个 PGconn 对象表示，该对象通过 PQconnectdb 或 PQsetdbLogin 获得。注意，除非内存太少以至于连 PGconn 对象都无法分配，这些函数总是返回一个非空的对象指针。在通过连接对象发送查询之前，应当调用 PQstatus 函数检查连接是否成功建立。

- PQconnectdb 与数据库服务器建立一个新连接。

```
PGconn *PQconnectdb(const char *conninfo)
```

此例程使用从字符串 conninfo 中取得的参数打开一个新的数据库连接。与下面的 PQsetdbLogin() 不同，该例程的参数集可以在不改变函数签名的情况下扩展，因此应用程序编程首选使用此例程或其非阻塞版本 PQconnectStart / PQconnectPoll。传入的字符串可以为空以使用全部默认参数，也可以包含一个或多个用空白分隔的参数设置。

每个参数设置的形式为 keyword = value。（要写入空值或包含空格的值，请用单引号包围，例如 keyword = 'a value'。值中的单引号必须写作 \'。等号两边的空格是可选的。）目前可识别的参数关键字有：

host

要连接的主机名。如果它以斜杠开头，则表示使用 Unix 域通信而非 TCP/IP 通信；该值是存放套接字文件的目录名。默认连接到 /tmp 中的 Unix 域套接字。

hostaddr

要连接的主机的 IP 地址。其格式应为 BSD 函数 inet\_aton 等使用的标准点分数字形式。如果指定了非零长度的字符串，则使用 TCP/IP 通信。

使用 hostaddr 代替主机名可以让应用避免主机名查找，这对于有时间约束的应用可能很重要。但 Kerberos 认证需要主机名。因此适用以下规则。如果指定了主机名而没有指定 hostaddr，则强制进行主机名查找。如果指定了 hostaddr 而没有指定主机名，hostaddr 的值给出远程地址；若使用了 Kerberos，这会引起反向名称查询。如果主机名和 hostaddr 都被指定，hostaddr 的值给出远程地址；主机名的值被忽略，但使用 Kerberos 时例外，此时该值用于 Kerberos 认证。注意，如果传给 libpq 的主机名不是位于 hostaddr 的机器的名称，认证很可能失败。

既没有主机名也没有主机地址时，libpq 将使用本地 Unix 域套接字连接。

port

服务器主机上要连接的端口号，或 Unix 域连接的套接字文件名扩展。

dbname

数据库名。

user

要以哪个用户名连接。

password

如果服务器要求密码认证则使用的密码。

options

要发送给服务器的跟踪/调试选项。

tty

用于后端可选调试输出的文件或 tty。

requiressl

设为 '1' 时要求与后端的 SSL 连接。如果服务器不支持 SSL，Libpq 将拒绝连接。设为 '0'（默认值）时与服务器协商。

如果任何参数未指定，则检查相应环境变量（见“环境变量”一节）。如果环境变量也未设置，则使用硬编码的默认值。返回值是指向一个抽象 struct 的指针，该结构表示到后端的连接。

- PQsetdbLogin 与数据库服务器建立一个新连接。

```
PGconn *PQsetdbLogin(const char *pghost,
 const char *pgport,
 const char *pgoptions,
 const char *pgtty,
 const char *dbName,
 const char *login,
 const char *pwd)
```

这是 PQconnectdb 的前身，参数个数固定但功能相同。

- PQsetdb 与数据库服务器建立一个新连接。

```
PGconn *PQsetdb(char *pghost,
 char *pgport,
 char *pgoptions,
 char *pgtty,
 char *dbName)
```

这是一个宏，以空指针作为 login 和 pwd 参数调用 PQsetdbLogin()。它主要是为了与旧程序保持向后兼容而保留。

- PQconnectStart, PQconnectPoll 以非阻塞方式建立与数据库服务器的连接。

```
PGconn *PQconnectStart(const char *conninfo)
```

```
PostgresPollingStatusType PQconnectPoll(PGconn *conn)
```

这两个例程用于打开到数据库服务器的连接，同时应用程序的执行线程不会在远程 I/O 上阻塞。

数据库连接使用传给 PQconnectStart 的字符串 conninfo 中的参数建立。该字符串的格式与上面 PQconnectdb 中描述的相同。

只要满足若干限制条件，PQconnectStart 和 PQconnectPoll 都不会阻塞：

- 恰当地使用 hostaddr 和 host 参数，确保不进行（正向）名称和反向名称查询。详情见上面 PQconnectdb 下对这些参数的说明。
- 如果调用 PQtrace，确保要写入跟踪信息的流对象不会阻塞。
- 在调用 PQconnectPoll 之前，自行确保套接字处于适当的状态，如下所述。

首先，调用 conn=PQconnectStart("<connection\_info\_string>")。如果 conn 为 NULL，说明 libpq 无法分配新的 PGconn 结构。否则返回一个有效的 PGconn 指针（尽管它尚未表示一个有效的数据库连接）。从 PQconnectStart 返回后，调用 status=PQstatus(conn)。如果 status 等于 CONNECTION\_BAD，则 PQconnectStart 失败。

如果 PQconnectStart 成功，下一阶段是轮询 libpq，使其继续进行连接序列。循环如下：默认将连接视为'非活跃'。如果 PQconnectPoll 上次返回了 PGRES\_POLLING\_ACTIVE，则改将其视为'活跃'。如果 PQconnectPoll(conn) 上次返回 PGRES\_POLLING\_READING，则在 PQsocket(conn) 上为读取执行 select。如果上次返回 PGRES\_POLLING\_WRITING，则在 PQsocket(conn) 上为写入执行 select。如果尚未调用过 PQconnectPoll（即刚调用完 PQconnectStart 之后），则视同它上次返回的是 PGRES\_POLLING\_WRITING。如果 select 表明套接字已就绪，将其视为'活跃'。一旦确定此连接处于'活跃'状态，就再次调用 PQconnectPoll(conn)。如果这次调用返回 PGRES\_POLLING\_FAILED，连接过程已失败。如果返回 PGRES\_POLLING\_OK，连接已成功建立。

注意，用 select() 确保套接字就绪只是一个（常见的）例子；如果还有其他可用手段，例如 poll() 调用，当然可以改用它。

在连接期间的任何时刻，都可以调用 PQstatus 检查连接状态。如果返回 CONNECTION\_BAD，则连接过程已失败；如果返回 CONNECTION\_OK，则连接已就绪。如上所述，这两种状态都应能从 PQconnectPoll 的返回值中同样检测到。其他状态只在（且仅会在）异步连接过程中出现，它们指示连接过程的当前阶段，例如可用于向用户提供反馈。这些状态可能包括：

- CONNECTION\_STARTED：等待建立连接。
- CONNECTION\_MADE：连接成功；等待发送。
- CONNECTION\_AWAITING\_RESPONSE：等待 postmaster 的响应。
- CONNECTION\_AUTH\_OK：已通过认证；等待后端启动。
- CONNECTION\_SETENV：正在协商环境。

注意，尽管这些常量会保留（为了维护兼容性），应用程序绝不应依赖它们按特定顺序出现、依赖它们全都出现，或依赖状态总是这些已记录的值之一。应用程序可以这样处理：

```
switch(PQstatus(conn))
{
 case CONNECTION_STARTED:
 feedback = "Connecting...";
 break;

 case CONNECTION_MADE:
```

```

 feedback = "Connected to server...";
 break;
 .
 .
 .
 default:
 feedback = "Connecting...";
}

```

注意，如果 PQconnectStart 返回非 NULL 指针，使用完毕后必须调用 PQfinish，以释放该结构和所有关联的内存块。即使 PQconnectStart 或 PQconnectPoll 的调用失败，也必须这样做。

当前，如果 libpq 编译时定义了 USE\_SSL，PQconnectPoll 会阻塞。此限制将来可能被移除。

当前，在 Windows 下 PQconnectPoll 会阻塞，除非 libpq 编译时定义了 WIN32\_NON\_BLOCKING\_CONNECTIONS。这段代码尚未在 Windows 下测试过，因此目前默认关闭。将来可能改变。

这些函数会把套接字置于非阻塞状态，就像调用过 PQsetnonblocking 一样。

- PQconndefaults 返回默认的连接选项。

```

PQconninfoOption *PQconndefaults(void)

struct PQconninfoOption
{
 char *keyword; /* The keyword of the option */
 char *envvar; /* Fallback environment variable name */
 char *compiled; /* Fallback compiled in default value */
 char *val; /* Option's current value, or NULL */
 char *label; /* Label for field in connect dialog */
 char *dispchar; /* Character to display for this field
 in a connect dialog. Values are:
 "" Display entered value as is
 "*" Password field - hide value
 "D" Debug option - don't show by
 default */
 int dispsize; /* Field size in characters for dialog */
}

```

返回一个连接选项数组。它可用来确定 PQconnectdb 的所有可用选项及其当前默认值。返回值指向一个 PQconninfoOption struct 数组，该数组以一个 keyword 指针为 NULL 的条目结尾。注意，默认值 ("val" 字段) 依赖于环境变量和其他上下文。调用者必须将连接选项数据视为只读。

处理完选项数组后，将它传递给 PQconninfoFree() 释放。如果不这样做，每次调用 PQconndefaults() 都会泄漏少量内存。

在 Postgres 7.0 之前的版本中，PQconndefaults() 返回指向静态数组的指针，而不是动态分配的数组。那样不是线程安全的，因此行为已被改变。

- PQfinish 关闭与后端的连接，同时释放 PGconn 对象使用的内存。

```
void PQfinish(PGconn *conn)
```

注意，即使与后端的连接尝试失败（由 PQstatus 指示），应用也应调用 PQfinish 释放 PGconn 对象使用的内存。调用过 PQfinish 之后，不应再使用该 PGconn 指针。

- `PQreset` 重置与后端的通信端口。

```
void PQreset(PGconn *conn)
```

此函数将关闭与后端的连接，并尝试使用先前使用的全部相同参数与同一个 postmaster 重新建立新连接。如果工作中的连接丢失，这可用于错误恢复。

- `PQresetStart`/`PQresetPoll` 以非阻塞方式重置与后端的通信端口。

```
int PQresetStart(PGconn *conn);
```

```
PostgresPollingStatusType PQresetPoll(PGconn *conn);
```

这些函数将关闭与后端的连接，并尝试使用先前使用的全部相同参数与同一个 postmaster 重新建立新连接。如果工作中的连接丢失，这可用于错误恢复。它们与上面的 `PQreset` 的不同之处在于以非阻塞方式运作。这些函数受到与 `PQconnectStart` 和 `PQconnectPoll` 相同的限制。

调用 `PQresetStart`。如果返回 0，重置失败。如果返回 1，用与使用 `PQconnectPoll` 建立连接完全相同的方式，使用 `PQresetPoll` 对重置进行轮询。

`libpq` 应用程序员应注意维护 `PGconn` 的抽象。请使用下面的访问函数获取 `PGconn` 的内容。避免直接引用 `PGconn` 结构的字段，因为它们将来可能改变。（从 Postgres 6.4 版开始，`libpq-fe.h` 中甚至不再提供 `struct PGconn` 的定义。如果你有直接访问 `PGconn` 字段的旧代码，可以通过同时包含 `libpq-int.h` 继续使用它，但我们建议你尽快修改这些代码。）

- `PQdb` 返回连接的数据库名。

```
char *PQdb(const PGconn *conn)
```

`PQdb` 及其后面几个函数返回在建立连接时确定的值。这些值在 `PGconn` 对象的整个生命周期内保持不变。

- `PQuser` 返回连接的用户名。

```
char *PQuser(const PGconn *conn)
```

- `PQpass` 返回连接的密码。

```
char *PQpass(const PGconn *conn)
```

- `PQhost` 返回连接的服务器主机名。

```
char *PQhost(const PGconn *conn)
```

- `PQport` 返回连接的端口。

```
char *PQport(const PGconn *conn)
```

- `PQtty` 返回连接的调试 tty。

```
char *PQtty(const PGconn *conn)
```

- `PQoptions` 返回连接中使用的后端选项。

```
char *PQoptions(const PGconn *conn)
```

- `PQstatus` 返回连接的状态。

```
ConnStatusType PQstatus(const PGconn *conn)
```

状态可以是若干值之一。但在异步连接过程之外只能见到其中两个——`CONNECTION_OK` 或 `CONNECTION_BAD`。正常的数据库连接状态为 `CONNECTION_OK`。失败的连接尝试由状态



CONNECTION\_BAD 表示。通常，OK 状态会一直保持到调用 PQfinish 为止，但通信故障可能导致状态提前变为 CONNECTION\_BAD。此时应用可以尝试调用 PQreset 来恢复。

关于可能见到的其他状态码，参见 PQconnectStart 和 PQconnectPoll 的条目。

- PQerrorMessage 返回连接上最近一次操作所产生的错误消息。

```
char *PQerrorMessage(const PGconn* conn);
```

几乎所有 libpq 函数在失败时都会设置 PQerrorMessage。注意，按照 libpq 的惯例，非空的 PQerrorMessage 会包含一个末尾换行符。

- PQbackendPID 返回处理此连接的后端服务器的进程 ID。

```
int PQbackendPID(const PGconn *conn);
```

后端 PID 可用于调试，也可用于与 NOTIFY 消息（其中包含发出通知的后端的 PID）进行比较。注意，该 PID 属于数据库服务器主机上执行的进程，而不是本地主机上的进程！

- PQgetssl 返回连接中使用的 SSL 结构；若未使用 SSL 则返回 NULL。

```
SSL *PQgetssl(const PGconn *conn);
```

此结构可用于核实加密级别、检查服务器证书等。有关此结构的信息，请参阅 OpenSSL 文档。

必须定义 USE\_SSL 才能获得此函数的原型。这样做还会自动包含来自 OpenSSL 的 ssl.h。

- PQgetssl 返回连接中使用的 SSL 结构；若未使用 SSL 则返回 NULL。

```
SSL *PQgetssl(const PGconn *conn);
```

此结构可用于核实加密级别、检查服务器证书等。有关此结构的信息，请参阅 OpenSSL 文档。

必须定义 USE\_SSL 才能获得此函数的原型。这样做还会自动包含来自 OpenSSL 的 ssl.h。

## 1.2. 查询执行函数

与数据库服务器的连接成功建立后，此处描述的函数用于执行 SQL 查询和命令。

### 1.2.1. 主要例程

- PQexec 向 Postgres 提交一个查询并等待结果。

```
PGresult *PQexec(PGconn *conn,
 const char *query);
```

返回一个 PGresult 指针，也可能返回 NULL 指针。除内存耗尽或无法将查询发送到后端等严重错误外，一般会返回非 NULL 指针。如果返回了 NULL，应将其视同 PGRES\_FATAL\_ERROR 结果。使用 PQerrorMessage 获取该错误的更多信息。

PGresult 结构封装了后端返回的查询结果。libpq 应用程序员应注意维护 PGresult 的抽象。请使用下面的访问函数获取 PGresult 的内容。避免直接引用 PGresult 结构的字段，因为它们将来可能改变。（从 Postgres 6.4 版开始，libpq-fe.h 中甚至不再提供 struct PGresult

的定义。如果你有直接访问 PGresult 字段的旧代码，可以通过同时包含 libpq-int.h 继续使用它，但我们建议你尽快修改这些代码。)

- PQresultStatus 返回查询的结果状态。

```
ExecStatusType PQresultStatus(const PGresult *res)
```

PQresultStatus 可以返回下列值之一：

- PGRES\_EMPTY\_QUERY -- 发送给后端的字符串为空。
- PGRES\_COMMAND\_OK -- 不返回数据的命令成功完成
- PGRES\_TUPLES\_OK -- 查询成功执行
- PGRES\_COPY\_OUT -- Copy Out（从服务器传出）数据传输已开始
- PGRES\_COPY\_IN -- Copy In（向服务器传入）数据传输已开始
- PGRES\_BAD\_RESPONSE -- 无法理解服务器的响应
- PGRES\_NONFATAL\_ERROR
- PGRES\_FATAL\_ERROR

如果结果状态为 PGRES\_TUPLES\_OK，就可以使用下面描述的例程检索查询返回的元组。注意，碰巧检索到零个元组的 SELECT 仍然显示 PGRES\_TUPLES\_OK。PGRES\_COMMAND\_OK 用于永远不会返回元组的命令（INSERT、UPDATE 等）。PGRES\_EMPTY\_QUERY 响应往往暴露客户端软件中的 bug。

- PQresStatus 把 PQresultStatus 返回的枚举类型转换为描述该状态码的字符串常量。

```
char *PQresStatus(ExecStatusType status);
```

- PQresultErrorMessage 返回与查询相关联的错误消息；如果没有错误则返回空字符串。

```
char *PQresultErrorMessage(const PGresult *res);
```

在 PQexec 或 PQgetResult 调用之后紧接着，（连接上的）PQerrorMessage 会返回与（结果上的）PQresultErrorMessage 相同的字符串。但 PGresult 会保留其错误消息直到被销毁，而连接的错误消息会随后续操作而变化。想知道与某个特定 PGresult 相关联的状态时使用 PQresultErrorMessage；想知道连接上最新操作的状态时使用 PQerrorMessage。

- PQclear 释放与 PGresult 关联的存储。每个查询结果在不再需要时都应通过 PQclear 释放。

```
void PQclear(PGresult *res);
```

PGresult 对象需要保留多久就可以保留多久；发出新查询时它不会消失，即使关闭连接也不会。要清除它，必须调用 PQclear。不这样做将导致前端应用内存泄漏。

- PQmakeEmptyPGresult 以给定的状态构造一个空的 PGresult 对象。

```
PGresult* PQmakeEmptyPGresult(PGconn *conn, ExecStatusType status);
```

这是 libpq 分配并初始化空 PGresult 对象的内部例程。导出它是因为某些应用发现自己生成结果对象（特别是带有错误状态的对象）很有用。如果 conn 非 NULL 且 status 指示一个错误，连接的当前 errorMessage 会被复制到 PGresult。注意，最终也应对该对象调用 PQclear，就像对待 libpq 本身返回的 PGresult 一样。

## 1.2.2. 检索 SELECT 结果信息

- PQntuples 返回查询结果中的元组（行）数。

```
int PQntuples(const PGresult *res);
```

- PQnfields 返回查询结果中每个元组的字段（属性）数。

```
int PQnfields(const PGresult *res);
```

- PQfname 返回与给定字段下标相关联的字段（属性）名。字段下标从 0 开始。

```
char *PQfname(const PGresult *res,
 int field_index);
```

- PQfnumber 返回与给定字段名相关联的字段（属性）下标。

```
int PQfnumber(const PGresult *res,
 const char *field_name);
```

如果给定的名称不匹配任何字段，返回 -1。

- PQftype 返回与给定字段下标相关联的字段类型。返回的整数是该类型的内部编码。字段下标从 0 开始。

```
Oid PQftype(const PGresult *res,
 int field_index);
```

可以查询系统表 `pg_type` 来获取各种数据类型的名称和属性。内置数据类型的 OID 定义在源码树的 `src/include/catalog/pg_type.h` 文件中。

- PQfmod 返回与给定字段下标相关联的字段的数据类型修饰符。字段下标从 0 开始。

```
int PQfmod(const PGresult *res,
 int field_index);
```

- PQfsize 返回与给定字段下标相关联的字段的大小，以字节计。字段下标从 0 开始。

```
int PQfsize(const PGresult *res,
 int field_index);
```

PQfsize 返回数据库元组中为该字段分配的空间，换句话说，即服务器对该数据类型的二进制表示的大小。如果字段是变长的则返回 -1。

- PQbinaryTuples 如果 PGresult 包含二进制元组数据则返回 1，包含 ASCII 数据则返回 0。

```
int PQbinaryTuples(const PGresult *res);
```

目前，只有从 BINARY 游标提取数据的查询才能返回二进制元组数据。

## 1.2.3. 检索 SELECT 结果值

- PQgetvalue 返回 PGresult 中某个元组的单个字段（属性）值。元组和字段下标都从 0 开始。

```
char* PQgetvalue(const PGresult *res,
 int tup_num,
 int field_num);
```

对大多数查询而言, `PQgetvalue` 返回的是属性值的以空字符结尾的 ASCII 字符串表示。但如果 `PQbinaryTuples()` 为 1, `PQgetvalue` 返回的就是该类型以后端服务器内部格式表示的二进制表示(若字段为变长则不含大小字)。此时由程序员负责把数据转换成正确的 C 类型。`PQgetvalue` 返回的指针指向属于 `PGresult` 结构的存储空间。不应修改它; 如果需要在 `PGresult` 结构的生命周期结束后继续使用该值, 就必须显式地将它复制到其他存储空间。

- `PQgetisnull` 测试一个字段是否为 NULL 条目。元组和字段下标从 0 开始。

```
int PQgetisnull(const PGresult *res,
 int tup_num,
 int field_num);
```

如果字段包含 NULL, 此函数返回 1; 包含非 NULL 值则返回 0。(注意, 对于 NULL 字段, `PQgetvalue` 返回的是空字符串而不是空指针。)

- `PQgetlength` 返回字段(属性)值的长度, 以字节计。元组和字段下标从 0 开始。

```
int PQgetlength(const PGresult *res,
 int tup_num,
 int field_num);
```

这是该特定数据值的实际数据长度, 即 `PQgetvalue` 所指对象的大小。注意, 对于以 ASCII 表示的值, 此大小与 `PQfsize` 报告的二进制大小几乎没有关系。

- `PQprint` 打印出所有的元组以及(可选的)属性名到指定的输出流。

```
void PQprint(FILE* fout, /* output stream */
 const PGresult *res,
 const PQprintOpt *po);

struct {
 pqbool header; /* print output field headings and row
count */
 pqbool align; /* fill align the fields */
 pqbool standard; /* old brain dead format */
 pqbool html3; /* output html tables */
 pqbool expanded; /* expand tables */
 pqbool pager; /* use pager for output if needed */
 char *fieldSep; /* field separator */
 char *tableOpt; /* insert to HTML table ... */
 char *caption; /* HTML caption */
 char **fieldName; /* null terminated array of replacement
field names */
} PQprintOpt;
```

此函数以前被 `psql` 用于打印查询结果, 但现在已不再如此, 此函数也不再被积极维护。

## 1.2.4. 检索非 SELECT 结果信息

- `PQcmdStatus` 返回生成该 `PGresult` 的 SQL 命令的命令状态字符串。

```
char * PQcmdStatus(const PGresult *res);
```

- `PQcmdTuples` 返回受 SQL 命令影响的行数。

```
char * PQcmdTuples(const PGresult *res);
```

如果生成该 PGresult 的 SQL 命令是 INSERT、UPDATE 或 DELETE，此函数返回一个包含受影响行数的字符串。如果是其他命令，返回空字符串。

- PQoidValue 如果 SQL 命令是一个 INSERT，返回所插入元组的对象 id。否则返回 InvalidOid。

```
Oid PQoidValue(const PGresult *res);
```

包含 libpq 头文件后，将定义类型 Oid 和常量 InvalidOid。它们都属于某种整数类型。

- PQoidStatus 如果 SQL 命令是一个 INSERT，返回一个含有所插入元组对象 id 的字符串。否则返回空字符串。

```
char * PQoidStatus(const PGresult *res);
```

此函数已被弃用，由 PQoidValue 取代，且不是线程安全的。

## 1.3. 异步查询处理

PQexec 函数足以在简单的同步应用中提交查询。但它有几个主要缺陷：

- PQexec 会等待查询完成。应用可能有其他工作要做（例如维护一个用户界面），这种情况下它不会想要阻塞等待响应。
- 由于控制权埋在 PQexec 内部，前端很难在需要时决定尝试取消正在进行的查询。（这可以在信号处理器中完成，但别无他法。）
- PQexec 只能返回一个 PGresult 结构。如果提交的查询串包含多条 SQL 命令，除了最后一个 PGresult 之外都会被 PQexec 丢弃。

不喜欢这些限制的应用可以改用构成 PQexec 的底层函数：PQsendQuery 和 PQgetResult。

使用此功能的旧程序以及 PQputline 和 PQputnbytes 都可能在等待向后端发送数据时阻塞。为了解决这一问题，加入了 PQsetnonblocking 函数。

旧应用可以不使用 PQsetnonblocking 而保持旧的、可能阻塞的行为。新程序则可以使用 PQsetnonblocking 实现到后端的完全非阻塞连接。

- PQsetnonblocking 设置连接的非阻塞状态。

```
int PQsetnonblocking(PGconn *conn, int arg)
```

arg 为 TRUE 时把连接置为非阻塞状态，arg 为 FALSE 时置为阻塞状态。成功返回 0，出错返回 -1。

在非阻塞状态下，对 PQputline、PQputnbytes、PQsendQuery 和 PQendcopy 的调用不会阻塞；如果需要再次调用，它们会返回错误。

当数据库连接被设置为非阻塞模式后又调用了 PQexec 时，它会临时把连接置为阻塞状态，直到该 PQexec 完成。

预计不久的将来，libpq 的更多部分将变得对 PQsetnonblocking 功能安全。

- PQisnonblocking 返回数据库连接的阻塞状态。

```
int PQisnonblocking(const PGconn *conn)
```

连接设置为非阻塞模式时返回 TRUE，阻塞时返回 FALSE。

- `PQsendQuery` 向 Postgres 提交一个查询而不等待结果。查询成功发出返回 `TRUE`，否则返回 `FALSE`（此时用 `PQerrorMessage` 获取失败的更多信息）。

```
int PQsendQuery(PGconn *conn,
 const char *query);
```

成功调用 `PQsendQuery` 后，调用一次或多次 `PQgetResult` 获取查询结果。在 `PQgetResult` 返回 `NULL`（表示查询已完成）之前，不得（在同一连接上）再次调用 `PQsendQuery`。

- `PQgetResult` 等待先前一次 `PQsendQuery` 的下一个结果并将其返回。查询完成且不再有结果时返回 `NULL`。

```
PGresult *PQgetResult(PGconn *conn);
```

必须反复调用 `PQgetResult` 直到它返回 `NULL`，表示查询已完成。（如果在没有活跃查询时调用，`PQgetResult` 会立即返回 `NULL`。）对 `PQgetResult` 返回的每个非空结果，应使用前文所述的同一批 `PGresult` 访问函数处理。用完每个结果对象后别忘了用 `PQclear` 释放。注意，只有当查询处于活跃状态且必要的响应数据尚未被 `PQconsumeInput` 读取时，`PQgetResult` 才会阻塞。

使用 `PQsendQuery` 和 `PQgetResult` 解决了 `PQexec` 的一个问题：如果查询字符串包含多条 SQL 命令，这些命令的结果可以分别获取。（顺便说一句，这也支持一种简单的重叠处理：前端可以处理某条查询的结果，同时后端继续处理同一查询串中后面的查询。）但调用 `PQgetResult` 仍会使前端阻塞，直到后端完成下一条 SQL 命令。恰当使用另外三个函数可以避免这一点：

- `PQconsumeInput` 如果后端有可用的输入，消费它。

```
int PQconsumeInput(PGconn *conn);
```

`PQconsumeInput` 正常返回 1 表示"no error"（没有错误）；发生问题时返回 0（此时 `PQerrorMessage` 会被设置）。注意，返回结果并不说明是否实际读取了输入数据。调用 `PQconsumeInput` 后，应用可以检查 `PQisBusy` 和/或 `PQnotifies`，看它们的状态是否发生了变化。

即使应用尚未准备好处理结果或通知，也可以调用 `PQconsumeInput`。该例程会读取可用数据并保存到缓冲区中，从而使 `select(2)` 的可读就绪指示消失。因此应用可以用 `PQconsumeInput` 立即清除 `select` 的就绪条件，随后再从从容地检查结果。

- `PQisBusy` 如果查询仍在忙碌则返回 1，也就是说 `PQgetResult` 会阻塞等待输入。返回 0 表示可以放心调用 `PQgetResult` 而不会阻塞。

```
int PQisBusy(PGconn *conn);
```

`PQisBusy` 本身不会尝试从后端读取数据；因此必须先调用 `PQconsumeInput`，否则忙碌状态永远不会结束。

- `PQflush` 尝试刷新排队发往后端的任何数据，成功（或发送队列为空）返回 0，因某种原因失败返回 EOF。

```
int PQflush(PGconn *conn);
```

在非阻塞连接上，调用 `select` 判断响应是否到达之前需要先调用 `PQflush`。返回 0 可确保没有已排队但尚未真正发送到后端的数据。只有使用了 `PQsetnonblocking` 的应用才需要这样做。

- `PQsocket` 获取后端连接套接字的文件描述符号。有效的描述符将  $\geq 0$ ；结果为 -1 表示当前没有打开的后端连接。

```
int PQsocket(const PGconn *conn);
```

应当用 `PQsocket` 获取后端套接字描述符，为执行 `select(2)` 做准备。这使使用阻塞连接的应用可以同时等待后端响应或其他条件。如果 `select(2)` 的结果表明可以从后端套接字读取数据，就应调用 `PQconsumeInput` 读取数据；随后即可用 `PQisBusy`、`PQgetResult` 和/或 `PQnotifies` 处理响应。

非阻塞连接（使用了 `PQsetnonblocking` 的连接）在 `PQflush` 返回 0、表明没有缓冲数据等待发往后端之前，不应使用 `select`。

使用这些函数的典型前端会有一个主循环，用 `select(2)` 等待它必须响应的所有条件。其中一个条件是后端有可读的输入；用 `select` 的话说，就是由 `PQsocket` 标识的文件描述符上有可读数据。主循环检测到输入就绪时，应调用 `PQconsumeInput` 读取输入。然后可以调用 `PQisBusy`，若 `PQisBusy` 返回假 (0)，接着调用 `PQgetResult`。还可以调用 `PQnotifies` 检测 NOTIFY 消息（见下面的“异步通知”）。

使用 `PQsendQuery/PQgetResult` 的前端还可以尝试取消一个仍随后端处理中的查询。

- `PQrequestCancel` 请求 Postgres 放弃对当前查询的处理。

```
int PQrequestCancel(PGconn *conn);
```

取消请求成功发出则返回 1，否则返回 0。（若为 0，`PQerrorMessage` 会说明原因。）但成功发出并不能保证请求会生效。无论 `PQrequestCancel` 的返回值如何，应用都必须继续用 `PQgetResult` 按正常顺序读取结果。如果取消生效，当前查询会提前终止并返回一个错误结果。如果取消失败（例如因为后端已完成该查询的处理），则根本不会有可见的结果。

注意，如果当前查询是事务的一部分，取消将中止整个事务。

`PQrequestCancel` 可以在信号处理器中安全地调用。因此，如果取消的决定可以在信号处理器中做出，也可以将它与普通的 `PQexec` 配合使用。例如，`psql` 从 `SIGINT` 信号处理器中调用 `PQrequestCancel`，从而允许交互式地取消它通过 `PQexec` 发出的查询。注意，如果连接当前未打开或后端当前没有在处理查询，`PQrequestCancel` 将不起作用。

## 1.4. 快速路径

Postgres 提供一个快速路径接口来向后端发送函数调用。这是通向系统内部的一个天窗，可能成为潜在的安全漏洞。大多数用户不需要此特性。

- `PQfn` 通过快速路径接口请求执行一个后端函数。

```
PGresult* PQfn(PGconn* conn,
 int fnid,
 int*result_buf,
 int *result_len,
 int result_is_int,
 const PQArgBlock *args,
 int nargs);
```

`fnid` 参数是要执行的函数的对象标识符。`result_buf` 是存放返回值的缓冲区。调用者必须已分配足够的空间来存储返回值（这里不做检查！）。实际结果长度将返回到 `result_len` 所指向的整数中。如果预期结果是 4 字节整数，将 `result_is_int` 设为 1；否则设为 0。（将 `result_is_int` 设为 1 会告诉 `libpq` 在必要时做字节序交换，使值以适合客户端机器的 `int` 值送达。当 `result_is_int` 为 0 时，后端发送的字节串原样返回。）`args` 和 `nargs` 指定要传给函数的参数。

```
typedef struct {
 int len;
 int isint;
```

```

 union {
 int *ptr;
 int integer;
 } u;
} PQArgBlock;

```

PQfn 总是返回有效的 PGresult\*。使用结果前应检查其状态。不再需要结果时，调用者负责用 PQclear 释放 PGresult。

## 1.5. 异步通知

Postgres 通过 LISTEN 和 NOTIFY 命令支持异步通知。后端用 LISTEN 命令注册它对某个特定通知条件的兴趣（并可以用 UNLISTEN 命令停止监听）。当任何后端执行带该条件名的 NOTIFY 命令时，所有监听该条件的后端都会被异步通知。通知者不会向监听者传递任何附加信息。因此，通常需要通信的任何实际数据都通过一个数据库关系传递。条件名通常与相关的关系同名，但并不要求必须有相关的关系。

libpq 应用把 LISTEN 和 UNLISTEN 命令作为普通 SQL 查询提交。随后，可以通过调用 PQnotifies() 检测 NOTIFY 消息的到达。

- PQnotifies 从后端发来的尚未处理的通知消息列表中返回下一条通知。没有待处理的通知时返回 NULL。一条通知被 PQnotifies 返回后即视为已处理，并会从通知列表中移除。

```
PQnotify* PQnotifies(PGconn *conn);
```

```

typedef struct pgNotify {
 char relname[NAMEDATALEN]; /* name of relation
 * containing data */
 int be_pid; /* process id of backend */
} PGnotify;

```

处理完 PQnotifies 返回的 PGnotify 对象后，务必用 free() 释放它，以避免内存泄漏。

### 注意

在 Postgres 6.4 及之后的版本中，be\_pid 是发出通知的后端的 PID，而在较早的版本中它总是你自己的后端的 PID。

第二个示例程序演示了异步通知的使用。

PQnotifies() 并不真正读取后端数据；它只是返回先前被其他 libpq 函数吸收的消息。在 libpq 的早期版本中，确保及时收到 NOTIFY 消息的唯一方法是不断地提交查询（哪怕是空查询），然后在每次 PQexec() 之后检查 PQnotifies()。这种方法虽然仍然有效，但由于浪费处理能力已被弃用。

在没有有用查询可提交时检查 NOTIFY 消息的更好办法是调用 PQconsumeInput()，然后检查 PQnotifies()。可以用 select(2) 等待后端数据到达，这样除非有事可做就不会消耗 CPU。（获取用于 select 的文件描述符号的方法见 PQsocket()。）注意，无论你用 PQsendQuery/PQgetResult 提交查询还是直接用 PQexec，这样做都没有问题。但应记住在每次 PQgetResult 或 PQexec 之后检查 PQnotifies()，看查询处理期间是否有通知到来。

## 1.6. 与 COPY 命令相关的函数

Postgres 中的 COPY 命令可以选择从 libpq 所用的网络连接读取或向其写入。因此，需要能直接访问此网络连接的函数，应用才能利用这一能力。



只有在从 PQexec 或 PQgetResult 得到 PGRES\_COPY\_OUT 或 PGRES\_COPY\_IN 结果对象之后，才应执行这些函数。

- PQgetline 把一行由后端服务器传来的以换行符结尾的字符读入大小为 length 的缓冲区字符串。

```
int PQgetline(PGconn *conn,
 char *string,
 int length)
```

与 fgets(3) 一样，此例程最多把 length-1 个字符复制到 string 中；但与 gets(3) 相似，它会把结尾的换行符转换为空字符。PQgetline 在 EOF 处返回 EOF，整行已读完返回 0，缓冲区已满但结尾换行符尚未读到返回 1。

注意，应用必须检查新的一行是否由两个字符 "\." 组成，这表示后端服务器已发送完 copy 命令的结果。如果应用可能收到超过 length-1 个字符的行，就需要小心确保正确识别 "\." 行（例如，不要把长数据行的结尾误当作终结行）。src/bin/psql/copy.c 中的代码包含正确处理 copy 协议的例程示例。

- PQgetlineAsync 把一行由后端服务器传来的以换行符结尾的字符读入缓冲区而不阻塞。

```
int PQgetlineAsync(PGconn *conn,
 char *buffer,
 int bufsize)
```

此例程类似于 PQgetline，但可供必须异步（即不阻塞地）读取 COPY 数据的应用使用。发出 COPY 命令并得到 PGRES\_COPY\_OUT 响应后，应用应交替调用 PQconsumeInput 和 PQgetlineAsync，直到检测到数据结束信号。与 PQgetline 不同，此例程自己负责检测数据结束。每次调用时，如果 libpq 的输入缓冲区中已有完整的一行以换行符结尾的数据行，或者到来的数据行太长放不进调用者提供的缓冲区，PQgetlineAsync 就会返回数据。否则，在该行剩余部分到达之前不返回数据。

如果已识别到 copy 数据结束标记，此例程返回 -1；没有可用数据返回 0；返回正数时该数给出所返回数据的字节数。返回 -1 时，调用者接下来必须调用 PQendcopy，然后回到正常处理。返回的数据不会跨过换行符。可能时一次返回整行；

但如果调用者提供的缓冲区太小装不下后端发来的一行，就会返回部分数据行。

这可以通过检查最后返回的字节是否为 "\n" 来检测。返回的字符串不以空字符结尾。（如果想加上结尾空字符，务必让传入的 bufsize 比实际可用空间小一。）

- PQputline 向后台服务器发送一个以空字符结尾的字符串。成功返回 0，无法发送字符串返回 EOF。

```
int PQputline(PGconn *conn,
 const char *string);
```

注意，应用必须在最后一行显式发送两个字符 "\."，以告知后端它已发送完数据。

- PQputnbytes 向后台服务器发送一个不以空字符结尾的字符串。成功返回 0，无法发送字符串返回 EOF。

```
int PQputnbytes(PGconn *conn,
 const char *buffer,
 int nbytes);
```

它与 PQputline 完全一样，只是由于要发送的字节数是直接指定的，数据缓冲区不需要以空字符结尾。

- PQendcopy 与后端同步。此函数等待后端完成 copy。它应当在用 PQputline 向后台发送完最后一个字符串之后，或用 PQgetline 从后端收到最后一个字符串之后发出。必须发

出此函数，否则后端可能与前端"out of sync"（失去同步）。从此函数返回后，后端就准备好接收下一条查询了。成功完成时返回值为 0，否则非零。

```
int PQendcopy(PGconn *conn);
```

例如：

```
PQexec(conn, "create table foo (a int4, b char(16), d double
precision)");
PQexec(conn, "copy foo from stdin");
PQputline(conn, "3\tthello world\t4.5\n");
PQputline(conn, "4\tgoodbye world\t7.11\n");
...
PQputline(conn, "\\.\n");
PQendcopy(conn);
```

使用 `PQgetResult` 时，应用对 `PGRES_COPY_OUT` 结果的响应应是反复执行 `PQgetline`，看到终结行后再执行 `PQendcopy`。然后应回到 `PQgetResult` 循环，直到 `PQgetResult` 返回 `NULL`。类似地，`PGRES_COPY_IN` 结果由一系列 `PQputline` 调用加 `PQendcopy` 处理，然后回到 `PQgetResult` 循环。这样的安排可确保嵌入在一系列 SQL 命令中的 `copy in` 或 `copy out` 命令被正确执行。

较老的应用可能通过 `PQexec` 提交 `copy in` 或 `copy out`，并认为 `PQendcopy` 之后事务就完成了。只有当 `copy in/out` 是查询字符串中唯一的 SQL 命令时，这样做才是正确的。

## 1.7. libpq 跟踪函数

- `PQtrace` 把前端/后端通信的跟踪打开到调试文件流。

```
void PQtrace(PGconn *conn
 FILE *debug_port)
```

- `PQuntrace` 关闭由 `PQtrace` 启动的跟踪。

```
void PQuntrace(PGconn *conn)
```

## 1.8. libpq 控制函数

- `PQsetNoticeProcessor` 控制 libpq 产生的通知和警告消息的报告方式。

```
typedef void (*PQnoticeProcessor) (void *arg, const char
 *message);
```

```
PQnoticeProcessor
PQsetNoticeProcessor(PGconn *conn,
 PQnoticeProcessor proc,
 void *arg);
```

默认情况下，libpq 把来自后端的"notice"消息以及它自己产生的少量错误消息打印到 `stderr`。可以通过提供一个对这些消息另做处理的回调函数来改变这一行为。回调函数会收到错误消息的文本（包括末尾换行符），外加一个与传给 `PQsetNoticeProcessor` 的指针相同的 `void` 指针。（需要时可以用该指针访问应用特定的状态。）默认的通知处理器只是

```
static void
defaultNoticeProcessor(void * arg, const char * message)
{
 fprintf(stderr, "%s", message);
}
```

要使用特定的通知处理器，只需在创建新的 `PGconn` 对象之后立即调用 `PQsetNoticeProcessor`。

返回值是指向前一个通知处理器的指针。如果传入 `NULL` 回调函数指针，则不采取任何动作，但仍返回当前指针。

设置通知处理器之后，应当预期：只要 `PGconn` 对象或由它生成的 `PGresult` 对象仍存在，就可能调用该函数。创建 `PGresult` 时，`PGconn` 当前的通知处理器指针会被复制到 `PGresult` 中，供 `PQgetvalue` 等例程在需要时使用。

## 1.9. 环境变量

下面的环境变量可用于选择默认的连接参数值；当调用代码没有直接指定值时，`PQconnectdb` 或 `PQsetdbLogin` 将使用这些值。它们有助于避免把数据库名硬编码进简单的应用程序。

- `PGHOST` 设置默认的服务器名。如果以斜杠开头，则表示使用 Unix 域通信而非 TCP/IP 通信；该值是存放套接字文件的目录名（默认 `"/tmp"`）。
- `PGPORT` 设置与 Postgres 后端通信所用的默认 TCP 端口号或 Unix 域套接字文件扩展名。
- `PGDATABASE` 设置默认的 Postgres 数据库名。
- `PGUSER` 设置连接数据库和认证所用的用户名。
- `PGPASSWORD` 设置当后端要求密码认证时使用的密码。
- `PGREALM` 设置与 Postgres 一起使用的 Kerberos realm（当它与本地 realm 不同时）。如果设置了 `PGREALM`，Postgres 应用将尝试对该 realm 中的服务器进行认证，并使用单独的 ticket 文件以避免与本地 ticket 文件冲突。仅当后端选择了 Kerberos 认证时才会使用此环境变量。
- `PGOPTIONS` 设置 Postgres 后端的附加运行时选项。
- `PGTTY` 设置显示来自后端服务器的调试消息的文件或 tty。

下面的环境变量可用于为每个 Postgres 会话指定用户级的默认行为：

- `PGDATESTYLE` 设置日期/时间表示的默认风格。
- `PGTZ` 设置默认时区。
- `PGCLIENTENCODING` 设置默认的客户端编码（如果配置 Postgres 时选择了 MULTIBYTE 支持）。

下面的环境变量可用于为每个 Postgres 会话指定默认的内部行为：

- `PGGEQO` 设置遗传优化器的默认模式。

关于这些环境变量的正确取值，请参阅 `SET SQL` 命令。

## 1.10. 线程行为

从 Postgres 7.0 起，`libpq` 是线程安全的，前提是没有两个线程同时尝试操作同一个 `PGconn` 对象。特别是，不能通过同一个连接对象从不同线程发出并发的查询。（如果需要运行并发查询，请建立多个连接。）

`PGresult` 对象在创建后是只读的，因此可以在线程之间自由传递。

已废弃的函数 `PQoidStatus` 和 `fe_setauthsvc` 不是线程安全的，不应在多线程程序中使用。`PQoidStatus` 可以由 `PQoidValue` 代替。而调用 `fe_setauthsvc` 则根本没有正当理由。

## 1.11. 示例程序

### 例 1.1. libpq 示例程序 1

```
/*
 * testlibpq.c
 *
 * Test the C version of libpq, the PostgreSQL frontend
 * library.
 */
#include <stdio.h>
#include <libpq-fe.h>

void
exit_nicely(PGconn *conn)
{
 PQfinish(conn);
 exit(1);
}

main()
{
 char *pghost,
 *pgport,
 *pgoptions,
 *pgtty;
 char *dbName;
 int nFields;
 int i,
 j;

 /* FILE *debug; */

 PGconn *conn;
 PGresult *res;

 /*
 * begin, by setting the parameters for a backend connection if
 the
 * parameters are null, then the system will try to use
 reasonable
 * defaults by looking up environment variables or, failing
 that,
 * using hardwired constants
 */
 pghost = NULL; /* host name of the backend server
 */
 pgport = NULL; /* port of the backend server */
 pgoptions = NULL; /* special options to start up the
 backend
 * server */
 pgtty = NULL; /* debugging tty for the backend
 server */
 dbName = "template1";

 /* make a connection to the database */
 conn = PQsetdb(pghost, pgport, pgoptions, pgtty, dbName);
```

```
/*
 * check to see that the backend connection was successfully
made
 */
if (PQstatus(conn) == CONNECTION_BAD)
{
 fprintf(stderr, "Connection to database '%s' failed.\n", db
Name);
 fprintf(stderr, "%s", PQerrorMessage(conn));
 exit_nicely(conn);
}

/* debug = fopen("/tmp/trace.out", "w"); */
/* PQtrace(conn, debug); */

/* start a transaction block */
res = PQexec(conn, "BEGIN");
if (!res || PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
{
 fprintf(stderr, "BEGIN command failed\n");
 PQclear(res);
 exit_nicely(conn);
}

/*
 * should PQclear PGresult whenever it is no longer needed to
avoid
 * memory leaks
 */
PQclear(res);

/*
 * fetch rows from the pg_database, the system catalog of
 * databases
 */
res = PQexec(conn, "DECLARE mycursor CURSOR FOR select * from
pg_database");
if (!res || PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
{
 fprintf(stderr, "DECLARE CURSOR command failed\n");
 PQclear(res);
 exit_nicely(conn);
}
PQclear(res);
res = PQexec(conn, "FETCH ALL in mycursor");
if (!res || PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
{
 fprintf(stderr, "FETCH ALL command didn't return tuples
properly\n");
 PQclear(res);
 exit_nicely(conn);
}

/* first, print out the attribute names */
nFields = PQnfields(res);
for (i = 0; i < nFields; i++)
 printf("%-15s", PQfname(res, i));
```

```
printf("\n\n");

/* next, print out the rows */
for (i = 0; i < PQntuples(res); i++)
{
 for (j = 0; j < nFields; j++)
 printf("%-15s", PQgetvalue(res, i, j));
 printf("\n");
}
PQclear(res);

/* close the cursor */
res = PQexec(conn, "CLOSE mycursor");
PQclear(res);

/* commit the transaction */
res = PQexec(conn, "COMMIT");
PQclear(res);

/* close the connection to the database and cleanup */
PQfinish(conn);

/* fclose(debug); */
return 0;
}
```

## 例 1.2. libpq 示例程序 2

```
/*
 * testlibpq2.c
 * Test of the asynchronous notification interface
 *
 * Start this program, then from psql in another window do
 * NOTIFY TBL2;
 *
 * Or, if you want to get fancy, try this:
 * Populate a database with the following:
 *
 * CREATE TABLE TBL1 (i int4);
 *
 * CREATE TABLE TBL2 (i int4);
 *
 * CREATE RULE r1 AS ON INSERT TO TBL1 DO
 * (INSERT INTO TBL2 values (new.i); NOTIFY TBL2);
 *
 * and do
 *
 * INSERT INTO TBL1 values (10);
 *
 */
#include <stdio.h>
#include "libpq-fe.h"

void
exit_nicely(PGconn *conn)
{
 PQfinish(conn);
}
```

```
 exit(1);
 }

main()
{
 char *pghost,
 *pgport,
 *pgoptions,
 *pgtty;
 char *dbName;
 int nFields;
 int i,
 j;

 PGconn *conn;
 PGresult *res;
 PGnotify *notify;

 /*
 * begin, by setting the parameters for a backend connection if
the
 * parameters are null, then the system will try to use
reasonable
 * defaults by looking up environment variables or, failing
that,
 * using hardwired constants
 */
 pghost = NULL; /* host name of the backend server
 */
 pgport = NULL; /* port of the backend server */
 pgoptions = NULL; /* special options to start up the
backend
 * server */
 pgtty = NULL; /* debugging tty for the backend
server */
 dbName = getenv("USER"); /* change this to the name of your
test
 * database */

 /* make a connection to the database */
 conn = PQsetdb(pghost, pgport, pgoptions, pgtty, dbName);

 /*
 * check to see that the backend connection was successfully
made
 */
 if (PQstatus(conn) == CONNECTION_BAD)
 {
 fprintf(stderr, "Connection to database '%s' failed.\n", db
Name);
 fprintf(stderr, "%s", PQerrorMessage(conn));
 exit_nicely(conn);
 }

 res = PQexec(conn, "LISTEN TBL2");
 if (!res || PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
 {
 fprintf(stderr, "LISTEN command failed\n");
 }
}
```

```
 PQclear(res);
 exit_nicely(conn);
 }

 /*
 * should PQclear PGresult whenever it is no longer needed to
 avoid
 * memory leaks
 */
 PQclear(res);

 while (1)
 {

 /*
 * wait a little bit between checks; waiting with select()
 * would be more efficient.
 */
 sleep(1);
 /* collect any asynchronous backend messages */
 PQconsumeInput(conn);
 /* check for asynchronous notify messages */
 while ((notify = PQnotifies(conn)) != NULL)
 {
 fprintf(stderr,
 "ASYNC NOTIFY of '%s' from backend pid '%d'
received\n",
 notify->relname, notify->be_pid);
 free(notify);
 }

 /* close the connection to the database and cleanup */
 PQfinish(conn);

 return 0;
 }
}
```

### 例 1.3. libpq 示例程序 3

```
/*
 * testlibpq3.c Test the C version of Libpq, the Postgres frontend
 * library. tests the binary cursor interface
 *
 *
 *
 * populate a database by doing the following:
 *
 * CREATE TABLE test1 (i int4, d real, p polygon);
 *
 * INSERT INTO test1 values (1, 3.567, polygon '(3.0, 4.0, 1.0, 2.
0)');
 *
 * INSERT INTO test1 values (2, 89.05, polygon '(4.0, 3.0, 2.0, 1.
0)');
 *
 * the expected output is:
 *

```



```
* tuple 0: got i = (4 bytes) 1, d = (4 bytes) 3.567000, p = (4
* bytes) 2 points bbox = (hi=3.000000/4.000000, lo =
* 1.000000,2.000000) tuple 1: got i = (4 bytes) 2, d = (4 bytes)
* 89.050003, p = (4 bytes) 2 points bbox =
* (hi=4.000000/3.000000, lo = 2.000000,1.000000)
*
*
*/
#include <stdio.h>
#include "libpq-fe.h"
#include "utils/geo-decls.h" /* for the POLYGON type */

void
exit_nicely(PGconn *conn)
{
 PQfinish(conn);
 exit(1);
}

main()
{
 char *pghost,
 *pgport,
 *pgoptions,
 *pgtty;
 char *dbName;
 int nFields;
 int i,
 j;
 int i_fnum,
 d_fnum,
 p_fnum;
 PGconn *conn;
 PGresult *res;

 /*
 * begin, by setting the parameters for a backend connection if
 the
 * parameters are null, then the system will try to use
 reasonable
 * defaults by looking up environment variables or, failing
 that,
 * using hardwired constants
 */
 pghost = NULL; /* host name of the backend server
 */
 pgport = NULL; /* port of the backend server */
 pgoptions = NULL; /* special options to start up the
 backend
 * server */
 pgtty = NULL; /* debugging tty for the backend
 server */

 dbName = getenv("USER"); /* change this to the name of your
 test
 * database */

 /* make a connection to the database */
```

```
conn = PQsetdb(pghost, pgport, pgoptions, pgtty, dbName);

/*
 * check to see that the backend connection was successfully
made
 */
if (PQstatus(conn) == CONNECTION_BAD)
{
 fprintf(stderr, "Connection to database '%s' failed.\n", db
Name);
 fprintf(stderr, "%s", PQerrorMessage(conn));
 exit_nicely(conn);
}

/* start a transaction block */
res = PQexec(conn, "BEGIN");
if (!res || PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
{
 fprintf(stderr, "BEGIN command failed\n");
 PQclear(res);
 exit_nicely(conn);
}

/*
 * should PQclear PGresult whenever it is no longer needed to
avoid
 * memory leaks
 */
PQclear(res);

/*
 * fetch rows from the pg_database, the system catalog of
 * databases
 */
res = PQexec(conn, "DECLARE mycursor BINARY CURSOR FOR select *
from test1");
if (!res || PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
{
 fprintf(stderr, "DECLARE CURSOR command failed\n");
 PQclear(res);
 exit_nicely(conn);
}
PQclear(res);

res = PQexec(conn, "FETCH ALL in mycursor");
if (!res || PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
{
 fprintf(stderr, "FETCH ALL command didn't return tuples
properly\n");
 PQclear(res);
 exit_nicely(conn);
}

i_fnum = PQfnumber(res, "i");
d_fnum = PQfnumber(res, "d");
p_fnum = PQfnumber(res, "p");

for (i = 0; i < 3; i++)
```

```

{
 printf("type[%d] = %d, size[%d] = %d\n",
 i, PQftype(res, i),
 i, PQfsize(res, i));
}
for (i = 0; i < PQntuples(res); i++)
{
 int *ival;
 float *dval;
 int plen;
 POLYGON *pval;

 /* we hard-wire this to the 3 fields we know about */
 ival = (int *) PQgetvalue(res, i, i_fnum);
 dval = (float *) PQgetvalue(res, i, d_fnum);
 plen = PQgetlength(res, i, p_fnum);

 /*
 * plen doesn't include the length field so need to
 * increment by VARHDRSZ
 */
 pval = (POLYGON *) malloc(plen + VARHDRSZ);
 pval->size = plen;
 memmove((char *) &pval->npts, PQgetvalue(res, i, p_fnum),
plen);
 printf("tuple %d: got\n", i);
 printf(" i = (%d bytes) %d,\n",
 PQgetlength(res, i, i_fnum), *ival);
 printf(" d = (%d bytes) %f,\n",
 PQgetlength(res, i, d_fnum), *dval);
 printf(" p = (%d bytes) %d points \tboundingBox = (hi=%f/%f,
lo = %f,%f)\n",
 PQgetlength(res, i, d_fnum),
 pval->npts,
 pval->boundingbox.xh,
 pval->boundingbox.yh,
 pval->boundingbox.xl,
 pval->boundingbox.yl);
}
PQclear(res);

/* close the cursor */
res = PQexec(conn, "CLOSE mycursor");
PQclear(res);

/* commit the transaction */
res = PQexec(conn, "COMMIT");
PQclear(res);

/* close the connection to the database and cleanup */
PQfinish(conn);

return 0;
}

```

---

## 第 2 章 大对象

在 Postgres 中，数据值存储在元组中，而单个元组不能跨数据页。由于数据页的大小是 8192 字节，数据值大小的上限相对较低。为了支持更大的原子值的存储，Postgres 提供了大对象接口。该接口以面向文件的方式访问被声明为大类型的用户数据。本节描述 Postgres 大对象数据的实现以及编程和查询语言接口。

### 2.1. 历史笔记

最初，Postgres 4.2 支持三种标准的大对象实现：作为 Postgres 之外的文件、作为 Postgres 管理的外部文件、以及作为存储在 Postgres 数据库内部的数据。这给用户带来了相当大的困扰。因此，在 PostgreSQL 中我们只支持把大对象作为存储在 Postgres 数据库内部的数据。尽管访问起来更慢，它提供了更严格的数据完整性。由于历史原因，这种存储方案被称为 Inversion 大对象。（本节中我们将把 Inversion 和大对象作为同义词混用，指同一事物。）从 PostgreSQL 7.1 起，所有大对象都放在一个名为 pg\_largeobject 的系统表中。

### 2.2. 实现特性

Inversion 大对象的实现把大对象拆分成“块”并把块存储在数据库的元组中。一个 B-tree 索引保证在做随机访问读写时能快速搜索到正确的块号。

### 2.3. 接口

下面描述 Postgres 提供的访问大对象的设施，既包括后端中作为用户自定义函数一部分的用法，也包括前端中作为使用该接口的应用一部分的用法。对于熟悉 Postgres 4.2 的用户来说，PostgreSQL 有一套新函数，提供了更连贯的接口。

#### 注意

所有对大对象的操作必须在一个 SQL 事务中进行。这一要求从 Postgres 6.5 起被严格执行，尽管在之前的版本中它一直是隐含的要求，忽略它会导致错误行为。

Postgres 的大对象接口模仿 Unix 文件系统接口设计，有与 `open(2)`、`read(2)`、`write(2)`、`lseek(2)` 等对应的函数。用户函数调用这些例程来只从大对象中检索感兴趣的数据。例如，假设存在一个存储面孔照片的名为 `mugshot` 的大对象类型，那么可以在 `mugshot` 数据上声明一个名为 `beard` 的函数。`Beard` 可以查看照片的下三分之一部分，并确定那里出现的胡须颜色（如果有的话）。整个大对象的值不需要被 `beard` 函数缓冲，甚至不需要被检查。大对象可以从动态装载的 C 函数或链接了该库的数据库客户端程序访问。Postgres 提供了一组支持打开、读取、写入、关闭和在大对象上定位的例程。

#### 2.3.1. 创建一个大对象

例程

```
Oid lo_creat(PGconn *conn, int mode)
```

创建一个新的大对象。`mode` 是一个位掩码，描述新大对象的若干不同属性。这里列出的符号常量定义在 `$PGROOT/src/backend/libpq/libpq-fs.h` 中。访问类型（读、写或读写）由把 `INV_READ` 和 `INV_WRITE` 位“或”在一起来控制。如果大对象应当被归档——也就是说，如果它的历史版本应当被定期移到一个特殊的归档关系中——那么应当设置 `INV_ARCHIVE` 位。掩码的低十六位是大对象应驻留的存储管理器编号。对于伯克利以外的站点，这些位应当始终为零。下面的命令创建一个（Inversion）大对象：

```
inv_oid = lo_creat(INV_READ|INV_WRITE|INV_ARCHIVE);
```

### 2.3.2. 导入一个大对象

要把一个 UNIX 文件导入为大对象，调用

```
Oid lo_import(PGconn *conn, const char *filename)
```

*filename* 指定要导入为大对象的文件的 Unix 路径名。

### 2.3.3. 导出一个大对象

要把一个大对象导出到 UNIX 文件，调用

```
int lo_export(PGconn *conn, Oid lobjId, const char *filename)
```

*lobjId* 参数指定要导出的大对象的 Oid，*filename* 参数指定文件的 UNIX 路径名。

### 2.3.4. 打开一个现有的大对象

要打开一个现有的大对象，调用

```
int lo_open(PGconn *conn, Oid lobjId, int mode)
```

*lobjId* 参数指定要打开的大对象的 Oid。*mode* 位控制对象是以读 (INV\_READ)、写还是读写方式打开。大对象在创建之前无法打开。*lo\_open* 返回一个大对象描述符，供稍后在 *lo\_read*、*lo\_write*、*lo\_lseek*、*lo\_tell* 和 *lo\_close* 中使用。

### 2.3.5. 向大对象写入数据

例程

```
int lo_write(PGconn *conn, int fd, const char *buf, size_t len)
```

把 *len* 字节从 *buf* 写入大对象 *fd*。*fd* 参数必须是先前某个 *lo\_open* 返回的。返回值是实际写入的字节数。发生错误时，返回值为负。

### 2.3.6. 从大对象读取数据

例程

```
int lo_read(PGconn *conn, int fd, char *buf, size_t len)
```

从大对象 *fd* 中读取 *len* 字节到 *buf*。*fd* 参数必须是先前某个 *lo\_open* 返回的。返回值是实际读取的字节数。发生错误时，返回值为负。

### 2.3.7. 在大对象上定位

要更改大对象上当前的读或写位置，调用

```
int lo_lseek(PGconn *conn, int fd, int offset, int whence)
```

此例程把 *fd* 所描述大对象的当前位置指针移动到 *offset* 指定的新位置。*whence* 的有效值是 SEEK\_SET、SEEK\_CUR 和 SEEK\_END。

### 2.3.8. 关闭一个大对象描述符

可以通过调用下面的函数来关闭一个大对象：

```
int lo_close(PGconn *conn, int fd)
```

其中 `fd` 是由 `lo_open` 返回的大对象描述符。成功时 `lo_close` 返回零。发生错误时，返回值为负。

### 2.3.9. 移除一个大对象

要从数据库中移除一个大对象，调用

```
Oid lo_unlink(PGconn *conn, Oid lobjId)
```

`lobjId` 参数指定要删除的大对象的 `Oid`。

## 2.4. 内建已注册函数

有两个内置的已注册函数 `lo_import` 和 `lo_export`，它们便于在 SQL 查询中使用。下面是一个用法的例子：

```
CREATE TABLE image (
 name text,
 raster oid
);

INSERT INTO image (name, raster)
VALUES ('beautiful image', lo_import('/etc/motd'));

SELECT lo_export(image.raster, '/tmp/motd') from image
WHERE name = 'beautiful image';
```

## 2.5. 从 LIBPQ 访问大对象

下面是一个示例程序，展示了 `LIBPQ` 中大对象接口的用法。程序的一部分被注释掉了，但为了读者受益仍保留在源码中。该程序可以在 `../src/test/examples` 中找到。使用 `LIBPQ` 中大对象接口的前端应用应当包含头文件 `libpq/libpq-fs.h` 并链接 `libpq` 库。

## 2.6. 示例程序

```
/*-----
*
* testlo.c--
* test using large objects with libpq
*
* Copyright (c) 1994, Regents of the University of California
*
* IDENTIFICATION
* /usr/local/devel/pglite/cvs/src/doc/manual.me,v 1.16 1995/09/
01 23:55:00 jolly Exp
*
*-----
*/

#include <stdio.h>
#include "libpq-fe.h"
#include "libpq/libpq-fs.h"

#define BUFSIZE 1024

/*
```

```
* importFile * import file "in_filename" into database as large
object "lob
jOid"
*
*/
Oid
importFile(PGconn *conn, char *filename)
{
 Oid lobjId;
 int lobj_fd;
 char buf[BUFSIZE];
 int nbytes,
 tmp;
 int fd;

 /*
 * open the file to be read in
 */
 fd = open(filename, O_RDONLY, 0666);
 if (fd < 0)
 {
 /* error */
 fprintf(stderr, "can't open unix file %s\n", filename);
 }

 /*
 * create the large object
 */
 lobjId = lo_creat(conn, INV_READ | INV_WRITE);
 if (lobjId == 0)
 fprintf(stderr, "can't create large object\n");

 lobj_fd = lo_open(conn, lobjId, INV_WRITE);

 /*
 * read in from the Unix file and write to the inversion file
 */
 while ((nbytes = read(fd, buf, BUFSIZE)) > 0)
 {
 tmp = lo_write(conn, lobj_fd, buf, nbytes);
 if (tmp < nbytes)
 fprintf(stderr, "error while reading large object\n");
 }

 (void) close(fd);
 (void) lo_close(conn, lobj_fd);

 return lobjId;
}

void
pickout(PGconn *conn, Oid lobjId, int start, int len)
{
 int lobj_fd;
 char *buf;
 int nbytes;
 int nread;

 lobj_fd = lo_open(conn, lobjId, INV_READ);
```

```
 if (lobj_fd < 0)
 {
 fprintf(stderr, "can't open large object %d\n",
 lobjId);
 }

 lo_lseek(conn, lobj_fd, start, SEEK_SET);
 buf = malloc(len + 1);

 nread = 0;
 while (len - nread > 0)
 {
 nbytes = lo_read(conn, lobj_fd, buf, len - nread);
 buf[nbytes] = ' ';
 fprintf(stderr, ">>> %s", buf);
 nread += nbytes;
 }
 free(buf);
 fprintf(stderr, "\n");
 lo_close(conn, lobj_fd);
}

void
overwrite(PGconn *conn, Oid lobjId, int start, int len)
{
 int lobj_fd;
 char *buf;
 int nbytes;
 int nwritten;
 int i;

 lobj_fd = lo_open(conn, lobjId, INV_READ);
 if (lobj_fd < 0)
 {
 fprintf(stderr, "can't open large object %d\n",
 lobjId);
 }

 lo_lseek(conn, lobj_fd, start, SEEK_SET);
 buf = malloc(len + 1);

 for (i = 0; i < len; i++)
 buf[i] = 'X';
 buf[i] = ' ';

 nwritten = 0;
 while (len - nwritten > 0)
 {
 nbytes = lo_write(conn, lobj_fd, buf + nwritten, len -
nwritten);
 nwritten += nbytes;
 }
 free(buf);
 fprintf(stderr, "\n");
 lo_close(conn, lobj_fd);
}

/*
```

---



```
* exportFile * export large object "lobjOid" to file "out_
filename"
*
*/
void
exportFile(PGconn *conn, Oid lobjId, char *filename)
{
 int lobj_fd;
 char buf[BUFSIZE];
 int nbytes,
 tmp;
 int fd;

 /*
 * create an inversion "object"
 */
 lobj_fd = lo_open(conn, lobjId, INV_READ);
 if (lobj_fd < 0)
 {
 fprintf(stderr, "can't open large object %d\n",
 lobjId);
 }

 /*
 * open the file to be written to
 */
 fd = open(filename, O_CREAT | O_WRONLY, 0666);
 if (fd < 0)
 {
 /* error */
 fprintf(stderr, "can't open unix file %s\n",
 filename);
 }

 /*
 * read in from the Unix file and write to the inversion file
 */
 while ((nbytes = lo_read(conn, lobj_fd, buf, BUFSIZE)) > 0)
 {
 tmp = write(fd, buf, nbytes);
 if (tmp < nbytes)
 {
 fprintf(stderr, "error while writing %s\n",
 filename);
 }
 }

 (void) lo_close(conn, lobj_fd);
 (void) close(fd);

 return;
}

void
exit_nicely(PGconn *conn)
{
 PQfinish(conn);
 exit(1);
}
```

```
int
main(int argc, char **argv)
{
 char *in_filename,
 *out_filename;
 char *database;
 Oid lobjOid;
 PGconn *conn;
 PGresult *res;

 if (argc != 4)
 {
 fprintf(stderr, "Usage: %s database_name in_filename out_
filename\n",
 argv[0]);
 exit(1);
 }

 database = argv[1];
 in_filename = argv[2];
 out_filename = argv[3];

 /*
 * set up the connection
 */
 conn = PQsetdb(NULL, NULL, NULL, NULL, database);

 /* check to see that the backend connection was successfully
 made */
 if (PQstatus(conn) == CONNECTION_BAD)
 {
 fprintf(stderr, "Connection to database '%s' failed.\n",
database);
 fprintf(stderr, "%s", PQerrorMessage(conn));
 exit_nicely(conn);
 }

 res = PQexec(conn, "begin");
 PQclear(res);

 printf("importing file %s\n", in_filename);
 /* lobjOid = importFile(conn, in_filename); */
 lobjOid = lo_import(conn, in_filename);
 /*
 printf("as large object %d.\n", lobjOid);

 printf("picking out bytes 1000-2000 of the large object\n");
 pickout(conn, lobjOid, 1000, 1000);

 printf("overwriting bytes 1000-2000 of the large object with
X's\n");
 overwrite(conn, lobjOid, 1000, 1000);
 */

 printf("exporting large object to file %s\n", out_filename);
 /* exportFile(conn, lobjOid, out_filename); */
 lo_export(conn, lobjOid, out_filename);
```

```
 res = PQexec(conn, "end");
 PQclear(res);
 PQfinish(conn);
 exit(0);
}
```

---

## 第 3 章 libpq++ - C++ 绑定库

libpq++ 是 Postgres 的 C++ API。libpq++ 是一组允许客户端程序连接到 Postgres 后端服务器的类。这些连接有两种形式：数据库类和大对象类。

数据库类用于操作数据库。你可以向 Postgres 后端服务器发送各种 SQL 查询并获取服务器的响应。

大对象类用于操作数据库中的大对象。虽然大对象实例可以向 Postgres 后端服务器发送普通查询，但它只适用于不返回任何数据的简单查询。应当把大对象看作一个文件流。将来它应当表现得非常像 C++ 文件流 `cin`、`cout` 和 `cerr`。

本章基于 libpq C 库的文档。本节末尾列出了三个短程序作为 libpq++ 编程的示例（但不一定是良好编程的示例）。源代码发行版的 `src/libpq++/examples` 中有若干 libpq++ 应用的示例，包括本章三个示例的源代码。

### 3.1. 控制与初始化

#### 3.1.1. 环境变量

下列环境变量可用于为环境设置默认值，避免把数据库名硬编码到应用程序中：

#### 注意

完整的可用连接选项列表见第 1.9 节。

下列环境变量可用于选择默认的连接参数值，如果调用代码没有直接指定值，`PQconnectdb` 或 `PQsetdbLogin` 将使用它们。这些变量有助于避免在简单的应用程序中硬编码数据库名。

#### 注意

libpq++ 只使用环境变量或 libpq 的 `PQconnectdb conninfo` 风格字符串。

- `PGHOST` 设置默认的服务器名。如果它以斜杠开头，则指定 Unix 域通信而不是 TCP/IP 通信；该值是套接字文件所在目录的名称（默认为 `"/tmp"`）。
- `PGPORT` 设置与 Postgres 后端通信的默认 TCP 端口号或 Unix 域套接字文件扩展名。
- `PGDATABASE` 设置默认的 Postgres 数据库名。
- `PGUSER` 设置用于连接数据库和进行认证的用户名。
- `PGPASSWORD` 设置在后端要求密码认证时使用的密码。
- `PGREALM` 设置与 Postgres 一起使用的 Kerberos 域（如果它与本地域不同）。如果设置了 `PGREALM`，Postgres 应用将尝试向该域的服务器认证，并使用单独的票据文件以避免与本地票据文件冲突。只有在后端选择了 Kerberos 认证时才会使用此环境变量。
- `PGOPTIONS` 为 Postgres 后端设置额外的运行时选项。
- `PGTTY` 设置显示来自后端服务器的调试消息的文件或 tty。

下列环境变量可用于为每个 Postgres 会话指定用户级的默认行为：

- `PGDATESTYLE` 设置日期/时间表示的默认风格。

- `PGTZ` 设置默认时区。

下列环境变量可用于为每个 Postgres 会话指定默认的内部行为：

- `PGGEQO` 设置遗传优化器的默认模式。

关于这些环境变量的正确取值，请参阅 SQL 命令 `SET`。

## 3.2. libpq++ 类

### 3.2.1. 连接类：PgConnection

连接类实际建立与数据库的连接，并被所有访问类继承。

### 3.2.2. 数据库类：PgDatabase

数据库类提供了带有到后端服务器连接的 C++ 对象。要创建这样的对象，首先需要可供后端访问的合适环境。下列构造函数负责从 C++ 程序建立到后端服务器的连接。

## 3.3. 数据库连接函数

- `PgConnection` 建立到后端数据库服务器的新连接。

```
PgConnection::PgConnection(const char *conninfo)
```

虽然通常是从某个访问类中调用，但也可以通过创建 `PgConnection` 对象来建立到后端服务器的连接。

- `ConnectionBad` 返回到后端服务器的连接是成功还是失败。

```
int PgConnection::ConnectionBad()
```

如果连接失败则返回 `TRUE`。

- `Status` 返回到后端服务器的连接的状态。

```
ConnStatusType PgConnection::Status()
```

根据连接的状态返回 `CONNECTION_OK` 或 `CONNECTION_BAD`。

- `PgDatabase` 建立到后端数据库服务器的新连接。

```
PgDatabase(const char *conninfo)
```

在创建了 `PgDatabase` 之后，应当先确认到数据库的连接已经成功，然后再向该对象发送查询。这很容易做到：用 `Status` 或 `ConnectionBad` 方法获取 `PgDatabase` 对象的当前状态。

- `DBName` 返回当前数据库的名字。

```
const char *PgConnection::DBName()
```

- `Notifies` 从后端收到的未处理通知消息列表中返回下一条通知。

```
PgNotify* PgConnection::Notifies()
```

细节见 `PgNotifies()`。

## 3.4. 查询执行函数

### 3.4.1. 主例程

- `Exec` 向后端服务器发送一条查询。通常更可取的是使用下面两个函数之一。

```
ExecStatusType PgConnection::Exec(const char* query)
```

返回查询的结果。可能得到下列状态值：

```
PGRES_EMPTY_QUERY
PGRES_COMMAND_OK (查询是一条命令时)
PGRES_TUPLES_OK (查询成功返回元组时)
PGRES_COPY_OUT
PGRES_COPY_IN
PGRES_BAD_RESPONSE (收到意外响应时)
PGRES_NONFATAL_ERROR
PGRES_FATAL_ERROR
```

- `ExecCommandOk` 向后端服务器发送一条命令查询。

```
int PgConnection::ExecCommandOk(const char *query)
```

命令查询成功时返回 `TRUE`。

- `ExecTuplesOk` 向后端服务器发送一条命令查询。

```
int PgConnection::ExecTuplesOk(const char *query)
```

命令查询成功时返回 `TRUE`。

- `ErrorMessage` 返回最后一条错误消息的文本。

```
const char *PgConnection::ErrorMessage()
```

### 3.4.2. 获取 SELECT 结果信息

- `Tuples` 返回查询结果中元组（行）的数目。

```
int PgDatabase::Tuples()
```

- `Fields` 返回查询结果中每个元组的字段（属性）数目。

```
int PgDatabase::Fields()
```

- `FieldName` 返回与给定字段索引相关联的字段（属性）名。字段索引从 0 开始。

```
const char *PgDatabase::FieldName(int field_num)
```

- `FieldNum` `Pqfnumber` 返回与给定字段名相关联的字段（属性）索引。

```
int PgDatabase::FieldNum(const char* field_name)
```

如果给定的名称不匹配任何字段，则返回 -1。

- `FieldType` 返回与给定字段索引相关联的字段类型。返回的整数是该类型的内部编码。字段索引从 0 开始。

```
Oid PgDatabase::FieldType(int field_num)
```

- `FieldType` 返回与给定字段名相关联的字段类型。返回的整数是该类型的内部编码。字段索引从 0 开始。

```
Oid PgDatabase::FieldType(const char* field_name)
```

- `FieldSize` 返回与给定字段索引相关联的字段的大小。字段索引从 0 开始。

```
short PgDatabase::FieldSize(int field_num)
```

返回数据库元组中为该字段分配的空间（按字段编号给出）。换句话说，就是服务器上该数据类型二进制表示的大小。如果字段是变长的，则返回 -1。

- `FieldSize` 返回与给定字段索引相关联的字段的大小。字段索引从 0 开始。

```
short PgDatabase::FieldSize(const char *field_name)
```

返回数据库元组中为该字段分配的空间（按字段名给出）。换句话说，就是服务器上该数据类型二进制表示的大小。如果字段是变长的，则返回 -1。

### 3.4.3. 获取 SELECT 结果值

- `GetValue` 返回 `PGresult` 中某个元组的单个字段（属性）值。元组和字段索引从 0 开始。

```
const char *PgDatabase::GetValue(int tup_num, int field_num)
```

对大多数查询来说，`GetValue` 返回的是属性值的以空字符结尾的 ASCII 字符串表示。但如果 `BinaryTuples()` 为 `TRUE`，`GetValue` 返回的是该类型以后端服务器内部格式表示的二进制表示（如果字段是变长的，则不包括长度字）。

这时由程序员负责把数据造型和转换为正确的 C 类型。`GetValue` 返回的指针指向 `PGresult` 结构一部分的存储。不应修改它，如果要在 `PGresult` 结构自身的生存期之后使用该值，必须把它显式复制到其他存储中。`BinaryTuples()` 尚未实现。

- `GetValue` 返回 `PGresult` 中某个元组的单个字段（属性）值。元组和字段索引从 0 开始。

```
const char *PgDatabase::GetValue(int tup_num, const char *field_name)
```

对大多数查询来说，`GetValue` 返回的是属性值的以空字符结尾的 ASCII 字符串表示。但如果 `BinaryTuples()` 为 `TRUE`，`GetValue` 返回的是该类型以后端服务器内部格式表示的二进制表示（如果字段是变长的，则不包括长度字）。

这时由程序员负责把数据造型和转换为正确的 C 类型。GetValue 返回的指针指向 PGresult 结构一部分的存储。不应修改它，如果要在 PGresult 结构自身的生存期之后使用该值，必须把它显式复制到其他存储中。BinaryTuples() 尚未实现。

- GetLength 返回字段（属性）的字节长度。元组和字段索引从 0 开始。

```
int PgDatabase::GetLength(int tup_num, int field_num)
```

这是该数据值的实际数据长度，即 GetValue 所指向对象的大小。注意，对于以 ASCII 表示的值，这个大小与 PQfsize 报告的二进制大小关系不大。

- GetLength 返回字段（属性）的字节长度。元组和字段索引从 0 开始。

```
int PgDatabase::GetLength(int tup_num, const char* field_name)
```

这是该数据值的实际数据长度，即 GetValue 所指向对象的大小。注意，对于以 ASCII 表示的值，这个大小与 PQfsize 报告的二进制大小关系不大。

- DisplayTuples 把所有元组以及可选的属性名打印到指定的输出流。

```
void PgDatabase::DisplayTuples(FILE *out = 0, int fillAlign = 1,
const char* fieldSep = "|", int printHeader = 1, int quiet = 0)
```

- PrintTuples 把所有元组以及可选的属性名打印到指定的输出流。

```
void PgDatabase::PrintTuples(FILE *out = 0, int printAttName =
1,
int terseOutput = 0, int width = 0)
```

### 3.4.4. 获取非 SELECT 结果信息

- CmdTuples 返回 INSERT、UPDATE 或 DELETE 之后受影响的行数。如果是其他命令，返回 -1。

```
int PgDatabase::CmdTuples()
```

- OidStatus

```
const char *PgDatabase::OidStatus()
```

### 3.4.5. 处理 COPY 查询

- GetLine

```
int PgDatabase::GetLine(char* string, int length)
```

- PutLine

```
void PgDatabase::PutLine(const char* string)
```

- EndCopy



```
int PgDatabase::EndCopy()
```

## 3.5. 异步通知

Postgres 通过 `LISTEN` 和 `NOTIFY` 命令支持异步通知。后端用 `LISTEN` 命令注册它对某个被命名信号量的关注。当另一个后端执行同名的 `NOTIFY` 时，所有正在监听该被命名信号量的后端都会被异步通知。通知者不会向监听者传递任何额外的信息。因此，通常任何需要通信的实际数据都是通过关系传递的。

### 注意

过去，文档曾把异步通知所用的名称与关系或类关联起来。但实际上实现中这两个概念并没有直接联系，这个被命名的信号量并不需要事先定义一个对应的关系。

`libpq++` 每当一个已连接的后端收到异步通知时，应用都会得到通知。但是，从后端到前端的通信并不是异步的。`libpq++` 应用必须轮询后端，查看是否有待处理的通知信息。在执行一条查询之后，前端可以调用 `PgDatabase::Notifies` 查看后端当前是否有可用的通知数据。`PgDatabase::Notifies` 从后端的未处理通知列表中返回通知。如果没有来自后端的待处理通知，该函数返回 `NULL`。`PgDatabase::Notifies` 的行为像弹出一个栈。一旦某条通知被 `PgDatabase::Notifies` 返回，它就被视为已处理，并将从通知列表中移除。

- `PgDatabase::Notifies` 从服务器取回待处理的通知。

```
PGnotify* PgDatabase::Notifies()
```

第二个示例程序演示了异步通知的用法。

## 3.6. 与 COPY 命令相关的函数

Postgres 中的 `copy` 命令有一些选项，可以读取或写入 `libpq++` 所使用的网络连接。因此，需要一些函数来直接访问这个网络连接，使应用可以充分利用这一能力。

- `PgDatabase::GetLine` 把后端服务器传输的一行以换行符结尾的字符读入大小为 `length` 的缓冲区 `string`。

```
int PgDatabase::GetLine(char* string, int length)
```

与 Unix 系统例程 `fgets (3)` 一样，此例程最多复制 `length-1` 个字符到 `string`。但它又像 `gets (3)`，会把结尾的换行符转换为一个空字符。

`PgDatabase::GetLine` 在文件末尾返回 EOF，整行已读取时返回 0，而缓冲区已满但尚未读到终止换行符时返回 1。

注意，应用程序必须检查新行是否由单个句点 (".") 组成，这表示后端服务器已经完成了 `copy` 结果的发送。因此，如果应用预期会收到长度超过 `length-1` 个字符的行，务必非常仔细地检查 `PgDatabase::GetLine` 的返回值。

- `PgDatabase::PutLine` 向后端服务器发送一个以空字符结尾的 `string`。

```
void PgDatabase::PutLine(char* string)
```

应用程序必须显式发送单个句点字符 (".")，向后端表明它已完成数据的发送。

- `PgDatabase::EndCopy` 与后端同步。

```
int PgDatabase::EndCopy()
```

该函数等待后端完成对 `copy` 的处理。无论是用 `PgDatabase::PutLine` 向后端发送完最后一个字符串，还是用 `PgDatabase::GetLine` 从后端接收完最后一个字符串之后，都应当调用它。必须调用它，否则后端可能与前端"失去同步"。该函数返回后，后端就准备好接收下一条查询了。

成功完成时返回值为 0，否则为非零。

例如：

```
PgDatabase data;
data.Exec("create table foo (a int4, b char(16), d double
precision)");
data.Exec("copy foo from stdin");
data.PutLine("3\tHello World\t4.5\n");
data.PutLine("4\tGoodbye World\t7.11\n");
&...
data.PutLine("\\.\n");
data.EndCopy();
```

---

## 第 4 章 pgctl - TCL 绑定库

pgctl 是一个 tcl 包，供前端程序与 Postgres 后端交互。它使 tcl 脚本可以使用 libpq 的大部分功能。

本包最初由 Jolly Chen 编写。

### 4.1. 命令

表 4.1. pgctl 命令

| 命令              | 描述                |
|-----------------|-------------------|
| pg_connect      | 打开一个到后端服务器的连接     |
| pg_disconnect   | 关闭一个连接            |
| pg_conndefaults | 获取连接选项及其默认值       |
| pg_exec         | 向后端发送一个查询         |
| pg_result       | 操作查询的结果           |
| pg_select       | 循环遍历 SELECT 语句的结果 |
| pg_listen       | 为 NOTIFY 消息建立回调   |
| pg_lo_creat     | 创建一个大对象           |
| pg_lo_open      | 打开一个大对象           |
| pg_lo_close     | 关闭一个大对象           |
| pg_lo_read      | 读取一个大对象           |
| pg_lo_write     | 写入一个大对象           |
| pg_lo_lseek     | 在大对象中定位到某个位置      |
| pg_lo_tell      | 返回大对象的当前寻位位置      |
| pg_lo_unlink    | 删除一个大对象           |
| pg_lo_import    | 把 Unix 文件导入为大对象   |
| pg_lo_export    | 把大对象导出到 Unix 文件   |

这些命令将在后续页面中进一步描述。

pg\_lo\* 例程是 Postgres 大对象特性的接口。这些函数的设计模仿标准 Unix 文件系统接口中的类似文件系统函数。pg\_lo\* 例程应当在 BEGIN/END 事务块内使用，因为 pg\_lo\_open 返回的文件描述符只在当前事务内有效。pg\_lo\_import 和 pg\_lo\_export 必须在 BEGIN/END 事务块内使用。

### 4.2. 示例

下面是使用这些例程的一个小例子：

```
getDBs :
get the names of all the databases at a given host and port
number
with the defaults being the localhost and port 5432
return them in alphabetical order
proc getDBs { {host "localhost"} {port "5432"} } {
 # datnames is the list to be result
 set conn [pg_connect template1 -host $host -port $port]
 set res [pg_exec $conn "SELECT datname FROM pg_database ORDER
BY datname"]
```

```
 set ntups [pg_result $res -numTuples]
 for {set i 0} {$i < $ntups} {incr i} {
lappend datnames [pg_result $res -getTuple $i]
 }
 pg_result $res -clear
 pg_disconnect $conn
 return $datnames
 }
}
```

## 4.3. pgtcl 命令参考信息

## pg\_connect

pg\_connect — 打开一个到后端服务器的连接

### 大纲

```
pg_connect -conninfo connectOptions
pg_connect dbName [-host hostName]
 [-port portNumber] [-tty pqtty]
 [-options optionalBackendArgs]
```

#### 输入（新风格）

*connectOptions*

一个连接选项字符串，每个选项都写成 `keyword = value` 的形式。有效选项的列表可以在 `libpq` 的 `PQconnectdb()` 手册页中找到。

#### 输入（旧风格）

*dbName*

指定一个有效的数据库名。

`[-host hostName]`

指定 *dbName* 所在后端服务器的主机名。

`[-port portNumber]`

指定 *dbName* 所在后端服务器的 IP 端口号。

`[-tty pqtty]`

指定用于后端可选调试输出的文件或 `tty`。

`[-options optionalBackendArgs]`

指定 *dbName* 所在后端服务器的选项。

#### 输出

*dbHandle*

成功时返回一个数据库连接的句柄。句柄以 "pgsql" 前缀开头。

### 描述

`pg_connect` 打开一个到 Postgres 后端的连接。

有两种可用的语法。在较老的一种中，每个可能的选项在 `pg_connect` 语句中都有一个单独的选项开关。在较新的一种中，提供的是单个选项字符串，其中可以包含多个选项值。关于较新语法中可用选项的信息参见 `pg_conndefaults`。

### 用法

XXX thomas 1997-12-24

## pg\_disconnect

pg\_disconnect — 关闭一个到后端服务器的连接

### 大纲

```
pg_disconnect dbHandle
```

### 输入

*dbHandle*

指定一个有效的数据库句柄。

### 输出

None

### 描述

pg\_disconnect 关闭一个到 Postgres 后端的连接。

## pg\_conndefaults

pg\_conndefaults — 获取关于默认连接参数的信息

### 大纲

pg\_conndefaults

### 输入

无。

### 输出

*option list*

结果是一个列表，描述可能的连接选项及其当前默认值。  
列表中的每个条目是如下格式的子列表：

{optname label dispchar dispsize value}

其中 optname 可用作 `pg_connect -conninfo` 中的一个选项。

### 描述

`pg_conndefaults` 返回关于 `pg_connect -conninfo` 中可用的连接选项及每个选项当前默认值的信息。

### 用法

pg\_conndefaults

## pg\_exec

pg\_exec — 向后端发送一个查询字符串

### 大纲

```
pg_exec dbHandle queryString
```

#### 输入

*dbHandle*

指定一个有效的数据库句柄。

*queryString*

指定一个有效的 SQL 查询。

#### 输出

*resultHandle*

如果 Pgtcl 未能获得后端响应，将返回一个 Tcl 错误。否则，会创建一个查询结果对象并返回其句柄。可以把这个句柄传给 `pg_result` 以获取查询的结果。

### 描述

`pg_exec` 向 Postgres 后端提交一个查询并返回结果。查询结果句柄以连接句柄开头，再加上一个句点和一个结果编号。

注意，没有 Tcl 错误并不证明查询成功！后端返回的错误消息会作为带有失败状态的查询结果被处理，而不是让 `pg_exec` 产生 Tcl 错误。



## pg\_result

pg\_result — 获取关于查询结果的信息

### 大纲

```
pg_result resultHandle resultOption
```

#### 输入

*resultHandle*

一个查询结果的句柄。

*resultOption*

指定若干可能选项之一。

#### 选项

-status

结果的状态。

-error

错误消息（如果状态表示出错）；否则为空字符串。

-conn

产生该结果的连接。

-oid

如果命令是 INSERT，为所插入元组的 OID；否则为空字符串。

-numTuples

查询返回的元组数。

-numAttrs

每个元组中的属性数。

-list VarName

把结果赋给一个列表的列表。

-assign arrayName

把结果赋给一个数组，使用形如 (tupno,attributeName)的下标。

-assignbyidx arrayName ?appendstr?

把结果赋给一个数组，用第一个属性的值和其余属性的名作为键。如果给出了 *appendstr*，则把它追加到每个键之后。简而言之，每个元组中除第一个字段外的所有字段都存入数组，使用形如 (firstFieldValue,fieldNameAppendStr)的下标。

-getTuple tupleNumber

以列表形式返回所指元组的各字段。元组编号从零开始。

`-tupleArray tupleNumber arrayName`

把该元组的各字段存入数组 *arrayName*，以字段名为索引。元组编号从零开始。

`-attributes`

返回元组各属性名的列表。

`-lAttributes`

返回子列表的列表，每个元组属性对应一个 {name ftype fsize}。

`-clear`

清除该查询结果对象。

## 输出

结果取决于所选的选项，如上所述。

## 描述

`pg_result` 返回关于由先前的 `pg_exec` 创建的查询结果的信息。

查询结果可以保留任意长的时间，但用完之后，务必通过执行 `pg_result -clear` 将其释放。否则会造成内存泄漏，Pgctl 最终会抱怨你创建了太多查询结果对象。

## pg\_select

pg\_select — 循环遍历 SELECT 语句的结果

### 大纲

```
pg_select dbHandle queryString
 arrayVar queryProcedure
```

#### 输入

*dbHandle*

指定一个有效的数据库句柄。

*queryString*

指定一个有效的 SQL select 查询。

*arrayVar*

用于存放返回元组的数组变量。

*queryProcedure*

对找到的每个元组运行的过程。

#### 输出

*resultHandle*

返回结果是一个错误消息或一个查询结果的句柄。

### 描述

`pg_select` 向 Postgres 后端提交一个 SELECT 查询，并对结果中的每个元组执行一段给定的代码。*queryString* 必须是一条 SELECT 语句。其他语句都会返回错误。*arrayVar* 变量是循环中使用的数组名。对每个元组，*arrayVar* 都会以字段名作为数组下标填入该元组的字段值。然后执行 *queryProcedure*。

### 用法

如果表 "table" 有字段 "control" 和 "name"（或许还有其他字段），下面这样写即可：

```
pg_select $pgconn "SELECT * from table" array {
 puts [format "%5d %s" array(control) array(name)]
}
```

## pg\_listen

pg\_listen — 设置或更改异步 NOTIFY 消息的回调

### 大纲

```
pg_listen dbHandle notifyName callbackCommand
```

#### 输入

*dbHandle*

指定一个有效的数据库句柄。

*notifyName*

指定要开始或停止监听的 notify 条件名。

*callbackCommand*

如果提供且非空，给出匹配的通知到达时要执行的命令字符串。

#### 输出

None

### 描述

`pg_listen` 创建、更改或取消对来自 Postgres 后端的异步 NOTIFY 消息的监听请求。带 *callbackCommand* 参数时，会建立请求，或替换已存在请求的命令字符串。不带 *callbackCommand* 参数时，则取消先前的请求。

`pg_listen` 请求建立之后，每当带有给定名称的 NOTIFY 消息从后端到达时，就执行指定的命令字符串。任何 Postgres 客户端应用程序发出引用该名称的 NOTIFY 命令时都会发生这种情况。（注意，该名称可以是数据库中已存在关系的名称，但不必一定如此。）命令字符串在 Tcl 空闲循环中执行。这是用 Tk 编写的应用程序的正常空闲状态。在非 Tk 的 Tcl shell 中，可以执行 `update` 或 `vwait` 来进入空闲循环。

使用 `pg_listen` 时，不应直接调用 SQL 语句 `LISTEN` 或 `UNLISTEN`。Pgctl 会替你发出这些语句。但如果想自己发送 NOTIFY 消息，可以用 `pg_exec` 调用 SQL 的 NOTIFY 语句。

## pg\_lo\_creat

pg\_lo\_creat — 创建一个大对象

### 大纲

```
pg_lo_creat conn mode
```

### 输入

*conn*

指定一个有效的数据库连接。

*mode*

指定大对象的访问模式

### 输出

*objOid*

所创建大对象的 oid。

### 描述

pg\_lo\_creat 创建一个 Inversion 大对象。

### 用法

mode 可以是 INV\_READ、INV\_WRITE、INV\_ARCHIVE 的任意 OR 组合。OR 分隔字符是 "|"。

```
[pg_lo_creat $conn "INV_READ|INV_WRITE"]
```

## pg\_lo\_open

pg\_lo\_open — 打开一个大对象

### 大纲

```
pg_lo_open conn objOid mode
```

#### 输入

*conn*

指定一个有效的数据库连接。

*objOid*

指定一个有效的大对象 oid。

*mode*

指定大对象的访问模式

#### 输出

*fd*

供后续 pg\_lo\* 例程使用的文件描述符。

### 描述

pg\_lo\_open 打开一个 Inversion 大对象。

### 用法

模式可以是 "r"、"w" 或 "rw"。

## pg\_lo\_close

pg\_lo\_close — 关闭一个大对象

### 大纲

```
pg_lo_close conn fd
```

### 输入

*conn*

指定一个有效的数据库连接。

*fd*

供后续 pg\_lo\* 例程使用的文件描述符。

### 输出

无

### 描述

pg\_lo\_close 关闭一个 Inversion 大对象。

### 用法

## pg\_lo\_read

pg\_lo\_read — 读取一个大对象

### 大纲

```
pg_lo_read conn fd bufVar len
```

### 输入

*conn*

指定一个有效的数据库连接。

*fd*

pg\_lo\_open 返回的大对象文件描述符。

*bufVar*

指定一个有效的缓冲区变量，用于容纳大对象片段。

*len*

指定大对象片段的最大允许大小。

### 输出

无

### 描述

pg\_lo\_read 从大对象中读取至多 *len* 字节到名为 *bufVar* 的变量中。

### 用法

*bufVar* 必须是有效的变量名。



## pg\_lo\_write

pg\_lo\_write — 写入一个大对象

### 大纲

```
pg_lo_write conn fd buf len
```

### 输入

*conn*

指定一个有效的数据库连接。

*fd*

pg\_lo\_open 返回的大对象文件描述符。

*buf*

指定要写入大对象的有效字符串变量。

*len*

指定要写入字符串的最大大小。

### 输出

无

### 描述

pg\_lo\_write 从变量 *buf* 向大对象写入至多 *len* 字节。

### 用法

*buf* 必须是要写入的实际字符串，而不是变量名。

## pg\_lo\_lseek

pg\_lo\_lseek — 在大对象中定位到某个位置

### 大纲

```
pg_lo_lseek conn fd offset whence
```

#### 输入

*conn*

指定一个有效的数据库连接。

*fd*

pg\_lo\_open 返回的大对象文件描述符。

*offset*

指定以字节计的从零开始的偏移量。

*whence*

whence 可以是 "SEEK\_CUR"、"SEEK\_END"、"SEEK\_SET"

#### 输出

无

### 描述

pg\_lo\_lseek 定位到距大对象开头 *offset* 字节处。

### 用法

*whence* 可以是 "SEEK\_CUR"、"SEEK\_END" 或 "SEEK\_SET"。

## pg\_lo\_tell

pg\_lo\_tell — 返回大对象的当前寻位位置

### 大纲

```
pg_lo_tell conn fd
```

#### 输入

*conn*

指定一个有效的数据库连接。

*fd*

pg\_lo\_open 返回的大对象文件描述符。

#### 输出

*offset*

以字节计的从零开始的偏移量，适合作为 pg\_lo\_lseek 的输入。

### 描述

pg\_lo\_tell 返回当前距大对象开头的 *offset*（以字节计）。

### 用法

## pg\_lo\_unlink

pg\_lo\_unlink — 删除一个大对象

### 大纲

```
pg_lo_unlink conn lobjId
```

### 输入

*conn*

指定一个有效的数据库连接。

*lobjId*

大对象的标识符。XXX Is this the same as objOid in other calls?? - thomas  
1998-01-11

### 输出

无

### 描述

pg\_lo\_unlink 删除指定的大对象。

### 用法

## pg\_lo\_import

pg\_lo\_import — 从文件导入一个大对象

### 大纲

```
pg_lo_import conn filename
```

#### 输入

*conn*

指定一个有效的数据库连接。

*filename*

Unix 文件名。

#### 输出

无 XXX Does this return a lojId? Is that the same as the objOid in other calls? thomas  
- 1998-01-11

### 描述

pg\_lo\_import 读取指定的文件并把内容放入一个大对象。

### 用法

pg\_lo\_import 必须在 BEGIN/END 事务块内调用。

## pg\_lo\_export

pg\_lo\_export — 把大对象导出到文件

### 大纲

```
pg_lo_export conn lobjId filename
```

#### 输入

*conn*

指定一个有效的数据库连接。

*lobjId*

大对象标识符。XXX Is this the same as the objOid in other calls?? thomas - 1998-01-11

*filename*

Unix 文件名。

#### 输出

无 XXX Does this return a lobjId? Is that the same as the objOid in other calls? thomas - 1998-01-11

### 描述

pg\_lo\_export 把指定的大对象写入一个 Unix 文件。

### 用法

pg\_lo\_export 必须在 BEGIN/END 事务块内调用。

---

## 第 5 章 libpqeasy - 简化 C 库

### 作者

由 Bruce Momjian 编写 (<pgman@candle.pha.pa.us>)，最后更新于 2000-03-30

pgeasy 让你能够干净地接口到 libpq 库，更像是 4GL 的 SQL 接口。

它由一组封装了 libpq 功能的简化 C 函数组成。这些函数是：

- PGresult \*doquery(char \*query);
- PGconn \*connectdb(char \*options);
- void disconnectdb();
- int fetch(void \*param,...);
- int fetchwithnulls(void \*param,...);
- void reset\_fetch();
- void on\_error\_continue();
- void on\_error\_stop();
- PGresult \*get\_result();
- void set\_result(PGresult \*newres);
- void unset\_result(PGresult \*oldres);

许多函数会返回一个结构或值，因此在需要时你可以对结果做更多的工作。

基本上你用 `connectdb` 连接到数据库，用 `doquery` 发出查询，用 `fetch` 取回结果，最后用 `disconnectdb` 结束。

对于 `SELECT` 查询，`fetch` 允许你把指针作为参数传递，返回时这些变量将被你打开的二进制游标中的数据填充。如果你运行 `pgeasy` 客户端的系统与数据库服务器的体系结构不同，这些二进制游标就无法使用。如果你传递一个 `NULL` 指针参数，该列会被跳过。`fetchwithnulls` 允许你取回字段的 `NULL` 状态，方法是在每个结果指针之后传递一个 `int*`，字段为空时它返回真或假。你总是可以在 `doquery` 返回的 `PGresult` 指针上使用 `libpq` 函数。`reset_fetch` 把取回操作重置回开头。

`get_result`、`set_result` 和 `unset_result` 允许你同时处理多个结果集。

源代码目录中有各种各样的示例程序。

---

# 第 6 章 `ecpg` - C 中的嵌入式 SQL

Linus Tolke  
Michael Meskes

版权 © 1996-1997 Linus Tolke  
版权 © 1998 Michael Meskes

本文介绍 `Postgres` 的一个 C 中的嵌入式 SQL 软件包。它由 Linus Tolke (<linus@epact.se>) 和 Michael Meskes (<meskes@debian.org>) 编写。该软件包随 `Postgres` 发行版一起安装。

## 注意

授予复制和使用的许可，方式与你被允许复制和使用 `PostgreSQL` 其余部分的方式相同。

## 6.1. Why Embedded SQL?

与处理 SQL 查询的其他方式相比，嵌入式 SQL 有一些小的优势。它负责了在 C 程序的变量之间移动信息的全部繁琐工作。许多 RDBMS 软件包都支持这种嵌入式语言。

有一个 ANSI 标准描述了这种嵌入式语言应当如何工作。`ecpg` 的设计尽可能满足这个标准。因此可以把为其他 RDBMS 软件包编写的嵌入式 SQL 程序移植到 `Postgres`，从而弘扬自由软件的精神。

## 6.2. 概念

你用 C 加上一些特殊的 SQL 内容编写程序。要声明可以在 SQL 语句中使用的变量，需要把它们放在特殊的 `declare` 区中。SQL 查询要使用特殊的语法。

编译之前，先用嵌入式 SQL C 预处理器处理文件，它把你使用的 SQL 语句转换成以变量为参数的函数调用。既传递用作 SQL 语句输入的变量，也传递将包含结果的变量。

然后你编译并在链接时与一个包含所用函数的特殊库链接。这些函数（实际上主要是一个函数）从参数中获取信息，用普通接口 (`libpq`) 执行 SQL 查询，并把结果放回专门用于输出的参数中。

然后你运行程序，当控制到达 SQL 语句时，该 SQL 语句就会针对数据库执行，你可以接着使用结果。

## 6.3. How To Use `ecpg`

本节介绍如何使用 `ecpg` 工具。

### 6.3.1. Preprocessor

预处理器叫做 `ecpg`。安装后它位于 `Postgres` 的 `bin/` 目录中。

### 6.3.2. Library

`ecpg` 库叫做 `libecpg.a` 或 `libecpg.so`。此外，该库用 `libpq` 库与 `Postgres` 服务器通信，因此你必须用 `-lecpg -lpq` 链接你的程序。



库中有一些“隐藏的”方法，但它们有时可能非常有用。

- `ECPGdebug(int on, FILE *stream)` 在第一个参数非零时打开调试日志。调试日志输出到 `stream`。大多数 SQL 语句会记录其参数和结果。

最重要的一个 (`ECPGdo`) 几乎在所有 SQL 语句上都会被调用，它同时记录展开后的字符串、即插入了所有输入变量的字符串，以及 Postgres 服务器的结果。在查找 SQL 语句中的错误时这非常有用。

- `ECPGstatus()` 这个方法在已连接到数据库时返回 `TRUE`，否则返回 `FALSE`。

### 6.3.3. 错误处理

为了能够检测来自 Postgres 服务器的错误，你可以在文件的 `include` 区中包含像下面这样的一行：

```
exec sql include sqlca;
```

这会定义一个结构以及一个名为 `sqlca` 的变量，如下：

```
struct sqlca
{
 char sqlcaid[8];
 long sqlabc;
 long sqlcode;
 struct
 {
 int sqlerrml;
 char sqlerrmc[70];
 } sqlerrm;
 char sqlerrp[8];
 long sqlerrd[6];
 /* 0: empty */
 /* 1: OID of processed tuple if applicable */
 /* 2: number of rows processed in an INSERT, UPDATE */
 /* or DELETE statement */
 /* 3: empty */
 /* 4: empty */
 /* 5: empty */
 char sqlwarn[8];
 /* 0: set to 'W' if at least one other is 'W' */
 /* 1: if 'W' at least one character string */
 /* value was truncated when it was */
 /* stored into a host variable. */
 /* 2: empty */
 /* 3: empty */
 /* 4: empty */
 /* 5: empty */
 /* 6: empty */
 /* 7: empty */
 char sqlext[8];
} sqlca;
```

如果上一条 SQL 语句发生了错误，则 `sqlca.sqlcode` 将非零。如果 `sqlca.sqlcode` 小于 0，这是某种严重的错误，例如数据库定义与所给的查询不匹配。如果大于 0，则是普通错误，例如表中没有所请求的行。

sqlca.sqlerrm.sqlerrmc 将包含一个描述错误的字符串。该字符串以源文件中的行号结尾。

可能发生的错误列表：

-12, Out of memory in line %d.

通常不发生。这表示你的虚拟内存已经耗尽。

-200, Unsupported type %s on line %d.

通常不发生。这表示预处理器生成了库不认识的内容。  
也许你运行的预处理器和库的版本不兼容。

-201, Too many arguments line %d.

这表示 Postgres 返回的参数比我们拥有的匹配变量多。也许你在 INTO :var1,:var2 列表中漏掉了几个宿主变量。

-202, Too few arguments line %d.

这表示 Postgres 返回的参数比我们拥有的宿主变量少。也许你在 INTO :var1,:var2 列表中放了太多宿主变量。

-203, Too many matches line %d.

这表示查询返回了多行但指定的变量不是数组。你执行的 SELECT 很可能不唯一。

-204, Not correctly formatted int type: %s line %d.

这表示宿主变量的类型是 int，而 Postgres 数据库中的字段是另一种类型，包含不能被解释为 int 的值。库用 strtol 做这个转换。

-205, Not correctly formatted unsigned type: %s line %d.

这表示宿主变量的类型是 unsigned int，而 Postgres 数据库中的字段是另一种类型，包含不能被解释为 unsigned int 的值。库用 strtoul 做这个转换。

-206, Not correctly formatted floating point type: %s line %d.

这表示宿主变量的类型是 float，而 Postgres 数据库中的字段是另一种类型，包含不能被解释为 float 的值。库用 strtod 做这个转换。

-207, Unable to convert %s to bool on line %d.

这表示宿主变量的类型是 bool，而 Postgres 数据库中的字段既不是 't' 也不是 'f'。

-208, Empty query line %d.

Postgres 返回了 PGRES\_EMPTY\_QUERY，很可能因为查询确实是空的。

-220, No such connection %s in line %d.

程序试图访问一个不存在的连接。

-221, Not connected in line %d.

程序试图访问一个确实存在但未打开的连接。

-230, Invalid statement name %s in line %d.

你试图使用的语句还没有被准备。

-400, Postgres error: %s line %d.

某种 Postgres 错误。消息中包含来自 Postgres 后端的错误消息。

-401, Error in transaction processing line %d.

Postgres 向我们表示无法开始、提交或回滚事务。

-402, connect: could not open database %s.

连接数据库失败。

100, Data not found line %d.

这是一个"正常"错误，告诉你所查询的内容找不到，或者我们已经遍历完了游标。

## 6.4. Limitations

永远不会被包含的内容及其原因，或者这个概念做不到的事情。

Oracle 的单任务可能性

AIX 3 上的 Oracle 7.0 版使用共享内存段上由 OS 支持的锁，允许应用设计者以所谓单任务的方式链接应用。不是每个应用进程启动一个客户端进程，而是数据库部分和应用部分运行在同一个进程中。在 Oracle 的后续版本中这已不再受支持。

这需要彻底重新设计 Postgres 的访问模型，而这种努力配不上获得的性能。

## 6.5. 从其他 RDBMS 软件包移植

ecpg 的设计遵循 SQL 标准。因此从标准的 RDBMS 移植应该不成问题。遗憾的是并不存在所谓标准的 RDBMS。所以 ecpg 也会尽量理解语法附加，只要它们不与标准冲突。

下面列出所有已知的不兼容之处。如果你发现未列出的问题，请通知 Michael Meskes<sup>1</sup>。不过要注意，我们只列出从其他 RDBMS 的预编译器到 ecpg 的不兼容，而不列出这些 RDBMS 不具备的额外 ecpg 特性。

FETCH 命令的语法

FETCH 命令的标准语法是：

FETCH [direction] [amount] IN|FROM *cursor name*.

然而 ORACLE 不使用关键字 IN 或 FROM。这个特性无法添加，因为会造成解析冲突。

## 6.6. 给开发者

本节面向想要开发 ecpg 接口的人。它描述各部分如何工作。这里的定位是让本节包含给想深入了解的人的内容，而如何使用一节应该足以回答所有常规问题。所以，在研究 ecpg 的内部之前先读这一节。如果你对它究竟如何工作不感兴趣，请跳过本节。

### 6.6.1. 待办列表

这个版本的预处理器有一些缺陷：

---

<sup>1</sup>meskes@debian.org

### Library functions

to\_date 等不存在。不过 Postgres 自身有一些不错的转换例程。所以你大概不会想念它们。

### 结构与联合

结构和联合必须在 declare 区中定义。

### 缺失的语句

下列语句迄今尚未实现：

exec sql allocate

exec sql deallocate

SQLSTATE

### 消息 'no data found'

exec sql insert select from 语句中 "no data" 的错误消息应该是 100。

### sqlwarn[6]

如果 SET DESCRIPTOR 语句中指定的 PRECISION 或 SCALE 值将被忽略，sqlwarn[6] 应为 'W'。

## 6.6.2. The Preprocessor

写入输出的前四行是 ecpg 固定添加的内容：其中两行是注释，另外两行是与库接口所必需的包含行。

随后预处理器只单遍工作，边读输入文件边写输出。  
通常它只是把所有内容原样回显到输出而不再细看。

遇到 EXEC SQL 语句时它会介入，并根据语句的种类改写它们。EXEC SQL 语句可以是下列这些：

### Declare sections

声明节以

```
exec sql begin declare section;
```

开始，以

```
exec sql end declare section;
```

结束。节中只允许变量声明。

在这个节中声明的每个变量还会连同其相应的类型一起按名字登记到一个变量列表中。

特别是结构或联合的定义也必须列在 declare 区内。否则 ecpg 无法处理这些类型，因为它根本不知道定义。

声明也会被回显到文件中，使该变量同时成为一个普通的 C 变量。

特殊类型 `VARCHAR` 和 `VARCHAR2` 会为每个变量转换成一个命名的结构。像这样的声明：

```
VARCHAR var[180];
```

is converted into

```
struct varchar_var { int len; char arr[180]; } var;
```

### 包含语句

`include` 语句的形式是：

```
exec sql include filename;
```

注意这不同于

```
#include <filename.h>
```

相反，指定的文件由 `ecpg` 自身解析。因此指定文件的内容会被包含进生成的 C 代码中。这样你就能够在 `include` 文件中指定 `EXEC SQL` 命令。

### 连接语句

`connect` 语句的形式是：

```
exec sql connect to connection target;
```

它创建到指定数据库的一个连接。

*connection target* 可以用下列方式指定：

```
dbname[@server][:port][as connection name][user user name]
```

```
tcp:postgresql://server[:port][/dbname][as connection name][user user name]
```

```
unix:postgresql://server[:port][/dbname][as connection name][user user name]
```

```
character variable[as connection name][user user name]
```

```
character string[as connection name][user]
```

default

user

还有几种指定用户名的方式：

```
userid
```

*userid/password*

*userid identified by password*

*userid using password*

最后是 *userid* 和 *password*。它们各自可以是常量文本、字符变量或字符串。

#### 断开语句

**disconnect** 语句的形式是：

```
exec sql disconnect [connection target];
```

它关闭到指定数据库的连接。

*connection target* 可以用下列方式指定：

*connection name*

**default**

**current**

**all**

#### 打开游标语句

**open cursor** 语句的形式是：

```
exec sql open cursor;
```

它被忽略，不复制到输出中。

#### 提交语句

**commit** 语句的形式是

```
exec sql commit;
```

在输出中被翻译为

```
ECPGcommit(__LINE__);
```

#### 回滚语句

**rollback** 语句的形式是

```
exec sql rollback;
```

and is translated on the output to

```
ECPGrollback(__LINE__);
```

#### 其他语句

其他 SQL 语句是其他以 `exec sql` 开始、以 `;` 结束的语句。中间的一切都被当作 SQL 语句并解析变量替换。

当符号以冒号 (`:`) 开头时发生变量替换。  
此时会在先前于声明节中声明的变量里查找具有该名字的变量，  
并且根据该变量用于输入还是输出，把指向变量的指针写入输出以允许函数访问。

对于作为 SQL 请求一部分的每个变量，函数会另外得到十个参数：

- 类型（以特殊符号表示）。
- 指向值的指针或指向指针的指针。
- 变量为 `char` 或 `varchar` 时的大小。
- 数组中的元素个数（用于数组抓取）。
- 到数组中下一个元素的偏移量（用于数组抓取）
- 指示符变量的类型（以特殊符号表示）。
- 指向指示符变量值的指针或指向指示符变量指针的指针。
- 0。
- 指示符数组中的元素个数（用于数组抓取）。
- 到指示符数组中下一个元素的偏移量（用于数组抓取）

### 6.6.3. 一个完整的例子

下面是一个完整的例子，描述预处理器对文件 `foo.pgc` 的输出：

```
exec sql begin declare section;
int index;
int result;
exec sql end declare section;
...
exec sql select res into :result from mytable where index = :index;
```

被翻译成：

```
/* Processed by ecpg (2.6.0) */
/* These two include files are added by the preprocessor */
#include <ecpgtype.h>;
#include <ecpglib.h>;

/* exec sql begin declare section */

#line 1 "foo.pgc"

 int index;
 int result;
/* exec sql end declare section */
...
ECPGdo(__LINE__, NULL, "select res from mytable where index = ?
",
 ECPGt_int,&(index),1L,1L,sizeof(int),
 ECPGt_NO_INDICATOR, NULL , 0L, 0L, 0L, ECPGt_EOIT,
 ECPGt_int,&(result),1L,1L,sizeof(int),
 ECPGt_NO_INDICATOR, NULL , 0L, 0L, 0L, ECPGt_EORT);
#line 147 "foo.pgc"
```

(本手册中的缩进是为了可读性而加的，并不是预处理器能做的。)

## 6.6.4. 库

库中最重要的函数是 `ECPGdo` 函数。它接受数量可变的参数。但愿我们不会碰到对 `vararg` 函数可接受的变量数量有限制的机器。这很容易累积到 50 个左右的参数。

参数有：

一个行号

这是原语句的行号，只用于错误消息。

一个字符串

这是要发出的 SQL 请求。该请求被输入变量修改，即那些编译时未知但要输入请求的变量。在变量应出现的位置，字符串中包含 ";"。

输入变量

如关于预处理器的一节所述，每个输入变量得到十个参数。

`ECPGt_EOIT`

一个枚举，表示不再有输入变量。

输出变量

如关于预处理器的一节所述，每个输入变量得到十个参数。These variables are filled by the function.

`ECPGt_EORT`

一个枚举，表示不再有变量。

所有 SQL 语句都在一个事务中执行，除非你发出提交事务。为了让这种自动事务运转起来，第一条语句或提交/回滚之后的第一条语句总是会开始一个事务。  
要在默认情况下禁用这个特性，请在命令行使用 `-t` 选项。

待完成：描述其他条目的条目。



---

# 第 7 章 ODBC 接口

Tim Goeke

Thomas Lockhart

## 注意

背景信息最初由 Tim Goeke (<tgoeke@expressway.com>) 提供

ODBC（开放数据库互连）是一个抽象的 API，它让你能够编写可与各种 RDBMS 服务器互操作的应用。ODBC 在前端应用和数据库服务器之间提供了一个与产品无关的接口，让用户或开发者能够编写在不同厂商的服务器之间可移植（可传输）的应用。

## 7.1. 背景

ODBC API 在后端对应一个 ODBC 兼容的数据源。它可以是任何东西，从一个文本文件到 Oracle 或 Postgres RDBMS。

后端访问来自 ODBC 驱动，或者说来自允许访问数据的厂商特定驱动。  
psqlODBC 就是这样一种驱动，此外还有其他可用的驱动，例如 OpenLink 的 ODBC 驱动。

一旦你编写了一个 ODBC 应用，只要数据库模式相同，无论后端数据库来自哪个厂商，你应该都能连接到任何后端数据库。

例如，你可以有一台 MS SQL Server 服务器和一台数据完全相同的 Postgres 服务器。使用 ODBC，你的 Windows 应用发出的调用将完全相同，后端数据源（在 Windows 应用看来）看起来也一样。

## 7.2. 安装

关于 psqlODBC 驱动（或任何 ODBC 驱动）首先要注意的一点是：在 ODBC 驱动要使用的系统上必须存在一个驱动管理器。Unix 上有一种免费的 ODBC 驱动管理器叫做 iODBC，可以通过 <http://www.iodbc.org> 获取。安装 iODBC 的说明包含在 iODBC 发行版中。话虽如此，你能为你的平台找到的任何驱动管理器都应该支持 psqlODBC 驱动，或者任何其他 ODBC 驱动。

要安装 psqlODBC，你只需在构建整个 PostgreSQL 发行版时向 `configure` 脚本提供 `--enable-odbc` 选项。这样库文件和头文件就会随其余程序一起被自动构建和安装。如果你忘了这个选项或者想稍后构建 ODBC 驱动，可以进入目录 `src/interfaces/odbc` 并在那里执行 `make` 和 `make install`。

安装范围的配置文件 `odbcinst.ini` 会被安装到 `/usr/local/pgsql/etc/` 目录或等价目录，具体取决于你向 `configure` 提供了哪些 `--prefix` 和/或 `--sysconfdir` 选项。由于这个文件也可以在不同的 ODBC 驱动之间共享，你也可以把它安装在一个共享位置。

要做到这一点，用 `--with-odbcinst` 选项覆盖这个文件的位置。

此外，你应当安装 ODBC 目录扩展。它会提供一批 ODBC 标准规定、而 PostgreSQL 默认不提供的函数。文件 `/usr/local/pgsql/share/odbc.sql`（在默认安装布局中）包含适当的定义，你可以这样安装：

```
psql -d template1 -f LOCATION/odbc.sql
```

把 `template1` 指定为目标数据库可以保证之后所有新建的数据库都拥有这些相同的定义。

## 7.2.1. 支持的平台

psqlODBC已在Linux上构建并测试过。有报告称在FreeBSD和Solaris上也成功了。对于其他已经支持Postgres的平台，基本代码没有已知的限制。

## 7.3. 配置文件

`~/.odbc.ini` 包含用户为 psqlODBC驱动指定的访问信息。该文件使用Windows注册表文件典型的约定，不过尽管有这个限制，还是可以让它工作的。

`.odbc.ini`文件有三个必需的节。第一个是 `[ODBC Data Sources]`，它是你想访问的每个数据库的任意名称和描述的列表。第二个必需的节是数据源说明，每个数据库都会有一个这样的节。每个节必须用 `[ODBC Data Sources]`中给出的名称标记，并且必须包含下列条目：

```
Driver = prefix/lib/libpsqlodbc.so
Database=DatabaseName
Servername=localhost
Port=5432
```

### 提示

记住Postgres数据库名通常是单个词，不带任何形式的路径名。  
Postgres服务器管理对数据库的实际访问，你只需要从客户端指定名字。

还可以插入其他条目来控制显示的格式。第三个必需的节是 `[ODBC]`，它必须包含 `Install Dir` 关键字，还可以包含其他选项。

下面是一个`.odbc.ini`文件的例子，展示三个数据库的访问信息：

```
[ODBC Data Sources]
DataEntry = Read/Write Database
QueryOnly = Read-only Database
Test = Debugging Database
Default = Postgres Stripped

[DataEntry]
ReadOnly = 0
Servername = localhost
Database = Sales

[QueryOnly]
ReadOnly = 1
Servername = localhost
Database = Sales

[Test]
Debug = 1
CommLog = 1
ReadOnly = 0
Servername = localhost
Username = tgl
Password = "no$way"
Port = 5432
Database = test
```

```
[Default]
Servername = localhost
Database = tgl
Driver = /opt/postgres/current/lib/libpsqlodbc.so

[ODBC]
InstallDir = /opt/applix/axdata/axshlib
```

## 7.4. Windows应用

在现实世界中，驱动之间的差异以及ODBC支持水平的不同削弱了ODBC的潜力：

- Access、Delphi 和 Visual Basic 都直接支持ODBC。
- 在 C++（例如 Visual C++）下，你可以使用 C++ 的 ODBC API。
- 在 Visual C++ 中，你可以使用 CRecordSet 类，它把 ODBC API集封装在一个 MFC 4.2 类中。如果你在 Windows NT 下进行 Windows C++ 开发，这是最容易的路线。

### 7.4.1. 编写应用

“如果我为Postgres编写一个应用，我能否通过ODBC调用访问 Postgres服务器来编写它，还是说只有当 MS SQL Server 或 Access 之类的其他数据库程序需要访问数据时才这么做？”

ODBC API正是该走的路。关于Visual C++编程，你可以在 Microsoft 的网站或你的VC++文档中找到更多信息。

Visual Basic 和其他 RAD 工具有 Recordset 对象，它们直接使用 ODBC访问数据。使用数据感知控件，你可以（非常迅速地）快速链接到 ODBC后端数据库。

玩玩 MS Access 会帮你弄清楚这一切。试着使用 File->Get External Data。

#### 提示

你必须先设置一个 DSN。

## 7.5. ApplixWare

ApplixWare有一个至少在部分平台上受到支持的ODBC数据库接口。在 Linux 下，已经演示过 ApplixWare 4.4.2 通过 Postgres发行版中包含的 psqlODBC驱动与 Postgres 7.0 配合工作。

### 7.5.1. 配置

ApplixWare必须被正确配置，才能访问 Postgres的ODBC 软件驱动。

#### 启用ApplixWare数据库访问

这些说明针对的是Linux上的 ApplixWare 4.4.2 版。更详细的信息请参阅Linux Sys Admin在线图书。

1. 你必须修改axnet.cnf，让 elfodbc能找到libodbc.so（ODBC驱动管理器）共享库。这个库随 ApplixWare 发行版一起提供，但axnet.cnf 需要被修改为指向正确的位置。

以 root 身份编辑文件 `applixroot/applix/axdata/axnet.cnf`。

- a. 在 `axnet.cnf` 的底部，找到以

```
#libFor elfodbc /ax/...
```

- b. 把这一行改为

```
libFor elfodbc applixroot/applix/axdata/axshlib/lib
```

这会告诉 `elfodbc` 到这个目录中查找 ODBC 支持库。通常 `Applix` 安装在 `/opt`，因此完整路径是 `/opt/applix/axdata/axshlib/lib`，但如果你把 `Applix` 安装在了其他地方，请相应地修改路径。

2. 按照上面的说明创建 `.odbc.ini`。你可能还想加上标志

```
TextAsLongVarchar=0
```

加到 `.odbc.ini` 的数据库特定部分，这样文本字段就不会显示为 `**BLOB**`。

## 测试 ApplixWare ODBC 连接

1. 启动 `Applix Data`
2. 选择你感兴趣的 `Postgres` 数据库。
  - a. 选择 `Query->Choose Server`。
  - b. 选择 `ODBC`，然后点击 `Browse`。你在 `.odbc.ini` 中配置的数据库应该会被显示出来。确保 `Host: field` 为空（如果不为空，`axnet` 会试图联系另一台机器上的 `axnet` 来查找数据库）。
  - c. 在 `Browse` 弹出的框中选择数据库，然后点击 `OK`。
  - d. 在登录标识对话框中输入用户名和口令，然后点击 `OK`。

你应该会在数据窗口左下角看到 `"Starting elfodbc server"`。如果你得到一个错误对话框，请参见下面的调试一节。

3. `'Ready'` 消息会出现在数据窗口左下角。这表示你现在可以输入查询了。
4. 从 `Query->Choose tables` 中选择一张表，然后选择 `Query->Query` 来访问数据库。表中前 50 行左右应该会出现。

## 7.5.2. 常见问题

在试图通过 `Applix Data` 建立 ODBC 连接时可能出现下列消息：

Cannot launch gateway on server

`elfodbc` 找不到 `libodbc.so`。检查你的 `axnet.cnf`。

Error from ODBC Gateway: IM003::[iODBC][Driver Manager]Specified driver could not be loaded

`libodbc.so` 找不到 `.odbc.ini` 中列出的驱动。核对设置。

Server: Broken Pipe

驱动进程由于某种其他问题已经终止。你可能没有最新版本的 Postgres ODBC包。

setuid to 256: failed to launch gateway

ApplixWare 4.4.1 的九月版（第一个在 Linux 下正式支持的版本）在用户名长度超过八（8）个字符时会出问题。问题描述由 Steve Campbell (<scampbell@lear.com>) 提供。

### 作者

由 Steve Campbell (<scampbell@lear.com>) 供稿, 1998-10-20

axnet 程序的安全系统看起来有点可疑。axnet 代表用户做事，而在真正的多用户系统上，它其实应该以 root 权限运行（这样它才能在每个用户的目录中读/写）。不过我不太愿意这样建议，因为我们完全不知道这会带来什么安全漏洞。

## 7.5.3. 调试ApplixWare ODBC 连接

调试连接问题的一个好工具是 Unix 系统实用程序 strace。

### 用strace调试

1. 启动 applixware。
2. 对 axnet 进程启动 strace。例如，如果

```
% ps -aux | grep ax
```

shows

```
cary 10432 0.0 2.6 1740 392 ? S Oct 9 0:00 axnet
cary 27883 0.9 31.0 12692 4596 ? S 10:24 0:04 axmain
```

然后运行

```
% strace -f -s 1024 -p 10432
```

3. 检查 strace 输出。

### 来自 Cary 的提示

ApplixWare的许多错误消息会发往 stderr，但我不确定stderr 被送到了哪里，所以strace是查明这一点的手段。

例如，在得到"Cannot launch gateway on server"之后，我对 axnet 运行了 strace，得到

```
[pid 27947] open("/usr/lib/libodbc.so", O_RDONLY) = -1 ENOENT
(No such file or directory)
[pid 27947] open("/lib/libodbc.so", O_RDONLY) = -1 ENOENT
(No such file or directory)
```

```
[pid 27947] write(2, "/usr2/applix/axdata/elfodbc:
can't load library 'libodbc.so'\n", 61) = -1 EIO (I/O error)
```

所以发生的事情是 applix elfodbc 在搜索 libodbc.so 但找不到它。这就是为什么需要修改 axnet.cnf。

## 7.5.4. 运行ApplixWare演示

要完成 ApplixWare Data Tutorial，你需要创建教程中引用的示例表。用于创建这些表的 ELF 宏试图在许多数据库列上使用 NULL 条件，而Postgres 目前不允许这样做。

要绕开这个问题，你可以这样做：

### 修改ApplixWare演示

1. 把/opt/applix/axdata/eng/Demos/sqldemo.am 复制到一个本地目录。
2. 编辑这份sqldemo.am的本地副本：
  - a. 搜索 'null\_clause = "NULL"'
  - b. 把它改为 null\_clause = ""
3. 启动Applix Macro Editor。
4. 从Macro Editor中打开 sqldemo.am 文件。
5. 选择File->Compile and Save。
6. 退出Macro Editor。
7. 启动Applix Data。
8. 选择\*->Run Macro
9. 输入值"sqldemo"，然后点击OK。

你应该能在数据窗口的状态行（左下角）看到进度。

10. 现在你应该可以访问演示表了。

## 7.5.5. 有用的宏

你可以把数据库登录和口令信息加到标准的 Applix 启动宏文件中。下面是一个~/axhome/macros/login.am文件的例子：

```
macro login
set_set_system_var@("sql_username@", "tgl")
set_system_var@("sql_passwd@", "no$way")
endmacro
```

### 小心

对于任何包含用户名和口令信息的文件，你都应当小心设置文件保护。

# 第 8 章 JDBC 接口

## 作者

由 JDBC 驱动的作者 Peter T. Mount (<peter@retep.org.uk>) 编写。

JDBC 是 Java 1.1 及更高版本的核心 API。它为兼容 SQL 的数据库提供了一组标准接口。

Postgres 提供一个 4 类 (type 4) JDBC 驱动。4 类 (type 4) 表示该驱动用纯 Java 编写, 并使用数据库系统自己的网络协议通信。因此, 该驱动是平台无关的; 一旦编译完成, 就可以在任何系统上使用。

本章并不是一份完整的 JDBC 编程指南, 但应该能帮助你入门。更多信息请参阅标准的 JDBC API 文档。另外, 也可以看看源码中附带的例子。这里使用的是其中的基本示例。

## 8.1. 设置 JDBC 驱动

### 8.1.1. 构建驱动

驱动的预编译版本会定期发布在 PostgreSQL JDBC 网站<sup>1</sup>上。这里我们描述如何手工构建驱动。

从 PostgreSQL 7.1 版开始, JDBC 驱动使用 Ant 构建, 这是一种专门用于构建基于 Java 的包的工具。在继续之前, 你应该从 Ant 网站<sup>2</sup>下载 Ant 并安装。预编译的 Ant 发行版通常会读取当前用户主目录中的 .antrc 文件进行配置。例如, 要使用与默认值不同的 JDK, 可以这样:

```
JAVA_HOME=/usr/local/sun-jdk1.3
JAVACMD=$JAVA_HOME/bin/java
```

要构建驱动, 请在你的 configure 命令行中加上 --with-java 选项, 例如:

```
$. /configure --prefix=xxx --with-java ...
```

这样, 当你执行 gmake 和 gmake install 命令时, 驱动会与 PostgreSQL 包的其余部分一起构建和安装。如果你只想构建驱动而不构建 PostgreSQL 的其余部分, 可以进入目录 src/interfaces/jdbc 并在那里执行相应的 make 命令。关于配置和构建过程的更多信息, 请参阅 PostgreSQL 安装说明。

## 注意

不要试图通过直接调用 javac 来构建, 因为驱动出于性能原因使用了一些动态加载技术, 而 javac 无法应对。也不要试图直接运行 ant, 因为有些配置信息是通过 makefile 传递的。在不提供这些参数的情况下直接运行 ant 会得到一个有问题的驱动。

### 8.1.2. 设置类路径

要使用该驱动, 需要把 jar 归档 postgresql.jar 包含在类路径中, 可以把它放入 CLASSPATH 环境变量, 或者在 java 命令行上使用相应的标志。默认情况下, 该 jar 归档安装在 /usr/local/pgsql/share/java 目录中。如果你运行 configure 时使用了 --prefix 选项, 那么它可能在不同的目录中。

<sup>1</sup><http://jdbc.postgresql.org>

<sup>2</sup><http://jakarta.apache.org/ant/index.html>

例如，我有一个应用程序使用 JDBC 驱动访问一个包含天体数据的大型数据库。该应用程序和 JDBC 驱动都安装在 `/usr/local/lib` 目录中，而 Java JDK 安装在 `/usr/local/jdk1.1.6`。要运行该应用程序，我可以使用：

```
export CLASSPATH=/usr/local/lib/finder.jar❶:/usr/local/pgsql/
share/java/postgresql.jar:.
java uk.org.retep.finder.Main
```

<sup>❶</sup> `finder.jar` 包含我的应用程序。

在应用程序内载入驱动的内容在第 8.2 节中介绍。

### 8.1.3. 为 JDBC 准备数据库

由于 Java 只能使用 TCP/IP 连接，必须把 Postgres 服务器配置为接受 TCP/IP 连接，例如在启动 `postmaster` 时提供 `-i` 选项标志。

另外，可能还需要配置 `pg_hba.conf` 文件中的客户端认证设置。详情请参阅管理员指南。JDBC 驱动支持 `trust`、`ident`、`password` 和 `crypt` 认证方法。

## 8.2. 使用驱动

### 8.2.1. 导入 JDBC

任何使用 JDBC 的源文件都需要导入 `java.sql` 包，使用：

```
import java.sql.*;
```

#### 重要

不要导入 `org.postgresql` 包。如果你这样做，你的源代码将无法编译，因为 `javac` 会产生混淆。

### 8.2.2. 载入驱动

在连接数据库之前，你需要载入驱动。有两种可用的方法，哪一种最好取决于你的代码。

第一种方法中，你的代码使用 `Class.forName()` 方法隐式地载入驱动。对于 Postgres，你可以使用：

```
Class.forName("org.postgresql.Driver");
```

这会载入驱动，并且在载入时，驱动会自动向 JDBC 注册自身。

#### 注意

如果驱动不可用，`forName()` 方法可能抛出 `ClassNotFoundException`。

这是最常用的方法，但它把你的代码限制为只使用 Postgres。如果你的代码将来可能访问其他数据库系统，并且你不使用任何 Postgres 特有的扩展，那么建议使用第二种方法。

第二种方法在 JVM 启动时使用 `-D` 参数把驱动作为参数传递给它。例如：

```
java -Djdbc.drivers=org.postgresql.Driver example.ImageViewer
```

在这个例子中，JVM 会尝试把载入驱动作为其初始化的一部分。完成后，就会启动 `ImageViewer`。



现在，这种方法是更好的一种，因为它允许你的代码在不重新编译的情况下与其他数据库包一起使用。唯一还需要改变的是连接 URL，这是接下来要介绍的内容。

最后一点：当你的代码随后尝试打开 `Connection` 时，如果抛出了 `No driver available SQLException`，那么这可能是驱动不在类路径中，或者参数中的值不正确造成的。

### 8.2.3. 连接到数据库

在 JDBC 中，数据库由一个 URL（统一资源定位符）表示。对于 Postgres，它采用下列形式之一：

- `jdbc:postgresql:database`
- `jdbc:postgresql://host/database`
- `jdbc:postgresql://host:port/database`

其中：

*host*

服务器的主机名。默认为 `localhost`。

*port*

服务器监听的端口号。默认为 Postgres 的标准端口号（5432）。

*database*

数据库名。

要建立连接，你需要从 JDBC 获得一个 `Connection` 实例。为此，你可以使用 `DriverManager.getConnection()` 方法：

```
Connection db = DriverManager.getConnection(url, username, password);
```

### 8.2.4. 关闭连接

要关闭数据库连接，只需对 `Connection` 调用 `close()` 方法：

```
db.close();
```

## 8.3. 发出查询并处理结果

每当你想向数据库发出 SQL 语句时，你都需要一个 `Statement` 实例。一旦你有了一个 `Statement`，就可以使用 `executeQuery()` 方法发出查询。这将返回一个 `ResultSet` 实例，其中包含全部结果。例 8.1 演示了这个过程。

#### 例 8.1. 在 JDBC 中处理一个简单查询

这个例子将发出一个简单的查询，并打印出每一行的第一列。

```
Statement st = db.createStatement();
ResultSet rs = st.executeQuery("SELECT * FROM mytable");
while(rs.next()) {
 System.out.print("Column 1 returned ");
 System.out.println(rs.getString(1));
}
rs.close();
```

```
st.close();
```

### 8.3.1. 使用 Statement 接口

使用 Statement 接口时必须考虑以下几点：

- 你可以按需多次使用同一个 Statement 实例。你可以在打开连接后立即创建一个，并在该连接的整个生命周期中使用它。但你必须记住，每个 Statement 只能存在一个 ResultSet。
- 如果你需要在处理一个 ResultSet 期间执行另一个查询，只需创建并使用另一个 Statement 即可。
- 如果你使用线程，而且有多个线程在使用数据库，就必须为每个线程使用一个单独的 Statement。如果你打算使用线程，请参阅第 8.7 节，其中涵盖了一些重要的内容。

### 8.3.2. 使用 ResultSet 接口

使用 ResultSet 接口时必须考虑以下几点：

- 在读取任何值之前，你必须调用 next()。如果有结果它会返回 true，但更重要的是，它会让该行做好被处理的准备。
- 按照 JDBC 规范，你应该只访问一个字段一次。遵守这条规则是最安全的，尽管目前 Postgres 驱动允许你按需多次访问一个字段。
- 一旦用完一个 ResultSet，你必须通过调用 close() 来关闭它。
- 一旦你用创建某个 ResultSet 的 Statement 发起另一个查询，当前打开的 ResultSet 实例会被自动关闭。

## 8.4. 执行更新

要执行一个更新（或任何其他不返回结果的 SQL 语句），只需使用 executeUpdate() 方法：

```
st.executeUpdate("CREATE TABLE basic (a int, b int)");
```

## 8.5. 使用大对象

在 Postgres 中，大对象（也称为 BLOB）用于存放数据库中无法存储在普通 SQL 表中的数据。它们以一种特殊格式存储在一个单独的表中，并通过一个 OID 值从你自己的表中引用。

#### 重要

对于 Postgres，你必须在一个 SQL 事务内访问大对象。你可以通过以 false 作为输入参数调用 setAutoCommit() 方法来打开一个事务：

```
Connection mycon;
...
mycon.setAutoCommit(false);
... // now use Large Objects
```

使用大对象有两种方法。第一种是标准的 JDBC 方式，这里介绍的就是它。另一种使用 PostgreSQL 对 API 的扩展，它把 libpq 的大对象 API 呈现给 Java，提供了比标准方式更好的大对象访问能力。在内部，驱动正是使用该扩展来提供大对象支持的。

在 JDBC 中，访问大对象的标准方式是使用 `ResultSet` 中的 `getBinaryStream()` 方法和 `PreparedStatement` 中的 `setBinaryStream()` 方法。这些方法让大对象表现为一个 Java 流，使你可以使用 `java.io` 包和其他包来操纵该对象。例 8.2 演示了这种方式的用法。

## 例 8.2. 使用 JDBC 大对象接口

例如，假设你有一个表存储图像的文件名，并且你有一个包含该图像本身的大对象：

```
CREATE TABLE images (imgname text, imgoid oid);
```

要插入一幅图像，你可以使用：

```
File file = new File("myimage.gif");
FileInputStream fis = new FileInputStream(file);
PreparedStatement ps = conn.prepareStatement("INSERT INTO images
VALUES (?, ?)"); ❶
ps.setString(1, file.getName());
ps.setBinaryStream(2, fis, file.length());
ps.executeUpdate();
ps.close();
fis.close();
```

❶ 问号必须按字面出现。实际数据由后面的行代入。

这里，`setBinaryStream` 从一个流向大对象传输指定数量的字节，并把 OID 存入持有对它的引用的字段。注意，大对象本身在数据库中的创建是透明完成的。

取回一幅图像甚至更容易。（我们这里使用 `PreparedStatement`，但 `Statement` 类同样可以使用。）

```
PreparedStatement ps = con.prepareStatement("SELECT oid FROM images
WHERE name=?");
ps.setString(1, "myimage.gif");
ResultSet rs = ps.executeQuery();
if (rs != null) {
 while(rs.next()) {
 InputStream is = rs.getBinaryInputStream(1);
 // use the stream in some way here
 is.close();
 }
 rs.close();
}
ps.close();
```

这里你可以看到大对象是如何作为一个 `InputStream` 取回的。你还会注意到，我们在处理结果中的下一行之前关闭了流。这是 JDBC 规范的一部分，该规范规定，当调用 `ResultSet.next()` 或 `ResultSet.close()` 时，返回的任何 `InputStream` 都会被关闭。

## 8.6. PostgreSQL 对 JDBC API 的扩展

Postgres 是一个可扩展的数据库系统。你可以向后端添加自己的函数，然后从查询中调用它们，甚至添加你自己的数据类型。由于这些是 Postgres 独有的功能，我们用一组扩展 API 从 Java 中支持它们。标准驱动核心中的一些功能实际上就是用这些扩展来实现大对象等特性的。

### 8.6.1. 访问扩展

要访问其中一些扩展，你需要使用 `org.postgresql.Connection` 类中的一些额外方法。在这种情况下，你需要对 `Driver.getConnection()` 的返回值进行强制转换。例如：

```

Connection db = Driver.getConnection(url, username, password);
// ...
// later on
Fastpath fp = ((org.postgresql.Connection)db).getFastpathAPI();

```

### 8.6.1.1. org.postgresql.Connection 类

```
public class PGConnection
```

这些是用于访问 PostgreSQL 扩展的额外方法。java.sql.Connection 定义的方法未列出。

#### 8.6.1.1.1. 方法

- public Fastpath getFastpathAPI() throws SQLException

这将返回当前连接的 Fastpath API。它主要供大对象 API 使用。

使用它的最佳方式如下：

```

import org.postgresql.fastpath.*;
...
Fastpath fp = ((org.postgresql.Connection)myconn).getFastpathAPI(
);

```

其中 myconn 是一个到 PostgreSQL 的已打开的 Connection。

**返回：** . 一个允许访问 PostgreSQL 后端上函数的 Fastpath 对象。

**抛出：** . 首次初始化时由 Fastpath 抛出的 SQLException

- public LargeObjectManager getLargeObjectAPI() throws SQLException

这将返回当前连接的大对象 API。

使用它的最佳方式如下：

```

import org.postgresql.largeobject.*;
...
LargeObjectManager lo = ((org.postgresql.Connection)myconn).get
LargeObjectAPI();

```

其中 myconn 是一个到 PostgreSQL 的已打开的 Connection。

**返回：** . 一个实现了该 API 的 LargeObject 对象

**抛出：** . 首次初始化时由 LargeObject 抛出的 SQLException

- public void addDataType(String type, String name)

这允许客户端代码为 PostgreSQL 较独特的数据类型之一添加一个处理器。通常，驱动不认识的数据类型会被 ResultSet.getObject() 作为 PGObject 实例返回。这个方法允许你编写一个扩展 PGObject 的类，并告诉驱动要使用的类型名和类名。它的缺点是，每次建立连接时你都必须调用这个方法。

使用它的最佳方式如下：

```

...
((org.postgresql.Connection)myconn).addDataType("mytype", "my.
class.name");
...

```

其中 myconn 是一个到 PostgreSQL 的已打开的 Connection。处理类必须扩展 org.postgresql.util.PGObject。

### 8.6.1.2. org.postgresql.Fastpath 类

```
public class Fastpath extends Object

java.lang.Object
|
+----org.postgresql.fastpath.Fastpath
```

Fastpath 是一个存在于 libpq C 接口中的 API，它允许一台客户端机器在数据库后端上执行一个函数。大多数客户端代码不需要使用这个方法，但之所以提供它，是因为大对象 API 用到它。

要使用它，你需要用下面这一行导入 org.postgresql.fastpath 包：

```
import org.postgresql.fastpath.*;
```

然后，在你的代码中，你需要获取一个 FastPath 对象：

```
Fastpath fp = ((org.postgresql.Connection) conn).getFastpathAPI();
```

这将返回一个与你可用它来发出命令的数据库连接相关联的实例。必须把 Connection 强制转换为 org.postgresql.Connection，因为 getFastpathAPI() 是一个扩展方法，不属于 JDBC。一旦你有了一个 Fastpath 实例，就可以使用 fastpath() 方法来执行一个后端函数。

参见：. FastpathFastpathArg、LargeObject

#### 8.6.1.2.1. 方法

```
• public Object fastpath(int fnid,
 boolean resulttype,
 FastpathArg args[]) throws SQLException
```

向 PostgreSQL 后端发送一次函数调用。

**参数：**. fnid - 函数 id resulttype - 如果结果是一个整数则为 true，对于其他结果为 false args - 要传递给 fastpath 的 FastpathArguments

**返回：**. 无数据时为 null，整数结果时为 Integer，否则为 byte[]

```
• public Object fastpath(String name,
 boolean resulttype,
 FastpathArg args[]) throws SQLException
```

按名称向 PostgreSQL 后端发送一次函数调用。

#### 注意

过程名到函数 id 的映射必须已存在，通常是先前调用过 addfunction()。这是首选的调用方法，因为函数 id 在后端的不同版本之间可以/可能会改变。关于它如何工作的例子，请参阅 org.postgresql.LargeObject

**参数：**. name - 函数名 resulttype - 如果结果是一个整数则为 true，对于其他结果为 false args - 要传递给 fastpath 的 FastpathArguments

**返回：**． 无数据时为 null，整数结果时为 Integer，否则为 byte[]

**参见：**． LargeObject

- ```
public int getInteger(String name,
                      FastpathArg args[]) throws SQLException
```

这个便捷方法假定返回值是一个 Integer

参数：． name - 函数名 args - 函数参数

返回：． 整数结果

抛出：． 发生数据库访问错误或没有结果时的 SQLException

- ```
public byte[] getData(String name,
 FastpathArg args[]) throws SQLException
```

这个便捷方法假定返回值是二进制数据。

**参数：**． name - 函数名 args - 函数参数

**返回：**． 包含结果的 byte[] 数组

**抛出：**． 发生数据库访问错误或没有结果时的 SQLException

- ```
public void addFunction(String name,
                       int fnid)
```

这会向我们的查找表添加一个函数。用户代码应当使用基于查询的 addFunctions 方法，而不是硬编码 oid。一个函数的 oid 不保证保持不变，即使在同一版本的不同服务器上也是如此。

- ```
public void addFunctions(ResultSet rs) throws SQLException
```

这需要一个包含两列的 ResultSet。第 1 列包含函数名，第 2 列包含 oid。它会读取整个 ResultSet，把这些值装入函数表。

### 重要

记得在调用它之后对 ResultSet 调用 close()！

### 关于函数名查找的实现说明

PostgreSQL 把函数 id 及其对应的名称存储在 pg\_proc 表中。为了在本地加快速度，不是在需要时从该表中逐个查询函数，而是使用一个 Hashtable。而且，只有所需的函数才会被输入到这个表中，以使连接时间尽可能快。

org.postgresql.LargeObject 类在启动时执行一次查询，并把返回的 ResultSet 传递给这里的 addFunctions() 方法。完成之后，大对象 API 就可以按名称引用这些函数。

不要以为手动把它们转换成 oid 就能工作。好吧，目前它们可以，但在开发过程中它们可能改变（V7.0 曾有过一些关于此的讨论），因此这样实现是为了避免将来出现不必要的麻烦。

参见：. LargeObjectManager

- `public int getID(String name) throws SQLException`

这将返回与名称相关联的函数 id。如果没有为这个名称调用过 `addFunction()` 或 `addFunctions()`，那么就会抛出 `SQLException`。

### 8.6.1.3. `org.postgresql.fastpath.FastpathArg` 类

```
public class FastpathArg extends Object
{
 |
 +----org.postgresql.fastpath.FastpathArg
}
```

每次 `fastpath` 调用都需要一个参数数组，其数量和类型取决于被调用的函数。这个类实现了提供这一能力所需的方法。

关于如何使用它的例子，请参阅 `org.postgresql.LargeObject` 包。

参见：. Fastpath、LargeObjectManager、LargeObject

#### 8.6.1.3.1. 构造器

- `public FastpathArg(int value)`

构造一个由一个整数值组成的参数

参数：. value - 要设置的 int 值

- `public FastpathArg(byte bytes[])`

构造一个由一个字节数组组成的参数

参数：. bytes - 要存储的数组

- `public FastpathArg(byte buf[],  
int off,  
int len)`

构造一个由字节数组的一部分组成的参数

参数：.

buf

源数组

off

数组内的偏移量

len

要包含的数据长度

- `public FastpathArg(String s)`

构造一个由一个 String 组成的参数。

## 8.6.2. 几何数据类型

PostgreSQL 有一组可以把几何特性存储到表中的数据类型。包括点、线和多边形。我们用 `org.postgresql.geometric` 包在 Java 中支持这些类型。它包含一些扩展 `org.postgresql.util.PGObject` 类的类。关于如何实现你自己的数据类型处理器的详情，请参阅那个类。

```
Class org.postgresql.geometric.PGbox
```

```
java.lang.Object
|
+----org.postgresql.util.PGObject
|
+----org.postgresql.geometric.PGbox

public class PGbox extends PGObject implements Serializable,
Cloneable
```

它表示 PostgreSQL 中的 `box` 数据类型。

变量

```
public PGpoint point[]
```

这是该矩形的两个角点。

构造器

```
public PGbox(double x1,
 double y1,
 double x2,
 double y2)
```

参数:

```
x1 - 第一个 x 坐标
y1 - 第一个 y 坐标
x2 - 第二个 x 坐标
y2 - 第二个 y 坐标
```

```
public PGbox(PGpoint p1,
 PGpoint p2)
```

参数:

```
p1 - 第一个点
p2 - 第二个点
```

```
public PGbox(String s) throws SQLException
```

参数:

```
s - PostgreSQL 语法的矩形定义
```

抛出: `SQLException`  
如果定义无效

```
public PGbox()
```

必需的构造器

方法



```
public void setValue(String value) throws SQLException
```

此方法设置该对象的值。子类应当覆盖它，但仍应调用它。

参数：

value - 对象值的字符串表示

抛出：SQLException

如果值对该类型无效则抛出

Overrides:

setValue in class PGObject

```
public boolean equals(Object obj)
```

参数：

obj - 要比较的对象

返回值：

如果两个矩形相同则为 true

Overrides:

equals in class PGObject

```
public Object clone()
```

必须覆盖此方法才能克隆该对象

Overrides:

clone in class PGObject

```
public String getValue()
```

返回值：

按 PostgreSQL 所期望语法表示的 PGbox

Overrides:

getValue in class PGObject

```
Class org.postgresql.geometric.PGcircle
```

```
java.lang.Object
```

```
|
```

```
+----org.postgresql.util.PGObject
```

```
|
```

```
+----org.postgresql.geometric.PGcircle
```

```
public class PGcircle extends PGObject implements Serializable,
Cloneable
```

它表示 PostgreSQL 的 circle 数据类型，由一个点和一个半径组成

变量

```
public PGpoint center
```

这是圆心点

```
public double radius
```

这是半径

#### 构造器

```
public PGcircle(double x,
 double y,
 double r)
```

参数:

x - 圆心的坐标  
y - 圆心的坐标  
r - 圆的半径

```
public PGcircle(PGpoint c,
 double r)
```

参数:

c - 描述圆心的 PGpoint  
r - 圆的半径

```
public PGcircle(String s) throws SQLException
```

参数:

s - PostgreSQL 语法的圆定义。

抛出: SQLException

转换失败时

```
public PGcircle()
```

此构造器由驱动使用。

#### 方法

```
public void setValue(String s) throws SQLException
```

参数:

s - PostgreSQL 语法的圆定义。

抛出: SQLException

转换失败时

Overrides:

setValue in class PGObject

```
public boolean equals(Object obj)
```

参数:

obj - 要比较的对象

返回值:

如果两个矩形相同则为 true

Overrides:

equals in class PGObject

```
public Object clone()
```

必须覆盖此方法才能克隆该对象

```
Overrides:
 clone in class PObject
```

```
public String getValue()
```

返回值:  
按 PostgreSQL 所期望语法表示的 PGcircle

```
Overrides:
 getValue in class PObject
```

```
Class org.postgresql.geometric.PGline
```

```
java.lang.Object
|
+----org.postgresql.util.PObject
|
+----org.postgresql.geometric.PGline
```

```
public class PGline extends PObject implements Serializable,
Cloneable
```

它实现由两点构成的 line。后端目前尚未实现 line 类型，但这个类保证了在实现之后我们就能直接使用它。

变量

```
public PGpoint point[]
```

这就是这两个点。

构造器

```
public PGline(double x1,
 double y1,
 double x2,
 double y2)
```

参数:

- x1 - 第一个点的坐标
- y1 - 第一个点的坐标
- x2 - 第二个点的坐标
- y2 - 第二个点的坐标

```
public PGline(PGpoint p1,
 PGpoint p2)
```

参数:

- p1 - 第一个点
- p2 - 第二个点

```
public PGline(String s) throws SQLException
```

参数:

s - PostgreSQL 语法的圆定义。

抛出: SQLException  
转换失败时

```
public PGline()
```

驱动所需

方法

```
public void setValue(String s) throws SQLException
```

参数:  
s - PostgreSQL 语法的线段定义

抛出: SQLException  
转换失败时

Overrides:  
setValue in class PGObject

```
public boolean equals(Object obj)
```

参数:  
obj - 要比较的对象

返回值:  
如果两个矩形相同则为 true

Overrides:  
equals in class PGObject

```
public Object clone()
```

必须覆盖此方法才能克隆该对象

Overrides:  
clone in class PGObject

```
public String getValue()
```

返回值:  
按 PostgreSQL 所期望语法表示的 PGline

Overrides:  
getValue in class PGObject

```
Class org.postgresql.geometric.PGline
```

```
java.lang.Object
```

```
 |
 +----org.postgresql.util.PGObject
```

```
 |
 +----org.postgresql.geometric.PGline
```

```
public class PGline extends PGObject implements Serializable,
Cloneable
```

它实现由两点构成的 lseg (线段)

变量

```
public PGpoint point[]
```

这就是这两个点。

构造器

```
public PGlseg(double x1,
 double y1,
 double x2,
 double y2)
```

参数:

x1 - 第一个点的坐标  
y1 - 第一个点的坐标  
x2 - 第二个点的坐标  
y2 - 第二个点的坐标

```
public PGlseg(PGpoint p1,
 PGpoint p2)
```

参数:

p1 - 第一个点  
p2 - 第二个点

```
public PGlseg(String s) throws SQLException
```

参数:

s - PostgreSQL 语法的圆定义。

抛出: SQLException  
转换失败时

```
public PGlseg()
```

驱动所需

方法

```
public void setValue(String s) throws SQLException
```

参数:

s - PostgreSQL 语法的线段定义

抛出: SQLException  
转换失败时

Overrides:  
setValue in class PGObject

```
public boolean equals(Object obj)
```

参数:

obj - 要比较的对象

返回值:

如果两个矩形相同则为 true

Overrides:

equals in class PObject

```
public Object clone()
```

必须覆盖此方法才能克隆该对象

Overrides:

clone in class PObject

```
public String getValue()
```

返回值:

按 PostgreSQL 所期望语法表示的 PGlseg

Overrides:

getValue in class PObject

```
Class org.postgresql.geometric.PGpath
```

```
java.lang.Object
```

```
|
```

```
+----org.postgresql.util.PGobject
```

```
|
```

```
+----org.postgresql.geometric.PGpath
```

```
public class PGpath extends PObject implements Serializable,
Cloneable
```

它实现 path (一条多段线, 可以是闭合的)

变量

```
public boolean open
```

如果路径是开放的则为 true, 闭合则为 false

```
public PGpoint points[]
```

定义该路径的各个点

构造器

```
public PGpath(PGpoint points[],
boolean open)
```

参数:

points - 定义该路径的 PGpoint 数组

open - 如果路径是开放的则为 true, 闭合则为 false

```
public PGpath()
```

驱动所需

```
public PGpath(String s) throws SQLException
```

参数:

s - PostgreSQL 语法的圆定义。

抛出: SQLException

转换失败时

方法

```
public void setValue(String s) throws SQLException
```

参数:

s - PostgreSQL 语法的路径定义

抛出: SQLException

转换失败时

Overrides:

setValue in class PGObject

```
public boolean equals(Object obj)
```

参数:

obj - 要比较的对象

返回值:

如果两个矩形相同则为 true

Overrides:

equals in class PGObject

```
public Object clone()
```

必须覆盖此方法才能克隆该对象

Overrides:

clone in class PGObject

```
public String getValue()
```

返回按 PostgreSQL 所期望语法表示的该多边形

Overrides:

getValue in class PGObject

```
public boolean isOpen()
```

如果路径是开放的则返回 true

```
public boolean isClosed()
```

如果路径是闭合的则返回 true

```
public void closePath()
```

把路径标记为闭合

```
public void openPath()
```

把路径标记为开放

```
Class org.postgresql.geometric.PGpoint
```

```
java.lang.Object
```

```
|
```

```
+----org.postgresql.util.PGobject
```

```
|
```

```
+----org.postgresql.geometric.PGpoint
```

```
public class PGpoint extends PGobject implements Serializable,
Cloneable
```

它实现 `java.awt.Point` 的一个版本，只是用 `double` 表示坐标。

它映射到 PostgreSQL 的 `point` 数据类型。

变量

```
public double x
```

该点的 X 坐标

```
public double y
```

该点的 Y 坐标

构造器

```
public PGpoint(double x,
double y)
```

参数:

x - 坐标

y - 坐标

```
public PGpoint(String value) throws SQLException
```

当某点嵌入其他几何类型的定义中时，主要由那些类型调用此构造器。

参数:

value - PostgreSQL 语法的该点定义

```
public PGpoint()
```

驱动所需

方法

```
public void setValue(String s) throws SQLException
```

参数:

s - PostgreSQL 语法的该点定义

抛出: `SQLException`



**转换失败时**

Overrides:  
setValue in class PObject

```
public boolean equals(Object obj)
```

参数:  
obj - 要比较的对象

返回值:  
如果两个矩形相同则为 true

Overrides:  
equals in class PObject

```
public Object clone()
```

必须覆盖此方法才能克隆该对象

Overrides:  
clone in class PObject

```
public String getValue()
```

返回值:  
按 PostgreSQL 所期望语法表示的 PGpoint

Overrides:  
getValue in class PObject

```
public void translate(int x,
 int y)
```

按给定的量平移该点。

参数:  
x - 在 x 轴上要加的整数增量  
y - 在 y 轴上要加的整数增量

```
public void translate(double x,
 double y)
```

按给定的量平移该点。

参数:  
x - 在 x 轴上要加的 double 增量  
y - 在 y 轴上要加的 double 增量

```
public void move(int x,
 int y)
```

把该点移动到给定的坐标。

参数:  
x - 整数坐标  
y - 整数坐标

```
public void move(double x,
 double y)
```

把该点移动到给定的坐标。

参数:

x - double 坐标  
y - double 坐标

```
public void setLocation(int x,
 int y)
```

把该点移动到给定的坐标。相关描述参见 `java.awt.Point`

参数:

x - 整数坐标  
y - 整数坐标

参见:

`Point`

```
public void setLocation(Point p)
```

把该点移动到给定的 `java.awt.Point`。相关描述参见 `java.awt.Point`

参数:

p - 要移动到的点

参见:

`Point`

```
Class org.postgresql.geometric.PGpolygon
```

```
java.lang.Object
```

```
|
```

```
+----org.postgresql.util.PGobject
```

```
|
```

```
+----org.postgresql.geometric.PGpolygon
```

```
public class PGpolygon extends PGobject implements Serializable,
```

```
Cloneable
```

它实现 PostgreSQL 中的 `polygon` 数据类型。

变量

```
public PGpoint points[]
```

定义该多边形的各个点

构造器

```
public PGpolygon(PGpoint points[])
```

用一个 `PGpoint` 数组创建多边形

参数:

points - 定义该多边形的各个点

```
public PGpolygon(String s) throws SQLException
```

参数:

s - PostgreSQL 语法的圆定义。

抛出: SQLException  
转换失败时

```
public PGpolygon()
```

驱动所需

方法

```
public void setValue(String s) throws SQLException
```

参数:

s - PostgreSQL 语法的多边形定义

抛出: SQLException  
转换失败时

Overrides:  
setValue in class PGObject

```
public boolean equals(Object obj)
```

参数:

obj - 要比较的对象

返回值:  
如果两个矩形相同则为 true

Overrides:  
equals in class PGObject

```
public Object clone()
```

必须覆盖此方法才能克隆该对象

Overrides:  
clone in class PGObject

```
public String getValue()
```

返回值:  
按 PostgreSQL 所期望语法表示的 PGpolygon

Overrides:  
getValue in class PGObject

### 8.6.3. 大对象

大对象在标准的 JDBC 规范中受支持。但是，那个接口是有限的，而 PostgreSQL 提供的 API 允许对对象内容进行随机访问，就像它是一个本地文件一样。

`org.postgresql.largeobject` 包向 Java 提供了 libpq C 接口的大对象 API。它由两个类组成：`LargeObjectManager` 处理大对象的创建、打开和删除，而 `LargeObject` 处理单个对象。

### 8.6.3.1. `org.postgresql.largeobject.LargeObject` 类

```
public class LargeObject extends Object

java.lang.Object
|
+----org.postgresql.largeobject.LargeObject
```

这个类实现了到 PostgreSQL 的大对象接口。

它提供了运行该接口所需的基本方法，外加为这个对象提供 `InputStream` 和 `OutputStream` 类的一对方法。

通常，客户端代码会使用 `ResultSet` 中的 `getAsciiStream`、`getBinaryStream` 或 `getUnicodeStream` 方法，或 `PreparedStatement` 中的 `setAsciiStream`、`setBinaryStream` 或 `setUnicodeStream` 方法来访问大对象。

然而，有时需要对大对象进行更底层的访问，而这些是 JDBC 规范不支持的。

关于如何获得一个大对象的访问权，或者如何创建一个，请参阅 `org.postgresql.largeobject.LargeObjectManager`。

参见：. `LargeObjectManager`

#### 8.6.3.1.1. 变量

```
public static final int SEEK_SET
 表示从文件开头定位

public static final int SEEK_CUR
 表示从当前位置定位

public static final int SEEK_END
 表示从文件末尾定位
```

#### 8.6.3.1.2. 方法

- `public int getOID()`  
返回这个 `LargeObject` 的 OID
- `public void close() throws SQLException`  
这个方法关闭该对象。在调用它之后，你不应再调用这个对象中的方法。
- `public byte[] read(int len) throws SQLException`  
从该对象读取一些数据，并以 `byte[]` 数组返回
- `public void read(byte buf[],  
int off,  
int len) throws SQLException`

从该对象读取一些数据到现有的数组中

参数：.

buf

目标数组

off

数组内的偏移量

len

要读取的字节数

- `public void write(byte buf[]) throws SQLException`

向该对象写入一个数组

- `public void write(byte buf[],  
                    int off,  
                    int len) throws SQLException`

从一个数组向该对象写入一些数据

参数: .

buf

目标数组

off

数组内的偏移量

len

要写入的字节数

### 8.6.3.2. `org.postgresql.largeobject.LargeObjectManager` 类

```
public class LargeObjectManager extends Object
{
 java.lang.Object
 |
 +----org.postgresql.largeobject.LargeObjectManager
}
```

这个类实现了到 PostgreSQL 的大对象接口。它提供的方法允许客户端代码从数据库中创建、打开和删除大对象。打开一个对象时，会返回一个 `org.postgresql.largeobject.LargeObject` 的实例，然后它的方法就允许访问该对象。

这个类只能由 `org.postgresql.Connection` 创建。要获得这个类的访问权，使用下面这段代码：

```
import org.postgresql.largeobject.*;
Connection conn;
LargeObjectManager lobj;
// ... code that opens a connection ...
lobj = ((org.postgresql.Connection)myconn).getLargeObjectAPI();
```

通常，客户端代码会使用 `ResultSet` 中的 `getAsciiStream`、`getBinaryStream` 或 `getUnicodeStream` 方法，或 `PreparedStatement` 中的 `setAsciiStream`、`setBinaryStream`

或 `setUnicodeStream` 方法来访问大对象。但是，有时需要对大对象进行更底层的访问，而这些都是 JDBC 规范不支持的。

关于如何操纵大对象的内容，请参阅 `org.postgresql.largeobject.LargeObject`。

#### 8.6.3.2.1. 变量

```
public static final int WRITE
```

这个模式表示我们想写入一个对象。

```
public static final int READ
```

这个模式表示我们想读取一个对象。

```
public static final int READWRITE
```

这个模式是默认值。它表示我们想对一个大对象进行读写访问。

#### 8.6.3.2.2. 方法

- `public LargeObject open(int oid) throws SQLException`

这将根据 OID 打开一个现有的大对象。这个方法假定需要 `READ` 和 `WRITE` 访问（默认值）。

- `public LargeObject open(int oid,  
int mode) throws SQLException`

这将根据 OID 打开一个现有的大对象，并允许设置访问模式。

- `public int create() throws SQLException`

这将创建一个大对象并返回其 OID。新对象的属性默认为 `READWRITE`。

- `public int create(int mode) throws SQLException`

这将创建一个大对象，返回其 OID，并设置访问模式。

- `public void delete(int oid) throws SQLException`

这将删除一个大对象。

- `public void unlink(int oid) throws SQLException`

这将删除一个大对象。它与 `delete` 方法完全相同，提供它是因为 C API 使用 “unlink”。

### 8.6.4. 对象串行化

PostgreSQL 不是一个普通的 SQL 数据库。它比大多数其他数据库的可扩展性更强，并且确实支持一些它独有的面向对象特性。

其中一个后果是，你可以让一个表引用另一个表中的一行。例如：

```
test=> create table users (username name,fullname text);
CREATE
test=> create table server (servername name,adminuser users);
CREATE
test=> insert into users values ('peter','Peter Mount');
INSERT 2610132 1
test=> insert into server values ('maidast',2610132::users);
INSERT 2610133 1
test=> select * from users;
username|fullname
```

```

-----+-----
peter |Peter Mount
(1 row)

test=> select * from server;
servername|adminuser
-----+-----
maidast | 2610132
(1 row)

```

好，上面的例子表明我们可以把一个表名用作字段，该行的 oid 值就存储在那个字段中。

这与 Java 有什么关系？

在 Java 中，只要一个对象的类实现了 `java.io.Serializable` 接口，你就可以把它存储到一个流。这一过程称为对象串行化（Object Serialization），可以用来把复杂的对象存储到数据库中。

现在，在 JDBC 下，你得用大对象来存储它们。但是，你无法对这些对象执行查询。

`org.postgresql.util.Serialize` 类所做的，就是提供一种把对象存储为一个表、以及从一个表取回该对象的手段。在大多数情况下，你不需要直接访问这个类，而是使用 `PreparedStatement.setObject()` 和 `ResultSet.getObject()` 方法。这些方法会把对象的类名与数据库中的表对照。如果找到匹配，它就假定该对象是一个串行化的对象，并从那个表中取回它。在这样做时，如果该对象还包含其他串行化的对象，它就会沿着树递归下去。

听起来很复杂？实际上，它比我写的还要简单——只是难以解释而已。

你唯一需要访问这个类的场合，是使用 `create()` 方法。驱动并不使用这些方法，它们根据你想要串行化的 Java 对象或类，向数据库发出一条或多条 "create table" 语句。

哦，还有最后一件事。如果你的对象包含这样一行：

```
public int oid;
```

那么当该对象从表中取回时，它会被设为表中的 `oid`。这样，如果该对象被修改并重新串行化，现有的条目就会被更新。

如果 `oid` 变量不存在，那么当该对象被串行化时，它总是会被插入到表中，表中任何已有的条目都会保留。

在串行化之前把 `oid` 设为 0，也会导致该对象被插入。这使得一个对象可以在数据库中被复制。

```

Class org.postgresql.util.Serialize

java.lang.Object
|
+----org.postgresql.util.Serialize

public class Serialize extends Object

```

这个类利用 PostgreSQL 的面向对象特性来存储 Java 对象。做法是把 Java 类名映射为数据库中的一个表。新表中的每个条目代表该类的一个序列化实例。由于每个条目都有一个 `OID`（对象标识符），这个 `OID` 可以被包含在另一个表中。这太复杂，不在此展示，主文档中会有更详细的说明。

构造器

```

public Serialize(Connection c,
 String type) throws SQLException

```

它创建一个实例，可用于对 PostgreSQL 表中的 Java 对象做序列化/反序列化。

方法

```
public Object fetch(int oid) throws SQLException
```

它根据 OID 从表中取回一个对象

参数：

oid - 对象的 oid

返回值：

与 oid 对应的对象

抛出：SQLException

出错时

```
public int store(Object o) throws SQLException
```

它把一个对象存入表中并返回其 OID。

如果对象有一个名为 OID 的 int 且其值 > 0，就用该值作 OID，表将被更新。如果 OID 的值为 0，则会新建一行，并且 OID 的值会被设置到对象中。这使对象在数据库中的值可以更新。如果对象没有名为 OID 的 int，则直接存储对象。但若对象随后被取回、修改并再次存储，它的新状态会被追加到表中，而不会覆盖旧条目。

参数：

o - 要存储的对象（必须实现 Serializable）

返回值：

已存储对象的 oid

抛出：SQLException

出错时

```
public static void create(Connection con,
 Object o) throws SQLException
```

驱动不使用此方法；它根据一个可序列化的 Java 对象创建表。应当在序列化任何对象之前使用它。

参数：

c - 到数据库的连接

o - 表所基于的对象

抛出：SQLException

出错时

返回值：

与 oid 对应的对象

抛出：SQLException

出错时

```
public int store(Object o) throws SQLException
```

它把一个对象存入表中并返回其 OID。



如果对象有一个名为 `OID` 的 `int` 且其值  $> 0$ ，就用该值作 `OID`，表将被更新。如果 `OID` 的值为 `0`，则会新建一行，并且 `OID` 的值会被设置到对象中。这使对象在数据库中的值可以更新。如果对象没有名为 `OID` 的 `int`，则直接存储对象。但若对象随后被取回、修改并再次存储，它的新状态会被追加到表中，而不会覆盖旧条目。

参数：

- - 要存储的对象（必须实现 `Serializable`）

返回值：

已存储对象的 `oid`

抛出： `SQLException`

出错时

```
public static void create(Connection con,
 Object o) throws SQLException
```

驱动不使用此方法；它根据一个可序列化的 `Java` 对象创建表。应当在序列化任何对象之前使用它。

参数：

- - 到数据库的连接
- - 表所基于的对象

抛出： `SQLException`

出错时

```
public static void create(Connection con,
 Class c) throws SQLException
```

驱动不使用此方法；它根据一个可序列化的 `Java` 对象创建表。应当在序列化任何对象之前使用它。

参数：

- - 到数据库的连接
- - 表所基于的类

抛出： `SQLException`

出错时

```
public static String toPostgreSQL(String name) throws SQLException
```

它把 `.` 替换为 `_`，从而把 `Java` 类名转换为 `PostgreSQL` 表名

因此，类名中不能含有 `_`。

另一个限制是，完整类名（含包名）不能超过 31 个字符（这是 `PostgreSQL` 强加的限制）。

参数：

`name` - 类名

返回值：

`PostgreSQL` 表名

抛出： `SQLException`

出错时

```
public static String toClassName(String name) throws SQLException
```

它把 `_` 替换为 `.`，从而把 PostgreSQL 表名转换为 Java 类名

参数：

`name` - PostgreSQL 表名

返回值：

类名

抛出：SQLException

出错时

### 工具类

`org.postgresql.util` 包包含主驱动内部使用的类以及其他扩展使用的类。

Class `org.postgresql.util.PGmoney`

```
java.lang.Object
```

```
|
```

```
+----org.postgresql.util.PGobject
```

```
|
```

```
+----org.postgresql.util.PGmoney
```

```
public class PGmoney extends PGobject implements Serializable,
Cloneable
```

它实现一个处理 PostgreSQL money 类型的类

### 变量

```
public double val
```

字段的值

### 构造器

```
public PGmoney(double value)
```

参数：

`value` - 字段的值

```
public PGmoney(String value) throws SQLException
```

当某点嵌入其他几何类型的定义中时，主要由那些类型调用此构造器。

参数：

`value` - PostgreSQL 语法的该点定义

```
public PGmoney()
```

驱动所需

### 方法

```
public void setValue(String s) throws SQLException
```

参数:

s - PostgreSQL 语法的该点定义

抛出: SQLException

转换失败时

Overrides:

setValue in class PGObject

```
public boolean equals(Object obj)
```

参数:

obj - 要比较的对象

返回值:

如果两个矩形相同则为 true

Overrides:

equals in class PGObject

```
public Object clone()
```

必须覆盖此方法才能克隆该对象

Overrides:

clone in class PGObject

```
public String getValue()
```

返回值:

按 PostgreSQL 所期望语法表示的 PGpoint

Overrides:

getValue in class PGObject

```
Class org.postgresql.util.PGObject
```

```
java.lang.Object
```

```
|
```

```
+----org.postgresql.util.PGObject
```

```
public class PGObject extends Object implements Serializable,
Cloneable
```

这个类用于描述 JDBC 标准所不知道的数据类型。调用 org.postgresql.Connection 可以让一个继承本类的类与一个命名类型关联。org.postgresql.geometric 包就是这样工作的。对任何没有被认出有自己处理器的类型, ResultSet.getObject() 都会返回这个类。因此,任何 PostgreSQL 数据类型都得到支持。

构造器

```
public PGObject()
```

它由 org.postgresql.Connection.getObject() 调用来创建对象。

方法

```
public final void setType(String type)
```

此方法设置该对象的类型。

子类不应扩展它，因此它是 `final` 的

参数：

`type` - 描述该对象类型的字符串

```
public void setValue(String value) throws SQLException
```

此方法设置该对象的值。它必须被覆盖。

参数：

`value` - 对象值的字符串表示

抛出：SQLException

如果值对该类型无效则抛出

```
public final String getType()
```

由于它在对象生命周期内不能改变，因此是 `final` 的。

返回值：

该对象的类型名

```
public String getValue()
```

必须覆盖它，以 PostgreSQL 所要求的形式返回对象的值。

返回值：

该对象的值

```
public boolean equals(Object obj)
```

必须覆盖它才能比较对象

参数：

`obj` - 要比较的对象

返回值：

如果两个矩形相同则为 `true`

Overrides:

`equals` in class `Object`

```
public Object clone()
```

必须覆盖此方法才能克隆该对象

Overrides:

`clone` in class `Object`

```
public String toString()
```

这里已定义它，因此用户代码不必覆盖。

返回值：

按 PostgreSQL 所期望语法表示的该对象的值

```
 Overrides:
 toString in class Object
```

```
Class org.postgresql.util.PGtokenizer
```

```
java.lang.Object
|
+----org.postgresql.util.PGtokenizer

public class PGtokenizer extends Object
```

这个类用于对 PostgreSQL 的文本输出做分词。

本可以用 StringTokenizer 来做，但我们需要处理 '(' ')' '[' ']' '<' 和 '>' 的嵌套，几何数据类型会用到它们。

它主要由几何类使用，但对解析 PostgreSQL 自定义数据类型的任何输出也有用。

参见：

PGbox, PGcircle, PGlseg, PGpath, PGpoint, PGpolygon

#### 构造器

```
public PGtokenizer(String string,
 char delim)
```

创建一个分词器。

参数：

string - 包含各词的字符串  
delim - 分割各词的单个字符

#### 方法

```
public int tokenize(String string,
 char delim)
```

用一个新字符串和/或新分隔符重置该分词器。

参数：

string - 包含各词的字符串  
delim - 分割各词的单个字符

```
public int getSize()
```

返回值：

可用词的数量

```
public String getToken(int n)
```

参数：

n - 词的编号 (0 ... getSize()-1)

返回值：

词的值

```
public PGtokenizer tokenizeToken(int n,
```

char delim)

它基于我们的某个词返回一个新的分词器。几何数据类型用它处理嵌套的词 (通常是 PGpoint) 。

参数:

n - 词的编号 (0 ... getSize()-1)  
delim - 要使用的分隔符

返回值:

基于该词的一个新 PGtokenizer 实例

```
public static String remove(String s,
 String l,
 String t)
```

移除一个字符串的前导/尾随字符串

参数:

s - 源字符串  
l - 要移除的前导字符串  
t - 要移除的尾随字符串

返回值:

不含前导/尾随字符串的字符串

```
public void remove(String l,
 String t)
```

移除所有词的前导/尾随字符串

参数:

l - 要移除的前导字符串  
t - 要移除的尾随字符串

```
public static String removePara(String s)
```

移除字符串开头和结尾的 ( 和 )

参数:

s - 要从中移除的字符串

返回值:

不含 ( 或 ) 的字符串

```
public void removePara()
```

移除所有词开头和结尾的 ( 和 )

返回值:

不含 ( 或 ) 的字符串

```
public static String removeBox(String s)
```

移除字符串开头和结尾的 [ 和 ]

参数:

s - 要从中移除的字符串

返回值:  
不含 [ 或 ] 的字符串

```
public void removeBox()
```

移除所有词开头和结尾的 [ 和 ]

返回值:  
不含 [ 或 ] 的字符串

```
public static String removeAngle(String s)
```

移除字符串开头和结尾的 < 和 >

参数:  
s - 要从中移除的字符串

返回值:  
不含 < 或 > 的字符串

```
public void removeAngle()
```

移除所有词开头和结尾的 < 和 >

返回值:  
不含 < 或 > 的字符串

```
Class org.postgresql.util.Serialize
```

它已在前面“对象序列化”一节中说明。

```
Class org.postgresql.util.UnixCrypt
```

```
java.lang.Object
```

```
|
+----org.postgresql.util.UnixCrypt
```

```
public class UnixCrypt extends Object
```

这个类使我们能够在口令经网络流发送时对其加密

包含用于加密口令以及与 Unix 加密口令比对的静态方法。

原始源码见 John Dumas 的 Java Crypt 页面。

<http://www.zeh.com/local/jfd/crypt.html>

方法

```
public static final String crypt(String salt,
 String original)
```

根据明文口令和一个“盐”加密口令。

参数:  
salt - 一个两字符字符串, 表示用于以多种方式迭代加密引擎的盐。如果要生成新加密, 此值应当随机化。

`original` - 要加密的口令。

返回值:

由 2 字符盐后接加密口令组成的字符串。

```
public static final String crypt(String original)
```

根据明文口令加密口令。此方法用 `'java.util.Random'` 类生成随机盐。

参数:

`original` - 要加密的口令。

返回值:

由 2 字符盐后接加密口令组成的字符串。

```
public static final boolean matches(String encryptedPassword,
 String enteredPassword)
```

检查 `enteredPassword` 加密后是否等于 `encryptedPassword`。

参数:

`encryptedPassword` - 已加密口令。假定前两个字符是盐。该字符串与 `Unix /etc/passwd` 文件中的形式相同。`enteredPassword` - 用户（或其他途径）输入的口令。

返回值:

如果口令应视为正确则为 `true`。

## 8.7. 在多线程（multi-threaded）或 servlet 环境中使用驱动

许多 JDBC 驱动的一个问题是，同一时刻只能有一个线程使用一个 `Connection` -- 否则一个线程可能在另一个线程接收结果时发送查询，这对数据库引擎来说会是一件糟糕的事情。

PostgreSQL 6.4 为整个驱动带来了线程安全性。（标准的 JDBC 在 6.3 中就是线程安全的，但 Fastpath API 不是。）因此，如果你的应用程序使用多个线程，你不必担心用复杂的算法来确保同一时刻只有一个在使用数据库。

如果一个线程在另一个线程正在使用连接时尝试使用它，它会等到另一个线程完成其当前操作。如果它是一条常规的 SQL 语句，那么该操作由发送语句和检索任何 `ResultSet`（完整地）组成。如果它是一次 Fastpath 调用（例如从一个 `LargeObject` 读取一个块），那么这就是发送和取回该块的时间。

这对应用程序和 `applet` 来说没有问题，但对 `servlet` 可能造成性能问题。对 `servlet` 来说，连接上可能承受很重的负载。如果你有多个线程执行查询，那么除一个之外每个线程都会暂停，而这可能不是你想要的效果。

为了解决这个问题，建议你创建一个连接池。每当一个线程需要使用数据库时，它向一个管理器类请求一个 `Connection`。管理器把一个空闲的连接交给该线程并把它标记为忙。如果没有空闲连接可用，它就打开一个。一旦该线程用完了连接，就把它归还给管理器，管理器随后可以关闭它或者把它加入池中。管理器还会检查连接是否仍然存活，如果已经死掉就把它从池中移除。

因此，对 `servlet` 来说，是用单个连接还是连接池由你决定。连接池的好处是线程不会受到单个网络连接造成的瓶颈的影响。缺点是它增加了服务器的负载，因为每个 `Connection` 都会创建一个后端进程。这取决于你和你的应用程序的需求。



## 8.8. 延伸阅读

如果你还没有读过，建议你阅读 JDBC API 文档（随 Sun 的 JDK 提供），以及 JDBC 规范。两者都可以从 <http://java.sun.com/products/jdbc/index.html> 获得。

<http://jdbc.postgresql.org> 包含本文档未收录的最新信息，并且还提供预编译的驱动。

# 第 9 章 PyGreSQL - Python 接口

## 作者

由 D'Arcy J.M. Cain (<darcy@druid.net>) 编写。大量基于 Pascal Andre <andre@chimay.via.ecp.fr> 编写的代码。版权 © 1995, Pascal Andre。进一步的修改版权 © 1997-2000, 归 D'Arcy J.M. Cain 所有。

## 9.1. pg 模块

你可以选择使用 `pg` 模块提供的旧而成熟的接口，也可以使用符合 Python DB-SIG 开发的 DB-API 2.0<sup>1</sup> 规范的较新 `pgdb` 接口。

这里我们只描述较旧的 `pg` API。只要 PyGreSQL 还没有收录 DB-API 的描述，你就应该在 <http://www.python.org/topics/database/DatabaseAPI-2.0.html> 阅读该 API 的说明。

可以在 <http://www2.linuxjournal.com/lj-issues/issue49/2605.html> 找到一篇 DB-API 的教程式介绍

`pg` 模块定义了三个对象：

- `pgobject`，它处理连接以及对数据库的所有请求，
- `pglargeobject`，它处理对 Postgres 大对象的所有访问，以及
- `pgqueryobject`，它处理查询结果。

如果你想看到使用其中一些函数的简单示例，请访问 <http://www.druid.net/rides>，在那里我在页面底部放了一个指向该页面实际 Python 代码的链接。

### 9.1.1. 常量

`pg` 模块字典中定义了一些常量。它们旨在用作方法调用的参数。关于它们的更多信息，请参阅 `libpq` 的描述（第 1 章）。这些常量是：

```
INV_READ
INV_WRITE
INV_ARCHIVE
```

大对象的访问模式，由 `(pgobject.)locreate` 和 `(pglarge.)open` 使用。

```
SEEK_SET
SEEK_CUR
SEEK_END
```

位置标志，由 `(pglarge.)seek` 使用。

```
version
__version__
```

给出当前版本的常量

<sup>1</sup><http://www.python.org/topics/database/DatabaseAPI-2.0.html>

## 9.2. pg 模块函数

pg 模块只定义了少量方法，用于连接数据库以及定义覆盖 PostgreSQL 所用环境变量的“默认变量”。

这些“默认变量”的设计意图是让你能够处理常规连接参数，而无需在程序中写大量代码。你可以提示用户输入一个值，把它放入默认变量，然后就不用再管它，而不必修改你的环境。可以在 Python Setup 文件中设置 -DNO\_DEF\_VAR 选项来禁用默认变量支持。与此相关的方法以标记 [DV] 标明。

在模块初始化时，所有变量都被设为 None，表示应使用标准环境变量。

## connect

connect — 打开到数据库服务器的连接

### 大纲

```
connect([dbname], [host], [port], [opt], [tty], [user], [passwd])
```

### 参数

*dbname*

所连接数据库的名称（字符串/None）。

*host*

服务器主机名（字符串/None）。

*port*

数据库服务器使用的端口（整数/-1）。

*opt*

服务器选项（字符串/None）。

*tty*

用于后端可选调试输出的文件或 tty（字符串/None）。

*user*

PostgreSQL 用户（字符串/None）。

*passwd*

用户口令（字符串/None）。

### 返回类型

*pgobject*

成功时，返回一个处理数据库连接的对象。

### 异常

**TypeError**

参数类型错误，或参数过多。

**SyntaxError**

重复的参数定义。

**pg.error**

在定义 pg 连接期间发生了某个错误。

（加上与对象分配有关的所有异常）

## 描述

此方法打开到给定 PostgreSQL 服务器上指定数据库的连接。这里可以像 Python 教程中描述的那样使用关键字。关键字的名称就是语法行中给出的参数名。关于参数的精确描述，请参阅 PostgreSQL 用户手册。

## 示例

```
import pg

con1 = pg.connect('testdb', 'myhost', 5432, None, None, 'bob',
 None)
con2 = pg.connect(dbname='testdb', host='localhost', user='bob')
```

# get\_defhost

get\_defhost — 获取默认主机名 [DV]

## 大纲

```
get_defhost()
```

## 参数

none

## 返回类型

string or None

默认主机说明

## 异常

SyntaxError

参数过多。

## 描述

`get_defhost()` 返回当前的默认主机说明，若应使用环境变量则返回 None。环境变量将不会被查找。

# set\_defhost

set\_defhost — 设置默认主机名 [DV]

## 大纲

```
set_defhost(host)
```

## 参数

*host*

新的默认主机（字符串/None）。

## 返回类型

string or None

之前的默认主机说明。

## 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

## 描述

`set_defhost()` 为新连接设置默认主机值。如果以参数形式给出 `None`，则后续连接将使用环境变量。它返回之前的默认主机设置。

# get\_defport

get\_defport — 获取默认端口 [DV]

## 大纲

```
get_defport()
```

## 参数

none

## 返回类型

integer or None

默认端口说明

## 异常

SyntaxError

参数过多。

## 描述

`get_defport()` 返回当前的默认端口说明，若应使用环境变量则返回 None。环境变量将不会被查找。



# set\_defport

set\_defport — 设置默认端口 [DV]

## 大纲

```
set_defport(port)
```

## 参数

*port*

新的默认端口（整数/-1）。

## 返回类型

integer or None

之前的默认端口说明。

## 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

## 描述

`set_defport()` 为新连接设置默认端口值。如果以参数形式给出 -1，则后续连接将使用环境变量。它返回之前的默认端口设置。

## get\_defopt

get\_defopt — 获取默认选项说明 [DV]

### 大纲

```
get_defopt()
```

### 参数

none

### 返回类型

string or None

默认选项说明

### 异常

SyntaxError

参数过多。

### 描述

`get_defopt()` 返回当前的默认连接选项说明，若应使用环境变量则返回 `None`。环境变量将不会被查找。

# set\_defopt

set\_defopt — 设置默认选项说明 [DV]

## 大纲

```
set_defopt(options)
```

## 参数

*options*

新的默认连接选项（字符串/None）。

## 返回类型

string or None

之前的默认选项说明。

## 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

## 描述

set\_defopt() 为新连接设置默认连接选项值。如果以参数形式给出 None，则后续连接将使用环境变量。它返回之前的默认连接选项设置。

## get\_deftty

get\_deftty — 获取默认连接调试终端说明 [DV]

### 大纲

```
get_deftty()
```

### 参数

none

### 返回类型

string or None

默认调试终端说明

### 异常

SyntaxError

参数过多。

### 描述

`get_deftty()` 返回当前的默认调试终端说明，若应使用环境变量则返回 `None`。环境变量将不会被查找。

# set\_deftty

set\_deftty — 设置默认连接调试终端说明 [DV]

## 大纲

```
set_deftty(terminal)
```

## 参数

*terminal*

新的默认调试终端（字符串/None）。

## 返回类型

string or None

之前的默认调试终端说明。

## 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

## 描述

set\_deftty() 为新连接设置默认终端值。如果以参数形式给出 None，则后续连接将使用环境变量。它返回之前的默认终端设置。

# get\_defbase

get\_defbase — 获取默认数据库名说明 [DV]

## 大纲

```
get_defbase()
```

## 参数

none

## 返回类型

string or None

默认调试数据库名说明

## 异常

SyntaxError

参数过多。

## 描述

get\_defbase() 返回当前的默认数据库名说明，若应使用环境变量则返回 None。环境变量将不会被查找。

## set\_defbase

set\_defbase — 设置默认数据库名说明 [DV]

### 大纲

```
set_defbase(database)
```

### 参数

*database*

新的默认数据库名（字符串/None）。

### 返回类型

string or None

之前的默认数据库名说明。

### 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

### 描述

set\_defbase() 为新连接设置默认数据库名。如果以参数形式给出 None，则后续连接将使用环境变量。它返回之前的默认数据库名设置。

## 9.3. 连接对象：pgobject

此对象处理到 PostgreSQL 数据库的连接。它内嵌并隐藏了定义此连接的所有参数，只在函数调用中留下真正有意义的参数。

一些方法允许直接访问连接套接字。它们以标记 [DA] 标明。除非你真的知道自己在做什么，否则不要使用它们。如果你更愿意禁用它们，请在 Python Setup 文件中设置 -DNO\_DIRECT 选项。

另一些方法允许访问大对象。如果想在模块中禁止这些访问，请在 Python Setup 文件中设置 -DNO\_LARGE 选项。它们以标记 [LO] 标明。

每个 pgobject 定义了一组只读属性，描述连接及其状态。这些属性是：

host

服务器主机（字符串）

port

服务器的端口（整数）

db

选定的数据库（字符串）

options

连接选项（字符串）

tty

连接调试终端（字符串）

user

数据库系统上的用户名（字符串）

status

连接的状态（整数：1 - 正常，0 - 故障）

error

来自服务器的最近一条警告/错误消息（字符串）



## query

query — 执行一条 SQL 命令

## 大纲

`query(command)`

### 参数

*command*

SQL 命令（字符串）。

### 返回类型

pgqueryobject or None

结果值。

### 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

ValueError

空的 SQL 查询。

pg.error

查询处理期间出错，或无效的连接。

## 描述

`query()` 方法向数据库发送一条 SQL 查询。如果查询是插入语句，返回值是新插入行的 OID。如果是无结果的其他查询（即不是某种 `SELECT` 语句），则返回 `None`。否则，它返回一个 `pgqueryobject`，可以通过 `getresult()` 或 `dictresult()` 方法访问，也可以直接打印。

## reset

reset — 重置连接

## 大纲

`reset()`

## 参数

none

## 返回类型

none

## 异常

`TypeError`

（任意）参数过多。

## 描述

`reset()` 方法重置当前数据库。

## close

close — 关闭数据库连接

## 大纲

`close()`

## 参数

none

## 返回类型

none

## 异常

TypeError

（任意）参数过多。

## 描述

`close()` 方法关闭数据库连接。连接被删除时无论如何都会被关闭，但此方法允许在需要时显式地关闭它。它存在主要是为了让 DB-SIG API 包装能够实现一个 close 函数。

# fileno

`fileno` — 返回用于连接数据库的套接字

## 大纲

```
fileno()
```

## 参数

`none`

## 返回类型

socket id

用于连接数据库的底层套接字 id。

## 异常

`TypeError`

(任意) 参数过多。

## 描述

`fileno()` 方法返回用于连接数据库的底层套接字 id。这在 `select` 调用等场合很有用。

# getnotify

getnotify — 获取来自服务器的最近一次通知

## 大纲

```
getnotify()
```

### 参数

none

### 返回类型

tuple, None

来自服务器的最近一次通知

### 异常

TypeError

(任意) 参数过多。

pg.error

无效的连接。

## 描述

`getnotify()` 方法尝试获取来自服务器的通知（来自 SQL 语句 `NOTIFY`）。如果服务器没有返回通知，该方法返回 `None`。否则，它返回一个元组（对）(`relname`, `pid`)，其中 `relname` 是通知的名称，`pid` 是触发该通知的连接的进程 id。记住先做一次 `listen` 查询，否则 `getnotify` 将始终返回 `None`。

# inserttable

inserttable — 把一个列表插入表中

## 大纲

```
inserttable(table, values)
```

### 参数

*table*

表名（字符串）。

*values*

要插入的行值列表（列表）。

### 返回类型

none

### 异常

TypeError

参数类型错误，或（任意）参数过多。

pg.error

无效的连接。

## 描述

`inserttable()` 方法允许把大块数据快速插入表中：它把整个值列表插入给定的表。该列表是一个元组/列表的列表，每个元组/列表定义一行要插入的值。行的值可以包含字符串、整数、long 或 double (real) 值。务必小心：此方法不会按照表定义对字段做类型检查；它只查看自己是否知道如何处理这些类型。

# putline

putline — 向服务器套接字写一行 [DA]

## 大纲

```
putline(line)
```

## 参数

*line*

要写的行（字符串）。

## 返回类型

none

## 异常

TypeError

参数类型错误，或（任意）参数过多。

pg.error

无效的连接。

## 描述

`putline()` 方法允许直接向服务器套接字写一个字符串。

# getline

getline — 从服务器套接字读一行 [DA]

## 大纲

```
getline()
```

## 参数

none

## 返回类型

string

读到的行。

## 异常

TypeError

参数类型错误，或（任意）参数过多。

pg.error

无效的连接。

## 描述

`getline()` 方法允许直接从服务器套接字读一个字符串。



# endcopy

endcopy — 同步客户端和服务端 [DA]

## 大纲

```
endcopy()
```

## 参数

none

## 返回类型

none

## 异常

TypeError

参数类型错误，或（任意）参数过多。

pg.error

无效的连接。

## 描述

使用直接访问方法可能使客户端和服务端失去同步。  
此方法确保命令结束时客户端和服务端是同步的。

# locreate

locreate — 在数据库中创建一个对象 [LO]

## 大纲

```
locreate(mode)
```

### 参数

*mode*

大对象创建模式。

### 返回类型

pglarge

处理 PostgreSQL 大对象的对象。

### 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

pg.error

无效的连接，或创建错误。

## 描述

`locreate()` 方法在数据库中创建一个对象。模式可以通过把 `pg` 模块中定义的常量 (`INV_READ`, `INV_WRITE` 和 `INV_ARCHIVE`) 按位 OR 来定义。

## getlo

getlo — 根据给定的 OID 构建一个大对象 [LO]

## 大纲

```
getlo(oid)
```

## 参数

*oid*

现有大对象的 *oid*（整数）。

## 返回类型

pglarge

处理 PostgreSQL 大对象的对象。

## 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

pg.error

无效的连接。

## 描述

`getlo()` 方法允许通过 `pglarge` 接口复用先前创建的大对象，前提是你知道它的 *oid*。

## loimport

loimport — 把文件导入为一个 PostgreSQL 大对象 [LO]

### 大纲

```
loimport(filename)
```

### 参数

*filename*

要导入的文件名（字符串）。

### 返回类型

pglarge

处理 PostgreSQL 大对象的对象。

### 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

pg.error

无效的连接，或文件导入期间出错。

### 描述

`loimport()` 方法允许以非常简单的方式创建大对象。你只需给出包含要导入数据的文件名，它就会在数据库中创建该对象。

## 9.4. 数据库包装类：DB

`pg` 模块包含一个名为 `DB` 的类。所有 `pgobject` 方法也都包含在这个类中。下面描述若干额外的 `DB` 类方法。使用本模块的推荐方式如下（见下文初始化方法的描述）：

```
import pg

db = pg.DB(...)

for r in db.query(
 "SELECT foo,bar
 FROM foo_bar_table
 WHERE foo !~ bar"
).dictresult():

 print '%(foo)s %(bar)s' % r
```

下面描述该类的方法和变量。

`DB` 类使用与 `pg.connect` 方法相同的参数初始化。它还初始化几个内部变量。语句 `db = DB()` 会像 `pg.connect()` 那样，以用户名打开本地数据库。

## pkey

pkey — 返回一个表的主键

## 大纲

```
pkey(table)
```

## 参数

*table*

表名。

## 返回类型

string

作为表主键的字段名。

## 描述

`pkey()` 方法返回一个表的主键。注意，如果表没有主键，这会抛出异常。

## get\_databases

get\_databases — 获取系统中数据库的列表

### 大纲

```
get_databases()
```

### 参数

none

### 返回类型

list

系统中数据库的列表。

### 描述

虽然你可以用一个简单的 `select` 做到这一点，但为了方便起见还是把它加在了这里

## get\_tables

get\_tables — 获取所连接数据库中表的列表

### 大纲

```
get_tables()
```

### 参数

none

### 返回类型

list

所连接数据库中表的列表。

### 描述

虽然你可以用一个简单的 `select` 做到这一点，但为了方便起见还是把它加在了这里

## get\_attnames

get\_attnames — 返回一个表的属性名

### 大纲

```
get_attnames(table)
```

### 参数

*table*

表名。

### 返回类型

list

属性名的列表。

### 描述

给定一个表的名称，挖出它的属性名列表。



## get

get — 从数据库表中获取一个元组

## 大纲

```
get(table, arg, [keyname])
```

### 参数

*table*

表名。

*arg*

一个字典，或者要查找的值。

[*keyname*]

用作键的字段名（可选）。

### 返回类型

dictionary

一个把属性名映射到行值的字典。

## 描述

此方法是获取单个行的基本机制。它假定键指定了唯一的一行。如果没有给出 *keyname*，则使用该表的主键。如果 *arg* 是一个字典，就从它取键的值，并且它会被修改为包含新的值，必要的地方替换现有的值。*oid* 也会被放入字典中，但为了让调用者能够处理多个表，属性名经过了改写以使其唯一。它由字符串 *oid\_* 后跟表名组成。

# insert

insert — 把一个元组插入数据库表

## 大纲

```
insert(table, a)
```

## 参数

*table*

表名。

*a*

一个值的字典。

## 返回类型

integer

新插入行的 OID。

## 描述

此方法把值插入指定的表，用字典中的值填充。然后带着数据库中的值把字典重新载入。这会使字典被规则、触发器等修改过的值更新。

# update

update — 更新数据库表

## 大纲

```
update(table, a)
```

## 参数

*table*

表名。

*a*

一个值的字典。

## 返回类型

integer

新更新行的 OID。

## 描述

类似于 insert，但更新现有的行。更新基于 get 处理后的 OID 值。返回的数组就是被修改并发回数据库的那个。

## clear

clear — 清空数据库表

## 大纲

```
clear(table, [a])
```

## 参数

*table*

表名。

[*a*]

一个值的字典。

## 返回类型

dictionary

一个带空行的字典。

## 描述

此方法把所有属性清除为由类型决定的值。数值类型被设为 0，日期被设为 'today'，其他一切都设为空字符串。如果给出 array 参数，就把它用作数组，与属性名匹配的所有条目被清除，其余内容保持不变。

## delete

delete — 从表中删除一行

### 大纲

```
delete(table, [a])
```

### 参数

*table*

表名。

[*a*]

一个值的字典。

### 返回类型

none

### 描述

此方法从表中删除行。它基于上文所述处理后的 OID 进行删除。

## 9.5. 查询结果对象：pgqueryobject

# getresult

getresult — 获取查询返回的值

## 大纲

`getresult()`

## 参数

`none`

## 返回类型

`list`

元组的列表。

## 异常

`SyntaxError`

参数过多。

`pg.error`

无效的前一个结果。

## 描述

`getresult()` 方法返回查询返回的值的列表。关于这个结果的更多信息可以用 `listfields`、`fieldname` 和 `fieldnum` 方法访问。

# dictresult

dictresult — 以字典列表的形式获取查询返回的值

## 大纲

`dictresult()`

### 参数

`none`

### 返回类型

`list`

字典的列表。

### 异常

`SyntaxError`

参数过多。

`pg.error`

无效的前一个结果。

## 描述

`dictresult()` 方法以字典列表的形式返回查询返回的值，每个元组都是一个以字段名作为字典索引的字典。

# listfields

listfields — 列出查询结果的字段名

## 大纲

```
listfields()
```

## 参数

none

## 返回类型

list

字段名

## 异常

SyntaxError

参数过多。

pg.error

无效的查询结果，或无效的连接。

## 描述

`listfields()` 方法返回为查询结果定义的字段名列表。这些字段与结果值的顺序相同。



# fieldname

fieldname — 按编号获取字段名

## 大纲

```
fieldname(i)
```

### 参数

*i*

字段编号（整数）。

### 返回类型

string

字段名。

### 异常

`TypeError`

参数类型错误，或参数过多。

`ValueError`

无效的字段编号。

`pg.error`

无效的查询结果，或无效的连接。

## 描述

`fieldname()` 方法允许根据序号查找字段名。它在显示结果时可能很有用。这些字段与结果值的顺序相同。

# fieldnum

fieldnum — 按名称获取字段编号

## 大纲

```
fieldnum(name)
```

## 参数

*name*

字段名（字符串）。

## 返回类型

integer

字段编号（整数）。

## 异常

`TypeError`

参数类型错误，或参数过多。

`ValueError`

未知的字段名。

`pg.error`

无效的查询结果，或无效的连接。

## 描述

`fieldnum()` 方法根据名称返回字段编号。它可以用来构建一个把结果列表字符串转换为正确类型的函数，使用一张硬编码的表定义。返回的编号是该字段在结果值列表中的序号。

## ntuples

ntuples — 返回查询对象中的元组数

### 大纲

`ntuples()`

### 参数

none

### 返回类型

integer

查询对象中的元组数。

### 异常

`SyntaxError`

参数过多。

### 描述

`ntuples()` 方法返回查询中找到的元组数。

## 9.6. 大对象：pglarge

此对象处理与 PostgreSQL 大对象有关的所有请求。它内嵌并隐藏了所有“重复”变量（对象 OID 和连接），方式与 `pgobject` 所做的完全相同，因此只在函数调用中保留有意义的参数。它保留一个对创建它时所用的 `pgobject` 的引用，通过其参数发送请求。除了取消引用之外，对 `pgobject` 的任何修改都会影响 `pglarge` 对象。对初始 `pgobject` 取消引用不是问题，因为在大对象取消对其引用之前，Python 不会释放它。所有函数在调用出错时都返回一条通用的错误消息，无论实际错误是什么。对象的 `error` 属性允许获取确切的错误消息。

`pglarge` 对象定义了一组只读属性，允许获取关于它的一些信息。这些属性是：

`oid`

与该对象关联的 `oid`

`pgcnx`

用于创建该对象的 `pgobject`

`error`

连接的最近一条警告/错误消息

### 小心

在多线程环境中，`error` 可能被另一个使用同一 `pgobject` 的线程修改。请记住，这些对象是共享的，而不是复制的；在这种情况下如果要检查错误消息，你应当提供某种锁。`OID` 属性非常有用，因为它允许你之后重用该 `OID`，用一个 `pgobject.getlo()` 方法调用创建 `pglarge` 对象。

关于 PostgreSQL 大对象接口的更多信息，另见第 2 章。

## open

open — 打开大对象

## 大纲

`open(mode)`

### 参数

*mode*

打开模式定义（整数）。

### 返回类型

none

### 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

IOError

对象已打开，或打开错误。

pg.error

无效的连接。

## 描述

`open()` 方法打开一个大对象用于读/写，方式与 UNIX `open()` 函数相同。模式值可以通过把 `pg` 模块中定义的常量（`INV_READ`，`INV_WRITE`）按位 OR 来获得。

# close

close — 关闭大对象

## 大纲

`close()`

## 参数

none

## 返回类型

none

## 异常

SyntaxError

参数过多。

IOError

对象未打开，或关闭错误。

pg.error

无效的连接。

## 描述

`close()` 方法关闭先前打开的大对象，方式与 UNIX `close()` 函数相同。

# read

read — 从大对象读取

## 大纲

```
read(size)
```

## 参数

*size*

要读取的缓冲区的最大大小（整数）。

## 返回类型

string

读到的缓冲区。

## 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

IOError

对象未打开，或读取错误。

pg.error

无效的连接或无效的对象。

## 描述

`read()` 方法允许从大对象的当前位置开始读取数据。

## write

write — 写入大对象

### 大纲

```
write(string)
```

### 参数

*string*

要写入的缓冲区（字符串）。

### 返回类型

none

### 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

IOError

对象未打开，或写入错误。

pg.error

无效的连接或无效的对象。

### 描述

`write()` 方法允许向大对象的当前位置开始写入数据。



## seek

seek — 改变大对象中的当前位置

## 大纲

```
seek(offset, whence)
```

### 参数

*offset*

位置偏移（整数）。

*whence*

位置参数（整数）。

### 返回类型

integer

对象中新的当前位置。

### 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

IOError

对象未打开，或定位错误。

pg.error

无效的连接或无效的对象。

## 描述

`seek()` 方法允许移动大对象中的游标位置。`whence` 参数可以通过把 `pg` 模块中定义的常量 (`SEEK_SET`, `SEEK_CUR`, `SEEK_END`) 按位 OR 来获得。

## tell

tell — 返回大对象中的当前位置

## 大纲

```
tell()
```

### 参数

none

### 返回类型

integer

对象中的当前位置。

### 异常

SyntaxError

参数过多。

IOError

对象未打开，或定位错误。

pg.error

无效的连接或无效的对象。

## 描述

`tell()` 方法允许获取大对象中的当前位置。

# unlink

unlink — 删除大对象

## 大纲

```
unlink()
```

## 参数

none

## 返回类型

none

## 异常

SyntaxError

参数过多。

IOError

对象未关闭，或删除错误。

pg.error

无效的连接或无效的对象。

## 描述

`unlink()` 方法删除（unlink）大对象。

## size

size — 返回大对象的大小

## 大纲

```
size()
```

## 参数

none

## 返回类型

integer

大对象的大小。

## 异常

SyntaxError

参数过多。

IOError

对象未打开，或定位/查询位置错误。

pg.error

无效的连接或无效的对象。

## 描述

`size()` 方法允许获取大对象的大小。之所以实现它，是因为这个函数对带 WWW 接口的数据库非常有用。目前，必须先打开大对象。

## export

export — 把大对象保存到文件

### 大纲

```
export(filename)
```

### 参数

*filename*

要创建的文件。

### 返回类型

none

### 异常

TypeError

参数类型错误，或参数过多。

IOError

对象未关闭，或导出错误。

pg.error

无效的连接或无效的对象。

### 描述

`export()` 方法允许以非常简单的方式转储大对象的内容。导出的文件在程序所在的主机上创建，而不是在服务器主机上创建。

## 9.7. DB-API 接口

参阅 <http://www.python.org/topics/database/DatabaseAPI-2.0.html> 中对 DB-API 2.0 的描述。

---

## 第 10 章 Lisp 编程接口

pg.el 是一个面向 emacs 的 Postgres 套接字级接口。

### 作者

由 Eric Marsden <emarsden@mail.dotcom.fr> 于 1999-07-21 撰写

pg.el 是一个面向 emacs（卓越的文本编辑器）的 Postgres 套接字级接口。该模块能够把一系列 SQL 类型强制转换为等价的 Emacs Lisp 类型。它目前既不支持 crypt 或 Kerberos 认证，也不支持大对象。

代码（版本 0.2）以 GNU GPL 许可发布，可从 Eric Marsden<sup>1</sup> 获取

自上个版本以来的变更：

- 现在可以在 XEmacs 下工作（已在 Emacs 19.34 和 20.2 以及 XEmacs 20.4 上测试）
- 增加了提供数据库元信息的函数（数据库、表、列的列表）
- 'pg:result' 的参数现在改为 :keywords
- 对 MULE 有抵抗力
- 更多自测试代码

请注意这是一个程序员的 API，不提供任何形式的用户界面。示例：

```
(defun demo ()
 (interactive)
 (let* ((conn (pg:connect "template1" "postgres" "postgres"))
 (res (pg:exec conn "SELECT * from scshdemo WHERE a =
42"))))
 (message "status is %s" (pg:result res :status))
 (message "metadata is %s" (pg:result res :attributes))
 (message "data is %s" (pg:result res :tuples))
 (pg:disconnect conn)))
```

---

<sup>1</sup><http://www.chez.com/emarsden/downloads/pg.el>

---

## 部分 II. 服务器编程

---

---

# 目录

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 11. 体系结构 .....                          | 170 |
| 11.1. Postgres 体系结构概念 .....             | 170 |
| 12. 扩展 SQL: 概览 .....                    | 173 |
| 12.1. 可扩展性如何运作 .....                    | 173 |
| 12.2. Postgres 类型系统 .....               | 173 |
| 12.3. 关于 Postgres 系统目录 .....            | 173 |
| 13. 扩展 SQL: 函数 .....                    | 176 |
| 13.1. 查询语言 (SQL) 函数 .....               | 176 |
| 13.1.1. 示例 .....                        | 176 |
| 13.1.2. 基本类型上的 SQL 函数 .....             | 177 |
| 13.1.3. 复合类型上的 SQL 函数 .....             | 177 |
| 13.2. 过程语言函数 .....                      | 179 |
| 13.3. 内部函数 .....                        | 179 |
| 13.4. 编译型 (C) 语言函数 .....                | 179 |
| 13.4.1. C 语言函数中的基础类型 .....              | 180 |
| 13.4.2. C 语言函数的版本 0 调用约定 .....          | 182 |
| 13.4.3. C 语言函数的版本 1 调用约定 .....          | 183 |
| 13.4.4. C 语言函数中的复合类型 .....              | 186 |
| 13.4.5. 编写代码 .....                      | 187 |
| 13.4.6. 编译和链接动态装载的函数 .....              | 187 |
| 13.5. 函数重载 .....                        | 190 |
| 13.5.1. 名字空间冲突 .....                    | 190 |
| 14. 扩展 SQL: 类型 .....                    | 191 |
| 14.1. 用户定义的类型 .....                     | 191 |
| 14.1.1. 用户定义类型所需的函数 .....               | 191 |
| 14.1.2. 大对象 .....                       | 192 |
| 15. 扩展 SQL: 操作符 .....                   | 193 |
| 15.1. 操作符优化信息 .....                     | 193 |
| 15.1.1. COMMUTATOR .....                | 194 |
| 15.1.2. NEGATOR .....                   | 194 |
| 15.1.3. RESTRICT .....                  | 194 |
| 15.1.4. JOIN .....                      | 195 |
| 15.1.5. HASHES .....                    | 196 |
| 15.1.6. SORT1 and SORT2 .....           | 196 |
| 16. 扩展 SQL: 聚合 .....                    | 198 |
| 17. Postgres 规则系统 .....                 | 199 |
| 17.1. 什么是查询树? .....                     | 199 |
| 17.1.1. 查询树的组成部分 .....                  | 199 |
| 17.2. 视图和规则系统 .....                     | 200 |
| 17.2.1. Postgres 中视图的实现 .....           | 200 |
| 17.2.2. SELECT 规则如何工作 .....             | 201 |
| 17.2.3. 非 SELECT 语句中的视图规则 .....         | 206 |
| 17.2.4. Postgres 中视图的能力 .....           | 206 |
| 17.2.5. 那么更新视图会怎么样? .....               | 207 |
| 17.3. INSERT、UPDATE 和 DELETE 上的规则 ..... | 207 |
| 17.3.1. 与视图规则的区别 .....                  | 207 |
| 17.3.2. 这些规则如何工作 .....                  | 207 |
| 17.3.3. 与视图的协作 .....                    | 211 |
| 17.4. 规则和权限 .....                       | 216 |
| 17.5. 规则与触发器 .....                      | 217 |
| 18. 索引扩展接口 .....                        | 220 |
| 19. 索引代价估计函数 .....                      | 225 |
| 20. GiST 索引 .....                       | 228 |
| 21. 触发器 .....                           | 229 |
| 21.1. 触发器创建 .....                       | 229 |



|                        |     |
|------------------------|-----|
| 21.2. 与触发器管理器的交互 ..... | 230 |
| 21.3. 数据更改的可见性 .....   | 232 |
| 21.4. 示例 .....         | 232 |
| 22. 服务器编程接口 .....      | 236 |
| 22.1. 接口函数 .....       | 236 |
| 22.2. 接口支持函数 .....     | 244 |
| 22.3. 内存管理 .....       | 256 |
| 22.4. 数据更改的可见性 .....   | 256 |
| 22.5. 示例 .....         | 257 |

---

# 第 11 章 体系结构

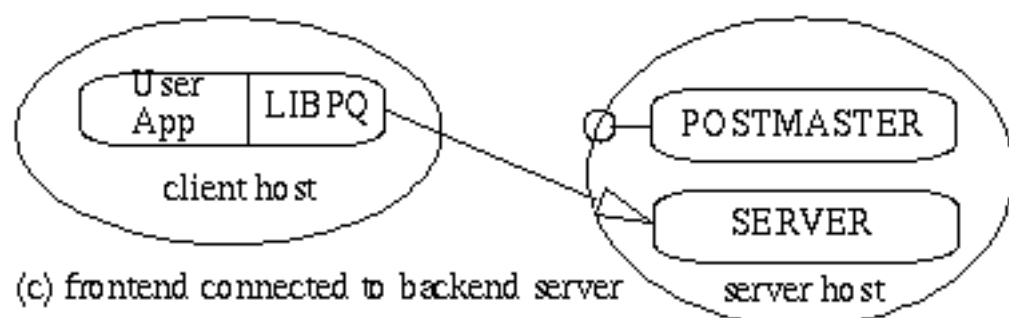
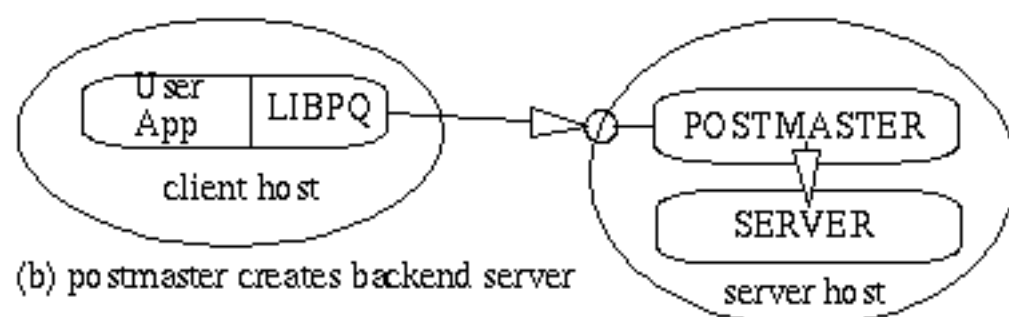
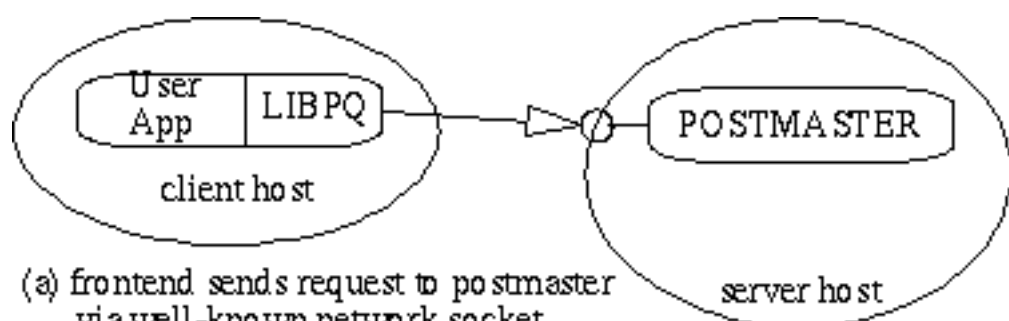
## 11.1. Postgres 体系结构概念

在继续之前，你应当理解 Postgres 系统的基本体系结构。理解 Postgres 各部分的交互方式会让下一章更容易理解。用数据库术语来说，Postgres 使用简单的"每用户一进程"客户端/服务器模型。一个 Postgres 会话由下列协作的 Unix 进程（程序）组成：

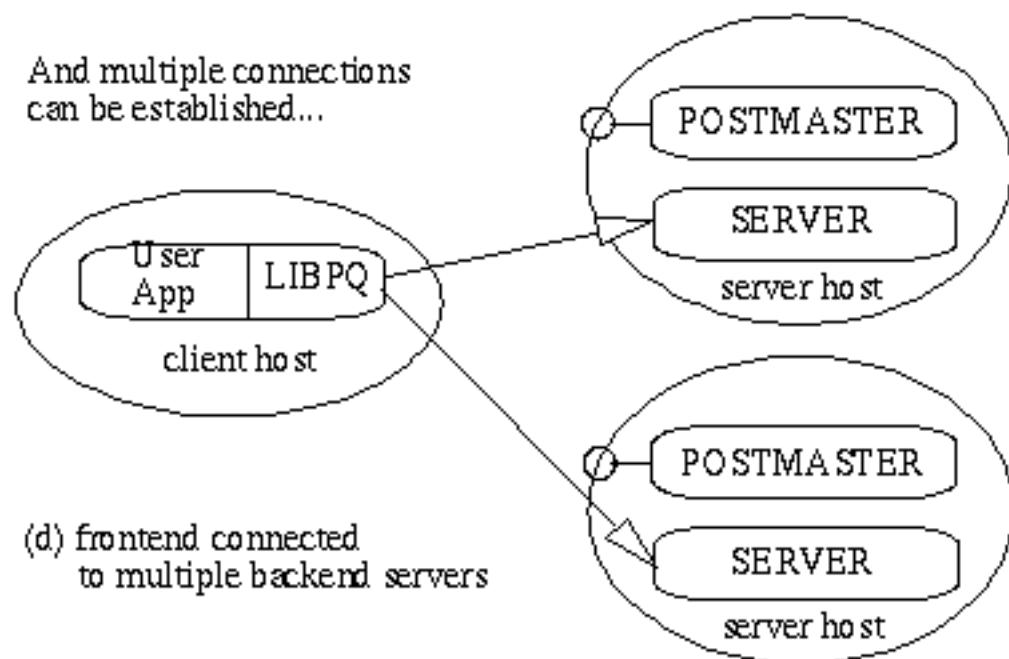
- 一个管理守护进程（postmaster），
- 用户的前端应用（例如 psql 程序），以及
- 一个或多个后端数据库服务器（postgres 进程本身）。

单个 postmaster 管理单个主机上给定的数据库集合。这样的数据库集合称为（数据库）集群。希望访问集群中某个数据库的前端应用调用该库。该库通过网络把用户请求发送给 postmaster (图 11.1(a))，后者再启动一个新的后端服务器进程 (图 11.1(b))

图 11.1. 如何建立连接



And multiple connections  
can be established...



并把前端进程连接到新服务器（图 11.1(c)）。从那时起，前端进程和后端服务器之间的通信不再需要 `postmaster` 干预。因此，`postmaster` 总是在运行并等待请求，而前端和后端进程则来来去去。`libpq` 库允许单个前端对后端进程建立多个连接。但前端应用仍然是一个单线程进程。`libpq` 目前不支持多线程的前端/后端连接。这一体系结构的一个含义是 `postmaster` 和后端总是运行在同一台机器（数据库服务器）上，而前端应用可以运行在任何地方。你应当牢记这一点，因为在客户端机器上可以访问的文件在数据库服务器机器上可能无法访问（或者只能用不同的文件名访问）。你还应当知道 `postmaster` 和 `postgres` 服务器以 `Postgres "superuser."`（超级用户）的 `user-id` 运行。注意 `Postgres` 超级用户不必是任何特定的用户（例如名为 `"postgres"` 的用户），虽然许多系统就是这样安装的。而且，`Postgres` 超级用户绝对不应该是 `Unix` 超级用户 `"root"`！无论如何，与数据库相关的所有文件都应属于这个 `Postgres` 超级用户。

# 第 12 章 扩展 SQL：概览

在后面的各节中，我们将讨论如何通过添加下列内容来扩展 Postgres 的 SQL 查询语言：

- 函数
- 类型
- 操作符
- 聚集

## 12.1. 可扩展性如何运作

Postgres 之所以可扩展，是因为它的操作是目录驱动的。如果你熟悉标准的关系系统，就知道它们把关于数据库、表、列等的信息存储在通常所谓的系统目录中。

（有些系统称之为数据字典。）这些目录在用户看来与其他表一样，但 DBMS 把它的内部簿记存储在其中。Postgres 与标准关系系统之间的一个关键区别是，Postgres 在其目录中存储的信息多得多——不仅有关于表和列的信息，还有关于其类型、函数、访问方法等的信息。用户可以修改这些表，而由于 Postgres 把它的内部操作建立在这些表之上，这意味着 Postgres 可以由用户扩展。相比之下，传统数据库系统只能通过更改 DBMS 内部的硬编码过程或装载由 DBMS 厂商专门编写的模块来扩展。

Postgres 与大多数其他数据管理器的另一个不同之处在于，服务器可以通过动态装载把用户编写的代码纳入自身。也就是说，用户可以指定一个实现新类型或函数的目标代码文件（例如编译好的 .o 文件或共享库），Postgres 会按需装载它。用 SQL 编写的代码加入服务器更是轻而易举。这种“即时”修改操作的能力使 Postgres 特别适合新应用和存储结构的快速原型开发。

## 12.2. Postgres 类型系统

Postgres 的类型系统可以从几个方面细分。类型分为基本类型和复合类型。基本类型是像 int4 这样用 C 之类的语言实现的类型。它们大体对应于通常所说的“抽象数据类型”；Postgres 只能通过用户提供的方法操作这类类型，并且只在用户描述它们的程度上理解这类类型的行为。复合类型在用户创建表时创建。EMP 是复合类型的一个例子。

Postgres 只以一种方式存储这些类型（在存储表的所有行的文件内），但用户可以从查询语言“窥视”这些类型的属性，并通过（例如）在属性上定义索引来优化它们的检索。Postgres 的基本类型进一步分为内置类型和用户定义类型。内置类型（如 int4）是编译进系统的那些。用户定义类型是用户以下面要描述的方式创建的类型。

## 12.3. 关于 Postgres 系统目录

介绍了基本的可扩展性概念之后，我们现在可以看看目录实际上是如何组织的。现在可以跳过本节，但后面的某些章节如果没有这里给出的信息将无法理解，所以请给这一页做个标记以便以后参考。所有系统目录的名称都以 pg\_ 开头。下面的表包含可能对最终用户有用的信息。（还有很多其他系统目录，但很少需要直接查询它们。）

表 12.1. Postgres 系统目录

| 目录名          | 描述             |
|--------------|----------------|
| pg_database  | 数据库            |
| pg_class     | 表              |
| pg_attribute | 表列             |
| pg_index     | 辅助索引           |
| pg_proc      | 过程（C 和 SQL 都是） |
| pg_type      | 类型（基本和复合都是）    |

| 目录名          | 描述        |
|--------------|-----------|
| pg_operator  | operators |
| pg_aggregate | 聚集和聚集函数   |
| pg_am        | 访问方法      |
| pg_amop      | 访问方法操作符   |
| pg_amproc    | 访问方法支持函数  |
| pg_opclass   | 访问方法操作符类  |

图 12.1. Postgres 的主要系统目录

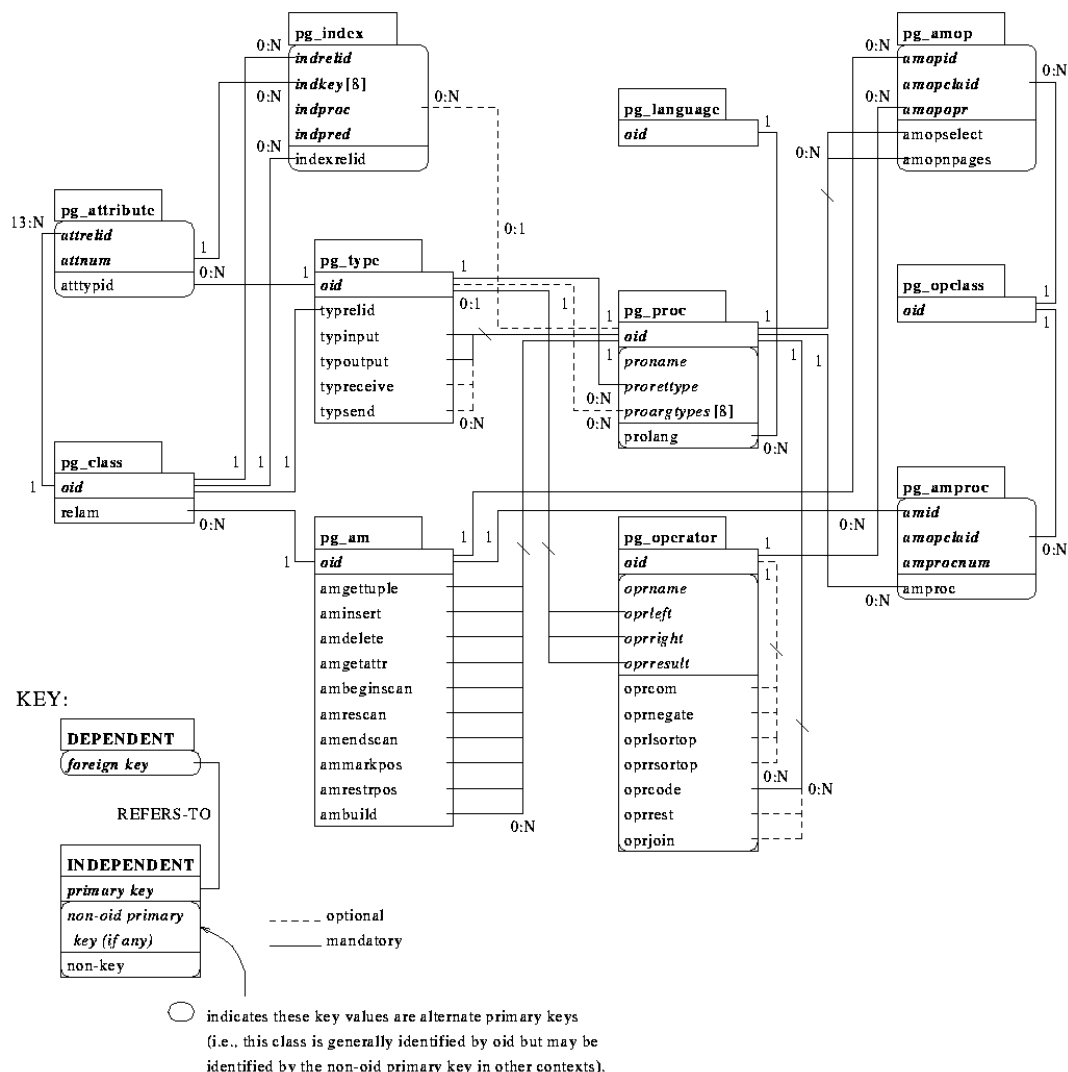


Figure 3. The major POSTGRES system catalogs.

参考手册对这些目录及其列给出了更详细的解释。不过，图 12.1 展示了系统目录中的主要实体及其关系。（不引用其他实体的列没有显示，除非它们是主键的一部分。）在你实际开始查看目录的内容并了解它们彼此如何关联之前，这张图多少令人费解。就目前而言，从这张图中应了解的主要事项如下：

- 在后面的几节中，我们将给出系统目录上的各种连接查询，它们显示我们扩展系统所需的信息。看这张图应该会让其中一些连接查询（它们通常是三路或四路连接）更容易理解，因为你将能看到查询中使用的列在其他表中构成外键。

- 许多不同的特性（表、列、函数、类型、访问方法等）在这个模式中紧密集成。一条简单的 create 命令就可能修改其中许多目录。
- 类型和过程是这个模式的核心。

### 注意

我们或多或少可以互换地使用过程和函数这两个词。

几乎每个目录都包含对这两个表中之一或两者的行的引用。例如，Postgres 经常使用类型签名（例如函数和操作符的签名）来标识其他目录的唯一行。

- 有许多列和关系的含义是显而易见的，但也有许多（特别是那些与访问方法有关的）并非如此。pg\_am、pg\_amop、pg\_amproc、pg\_operator 和 pg\_opclass 之间的关系特别难以理解，我们将在讨论了基本扩展之后（在把类型和操作符接口到索引的一节中）深入描述它们。

---

# 第 13 章 扩展 SQL：函数

事实证明，定义新类型的一部分工作就是定义描述其行为的函数。因此，虽然可以不定义新类型就定义新函数，反过来却不成立。所以我们在描述如何向 Postgres 添加新类型之前，先描述如何添加新函数。

Postgres SQL 提供三种类型的函数：

- 查询语言函数（用 SQL 编写的函数）
- 过程语言函数（例如用 PLTCL 或 PLSQL 编写的函数）
- 编程语言函数（用 C 这样的编译型编程语言编写的函数）

每种函数都可以接受基本类型、复合类型或它们的某种组合作为参数。此外，每种函数都可以返回基本类型或复合类型。定义 SQL 函数最容易，所以我们从它开始。本节的示例也可以在 `funcs.sql` 和 `funcs.c` 中找到。

## 13.1. 查询语言（SQL）函数

SQL 函数执行一个任意的 SQL 查询列表，返回列表中最后一个查询的结果。SQL 函数一般返回集合。如果其返回类型没有指定为 `setof`，则返回最后一个查询结果中的一个任意元素。

AS 之后的 SQL 函数体应用分号分隔并用单引号括起的查询列表。注意，查询中使用的引号必须转义，即在前面加一个反斜杠。

SQL 函数的参数可以在查询中用 `$n` 语法引用：`$1` 指第一个参数，`$2` 指第二个参数，依此类推。如果参数是复合类型，则可以使用点记法（例如 `"$1.emp"`）访问参数的属性或调用函数。

### 13.1.1. 示例

为说明一个简单的 SQL 函数，考虑下面这个可以用来给银行账户扣款的例子：

```
CREATE FUNCTION tp1 (int4, float8)
 RETURNS int4
 AS 'UPDATE bank
 SET balance = bank.balance - $2
 WHERE bank.acctountno = $1;
 SELECT 1;'
 LANGUAGE 'sql';
```

用户可以执行如下命令给账户 17 扣款 \$100.00：

```
SELECT tp1(17,100.0);
```

下面的示例更有趣，它接受一个 EMP 类型的参数并检索多个结果：

```
CREATE FUNCTION hobbies (EMP) RETURNS SETOF hobbies
 AS 'SELECT hobbies.* FROM hobbies
 WHERE $1.name = hobbies.person'
 LANGUAGE 'sql';
```



### 13.1.2. 基本类型上的 SQL 函数

最简单的 SQL 函数没有参数，只是返回一个基本类型，例如 `int4`：

```
CREATE FUNCTION one()
 RETURNS int4
 AS 'SELECT 1 as RESULT;'
 LANGUAGE 'sql';
```

```
SELECT one() AS answer;
```

```
+-----+
|answer |
+-----+
|1 |
+-----+
```

注意我们为函数结果定义了一个列名（名为 `RESULT`），但这个列名在函数之外不可见。因此结果被标记为 `answer` 而不是 `one`。

定义以基本类型为参数的 SQL 函数几乎同样容易。在下面的示例中，注意我们如何在函数内把参数引用为 `$1` 和 `$2`：

```
CREATE FUNCTION add_em(int4, int4)
 RETURNS int4
 AS 'SELECT $1 + $2;'
 LANGUAGE 'sql';
```

```
SELECT add_em(1, 2) AS answer;
```

```
+-----+
|answer |
+-----+
|3 |
+-----+
```

### 13.1.3. 复合类型上的 SQL 函数

指定带复合类型（如 `EMP`）参数的函数时，我们不仅要指明想要哪个参数（如上面用 `$1` 和 `$2`），还要指明该参数的属性。例如，取函数 `double_salary`，它计算你的薪资翻倍后的值：

```
CREATE FUNCTION double_salary(EMP)
 RETURNS int4
 AS 'SELECT $1.salary * 2 AS salary;'
 LANGUAGE 'sql';
```

```
SELECT name, double_salary(EMP) AS dream
 FROM EMP
 WHERE EMP.cubicle ~= point '(2,1)';
```

```
+-----+-----+
|name | dream |
+-----+-----+
|Sam | 2400 |
+-----+-----+
```

```
+-----+-----+
```

注意语法 \$1.salary 的使用。在进入返回复合类型的函数这一主题之前，我们必须先介绍投影属性的函数记法。简单的解释是：attribute(table) 和 table.attribute 这两种记法通常可以互换使用：

```
--
-- this is the same as:
-- SELECT EMP.name AS youngster FROM EMP WHERE EMP.age < 30
--
SELECT name(EMP) AS youngster
 FROM EMP
 WHERE age(EMP) < 30;
```

```
+-----+
|youngster|
+-----+
|Sam |
+-----+
```

然而如下文所见，情况并不总是如此。当我们想使用返回单行的函数时，这种函数记法很重要。我们通过在函数内逐属性地组装整个行来实现。这是一个返回单个 EMP 行的函数示例：

```
CREATE FUNCTION new_emp()
 RETURNS EMP
 AS 'SELECT text ''None'' AS name,
 1000 AS salary,
 25 AS age,
 point '(2,2)' AS cubicle'
 LANGUAGE 'sql';
```

在本例中，我们为每个属性都指定了常量值，但这些常量可以换成任何计算或表达式。定义这样的函数可能有些棘手。较重要的一些注意事项如下：

- 查询中的目标列表顺序必须与定义该复合类型的 CREATE TABLE 语句中属性出现的顺序完全相同。
- 你必须对表达式进行类型转换，使之与复合类型的定义匹配，否则会得到这样的错误：

```
ERROR: function declared to return emp returns varchar instead
of text at column 1
```

- 调用返回行的函数时，我们无法检索整个行。我们必须要么从行中投影出一个属性，要么把整行传递给另一个函数。

```
SELECT name(new_emp()) AS nobody;
```

```
+-----+
|nobody |
+-----+
|None |
+-----+
```

- 一般而言，我们必须使用函数语法投影函数返回值的属性，原因就是解析器还不理解另一种（点）语法与函数调用组合使用做投影。

```
SELECT new_emp().name AS nobody;
NOTICE:parser: syntax error at or near "."
```

**SQL** 查询语言中任何命令的集合都可以打包到一起并定义为函数。这些命令既可以是更新（即 INSERT、UPDATE 和 DELETE），也可以是 SELECT 查询。但最后一条命令必须是一个 SELECT，它返回函数返回类型所指定的内容。

```
CREATE FUNCTION clean_EMP ()
 RETURNS int4
 AS 'DELETE FROM EMP
 WHERE EMP.salary <= 0;
 SELECT 1 AS ignore_this;'
 LANGUAGE 'sql';
```

```
SELECT clean_EMP();
```

```
+---+
|x |
+---+
|1 |
+---+
```

## 13.2. 过程语言函数

过程语言并不内建于 Postgres。它们由可装载模块提供。关于各语言的语法以及 AS 子句如何被 PL 处理器解释的细节，请参阅相应 PL 的文档。

目前标准的 Postgres 发行版中有三种过程语言可用（PLSQL、PLTCL 和 PLPERL），其他语言可以由用户定义。更多信息参阅第 23 章。

## 13.3. 内部函数

内部函数是用 C 编写并已静态链接到 Postgres 后端进程的函数。AS 子句给出该函数的 C 语言名称，它不必与为 SQL 使用而声明的名称相同。（出于向后兼容的原因，空的 AS 字符串也被接受，表示 C 语言函数名与 SQL 名称相同。）通常，后端中出现的所有内部函数都在数据库初始化期间声明为 SQL 函数，但用户可以用 CREATE FUNCTION 为内部函数创建额外的别名。

内部函数在 CREATE FUNCTION 中用语言名 internal 声明。

## 13.4. 编译型（C）语言函数

用 C 编写的函数可以编译成动态可装载对象（也称共享库），用于实现用户自定义的 SQL 函数。在一个后端会话中，某个可装载对象文件里的用户自定义函数第一次被调用时，动态装载器会把该对象文件装载到内存中，以便能够调用该函数。因此，用户自定义函数的 CREATE FUNCTION 必须为函数指定两项信息：可装载对象文件的名称，以及该对象文件内要调用的特定函数的 C 名称（链接符号）。如果没有显式指定 C 名称，则假定它与 SQL 函数名相同。

### 注意

动态装载的用户函数在第一次使用后会保留在内存中，同一会话中以后对该函数的调用只会产生符号表查找这一很小的开销。

指定对象文件的字符串（AS 子句中的第一个字符串）应是该函数目标代码文件的完整路径，用单引号括起。如果 AS 子句中给出了链接符号，该链接符号也应用单引号括起，并且应与 C 源代码中函数的名称完全相同。在 Unix 系统上，命令 `nm` 会打印动态可装载对象中的所有链接符号。

### 注意

Postgres 不会自动编译函数；它必须在被 `CREATE FUNCTION` 命令使用之前编译好。更多信息见下文。

目前 C 函数使用两种不同的调用约定。较新的“版本 1”调用约定通过为函数写一个 `PG_FUNCTION_INFO_V1()` 宏调用来表明，如下所示。没有这样的宏则表示是旧风格（“版本 0”）函数。`CREATE FUNCTION` 中指定的语言名在两种情况下都是 'C'。旧风格函数由于可移植性问题和功能欠缺现已弃用，但出于兼容性原因仍受支持。

## 13.4.1. C 语言函数中的基础类型

下表给出了将要装载到 Postgres 中的 C 函数的参数所需的 C 类型。“定义于”列给出（`../src/backend/` 目录中）实际定义等价 C 类型的头文件。注意，你应该始终先包含 `postgres.h`，而它又包含 `c.h`。

表 13.1. 内置 Postgres 类型的等价 C 类型

| 内置类型       | C 类型              | 定义于                              |
|------------|-------------------|----------------------------------|
| abstime    | AbsoluteTime      | utils/nabstime.h                 |
| bool       | bool              | include/c.h                      |
| box        | (BOX *)           | utils/geo-decls.h                |
| bytea      | (bytea *)         | include/postgres.h               |
| "char"     | char              | N/A                              |
| cid        | CID               | include/postgres.h               |
| datetime   | (DateTime *)      | include/c.h 或 include/postgres.h |
| int2       | int2 或 int16      | include/postgres.h               |
| int2vector | (int2vector *)    | include/postgres.h               |
| int4       | int4 或 int32      | include/postgres.h               |
| float4     | (float4 *)        | include/c.h 或 include/postgres.h |
| float8     | (float8 *)        | include/c.h 或 include/postgres.h |
| lseg       | (LSEG *)          | include/geo-decls.h              |
| name       | (Name)            | include/postgres.h               |
| oid        | oid               | include/postgres.h               |
| oidvector  | (oidvector *)     | include/postgres.h               |
| path       | (PATH *)          | utils/geo-decls.h                |
| point      | (POINT *)         | utils/geo-decls.h                |
| regproc    | regproc 或 REGPROC | include/postgres.h               |
| reltime    | RelativeTime      | utils/nabstime.h                 |
| text       | (text *)          | include/postgres.h               |
| tid        | ItemPointer       | storage/itemptr.h                |

| 内置类型      | C 类型         | 定义于                              |
|-----------|--------------|----------------------------------|
| timespan  | (TimeSpan *) | include/c.h 或 include/postgres.h |
| tinterval | TimeInterval | utils/nabstime.h                 |
| xid       | (XID *)      | include/postgres.h               |

在内部, Postgres 把基本类型视为一个“内存块”。你针对某个类型定义的用户自定义函数转而定义了 Postgres 能对它进行操作的方式。也就是说, Postgres 只负责在磁盘上存储和检索数据, 而使用你的用户自定义函数来输入、处理和输出数据。

基本类型可以有以下三种内部格式之一:

- 传值, 定长
- 传引用, 定长
- 传引用, 变长

传值类型的长度只能是 1、2 或 4 字节 (如果你的机器上 `sizeof(Datum)` 为 8, 也可以是 8 字节)。你应当小心地定义类型, 使其在所有体系结构上具有相同的大小 (以字节计)。例如, `long` 类型是危险的, 因为它在某些机器上是 4 字节而在另一些机器上是 8 字节; 而 `int` 类型在大多数 Unix 机器上是 4 字节 (但在大多数个人电脑上不是)。Unix 机器上 `int4` 类型的一个合理实现可以是:

```
/* 4-byte integer, passed by value */
typedef int int4;
```

另一方面, 任何大小的定长类型都可以按传引用方式传递。例如, 下面是一个 Postgres 类型的示例实现:

```
/* 16-byte structure, passed by reference */
typedef struct
{
 double x, y;
} Point;
```

在 Postgres 函数中传入和传出这类类型时只能使用指向它们的指针。要返回这种类型的值, 用 `palloc()` 分配适量内存, 填充所分配的内存, 并返回指向它的指针。(或者, 你也可以通过返回同类型输入值的指针来返回该输入值。但绝不要修改传引用输入值的内容。)

最后, 所有变长类型也必须以传引用方式传递。所有变长类型都必须以一个恰好 4 字节的长度字段开始, 而该类型中要存储的所有数据都位于紧随该长度字段之后的内存中。长度字段是结构的总长度 (即它包含长度字段本身的大小)。我们可以这样定义 `text` 类型:

```
typedef struct {
 int4 length;
 char data[1];
} text;
```

显然, 这里所示的 `data` 字段不足以容纳所有可能的字符串; 在 C 中无法声明这样的结构。操作变长类型时, 我们必须小心分配正确数量的内存并初始化长度字段。例如, 如果我们想在 `text` 结构中存储 40 字节, 可以使用如下代码片段:

```
#include "postgres.h"
...
char buffer[40]; /* our source data */
...
text *destination = (text *) palloc(VARHDRSZ + 40);
destination->length = VARHDRSZ + 40;
memmove(destination->data, buffer, 40);
...
```

了解了基础类型所有可能的结构后，就可以看一些实际函数示例。

### 13.4.2. C 语言函数的版本 0 调用约定

我们先介绍“旧风格”调用约定——虽然此方法现已弃用，但初学者更容易上手。在版本 0 方法中，C 函数的参数和结果就按普通 C 风格声明，只是要小心使用上所示的每种 SQL 数据类型的 C 表示。

下面是一些示例：

```
#include "postgres.h"
#include <string.h>

/* By Value */

int
add_one(int arg)
{
 return arg + 1;
}

/* By Reference, Fixed Length */

float8 *
add_one_float8(float8 *arg)
{
 float8 *result = (float8 *) palloc(sizeof(float8));

 *result = *arg + 1.0;

 return result;
}

Point *
makepoint(Point *pointx, Point *pointy)
{
 Point *new_point = (Point *) palloc(sizeof(Point));

 new_point->x = pointx->x;
 new_point->y = pointy->y;

 return new_point;
}

/* By Reference, Variable Length */

text *
copytext(text *t)
{
 /*
 * VARSIZE is the total size of the struct in bytes.
 */
 text *new_t = (text *) palloc(VARSIZE(t));
 VARATT_SIZEP(new_t) = VARSIZE(t);
 /*
 * VARDATA is a pointer to the data region of the struct.
 */
 memcpy((void *) VARDATA(new_t), /* destination */
```

```

 (void *) VARDATA(t), /* source */
 VARSIZE(t)-VARHDRSZ); /* how many bytes */
 return new_t;
}

text *
concat_text(text *arg1, text *arg2)
{
 int32 new_text_size = VARSIZE(arg1) + VARSIZE(arg2) - VARHDRSZ;
 text *new_text = (text *) palloc(new_text_size);

 VARATT_SIZEP(new_text) = new_text_size;
 memcpy(VARDATA(new_text), VARDATA(arg1), VARSIZE(arg1)-
VARHDRSZ);
 memcpy(VARDATA(new_text) + (VARSIZE(arg1)-VARHDRSZ),
 VARDATA(arg2), VARSIZE(arg2)-VARHDRSZ);
 return new_text;
}

```

假设上面的代码已在文件 `funcs.c` 中准备好并编译成了共享对象，我们就可以用如下命令向 Postgres 定义这些函数：

```

CREATE FUNCTION add_one(int4) RETURNS int4
 AS 'PGROOT/tutorial/funcs.so' LANGUAGE 'c'
 WITH (isStrict);

-- note overloading of SQL function name add_one()
CREATE FUNCTION add_one(float8) RETURNS float8
 AS 'PGROOT/tutorial/funcs.so',
 'add_one_float8'
 LANGUAGE 'c' WITH (isStrict);

CREATE FUNCTION makepoint(point, point) RETURNS point
 AS 'PGROOT/tutorial/funcs.so' LANGUAGE 'c'
 WITH (isStrict);

CREATE FUNCTION copytext(text) RETURNS text
 AS 'PGROOT/tutorial/funcs.so' LANGUAGE 'c'
 WITH (isStrict);

CREATE FUNCTION concat_text(text, text) RETURNS text
 AS 'PGROOT/tutorial/funcs.so' LANGUAGE 'c'
 WITH (isStrict);

```

这里 `PGROOT` 表示 Postgres 源码树的全路径。注意，视你的系统而定，共享对象的文件名可能不以 `.so` 结尾，而是 `.sl` 或其他扩展名；请相应调整。

注意我们把这些函数指定为“严格”的，意思是如果任何输入值为 `NULL`，系统就应自动假定结果为 `NULL`。这样做就避免了在函数代码中检查 `NULL` 输入。不这样做的话，我们就得显式检查 `NULL`，例如为每个传引用参数检查空指针。（对传值参数，我们甚至没有办法检查！）

虽然这个调用约定使用简单，但可移植性不好；在某些体系结构上，以这种方式传递小于 `int` 的数据类型存在问题。此外，也没有返回 `NULL` 结果的简单方法，除了把函数声明为严格之外也无法以任何方式处理 `NULL` 参数。接下来介绍的版本 1 约定克服了这些缺点。

### 13.4.3. C 语言函数的版本 1 调用约定

版本-1 的调用约定依赖于宏来屏蔽传递参数和结果的大部分复杂性。版本-1 函数的 C 声明总是：

```
Datum funcname(PG_FUNCTION_ARGS)
```

此外, 宏调用:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(funcname);
```

必须出现在同一个源文件中 (按惯例写在函数本身之前)。对 "internal" 语言的函数不需要此宏调用, 因为 Postgres 目前假定所有内部函数都是版本 1。但对动态装载的函数它是必需的。

在版本 1 函数中, 每个实际参数用与该参数数据类型对应的 PG\_GETARG\_xxx() 宏取得, 结果用与返回类型对应的 PG\_RETURN\_xxx() 宏返回。

下面我们展示与上面相同的函数, 以版本 1 风格编码:

```
#include "postgres.h"
#include <string.h>
#include "fmgr.h"

/* By Value */

PG_FUNCTION_INFO_V1(add_one);

Datum
add_one(PG_FUNCTION_ARGS)
{
 int32 arg = PG_GETARG_INT32(0);

 PG_RETURN_INT32(arg + 1);
}

/* By Reference, Fixed Length */

PG_FUNCTION_INFO_V1(add_one_float8);

Datum
add_one_float8(PG_FUNCTION_ARGS)
{
 /* The macros for FLOAT8 hide its pass-by-reference nature */
 float8 arg = PG_GETARG_FLOAT8(0);

 PG_RETURN_FLOAT8(arg + 1.0);
}

PG_FUNCTION_INFO_V1(makepoint);

Datum
makepoint(PG_FUNCTION_ARGS)
{
 /* Here, the pass-by-reference nature of Point is not hidden */
 Point *pointx = PG_GETARG_POINT_P(0);
 Point *pointy = PG_GETARG_POINT_P(1);
 Point *new_point = (Point *) palloc(sizeof(Point));

 new_point->x = pointx->x;
 new_point->y = pointy->y;

 PG_RETURN_POINT_P(new_point);
}
```



```

/* By Reference, Variable Length */

PG_FUNCTION_INFO_V1(copytext);

Datum
copytext(PG_FUNCTION_ARGS)
{
 text *t = PG_GETARG_TEXT_P(0);
 /*
 * VARSIZE is the total size of the struct in bytes.
 */
 text *new_t = (text *) palloc(VARSIZE(t));
 VARATT_SIZEP(new_t) = VARSIZE(t);
 /*
 * VARDATA is a pointer to the data region of the struct.
 */
 memcpy((void *) VARDATA(new_t), /* destination */
 (void *) VARDATA(t), /* source */
 VARSIZE(t)-VARHDRSZ); /* how many bytes */
 PG_RETURN_TEXT_P(new_t);
}

PG_FUNCTION_INFO_V1(concat_text);

Datum
concat_text(PG_FUNCTION_ARGS)
{
 text *arg1 = PG_GETARG_TEXT_P(0);
 text *arg2 = PG_GETARG_TEXT_P(1);
 int32 new_text_size = VARSIZE(arg1) + VARSIZE(arg2) - VARHDRSZ;
 text *new_text = (text *) palloc(new_text_size);

 VARATT_SIZEP(new_text) = new_text_size;
 memcpy(VARDATA(new_text), VARDATA(arg1), VARSIZE(arg1)-
VARHDRSZ);
 memcpy(VARDATA(new_text) + (VARSIZE(arg1)-VARHDRSZ),
 VARDATA(arg2), VARSIZE(arg2)-VARHDRSZ);
 PG_RETURN_TEXT_P(new_text);
}

```

这些函数的CREATE FUNCTION命令与版本 0 的等价形式相同。

乍一看，版本 1 编码约定可能显得像无谓的故弄玄虚。但它们确实提供了不少改进，因为宏可以隐藏不必要的细节。例如，在编写 `add_one_float8` 时，我们不再需要知道 `float8` 是传引用类型。另一个例子是，变长类型的 `GETARG` 宏隐藏了处理获取“经 TOAST 处理”（压缩或行外存储）值的需要。上面所示的旧风格 `copytext` 和 `concat_text` 函数在存在经 TOAST 处理的值时实际上是错误的，因为它们没有对其输入调用 `pg_detoast_datum()`。（旧风格动态装载函数的处理器目前会处理这一细节，但效率低于版本 1 函数所能达到的水平。）

版本 1 函数的一大改进是对 NULL 输入和结果的更好处理。宏 `PG_ARGISNULL(n)` 允许函数测试每个输入是否为 NULL（当然，只有在未声明为“严格”的函数中才有必要这样做）。与 `PG_GETARG_xxx()` 宏一样，输入参数从零开始计数。要返回 NULL 结果，执行 `PG_RETURN_NULL()`；它在严格和非严格函数中都可用。

版本 1 函数调用约定使得返回“集合”结果、实现触发器函数和过程语言调用处理器成为可能。版本 1 代码也比版本 0 更具可移植性，因为它不违反 ANSI C 对函数调用协议的限制。更多细节见源码发行包中的 `src/backend/utils/fmgr/README`。

### 13.4.4. C 语言函数中的复合类型

复合类型没有像 C 结构那样的固定布局。复合类型的实例可能包含空字段。此外，属于某个继承层次的复合类型可能具有与同一继承层次其他成员不同的字段。因此，Postgres 提供了一个从 C 访问复合类型字段的过程式接口。当 Postgres 处理一组行时，每一行都会作为一个 TUPLE 类型的不透明结构传入你的函数。假设我们想编写一个函数来回答查询

```
SELECT name, c_overpaid(emp, 1500) AS overpaid
FROM emp
WHERE name = 'Bill' OR name = 'Sam';
```

在上面的查询中，我们可以把 `c_overpaid` 定义为：

```
#include "postgres.h"
#include "executor/executor.h" /* for GetAttributeByName() */

bool
c_overpaid(TupleTableSlot *t, /* the current row of EMP */
 int32 limit)
{
 bool isnull;
 int32 salary;

 salary = DatumGetInt32(GetAttributeByName(t, "salary", &isnull)
);
 if (isnull)
 return (false);
 return salary > limit;
}

/* In version-1 coding, the above would look like this: */

PG_FUNCTION_INFO_V1(c_overpaid);

Datum
c_overpaid(PG_FUNCTION_ARGS)
{
 TupleTableSlot *t = (TupleTableSlot *) PG_GETARG_POINTER(0);
 int32 limit = PG_GETARG_INT32(1);
 bool isnull;
 int32 salary;

 salary = DatumGetInt32(GetAttributeByName(t, "salary", &isnull)
);
 if (isnull)
 PG_RETURN_BOOL(false);
 /* Alternatively, we might prefer to do PG_RETURN_NULL() for
 null salary */

 PG_RETURN_BOOL(salary > limit);
}
```

`GetAttributeByName` 是 Postgres 的系统函数，返回当前行中的属性。它有三个参数：传给函数的 `TupleTableSlot*` 类型参数、所需属性的名称，以及一个告知该属性是否为空的返回参数。`GetAttributeByName` 返回一个 `Datum` 值，你可以用适当的 `DatumGetXXX()` 宏把它转换为正确的数据类型。

下面的查询让 Postgres 知道 `c_overpaid` 函数：

```
CREATE FUNCTION c_overpaid(emp, int4)
RETURNS bool
AS 'PGROOT/tutorial/obj/funcs.so'
LANGUAGE 'c';
```

虽然有办法在 C 函数内构造新行或修改现有行，但这些方法过于复杂，本手册不予讨论。

### 13.4.5. 编写代码

现在我们转向编写编程语言函数这一更困难的任务。

请注意：本手册的这一部分不会使你成为程序员。在尝试为 Postgres 编写 C 函数之前，你必须对 C（包括指针和 malloc 内存管理器的使用）有良好的理解。虽然也许可以把用 C 以外语言编写的函数装载到 Postgres，但这通常很困难（即使在可能的时候），因为其他语言（如 FORTRAN 和 Pascal）往往不遵循与 C 相同的调用约定。也就是说，其他语言在函数之间传递参数和返回值的方式不同。因此，我们将假定你的编程语言函数是用 C 编写的。

构建 C 函数的基本规则如下：

- 相关的头（include）文件安装在 `/usr/local/pgsql/include` 或等价位置。你可以用 `pg_config --includedir` 找出它在你（或你的用户将要运行）的系统上的位置。对非常底层的工作，你可能需要有完整的 PostgreSQL 源码树。
- 分配内存时，使用 Postgres 的例程 `palloc` 和 `pfree`，而不是相应的 C 库例程 `malloc` 和 `free`。`palloc` 分配的内存会在每个事务结束时自动释放，从而防止内存泄漏。
- 总是使用 `memset` 或 `bzero` 把结构体的字节清零。有几个例程（如哈希访问方法、哈希连接和排序算法）会计算结构体中原始位的函数。即使你初始化了结构体的所有字段，结构体中仍可能存在若干包含垃圾值的对齐填充字节（结构体中的空洞）。
- Postgres 的大多数内部类型都在 `postgres.h` 中声明，而函数管理器接口（`PG_FUNCTION_ARGS` 等）位于 `fmgr.h` 中，因此你至少需要包含这两个文件。出于可移植性考虑，最好把 `postgres.h` 放在最前面，先于任何其他系统或用户头文件。包含 `postgres.h` 时也会顺带为你包含 `c.h`、`elog.h` 和 `palloc.h`。
- 对象文件中定义的符号名不得相互冲突，也不得与 PostgreSQL 服务器可执行文件中定义的符号冲突。如果收到此类错误消息，你必须重命名你的函数或变量。
- 编译和链接你的目标代码使其能被动态装载到 Postgres 总是需要特殊的标志。关于如何针对你的特定操作系统进行操作，参见第 13.4.6 节的详细说明。

### 13.4.6. 编译和链接动态装载的函数

在你能够使用以 C 编写的 PostgreSQL 扩展函数之前，必须以特殊方式对它们进行编译和链接，以生成一个可由服务器动态装载的文件。更准确地说，需要创建一个共享库。

若想了解本节未涵盖的信息，你应阅读操作系统的文档，特别是 C 编译器 `cc` 和链接编辑器 `ld` 的手册页。此外，PostgreSQL 源代码在 `contrib` 目录中包含若干可用的示例。不过，如果你依赖这些示例，就会使你的模块依赖于 PostgreSQL 源代码是否可用。

创建共享库通常与链接可执行文件类似：先把源文件编译为目标文件，再把目标文件链接在一起。目标文件需要以位置无关代码（PIC）形式生成。从概念上讲，这意味着当它们被可执行文件装载时，可以放在内存中的任意位置。

（面向可执行文件的目标文件通常不会这样编译。）

链接共享库的命令中也包含一些特殊标志，用来把它与链接可执行文件的命令区分开来（至少理论上如此，某些系统上的实际做法要丑陋得多）。

在下面的示例中，我们假定你的源代码位于文件 `foo.c` 中，并将创建共享库 `foo.so`。除非另有说明，中间目标文件名为 `foo.o`。共享库可以包含多个目标文件，但这里我们只使用一个。

## BSD/OS

生成 PIC 的编译器选项是 `-fpic`。创建共享库时使用的链接器选项是 `-shared`。

```
gcc -fpic -c foo.c
ld -shared -o foo.so foo.o
```

这从 BSD/OS 4.0 版起适用。

## FreeBSD

生成 PIC 的编译器选项是 `-fpic`。创建共享库时使用的编译器选项是 `-shared`。

```
gcc -fpic -c foo.c
gcc -shared -o foo.so foo.o
```

这从 FreeBSD 3.0 版起适用。

## HP-UX

生成 PIC 的系统编译器选项是 `+z`。使用 GCC 时则是 `-fpic`。用于共享库的链接器选项是 `-b`。因此：

```
cc +z -c foo.c
```

or:

```
gcc -fpic -c foo.c
```

and then:

```
ld -b -o foo.sl foo.o
```

与大多数其他系统不同，HP-UX 使用 `.sl` 作为共享库扩展名。

## Irix

PIC 是默认行为，无须特殊的编译器选项。生成共享库时使用的链接器选项是 `-shared`。

```
cc -c foo.c
ld -shared -o foo.so foo.o
```

## Linux

生成 PIC 的编译器选项是 `-fpic`。在某些平台的某些情况下，如果 `-fpic` 不起作用，则必须使用 `-fPIC`。更多信息请参阅 GCC 手册。创建共享库的编译器选项是 `-shared`。完整示例如下：

```
cc -fpic -c foo.c
cc -shared -o foo.so foo.o
```

## NetBSD

生成 PIC 的编译器选项是 `-fpic`。对于 ELF 系统，使用带 `-shared` 选项的编译器来链接共享库。在较旧的非 ELF 系统上，则使用 `ld -Bshareable`。

```
gcc -fpic -c foo.c
gcc -shared -o foo.so foo.o
```

## OpenBSD

生成 PIC 的编译器选项是 `-fpic`。链接共享库使用 `ld -Bshareable`。

```
gcc -fpic -c foo.c
ld -Bshareable -o foo.so foo.o
```

### Digital Unix/Tru64 UNIX

PIC 是默认值，因此编译命令就是常规的那条。链接时需要使用带特殊选项的 `ld`。

```
cc -c foo.c
ld -shared -expect_unresolved '*' -o foo.so foo.o
```

使用 GCC 代替系统编译器时过程相同；不需要特殊选项。

### Solaris

使用 Sun 编译器时，生成 PIC 的编译器选项是 `-KPIC`；使用 GCC 时则是 `-fpic`。要链接共享库，两种编译器都使用编译器选项 `-G`，或者在使用 GCC 时改用 `-shared`。

```
cc -KPIC -c foo.c
cc -G -o foo.so foo.o
```

or

```
gcc -fpic -c foo.c
gcc -G -o foo.so foo.o
```

### Unixware

生成 PIC 的编译器选项，对于 SCO 编译器是 `-K PIC`，而 `-fpic` 则用于 GCC。链接共享库时，编译器选项对于 SCO 编译器是 `-G`，对于 GCC 则是 `-shared`。

```
cc -K PIC -c foo.c
cc -G -o foo.so foo.o
```

或者

```
gcc -fpic -c foo.c
gcc -shared -o foo.so foo.o
```

### 提示

如果你想把扩展模块打包以便广泛分发，应该考虑使用 GNU Libtool<sup>1</sup> 来构建共享库。它把平台差异封装到一个通用而强大的接口之后。严肃的打包还需要考虑库版本管理、符号解析方法以及其他问题。

生成的共享库文件随后就可以装载到 Postgres 中。在向 `CREATE FUNCTION` 命令指定文件名时，必须给出共享库文件名（以 `.so` 结尾），而不是简单的目标文件。

### 注意

实际上，Postgres 并不关心你把文件命名成什么，只要它是一个共享库文件即可。

传给 `CREATE FUNCTION` 命令的路径必须是绝对路径（即以 `/` 开头），并且指向运行 Postgres 服务器的机器上可见的目录。相对路径实际上也能工作，但它是相对于数据库所在目录的（前端应用通常看不到这个目录）。显然，让路径相对于用户启动前端应用的目录是没有意义的，

<sup>1</sup><http://www.gnu.org/software/libtool/>

因为服务器可能运行在一台完全不同的机器上！Postgres 服务器运行所用的用户 ID 必须能够遍历传给 `CREATE FUNCTION` 命令的路径，并且能够读取该共享库文件。（让文件或上层目录对 “postgres” 用户不可读和/或不可执行是一个常见错误。）

## 13.5. 函数重载

可以用同一个名称定义多个函数，只要它们接受的参数不同即可。换句话说，函数名可以被重载。函数也可以与属性同名。当复合类型上的函数与该复合类型的属性存在歧义时，总是使用属性。

### 13.5.1. 名字空间冲突

从 Postgres 7.0 开始，SQL `CREATE FUNCTION` 命令的 `AS` 子句的另一种形式可以把 SQL 函数名与 C 源代码中的函数名解耦。这现在是实现函数重载的首选技术。

#### 13.5.1.1. 7.0 之前

对用 C 编写的函数，`CREATE FUNCTION` 中声明的 SQL 名称必须与 C 代码中函数的实际名称完全相同（因此它必须是合法的 C 函数名）。

这一限制有一个微妙的含义：虽然大多数操作系统的动态装载例程都乐于让你装载任意数量包含冲突（同名）函数名的共享库，但它们实际上可能以各种有趣的方式把装载搞砸。例如，如果你定义的动态装载函数恰好与 Postgres 内置函数同名，DEC OSF/1 的动态装载器会使 Postgres 调用其自身的函数，而不是让 Postgres 调用你的函数。因此，如果你希望你的函数能在不同体系结构上使用，我们建议不要重载 C 函数名。

有一个巧妙的技巧可以绕过刚才描述的问题。由于重载 SQL 函数没有问题，你可以先定义一组名称不同的 C 函数，然后定义一组同名的 SQL 函数包装器，它们接受适当的参数类型并调用相匹配的 C 函数。

另一种解决方案是不用动态装载，而是把你的函数静态链接到后端并声明为 `INTERNAL` 函数。此时这些函数的 C 名称必须各不相同，但可以用相同的 SQL 名称声明（当然，只要它们的参数类型不同）。这种方式避免了 SQL 包装函数的开销，代价是准备定制的后端可执行文件要花费更多精力。（此选项只在 6.5 及之后的版本中可用，因为更早的版本要求内部函数在 SQL 中的名称与 C 代码中的相同。）

---

# 第 14 章 扩展 SQL：类型

如前所述，Postgres中有两类类型：基本类型（用编程语言定义）和组合类型。本节中直到索引接口之前的示例可以在 `complex.sql`和`complex.c`中找到。组合类型的示例在`funcs.sql`中。

## 14.1. 用户定义的类型

### 14.1.1. 用户定义类型所需的函数

用户定义的类型必须始终具有输入和输出函数。这些函数决定该类型在字符串中如何表示（供用户输入和输出给用户）以及在内存中如何组织。输入函数接受一个以空字符结尾的字符串作为输入，并返回该类型的内部（内存中）表示。输出函数接受该类型的内部表示，并返回一个以空字符结尾的字符串。假设我们想定义一个表示复数的 `complex` 类型。很自然，我们会选择用下面的C结构在内存中表示复数：

```
typedef struct Complex {
 double x;
 double y;
} Complex;
```

并选择形如 `(x,y)` 的字符串作为外部字符串表示。这些函数通常不难编写，输出函数尤其如此。不过，有几点需要记住：

- 在定义你的外部（字符串）表示时，请记住：你最终必须为该表示编写一个完整而健壮的解析器作为输入函数！

```
Complex *
complex_in(char *str)
{
 double x, y;
 Complex *result;
 if (sscanf(str, " (%lf , %lf)", &x, &y) != 2) {
 elog(ERROR, "complex_in: error in parsing %s", str);
 return NULL;
 }
 result = (Complex *)palloc(sizeof(Complex));
 result->x = x;
 result->y = y;
 return (result);
}
```

输出函数可以简单地写成：

```
char *
complex_out(Complex *complex)
{
 char *result;
 if (complex == NULL)
 return(NULL);
 result = (char *) palloc(60);
 sprintf(result, "(%g,%g)", complex->x, complex->y);
 return(result);
}
```

```
}
```

- 你应当尽量让输入和输出函数互为逆函数。否则，在你需要把数据转储到文件中再读回来时（比如读到另一台计算机上某人的数据库中），就会出现严重的问题。当涉及浮点数时，这是一个特别常见的问题。

要定义`complex`类型，我们需要在创建类型之前先创建 `complex_in` 和 `complex_out` 这两个用户定义的函数：

```
CREATE FUNCTION complex_in(opaque)
 RETURNS complex
 AS 'PGROOT/tutorial/obj/complex.so'
 LANGUAGE 'c';

CREATE FUNCTION complex_out(opaque)
 RETURNS opaque
 AS 'PGROOT/tutorial/obj/complex.so'
 LANGUAGE 'c';

CREATE TYPE complex (
 internallength = 16,
 input = complex_in,
 output = complex_out
);
```

如前面所讨论的，Postgres完全支持基本类型的数组。此外，Postgres也支持用户定义类型的数组。当你定义一个类型时，Postgres会自动提供对该类型数组的支持。由于历史原因，数组类型的名称与用户定义类型相同，只是在前面加上下划线字符 `_`。组合类型不需要在其上定义任何函数，因为系统已经知道它们内部是什么样子。

## 14.1.2. 大对象

如果你的数据类型（datatype）的值（内部形式）大小可能超过几百字节，就应当小心地把它们标记为支持 `TOAST`。为此，内部表示必须遵循变长数据的标准布局：前四个字节必须是一个 `int32`，包含该 `datum` 的总字节长度（包括其自身）。然后，所有接受该类型值的函数都必须小心地对提供的值调用 `pg_detoast_datum()`——如果你的函数不是 `strict` 的，则要在检查该值不为 `NULL` 之后进行。最后，在给出 `CREATE TYPE` 命令时选择合适的存储选项。



# 第 15 章 扩展 SQL：操作符

Postgres 支持左一元、右一元和二元操作符。操作符可以重载；也就是说，同一个操作符名可用于参数数量和类型不同的多个操作符。

如果出现歧义情况而系统无法确定该用哪个操作符，它会返回一个错误。

你可能需要对左操作数和/或右操作数进行类型转换，帮助系统理解你想用哪个操作符。

每个操作符都是对某个完成实际工作的底层函数调用的"语法糖"；

因此你必须先创建底层函数，然后才能创建操作符。然而，操作符不仅仅是语法糖，因为它还携带额外信息，帮助查询规划器优化使用该操作符的查询。

本章的大部分篇幅将用于解释这些额外信息。

下面是创建一个把两个复数相加的操作符的例子。我们假设已经创建过 `complex` 类型的定义。首先需要一个完成工作的函数，然后就可以定义操作符：

```
CREATE FUNCTION complex_add(complex, complex)
 RETURNS complex
 AS '$PWD/obj/complex.so'
 LANGUAGE 'c';

CREATE OPERATOR + (
 leftarg = complex,
 rightarg = complex,
 procedure = complex_add,
 commutator = +
);
```

现在我们可以这样做：

```
SELECT (a + b) AS c FROM test_complex;
```

```
+-----+
| c |
+-----+
| (5.2,6.05) |
+-----+
| (133.42,144.95) |
+-----+
```

我们在这里展示了如何创建二元操作符。要创建一元操作符，只需省略 `leftarg`（左一元）或 `rightarg`（右一元）之一即可。`procedure` 子句和参数子句是 `CREATE OPERATOR` 中仅有的必选项。例子中展示的 `COMMUTATOR` 子句是给查询优化器的一个可选提示。关于 `COMMUTATOR` 和其他优化器提示的更多细节见下文。

## 15.1. 操作符优化信息

### 作者

由 Tom Lane 撰写。

Postgres 的操作符定义可以包含若干可选子句，告诉系统关于操作符行为的有用信息。只要合适就应当提供这些子句，因为它们能给使用该操作符的查询的执行带来可观的加速。

但如果你提供了它们，就必须确保它们是对的！错误地使用优化子句可能导致后端崩溃、微妙错误的输出或其他糟糕后果。如果不确定，你随时可以省略某个优化子句；唯一的后果是查询可能比所需的更慢。

未来的 Postgres 版本可能会添加更多优化子句。这里描述的是 6.5 版理解的所有子句。

### 15.1.1. COMMUTATOR

如果给出 COMMUTATOR 子句，它指定一个与正在定义的操作符互为交换子的操作符。若对所有可能的输入值  $x$ 、 $y$ ，都有  $(x \ A \ y)$  等于  $(y \ B \ x)$ ，则称操作符  $A$  是操作符  $B$  的交换子。注意， $B$  也同样是  $A$  的交换子。例如，对某种特定数据类型而言，'<' 和 '>' 操作符通常互为交换子，而操作符 '+' 通常与其自身可交换。但操作符 '-' 通常并不与任何操作符可交换。

被交换操作符的左参数类型与其交换子的右参数类型相同，反之亦然。因此，只要给出交换子操作符的名称，Postgres 就足以查找到交换子，这也正是 COMMUTATOR 子句需要提供的全部内容。

定义一个与自身可交换的操作符时，直接定义即可。但定义一对可交换操作符时，情况就稍微复杂一些：第一个要定义的操作符如何引用另一个尚未定义的操作符呢？这个问题有两种解决办法：

- 一种办法是在你定义的第一个操作符中省略 COMMUTATOR 子句，然后在第二个操作符的定义中给出它。由于 Postgres 知道可交换操作符成对出现，当它看到第二个定义时，会自动回过头来补填第一个定义中缺失的 COMMUTATOR 子句。
- 另一种更直接的办法是在两个定义中都包含 COMMUTATOR 子句。当 Postgres 处理第一个定义并发现 COMMUTATOR 引用了一个不存在的操作符时，系统会在系统的 pg\_operator 表中为该操作符创建一个占位条目。这个占位条目只在操作符名称、左右参数类型和结果类型上拥有有效数据，因为那是 Postgres 此时所能推断出的全部。第一个操作符的目录条目会链接到这个占位条目。之后当你定义第二个操作符时，系统会用第二个定义中的额外信息更新该占位条目。  
如果你在占位条目被填充之前就尝试使用该占位操作符，只会得到一条错误消息。  
(注意：这一过程在 6.5 之前的 Postgres 版本中不能可靠工作，但现在它是推荐的做法。)

### 15.1.2. NEGATOR

如果给出 NEGATOR 子句，它指定一个与正在定义的操作符互为求反器的操作符。若操作符  $A$  和  $B$  都返回布尔结果，并且对所有可能的输入  $x$ 、 $y$ ，都有  $(x \ A \ y)$  等于  $\text{NOT} (x \ B \ y)$ ，则称  $A$  是  $B$  的求反器。注意， $B$  也同样是  $A$  的求反器。例如，对大多数数据类型而言，'<' 和 '>=' 构成一对求反器。一个操作符永远不可能合法地成为其自身的求反器。

与交换子不同，一对一元操作符完全可能合法地被标记为彼此的求反器；这意味着对所有  $x$ ，都有  $(A \ x)$  等于  $\text{NOT} (B \ x)$ ，或者对右一元操作符有等价的关系。

操作符的求反器必须与该操作符本身具有相同的左和/或右参数类型，因此与 COMMUTATOR 一样，在 NEGATOR 子句中只需给出操作符名。

提供求反器对查询优化器很有帮助，因为它允许把形如  $\text{NOT} (x = y)$  的表达式化简为  $x <> y$ 。这种情况比你想象的更常见，因为其他整理过程可能会插入 NOT 操作。

可以使用上面解释的定义交换子对的相同方法，来定义成对的求反器操作符。

### 15.1.3. RESTRICT

如果给出 RESTRICT 子句，它指定该操作符的限制选择率估算函数。（注意，这里是函数名，而不是操作符名。）RESTRICT 子句只对返回 boolean 的二元操作符有意义。限制选择率估算器的作用，是猜测一张表中有多少比例的行会满足如下形式的 WHERE 子句条件：

```
field OP constant
```

（即针对当前操作符和某个特定常量值）。这会帮助优化器大致了解这种形式的 WHERE 子句会消掉多少行。（你可能在想：如果常量在左边会怎样？嗯，这正是 COMMUTATOR 的用途之一……）

编写新的限制选择率估算函数远远超出了本章的范围，但幸运的是，对你的许多操作符，你通常可以直接使用系统的标准估算器之一。标准的限制估算器有：

```
eqsel for =
neqsel for <>
scalarlttsel for < or <=
scalargtsel for > or >=
```

这些类别看起来可能有点奇怪，但仔细想想是有道理的。'=' 通常只会接受表中一小部分行；'<>' 通常只会排除一小部分行。'<' 接受的比例取决于给定常量落在该表列取值范围中的位置（而这恰好是 VACUUM ANALYZE 收集并提供给选择率估算器的信息）。对同一个比较常量，'<=' 接受的比例略大于 '<'，但两者足够接近，不值得区分，尤其是因为我们反正也不太可能比粗略猜测做得更好。类似的说明也适用于 '>' 和 '>='。

对于选择率很高或很低的操作符，即使它们并非真正的相等或不相等，你也常常可以凑合使用 eqsel 或 neqsel。例如，几何上的近似相等操作符就使用了 eqsel，其假设是它们通常只会匹配表中一小部分条目。

对于那些能够以某种合理方式转换为数值标量、从而可进行范围比较的数据类型，你可以使用 scalarlttsel 和 scalargtsel。如果可能的话，请把该数据类型加入 src/backend/utils/adt/selfuncs.c 中函数 convert\_to\_scalar() 所理解的范围。（最终，这个函数应被通过 pg\_type 表某一列标识的、按数据类型划分的函数所取代；但这件事目前还没有发生。）如果不这样做，系统仍然可以工作，但优化器的估算效果就不会像本可达到的那样好。

src/backend/utils/adt/geo\_selfuncs.c 中还有为几何操作符设计的额外选择率函数：areaset、positionsel 和 contsel。在写作本文时它们只是存根，但你可能还是想用它们（甚至更好的是，改进它们）。

## 15.1.4. JOIN

如果给出 JOIN 子句，它指定该操作符的连接选择率估算函数。（注意，这里是函数名，而不是操作符名。）JOIN 子句只对返回 boolean 的二元操作符有意义。连接选择率估算器的作用，是猜测一对表中有多少比例的行会满足如下形式的 WHERE 子句条件：

```
table1.field1 OP table2.field2
```

（即针对当前操作符）。与 RESTRICT 子句一样，这也能极大地帮助优化器判断若干可能的连接顺序中哪一个可能耗时最少。

与前面一样，本章不会尝试解释如何编写连接选择率估算函数，而只是建议你在适用时使用标准估算器之一：

```
eqjoinset for =
neqjoinset for <>
scalarltjoinset for < or <=
scalargtjoinset for > or >=
areajoinset for 2D area-based comparisons
positionjoinset for 2D position-based comparisons
contjoinset for 2D containment-based comparisons
```

## 15.1.5. HASHES

如果给出 HASHES 子句，它告诉系统可以对此操作符上的连接使用哈希连接方法。HASHES 只对返回 boolean 的二元操作符有意义，而且实践中该操作符最好是某种数据类型上的相等操作。

哈希连接背后的假设是：只有当左值和右值被哈希到同一个哈希码时，连接操作符才有可能返回 TRUE。如果两个值被放进不同的哈希桶，连接过程就根本不会去比较它们，这实际上隐含假定连接操作符的结果必定为 FALSE。因此，对于那些并不表示相等关系的操作符，指定 HASHES 永远没有意义。

事实上，仅逻辑上的相等也不够；该操作符最好表示纯粹的按位相等，因为哈希函数是按值的内存表示计算的，而不管这些位是什么含义。例如，时间间隔的相等就不是按位相等；时间间隔相等操作符认为两个时间间隔只要时长相同就相等，无论其端点是否一致。这意味着在时间间隔字段上使用 "=" 的连接，如果实现为哈希连接，得到的结果会与其他实现方式不同，因为本应匹配的很大一部分值对会被哈希到不同的值，永远不会被哈希连接比较。而如果优化器选择使用另一种连接，相等操作符判定相等的所有值对都会被找到。我们不要这种不一致，因此我们没有把时间间隔的相等操作标记为可哈希。

还有一些与机器相关的情形可能让哈希连接出错。例如，如果你的数据类型是一个可能含有无关填充位的结构，把它的相等操作符标记为 HASHES 是不安全的。（除非也许你把其他操作符写成保证未用的位始终为零。）另一个例子是 FLOAT 数据类型用于哈希连接是不安全的。在符合 IEEE 浮点标准的机器上，负零和正零是不同的值（位模式不同），但按定义它们比较相等。因此，如果把浮点相等标记为 HASHES，负零和正零可能不会被哈希连接配对，而任何其他连接过程都会把它们配上。

归根结底：你可能只应对那些（可以）用 memcmp() 实现的相等操作符使用 HASHES。

## 15.1.6. SORT1 and SORT2

如果给出 SORT 子句，它们告诉系统可以对此操作符上的连接使用归并连接方法。指定其一就必须同时指定另一个。当前操作符必须是某对数据类型上的相等操作，而 SORT1 和 SORT2 子句分别命名左边和右边数据类型的排序操作符（'<' 操作符）。

归并连接基于这样的思想：把左右两边的表排好序，然后并行扫描它们。因此，两个数据类型都必须能够全序化，而且连接操作符必须只在处于排序次序中"相同位置"的值对上才可能成功。实践中这意味着连接操作符的行为必须像相等一样。但与哈希连接不同——哈希连接要求左右数据类型最好相同（或至少按位等价）——只要两个不同的数据类型在逻辑上兼容，就可以对它们做归并连接。例如，int2 对 int4 的相等操作符就是可归并连接的。我们只需要能把两个数据类型排成逻辑兼容次序的排序操作符。

指定归并排序操作符时，当前操作符和两个被引用的操作符都必须返回 boolean；SORT1 操作符的两个输入数据类型都必须等于当前操作符的左参数类型，SORT2 操作符的两个输入数据类型都必须等于当前操作符的右参数类型。（与 COMMUTATOR 和 NEGATOR 一样，这意味着只凭操作符名就足以指定操作符，而且如果你碰巧先定义了相等操作符、后定义其他操作符，系统也能够创建占位操作符条目。）

实践中你只应对 '=' 操作符写 SORT 子句，而且两个被引用的操作符应当总是命名为 '<'。试图对名称不是这些的操作符使用归并连接将导致不可救药的混乱，原因我们稍后就会看到。

对于你标记为可归并连接的操作符，还有一些附加限制。这些限制目前不会被 CREATE OPERATOR 检查，但如果其中任何一条不成立，归并连接在运行时可能失败：

- 可归并连接的相等操作符必须有交换子（两个数据类型相同时就是它自身，不同时则是一个相关的相等操作符）。

- 必须存在与可归并连接操作符本身具有相同左右输入数据类型的 '<' 和 '>' 排序操作符。这些操作符必须命名为 '<' 和 '>'；这件事你没有选择的余地，因为没有显式指定它们的条款。注意，如果左右数据类型不同，这两个操作符都不是任何一个 SORT 操作符。但它们最好与 SORT 操作符以兼容的方式对数据值排序，否则归并连接将无法工作。

---

## 第 16 章 扩展 SQL: 聚合

Postgres 中的聚合函数被表示为状态值和状态转换函数。也就是说，聚合可以按照每当处理一个输入项就被修改的状态来定义。要定义一个新的聚合函数，需要为状态值选择一种数据类型、为状态选择一个初始值，以及一个状态转换函数。状态转换函数只是一个普通函数，也可以在聚合上下文之外使用。还可以指定一个最终函数，以防聚合的期望输出与需要保存在运行状态值中的数据不同。

因此，除了聚合的用户所能看到的输入和结果数据类型之外，还有一个内部的状态值数据类型，它可能与输入和结果类型都不同。

如果我们定义一个不使用最终函数的聚合，得到的就是一个对每行列值计算运行函数的聚合。"Sum" 就是这类聚合的一个例子。"Sum" 从零开始，总是把当前行的值加到它的运行总和上。例如，如果我们想让 Sum 聚合作用于复数的数据类型，我们只需要该数据类型的加法函数。聚合定义是：

```
CREATE AGGREGATE complex_sum (
 sfunc = complex_add,
 basetype = complex,
 stype = complex,
 initcond = '(0,0)'
);

SELECT complex_sum(a) FROM test_complex;
```

```
+-----+
|complex_sum|
+-----+
| (34,53.9) |
+-----+
```

（实践中我们只会把该聚合命名为 "sum"，让 Postgres 自行判断对复数列应用哪种 sum。）

如果没有非空的输入值，上面 "Sum" 的定义将返回零（初始状态条件）。也许我们希望在這種情形下改为返回 NULL——SQL92 期望 "Sum" 表现出那样的行为。要做到这一点，只需省略 "initcond" 子句，使初始状态条件为 NULL。通常这意味着 sfunc 需要检查 NULL 的状态条件输入，但对于 "Sum" 以及 "Max"、"Min" 等一些简单聚合，只需把第一个非空输入值插入状态变量，然后从第二个非空输入值开始应用转换函数就足够了。当初始条件为 NULL 且转换函数被标记为 "strict"（即不对 NULL 输入调用）时，Postgres 会自动完成这一工作。

"strict" 转换函数的另一项默认行为是：每当遇到 NULL 输入值时，先前的状态值保持不变。这样，NULL 值就被忽略了。如果你需要 NULL 输入有其他行为，只需把转换函数定义为非 strict，并让它测试 NULL 输入并做任何需要的处理。

"Average"（平均值）是聚合的一个更复杂的例子。

它需要两个运行状态：输入的总和以及输入的数量。最终结果通过这两个量相除得到。平均值通常用二元数组作为转换状态值来实现。例如，avg(float8) 的内置实现如下所示：

```
CREATE AGGREGATE avg (
 sfunc = float8_accum,
 basetype = float8,
 stype = float8[],
 finalfunc = float8_avg,
 initcond = '{0,0}'
);
```

更多细节参见 PostgreSQL 用户指南中的 CREATE AGGREGATE。

---

# 第 17 章 Postgres 规则系统

## 作者

由 Jan Wieck 编写。7.1 的更新由 Tom Lane 完成。

产生式规则系统在概念上很简单，但在实际使用时会涉及许多微妙之处。其中一些要点，以及Postgres规则系统的理论基础，可以在 [ Stonebraker et al, ACM, 1990 ] 中找到。

有些其他数据库系统定义了主动型数据库规则。它们通常是存储过程和触发器，在Postgres中以函数和触发器的形式实现。

查询重写规则系统（下文简称“规则系统”）与存储过程和触发器完全不同。它会修改查询，使其将规则纳入考虑，然后把修改后的查询交给查询规划器进行规划和执行。它非常强大，可用于查询语言过程、视图和版本等许多用途。这一规则系统的能力在 [ Ong and Goh, 1990 ] 以及 [ Stonebraker et al, ACM, 1990 ] 中有讨论。

## 17.1. 什么是查询树？

要理解规则系统如何工作，必须先知道它在何时被调用，以及它的输入和输出是什么。

规则系统位于查询解析器和规划器之间。它接收解析器的输出，即一棵查询树，以及来自 `pg_rewrite` 目录的重写规则；这些规则本身也是带有一些附加信息的查询树。它会生成零棵或多棵查询树作为结果。因此，它的输入和输出始终都是解析器本身也可能产生的东西，所以它看到的任何内容基本上都可以表示为一个SQL语句。

那么什么是查询树？它是SQL语句的一种内部表示，其中构成语句的各个部分被分别存储。如果以调试级别 4 启动 Postgres 后端，并在交互式后端界面中输入查询，就可以看到这些查询树。`pg_rewrite` 系统目录中的规则动作同样以查询树的形式存储。它们的格式与调试输出不同，但包含的却是完全相同的信息。

阅读查询树需要一些经验，我刚开始在规则系统上工作时也经历了一段艰难的时光。我记得我曾站在咖啡机前，看到目标列表里有一个杯子，范围表里有水和咖啡粉，而所有的按钮出现在一个条件表达式中。由于查询树的SQL表示已足以理解规则系统，本文不会讲解如何阅读它们。学习阅读查询树也许会有帮助，而且在后续的描述中需要用到这些命名约定。

### 17.1.1. 查询树的组成部分

在阅读本文中查询树的 SQL 表示时，需要能够辨认语句在查询树结构中被拆分成了哪些部分。查询树的组成部分是

#### 命令类型

这是一个简单的值，说明了是哪一种命令（SELECT、INSERT、UPDATE、DELETE）产生了解析树。

#### 范围表

范围表是查询中使用的关系列表。在 SELECT 语句中，它们就是 FROM 关键字后面给出的关系。

每个范围表项标识一个表或视图，并说明在查询的其他部分以哪个名称来称呼它。在查询树中，范围表项是按编号而不是按名称引用的，因此即使像 SQL 语句中那样出现

重名，这里也无关紧要。这种情况可能出现在规则的范围表被合并之后。本文中的示例不会涉及这种情形。

### 结果关系

这是范围表中的一个索引，用来标识查询结果应写入哪个关系。

SELECT 查询通常没有结果关系。SELECT INTO 这一特殊情况与 CREATE TABLE、INSERT .. SELECT 序列几乎相同，这里不再单独讨论。

在 INSERT、UPDATE 和 DELETE 查询中，结果关系就是要让修改生效的表（或视图！）。

### 目标列表

目标列表是定义查询结果的表达式列表。对于 SELECT，这些表达式构成查询的最终输出。它们对应于关键字 SELECT 和 FROM 之间的表达式。（\* 只是某个关系全部属性名的缩写。解析器会把它展开为各个独立属性，因此规则系统永远不会看到它。）

DELETE 查询不需要目标列表，因为它们不产生任何结果。实际上，规划器会向空目标列表加入一个特殊的 ctid 项，但这发生在规则系统之后，将在后面讨论；对规则系统而言，目标列表是空的。

在 INSERT 查询中，目标列表描述的是将要进入结果关系的新行。它由 VALUES 子句中的表达式，或 INSERT ... SELECT 里 SELECT 子句中的表达式组成。结果关系中缺失的列将由规划器填入常量空值表达式。

在 UPDATE 查询中，目标列表描述要替换旧行的新行。在规则系统中，它只包含查询中 SET attribute = expression 部分的表达式。规划器会通过插入把旧行值复制到新行的表达式来补上缺失列。与 DELETE 一样，它也会加入一个特殊的 CTID 项。

目标列表中的每一项都包含一个表达式，它可以是常量值、指向范围表中某个关系属性的变量、一个参数，或者由函数调用、常量、变量、操作符等构成的表达式树。

### 条件

查询的条件是一个表达式，与目标列表项中的表达式很相似。该表达式的结果值是布尔值，用来说明是否应对最终结果行执行相应操作（INSERT、UPDATE、DELETE 或 SELECT）。它就是 SQL 语句的 WHERE 子句。

### 连接树

查询的连接树显示了 FROM 子句的结构。对于 SELECT FROM a, b, c 这样的简单查询，连接树只是 FROM 项的一个列表，因为允许按任意顺序连接它们。但当使用 JOIN 表达式（特别是外连接）时，就必须按连接所显示的顺序进行连接。连接树展示的是 JOIN 表达式的结构。与特定 JOIN 子句相关的限制（来自 ON 或 USING 表达式）会作为条件表达式附着在相应的连接树节点上。把顶层 WHERE 表达式也存储为附着在顶层连接树项上的一个条件，会很方便。因此，连接树实际上同时表示 SELECT 的 FROM 和 WHERE 子句。

### 其他

查询树的其他部分，如 ORDER BY 子句，这里不作关注。规则系统在应用规则时会替换其中的项，但这与规则系统的基本原理关系不大。

## 17.2. 视图和规则系统

### 17.2.1. Postgres 中视图的实现

在 Postgres 中，视图通过规则系统实现。实际上，以下命令：



```
CREATE VIEW myview AS SELECT * FROM mytab;
```

与下面这两条命令基本没有区别：

```
CREATE TABLE myview (same attribute list as for mytab);
CREATE RULE "_RETmyview" AS ON SELECT TO myview DO INSTEAD
 SELECT * FROM mytab;
```

因为这正是 CREATE VIEW 命令在内部所做的事情。这会带来一些副作用。其中之一是，在 Postgres 系统目录中，视图的信息与表的信息完全相同。因此，对查询解析器而言，表和视图完全没有区别。它们是同一种东西——关系。这是目前最重要的一点。

## 17.2.2. SELECT 规则如何工作

ON SELECT 规则会在所有查询上作为最后一步应用，即使给出的命令是 INSERT、UPDATE 或 DELETE 也一样。它们与其他规则在语义上不同，因为它们是就地修改解析树，而不是创建新的解析树。因此我们先讨论 SELECT 规则。

目前，一个 ON SELECT 规则中只能有一个动作，而且它必须是一个无条件、带有 INSTEAD 的 SELECT 动作。之所以有这个限制，是为了让规则足够安全，从而能够向普通用户开放；它也把 ON SELECT 规则限制为真正的视图规则。

本文的示例是两个进行一些计算的连接视图，以及另外一些依次使用它们的视图。最初两个视图中的一个会在后面通过为 INSERT、UPDATE 和 DELETE 操作添加规则来定制，从而最终得到一个在行为上像真正的表、但又带有某些特殊功能的视图。作为入门示例，这并不算简单，因此会让理解变得更难一些。但与其使用许多可能令人混淆的不同示例，不如用一个示例逐步覆盖这里讨论的全部要点。

用于操作这些示例的数据库名为 al\_bundy。你很快就会明白为什么取这个名字。它还需要安装过程语言 PL/pgSQL，因为我们需要一个返回两个整数值中较小者的 min() 函数。我们这样创建它：

```
CREATE FUNCTION min(integer, integer) RETURNS integer AS 'BEGIN
 IF $1 < $2 THEN
 RETURN $1;
 END IF;
 RETURN $2;
END;' LANGUAGE 'plpgsql';
```

在前两节对规则系统的描述中，我们需要用到如下真实表：

```
CREATE TABLE shoe_data (
 shoename char(10), -- primary key
 sh_avail integer, -- available # of pairs
 sl_color char(10), -- preferred shoelace color
 sl_minlen float, -- minimum shoelace length
 sl_maxlen float, -- maximum shoelace length
 sl_unit char(8) -- length unit
);

CREATE TABLE shoelace_data (
 sl_name char(10), -- primary key
 sl_avail integer, -- available # of pairs
 sl_color char(10), -- shoelace color
 sl_len float, -- shoelace length
 sl_unit char(8) -- length unit
);

CREATE TABLE unit (
```

```

 un_name char(8), -- the primary key
 un_fact float -- factor to transform to cm
);

```

我想我们大多数人都穿鞋，都能看出这确实是很用的数据。当然，世上有一些不需要鞋带的鞋，但这并不能让 AI 的日子好过一点，所以我们忽略这一点。

这些视图的创建方式如下：

```

CREATE VIEW shoe AS
 SELECT sh.shoename,
 sh.sh_avail,
 sh.slcolor,
 sh.slminlen,
 sh.slminlen * un.un_fact AS slminlen_cm,
 sh.slmaxlen,
 sh.slmaxlen * un.un_fact AS slmaxlen_cm,
 sh.slunit
 FROM shoe_data sh, unit un
 WHERE sh.slunit = un.un_name;

CREATE VIEW shoelace AS
 SELECT s.sl_name,
 s.sl_avail,
 s.sl_color,
 s.sl_len,
 s.sl_unit,
 s.sl_len * u.un_fact AS sl_len_cm
 FROM shoelace_data s, unit u
 WHERE s.sl_unit = u.un_name;

CREATE VIEW shoe_ready AS
 SELECT rsh.shoename,
 rsh.sh_avail,
 rsl.sl_name,
 rsl.sl_avail,
 min(rsh.sh_avail, rsl.sl_avail) AS total_avail
 FROM shoe rsh, shoelace rsl
 WHERE rsl.sl_color = rsh.slcolor
 AND rsl.sl_len_cm >= rsh.slminlen_cm
 AND rsl.sl_len_cm <= rsh.slmaxlen_cm;

```

创建 `shoelace` 视图（这是我们这里最简单的一个例子）的 `CREATE VIEW` 命令会创建一个关系 `shoelace`，并在 `pg_rewrite` 中创建一项，说明只要查询的范围表中引用了关系 `shoelace`，就必须应用一条重写规则。该规则没有规则条件（稍后在讨论非 `SELECT` 规则时再谈，因为目前 `SELECT` 规则不能有规则条件），并且它是 `INSTEAD`。注意，规则条件与查询条件不是一回事！这里我们的规则动作带有一个查询条件。

规则动作本身是一棵查询树，它是视图创建命令中 `SELECT` 语句的一个副本。

### 注意

你在 `pg_rewrite` 项中看到的、用于 `NEW` 和 `OLD` 的两个额外范围表项（在打印出来的查询树中，它们出于历史原因被命名为 `*NEW*` 和 `*CURRENT*`），与 `SELECT` 规则无关。

现在我们填充 `unit`、`shoe_data` 和 `shoelace_data`，然后 AI 在他的一生中第一次输入 `SELECT`：

```

al_bundy=> INSERT INTO unit VALUES ('cm', 1.0);
al_bundy=> INSERT INTO unit VALUES ('m', 100.0);
al_bundy=> INSERT INTO unit VALUES ('inch', 2.54);
al_bundy=>
al_bundy=> INSERT INTO shoe_data VALUES
al_bundy-> ('sh1', 2, 'black', 70.0, 90.0, 'cm');
al_bundy=> INSERT INTO shoe_data VALUES
al_bundy-> ('sh2', 0, 'black', 30.0, 40.0, 'inch');
al_bundy=> INSERT INTO shoe_data VALUES
al_bundy-> ('sh3', 4, 'brown', 50.0, 65.0, 'cm');
al_bundy=> INSERT INTO shoe_data VALUES
al_bundy-> ('sh4', 3, 'brown', 40.0, 50.0, 'inch');
al_bundy=>
al_bundy=> INSERT INTO shoelace_data VALUES
al_bundy-> ('sl1', 5, 'black', 80.0, 'cm');
al_bundy=> INSERT INTO shoelace_data VALUES
al_bundy-> ('sl2', 6, 'black', 100.0, 'cm');
al_bundy=> INSERT INTO shoelace_data VALUES
al_bundy-> ('sl3', 0, 'black', 35.0 , 'inch');
al_bundy=> INSERT INTO shoelace_data VALUES
al_bundy-> ('sl4', 8, 'black', 40.0 , 'inch');
al_bundy=> INSERT INTO shoelace_data VALUES
al_bundy-> ('sl5', 4, 'brown', 1.0 , 'm');
al_bundy=> INSERT INTO shoelace_data VALUES
al_bundy-> ('sl6', 0, 'brown', 0.9 , 'm');
al_bundy=> INSERT INTO shoelace_data VALUES
al_bundy-> ('sl7', 7, 'brown', 60 , 'cm');
al_bundy=> INSERT INTO shoelace_data VALUES
al_bundy-> ('sl8', 1, 'brown', 40 , 'inch');
al_bundy=>
al_bundy=> SELECT * FROM shoelace;
sl_name |sl_avail|sl_color |sl_len|sl_unit |sl_len_cm
-----+-----+-----+-----+-----+-----
sl1 | 5|black | 80|cm | 80
sl2 | 6|black | 100|cm | 100
sl7 | 7|brown | 60|cm | 60
sl3 | 0|black | 35|inch | 88.9
sl4 | 8|black | 40|inch | 101.6
sl8 | 1|brown | 40|inch | 101.6
sl5 | 4|brown | 1|m | 100
sl6 | 0|brown | 0.9|m | 90
(8 rows)

```

这是 AI 在这些视图上能执行的最简单的 SELECT，因此我们借此机会说明视图规则的基础。  
'SELECT \* FROM shoelace' 由解析器解释后，会生成如下解析树：

```

SELECT shoelace.sl_name, shoelace.sl_avail,
 shoelace.sl_color, shoelace.sl_len,
 shoelace.sl_unit, shoelace.sl_len_cm
FROM shoelace shoelace;

```

然后它会被交给规则系统。规则系统遍历范围表，检查 pg\_rewrite 中是否有关系对应的规则。在处理 shoelace 的范围表项时（到目前为止只有这一个），它会找到带有如下解析树的规则 '\_RETshoelace':

```

SELECT s.sl_name, s.sl_avail,
 s.sl_color, s.sl_len, s.sl_unit,
 float8mul(s.sl_len, u.un_fact) AS sl_len_cm
FROM shoelace *OLD*, shoelace *NEW*,

```

```

 shoelace_data s, unit u
WHERE bpchareq(s.sl_unit, u.un_name);

```

注意，解析器把计算和限定条件都改写成了对相应函数的调用。但这实际上并没有改变任何东西。

为了展开视图，重写器只需创建一个子查询范围表条目，其中包含规则的动作解析树，然后用这个范围表条目替换原先引用视图的条目。所得的重写后解析树几乎等同于 AI 输入以下语句的结果：

```

SELECT shoelace.sl_name, shoelace.sl_avail,
 shoelace.sl_color, shoelace.sl_len,
 shoelace.sl_unit, shoelace.sl_len_cm
FROM (SELECT s.sl_name,
 s.sl_avail,
 s.sl_color,
 s.sl_len,
 s.sl_unit,
 s.sl_len * u.un_fact AS sl_len_cm
 FROM shoelace_data s, unit u
 WHERE s.sl_unit = u.un_name) shoelace;

```

不过有一点不同：子查询的范围表中有两个额外条目，shoelace \*OLD\* 和 shoelace \*NEW\*。这些条目不直接参与查询，因为子查询的连接树或目标列表并未引用它们。重写器用它们保存原先引用视图的范围表条目中的访问权限检查信息。这样，即使重写后的查询没有直接使用视图，执行器仍会检查用户是否具有访问该视图所需的权限。

这就是应用的第一条规则。

规则系统接着会检查顶层查询中剩余的范围表项（本例中已经没有了），并递归检查新增子查询中的范围表项，看它们是否引用了视图。

（但它不会展开\*OLD\*或\*NEW\*，否则就会出现无限递归！）在这个例子中，shoelace\_data和unit都没有重写规则，因此重写到此结束，上面的结果就是交给规划器的最终结果。

现在我们让 AI 面对这样一个问题：布鲁斯兄弟（Blues Brothers）来到他的店里，想买一些新鞋；而且正如布鲁斯兄弟的本色那样，他们要穿一模一样的鞋。他们还想立刻就穿上，所以还需要鞋带。

AI 需要知道，商店里目前哪些鞋子有颜色和尺码都匹配的鞋带，并且完全匹配的总双数大于等于二。我们教会他怎么做，于是他询问他的数据库：

```

al_bundy=> SELECT * FROM shoe_ready WHERE total_avail >= 2;
shoename |sh_avail|sl_name |sl_avail|total_avail
-----+-----+-----+-----+-----
sh1 | |sl1 |5 |2
sh3 | |sl7 |7 |4
(2 rows)

```

AI 是一位鞋类行家，所以他知道只有 sh1 型号的鞋才合适（鞋带 sl7 是棕色的，而需要棕色鞋带的鞋是布鲁斯兄弟绝不会穿的鞋）。

这一次解析器的输出是如下解析树：

```

SELECT shoe_ready.shoename, shoe_ready.sh_avail,
 shoe_ready.sl_name, shoe_ready.sl_avail,
 shoe_ready.total_avail
FROM shoe_ready shoe_ready
WHERE int4ge(shoe_ready.total_avail, 2);

```

首先应用的是用于 shoe\_ready 视图的规则，它得到如下解析树：

```

SELECT shoe_ready.shoename, shoe_ready.sh_avail,
 shoe_ready.sl_name, shoe_ready.sl_avail,
 shoe_ready.total_avail
FROM (SELECT rsh.shoename,
 rsh.sh_avail,
 rsl.sl_name,
 rsl.sl_avail,
 min(rsh.sh_avail, rsl.sl_avail) AS total_avail
 FROM shoe rsh, shoelace rsl
 WHERE rsl.sl_color = rsh.slcolor
 AND rsl.sl_len_cm >= rsh.slminlen_cm
 AND rsl.sl_len_cm <= rsh.slmaxlen_cm) shoe_ready
WHERE int4ge(shoe_ready.total_avail, 2);

```

类似地，shoe 和 shoelace 的规则会被替换进子查询的范围表中，最终得到一棵三层查询树：

```

SELECT shoe_ready.shoename, shoe_ready.sh_avail,
 shoe_ready.sl_name, shoe_ready.sl_avail,
 shoe_ready.total_avail
FROM (SELECT rsh.shoename,
 rsh.sh_avail,
 rsl.sl_name,
 rsl.sl_avail,
 min(rsh.sh_avail, rsl.sl_avail) AS total_avail
 FROM (SELECT sh.shoename,
 sh.sh_avail,
 sh.slcolor,
 sh.slminlen,
 sh.slminlen * un.un_fact AS slminlen_cm,
 sh.slmaxlen,
 sh.slmaxlen * un.un_fact AS slmaxlen_cm,
 sh.slunit
 FROM shoe_data sh, unit un
 WHERE sh.slunit = un.un_name) rsh,
 (SELECT s.sl_name,
 s.sl_avail,
 s.sl_color,
 s.sl_len,
 s.sl_unit,
 s.sl_len * u.un_fact AS sl_len_cm
 FROM shoelace_data s, unit u
 WHERE s.sl_unit = u.un_name) rsl
 WHERE rsl.sl_color = rsh.slcolor
 AND rsl.sl_len_cm >= rsh.slminlen_cm
 AND rsl.sl_len_cm <= rsh.slmaxlen_cm) shoe_ready
WHERE int4ge(shoe_ready.total_avail, 2);

```

事实证明，规划器会把这棵树折叠成两层的查询树：最底层的 select 会被“上拉”到中间的 select 中，因为不需要单独处理它们。但中间的 select 会保持与顶层分离，因为它包含聚合函数。如果把那些也上拉，就会改变顶层 select 的行为，而这不是我们想要的。不过，折叠查询树属于一种优化，重写系统本身无须关心。

### 注意

规则系统目前对视图规则没有递归终止机制（对其他类型的规则才有）。这并不会造成太大问题，因为要把处理推入无限循环（使后端不断膨胀，直至达到内存上限）的唯一方式，是先创建一些表，然后手工用 CREATE RULE 把

视图规则设置成一个从另一个选择、而另一个又从这个选择的形式。如果使用 CREATE VIEW，这种情况绝不会发生，因为在执行第一个 CREATE VIEW 时，第二个关系尚不存在，因此第一个视图无法从第二个视图选择。

### 17.2.3. 非 SELECT 语句中的视图规则

上面关于视图规则的描述没有涉及解析树的两个细节：命令类型和结果关系。事实上，视图规则并不需要这些信息。

SELECT 的解析树与其他任何命令的解析树之间只有少数差别。显然，它们的命令类型不同，而且这一次结果关系会指向结果应写入的那个范围表项。除此之外，其余部分完全相同。因此，假设有两个表 t1 和 t2，都具有属性 a 和 b，那么下面两条语句的解析树：

```
SELECT t2.b FROM t1, t2 WHERE t1.a = t2.a;
```

```
UPDATE t1 SET b = t2.b WHERE t1.a = t2.a;
```

几乎是一样的。

- 范围表中包含表 t1 和 t2 的项。
- 目标列表中都包含一个变量，该变量指向表 t2 的范围表项中的属性 b。
- 条件表达式会比较两个范围中的属性 a 是否相等。
- 连接树都表示 t1 与 t2 之间的一次简单连接。

结果是，这两个解析树都会产生相似的执行计划。它们都是对这两个表的连接。对于 UPDATE，规划器会把 t1 中缺失的列补入目标列表，最终查询树会变成：

```
UPDATE t1 SET a = t1.a, b = t2.b WHERE t1.a = t2.a;
```

因而，执行器在这个连接上运行时会产生与下面语句完全相同的结果集：

```
SELECT t1.a, t2.b FROM t1, t2 WHERE t1.a = t2.a;
```

但在 UPDATE 中有个小问题。执行器并不关心它所做的连接的结果将被用于什么。它只是生成一个行结果集。一个是 SELECT 命令、另一个是 UPDATE 命令这一差别，是在执行器的调用者中处理的。调用者仍然知道（通过查看解析树）这是一个 UPDATE，也知道这个结果应写入表 t1。但问题在于：其中哪一行应当被新行替换？

为了解决这个问题，UPDATE（以及 DELETE）语句的目标列表中会额外加入一项：当前元组 ID（ctid）。这是一个系统属性，包含该行所在的文件块号以及在块中的位置。已知表之后，就可以利用 ctid 取回要更新的 t1 原始行。把 ctid 加入目标列表后，查询实际上会变成：

```
SELECT t1.a, t2.b, t1.ctid FROM t1, t2 WHERE t1.a = t2.a;
```

现在还要引入 Postgres 的另一个细节。目前，表行不会被覆盖，这也是 ABORT TRANSACTION 之所以很快的原因。在 UPDATE 中，新结果行会被插入表中（去掉 ctid 之后），而 ctid 所指向的行，其元组头中的 cmax 和 xmax 项会被设置为当前命令计数器和当前事务 ID。于是旧行被隐藏起来，事务提交后，清理器（vacuum）最终就可以真正移除它。

知道了这些以后，我们就可以用完全相同的方式把视图规则应用到任何命令上。没有区别。

### 17.2.4. Postgres 中视图的能力

上文演示了规则系统如何把视图定义整合进原始解析树。在第二个示例中，从一个视图发出的简单 SELECT 最终生成了一棵四表连接的解析树（unit 以不同名称使用了两次）。

### 17.2.4.1. 好处

用规则系统实现视图的好处在于：规划器能够在单棵解析树中同时看到哪些表必须被扫描、这些表之间的关系、来自视图的限制条件，以及原始查询自身的条件。即使原始查询本身已经是对若干视图的连接，情况也仍然如此。现在，规划器必须决定执行查询的最佳路径。它掌握的信息越多，这个决定就能做得越好。Postgres实现的规则系统能够保证，到此为止，关于该查询的全部可用信息都已经集中在这里。

### 17.2.5. 那么更新视图会怎么样？

如果把一个视图指定为 INSERT、UPDATE 或 DELETE 的目标关系，会发生什么？在完成上述替换之后，我们得到的查询树中，结果关系会指向一个子查询范围表项。这是行不通的，因此重写器一旦发现自己产生了这样的结果，就会抛出一个错误。

要改变这种情况，我们可以定义规则来修改非 SELECT 查询的行为。这是下一节的主题。

## 17.3. INSERT、UPDATE 和 DELETE 上的规则

### 17.3.1. 与视图规则的区别

定义在 ON INSERT、UPDATE 和 DELETE 上的规则与前一节描述的视图规则完全不同。首先，它们的 CREATE RULE 命令允许更多：

- 它们可以没有动作。
- 它们可以有多个动作。
- INSTEAD 关键字是可选的。
- 伪关系 NEW 和 OLD 可以派上用场。
- 它们可以有规则条件。

第二，它们不是就地修改解析树，而是创建零棵或多棵新解析树，并且可能丢弃原始查询树。

### 17.3.2. 这些规则如何工作

记住以下语法：

```
CREATE RULE rule_name AS ON event
 TO object [WHERE rule_qualification]
 DO [INSTEAD] [action | (actions) | NOTHING];
```

在后文中，“更新规则”是指定义在 ON INSERT、UPDATE 或 DELETE 上的规则。

当解析树的结果关系和命令类型分别等于 CREATE RULE 命令中给出的对象和事件时，规则系统就会应用更新规则。对于更新规则，规则系统会创建一个解析树列表，初始时该列表为空。动作可以有零个（NOTHING 关键字）、一个或多个。为简化说明，我们来看只有一个动作的规则。这个规则可以有条件，也可以没有条件；它可以是 INSTEAD，也可以不是。

什么是规则条件？它是一种限制，用来说明何时执行规则动作、何时不执行。这个条件只能引用 NEW 和/或 OLD 伪关系，它们基本上就是作为对象给出的那个关系，只是带有特殊含义。

因此，对于只有一个动作的规则，有以下四种情况会产生相应的解析树。

- 没有条件，也不是 INSTEAD：
  - 规则动作的解析树，其中附加了原始解析树的条件。
- 没有条件，但带有 INSTEAD：
  - 规则动作的解析树，其中附加了原始解析树的条件。
- 给出了条件，不是 INSTEAD：
  - 规则动作的解析树，其中附加了规则条件和原始解析树的条件。
- 给出了条件，带有 INSTEAD：
  - 规则动作的解析树，其中附加了规则条件和原始解析树的条件。
  - 原始解析树，其中附加了规则条件取反后的条件。

最后，如果规则不是 INSTEAD，就把未经更改的原始解析树加入列表。由于只有带条件的 INSTEAD 规则已经加入了原始解析树，因此，对于只有一个动作的规则，最终会得到一棵或两棵输出解析树。

由规则动作生成的解析树会再次送入重写系统，随后可能还会有更多规则被应用，从而产生更多或更少的解析树。因此，规则动作中的解析树必须具有不同的命令类型，或者具有不同的结果关系。否则，这种递归过程就会陷入循环。目前内置的递归上限是 10 次迭代。如果经过 10 次迭代之后仍有更新规则要应用，规则系统就会认为出现了多个规则定义之间的循环，并中止事务。

pg\_rewrite 系统目录中动作里的解析树只是模板。由于它们可以引用 NEW 和 OLD 的范围表项，因此在使用前必须进行一些替换。对任何 NEW 的引用，都会先在原始查询的目标列表中查找相应项。如果找到了，就用该项的表达式替换该引用。否则，NEW 就与 OLD 含义相同（对于 UPDATE），或者被替换为 NULL（对于 INSERT）。任何对 OLD 的引用，都会被替换为对作为结果关系的那个范围表项的引用。

在我们完成应用更新规则之后，再对生成的解析树应用视图规则。  
视图无法插入新的更新动作，所以没有必要向视图重写的输出应用更新规则。

### 17.3.2.1. 第一个规则：逐步分析

我们想跟踪 shoelace\_data 关系中 sl\_avail 列的变化。因此，我们建立一个日志表和一条规则，使其在 shoelace\_data 上执行 UPDATE 时，有条件地写入一条日志记录。

```
CREATE TABLE shoelace_log (
 sl_name char(10), -- shoelace changed
 sl_avail integer, -- new available value
 log_who text, -- who did it
 log_when timestamp -- when
);

CREATE RULE log_shoelace AS ON UPDATE TO shoelace_data
WHERE NEW.sl_avail != OLD.sl_avail
DO INSERT INTO shoelace_log VALUES (
 NEW.sl_name,
 NEW.sl_avail,
 current_user,
 current_timestamp
);
```

现在 AI 执行了：



```
al_bundy=> UPDATE shoelace_data SET sl_avail = 6
```

```
al_bundy-> WHERE sl_name = 'sl7';
```

然后我们查看日志表：

```
al_bundy=> SELECT * FROM shoelace_log;
sl_name |sl_avail|log_who|log_when
-----+-----+-----+-----
sl7 | 6|Al |Tue Oct 20 16:14:45 1998 MET DST
(1 row)
```

这正是我们预期的结果。后台发生的事情如下。

解析器创建了解析树（这一次突出显示的是原始解析树中的部分，因为对更新规则而言，操作的基础是规则动作）：

```
UPDATE shoelace_data SET sl_avail = 6
FROM shoelace_data shoelace_data
WHERE bpchareq(shoelace_data.sl_name, 'sl7');
```

此时存在一条 ON UPDATE 规则 'log\_shoelace'，它带有如下规则条件表达式：

```
int4ne(NEW.sl_avail, OLD.sl_avail)
```

以及一个动作：

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES(
 NEW.sl_name, *NEW*.sl_avail,
 current_user, current_timestamp
FROM shoelace_data *NEW*, shoelace_data *OLD*;
```

这看起来有点奇怪，因为通常你不能写 INSERT ... VALUES ... FROM。这里的 FROM 子句只是为了表明解析树中存在用于 \*NEW\* 和 \*OLD\* 的范围表项。之所以需要这些项，是为了让 INSERT 命令的 querytree 中的变量能够引用它们。

该规则是一条带条件的非 INSTEAD 规则，因此规则系统必须返回两棵解析树：修改后的规则动作，以及原始解析树。第一步中，原始查询的范围表会并入规则动作的解析树，得到：

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES(
 NEW.sl_name, *NEW*.sl_avail,
 current_user, current_timestamp
FROM shoelace_data *NEW*, shoelace_data *OLD*,
 shoelace_data shoelace_data;
```

第 2 步将规则条件加进去，因此结果集被限制为 sl\_avail 发生变化的行：

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES(
 NEW.sl_name, *NEW*.sl_avail,
 current_user, current_timestamp
FROM shoelace_data *NEW*, shoelace_data *OLD*,
 shoelace_data shoelace_data
WHERE int4ne(*NEW*.sl_avail, *OLD*.sl_avail);
```

这看起来更奇怪，因为 INSERT ... VALUES 同样没有 WHERE 子句，但规划器和执行器处理它并无困难。反正它们本来也需要为 INSERT ... SELECT 支持相同功能。第 3 步把原始解析树的条件加进去，把结果集进一步限制为只有那些原始解析树会触及的行：

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES(
 NEW.sl_name, *NEW*.sl_avail,
 current_user, current_timestamp
```

```

FROM shoelace_data *NEW*, shoelace_data *OLD*,
 shoelace_data shoelace_data
WHERE int4ne(*NEW*.sl_avail, *OLD*.sl_avail)
 AND bpchareq(shoelace_data.sl_name, 'sl7');

```

第 4 步把 NEW 引用替换为原始解析树中的目标列表项，或者替换为结果关系中相应的变量引用：

```

INSERT INTO shoelace_log VALUES(
 shoelace_data.sl_name, 6,
 current_user, current_timestamp
FROM shoelace_data *NEW*, shoelace_data *OLD*,
 shoelace_data shoelace_data
WHERE int4ne(6, *OLD*.sl_avail)
 AND bpchareq(shoelace_data.sl_name, 'sl7');

```

第 5 步把 OLD 引用替换为结果关系引用：

```

INSERT INTO shoelace_log VALUES(
 shoelace_data.sl_name, 6,
 current_user, current_timestamp
FROM shoelace_data *NEW*, shoelace_data *OLD*,
 shoelace_data shoelace_data
WHERE int4ne(6, shoelace_data.sl_avail)
 AND bpchareq(shoelace_data.sl_name, 'sl7');

```

至此就完成了。由于规则不是 `INSTEAD`，我们还要输出原始解析树。简而言之，规则系统输出的是一个包含两棵解析树的列表，它们等同于以下语句：

```

INSERT INTO shoelace_log VALUES(
 shoelace_data.sl_name, 6,
 current_user, current_timestamp
FROM shoelace_data
WHERE 6 != shoelace_data.sl_avail
 AND shoelace_data.sl_name = 'sl7';

```

```

UPDATE shoelace_data SET sl_avail = 6
WHERE sl_name = 'sl7';

```

它们会按这个顺序执行，而这正是该规则所定义的行为。

上述替换以及附加的条件能够保证：如果原始查询是下面这样，就不会写入任何日志记录：

```

UPDATE shoelace_data SET sl_color = 'green'
WHERE sl_name = 'sl7';

```

在这种情况下，原始解析树不包含 `sl_avail` 的目标列表项，因此 `NEW.sl_avail` 会被 `shoelace_data.sl_avail` 替换，于是规则产生的额外查询是：

```

INSERT INTO shoelace_log VALUES(
 shoelace_data.sl_name, shoelace_data.sl_avail,
 current_user, current_timestamp)
FROM shoelace_data
WHERE shoelace_data.sl_avail != shoelace_data.sl_avail
 AND shoelace_data.sl_name = 'sl7';

```

而该条件永远不可能为真。如果原始查询修改多行，这种机制同样能够正常工作。因此，如果 AI 发出如下命令：

```

UPDATE shoelace_data SET sl_avail = 0
WHERE sl_color = 'black';

```

实际上会更新四行 (sl1、sl2、sl3 和 sl4)。但 sl3 本来就已经是 sl\_avail = 0。这一次，原始解析树的条件不同，因此规则会产生额外的解析树：

```
INSERT INTO shoelace_log SELECT
 shoelace_data.sl_name, 0,
 current_user, current_timestamp
FROM shoelace_data
WHERE 0 != shoelace_data.sl_avail
 AND shoelace_data.sl_color = 'black';
```

这棵解析树必然会插入三条新的日志记录。这完全正确。

原始解析树最后执行至关重要，因为 Postgres 的“traffic cop”（交通警察）会在两棵解析树的执行之间做一次命令计数器递增，使第二棵树能看到第一棵树所做的更改。如果先执行 UPDATE，那么所有行都已经被设为零，记日志的 INSERT 就找不到任何满足 0 != shoelace\_data.sl\_avail 的行。

### 17.3.3. 与视图的协作

为了防止有人像前面提到的那样对视图关系尝试 INSERT、UPDATE 和 DELETE，一种简单的办法是让那些解析树直接被丢弃。我们创建如下规则：

```
CREATE RULE shoe_ins_protect AS ON INSERT TO shoe
DO INSTEAD NOTHING;
CREATE RULE shoe_upd_protect AS ON UPDATE TO shoe
DO INSTEAD NOTHING;
CREATE RULE shoe_del_protect AS ON DELETE TO shoe
DO INSTEAD NOTHING;
```

如果现在 AI 尝试对视图关系 shoe 执行这些操作中的任何一种，规则系统就会应用这些规则。由于这些规则没有动作而且是 INSTEAD，生成的解析树列表将为空；整个查询也就什么都不会做，因为规则系统处理完后已经没有任何内容可供优化或执行。

#### 注意

这种方式可能会让前端应用程序感到困惑，因为数据库上绝对什么都没有发生，因而后端不会为该查询返回任何东西。在 libpq 中连 PGRES\_EMPTY\_QUERY 都得不到。在 psql 中，什么都不会发生。这一点将来可能会改变。

另一种更完善的做法，是创建一些规则，把解析树重写成在真实表上执行正确操作的解析树。要在 shoelace 视图上做到这一点，我们创建下列规则：

```
CREATE RULE shoelace_ins AS ON INSERT TO shoelace
DO INSTEAD
INSERT INTO shoelace_data VALUES (
 NEW.sl_name,
 NEW.sl_avail,
 NEW.sl_color,
 NEW.sl_len,
 NEW.sl_unit);

CREATE RULE shoelace_upd AS ON UPDATE TO shoelace
DO INSTEAD
UPDATE shoelace_data SET
 sl_name = NEW.sl_name,
 sl_avail = NEW.sl_avail,
```

```

 sl_color = NEW.sl_color,
 sl_len = NEW.sl_len,
 sl_unit = NEW.sl_unit
WHERE sl_name = OLD.sl_name;

```

```

CREATE RULE shoelace_del AS ON DELETE TO shoelace
DO INSTEAD
DELETE FROM shoelace_data
WHERE sl_name = OLD.sl_name;

```

现在有一批鞋带到货进入 AI 的商店，随附一份很长的部件清单。AI 不太擅长计算，因此我们不想让他手工更新 shoelace 视图。于是我们建立两个小表：一个让他可以插入部件清单中的项目，另一个则采用一个特殊技巧。创建命令如下：

```

CREATE TABLE shoelace_arrive (
 arr_name char(10),
 arr_quant integer
);

CREATE TABLE shoelace_ok (
 ok_name char(10),
 ok_quant integer
);

CREATE RULE shoelace_ok_ins AS ON INSERT TO shoelace_ok
DO INSTEAD
UPDATE shoelace SET
 sl_avail = sl_avail + NEW.ok_quant
WHERE sl_name = NEW.ok_name;

```

现在 AI 可以坐下来随便干点什么，直到

```

al_bundy=> SELECT * FROM shoelace_arrive;
arr_name |arr_quant
-----+-----
sl3 | 10
sl6 | 20
sl8 | 20
(3 rows)

```

与部件清单上的内容完全一致为止。我们快速查看一下当前数据，

```

al_bundy=> SELECT * FROM shoelace ORDER BY sl_name;
sl_name |sl_avail|sl_color |sl_len|sl_unit |sl_len_cm
-----+-----+-----+-----+-----+-----
sl1 | 5|black | 80|cm | 80
sl2 | 6|black | 100|cm | 100
sl7 | 6|brown | 60|cm | 60
sl3 | 0|black | 35|inch | 88.9
sl4 | 8|black | 40|inch | 101.6
sl8 | 1|brown | 40|inch | 101.6
sl5 | 4|brown | 1|m | 100
sl6 | 0|brown | 0.9|m | 90
(8 rows)

```

把到货的鞋带入库：

```
al_bundy=> INSERT INTO shoelace_ok SELECT * FROM shoelace_arrive;
```

然后检查结果：

```
al_bundy=> SELECT * FROM shoelace ORDER BY sl_name;
sl_name |sl_avail|sl_color |sl_len|sl_unit |sl_len_cm
-----+-----+-----+-----+-----+-----
sl1 | 5|black | 80|cm | 80
sl2 | 6|black | 100|cm | 100
sl7 | 6|brown | 60|cm | 60
sl4 | 8|black | 40|inch | 101.6
sl3 | 10|black | 35|inch | 88.9
sl8 | 21|brown | 40|inch | 101.6
sl5 | 4|brown | 1|m | 100
sl6 | 20|brown | 0.9|m | 90
(8 rows)
```

```
al_bundy=> SELECT * FROM shoelace_log;
sl_name |sl_avail|log_who|log_when
-----+-----+-----+-----
sl7 | 6|A1 |Tue Oct 20 19:14:45 1998 MET DST
sl3 | 10|A1 |Tue Oct 20 19:25:16 1998 MET DST
sl6 | 20|A1 |Tue Oct 20 19:25:16 1998 MET DST
sl8 | 21|A1 |Tue Oct 20 19:25:16 1998 MET DST
(4 rows)
```

从一条 INSERT ... SELECT 到这些结果，中间要经历相当长的一段过程。对它的描述将是本文中的最后一个（但不是最后一个例子 :-））。首先是解析器的输出：

```
INSERT INTO shoelace_ok SELECT
 shoelace_arrive.arr_name, shoelace_arrive.arr_quant
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok;
```

现在应用第一条规则 'shoelace\_ok\_ins'，它会把这一输出转换成：

```
UPDATE shoelace SET
 sl_avail = int4pl(shoelace.sl_avail, shoelace_arrive.arr_
quant)
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok,
 shoelace_ok *OLD*, shoelace_ok *NEW*,
 shoelace shoelace
WHERE bpchareq(shoelace.sl_name, shoelace_arrive.arr_name);
```

同时会丢弃针对 shoelace\_ok 的原始 INSERT。这个重写后的查询会再次交给规则系统，随后应用的规则 'shoelace\_upd' 产生：

```
UPDATE shoelace_data SET
 sl_name = shoelace.sl_name,
 sl_avail = int4pl(shoelace.sl_avail, shoelace_arrive.arr_
quant),
 sl_color = shoelace.sl_color,
 sl_len = shoelace.sl_len,
 sl_unit = shoelace.sl_unit
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok,
 shoelace_ok *OLD*, shoelace_ok *NEW*,
 shoelace shoelace, shoelace *OLD*,
 shoelace *NEW*, shoelace_data shoelace_data
WHERE bpchareq(shoelace.sl_name, shoelace_arrive.arr_name)
AND bpchareq(shoelace_data.sl_name, shoelace.sl_name);
```

这同样是一条 INSTEAD 规则，因此前一个解析树会被丢弃。注意，这个查询仍然使用视图 shoelace。但规则系统在这个循环中尚未完成，因此它会继续在其上应用规则 '\_RETshoelace'，于是得到：

```

UPDATE shoelace_data SET
 sl_name = s.sl_name,
 sl_avail = int4pl(s.sl_avail, shoelace_arrive.arr_quant),
 sl_color = s.sl_color,
 sl_len = s.sl_len,
 sl_unit = s.sl_unit
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok,
 shoelace_ok *OLD*, shoelace_ok *NEW*,
 shoelace shoelace, shoelace *OLD*,
 shoelace *NEW*, shoelace_data shoelace_data,
 shoelace *OLD*, shoelace *NEW*,
 shoelace_data s, unit u
WHERE bpchareq(s.sl_name, shoelace_arrive.arr_name)
 AND bpchareq(shoelace_data.sl_name, s.sl_name);

```

又有一条更新规则被应用，于是车轮继续转动，我们进入了第3轮重写。这一次应用的是规则 'log\_shoelace'，这产生了额外的解析树：

```

INSERT INTO shoelace_log SELECT
 s.sl_name,
 int4pl(s.sl_avail, shoelace_arrive.arr_quant),
 current_user,
 current_timestamp
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok,
 shoelace_ok *OLD*, shoelace_ok *NEW*,
 shoelace shoelace, shoelace *OLD*,
 shoelace *NEW*, shoelace_data shoelace_data,
 shoelace *OLD*, shoelace *NEW*,
 shoelace_data s, unit u,
 shoelace_data *OLD*, shoelace_data *NEW*
 shoelace_log shoelace_log
WHERE bpchareq(s.sl_name, shoelace_arrive.arr_name)
 AND bpchareq(shoelace_data.sl_name, s.sl_name);
 AND int4ne(int4pl(s.sl_avail, shoelace_arrive.arr_quant), s.sl_
 avail);

```

到这里，规则系统已经没有更多规则可用，返回生成的解析树。  
于是我们最终得到两棵解析树，它们等同于以下 SQL 语句：

```

INSERT INTO shoelace_log SELECT
 s.sl_name,
 s.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant,
 current_user,
 current_timestamp
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_data shoelace_
data,
 shoelace_data s
WHERE s.sl_name = shoelace_arrive.arr_name
 AND shoelace_data.sl_name = s.sl_name
 AND s.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant != s.sl_avail;

UPDATE shoelace_data SET
 sl_avail = shoelace_data.sl_avail + shoelace_arrive.arr_
quant
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive,
 shoelace_data shoelace_data,
 shoelace_data s
WHERE s.sl_name = shoelace_arrive.sl_name
 AND shoelace_data.sl_name = s.sl_name;

```

结果是：来自一个关系的数据被插入到另一个关系中，  
这个插入被改写为对第三个关系的更新，  
再被改写为对第四个关系的更新外加在第五个关系中记录该更新，  
最后整个过程被化简为两个查询。

这里有个稍显难看的小细节。观察这两个查询就会发现，`shoelace_data` 关系在范围表中出现了两次，而实际上完全可以缩减成一次。规划器不会处理这一点，因此规则系统为 INSERT 输出的执行计划会是：

```
Nested Loop
-> Merge Join
 -> Seq Scan
 -> Sort
 -> Seq Scan on s
 -> Seq Scan
 -> Sort
 -> Seq Scan on shoelace_arrive
-> Seq Scan on shoelace_data
```

而省略那个额外的范围表项则会得到：

```
Merge Join
-> Seq Scan
 -> Sort
 -> Seq Scan on s
-> Seq Scan
 -> Sort
 -> Seq Scan on shoelace_arrive
```

后者完全会在日志关系中产生相同的项。因此，规则系统导致了对 `shoelace_data` 关系的一次完全不必要的额外扫描。而在 UPDATE 中，同样的冗余扫描还会再发生一次。不过，能让这一切总体上工作起来，已经是一项相当艰巨的工作。

最后来演示一下 Postgres 规则系统及其威力。有一位漂亮的金发女郎卖鞋带。而 AI 永远不会意识到的是，她不仅漂亮，还很聪明——甚至有点太聪明了。于是，AI 不时会订购一些完全卖不出去的鞋带。这一次他订购了 1000 双品红色（magenta）鞋带，而且由于另一种鞋带暂时缺货、而他已承诺购买一些，他又为粉色（pink）的鞋带做好了数据库准备：

```
al_bundy=> INSERT INTO shoelace VALUES
al_bundy-> ('sl9', 0, 'pink', 35.0, 'inch', 0.0);
al_bundy=> INSERT INTO shoelace VALUES
al_bundy-> ('sl10', 1000, 'magenta', 40.0, 'inch', 0.0);
```

由于这种事经常发生，我们必须不时地找出那些绝对不适合任何鞋子的鞋带项。我们可以每次都有一条复杂的语句来完成，也可以为此建立一个视图。这个视图是：

```
CREATE VIEW shoelace_obsolete AS
 SELECT * FROM shoelace WHERE NOT EXISTS
 (SELECT shoename FROM shoe WHERE slcolor = sl_color);
```

它的输出是：

```
al_bundy=> SELECT * FROM shoelace_obsolete;
sl_name |sl_avail|sl_color |sl_len|sl_unit |sl_len_cm
-----+-----+-----+-----+-----+-----
sl9 | 0|pink | 35|inch | 88.9
sl10 | 1000|magenta | 40|inch | 101.6
```

那 1000 双品红色鞋带，我们得先向 AI 讨了债才能把它们扔掉，不过那是另一个问题了。粉色的条目我们要删掉。为了给 Postgres 增加一点难度，我们不直接删除，而是再创建一个视图：

```
CREATE VIEW shoelace_candelelete AS
 SELECT * FROM shoelace_obsolete WHERE sl_avail = 0;
```

然后这样执行：

```
DELETE FROM shoelace WHERE EXISTS
 (SELECT * FROM shoelace_candelelete
 WHERE sl_name = shoelace.sl_name);
```

Voila:

```
al_bundy=> SELECT * FROM shoelace;
sl_name | sl_avail | sl_color | sl_len | sl_unit | sl_len_cm
-----+-----+-----+-----+-----+-----
sl1 | | 5|black | 80 | cm | 80
sl2 | | 6|black | 100 | cm | 100
sl7 | | 6|brown | 60 | cm | 60
sl4 | | 8|black | 40 | inch | 101.6
sl3 | | 10|black | 35 | inch | 88.9
sl8 | | 21|brown | 40 | inch | 101.6
sl10 | | 1000|magenta | 40 | inch | 101.6
sl5 | | 4|brown | 1 | m | 100
sl6 | | 20|brown | 0.9 | m | 90
(9 rows)
```

作用于一个视图上的 `DELETE`，其子查询条件总共使用了四个嵌套/连接的视图，其中一个视图自身又带有一个包含视图的子查询条件，并且还用到了计算得到的视图列，最终仍会被重写成单棵解析树，从真正的表中删除所请求的数据。

我想在现实世界中，大概只有很少的场景会需要这样的构造。但知道它确实能工作，总归让人安心。

### 实情是

在写这一章的过程中，我又发现了一个 bug。不过修完那个 bug 之后，这一切居然能工作，倒是让我有点惊讶。

## 17.4. 规则和权限

由于 Postgres 规则系统会重写查询，因此可能访问原始查询中并未使用的其他表或视图。使用更新规则时，这甚至可能包括对表的写访问。

重写规则没有单独的所有者。关系（表或视图）

的所有者会自动成为为其定义的重写规则的所有者。Postgres 规则系统改变了默认访问控制系统的行为。由于规则而使用的关系都会根据规则所有者的权限进行检查，而不是调用规则的用户。这意味着，用户只需要对其查询中明确命名的表/视图具有所需的权限。

例如，某个用户有一份电话号码列表，其中一部分是私人的，另一部分对办公室秘书有用。该用户可以这样构造：

```
CREATE TABLE phone_data (person text, phone text, private bool);
CREATE VIEW phone_number AS
 SELECT person, phone FROM phone_data WHERE NOT private;
GRANT SELECT ON phone_number TO secretary;
```

除了该用户本人（以及数据库超级用户）之外，没有人可以访问 `phone_data` 表。但由于 `GRANT` 的存在，秘书可以对 `phone_number` 视图执行 `SELECT`。规则系统会把对 `phone_`



number 的 SELECT 重写成对 phone\_data 的 SELECT，并附加只选取 private 为假的项的条件。由于该用户是 phone\_number 的所有者，对 phone\_data 的读访问会按照该用户的权限进行检查，于是查询被判定为允许。同时，对 phone\_number 本身的访问检查仍会执行，但这是针对调用用户进行的，因此除了用户本人和秘书之外，没有其他人能使用它。

权限是逐条规则检查的。因此，目前秘书是唯一能看到公开电话号码的人。但秘书还可以再建立一个视图，并把该视图授予公众访问。这样，任何人都可以通过秘书的视图看到 phone\_number 中的数据。秘书做不到的是创建一个直接访问 phone\_data 的视图（其实可以创建，但它不会起作用，因为每次访问都会在权限检查时中止事务）。而且，一旦用户发现秘书开放了其 phone\_number 视图，用户就可以 REVOKE 秘书的访问权限。那样一来，对秘书视图的任何访问都会立即失败。

有人可能会认为这种逐条规则的检查是一个安全漏洞，但实际上并不是。如果它不这样工作，秘书也可以建立一个与 phone\_number 具有相同列的表，每天把数据复制进去。那样一来，这些就是秘书自己的数据，他同样可以把访问权限授予任何人。GRANT 的含义本来就是“我信任你”。如果某个你信任的人做了上面的事，那么该重新考虑这份信任，然后使用 REVOKE 了。

这种机制对更新规则同样有效。在上一节的示例中，AI 数据库中那些表的所有者可以把 shoelace 视图上的 SELECT、INSERT、UPDATE 和 DELETE 权限授予 al。但对 shoelace\_log 只授予 SELECT 权限。写日志记录的规则动作仍会成功执行，AI 也能看到日志记录。但他不能伪造记录，也不能操纵或删除已有记录。

### 警告

GRANT ALL 目前会包含 RULE 权限。这意味着被授权的用户可以先删除规则、做出更改、再把规则装回去。我认为这一点应该尽快改变。

## 17.5. 规则与触发器

许多能够用触发器完成的事情，同样也可以用 Postgres 规则系统实现。目前不能用规则实现的内容是一些种类的约束。

你可以放置一条带条件的规则：当某列的值没有出现在另一张表中时，把查询重写成 NOTHING。但那样做会悄无声息地丢弃数据，这并不是好主意。如果需要检查值的有效性，并在值无效时生成错误消息，目前就必须使用触发器。

另一方面，在视图上因 INSERT 而触发的触发器可以做到与规则相同的事情：把数据放到别处，并抑制向视图本身的插入。但在 UPDATE 或 DELETE 上它就无能为力了，因为视图关系中没有被扫描的真实数据，触发器因而永远不会被调用。这时只有规则才能解决问题。

对于两者都能实现的事情，哪一种更好取决于数据库的使用方式。触发器会对每个受影响的行触发一次，而规则会修改解析树或生成额外的解析树。因此，如果一条语句会影响很多行，那么发出一条额外查询的规则往往会比触发器更快，因为触发器必须为每一行调用一次，并反复执行其操作。

例如：有两个表：

```
CREATE TABLE computer (
 hostname text -- indexed
 manufacturer text -- indexed
);

CREATE TABLE software (
 software text, -- indexed
 hostname text -- indexed
);
```

两个表都有数千行，并且 hostname 上的索引是唯一索引。hostname 列包含计算机的完整域名。规则或触发器应实现这样一个约束：从 software 中删除引用了被删除主机的行。由于从 computer 中删除的每一行都会调用触发器，它可以在一个准备并保存好的计划中使用语句：

```
DELETE FROM software WHERE hostname = $1;
```

并通过参数传入 hostname。规则则会写成：

```
CREATE RULE computer_del AS ON DELETE TO computer
DO DELETE FROM software WHERE hostname = OLD.hostname;
```

现在我们来看不同类型的删除。对于下面这种情况：

```
DELETE FROM computer WHERE hostname = 'mypc.local.net';
```

computer 表会通过索引扫描（很快），由触发器发出的查询也会是一次索引扫描（同样很快）。规则产生的额外查询则是：

```
DELETE FROM software WHERE computer.hostname = 'mypc.local.net'
AND software.hostname = computer.hostname;
```

由于已经建立了合适的索引，规划器将创建一个计划：

```
Nestloop
-> Index Scan using comp_hostidx on computer
-> Index Scan using soft_hostidx on software
```

因此，触发器实现和规则实现之间的速度差异不会太大。在下一个删除场景中，我们想去掉全部 2000 台 hostname 以 'old' 开头的计算机。有两种查询可以做到这件事。其中一种是：

```
DELETE FROM computer WHERE hostname >= 'old'
AND hostname < 'ole'
```

规则查询的计划将是：

```
Hash Join
-> Seq Scan on software
-> Hash
-> Index Scan using comp_hostidx on computer
```

另一种可能的查询是：

```
DELETE FROM computer WHERE hostname ~ '^old';
```

其执行计划为：

```
Nestloop
-> Index Scan using comp_hostidx on computer
-> Index Scan using soft_hostidx on software
```

这说明，当多个条件表达式通过 AND 组合在一起时，规划器并没有意识到，对 computer 上 hostname 的限制同样也可以用于 software 上的索引扫描，而在该查询的正则表达式版本里它却能做到。触发器会对需要删除的 2000 台旧计算机中的每一台各调用一次，这意味着对 computer 做一次索引扫描，并对 software 做 2000 次索引扫描。规则实现则用两条走索引的查询完成这件事。不过，在顺序扫描这种情况下，规则是否仍然更快，还取决于 software 表的总体大小。即使所有用于查找的索引块很快都会进入缓存，通过 SPI 管理器执行 2000 条查询仍然要耗费一些时间。

我们要看的最后一个查询是：

---

```
DELETE FROM computer WHERE manufacturer = 'bim';
```

同样，这也可能导致从 `computer` 中删除很多行。因此触发器又会向执行器触发很多条查询。但规则的计划又将是在两个索引扫描上的嵌套循环，只不过使用了 `computer` 上的另一个索引：

```
Nestloop
```

```
-> Index Scan using comp_manufidx on computer
-> Index Scan using soft_hostidx on software
```

它来自规则的查询：

```
DELETE FROM software WHERE computer.manufacturer = 'bim'
AND software.hostname = computer.hostname;
```

在上述任何一种情况下，规则系统产生的额外查询都或多或少与该查询影响的行数无关。

另一种情况是 `UPDATE` 中是否执行动作取决于某个属性是否发生变化。在 Postgres 6.4 版中，规则事件的属性说明被禁用了（它最迟会在 6.5 恢复，也许更早——敬请期待）。因此，目前创建像 `shoelace_log` 例子中那样规则的唯一方式是使用规则条件。这会导致一条额外的查询总是被执行，即使所关注的属性根本不可能变化，因为它没有出现在初始查询的目标列表中。等这一功能重新启用后，它将成为规则相对触发器的又一个优势。在这种情况下，触发器的优化按定义必然失败，因为“其动作只在某个特定属性被更新时执行”这一事实隐藏在它的功能之中。触发器的定义只允许在行级指定，因此每当某一行被触及，触发器就必须被调用来做决定。而规则系统会通过查看目标列表知道这一点，并在属性未被涉及时完全抑制那条额外的查询。所以，无论带不带条件，规则只会在可能有事可做时才执行其扫描。

只有当规则动作导致了规模很大且条件很差的连接（规划器无能为力的情形）时，规则才会明显慢于触发器。规则是一把大锤。不加小心地使用大锤可能造成巨大的破坏。但用对了手法，它们能把任何钉子一击入帽。

# 第 18 章 索引扩展接口

到目前为止所描述的过程使我们能够定义新类型、新函数以及新操作符。然而，我们还不能在一个新类型或其操作符上定义一个二级索引（例如 B-tree、R-tree 或哈希访问方法）。

回头看图 12.1。右半部分显示了我们必须修改的目录，以便告诉 Postgres 如何在索引中使用用户定义的类型和/或用户定义的操作符（即 `pg_am`、`pg_amop`、`pg_amproc`、`pg_operator` 和 `pg_opclass`）。遗憾的是，没有一条简单的命令可以完成这件事。我们将通过一个贯穿始终的示例来演示如何修改这些目录：为 B-tree 访问方法定义一个新的操作符类，以便按绝对值升序存储和排序复数。

`pg_am` 表为每个用户定义的访问方法保存一行。堆访问方法的支持内置于 Postgres 中，但每个其他访问方法都在这里描述。其模式是

表 18.1. 索引模式

| 列                            | 描述                                                                  |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <code>amname</code>          | 访问方法的名称                                                             |
| <code>amowner</code>         | 属主的用户 id                                                            |
| <code>amstrategies</code>    | 该访问方法的策略数目（见下文）                                                     |
| <code>amsupport</code>       | 该访问方法的支持例程数目（见下文）                                                   |
| <code>amorderstrategy</code> | 如果索引不提供排序顺序则为零，否则是描述该排序顺序的策略操作符的策略号                                 |
| <code>amgettupple</code>     |                                                                     |
| <code>aminsert</code>        |                                                                     |
| ...                          | 访问方法接口例程的过程标识符。例如，打开、关闭访问方法以及从中获取行的 <code>regproc</code> id 就出现在这里。 |

`pg_am` 中该行的对象 ID 被用作许多其他表中的外键。你不需要向这个表添加新行；你所关心的只是你想扩展的访问方法行的对象 ID：

```
SELECT oid FROM pg_am WHERE amname = 'btree';

 oid

 403
(1 row)
```

我们稍后会在 `WHERE` 子句中使用那条 `SELECT`。

`amstrategies` 列的存在是为了标准化跨数据类型的比较。例如，B-tree 对键施加了严格的从小到大的顺序。由于 Postgres 允许用户定义操作符，Postgres 不能仅凭操作符名称（例如 `>` 或 `<`）就判断它是哪一类比较。事实上，某些访问方法根本不施加任何排序。例如，R-tree 表达一种矩形包含关系，而哈希数据结构只表达基于哈希函数值的按位相似性。Postgres 需要某种一致的方式，来接受你查询中的条件、查看操作符，然后判断是否存在可用的索引。这蕴含着 Postgres 需要知道，例如，`<=` 和 `>` 操作符划分一个 B-tree。Postgres 使用策略来表达操作符与它们可用于扫描索引的方式之间的这些关系。

定义一组新的策略超出了本讨论的范围，但我们将解释 B-tree 策略如何工作，因为你要添加一个新的操作符类就需要了解它。在 `pg_am` 表中，`amstrategies` 列是该访问方法所定义的策略数目。对 B-tree 来说，这个数是 5。这些策略对应于

表 18.2. B-tree 策略

| 操作   | 索引号 |
|------|-----|
| 小于   | 1   |
| 小于等于 | 2   |
| 等于   | 3   |
| 大于等于 | 4   |
| 大于   | 5   |

这个思路是：你需要把与上述比较对应的过程添加到 `pg_amop` 关系中（见下文）。访问方法代码可以使用这些策略号（不管数据类型是什么）来弄清如何划分 B-tree、计算选择性等等。现在还不用担心添加过程的细节；只需理解：对 `int2`，`int4`，`oid`，以及 B-tree 可以操作的每个其他数据类型，都必须存在一组这样的过程。

有时，仅靠策略信息不足以让系统弄清如何使用索引。

某些访问方法还需要其他支持例程才能工作。例如，B-tree 访问方法必须能够比较两个键，并判断其中一个是大于、等于还是小于另一个。类似地，R-tree 访问方法必须能够计算矩形的交集、并集和大小。这些操作并不对应 SQL 查询中的用户条件；它们是访问方法内部使用的管理例程。

为了在所有 Postgres 访问方法之间一致地管理多样的支持例程，`pg_am` 包含一个名为 `amsupport` 的列。该列记录一个访问方法所使用的支持例程数目。对 B-tree 来说，这个数是一——接受两个键并根据第一个键小于、等于还是大于第二个键而返回 -1、0 或 +1 的例程。

### 注意

严格地说，该例程可以返回一个负数 ( $< 0$ )、0 或一个非零正数 ( $> 0$ )。

`pg_am` 中的 `amstrategies` 项只是所论访问方法定义的策略数目。小于、小于等于等的过程并不出现在 `pg_am` 中。类似地，`amsupport` 只是该访问方法所需的支持例程数目。实际的例程列在别处。

顺便说一下，`amorderstrategy` 项表明访问方法是否支持有序扫描。零表示不支持；如果支持，`amorderstrategy` 就是对应排序操作符的策略例程编号。例如，`btree` 的 `amorderstrategy = 1`，即它的“小于”策略号。

下一个我们关心的表是 `pg_opclass`。这个表的存在只是为了把一个操作符类名（或许还有一个默认类型）与一个操作符类 `oid` 相关联。一些现有的操作符类是 `int2_ops`，`int4_ops`，和 `oid_ops`。你需要把带有你的操作符类名（例如 `complex_abs_ops`）的一行添加到 `pg_opclass`。这一行的 `oid` 将是其他表（特别是 `pg_amop`）中的外键。

```
INSERT INTO pg_opclass (opcname, opcdeftype)
 SELECT 'complex_abs_ops', oid FROM pg_type WHERE typename =
 'complex';
```

```
SELECT oid, opcname, opcdeftype
 FROM pg_opclass
 WHERE opcname = 'complex_abs_ops';
```

```
 oid | opcname | opcdeftype
-----+-----+-----
 277975 | complex_abs_ops | 277946
(1 row)
```

注意，你的 `pg_opclass` 行的 `oid` 会不同！不过不必担心。稍后我们会像这里获取类型的 `oid` 一样从系统中取得这个数。

上述示例假定你希望把这个新操作符类设为 `complex` 数据类型的默认索引操作符类。如果不是这样，只需向 `opcdeftype` 中插入零，而不是插入该数据类型的 oid：

```
INSERT INTO pg_opclass (opcname, opcdeftype) VALUES ('complex_abs_ops', 0);
```

现在我们有了一个访问方法和一个操作符类。我们还需要一组操作符。定义操作符的过程已在本手册前面讨论过。对于 `Btree` 上的 `complex_abs_ops` 操作符类，我们需要的操作符是：

```
absolute value less-than
absolute value less-than-or-equal
absolute value equal
absolute value greater-than-or-equal
absolute value greater-than
```

假设实现所定义函数的代码存储在文件 `PGROOT/src/tutorial/complex.c` 中

C 代码的一部分如下所示：（注意，在余下的示例中我们只展示相等操作符。其他四个操作符非常类似。细节请参阅 `complex.c` 或 `complex.source`。）

```
#define Mag(c) ((c)->x*(c)->x + (c)->y*(c)->y)

bool
complex_abs_eq(Complex *a, Complex *b)
{
 double amag = Mag(a), bmag = Mag(b);
 return (amag==bmag);
}
```

我们像下面这样让 Postgres 知道该函数：

```
CREATE FUNCTION complex_abs_eq(complex, complex)
 RETURNS bool
 AS 'PGROOT/tutorial/obj/complex.so'
 LANGUAGE 'c';
```

这里有几件重要的事情正在发生。

首先，注意这里正在为 `complex` 定义小于、小于等于、等于、大于等于和大于操作符。我们只能有一个名为（例如）`=` 并且两个操作数都取 `complex` 类型的操作符。在本例中我们没有其他用于 `complex` 的 `=` 操作符，但如果我们在构造一种实用的数据类型，我们可能希望 `=` 是复数的普通相等操作。在那种情况下，我们就需要为 `complex_abs_eq` 使用其他某个操作符名。

其次，尽管 Postgres 能处理名称相同但输入数据类型不同的操作符，C 却只能处理给定名称的一个全局例程。因此，我们不应该把 C 函数简单命名成 `abs_eq` 之类。通常，在 C 函数名中包含数据类型名称是个好习惯，这样就不会与其他数据类型的函数发生冲突。

第三，我们本可以把该函数的 Postgres 名称取为 `abs_eq`，并依靠 Postgres 通过输入数据类型把它与任何其他同名的 Postgres 函数区分开。为了让示例保持简单，这里我们让 C 层和 Postgres 层的函数使用相同的名称。

最后，注意这些操作符函数返回布尔值。访问方法依赖这一事实。（另一方面，支持函数返回的是特定访问方法所期望的类型——在本例中就是一个有符号整数。）

文件中的最后一个例程是我们在讨论 `pg_am` 表的 `amsupport` 列时提到的"支持例程"。我们稍后会用到它。现在先忽略它。

现在我们准备好定义操作符了：

```
CREATE OPERATOR = (
 leftarg = complex, rightarg = complex,
 procedure = complex_abs_eq,
 restrict = eqsel, join = eqjoinsel
)
```

这里的重要内容是过程名（即上面定义的 C 函数）以及限制和连接选择性函数。你应当直接使用示例中所用的选择性函数（见 `complex.source`）。注意，小于、等于和大于情形有不同的此类函数。必须提供这些函数，否则优化器将无法有效地使用该索引。

下一步是把这些操作符的项添加到 `pg_amop` 关系中。为此，我们需要刚才定义的这些操作符的 `oid`。我们将查找所有取两个 `complex` 类型操作数的操作符的名称，并挑出我们的那些：

```
SELECT o.oid AS opoid, o.oprname
INTO TABLE complex_ops_tmp
FROM pg_operator o, pg_type t
WHERE o.oprleft = t.oid and o.oprright = t.oid
and t.typname = 'complex';
```

```
opoid | oprname
-----+-----
277963 | +
277970 | <
277971 | <=
277972 | =
277973 | >=
277974 | >
(6 rows)
```

（同样，你的某些 `oid` 号几乎肯定会有所不同。）我们感兴趣的操作符是 `oid` 从 277970 到 277974 的那些。你得到的值很可能不同，你应当用它们替换下文中的值。我们将用一条 `select` 语句来完成这件事。

现在我们可以用新操作符类来更新 `pg_amop` 了。在整个讨论中最重要的一点是：在 `pg_amop` 中，操作符是按从小到大排序的。我们添加所需的行：

```
INSERT INTO pg_amop (amopid, amopclaid, amopopr, amopstrategy)
SELECT am.oid, opcl.oid, c.opoid, 1
FROM pg_am am, pg_opclass opcl, complex_ops_tmp c
WHERE amname = 'btree' AND
 opcname = 'complex_abs_ops' AND
 c.oprname = '<';
```

然后对其他操作符照此办理，替换上文第三行中的 "1" 和最后一行中的 "<". 注意顺序："小于"是 1, "小于等于"是 2, "等于"是 3, "大于等于"是 4, "大于"是 5。

下一步是注册此前在讨论 `pg_am` 时描述过的"支持例程"。该支持例程的 `oid` 存储在 `pg_amproc` 表中，以访问方法 `oid` 和操作符类 `oid` 为键。首先，我们需要在 Postgres 中注册该函数（回想一下，我们把实现该例程的 C 代码放在了实现操作符例程的那个文件的底部）：

```
CREATE FUNCTION complex_abs_cmp(complex, complex)
RETURNS int4
```

```
AS 'PGROOT/tutorial/obj/complex.so'
LANGUAGE 'c';
```

```
SELECT oid, proname FROM pg_proc
WHERE proname = 'complex_abs_cmp';
```

```
oid | proname
-----+-----
277997 | complex_abs_cmp
(1 row)
```

(同样，你的 `oid` 号很可能会有所不同。) 我们可以像下面这样添加新行：

```
INSERT INTO pg_amproc (amid, amopclaid, amproc, amprocnum)
SELECT a.oid, b.oid, c.oid, 1
FROM pg_am a, pg_opclass b, pg_proc c
WHERE a.amname = 'btree' AND
 b.opcname = 'complex_abs_ops' AND
 c.proname = 'complex_abs_cmp';
```

这样就完成了！（呼。）现在应该可以在 `complex` 列上创建并使用 `btree` 索引了。



---

## 第 19 章 索引代价估计函数

### 作者

由 Tom Lane (<tgl@sss.pgh.pa.us>) 于 2000-01-24 撰写

### 注意

这些内容最终应成为关于编写新索引访问方法的更大章节的一部分。

每种索引访问方法都必须提供一个供规划器/优化器使用的代价估计函数。该函数的过程 OID 记录在访问方法的 `pg_am` 项的 `amcostestimate` 字段中。

### 注意

在 Postgres 7.0 之前，注册索引特定的代价估计函数使用的是另一种方案。

`amcostestimate` 函数会得到一个已判定可用于该索引的 WHERE 子句列表。它必须返回访问索引的代价估计以及 WHERE 子句的选择率估计（即在索引扫描期间将被检索的主表元组所占的比例）。对于简单情况，代价估计器几乎全部工作都可以通过调用优化器中的标准例程完成；设置 `amcostestimate` 函数的意义在于让索引访问方法提供索引类型特定的知识，以便在可能改进标准估计时加以利用。

每个 `amcostestimate` 函数必须具有如下签名：

```
void
amcostestimate (Query *root,
 RelOptInfo *rel,
 IndexOptInfo *index,
 List *indexQuals,
 Cost *indexStartupCost,
 Cost *indexTotalCost,
 Selectivity *indexSelectivity);
```

前四个参数是输入：

`root`

正在处理的查询。

`rel`

索引所在的关系。

`index`

索引本身。

`indexQuals`

索引限定条件子句的列表（隐含 AND 连接）；NIL 列表表示没有可用的限定条件。

后三个参数是按引用传递的输出：

`*indexStartupCost`

设置为索引启动处理的代价

`*indexTotalCost`

设置为索引处理的总代价

`*indexSelectivity`

设置为索引选择率

注意，代价估计函数必须用 C 编写，而不能用 SQL 或任何可用的过程语言，因为它们必须访问规划器/优化器的内部数据结构。

索引访问代价应按 `src/backend/optimizer/path/costsize.c` 所用的单位计算：顺序磁盘块读取的代价为 1.0，非顺序读取的代价为 `random_page_cost`，而处理一个索引元组的代价通常取为 `cpu_index_tuple_cost`（这是一个用户可调的优化器参数）。此外，对于索引处理期间调用的任何比较操作符（尤其是 `indexQuals` 本身的求值），应收取适当的 `cpu_operator_cost` 倍数。

访问代价应包括扫描索引本身相关的所有磁盘和 CPU 代价，但不包括检索或处理由该索引标识的主表元组的代价。

"启动代价"是总扫描代价中在可以开始取第一个元组之前必须付出的部分。

对大多数索引来说可以取零，但启动代价很高的索引类型可能希望把它设为非零。

`indexSelectivity` 应设置为索引扫描期间将检索的主表元组的估计比例。对于有损索引，这通常会高于实际满足给定限定条件的元组所占的比例。

## 代价估计

典型的代价估计器按如下步骤进行：

1. 基于给定的限定条件，估计并返回将被访问的主表元组所占的比例。  
在没有索引类型特定知识的情况下，使用标准优化器函数 `clauselist_selectivity()`：
2. 估计扫描期间将访问的索引元组数。对许多索引类型来说，它等于 `indexSelectivity` 乘以索引中的元组数，但也可能更多。（注意，索引的页数和元组数可以从 `IndexOptInfo` 结构中获得。）
3. 估计扫描期间将检索的索引页数。它可以就是 `indexSelectivity` 乘以索引的页数。
4. 计算索引访问代价。一个通用估计器可以这样做：

```
/*
 * Our generic assumption is that the index pages will be
 read
 * sequentially, so they have cost 1.0 each, not random_
page_cost.
 * Also, we charge for evaluation of the indexquals at each
index tuple.
 * All the costs are assumed to be paid incrementally
during the scan.
```

```
*/
*indexStartupCost = 0;
*indexTotalCost = numIndexPages +
 (cpu_index_tuple_cost + cost_qual_eval(indexQuals)) *
 numIndexTuples;
```

代价估计器函数的例子可以在 `src/backend/utils/adt/selffuncs.c` 中找到。

按照惯例，`amcostestimate` 函数的 `pg_proc` 项应显示：

```
prorettype = 0
pronargs = 7
proargtypes = 0 0 0 0 0 0 0
```

由于所有参数都没有 `pg_type` 中已知的类型，我们对全部参数使用零 ("opaque")。

---

# 第 20 章 GiST 索引

Gene Selkov

关于 GiST 的信息在 <http://GiST.CS.Berkeley.EDU:8000/gist/>，关于不同索引和排序方案的更多内容在 <http://s2k-ftp.CS.Berkeley.EDU:8000/personal/jmh/>。另外还有一些有意思的阅读材料在 <http://epoch.cs.berkeley.edu:8000/> 和 <http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/gist/>。

## 作者

这段摘录来自 Eugene Selkov, Jr. (<[selkovjr@mcs.anl.gov](mailto:selkovjr@mcs.anl.gov)>) 发送的一封电子邮件，其中包含关于 GiST 的有用信息。希望我们将来能学到更多并更新这些信息。 - thomas 1998-03-01

好吧，我不能说完全理解了其中的原理，但我（几乎）成功地把 GiST 示例移植到了 linux。GiST 访问方法已经在 postgres 树中（src/backend/access/gist）。

伯克利的示例<sup>1</sup>附带这些方法的概述，并演示了二维矩形、多边形、整数区间和文本的空间索引机制（另见伯克利的 GiST<sup>2</sup>）。在矩形示例中，使用 GiST 索引本应看到性能提升；它对我来说确实有效，但我没有规模足够大的矩形集合来验证这一点。其他示例也都有效，只有多边形除外：执行

```
test=> create index pix on polytmp
test-> using gist (p:box gist_poly_ops) with (islossy);
ERROR: cannot open pix
```

(PostgreSQL 6.3

Sun Feb 1 14:57:30 EST 1998)

我没搞懂这条错误消息的含义；它似乎是我们更应该去问开发者的问题（另见下面的注 4）。我这里想建议的是，你们当中的 linux 用户（linux==gcc?）去取上面提到的原始源码并应用我的补丁（见附件），然后告诉我们你们的感受。我觉得很酷，但周围有这么多能人，我不想把它扣着不放。

关于这些源码的几点说明：

1. 我没能用上原始的（HPUX）Makefile，于是把古老的 postgres95 教程里的 Makefile 改了改来干活。我试着让它通用一些，但我写 Makefile 的水平很差——只是做了些照猫画虎的活儿。抱歉，不过我想它现在比原来的 makefile 稍微可移植一点了。

2. 我直接在 pgsqll/src 之下构建了示例源码（只是把 tar 文件解压在那里）。前面提到的 Makefile 假定它位于 pgsqll/src 下一级（在我们的例子中即 pgsqll/src/pggist）。

3. 我对 \*.c 文件的改动都只是关于 #include、函数原型和类型转换。除此之外，我只是扔掉了一堆未用的变量，并加了几个括号来取悦 gcc。希望我没有搞砸太多：)

4. polyproc.sql 中有一条注释：

```
-- -- there's a memory leak in rtree poly_ops!!
-- -- create index pix2 on polytmp using rtree (p poly_ops);
```

收到！！我以为它可能与几个版本之前的 Postgres 有关，于是试着执行了该查询。我的系统疯了，大约十分钟后我不得不干掉了 postmaster。

我会继续研究一阵子 GiST，但我也希望看到更多 R 树用法的示例。

---

<sup>1</sup><ftp://s2k-ftp.cs.berkeley.edu/pub/gist/pggist/pggist.tgz>

<sup>2</sup><http://gist.cs.berkeley.edu:8000/gist/>

---

# 第 21 章 触发器

Postgres 有多种服务器端函数接口。服务器端函数可以用 SQL、PLPGSQL、TCL 或 C 编写。除 SQL 外，触发器函数可以用这些语言中的任何一种编写。注意，当前版本不支持语句（STATEMENT）级触发器事件。目前可以把 BEFORE 或 AFTER 指定在一个元组的 INSERT、DELETE 或 UPDATE 上作为触发器事件。

## 21.1. 触发器创建

一旦触发器事件发生，触发器管理器（由执行器调用）就会建立一个 TriggerData 信息结构（下文描述），并调用触发器函数来处理该事件。

必须先创建触发器函数，然后才能创建触发器，它声明为不接受参数并返回 opaque 的函数。如果函数用 C 编写，它必须使用 "版本 1" 函数管理器接口。

创建触发器的语法如下：

```
CREATE TRIGGER trigger [BEFORE | AFTER] [INSERT | DELETE |
UPDATE [OR ...]]
 ON relation FOR EACH [ROW | STATEMENT]
 EXECUTE PROCEDURE procedure
 (args);
```

其中各个参数为：

*trigger*

触发器的名称在你将来需要删除该触发器时使用。它被用作 DROP TRIGGER 命令的一个参数。

BEFORE  
AFTER

决定函数是在事件之前还是之后被调用。

INSERT  
DELETE  
UPDATE

命令的下一个元素决定哪些事件会触发该函数。可以用 OR 分隔指定多个事件。

*relation*

关系名指出该事件作用于哪个表。

ROW  
STATEMENT

FOR EACH 子句决定触发器是针对每个受影响的行触发，还是在整条语句完成之前（或之后）触发。目前只支持 ROW 的情形。

*procedure*

过程名是要被调用的函数。

*args*

通过 TriggerData 结构传给函数的参数。向函数传递参数的目的，是为了让需求相似的不同触发器能够调用同一个函数。

另外，*procedure* 也可以用于触发不同的关系（这类函数被称为 "通用触发器函数"）。

作为同时使用上述两个特性的例子，可以有一个通用函数，它接受两个列名作为参数，把当前用户写入其中一个列，把当前时间戳写入另一个列。这样就可以在 INSERT 事件上编写触发器，例如自动跟踪某个事务表中记录的创建。如果用在 UPDATE 事件上，它还可以作为一个“最近更新”函数使用。

触发器函数向调用它的执行器返回 HeapTuple。对于在 INSERT、DELETE 或 UPDATE 操作之后触发的触发器，该返回值会被忽略，但它允许 BEFORE 触发器：

- 返回 NULL，以跳过对当前元组的操作（这样该元组就不会被插入/更新/删除）。
- 返回一个指向另一个元组的指针（仅 INSERT 和 UPDATE），该元组将被插入（如果是 UPDATE，则作为被更新元组的新版本），以取代原来的元组。

注意，CREATE TRIGGER 处理器不执行任何初始化。这一点将来会改变。另外，如果为同一关系上的同一事件定义了多个触发器，触发器的触发顺序是不可预测的。这一点将来也可能会改变。

如果触发器函数执行 SQL 查询（使用 SPI），那么这些查询可能会再次触发触发器。这就是所谓的级联触发器。对级联层数没有明确的限制。

如果一个触发器由 INSERT 触发，而又向同一个关系插入了一个新元组，那么该触发器会再次被触发。目前，对于这类情形没有提供任何同步（等）机制，但这一点将来可能改变。目前，回归测试中的函数 funny\_dup17() 使用了一些技巧来停止对自身的递归（级联）.....

## 21.2. 与触发器管理器的交互

本节描述触发器函数接口的底层细节。只有用 C 编写触发器函数时才需要这些信息。如果你使用的是更高层次的函数语言，那么这些细节会替你处理。

### 注意

这里描述的接口适用于 Postgres 7.1 及之后的版本。更早的版本通过一个全局变量 CurrentTriggerData 传递 TriggerData 指针。

当函数被触发器管理器调用时，它不会被传递任何普通参数，而是被传递一个指向 TriggerData 结构的“上下文”指针。C 函数可以通过执行宏 CALLED\_AS\_TRIGGER(fcinfo) 来检查自己是否是被触发器管理器调用的，该宏展开为

```
((fcinfo)->context != NULL && IsA((fcinfo)->context, TriggerData))
```

如果它返回 TRUE，那么就可以安全地把 fcinfo->context 转换为 TriggerData \* 类型并使用所指向的 TriggerData 结构。该函数不得修改 TriggerData 结构或它指向的任何数据。

struct TriggerData 定义在 src/include/commands/trigger.h 中：

```
typedef struct TriggerData
{
 NodeTag type;
 TriggerEvent tg_event;
 Relation tg_relation;
 HeapTuple tg_trigtuple;
 HeapTuple tg_newtuple;
 Trigger *tg_trigger;
} TriggerData;
```

其成员的含义如下：

type

如果这是一个触发器事件，则总是 T\_TriggerData。

### tg\_event

描述引发该函数调用的事件。你可以使用下列宏来检查 `tg_event`：

`TRIGGER_FIRED_BEFORE(tg_event)`

如果触发器在之前（BEFORE）触发则返回 TRUE。

`TRIGGER_FIRED_AFTER(tg_event)`

如果触发器在之后（AFTER）触发则返回 TRUE。

`TRIGGER_FIRED_FOR_ROW(event)`

如果触发器针对行（ROW）级事件触发则返回 TRUE。

`TRIGGER_FIRED_FOR_STATEMENT(event)`

如果触发器针对语句（STATEMENT）级事件触发则返回 TRUE。

`TRIGGER_FIRED_BY_INSERT(event)`

如果触发器由 INSERT 引发则返回 TRUE。

`TRIGGER_FIRED_BY_DELETE(event)`

如果触发器由 DELETE 引发则返回 TRUE。

`TRIGGER_FIRED_BY_UPDATE(event)`

如果触发器由 UPDATE 引发则返回 TRUE。

### tg\_relation

一个指针，指向描述被触发关系的结构体。关于这个结构体的细节请参看 `src/include/utls/rel.h`。其中最令人感兴趣的是 `tg_relation->rd_att`（关系元组的描述符）和 `tg_relation->rd_rel->relname`（关系名。它不是 `char*`，而是 `NameData`。如果你需要名称的一个副本，可以使用 `SPI_getrelname(tg_relation)` 来获得 `char*`）。

### tg\_trigtuple

一个指针，指向引发该触发器的元组。这就是正在被插入（INSERT）、删除（DELETE）或更新（UPDATE）的元组。如果是 INSERT/DELETE，那么当你不想（INSERT 的情形下）用另一个元组替换该元组或跳过该操作时，就应当把它返回给执行器。

### tg\_newtuple

一个指针，指向元组的新版本（如果 UPDATE）；如果是 INSERT 或 DELETE 则为 NULL。当事件是 UPDATE 而你不想用另一个元组替换该元组或跳过该操作时，就应当把它返回给执行器。

### tg\_trigger

一个指针，指向 Trigger 结构，它定义在 `src/include/utls/rel.h` 中：

```
typedef struct Trigger
{
 Oid tgoid;
 char *tgname;
 Oid tgfoid;
 FmgrInfo tgfunc;
 int16 tgtype;
 bool tgenabled;
 bool tgisconstraint;
 bool tgdeferrable;
 bool tginitdeferred;
```

```

 int16 tgnargs;
 int16 tgattr[FUNC_MAX_ARGS];
 char **tgargs;
} Trigger;

```

其中 `tgname` 是触发器的名称，`tgnargs` 是 `tgargs` 中参数的数量，`tgargs` 是一个指针数组，指向 `CREATE TRIGGER` 语句中指定的参数。其他成员仅供内部使用。

## 21.3. 数据更改的可见性

Postgres 的数据更改可见性规则：在一次查询执行期间，该查询自身（通过 SQL 函数、SPI 函数、触发器）所做的数据更改对查询扫描是不可见的。例如，在查询

```
INSERT INTO a SELECT * FROM a;
```

中，被插入的元组对 `SELECT` 扫描不可见。其效果是在数据库表内部复制该表自身（当然要受唯一索引规则的约束），而不会递归。

但请记住 SPI 文档中关于可见性的这段说明：

查询 `Q` 所做的更改，对所有在查询 `Q` 之后启动的查询都可见，无论这些查询是在 `Q` 内部（即 `Q` 执行期间）启动，还是在 `Q` 完成之后启动。

这对触发器同样成立，因此，虽然正在被插入的元组（`tg_trigtuple`）对 `BEFORE` 触发器中的查询不可见，但这个元组（刚刚插入的）对 `AFTER` 触发器中的查询可见，也对在此之后触发的 `BEFORE/AFTER` 触发器中的查询可见！

## 21.4. 示例

更多更复杂的示例见 `src/test/regress/regress.c` 和 `contrib/spi`。

下面是一个非常简单的触发器用法示例。函数 `trigf` 报告被触发关系 `ttest` 中的元组数，并且当查询试图向 `x` 插入 `NULL` 时跳过该操作（也就是说，它起到一个 `NOT NULL` 约束的作用，但不会中止事务）。

```

#include "executor/spi.h" /* this is what you need to work with SPI
*/
#include "commands/trigger.h" /* -- and triggers */

extern Datum trigf(PG_FUNCTION_ARGS);

PG_FUNCTION_INFO_V1(trigf);

Datum
trigf(PG_FUNCTION_ARGS)
{
 TriggerData *trigdata = (TriggerData *) fcinfo->context;
 TupleDesc tupdesc;
 HeapTuple rettupple;
 char *when;
 bool checknull = false;
 bool isnull;
 int ret, i;

 /* Make sure trigdata is pointing at what I expect */
 if (!CALLED_AS_TRIGGER(fcinfo))
 elog(ERROR, "trigf: not fired by trigger manager");

 /* tuple to return to Executor */

```



```

if (TRIGGER_FIRED_BY_UPDATE(trigdata->tg_event))
 rettupple = trigdata->tg_newtuple;
else
 rettupple = trigdata->tg_trigtuple;

/* check for NULLs ? */
if (!TRIGGER_FIRED_BY_DELETE(trigdata->tg_event) &&
 TRIGGER_FIRED_BEFORE(trigdata->tg_event))
 checknull = true;

if (TRIGGER_FIRED_BEFORE(trigdata->tg_event))
 when = "before";
else
 when = "after ";

tupdesc = trigdata->tg_relation->rd_att;

/* Connect to SPI manager */
if ((ret = SPI_connect()) < 0)
 elog(NOTICE, "trigf (fired %s): SPI_connect returned %d", when,
ret);

/* Get number of tuples in relation */
ret = SPI_exec("select count(*) from ttest", 0);

if (ret < 0)
 elog(NOTICE, "trigf (fired %s): SPI_exec returned %d", when, ret)
;

i = SPI_getbinval(SPI_tuptable->vals[0], SPI_tuptable->tupdesc, 1,
&isnull);

elog (NOTICE, "trigf (fired %s): there are %d tuples in ttest",
when, i);

SPI_finish();

if (checknull)
{
 i = SPI_getbinval(rettuple, tupdesc, 1, &isnull);
 if (isnull)
 rettupple = NULL;
}

return PointerGetDatum(rettuple);
}

```

现在，编译并创建触发器函数：

```

create function trigf () returns opaque as
'...path_to_so' language 'C';

create table ttest (x int4);

vac=> create trigger tbefore before insert or update or delete on
ttest
for each row execute procedure trigf();
CREATE

```

```

vac=> create trigger tafter after insert or update or delete on
 ttest
 for each row execute procedure trigf();
CREATE
vac=> insert into ttest values (null);
NOTICE:trigf (fired before): there are 0 tuples in ttest
INSERT 0 0

-- Insertion skipped and AFTER trigger is not fired

vac=> select * from ttest;
x
-
(0 rows)

vac=> insert into ttest values (1);
NOTICE:trigf (fired before): there are 0 tuples in ttest
NOTICE:trigf (fired after): there are 1 tuples in ttest
 ^^^^^^^^
 remember what we said about
 visibility.
INSERT 167793 1
vac=> select * from ttest;
x
-
1
(1 row)

vac=> insert into ttest select x * 2 from ttest;
NOTICE:trigf (fired before): there are 1 tuples in ttest
NOTICE:trigf (fired after): there are 2 tuples in ttest
 ^^^^^^^^
 remember what we said about
 visibility.
INSERT 167794 1
vac=> select * from ttest;
x
-
1
2
(2 rows)

vac=> update ttest set x = null where x = 2;
NOTICE:trigf (fired before): there are 2 tuples in ttest
UPDATE 0
vac=> update ttest set x = 4 where x = 2;
NOTICE:trigf (fired before): there are 2 tuples in ttest
NOTICE:trigf (fired after): there are 2 tuples in ttest
UPDATE 1
vac=> select * from ttest;
x
-
1
4
(2 rows)

vac=> delete from ttest;
NOTICE:trigf (fired before): there are 2 tuples in ttest

```

```

NOTICE:trigf (fired after): there are 1 tuples in ttest
NOTICE:trigf (fired before): there are 1 tuples in ttest
NOTICE:trigf (fired after): there are 0 tuples in ttest
 ^^^^^^^^
 remember what we said about
visibility.
DELETE 2
vac=> select * from ttest;
x
-
(0 rows)

```

---

# 第 22 章 服务器编程接口

Vadim Mikheev

服务器编程接口 (SPI) 使用户能够在用户定义的 C 函数中运行 SQL 查询。可用的过程语言 (PL) 提供了访问这些能力的另一种方法。

实际上, SPI 只是一组简化对解析器、规划器、优化器和执行器访问的本地接口函数。SPI 还做一部分内存管理工作。

为避免误解, 我们用函数指 SPI 接口函数, 而用过程指使用 SPI 的用户定义 C 函数。

使用 SPI 的过程由执行器调用。这些 SPI 调用又会递归地调用执行器来运行查询。当执行器被递归调用时, 它自己也可能调用过程, 而这些过程又可能发起 SPI 调用。

注意, 如果在执行来自过程的查询期间事务被中止, 控制将不会返回到你的过程。相反, 所有工作都会被回滚, 服务器会等待客户端的下一条命令。这一点在未来的版本中会被改变。

其他限制是无法执行 BEGIN、END 和 ABORT (事务控制语句) 以及游标操作。这一点将来也会被改变。

成功时, SPI 函数返回非负结果 (或者通过整型返回值返回, 或者如下文所述存放在全局变量 SPI\_result 中)。出错时, 将返回负值或 NULL。

## 22.1. 接口函数

## SPI\_connect

SPI\_connect — 将你的过程连接到 SPI 管理器。

### 大纲

```
int SPI_connect(void)
```

#### 输入

无

#### 输出

int

返回状态

→ SPI\_OK\_CONNECT

已连接时

→ SPI\_ERROR\_CONNECT

未连接时

### 描述

SPI\_connect 打开到 Postgres 后端的连接。如果需要执行查询，就应调用此函数。有些 SPI 辅助函数可以在未连接的过程中调用。

如果你的过程已经处于连接状态，SPI\_connect 将返回 → SPI\_ERROR\_CONNECT 错误。注意，当某个直接调用了 SPI\_connect 的过程又直接调用另一个自身调用 SPI\_connect 的过程时，就可能发生这种情况。虽然当 SPI 查询调用另一个使用 SPI 的函数时，允许对 SPI 管理器的递归调用，但直接嵌套调用 SPI\_connect 和 SPI\_finish 是被禁止的。

### 用法

### 算法

SPI\_connect 执行以下操作：

- 

初始化用于查询执行和内存管理的 SPI 内部结构。

# SPI\_finish

SPI\_finish — 将你的过程与 SPI 管理器断开连接。

## 大纲

```
SPI_finish(void)
```

### 输入

无

### 输出

int

- SPI\_OK\_FINISH 已正确断开连接时
- SPI\_ERROR\_UNCONNECTED 从未连接的过程中调用时

## 描述

SPI\_finish 关闭到 Postgres 后端的现有连接。在完成通过 SPI 管理器所做的操作之后，就应调用此函数。

如果在当前没有有效连接的情况下调用 SPI\_finish，可能会得到错误返回 → SPI\_ERROR\_UNCONNECTED。这并不是什么根本性的问题；它只表示 SPI 管理器没有做任何事情。

## 用法

已连接的过程必须以调用 SPI\_finish 作为最后一步，否则可能得到不可预测的结果！注意，如果你中止了事务（通过 elog(ERROR)），则可以安全地跳过对 SPI\_finish 的调用。

## 算法

SPI\_finish 执行以下操作：

- 

将你的过程与 SPI 管理器断开连接，并释放该过程自 SPI\_connect 以来通过 palloc 所做的全部内存分配。这些分配不能再使用了！参见内存管理。

## SPI\_exec

SPI\_exec — 创建一个执行计划（解析器+规划器+优化器）并执行查询。

### 大纲

```
SPI_exec(query, tcount)
```

#### 输入

```
char *query
```

包含查询计划的字符串

```
int tcount
```

要返回的最大元组数

#### 输出

```
int
```

- SPI\_OK\_EXEC 已正确断开连接时
- SPI\_ERROR\_UNCONNECTED 从未连接的过程中调用时
- SPI\_ERROR\_ARGUMENT query 为 NULL 或 *tcount* < 0 时。
- SPI\_ERROR\_UNCONNECTED 过程未连接时。
- SPI\_ERROR\_COPY 执行 COPY TO/FROM stdin 时。
- SPI\_ERROR\_CURSOR 执行 DECLARE/CLOSE CURSOR、FETCH 时。
- SPI\_ERROR\_TRANSACTION 执行 BEGIN/ABORT/END 时。
- SPI\_ERROR\_OPUNKNOWN 查询类型未知时（这不应发生）。

如果查询执行成功，则会返回下列（非负）值之一：

- SPI\_OK\_UTILITY 执行了某个工具命令（例如 CREATE TABLE ...）时
- SPI\_OK\_SELECT 执行了 SELECT（但不是 SELECT ... INTO!）时
- SPI\_OK\_SELINTO 执行了 SELECT ... INTO 时
- SPI\_OK\_INSERT 执行了 INSERT（或 INSERT ... SELECT）时
- SPI\_OK\_DELETE 执行了 DELETE 时
- SPI\_OK\_UPDATE 执行了 UPDATE 时

### 描述

SPI\_exec 创建一个执行计划（解析器+规划器+优化器），并针对 *tcount* 个元组执行该查询。

### 用法

此函数只应从已连接的过程中调用。如果 *tcount* 为零，则会对查询扫描返回的所有元组执行该查询。使用 *tcount* > 0 可以限制该查询将要执行的元组数。例如，

```
SPI_exec ("insert into table select * from table", 5);
```

最多只允许向表中插入 5 个元组。如果查询执行成功，则会返回一个非负值。

### 注意

你可以在一个字符串中传递多条查询，查询字符串也可能被 RULE 改写。SPI\_exec 返回最后执行的那条查询的结果。

（最后一条）查询实际执行所处理的元组数，会通过全局变量 SPI\_processed 返回（返回值不是 → SPI\_OK\_UTILITY 时）。如果返回了 → SPI\_OK\_SELECT 且 SPI\_processed > 0，则可以使用全局指针 SPITupleTable \*SPI\_tuptable 访问选出的元组：另外注意，SPI\_finish 会释放所有 SPITupleTable 并使它们不可再用！（参见内存管理）。

SPI\_exec 可能返回下列（负）值之一：

- SPI\_ERROR\_ARGUMENT query 为 NULL 或 *tcount* < 0 时。
- SPI\_ERROR\_UNCONNECTED 过程未连接时。
- SPI\_ERROR\_COPY 执行 COPY TO/FROM stdin 时。
- SPI\_ERROR\_CURSOR 执行 DECLARE/CLOSE CURSOR、FETCH 时。
- SPI\_ERROR\_TRANSACTION 执行 BEGIN/ABORT/END 时。
- SPI\_ERROR\_OPUNKNOWN 查询类型未知时（这不应发生）。

## 算法

SPI\_exec 执行以下操作：

•

将你的过程与 SPI 管理器断开连接，并释放该过程自 SPI\_connect 以来通过 palloc 所做的全部内存分配。这些分配不能再使用了！参见内存管理。



## SPI\_prepare

SPI\_prepare — 将你的过程连接到 SPI 管理器。

### 大纲

```
SPI_prepare(query, nargs, argtypes)
```

#### 输入

*query*

查询字符串

*nargs*

输入参数的数量 (\$1 ... \$nargs -- 与 SQL 函数中相同)

*argtypes*

指向输入参数的类型 OID 列表的指针

#### 输出

void \*

指向执行计划（解析器+规划器+优化器）的指针

### 描述

SPI\_prepare 创建并返回一个执行计划（解析器+规划器+优化器），但不执行该查询。只应从已连接的过程中调用。

### 用法

nargs 是参数的数量 (\$1 ... \$nargs -- 与 SQL 函数中相同)，只有当查询中没有任何 \$1 时，nargs 才可以为 0。

预备执行计划的执行有时会快得多，因此当同一条查询要执行很多次时，此特性可能会很有用。

SPI\_prepare 返回的计划只能在当前这次过程调用中使用，因为 SPI\_finish 会释放为计划分配的内存。参见 SPI\_saveplan。

成功时会返回一个非空指针。否则，将得到 NULL 计划。无论成功还是出错，SPI\_result 都会被设成与 SPI\_exec 返回值类似的值；但如果 query 为 NULL，或 nargs < 0，或 nargs > 0 且 argtypes 为 NULL，则会将其设为 → SPI\_ERROR\_ARGUMENT。

# SPI\_saveplan

SPI\_saveplan — 保存传入的计划

## 大纲

```
SPI_saveplan(plan)
```

### 输入

```
void *query
```

传入的计划

### 输出

```
void *
```

执行计划的位置。不成功时为 NULL。

```
SPI_result
```

→ SPI\_ERROR\_ARGUMENT plan 为 NULL 时

→ SPI\_ERROR\_UNCONNECTED 过程未连接时

## 描述

SPI\_saveplan 把由 SPI\_prepare 准备的计划存储在安全内存中，使其不会被 SPI\_finish 或事务管理器释放。

在当前版本的 Postgres 中，还无法把预备计划存储在系统目录中并在执行时从那里取出。这一点将在未来的版本中实现。作为替代，可以在当前会话中该过程的后续调用里复用预备计划。使用 SPI\_execp 执行这个保存的计划。

## 用法

SPI\_saveplan 把传入的计划（由 SPI\_prepare 准备）保存在受保护的内存中，使其不会被 SPI\_finish 和事务管理器释放，并返回指向该已保存计划的指针。可以把返回的指针保存在局部变量中。无论是准备计划时，还是在 SPI\_execp 中使用已准备好的计划时（见下文），都请始终检查该指针是否为 NULL。

### 注意

如果预备计划所引用的对象（关系、函数等）在会话期间被删除（由你的后端或另一个进程删除），那么对该计划执行 SPI\_execp 的结果将是不可预知的。

## SPI\_execp

SPI\_execp — 执行来自 SPI\_saveplan 的计划

### 大纲

```
SPI_execp(plan,
values,
nulls,
tcount)
```

### 输入

void \**plan*

执行计划

Datum \**values*

实际参数值

char \**nulls*

描述哪些参数取 NULL 的数组

'n' 表示允许 NULL

' ' 表示不允许 NULL

int *tcount*

该计划将要执行的元组数

### 输出

int

返回与 SPI\_exec 相同的值，以及

→ SPI\_ERROR\_ARGUMENT*plan* 为 NULL 或 *tcount* < 0 时

→ SPI\_ERROR\_PARAM*values* 为 NULL，而 *plan* 在准备时带有参数时。

SPI\_tuptable

成功时，其初始化方式与 SPI\_exec 中相同

SPI\_processed

成功时，其初始化方式与 SPI\_exec 中相同

### 描述

SPI\_execp 把由 SPI\_prepare 准备的计划存储在安全内存中，使其不会被 SPI\_finish 或事务管理器释放。

在当前版本的 Postgres 中，还无法把预备计划存储在系统目录中并在执行时从那里取出。这一点将在未来的版本中实现。作为权宜之计，可以在当前会话中该过程的后续调用里复用预备计划。使用 SPI\_execp 执行这个保存的计划。

## 用法

如果 *nulls* 为 NULL, 则 `SPI_execp` 假定所有值（如果有的话）都非 NULL。

### 注意

如果预备计划所引用的对象（关系、函数等）在会话期间被删除（由你的后端或另一个进程删除），那么对该计划执行 `SPI_execp` 的结果将是不可预知的。

## 22.2. 接口支持函数

下面介绍的所有函数既可由已连接的过程使用，也可由未连接的过程使用。

# SPI\_copytuple

SPI\_copytuple — 在上层执行器上下文中创建元组的副本

## 大纲

`SPI_copytuple(tuple)`

## 输入

HeapTuple *tuple*

要复制的输入元组

## 输出

HeapTuple

复制得到的元组

→ 非 NULL *tuple* 不为 NULL 且复制成功时

→ NULL 仅当 *tuple* 为 NULL 时

## 描述

SPI\_copytuple 在上层执行器上下文中创建元组的一个副本。参见内存管理一节。

## 用法

TBD

# SPI\_modifytuple

SPI\_modifytuple — 修改关系的元组

## 大纲

```
SPI_modifytuple(rel, tuple , nattrs
 , attnum , Values , Nulls)
```

## 输入

Relation *rel*

HeapTuple *tuple*

要修改的输入元组

int *nattrs*

*attnum* 中属性编号的数量

int \* *attnum*

要被修改的属性的编号组成的数组

Datum \* *Values*

指定属性的新值

char \* *Nulls*

哪些属性为 NULL（如果有的话）

## 输出

HeapTuple

带修改内容的新元组

→ 非 NULL *tuple* 不为 NULL 且修改成功时

→ NULL 仅当 *tuple* 为 NULL 时

SPI\_result

→ SPI\_ERROR\_ARGUMENT *rel* 为 NULL，或 *tuple* 为 NULL，或 *natts* ≤ 0，或 *attnum* 为 NULL，或 *Values* 为 NULL 时。

→ SPI\_ERROR\_NOATTRIBUTE *attnum* 中存在无效的属性编号时（*attnum* ≤ 0，或大于元组中的属性数量）

## 描述

SPI\_modifytuple 在上层执行器上下文中修改元组。参见内存管理一节。

## 用法

成功时，返回指向新元组的指针。新元组在上层执行器上下文中分配（参见内存管理）。传入的元组不会被修改。

# SPI\_fnumber

SPI\_fnumber — 查找指定属性的属性编号

## 大纲

```
SPI_fnumber(tupdesc, fname)
```

## 输入

TupleDesc *tupdesc*

输入元组描述

char\* *fname*

字段名

## 输出

int

属性编号

属性的有效基于 1 的索引编号

→ SPI\_ERROR\_NOATTRIBUTE 找不到指定名称的属性时

## 描述

SPI\_fnumber 返回 *fname* 中指定名称的属性的属性编号。

## 用法

属性编号从 1 开始。

## SPI\_fname

SPI\_fname — 查找指定属性的属性名称

### 大纲

```
SPI_fname(tupdesc, fname)
```

#### 输入

TupleDesc *tupdesc*

输入元组描述

char \* *fnumber*

属性编号

#### 输出

char \*

属性名称

*fnumber* 超出范围时为 NULL

出错时 SPI\_result 被设置为 → SPI\_ERROR\_NOATTRIBUTE

### 描述

SPI\_fname 返回指定属性的属性名称。

### 用法

属性编号从 1 开始。

### 算法

返回一个新分配的属性名称副本。



# SPI\_getvalue

SPI\_getvalue — 返回指定属性的字符串值

## 大纲

`SPI_getvalue(tuple, tupdesc, fnumber)`

### 输入

HeapTuple *tuple*

要检查的输入元组

TupleDesc *tupdesc*

输入元组描述

int *fnumber*

属性编号

### 输出

char \*

属性值，以下情况返回 NULL：

属性为 NULL

fnumber 超出范围（SPI\_result 被设置为  $\rightarrow$  SPI\_ERROR\_NOATTRIBUTE）

没有可用的输出函数（SPI\_result 被设置为  $\rightarrow$  SPI\_ERROR\_NOOUTFUNC）

## 描述

SPI\_getvalue 返回指定属性值的外部（字符串）表示形式。

## 用法

属性编号从 1 开始。

## 算法

根据该值的需要分配内存。

# SPI\_getbinval

SPI\_getbinval — 返回指定属性的二进制值

## 大纲

```
SPI_getbinval(tuple, tupdesc, fnumber, isnull)
```

### 输入

HeapTuple *tuple*

要检查的输入元组

TupleDesc *tupdesc*

输入元组描述

int *fnumber*

属性编号

### 输出

Datum

属性的二元值

bool \* *isnull*

属性值是否为空的标志

SPI\_result

→ SPI\_ERROR\_NOATTRIBUTE

## 描述

SPI\_getbinval 返回指定属性的二进制值。

## 用法

属性编号从 1 开始。

## 算法

不为该二进制值分配新的空间。

# SPI\_gettype

SPI\_gettype — 返回指定属性的类型名称

## 大纲

```
SPI_gettype(tupdesc, fnumber)
```

### 输入

TupleDesc *tupdesc*

输入元组描述

int *fnumber*

属性编号

### 输出

char \*

指定属性编号的类型名称

SPI\_result

→ SPI\_ERROR\_NOATTRIBUTE

## 描述

SPI\_gettype 返回指定属性类型名称的一个副本。

## 用法

属性编号从 1 开始。

## 算法

不为该二进制值分配新的空间。

# SPI\_gettypeid

SPI\_gettypeid — 返回指定属性的类型 OID

## 大纲

```
SPI_gettypeid(tupdesc, fnumber)
```

## 输入

TupleDesc *tupdesc*

输入元组描述

int *fnumber*

属性编号

## 输出

OID

指定属性编号的类型 OID

SPI\_result

→ SPI\_ERROR\_NOATTRIBUTE

## 描述

SPI\_gettypeid 返回指定属性的类型 OID。

## 用法

属性编号从 1 开始。

## 算法

TBD

# SPI\_getrelname

SPI\_getrelname — 返回指定关系的名称

## 大纲

```
SPI_getrelname(rel)
```

## 输入

Relation *rel*

输入关系

## 输出

char \*

指定关系的名称

## 描述

SPI\_getrelname 返回指定关系的名称。

## 用法

TBD

## 算法

把该关系名称复制到新的存储中。

# SPI\_palloc

SPI\_palloc — 在上层执行器上下文中分配内存

## 大纲

```
SPI_palloc(size)
```

## 输入

Size *size*

要分配的存储空间的字节大小

## 输出

void \*

指定大小的新存储空间

## 描述

SPI\_palloc 在上层执行器上下文中分配内存。参见内存管理一节。

## 用法

TBD

# SPI\_repalloc

SPI\_repalloc — 在上层执行器上下文中重新分配内存

## 大纲

`SPI_repalloc(pointer, size)`

## 输入

`void *pointer`

指向现有存储的指针

`Size size`

要分配的存储空间的字节大小

## 输出

`void *`

指定大小的新存储空间，内容从现有区域复制而来

## 描述

`SPI_repalloc` 在上层执行器上下文中重新分配内存。参见内存管理一节。

## 用法

TBD

## SPI\_pfree

SPI\_pfree — 从上层执行器上下文中释放内存

### 大纲

`SPI_pfree(pointer)`

#### 输入

`void *pointer`

指向现有存储的指针

#### 输出

无

#### 描述

`SPI_pfree` 在上层执行器上下文中释放内存。参见内存管理一节。

#### 用法

TBD

## 22.3. 内存管理

服务器在内存上下文中分配内存，使得在一个上下文中做出的分配可以通过销毁该上下文来释放，而不影响在其他上下文中做出的分配。所有分配（通过 `palloc` 等）都是在被选为当前上下文的那个上下文中进行的。如果试图释放（或重新分配）不是在当前上下文中分配的内存，将会得到不可预知的结果。

内存上下文的创建和切换属于 SPI 管理器内存管理的内容。

SPI 过程涉及两个内存上下文：上层执行器内存上下文和过程内存上下文（如果已连接）。

在过程连接到 SPI 管理器之前，当前内存上下文是上层执行器上下文，因此该过程自身在连接到 SPI 之前通过 `palloc/repalloc` 或由 SPI 辅助函数所做的所有分配都位于这个上下文中。

调用 `SPI_connect` 之后，当前上下文是过程的私有上下文。通过 `palloc/repalloc` 或由 SPI 辅助函数所做的所有分配（`SPI_cpytuple`、`SPI_modifytuple`、`SPI_palloc` 和 `SPI_repalloc` 除外）都位于这个上下文中。

当过程（通过 `SPI_finish`）与 SPI 管理器断开连接时，当前上下文会恢复为上层执行器上下文，而在该过程内存上下文中分配的所有内存都会被释放，不能再使用！

如果想把某些东西返回给上层执行器，就必须在上层上下文中为它分配内存！

SPI 无法自动释放上层执行器上下文中的分配！

查询执行期间分配的内存会在该查询完成时被 SPI 自动释放！

## 22.4. 数据更改的可见性

Postgres 的数据更改可见性规则：在一次查询执行期间，该查询自身（通过 SQL 函数、SPI 函数、触发器）所做的数据更改对查询扫描是不可见的。例如，在查询 `INSERT INTO a`



SELECT \* FROM a 中，被插入的元组对 SELECT 的扫描不可见。其效果是在数据库表内部复制该表自身（当然要受唯一索引规则的约束），而不会递归。

查询 Q 所做的更改，对所有在查询 Q 之后启动的查询都可见，无论这些查询是在 Q 内部（即 Q 执行期间）启动，还是在 Q 完成之后启动。

## 22.5. 示例

这个 SPI 用法的示例演示了可见性规则。在 src/test/regress/regress.c 和 contrib/spi 中还有更复杂的示例。

这是一个非常简单的 SPI 用法示例。过程 execq 的第一个参数接受一条 SQL 查询，第二个参数接受 tcount，它使用 SPI\_exec 执行该查询，并返回该查询所处理的元组数：

```
#include "executor/spi.h" /* this is what you need to work with
SPI */

int execq(text *sql, int cnt);

int
execq(text *sql, int cnt)
{
 char *query;
 int ret;
 int proc;

 /* Convert given TEXT object to a C string */
 query = DatumGetCString(DirectFunctionCall1(textout,
 PointerGetDatum(
sql))));

 SPI_connect();

 ret = SPI_exec(query, cnt);

 proc = SPI_processed;
 /*
 * If this is SELECT and some tuple(s) fetched -
 * returns tuples to the caller via elog (NOTICE).
 */
 if (ret == SPI_OK_SELECT && SPI_processed > 0)
 {
 TupleDesc tupdesc = SPI_tuptable->tupdesc;
 SPITupleTable *tuptable = SPI_tuptable;
 char buf[8192];
 int i,j;

 for (j = 0; j < proc; j++)
 {
 HeapTuple tuple = tuptable->vals[j];

 for (i = 1, buf[0] = 0; i <= tupdesc->natts; i++)
 sprintf(buf + strlen (buf), " %s%s",
 SPI_getvalue(tuple, tupdesc, i),
 (i == tupdesc->natts) ? " " : " |");
 elog (NOTICE, "EXECQ: %s", buf);
 }
 }
}
```

```

 SPI_finish();

 pfree(query);

 return (proc);
}

```

现在，编译并创建该函数：

```

create function execq (text, int4) returns int4 as '...path_to_so'
language 'c';

```

```

vac=> select execq('create table a (x int4)', 0);

```

```

execq

```

```

 0

```

```

(1 row)

```

```

vac=> insert into a values (execq('insert into a values (0)',0));

```

```

INSERT 167631 1

```

```

vac=> select execq('select * from a',0);

```

```

NOTICE:EXECQ: 0 <<< 由 execq 插入

```

```

NOTICE:EXECQ: 1 <<< 由 execq 返回并被外层 INSERT 插入的值

```

```

execq

```

```

 2

```

```

(1 row)

```

```

vac=> select execq('insert into a select x + 2 from a',1);

```

```

execq

```

```

 1

```

```

(1 row)

```

```

vac=> select execq('select * from a', 10);

```

```

NOTICE:EXECQ: 0

```

```

NOTICE:EXECQ: 1

```

```

NOTICE:EXECQ: 2 <<< 0 + 2, 只插入了一个元组 — 正如所指定的那样

```

```

execq

```

```

 3

```

```

<<< 10 只是最大值, 3 才是实际的元组数

```

```

(1 row)

```

```

vac=> delete from a;

```

```

DELETE 3

```

```

vac=> insert into a values (execq('select * from a', 0) + 1);

```

```

INSERT 167712 1

```

```

vac=> select * from a;

```

```

x
-
```

```

1

```

```

<<< a 中没有元组 (0) + 1

```

```

(1 row)

```

```
vac=> insert into a values (execq('select * from a', 0) + 1);
NOTICE:EXECQ: 0
INSERT 167713 1
vac=> select * from a;
x
-
1
2 <<< a 中原先只有一个元组 + 1
(2 rows)
```

-- 这演示了数据更改可见性规则:

```
vac=> insert into a select execq('select * from a', 0) * x from a;
NOTICE:EXECQ: 1
NOTICE:EXECQ: 2
NOTICE:EXECQ: 1
NOTICE:EXECQ: 2
NOTICE:EXECQ: 2
INSERT 0 2
vac=> select * from a;
x
-
1
2
2 <<< 2 个元组 * 1 (第一个元组中的 x)
6 <<< 3 个元组 (刚插入的 2 + 1) * 2 (第二个元组中的 x)
(4 rows) ^^^^^^^^
 execq() 在不同调用中可见的元组
```

---

## 部分 III. 过程语言

---

---

# 目录

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 23. 过程语言 .....                     | 262 |
| 23.1. 安装过程语言 .....                 | 262 |
| 24. PL/pgSQL - SQL 过程语言 .....      | 264 |
| 24.1. 概述 .....                     | 264 |
| 24.1.1. 使用 PL/pgSQL 的优势 .....      | 264 |
| 24.1.2. 用 PL/pgSQL 开发 .....        | 265 |
| 24.2. 描述 .....                     | 265 |
| 24.2.1. PL/pgSQL 的结构 .....         | 265 |
| 24.2.2. 注释 .....                   | 266 |
| 24.2.3. 变量和常量 .....                | 266 |
| 24.2.4. 表达式 .....                  | 268 |
| 24.2.5. 语句 .....                   | 269 |
| 24.2.6. 控制结构 .....                 | 272 |
| 24.2.7. 使用 RECORD .....            | 274 |
| 24.2.8. 中止与消息 .....                | 276 |
| 24.2.9. 异常 .....                   | 276 |
| 24.3. 触发器过程 .....                  | 277 |
| 24.4. 示例 .....                     | 278 |
| 24.5. 从 Oracle PL/SQL 移植 .....     | 279 |
| 24.5.1. 主要差异 .....                 | 279 |
| 24.5.2. 移植函数 .....                 | 280 |
| 24.5.3. 过程 .....                   | 284 |
| 24.5.4. 包 .....                    | 285 |
| 24.5.5. 其他需要注意的事项 .....            | 287 |
| 24.5.6. 附录 .....                   | 287 |
| 25. PL/Tcl - TCL 过程语言 .....        | 290 |
| 25.1. 概述 .....                     | 290 |
| 25.2. 描述 .....                     | 290 |
| 25.2.1. Postgres 函数与 Tcl 过程名 ..... | 290 |
| 25.2.2. 在 PL/Tcl 中定义函数 .....       | 290 |
| 25.2.3. PL/Tcl 中的全局数据 .....        | 291 |
| 25.2.4. PL/Tcl 中的触发器过程 .....       | 291 |
| 25.2.5. 从 PL/Tcl 访问数据库 .....       | 292 |
| 26. PL/Perl - Perl 过程语言 .....      | 295 |
| 26.1. 构建和安装 .....                  | 295 |
| 26.2. 使用 PL/Perl .....             | 295 |

---

## 第 23 章 过程语言

Postgres 允许用户添加可用于编写函数和过程的新编程语言。这些语言统称为过程语言 (PL)。对于用过程语言编写的函数或触发器过程，数据库服务器并不内置关于如何解释函数源文本的知识。相反，这项任务会交给一个了解该语言细节的专门的调用处理器。该调用处理器既可以自行完成解析、语法分析、执行等全部工作，也可以在 Postgres 与某种现有编程语言实现之间充当“粘合剂”。调用处理器本身是一个特殊的编程语言函数，被编译进共享对象并按需装载。

编写新过程语言的调用处理器超出了本手册的范围，不过 CREATE LANGUAGE 参考页中提供了一些相关信息。标准 Postgres 发行版提供了几种过程语言。

### 23.1. 安装过程语言

过程语言必须在每个要使用它的数据库中“安装”。不过，安装在 template1 数据库中的过程语言会自动在随后创建的所有数据库中可用。因此，数据库管理员可以决定哪些数据库提供哪些语言，并且如果愿意，也可以让某些语言默认可用。

对于标准发行版自带的语言，可以使用 shell 脚本 createlang 来代替手工完成各个细节。例如，要把 PL/pgSQL 安装到 template1 数据库，可以使用

```
createlang plpgsql template1
```

下文所述的手工过程只建议用于安装 createlang 不认识的自定义语言。

#### 手工安装过程语言

在数据库中安装过程语言需要三个步骤，且必须由数据库超级用户执行。

1. 该语言调用处理器的共享对象必须先编译好并安装到合适的库目录中。这与构建和安装含有普通用户定义 C 函数的模块的方法相同；见第 13.4.6 节。
2. 必须用如下命令声明该调用处理器：

```
CREATE FUNCTION handler_function_name ()
 RETURNS OPAQUE AS
 'path-to-shared-object' LANGUAGE 'C';
```

特殊返回类型 OPAQUE 会告诉数据库系统，该函数返回的不是某种已定义的 SQL 数据类型，并且不能在 SQL 语句中直接使用。

3. 该 PL 必须用如下命令声明：

```
CREATE [TRUSTED] [PROCEDURAL] LANGUAGE 'language-name'
 HANDLER handler_function_name
 LANCOMPILER 'description';
```

可选关键字 TRUSTED 指明是否允许没有超级用户权限的普通数据库用户使用该语言创建函数和触发器过程。由于 PL 函数是在数据库后端内部执行的，TRUSTED 标记只应赋予那些不允许访问数据库后端内部或文件系统的语言。语言 PL/pgSQL、PL/Tcl 和 PL/Perl 已知是受信任的；而语言 PL/TclU 不应被标记为受信任的。

在默认的 Postgres 安装中，PL/pgSQL 语言的调用处理器会被构建并安装到“库”目录中。如果配置了 Tcl/Tk 支持，PL/Tcl 和 PL/TclU 的调用处理器也会被构建并安装到同一位置。类似地，如果配置了 Perl 支持，PL/Perl 的调用处理器也会被构建和安装。createlang 脚本会自动完成上文所述的两个 CREATE 步骤。

## 示例

1. 下面的命令告诉数据库到哪里查找 PL/pgSQL 语言调用处理器函数的共享对象：

```
CREATE FUNCTION plpgsql_call_handler () RETURNS OPAQUE AS
 '/usr/local/pgsql/lib/plpgsql.so' LANGUAGE 'C';
```

2. 而命令

```
CREATE TRUSTED PROCEDURAL LANGUAGE 'plpgsql'
 HANDLER plpgsql_call_handler
 LANCOMPILER 'PL/pgSQL';
```

则定义对于语言属性为 'plpgsql' 的函数和触发器过程，将调用先前声明的调用处理器函数。

---

# 第 24 章 PL/pgSQL - SQL 过程语言

PL/pgSQL 是Postgres数据库系统的一个可装载过程语言。

这个软件包最初由 Jan Wieck 编写。本文档的一部分由 Roberto Mello (<rmello@fslc.usu.edu>) 撰写。

## 24.1. 概述

PL/pgSQL 的设计目标是创建一种可装载的过程语言，它

- 可以用来创建函数和触发器过程，
- 向SQL语言中增加控制结构，
- 能执行复杂的计算，
- 继承所有用户定义的类型、函数和操作符，
- 可以被定义为服务器所信任，
- 易于使用。

PL/pgSQL 调用处理器在函数第一次被调用时解析函数的源文本并生成一棵内部二进制指令树。生成的字节码在调用处理器中通过函数的对象 ID 来标识。这确保了通过 DROP/CREATE 序列更改函数会立即生效，而不需要建立新的数据库连接。

对于函数中使用的所有表达式和SQL语句，PL/pgSQL 字节码解释器都会使用SPI管理器的 SPI\_prepare() 和 SPI\_saveplan() 函数创建一个预备好的执行计划。这是在该语句第一次在 PL/pgSQL 函数中被处理时完成的。因此，一个包含大量可能需要执行计划的条件语句的函数，只会准备和保存那些在数据库连接生命期内真正被用到的计划。

这意味着你必须小心对待你的用户自定义函数。例如：

```
CREATE FUNCTION populate() RETURNS INTEGER AS '
DECLARE
 -- Declarations
BEGIN
 PERFORM my_function();
END;
' LANGUAGE 'plpgsql';
```

如果你创建上面的函数，它的字节码会引用 my\_function() 的 OID。之后如果你删除并重建 my\_function()，那么 populate() 将再也无法找到 my\_function()。此时你必须重建 populate()。

由于 PL/pgSQL 以这种方式保存执行计划，直接出现在 PL/pgSQL 函数中的查询在每次执行时必须引用相同的表和字段；也就是说，你不能在查询中把参数用作表名或字段名。要绕开这一限制，你可以使用 PL/pgSQL 的 EXECUTE 语句构造动态查询——代价是每次执行都要构造一个新的查询计划。

除了用户定义类型的输入/输出转换和计算函数之外，凡是能用 C 语言函数定义的东西也都可以用 PL/pgSQL 完成。你可以创建复杂条件计算函数，之后用它们来定义操作符，或在函数索引中使用它们。

### 24.1.1. 使用 PL/pgSQL 的优势

- 更好的性能（参见第 24.1.1.1 节）
- SQL 支持（参见第 24.1.1.2 节）



- 可移植性（参见第 24.1.1.3 节）

### 24.1.1.1. 更好的性能

SQL 是 PostgreSQL（以及大多数其他关系数据库）用作查询语言的语言。它可移植且易于学习。但每条 SQL 语句都必须由数据库服务器逐条执行。

这意味着你的客户端应用必须把每个查询发送到数据库服务器，等待它处理，接收结果，做一些计算，然后再把其他查询发送给服务器。所有这些都会带来进程间通信开销，而且如果你的客户端与数据库服务器不在同一台机器上，还会带来网络开销。

使用 PL/pgSQL，你可以把一块计算和一系列查询封装在数据库服务器内部，从而既拥有过程语言的能力又拥有 SQL 的易用性，同时因为省去了整个客户端/服务器通信开销而节省大量时间。你的应用将通过使用 PL/pgSQL 获得相当可观的性能提升。

### 24.1.1.2. SQL 支持

PL/pgSQL 把过程语言的能力加到了 SQL 的灵活和易用之上。使用 PL/pgSQL，你可以使用 SQL 的所有数据类型、列、操作符和函数。

### 24.1.1.3. 可移植性

由于 PL/pgSQL 函数运行在 PostgreSQL 内部，这些函数可以在 PostgreSQL 运行的任何平台上运行。因此你可以重用代码并降低开发成本。

## 24.1.2. 用 PL/pgSQL 开发

用 PL/pgSQL 开发相当直接，尤其是如果你曾经用其他数据库过程语言（例如 Oracle 的 PL/SQL）开发过。用 PL/pgSQL 开发的两个好办法是：

- 使用文本编辑器并用 `psql` 重新装载文件
- 使用 PostgreSQL 的 GUI 工具：pgaccess

用 PL/pgSQL 开发的一个好办法就是用你喜欢的文本编辑器创建函数，然后在另一个控制台用 `psql`（PostgreSQL 的交互监视器）装载这些函数。如果你采用这种方式（而且如果你是 PL/pgSQL 新手或正处于调试阶段），一个好主意是在创建函数之前总是先 `DROP` 它。这样当你重新装载文件时，它会先删除你的函数然后再重建它们。例如：

```
drop function testfunc(integer);
create function testfunc(integer) return integer as '

end;
' language 'plpgsql';
```

当你第一次装载该文件时，PostgreSQL 会发出一个警告说该函数不存在，然后继续创建它。要把一个 SQL 文件（filename.sql）装载到名为“dbname”的数据库中，使用命令：

```
psql -f filename.sql dbname
```

用 PL/pgSQL 开发的另一个好办法是使用 PostgreSQL 的 GUI 工具 pgaccess。它会替你做一些好事，比如转义单引号，并且让重建和调试函数变得容易。

## 24.2. 描述

### 24.2.1. PL/pgSQL 的结构

PL/pgSQL 是一种块结构语言。所有关键字和标识符都可以用大小写混合的形式使用。块的定义是：

```
[<<label>>]
[DECLARE
 declarations]
BEGIN
 statements
END;
```

块的语句部分中可以有任意数量的子块。  
子块可以用来把变量隐藏在语句块的外部世界之外。

块前面的声明部分中声明的变量在每次进入该块时都会被初始化为它们的默认值，而不是每次函数调用只初始化一次。例如：

```
CREATE FUNCTION somefunc() RETURNS INTEGER AS '
DECLARE
 quantity INTEGER := 30;
BEGIN
 RAISE NOTICE 'Quantity here is %',quantity; -- Quantity here
is 30
 quantity := 50;
 --
 -- Create a sub-block
 --
 DECLARE
 quantity INTEGER := 80;
 BEGIN
 RAISE NOTICE 'Quantity here is %',quantity; -- Quantity
here is 80
 END;

 RAISE NOTICE 'Quantity here is %',quantity; -- Quantity here
is 50
END;
' LANGUAGE 'plpgsql';
```

重要的一点是不要把 PL/pgSQL 中用于给语句分组的 BEGIN/END 与用于事务控制的数据库命令混淆。PL/pgSQL 的 BEGIN/END 只用于分组；它们不开始也不结束事务。函数和触发器过程总是在由外层查询建立的事务中执行——它们不能开始或提交事务，因为 Postgres 没有嵌套事务。

## 24.2.2. 注释

PL/pgSQL 中有两种注释。双横线--开始一个延伸到行尾的注释。/\*开始一个块注释，它延伸到下一个\*/出现的位置。块注释不能嵌套，但双横线注释可以被包进块注释中，而双横线也可以隐藏块注释的定界符/\*和\*/。

## 24.2.3. 变量和常量

块或其子块中使用的所有变量、行和记录都必须在块的声明部分中声明。  
唯一的例外是遍历一段整数值范围的 FOR 循环的循环变量。

PL/pgSQL 变量可以有任何 SQL 数据类型，例如 INTEGER、VARCHAR 和 CHAR。所有变量的默认值都是 SQL 的 NULL 值。

下面是一些变量声明的例子：

```
user_id INTEGER;
quantity NUMBER(5);
```

```
url VARCHAR;
```

### 24.2.3.1. 带默认值的常量和变量

声明的语法如下：

```
name [CONSTANT] type [NOT NULL] [{ DEFAULT | := } value];
```

声明为 `CONSTANT` 的变量的值不能被更改。如果指定了 `NOT NULL`，赋予 `NULL` 值会导致一个运行时错误。由于所有变量的默认值都是 SQL 的 `NULL` 值，所有声明为 `NOT NULL` 的变量还必须指定一个默认值。

默认值在每次函数被调用时都会被求值。因此把 `'now'` 赋给一个 `timestamp` 类型的变量会让该变量拥有实际这次函数调用的时间，而不是函数被预编译为字节码时的时间。

例子：

```
quantity INTEGER := 32;
url varchar := 'http://mysite.com';
user_id CONSTANT INTEGER := 10;
```

### 24.2.3.2. 传递给函数的变量

传递给函数的变量用标识符 `$1`、`$2` 等命名（最多 16 个）。一些例子：

```
CREATE FUNCTION sales_tax(REAL) RETURNS REAL AS '
DECLARE
 subtotal ALIAS FOR $1;
BEGIN
 return subtotal * 0.06;
END;
' LANGUAGE 'plpgsql';
```

```
CREATE FUNCTION instr(VARCHAR,INTEGER) RETURNS INTEGER AS '
DECLARE
 v_string ALIAS FOR $1;
 index ALIAS FOR $2;
BEGIN
 -- Some computations here
END;
' LANGUAGE 'plpgsql';
```

### 24.2.3.3. 属性

使用 `%TYPE` 和 `%ROWTYPE` 属性，你可以声明与另一个数据库项（例如一个表字段）具有相同数据类型或结构的变量。

`%TYPE`

`%TYPE` 提供变量或数据库列的数据类型。你可以用它来声明将保存数据库值的变量。

例如，假设你的 `users` 表中有一个名为 `user_id` 的列。要声明一个与 `users` 数据类型相同的变量，可以这样写：

```
user_id users.user_id%TYPE;
```

使用 `%TYPE` 你不需要知道你引用的结构的数据类型，而且最重要的是，如果被引用项的数据类型将来发生改变（例如你把 `user_id` 的表定义改为 `REAL`），你也不需要修改你的函数定义。

```
nametable%ROWTYPE;
```

声明一个具有给定表结构的行。*table*必须是数据库中已存在的表或视图的名字。行的字段用点号记法访问。函数的参数可以是复合类型（完整的表行）。这种情况下，对应的标识符 *\$n* 将是一个行类型，但它必须用上面描述的 ALIAS 命令声明别名。

行中只能访问表行的用户属性，不能访问 OID 或其他系统属性（因为该行可能来自一个视图）。行类型的字段继承表中该字段的尺寸或精度（对于 `char()` 等数据类型）。

```
DECLARE
 users_rec users%ROWTYPE;
 user_id users%TYPE;
BEGIN
 user_id := users_rec.user_id;
 ...

create function cs_refresh_one_mv(integer) returns integer as '
DECLARE
 key ALIAS FOR $1;
 table_data cs_materialized_views%ROWTYPE;
BEGIN
 SELECT INTO table_data * FROM cs_materialized_views
 WHERE sort_key=key;

 IF NOT FOUND THEN
 RAISE EXCEPTION 'View ' || key || ' not found';
 RETURN 0;
 END IF;

 -- The mv_name column of cs_materialized_views stores
view
 -- names.

 TRUNCATE TABLE table_data.mv_name;
 INSERT INTO table_data.mv_name || ' ' || table_data.
mv_query;

 return 1;
end;
' LANGUAGE 'plpgsql';
```

#### 24.2.3.4. RENAME

使用 RENAME 你可以更改变量、记录或行的名字。这在需要在触发器过程内部用另一个名字引用 NEW 或 OLD 时有用。

语法和例子：

```
RENAME oldname TO newname;

RENAME id TO user_id;
RENAME this_var TO that_var;
```

#### 24.2.4. 表达式

PL/pgSQL 语句中使用的所有表达式都由后端的执行器处理。表面上包含常量的表达式实际上可能需要运行时求值（例如 'now' 对于 timestamp 类型），因此 PL/pgSQL 解析器不可能识别除 NULL 关键字之外的真正常量值。所有表达式都在内部通过执行查询

```
SELECT expression
```

并使用SPI管理器来求值。在表达式中，变量标识符的出现会被参数替代，而变量的实际值则通过参数数组传递给执行器。PL/pgSQL 函数中使用的所有表达式都只准备和保存一次。这条规则唯一的例外是 `EXECUTE` 语句，它的查询在每次遇到时都需要重新解析。

Postgres主解析器所做的类型检查对常量值的解释有一些副作用。详细说来，下面这两个函数的行为是有差别的：

```
CREATE FUNCTION logfunc1 (text) RETURNS timestamp AS '
DECLARE
 logtxt ALIAS FOR $1;
BEGIN
 INSERT INTO logtable VALUES (logtxt, 'now');
 RETURN 'now';
END;
' LANGUAGE 'plpgsql';
```

和

```
CREATE FUNCTION logfunc2 (text) RETURNS timestamp AS '
DECLARE
 logtxt ALIAS FOR $1;
 curtime timestamp;
BEGIN
 curtime := 'now';
 INSERT INTO logtable VALUES (logtxt, curtime);
 RETURN curtime;
END;
' LANGUAGE 'plpgsql';
```

对于`logfunc1()`，Postgres 主解析器在为 `INSERT` 准备计划时就知道字符串 `'now'` 应当被解释为`timestamp`，因为`logtable`的目标字段就是该类型。于是它会在此刻把它变成一个常量，而这个常量值随后在后端的整个生命期内 `logfunc1()` 的所有调用中都被使用。不用说，这并不是程序员想要的结果。

对于`logfunc2()`，Postgres 主解析器不知道`'now'`应当变成什么类型，因此它返回一个包含字符串`'now'`的`text`数据类型。在向局部变量 `curtime` 赋值期间，PL/pgSQL 解释器通过调用`text_out()`和`timestamp_in()`函数把这个字符串转换成`timestamp`类型。

Postgres主解析器所做的这种类型检查是在 PL/pgSQL 基本完成之后才实现的。这是 6.3 与 6.4 之间的一个差异，影响所有使用SPI管理器预备计划特性的函数。以上述方式使用局部变量是目前 PL/pgSQL 中让这些值被正确解释的唯一办法。

如果在表达式或语句中使用了记录字段，这些字段的数据类型在同一表达式的各次调用之间不应改变。在编写为多张表处理事件的触发器过程时要牢记这一点。

## 24.2.5. 语句

凡是没有被 PL/pgSQL 解析器按下面说明理解的东西，都会被放进一个查询并发送到数据库引擎执行。这样的查询不应返回任何数据。

### 24.2.5.1. 赋值

把一个值赋给变量或行/记录字段写作：

```
identifier := expression;
```

如果表达式的结果数据类型与变量的数据类型不匹配，或者变量具有已知的尺寸/精度（如 `char(20)`），结果值会被 PL/pgSQL 字节码解释器使用结果类型的输出函数和变量类型的输入函数隐式转换。注意这可能导致类型的输入函数产生运行时错误。

```
user_id := 20;
tax := subtotal * 0.06;
```

### 24.2.5.2. 调用另一个函数

Postgres数据库中定义的所有函数都返回一个值。因此，调用函数的通常方式是执行一个 SELECT 查询或做一次赋值（产生一个 PL/pgSQL 内部的 SELECT）。

但有时人们并不关心函数的结果。这些情况下，使用 PERFORM 语句。

```
PERFORM query
```

它通过SPI 管理器执行一个 SELECT *query*并丢弃结果。像局部变量这样的标识符仍然会被替换为参数。

```
PERFORM create_mv('cs_session_page_requests_mv',''
 select session_id, page_id, count(*) as n_hits,
 sum(dwelling_time) as dwelling_time, count(dwelling_time) as
 dwelling_count
 from cs_fact_table
 group by session_id, page_id');
```

### 24.2.5.3. 执行动态查询

你经常会想在 PL/pgSQL 函数内部生成动态查询，或者你有会生成其他函数的函数。PL/pgSQL 为这些场合提供了 EXECUTE 语句。

```
EXECUTE query-string
```

其中`query-string`是一个 text 类型的字符串，包含要执行的 *query*。

在使用动态查询时，你必须面对 PL/pgSQL 中单引号的转义问题。请参阅“从 Oracle PL/SQL 移植”一章中的表格，那里有能为你节省一些力气的详细解释。

与 PL/pgSQL 中的所有其他查询不同，由 EXECUTE 语句运行的 *query*不会在服务器的生命期内只准备和保存一次。相反，*query*在语句每次运行时都会被重新准备。*query-string*可以在过程内动态创建，以便对可变的表和字段执行操作。

SELECT 查询的结果会被 EXECUTE 丢弃，而且 EXECUTE 中目前不支持 SELECT INTO。因此，从动态创建的 SELECT 中提取结果的唯一办法是使用稍后描述的 FOR ... EXECUTE 形式。

一个例子：

```
EXECUTE 'UPDATE tbl SET '
 || quote_ident(fieldname)
 || ' = '
 || quote_literal(newvalue)
 || ' WHERE ...';
```

这个例子展示了 `quote_ident(TEXT)` 和 `quote_literal(TEXT)` 函数的用法。包含字段和表标识符的变量应当传给 `quote_ident()` 函数。包含动态查询字符串的字面量成分的变量应当传给 `quote_literal()`。这两个函数都会采取适当的步骤，返回被单引号或双引号括起、且内嵌特殊字符被正确处理的输入文本。

下面是一个大得多的动态查询和 EXECUTE 的例子：

```

CREATE FUNCTION cs_update_referrer_type_proc() RETURNS INTEGER AS '
DECLARE
 referrer_keys RECORD; -- Declare a generic record to be used
 in a FOR
 a_output varchar(4000);
BEGIN
 a_output := 'CREATE FUNCTION cs_find_referrer_type(varchar,
varchar,varchar)
 RETURNS varchar AS '''
 DECLARE
 v_host ALIAS FOR $1;
 v_domain ALIAS FOR $2;
 v_url ALIAS FOR $3; '''
--
-- Notice how we scan through the results of a query in a FOR
loop
-- using the FOR <record> construct.
--

 FOR referrer_keys IN select * from cs_referrer_keys order by
try_order LOOP
 a_output := a_output || ' if v_' || referrer_keys.kind ||
' like ' || referrer_keys.key_string || ' then
return ' || referrer_keys.referrer_type || '''; end if;
';
 END LOOP;

 a_output := a_output || ' return null; end; ''' language
'plpgsql';

-- This works because we are not substituting any variables
-- Otherwise it would fail. Look at PERFORM for another way to
run functions

EXECUTE a_output;
end;
' LANGUAGE 'plpgsql';

```

#### 24.2.5.4. 获取其他结果状态

```
GET DIAGNOSTICS variable = item [, ...]
```

这条命令允许检索系统状态指示器。每个 *item* 都是一个关键字，标识要赋给指定变量的状态值（该变量应当具有接收它的正确数据类型）。当前可用的状态项有：ROW\_COUNT，发送到 SQL 引擎的最后一条 SQL 查询所处理的行数；以及 RESULT\_OID，最近的 SQL 查询插入的最后一行的 Oid。注意 RESULT\_OID 只在 INSERT 查询之后有用。

#### 24.2.5.5. 从函数返回

```
RETURN expression
```

函数终止，*expression* 的值会被返回给上层执行器。函数的返回值不能没有定义。如果控制到达函数顶层块的末尾而没有碰到 RETURN 语句，就会发生运行时错误。

表达式的结果会被自动转换成函数的返回类型，转换方式与赋值中描述的相同。

## 24.2.6. 控制结构

控制结构可能是 PL/SQL 中最有用（也最重要）的部分。借助 PL/pgSQL 的控制结构，你可以以非常灵活而强大的方式操纵 PostgreSQL 数据。

### 24.2.6.1. 条件控制：IF 语句

IF 语句让你可以根据某些条件采取行动。PL/pgSQL 有三种 IF 形式：IF-THEN、IF-THEN-ELSE、IF-THEN-ELSE IF。注意：所有 PL/pgSQL 的 IF 语句都需要一个对应的 END IF 语句。在 ELSE-IF 语句中你需要两个：第一个 IF 一个，第二个（ELSE IF）一个。

#### IF-THEN

IF-THEN 语句是 IF 的最简单形式。如果条件为真，THEN 和 END IF 之间的语句会被执行。否则，执行 END IF 之后的语句。

```
IF v_user_id <> 0 THEN
 UPDATE users SET email = v_email WHERE user_id = v_user_id;
END IF;
```

#### IF-THEN-ELSE

IF-THEN-ELSE 语句在 IF-THEN 的基础上增加了一种能力：你可以指定在条件求值为 FALSE 时应当执行的语句。

```
IF parentid IS NULL or parentid = ''
THEN
 return fullname;
ELSE
 return hp_true_filename(parentid) || '/' || fullname;
END IF;
```

```
IF v_count > 0 THEN
 INSERT INTO users_count(count) VALUES(v_count);
 return 't';
ELSE
 return 'f';
END IF;
```

IF 语句可以嵌套，见下面的例子：

```
IF demo_row.sex = 'm' THEN
 pretty_sex := 'man';
ELSE
 IF demo_row.sex = 'f' THEN
 pretty_sex := 'woman';
 END IF;
END IF;
```

#### IF-THEN-ELSE IF

当你使用"ELSE IF"语句时，你实际上是把一个 IF 语句嵌套在 ELSE 语句中。因此每个嵌套的 IF 都需要一个 END IF 语句，外层的 IF-ELSE 也需要一个。

例如：

```
IF demo_row.sex = 'm' THEN
 pretty_sex := 'man';
ELSE IF demo_row.sex = 'f' THEN
```



```
 pretty_sex := 'woman';
 END IF;
END IF;
```

### 24.2.6.2. 迭代控制：LOOP、WHILE、FOR 和 EXIT

使用 LOOP、WHILE、FOR 和 EXIT 语句，你可以迭代地控制你的 PL/pgSQL 程序的执行流程。

#### LOOP

```
[<<label>>]
LOOP
 statements
END LOOP;
```

一个必须由 EXIT 语句显式终止的无条件循环。可选的标签可以被嵌套循环的 EXIT 语句用来指定应该终止哪一层嵌套。

#### EXIT

```
EXIT [label] [WHEN expression];
```

如果没有给出 *label*，最内层的循环会被终止，接下来执行 END LOOP 之后的语句。如果给出了 *label*，它必须是当前或嵌套循环块某个上层的标签。此时被命名的循环或块被终止，控制转移到该循环/块对应的 END 之后的语句。

例子：

```
LOOP
 -- some computations
 IF count > 0 THEN
 EXIT; -- exit loop
 END IF;
END LOOP;

LOOP
 -- some computations
 EXIT WHEN count > 0;
END LOOP;

BEGIN
 -- some computations
 IF stocks > 100000 THEN
 EXIT; -- illegal. Can't use EXIT outside of a LOOP
 END IF;
END;
```

#### WHILE

使用 WHILE 语句，只要条件表达式的求值为真，你就可以在一系列语句上循环。

```
[<<label>>]
WHILE expression LOOP
 statements
END LOOP;
```

例如：

```
WHILE amount_owed > 0 AND gift_certificate_balance > 0 LOOP
```

```
-- some computations here
END LOOP;

WHILE NOT boolean_expression LOOP
 -- some computations here
END LOOP;
```

## FOR

```
[<<label>>]
FOR name IN [REVERSE] expression .. expression LOOP
 statements
END LOOP;
```

一个遍历一段整数值范围的循环。变量 *name* 被自动创建为 `integer` 类型并且只存在于循环内部。给出范围下界和上界的两个表达式只在进入循环时被求值。迭代步长总是 1。

FOR 循环的一些例子（关于在 FOR 循环中遍历记录，参见第 24.2.7 节）：

```
FOR i IN 1..10 LOOP
 -- some expressions here

 RAISE NOTICE 'i is %',i;
END LOOP;

FOR i IN REVERSE 1..10 LOOP
 -- some expressions here
END LOOP;
```

## 24.2.7. 使用 RECORD

记录与行类型类似，但它们没有预定义的结构。它们被用在选取和 FOR 循环中，保存 SELECT 操作产生的一个实际数据库行。

### 24.2.7.1. 声明

一个 RECORD 类型的变量可以用于不同的选取。当记录中没有实际行时访问记录或试图给记录字段赋值都会导致运行时错误。它们可以这样声明：

```
name RECORD;
```

### 24.2.7.2. 赋值

把一个完整的选取赋给记录或行可以这样完成：

```
SELECT INTO target expressions FROM ...;
```

*target* 可以是记录、行变量，或者由变量和记录/行字段组成的逗号分隔列表。注意这与 Postgres 对 SELECT INTO 的通常解释——INTO 的目标是一张新创建的表——完全不同。（如果你想在 PL/pgSQL 函数内部从 SELECT 结果创建表，使用等价语法 `CREATE TABLE AS SELECT`。）

如果用一行或一个变量列表作为目标，所选中的值必须与目标的结构完全匹配，否则会发生运行时错误。FROM 关键字后面可以跟 SELECT 语句允许的任何有效的限定条件、分组、排序等。

一旦一个记录或行被赋给了 RECORD 变量，你就可以用 "."（点号）记法访问该记录中的字段：

```
DECLARE
```

```
 users_rec RECORD;
 full_name varchar;
BEGIN
 SELECT INTO users_rec * FROM users WHERE user_id=3;

 full_name := users_rec.first_name || ' ' || users_rec.last_
name;
```

有一个名为 FOUND 的boolean类型特殊变量，可以在 SELECT INTO 之后立即使用它来检查赋值是否成功。

```
SELECT INTO myrec * FROM EMP WHERE empname = myname;
IF NOT FOUND THEN
 RAISE EXCEPTION 'employee % not found', myname;
END IF;
```

你也可以用 IS NULL (或 ISNULL) 条件来测试 RECORD/ROW 是否为 NULL。如果选取返回多行，只有第一行会被移入目标字段。其余的行都会被无声地丢弃。

```
DECLARE
 users_rec RECORD;
 full_name varchar;
BEGIN
 SELECT INTO users_rec * FROM users WHERE user_id=3;

 IF users_rec.homepage IS NULL THEN
 -- user entered no homepage, return "http://"

 return 'http://';
 END IF;
END;
```

### 24.2.7.3. 在记录上迭代

使用一种特殊类型的 FOR 循环，你可以遍历一个查询的结果并相应地操纵这些数据。语法如下：

```
[<<label>>]
FOR record | row IN select_clause LOOP
 statements
END LOOP;
```

记录或行会被赋以 select 子句产生的所有行，并且循环体对每一行都执行。下面是一个例子：

```
create function cs_refresh_mviews () returns integer as '
DECLARE
 mviews RECORD;

 -- Instead, if you did:
 -- mviews cs_materialized_views%ROWTYPE;
 -- this record would ONLY be usable for the cs_materialized_
views table

BEGIN
 PERFORM cs_log('Refreshing materialized views...');

 FOR mviews IN SELECT * FROM cs_materialized_views ORDER BY
sort_key LOOP
```

```

-- Now "mviews" has one record from cs_materialized_views

PERFORM cs_log('Refreshing materialized view ' || mview.
mv_name || '...');
TRUNCATE TABLE mview.mv_name;
INSERT INTO mview.mv_name || ' ' || mview.mv_query;
END LOOP;

PERFORM cs_log('Done refreshing materialized views.');
```

return 1;

end;

' language 'plpgsql';

如果循环被 EXIT 语句终止，最后赋值的行在循环之后仍然可以访问。

FOR-IN EXECUTE 语句是在记录上迭代的另一种方式：

```

[<<label>>]
FOR record | row IN EXECUTE text_expression LOOP
 statements
END LOOP;
```

它与前一种形式类似，区别在于源 SELECT 语句被指定为一个字符串表达式，该表达式在每次进入 FOR 循环时被求值并重新制定计划。这样程序员就可以像使用普通 EXECUTE 语句那样，在预计划查询的速度和动态查询的灵活性之间做出选择。

## 24.2.8. 中止与消息

使用 RAISE 语句把消息抛进Postgres 的 elog 机制。

```
RAISE level 'format' [, identifier [...]];
```

在格式中，%用作后续逗号分隔标识符的占位符。可用的级别有 DEBUG（在生产运行的数据库中被无声地抑制）、NOTICE（写进数据库日志并转发给客户端应用）和 EXCEPTION（写进数据库日志并中止事务）。

```
RAISE NOTICE 'Id number ' || key || ' not found!';
RAISE NOTICE 'Calling cs_create_job(%)',v_job_id;
```

在最后这个例子中，v\_job\_id 会替换字符串中的 %。

```
RAISE EXCEPTION 'Inexistent ID --> %',user_id;
```

这会中止事务并写入数据库日志。

## 24.2.9. 异常

Postgres没有一个非常聪明的异常处理模型。每当解析器、规划器/优化器或执行器判定一条语句无法再继续处理时，整个事务都会被中止，系统跳回主循环去从客户端应用获取下一条查询。

可以钩进错误机制来注意到这种情况的发生。但目前无法判断究竟是什么导致了中止（输入/输出转换错误、浮点错误、解析错误）。而且此时数据库后端可能处于不一致状态，因此返回上层执行器或发出更多命令可能会损坏整个数据库。即便可以，此时事务已中止的信息已经发送给了客户端应用，恢复操作没有任何意义。

因此，当 PL/pgSQL 在函数或触发器过程执行期间遇到中止时，它目前唯一会做的事情就是写一些额外的 DEBUG 级别日志消息，指出这件事发生在哪个函数中以及在哪里（行号和语句类型）。

## 24.3. 触发器过程

PL/pgSQL 可以用来定义触发器过程。它们用通常的 `CREATE FUNCTION` 命令创建，是一个没有参数、返回类型为 `OPAQUE` 的函数。

用作触发器过程的函数有一些 Postgres 特有的细节。

首先它们的顶层块声明部分中会自动创建一些特殊变量。它们是

`NEW`

数据类型 `RECORD`；在行级触发器中保存 `INSERT/UPDATE` 操作的新数据库行的变量。

`OLD`

数据类型 `RECORD`；在行级触发器中保存 `UPDATE/DELETE` 操作的旧数据库行的变量。

`TG_NAME`

数据类型 `name`；包含实际被触发的触发器名字的变量。

`TG_WHEN`

数据类型 `text`；依据触发器定义而是 `BEFORE` 或 `AFTER` 之一的字符串。

`TG_LEVEL`

数据类型 `text`；依据触发器定义而是 `ROW` 或 `STATEMENT` 之一的字符串。

`TG_OP`

数据类型 `text`；`INSERT`、`UPDATE` 或 `DELETE` 之一的字符串，指出触发器实际是为哪个操作而触发。

`TG_RELID`

数据类型 `oid`；导致触发器调用的表的对象 ID。

`TG_RELNAME`

数据类型 `name`；导致触发器调用的表的名字。

`TG_NARGS`

数据类型 `integer`；`CREATE TRIGGER` 语句中给触发器过程的参数个数。

`TG_ARGV[]`

`text` 类型的数组；来自 `CREATE TRIGGER` 语句的参数。索引从 0 开始计数并且可以用表达式给出。无效的索引 (`< 0` 或 `>= tg_nargs`) 得到 `NULL` 值。

其次它们必须返回 `NULL`，或者返回一个恰好包含触发该触发器的表的结构记录/行。`AFTER` 触发器总是返回 `NULL` 值也没有影响。`BEFORE` 触发器返回 `NULL` 时会通知触发器管理器跳过对这一实际行的操作。否则，返回的记录/行会在操作中替换被插入/更新的行。可以直接在 `NEW` 中替换单个值然后返回它，也可以构造一个完整的新记录/行来返回。

### 例 24.1. 一个 PL/pgSQL 触发器过程示例

这个触发器保证，每当表中有行被插入或更新时，当前的用户名和时间都会被盖章到该行中。而且它还保证给出了员工的名字并且薪水是一个正值。

```
CREATE TABLE emp (
 empname text,
```

```

 salary integer,
 last_date timestamp,
 last_user text
);

CREATE FUNCTION emp_stamp () RETURNS OPAQUE AS '
BEGIN
 -- Check that empname and salary are given
 IF NEW.empname ISNULL THEN
 RAISE EXCEPTION 'empname cannot be NULL value';
 END IF;
 IF NEW.salary ISNULL THEN
 RAISE EXCEPTION '% cannot have NULL salary', NEW.
empname;
 END IF;

 -- Who works for us when she must pay for?
 IF NEW.salary < 0 THEN
 RAISE EXCEPTION '% cannot have a negative salary',
NEW.empname;
 END IF;

 -- Remember who changed the payroll when
 NEW.last_date := 'now';
 NEW.last_user := current_user;
 RETURN NEW;
END;
' LANGUAGE 'plpgsql';

CREATE TRIGGER emp_stamp BEFORE INSERT OR UPDATE ON emp
FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE emp_stamp();

```

## 24.4. 示例

这里只有几个函数用来展示编写 PL/pgSQL 函数有多么容易。想要更复杂的例子，程序员可以去看 PL/pgSQL 的回归测试。

用 PL/pgSQL 编写函数的一个痛苦细节是单引号的处理。CREATE FUNCTION 中函数的源文本必须是一个字面量字符串。字面量字符串内部的单引号必须加倍或者用反斜线引用。我们仍在寻找优雅的替代方案。在此期间，应当像下面的例子那样把单引号加倍。Postgres 未来版本中对这一问题的任何解决方案都将是向前兼容的。

有关在不同情况下如何转义单引号的详细解释和例子，请参阅第 24.5.1.1 节。

### 例 24.2. 一个让整数加一的简单 PL/pgSQL 函数

下面两个 PL/pgSQL 函数与 C 语言函数讨论中的对应函数完全相同。这个函数接收一个 integer 并让它加一，返回加一后的值。

```

CREATE FUNCTION add_one (integer) RETURNS integer AS '
BEGIN
 RETURN $1 + 1;
END;
' LANGUAGE 'plpgsql';

```

### 例 24.3. 一个连接文本的简单 PL/pgSQL 函数

这个函数接收两个 text 参数并返回它们连接后的结果。

```
CREATE FUNCTION concat_text (text, text) RETURNS text AS '
BEGIN
 RETURN $1 || $2;
END;
' LANGUAGE 'plpgsql';
```

### 例 24.4. 一个操作复合类型的 PL/pgSQL 函数

在这个例子中，我们把 EMP（一张表）和一个 integer 作为函数的参数，函数返回一个 boolean。如果 EMP 表的"salary"字段为 NULL，我们返回"f"。否则我们拿该字段与传给函数的 integer 比较，并返回比较的 boolean 结果（t 或 f）。这是 C 函数中那个例子在 PL/pgSQL 中的等价物。

```
CREATE FUNCTION c_overpaid (EMP, integer) RETURNS boolean AS '
DECLARE
 emprec ALIAS FOR $1;
 sallim ALIAS FOR $2;
BEGIN
 IF emprec.salary ISNULL THEN
 RETURN 'f';
 END IF;
 RETURN emprec.salary > sallim;
END;
' LANGUAGE 'plpgsql';
```

## 24.5. 从 Oracle PL/SQL 移植

Roberto Mello <rmello@fslc.usu.edu>

除引用自其他来源的部分外，本文档以 BSD 许可发布。

### 作者

Roberto Mello (<rmello@fslc.usu.edu>)

本节解释 Oracle 的 PL/SQL 与 PostgreSQL 的 PL/pgSQL 语言之间的差异，希望能帮助开发者把应用从 Oracle 移植到 PostgreSQL。这里的多数代码来自 ArsDigita<sup>1</sup> 的 Clickstream 模块<sup>2</sup>，那是在 2000 年夏到 OpenForce Inc.<sup>3</sup> 实习时移植到 PostgreSQL 的。

PL/pgSQL 在许多方面与 PL/SQL 相似。它是一种块结构的命令式语言（所有变量都必须声明）。PL/SQL 比它在 PostgreSQL 中的对应物拥有多得多的特性，但 PL/pgSQL 提供了大量的功能，而且它在不断改进。

### 24.5.1. 主要差异

从 Oracle 移植到 PostgreSQL 时应当记住的一些事情：

- PostgreSQL 没有默认参数。
- 在 PostgreSQL 中可以重载函数。这常被用来变通解决缺少默认参数的问题。
- 赋值、循环和条件语句是相似的。
- PostgreSQL 中不需要游标，只要把查询放进 FOR 语句即可（见下面的例子）

<sup>1</sup><http://www.arsdigita.com>

<sup>2</sup><http://www.arsdigita.com/asj/clickstream>

<sup>3</sup><http://www.openforce.net>

- 在 PostgreSQL 中你需要转义单引号。参见第 24.5.1.1 节。

### 24.5.1.1. 转义单引号

在 PostgreSQL 中，你需要转义函数定义内部的单引号。这有时会导致相当有趣的代码，尤其是当你在创建一个会生成其他函数的函数时，就像例 24.6 中那样。在转义大量单引号时要记住的一点是：除开头/结尾的引号外，其余引号都会成对出现。

表 24.1 给出了全部诀窍。（你会爱上这张小表的。）

**表 24.1. 单引号转义表**

| 引号数 | 用途                                                                                     | 示例                                                                                                                                                                                                                                                  | 结果                                                            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1   | 开始/结束函数体                                                                               | CREATE FUNCTION<br>foo() RETURNS<br>INTEGER AS '...'<br>LANGUAGE 'plpgsql';                                                                                                                                                                         | 原样                                                            |
| 2   | 在赋值、SELECT 中定义字符串等                                                                     | a_output :=<br>'Blah';<br>SELECT * FROM<br>users WHERE f_<br>name='foobar';                                                                                                                                                                         | SELECT * FROM<br>users WHERE f_<br>name='foobar';             |
| 4   | 当你需要在结果字符串中出现两个单引号而又不终止该字符串时。                                                          | a_output := a_<br>output    ' ' AND<br>name<br>LIKE<br>''''foobar''''<br>AND ...'                                                                                                                                                                   | AND name LIKE<br>'foobar' AND ...                             |
| 6   | 当你想在结果字符串中出现两个单引号并且终止该字符串时。                                                            | a_output := a_<br>output    ' ' AND<br>name<br>LIKE<br>''''foobar''''                                                                                                                                                                               | AND name LIKE<br>'foobar'                                     |
| 10  | 当你想在结果字符串中出现两个单引号（这需要 8 个引号）并且终止该字符串（再需要 2 个）时。只有在你用一个函数生成其他函数时才可能需要这样做（就像例 24.6 中那样）。 | a_output := a_<br>output    ' ' if<br>v_' '   <br>referrer_<br>keys.kind    ' '<br>like ''''''''''<br>   referrer_<br>keys.key_string  <br>  ''''''''''<br>then return<br>''''''   <br>referrer_keys.<br>referrer_type<br>   ''''''';<br>end if;''; | if v_<...> like<br>'<...>' then<br>return '<...>';<br>end if; |

### 24.5.2. 移植函数

#### 例 24.5. 一个简单的函数

下面是一个 Oracle 函数：

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION cs_fmt_browser_version(v_name IN
 varchar, v_version IN varchar)
RETURN varchar IS
BEGIN
```



```

 IF v_version IS NULL THEN
 RETURN v_name;
 END IF;
 RETURN v_name || '/' || v_version;
END;
/
SHOW ERRORS;

```

让我们过一遍这个函数，看看它与 PL/pgSQL 的差异：

- 不允许使用 `OR REPLACE` 子句。要达到类似的效果，你必须在创建函数之前显式地删除它。
- PostgreSQL 没有命名参数。你必须在函数内部显式地为它们声明别名。
- Oracle 的函数可以有 `IN`、`OUT` 和 `INOUT` 参数。例如 `INOUT` 意味着该参数接收一个值并返回另一个值。PostgreSQL 只有 “`IN`” 参数，而且函数只能返回单个值。
- 函数原型（而非函数体）中的 `RETURN` 关键字在 PostgreSQL 中变成 `RETURNS`。
- 在 PostgreSQL 中，创建函数使用单引号作为定界符，因此你必须转义函数内部的单引号（这有时会相当令人厌烦；参见第 24.5.1.1 节）。
- `/show errors` 命令在 PostgreSQL 中不存在。

那么让我们看看这个函数移植到 PostgreSQL 之后是什么样子：

```

DROP FUNCTION cs_fmt_browser_version(varchar, varchar);
CREATE FUNCTION cs_fmt_browser_version(varchar, varchar)
RETURNS varchar AS '
DECLARE
 v_name ALIAS FOR $1;
 v_version ALIAS FOR $2;
BEGIN
 IF v_version IS NULL THEN
 return v_name;
 END IF;
 RETURN v_name || '/' || v_version;
END;
' LANGUAGE 'plpgsql';

```

## 例 24.6. 一个创建另一个函数的函数

下面的过程从一条 `SELECT` 语句抓取行，并为了效率把结果构建成带 `IF` 语句的一个大函数。请特别注意游标、`FOR` 循环的差异，以及在 PostgreSQL 中转义单引号的必要性。

```

create or replace procedure cs_update_referrer_type_proc is
 cursor referrer_keys is
 select * from cs_referrer_keys
 order by try_order;

 a_output varchar(4000);
begin
 a_output := 'create or replace function cs_find_referrer_type(
v_host IN varchar, v_domain IN varchar,
v_url IN varchar) return varchar is begin';

 for referrer_key in referrer_keys loop
 a_output := a_output || ' if v_' || referrer_key.kind || '
like ''' ||

```

```

referrer_key.key_string || '' then return '' || referrer_key.
referrer_type ||
''; end if;';
 end loop;

 a_output := a_output || ' return null; end;';
 execute immediate a_output;
end;
/
show errors

```

下面是这个函数在 PostgreSQL 中最终的样子:

```

CREATE FUNCTION cs_update_referrer_type_proc() RETURNS integer AS '
DECLARE
 referrer_keys RECORD; -- Declare a generic record to be used
 in a FOR
 a_output varchar(4000);
BEGIN
 a_output := 'CREATE FUNCTION cs_find_referrer_type(varchar,
varchar,varchar)
 RETURNS varchar AS '''
 DECLARE
 v_host ALIAS FOR $1;
 v_domain ALIAS FOR $2;
 v_url ALIAS FOR $3; ''
 --
 -- Notice how we scan through the results of a query in a FOR
loop
 -- using the FOR <record> construct.
 --

 FOR referrer_keys IN select * from cs_referrer_keys order by
try_order LOOP
 a_output := a_output || ' if v_' || referrer_keys.kind ||
'' like '
 || referrer_keys.key_string || ' then
return '
 || referrer_keys.referrer_type || '''; end if;
'';
 END LOOP;

 a_output := a_output || ' return null; end; ''' language
'''plpgsql''';

 -- This works because we are not substituting any variables
 -- Otherwise it would fail. Look at PERFORM for another way to
run functions

 EXECUTE a_output;
end;
' LANGUAGE 'plpgsql';

```

## 例 24.7. 一个带大量字符串操作和 OUT 参数的过程

下面的 Oracle PL/SQL 过程用于解析 URL 并返回若干元素 (主机、路径和查询)。它是一个过程, 因为在 PL/pgSQL 中函数只能返回一个值 (参见第 24.5.3 节)。在 Postgre

SQL 中，绕开这个问题的一种办法是把该过程拆成三个不同的函数：一个返回主机，一个返回路径，另一个返回查询。

```
create or replace procedure cs_parse_url(
 v_url IN varchar,
 v_host OUT varchar, -- This will be passed back
 v_path OUT varchar, -- This one too
 v_query OUT varchar) -- And this one
is
 a_pos1 integer;
 a_pos2 integer;
begin
 v_host := NULL;
 v_path := NULL;
 v_query := NULL;
 a_pos1 := instr(v_url, '//'); -- PostgreSQL doesn't have an
instr function

 if a_pos1 = 0 then
 return;
 end if;
 a_pos2 := instr(v_url, '/', a_pos1 + 2);
 if a_pos2 = 0 then
 v_host := substr(v_url, a_pos1 + 2);
 v_path := '/';
 return;
 end if;

 v_host := substr(v_url, a_pos1 + 2, a_pos2 - a_pos1 - 2);
 a_pos1 := instr(v_url, '?', a_pos2 + 1);

 if a_pos1 = 0 then
 v_path := substr(v_url, a_pos2);
 return;
 end if;

 v_path := substr(v_url, a_pos2, a_pos1 - a_pos2);
 v_query := substr(v_url, a_pos1 + 1);
end;
/
show errors;
```

下面是这个过程可以怎样为 PostgreSQL 改写：

```
drop function cs_parse_url_host(varchar);
create function cs_parse_url_host(varchar) returns varchar as '
declare
 v_url ALIAS FOR $1;
 v_host varchar;
 v_path varchar;
 a_pos1 integer;
 a_pos2 integer;
 a_pos3 integer;
begin
 v_host := NULL;
 a_pos1 := instr(v_url, '//');

 if a_pos1 = 0 then
 return ''; -- Return a blank
```

```

end if;

a_pos2 := instr(v_url, '/', a_pos1 + 2);
if a_pos2 = 0 then
 v_host := substr(v_url, a_pos1 + 2);
 v_path := '/';
 return v_host;
end if;

v_host := substr(v_url, a_pos1 + 2, a_pos2 - a_pos1 - 2);
return v_host;
end;
' language 'plpgsql';

```

### 注意

PostgreSQL 没有 `instr` 函数，因此你可以用其他函数的组合来变通。我厌倦了这样做，于是创建了自己的 `instr` 函数，其行为与 Oracle 的完全一致（这让生活更轻松）。代码见第 24.5.6 节。

## 24.5.3. 过程

Oracle 的过程给开发者多了一点灵活性，因为不需要显式返回任何东西，但也可以通过 INOUT 或 OUT 参数返回。

一个例子：

```

create or replace procedure cs_create_job(v_job_id in integer)
is
 a_running_job_count integer;
 pragma autonomous_transaction;1
begin
 lock table cs_jobs in exclusive mode;2

 select count(*) into a_running_job_count from cs_jobs
 where end_stamp is null;

 if a_running_job_count > 0 then
 commit; -- free lock3
 raise_application_error(-20000, 'Unable to create a new
job: a job is currently running.');
 end if;

 delete from cs_active_job;
 insert into cs_active_job(job_id) values(v_job_id);

 begin
 insert into cs_jobs(job_id, start_stamp) values(v_job_id,
sysdate);
 exception when dup_val_on_index then null; -- don't worry
if it already exists4
 end;
 commit;
end;
/

```

```
show errors
```

这样的过程可以很容易地转换成返回 `INTEGER` 的 PostgreSQL 函数。这个特定的过程很有意思，因为它能教给我们一些东西：

- ❶ PostgreSQL 没有 `pragma` 语句。
- ❷ 如果你在 PL/pgSQL 中执行 `LOCK TABLE`，该锁在调用事务结束之前不会被释放。
- ❸ 你也不能在 PL/pgSQL 过程中使用事务。整个函数（以及从中调用的其他函数）在一个事务中执行，如果出了问题 PostgreSQL 会回滚结果。因此只允许一个 `BEGIN` 语句。
- ❹ `exception when` 必须被替换成一个 `IF` 语句。

那么让我们看看把这个过程移植到 PL/pgSQL 的一种做法：

```
drop function cs_create_job(integer);
create function cs_create_job(integer) returns integer as ' declare
 v_job_id alias for $1;
 a_running_job_count integer;
 a_num integer;
 -- pragma autonomous_transaction;
begin
 lock table cs_jobs in exclusive mode;
 select count(*) into a_running_job_count from cs_jobs where
end_stamp is null;

 if a_running_job_count > 0 then
 -- commit; -- free lock
 raise exception 'Unable to create a new job: a job is
currently running.';
 end if;

 delete from cs_active_job;
 insert into cs_active_job(job_id) values(v_job_id);

 SELECT count(*) into a_num FROM cs_jobs WHERE job_id=v_job_id;
 IF NOT FOUND THEN -- If nothing was returned in the last query
 -- This job is not in the table so lets insert it.
 insert into cs_jobs(job_id, start_stamp) values(v_job_id,
sysdate());
 return 1;
 ELSE
 raise NOTICE 'Job already running.';❶
 END IF;

 return 0;
end;
' language 'plpgsql';
```

- ❶ Notice how you can raise notices (or errors) in PL/pgSQL.

## 24.5.4. 包

### 注意

我自己没有怎么用过包，所以如果这里有错误，请告诉我。

包是 Oracle 提供的一种把 PL/SQL 语句和函数封装到一个实体中的手段，就像 Java 的类一样，你在其中定义方法和对象。你可以用“.”（点号）访问这些对象/方法。下面是 ACS 4 (ArsDigita Community System<sup>4</sup>) 中一个 Oracle 包的例子：

```
create or replace package body acs
as
 function add_user (
 user_id in users.user_id%TYPE default null,
 object_type in acs_objects.object_type%TYPE
 default 'user',
 creation_date in acs_objects.creation_date%TYPE
 default sysdate,
 creation_user in acs_objects.creation_user%TYPE
 default null,
 creation_ip in acs_objects.creation_ip%TYPE default null,
 ...
) return users.user_id%TYPE
is
 v_user_id users.user_id%TYPE;
 v_rel_id membership_rels.rel_id%TYPE;
begin
 v_user_id := acs_user.new (user_id, object_type, creation_date,
 creation_user, creation_ip, email,
 ...
 return v_user_id;
end;
end acs;
/
show errors
```

我们把 Oracle 包的各个对象以标准命名约定创建为函数，从而把它移植到 PostgreSQL。我们还必须注意其他一些细节，比如 PostgreSQL 函数缺少默认参数。上面的包会变成类似这样：

```
CREATE FUNCTION acs__add_user(integer,integer,varchar,datetime,
integer,integer,...)
RETURNS integer AS '
DECLARE
 user_id ALIAS FOR $1;
 object_type ALIAS FOR $2;
 creation_date ALIAS FOR $3;
 creation_user ALIAS FOR $4;
 creation_ip ALIAS FOR $5;
 ...
 v_user_id users.user_id%TYPE;
 v_rel_id membership_rels.rel_id%TYPE;
BEGIN
 v_user_id := acs_user__new(user_id,object_type,creation_date,
creation_user,creation_ip, ...);
 ...

 return v_user_id;
END;
' LANGUAGE 'plpgsql';
```

<sup>4</sup><http://www.arsdigita.com/doc/>

## 24.5.5. 其他需要注意的事项

### 24.5.5.1. EXECUTE

PostgreSQL 版本的EXECUTE工作得很好，但你必须记住按照第 24.2.5.3 节中的说明使用`quote_literal(TEXT)`和`quote_string(TEXT)`。像`EXECUTE 'SELECT * from $1'`；这类构造如果不使用这些函数就无法工作。

### 24.5.5.2. 优化 PL/pgSQL 函数

PostgreSQL 提供了两个函数创建修饰符来优化执行：`iscachable`（给定相同参数时函数总是返回相同结果）和`isstrict`（任一参数为 `NULL` 时函数返回 `NULL`）。细节请查阅`CREATE FUNCTION`参考。

要使用这些优化属性，你必须在`CREATE FUNCTION`语句中使用`WITH`修饰符。类似这样：

```
CREATE FUNCTION foo(...) RETURNS integer AS '
...
' LANGUAGE 'plpgsql'
WITH (isstrict, iscacheable);
```

## 24.5.6. 附录

### 24.5.6.1. 我的instr函数的代码

```
--
-- instr functions that mimic Oracle's counterpart
-- Syntax: instr(string1,string2,[n],[m]) where [] denotes optional
-- params.
--
-- Searches string1 beginning at the nth character for the mth
-- occurrence of string2. If n is negative, search backwards. If m
-- is
-- not passed, assume 1 (search starts at first character).
--
-- by Roberto Mello (rmello@fslc.usu.edu)
-- modified by Robert Gaszewski (graszew@poland.com)
-- Licensed under the GPL v2 or later.
--

DROP FUNCTION instr(varchar,varchar);
CREATE FUNCTION instr(varchar,varchar) RETURNS integer AS '
DECLARE
 pos integer;
BEGIN
 pos:= instr($1,$2,1);
 RETURN pos;
END;
' language 'plpgsql';

DROP FUNCTION instr(varchar,varchar,integer);
CREATE FUNCTION instr(varchar,varchar,integer) RETURNS integer AS '
DECLARE
 string ALIAS FOR $1;
 string_to_search ALIAS FOR $2;
 beg_index ALIAS FOR $3;
 pos integer NOT NULL DEFAULT 0;
```

```
temp_str varchar;
beg integer;
length integer;
ss_length integer;
BEGIN
 IF beg_index > 0 THEN

 temp_str := substring(string FROM beg_index);
 pos := position(string_to_search IN temp_str);

 IF pos = 0 THEN
 RETURN 0;
 ELSE
 RETURN pos + beg_index - 1;
 END IF;
 ELSE
 ss_length := char_length(string_to_search);
 length := char_length(string);
 beg := length + beg_index - ss_length + 2;

 WHILE beg > 0 LOOP

 temp_str := substring(string FROM beg FOR ss_length);
 pos := position(string_to_search IN temp_str);

 IF pos > 0 THEN
 RETURN beg;
 END IF;

 beg := beg - 1;
 END LOOP;
 RETURN 0;
 END IF;
END;
' language 'plpgsql';

--
-- Written by Robert Gaszewski (graszew@poland.com)
-- Licensed under the GPL v2 or later.
--
DROP FUNCTION instr(varchar,varchar,integer,integer);
CREATE FUNCTION instr(varchar,varchar,integer,integer) RETURNS
integer AS '
DECLARE
 string ALIAS FOR $1;
 string_to_search ALIAS FOR $2;
 beg_index ALIAS FOR $3;
 occur_index ALIAS FOR $4;
 pos integer NOT NULL DEFAULT 0;
 occur_number integer NOT NULL DEFAULT 0;
 temp_str varchar;
 beg integer;
 i integer;
 length integer;
 ss_length integer;
BEGIN
 IF beg_index > 0 THEN
 beg := beg_index;
```



```
temp_str := substring(string FROM beg_index);

FOR i IN 1..occur_index LOOP
 pos := position(string_to_search IN temp_str);

 IF i = 1 THEN
 beg := beg + pos - 1;
 ELSE
 beg := beg + pos;
 END IF;

 temp_str := substring(string FROM beg + 1);
END LOOP;

IF pos = 0 THEN
 RETURN 0;
ELSE
 RETURN beg;
END IF;
ELSE
 ss_length := char_length(string_to_search);
 length := char_length(string);
 beg := length + beg_index - ss_length + 2;

 WHILE beg > 0 LOOP
 temp_str := substring(string FROM beg FOR ss_length);
 pos := position(string_to_search IN temp_str);

 IF pos > 0 THEN
 occur_number := occur_number + 1;

 IF occur_number = occur_index THEN
 RETURN beg;
 END IF;
 END IF;

 beg := beg - 1;
 END LOOP;

 RETURN 0;
END IF;
END;
' language 'plpgsql';
```

---

# 第 25 章 PL/Tcl - TCL 过程语言

PL/Tcl 是 Postgres 数据库系统的一种可加载过程语言，可以使用 Tcl 语言创建函数和触发器过程。

本包最初由 Jan Wieck 编写。

## 25.1. 概述

除某些限制外，PL/Tcl 提供了函数编写者在 C 语言中所具备的大部分能力。

一个良性的限制是，所有内容都在一个安全的 Tcl 解释器中执行。除了安全 Tcl 受限的命令集之外，只提供了少数通过 SPI 访问数据库以及通过 `elog()` 发出消息的命令。没有办法访问数据库后端的内部，也无法像 C 函数那样在 Postgres 用户 ID 的权限下获得操作系统级访问。因此，任何非特权数据库用户都可以被允许使用这种语言。

另一个实现上的限制是，Tcl 过程不能用来为新数据类型创建输入/输出函数。

有时需要编写不受安全 Tcl 限制的 Tcl 函数——例如，可能希望某个 Tcl 函数能够发送邮件。为处理这类情况，有一个叫做 PL/TclU 的变体（表示不受信任的 Tcl）。除了使用完整的 Tcl 解释器之外，它与前者是完全相同的语言。如果使用 PL/TclU，就必须把它安装为一种不受信任的过程语言，这样就只有数据库超级用户才能在其中创建函数。PL/TclU 函数的编写者必须注意确保该函数不会被用来做任何不希望发生的事情，因为它能够执行任何以数据库管理员身份登录的用户所能做的事情。

如果在安装过程的配置步骤中指定了 Tcl/Tk 支持，则 PL/Tcl 和 PL/TclU 调用处理器的共享对象代码会自动构建并安装到 Postgres 的库目录中。要在某个特定数据库中安装 PL/Tcl 和/或 PL/TclU，请使用 `createlang` 脚本。

## 25.2. 描述

### 25.2.1. Postgres 函数与 Tcl 过程名

在 Postgres 中，只要参数个数或参数类型不同，就可以复用同一个函数名。这会与 Tcl 过程名冲突。为了在 PL/Tcl 中提供同样的灵活性，内部 Tcl 过程名中包含该过程的 `pg_proc` 行的对象 ID 作为其名称的一部分。因此，同一个 Postgres 函数的不同参数类型版本对 Tcl 来说也是不同的。

### 25.2.2. 在 PL/Tcl 中定义函数

要用 PL/Tcl 语言创建函数，可使用标准语法

```
CREATE FUNCTION funcname (argument-types) RETURNS return-type AS '
 # PL/Tcl function body
' LANGUAGE 'pltcl';
```

调用函数时，参数以变量 `$1 ... $n` 的形式提供给 Tcl 过程体。结果由 Tcl 代码按通常方式用 `return` 语句返回。例如，一个返回两个 `int4` 值中较大值的函数可以定义为：

```
CREATE FUNCTION tcl_max (int4, int4) RETURNS int4 AS '
 if {$1 > $2} {return $1}
 return $2
' LANGUAGE 'pltcl';
```

要从 PL/Tcl 函数返回 NULL 值，请执行 `return_null`。

复合类型参数会作为 Tcl 数组提供给过程。数组中的元素名就是该复合类型的属性名。如果实际行中的某个属性为 NULL，它就不会出现在数组中！下面是一个在 PL/Tcl 中定义 `overpaid_2` 函数（见旧版 Postgres 文档）的例子

```
CREATE FUNCTION overpaid_2 (EMP) RETURNS bool AS '
 if {200000.0 < $1(salary)} {
 return "t"
 }
 if {$1(age) < 30 && 100000.0 < $1(salary)} {
 return "t"
 }
 return "f"
' LANGUAGE 'pltcl';
```

### 25.2.3. PL/Tcl 中的全局数据

有时（尤其是在使用稍后描述的 SPI 函数时）需要在两次过程调用之间保留某些全局状态数据。这很容易做到，因为同一后端中执行的所有 PL/Tcl 过程共享同一个安全的 Tcl 解释器。

为帮助防止 PL/Tcl 过程产生不希望的副作用，每个过程都可通过 `upvar` 命令访问一个数组。该变量的全局名称是过程的内部名称，局部名称是 GD。建议把 GD 用于保存过程的私有状态数据。只有当你明确希望某些值在多个过程之间共享时，才应使用常规的 Tcl 全局变量。

### 25.2.4. PL/Tcl 中的触发器过程

在 Postgres 中，触发器过程定义为无参数、返回类型为 `opaque` 的函数。在 PL/Tcl 语言中也是如此。

来自触发器管理器的信息通过下列变量提供给过程体：

`$TG_name`

CREATE TRIGGER 语句中触发器的名称。

`$TG_relid`

导致触发器过程被调用的表的对象 ID。

`$TG_relatts`

表字段名构成的 Tcl 列表，前面带有一个空列表元素。因此，用 Tcl 的 `lsearch` 命令在列表中查找元素名时，返回的正编号与 `pg_attribute` 系统目录中字段的编号一样从 1 开始。

`$TG_when`

字符串 BEFORE 或 AFTER，取决于触发器调用的事件。

`$TG_level`

字符串 ROW 或 STATEMENT，取决于触发器调用的事件。

`$TG_op`

字符串 INSERT、UPDATE 或 DELETE，取决于触发器调用的事件。

`$NEW`

一个包含新表行值的数组，用于 INSERT/UPDATE 动作；对于 DELETE 则为空。

*\$OLD*

一个包含旧表行值的数组，用于 UPDATE/DELETE 动作；对于 INSERT 则为空。

*\$GD*

上文所述的全局状态数据数组。

*\$args*

一个 Tcl 列表，包含 CREATE TRIGGER 语句中给出的过程参数。这些参数也可以在过程体中以 \$1 ... \$n 的形式访问。

触发器过程的返回值是字符串 OK 或 SKIP 之一，或者是由 'array get' Tcl 命令返回的列表。如果返回值为 OK，触发该触发器的正常操作（INSERT/UPDATE/DELETE）将会发生。显然，SKIP 告诉触发器管理器静默地取消该操作。'array get' 返回的列表告诉 PL/Tcl 向触发器管理器返回一个修改后的行，用该行代替 \$NEW 中给出的行被插入（仅限 INSERT/UPDATE）。不用说，所有这些只在触发器是 BEFORE 且为 FOR EACH ROW 时才有意义。

下面是一个简单的触发器过程示例，它强制用表中的一个整数值记录对该行执行的更新次数。对于新插入的行，该值被初始化为 0，之后每次更新操作都将其递增：

```
CREATE FUNCTION trigfunc_modcount() RETURNS OPAQUE AS '
 switch $TG_op {
 INSERT {
 set NEW($1) 0
 }
 UPDATE {
 set NEW($1) $OLD($1)
 incr NEW($1)
 }
 default {
 return OK
 }
 }
 return [array get NEW]
' LANGUAGE 'pltcl';

CREATE TABLE mytab (num int4, modcnt int4, description text);

CREATE TRIGGER trig_mytab_modcount BEFORE INSERT OR UPDATE ON mytab
FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE trigfunc_modcount('modcnt');
```

## 25.2.5. 从 PL/Tcl 访问数据库

在 PL/Tcl 过程体中可以使用下列命令来访问数据库：

*elog level msg*

发出一条日志消息。可用级别有 NOTICE、ERROR、FATAL、DEBUG 和 NOIND，与 elog C 函数相同。

*quote string*

将字符串中所有出现的单引号和反斜杠字符都加倍。在给 spi\_exec 或 spi\_prepare 的查询字符串中使用变量时应使用它（spi\_execp 的值列表不需要）。设想类似下面的查询字符串

```
"SELECT '$val' AS ret"
```

其中 Tcl 变量 val 实际包含 "doesn't"。这将得到最终的查询字符串

```
"SELECT 'doesn't' AS ret"
```

这会在 spi\_exec 或 spi\_prepare 期间导致解析错误。它应当包含

```
"SELECT 'doesn''t' AS ret"
```

因此必须写成

```
"SELECT '[quote $val]' AS ret"
```

`spi_exec ?-count n? ?-array name? query?loop-body?`

为查询调用解析器/规划器/优化器/执行器。可选的 -count 值告诉 spi\_exec 该查询最多处理的行数。

如果查询是 SELECT 语句且给出了可选的 loop-body（一段像 foreach 语句中那样的 Tcl 命令体），则对选出的每一行求值一次，并且对 continue/break 的表现符合预期。所选字段的值被放入以列名命名的变量中。因此

```
spi_exec "SELECT count(*) AS cnt FROM pg_proc"
```

会把变量 \$cnt 设置为 pg\_proc 系统目录中的行数。如果给出了选项 -array，列值将存储在以列名为索引、名为 'name' 的关联数组中，而不是各个单独的变量中。

```
spi_exec -array C "SELECT * FROM pg_class" {
 elog DEBUG "have table ${C(relname)}"
}
```

会为 pg\_class 的每一行打印一条 DEBUG 日志消息。spi\_exec 的返回值是查询所影响的行数，如全局变量 SPI\_processed 中所示。

`spi_prepare query typelist`

预备并保存一个查询计划供后续执行。它与 C 层的 SPI\_prepare 有一点不同：该计划会被自动复制到顶层内存上下文。因此，目前没有办法预备一个计划而不保存它。

如果查询引用了参数，则必须以 Tcl 列表的形式给出类型名。spi\_prepare 的返回值是一个查询 ID，供后续调用 spi\_execp 时使用。示例见 spi\_execp。

`spi_execp ?-count n? ?-array name? ?-nulls string? queryid?value-list? ?loop-body?`

带变量替换地执行一个来自 spi\_prepare 的已预备计划。可选的 -count 值告诉 spi\_execp 该查询最多处理的行数。

-nulls 的可选值是一个由空格和 'n' 字符组成的字符串，告诉 spi\_execp 哪些值是 NULL。如果给出，它的长度必须与值的个数完全相同。

queryid 就是 spi\_prepare 调用返回的 ID。

如果调用 spi\_prepare 时给出了类型列表，那么在 spi\_execp 的 query 之后必须给出一个长度完全相同的 Tcl 值列表。如果 spi\_prepare 上的类型列表为空，则必须省略该参数。

如果查询是 SELECT 语句，则对 loop-body 和所选字段的变量，发生的情况与上文为 spi\_exec 所述的相同。

下面是一个使用已预备计划的 PL/Tcl 函数示例：

```
CREATE FUNCTION t1_count(int4, int4) RETURNS int4 AS '
 if {[info exists GD(plan)]} {
 # prepare the saved plan on the first call
 set GD(plan) [spi_prepare \<\
 "SELECT count(*) AS cnt FROM t1 WHERE num >= \<\
$1 AND num <= \<\<$2" \<\
 int4]
 }
 spi_execp -count 1 $GD(plan) [list $1 $2]
 return $cnt
' LANGUAGE 'pltcl';
```

注意，在创建函数的查询中，Tcl 应看到的每个反斜杠都必须写成双份，因为主解析器在 CREATE FUNCTION 上也会处理反斜杠。给 spi\_prepare 的查询字符串内部应当用美元符号标记参数位置，以免 \$1 被第一次函数调用时给出的值替换。

#### 模块与 unknown 命令

PL/Tcl 对常用功能有特殊的支持。它识别两张魔表 pltcl\_modules 和 pltcl\_modfuncs。如果它们存在，模块 'unknown' 会在解释器创建之后立即被装载。每当调用一个未知的 Tcl 过程时，就会要求 unknown 过程检查该过程是否定义在某个模块中。如果是，则按需装载该模块。要启用这一行为，PL/Tcl 调用处理器编译时必须设置 -DPLTCL\_UNKNOWN\_SUPPORT。

PL/Tcl 源码的 modules 子目录中有用于维护这些表的支持脚本，其中包括必须最初安装的 unknown 模块的源码。

---

## 第 26 章 PL/Perl - Perl 过程语言

PL/Perl 允许你用 Perl 编程语言编写函数，这些函数可以像 Postgres 内置的函数一样在 SQL 查询中使用。

PL/Perl 解释器是一个完整的 Perl 解释器。但为了维护系统的安全，某些操作已被禁用。一般来说，受限制的是那些与环境交互的操作。这包括文件句柄操作、`require` 和 `use`（用于外部模块）。应当注意这种安全并非绝对。事实上，几种拒绝服务攻击仍然可能——内存耗尽和无限循环是两个例子。

### 26.1. 构建和安装

如果你从源代码安装 Postgres，要构建并安装 PL/Perl，必须给 `configure` 脚本加上 `--with-perl` 选项。PL/Perl 要求安装 Perl 时 `libperl` 库被构建为共享对象。在撰写本文时，操作系统发行的 Perl 包几乎都不是这样。构建时会出现类似下面的消息来指出这一事实：

```

* Cannot build PL/Perl because libperl is not a shared library.
* Skipped.

```

因此你很可能必须手工重新构建并安装 Perl 才能构建 PL/Perl。

重新安装 Perl 后想重试构建 PL/Perl 时，切换到 Postgres 源代码树中的 `src/pl/plperl` 目录并执行命令

```
gmake clean
gmake all
gmake install
```

`createlang` 命令用来把该语言安装到一个数据库中。

```
$createlang plperl template1
```

如果把它安装到 `template1` 中，以后创建的所有数据库都会自动安装该语言。

### 26.2. 使用 PL/Perl

假设你有下面这张表：

```
CREATE TABLE EMPLOYEE (
 name text,
 basesalary integer,
 bonus integer
);
```

为了得到总薪酬（基本工资 + 奖金），我们可以像下面这样定义一个函数：

```
CREATE FUNCTION totalcomp(integer, integer) RETURNS integer
AS 'return $_[0] + $_[1]'
LANGUAGE 'plperl';
```

注意，函数的参数如预期那样通过 `@_` 传递。

现在我们可以像这样使用我们的函数：

```
SELECT name, totalcomp(basesalary, bonus) FROM employee;
```

不过，我们也可以把整个元组传给我们的函数：

```
CREATE FUNCTION empcomp(employee) RETURNS integer AS '
 my $emp = shift;
 return $emp->{'basesalary'} + $emp->{'bonus'};
' LANGUAGE 'plperl';
```

元组以哈希的引用形式传递。键是元组中字段的名字。哈希的值是元组中对应字段的值。

### 提示

由于函数体是作为 SQL 字符串字面量传给 CREATE FUNCTION 的，你必须转义 Perl 源码中的单引号，可以像上面那样将它们加倍，也可以使用扩展引号函数（q[]、qq[]、qw[]）。反斜线必须通过加倍来转义。

新函数 empcomp 可以这样使用：

```
SELECT name, empcomp(employee) FROM employee;
```

下面是一个由于安全原因不允许文件系统操作而不能工作的函数例子：

```
CREATE FUNCTION badfunc() RETURNS integer AS '
 open(TEMP, ">/tmp/badfile");
 print TEMP "Gotcha!\n";
 return 1;
' LANGUAGE 'plperl';
```

这个函数的创建会成功，但执行它不会成功。



# PostgreSQL 7.1.3 参考手册

PostgreSQL 全球开发组

---

# PostgreSQL 7.1.3 参考手册

PostgreSQL 全球开发组

版权 © 1996-2001 PostgreSQL 全球开发组

## 法律声明

PostgreSQL 版权所有 © 1996-2001，归 PostgreSQL 全球开发组所有，并按照下文所述加利福尼亚大学的许可条款分发。

Postgres95 版权所有 © 1994-5，归加利福尼亚大学董事会所有。

特此授权，可为任何目的使用、复制、修改和分发本软件及其文档，无需付费，也无需书面协议，但条件是所有副本中都必须包含上述版权声明、本段以及后续两段内容。

在任何情况下，加利福尼亚大学都不对任何一方承担因使用本软件及其文档而产生的任何直接、间接、特殊、附带或后果性损害赔偿责任，包括利润损失，即使加利福尼亚大学已被告知此类损害发生的可能性。

加利福尼亚大学明确不作任何担保，包括但不限于适销性和特定用途适用性的默示担保。本协议项下提供的软件按"原样"提供，加利福尼亚大学没有义务提供维护、支持、更新、增强或修改。

---

---

# 目录

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| I. SQL 命令 .....                 | 302 |
| ABORT .....                     | 304 |
| ALTER GROUP .....               | 305 |
| ALTER TABLE .....               | 306 |
| ALTER USER .....                | 309 |
| BEGIN .....                     | 311 |
| CHECKPOINT .....                | 313 |
| CLOSE .....                     | 314 |
| CLUSTER .....                   | 315 |
| COMMENT .....                   | 317 |
| COMMIT .....                    | 319 |
| COPY .....                      | 320 |
| CREATE AGGREGATE .....          | 325 |
| CREATE CONSTRAINT TRIGGER ..... | 327 |
| CREATE DATABASE .....           | 328 |
| CREATE FUNCTION .....           | 331 |
| CREATE GROUP .....              | 335 |
| CREATE INDEX .....              | 336 |
| CREATE LANGUAGE .....           | 339 |
| CREATE OPERATOR .....           | 342 |
| CREATE RULE .....               | 346 |
| CREATE SEQUENCE .....           | 348 |
| CREATE TABLE .....              | 351 |
| CREATE TABLE AS .....           | 368 |
| CREATE TRIGGER .....            | 369 |
| CREATE TYPE .....               | 371 |
| CREATE USER .....               | 374 |
| CREATE VIEW .....               | 376 |
| DECLARE .....                   | 378 |
| DELETE .....                    | 380 |
| DROP AGGREGATE .....            | 382 |
| DROP DATABASE .....             | 383 |
| DROP FUNCTION .....             | 385 |
| DROP GROUP .....                | 387 |
| DROP INDEX .....                | 388 |
| DROP LANGUAGE .....             | 389 |
| DROP OPERATOR .....             | 390 |
| DROP RULE .....                 | 392 |
| DROP SEQUENCE .....             | 393 |
| DROP TABLE .....                | 394 |
| DROP TRIGGER .....              | 396 |
| DROP TYPE .....                 | 397 |
| DROP USER .....                 | 398 |
| DROP VIEW .....                 | 399 |
| END .....                       | 401 |
| EXPLAIN .....                   | 402 |
| FETCH .....                     | 404 |
| GRANT .....                     | 407 |
| INSERT .....                    | 410 |
| LISTEN .....                    | 412 |
| LOAD .....                      | 414 |
| LOCK .....                      | 416 |
| MOVE .....                      | 420 |
| NOTIFY .....                    | 421 |
| REINDEX .....                   | 423 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| RESET .....                 | 425 |
| REVOKE .....                | 426 |
| ROLLBACK .....              | 429 |
| SELECT .....                | 430 |
| SELECT INTO .....           | 439 |
| SET .....                   | 441 |
| SET CONSTRAINTS .....       | 444 |
| SET TRANSACTION .....       | 445 |
| SHOW .....                  | 446 |
| TRUNCATE .....              | 447 |
| UNLISTEN .....              | 448 |
| UPDATE .....                | 450 |
| VACUUM .....                | 452 |
| II. PostgreSQL 客户端应用 .....  | 454 |
| createdb .....              | 455 |
| createuser .....            | 457 |
| dropdb .....                | 459 |
| dropuser .....              | 461 |
| ecpg .....                  | 463 |
| pgaccess .....              | 467 |
| pgadmin .....               | 469 |
| pg_config .....             | 470 |
| pg_dump .....               | 471 |
| pg_dumpall .....            | 475 |
| pg_restore .....            | 477 |
| psql .....                  | 482 |
| pgtclsh .....               | 501 |
| pgtksh .....                | 502 |
| vacuumdb .....              | 503 |
| III. PostgreSQL 服务器应用 ..... | 505 |
| createlang .....            | 506 |
| droplang .....              | 508 |
| initdb .....                | 510 |
| initlocation .....          | 512 |
| ipcclean .....              | 513 |
| pg_ctl .....                | 514 |
| pg_passwd .....             | 517 |
| postgres .....              | 518 |
| postmaster .....            | 521 |

---

## 范例清单

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 1. 循环重写规则组合的例子: ..... | 347 |
|-----------------------|-----|

---

# SQL 命令

这是Postgres所支持的 SQL命令的参考信息。

## 目录

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| ABORT .....                     | 304 |
| ALTER GROUP .....               | 305 |
| ALTER TABLE .....               | 306 |
| ALTER USER .....                | 309 |
| BEGIN .....                     | 311 |
| CHECKPOINT .....                | 313 |
| CLOSE .....                     | 314 |
| CLUSTER .....                   | 315 |
| COMMENT .....                   | 317 |
| COMMIT .....                    | 319 |
| COPY .....                      | 320 |
| CREATE AGGREGATE .....          | 325 |
| CREATE CONSTRAINT TRIGGER ..... | 327 |
| CREATE DATABASE .....           | 328 |
| CREATE FUNCTION .....           | 331 |
| CREATE GROUP .....              | 335 |
| CREATE INDEX .....              | 336 |
| CREATE LANGUAGE .....           | 339 |
| CREATE OPERATOR .....           | 342 |
| CREATE RULE .....               | 346 |
| CREATE SEQUENCE .....           | 348 |
| CREATE TABLE .....              | 351 |
| CREATE TABLE AS .....           | 368 |
| CREATE TRIGGER .....            | 369 |
| CREATE TYPE .....               | 371 |
| CREATE USER .....               | 374 |
| CREATE VIEW .....               | 376 |
| DECLARE .....                   | 378 |
| DELETE .....                    | 380 |
| DROP AGGREGATE .....            | 382 |
| DROP DATABASE .....             | 383 |
| DROP FUNCTION .....             | 385 |
| DROP GROUP .....                | 387 |
| DROP INDEX .....                | 388 |
| DROP LANGUAGE .....             | 389 |
| DROP OPERATOR .....             | 390 |
| DROP RULE .....                 | 392 |
| DROP SEQUENCE .....             | 393 |
| DROP TABLE .....                | 394 |
| DROP TRIGGER .....              | 396 |
| DROP TYPE .....                 | 397 |
| DROP USER .....                 | 398 |
| DROP VIEW .....                 | 399 |
| END .....                       | 401 |
| EXPLAIN .....                   | 402 |
| FETCH .....                     | 404 |
| GRANT .....                     | 407 |
| INSERT .....                    | 410 |
| LISTEN .....                    | 412 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| LOAD .....            | 414 |
| LOCK .....            | 416 |
| MOVE .....            | 420 |
| NOTIFY .....          | 421 |
| REINDEX .....         | 423 |
| RESET .....           | 425 |
| REVOKE .....          | 426 |
| ROLLBACK .....        | 429 |
| SELECT .....          | 430 |
| SELECT INTO .....     | 439 |
| SET .....             | 441 |
| SET CONSTRAINTS ..... | 444 |
| SET TRANSACTION ..... | 445 |
| SHOW .....            | 446 |
| TRUNCATE .....        | 447 |
| UNLISTEN .....        | 448 |
| UPDATE .....          | 450 |
| VACUUM .....          | 452 |

---

# ABORT

ABORT — 中止当前事务

## 大纲

```
ABORT [WORK | TRANSACTION]
```

## 输入

无。

## 输出

```
ROLLBACK
```

成功时返回的消息。

```
NOTICE: ROLLBACK: no transaction in progress
```

当前没有正在进行的事务时给出。

## 描述

ABORT回卷当前事务并使该事务所做的所有更新被丢弃。  
这条命令的行为与SQL92命令ROLLBACK完全相同，其存在仅出于历史原因。

## 注解

使用COMMIT来成功终止一个事务。

## 用法

中止所有更改：

```
ABORT WORK;
```

## 兼容性

### SQL92

这条命令是一个因历史原因而保留的Postgres 扩展。ROLLBACK是等价的SQL92 命令。



---

# ALTER GROUP

ALTER GROUP — 向组中添加用户、从组中移除用户

## 大纲

```
ALTER GROUP name ADD USER username [, ...]
ALTER GROUP name DROP USER username [, ...]
```

## 输入

*name*

要修改的组的名称。

*username*

要添加到组中或从组中移除的用户。这些用户名必须已经存在。

## 输出

```
ALTER GROUP
```

更改成功时返回的消息。

## 描述

ALTER GROUP 用于向组中添加用户或从组中移除用户。只有数据库超级用户才能使用这条命令。把一个用户添加到组中并不会创建该用户。类似地，从组中移除一个用户也不会删除该用户本身。

使用 CREATE GROUP 来创建一个新组，使用 DROP GROUP 来移除一个组。

## 用法

向组中添加用户：

```
ALTER GROUP staff ADD USER karl, john
```

从组中移除一个用户：

```
ALTER GROUP workers DROP USER beth
```

## 兼容性

### SQL92

ALTER GROUP 在 SQL92 中没有语句。角色的概念与之相似。

---

# ALTER TABLE

ALTER TABLE — 修改表属性

## 大纲

```
ALTER TABLE [ONLY] table [*]
 ADD [COLUMN] column type
ALTER TABLE [ONLY] table [*]
 ALTER [COLUMN] column { SET DEFAULT value | DROP DEFAULT }
ALTER TABLE table [*]
 RENAME [COLUMN] column TO newcolumn
ALTER TABLE table
 RENAME TO newtable
ALTER TABLE table
 ADD table constraint definition
ALTER TABLE table
 OWNER TO new owner
```

## 输入

*table*

要更改的现有表的名称。

*column*

新列或现有列的名称。

*type*

新列的类型。

*newcolumn*

现有列的新名称。

*newtable*

表的新名称。

*table constraint definition*

表的新表约束

*New user*

表的新所有者的用户名。

## 输出

ALTER

列或表重命名后返回的消息。

ERROR

表或列不可用时返回的消息。

## 描述

`ALTER TABLE` 更改一个现有表的定义。`ADD COLUMN` 形式使用与 `CREATE TABLE` 相同的语法向表添加一个新列。`ALTER COLUMN` 形式允许你为列设置或移除默认值。注意，默认值只会应用于新插入的行。`RENAME` 子句更改表或列的名称，而不更改受影响表中包含的任何数据。因此，该命令执行后，表或列仍保持相同的类型和大小。`ADD table constraint definition` 子句使用与 `CREATE TABLE` 相同的语法向表增加一个新约束。`OWNER` 子句把表的所有者更改为用户 *new user*。

要更改表的模式，你必须拥有该表。

## 注意

关键字 `COLUMN` 只是噪声，可以省略。

在当前实现中，新列的默认值和约束子句会被忽略。可以在之后使用 `ALTER TABLE` 的 `SET DEFAULT` 形式设置默认值。（你还必须用 `UPDATE` 把已有的行更新为新默认值。）

在当前实现中，只能向表添加 `FOREIGN KEY` 约束。要创建或移除唯一约束，请创建唯一索引（见 `CREATE INDEX`）。要添加检查约束，你需要用 `CREATE TABLE` 命令的其他参数重建并重新装载该表。

要更改表，你必须拥有它。不允许重命名系统目录模式的任何部分。PostgreSQL 用户指南中还有关于继承的更多信息。

有关有效参数的进一步说明，请参见 `CREATE TABLE`。

## 用法

要添加类型为 `VARCHAR` 的列到表中：

```
ALTER TABLE distributors ADD COLUMN address VARCHAR(30);
```

要重命名一个现有列：

```
ALTER TABLE distributors RENAME COLUMN address TO city;
```

要重命名一个现有的表：

```
ALTER TABLE distributors RENAME TO suppliers;
```

为一个表增加一个外键约束：

```
ALTER TABLE distributors ADD CONSTRAINT distfk FOREIGN KEY (
address) REFERENCES addresses(address) MATCH FULL
```

## 兼容性

### SQL92

`ADD COLUMN` 形式符合标准，但不支持默认值和约束，如上所述。`ALTER COLUMN` 形式完全符合标准。

SQL92 为 `ALTER TABLE` 语句规定了一些 Postgres 尚不直接支持的附加能力：

```
ALTER TABLE table DROP CONSTRAINT constraint { RESTRICT |
CASCADE }
```

移除一个表约束（例如检查约束、唯一约束或外键约束）。要移除唯一约束，请删除一个唯一索引。要移除其他种类的约束，你需要用 CREATE TABLE 命令的其他参数重建并重新装载该表。

例如，要删除表 `distributors` 上的任何约束：

```
CREATE TABLE temp AS SELECT * FROM distributors;
DROP TABLE distributors;
CREATE TABLE distributors AS SELECT * FROM temp;
DROP TABLE temp;
```

```
ALTER TABLE table DROP [COLUMN] column { RESTRICT |
CASCADE }
```

从表中移除一个列。目前，要移除一个现有列，必须重建并重新装载该表：

```
CREATE TABLE temp AS SELECT did, city FROM distributors;
DROP TABLE distributors;
CREATE TABLE distributors (
 did DECIMAL(3) DEFAULT 1,
 name VARCHAR(40) NOT NULL
);
INSERT INTO distributors SELECT * FROM temp;
DROP TABLE temp;
```

重命名列和表的子句是 Postgres 对 SQL92 的扩展。

---

# ALTER USER

ALTER USER — 修改用户账户信息

## 大纲

```
ALTER USER username
 [WITH PASSWORD 'password']
 [CREATEDB | NOCREATEDB] [CREATEUSER | NOCREATEUSER]
 [VALID UNTIL 'abstime']
```

## 输入

*username*

要更改其详细信息的用户的名称。

*password*

此帐号要使用的新密码。

CREATEDB  
NOCREATEDB

这些子句定义用户创建数据库的能力。如果指定了 CREATEDB，被定义的用户将被允许创建自己的数据库。使用 NOCREATEDB 将拒绝用户创建数据库的能力。

CREATEUSER  
NOCREATEUSER

这些子句决定是否允许用户自己创建新用户。  
此选项还会把该用户变为可以越过所有访问限制的超级用户。

*abstime*

该用户密码将过期失效的日期（以及可选的时间）。

## 输出

ALTER USER

更改成功时返回的消息。

ERROR: ALTER USER: user "username" does not exist

如果数据库不认识指定的用户，则返回此错误消息。

## 描述

ALTER USER 用于更改用户 Postgres 账户的属性。只有数据库超级用户才能用此命令更改权限和口令过期。普通用户只能更改自己的口令。

使用 CREATE USER 创建新用户，使用 DROP USER 删除用户。

## 用法

更改用户口令：

```
ALTER USER davide WITH PASSWORD 'hu8jmn3';
```

更改用户的有效期限 (valid until) 日期:

```
ALTER USER manuel VALID UNTIL 'Jan 31 2030';
```

更改用户的有效期限日期, 指定他的授权应在 1998 年 5 月 4 日正午、使用比 UTC 早一小时的时区过期:

```
ALTER USER chris VALID UNTIL 'May 4 12:00:00 1998 +1';
```

授予用户创建其他用户和新数据库的能力:

```
ALTER USER miriam CREATEUSER CREATEDB;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 ALTER USER 语句。该标准把用户的定义留给实现。

---

# BEGIN

BEGIN — 以链模式开始一个事务

## 大纲

```
BEGIN [WORK | TRANSACTION]
```

## 输入

```
WORK
TRANSACTION
```

可选的关键字。它们没有效果。

## 输出

```
BEGIN
```

这表示一个新的事务已经启动。

```
NOTICE: BEGIN: already a transaction in progress
```

这表示已经有一个事务在进行中。当前事务不受影响。

## 描述

默认情况下，Postgres 以 `unchained mode`（非链模式，在其他数据库系统中也称为“autocommit”（自动提交））执行事务。换句话说，每条用户语句都在它自己的事务中执行，并且在语句结束时隐式地执行一次提交（如果执行成功，否则执行一次回滚）。`BEGIN` 以链模式开启一个用户事务，也就是说，`BEGIN` 命令之后的所有用户语句都将在单个事务中执行，直到显式的 `COMMIT`、`ROLLBACK` 或执行中止。链模式中的语句执行得快得多，因为事务的启动/提交需要可观的 CPU 和磁盘活动。在一个事务中执行多条语句对于在更改多个相关表时确保一致性也是必需的。

Postgres 中的默认事务隔离级别是 `READ COMMITTED`，其中事务内的查询只看到在查询执行之前提交的更改。因此，如果你需要更严格的事务隔离，就必须使用 `SET TRANSACTION ISOLATION LEVEL SERIALIZABLE`，紧跟在 `BEGIN` 之后。在 `SERIALIZABLE` 模式中，查询只会看到在整个事务开始之前（实际上，是在一个可串行化事务中第一条 DML 语句执行之前）提交的更改。

如果事务被提交，Postgres 将确保要么所有更新都完成，要么一个都不完成。事务具有标准的 ACID（原子性、一致性、隔离性、持久性）属性。

## 注意

关于在事务中锁定表的进一步信息，请参阅 `LOCK`。

使用 `COMMIT` 或 `ROLLBACK` 终止一个事务。

## 用法

开始一个用户事务：

BEGIN WORK;

## 兼容性

### SQL92

BEGIN 是一种 Postgres 语言扩展。没有显式的 BEGIN 命令出现在 SQL92 中；事务的开启总是隐式的，它以 COMMIT 或 ROLLBACK 语句终止。

#### 注意

许多关系数据库系统出于便利提供自动提交特性。

顺便一提，BEGIN 关键字在嵌入式 SQL 中用于不同的目的。在移植数据库应用程序时，建议注意事务语义。

SQL92 还要求 SERIALIZABLE 是默认的事务隔离级别。



---

# CHECKPOINT

CHECKPOINT — 强制执行一次事务日志检查点

## 大纲

CHECKPOINT

## 描述

预写式日志（WAL）会每隔一段时间在事务日志中设置一个检查点。  
（要调整自动检查点间隔，请参见运行时配置选项 `CHECKPOINT_SEGMENTS` 和 `CHECKPOINT_TIMEOUT`。）`CHECKPOINT` 命令会在发出该命令时强制立即执行检查点，而不等待预定的检查点。

检查点是事务日志序列中的一个位置，到这一位置时，所有数据文件都已更新，以反映日志中的信息。所有数据文件都会被刷出到磁盘。有关 WAL 系统的更多信息，参见 PostgreSQL 管理员指南。

只有超级用户才能调用 `CHECKPOINT`。该命令并非设计用于正常运行期间。

## 另见

PostgreSQL 管理员指南

## 兼容性

`CHECKPOINT` 命令是 PostgreSQL 的一种语言扩展。

---

# CLOSE

CLOSE — 关闭一个游标

## 大纲

`CLOSE cursor`

## 输入

`cursor`

要关闭的打开游标的名称。

## 输出

CLOSE

游标成功关闭时返回的消息。

NOTICE PerformPortalClose: portal "*cursor*" not found

如果 *cursor* 没有被声明或者已经被关闭，就会给出这条警告。

## 描述

CLOSE 释放与一个打开的游标相关联的资源。游标关闭后，不允许再对其执行任何后续操作。当不再需要游标时，应将其关闭。

当事务被 COMMIT 或 ROLLBACK 终止时，每个打开的游标都会被隐式关闭。

## 注意

Postgres 没有显式的 OPEN 游标语句；游标在声明时即被视为打开。请使用 DECLARE 语句声明游标。

## 用法

关闭游标 *liahona*：

```
CLOSE liahona;
```

## 兼容性

### SQL92

CLOSE 与 SQL92 完全兼容。

---

# CLUSTER

CLUSTER — 向服务器给出存储聚簇建议

## 大纲

```
CLUSTER indexname ON tablename
```

## 输入

*indexname*

一个索引的名称。

*table*

一个表的名称。

## 输出

```
CLUSTER
```

聚簇已成功完成。

```
ERROR: relation <tablerepresentation_number> inherits "table"
```

```
ERROR: Relation table does not exist!
```

## 描述

CLUSTER指示 Postgres近似地基于 *indexname*所指定的索引，对 *table*所指定的表进行聚簇。该索引必须已经定义在 *tablename*上。

当一个表被聚簇时，它会基于索引信息被物理地重新排序。聚簇是静态的。换句话说，随着表被更新，这些更改不会被聚簇。系统不会尝试让新实例或更新过的元组保持聚簇。如果需要，可以通过再次发出该命令来手动重新聚簇。

## 注意

表实际上被按索引顺序复制到一个临时表中，然后改回原来的名称。因此，执行聚簇时会丢失所有 GRANT 权限和其他索引。

如果你在表中随机访问单个行，数据在堆表中的实际顺序并不重要。但如果你倾向于比其他数据更常访问某些数据，并且有一个索引把它们聚集在一起，使用 CLUSTER会带来好处。

CLUSTER有帮助的另一个场合是使用索引从一个表中取出多行时。如果你从一个表中请求某个索引值范围，或者一个有多行匹配的单个索引值，CLUSTER会有帮助，因为一旦索引识别出第一行匹配所在的堆页，所有其他匹配的行很可能已经在同一个堆页上，这样就节省了磁盘访问并加快了查询。

有两种聚簇数据的方法。第一种是使用 CLUSTER命令，它使用你指定的索引的顺序对原表重新排序。在大表上这可能很慢，因为行是按索引顺序从堆中取出的，如果堆表是无序的，

各项就散布在随机页面上，因此每移动一行就要检索一个磁盘页。Postgres有缓存，但大表的大部分放不进缓存。

另一种聚簇数据的方法是使用

```
SELECT columnlist INTO TABLE newtable
FROM table ORDER BY columnlist
```

它在 ORDER BY 子句中使用 Postgres 的排序代码来匹配索引，对于无序数据它要快得多。然后你删除旧表，使用 ALTER TABLE/RENAME 把 *temp* 改名为旧名称，并重建任何索引。唯一的问题是 OID 不会被保留。此后，CLUSTER 应该会很快，因为堆数据大部分已经有序，并且使用的是现有的索引。

## 用法

基于其 salary 属性聚簇 employees 关系：

```
CLUSTER emp_ind ON emp;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 CLUSTER 语句。

---

# COMMENT

COMMENT — 给对象添加注释

## 大纲

```
COMMENT ON
[
 [DATABASE | INDEX | RULE | SEQUENCE | TABLE | TYPE | VIEW]
 object_name |
 COLUMN table_name.column_name |
 AGGREGATE agg_name agg_type |
 FUNCTION func_name (arg1, arg2, ...) |
 OPERATOR op (leftoperand_type rightoperand_type) |
 TRIGGER trigger_name ON table_name
] IS 'text'
```

## 输入

*object\_name*, *table\_name*, *column\_name*, *agg\_name*, *func\_name*, *op*,  
*trigger\_name*

要加注释的对象的名称。

*text*

要添加的注释。

## 输出

COMMENT

表成功加上注释时返回的消息。

## 描述

COMMENT 给对象添加一条注释，注释可以用 `psql` 的 `\dd`、`\d+` 或 `\l+` 命令轻松检索。要移除一个注释，使用 `NULL`。对象被删除时，其注释也会被自动删除。

## 用法

给表 `mytable` 加注释：

```
COMMENT ON mytable IS 'This is my table.';
```

更多示例：

```
COMMENT ON DATABASE my_database IS 'Development Database';
COMMENT ON INDEX my_index IS 'Enforces uniqueness on employee id';
COMMENT ON RULE my_rule IS 'Logs UPDATES of employee records';
COMMENT ON SEQUENCE my_sequence IS 'Used to generate primary keys';
COMMENT ON TABLE my_table IS 'Employee Information';
COMMENT ON TYPE my_type IS 'Complex Number support';
COMMENT ON VIEW my_view IS 'View of departmental costs';
COMMENT ON COLUMN my_table.my_field IS 'Employee ID number';
```

```
COMMENT ON AGGREGATE my_aggregate (double precision) IS 'Computes
sample variance';
COMMENT ON FUNCTION my_function (timestamp) IS 'Returns Roman
Numeral';
COMMENT ON OPERATOR ^ (text, text) IS 'Performs intersection of two
text';
COMMENT ON TRIGGER my_trigger ON my_table IS 'Used for R.I.';
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 COMMENT。

---

# COMMIT

COMMIT — 提交当前事务

## 大纲

```
COMMIT [WORK | TRANSACTION]
```

## 输入

```
WORK
TRANSACTION
```

可选的关键字。它们没有任何作用。

## 输出

```
COMMIT
```

事务成功提交时返回的消息。

```
NOTICE: COMMIT: no transaction in progress
```

如果当前没有正在进行的事务。

## 描述

`COMMIT` 提交当前事务。该事务所做的所有更改都会对其他会话可见，并且如果发生崩溃，也能保证其持久性。

## 注意

关键字 `WORK` 和 `TRANSACTION` 只是噪音，可以省略。

使用 `ROLLBACK` 中止一个事务。

## 用法

要使所有更改永久生效：

```
COMMIT WORK;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 只规定了 `COMMIT` 和 `COMMIT WORK` 两种形式。其他方面完全兼容。

---

# COPY

COPY — 在文件和表之间复制数据

## 大纲

```
COPY [BINARY] table [WITH OIDS]
 FROM { 'filename' | stdin }
 [[USING] DELIMITERS 'delimiter']
 [WITH NULL AS 'null string']
COPY [BINARY] table [WITH OIDS]
 TO { 'filename' | stdout }
 [[USING] DELIMITERS 'delimiter']
 [WITH NULL AS 'null string']
```

## 输入

### BINARY

更改字段格式化的行为，强制所有数据以二进制而不是文本格式存储或读取。  
DELIMITERS 和 WITH NULL 选项与二进制格式无关。

*table*

一个现有表的名称。

### WITH OIDS

指定为每一行复制内部唯一对象 id (OID) 。

*filename*

输入或输出文件的绝对 Unix 路径名。

*stdin*

指定输入来自客户端应用程序。

*stdout*

指定输出发送到客户端应用程序。

*delimiter*

分隔文件每行（一行数据）中各字段的字符。

*null string*

表示 NULL 值的字符串。默认是 “\N”（反斜线-N）。例如你可能更喜欢空字符串。

### 注意

在 copy in 中，任何匹配此字符串的数据项都会被存储为 NULL 值，所以应确保使用与 copy out 相同的字符串。



## 输出

COPY

复制成功完成。

ERROR: *reason*

复制因错误消息中所述的原因而失败。

## 描述

COPY 在 Postgres 表和标准文件系统文件之间移动数据。COPY TO 把一个表的全部内容复制到文件，而 COPY FROM 把数据从文件复制到表（把数据追加到表中已有内容之后）。

COPY 指示 Postgres 后端直接读取或写入文件。如果指定了文件名，该文件必须可由后端访问，且名称必须从后端的角度指定。如果指定了 stdin 或 stdout，数据通过客户端前端流经后端。

### 提示

不要把 COPY 与 psql 指令 \copy 混淆。 \copy 调用 COPY FROM stdin 或 COPY TO stdout，然后在 psql 客户端可访问的文件中获取/存储数据。因此，使用 \copy 时，文件的可访问性和访问权限取决于客户端而不是后端。

## 注解

**BINARY** 关键字强制所有数据以二进制而不是文本格式存储/读取。它比普通的复制命令略快，但二进制复制文件不能跨机器体系结构移植。

默认情况下，文本复制使用制表符（"\t"）作为字段之间的分隔符。可以用关键字短语 USING DELIMITERS 把字段分隔符改为任何其他单个字符。数据字段中恰好匹配分隔符的字符将被反斜线引用。注意分隔符总是单个字符。如果在分隔符字符串中指定了多个字符，只使用第一个字符。

你必须对其值被 COPY 读取的任何表拥有 select 访问权限，并对正被 COPY 插入值的表拥有 insert 或 update 访问权限。对于被 COPY 读取或写入的任何文件，后端还需要适当的 Unix 权限。

COPY TO 既不调用规则也不作用于列默认值。它确实会调用触发器和检查约束。

COPY 在第一个错误处停止操作。这对 COPY FROM 不会导致问题，但在 COPY TO 中目标关系已经接收了较早的行。这些行不可见也不可访问，但它们仍占用磁盘空间。如果失败发生在大型复制操作的后期，这可能造成相当大的磁盘空间浪费。你可能希望调用 VACUUM 来回收浪费的空间。

COPY 命令中命名的文件由后端而不是客户端应用直接读取或写入。因此，它们必须位于数据库服务器机器上或可由其访问，而不是客户端上。它们必须可由 Postgres 用户（后端运行时使用的用户 ID）访问并可读或可写，而不是由客户端。带文件名的 COPY 只允许数据库超级用户使用，因为它允许写入后端有权写入的任何文件。

### 提示

psql 指令 \copy 以客户端的权限读写客户端机器上的文件，所以它不限于超级用户。

建议 COPY 中使用的文件名总是指定为绝对路径。在 COPY TO 的情况下这是由后端强制的，但对 COPY FROM 你确实可以选择从相对路径指定的文件读取。该路径将相对于后端的工作目录（\$PGDATA 之下的某处）而不是客户端的工作目录解释。

## 文件格式

### 文本格式

当 COPY TO 不带 BINARY 选项使用时，生成的文件中每一行（实例）占一行，各列（属性）由分隔字符分隔。嵌入的分隔字符前面会有一个反斜线字符（"\"). 属性值本身是由与各属性类型关联的输出函数生成的字符串。类型的输出函数不应尝试生成反斜线字符；这将由 COPY 自身处理。

每个实例的实际格式是

```
<attr1><separator><attr2><separator>...<separator><attrn><newline>
```

注意每一行的结尾由 Unix 风格的换行符（"\n"）标记。如果给 COPY FROM 一个包含 DOS 或 Mac 风格换行符的文件，它不会按期望的方式工作。

如果指定了 WITH OIDS，OID 将作为第一列输出。

如果 COPY TO 把输出发送到标准输出而不是文件，在最后一行之后它将发送一个反斜线（"\") 和一个句点（"."）后跟一个换行符。类似地，如果 COPY FROM 从标准输入读取，它将期待一个反斜线（"\") 和一个句点（"."）后跟一个换行符，作为一行上表示文件结束的前三个字符。不过，如果在找到这个特殊的文件结束模式之前输入连接就关闭了，COPY FROM 也会正确终止（随后后端自身也终止）。

反斜线字符还有其他特殊含义。字面反斜线字符表示为两个连续的反斜线（"\\\"）。字面制表符表示为一个反斜线加一个制表符。（如果你使用的列分隔符不是制表符，要把它包含在数据中需对该分隔符加反斜线。）字面换行符表示为一个反斜线加一个换行符。在加载不是由 Postgres 生成的文本数据时，你需要把反斜线字符（"\") 转换为双反斜线（"\\\"）以确保正确加载。

## 二进制格式

COPY BINARY 使用的文件格式在 Postgres v7.1 中改变了。新格式由文件头、零个或多个元组 and 文件尾组成。

### 文件头

文件头由 24 字节的固定字段组成，其后跟着变长的头部扩展区。固定字段有：

#### 签名

12 字节序列 "PGBCOPY\n\377\r\n\0" --- 注意，空字节是签名的必要组成部分。（签名的设计目的是便于识别被非 8 位干净传输破坏的文件。换行翻译过滤器、丢弃的空字节、丢弃的高位或奇偶校验位的改变都会改变这个签名。）

#### 整数布局字段

按源字节序的 int32 常量 0x01020304。如果在此处检测到错误的字节序，读取者原则上可以对后续字段进行字节翻转。

#### 标志域

表示文件格式重要方面的 int32 位掩码。位从 0 (LSB) 到 31 (MSB) 编号——注意此字段按源端序存储，后续所有整数字段也是如此。位 16-31 保留用于

表示关键的文件格式问题；如果读取者在此范围内发现意外置位的位，应当中止。位 0-15 保留用于发出向后兼容格式问题的信号；读取者应简单地忽略此范围内任何意外置位的位。目前只定义了一个标志位，其余必须为零：

Bit 16

为 1 表示转储中包含 OID；为 0 表示不包含

头部扩展区长度

文件头其余部分的 int32 字节长度，不包括自身。在初始版本中它为零，第一个元组紧随其后。未来的格式更改可能允许文件头中存在附加数据。  
读取者应悄悄跳过它不知道如何处理任何文件头扩展数据。

头部扩展区被设想为包含一系列可自我标识的块。  
标志域并不用于告诉读取程序扩展区中包含哪些内容。  
头部扩展内容的具体设计留待后续版本决定。

这种设计既允许向后兼容的头部新增（增加头部扩展块，或设置低位标志位），也允许不向后兼容的更改（设置高位标志位来表明这类更改，并在需要时向扩展区增加支持数据）。

## 元组

每个元组以一个 int16 的元组字段数开始。（目前表中所有元组都有相同的计数，但将来不一定总是如此。）然后对元组中的每个字段重复：一个 int16 的 typlen 字，后面可能跟随字段数据。typlen 字段这样解释：

Zero

字段为 NULL。没有后续数据。

> 0

字段是定长数据类型。typlen 字后面恰好跟随 N 字节数据。

-1

字段是 varlena 数据类型。接下来的四个字节是 varlena 头，它包含包括自身在内的总值长度。

< -1

保留供将来使用。

对于非 NULL 字段，读取者可以检查 typlen 与目标列的预期 typlen 匹配。这提供了一种简单但非常有用的检查，确保数据符合预期。

字段之间没有对齐填充或任何其他额外数据。  
还请注意该格式不区分数据类型是按引用传递还是按值传递。  
这两项规定都是有意为之：它们可能有助于提高文件的可移植性（当然字节序和浮点格式问题仍然可能阻止你跨机器移动二进制文件）。

如果转储中包含 OID，OID 字段紧跟在字段计数字之后。它是一个正常字段，只是不计入字段计数。特别地，它有一个 typlen——这使处理 4 字节与 8 字节 OID 不至于太痛苦，并且如果将来我们允许 OID 为可选的话，还允许 OID 显示为 NULL。

## 文件尾

文件尾由一个包含 -1 的 int16 字组成。这很容易与元组的字段计数字区分。

如果字段计数字既不是 -1 也不是预期的列数，读取程序应报告错误。这提供了一项额外检查，以防与数据失去同步。

## 用法

下面的例子把一个表复制到标准输出，使用竖线 (|) 作为字段分隔符：

```
COPY country TO stdout USING DELIMITERS '|';
```

把数据从一个 Unix 文件复制到表 country：

```
COPY country FROM '/usr1/proj/bray/sql/country_data';
```

下面是一段适合从 stdin 复制到表中的数据示例（所以最后一行有终止序列）：

```
AF AFGHANISTAN
AL ALBANIA
DZ ALGERIA
ZM ZAMBIA
ZW ZIMBABWE
\.
```

注意每行上的空白实际上是一个制表符 (TAB)。

下面是相同的数据在一台 Linux/i586 机器上以二进制格式输出的样子。数据经过 Unix 工具 `od -c` 过滤后显示。该表有三个字段；第一个是 `char(2)`，第二个是 `text`，第三个是 `integer`。所有行的第三个字段都是空值。

```
0000000 P G B C O P Y \n 377 \r \n \0 004 003 002
001
0000020 \0 \0 \0 \0 \0 \0 \0 \0 \0 003 \0 377 377 006 \0 \0
\0
0000040 A F 377 377 017 \0 \0 \0 A F G H A N I
S
0000060 T A N \0 \0 003 \0 377 377 006 \0 \0 \0 A L
377
0000100 377 \v \0 \0 \0 A L B A N I A \0 \0 003
\0
0000120 377 377 006 \0 \0 \0 D Z 377 377 \v \0 \0 \0 A
L
0000140 G E R I A \0 \0 003 \0 377 377 006 \0 \0 \0
Z
0000160 M 377 377 \n \0 \0 \0 Z A M B I A \0 \0
003
0000200 \0 377 377 006 \0 \0 \0 Z W 377 377 \f \0 \0 \0
Z
0000220 I M B A B W E \0 \0 377 377
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 `COPY` 语句。

---

# CREATE AGGREGATE

CREATE AGGREGATE — 定义一个新的聚合函数

## 大纲

```
CREATE AGGREGATE name (BASETYPE = input_data_type,
 SFUNC = sfunc, STYPE = state_type
 [, FINALFUNC = ffunc]
 [, INITCOND = initial_condition])
```

## 输入

*name*

要创建的聚合函数的名称。

*input\_data\_type*

此聚合函数所操作的输入数据类型。对于不检查其输入值的聚合，可以将它指定为 ANY（这种聚合的一个例子是 `count(*)`）。

*sfunc*

要为每个输入数据值调用的状态转移函数的名称。它通常是一个双参数函数，第一个参数的类型为 *state\_type*，第二个参数的类型为 *input\_data\_type*。或者，对于不检查其输入值的聚合，该函数只接受一个类型为 *state\_type* 的参数。无论哪种情况，该函数都必须返回 *state\_type* 类型的值。此函数接受当前状态值和当前输入数据项，并返回下一个状态值。

*state\_type*

聚合状态值的数据类型。

*ffunc*

在遍历完所有输入数据之后调用的、用于计算聚合结果的最终函数的名称。该函数必须接受单个类型为 *state\_type* 的参数。聚合的输出数据类型被定义为该函数的返回类型。如果没有指定 *ffunc*，则结束状态值被用作聚合的结果，输出类型为 *state\_type*。

*initial\_condition*

状态值的初始设置。这必须是 *state\_type* 数据类型所接受形式的字面常量。如果未指定，状态值将从 NULL 开始。

## 输出

CREATE

命令成功完成时返回的消息。

## 描述

CREATE AGGREGATE 允许用户或程序员通过定义新的聚合函数来扩展 Postgres 的功能。基本发行版中已经提供了一些针对基本类型的聚合函数，例如 `min(integer)` 和 `avg(`

double precision)。如果定义了新的类型，或者需要一个尚未提供的聚合函数，就可以使用CREATE AGGREGATE 来提供所需的功能。

聚合函数由其名称和输入数据类型标识。两个聚合如果操作于不同的输入类型，则可以有相同的名称。为避免混淆，不要创建与某个聚合同名且具有相同输入数据类型的普通函数。

一个聚合函数由一个或两个普通函数构成：一个状态转移函数 *sfunc*，以及一个可选的最终计算函数 *ffunc*。它们的用法如下：

```
sfunc(internal-state, next-data-item) ---> next-internal-state
ffunc(internal-state) ---> aggregate-value
```

Postgres 会创建一个数据类型为 *stype* 的临时变量，用来保存聚合的当前内部状态。对于每个输入数据项，都会调用状态转移函数来计算新的内部状态值。等到所有数据都处理完毕后，再调用一次最终函数来计算聚合的输出值。如果没有最终函数，则原样返回结束时的状态值。

聚合函数可以提供一个初始条件，即内部状态值的初始值。它在数据库中以 *text* 类型的字段的形式指定和存储，但它必须是状态值数据类型常量的合法外部表示。如果未提供，则状态值初始为 NULL。

如果状态转移函数在 *pg\_proc* 中被声明为"strict"的，那么它不能以 NULL 输入被调用。使用这种转移函数时，聚合的执行行为如下。NULL 输入值会被忽略（不调用函数并保留先前的状态值）。如果初始状态值为 NULL，那么第一个非 NULL 输入值会取代状态值，而转移函数从第二个非 NULL 输入值开始被调用。这对于实现max这类聚合很方便。注意，只有当 *state\_type* 与 *input\_data\_type* 相同时，此行为才可用。当这两种类型不同时，必须提供非 NULL 的初始条件或者使用非严格的转移函数。

如果状态转移函数不是严格的，那么它会在每个输入值上被无条件调用，并且必须自行处理 NULL 输入和 NULL 转移值。这使聚合作者能完全控制聚合对 NULL 的处理。

如果最终函数被声明为"strict"，那么当结束状态值为 NULL 时不会调用它；而是自动输出 NULL 结果。（这当然只是 strict 函数的正常行为。）无论如何，最终函数都可以选择返回 NULL。例如，avg的最终函数在发现输入元组数为零时会返回 NULL。

## 注意

使用DROP AGGREGATE 删除聚合函数。

CREATE AGGREGATE的参数可以按任意顺序书写，而不只是按上面展示的顺序。

## 用法

完整的使用示例请参阅PostgreSQL 程序员指南中关于聚合函数的章节。

## 兼容性

### SQL92

CREATE AGGREGATE 是 Postgres 的语言扩展。SQL92 中没有CREATE AGGREGATE。

---

# CREATE CONSTRAINT TRIGGER

CREATE CONSTRAINT TRIGGER — 创建一个支持约束的触发器

## 大纲

```
CREATE CONSTRAINT TRIGGER name
 AFTER events ON
 relation constraint attributes
 FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE func '(' args '');
```

## 输入

*name*

约束触发器的名称。

*events*

该触发器应针对其触发的事件类别。

*relation*

触发关系的表名。

*constraint*

实际的约束说明。

*attributes*

约束属性。

*func(args)*

作为触发器处理的一部分调用的函数。

## 输出

CREATE CONSTRAINT

成功时返回的消息。

## 描述

CREATE CONSTRAINT TRIGGER 被 CREATE/ALTER TABLE 和 pg\_dump 用来为参照完整性创建特殊的触发器。

它不打算用于一般用途。

---

# CREATE DATABASE

CREATE DATABASE — 创建一个新数据库

## 大纲

```
CREATE DATABASE name
 [WITH [LOCATION = 'dbpath']
 [TEMPLATE = template]
 [ENCODING = encoding]]
```

## 输入

*name*

要创建的数据库的名称。

*dbpath*

存储新数据库的备选文件系统位置，以字符串字面量的形式指定；或者 `DEFAULT` 表示使用默认位置。

*template*

创建新数据库所用模板的名称，或者 `DEFAULT` 表示使用默认模板 (`template1`)。

*encoding*

在新数据库中使用多字节编码方法。指定一个字符串字面量名称（例如 `'SQL_ASCII'`）、一个整数编码号，或者 `DEFAULT` 表示使用默认编码。

## 输出

```
CREATE DATABASE
```

命令成功完成时返回的消息。

```
ERROR: user 'username' is not allowed to create/drop databases
```

你必须拥有特殊的 `CREATEDB` 权限才能创建数据库。见 `CREATE USER`。

```
ERROR: createdb: database "name" already exists
```

如果已经存在一个具有指定 *name* 的数据库，就会出现这个错误。

```
ERROR: database path may not contain single quotes
```

数据库位置 *dbpath* 不能包含单引号。这是为了确保创建数据库目录的 `shell` 命令能够安全执行而要求的。

```
ERROR: CREATE DATABASE: may not be called in a transaction block
```

如果有一个显式的事务块正在进行中，你就不能调用 `CREATE DATABASE`。必须先完成该事务。

```
ERROR: Unable to create database directory 'path'.
```

```
ERROR: Could not initialize database directory.
```

这些错误很可能与数据目录上的权限不足、磁盘已满或其他文件系统问题有关。运行数据库服务器的用户必须能访问该位置。



## 描述

`CREATE DATABASE` 创建一个新的 Postgres 数据库。创建者成为新数据库的拥有者。

可以指定一个备选位置，例如，把数据库存储在另一块磁盘上。该路径必须已经用 `initlocation` 命令准备好。

如果路径名不包含斜杠，它会被解释为一个环境变量名，服务器进程必须知道这个变量。这样数据库管理员就可以控制可以在哪些位置创建数据库。（惯例的选择例如 'PGDATA2'。）如果服务器编译时带 `ALLOW_ABSOLUTE_DBPATHS`（默认不带），那么以前导斜杠标识的绝对路径名（例如 '/usr/local/pgsql/data'）也是允许的。

默认情况下，新数据库将通过克隆标准系统数据库 `template1` 来创建。可以通过写成 `TEMPLATE = name` 指定其他模板。特别是，写成 `TEMPLATE = template0` 时，可以创建一个全新的数据库，它只包含你的 Postgres 版本预定义的标准对象。如果你希望避免复制任何可能已添加到 `template1` 中的安装本地对象，这会很有用。

可选的编码参数允许选择数据库编码（如果你的服务器编译时带了多字节编码支持）。未指定时，它默认为所选模板数据库使用的编码。

可选参数可以按任意顺序书写，而不只是按上面展示的顺序。

## 注意

`CREATE DATABASE` 是一种 Postgres 语言扩展。

使用 `DROP DATABASE` 删除一个数据库。

程序 `createdb` 是围绕这个命令的 shell 脚本包装，为方便起见提供。

使用以绝对路径名指定的备选数据库位置会涉及安全和数据完整性问题，默认情况下，只有后端已知的环境变量才能被指定为备选位置。更多信息见《管理员指南》。

虽然可以通过把某个数据库的名字指定为模板来复制 `template1` 以外的数据库，但这（目前）并不是要作为一种通用的 `COPY DATABASE` 设施。特别地，至关重要，在复制操作期间源数据库必须是空闲的（没有正在进行的数据更改事务）。`CREATE DATABASE` 会检查在操作开始时除了它自己以外没有后端进程连接到源数据库，但这并不能保证在复制进行期间不能做出更改。因此，我们建议把用作模板的数据库当作只读的。

`pg_database` 中为每个数据库保留了两个有用的标志：`datistemplate` 和 `dataallowconn`。`datistemplate` 可以被设置来指明一个数据库打算用作 `CREATE DATABASE` 的模板。如果设置了这个标志，任何拥有 `CREATEDB` 权限的用户都可以克隆该数据库；如果未设置，则只有超级用户和该数据库的拥有者可以克隆它。如果 `dataallowconn` 为假，那么将不允许到该数据库的新连接（但仅仅把该标志设为假并不会杀死现有的会话）。`template0` 数据库通常就这样标记，以防止对它的修改。

## 用法

创建一个新的数据库：

```
olly=>create database lusiadas;
```

要在备选区域 `~/private_db` 中创建一个新数据库：

```
$mkdir private_db$initlocation ~/private_dbCreating Postgres
database system directory /home/olly/private_db/base$psql
ollyWelcome to psql, the PostgreSQL interactive terminal.
```

```
Type: \copyright for distribution terms
 \h for help with SQL commands
 \? for help on internal slash commands
 \g or terminate with semicolon to execute query
 \q to quit
```

```
olly=>CREATE DATABASE elsewhere WITH LOCATION = '/home/olly/
private_db';CREATE DATABASE
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 CREATE DATABASE 语句。数据库等价于目录，其创建是实现定义的。

---

# CREATE FUNCTION

CREATE FUNCTION — 定义一个新函数

## 大纲

```
CREATE FUNCTION name ([ftype [, ...]])
 RETURNS rtype
 AS definition
 LANGUAGE 'langname'
 [WITH (attribute [, ...])]
CREATE FUNCTION name ([ftype [, ...]])
 RETURNS rtype
 AS obj_file , link_symbol
 LANGUAGE 'langname'
 [WITH (attribute [, ...])]
```

## 输入

*name*

要创建的函数的名称。

*ftype*

函数参数的数据类型（如果有的话）。输入类型可以是基本类型或复合类型，或者 **opaque**。**Opaque**表示函数接受非 SQL 类型的参数，例如 `char *`。

*rtype*

返回数据类型。输出类型可以指定为基本类型、复合类型、**setof** 类型或 **opaque**。**setof** 修饰符表示该函数将返回一组结果项，而不是单个项。

*attribute*

关于函数的一条可选信息，用于优化。详见下文。

*definition*

定义函数的字符串；其含义取决于语言。它可以是内部函数名、对象文件的路径、SQL 查询，或者过程语言中的文本。

*obj\_file*, *link\_symbol*

当 C 语言源代码中的函数名与 SQL 函数名不同时，动态链接的 C 语言函数使用这种形式的 **AS** 子句。字符串 *obj\_file* 是包含可动态载入对象的文件名，而 *link\_symbol* 是对象的链接符号，也就是 C 语言源代码中函数的名称。

*langname*

可以是 `'sql'`、`'C'`、`'internal'`，或者 `'plname'`，其中 `'plname'` 是一种已创建过程语言 的名称。详见 **CREATE LANGUAGE**。

## 输出

**CREATE**

如果命令成功完成，就返回这个结果。

## 描述

`CREATE FUNCTION` 允许 Postgres 用户向数据库注册一个函数。随后，这个用户被视为该函数的拥有者。

## 函数属性

下列条目可以出现在 `WITH` 子句中：

`iscachable`

`iscachable` 表示该函数在给定相同参数值时总是返回相同结果（也就是说，它不做数据库查找，也不使用不直接出现在其参数列表中的信息）。优化器利用 `iscachable` 来判断预计算该函数的一次调用是否安全。

`isstrict`

`isstrict` 表示只要任一参数为 `NULL`，函数就总是返回 `NULL`。如果指定了这个属性，当存在 `NULL` 参数时函数不会被执行；而是自动假定结果为 `NULL`。当未指定 `isstrict` 时，函数将针对 `NULL` 输入被调用。此时如有必要，由函数作者负责检查 `NULL` 并做出适当响应。

## 注意

关于编写外部函数的更多信息，请参考 PostgreSQL Programmer's Guide 中关于通过函数扩展 Postgres 主题的章节。

使用 `DROP FUNCTION` 删除用户定义的函数。

输入参数和返回值允许使用完整的 SQL92 类型语法。但是，类型规范的某些细节（例如 `numeric` 类型的精度字段）由底层函数实现负责，`CREATE FUNCTION` 命令会静默地忽略它们（即不识别也不强制执行）。

Postgres 允许函数“重载”；也就是说，只要几个不同函数的参数类型不同，它们就可以使用同一个名称。但对 `internal` 和 C 语言函数，必须谨慎使用这一设施。

两个 `internal` 函数如果 C 名相同，会在链接时引发错误。要解决这个问题，可以给它们起不同的 C 名（例如，把参数类型用作 C 名的一部分），然后在 `CREATE FUNCTION` 的 `AS` 子句中指定这些名字。如果 `AS` 子句留空，则 `CREATE FUNCTION` 假定函数的 C 名与 SQL 名相同。

类似地，当用多个 C 语言函数重载 SQL 函数名时，给函数的每个 C 语言实例起一个不同的名字，然后在 `CREATE FUNCTION` 语法中使用 `AS` 子句的另一种形式，为每个重载的 SQL 函数选择合适的 C 语言实现。

## 用法

创建一个简单的 SQL 函数：

```
CREATE FUNCTION one() RETURNS int4
AS 'SELECT 1 AS RESULT'
LANGUAGE 'sql';
SELECT one() AS answer;

answer

1
```

这个示例通过调用一个用户创建的共享库中的例程来创建一个 C 函数。这个特定的例程计算一个校验位，如果函数参数中的校验位正确就返回 TRUE。它用于 CHECK 约束中。

```
CREATE FUNCTION ean_checkdigit(bpchar, bpchar) RETURNS boolean
AS '/usr1/proj/bray/sql/funcs.so' LANGUAGE 'c';

CREATE TABLE product (
 id char(8) PRIMARY KEY,
 eanprefix char(8) CHECK (eanprefix ~ '[0-9]{2}-[0-9]{5}')
 REFERENCES brandname(ean_prefix),
 eancode char(6) CHECK (eancode ~ '[0-9]{6}'),
 CONSTRAINT ean CHECK (ean_checkdigit(eanprefix, eancode))
);
```

这个示例创建一个在用户定义类型 complex 与内部类型 point 之间做类型转换的函数。该函数由一个从 C 源码编译出的动态载入对象实现。为了让 Postgres 自动找到类型转换函数，SQL 函数必须与返回类型同名，因此重载不可避免。在 SQL 定义中使用 AS 子句的第二种形式来重载函数名：

```
CREATE FUNCTION point(complex) RETURNS point
AS '/home/bernie/pgsql/lib/complex.so', 'complex_to_point'
LANGUAGE 'c';
```

该函数的 C 声明是：

```
Point * complex_to_point (Complex *z)
{
 Point *p;

 p = (Point *) malloc(sizeof(Point));
 p->x = z->x;
 p->y = z->y;

 return p;
}
```

## 兼容性

### SQL92

CREATE FUNCTION 是 Postgres 语言扩展。

### SQL/PSM

#### 注意

PSM 表示持久存储模块 (Persistent Stored Modules)。它是一种过程语言。SQL/PSM 是一个支持函数可扩展性的标准。

SQL/PSM CREATE FUNCTION 的语法如下：

```
CREATE FUNCTION name
([[IN | OUT | INOUT] type [, ...]])
RETURNS rtype
```

```
LANGUAGE 'langname'
ESPECIFIC routine
SQL-statement
```

---

# CREATE GROUP

CREATE GROUP — 创建一个新组

## 大纲

```
CREATE GROUP name
 [WITH
 [SYSID gid]
 [USER username [, ...]]]
```

## 输入

*name*

组的名称。

*gid*

SYSID 子句可以用来选择新组的 Postgres 组 id。不过并不一定要这样做。

如果没有指定，默认将使用已分配的最大组 id 加一（从 1 开始）。

*username*

要包含在该组中的用户列表。这些用户必须已经存在。

## 输出

```
CREATE GROUP
```

命令成功完成时返回的消息。

## 描述

CREATE GROUP 将在数据库安装中创建一个新组。关于使用组进行认证的信息请参考管理员指南（administrator's guide）。你必须是数据库超级用户才能使用这条命令。

使用 ALTER GROUP 更改组的成员，使用 DROP GROUP 删除组。

## 用法

创建一个空组：

```
CREATE GROUP staff
```

创建一个带成员的组：

```
CREATE GROUP marketing WITH USER jonathan, david
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 CREATE GROUP 语句。角色（roles）在概念上与组类似。

---

# CREATE INDEX

CREATE INDEX — 构建一个二级索引

## 大纲

```
CREATE [UNIQUE] INDEX index_name ON table
 [USING acc_name] (column [ops_name] [, ...])
CREATE [UNIQUE] INDEX index_name ON table
 [USING acc_name] (func_name(column [, ...]) [ops_name])
```

## 输入

### UNIQUE

使系统在创建索引时（如果数据已存在）以及每次添加数据时检查表中的重复值。试图插入或更新会导致重复项的数据将产生一个错误。

*index\_name*

要创建的索引名称。

*table*

要建立索引的表名。

*acc\_name*

用于索引的访问方法的名称。默认访问方法是 BTREE。Postgres 为索引提供了三种访问方法：

#### BTREE

Lehman-Yao 高并发 B-树的一个实现。

#### RTREE

使用 Guttman 的二次分裂算法实现标准 R-tree。

#### HASH

Litwin 线性散列的一个实现。

*column*

表中一个列的名称。

*ops\_name*

一个关联的操作符类。详见下文。

*func\_name*

一个返回可索引值的函数。

## 输出

CREATE

索引成功创建时返回的消息。



```
ERROR: Cannot create index: 'index_name' already exists.
```

无法创建索引时出现此错误。

## 描述

CREATE INDEX 在指定的 *table* 上构建一个索引 *index\_name*。

### 提示

索引主要用于提升数据库性能。但使用不当会导致性能下降。

在上面所示的第一种语法中，索引的键字段以列名指定。如果索引访问方法支持多列索引，则可以指定多个字段。

在上面所示的第二种语法中，索引定义在把用户指定的函数 *func\_name* 应用于单个表的一个或多个列所得到的结果上。这些函数索引可用于基于操作符的快速数据访问，而这些操作符通常需要对基础数据做某种变换才能应用。

Postgres 为索引提供了 btree、rtree 和 hash 访问方法。btree 访问方法是 Lehman-Yao 高并发 btrees 的一个实现。rtree 访问方法使用 Guttman 的二次分裂算法实现标准 rtrees。hash 访问方法是 Litwin 线性散列的一个实现。我们提到这些算法只是为了说明所有这些访问方法都是完全动态的，不需要周期性地优化（例如静态 hash 访问方法就需要）。

使用 DROP INDEX 删除索引。

## 注解

每当一个被索引的属性出现在使用下列操作符之一的比较中时，PostgreSQL 的查询优化器就会考虑使用 B-tree 索引：<, <=, =, >=, >

每当一个被索引的属性出现在使用下列操作符之一的比较中时，PostgreSQL 的查询优化器就会考虑使用 R-tree 索引：<<, &<, &>, >>, @, ~=, &&

每当一个被索引的属性出现在使用 = 操作符的比较中时，Postgres 的查询优化器就会考虑使用 hash 索引。

目前，只有 btree 访问方法支持多列索引。默认最多可指定 16 个键（构建 Postgres 时可以更改此限制）。

索引的每一列都可以指定一个操作符类。操作符类标识索引用于该列的操作符。例如，四字节整数上的 B-tree 索引会使用 `int4_ops` 类；此操作符类包含四字节整数的比较函数。实际上，字段数据类型的默认操作符类通常已足够。操作符类存在的主要原因是，某些数据类型可能有多种有意义的排序方式。例如，我们可能希望按绝对值或实部对复数数据类型排序。我们可以为该数据类型定义两个操作符类，然后在创建索引时选择合适的类。还有一些具有特殊用途的操作符类：

- 操作符类 `box_ops` 和 `bigbox_ops` 都支持在 `box` 数据类型上建立 R-tree 索引。它们之间的区别是 `bigbox_ops` 会将 `box` 坐标缩小，以避免对非常大的浮点坐标做乘法、加法和减法时出现浮点异常。如果矩形所在字段约为 20,000 平方单位或更大，则应使用 `bigbox_ops`。

下面的查询列出所有已定义的操作符类：

```
SELECT am.amname AS acc_name,
 opc.opcname AS ops_name,
```

```
opr.oprname AS ops_comp
FROM pg_am am, pg_amop amop,
 pg_opclass opc, pg_operator opr
WHERE amop.amopid = am.oid AND
 amop.amopclaid = opc.oid AND
 amop.amopopr = opr.oid
ORDER BY acc_name, ops_name, ops_comp
```

## 用法

要在表 `films` 的字段 `title` 上创建一个 `btree` 索引：

```
CREATE UNIQUE INDEX title_idx
ON films (title);
```

## 兼容性

### SQL92

`CREATE INDEX` 是 Postgres 的语言扩展。

SQL92 中没有 `CREATE INDEX` 命令。

---

# CREATE LANGUAGE

CREATE LANGUAGE — 为函数定义一种新语言

## 大纲

```
CREATE [TRUSTED] [PROCEDURAL] LANGUAGE 'langname'
 HANDLER call_handler
 LANCOMPILER 'comment'
```

## 输入

### TRUSTED

**TRUSTED**指定该语言的调用处理器是安全的；也就是说，它不会为无特权用户提供任何绕过访问限制的功能。如果注册语言时省略这个关键字，则只有拥有 Postgres 超级用户权限的用户能用这种语言创建新函数。

*langname*

新过程语言的名称。语言名不区分大小写。过程语言不能覆盖 Postgres 的内建语言之一。

**HANDLER** *call\_handler*

*call\_handler*是一个先前已注册函数的名称，该函数将被调用来执行 PL 过程。

*comment*

**LANCOMPILER**参数是将被插入到新的 `pg_language` 项的 **LANCOMPILER** 属性中的字符串。目前，Postgres 完全不以任何方式使用这个属性。

## 输出

**CREATE**

如果语言成功创建，就返回此消息。

**ERROR:** PL handler function *funcname()* doesn't exist

如果找不到函数 *funcname()*，就返回此错误。

## 描述

使用 **CREATE LANGUAGE**，Postgres 用户可以向 Postgres 注册一种新语言。随后，就可以用这种新语言定义函数和触发器过程。注册新语言的用户必须拥有 Postgres 超级用户权限。

## 编写 PL 处理器

### 注意

在 Postgres 7.1 及之后的版本中，调用处理器必须遵循 "version 1" 函数管理器接口，而不是旧式接口。

过程语言的调用处理器必须用 C 之类的编译语言编写，并作为不带参数、返回 `opaque` 类型的函数注册到 Postgres 中，这个类型是为未指定或未定义类型准备的占位类型。这可以防止调用处理器被当作函数从查询中直接调用。（不过，当要执行处理器所提供的语言中的某个 PL 函数时，实际调用中还是可以提供参数的。）

调用处理器的调用方式与其他任何函数相同：它接收一个指向 `FunctionCallInfoData` 结构的指针，其中包含参数值和被调用函数的信息，并且预期返回一个 `Datum` 结果（如果想返回 SQL NULL 结果，可能还要设置 `FunctionCallInfoData` 结构的 `isnull` 字段）。调用处理器与普通被调函数的区别在于，`FunctionCallInfoData` 结构的 `flinfo->fn_oid` 字段包含的是要调用的 PL 函数的 OID，而不是调用处理器自身的 OID。调用处理器必须用这个字段来确定要执行哪个函数。此外，所传递的参数列表是按照目标 PL 函数的声明（而不是调用处理器的声明）建立的。

获取 `pg_proc` 项并分析被调用过程的参数和返回类型，是调用处理器的责任。过程的 `CREATE FUNCTION` 中的 `AS` 子句可以在 `pg_proc` 表项的 `prosrc` 属性中找到。它可以是过程语言自身的源文本（例如 PL/Tcl），可以是一个文件的路径名，也可以是任何能告诉调用处理器具体做什么的东西。

通常，同一个函数在一条 SQL 语句中会被调用多次。调用处理器可以利用 `flinfo->fn_extra` 字段来避免反复查找被调用函数的信息。该字段初始为 `NULL`，但调用处理器可以把它设置为指向关于该 PL 函数的信息。在后续调用中，如果 `flinfo->fn_extra` 已经非 `NULL`，就可以直接使用它并跳过信息查找步骤。调用处理器必须注意让 `flinfo->fn_extra` 指向至少能存活到当前查询结束的内存，因为 `FmgrInfo` 数据结构可能被保留那么久。一种做法是在 `flinfo->fn_mcxt` 指定的内存上下文中分配这些额外数据；这样的数据通常与 `FmgrInfo` 本身具有相同的生命期。但处理器也可以选择使用生存期更长的上下文，以便跨查询缓存函数定义信息。

当一个 PL 函数作为触发器被调用时，不会传递显式参数，但 `FunctionCallInfoData` 的 `context` 字段指向一个 `TriggerData` 节点，而不是像普通函数调用中那样为 `NULL`。PL 处理器应该为 PL 函数提供获取触发器信息的机制。

## 注意

使用 `CREATE FUNCTION` 创建函数。

使用 `DROP LANGUAGE` 删除过程语言。

参阅表 `pg_language` 以获得更多信息：

| Table "pg_language" |         |              |               |             |
|---------------------|---------|--------------|---------------|-------------|
| Attribute           | Type    | Modifier     |               |             |
| lanname             | name    |              |               |             |
| lanispl             | boolean |              |               |             |
| lanpltrusted        | boolean |              |               |             |
| lanplcallfoid       | oid     |              |               |             |
| lancompiler         | text    |              |               |             |
| lanname             | lanispl | lanpltrusted | lanplcallfoid | lancompiler |
| internal            | f       | f            | 0             | n/a         |
| C                   | f       | f            | 0             | /bin/cc     |
| sql                 | f       | f            | 0             | postgres    |

过程语言的调用处理器通常必须用 C 编写，并根据它是链接进后端还是动态装载，注册为 'internal' 或 'C' 语言。调用处理器不能使用旧式的 'C' 函数接口。

目前，过程语言的定义一旦创建就不能更改。

## 用法

这是一个用 C 编写的 PL 处理器模板：

```
#include "executor/spi.h"
#include "commands/trigger.h"
#include "utils/elog.h"
#include "fmgr.h"
#include "access/heapam.h"
#include "utils/syscache.h"
#include "catalog/pg_proc.h"
#include "catalog/pg_type.h"

PG_FUNCTION_INFO_V1(plsample_call_handler);

Datum
plsample_call_handler(PG_FUNCTION_ARGS)
{
 Datum retval;

 if (CALLED_AS_TRIGGER(fcinfo))
 {
 /*
 * Called as a trigger procedure
 */
 TriggerData *trigdata = (TriggerData *) fcinfo->context;

 retval = ...
 } else {
 /*
 * Called as a function
 */

 retval = ...
 }

 return retval;
}
```

只需在省略号处再加上几千行代码，就能完成这个 PL 调用处理器。关于如何把它编译成可装载模块，见CREATE FUNCTION。

下面的命令随后注册这个示例过程语言：

```
CREATE FUNCTION plsample_call_handler () RETURNS opaque
AS '/usr/local/pgsql/lib/plsample.so'
LANGUAGE 'C';
CREATE PROCEDURAL LANGUAGE 'plsample'
HANDLER plsample_call_handler
LANCOMPILER 'PL/Sample';
```

## 兼容性

### SQL92

CREATE LANGUAGE是 Postgres扩展。SQL92中没有 CREATE LANGUAGE语句。

---

# CREATE OPERATOR

CREATE OPERATOR — 定义一个新的用户操作符

## 大纲

```
CREATE OPERATOR name (PROCEDURE = func_name
 [, LEFTARG = type1] [, RIGHTARG = type2]
 [, COMMUTATOR = com_op] [, NEGATOR = neg_op]
 [, RESTRICT = res_proc] [, JOIN = join_proc]
 [, HASHES] [, SORT1 = left_sort_op] [, SORT2 = right_sort_op
])
```

## 输入

*name*

要定义的操作符。允许的字符见下文。

*func\_name*

用于实现该操作符的函数。

*type1*

操作符左参数的类型（如果有的话）。对于左一元操作符，这个选项要省略。

*type2*

操作符右参数的类型（如果有的话）。对于右一元操作符，这个选项要省略。

*com\_op*

该操作符的交换子。

*neg\_op*

该操作符的求反器。

*res\_proc*

该操作符的限制选择度估计函数。

*join\_proc*

该操作符的连接选择度估算函数。

HASHES

表示该操作符可以支持哈希连接。

*left\_sort\_op*

如果此操作符可以支持归并连接，则为对该操作符左侧数据类型排序的操作符。

*right\_sort\_op*

如果此操作符可以支持归并连接，则为对该操作符右侧数据类型排序的操作符。

## 输出

CREATE

操作符创建成功时返回的消息。

## 描述

CREATE OPERATOR 定义一个新的操作符 *name*。定义操作符的用户将成为其所有者。

操作符的 *name* 是一个最多由 NAMEDATALEN-1（默认 31）个字符组成的序列，这些字符取自下面的列表：

+ - \* / < > = ~ ! @ # % ^ & | ` ? \$

对名称的选择有若干限制：

- "\$" 不能定义为单字符操作符，尽管它可以是多字符操作符名称的一部分。
- "--" 和 "/" 不能出现在操作符名称的任何位置，因为它们会被视为注释的开始。
- 多字符操作符名称不能以 "+" 或 "-" 结尾，除非该名称中还至少包含下列字符之一：

~ ! @ # % ^ & | ` ? \$

例如，@- 是允许的操作符名称，而 \*- 不是。这一限制使 Postgres 能够解析符合 SQL 的查询而无需在记号之间加空格。

### 注意

使用非 SQL 标准的操作符名称时，你通常需要用空格分隔相邻的操作符以避免歧义。例如，如果你定义了一个名为 "@" 的左一元操作符，你就不能写 X\*@Y；你必须写 X\*@Y，以确保 Postgres 把它读成两个操作符名而不是一个。

操作符 "!=" 在输入时会被映射为 "<>", 因此这两个名称始终等效。

LEFTARG 和 RIGHTARG 至少必须定义一个。对于二元操作符，两者都应定义。对于右一元操作符，只应定义 LEFTARG；对于左一元操作符，只应定义 RIGHTARG。

过程 *func\_name* 必须此前已用 CREATE FUNCTION 定义，并且必须定义为接受正确数量的参数（一个或两个），类型为所指明的类型。

如果存在交换子操作符，就应当把它指出来，这样 Postgres 就可以在需要时反转操作数的顺序。例如，面积小于操作符 <<< 大概会有一个交换子操作符--面积大于 >>>。于是，查询优化器就可以自由地把：

```
box '((0,0), (1,1))' >>> MYBOXES.description
```

转换为

```
MYBOXES.description <<< box '((0,0), (1,1))'
```

这使执行代码总能使用后一种表示，并在一定程度上简化了查询优化器。

类似地，如果存在求反器操作符，也应当把它指出来。假设存在一个操作符--面积等于 ==，同时也存在面积不等于 !=。求反器链接使查询优化器可以把

```
NOT MYBOXES.description === box '((0,0), (1,1))'
```

化简为

```
MYBOXES.description != box '((0,0), (1,1))'
```

如果给出了交换子操作符的名称，Postgres 会在目录中搜索它。如果找到了，而它自己还没有交换子，那么该交换子的条目就会被更新，把新创建的操作符作为其交换子。

这对求反器同样适用。

这样做的目的是允许定义两个互为交换子或互为求反器的操作符：第一个操作符应当不带交换子或求反器（视情况而定）先定义；定义第二个操作符时，把第一个指名为交换子或求反器，第一个就会作为副作用被更新。（从 Postgres 6.5 起，让两个操作符互相引用也可以。）

HASHES、SORT1 和 SORT2 选项的存在是为了支持查询优化器执行连接。Postgres 总是能通过迭代替换 [WONG76] 求一个连接的值（即处理一个由返回 boolean 的操作符分隔两个元组变量的子句）。此外，Postgres 还可以使用类似 [SHAP86] 的哈希连接算法；但它必须知道这一策略是否适用。当前的哈希连接算法只对表示相等测试的操作符是正确的；而且，数据类型的相等必须意味着类型表示的按位相等。（例如，一个包含对相等测试无关紧要的未用位的数据类型就不能做哈希连接。）HASHES 标志向查询优化器指明，此操作符可以安全地用于哈希连接。

类似地，两个排序操作符向查询优化器指明归并排序是否是可用的连接策略，以及应该用哪些操作符来排序两个操作数类。只应为相等操作符提供排序操作符，而且它们应分别指向左右两侧数据类型的小于操作符。

如果将来发现其他连接策略切实可行，Postgres 会修改优化器和运行时系统来使用它们，并在定义操作符时要求额外的说明。幸运的是，研究界并不经常发明新的连接策略，而用户自定义连接策略带来的额外通用性被认为不值得为之增加复杂度。

RESTRICT 和 JOIN 选项帮助查询优化器估算结果大小。如果限定条件中出现了形如：

```
MYBOXES.description <<< box '((0,0), (1,1))'
```

的子句，那么 Postgres 可能必须估算 MYBOXES 中满足该子句的实例比例。函数 *res\_proc* 必须是一个已注册的函数（即已用 CREATE FUNCTION 定义），它接受正确数据类型的参数并返回一个浮点数。查询优化器只需调用该函数，传入参数 ((0,0), (1,1))，再把结果乘以关系的大小，就得到预期的实例数。

类似地，当操作符的两个操作数都含有实例变量时，查询优化器必须估算所得连接的大小。函数 *join\_proc* 会返回另一个浮点数，把它乘以所涉及两个表的基数，就得到预期的结果大小。

函数

```
my_procedure_1 (MYBOXES.description, box '((0,0), (1,1))')
```

与操作符

```
MYBOXES.description === box '((0,0), (1,1))'
```

的区别在于：Postgres 会尝试优化操作符，并可在涉及操作符时决定使用索引来限制搜索空间。但系统不会尝试优化函数，函数是靠蛮力执行的。此外，函数可以有任意数量的参数，而操作符只能有一个或两个。



## 注意

更多信息参见 PostgreSQL 用户指南中关于操作符的章节。参见 `DROP OPERATOR` 以从数据库中删除用户定义的操作符。

## 用法

下面的命令为 `BOX` 数据类型定义一个新的操作符——面积相等：

```
CREATE OPERATOR == (
 LEFTARG = box,
 RIGHTARG = box,
 PROCEDURE = area_equal_procedure,
 COMMUTATOR = ==,
 NEGATOR = !=,
 RESTRICT = area_restriction_procedure,
 JOIN = area_join_procedure,
 HASHES,
 SORT1 = <<<,
 SORT2 = <<<
);
```

## 兼容性

### SQL92

`CREATE OPERATOR` 是 Postgres 的扩展。在 SQL92 中没有 `CREATE OPERATOR` 语句。

---

# CREATE RULE

CREATE RULE — 定义一条新规则

## 大纲

```
CREATE RULE name AS ON event
 TO object [WHERE condition]
 DO [INSTEAD] action
```

where *action* can be:

```
NOTHING
|
query
|
(query ; query ...)
|
[query ; query ...]
```

## 输入

*name*

要创建的规则的名称。

*event*

事件是 SELECT、UPDATE、DELETE 或 INSERT 之一。

*object*

Object 是 *table* 或 *table.column*。（目前，实际上只实现了 *table* 形式。）

*condition*

任意的 SQL 布尔条件表达式。条件表达式不能引用 *new* 和 *old* 之外的任何表。

*query*

组成 *action* 的一个或多个查询可以是任何 SQL 的 SELECT、INSERT、UPDATE、DELETE 或 NOTIFY 语句。

在 *condition* 和 *action* 中，可以使用特殊表名 *new* 和 *old* 来引用被引用表（即 *object*）中的值。*new* 在 ON INSERT 和 ON UPDATE 规则中有效，用于引用正在被插入或更新的新行。*old* 在 ON SELECT、ON UPDATE 和 ON DELETE 规则中有效，用于引用正在被选择、更新或删除的现有行。

## 输出

CREATE

规则成功创建时返回的消息。

## 描述

Postgres 的规则系统允许定义在对数据库表进行插入、更新或删除时所执行的替代动作。规则也用于实现表视图。

一条规则的语义是：当单个实例（行）被访问、插入、更新或删除时，会有一个旧实例（对于选择、更新和删除）和一个新实例（对于插入和更新）。给定事件类型和给定目标对象（表）的所有规则会被检查，顺序不确定。如果 `WHERE` 子句中指定的 `condition`（如果有）为真，该规则的 `action` 部分就会被执行。如果指定了 `INSTEAD`，`action` 会替代原始查询执行；否则，它在原始查询执行之前完成。在 `condition` 和 `action` 两部分中，旧实例和/或新实例中字段的值会替换到 `old.attribute-name` 和 `new.attribute-name` 上。

规则的 `action` 部分可以由一个或多个查询组成。要编写多个查询，需用圆括号或方括号包围它们。

这些查询会按指定的顺序执行（而对于一个对象上多条规则的执行顺序则没有任何保证）。`action` 也可以是 `NOTHING`，表示没有任何动作。因此，一条 `DO INSTEAD NOTHING` 规则会阻止原始查询的执行（当其条件为真时）；而一条 `DO NOTHING` 规则没有任何用处。

规则的 `action` 部分与触发激活它的用户命令使用相同的命令标识符和事务标识符执行。

## 注解

目前，`ON SELECT` 规则必须是无条件的 `INSTEAD` 规则，并且其动作必须由单个 `SELECT` 查询组成。因此，一条 `ON SELECT` 规则实际上会把对象表变为视图，其可见内容是该规则的 `SELECT` 查询返回的行，而不是表中原来存储的内容（如果有）。直接编写 `CREATE VIEW` 命令被认为比创建表并为其定义 `ON SELECT` 规则的风格更好。

要在一个表上定义规则，你必须拥有该表的规则定义权限。使用 `GRANT` 和 `REVOKE` 来更改权限。

避免循环规则非常重要。例如，尽管下面两条规则定义中的每一条都被 `Postgres` 接受，但 `select` 命令会导致 `Postgres` 报告错误，因为查询循环了太多次：

### 例 1. 循环重写规则组合的例子：

```
CREATE RULE bad_rule_combination_1 AS
 ON SELECT TO emp
 DO INSTEAD
 SELECT * FROM toyemp;
```

```
CREATE RULE bad_rule_combination_2 AS
 ON SELECT TO toyemp
 DO INSTEAD
 SELECT * FROM emp;
```

这个从 `EMP` 中选择的尝试会导致 `Postgres` 报错，因为这些查询循环了太多次：

```
SELECT * FROM emp;
```

## 兼容性

### SQL92

`CREATE RULE` 语句是 `Postgres` 的语言扩展。`SQL92` 中没有 `CREATE RULE` 语句。

---

# CREATE SEQUENCE

CREATE SEQUENCE — 创建一个新的序列号发生器

## 大纲

```
CREATE SEQUENCE seqname [INCREMENT increment]
 [MINVALUE minvalue] [MAXVALUE maxvalue]
 [START start] [CACHE cache] [CYCLE]
```

## 输入

*seqname*

要创建的序列的名称。

*increment*

INCREMENT *increment* 子句是可选的。正值将生成递增序列，负值生成递减序列。默认值为一（1）。

*minvalue*

可选子句 MINVALUE *minvalue* 决定序列可以生成的最小值。递增和递减序列的默认值分别是 1 和 -2147483647。

*maxvalue*

可选子句 MAXVALUE *maxvalue* 决定序列的最大值。递增和递减序列的默认值分别是 2147483647 和 -1。

*start*

可选的 START *start* 子句让序列可以从任何地方开始。默认起始值：递增序列为 *minvalue*，递减序列为 *maxvalue*。

*cache*

CACHE *cache* 选项使序列号可以预分配并存储在内存中以便更快访问。最小值为 1（一次只能生成一个值，即不缓存），这也是默认值。

CYCLE

可选的 CYCLE 关键字可以让序列在递增或递减序列分别达到 *maxvalue* 或 *minvalue* 时回绕。如果到达了限制，生成的下一个数将分别是 *minvalue* 或 *maxvalue*。

## 输出

CREATE

命令成功时返回的消息。

ERROR: Relation '*seqname*' already exists

指定的序列已存在。

ERROR: DefineSequence: MINVALUE (*start*) can't be >= MAXVALUE (*max*)

指定的起始值超出范围。

ERROR: DefineSequence: START value (*start*) can't be < MINVALUE (*min*)

指定的起始值超出范围。

ERROR: DefineSequence: MINVALUE (*min*) can't be >= MAXVALUE (*max*)

最小值和最大值不一致。

## 描述

CREATE SEQUENCE 将向当前数据库中输入一个新的序列号发生器。这包括创建并初始化一个名为 *seqname* 的新的单行表。该发生器将为发出命令的用户所有。

序列创建之后，可以用函数 `nextval('seqname')` 从序列获取一个新的数。函数 `currval('seqname')` 可用来确定当前会话中对指定序列最后一次调用 `nextval('seqname')` 所返回的数。函数 `setval('seqname', newvalue)` 可用来设置指定序列的当前值。下一次调用 `nextval('seqname')` 将返回给定的值加上序列增量。

Use a query like

```
SELECT * FROM seqname;
```

to examine the parameters of a sequence. As an alternative to fetching the parameters from the original definition as above, you can use

```
SELECT last_value FROM seqname;
```

to obtain the last value allocated by any backend.

为了避免从同一序列获取数字的并发事务被阻塞，`nextval` 操作从不回滚；也就是说，一旦取出了一个值，它就被视为已使用，即使执行 `nextval` 的事务随后中止也是如此。这意味着中止的事务可能在已赋值的序列中留下未使用的“空洞”。`setval` 操作也从不回滚。

### 小心

如果对一个将被多个后端并发使用的序列对象使用大于一的 `cache` 设置，可能得到意外的结果。每个后端会在一次访问序列对象期间分配并缓存若干连续的序列值，并相应地增大序列对象的 `last_value`。之后，该后端内接下来 `cache-1` 次 `nextval` 使用只是返回预分配的值，而不再接触共享对象。因此，当前会话中已分配但未使用的数字将会丢失。此外，虽然可以保证多个后端分配到互不相同的序列值，但综合考虑所有后端时，这些值可能不是按顺序生成的。（例如，`cache` 设为 10 时，后端 A 可能保留值 1..10 并返回 `nextval=1`，然后后端 B 可能保留值 11..20 并在后端 A 生成 `nextval=2` 之前返回 `nextval=11`。）因此，`cache` 设为一时，可以安全地假定 `nextval` 值是按顺序生成的；`cache` 设为大于一时，只应假定 `nextval` 的值互不相同，而不是纯粹按顺序生成的。另外，`last_value` 反映的是任何后端保留的最新值，无论它是否已被 `nextval` 返回。还有一点要考虑：在这种序列上执行的 `setval` 在其他后端用完它们缓存的预分配值之前不会被它们注意到。

## 注解

使用 `DROP SEQUENCE` 删除序列。

每个后端用自己的缓存存储预分配的数字。当前会话中已缓存但未使用的数字将会丢失，从而在序列中留下“空洞”。

## 用法

创建一个名为 `serial` 的递增序列，从 101 开始：

```
CREATE SEQUENCE serial START 101;
```

从该序列中选择下一个数：

```
SELECT NEXTVAL ('serial');
```

```
nextval

 114
```

在 INSERT 中使用该序列：

```
INSERT INTO distributors VALUES (NEXTVAL('serial'),'nothing');
```

在 COPY FROM 之后设置序列值：

```
CREATE FUNCTION distributors_id_max() RETURNS INT4
 AS 'SELECT max(id) FROM distributors'
 LANGUAGE 'sql';
BEGIN;
 COPY distributors FROM 'input_file';
 SELECT setval('serial', distributors_id_max());
END;
```

## 兼容性

### SQL92

`CREATE SEQUENCE` 是一种 Postgres 语言扩展。SQL92 中没有 `CREATE SEQUENCE` 语句。

---

# CREATE TABLE

CREATE TABLE — 创建一个新表

## 大纲

```
CREATE [TEMPORARY | TEMP] TABLE table_name (
 { column_name type [column_constraint [...]]
 | table_constraint } [, ...]
) [INHERITS (parent_table [, ...])]

where column_constraint can be:
[CONSTRAINT constraint_name]
{ NOT NULL | NULL | UNIQUE | PRIMARY KEY | DEFAULT value | CHECK (
 condition) |
 REFERENCES table [(column)] [MATCH FULL | MATCH PARTIAL]
 [ON DELETE action] [ON UPDATE action]
 [DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE] [INITIALLY DEFERRED | INITIALLY
 IMMEDIATE]
}

and table_constraint can be:
[CONSTRAINT constraint_name]
{ UNIQUE (column_name [, ...]) |
 PRIMARY KEY (column_name [, ...]) |
 CHECK (condition) |
 FOREIGN KEY (column_name [, ...]) REFERENCES table [(column
 [, ...])]
 [MATCH FULL | MATCH PARTIAL] [ON DELETE action] [ON
 UPDATE action]
 [DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE] [INITIALLY DEFERRED | INITIALLY
 IMMEDIATE]
}
```

## 输入

### TEMPORARY 或 TEMP

如果指定，则该表仅为本次会话创建，并在会话退出时自动删除。在临时表存在期间，（本会话中）同名的现有永久表不可见。  
在临时表上创建的任何索引也都会自动成为临时索引。

*table\_name*

要创建的新表的名称。

*column\_name*

要在新表中创建的列的名称。

*type*

列的类型。这可以包括数组说明符。有关数据类型和数组的更多信息，请参阅 PostgreSQL 用户指南。

*parent\_table*

可选的 INHERITS 子句指定一组表名，该表自动从中继承所有字段。

*constraint\_name*

列约束或表约束的可选名称。如果未指定，系统会生成一个名称。

*value*

列的默认值。详见 DEFAULT 子句。

*condition*

CHECK 子句指定完整性约束（测试），要使插入或更新操作成功，新行或更新后的行必须满足这些约束。每个约束都必须是一个产生布尔结果的表达式。  
出现在列定义中的条件只应引用该列的值，而作为表约束出现的条件可以引用多个列。

*table*

被外键约束引用的现有表的名称。

*column*

被外键约束引用的现有表中的列名。如果未指定，则假定使用现有表的主键。

*action*

一个关键字，指明外键约束被违反时要采取的动作。

## 输出

CREATE

表创建成功时返回的消息。

ERROR

表创建失败时返回的消息。通常还伴随一些描述性文字，例如：ERROR: Relation 'table' already exists，如果指定的表在数据库中已存在，就会在运行时出现该错误。

## 描述

CREATE TABLE 将向当前数据库中输入一个新的、初始为空的表。该表将由发出命令的用户“拥有”。

每个 *type* 可以是简单类型、复杂类型（集合）或数组类型。每个属性都可以指定为非空，并且都可以有默认值，默认值由 DEFAULT 子句指定。

### 注意

不强制同一属性内的数组维数一致。这一点在将来的版本中很可能会改变。

CREATE TABLE 还会自动创建一种数据类型，表示与该表一行对应的元组类型（结构类型）。因此，表不能与任何已有的数据类型同名。

一个表最多可以有 1600 列（实践中，由于元组长度限制，有效上限通常更低）。表不能与系统目录表同名。

## INHERITS 子句

INHERITS ( *parent\_table* [, ... ] )



可选的 `INHERITS` 子句指定一组表名，新表自动从中继承所有字段。如果同一字段名出现在多个父表中，除非这些父表中该字段的定义全部匹配，否则 `Postgres` 会报错。如果没有定义冲突，这些重复字段会合并为新表中的单个字段。

如果新表自己的字段列表中包含一个同时也是继承来的字段名，该声明也必须与继承字段匹配，并且字段定义会合并为一个。

同名的继承字段声明和新字段声明必须指定完全相同的数据类型，否则会报错。它们不必指定相同的约束——来自任何声明的所有约束都会合并在一起，并全部应用于新表。如果新表为该字段显式指定了默认值，该默认值将覆盖字段的继承声明中的任何默认值。否则，为该字段指定默认值的所有父表必须指定相同的默认值，否则将报错。

`Postgres` 会自动让新表继承其在继承层次中上方表上的函数；也就是说，如果创建继承自 `bar` 的表 `foo`，那么接受元组类型 `bar` 的函数也可以应用于 `foo` 的实例。（目前，这只对第一个或唯一的父表上的函数可靠地工作，对其他父表上的函数则不太可靠。）

## DEFAULT 子句

`DEFAULT value`

`DEFAULT` 子句为其所在列定义的列指定默认数据值。该值可以是任何不含变量的表达式（注意：不支持子选择，也不支持对当前表中其他列的交叉引用）。默认值的数据类型必须与列定义的数据类型匹配。

`DEFAULT` 表达式会用于任何未为该列指定值的 `INSERT` 操作。如果没有 `DEFAULT` 子句，则默认值为 `NULL`。

## 用法

```
CREATE TABLE distributors (
 name VARCHAR(40) DEFAULT 'luso films',
 did INTEGER DEFAULT NEXTVAL('distributors_serial'),
 modtime TIMESTAMP DEFAULT now()
);
```

上例为列 `name` 指定了一个字面常量默认值，并为列 `did` 安排了通过选择序列对象的下一个值来生成的默认值。`modtime` 的默认值将是该行插入时的时间。

值得注意的是

```
modtime TIMESTAMP DEFAULT 'now'
```

会产生一个很可能不是预期的结果：字符串 `'now'` 会被立即转换为一个时间戳值，因此 `modtime` 的默认值将总是表创建时的时间。把默认值指定为函数调用可以避免这一困难。

## 列约束

```
[CONSTRAINT constraint_name] {
 NULL | NOT NULL | UNIQUE | PRIMARY KEY | CHECK condition |
 REFERENCES reftable [(refcolumn)]
 [MATCH matchtype]
 [ON DELETE action]
 [ON UPDATE action]
 [[NOT] DEFERRABLE]
 [INITIALLY checktime] }
```

## 输入

*constraint\_name*

赋予约束子句的一个任意名称。

NULL

该列允许包含 NULL 值。这是默认情况。

NOT NULL

该列不允许包含 NULL 值。这等价于列约束 `CHECK (column NOT NULL)`。

UNIQUE

该列必须具有唯一值。在 Postgres 中，这是通过在该列上自动创建一个唯一索引来强制实现的。

PRIMARY KEY

该列是一个主键，这蕴含着其他表可以把该列当作行的唯一标识符来依赖。PRIMARY KEY 同时蕴含 UNIQUE 和 NOT NULL。详见 PRIMARY KEY。

*condition*

任意的布尔值约束条件。

## 描述

可选的约束子句指定约束（测试），要使插入或更新操作成功，新行或更新后的行必须满足这些约束。

约束是一条命名的规则：一个通过对在表上执行的 INSERT、UPDATE 或 DELETE 操作的结果加以限制，来帮助定义有效值集合的 SQL 对象。

定义完整性约束有两种方式：稍后讲述的表约束，以及这里讲述的列约束。

列约束是作为列定义的一部分定义的完整性约束，一旦创建，在逻辑上就成为表约束。可用的列约束有：

PRIMARY KEY  
REFERENCES  
UNIQUE  
CHECK  
NOT NULL

## NOT NULL 约束

[ CONSTRAINT *name* ] NOT NULL

NOT NULL 约束指定一条规则：一列只能包含非空值。这只是列约束，不允许作为表约束。

## 输出

*status*

ERROR: ExecAppend: Fail to add null value in not null attribute "column".

如果试图向一个带 NOT NULL 约束的列插入空值，就会在运行时出现该错误。

## 描述

## 用法

在表 `distributors` 上定义两个 NOT NULL 列约束，其中一个显式指定了名称：

```
CREATE TABLE distributors (
 did DECIMAL(3) CONSTRAINT no_null NOT NULL,
 name VARCHAR(40) NOT NULL
);
```

## UNIQUE 约束

```
[CONSTRAINT constraint_name] UNIQUE
```

## 输入

*constraint\_name*

赋予约束子句的一个任意名称。

## 输出

*status*

```
ERROR: Cannot insert a duplicate key into a unique index.
```

如果试图向一个列插入重复值，就会在运行时出现该错误。

## 描述

UNIQUE 约束指定一条规则：表中一个或多个不同列组成的一组只能包含唯一值。

被指定列的列定义不必包含 NOT NULL 约束就可以纳入 UNIQUE 约束。一个不带 NOT NULL 约束的列中有多个空值并不违反 UNIQUE 约束。（这偏离了 SQL92 的定义，但是一个更合乎常理的约定。详见兼容性一节。）

每个 UNIQUE 列约束所命名的列，必须与为该表定义的任何其他 UNIQUE 或 PRIMARY KEY 约束所命名的列集合不同。

### 注意

Postgres 会自动为每个 UNIQUE 约束创建一个唯一索引，以确保数据完整性。详见 CREATE INDEX。

## 用法

为 `name` 列定义一个 UNIQUE 约束：

```
CREATE TABLE distributors (
 did DECIMAL(3),
 name VARCHAR(40) UNIQUE
);
```

它等价于把以下内容指定为表约束：

```
CREATE TABLE distributors (
 did DECIMAL(3),
 name VARCHAR(40),
 UNIQUE(name)
);
```

## CHECK 约束

```
[CONSTRAINT constraint_name] CHECK (condition)
```

### 输入

*constraint\_name*

赋予约束子句的一个任意名称。

*condition*

任何产生布尔结果的合法条件表达式。

### 输出

*status*

```
ERROR: ExecAppend: rejected due to CHECK constraint "constraint_name".
```

如果试图向一个受 CHECK 约束约束的列插入非法值，就会在运行时出现该错误。

### 描述

CHECK 约束对列中允许的值指定一个通用限制。CHECK 约束也允许作为表约束。

CHECK 指定一个涉及一个表的某一列或多列的通用布尔表达式。当把该布尔表达式应用于一个新行的值时求值为 FALSE，则该新行将被拒绝。

目前，CHECK 表达式不能包含子选择，也不能引用当前行字段之外的变量。

SQL92 标准规定 CHECK 列约束只能引用它所作用的列；只有 CHECK 表约束才能引用多个列。Postgres 不强制这一限制。它对列 CHECK 约束和表 CHECK 约束一视同仁。

## PRIMARY KEY 约束

```
[CONSTRAINT constraint_name] PRIMARY KEY
```

### 输入

*constraint\_name*

赋予约束子句的一个任意名称。

### 输出

```
ERROR: Cannot insert a duplicate key into a unique index.
```

如果试图向一个受 PRIMARY KEY 约束约束的列插入重复值，就会在运行时出现该错误。

## 描述

PRIMARY KEY 列约束指定一个表的某一列只能包含唯一（非重复）的非 NULL 值。被指定列的定义不必包含显式的 NOT NULL 约束就可以纳入 PRIMARY KEY 约束。

一个表只能指定一个 PRIMARY KEY，无论是作为列约束还是表约束。

## 注解

Postgres 会自动创建一个唯一索引来确保数据完整性（见 CREATE INDEX 语句）。

PRIMARY KEY 约束所命名的列集合应当与为同一表定义的任何 UNIQUE 约束所命名的列集合不同，否则会导致等价索引的重复和不必要的额外运行时开销。不过，Postgres 并不特别禁止这样做。

## REFERENCES 约束

```
[CONSTRAINT constraint_name] REFERENCES reftable [(refcolumn)
]
 [MATCH matchtype]
 [ON DELETE action]
 [ON UPDATE action]
 [[NOT] DEFERRABLE]
 [INITIALLY checktime]
```

REFERENCES 约束指定一条规则：一个列的值会对照另一个列的值进行检查。REFERENCES 也可以作为 FOREIGN KEY 表约束的一部分来指定。

## 输入

*constraint\_name*

赋予约束子句的一个任意名称。

*reftable*

包含要对照检查的数据的表。

*refcolumn*

*reftable* 中要对照检查数据的列。如果未指定，则使用 *reftable* 的 PRIMARY KEY。

MATCH *matchtype*

共有三种匹配类型：MATCH FULL、MATCH PARTIAL，以及未指定时的默认匹配类型。MATCH FULL 不允许多列外键中的某一列为 NULL，除非所有外键列都为 NULL。默认的 MATCH 类型允许某些外键列为 NULL 而外键的其他部分不为 NULL。MATCH PARTIAL 目前不支持。

ON DELETE *action*

被引用表中被引用的行被删除时要执行的动作。有下列动作。

NO ACTION

如果违反外键则产生错误。这是默认值。

RESTRICT

与 NO ACTION 相同。

**CASCADE**

删除任何引用被删除行的行。

**SET NULL**

将引用列的值设置为 NULL。

**SET DEFAULT**

将引用列的值设置为它们的默认值。

**ON UPDATE *action***

被引用表中被引用的列被更新为新值时要执行的动作。如果行被更新了，但被引用的列没有变化，则不执行任何动作。有下列动作。

**NO ACTION**

如果违反外键则产生错误。这是默认值。

**RESTRICT**

与 NO ACTION 相同。

**CASCADE**

将引用列的值更新为被引用列的新值。

**SET NULL**

将引用列的值设置为 NULL。

**SET DEFAULT**

将引用列的值设置为它们的默认值。

**[ NOT ] DEFERRABLE**

这控制约束是否可以推迟到事务结束检查。如果为 DEFERRABLE，SET CONSTRAINTS ALL DEFERRED 将使外键只在事务结束时才被检查。NOT DEFERRABLE 是默认值。

**INITIALLY *checktime***

*checktime* 有两个可能的值，指定检查约束的默认时间。

**DEFERRED**

只在事务结束时检查约束。

**IMMEDIATE**

每条语句之后检查约束。这是默认值。

## 输出

***status***

ERROR: *name* referential integrity violation - key referenced from *table* not found in *reftable*

如果试图向一个列插入的值在被引用表中没有匹配的列，就会在运行时出现该错误。

## 描述

**REFERENCES** 列约束指定一个表的某一列只能包含与被引用表的被引用列中的值相匹配的值。

加入该列的值会按照给定的匹配类型，与被引用表和被引用列中的值进行匹配。此外，当被引用列的数据变化时，会对该列的匹配数据执行相应动作。

## 注解

目前 Postgres 只支持 MATCH FULL 和一个默认匹配类型。此外，被引用列应当是被引用表中某个 UNIQUE 约束的列，不过 Postgres 并不强制这一点。

## 表约束

```
[CONSTRAINT name] { PRIMARY KEY | UNIQUE } (column [, ...])
[CONSTRAINT name] CHECK (constraint)
[CONSTRAINT name] FOREIGN KEY (column [, ...])
 REFERENCES reftable [(refcolumn [, ...])]
 [MATCH matchtype]
 [ON DELETE action]
 [ON UPDATE action]
 [[NOT] DEFERRABLE]
 [INITIALLY checktime]
```

## 输入

*constraint\_name*

赋予约束子句的一个任意名称。

*column* [, ... ]

要为其定义唯一索引的列名，对于 PRIMARY KEY 还要加 NOT NULL 约束。

CHECK ( *constraint* )

一个将被作为约束求值的布尔表达式。

## 输出

表约束子句可能的输出与列约束子句相应部分的输出相同。

## 描述

表约束是定义在一个表的一列或多列上的完整性约束。“表约束”的四种变体是：

UNIQUE  
CHECK  
PRIMARY KEY  
FOREIGN KEY

## UNIQUE 约束

```
[CONSTRAINT constraint_name] UNIQUE (column [, ...])
```

## 输入

*constraint\_name*

赋予约束子句的一个任意名称。

*column*

表中某一列的名称。

## 输出

*status*

ERROR: Cannot insert a duplicate key into a unique index

如果试图向一个列插入重复值，就会在运行时出现该错误。

## 描述

UNIQUE 约束指定一条规则：表中一个或多个不同列组成的一组只能包含唯一值。UNIQUE 表约束的行为与列约束相同，只是它还能跨越多列。

更多细节见 UNIQUE 列约束一节。

## 用法

防止表 distributors 中出现重复行：

```
CREATE TABLE distributors (
 did DECIMAL(3),
 name VARCHAR(40),
 UNIQUE (did,name)
);
```

## PRIMARY KEY 约束

```
[CONSTRAINT constraint_name] PRIMARY KEY (column [, ...])
```

## 输入

*constraint\_name*

赋予约束子句的一个任意名称。

*column* [, ... ]

表中一列或多列的名称。

## 输出

*status*

ERROR: Cannot insert a duplicate key into a unique index.

如果试图向一个受 PRIMARY KEY 约束约束的列插入重复值，就会在运行时出现该错误。



## 描述

**PRIMARY KEY** 约束指定一条规则：表中一个或多个不同列组成的一组只能包含唯一（非重复）的非空值。被指定列的列定义不必包含 **NOT NULL** 约束就可以纳入 **PRIMARY KEY** 约束。

**PRIMARY KEY** 表约束与相应的列约束类似，只是它还能涵盖多列。

更多信息见 **PRIMARY KEY** 列约束一节。

## REFERENCES 约束

```
[CONSTRAINT constraint_name] FOREIGN KEY (column [, ...])
 REFERENCES reftable [(refcolumn [, ...])]
 [MATCH matchtype]
 [ON DELETE action]
 [ON UPDATE action]
 [[NOT] DEFERRABLE]
 [INITIALLY checktime]
```

**REFERENCES** 约束指定一条规则：一个列值或一组列值会对照另一个表中的值进行检查。

## 输入

*constraint\_name*

赋予约束子句的一个任意名称。

*column* [, ... ]

表中一列或多列的名称。

*reftable*

包含要对照检查的数据的表。

*referenced column* [, ... ]

*reftable* 中要对照检查数据的一列或多列。如果未指定，则使用 *reftable* 的 **PRIMARY KEY**。

**MATCH** *matchtype*

共有三种匹配类型：**MATCH FULL**、**MATCH PARTIAL**，以及未指定时的默认匹配类型。**MATCH FULL** 不允许多列外键中的某一列为 **NULL**，除非所有外键列都为 **NULL**。默认的 **MATCH** 类型允许某些外键列为 **NULL** 而外键的其他部分不为 **NULL**。**MATCH PARTIAL** 目前不支持。

**ON DELETE** *action*

被引用表中被引用的行被删除时要执行的动作。有下列动作。

**NO ACTION**

如果违反外键则产生错误。这是默认值。

**RESTRICT**

与 **NO ACTION** 相同。

**CASCADE**

删除任何引用被删除行的行。

**SET NULL**

将引用列的值设置为 NULL。

**SET DEFAULT**

将引用列的值设置为它们的默认值。

**ON UPDATE *action***

被引用表中被引用的列被更新为新值时要执行的动作。如果行被更新了，但被引用的列没有变化，则不执行任何动作。有下列动作。

**NO ACTION**

如果违反外键则产生错误。这是默认值。

**RESTRICT**

不允许更新被引用的行。

**CASCADE**

将引用列的值更新为被引用列的新值。

**SET NULL**

将引用列的值设置为 NULL。

**SET DEFAULT**

将引用列的值设置为它们的默认值。

**[ NOT ] DEFERRABLE**

这控制约束是否可以推迟到事务结束检查。如果为 DEFERRABLE，SET CONSTRAINTS ALL DEFERRED 将使外键只在事务结束时才被检查。NOT DEFERRABLE 是默认值。

**INITIALLY *checktime***

*checktime* 有两个可能的值，指定检查约束的默认时间。

**IMMEDIATE**

每条语句之后检查约束。这是默认值。

**DEFERRED**

只在事务结束时检查约束。

**输出**

*status*

ERROR: name referential integrity violation - key referenced from  
table not found in reftable

如果试图向一个列插入的值在被引用表中没有匹配的列，就会在运行时出现该错误。

**描述**

FOREIGN KEY 约束指定一条规则：表中一个或多个不同列组成的一组与被引用表中一组不同的列相关联。

FOREIGN KEY 表约束与相应的列约束类似，只是它还能涵盖多列。

更多信息见 FOREIGN KEY 列约束一节。

## 用法

创建表 films 和表 distributors:

```
CREATE TABLE films (
 code CHARACTER(5) CONSTRAINT firstkey PRIMARY KEY,
 title CHARACTER VARYING(40) NOT NULL,
 did DECIMAL(3) NOT NULL,
 date_prod DATE,
 kind CHAR(10),
 len INTERVAL HOUR TO MINUTE
);

CREATE TABLE distributors (
 did DECIMAL(3) PRIMARY KEY DEFAULT NEXTVAL('serial'),
 name VARCHAR(40) NOT NULL CHECK (name <> '')
);
```

创建一个带二维数组的表:

```
CREATE TABLE array (
 vector INT[][]
);
```

为表 films 定义一个 UNIQUE 表约束。UNIQUE 表约束可以定义在表的一列或多列上:

```
CREATE TABLE films (
 code CHAR(5),
 title VARCHAR(40),
 did DECIMAL(3),
 date_prod DATE,
 kind CHAR(10),
 len INTERVAL HOUR TO MINUTE,
 CONSTRAINT production UNIQUE(date_prod)
);
```

定义一个 CHECK 列约束:

```
CREATE TABLE distributors (
 did DECIMAL(3) CHECK (did > 100),
 name VARCHAR(40)
);
```

定义一个 CHECK 表约束:

```
CREATE TABLE distributors (
 did DECIMAL(3),
 name VARCHAR(40)
 CONSTRAINT con1 CHECK (did > 100 AND name > '')
);
```

为表 `films` 定义一个 PRIMARY KEY 表约束。PRIMARY KEY 表约束可以定义在表的一列或多列上：

```
CREATE TABLE films (
 code CHAR(5),
 title VARCHAR(40),
 did DECIMAL(3),
 date_prod DATE,
 kind CHAR(10),
 len INTERVAL HOUR TO MINUTE,
 CONSTRAINT code_title PRIMARY KEY(code,title)
);
```

为表 `distributors` 定义一个 PRIMARY KEY 列约束。PRIMARY KEY 列约束只能定义在表的一列上（下面两个示例是等价的）：

```
CREATE TABLE distributors (
 did DECIMAL(3),
 name CHAR VARYING(40),
 PRIMARY KEY(did)
);
```

```
CREATE TABLE distributors (
 did DECIMAL(3) PRIMARY KEY,
 name VARCHAR(40)
);
```

## 兼容性

### SQL92

除本地可见的临时表外，SQL92 还定义了 `CREATE GLOBAL TEMPORARY TABLE` 语句，以及一个可选的 `ON COMMIT` 子句：

```
CREATE GLOBAL TEMPORARY TABLE table (column type [
 DEFAULT value] [CONSTRAINT column_constraint] [, ...])
 [CONSTRAINT table_constraint] [ON COMMIT { DELETE |
 PRESERVE } ROWS]
```

对于临时表，`CREATE GLOBAL TEMPORARY TABLE` 语句命名一个对其他客户端可见的新表，并定义该表的列和约束。

`CREATE TEMPORARY TABLE` 的可选 `ON COMMIT` 子句指定每当执行 `COMMIT` 时是否清空临时表中的行。如果省略 `ON COMMIT` 子句，SQL92 规定默认为 `ON COMMIT DELETE ROWS`。但 Postgres 的行为总是类似于 `ON COMMIT PRESERVE ROWS`。

### UNIQUE 子句

SQL92 为 UNIQUE 指定了一些额外的能力：

表约束定义：

```
[CONSTRAINT constraint_name] UNIQUE (column [, ...])
 [{ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE }]
 [[NOT] DEFERRABLE]
```

列约束定义:

```
[CONSTRAINT constraint_name] UNIQUE
 [{INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE}]
 [[NOT] DEFERRABLE]
```

## NULL 子句

NULL “约束”（实际上是一个非约束）是 Postgres 对 SQL92 的扩展，加入它是为了与 NOT NULL 子句对称（并与某些其他 RDBMS 兼容）。由于它是任何列的默认情况，它的出现只是噪音。

```
[CONSTRAINT constraint_name] NULL
```

## NOT NULL 子句

SQL92 为 NOT NULL 指定了一些额外的能力:

```
[CONSTRAINT constraint_name] NOT NULL
 [{INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE}]
 [[NOT] DEFERRABLE]
```

## CONSTRAINT 子句

SQL92 为约束指定了一些额外的能力，并且还定义了断言和域约束。

### 注意

Postgres 尚不支持域和断言。

断言是一种特殊类型的完整性约束，与其他约束共享同一名字空间。不过，断言不一定像约束那样依赖于某个特定的表，因此 SQL-92 提供了 CREATE ASSERTION 语句作为定义约束的另一种方法:

```
CREATE ASSERTION name CHECK (condition)
```

域约束由 CREATE DOMAIN 或 ALTER DOMAIN 语句定义:

域约束:

```
[CONSTRAINT constraint_name] CHECK constraint
 [{INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE}]
 [[NOT] DEFERRABLE]
```

表约束定义:

```
[CONSTRAINT constraint_name] { PRIMARY KEY (column, ...) |
 FOREIGN KEY constraint | UNIQUE constraint | CHECK constraint }
 [{INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE}]
 [[NOT] DEFERRABLE]
```

列约束定义：

```
[CONSTRAINT constraint_name] { NOT NULL | PRIMARY KEY | FOREIGN
KEY constraint | UNIQUE | CHECK constraint }
 [{INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE}]
 [[NOT] DEFERRABLE]
```

一个 CONSTRAINT 定义可以按任意顺序包含一个可推迟性属性子句和/或一个初始约束模式子句。

NOT DEFERRABLE

该约束必须在每条语句结束时检查。SET CONSTRAINTS ALL DEFERRED 对这种类型的约束没有影响。

DEFERRABLE

这控制约束是否可以推迟到事务结束检查。如果使用了 SET CONSTRAINTS ALL DEFERRED，或者约束被设置为 INITIALLY DEFERRED，这将使外键只在事务结束时才被检查。

### 注意

SET CONSTRAINTS 只改变当前事务的外键约束模式。

INITIALLY IMMEDIATE

每条语句之后检查约束。这是默认值。

INITIALLY DEFERRED

只在事务结束时检查约束。

## CHECK 子句

SQL92 为表约束或列约束中的 CHECK 指定了一些额外的能力。

表约束定义：

```
[CONSTRAINT constraint_name] CHECK (VALUE condition)
 [{INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE}]
 [[NOT] DEFERRABLE]
```

列约束定义：

```
[CONSTRAINT constraint_name] CHECK (VALUE condition)
 [{INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE}]
 [[NOT] DEFERRABLE]
```

## PRIMARY KEY 子句

SQL92 为 PRIMARY KEY 指定了一些额外的能力：

表约束定义：

```
[CONSTRAINT constraint_name] PRIMARY KEY (column [, ...])
```

```
[{INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE}]
[[NOT] DEFERRABLE]
```

列约束定义:

```
[CONSTRAINT constraint_name] PRIMARY KEY
[{INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE}]
[[NOT] DEFERRABLE]
```

## 继承

通过 INHERITS 子句的多重继承是 Postgres 的语言扩展。SQL99（但不是 SQL92）用不同的语法和语义定义了单一继承。Postgres 尚不支持 SQL99 风格的继承。

---

# CREATE TABLE AS

CREATE TABLE AS — 根据 SELECT 的结果创建一个新表

## 大纲

```
CREATE [TEMPORARY | TEMP] TABLE table [(column [, ...])]
 AS select_clause
```

## 输入

TEMPORARY or TEMP

如果指定，该表只在本会话中创建，并且在会话退出时自动删除。当临时表存在时，同名的现有永久表（在本会话中）不可见。在临时表上创建的任何索引也自动是临时的。

*table*

要创建的新表的名称。该表必须不存在。不过，可以创建一个与现有永久表同名的临时表。

*column*

一列的名称。可以使用逗号分隔的列名列表指定多个列名。如果没有提供列名，则从 SELECT 查询的输出列名中取得。

*select\_clause*

一条有效的查询语句。允许语法的描述参阅 SELECT。

## 输出

可能的输出消息的摘要请参阅 CREATE TABLE 和 SELECT。

## 描述

CREATE TABLE AS 创建一个表并用一条 SELECT 命令计算出的数据填充它。表列具有与 SELECT 的输出列相关联的名称和数据类型（不过你可以通过给出列名的显式列表来覆盖 SELECT 的列名）。

CREATE TABLE AS 与创建视图有些相似，但两者实际上完全不同：它创建一个新表并且只对 SELECT 求值一次来初始地填充新表。新表不会跟踪 SELECT 源表的后续变化。相反，视图在每次被查询时都会重新求值给定的 SELECT。

这条命令在功能上等价于 SELECT INTO，但它更受推荐，因为它不太容易与 SELECT ... INTO 语法的其他用法混淆。



---

# CREATE TRIGGER

CREATE TRIGGER — 创建一个新的触发器

## 大纲

```
CREATE TRIGGER name { BEFORE | AFTER } { event [OR ...] }
ON table FOR EACH { ROW | STATEMENT }
EXECUTE PROCEDURE func (arguments)
```

## Inputs

*name*

现有触发器的名称。

*table*

表的名称。

*event*

INSERT、DELETE 或 UPDATE 之一。

*func*

一个用户提供的函数。

## Outputs

CREATE

触发器创建成功时返回此消息。

## 描述

CREATE TRIGGER 将把一个新触发器登记到当前数据库中。该触发器将与关系 *table* 关联，并执行指定的函数 *func*。

可以指定触发器在操作试图作用于元组之前（BEFORE，即约束检查和 INSERT、UPDATE 或 DELETE 尝试之前）引发，或在操作尝试之后（AFTER，例如约束检查完毕且 INSERT、UPDATE 或 DELETE 已完成之后）引发。如果触发器在事件之前引发，它可以跳过对当前元组的操作，或者修改被插入的元组（仅适用于 INSERT 和 UPDATE 操作）。如果触发器在事件之后引发，那么所有更改（包括最后一次插入、更新或删除）对触发器都是“可见”的。

更多信息参见 PostgreSQL 程序员指南中关于 SPI 和触发器的章节。

## 注意

CREATE TRIGGER 是一种 Postgres 语言扩展。

只有关系的所有者才能在该关系上创建触发器。

截至当前版本（v7.0），STATEMENT 触发器尚未实现。

关于如何移除触发器，参见 DROP TRIGGER。

## 用法

在向表 `films` 追加或更新行之前，检查指定的发行商代码是否存在于 `distributors` 表中：

```
CREATE TRIGGER if_dist_exists
 BEFORE INSERT OR UPDATE ON films FOR EACH ROW
 EXECUTE PROCEDURE check_primary_key ('did', 'distributors',
 'did');
```

在取消一个发行商或更新其代码之前，移除对表 `films` 的所有引用：

```
CREATE TRIGGER if_film_exists
 BEFORE DELETE OR UPDATE ON distributors FOR EACH ROW
 EXECUTE PROCEDURE check_foreign_key (1, 'CASCADE', 'did',
 'films', 'did');
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 `CREATE TRIGGER`。

上面的第二个例子也可以使用外键（`FOREIGN KEY`）约束来完成，如下所示：

```
CREATE TABLE distributors (
 did DECIMAL(3),
 name VARCHAR(40),
 CONSTRAINT if_film_exists
 FOREIGN KEY(did) REFERENCES films
 ON UPDATE CASCADE ON DELETE CASCADE
);
```

---

# CREATE TYPE

CREATE TYPE — 定义一种新的基本数据类型

## 大纲

```
CREATE TYPE typename (INPUT = input_function, OUTPUT = output_
function
 , INTERNALLENGTH = { internallength | VARIABLE }
[, EXTERNALLENGTH = { externallength | VARIABLE }]
[, DEFAULT = "default"]
[, ELEMENT = element] [, DELIMITER = delimiter]
[, SEND = send_function] [, RECEIVE = receive_function]
[, PASSEDBYVALUE]
[, ALIGNMENT = alignment]
[, STORAGE = storage]
)
```

## 输入

*typename*

要创建的类型名称。

*internallength*

一个字面值，指定新类型的内部长度。

*externallength*

一个字面值，指定新类型的外部（显示）长度。

*input\_function*

一个由 CREATE FUNCTION 创建的函数的名称，它把数据从外部形式转换为该类型的内部形式。

*output\_function*

一个由 CREATE FUNCTION 创建的函数的名称，它把数据从内部形式转换为适合显示的形式。

*element*

正在创建的类型是数组；该参数指定数组元素类型。

*delimiter*

数组元素的分隔符字符。

*default*

该数据类型的默认值。通常省略此项，使默认值为 NULL。

*send\_function*

一个由 CREATE FUNCTION 创建的函数的名称，它把该类型的数据转换为适合传输到另一台机器的形式。

*receive\_function*

一个由 CREATE FUNCTION 创建的函数的名称，它把该类型的数据从适合从另一台机器传输的形式转换为内部形式。

*alignment*

该数据类型的存储对齐要求。如果指定，必须是 'int4' 或 'double'; 默认为 'int4'。

*storage*

该数据类型的存储技术。如果指定，必须是 'plain'、'external'、'extended' 或 'main'; 默认为 'plain'。

## 输出

CREATE

类型创建成功时返回的消息。

## 描述

CREATE TYPE 允许用户向 Postgres 注册一种新的用户数据类型，供当前数据库使用。定义类型的用户将成为其所有者。 *typename* 是新类型的名称，在该数据库已定义的类型中必须唯一。

CREATE TYPE 要求在定义类型之前（用 create function）先注册两个函数。新基本类型的表示由 *input\_function* 决定，它把该类型的外部表示转换为为该类型定义的操作符和函数可用的内部表示。自然， *output\_function* 执行反向的转换。输入和输出函数都必须声明为接受一个或两个 "opaque" 类型的参数。

新的基本数据类型可以是定长的，这时 *internallength* 是一个正整数；也可以是变长的，这时 Postgres 假定新类型与 Postgres 内置的数据类型 "text" 具有相同的格式。要指明一个类型是变长的，把 *internallength* 设为 VARIABLE。外部表示用 *externallength* 关键字以类似的方式指定。

要指明一个类型是数组并指明它有数组元素，可以用 *element* 关键字指定数组元素的类型。例如，要定义一个 4 字节整数 ("int4") 的数组，指定

```
ELEMENT = int4
```

要指明该类型数组上使用的分隔符，可以把 *delimiter* 设为某个特定的字符。默认分隔符是逗号 (",")。

如果用户希望某个特定的位模式表示"数据不存在"，可以选择性地提供一个默认值。用 DEFAULT 关键字指定默认值。

可选参数 *send\_function* 和 *receive\_function* 用于请求 Postgres 服务的应用程序位于另一台机器上的情形。在这种情况下，Postgres 所在机器为该数据类型使用的格式可能与远程机器使用的格式不同。此时，服务器向客户端发送数据时把数据项转换为标准形式，而在服务器从客户端接收数据时从标准格式转换为机器特定的格式，是恰当的做法。如果不指定这两个函数，就假定该类型的内部格式在所有相关机器体系结构上都是可接受的。例如，单个字符从 Sun-4 传到 DECstation 不需要转换，但许多其他类型需要。

可选标志 PASSEDBYVALUE 表示使用该数据类型的操作符和函数应按值而不是按引用传递参数。注意，内部表示超过 4 字节的类型不能按值传递。

*storage* 关键字允许为变长数据类型选择存储策略（定长类型只允许 plain）。plain 对该数据类型禁用 TOAST：它总是内联存储且不压缩。extended 提供完整的 TOAST 能力：系

统会先尝试压缩较长的数据值，如果仍然太长，就把该值移出主表行。`external` 允许把值移出主表，但系统不会尝试压缩它。`main` 允许压缩，但不鼓励把值移出主表。（采用这种存储方法的数据项在实在没有其它办法让行放得下时仍可能被移出主表，但相比 `extended` 和 `external` 的数据项，它们会被优先保留在主表中。）

对于新的基本类型，用户可以使用本节描述的相应设施定义操作符、函数和聚合。

## 数组类型

存在两个广义的内置函数 `array_in` 和 `array_out`，用于快速创建变长数组类型。这些函数可用于任何现有 Postgres 类型的数组。

## 示例

这条命令创建 `box` 数据类型，然后在表定义中使用该类型：

```
CREATE TYPE box (INTERNALLENGTH = 8,
 INPUT = my_procedure_1, OUTPUT = my_procedure_2);
CREATE TABLE myboxes (id INT4, description box);
```

这条命令创建一个带整数元素的变长数组类型：

```
CREATE TYPE int4array (INPUT = array_in, OUTPUT = array_out,
 INTERNALLENGTH = VARIABLE, ELEMENT = int4);
CREATE TABLE myarrays (id int4, numbers int4array);
```

这条命令创建一个大对象类型并在表定义中使用它：

```
CREATE TYPE bigobj (INPUT = lo_filein, OUTPUT = lo_fileout,
 INTERNALLENGTH = VARIABLE);
CREATE TABLE big_objs (id int4, obj bigobj);
```

## 注意

类型名不能以下划线字符（"`_`"）开头，且长度只能是 31 个字符。这是因为 Postgres 会为每个基本类型悄悄创建一个数组类型，其名称由基本类型名前加下划线组成。

参见 `DROP TYPE` 以删除现有类型。

另请参阅 `CREATE FUNCTION`、`CREATE OPERATOR` 以及 PostgreSQL 程序员指南中关于大对象的章节。

## 兼容性

### SQL3

`CREATE TYPE` 是一个 SQL3 语句。

---

# CREATE USER

CREATE USER — 创建一个新数据库用户

## 大纲

```
CREATE USER username
 [WITH
 [SYSID uid]
 [PASSWORD 'password']]
 [CREATEDB | NOCREATEDB] [CREATEUSER | NOCREATEUSER]
 [IN GROUP groupname [, ...]]
 [VALID UNTIL 'abstime']
```

## 输入

*username*

用户的名称。

*uid*

SYSID 子句可以用来选择正被创建的用户 Postgres 用户 id。这些 ID 完全不必与 UNIX 用户 ID 相匹配，但有些人选择让这些数字保持一致。

如果没有指定，将默认使用已分配的最大用户 ID 加一。

*password*

设置用户的口令。如果你不打算使用口令认证，可以省略这个选项，否则该用户将无法连接到做了口令认证的服务器。关于如何设置认证机制的细节，见管理员指南中关于客户端认证的一章。

CREATEDB  
NOCREATEDB

这些子句定义用户创建数据库的能力。如果指定了 CREATEDB，将被定义的用户将被允许创建他自己的数据库。使用 NOCREATEDB 将拒绝用户创建数据库的能力。如果这个子句被省略，默认使用 NOCREATEDB。

CREATEUSER  
NOCREATEUSER

这些子句决定是否允许用户自己创建新用户。  
这个选项还会让该用户成为可以越过所有访问限制的超级用户。  
省略这个子句将把该用户的这个属性值设置为 NOCREATEUSER。

*groupname*

把该用户作为新成员插入其中的组的名称。

*abstime*

VALID UNTIL 子句设置一个绝对时间，超过该时间后用户的口令不再有效。如果省略这个子句，登录将永久有效。

## 输出

CREATE USER

命令成功完成时返回的消息。

## 描述

CREATE USER 将向一个 Postgres 实例添加一个新用户。关于管理用户和认证的信息，请参阅管理员指南。你必须是数据库超级用户才能使用这个命令。

使用 `ALTER USER` 更改用户的口令和权限，使用 `DROP USER` 删除一个用户。使用 `ALTER GROUP` 把用户添加到其他组中或从其他组中移除该用户。Postgres 附带一个脚本 `createuser`，它具有与这个命令相同的功能（事实上，它调用这个命令），但可以从命令 shell 运行。

## 用法

创建一个没有口令的用户：

```
CREATE USER jonathan
```

创建一个带口令的用户：

```
CREATE USER davide WITH PASSWORD 'jw8s0F4'
```

创建一个带口令的用户，其账号有效到 2001 年底。注意 2002 年到来一秒之后，该账号不再有效：

```
CREATE USER miriam WITH PASSWORD 'jw8s0F4' VALID UNTIL 'Jan 1 2002'
```

创建一个用户可以创建数据库的账号：

```
CREATE USER manuel WITH PASSWORD 'jw8s0F4' CREATEDB
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 CREATE USER 语句。

---

# CREATE VIEW

CREATE VIEW — 构造一个虚拟表

## 大纲

```
CREATE VIEW view AS SELECT query
```

## 输入

*view*

要创建的视图的名称。

*query*

一条 SQL 查询，它将提供视图的列和行。

关于有效参数的更多信息，参见 SELECT 语句。

## 输出

```
CREATE
```

视图创建成功时返回的消息。

```
ERROR: Relation 'view' already exists
```

如果指定的视图已存在于数据库中，就会出现这个错误。

```
NOTICE create: attribute named "column" has an unknown type
```

如果你不指定类型，创建出的视图就会带有一个未知类型的列。例如，下面的命令会产生一条警告：

```
CREATE VIEW vista AS SELECT 'Hello World'
```

而这条命令则不会：

```
CREATE VIEW vista AS SELECT text 'Hello World'
```

## 描述

CREATE VIEW 将定义一个表的一个视图。该视图不会被物理物化。具体来说，会自动生成一条查询重写检索规则来支持对视图的检索操作。

## 注意

目前视图是只读的。

使用 DROP VIEW 语句删除视图。

## 用法

创建一个由所有喜剧（Comedy）影片组成的视图：



```
CREATE VIEW kinds AS
 SELECT *
 FROM films
 WHERE kind = 'Comedy';
```

```
SELECT * FROM kinds;
```

| code<br>len    | title                     | did | date_prod  | kind   |
|----------------|---------------------------|-----|------------|--------|
| UA502<br>01:22 | Bananas                   | 105 | 1971-07-13 | Comedy |
| C_701<br>01:36 | There's a Girl in my Soup | 107 | 1970-06-11 | Comedy |

(2 rows)

## 兼容性

### SQL92

SQL92 为 CREATE VIEW 语句规定了一些额外的能力：

```
CREATE VIEW view [column [, ...]]
 AS SELECT expression [AS colname] [, ...]
 FROM table [WHERE condition]
 [WITH [CASCADE | LOCAL] CHECK OPTION]
```

完整 SQL92 命令的可选子句有：

#### CHECK OPTION

此选项与可更新视图有关。视图上的所有 INSERT 和 UPDATE 都会被检查，以确保数据满足定义视图的条件。如果不满足，更新将被拒绝。

#### LOCAL

在该视图上检查完整性。

#### CASCADE

在该视图以及任何依赖视图上检查完整性。如果既未指定 CASCADE 也未指定 LOCAL，则假定使用 CASCADE。

---

# DECLARE

DECLARE — 定义一个用于表访问的游标

## 大纲

```
DECLARE cursorname [BINARY] [INSENSITIVE] [SCROLL]
 CURSOR FOR query
 [FOR { READ ONLY | UPDATE [OF column [, ...]] }]
```

## 输入

*cursorname*

用于后续 FETCH 操作的游标的名称。

BINARY

使游标以二进制而不是文本格式获取数据。

INSENSITIVE

SQL92 关键字，表示从游标检索的数据应不受其他进程或游标的更新的影响。由于 Postgres 中游标操作发生在事务内，情况总是如此。这个关键字没有任何效果。

SCROLL

SQL92 关键字，表示每次 FETCH 操作可以检索多行。由于 Postgres 总是允许这样做，这个关键字没有任何效果。

*query*

一个提供将由该游标管理的行的 SQL 查询。关于有效参数的更多信息请参阅 SELECT 语句。

READ ONLY

SQL92 关键字，表示游标将以只读模式使用。由于这是 Postgres 中唯一可用的游标访问模式，这个关键字没有任何效果。

UPDATE

SQL92 关键字，表示游标将用于更新表。由于 Postgres 目前不支持游标更新，这个关键字会引发一条信息性错误消息。

*column*

要更新的列。由于 Postgres 目前不支持游标更新，UPDATE 子句会引发一条信息性错误消息。

## 输出

SELECT

SELECT 成功运行时返回的消息。

NOTICE: Closing pre-existing portal "*cursorname*"

如果在当前事务块中已经声明过同名游标，就会报告这条消息。之前的定义会被丢弃。

```
ERROR: DECLARE CURSOR may only be used in begin/end transaction blocks
```

如果游标不是在事务块内声明的，就会发生这个错误。

## 描述

DECLARE 允许用户创建游标，游标可用于从较大的查询中一次取出少量行。游标可以使用 FETCH 以文本或二进制格式返回数据。

普通游标以文本格式（ASCII 或其他编码方案，取决于 Postgres 后端的构建方式）返回数据。由于数据本来就是以二进制格式存储的，系统必须做一次转换来产生文本格式。此外，文本格式通常比对应的二进制格式更大。信息以文本形式返回后，客户端应用可能需要把它转换为二进制格式才能处理。BINARY 游标以本机二进制表示形式返回数据。

例如，如果一个查询从整数列返回值一，用默认游标会得到字符串 '1'，而用二进制游标会得到一个等于 control-A（'^A'）的 4 字节值。

使用 BINARY 游标应当小心。诸如 psql 这样的用户应用不识别二进制游标，并期望数据以文本格式返回。

字符串表示与体系结构无关，而二进制表示在不同的机器体系结构之间可能不同。Postgres 不为二进制游标解决字节序或表示问题。因此，如果你的客户端机器和服务端机器使用不同的表示（例如 "big-endian" 对 "little-endian"），你大概不想让数据以二进制格式返回。不过，二进制游标可能稍微高效一些，因为服务器到客户端数据传输中的转换开销更小。

### 提示

如果你想以 ASCII 显示数据，以 ASCII 取回它会省去客户端的一些工作。

## 注解

游标只在事务中可用。使用 BEGIN、COMMIT 和 ROLLBACK 来定义事务块。

在 SQL92 中，游标只在嵌入式 SQL（ESQL）应用中可用。Postgres 后端没有实现显式的 OPEN cursor 语句；游标在声明时即视为打开。不过，ecpg（Postgres 的嵌入式 SQL 预处理器）支持 SQL92 的游标约定，包括涉及 DECLARE 和 OPEN 语句的那些。

## 用法

声明一个游标：

```
DECLARE liahona CURSOR
 FOR SELECT * FROM films;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 只允许在嵌入式 SQL 和模块中使用游标。Postgres 允许交互式地使用游标。SQL92 允许嵌入式或模块游标更新数据库信息。所有 Postgres 游标都是只读的。BINARY 关键字是一种 Postgres 扩展。

---

# DELETE

DELETE — 从一个表中删除行

## 大纲

```
DELETE FROM [ONLY] table [WHERE condition]
```

## 输入

*table*

一个已存在表的名称。

*condition*

这是一个 SQL 选择查询，它返回要删除的行。

关于 WHERE 子句的进一步描述请参考 SELECT 语句。

## 输出

```
DELETE count
```

成功删除了项时返回的消息。*count* 是删除的行数。

如果 *count* 为 0，表示没有行被删除。

## 描述

DELETE 从指定表中删除满足 WHERE 子句的行。

如果省略 condition (WHERE 子句)，则删除表中的所有行。结果是一个有效但为空的表。

### 提示

TRUNCATE 是一个 Postgres 扩展，它提供了一种从表中删除所有行的更快机制。

默认情况下，DELETE 将删除指定表及其所有子表中的元组。如果只想更新提到的特定表，应该使用 ONLY 子句。

要修改一个表，你必须拥有对它的写权限，同时对 *condition* 中读取其值的任何表拥有读权限。

## 用法

删除除音乐剧外的所有电影：

```
DELETE FROM films WHERE kind <> 'Musical';
SELECT * FROM films;
```

```
code | title | did | date_prod | kind |
-----+-----+-----+-----+-----+

```

```
UA501 | West Side Story | 105 | 1961-01-03 | Musical |
02:32
TC901 | The King and I | 109 | 1956-08-11 | Musical |
02:13
WD101 | Bed Knobs and Broomsticks | 111 | | Musical |
01:57
(3 rows)
```

清空表 `films`:

```
DELETE FROM films;
SELECT * FROM films;
```

```
code | title | did | date_prod | kind | len
-----+-----+-----+-----+-----+-----
(0 rows)
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92允许定位式 DELETE 语句:

```
DELETE FROM table WHERE
 CURRENT OF cursor
```

其中 *cursor* 标识一个已打开的游标。Postgres中的交互式游标是只读的。

---

# DROP AGGREGATE

DROP AGGREGATE — 删除一个聚集函数的定义

## 大纲

```
DROP AGGREGATE name type
```

## 输入

*name*

一个已存在聚集函数的名称。

*type*

一个已存在聚集函数的输入数据类型，如果函数接受任意输入 datatype 则为 \*。（关于数据类型的更多信息请参考 PostgreSQL User's Guide。）

## 输出

DROP

命令成功时返回的消息。

```
ERROR: RemoveAggregate: aggregate 'agg' for 'name' does not exist
```

如果指定的聚集函数在数据库中不存在，就会出现这条消息。

## 描述

DROP AGGREGATE 将删除一个已存在的聚集定义。要执行这条命令，当前用户必须是该聚集函数的拥有者。

## 注意

使用 CREATE AGGREGATE 创建聚集函数。

## 用法

删除类型 int4 的 myavg 聚集函数：

```
DROP AGGREGATE myavg int4;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 DROP AGGREGATE 语句；这条语句是 Postgres 语言扩展。

---

# DROP DATABASE

DROP DATABASE — 删除一个现有数据库

## 大纲

```
DROP DATABASE name
```

## 输入

*name*

要删除的现有数据库的名称。

## 输出

```
DROP DATABASE
```

命令成功时返回此消息。

```
ERROR: user 'username' is not allowed to create/drop databases
```

你必须拥有特殊的 CREATEDB 权限才能删除数据库。见 CREATE USER。

```
ERROR: dropdb: cannot be executed on the template database
```

template1数据库不能被删除。删除它对你没有好处。

```
ERROR: dropdb: cannot be executed on an open database
```

你不能连接在你将要删除的数据库上。请改为连接到template1或任何其他数据库，然后再次运行这条命令。

```
ERROR: dropdb: database 'name' does not exist
```

如果指定的数据库不存在，就会出现此消息。

```
ERROR: dropdb: database 'name' is not owned by you
```

你必须是数据库的所有者。作为所有者通常也意味着它是你创建的。

```
ERROR: dropdb: May not be called in a transaction block.
```

你必须先完成进行中的事务，然后才能调用这条命令。

```
NOTICE: The database directory 'xxx' could not be removed.
```

数据库已被删除（除非还出现了其他错误消息），但存储数据的目录无法删除。你必须手动删除它。

## 描述

DROP DATABASE删除现有数据库的目录项并删除包含数据的目录。它只能由数据库所有者（通常是创建它的用户）执行。

## 注解

当连接到目标数据库时无法执行这条命令。因此，改用 shell 脚本dropdb可能更方便，它是这条命令的一个包装。

关于如何创建数据库的信息，请参阅 CREATE DATABASE。

## 兼容性

### SQL92

DROP DATABASE 语句是 Postgres 的语言扩展；SQL92 中没有这样的命令。



---

# DROP FUNCTION

DROP FUNCTION — 移除一个用户定义的 C 函数

## 大纲

```
DROP FUNCTION name ([type [, ...]])
```

## Inputs

*name*

现有函数的名称。

*type*

函数参数的类型。

## Outputs

DROP

命令成功完成时返回的消息。

```
NOTICE RemoveFunction: Function "name" ("types") does not exist
```

如果指定的函数在当前数据库中不存在，则给出此消息。

## 描述

DROP FUNCTION 将删除对现有 C 函数的引用。要执行此命令，用户必须是该函数的所有者。必须指定函数的输入参数类型，因为只有具有给定名称和参数类型的函数才会被删除。

## 注意

关于创建聚合函数的信息，参见 CREATE FUNCTION。

系统不会检查依赖该函数的类型、操作符或访问方法是否已被先行删除。

## 用法

此命令删除平方根函数：

```
DROP FUNCTION sqrt(int4);
```

## 兼容性

### SQL92

DROP FUNCTION 是一种 Postgres 语言扩展。

### SQL/PSM

SQL/PSM 是一个实现函数可扩展性的标准。SQL/PSM 的 DROP FUNCTION 语句语法如下：

```
DROP [SPECIFIC] FUNCTION name { RESTRICT | CASCADE }
```

---

# DROP GROUP

DROP GROUP — 移除一个组

## 大纲

```
DROP GROUP name
```

## 输入

*name*

现有组的名称。

## 输出

```
DROP GROUP
```

组成功删除时返回的消息。

## 描述

DROP GROUP 从数据库中移除指定的组。组中的用户不会被删除。

使用 CREATE GROUP 添加新组，使用 ALTER GROUP 更改组的成员。

## 用法

删除一个组：

```
DROP GROUP staff;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 DROP GROUP。

---

# DROP INDEX

DROP INDEX — 从数据库中移除现有索引

## 大纲

```
DROP INDEX index_name [, ...]
```

## 输入

*index\_name*

要移除的索引的名称。

## 输出

DROP

命令成功完成时返回的消息。

```
ERROR: index "index_name" does not exist
```

如果 *index\_name* 不是数据库中的一个索引，就会出现这条消息。

## 描述

DROP INDEX 从数据库系统中删除一个现有的索引。要执行这个命令，你必须是指定索引的拥有者。

## 注意

DROP INDEX 是一种 Postgres 语言扩展。

关于如何创建索引的信息，请参阅 CREATE INDEX。

## 用法

这条命令将移除 `title_idx` 索引：

```
DROP INDEX title_idx;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 定义了访问通用关系数据库的命令。索引是一种实现相关的特性，因此 SQL92 语言中没有索引特定的命令或定义。

---

# DROP LANGUAGE

DROP LANGUAGE — 移除一个用户定义的过程语言

## 大纲

```
DROP [PROCEDURAL] LANGUAGE 'name'
```

## 输入

*name*

现有过程语言的名称。

## 输出

DROP

语言成功删除时返回此消息。

```
ERROR: Language "name" doesn't exist
```

如果数据库中没有名为 *name* 的语言，就会出现这条消息。

## 描述

DROP PROCEDURAL LANGUAGE 将删除此前注册的名为 *name* 的过程语言的定义。

## 注意

DROP PROCEDURAL LANGUAGE 语句是一种 Postgres 语言扩展。

关于如何创建过程语言的信息，参见 CREATE LANGUAGE。

系统不会检查是否有使用该语言注册的函数或触发器过程仍然存在。  
为了不删除并重建全部函数就能重新启用它们，必须把这些函数在 pg\_proc 中的 prolang 属性调整为为该 PL 重建的 pg\_language 条目的新对象 ID。

## 用法

这条命令删除 PL/Sample 语言：

```
DROP PROCEDURAL LANGUAGE 'plsample';
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 DROP PROCEDURAL LANGUAGE。

---

# DROP OPERATOR

DROP OPERATOR — 从数据库中移除一个操作符

## 大纲

```
DROP OPERATOR id (lefttype | NONE , righttype | NONE)
```

## 输入

*id*

现有操作符的标识符。

*lefttype*

操作符左参数的类型；如果操作符没有左参数，写 NONE。

*righttype*

操作符右参数的类型；如果操作符没有右参数，写 NONE。

## 输出

DROP

命令成功时返回的消息。

```
ERROR: RemoveOperator: binary operator 'oper' taking 'type' and 'type2' does not exist
```

如果指定的二元操作符不存在，就会出现这条消息。

```
ERROR: RemoveOperator: left unary operator 'oper' taking 'type' does not exist
```

如果指定的左一元操作符不存在，就会出现这条消息。

```
ERROR: RemoveOperator: right unary operator 'oper' taking 'type' does not exist
```

如果指定的右一元操作符不存在，就会出现这条消息。

## 描述

DROP OPERATOR 从数据库中删除一个现有的操作符。要执行此命令，你必须是该操作符的所有者。

左一元或右一元操作符的左类型或右类型必须相应地指定为 NONE。

## 注意

DROP OPERATOR 语句是一种 Postgres 语言扩展。

关于如何创建操作符的信息，参见 CREATE OPERATOR。

删除任何依赖被删操作符的访问方法和操作符类是用户的责任。

## 用法

移除 `int4` 的幂操作符 `a^n`：

```
DROP OPERATOR ^ (int4, int4);
```

移除布尔值的左一元取反操作符 (`! b`)：

```
DROP OPERATOR ! (none, bool);
```

移除 `int4` 的右一元阶乘操作符 (`i !`)：

```
DROP OPERATOR ! (int4, none);
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 `DROP OPERATOR`。

---

# DROP RULE

DROP RULE — 从数据库中删除已存在的规则

## 大纲

```
DROP RULE name [, ...]
```

## 输入

*name*

要删除的已存在规则的名称。

## 输出

DROP

成功时返回的消息。

```
ERROR: Rule or view "name" not found
```

如果指定的规则不存在，就会出现这条消息。

## 描述

DROP RULE 从指定的 Postgres 规则系统中删除一个规则。Postgres 会立即停止强制执行该规则，并从系统目录中清除其定义。

## 注意

DROP RULE 语句是一种 Postgres 语言扩展。

关于如何创建规则的信息，请参考 CREATE RULE。

规则一旦被删除，对该规则所写入的历史信息的访问可能会随之消失。

## 用法

删除重写规则 *newrule*:

```
DROP RULE newrule;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 DROP RULE。



---

# DROP SEQUENCE

DROP SEQUENCE — 从数据库中移除现有序列

## 大纲

```
DROP SEQUENCE name [, ...]
```

## 输入

*name*

序列的名称。

## 输出

DROP

序列被成功删除时返回的消息。

```
ERROR: sequence "name" does not exist
```

指定的序列不存在时出现这条消息。

## 描述

DROP SEQUENCE 从数据库中移除序列号生成器。在当前把序列实现为特殊表的方式下，它的工作方式与 DROP TABLE 语句一样。

## 注意

DROP SEQUENCE 语句是一种 Postgres 语言扩展。

关于如何创建序列的信息，请参阅 CREATE SEQUENCE 语句。

## 用法

要从数据库中移除序列 `serial`：

```
DROP SEQUENCE serial;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 DROP SEQUENCE。

---

# DROP TABLE

DROP TABLE — 从数据库中删除已存在的表

## 大纲

```
DROP TABLE name [, ...]
```

## 输入

*name*

要删除的已存在表的名称。

## 输出

DROP

命令成功完成时返回的消息。

```
ERROR: table "name" does not exist
```

如果指定的表在数据库中不存在。

## 描述

DROP TABLE 从数据库中删除表。只有表的拥有者才能删除它。一个表可以通过使用 DELETE 清空行，而不被删除。

如果被删除的表上有二级索引，会先删除它们。  
只删除一个二级索引不会影响底层表的内容。

## 注意

关于如何创建或修改表的信息，请参考 CREATE TABLE 和 ALTER TABLE。

## 用法

删除两个表 `films` 和 `distributors`：

```
DROP TABLE films, distributors;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 为 DROP TABLE 规定了一些额外的能力：

```
DROP TABLE table { RESTRICT | CASCADE }
```

RESTRICT

保证只有没有任何依赖视图或完整性约束的表才能被删除。

## CASCADE

所有引用它的视图或完整性约束也将被删除。

### 提示

目前，要删除一个被引用的视图，必须显式删除它。

---

# DROP TRIGGER

DROP TRIGGER — 移除一个触发器的定义

## 大纲

```
DROP TRIGGER name ON table
```

## 输入

*name*

一个现有触发器的名称。

*table*

一个表的名称。

## 输出

DROP

触发器被成功删除时返回的消息。

```
ERROR: DropTrigger: there is no trigger name on relation "table"
```

指定的触发器不存在时出现这条消息。

## 描述

DROP TRIGGER 将移除对一个现有的触发器定义的所有引用。要执行这个命令当前用户必须是该触发器的拥有者。

## 注意

DROP TRIGGER 是一种 Postgres 语言扩展。

关于如何创建触发器的信息，请参阅 CREATE TRIGGER。

## 用法

销毁表 `films` 上的 `if_dist_exists` 触发器：

```
DROP TRIGGER if_dist_exists ON films;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 DROP TRIGGER 语句。

---

# DROP TYPE

DROP TYPE — 从系统目录中移除用户定义的类型

## 大纲

```
DROP TYPE typename [, ...]
```

## 输入

*typename*

现有类型的名称。

## 输出

DROP

命令成功时返回的消息。

```
ERROR: RemoveType: type 'typename' does not exist
```

如果找不到指定的类型，就会出现这条消息。

## 描述

DROP TYPE 将从系统目录中删除一个用户类型。

只有类型的所有者才能删除它。

## 注意

DROP TYPE 语句是一种 Postgres 语言扩展。

关于如何创建类型的信息，参见 CREATE TYPE。

删除任何使用被删类型的操作符、函数、聚合、访问方法、子类型和表是用户的责任。

如果删除了内置类型，后端的行为将不可预料。

## 用法

要删除 box 类型：

```
DROP TYPE box;
```

## 兼容性

### SQL3

DROP TYPE 是一个 SQL3 语句。

---

# DROP USER

DROP USER — 删除一个用户

## 大纲

DROP USER *name*

## 输入

*name*

一个已存在用户的名称。

## 输出

DROP USER

成功删除用户时返回的消息。

ERROR: DROP USER: user "*name*" does not exist

用户名未找到时出现此消息。

DROP USER: user "*name*" owns database "*name*", cannot be removed

你必须先删除该数据库或更改其所有权。

## 描述

DROP USER 从数据库中删除指定的用户。它不会删除该用户拥有的表、视图或其他对象。如果该用户拥有任何数据库，则会得到一个错误。

使用 CREATE USER 来添加新用户，使用 ALTER USER 来更改用户的属性。Postgres 附带一个脚本 dropuser，它与这条命令功能相同（实际上它调用的就是这条命令），但可以在命令 shell 中运行。

## 用法

删除一个用户账户：

```
DROP USER jonathan;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 DROP USER。

---

# DROP VIEW

DROP VIEW — 从数据库中删除现有视图

## 大纲

```
DROP VIEW name [, ...]
```

## 输入

*name*

现有视图的名称。

## 输出

DROP

命令成功时返回的消息。

```
ERROR: view name does not exist
```

如果指定的视图在数据库中不存在，就会出现此消息。

## 描述

DROP VIEW从数据库中删除一个现有视图。要执行这条命令，你必须是该视图的所有者。

## 注解

关于如何创建视图的信息，请参阅 CREATE VIEW命令。

## 用法

这条命令将删除名为*kinds*的视图：

```
DROP VIEW kinds;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92为DROP VIEW规定了一些额外的能力：

```
DROP VIEW view { RESTRICT | CASCADE }
```

## 输入

RESTRICT

确保只有没有依赖视图或完整性约束的视图才能被销毁。

CASCADE

所有引用它的视图和完整性约束也将被删除。

## 注解

目前，要从Postgres数据库中删除一个被引用的视图，你必须显式地删除它。



---

# END

END — 提交当前的事务

## 大纲

```
END [WORK | TRANSACTION]
```

## 输入

```
WORK
TRANSACTION
```

可选的关键字。它们没有效果。

## 输出

```
COMMIT
```

事务被成功提交时返回的消息。

```
NOTICE: COMMIT: no transaction in progress
```

如果没有正在进行的事务。

## 描述

END 是一种 Postgres 扩展，是 SQL92 兼容的 COMMIT 的同义词。

## 注意

关键字 WORK 和 TRANSACTION 是噪声词，可以省略。

使用 ROLLBACK 中止一个事务。

## 用法

要使所有更改永久化：

```
END WORK;
```

## 兼容性

### SQL92

END 是一种提供与 COMMIT 等价功能的 PostgreSQL 扩展。

---

# EXPLAIN

EXPLAIN — 显示语句的执行计划

## 大纲

```
EXPLAIN [VERBOSE] query
```

## 输入

VERBOSE

显示详细查询计划的标志。

*query*

任何*query*。

## 输出

NOTICE: QUERY PLAN: *plan*

来自Postgres后端的显式查询计划。

EXPLAIN

查询计划显示完毕后发出的标志。

## 描述

这条命令显示 Postgres 规划器为给定查询生成的执行计划。执行计划显示查询引用的表将被如何扫描——用普通的顺序扫描、索引扫描等——以及当引用多个表时，将使用什么连接算法把每个输入表中所需的元组汇集到一起。

显示中最关键的部分是估计的查询执行代价，即规划器对运行该查询所需时间的猜测（以磁盘页获取次数为单位度量）。实际上会显示两个数字：返回第一个元组之前的启动时间，以及返回所有元组的总时间。对大多数查询来说，总时间才是重要的，但在诸如 EXISTS 子查询这样的上下文中，规划器会选择最小的启动时间而不是最小的总时间（因为执行器在取到一个元组后无论如何都会停止）。另外，如果你用 LIMIT 子句限制返回的元组数，规划器会在端点代价之间做适当的插值，来估计哪个计划实际上最便宜。

VERBOSE 选项输出计划树的完整内部表示，而不仅仅是一个摘要（并且也会发送到 postmaster 日志文件）。通常这个选项只对调试 Postgres 有用。

## 注解

关于优化器在Postgres中对代价信息的使用，目前只有很少的文档。关于查询优化的代价估计的一般信息可以在数据库教科书中找到。更多信息请参阅程序员指南中关于索引和遗传查询优化器的章节。

## 用法

要显示对一个只有单个int4列和 128 行的表的简单查询的查询计划：

```
EXPLAIN SELECT * FROM foo;
```

NOTICE: QUERY PLAN:

Seq Scan on foo (cost=0.00..2.28 rows=128 width=4)

EXPLAIN

对于同一个表，如果有一个支持查询上等值连接条件的索引，EXPLAIN 将显示一个不同的计划：

```
EXPLAIN SELECT * FROM foo WHERE i = 4;
```

NOTICE: QUERY PLAN:

Index Scan using fi on foo (cost=0.00..0.42 rows=1 width=4)

EXPLAIN

最后，对于同一个表，如果有支持查询上等值连接条件的索引，EXPLAIN 对使用聚合函数的查询将显示如下内容：

```
EXPLAIN SELECT sum(i) FROM foo WHERE i = 4;
```

NOTICE: QUERY PLAN:

Aggregate (cost=0.42..0.42 rows=1 width=4)

-> Index Scan using fi on foo (cost=0.00..0.42 rows=1 width=4)

注意，这里显示的具体数字、甚至被选中的查询策略都可能随 Postgres 版本因规划器的改进而变化。

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有定义EXPLAIN语句。

---

# FETCH

FETCH — 使用游标获取行

## 大纲

```
FETCH [direction] [count] { IN | FROM } cursor
FETCH [FORWARD | BACKWARD | RELATIVE] [# | ALL | NEXT | PRIOR]
 { IN | FROM } cursor
```

## 输入

*direction*

*selector* 定义提取方向。它可以是下列之一：

**FORWARD**

提取下一个（或下一些）行。如果省略 *selector*，这是默认值。

**BACKWARD**

提取前一个（或前一些）行。

**RELATIVE**

为兼容 SQL92 而存在的噪声词。

*count*

*count* 决定提取多少行。它可以是下列之一：

**#**

一个有符号整数，指定要提取多少行。注意，负整数等价于反转 **FORWARD** 和 **BACKWARD** 的方向。

**ALL**

检索所有剩余的行。

**NEXT**

等价于指定数量 1。

**PRIOR**

等价于指定数量 -1。

*cursor*

一个已打开游标的名称。

## 输出

FETCH 返回由指定游标定义的查询的结果。如果查询失败，将返回下列消息：

```
NOTICE: PerformPortalFetch: portal "cursor" not found
```

如果 *cursor* 此前未被声明。游标必须在事务块内声明。

NOTICE: FETCH/ABSOLUTE not supported, using RELATIVE

Postgres不支持游标的绝对定位。

ERROR: FETCH/RELATIVE at current position is not supported

SQL92允许使用语法

```
FETCH RELATIVE 0 FROM cursor.
```

反复检索游标"当前位置"上的行。

Postgres目前不支持这一概念；实际上，值零被保留用来表示要检索所有行，等价于指定 ALL 关键字。如果使用了 RELATIVE 关键字，Postgres 假定用户想要的是 SQL92行为，并返回这条错误消息。

## 描述

FETCH允许用户使用游标检索行。检索的行数由 # 指定。如果游标中剩余的行数少于 #，则只提取那些可用的行。用关键字 ALL 代替数字将检索游标中所有剩余的行。可以沿 FORWARD 和 BACKWARD 两个方向提取行。默认方向是 FORWARD。

### 提示

行数允许指定为负数。负数等价于反转 FORWARD 和 BACKWARD 关键字的方向。例如，FORWARD -1与BACKWARD 1相同。

## 注意

注意，FORWARD 和 BACKWARD 关键字是 Postgres扩展。也支持 SQL92语法，即命令的第二种形式。关于兼容性问题的细节见下文。

Postgres不支持通过游标更新数据，因为把游标更新映射回基表通常不可行，VIEW 更新也是同样的情况。因此，用户必须发出显式的 UPDATE 命令来替换数据。

游标只能在事务内部使用，因为它们保存的数据跨越用户的多次查询。

使用 MOVE 改变游标位置。DECLARE 定义游标。关于事务的更多信息，请参阅 BEGIN、COMMIT 和 ROLLBACK。

## 用法

下面的例子使用游标遍历一个表。

```
-- Set up and use a cursor:
```

```
BEGIN WORK;
DECLARE liahona CURSOR FOR SELECT * FROM films;
```

```
-- Fetch first 5 rows in the cursor liahona:
FETCH FORWARD 5 IN liahona;
```

| code  | title | did   | date_prod | kind  |
|-------|-------|-------|-----------|-------|
| len   |       |       |           |       |
| ----- | +     | ----- | +         | ----- |
| ----  |       |       |           |       |

```

BL101 | The Third Man | 101 | 1949-12-23 | Drama |
01:44
BL102 | The African Queen | 101 | 1951-08-11 | Romantic |
01:43
JL201 | Une Femme est une Femme | 102 | 1961-03-12 | Romantic |
01:25
P_301 | Vertigo | 103 | 1958-11-14 | Action |
02:08
P_302 | Becket | 103 | 1964-02-03 | Drama |
02:28

-- Fetch previous row:
FETCH BACKWARD 1 IN liahona;

 code | title | did | date_prod | kind | len
-----+-----+-----+-----+-----+-----
P_301 | Vertigo | 103 | 1958-11-14 | Action | 02:08

-- close the cursor and commit work:

CLOSE liahona;
COMMIT WORK;

```

## 兼容性

### SQL92

#### 注意

游标的非嵌入式使用是Postgres 扩展。这里把游标的语法和用法与SQL92 定义的嵌入式游标形式相比较。

SQL92允许 FETCH 绝对定位游标，并允许把结果放入显式变量：

```

FETCH ABSOLUTE #
 FROM cursor
 INTO :variable [, ...]

```

#### ABSOLUTE

游标应被定位到指定的绝对行号。Postgres 中的所有行号都是相对编号，因此不支持这一能力。

:variable

目标主变量。

---

# GRANT

GRANT — 把访问权限授予一个用户、一个组或所有用户

## 大纲

```
GRANT privilege [, ...] ON object [, ...]
 TO { PUBLIC | GROUP group | username }
```

## 输入

*privilege*

可能的权限有：

SELECT

访问指定表/视图的所有列。

INSERT

向指定表的所有列插入数据。

UPDATE

更新指定表的所有列。

DELETE

从指定表中删除行。

RULE

在表/视图上定义规则（见 CREATE RULE 语句）。

ALL

授予所有权限。

*object*

要授予访问权限的对象的名称。可能的对象有：

- table
- view
- sequence

PUBLIC

代表所有用户的简写形式。

GROUP *group*

被授予权限的一个组 *group*。

*username*

被授予权限的用户的名称。PUBLIC 是代表所有用户的简写形式。

## 输出

CHANGE

如果成功则返回此消息。

ERROR: ChangeAcl: class "object" not found

如果指定的对象不可用，或者无法把权限授予指定的组或用户，则返回此消息。

## 描述

GRANT 允许对象的创建者把特定权限授予所有用户（PUBLIC）或某个用户或组。除非创建者在对象创建之后 GRANT 权限，除创建者之外的用户没有任何访问权限。

一旦用户拥有了对象上的某个权限，他就能行使该权限。无需向对象的创建者 GRANT 权限，创建者自动持有所有权限，并且也可以删除对象。

## 注意

目前，在Postgres中要只对少数几个列授予权限，必须创建一个包含所需列的视图，然后把权限授予该视图。

使用psql \z获取现有对象上权限的更多信息：

```

Database = lusitania
+-----+-----+
-+ | Relation | Grant/Revoke Permissions |
| +-----+-----+
-+ | mytable | {"=rw","miriam=arwR","group todos=rw"} |
| +-----+-----+
-+
Legend:
 uname=arwR -- privileges granted to a user
 group gname=arwR -- privileges granted to a GROUP
 =arwR -- privileges granted to PUBLIC

 r -- SELECT
 w -- UPDATE/DELETE
 a -- INSERT
 R -- RULE
 arwR -- ALL

```

参阅 REVOKE 语句来撤销访问权限。

## 用法

把表 films 上的插入权限授予所有用户：

```
GRANT INSERT ON films TO PUBLIC;
```

把视图 kinds 上的所有权限授予用户 manuel：



```
GRANT ALL ON kinds TO manuel;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92的 GRANT 语法允许为表中的单个列设置权限，也允许设置把相同权限授予他人的权限：

```
GRANT privilege [, ...]
 ON object [(column [, ...])] [, ...]
 TO { PUBLIC | username [, ...] } [WITH GRANT OPTION]
```

各字段与Postgres实现中的兼容，并有下列补充：

*privilege*

SQL92允许指定额外的权限：

SELECT

REFERENCES

允许在完整性约束中引用指定表/视图的部分或全部列。

USAGE

允许使用域、字符集、排序规则或转换。如果对象指定的不是表/视图，*privilege* 必须只指定 USAGE。

*object*

[ TABLE ] *table*

SQL92允许额外的无功能关键字TABLE。

CHARACTER SET

允许使用指定的字符集。

COLLATION

允许使用指定的排序序列。

TRANSLATION

允许使用指定的字符集转换。

DOMAIN

允许使用指定的域。

WITH GRANT OPTION

允许把相同的权限授予他人。

---

# INSERT

INSERT — 向一个表中插入新行

## 大纲

```
INSERT INTO table [(column [, ...])]
 { DEFAULT VALUES | VALUES (expression [, ...]) | SELECT query }
;
```

## 输入

*table*

一个已存在表的名称。

*column*

*table* 中一个列的名称。

DEFAULT VALUES

所有列都将用 NULL 或创建表时用 DEFAULT 子句指定的值填充。

*expression*

要赋予 *column* 的一个有效表达式或值。

*query*

一个有效的查询。有效参数的进一步描述请参考 SELECT 语句。

## 输出

INSERT *oid* 1

只插入了一行时返回的消息。→ *oid* 是被插入行的数字 OID。

INSERT 0 #

插入了多行时返回的消息。→ # 是插入的行数。

## 描述

INSERT 允许我们向一个表中插入新行。可以一次插入一行，也可以插入一个查询结果的多个行。目标列表中的列可以按任意顺序列出。

目标列表中没有出现的每个列将使用默认值插入，即声明的 DEFAULT 值或 NULL。如果向声明为 NOT NULL 的列插入 NULL，Postgres 将拒绝这个新列。

如果每个列的表达式数据类型不正确，将尝试自动类型强制转换。

要向一个表追加数据，你必须拥有该表上的 insert 权限，并且对 WHERE 子句中指定的任何表拥有 select 权限。

## 用法

向表 `films` 插入一行：

```
INSERT INTO films VALUES
 ('UA502', 'Bananas', 105, '1971-07-13', 'Comedy', INTERVAL '82
 minute');
```

在第二个例子中，省略了最后一列 `len`，因此它将使用默认值 `NULL`：

```
INSERT INTO films (code, title, did, date_prod, kind)
 VALUES ('T_601', 'Yojimbo', 106, DATE '1961-06-16', 'Drama');
```

向表 `distributors` 插入一行；注意只指定了列 `name`，因此被省略的列 `did` 将被赋予其默认值：

```
INSERT INTO distributors (name) VALUES ('British Lion');
```

从表 `tmp` 向表 `films` 插入若干行：

```
INSERT INTO films SELECT * FROM tmp;
```

插入数组（关于数组的更多信息请参考 [PostgreSQL User's Guide](#)）：

```
-- Create an empty 3x3 gameboard for noughts-and-crosses
-- (all of these queries create the same board attribute)
INSERT INTO tictactoe (game, board[1:3][1:3])
 VALUES (1, '{{"","",""},{{},{,"",""}}}');
INSERT INTO tictactoe (game, board[3][3])
 VALUES (2, '{}');
INSERT INTO tictactoe (game, board)
 VALUES (3, '{{,,},{,,},{,,}}');
```

## 兼容性

### SQL92

`INSERT` 与 SQL92 完全兼容。*query* 子句特性方面可能存在的限制记录在 `SELECT` 中。

---

# LISTEN

LISTEN — 监听某个通知条件上的响应

## 大纲

`LISTEN name`

## 输入

*name*

通知条件的名称。

## 输出

LISTEN

注册成功完成时返回的消息。

NOTICE Async\_Listen: We are already listening on *name*

如果该后端已经注册了该通知条件。

## 描述

LISTEN把当前的 Postgres后端注册为通知条件 *name*的监听者。

每当命令 `NOTIFY name` 被调用时--无论是被本后端还是被连接到同一数据库的其他后端调用--所有当前正在监听该通知条件的后端都会被通知，而每个后端又将进而通知它所连接的前端应用。更多信息请参阅 `NOTIFY`的讨论。

可以用`UNLISTEN`命令取消一个后端对给定通知条件的注册。此外，后端的监听注册在后端进程退出时会被自动清除。

前端应用检测通知事件所必须使用的方法取决于它使用的 Postgres应用编程接口。使用基本的 `libpq` 库时，应用像发出普通 SQL 命令一样发出 `LISTEN`，然后必须周期性地调用例程 `PQnotifies`来查明是否收到了任何通知事件。其他接口（例如 `libpqctl`）提供了处理通知事件的更高层方法；实际上，使用 `libpqctl` 时，应用程序员甚至不必直接发出`LISTEN`或`UNLISTEN`。更多细节请参阅你所使用的库的文档。

`NOTIFY` 中包含关于`LISTEN`和 `NOTIFY`用法的更广泛的讨论。

## 注解

*name* 可以是任何可作为名称使用的有效字符串；它不需要对应任何实际表的名称。如果 *notifyname* 被双引号括起来，它甚至不必是语法上有效的名称，而可以是长度不超过 31 个字符的任何字符串。

在Postgres的一些早期版本中，当 *name* 不对应任何现有表名时，即使它在语法上是有效的名称，也必须用双引号把它括起来。现在已不再需要这样。

## 用法

在psql中配置并执行一个 listen/notify 序列：

```
LISTEN virtual;
NOTIFY virtual;
```

```
Asynchronous NOTIFY 'virtual' from backend with pid '8448'
received.
```

## 兼容性

### SQL92

LISTEN 在 SQL92 中没有。

---

# LOAD

LOAD — 动态装载一个目标文件

## 大纲

```
LOAD 'filename'
```

## 输入

*filename*

用于动态装载的目标文件。

## 输出

LOAD

成功完成时返回的消息。

```
ERROR: LOAD: could not open file 'filename'
```

找不到指定的文件时返回的消息。该文件必须对 Postgres后端可见，并指定适当的完整路径名，才能避免此消息。

## 描述

把一个目标（或".o"）文件装载到 Postgres后端地址空间中。文件一旦装载，该文件中的所有函数都可以被访问。这个函数用于支持用户定义的类型和函数。

如果文件没有用 `LOAD` 装载，那么该文件将在函数第一次被Postgres调用时被自动装载。`LOAD` 也可以用来在目标文件被编辑并重新编译之后重新装载它。目前只支持由 C 语言文件创建的目标。

## 注解

已装载目标文件中的函数不应调用其他通过 `LOAD` 命令装载的目标文件中的函数。例如，文件 A 中的所有函数应当互相调用、调用标准库或数学库中的函数、或调用 Postgres 本身中的函数。它们不应调用另一个已装载文件 B 中定义的函数。这是因为如果 B 被重新装载，Postgres 装载器无法把 A 中函数的调用重定位到 B 的新地址空间。但如果 B 没有被重新装载，则不会有问題。

目标文件必须编译为包含位置无关代码。例如，在 DECstation 上，编译要装载的目标文件时必须使用 `/bin/cc` 加上 `-G 0` 选项。

注意，如果你正在把Postgres 移植到新平台，`LOAD` 必须能够工作才能支持 ADT。

## 用法

装载文件 `/usr/postgres/demo/circle.o`:

```
LOAD '/usr/postgres/demo/circle.o'
```

## 兼容性

### SQL92

LOAD 在 SQL92 中没有。

---

# LOCK

LOCK — 在事务内显式锁定一个表

## 大纲

```
LOCK [TABLE] name
LOCK [TABLE] name IN [ROW | ACCESS] { SHARE | EXCLUSIVE } MODE
LOCK [TABLE] name IN SHARE ROW EXCLUSIVE MODE
```

## Inputs

*name*

要锁定的现有表的名称。

ACCESS SHARE MODE

### 注意

这种锁模式会在被查询的表上自动获取。

这是限制性最低的锁模式。它只与 ACCESS EXCLUSIVE 模式冲突。它用于保护表不被并发的 ALTER TABLE、DROP TABLE 和 VACUUM 命令修改。

ROW SHARE MODE

### 注意

由 SELECT...FOR UPDATE 自动获取。它是共享锁，但之后可以升级为 ROW EXCLUSIVE 锁。

与 EXCLUSIVE 和 ACCESS EXCLUSIVE 锁模式冲突。

ROW EXCLUSIVE MODE

### 注意

由 UPDATE、DELETE 和 INSERT 语句自动获取。

与 SHARE、SHARE ROW EXCLUSIVE、EXCLUSIVE 和 ACCESS EXCLUSIVE 模式冲突。

SHARE MODE

### 注意

由 CREATE INDEX 自动获取。对整张表加共享锁。

与 ROW EXCLUSIVE、SHARE ROW EXCLUSIVE、EXCLUSIVE 和 ACCESS EXCLUSIVE 模式冲突。此模式保护表不被并发更新影响。



## SHARE ROW EXCLUSIVE MODE

**注意**

这与 EXCLUSIVE MODE 类似，但允许别人持有 SHARE ROW 锁。

与 ROW EXCLUSIVE、SHARE、SHARE ROW EXCLUSIVE、EXCLUSIVE 和 ACCESS EXCLUSIVE 模式冲突。

## EXCLUSIVE MODE

**注意**

此模式比 SHARE ROW EXCLUSIVE 限制性更强。它阻塞所有并发的 ROW SHARE/SELECT...FOR UPDATE 查询。

与 ROW SHARE、ROW EXCLUSIVE、SHARE、SHARE ROW EXCLUSIVE、EXCLUSIVE 和 ACCESS EXCLUSIVE 模式冲突。

## ACCESS EXCLUSIVE MODE

**注意**

由 ALTER TABLE、DROP TABLE、VACUUM 语句自动获取。这是限制性最高的锁模式，与所有其他锁模式冲突，保护被锁表免受任何并发操作。

**注意**

不带限定的 LOCK TABLE（即没有显式锁模式选项的命令）也会获取这种锁模式。

## Outputs

```
LOCK TABLE
```

锁应用成功。

```
ERROR name: Table does not exist.
```

如果 *name* 不存在则返回此消息。

## 描述

LOCK TABLE 在事务期间控制对一个表的并发访问。Postgres 在可能时总是使用限制性最低的锁模式。LOCK TABLE 用于你可能需要更严格锁定的场合。

RDBMS 锁定使用下列术语：

## EXCLUSIVE

排他锁，阻止授予其他锁。

## SHARE

允许别人共享锁定。阻止 EXCLUSIVE 锁。

## ACCESS

锁定表模式。

## ROW

锁定单个行。

### 注意

如果未指定 EXCLUSIVE 或 SHARE，则假定为 EXCLUSIVE。锁在事务期间存在。

例如，一个应用以 READ COMMITTED 隔离级别运行事务，并且需要确保表中的数据在事务期间保持存在。为此，你可以在查询之前对该表使用 SHARE 锁模式。这将保护数据不被并发更改，并为随后对该表的读取操作提供处于实际当前状态的数据，因为 SHARE 锁模式与写者取得的任何 ROW EXCLUSIVE 锁冲突，而你的 `LOCK TABLE name IN SHARE MODE` 语句会等待任何并发写操作提交或回滚。

### 注意

要在以 SERIALIZABLE 隔离级别运行事务时读取处于真实当前状态的数据，你必须在执行任何 DML 语句之前执行一条 LOCK TABLE 语句，因为正是在那时事务确定哪些并发更改对自己可见。

除上述要求外，如果事务要更改表中的数据，就应取得 SHARE ROW EXCLUSIVE 锁模式，以防止两个并发事务都试图以 SHARE 模式锁定该表、然后再试图更改表中数据时出现死锁——两者（隐式）取得的 ROW EXCLUSIVE 锁模式都与并发的 SHARE 锁冲突。

继续讨论上面提出的死锁（两个事务互相等待）

问题：你应当遵循两条通用规则来防止死锁条件：

- 事务必须以相同的顺序对相同的对象获取锁。

例如，如果一个应用先更新行 R1 再更新行 R2（在同一个事务中），那么第二个应用如果稍后要更新行 R1（在单个事务中），就不应先更新行 R2。相反，它应按照与第一个应用相同的顺序更新行 R1 和 R2。

- 只有两个冲突锁模式之一是自冲突的（即同一时刻只能被一个事务持有）时，事务才应同时获取这两个锁模式。如果涉及多种锁模式，事务应总是先获取限制性最高的模式。

前面在讨论使用 SHARE ROW EXCLUSIVE 模式而非 SHARE 模式时已给出过这条规则的一个例子。

### 注意

Postgres 确实会检测死锁，并会回滚至少一个等待中的事务来解决死锁。

## 注意

LOCK 是一种 Postgres 语言扩展。

除 ACCESS SHARE/EXCLUSIVE 锁模式外，其他所有 Postgres 锁模式和 LOCK TABLE 语法都与 Oracle 中的对应语法兼容。

LOCK 只在事务内部起作用。

## 用法

演示在准备向外键表执行插入时，在主键表上获取一个 SHARE 锁：

```
BEGIN WORK;
LOCK TABLE films IN SHARE MODE;
SELECT id FROM films
 WHERE name = 'Star Wars: Episode I - The Phantom Menace';
-- 如果未返回记录则执行 ROLLBACK
INSERT INTO films_user_comments VALUES
 (_id_, 'GREAT! I was waiting for it for so long!');
COMMIT WORK;
```

在准备执行删除操作时，在主键表上获取一个 SHARE ROW EXCLUSIVE 锁：

```
BEGIN WORK;
LOCK TABLE films IN SHARE ROW EXCLUSIVE MODE;
DELETE FROM films_user_comments WHERE id IN
 (SELECT id FROM films WHERE rating < 5);
DELETE FROM films WHERE rating < 5;
COMMIT WORK;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 LOCK TABLE，而是使用 SET TRANSACTION 来指定事务的并发级别。我们也支持这一点；详见 SET TRANSACTION。

---

# MOVE

MOVE — 移动游标位置

## 大纲

```
MOVE [direction] [count]
 { IN | FROM } cursor
```

## 描述

MOVE允许用户把游标位置移动指定的行数。MOVE的工作方式类似FETCH命令，但它只定位游标而不返回行。

有关语法和用法的细节，请参阅 FETCH。

## 注意

MOVE是一个Postgres 语言扩展。

有效参数的描述请参阅 FETCH。定义游标请参阅 DECLARE。有关事务的更多信息，请参阅 BEGIN、COMMIT 和 ROLLBACK。

## 用法

建立并使用一个游标：

```
BEGIN WORK;
DECLARE liahona CURSOR FOR SELECT * FROM films;
-- 跳过前 5 行：
MOVE FORWARD 5 IN liahona;
MOVE
-- 从游标 liahona 中提取第 6 行：
FETCH 1 IN liahona;
FETCH

 code | title | did | date_prod | kind | len
-----+-----+-----+-----+-----+-----
P_303 | 48 Hrs | 103 | 1982-10-22 | Action | 01:37
(1 row)
-- 关闭游标 liahona 并提交事务：
CLOSE liahona;
COMMIT WORK;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92中没有MOVE语句。作为替代，SQL92允许从游标的绝对位置 FETCH行，从而隐式地把游标移动到正确的位置。

---

# NOTIFY

NOTIFY — 向所有正在监听某个通知条件的前端和后端发信号

## 大纲

NOTIFY *name*

## Inputs

*notifyname*

要发信号的通知条件。

## Outputs

NOTIFY

确认 notify 命令已执行。

*Notify events*

事件被送达正在监听的前端；每个前端应用是否响应以及如何响应取决于它的程序设计。

## 描述

NOTIFY 命令向当前数据库中每个此前已为指定通知条件执行过 `LISTEN notifyname` 的前端应用发送一个通知事件。

传递给前端的通知事件信息包括通知条件名和发出通知的后端进程的 PID。由数据库设计者来定义给定数据库中将要使用的条件名以及每个条件名的含义。

通常，通知条件名与数据库中某张表的名称相同，通知事件本质上意味着“我改动了这张表，看看它有什么新内容”。但 NOTIFY 和 LISTEN 命令并不强制这种关联。例如，数据库设计者可以用几个不同的条件名来表示对单个表不同种类的更改。

NOTIFY 为访问同一 Postgres 数据库的一组进程提供了一种简单的信号或 IPC（进程间通信）机制。通过使用数据库中的表，可以构建从通知者向监听者传递附加数据（而不仅仅是条件名）的更高层机制。

当 NOTIFY 用于表明某张特定表发生变化时，一种很有用的编程技巧是把 NOTIFY 放进由表更新触发的规则中。这样一来，每当表发生变化时就会自动发出通知，应用程序员也不容易忘记这么做。

NOTIFY 在若干重要方面与 SQL 事务交互。首先，如果在事务内部执行了 NOTIFY，通知事件直到且仅当事务提交时才会被送达。这是恰当的，因为如果事务中止，我们希望其中的所有命令都不产生效果，包括 NOTIFY。但如果期望通知事件立即送达，这可能会让人不安。其次，如果一个正在监听的后端在处于事务中时收到一个通知信号，该通知事件要到事务刚完成（提交或中止）之后才会送达其连接的前端。同样，其理由是：如果一个通知在某个后来被中止的事务内被送达，人们会希望以某种方式撤销该通知——但后端一旦把通知发给了前端，就无法“收回”它。因此通知事件只在事务之间送达。由此得出的结论是：使用 NOTIFY 进行实时信号传递的应用应尽量保持事务简短。

NOTIFY 在一个重要方面的行为类似 Unix 信号：如果在短时间内多次发出同一通知名的信号，接收者可能对多次执行的 NOTIFY 只收到一个通知事件。因此，依赖收到通知的数量并

不是一个好主意。正确的做法是用 `NOTIFY` 唤醒需要关注某事的应用，而用一个数据库对象（例如序列）来跟踪发生了什么以及发生了多少次。

发送 `NOTIFY` 的前端自己同时也在监听同一通知名，这是很常见的情形。在这种情况下，它会像其他所有监听前端一样收到一个通知事件。根据应用逻辑，这可能导致无用功——例如再次读取数据库表，找到的却正是该前端自己刚刚写入的更新。在 Postgres 6.4 及之后的版本中，可以通过检查发出通知的后端进程的 PID（在通知事件消息中提供）是否与自己的后端的 PID（可从 `libpq` 获得）相同来避免这种额外工作。二者相同时，该通知事件就是自己发的工作回弹回来，可以忽略。（尽管前一段有那样的说法，但这是一种安全的技术。Postgres 会把自身通知与来自其他后端的通知分开保存，因此忽略自己的通知并不会让你错过来自外部的通知。）

## 注意

`name` 可以是任何作为名称有效的字符串；它不必对应任何实际表的名称。如果 `name` 用双引号括起，它甚至不必是语法上有效的名称，而可以是长度最多 31 个字符的任意字符串。

在 Postgres 的一些早期版本中，当 `name` 不对应任何现有表名时，即使语法上是有效的名称，也必须用双引号括起。这一要求已不再存在。

在 6.4 之前的 Postgres 版本中，通知消息中传递的后端 PID 总是前端自己的后端的 PID。因此那些早期版本中，无法把自己的通知与其他客户的通知区分开。

## 用法

在 psql 中配置并执行一组 `listen/notify` 操作：

```
LISTEN virtual;
NOTIFY virtual;
Asynchronous NOTIFY 'virtual' from backend with pid '8448'
received.
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 中没有 `NOTIFY` 语句。

---

# REINDEX

REINDEX — 在独立 Postgres 下恢复损坏的系统索引

## 大纲

```
REINDEX { TABLE | DATABASE | INDEX } name [FORCE]
```

## 输入

TABLE

重建指定表的所有索引。

DATABASE

重建指定数据库的所有系统索引。

INDEX

重建一个指定的索引。

*name*

要重建索引的特定表/数据库/索引的名称。

FORCE

强制重建索引。不带此关键字时，除非目标索引已被标记为无效，否则 REINDEX 不会做任何事情。

## 输出

REINDEX

表成功重建索引后返回的消息。

## 描述

REINDEX 用于恢复损坏的系统索引。为了运行 REINDEX 命令，必须关闭 postmaster，改为启动带 -O 和 -P 选项（忽略系统索引的选项）的独立 Postgres。注意，我们不能依赖系统索引来恢复系统索引。

## 用法

重建表 `mytable`：

```
REINDEX TABLE mytable;
```

另外一些例子：

```
REINDEX DATABASE my_database FORCE;
REINDEX INDEX my_index;
```

## 兼容性

### SQL92

REINDEX 在 SQL92 中没有。



---

# RESET

RESET — 恢复运行时参数为默认值

## 大纲

`RESET variable`

## 输入

`variable`

运行时参数的名称。列表请参阅SET。

## 描述

RESET将运行时参数恢复为其默认值。细节请参阅SET。RESET是下面语句的替代形式

`SET variable TO DEFAULT`

## 诊断

请参阅SET命令一节。

## 示例

把 DateStyle 设为默认值：

```
RESET DateStyle;
```

把 Geqo 设为默认值：

```
RESET GEQO;
```

## 兼容性

RESET是Postgres扩展。

---

# REVOKE

REVOKE — 从一个用户、一个组或所有用户回收访问权限。

## 大纲

```
REVOKE privilege [, ...]
 ON object [, ...]
 FROM { PUBLIC | GROUP groupname | username }
```

## 输入

*privilege*

可能的权限有：

SELECT

访问一个指定表/视图的所有列的权限。

INSERT

向一个指定表的所有列插入数据的权限。

UPDATE

更新一个指定表的所有列的权限。

DELETE

从一个指定表删除行的权限。

RULE

在表/视图上定义规则的权限。（见 CREATE RULE）。

ALL

回收所有权限。

*object*

要回收访问权限的对象的名称。可能的对象有：

- 表
- 视图
- 序列

*group*

要从中回收权限的组的名称。

*username*

要从中回收权限的用户的名称。使用 PUBLIC 关键字指定所有用户。

PUBLIC

为所有用户回收指定的权限。

## 输出

CHANGE

成功时返回的消息。

ERROR

对象不可用或不可能从一个组或用户回收权限时返回的消息。

## 描述

REVOKE 允许一个对象的创建者回收先前授予所有用户（通过 PUBLIC）或某个用户或组的权限。

## 注意

关于现有对象上权限的更多信息，请参阅 psql 的 \z 命令：

```
Database = lusitania
+-----+-----+
| Relation | Grant/Revoke Permissions |
+-----+-----+
| mytable | {"=rw","miriam=arwR","group todos=rw"} |
+-----+-----+
```

Legend:

```
uname=arwR -- privileges granted to a user
group gname=arwR -- privileges granted to a GROUP
=arwR -- privileges granted to PUBLIC
```

```
r -- SELECT
w -- UPDATE/DELETE
a -- INSERT
R -- RULE
arwR -- ALL
```

### 提示

目前，要创建一个 GROUP，你必须手动向表 pg\_group 中插入数据：

```
INSERT INTO pg_group VALUES ('todos');
CREATE USER miriam IN GROUP todos;
```

## 用法

从所有用户回收表 films 上的插入权限：

```
REVOKE INSERT ON films FROM PUBLIC;
```

回收用户 manuel 在视图 kinds 上的所有权限：

```
REVOKE ALL ON kinds FROM manuel;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 的 REVOKE 语法有更多回收权限的能力，包括对表中个别列的权限：

```
REVOKE { SELECT | DELETE | USAGE | ALL PRIVILEGES } [, ...]
 ON object
 FROM { PUBLIC | username [, ...] } { RESTRICT |
 CASCADE }
REVOKE { INSERT | UPDATE | REFERENCES } [, ...] [(column
 [, ...])]
 ON object
 FROM { PUBLIC | username [, ...] } { RESTRICT |
 CASCADE }
```

各个字段的细节请参阅 GRANT。

```
REVOKE GRANT OPTION FOR privilege [, ...]
 ON object
 FROM { PUBLIC | username [, ...] } { RESTRICT |
 CASCADE }
```

回收一个用户把指定权限授予其他人的权力。各个字段的细节请参阅 GRANT。

可能的对象有：

[ TABLE ] 表/视图  
CHARACTER SET 字符集  
COLLATION 排序规则  
TRANSLATION 转换  
DOMAIN 域

如果 user1 把一个权限带 WITH GRANT OPTION 地授予 user2，而 user2 又把它授予 user3，那么 user1 可以使用 CASCADE 关键字级联回收该权限。

如果 user1 把一个权限带 WITH GRANT OPTION 地授予 user2，而 user2 又把它授予 user3，那么当 user1 试图回收该权限时，如果他指定了 RESTRICT 关键字，回收将失败。

---

# ROLLBACK

ROLLBACK — 中止当前的事务

## 大纲

ROLLBACK [ WORK | TRANSACTION ]

## 输入

无。

## 输出

ABORT

成功时返回的消息。

NOTICE: ROLLBACK: no transaction in progress

如果当前没有正在进行的事务。

## 描述

ROLLBACK 回滚当前事务并使该事务所做的所有更新被丢弃。

## 注意

使用 COMMIT 成功地终止一个事务。ABORT 是 ROLLBACK 的一个同义词。

## 用法

要中止所有更改：

```
ROLLBACK WORK;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92 只指定了 ROLLBACK 和 ROLLBACK WORK 两种形式。除此之外完全兼容。

---

# SELECT

SELECT — 从表或视图中检索行

## 大纲

```
SELECT [ALL | DISTINCT [ON (expression [, ...])]]
 * | expression [AS output_name] [, ...]
 [FROM from_item [, ...]]
 [WHERE condition]
 [GROUP BY expression [, ...]]
 [HAVING condition [, ...]]
 [{ UNION | INTERSECT | EXCEPT [ALL] } select]
 [ORDER BY expression [ASC | DESC | USING operator] [, ...]]
 [FOR UPDATE [OF tablename [, ...]]]
 [LIMIT { count | ALL } [{ OFFSET | , } start]]
```

其中 *from\_item* 可以是：

```
[ONLY] table_name [*]
 [[AS] alias [(column_alias_list)]]
|
(select)
 [AS] alias [(column_alias_list)]
|
from_item [NATURAL] join_type from_item
 [ON join_condition | USING (join_column_list)]
```

## 输入

*expression*

表的列名或一个表达式。

*output\_name*

用 AS 子句为输出列指定另一个名称。此名称主要用于为列提供一个便于显示的标签。它也可以用于在 ORDER BY 和 GROUP BY 子句中引用该列的值。但 *output\_name* 不能用于 WHERE 或 HAVING 子句；应改写该表达式。

*from\_item*

一个表引用、子 SELECT 或 JOIN 子句。细节见下文。

*condition*

一个结果为真或假的布尔表达式。见下面的 WHERE 和 HAVING 子句描述。

*select*

一个除 ORDER BY、FOR UPDATE 和 LIMIT 子句外具有所有特性的 select 语句（当 select 用圆括号括起时，甚至这些也可以使用）。

FROM 项可以包含：

*table\_name*

一个现有表或视图的名称。如果指定了 ONLY，则只扫描该表。如果未指定 ONLY，则扫描该表及其所有后代表（如果有）。\* 可以附加到表名后面以指示要扫描后代表，但从 Postgres 7.1 起这是默认行为。（在 7.1 之前的版本中，ONLY 是默认行为。）

*alias*

前面 *table\_name* 的替代名称。别名用于简写或消除自连接（同一张表被扫描多次）中的歧义。如果写了别名，还可以写一个列别名列表来为该表的一列或多列提供替代名称。

*select*

子 SELECT 可以出现在 FROM 子句中。它的行为就像其输出在此单条 SELECT 命令期间被创建为临时表一样。注意子 SELECT 必须用圆括号括起，并且必须为它提供别名。

*join\_type*

下列之一：[ INNER ] JOIN, LEFT [ OUTER ] JOIN, RIGHT [ OUTER ] JOIN, FULL [ OUTER ] JOIN, or CROSS JOIN. 对于 INNER 和 OUTER 连接类型，必须恰好出现 NATURAL、ON *join\_condition* 或 USING ( *join\_column\_list* ) 之一。对于 CROSS JOIN，这些项都不能出现。

*join\_condition*

一个限定条件。它类似于 WHERE 条件，只是它只应用于在此 JOIN 子句中连接的两个 from\_item。

*join\_column\_list*

USING 列列表 ( a, b, ... ) 是 ON 条件 left\_table.a = right\_table.a AND left\_table.b = right\_table.b ... 的简写。

## 输出

Rows

由查询说明产生的完整行集合。

→ *count*

查询返回的行数。

## 描述

SELECT 将从一个或多个表返回行。选择的候选是满足 WHERE 条件的行；如果省略 WHERE，则所有行都是候选。(See WHERE 子句.)

实际上，返回的行并不直接是 FROM/WHERE/GROUP BY/HAVING 子句产生的行；输出行是通过在每个选中行计算 SELECT 输出表达式而形成的。\* 可以作为所有选中行的列的简写在输出列表中写。还可以写 *table\_name.\** 作为只来自该表的列的简写。

DISTINCT 将从结果中消除重复行。ALL（默认）将返回所有候选行，包括重复行。

DISTINCT ON 消除在所有指定表达式上匹配的行，只保留每组重复行中的第一行。DISTINCT ON 表达式使用与 ORDER BY 项相同的规则解释；见下文。注意，除非用 ORDER BY 确保希望的行排在前面，否则每组的“第一行”是不可预测的。例如，

```
SELECT DISTINCT ON (location) location, time, report
FROM weatherReports
ORDER BY location, time DESC;
```

它取回每个位置的最新天气报告。但如果我们没有用 ORDER BY 强制每个位置的时间值降序，我们就会得到每个位置一个不可预测时间的报告。

GROUP BY 子句允许用户把一个表划分为在一个或多个值上匹配的行组。(See GROUP BY 子句.)

HAVING 子句允许只选择满足指定条件的那些行组。(See HAVING 子句.)

ORDER BY 子句使返回的行按指定的顺序排序。如果没有给出 ORDER BY，行按系统认为产生成本最低的任何顺序返回。(See ORDER BY 子句.)

SELECT 查询可以用 UNION、INTERSECT 和 EXCEPT 操作符组合。必要时使用圆括号来确定这些操作符的顺序。

UNION 操作符计算所涉及查询返回的行的集合。除非指定 ALL，否则消除重复行。(See UNION 子句.)

INTERSECT 操作符计算两个查询共同的行。除非指定 ALL，否则消除重复行。(See INTERSECT 子句.)

EXCEPT 操作符计算第一个查询返回的行，但不返回第二个查询的行。除非指定 ALL，否则消除重复行。(See EXCEPT 子句.)

FOR UPDATE 子句允许 SELECT 语句对选中的行执行排他锁定。

LIMIT 子句允许把查询产生的行的一个子集返回给用户。(See LIMIT 子句.)

你必须对一个表拥有 SELECT 权限才能读取它的值（见 GRANT/REVOKE 语句）。

## FROM 子句

FROM 子句为 SELECT 指定一个或多个源表。如果指定多个源，结果在概念上是所有源中所有行的笛卡尔积——但通常会添加限定条件把返回的行限制为笛卡尔积的一个小子集。

当 FROM 项是一个简单表名时，它隐式地包括该表的子表（继承子女）的行。ONLY 将抑制来自该表子表的行。在 Postgres 7.1 之前，这是默认结果，添加子表是通过在表名后附加 \* 完成的。这一旧行为可以通过命令 SET SQL\_Inheritance TO OFF; 使用。

FROM 项也可以是用圆括号括起的子 SELECT（注意子 SELECT 必须有别名子句！）。这是一个极其方便的特性，因为它是在单个查询中获得多级分组、聚合或排序的唯一方式。

最后，FROM 项可以是 JOIN 子句，它组合两个更简单的 FROM 项。（必要时使用圆括号来确定嵌套顺序。）

CROSS JOIN 或 INNER JOIN 是简单的笛卡尔积，与在 FROM 顶层列出两个项所得到的相同。CROSS JOIN 等价于 INNER JOIN ON (TRUE)，即没有行被限定移除。这些连接类型只是记法上的便利，因为它们没有做任何用普通 FROM 和 WHERE 做不到的事。

LEFT OUTER JOIN 返回限定笛卡尔积中的所有行（即通过其 ON 条件的所有组合行），再加上左表中每一个没有通过 ON 条件的右行的行的一个副本。这个左表行通过为右表列插入 NULL 扩展到被连接表的全宽度。注意，在决定哪些行有匹配时只考虑 JOIN 自己的 ON 或 USING 条件。外层的 ON 或 WHERE 条件在此之后应用。

相反，RIGHT OUTER JOIN 返回所有连接后的行，再加上每个未匹配右侧行对应的一行（左侧用空值扩展）。这只是一种记法上的便利，因为你可以通过交换左右表将其改写成 LEFT OUTER JOIN。

FULL OUTER JOIN 返回所有连接后的行，再加上每个未匹配的左侧行（右侧用空值扩展），以及每个未匹配的右侧行（左侧用空值扩展）。

对于除 CROSS JOIN 外的所有 JOIN 类型，必须恰好写下列之一：ON *join\_condition*, USING (*join\_column\_list*), or NATURAL. ON 是最一般的情况：可以写涉及要连接的两个表的任何限定表达式。USING 列列表 (*a, b, ...*) 是 ON 条件 *left\_table.a = right\_table.a AND left\_table.b = right\_table.b ...* 的简写。另外，USING 隐含着每对等价列中只有一列会



包含在 JOIN 输出中，而不是两列都包含。NATURAL 是一个提及两表中所有同名列的 USING 列表的简写。

## WHERE 子句

可选的 WHERE 条件具有如下一般形式：

```
WHERE boolean_expr
```

*boolean\_expr* 可以是任何求值为布尔值的表达式。在很多情况下，这个表达式会是：

```
exprcond_opexpr
```

或

```
log_opexpr
```

其中 *cond\_op* 可以是 =、<、<=、>、>= 或 <> 之一，或像 ALL、ANY、IN、LIKE 这样的条件操作符，或本地定义的操作符，而 *log\_op* 可以是 AND、OR、NOT 之一。SELECT 将忽略所有 WHERE 条件不返回 TRUE 的行。

## GROUP BY 子句

GROUP BY 指定通过应用此子句导出的分组表：

```
GROUP BY expression [, ...]
```

GROUP BY 把在分组列上共享相同值的所有选中行压缩为单行。聚合函数（如果使用了的话）会在组成每个组的所有行上进行计算，为每个组产生一个单独的值（而没有 GROUP BY 时，聚合会产生一个在所有被选中的行上计算出的单一值）。当存在 GROUP BY 时，SELECT 输出表达式引用未分组的列是无效的，除非是在聚合函数内部，因为对一个未分组的列可能会有多个可能的返回值。

GROUP BY 项可以是输入列名、输出列（SELECT 表达式）的名称或序号，也可以是由输入列值构成的任意表达式。在有歧义时，GROUP BY 名称将被解释为输入列名而不是输出列名。

## HAVING 子句

可选的 HAVING 条件具有如下一般形式：

```
HAVING boolean_expr
```

其中 *boolean\_expr* 与为 WHERE 子句指定的相同。

HAVING 指定通过消除不满足 *boolean\_expr* 的组行而导出的分组表。HAVING 与 WHERE 不同：WHERE 在应用 GROUP BY 之前过滤单独的行，而 HAVING 过滤 GROUP BY 创建的组行。

*boolean\_expr* 中引用的每一列都应无歧义地引用一个分组列，除非该引用出现在聚合函数内。

## ORDER BY 子句

```
ORDER BY expression [ASC | DESC | USING operator] [, ...]
```

ORDER BY 项可以是输出列（SELECT 表达式）的名称或序号，也可以是由输入列值构成的任意表达式。在有歧义时，ORDER BY 名称将被解释为输出列名。

序号指结果列的（从左到右的）位置。这一特性使得可以基于没有合适名称的列定义排序。这永远不是绝对必要的，因为总是可以用 AS 子句为结果列赋予一个名称，例如：

```
SELECT title, date_prod + 1 AS newlen FROM films ORDER BY newlen;
```

也可以按任意表达式 ORDER BY（对 SQL92 的扩展），包括不出现在 SELECT 结果列表中的字段。因此下面的语句是合法的：

```
SELECT name FROM distributors ORDER BY code;
```

这一特性的一个限制是：应用于 UNION、INTERSECT 或 EXCEPT 查询结果的 ORDER BY 子句只能指定输出列名或编号，不能指定表达式。

注意，如果 ORDER BY 项是一个既匹配结果列名又匹配输入列名的简单名称，ORDER BY 将把它解释为结果列名。这与 GROUP BY 在相同情况下所作的选择相反。这种不一致是 SQL92 标准规定的。

还可以在 ORDER BY 子句中的每个列名后面添加关键字 DESC（降序）或 ASC（升序）。如果未指定，默认为 ASC。或者，可以指定一个特定的排序操作符名称。ASC 等价于 USING < 而 DESC 等价于 USING >。

## UNION 子句

```
table_query UNION [ALL] table_query
 [ORDER BY expression [ASC | DESC | USING operator] [, ...]]
 [LIMIT { count | ALL } [{ OFFSET | , } start]]
```

其中 *table\_query* 指定不带 ORDER BY、FOR UPDATE 或 LIMIT 子句的任何 select 表达式。（如果用圆括号括起，ORDER BY 和 LIMIT 可以附加到子表达式上。不带圆括号时，这些子句将被认为应用于 UNION 的结果，而不是它的右侧输入表达式。）

UNION 操作符计算所涉及查询返回的行的集合（集合并集）。表示 UNION 的直接操作数的两个 SELECT 必须产生相同数量的列，并且对应的列必须是兼容的数据类型。

UNION 的结果不包含任何重复行，除非指定了 ALL 选项。ALL 阻止消除重复行。

同一 SELECT 语句中的多个 UNION 操作符从左到右求值，除非圆括号另有指示。

目前，不能对 UNION 的结果或 UNION 的输入指定 FOR UPDATE。

## INTERSECT 子句

```
table_query INTERSECT [ALL] table_query
 [ORDER BY expression [ASC | DESC | USING operator] [, ...]]
 [LIMIT { count | ALL } [{ OFFSET | , } start]]
```

其中 *table\_query* 指定不带 ORDER BY、FOR UPDATE 或 LIMIT 子句的任何 select 表达式。

INTERSECT 类似于 UNION，只是它只产生在两个查询输出中都出现的行，而不是在任一输出中出现的行。

INTERSECT 的结果不包含任何重复行，除非指定了 ALL 选项。带 ALL 时，在 L 中有 m 个重复且在 R 中有 n 个重复的行将出现 min(m,n) 次。

同一 SELECT 语句中的多个 INTERSECT 操作符从左到右求值，除非圆括号另有指示。INTERSECT 比 UNION 绑定得更紧——也就是说，除非圆括号另有指定，A UNION B INTERSECT C 将被读作 A UNION (B INTERSECT C)。

## EXCEPT 子句

```
table_query EXCEPT [ALL] table_query
[ORDER BY expression [ASC | DESC | USING operator] [, ...]]
[LIMIT { count | ALL } [{ OFFSET | , } start]]
```

其中 *table\_query* 指定不带 ORDER BY、FOR UPDATE 或 LIMIT 子句的任何 select 表达式。

EXCEPT 类似于 UNION，只是它只产生在左查询输出中出现而在右查询输出中不出现的行。

EXCEPT 的结果不包含任何重复行，除非指定了 ALL 选项。带 ALL 时，在 L 中有 m 个重复且在 R 中有 n 个重复的行将出现 max(m-n,0) 次。

同一 SELECT 语句中的多个 EXCEPT 操作符从左到右求值，除非圆括号另有指示。EXCEPT 与 UNION 绑定在同一级别。

## LIMIT 子句

```
LIMIT { count | ALL } [{ OFFSET | , } start]
OFFSET start
```

其中 count 指定返回的最大行数，start 指定开始返回行之前要跳过的行数。

LIMIT 允许只取回由查询其余部分产生的行的一部分。如果给出了限制数，则返回不超过那么多的行。如果给出了偏移，则在开始返回行之前跳过那么多的行。

使用 LIMIT 时，最好使用把结果行约束为唯一顺序的 ORDER BY 子句。否则你会得到查询行的一个不可预测的子集——你可能要的是第十到第二十行，但是按什么顺序的第十到第二十行？除非指定了 ORDER BY，否则你不知道顺序。

从 Postgres 7.0 起，查询优化器在生成查询计划时会把 LIMIT 考虑在内，所以很可能根据 LIMIT 和 OFFSET 的不同取值得到不同的计划（产生不同的行顺序）。因此，除非用 ORDER BY 强制可预测的结果顺序，用不同的 LIMIT/OFFSET 值选择查询结果的不同子集将得到不一致的结果。这不是缺陷；它是 SQL 不承诺以任何特定顺序给出查询结果这一事实的必然后果，除非用 ORDER BY 约束顺序。

## 用法

把表 films 与表 distributors 连接：

```
SELECT f.title, f.did, d.name, f.date_prod, f.kind
FROM distributors d, films f
WHERE f.did = d.did
```

| kind                                | title | did | name            | date_prod  |
|-------------------------------------|-------|-----|-----------------|------------|
| The Third Man<br>Drama              |       | 101 | British Lion    | 1949-12-23 |
| The African Queen<br>Romantic       |       | 101 | British Lion    | 1951-08-11 |
| Une Femme est une Femme<br>Romantic |       | 102 | Jean Luc Godard | 1961-03-12 |
| Vertigo<br>Action                   |       | 103 | Paramount       | 1958-11-14 |

---

## SELECT

---

```
Becket | 103 | Paramount | 1964-02-03 |
Drama
48 Hrs | 103 | Paramount | 1982-10-22 |
Action
War and Peace | 104 | Mosfilm | 1967-02-12 |
Drama
West Side Story | 105 | United Artists | 1961-01-03 |
Musical
Bananas | 105 | United Artists | 1971-07-13 |
Comedy
Yojimbo | 106 | Toho | 1961-06-16 |
Drama
There's a Girl in my Soup | 107 | Columbia | 1970-06-11 |
Comedy
Taxi Driver | 107 | Columbia | 1975-05-15 |
Action
Absence of Malice | 107 | Columbia | 1981-11-15 |
Action
Storia di una donna | 108 | Westward | 1970-08-15 |
Romantic
The King and I | 109 | 20th Century Fox | 1956-08-11 |
Musical
Das Boot | 110 | Bavaria Atelier | 1981-11-11 |
Drama
Bed Knobs and Broomsticks | 111 | Walt Disney | |
Musical
(17 rows)
```

对所有影片的 len 列求和并按 kind 分组:

```
SELECT kind, SUM(len) AS total FROM films GROUP BY kind;
```

```
 kind | total
-----+-----
Action | 07:34
Comedy | 02:58
Drama | 14:28
Musical | 06:42
Romantic | 04:38
(5 rows)
```

对所有影片的 len 列求和, 按 kind 分组, 并显示少于 5 小时的组总计:

```
SELECT kind, SUM(len) AS total
FROM films
GROUP BY kind
HAVING SUM(len) < INTERVAL '5 hour';
```

```
 kind | total
-----+-----
Comedy | 02:58
Romantic | 04:38
(2 rows)
```

下面两个例子是按照第二列 (name) 的内容对各个结果排序的相同方式:

```
SELECT * FROM distributors ORDER BY name;
SELECT * FROM distributors ORDER BY 2;
```

```

did | name
-----+-----
109 | 20th Century Fox
110 | Bavaria Atelier
101 | British Lion
107 | Columbia
102 | Jean Luc Godard
113 | Luso films
104 | Mosfilm
103 | Paramount
106 | Toho
105 | United Artists
111 | Walt Disney
112 | Warner Bros.
108 | Westward
(13 rows)

```

这个例子展示如何获得表 `distributors` 和 `actors` 的并集，把结果限制为每个表中以字母 W 开头的行。只需要不重复的行，所以省略了 ALL 关键字：

```

distributors: actors:
did | name id | name
-----+----- -----+-----
108 | Westward 1 | Woody Allen
111 | Walt Disney 2 | Warren Beatty
112 | Warner Bros. 3 | Walter Matthau
... ...

SELECT distributors.name
 FROM distributors
 WHERE distributors.name LIKE 'W%'
UNION
SELECT actors.name
 FROM actors
 WHERE actors.name LIKE 'W%'

 name

Walt Disney
Walter Matthau
Warner Bros.
Warren Beatty
Westward
Woody Allen

```

## 兼容性

### 扩展

Postgres 允许在查询中省略 FROM 子句。此特性是从最初的 PostQuel 查询语言保留下来的。它有一个直接的用途：计算简单常量表达式的结果：

```

SELECT 2+2;

?column?

4

```

一些其他 DBMS 做不到这一点，除非引入一个单行的哑表来从中做选择。一个不太明显的用法是缩写对一个或多个表的普通选择：

```
SELECT distributors.* WHERE name = 'Westward';

 did | name
-----+-----
 108 | Westward
```

这之所以可行，是因为对查询中引用但在 FROM 中未提及的每个表，都会添加一个隐式的 FROM 项。虽然这是一个方便的缩写，但很容易误用。例如，查询

```
SELECT distributors.* FROM distributors d;
```

很可能是笔误；用户最可能想要的是

```
SELECT d.* FROM distributors d;
```

而不是他实际会得到的无约束连接

```
SELECT distributors.* FROM distributors d, distributors
distributors;
```

为了帮助检测这类错误，Postgres 7.1 及以后版本在查询同时使用了隐式 FROM 特性和显式 FROM 子句时将发出警告。

## SQL92

### SELECT 子句

在 SQL92 标准中，可选的关键字 "AS" 只是无意义的噪音，可以省略而不影响含义。Postgres 解析器在重命名输出列时要求这个关键字，因为类型可扩展特性在此上下文中会导致解析歧义。不过 "AS" 在 FROM 项中是可选的。

DISTINCT ON 短语不是 SQL92 的一部分。LIMIT 和 OFFSET 也不是。

在 SQL92 中，ORDER BY 子句只能使用结果列名或编号，而 GROUP BY 子句只能使用输入列名。Postgres 扩展了这两个子句，也允许另一种选择（但在有歧义时使用标准的解释）。Postgres 还允许两个子句指定任意表达式。注意，表达式中出现的名称总是被当作输入列名，而不是结果列名。

### UNION/INTERSECT/EXCEPT 子句

SQL92 的 UNION/INTERSECT/EXCEPT 语法允许一个附加的 CORRESPONDING BY 选项：

```
table_query UNION [ALL]
 [CORRESPONDING [BY (column [,...])]]
table_query
```

Postgres 不支持 CORRESPONDING BY 子句。

---

# SELECT INTO

SELECT INTO — 从一个 SELECT 的结果创建一个新表

## 大纲

```
SELECT [ALL | DISTINCT [ON (expression [, ...])]]
 * | expression [AS output_name] [, ...]
 INTO [TEMPORARY | TEMP] [TABLE] new_table
 [FROM from_item [, ...]]
 [WHERE condition]
 [GROUP BY expression [, ...]]
 [HAVING condition [, ...]]
 [{ UNION | INTERSECT | EXCEPT [ALL] } select]
 [ORDER BY expression [ASC | DESC | USING operator] [, ...]]
 [FOR UPDATE [OF tablename [, ...]]]
 [LIMIT { count | ALL } [{ OFFSET | , } start]]
```

where *from\_item* can be:

```
[ONLY] table_name [*]
 [[AS] alias [(column_alias_list)]]
|
(select)
 [AS] alias [(column_alias_list)]
|
from_item [NATURAL] join_type from_item
 [ON join_condition | USING (join_column_list)]
```

## 输入

TEMPORARY  
TEMP

如果指定了 TEMPORARY 或 TEMP，输出表只在本次会话中创建，并在会话退出时自动删除。在临时表存在期间，（本会话中）同名的现有永久表不可见。在临时表上创建的任何索引也自动是临时的。

*new\_table*

要创建的新表的名称。该表必须尚不存在。但可以创建与现有永久表同名的临时表。

所有其他输入在 SELECT 中有详细描述。

## 输出

可能的输出消息的摘要请参阅 CREATE TABLE 和 SELECT。

## 描述

SELECT INTO 创建一个新表，并用查询计算出的数据填充它。与普通的 SELECT 不同，数据不返回给客户端。新表的列具有与 SELECT 的输出列相关联的名称和数据类型。

### 注意

CREATE TABLE AS 在功能上等价于 SELECT INTO。推荐使用 CREATE TABLE AS 语法，因为 SELECT INTO 不是标准的。事实上，这种形式的 SELECT INTO 在 PL/pgSQL 或 ecpg 中不可用，因为它们对 INTO 子句的解释不同。

## 兼容性

SQL92 用 SELECT ... INTO 表示把值选择到宿主程序的标量变量中，而不是创建新表。这确实是 PL/pgSQL 和 ecpg 中的用法。Postgres 用 SELECT INTO 表示创建表是历史遗留。在新代码中最好用 CREATE TABLE AS 来实现这一目的。（CREATE TABLE AS 也不是标准的，但它不太容易造成混淆。）



---

# SET

SET — 设置运行时参数

## 大纲

```
SET variable { TO | = } { value | 'value' | DEFAULT }
SET TIME ZONE { 'timezone' | LOCAL | DEFAULT }
```

## 输入

*variable*

一个可设置的运行时参数。

*value*

参数的新值。DEFAULT 可用于指定把参数重置为默认值。允许使用字符串列表，但更复杂的构造可能需要加单引号或双引号。

## 描述

SET 命令更改运行时配置参数。下列参数可以更改：

CLIENT\_ENCODING  
NAMES

设置多字节客户端编码。指定的编码必须为后端所支持。

这个选项只有在 Postgres 以多字节支持构建时才可用。

DATESTYLE

选择日期/时间的表示风格。

这里进行两个独立的设置：默认的数字/时间输出和对有歧义输入的解释。

以下是日期/时间的输出风格：

ISO

使用 ISO 8601 风格的日期和时间（YYYY-MM-DD HH:MM:SS）。这是默认值。

SQL

使用 Oracle/Ingres 风格的日期和时间。注意这种风格与 SQL（它强制使用 ISO 8601 风格）毫无关系，这个选项的命名是一个历史意外。

Postgres

使用传统的 Postgres 格式。

German

数值日期表示使用 dd.mm.yyyy。

下面两个选项既决定“SQL”和“Postgres”输出格式的子风格，也决定有歧义日期输入的首选解释。

European

数值日期表示使用 dd/mm/yyyy。

NonEuropean  
US

数值日期表示使用 mm/dd/yyyy。

SET DATESTYLE 的值可以取自第一个列表（输出风格），或第二个列表（子风格），或从两个列表中各取一个并用逗号分隔。

日期格式的初始化可以通过以下方式完成：

设置 PGDATESTYLE 环境变量。如果在基于 libpq 的客户端前端环境中设置了 PGDATESTYLE，libpq 会在连接启动时自动把 DATESTYLE 设为 PGDATESTYLE 的值。使用选项 -o -e 运行 postmaster，把日期设为 European 约定。

DateStyle 选项其实只是为了移植应用而设的。要按你的选择格式化日期/时间值，请使用 to\_char 函数族。

## SEED

设置随机数生成器的内部种子。

*value*

供 random 函数使用的种子的值。允许的值是 0 到 1 之间的浮点数，它们随后会与  $2^{31}-1$  相乘。如果使用范围之外的数，该乘积会静默溢出。

种子也可以通过调用 setseed SQL 函数来设置：

```
SELECT setseed(value);
```

## SERVER\_ENCODING

设置多字节服务器编码。

这个选项只有在 Postgres 以多字节支持构建时才可用。

## TIME\_ZONE

### TIME\_ZONE

时区的可用值取决于你的操作系统。例如在 Linux 上，/usr/share/zoneinfo 包含时区数据库。

下面是一些有效的时区值：

PST8PDT

把时区设为加利福尼亚州。

Portugal

把时区设为葡萄牙。

'Europe/Rome'

把时区设为意大利。

LOCAL

DEFAULT

把时区设为你的本地时区（你的操作系统默认的时区）。

如果指定了无效的时区，时区会变成 GMT（至少在大多数系统上如此）。

如果在基于 libpq 的客户端前端环境中设置了 PGTZ 环境变量，libpq 会在连接启动时自动把 TIMEZONE 设为 PGTZ 的值。

其他运行时参数的完整列表见管理员指南。

使用SHOW显示参数的当前设置。

## 诊断

```
SET VARIABLE
```

成功时返回的消息。

```
ERROR: not a valid option name: name
```

你试图设置的参数不存在。

```
ERROR: permission denied
```

你必须是超级用户才能访问某些设置。

```
ERROR: name can only be set at start-up
```

有些参数在服务器启动后就是固定的。

## 示例

把日期样式设为带欧洲习惯的传统 Postgres 形式：

```
SET DATESTYLE TO Postgres,European;
```

把时区设为加州伯克利，使用双引号保留时区说明符的大写属性（注意这里日期/时间格式是 ISO）：

```
SET TIME ZONE "PST8PDT";
SELECT CURRENT_TIMESTAMP AS today;
```

```
 today

1998-03-31 07:41:21-08
```

把时区设为意大利（注意需要用单引号或双引号处理特殊字符）：

```
SET TIME ZONE 'Europe/Rome';
SELECT CURRENT_TIMESTAMP AS today;
```

```
 today

1998-03-31 17:41:31+02
```

## 兼容性

### SQL92

上面所示的第二种语法（SET TIME ZONE）试图模仿 SQL92。但 SQL 只允许数值形式的时区偏移。所有其他参数设置以及上面所示的第一种语法都是 Postgres 扩展。

---

# SET CONSTRAINTS

SET CONSTRAINTS — 设置当前 SQL 事务的约束模式

## 大纲

```
SET CONSTRAINTS { ALL | constraint [, ...] } { DEFERRED |
IMMEDIATE }
```

## 描述

SET CONSTRAINTS 设置当前事务中约束检查的行为。在 IMMEDIATE 模式下，约束在每条语句结束时检查。在 DEFERRED 模式下，约束直到事务提交时才检查。

约束在创建时总是被赋予下列三种特性之一：INITIALLY DEFERRED、INITIALLY IMMEDIATE DEFERRABLE 或 INITIALLY IMMEDIATE NOT DEFERRABLE。第三类不受 SET CONSTRAINTS 命令的影响。

目前，只有外键约束受此设置影响。检查和唯一约束实际上总是初始立即且不可推迟的。

## 兼容性

### SQL92, SQL99

SET CONSTRAINT 定义于 SQL92 和 SQL99。

---

# SET TRANSACTION

SET TRANSACTION — 设置当前 SQL 事务的特性

## 大纲

```
SET TRANSACTION ISOLATION LEVEL { READ COMMITTED | SERIALIZABLE }
SET SESSION CHARACTERISTICS AS TRANSACTION ISOLATION LEVEL { READ
 COMMITTED | SERIALIZABLE }
```

## 描述

这条命令设置事务的隔离级别。`SET TRANSACTION` 命令设置当前 SQL 事务的特性。它对任何后续事务都没有影响。这条命令不能在事务的第一条 DML 语句（`SELECT`、`INSERT`、`DELETE`、`UPDATE`、`FETCH`、`COPY`）已经执行之后使用。`SET SESSION CHARACTERISTICS` 设置一个会话中每个事务的默认事务隔离级别。对于单个事务，`SET TRANSACTION` 可以覆盖它。

事务的隔离级别决定该事务在其他事务并发运行时能看到哪些数据。

### READ COMMITTED

一条语句只能看到在它开始之前已提交的行。这是默认值。

### SERIALIZABLE

当前事务只能看到在本事务中第一条 DML 语句执行之前已提交的行。

### 提示

直观地说，可串行化意味着两个并发事务给数据库留下的状态，与这两个事务严格地一个接一个按任一顺序执行后的状态相同。

## 兼容性

### SQL92, SQL99

`SERIALIZABLE` 是 SQL 中的默认级别。Postgres 不提供隔离级别 `READ UNCOMMITTED` 和 `REPEATABLE READ`。由于多版本并发控制，可串行化级别并非真正的可串行化。细节见用户指南。

在 SQL 中还有另外两项可以用这些命令设置的事务特性：事务是否只读以及诊断区域的大小。这两个概念在 Postgres 中都不受支持。

---

# SHOW

SHOW — 显示运行时参数

## 大纲

```
SHOW name
```

## 输入

*name*

一个运行时参数的名称。列表见SET。

## 描述

SHOW 将显示一个运行时参数的当前设置。这些变量可以用 SET 语句设置，或者在服务器启动时确定。

## 诊断

```
ERROR: not a valid option name: name
```

如果 *variable* 不表示一个已存在的参数，则返回此消息。

```
ERROR: permission denied
```

你必须是超级用户才能查看某些设置。

```
NOTICE: Time zone is unknown
```

如果没有设置 TZ 或 PGTZ 环境变量。

## 示例

显示当前的 DateStyle 设置：

```
SHOW DateStyle;
NOTICE: DateStyle is ISO with US (NonEuropean) conventions
```

显示当前的遗传优化器 (geqo) 设置：

```
SHOW GEQO;
NOTICE: geqo = true
```

## 兼容性

SHOW 命令是一种 Postgres 扩展。

---

# TRUNCATE

TRUNCATE — 清空一个表

## 大纲

```
TRUNCATE [TABLE] name
```

## 输入

*name*

要截断的表的名字。

## 输出

TRUNCATE

如果表被成功截断，返回此消息。

## 描述

TRUNCATE快速移除一个表中的所有行。它的效果与不带条件的DELETE相同，但由于它并不实际扫描表，因此速度更快。这对大表最为有效。

## 用法

截断表bigtable:

```
TRUNCATE TABLE bigtable;
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92中没有TRUNCATE。

---

# UNLISTEN

UNLISTEN — 停止监听通知

## 大纲

```
UNLISTEN { notifyname | * }
```

## 输入

*notifyname*

先前注册的通知条件的名称。

\*

清除该后端当前的所有监听注册。

## 输出

→ UNLISTEN

语句已执行的确认。

## 描述

UNLISTEN 用于移除一个现有的NOTIFY注册。UNLISTEN 取消当前 Postgres会话作为通知条件 *notifyname* 监听者的任何现有注册。特殊的条件通配符"\*"取消当前会话的所有监听者注册。

NOTIFY 中包含关于LISTEN和 NOTIFY用法的更广泛的讨论。

## 注解

*notifyname* 不需要是有效的类名，而可以是任何可作为名称使用的、长度不超过 32 个字符的字符串。

后端不会因为你 UNLISTEN 一个你并没有在监听的东西而抱怨。每个后端退出时都会自动执行UNLISTEN \*。

## 用法

订阅一个现有的注册：

```
LISTEN virtual;
LISTEN
NOTIFY virtual;
NOTIFY
Asynchronous NOTIFY 'virtual' from backend with pid '8448' received
```

一旦执行了 UNLISTEN，后续的 NOTIFY 命令会被忽略：

```
UNLISTEN virtual;
UNLISTEN
NOTIFY virtual;
NOTIFY
```



```
-- notice no NOTIFY event is received
```

## 兼容性

### SQL92

UNLISTEN 在 SQL92 中没有。

---

# UPDATE

UPDATE — 替换表中各列的值

## 大纲

```
UPDATE [ONLY] table SET col = expression [, ...]
 [FROM fromlist]
 [WHERE condition]
```

## 输入

*table*

一个现有表的名称。

*column*

*table* 中一个列的名称。

*expression*

赋给列的一个有效表达式或值。

*fromlist*

一个 Postgres 非标准扩展，允许来自其他表的列出现在 WHERE 条件中。

*condition*

WHERE 子句的进一步描述请参阅 SELECT 语句。

## 输出

UPDATE #

成功时返回的消息。# 表示被更新的行数。如果 # 为 0，则没有行被更新。

## 描述

UPDATE 更改所有满足条件的行中指定列的值。只有要修改的列才需要作为列出现在语句中。

数组引用使用与 SELECT 中相同的语法。也就是说，可以用单次查询替换单个数组元素、数组元素的一个范围或整个数组。

要修改表，你必须拥有对它的写权限，以及对 WHERE 条件中提到其值的任何表的读权限。

默认情况下，UPDATE 将更新指定的表及其所有子表中的元组。如果只想更新提到的这个特定表，应当使用 ONLY 子句。

## 用法

把列 kind 上的单词"Drama"改为"Dramatic":

```
UPDATE films
SET kind = 'Dramatic'
WHERE kind = 'Drama';
```

```
SELECT *
FROM films
WHERE kind = 'Dramatic' OR kind = 'Drama';
```

| code  | title         | did | date_prod  | kind     | len   |
|-------|---------------|-----|------------|----------|-------|
| BL101 | The Third Man | 101 | 1949-12-23 | Dramatic | 01:44 |
| P_302 | Becket        | 103 | 1964-02-03 | Dramatic | 02:28 |
| M_401 | War and Peace | 104 | 1967-02-12 | Dramatic | 05:57 |
| T_601 | Yojimbo       | 106 | 1961-06-16 | Dramatic | 01:50 |
| DA101 | Das Boot      | 110 | 1981-11-11 | Dramatic | 02:29 |

## 兼容性

### SQL92

SQL92 为定位式 UPDATE 语句定义了一种不同的语法：

```
UPDATE table SET column = expression [, ...]
WHERE CURRENT OF cursor
```

其中 *cursor* 标识一个打开的游标。

---

# VACUUM

VACUUM — 清理并分析一个 Postgres 数据库

## 大纲

```
VACUUM [VERBOSE] [ANALYZE] [table]
VACUUM [VERBOSE] ANALYZE [table [(column [, ...])]]
```

## 输入

**VERBOSE**

为每个表打印一份详细的清理活动报告。

**ANALYZE**

更新优化器用来确定执行查询最有效方式所使用的列统计信息。

*table*

要清理的指定表的名称。默认为所有表。

*column*

要分析的指定列的名称。默认为所有列。

## 输出

→ VACUUM

命令已被接受，数据库正在被清理。

NOTICE: --Relation *table*--

*table*的报告头。

```
NOTICE: Pages 98: Changed 25, Reapped 74, Empty 0, New 0; Tup 1000:
 Vac 3000, Crash 0, Unused 0, MinLen 188, MaxLen 188; Re-using: Free/
 Avail. Space 586952/586952; EndEmpty/Avail. Pages 0/74. Elapsed 0/
 0 sec.
```

对*table*本身的分析。

```
NOTICE: Index index: Pages 28; Tuples 1000: Deleted 3000. Elapsed
 0/0 sec.
```

对目标表上某个索引的分析。

## 描述

VACUUM在 Postgres 中有两个目的：既是回收存储空间的手段，也是为优化器收集信息的手段。

VACUUM打开数据库中的每个表，清除回滚事务留下的记录，并更新系统目录中的统计信息。所维护的统计信息包括所有表中存储的元组数和页数。

VACUUM ANALYZE收集表示每列数据离散程度的统计信息。当存在多条可能的查询执行路径时，这些信息很有价值。

周期性地运行VACUUM将提高数据库处理用户查询的速度。

## 注意

打开的数据库是 VACUUM 的目标。

我们建议对活跃的生产数据库每晚执行一次VACUUM，以移除过期的行。在把一个大表复制进Postgres或删除大量记录之后，对受影响的表发出一条VACUUM ANALYZE查询可能是个好主意。这会用所有最近变更的结果更新系统目录，使 Postgres查询优化器在规划用户查询时做出更好的选择。

## 用法

下面是对回归数据库中的一个表运行VACUUM的例子：

```
regression=> vacuum verbose analyze onek;
NOTICE: --Relation onek--
NOTICE: Pages 98: Changed 25, Reapped 74, Empty 0, New 0;
 Tup 1000: Vac 3000, Crash 0, UnUsed 0, MinLen 188, MaxLen
 188;
 Re-using: Free/Avail. Space 586952/586952; EndEmpty/Avail.
 Pages 0/74.
 Elapsed 0/0 sec.
NOTICE: Index onek_stringul: Pages 28; Tuples 1000: Deleted 3000.
 Elapsed 0/0 sec.
NOTICE: Index onek_hundred: Pages 12; Tuples 1000: Deleted 3000.
 Elapsed 0/0 sec.
NOTICE: Index onek_unique2: Pages 19; Tuples 1000: Deleted 3000.
 Elapsed 0/0 sec.
NOTICE: Index onek_unique1: Pages 17; Tuples 1000: Deleted 3000.
 Elapsed 0/0 sec.
NOTICE: Rel onek: Pages: 98 --> 25; Tuple(s) moved: 1000. Elapsed
 0/1 sec.
NOTICE: Index onek_stringul: Pages 28; Tuples 1000: Deleted 1000.
 Elapsed 0/0 sec.
NOTICE: Index onek_hundred: Pages 12; Tuples 1000: Deleted 1000.
 Elapsed 0/0 sec.
NOTICE: Index onek_unique2: Pages 19; Tuples 1000: Deleted 1000.
 Elapsed 0/0 sec.
NOTICE: Index onek_unique1: Pages 17; Tuples 1000: Deleted 1000.
 Elapsed 0/0 sec.
VACUUM
```

## 兼容性

### SQL92

SQL92中没有VACUUM语句。

---

# PostgreSQL 客户端应用

这是Postgres客户端应用和实用工具的参考信息。

## 目录

|                  |     |
|------------------|-----|
| createdb .....   | 455 |
| createuser ..... | 457 |
| dropdb .....     | 459 |
| dropuser .....   | 461 |
| ecpg .....       | 463 |
| pgaccess .....   | 467 |
| pgadmin .....    | 469 |
| pg_config .....  | 470 |
| pg_dump .....    | 471 |
| pg_dumpall ..... | 475 |
| pg_restore ..... | 477 |
| psql .....       | 482 |
| pgtclsh .....    | 501 |
| pgtksh .....     | 502 |
| vacuumdb .....   | 503 |

---

# createdb

createdb — 创建一个新的 Postgres 数据库

## 大纲

```
createdb [options...] [dbname] [description]
```

## 输入

`-h, --host host`

指定 postmaster 所在机器的主机名。如果 *host* 以斜线开头，它被用作 Unix 域套接字的目录。

`-p, --port port`

指定 postmaster 正在监听连接的 Internet TCP/IP 端口或本地 Unix 域套接字文件扩展名。

`-U, --username username`

要连接使用的用户名。

`-W, --password`

强制提示输入密码。

`-e, --echo`

回显 createdb 生成并发送给后端的查询。

`-q, --quiet`

不显示响应。

`-D, --location datadir`

指定数据库的备选位置。另见 `initlocation`。

`-T, --template template`

指定用于构建该数据库的模板数据库。

`-E, --encoding encoding`

指定该数据库使用的字符编码方案。

*dbname*

指定要创建的数据库的名称。该名称在本安装中的所有 Postgres 数据库中必须唯一。默认创建一个与当前系统用户同名的数据库。

*description*

可选地指定与新创建的数据库关联的注释。

The options `-h`, `-p`, `-U`, `-W`, and `-e` are passed on literally to `psql`. The options `-D`, `-T`, and `-E` are converted into options for the underlying SQL command `CREATE DATABASE`; see there for more information about them.

## 输出

```
CREATE DATABASE
```

数据库创建成功。

```
createdb: Database creation failed.
```

(一目了然。)

```
createdb: Comment creation failed. (Database was created.)
```

无法创建数据库的注释/描述。数据库本身已经创建。可以以后用 SQL 命令 `COMMENT ON DATABASE` 创建注释。

If there is an error condition, the backend error message will be displayed. See `CREATE DATABASE` and `psql` for possibilities.

## 描述

`createdb` 创建一个新的 Postgres 数据库。执行这个命令的用户成为该数据库的所有者。

`createdb` 是围绕 SQL 命令 `CREATE DATABASE` 的一个 shell 脚本包装，它通过 Postgres 交互式终端 `psql` 执行。因此，用这种方法或其他方法创建数据库并没有什么特别之处。这意味着脚本必须能找到 `psql` 程序，而且目标端口上必须有数据库服务器在运行。此外，`psql` 和 `libpq` 前端库可用的任何默认设置和环境变量都将适用。

## 用法

要使用默认数据库服务器创建 `demo` 数据库：

```
$ createdb demoCREATE DATABASE
```

其响应与你直接运行 `CREATE DATABASE` SQL 命令所得到的相同。

用主机 `eden` 上的 `postmaster`、端口 `5000` 创建数据库 `demo`，使用 `LATIN1` 编码方案并看一看底层查询：

```
$ createdb -p 5000 -h eden -E LATIN1 -e demoCREATE DATABASE "demo"
WITH ENCODING = 'LATIN1'CREATE DATABASE
```



---

# createuser

createuser — 创建一个新的 Postgres 用户

## 大纲

```
createuser [options...] [username]
```

## 输入

`-h, --host host`

指定运行 postmaster 的主机名。如果 *host* 以斜杠开头，它将被用作 unix 域套接字的目录。

`-p, --port port`

指定 postmaster 正在监听连接的 Internet TCP/IP 端口或本地 unix 域套接字文件扩展名。

`-e, --echo`

显示 createuser 生成并发送给后端的查询。

`-q, --quiet`

不显示响应。

`-d, --createdb`

允许新用户创建数据库。

`-D, --no-createdb`

禁止新用户创建数据库。

`-a, --adduser`

允许新用户创建其他用户。

`-A, --no-adduser`

禁止新用户创建其他用户。

`-P, --pwprompt`

如果给出这个选项，createuser 将提示输入新用户的口令。如果你不打算使用口令认证，则不需要它。

`-i, --sysid uid`

允许你为新用户选择一个非默认的用户 id。这并非必需，但有些人喜欢这样。

*username*

指定要创建的 Postgres 用户的名称。这个名称必须在所有 PostgreSQL 用户之间唯一。

如果命令行上没有指定名称和其他缺少的信息，系统会提示你输入。

选项 `-h`、`-p` 和 `-e` 会按原样传递给 psql。psql 的选项 `-U` 和 `-W` 也可用，但在这种场合使用它们可能造成困惑。

## 输出

```
CREATE USER
```

一切正常。

```
createuser: creation of user "username" failed
```

出了些问题。用户没有被创建。

如果出现错误情况，将显示后端错误消息。参见 CREATE USER 和 psql 了解各种可能。

## 描述

createuser 创建一个新的 Postgres 用户。只有 pg\_shadow 表中 usesuper 被设置的用户才能创建新的 PostgreSQL 用户。

createuser 是一个 shell 脚本，它通过 Postgres 交互式终端 psql 包装了 SQL 命令 CREATE USER。因此，通过这个或其他方法创建用户没有什么特别之处。这意味着脚本必须能找到 psql，并且目标主机上有一个数据库服务器在运行。此外，psql 和 libpq 前端库可用的任何默认设置和环境变量都会适用。

## 用法

在默认数据库服务器上创建用户 joe：

```
$ createuser joeIs the new user allowed to create databases? (y/n) nShall the new user be allowed to create more new users? (y/n)
nCREATE USER
```

使用主机 eden 上端口 5000 的 postmaster 创建同一个用户 joe，避开提示并查看底层查询：

```
$ createuser -p 5000 -h eden -D -A -e joeCREATE USER "joe"
NOCREATEDB NOCREATEUSERCREATE USER
```

---

# dropdb

dropdb — 移除一个现有的 Postgres 数据库

## 大纲

```
dropdb [options...] dbname
```

## 输入

`-h, --host host`

指定 postmaster 正在运行的机器的主机名。如果 *host* 以斜杠开头，它被用作 unix 域套接字的目录。

`-p, --port port`

指定 postmaster 正在监听连接的 Internet TCP/IP 端口或本地 Unix 域套接字文件扩展。

`-U, --username username`

要连接的用户名。

`-W, --password`

强制口令提示。

`-e, --echo`

回显 dropdb 生成并发送给后端的查询。

`-q, --quiet`

不显示响应。

`-i, --interactive`

在做任何破坏性操作之前发出一个确认提示。

*dbname*

指定要移除的数据库的名称。该数据库必须是这个安装中现有的 Postgres 数据库之一。

选项 `-h`、`-p`、`-U`、`-W` 和 `-e` 会被原样传递给 `psql`。

## 输出

```
DROP DATABASE
```

数据库已被成功移除。

```
dropdb: Database removal failed.
```

某些地方出了问题。

如果出现错误情况，将显示后端错误消息。各种可能性请参阅 `DROP DATABASE` 和 `psql`。

## 描述

dropdb 销毁一个现有的 Postgres 数据库。执行这个命令的用户必须是数据库超级用户或该数据库的拥有者。

dropdb 是 SQL 命令 DROP DATABASE 的一个 shell 脚本包装，它通过 Postgres 交互式终端psql进行。因此，通过这个或其他方法删除数据库没有什么特别的。这意味着脚本必须能找到 psql，并且目标主机上有一个数据库服务器在运行。此外，psql 和 libpq 前端库可用的任何默认设置和环境变量都适用。

## 用法

在默认数据库服务器上销毁数据库 demo：

```
$ dropdb demoDROP DATABASE
```

使用主机 eden 上端口 5000 的 postmaster 销毁数据库 demo，带确认并看一眼底层查询：

```
$ dropdb -p 5000 -h eden -i -e demoDatabase "demo" will be
 permanently deleted.
Are you sure? (y/n) yDROP DATABASE "demo"
DROP DATABASE
```

---

# dropuser

dropuser — 删除（移除）一个 Postgres 用户

## 大纲

```
dropuser [options...][username]
```

## 输入

`-h, --host host`

指定 postmaster 所在机器的主机名。如果 *host* 以斜线开头，它被用作 unix 域套接字的目录。

`-p, --port port`

指定 postmaster 正在监听连接的 Internet TCP/IP 端口或本地 Unix 域套接字文件扩展名。

`-e, --echo`

回显 createdb 生成并发送给后端的查询。

`-q, --quiet`

不显示响应。

`-i, --interactive`

在实际移除用户之前提示确认。

*username*

指定要删除的 Postgres 用户的名称。该名称必须存在于 Postgres 安装中。如果命令行上没有指定名称，会提示你输入一个。

选项 `-h`、`-p` 和 `-e` 被原样传递给 psql。psql 的选项 `-U` 和 `-w` 也可用，但在此上下文中可能造成混淆。

## 输出

```
DROP USER
```

一切正常。

```
dropuser: deletion of user "username" failed
```

出了问题。用户没有被删除。

If there is an error condition, the backend error message will be displayed. See DROP USER and psql for possibilities.

## 描述

dropuser 移除一个现有的 Postgres 用户以及该用户所拥有的数据库。只有 pg\_shadow 表中 usesuper 被设置的用户才能删除 Postgres 用户。

dropuser 是围绕 SQL 命令 DROP USER 的一个 shell 脚本包装，它通过 Postgres 交互式终端 psql 执行。因此，用这种方法或其他方法删除用户并没有什么特别之

处。这意味着脚本必须能找到 psql，而且目标主机上有数据库服务器在运行。此外，psql 和 libpq 前端库可用的任何默认设置和环境变量都适用。

## 用法

要从默认数据库服务器上移除用户 joe：

```
$ dropuser joeDROP USER
```

用主机 eden 上的 postmaster、端口 5000 删除用户 joe，带验证并看一看底层查询：

```
$ dropuser -p 5000 -h eden -i -e joeUser "joe" and any owned
databases will be permanently deleted.
Are you sure? (y/n) yDROP USER "joe"
DROP USER
```

---

# ecpg

ecpg — 嵌入式 SQL C 预处理器

## 大纲

```
ecpg [-v] [-t] [-I include-path] [-o outfile] file1 [
file2] [...]
```

## 输入

ecpg接受下列命令行参数：

**-v**

打印版本信息。

**-t**

关闭自动事务模式。

**-I** *path*

指定一个额外的 **include** 路径。默认值是 `./usr/local/include`、编译时定义的 **Postgres include** 路径（默认：`/usr/local/pgsql/lib`）以及 `/usr/include`。

**-o**

指定 **ecpg** 应将全部输出写入 **outfile**。如果没有给出这个选项，输出将写入 *name.c*（假定输入文件名为 *name.pgc*）。如果输入文件确实没有预期的 *.pgc* 后缀，那么输出文件名将在输入文件名后追加 *.pgc*。

*file*

要处理的文件。

## 输出

**ecpg**会创建一个文件或写入 **stdout**。

*return value*

**ecpg**成功完成时向 **shell** 返回 0，出错时返回 -1。

## 描述

**ecpg** 是 C 语言和 **Postgres**的嵌入式 SQL 预处理器。它支持开发带有嵌入式 SQL 代码的 C 程序。

Linus Tolke (<linus@epact.se>) 是 **ecpg**的原作者（直到 0.2 版）。Michael Meskes (<meskes@debian.org>) 是 **ecpg**目前的作者和维护者。Thomas Good (<tomg@q8.nrnnet.org>) 是本文件所依据的 **ecpg man** 页最后一版的作者。

## 用法

### 为编译做预处理

嵌入式 SQL 源文件在编译之前必须先做预处理：

```
ecpg [-d] [-o file] file.pgc
```

其中可选的 `-d` 标志打开调试。`.pgc` 扩展名是表示 `ecpg` 源的一种随意约定。

你可能想把预处理器的输出重定向到一个日志文件。

## 编译和链接

假定 Postgres 的可执行文件位于 `/usr/local/pgsql`，你需要这样编译和链接预处理后的源文件：

```
gcc -g -I /usr/local/pgsql/include [-o file] file.c -L /usr/
local/pgsql/lib -lecpg -lpq
```

## 语法

### 库

预处理器会在源文件开头加上两条指令：

```
#include <ecpgtype.h>
#include <ecpglib.h>
```

### 变量声明

在 `ecpg` 源代码中声明的变量必须以以下内容开头：

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
```

类似地，变量声明节必须以以下内容结束：

```
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

### 注意

在 2.1.0 版之前，每个变量必须单独一行声明。从 2.1.0 版起，多个变量可以在一行中声明：

```
char foo(16), bar(16);
```

## 错误处理

SQL 通信区用以下方式定义：

```
EXEC SQL INCLUDE sqlca;
```

### 注意

`sqlca` 是小写的。虽然可以遵循 SQL 惯例（即用大写来区分嵌入式 SQL 与 C 语句），但 `sqlca`（它包含 `sqlca.h` 头文件）MUST 是小写的。这是因为 `EXEC SQL` 前缀表明这个 `INCLUDE` 将由 `ecpg` 解析。`ecpg` 区分大小写（`SQLCA.h` 将找不到）。`EXEC SQL INCLUDE` 也可以用来包含其他头文件，只要遵守大小写敏感的规则。



sqlprint 命令与 EXEC SQL WHENEVER 语句一起使用，在整个程序中打开错误处理：

```
EXEC SQL WHENEVER sqlerror sqlprint;
```

和

```
EXEC SQL WHENEVER not found sqlprint;
```

### 注意

这不是EXEC SQL WHENEVER语句用法的一个详尽示例。更多用法示例可以在 SQL 手册中找到（例如 Groff 和 Weinberg 的`The LAN TIMES Guide to SQL`）。

## 连接到数据库服务器

使用下面的语句连接数据库：

```
EXEC SQL CONNECT TO dbname;
```

其中数据库名不带引号。在 2.1.0 版之前，数据库名必须放在单引号中。

也可以在 connect 语句中指定服务器名和端口名。语法是：

```
dbname[@server][:port]
```

或者

```
<tcp|unix>:postgresql://server[:port]/[dbname][?options]
```

## 查询

一般来说，其他应用（如 psql）可接受的 SQL 查询都可以嵌入到你的 C 代码中。下面是一些示例。

创建表：

```
EXEC SQL CREATE TABLE foo (number int4, ascii char(16));
EXEC SQL CREATE UNIQUE index num1 on foo(number);
EXEC SQL COMMIT;
```

插入：

```
EXEC SQL INSERT INTO foo (number, ascii) VALUES (9999, 'doodad');
EXEC SQL COMMIT;
```

删除：

```
EXEC SQL DELETE FROM foo WHERE number = 9999;
EXEC SQL COMMIT;
```

单行 SELECT：

```
EXEC SQL SELECT foo INTO :FooBar FROM table1 WHERE ascii =
 'doodad';
```

使用游标的 SELECT：

```
EXEC SQL DECLARE foo_bar CURSOR FOR
 SELECT number, ascii FROM foo
 ORDER BY ascii;
EXEC SQL FETCH foo_bar INTO :FooBar, DooDad;
...
EXEC SQL CLOSE foo_bar;
EXEC SQL COMMIT;
```

更新:

```
EXEC SQL UPDATE foo
 SET ascii = 'foobar'
 WHERE number = 9999;
EXEC SQL COMMIT;
```

## 注意

没有 EXEC SQL PREPARE 语句。

完整的结构定义 MUST 列在 declare 节内。

更多尚未实现的功能请看源码中的 TODO 文件。

---

# pgaccess

pgaccess — PostgreSQL 图形客户端

## 大纲

`pgaccess [dbname]`

## 选项

*dbname*

要访问的一个现有数据库的名称。

## 描述

pgaccess 为 Postgres 提供一个图形界面，你可以在其中管理你的表、编辑它们、定义查询、序列和函数。

pgaccess 可以：

- 在指定主机的指定端口上打开任何数据库，使用指定的用户名和口令。
- 执行 VACUUM。
- 把首选项保存在 `~/.pgaccessrc` 文件中。

对于表，pgaccess 可以：

- 打开多个表进行查看，显示的行数可配置。
- 通过拖动垂直网格线调整列宽。
- 在单元格中折行显示文本。
- 编辑时动态调整行高。
- 为每个表保存表布局。
- 导入/导出到外部文件（SDF、CSV）。
- 使用过滤功能；输入像 `price > 3.14` 这样的过滤器。
- 指定排序顺序；手动输入排序字段。
- 就地编辑；双击你想要更改的文本。
- 删除记录；指向该记录，按 **Delete** 键。
- 添加新记录；用右键点击保存新行。
- 用向导创建表。
- 重命名和删除（drop）表。
- 检索表的信息，包括拥有者、字段信息、索引。

对于查询，pgaccess 可以：

- 定义、编辑和存储用户定义的查询。
- 保存视图布局。
- 把查询存储为视图。
- 带可选的用户输入参数执行，例如，

```
select * from invoices where year=[parameter "Year of selection"]
```

- 查看任何 select 查询的结果。
- 运行动作查询（insert、update、delete）。
- 使用带拖放支持和表别名的可视化查询构建器构造查询。

对于序列，pgaccess 可以：

- 定义新实例。
- 检查现有实例。

- 删除。

对于视图，pgaccess 可以：

- 通过把查询保存为视图来定义它们。
- 查看它们，带过滤和排序功能。
- 设计新视图。
- 删除（drop）现有视图。

对于函数，pgaccess 可以：

- 定义。
- 检查。
- 删除。

对于报表，pgaccess 可以：

- 从表生成简单报表（beta 阶段）。
- 更改字段和标签的字体、大小和样式。
- 从数据库装载和保存报表。
- 预览表、Postscript 打印样例。

对于表单，pgaccess 可以：

- 打开用户定义的表单。
- 使用表单设计模块。
- 使用查询部件访问记录集。

对于脚本，pgaccess 可以：

- 定义。
- 修改。
- 调用用户定义的脚本。

## 注意

pgaccess 用 Tcl/Tk 编写。你的 Postgres 安装需要带 Tcl 支持构建，pgaccess 才可用。

---

# pgadmin

pgadmin — Postgres 的 Windows 95/98/NT 数据库管理与设计工具

## 大纲

```
pgadmin [datasource [username [password]]]
```

## 输入

*datasourcename*

一个已有的Postgres ODBC 系统数据源或用户数据源的名字。

*username*

指定的*datasourcename* 的一个有效用户名。

*password*

指定的*datasourcename*和 *username* 的一个有效口令。

## 输出

## 描述

pgadmin是一个用于设计、维护和管理 Postgres数据库的通用工具。它运行在 Windows 95/98 和 NT 之下。

它的特性包括：

- 任意 SQL 输入。
- 面向数据库、表、索引、序列、视图、触发器、函数和语言的信息浏览器和"创建器"。
- 用户、组和权限配置对话框。
- 带升级脚本生成的版本跟踪。
- Microsoft MSysConf 表的配置。
- 数据导入和导出向导。
- 数据库迁移向导。
- 面向数据库、表、索引、序列、语言和视图的预定义报表。

pgadmin与Postgres 分开发布，可以从 <http://www.pgadmin.freemove.co.uk> 下载。

---

# pg\_config

pg\_config — 提供关于已安装版本的PostgreSQL的信息

## 大纲

```
pg_config [--bindir] [--includedir] [--libdir] [--configure] [--version]...
```

## 描述

pg\_config实用程序提供当前安装版本的 PostgreSQL的配置参数。例如，它面向想要与PostgreSQL对接的软件包使用，以便找到各自的头文件和库。

要使用pg\_config，需要提供下列一个或多个选项：

**--bindir**

打印用户可执行文件的位置。例如，可以用它来找到 `psql` 程序。这里通常也是 `pg_config` 程序所在的位置。

**--includedir**

打印 C 和 C++ 头文件的位置。

**--libdir**

打印目标代码库的位置。

**--configure**

打印在配置 `configure` 脚本以构建 PostgreSQL 时传给它的选项。这可以用来重现完全相同的配置，或者查明一个二进制软件包是用什么选项构建的。（不过注意，二进制软件包常常包含发行商特有的自定义补丁。）

**--version**

打印PostgreSQL的版本并退出。

如果给出多个选项（`--version`除外），信息将按该顺序打印，每项一行。

---

# pg\_dump

pg\_dump — Extract a Postgres database into a script file or other archive file

## 大纲

```
pg_dump [[-a] | [-s]] [-b] [-c] [-C] [[-d] | [-D]] [-f file] [-F format] [-i] [[-n] | [-N]] [-o] [-O]
[-R] [-S] [-t table] [-v] [-x] [-Z 0...9] [-h host] [-p port] [-u dbname]
```

## 描述

pg\_dump 是一个把 Postgres 数据库转储为包含查询命令的脚本或归档文件的工具。脚本文件为文本格式，可用于重建数据库，甚至是在其他机器和其他架构上。归档文件是 7.1 版新引入的，包含足够的信息供 pg\_restore 重建数据库，而且还允许 pg\_restore 有选择地恢复部分内容，甚至在恢复之前对条目重新排序。归档文件的设计也使其可以跨架构移植。

pg\_dump 会产生重新生成所有用户定义类型、函数、表、索引、聚合和操作符所需的查询。此外，所有数据都以文本格式复制出来，因此既可以方便地重新复制进去，也可以导入编辑工具。

pg\_dump 可用于转储数据库的内容，以便从一个 Postgres 安装迁移到另一个安装。运行 pg\_dump 之后，应当检查输出中是否有任何警告，尤其是考虑到下面列出的限制。

与某种备选文件格式结合并配合 pg\_restore 使用时，它提供了一种灵活的归档和传输机制。可以用 pg\_dump 备份整个数据库，然后用 pg\_restore 检查归档和/或选择要恢复数据库的哪些部分。细节见 pg\_restore 文档。

## 选项

pg\_dump 接受下列命令行参数。（长选项形式只在某些平台上可用。）

*dbname*

指定要抽取的数据库名称。

-a  
--data-only

只转储数据，不转储模式（定义）。

-b  
--blobs

转储数据和 BLOB 数据。

-c  
--clean

转储在创建模式（的命令）之前先清除（删除）该模式的命令。

-C  
--create

对纯文本（脚本）输出，包含创建数据库本身的命令。

-d  
--inserts

将数据转储为正规的 INSERT 命令（而不是 COPY）。这会使恢复变得非常缓慢。

**-D**  
**--attribute-inserts**

将数据转储为带有显式列名的 `INSERT` 命令。这会使恢复变得非常缓慢。

**-f *file***  
**--file=*file***

把输出发送到指定的文件。

**-F *format***  
**--format=*format***

格式可以是下列之一：

**p**

输出纯文本 SQL 脚本文件（默认）

**t**

输出一个适合输入到 `pg_restore` 的 `tar` 归档。使用这种归档格式，允许在恢复数据库时重新排序和/或排除模式元素，还可以限制恢复时重新装载哪些数据。

**c**

输出一个适合输入到 `pg_restore` 的自定义归档。这是最灵活的格式，因为它既允许重新排序模式元素，也允许重新排序数据装载。这种格式默认还会压缩。

**-i**  
**--ignore-version**

忽略 `pg_dump` 与数据库服务器之间的版本不匹配。由于 `pg_dump` 对系统目录了解甚多，任何给定版本的 `pg_dump` 都只打算与相应版本的数据库服务器一起使用。如果你需要忽略版本检查，可以使用此选项（如果 `pg_dump` 因此而失败，可别怪没警告过你）。

**-n**  
**--no-quotes**

除非绝对必要，抑制标识符周围的双引号。如果标识符中使用了保留字，这可能导致装载这份转储数据时出问题。这是 `pg_dump` 6.4 之前版本的默认行为。

**-N**  
**--quotes**

在标识符周围包含双引号。这是默认行为。

**-o**  
**--oids**

为每个表转储对象标识符（OID）。

**-O**  
**--no-owner**

在纯文本输出模式下，不把对象所有权设置成与原始数据库一致。通常，`pg_dump` 会发出（`psql` 特有的）`\connect` 语句来设置模式元素的所有权。

**-R**  
**--no-reconnect**

在纯文本输出模式下，禁止 `pg_dump` 发出任何 `\connect` 语句。



`-s`  
`--schema-only`

只转储模式（定义），不转储数据。

`-S username`  
`--superuser=username`

指定在禁用触发器和/或设置模式元素所有权时要使用的超级用户名。

`-t table`  
`--table=table`

只转储 *table* 的数据。

`-v`  
`--verbose`

指定详细模式。

`-x`  
`--no-acl`

不转储 ACL（grant/revoke 命令）和表所有权信息。

`-Z 0..9`  
`--compress=0..9`

指定在支持压缩的归档格式中所用的压缩级别（目前只有自定义归档格式支持压缩）。

pg\_dump 还接受下列用于连接参数的命令行参数：

`-h host`  
`--host=host`

指定运行 `postmaster` 的主机的主机名。如果 `host` 以斜杠开头，则将其用作 Unix 域套接字的目录。

`-p port`  
`--port=port`

指定 `postmaster` 正在监听连接的 Internet TCP/IP 端口，或本地 Unix 域套接字文件扩展名。端口号默认为 5432，或 `PGPORT` 环境变量的值（如果已设置）。

`-u`

使用密码认证。提示输入 *username* 和 *password*。

## 诊断

```
 Connection to database 'template1' failed.
connectDBStart() -- connect() failed: No such file or directory
 Is the postmaster running locally
 and accepting connections on Unix socket '/tmp/.s.PGSQL.
5432'?
```

pg\_dump 无法连接到指定主机和端口上的 `postmaster` 进程。如果你看到这条消息，请确保 `postmaster` 运行在正确的主机上，并且你指定了正确的端口。

```
dumpSequence(table): SELECT failed
```

你没有读取该数据库的权限。请联系你的 Postgres 站点管理员。

### 注意

`pg_dump` 内部执行 `SELECT` 语句。如果在运行 `pg_dump` 时遇到问题，请确保你能够使用例如 `psql` 从数据库中选择信息。

## 注意

`pg_dump` 有一些限制。这些限制大多源于难以从系统目录中抽取某些元信息。

- 在转储单个表或以纯文本转储时，`pg_dump` 不处理大对象。必须使用某种二进制归档格式对大对象进行完整转储。
- 在进行只转储数据的转储时，`pg_dump` 会在插入数据之前发出禁用用户表上触发器的查询，并在数据插入完成后发出重新启用它们的查询。如果恢复在中途中止，系统目录可能会处于错误状态。

## 例子

要转储一个数据库：

```
$pg_dump mydb > db.out
```

要重新装载这个数据库：

```
$psql -d database -f db.out
```

要把一个包含 BLOB 的名为 `mydb` 的数据库转储到一个 `tar` 文件：

```
$pg_dump -Ft -b mydb > db.tar
```

要把这个数据库（连同 BLOB）重新装载到一个已存在的名为 `newdb` 的数据库：

```
$pg_restore -d newdb db.tar
```

## 另见

`pg_dumpall`, `pg_restore`, `psql`, PostgreSQL Administrator's Guide

---

# pg\_dumpall

pg\_dumpall — 把所有数据库抽取到一个脚本文件

## 大纲

```
pg_dumpall [[-c] | [--clean]] [-h host] [-p port] [[-g] | [--globals-only]]
```

## 描述

pg\_dumpall 是一个把集群中所有 Postgres 数据库写出（“转储”）到一个脚本文件的实用工具。该脚本文件包含可以用作psql的输入来恢复数据库的 SQL 命令。它通过为集群中的每个数据库调用 pg\_dump 来完成这一工作。pg\_dumpall 还转储所有数据库共有的全局对象。（pg\_dump 不保存这些对象。）这目前包括数据库用户和组的信息。

因此，pg\_dumpall 是备份你的数据库的一体化解决方案。

由于pg\_dumpall会读取所有数据库中的表，因此通常必须以数据库超级用户身份连接，才能生成完整的转储。另外，要执行保存的脚本，也需要具备超级用户权限，这样才能添加用户和组并创建数据库。

SQL 脚本将写到标准输出。应当用 shell 操作符把它重定向到文件中。

## 选项

pg\_dumpall 接受下列命令行参数：

**-c, --clean**

创建模式之前清理（删除）数据库。

**-h *host***

指定数据库服务器所在机器的主机名。如果 *host* 以斜线开头，它被用作 Unix 域套接字的目录。默认值取自 PGHOST 环境变量（如果设置了的话），否则尝试 Unix 域套接字连接。

**-p *port***

服务器正在监听的端口号。默认为 PGPORT 环境变量（如果设置了的话）或编译时的默认值。

**-g, --globals-only**

只转储全局对象（用户和组），不转储数据库。

其他任何命令行参数都被传递给底层的 pg\_dump 调用。这对于控制输出格式的某些方面很有用，但一些选项如 **-f**、**-t** 和 *dbname* 应当避免使用。

## 用法

要转储所有数据库：

```
$pg_dumpall > db.out
```

要从此文件重新装载数据库，可以使用：

```
$psql -f db.out template1
```

（这里连接哪个数据库并不重要，因为 `pg_dumpall` 创建的脚本文件会包含适当的命令，用于创建并连接到已保存的数据库。）

## 另见

`pg_dump`、`psql`。可能的错误条件的详情请查阅它们。

---

# pg\_restore

pg\_restore — 从由 pg\_dump 创建的归档文件中恢复 Postgres 数据库

## 大纲

```
pg_restore [-a][-c][-C][-d dbname][-f archive-file][-F format][-i index]
[-l][-L contents-file][[-N]][-o][[-r]][-O][-P function-name][-R][-s][-S]
[-t table][-T trigger][-v][-x][-h host][-p port][-u][archive-file]
```

## 描述

pg\_restore 是一个用于恢复由 pg\_dump 以某种非纯文本格式转储的 Postgres 数据库的工具。

归档文件是 7.1 版新增的，它们包含足够的信息供 pg\_restore 重建数据库，而且还允许 pg\_restore 有选择地恢复其中的内容，甚至在恢复前重新排列各项的顺序。归档文件被设计为可跨体系结构移植。pg\_dump 会产生重新生成所有用户定义类型、函数、表、索引、聚集和操作符所需的查询。此外，所有数据都会被复制出来（对脚本而言是文本格式），以便可以方便地再次复制回去。

pg\_restore 读取归档文件，并根据命令参数按所需顺序输出相应的 SQL。显然，它无法恢复转储文件中不存在的信息；因此，如果转储是使用“将数据转储为 INSERT 命令”选项生成的，pg\_restore 就不能使用 COPY 语句装载数据。

最灵活的输出文件格式是“自定义”格式（-Fc）。它允许选择和重排所有归档项，并且默认是压缩的。tar 格式（-Ft）不压缩，而且在装载时无法重排数据，但除此之外相当灵活。

要重新排列各项，首先需要转储归档的内容：

```
$pg_restore archive.file -l > archive.list
```

这个文件由一个头部和每个项各占一行的内容组成，例如：

```
;
; Archive created at Fri Jul 28 22:28:36 2000
; dbname: birds
; TOC Entries: 74
; Compression: 0
; Dump Version: 1.4-0
; Format: CUSTOM
;
;
; Selected TOC Entries:
;
2; 145344 TABLE species postgres
3; 145344 ACL species
4; 145359 TABLE nt_header postgres
5; 145359 ACL nt_header
6; 145402 TABLE species_records postgres
7; 145402 ACL species_records
8; 145416 TABLE ss_old postgres
9; 145416 ACL ss_old
10; 145433 TABLE map_resolutions postgres
11; 145433 ACL map_resolutions
12; 145443 TABLE hs_old postgres
13; 145443 ACL hs_old
```

分号是注释定界符，而行首的数字表示分配给每个项的内部归档 ID。

文件中的行可以被注释掉、删除并重新排序。例如：

```
10; 145433 TABLE map_resolutions postgres
;2; 145344 TABLE species postgres
;4; 145359 TABLE nt_header postgres
6; 145402 TABLE species_records postgres
;8; 145416 TABLE ss_old postgres
```

可以作为 `pg_restore` 的输入，这样它就只会按该顺序恢复项 10 和 6。

```
$pg_restore archive.file -L archive.list
```

## 选项

`pg_restore` 接受下列命令行参数。（长选项形式只在某些平台上可用。）

*archive-name*

指定要恢复的归档文件的位置。如果没有指定，而且也没有指定 `-f` 选项，则使用标准输入。

`-a`

`--data-only`

只恢复数据，不恢复模式（定义）。

`-c`

`--clean`

在创建之前清理（删除）模式。

`-C`

`--create`

包含创建模式的 SQL。

`-d dbname`

`--dbname=dbname`

连接到数据库 *dbname* 并直接恢复到该数据库中。BLOB 只能通过直接数据库连接来恢复。

`-f filename`

`--file=filename`

指定生成脚本的输出文件。（与 `-l` 选项一起使用。）默认为标准输出。

`-F format`

`--format=format`

指定归档的格式。没有必要指定格式，因为 `pg_restore` 会自动确定格式。如果指定，它可以是下列之一：

`t`

归档是一个 `tar` 归档。使用这种归档格式允许在恢复数据库时重排和/或排除模式元素，也可以限制恢复时重新装载哪些数据。

`c`

归档是 `pg_dump` 的自定义格式。这是最灵活的格式，因为它既允许重排数据装载也允许重排模式元素。这种格式默认还是压缩的。

`-i index`

`--index=index`

仅恢复指定名称 *index* 的定义。

`-l`

`--list`

列出归档的内容。此命令的输出可与 `-L` 选项一起使用，以限制并重排被恢复的项。

`-L list-file`

`--use-list=list-file`

仅恢复 *list-file* 中列出的元素，并按它们在文件中出现的顺序进行恢复。可以移动行，也可以通过在行首放置 ';' 将其注释掉。

`-N`

`--orig-order`

按原始转储顺序恢复各项。默认情况下，`pg_dump` 会按对 `pg_dump` 方便的顺序转储各项，然后按修改过的 OID 顺序保存归档。此选项覆盖 OID 排序。

`-o`

`--oid-order`

按 OID 顺序恢复各项。默认情况下，`pg_dump` 会按对 `pg_dump` 方便的顺序转储各项，然后按修改过的 OID 顺序保存归档。此选项强制严格的 OID 排序。

`-O`

`--no-owner`

阻止任何恢复原始对象所有权的尝试。对象将属于用来连接数据库的用户名。

`-P function-name`

`--function=function-name`

指定要恢复的过程或函数。

`-r`

`--rearrange`

按修改过的 OID 顺序恢复各项。默认情况下，`pg_dump` 会按对 `pg_dump` 方便的顺序转储各项，然后按修改过的 OID 顺序保存归档。大多数对象会按 OID 顺序恢复，但有些东西（如规则和索引）会在过程结束时恢复，而不管它们的 OID 如何。此选项是默认值。

`-R`

`--no-reconnect`

禁止 `pg_restore` 发出任何

`\connect`

语句，或在直接连接时重新连接数据库。

`-s`

`--schema-only`

恢复模式（定义），不恢复数据。序列值会被重置。

`-S username`

`--superuser=username`

指定在禁用触发器和/或设置模式元素所有权时要使用的超级用户用户名。默认情况下，`pg_restore` 会在当前用户是超级用户时使用当前用户名。

`-t table`  
`--table=table`

只恢复 *table* 的模式/数据。

`-T trigger`  
`--trigger=trigger`

仅恢复 *trigger* 的定义。

`-v`  
`--verbose`

指定详细模式。

`-x`  
`--no-acl`

阻止恢复 ACL (*grant/revoke* 命令)。

`pg_restore` 还接受以下用于连接参数的命令行参数：

`-h host`  
`--host=host`

指定 `postmaster` 运行所在机器的主机名。如果 *host* 以斜杠开头，则它被用作 Unix 域套接字目录。

`-p port`  
`--port=port`

指定 `postmaster` 监听连接所使用的 Internet TCP/IP 端口或本地 Unix 域套接字文件扩展名。端口号默认为 5432，或 `PGPORT` 环境变量的值（如果已设置）。

`-u`

使用口令认证。提示输入用户名和口令。

## 诊断

```

 Connection to database 'template1' failed.
connectDBStart() -- connect() failed: No such file or directory
 Is the postmaster running locally
 and accepting connections on Unix socket '/tmp/.s.PGSQL.
5432'?
```

`pg_restore` 无法连接到指定主机和端口上的 `postmaster` 进程。如果你看到这条消息，请确保 `postmaster` 运行在正确的主机上，并且你指定了正确的端口。如果你的站点使用认证系统，请确保你已获得所需的认证凭据。

### 注意

当使用 `-d` 选项指定直接数据库连接时，`pg_restore` 会在内部执行 SQL 语句。如果运行 `pg_restore` 时遇到问题，请确保你能够使用例如 `psql` 从该数据库中查询信息。



## 注解

pg\_restore 的局限性详述如下。

- 当把数据恢复到一个表中时, pg\_restore 会在插入数据前发出查询禁用用户表上的触发器, 然后在数据插入后再发出查询重新启用它们。如果恢复在中途停止, 系统目录可能会处于错误状态。
- pg\_restore 不会为单个表恢复 BLOB。如果归档中包含 BLOB, 那么所有 BLOB 都将被恢复。

关于 pg\_dump 的局限性的细节请参见 pg\_dump 文档。

## 示例

要转储一个数据库:

```
$pg_dump mydb > db.out
```

要重新装载这个数据库:

```
$psql -d database -f db.out
```

要把一个名为 mydb 的包含 BLOB 的数据库转储到一个 tar 文件中:

```
$pg_dump -Ft -b mydb > db.tar
```

要把这个数据库 (连同 BLOB) 重新装载到一个已存在的名为 newdb 的数据库中:

```
$pg_restore -d newdb db.tar
```

## 参见

pg\_dump, pg\_dumpall, psql, PostgreSQL 管理员指南

---

# psql

psql — Postgres 的交互式终端

## 大纲

```
psql [options] [dbname [user]]
```

## 概要

psql 是 Postgres 的一个基于终端的前端。它使你能够交互式地输入查询，将其发送给 Postgres，并查看查询结果。也可以从文件提供输入。此外，它还提供了若干元命令和多种类似 shell 的特性，以便于编写脚本和自动化执行各种任务。

## 描述

### 连接到数据库

psql 是一个常规的 Postgres 客户端应用程序。要连接到数据库，你需要知道目标数据库的名称、服务器的主机名和端口号，以及要以哪个用户名连接。psql 可以通过命令行选项（即分别为 -d、-h、-p 和 -U）把这些参数告知它。如果遇到一个不属于任何选项的参数，它将被解释为数据库名（如果数据库名已经给出，则解释为用户名）。

并非所有这些选项都是必需的，会应用默认值。如果省略主机名，psql 将通过 Unix 域套接字连接到本地主机上的服务器。默认端口号在编译时确定。

由于数据库服务器使用相同的默认值，因此在大多数情况下不必指定端口。

默认用户名是你的 Unix 用户名，默认数据库名也是如此。请注意，你不能随意以任意用户名连接到任意数据库。数据库管理员应当已经告知你拥有的访问权限。为了少打一些字，你还可以把环境变量 PGDATABASE、PGHOST、PGPORT 和 PGUSER 设置为适当的值。

如果由于任何原因（如权限不足、postmaster 未在服务器上运行等）无法建立连接，psql 将返回错误并终止。

### 输入查询

在正常操作时，psql 提供一个提示符，它是 psql 当前连接到的数据库名称后跟字符串 "=>". For example,

```
$ psql testdb
```

```
Welcome to psql, the PostgreSQL interactive terminal.
```

```
Type: \copyright for distribution terms
 \h for help with SQL commands
 \? for help on internal slash commands
 \g or terminate with semicolon to execute query
 \q to quit
```

```
testdb=>
```

在提示符下，用户可以输入 SQL 查询。通常，当遇到表示查询结束的分号时，输入行被发送到后端。行尾并不会终止一条查询！因此为了清晰，查询可以分布在多行上。

如果查询被发送且没有错误，查询的结果会显示在屏幕上。

每当执行一条查询时，psql 还会轮询由 LISTEN and NOTIFY.

## psql 元命令

你输入到 psql 中的任何以未加引号的反斜线开始的内容都是一个由 psql 自身处理的 psql 元命令。这些命令正是让 psql 在管理和编写脚本方面很有用的原因。元命令更常被称为斜线或反斜线命令。

psql 命令的格式是用反斜线后面直接跟上一个命令动词，然后是一些参数。参数与命令动词和其他参数之间用任意多个空白字符分隔开。

要在参数中包含空白，必须用单引号把它括起来。要在这类参数中包含单引号，可以在它前面加一个反斜线。单引号中的内容还会进一步做类 C 的替换，即 `\n`（换行）、`\t`（制表符）、`\digits`、`\odigits`，and `\oxdigits` (the character with the given decimal, octal, or hexadecimal code)。

如果未加引号的参数以冒号 (:) 开头，它会被当作一个变量，该变量的值将被用作参数。

用反引号 (‘) 括起来的参数被当作传递给 shell 的命令。命令的输出（去掉末尾的换行符）作为参数值。上述转义序列在反引号中也适用。

Some commands take the name of an SQL identifier (such as a table name) as argument. 这些参数遵循 SQL 关于双引号的语法规则：不带双引号的标识符被强制转换为小写。对于所有其他命令，双引号没有特殊含义，会成为参数的一部分。

当遇到另一个未加引号的反斜线时，参数解析停止。这被当作新元命令的开始。特殊序列 `\\`（两个反斜线）标志参数的结束并继续解析 SQL 查询（如果有）。这样 SQL 和 psql 命令就可以在一行中自由混用。但无论如何，元命令的参数不能延续到行尾之后。

定义了下列元命令：

`\a`

如果当前表格输出格式是非对齐，则切换为对齐；否则设置为非对齐。保留这条命令是为了向后兼容。通用的解决办法见 `\pset`。

`\C [title]`

设置作为查询结果打印的任何表的标题，或取消任何这样的标题。此命令等价于 `\pset title title`. (The name of this command derives from “caption”, as it was previously only used to set the caption in an HTML table.)

`\connect (or \c) [dbname [username]]`

建立到一个新数据库和/或以另一个用户名的连接。先前的连接会被关闭。如果 `dbname` 为 -，则假定使用当前的数据库名。

如果省略 `username`，则假定使用当前的用户名。

作为一条特殊规则，不带任何参数的 `\connect` 将以默认用户连接到默认数据库（就像你启动 psql 时不带任何参数一样）。

如果连接尝试失败（用户名错误、访问被拒绝等），当且仅当 psql 处于交互模式时，才会保留先前的连接。在执行非交互式脚本时，处理会立即停止并报错。选择这种区别对待，一方面是为了让用户方便地应对输入错误，另一方面是作为一种安全机制，防止脚本意外地作用于错误的数据库。

`\copytable [with oids] {from|to} filename | stdin | stdout [using delimiters 'characters'] [with null as 'string']`

Performs a frontend (client) copy. This is an operation that runs an SQL COPY command, but instead of the backend's reading or writing

the specified file, (后者因此需要后端访问权限和特殊的用户权限, 并且受限于后端可访问的文件系统), psql reads or writes the file and routes the data between the backend and the local file system.

该命令的语法类似于 SQL COPY 命令 (细节见其描述)。注意, 因此对 \copy 命令适用特殊的解析规则。特别是, 变量替换规则和反斜线转义不适用。

### 提示

这个操作不如 SQL 的 COPY 命令高效, 因为所有数据都必须通过客户端/服务器的 IP 或套接字连接。对于大量数据, 另一种技术可能更可取。

### 注意

注意前端副本与后端副本对 stdin 和 stdout 的解释不同: 在前端副本中它们总是指 psql 的输入和输出流。在后端副本中, stdin 来自 COPY 本身来自的地方 (例如用 -f 选项运行的一个脚本), 而 stdout 指查询输出流 (见下面的 \o 元命令)。

\copyright

显示 Postgres 的版权和分发条款。

\drelation

显示 *relation* (可以是表、视图、索引或序列) 的所有列、它们的类型以及任何特殊属性 (如 NOT NULL 或默认值, 如果有的话)。如果该关系实际上是表, 任何已定义的索引也会列出。如果该关系是视图, 还会显示视图定义。

命令形式 \d+ 相同, 但还会显示与表列关联的任何注释。

### 注意

如果 \d 不带任何参数调用, 它等价于 \dtvs, 后者会显示所有表、视图和序列的列表。这纯粹是为了方便。

\da [pattern]

列出所有可用的聚合函数及其操作的数据类型。如果指定了 *pattern* (正则表达式), 则只显示匹配的聚合。

\dd [object]

显示对象 (可以是一个正则表达式) 的描述, 如果没有给出参数则显示所有对象的描述。 ("Object" covers aggregates, functions, operators, types, relations (tables, views, indices, sequences, large objects), rules, and triggers.) For example:

```
=> \dd version
 Object descriptions
 Name | What | Description
-----+-----+-----
version | function | PostgreSQL version string
(1 row)
```

对象的描述可以用 `COMMENT ON SQL` 命令生成。

### 注意

Postgres 把对象描述存储在 `pg_description` 系统表中。

`\df [ pattern ]`

列出可用的函数及其参数和返回类型。If *pattern* (a regular expression) is specified, only matching functions are shown. If the form `\df+` is used, additional information about each function, including language and description, is shown.

`\distvs [ pattern ]`

这不是实际的命令名：字母 `i`、`s`、`t`、`v`、`S` 分别代表索引 (index)、序列 (sequence)、表 (table)、视图 (view) 和系统表 (system table)。可以按任意顺序指定其中任意个或全部，以获得它们的列表以及各自的属主。

如果指定了 *pattern*，它是一个正则表达式，把列表限制为名字匹配的对象。如果在命令名后面加上 `+`，每个对象都会连同其相关联的描述一起列出（如果有的话）。

`\dl`

这是 `\lo_list` 的别名，用于显示大对象列表。

`\do [ name ]`

列出可用的操作符及其操作数和返回类型。如果指定了 *name*，则只显示具有该名称的操作符。

`\dp [ pattern ]`

这是 `\z` 的别名，因它更具助记性而保留 (display permissions, 显示权限)。

`\dT [ pattern ]`

列出所有数据类型，或者只列出匹配 *pattern* 的类型。命令形式 `\dT+` 显示额外的信息。

`\edit (or \e) [ filename ]`

如果指定了 *filename*，则编辑该文件；编辑器退出后，其内容被复制回查询缓冲区。如果没有给出参数，则把当前查询缓冲区复制到一个临时文件，然后以相同的方式编辑。

然后新的查询缓冲区会按 `psql` 的正常规则重新解析，整个缓冲区被当作单独一行。（因此你不能用这种方式制作脚本。请用 `\i`。）这也意味着如果查询以分号结尾（或更确切地说包含分号），它会被立即执行。在其他情况下它只会留在查询缓冲区中等待。

### 提示

`psql` 依次搜索环境变量 `PSQL_EDITOR`、`EDITOR` 和 `VISUAL`（按此顺序）来寻找要用的编辑器。如果它们全部未设置，则运行 `/bin/vi`。

`\echo text [ ... ]`

把参数打印到标准输出，参数之间以一个空格分隔并后跟一个换行符。这在脚本的输出中穿插信息时很有用。例如：

```
=> \echo `date`
Tue Oct 26 21:40:57 CEST 1999
```

If the first argument is an unquoted `-n` the trailing newline is not written.

### 提示

如果你用 `\o` 命令重定向查询输出，你可能希望用 `\qecho` 而不是这条命令。

```
\encoding [encoding]
```

如果使用多字节编码，则设置客户端编码。不带参数时，此命令显示当前编码。

```
\f [string]
```

设置非对齐查询输出的字段分隔符。默认是竖线 (`|`)。设置输出选项的通用方法另见 `\pset`。

```
\g [{filename} | command]
```

把当前查询输入缓冲区发送到后端，并可选地把输出保存到 `filename` 中，或把输出通过管道送到一个单独的 Unix shell 去执行 `command`。A bare `\g` is virtually equivalent to a semicolon. A `\g` with argument is a “one-shot” alternative to the `\o` command.

```
\help (or \h) [command]
```

给出指定 SQL 命令的语法帮助。如果未指定 `command`，psql 将列出所有可获得语法帮助的命令。如果 `command` 是星号 (`*`)，则显示所有 SQL 命令的语法帮助。

### 注意

为简化输入，由多个词组成的命令不必加引号。因此键入 `\help alter table` 就可以。

```
\H
```

打开HTML查询输出格式。如果HTML格式已经打开，则切换回默认的对齐文本格式。此命令是为兼容性和便利性而保留的；设置其他输出选项的方法见 `\pset`。

```
\ifilename
```

从文件 `filename` 读取输入并执行，就像从键盘输入一样。

### 注意

如果想在读入时在屏幕上看到这些行，必须把变量 `ECHO` 设置为 `all`。

```
\l (or \list)
```

列出服务器中的所有数据库及其所有者。向命令名追加 `+` 还可以看到数据库的任何描述。如果你的 `Postgres` 安装编译时带有多字节编码支持，则还会显示每个数据库的编码方案。

```
\lo_exportloidfilename
```

从数据库读取 OID 为 loid 的大对象并把它写入 filename。注意这与服务器函数 lo\_export 有细微差别，后者以数据库服务器运行用户的权限在服务器的文件系统上操作。

### 提示

使用 \lo\_list 可以查出大对象的 OID。

### 注意

关于所有大对象操作的重要信息，见 LO\_TRANSACTION 变量的描述。

```
\lo_importfilename[comment]
```

把该文件存储为一个 Postgres 大对象。可以选择把给定的注释与该对象关联。Example:

```
foo=> \lo_import '/home/peter/pictures/photo.xcf' 'a picture of
me'
lo_import 152801
```

The response indicates that the large object received object id 152801 which one ought to remember if one wants to access the object ever again. For that reason it is recommended to always associate a human-readable comment with every object. Those can then be seen with the \lo\_list command.

注意这条命令与服务器端的 lo\_import 有微妙的差别，因为它以本地用户在本地文件系统上操作，而不是服务器的用户和文件系统。

### 注意

关于所有大对象操作的重要信息，见 LO\_TRANSACTION 变量的描述。

```
\lo_list
```

显示当前存储在数据库中的所有 Postgres 大对象的列表以及为它们提供的任何注释。

```
\lo_unlinkloid
```

从数据库删除 OID 为 loid 的大对象。

### 提示

使用 \lo\_list 可以查出大对象的 OID。

### 注意

关于所有大对象操作的重要信息，见 LO\_TRANSACTION 变量的描述。

`\o [{filename} | command]`

把以后的查询结果保存到文件 `filename` 中，或把以后的结果通过管道送到一个单独的 Unix shell 去执行 `command`。如果不指定参数，查询输出将重置为 `stdout`。

“Query results” 包括从数据库服务器获得的所有表、命令响应和通知，以及查询数据库的各种反斜线命令（如 `\d`）的输出，但不包括错误消息。

### 提示

要在查询结果之间穿插文本输出，使用 `\qecho`。

`\p`

将当前查询缓冲区打印到标准输出。

`\psetparameter [value]`

此命令设置影响查询结果表输出的选项。*parameter* 描述要设置哪个选项。The semantics of *value* depend thereon.

可调整的打印选项有：

`format`

把输出格式设置为 `unaligned`、`aligned`、`html` 或 `latex` 之一。允许唯一的缩写。（也就是说一个字母就足够了。）

“非对齐” 把一个元组的所有字段写在一行上，以当前有效的字段分隔符分隔。这是为了创建可能要被其他程序读入的输出（制表符分隔、逗号分隔）。“对齐” 模式是默认的标准、人类可读、排版良好的文本输出。“HTML” 和 “LaTeX” 模式输出的表格用于包含在使用相应标记语言的文档中。它们不是完整的文档！（在 HTML 中这或许不那么严重，但在 LaTeX 中你必须要有完整的文档包装。）

`border`

第二个参数必须是一个数字。一般来说，数字越大表格的边框和线越多，但这取决于具体的格式。In HTML mode, this will translate directly into the `border=...` attribute, in the others only values 0 (no border), 1 (internal dividing lines), and 2 (table frame) make sense.

`expanded (or x)`

在常规格式和扩展格式之间切换。启用扩展格式时，所有输出有两列，字段名在左、数据在右。如果数据在正常的“水平”模式下无法在屏幕上显示，这种模式会很有用。

扩展模式受全部四种输出模式支持。

`null`

第二个参数是一个每当字段为空值时应打印的字符串。默认是完全不打印任何内容，这很容易被误认为例如空字符串。因此，可以选择写 `\pset null '(null)'`。

`fieldsep`

指定在非对齐输出模式中使用的字段分隔符。这样就可以创建例如以制表符或逗号分隔的输出，其他程序可能更喜欢这样。要把制表符设置为字段分隔符，输入 `\pset fieldsep '\t'`。默认为的字段分隔符是 `'|'`（竖线符号）。



`recordsep`

指定在非对齐输出模式中使用的记录（行）分隔符。默认是换行符。

`tuples_only (or t)`

在只显示元组和完整显示之间切换。完整显示可能显示额外的信息，如列标题、标题和各种脚注。在只显示元组模式下，只显示实际的表数据。

`title [text]`

为随后打印的任何表设置表标题。这可用于为输出提供描述性标签。如果不带参数，则取消标题。

### 注意

这以前只影响 HTML 模式。现在你可以在任何输出格式中设置标题。

`tableattr (or T) [text]`

允许你指定要放在 HTML table 标签内的任何属性。例如可以是 `cellpadding` 或 `bgcolor`。注意这里可能不应该指定 `border`，因为那已由 `\pset border` 处理。

`pager`

切换分页器的使用以输出表格。如果设置了环境变量 `PAGER`，输出将通过管道送到指定的程序。Otherwise `more` is used.

无论如何，只有在看起来合适时 `psql` 才使用分页器。这尤其意味着输出是发往终端的，而且表在屏幕上通常放不下。由于打印例程的模块化性质，并不总是能预测实际会打印的行数。因此 `psql` 在何时使用分页器上可能显得不太挑剔。

Illustrations on how these different formats look can be seen in the 示例 section.

### 提示

`\pset` 有多种快捷命令。参见 `\a`、`\C`、`\H`、`\t`、`\T` 和 `\x`。

### 注意

不带参数调用 `\pset` 是一个错误。将来这个调用可能会显示所有打印选项的当前状态。

`\q`

退出 `psql` 程序。

`\qechotext [...]`

此命令与 `\echo` 相同，只是所有输出将写入由 `\o` 设置的查询输出通道。

`\r`

重置（清空）查询缓冲区。

`\s [filename]`

打印命令行历史或把它保存到 `filename`。如果省略 `filename`，则历史写到标准输出。This option is only available if psql is configured to use the GNU history library.

### 注意

从 psql 7.0 版起，不再需要保存命令历史，因为程序终止时会自动完成保存。每次 psql 启动时历史也会自动加载。

`\set [name [value [...]]]`

把内部变量 `name` 设置为 `value`，如果给出多个值则设置为它们的串接。如果没有给出第二个参数，该变量只是被设置为没有值。要取消设置一个变量，使用 `\unset` 命令。

有效的变量名可以包含字符、数字和下划线。详见有关 psql 变量的小节。

尽管欢迎你任何变量设置为任何值，psql 把若干变量视为特殊的。它们记录在有关变量的小节中。

### 注意

此命令与 SQL 命令 SET 完全无关。

`\t`

切换输出中的列名标题和行数页脚的显示状态。这个命令等价于 `\pset tuples_only`，提供它是为了使用方便。

`\T table_options`

允许你指定要放在 HTML 表输出模式的 `table` 标签中的选项。这条命令等价于 `\pset tableattr table_options`。

`\w {filename | command}`

把当前查询缓冲区输出到文件 `filename`，或通过管道送给 Unix 命令 `command`。

`\x`

切换扩展行格式模式。因此它等价于 `\pset expanded`。

`\z [pattern]`

产生数据库中所有表及其相应访问权限的列表。如果给出参数，它被当作一个正则表达式，只列出匹配它的表。

```
test=> \z
Access permissions for database "test"
Relation | Access permissions
-----+-----
my_table | {"=r","joe=arwR", "group staff=ar"}
(1 row)
```

这样阅读：

- "`=r`": `PUBLIC` 拥有该表上的读 (`SELECT`) 权限。
- "`joe=arwR`": 用户 `joe` 拥有读、写 (`UPDATE`、`DELETE`)、追加 (`INSERT`) 权限, 以及在该表上创建规则的权限。
- "`group staff=ar`": 组 `staff` 拥有 `SELECT` 和 `INSERT` 权限。

`GRANT` 和 `REVOKE` 命令用于设置访问权限。

`\! [command]`

进入一个单独的 shell, 或执行 shell 命令 `command`。参数不会被进一步解释; shell 会原样看到它们。

`\?`

获取有关反斜线 (`\`) 命令的帮助信息。

## 命令行选项

如果做了相应配置, `psql` 既理解标准的 Unix 短选项, 也理解 GNU 风格的长选项。后者并非在所有系统上都可用。

`-a, --echo-all`

在读入时把所有行打印到屏幕。这对脚本处理比交互模式更有用。This is equivalent to setting the variable `ECHO` to `all`.

`-A, --no-align`

切换到非对齐输出模式 (默认输出模式是对齐的)。

`-c, --command query`

指定 `psql` 执行一个查询字符串 `query`, 然后退出。这在 shell 脚本中很有用。

`query` 必须是后端完全可解析的查询字符串 (即不含 `psql` 特有的功能), 或者是单条反斜杠命令。因此你不能混合 SQL 和 `psql` 元命令。要做到这一点, 可以把字符串管道输入 `psql`, 像这样: `echo "\x \ select * from foo;" | psql`。

`-d, --dbname dbname`

指定要连接的数据库的名称。这等效于在命令行上把 `dbname` 指定为第一个非选项参数。

`-e, --echo-queries`

显示发送到后端的所有查询。这等效于把变量 `ECHO` 设置为 `queries`。

`-E, --echo-hidden`

回显 `\d` 及其他反斜杠命令生成的实际查询。如果你想在自己的程序中包含类似的功能, 可以使用它。这等效于在 `psql` 内部设置变量 `ECHO_HIDDEN`。

`-f, --file filename`

使用文件 `filename` 作为查询来源, 而不是交互式地读取查询。该文件处理完后, `psql` 终止。This is in many ways equivalent to the internal command `\i`.

使用这个选项与写 `psql < filename` 有微妙的差别。一般来说, 两者都会按你预期的工作, 但使用 `-f` 可以启用一些不错的功能, 例如带行号的错误消息。使用这个选项也稍

有可能会减少启动开销。另一方面，使用 shell 输入重定向的形式（理论上）保证产生与你手工输入一切时完全相同的输出。

**-F, --field-separator *separator***

使用 *separator* 作为字段分隔符。这等效于 `\pset fieldsep` 或者 `\f`。

**-h, --host *hostname***

指定 postmaster 所在机器的主机名。如果 host 以斜线开头，它被用作 Unix 域套接字的目录。

**-H, --html**

打开 HTML 表格输出。这等效于 `\pset format html` 或 `\H` 命令。

**-l, --list**

列出所有可用的数据库，然后退出。其他非连接选项会被忽略。这类似于内部命令 `\list`。

**-o, --output *filename***

把所有查询输出放到文件 *filename* 中。这等效于命令 `\o`。

**-p, --port *port***

指定 postmaster 用于监听连接的 TCP/IP 端口，或者在省略时指定本地 Unix 域套接字文件扩展名。默认是 PGPORT 环境变量的值，如果没有设置，则默认为编译时指定的端口，通常是 5432。

**-P, --pset *assignment***

以 `\pset` 的形式指定打印选项。注意，这里必须用一个等号而不是空格来分隔名称和值。例如，要把输出格式设置为 LaTeX，可以写 `-P format=latex`。

**-q**

指定 psql 安静地工作。默认情况下，它会打印欢迎消息和各种提示信息。如果使用了这个选项，以上那些就都不会输出。这与 `-c` 选项配合很有用。Within psql you can also set the QUIET variable to achieve the same effect.

**-R, --record-separator *separator***

把 *separator* 用作记录分隔符。这等效于 `\pset recordsep` 命令。

**-s, --single-step**

以单步模式运行。即每条查询发送到后端之前都会提示用户，并可选择取消执行。可用它来调试脚本。

**-S, --single-line**

以单行模式运行，此时换行符像分号一样终止一条查询。

### 注意

这种模式是为坚持使用它的用户提供的，但并不一定值得推荐。特别是，如果在一行中混合了 SQL 和元命令，对于没有经验的用户来说，它们的执行顺序未必总是清楚的。

`-t, --tuples-only`

关闭列名和结果行计数页脚等的打印。它完全等效于 `\t` 元命令。

`-T, --table-attr table_options`

指定要放在HTML `table` 标签内的选项。详见 `\pset`。

`-u`

让 `psql` 在连接数据库之前提示输入用户名和密码。

这个选项已废弃，因为它在概念上有缺陷。

（为非默认用户名而提示与因为后端要求而为口令提示其实是两件事。）建议改看 `-U` 和 `-W` 选项。

`-U, --username username`

以用户 `username` 而不是默认用户连接到数据库。（当然，你必须有权限这样做。）

`-v, --variable, --set assignment`

执行变量赋值，类似于 `\set` 内部命令。注意在命令行上必须用等号分隔名称和值。要取消变量的设置，去掉等号即可。要把一个变量设置为没有值，使用等号但去掉值。这些赋值在启动的非常早期阶段完成，因此为内部目的保留的变量可能会在稍后被覆盖。

`-V, --version`

显示 `psql` 的版本。

`-W, --password`

要求 `psql` 在连接数据库之前提示输入密码。即使你随后用元命令 `\connect`。

从 7.0 版起，只要后端要求口令认证，`psql` 就会自动发出口令提示。由于这目前基于一个技巧，自动识别可能神秘地失败，因此提供这个选项来强制提示。如果没有发出口令提示而后端又要求口令认证，连接尝试将失败。

`-x, --expanded`

打开扩展行格式模式。这等效于命令 `\x`。

`-X, --no-psqlrc`

不读取启动文件 `~/.psqlrc`。

`-?, --help`

显示有关 `psql` 命令行参数的帮助。

## 高级特性

### 变量

`psql` 提供类似于常见 Unix 命令 `shell` 的变量替换特性。此特性还比较新且不太成熟，但将来有扩展它的计划。变量只是名称/值对，其中值可以是任意长度的任意字符串。要设置变量，使用 `psql` 元命令 `\set`：

```
testdb=> \set foo bar
```

把变量“foo”设置为值“bar”。要获取变量的内容，在名称前加冒号并用作任意斜线命令的参数：

```
testdb=> \echo :foo
bar
```

### 注意

`\set` 的参数遵循与其他命令相同的替换规则。因此你可以构造有趣的引用，例如 `\set :foo 'something'`，分别得到 Perl 著名的“软链接”或 PHP 著名的“可变量”。不幸的是（或者幸运的是？），这些构造没有任何实际用处。但另一方面，`\set bar :foo` 是一种完全合法的复制变量的方法。

如果调用 `\set` 时不带第二个参数，该变量只是被设置但没有值。要取消设置（或删除）一个变量，使用命令 `\unset`。

psql 的内部变量名可以由字母、数字和下划线以任意顺序和任意数量组成。A number of regular variables are treated specially by psql. They indicate certain option settings that can be changed at runtime by altering the value of the variable or represent some state of the application. Although you can use these variables for any other purpose, this is not recommended, as the program behavior might grow really strange really quickly. By convention, all specially treated variables consist of all upper-case letters (and possibly numbers and underscores). To ensure maximum compatibility in the future, avoid such variables. A list of all specially treated variables follows.

#### DBNAME

当前已连接的数据库名称。  
每次连接到一个数据库时都会设置该变量（包括程序启动时），但可以被取消设置。

#### ECHO

如果设置为 `all`，所有输入的或来自脚本的行在解析或执行之前都被写到标准输出。要在程序启动时指定这一点，使用开关 `-a`。如果设置为“`queries`”，psql 只是在所有查询发送到后端时打印它们。对应的选项是 `-e`。

#### ECHO\_HIDDEN

设置了此变量后，当反斜线命令查询数据库时会先显示该查询。这样你就可以研究 Postgres 的内部实现，并在自己的程序中提供类似的功能。如果把该变量设置为值“`noexec`”，查询只会显示，而不会真正发送到后端执行。

#### ENCODING

当前的客户端多字节编码。如果你没有设置为使用多字节字符，此变量将始终包含 `SQL_ASCII`。

#### HISTCONTROL

如果此变量设置为 `ignore_space`，以空格开头的行不会进入历史列表。如果设置为值 `ignore_dups`，与上一条历史行相同的行不会进入。`ignoreboth` 值组合这两个选项。如果未设置，或设置为上述值以外的其他值，交互模式下读入的所有行都会保存到历史列表中。

### 注意

此特性是从 `bash` 厚颜无耻地抄袭来的。

## HISTSIZE

在命令历史中存储的命令数。默认值为 500。

**注意**

这个功能无耻地剽窃自 bash。

## HOST

当前连接到的数据库服务器主机。

每次连接到数据库时都会设置该变量（包括程序启动时），但可以被取消设置。

## IGNOREEOF

如果未设置，向 psql 的交互式会话发送 EOF 字符（通常是 Control-D）将终止应用程序。如果设置为数值，则在应用程序终止之前忽略那么多 EOF 字符。如果该变量已设置但没有数值，默认为 10。

**注意**

这个功能无耻地剽窃自 bash。

## LASTOID

最后受影响的 oid 的值，由 INSERT 或 lo\_insert 命令返回。此变量只在下一条 SQL 命令的结果显示之前保证有效。

## LO\_TRANSACTION

如果你使用 Postgres 大对象接口来专门存储放不进单个元组的数据，所有操作都必须包含在一个事务块中。(See the documentation of the large object interface for more information.) Since psql has no way to tell if you already have a transaction in progress when you call one of its internal commands (\lo\_export, \lo\_import, \lo\_unlink) it must take some arbitrary action. This action could either be to roll back any transaction that might already be in progress, or to commit any such transaction, or to do nothing at all. In the last case you must provide your own BEGIN TRANSACTION/COMMIT block or the results will be unpredictable (usually resulting in the desired action's not being performed in any case).

要选择你想做什么，把这个变量设为“rollback”、“commit”或“nothing”之一。

默认是回滚事务。如果你只想装载一个或少数几个对象，这就够了。不过，如果你打算传送许多大对象，最好在所有命令外面提供一个显式的事务块。

## ON\_ERROR\_STOP

默认情况下，如果非交互式脚本遇到错误（如格式错误的 SQL 查询或内部元命令），处理会继续。这是 psql 的传统行为，但有时并不理想。如果设置了此变量，脚本处理将立即终止。如果该脚本是从另一个脚本调用的，后者也会以同样的方式终止。如果最外层的脚本不是从交互式 psql 会话调用而是使用 -f 选项调用的，psql 将返回错误码 3，以区别于致命错误情况（错误码 1）。

## PORT

当前连接到的数据库服务器端口。

每次连接到数据库时都会设置该变量（包括程序启动时），但可以被取消设置。

PROMPT1, PROMPT2, PROMPT3

它们指定 psql 发出的提示符应有的样子。见“提示符”下文。

QUIET

此变量等价于命令行选项 `-q`。在交互模式下它可能不太有用。

SINGLELINE

此变量由命令行选项 `-S` 设置。你可以在运行时取消设置或重置它。

SINGLESTEP

此变量等价于命令行选项 `-s`。

USER

当前连接的数据库用户。每次连接到一个数据库时都会设置该变量（包括程序启动时），但可以被取消设置。

## SQL Interpolation

psql 变量的另一个有用特性是你可以把它们替换（插值）到常规 SQL 语句中。The syntax for this is again to prepend the variable name with a colon (:).

```
testdb=> \set foo 'my_table'
testdb=> SELECT * FROM :foo;
```

would then query the table `my_table`. The value of the variable is copied literally, so it can even contain unbalanced quotes or backslash commands. You must make sure that it makes sense where you put it. Variable interpolation will not be performed into quoted SQL entities.

此功能的一个流行应用是在后续语句中引用最后插入的 OID 来构建外键场景。此机制的另一个可能用法是把文件的内容复制到字段中。先把文件装载到一个变量中，然后按上面的做法进行。

```
testdb=> \set content '\'' `cat my_file.txt` '\''
testdb=> INSERT INTO my_table VALUES (:content);
```

One possible problem with this approach is that `my_file.txt` might contain single quotes. These need to be escaped so that they don't cause a syntax error when the third line is processed. This could be done with the program `sed`:

```
testdb=> \set content `sed -e "s/'/\\\\'/g" < my_file.txt`
```

Observe the correct number of backslashes (6)! You can resolve it this way: After psql has parsed this line, it passes `sed -e "s/'/\\\\'/g" < my_file.txt` to the shell. The shell will do its own thing inside the double quotes and execute `sed` with the arguments `-e` and `s/'/\\\\'/g`. When `sed` parses this it will replace the two backslashes with a single one and then do the substitution. Perhaps at one point you thought it was great that all Unix commands use the same escape character. And this is ignoring the fact that you might have to escape all backslashes as well because SQL text constants are also subject to certain interpretations. In that case you might be better off preparing the file externally.

由于冒号可以合法地出现在查询中，适用以下规则：如果该变量未设置，字符序列“冒号+名称”不会被更改。在任何情况下，你都可以用反斜线转义冒号来保护它不被解释。

（变量的冒号语法是嵌入式查询语言（如 `ecpg`）的标准 SQL 语法。数组切片和类型转换的冒号语法是 Postgres 扩展，因此存在冲突。）



## 提示符

psql 发出的提示符可以按你的偏好定制。三个变量 `PROMPT1`、`PROMPT2` 和 `PROMPT3` 包含描述提示符外观的字符串和特殊转义序列。提示符 1 是 psql 请求新查询时发出的常规提示符。提示符 2 在查询输入期间期待更多输入时发出，因为查询未以分号结束或引号未闭合。提示符 3 在你运行 SQL COPY 命令并需要在终端上输入元组时发出。

相应的提示符变量的值按字面打印，除非遇到百分号（%）。根据下一个字符的不同，会替换为某些其他文本。Defined substitutions are:

`%M`

The full hostname (with domain name) of the database server (or "localhost" if hostname information is not available).

`%m`

数据库服务器的主机名（在第一个点后截断）。

`%>`

数据库服务器正在监听的端口号。

`%n`

你连接时所用的用户名（不是本地系统用户名）。

`%/`

当前数据库的名称。

`%~`

类似于 `%/`，但如果该数据库是你的默认数据库则输出 `~`（波浪号）。

`%#`

如果当前用户是数据库超级用户则为 `#`，否则为 `>`。

`%R`

在提示符 1 中通常是 `"=`"，单行模式下是 `"^"`，会话与数据库断开时（例如 `\connect` 失败时）是 `!"`。在提示符 2 中该序列被替换为 `"-"`、`"*"`、单引号或双引号，具体取决于 psql 期待更多输入是因为查询尚未结束、你在 `/* ... */` 注释内，还是你在带引号的字符串内而期待更多输入。在提示符 3 中该序列不解析为任何内容。

`%digits`

如果 `digits` 以 `0x` 开头，其余字符按十六进制数解释，并替换为相应代码的字符。如果第一位数字是 0，这些字符按八进制数解释，并替换为相应的字符。否则按十进制数假设。

`%:name:`

psql 变量 `name` 的值。详见“变量”一节。

`%`command``

`command` 的输出，类似于普通的反引号替换。

To insert a percent sign into your prompt, write `%%`. The default prompts are equivalent to `'%/%R%# '` for prompts 1 and 2, and `'>> '` for prompt 3.

**注意**

这个特性是可耻地从tcsh抄袭过来的。

**Miscellaneous**

psql 正常结束时向 shell 返回 0；发生自身的致命错误（内存不足、找不到文件）时返回 1；与后端的连接变坏且会话不是交互式时返回 2；脚本中发生错误且设置了变量 `ON_ERROR_STOP` 时返回 3。

启动之前，psql 会尝试读取并执行文件 `$HOME/.psqlrc` 中的命令。它可用于按喜好设置客户端或服务器（使用 `\set` 和 `SET` 命令）。

**GNU readline**

psql 支持 readline 和 history 库以方便地进行行编辑和历史检索。命令历史保存在你的主目录下名为 `.psql_history` 的文件中，并在 psql 启动时重新装载。也支持 Tab 补全，不过补全逻辑并不自称是一个 SQL 解析器。可用时，psql 会自动构建为使用这些特性。如果由于某种原因你不喜欢 Tab 补全，可以把它关闭，方法是把以下内容放进你主目录下名为 `.inputrc` 的文件中：

```
$if psql
set disable-completion on
$endif
```

（这不是 psql 而是 readline 的特性。详细内容请阅读其文档。）

如果你安装了 readline 库但 psql 似乎没有使用它，必须确保 Postgres 的顶级 configure 脚本能找到它。configure 需要同时找到库 `libreadline.a`（或等价的共享库）以及头文件 `readline.h` 和 `history.h`（或 `readline/readline.h` 和 `readline/history.h`）。如果你把库和头文件安装在不常见的地方，必须把位置告诉 configure，例如：

```
$./configure --with-includes=/opt/gnu/include --with-libs=/opt/gnu/lib ...
```

然后你必须重新编译 psql（不一定要重新编译整个代码树）。

GNU readline 库可以从 GNU 项目的 FTP 服务器 `ftp://ftp.gnu.org` 获取。

**示例****注意**

This section only shows a few examples specific to psql. 如果你想学习 SQL 或熟悉 Postgres，可能希望阅读发行版中包含的教程。

第一个例子显示如何把一条查询分布在多行输入上。注意提示符的变化：

```
testdb=> CREATE TABLE my_table (
testdb(> first integer not null default 0,
testdb(> second text
testdb->);
CREATE
```

现在再看看表定义：

```
testdb=> \d my_table
 Table "my_table"
 Attribute | Type | Modifier
-----+-----+-----
 first | integer | not null default 0
 second | text |
```

这时你决定把提示符改成更有意思的样子:

```
testdb=> \set PROMPT1 '%n%m %~%R%# '
peter@localhost testdb=>
```

假设你已经在表中填入了一些数据, 想看一看它们:

```
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table;
 first | second
-----+-----
 1 | one
 2 | two
 3 | three
 4 | four
(4 rows)
```

用 \pset 命令可以让这个表显示成不同的样子:

```
peter@localhost testdb=> \pset border 2
Border style is 2.
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table;
+-----+-----+
| first | second |
+-----+-----+
1	one
2	two
3	three
4	four
+-----+-----+
(4 rows)
```

```
peter@localhost testdb=> \pset border 0
Border style is 0.
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table;
first second

1 one
2 two
3 three
4 four
(4 rows)
```

```
peter@localhost testdb=> \pset border 1
Border style is 1.
peter@localhost testdb=> \pset format unaligned
Output format is unaligned.
peter@localhost testdb=> \pset fieldsep ","
Field separator is ",".
peter@localhost testdb=> \pset tuples_only
Showing only tuples.
peter@localhost testdb=> SELECT second, first FROM my_table;
one,1
```

```
two,2
three,3
four,4
```

或者，使用简短命令：

```
peter@localhost testdb=> \a \t \x
Output format is aligned.
Tuples only is off.
Expanded display is on.
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table;
-[RECORD 1]-
first | 1
second | one
-[RECORD 2]-
first | 2
second | two
-[RECORD 3]-
first | 3
second | three
-[RECORD 4]-
first | 4
second | four
```

## 附录

### 缺陷与问题

- 在早期的 psql 中，允许第一个参数直接紧跟在（单字母）命令之后。为了兼容性这一点在一定程度上仍被支持，但我不打算在这里解释细节，因为不鼓励这种用法。但如果你收到奇怪的消息，请记住这一点。例如

```
testdb=> \foo
Field separator is "oo",
```

这可能不是人们期望的结果。

- psql 只与相同版本的服务器顺畅配合。这并不意味着其他组合会立即失败，但可能出现或明显或微妙的问题。
- 在 copy in（数据发送到服务器）期间按 Control-C 的行为并不理想。如果你收到类似“PQexec: you gotta get out of a COPY state yourself”的消息，只需输入 \c - - 重置连接。

---

# pgtclsh

pgtclsh — PostgreSQL Tcl shell 客户端

## 大纲

```
pgtclsh [filename [arguments...]]
```

## 描述

pgtclsh 是一个用 Postgres 数据库访问函数扩展的 Tcl shell 接口。（本质上，它就是装载了 libpgtcl 的 tclsh。）与常规的 Tcl shell 一样，第一个命令行参数是一个脚本文件，其余的参数会被传递给该脚本。如果没有指定脚本文件，则 shell 是交互式的。

一个带 Tk 和 Postgres 函数的 Tcl shell 以 pgtksh 提供。

## 另见

pgtksh , PostgreSQL 程序员指南 (libpgtcl 的说明) , tclsh

---

# pgtksh

pgtksh — PostgreSQL Tcl/Tk shell 客户端

## 大纲

`pgtksh [filename [arguments...]]`

## 描述

`pgtksh` 是一个 Tcl/Tk shell 接口，它以 PostgreSQL 数据库访问函数进行了扩展。（本质上，它就是加载了 `libpgtcl` 的 `wish`。）与 `wish`（常规的 Tcl/Tk shell）一样，第一个命令行参数是一个脚本文件，其余的任何参数都会被传递给该脚本。特殊选项可以改由 X Window System 库处理。如果没有指定脚本文件，shell 将以交互方式运行。

一个普通的 Tcl shell，带有 PostgreSQL 函数，可通过 `pgtclsh` 使用。

## 参见

`pgtclsh` , PostgreSQL 程序员指南 (`libpgtcl` 的说明) , `tclsh` , `wish`

---

# vacuumdb

vacuumdb — 清理并分析一个 Postgres 数据库

## 大纲

```
vacuumdb [connection-options...] [[-d] dbname] [--analyze] [-z] [--verbose] [-v]
[--table 'table [(column [...])]]']
vacuumdb [connection-options...] [--all] [-a] [--analyze] [-z] [--verbose] [-v]
```

## Inputs

vacuumdb 接受下列命令行参数：

-d *dbname*  
--dbname *dbname*

指定要清理或分析的数据库名。

-z  
--analyze

为优化器的使用计算数据库的统计信息。

-a  
--alldb

清理所有数据库。

-v  
--verbose

在处理过程中输出详细信息。

-t *table* [(*column* [...])]  
--table *table* [(*column* [...])]

只清理或分析 *table*。列名只能与 --analyze 选项一起指定。

### 提示

如果你指定了要清理（vacuum）的列，可能需要向 shell 转义括号。

vacuumdb 还接受下列用于连接参数的命令行参数：

-h *host*  
--host *host*

指定 postmaster 所在机器的主机名。如果 host 以斜杠开头，它被用作 unix 域套接字的目录。

-p *port*  
--port *port*

指定 postmaster 正在监听连接的 Internet TCP/IP 端口或本地 Unix 域套接字文件扩展名。

```
-U username
--username username
```

要连接使用的用户名。

```
-W
--password
```

强制口令提示。

```
-e
--echo
```

回显 vacuumdb 生成并发送给后端的命令。

```
-q
--quiet
```

不显示响应。

## Outputs

```
VACUUM
```

一切正常。

```
vacuumdb: Vacuum failed.
```

出了问题。vacuumdb 只是一个包装脚本。关于错误消息和潜在问题的详细讨论，参见 VACUUM 和 psql。

## Description

vacuumdb 是一个用于清理 Postgres 数据库的工具。vacuumdb 还会生成供 Postgres 查询优化器使用的内部统计信息。

vacuumdb 是一个外壳脚本包装，它通过 Postgres 的交互式终端 psql 调用后端命令 VACUUM。通过这种方式清理数据库与其他方法没有实质差别。脚本必须能找到 psql，而且目标主机上必须有数据库服务器在运行。此外，适用于 psql 和 libpq 前端库的任何默认设置和环境变量也同样有效。

## Usage

清理数据库 test:

```
$ vacuumdb test
```

要为优化器分析名为 bigdb 的数据库:

```
$ vacuumdb --analyze bigdb
```

要为优化器分析数据库 xyzzy 中表 foo 的单个列 bar:

```
$ vacuumdb --analyze --verbose --table 'foo(bar)' xyzzy
```



---

# PostgreSQL 服务器应用

这是Postgres服务器应用和辅助实用工具的参考信息。

## 目录

|                    |     |
|--------------------|-----|
| createlang .....   | 506 |
| droplang .....     | 508 |
| initdb .....       | 510 |
| initlocation ..... | 512 |
| ipcclean .....     | 513 |
| pg_ctl .....       | 514 |
| pg_passwd .....    | 517 |
| postgres .....     | 518 |
| postmaster .....   | 521 |

---

# createlang

createlang — 向 Postgres 数据库添加一种新的编程语言

## 大纲

```
createlang [connection-options...] [langname] dbname
createlang [connection-options...] [--list] [-l] dbname
```

## 输入

createlang 接受下列命令行参数：

*langname*

指定要定义的后端编程语言的名称。如果命令行上没有指定 *langname*, createlang 会提示输入。

-d, --dbname *dbname*

指定应把该语言添加到哪个数据库。

-l, --list

显示目标数据库（必须指定）中已安装语言的列表。

createlang 还接受下列用于连接参数的命令行参数：

-h, --host *host*

指定 postmaster 所在机器的主机名。如果 *host* 以斜线开头，它被用作 unix 域套接字的目录。

-p, --port *port*

指定 postmaster 正在监听连接的 Internet TCP/IP 端口或本地 Unix 域套接字文件扩展名。

-U, --username *username*

要用来连接的用户名。

-W, --password

强制提示输入密码。

## 输出

大多数错误消息都是不言自明的。如果不是，请带 `--echo` 选项运行 createlang，并参见相应的 SQL 命令的详细说明。更多可能的情况也请检查 psql。

## 描述

createlang 是一个向 Postgres 数据库添加新的编程语言的实用工具。createlang 目前接受几种语言：plpgsql、pltcl、pltclu 和 plperl。

虽然可以直接用若干 SQL 命令添加后端编程语言，但建议使用 createlang，因为它会执行若干检查而且使用起来容易得多。更多信息见 CREATE LANGUAGE。

## 注解

使用droplang可移除一个语言。

## 用法

把 pltcl 安装到数据库 template1:

```
$ createlang pltcl template1
```

---

# droplang

droplang — 从 Postgres 数据库移除一种编程语言

## 大纲

```
droplang [connection-options...] [langname] dbname
droplang [connection-options...] [--list] | [-l] dbname
```

## 输入

droplang 接受下列命令行参数：

*langname*

指定要移除的后端编程语言的名称。如果命令行上没有指定 *langname*，droplang 会提示输入。

`[-d, --dbname]` *dbname*

指定应从哪个数据库移除该语言。

`-l, --list`

显示目标数据库（必须指定）中已安装语言的列表。

droplang 还接受下列用于连接参数的命令行参数：

`-h, --host` *host*

指定 postmaster 所在机器的主机名。如果 *host* 以斜线开头，它被用作 unix 域套接字的目录。

`-p, --port` *port*

指定 postmaster 正在监听连接的 Internet TCP/IP 端口或本地 Unix 域套接字文件扩展名。

`-U, --username` *username*

要连接使用的用户名。

`-W, --password`

强制提示输入密码。

## 输出

大多数错误消息都是不言自明的。如果不是，请带 `--echo` 选项运行 droplang，并参见相应的 SQL 命令的详细说明。更多可能的情况也请检查 `psql`。

## 描述

droplang 是一个从 Postgres 数据库移除现有的编程语言的实用工具。droplang 目前接受两种语言：`plsql` 和 `pltcl`。

虽然后端编程语言可以直接用几条 SQL 命令移除，但建议使用 droplang，因为它会执行一些检查，而且用起来容易得多。更多信息见 `DROP LANGUAGE`。

## 注解

使用createlang可添加一个语言。

## 用法

要移除 plpgsql:

```
$ droplang plpgsql
```

---

# initdb

initdb — 创建一个新的 Postgres 数据库集群

## 大纲

```
initdb [--pgdata] [[-D] dbdir [--sysid] [--i sysid] [--pwprompt] [-W]] [--encoding]
| [-E encoding] [-L directory] [--noclean] [-n]] [--debug] [-d]]
```

## 描述

initdb 创建一个新的 Postgres 数据库集群或系统。数据库集群是由单个 postmaster 管理的一组数据库的集合。

创建数据库系统包括：创建存放数据库数据的目录，生成共享目录表（属于整个集群而不是任何特定数据库的表），以及创建 `template1` 数据库。当你创建新数据库时，`template1` 数据库中的所有内容都会被复制。其中包含为内建类型等内容填好的目录表。

你不能以 `root` 身份执行 initdb；它必须由将运行数据库服务器的 Unix 用户账户运行。这是因为你同样不能以 `root` 身份运行数据库服务器，而服务器需要访问 initdb 创建的文件。此外，在初始化阶段，还没有用户和访问控制被安装，Postgres 只会以当前 Unix 用户的名称连接，因此你必须在将拥有服务器进程的账户下登录。

虽然 initdb 会尝试创建指定的数据目录，但它往往没有权限这样做，因为所需数据目录的父目录常常是 `root` 所有的目录。要设置这样的安排，可以先以 `root` 身份创建一个空的数据目录，然后用 `chown` 把该目录的所有权移交给数据库用户账户，再 `su` 成为数据库用户，最后以数据库用户身份运行 initdb。

## 选项

```
--pgdata=dbdir
-D dbdir
```

这个选项指定在文件系统中何处存放数据库。这是 initdb 所需的唯一信息，但你可以通过设置 `PGDATA` 环境变量来免于写出它，这样很方便，因为数据库服务器（`postmaster`）之后可以通过同一个变量找到数据库目录。

```
--sysid=sysid
-i sysid
```

选择数据库超级用户的系统 ID。默认为运行 initdb 的用户的有效用户 ID。超级用户的 `sysid` 是什么其实并不重要，但人们可能会选择从某个数字（如 1）开始编号。

```
--pwprompt
-W
```

让 initdb 提示输入要赋予数据库超级用户的口令。如果你不打算使用口令认证，这无关紧要。否则，在设置好口令之前，你将无法使用口令认证。

```
--encoding=encoding
-E encoding
```

选择模板数据库的多字节编码。这也会是你以后创建的任何数据库的默认编码，除非在那里另行覆盖。要使用多字节编码特性，必须在构建时指定，同时你还要选择这个选项的默认值。

还有其他一些较少使用的参数：

`-L directory`

指定initdb到哪里寻找它初始化数据库系统所需的输入文件。这通常是不必要的。如果需要显式指定它们的位置，系统会告诉你。

`--noclean`

`-n`

默认情况下，当 initdb判定某个错误使它无法完全创建数据库系统时，它会删除在发现无法完成工作之前可能已创建的所有文件。这个选项抑制清理，因此对调试有用。

`--debug`

`-d`

打印引导后端的调试输出以及一些公众较少感兴趣的其他消息。引导后端是 initdb用来创建目录表的程序。这个选项会产生大量极其无聊的输出。

## See also

PostgreSQL Administrator's Guide

---

# initlocation

initlocation — 创建一个辅助的 Postgres 数据库存储区

## 大纲

*initlocation directory*

## 描述

initlocation 创建一个新的 Postgres 辅助数据库存储区。关于如何管理和使用辅助存储区，见 CREATE DATABASE 下的讨论。如果参数不包含斜杠并且不是有效的路径，就假定它是一个环境变量，并引用它。见末尾的例子。

要使用这个命令，你必须（例如用 'su'）以数据库超级用户身份登录。

## 用法

要在一个备选位置创建数据库，使用环境变量：

```
$ export PGDATA2=/opt/postgres/data
```

停止并启动 postmaster 使它看到 PGDATA2 环境变量。系统的配置必须使 postmaster 每次启动时都能看到 PGDATA2。最后：

```
$initlocation PGDATA2$createdb -D PGDATA2 testdb
```

或者，如果你允许绝对路径，可以写：

```
$initlocation /opt/postgres/data$createdb -D /opt/postgres/data/
testdb testdb
```



---

# ipcclean

ipcclean — 清理异常中止的后端留下的共享内存和信号量

## 大纲

ipcclean

## 描述

ipcclean 通过删除用户 `postgres` 拥有的所有实例，清理异常中止的后端留下的共享内存和信号量空间。只有 DBA 才应执行这个程序，因为在多用户执行期间运行它可能导致古怪的行为（即崩溃）。如果在启动 `postmaster` 或后端服务器时遇到诸如 `semget: No space left on device` 这样的消息，就应当执行这个程序。

如果在 `postmaster` 运行时执行这个命令，该 `postmaster` 分配的共享内存和信号量将被删除。这将导致该 `postmaster` 启动的后端服务器全面失效。

这个脚本是一个应急之作（hack），但自它写成以来的许多年里，没有人提出过同样有效且可移植的解决方案。欢迎提出建议。

该脚本对 `ipcs` 实用程序的输出格式做了假设，这在不同的操作系统上可能不成立。因此，它可能无法在你的特定操作系统上工作。

---

# pg\_ctl

pg\_ctl — 启动、停止或重启 postmaster

## 大纲

```
pg_ctl start [-w] [-s] [-D datadir] [-l filename] [-o options] [-p path]
pg_ctl stop [-W] [-s] [-D datadir] [-m [s[mart]] | [f[ast]] | [i[mmediate]]]
pg_ctl restart [-w] [-s] [-D datadir] [-m [s[mart]] | [f[ast]] | [i[mmediate]]] [-o options]
pg_ctl status [-D datadir]
```

## 描述

pg\_ctl 是一个用于启动、停止或重启 postmaster，即 PostgreSQL 后端服务器，或者显示一个运行中 postmaster 的状态的工具。虽然 postmaster 可以手动启动，但 pg\_ctl 封装了诸如重定向日志输出、恰当地从终端和进程组脱离这样的任务，此外还为受控关闭提供了一个选项。

在 start 模式中，会启动一个新的 postmaster。服务器在后台启动，标准输入被连接到 /dev/null。标准输出和标准错误要么被追加到一个日志文件（如果使用了 -l 选项），要么被重定向到 pg\_ctl 的标准输出（不是标准错误）。如果没有选择日志文件，pg\_ctl 的标准输出应当被重定向到一个文件或者通过管道传给另一个进程（例如一个日志轮转程序），否则 postmaster 会把它的输出写到控制终端（从后台）并且不会脱离 shell 的进程组。

在 stop 模式中，运行在指定数据目录上的 postmaster 会被关闭。用 -m 选项可以选择三种不同的关闭方法：“智能”（Smart）模式等待所有客户端断开连接。这是默认方式。“快速”（Fast）模式不等待客户端断开连接。所有活动事务都将被回滚。“立即”（Immediate）模式将在不做完整关闭的情况下中止。这会导致重启时运行一次恢复。默认情况下，stop 模式会等待关闭完成。

restart 模式实际上是先执行一次停止再执行一次启动。这允许更改 postmaster 的命令行选项。

status 模式检查是否有一个 postmaster 正在运行，如果有就显示它的 PID 以及调用它时所用的命令行选项。

## 选项

-D *datadir*

指定数据库文件的文件系统位置。如果省略它，就使用环境变量 PGDATA。

-l *filename*

把服务器日志输出追加到 *filename*。如果该文件不存在，则创建它。umask 被设置为 077，因此默认情况下禁止其他用户访问该日志文件。

-m *mode*

指定关闭模式。*mode* 可以是 smart、fast 或 immediate，或者是这三者之一的首字母。

-o *options*

指定被直接传递给 postmaster 的选项。

这些参数通常用单引号或双引号包围，以确保它们作为一组被传递。

`-p path`

指定 `postmaster` 可执行文件的位置。默认情况下, `postmaster` 取自与 `pg_ctl` 相同的目录, 若失败则取写死的安装目录。没有必要使用这个选项, 除非你在做某种不寻常的事情并且得到了找不到 `postmaster` 的错误。

`-W`

等待启动或关闭完成。超时时间为 60 秒。这是关闭的默认方式。

`-w`

不等待启动或关闭完成。这是启动和重启的默认方式。

`-s`

只打印错误, 不打印信息性消息。

## 文件

如果文件 `postmaster.opts.default` 存在于数据目录中, 该文件的内容将被作为选项传递给 `postmaster`, 除非被 `-o` 选项覆盖。

## 示例

### 启动 postmaster

启动 `postmaster`:

```
$pg_ctl start
```

一个启动 `postmaster` 并阻塞到 `postmaster` 起来的例子是:

```
$pg_ctl -w start
```

对于一个使用端口 5433 并且运行时不带 `fsync` 的 `postmaster`, 使用:

```
$pg_ctl -o "-F -p 5433" start
```

### 停止 postmaster

```
$pg_ctl stop
```

停止 `postmaster`。使用 `-m` 开关可以控制后端如何关闭。

### 重启 postmaster

这几乎等价于停止 `postmaster` 然后再启动它, 区别在于 `pg_ctl` 会保存并重用传递给先前运行实例的命令行选项。以最简单的形式重启 `postmaster`:

```
$pg_ctl restart
```

重启 `postmaster` 并等待它关闭再起来:

```
$pg_ctl -w restart
```

重启时使用端口 5433 并在重启后禁用 `fsync`:

```
$pg_ctl -o "-F -p 5433" restart
```

## 显示 postmaster 状态

下面是一段来自 pg\_ctl 的状态输出示例：

```
$pg_ctl statuspg_ctl: postmaster is running (pid: 13718)
Command line was:
/usr/local/pgsql/bin/postmaster '-D' '/usr/local/pgsql/data' '-p'
'5433' '-B' '128'
```

这是在 restart 模式中将会被调用的命令行。

## 缺陷

等待完全启动不是一个定义良好的操作，如果访问控制以使本地客户端不手动交互就无法连接的方式设置，它可能会失败。应当避免等待。

## 另见

postmaster、PostgreSQL 管理员指南

---

# pg\_passwd

pg\_passwd — 操纵一个文本口令文件

## 大纲

`pg_passwd filename`

## 描述

`pg_passwd`是一个操纵平面文本口令文件的工具，目的是用该文件来控制PostgreSQL 服务器的客户端认证。有关建立这种认证机制的更多信息可以在管理员指南中找到。

文本口令文件的形式是每行一个条目；每个条目的各个字段用冒号分隔。

第一个字段是用户名，第二个字段是加密后的口令。

其他字段被忽略（以便让使用类似格式的应用之间共享口令文件）。`pg_passwd`实用工具的功能是让用户能够向这样的文件中交互式地添加条目、更改已有条目的口令，并负责加密这些口令。

把口令文件的名字作为`pg_passwd`命令的参数提供。要能用于客户端认证，该文件必须位于服务器的数据目录中，并且该文件的基本名必须在`pg_hba.conf` 访问控制文件中指定。

```
$pg_passwd /usr/local/pgsql/data/passwordsFile "/usr/local/
pgsql/data/passwords" does not exist. Create? (y/n):yUsername:
guestPassword:Re-enter password:
```

其中`Password:`和`Re-enter password:`提示要求输入相同的口令，且输入不会显示在终端上。注意，由于标准 `crypt(3)` 库例程的限制，口令只有前八个字符有效。

原口令文件会被改名为`passwords.bk`。

要使用这个口令文件，在`pg_hba.conf`中放入如下一行：

```
host mydb 133.65.96.250 255.255.255.255 password passwords
```

这一行允许主机 133.65.96.250 使用`passwords`文件中列出的口令访问数据库 `mydb`（并且只允许该文件中列出的用户访问）。

### 注意

口令文件中存在口令字段为空的条目也很有用。（这与空口令不同。）  
这些条目无法由`pg_passwd`管理，但总是可以手工编辑口令文件。

## 另见

PostgreSQL 管理员指南

---

# postgres

postgres — 运行一个 PostgreSQL 单用户后端

## 大纲

```
postgres [-A [0] | [1]] [-B nbuffers] [-c name=value] [-d debug-level] [-D datadir]
[-e] [-E] [-f [s] | [i] | [t] | [n] | [m] | [h]] [-F [-i] [-L] [-N] [-o file-name] [-O] [-P] [[-s] | [-t [pa]
| [pl] | [ex]]] [-S sort-mem] [-W seconds] database
postgres [-A [0] | [1]] [-B nbuffers] [-c name=value] [-d debug-level] [-D datadir]
[-e] [-f [s] | [i] | [t] | [n] | [m] | [h]] [-F [-i] [-L] [-o file-name] [-O] [-p database] [-P] [[-s]
| [-t [pa] | [pl] | [ex]]] [-S sort-mem] [-v protocol-version] [-W seconds]
```

## 描述

postgres 可执行文件就是真正处理查询的 PostgreSQL 服务器进程。它通常不被直接调用；而是启动一个 postmaster 多用户服务器。

上面的第二种形式是 postmaster 调用 postgres 的方式（只是概念上如此，因为 postmaster 和 postgres 实际上是同一个程序）；不应直接以这种方式调用它。第一种形式直接以交互模式启动服务器。这种模式的主要用途是由 initdb 进行引导。

从 shell 以交互模式调用时，用户可以输入查询，结果会打印到屏幕上，但其形式对开发者比对最终用户更有用。但要注意，运行单用户后端并不真正适合调试服务器，因为不会发生真实的进程间通信和锁定。

当运行独立后端时，会话用户名将自动设为当前有效的 Unix 用户名。如果该用户不存在，服务器将不会启动。

## 选项

当 postgres 由 postmaster 启动时，它会继承后者设置的所有选项。此外，postmaster 可以通过 -o 开关向它传递 postgres 特有的选项。

通过建立配置文件，你可以免于输入这些选项。详情见管理员指南。某些（安全的）选项也可以由连接中的客户端以依赖于应用的方式设置。例如，如果设置了环境变量 `PGOPTIONS`，基于 libpq 的客户端会把该字符串传给服务器，服务器会把它解释为 postgres 的命令行选项。

## 通用选项

选项 -A、-B、-c、-d、-D 和 -F 的含义与 postmaster 中相同。

-e

把默认日期风格设为“欧洲式”，即用“日在月前”（而不是月在日前）规则解释有歧义的时间输入，并且在某些日期输出格式中日在月之前打印。更多信息见 PostgreSQL 用户指南。

-O *file-name*

把所有调试和错误输出发送到 *OutputFile*。如果后端运行在 postmaster 之下，错误消息仍会发送到前端进程以及 *OutputFile*，但调试输出发送到 postmaster 的控制终端（因为只有一个文件描述符能发送到实际的文件）。

-P

在扫描/更新系统元组时忽略系统索引。对系统表/索引执行 `REINDEX` 命令要求使用此选项。

-S

在每个查询结束时打印时间信息和其他统计信息。  
这对基准测试或调整缓冲区数量很有用。

-S *sort-mem*

指定内部排序和哈希在求助于临时磁盘文件之前可使用的内存量。  
取值以千字节为单位指定，默认为 512 千字节。注意，对于一个复杂查询，可能有多个排序和/或哈希并行运行，每一个在被允许开始把数据放入临时文件之前，都可以使用多达 *sort-mem* 千字节。

## 独立模式的选项

*database*

指定要访问的数据库名称。如果省略，则默认为用户名。

-E

回显所有查询。

-N

禁用换行符作为查询分隔符。

## 半内部选项

还有一些其他选项，主要供调试之用。这里列出这些选项，仅供PostgreSQL 系统开发者使用。强烈不建议使用这些选项中的任何一个。此外，这些选项中的任何一个都可能在未来的版本中不经通知而消失或改变。

-f{s|i|m|n|h}

禁止使用特定的扫描和连接方法：s 和 i 分别禁用顺序扫描和索引扫描，而 n、m 和 h 分别禁用嵌套循环、归并和哈希连接。

### 注意

顺序扫描和嵌套循环连接都无法被完全禁用；-fs和 -fn选项只是在优化器有其他选择时，尽量不使用这些计划类型。

-i

阻止查询执行，但显示计划树。

-L

关闭锁定系统。

-O

允许修改系统表的结构。这由 initdb 使用。

-p *database*

表明此服务器是由 postmaster 启动的，并对缓冲池管理、文件描述符等做出不同的假定。

`-t pa[rser] | pl[anner] | e[xecutor]`

打印与各个主要系统模块相关的每个查询的时间统计信息。  
该选项不能与 `-s` 选项一起使用。

`-v protocol`

指定该特定会话要使用的前端/后端协议版本号。

`-W seconds`

一遇到此选项，进程就会休眠指定的秒数。  
这给开发者留出把调试器附加到后端进程的时间。

## 另请参阅

initdb, ipcclean, postmaster



---

# postmaster

postmaster — PostgreSQL 多用户数据库服务器

## 大纲

```
postmaster [-A 0|1] [-B nbuffers] [-C name=value] [-d debug-level] [-D datadir]
[-F] [-h hostname] [-i] [-k directory] [-l] [-N max-connections] [-o extra-options]
[-p port] [-S] [[-n] | [-s]]
```

## 描述

postmaster 是 PostgreSQL 的多用户数据库服务器。客户端应用要访问数据库，需要（通过网络或本地）连接到一个运行中的 postmaster。postmaster 随后启动一个单独的服务器进程（“postgres”）来处理该连接。postmaster 还管理服务器进程之间的通信。

默认情况下 postmaster 在前台启动并把日志消息打印到标准输出。在实际应用中，postmaster 应作为后台进程启动，也许在系统引导时启动。

一个 postmaster 总是恰好管理一个数据库集群的数据。数据库集群是存储在公共文件系统位置上的一组数据库的集合。postmaster 启动时需要知道数据库集群文件（“数据区”）的位置。这通过 -D 调用选项或 PGDATA 环境变量完成；没有默认值。一个系统上可以同时运行多个 postmaster 进程，只要它们使用不同的数据区和不同的通信端口（见下文）。数据区用 initdb 创建。

## 选项

postmaster 接受下列命令行参数。关于这些选项的详细讨论请查阅管理员指南。通过设置配置文件，大多数这样的选项还可以省去重复输入。

-A 0|1

启用运行时断言检查，这是一种检测编程错误的调试辅助手段。  
只有在编译时启用了它才可用。如果是这样，默认为开启。

-B *nbuffers*

设置服务器进程使用的共享缓冲区数量。该值默认为 64 个缓冲区，每个缓冲区为 8 kB。

-C *name=value*

设置一个命名的运行时参数。列表和描述请查阅管理员指南。  
大多数其他命令行选项实际上是这种参数赋值的简短形式。

在某些系统上，还可以等价地使用 GNU 风格的长选项，形式为 --name=value。

-d *debug-level*

设置调试级别。该值设置得越高，写入服务器日志的调试输出就越多。默认为 0，表示不做调试。最高到 4 的值有意义。

-D *datadir*

指定数据目录的文件系统位置。见上面的讨论。

-F

为了改进性能而禁用 fsync 调用，代价是可能发生数据损坏。使用前请阅读详细的文档！

**-h** *hostname*

指定 `postmaster` 用来监听客户端应用连接的 TCP/IP 主机名或地址。默认监听所有已配置的地址（包括 `localhost`）。

**-i**

允许客户端通过 TCP/IP（Internet 域）连接。不使用这个选项时，只接受本地 Unix 域套接字连接。

**-k** *directory*

指定 `postmaster` 用来监听客户端应用连接的 Unix 域套接字的目录。默认通常是 `/tmp`，但可以在构建时更改。

**-l**

启用使用 SSL 的安全连接。还需要 `-i` 选项。你必须以启用 SSL 的方式编译才能使用这个选项。

**-N** *max-connections*

设置这个 `postmaster` 可接受的最大客户端连接数。默认值为 32，但只要你的系统支持那么多进程，最高可以设置为 1024。（注意 `-B` 至少要为 `-N` 的两倍。）

**-O** *extra-options*

指定的命令行风格的选项（*extra-options*）会传递给该 `postmaster` 启动的所有后端服务器进程。可能的选项见 `postgres`。如果选项字符串包含空格，整个字符串必须加引号。

**-p** *port*

指定 `postmaster` 用来监听客户端应用连接的 TCP/IP 端口或本地 Unix 域套接字文件扩展名。默认为 `PGPORT` 环境变量的值，如果未设置 `PGPORT`，则默认为编译时确定的值（通常为 5432）。如果你指定的不是默认端口，所有客户端应用都必须用命令行选项或 `PGPORT` 指定同一端口。

**-S**

指定 `postmaster` 进程应以静默模式启动。也就是说，它将与用户的（控制）终端脱离、建立自己的进程组，并把标准输出和标准错误重定向到 `/dev/null`。

使用这个开关会丢弃所有日志输出，这很可能不是你想要的，因为它会使问题的排查变得非常困难。在后台启动 `postmaster` 的更好方法见下文。

还有两个额外的命令行选项可用于调试导致后端异常死亡的问题。这些选项控制 `postmaster` 在这种情况下的行为，两个选项都不用于日常操作。

这种情况下的常规策略是通知所有其他后端必须终止，然后重新初始化共享内存和信号量。这是因为出错的后端在终止之前可能已经破坏了某些共享状态。

这些特殊情况的选项是：

**-n**

`postmaster` 不会重新初始化共享数据结构。有经验的系统程序员随后可以用调试器检查共享内存和信号量状态。

**-s**

`postmaster` 会通过发送信号 `SIGSTOP` 停止所有其他后端进程，但不会使它们终止。这让系统程序员可以手工收集所有后端进程的 core 转储。

## 输出

```
semget: No space left on device
```

如果你看到这条消息，应当运行 `ipcclean` 命令。之后再次尝试启动 `postmaster`。如果仍然不行，你可能需要按安装说明中的描述为共享内存和信号量配置你的内核。如果你在单个主机上运行多个 `postmaster` 实例，或者内核的共享内存和/或信号量限制特别小，就可能需要重新配置内核以增大其共享内存或信号量参数。

### 提示

通过减小 `-B` 来降低 Postgres 的共享内存消耗，和/或减小 `-N` 来降低 Postgres 的信号量消耗，你可能可以推迟重新配置内核。

```
StreamServerPort: cannot bind to port
```

如果你看到这条消息，应当确保没有其他 `postmaster` 进程已在同一端口号上运行。判断这一点的最简单方法是使用命令

```
$ps ax | grep postmaster
```

或

```
$ps -e | grep postmaster
```

（取决于你的系统）。

如果你确信没有其他 `postmaster` 进程在运行却仍得到这个错误，请尝试用 `-p` 选项指定一个不同的端口。如果你终止 `postmaster` 后立即用同一端口重启它，也可能得到这个错误；这种情况下，只需等待几秒直到操作系统关闭该端口再重试即可。最后，如果你指定的端口号被操作系统视为保留端口，也可能得到这个错误。例如，许多版本的 Unix 把 1024 以下的端口号视为受信任的，只允许 Unix 超级用户访问它们。

## 注解

如果有可能，请不要用 `SIGKILL` 杀死 `postmaster`。这会阻止 `postmaster` 在终止前释放它持有的系统资源（例如共享内存和信号量）。

要正常终止 `postmaster`，可以使用信号 `SIGTERM`、`SIGINT` 或 `SIGQUIT`。第一种会在退出前等待所有客户端终止，第二种会强制断开所有客户端的连接，第三种会立即退出而不做冗长的关闭，导致重启期间进行一次恢复。

实用工具命令 `pg_ctl` 可以用来安全而方便地启动和关闭 `postmaster`。

## 用法

要在后台使用默认值启动 `postmaster`，键入：

```
$nohup postmaster >logfile 2>&1 </dev/null &
```

要用特定端口启动 `postmaster`：

```
$postmaster -p 1234
```

这条命令将启动 `postmaster` 并通过端口 1234 通信。为了用 `psql` 连接这个 `postmaster`，你需要将它作为

```
$psql -p 1234
```

来运行，或者设置环境变量 `PGPORT`：

```
$export PGPORT=1234$psql
```

# PostgreSQL 7.1.3 开发人员指南

PostgreSQL 全球开发组

---

# PostgreSQL 7.1.3 开发人员指南

PostgreSQL 全球开发组

版权 © 1996-2001 PostgreSQL 全球开发组

## 摘要

本文档包含对 PostgreSQL 开发人员可能有用的各种信息。

## 法律声明

PostgreSQL 版权所有 © 1996-2001，归 PostgreSQL 全球开发组所有，并按照下文所述加利福尼亚大学的许可条款分发。

Postgres95 版权所有 © 1994-5，归加利福尼亚大学董事会所有。

特此授权，可为任何目的使用、复制、修改和分发本软件及其文档，无需付费，也无需书面协议，但条件是所有副本中都必须包含上述版权声明、本段以及后续两段内容。

在任何情况下，加利福尼亚大学都不对任何一方承担因使用本软件及其文档而产生的任何直接、间接、特殊、附带或后果性损害赔偿责任，包括利润损失，即使加利福尼亚大学已被告知此类损害发生的可能性。

加利福尼亚大学明确不作任何担保，包括但不限于适销性和特定用途适用性的默示担保。本协议项下提供的软件按"原样"提供，加利福尼亚大学没有义务提供维护、支持、更新、增强或修改。

---

---

# 目录

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 1. Postgres 源代码 .....                | 1  |
| 1.1. 格式 .....                        | 1  |
| 2. PostgreSQL 内部概述 .....             | 2  |
| 2.1. 查询的路径 .....                     | 2  |
| 2.2. 连接是如何建立的 .....                  | 2  |
| 2.3. 解析器阶段 .....                     | 3  |
| 2.3.1. 解析器 .....                     | 3  |
| 2.3.2. 转换过程 .....                    | 4  |
| 2.4. Postgres 规则系统 .....             | 4  |
| 2.4.1. 重写系统 .....                    | 4  |
| 2.5. 规划器/优化器 .....                   | 5  |
| 2.5.1. 生成可能的计划 .....                 | 5  |
| 2.5.2. 计划的数据结构 .....                 | 6  |
| 2.6. 执行器 .....                       | 6  |
| 3. 系统目录 .....                        | 8  |
| 3.1. Overview .....                  | 8  |
| 3.2. pg_aggregate .....              | 8  |
| 3.3. pg_attrdef .....                | 9  |
| 3.4. pg_attribute .....              | 9  |
| 3.5. pg_class .....                  | 11 |
| 3.6. pg_database .....               | 12 |
| 3.7. pg_description .....            | 13 |
| 3.8. pg_group .....                  | 13 |
| 3.9. pg_index .....                  | 13 |
| 3.10. pg_inherits .....              | 14 |
| 3.11. pg_language .....              | 14 |
| 3.12. pg_operator .....              | 15 |
| 3.13. pg_proc .....                  | 15 |
| 3.14. pg_relcheck .....              | 16 |
| 3.15. pg_shadow .....                | 16 |
| 3.16. pg_type .....                  | 17 |
| 4. 前端/后端协议 .....                     | 20 |
| 4.1. Overview .....                  | 20 |
| 4.2. Protocol .....                  | 20 |
| 4.2.1. 启动 .....                      | 20 |
| 4.2.2. Query .....                   | 21 |
| 4.2.3. 函数调用 .....                    | 23 |
| 4.2.4. 通知响应 .....                    | 23 |
| 4.2.5. 取消进行中的请求 .....                | 23 |
| 4.2.6. Termination .....             | 24 |
| 4.3. 消息数据类型 .....                    | 24 |
| 4.4. 消息格式 .....                      | 25 |
| 5. gcc 默认优化 .....                    | 32 |
| 6. BKI 后端接口 .....                    | 33 |
| 6.1. BKI 文件格式 .....                  | 33 |
| 6.2. BKI 命令 .....                    | 33 |
| 6.3. 示例 .....                        | 34 |
| 7. 页文件 .....                         | 35 |
| 8. 遗传查询优化 .....                      | 36 |
| 8.1. 将查询处理看成是一个复杂的优化问题 .....         | 36 |
| 8.2. 遗传算法 (GA) .....                 | 36 |
| 8.3. Postgres 中的遗传查询优化 (GEQO) .....  | 37 |
| 8.3.1. PostgreSQL GEQO 的未来实现任务 ..... | 37 |
| DG1. CVS 代码库 .....                   | 39 |
| DG1.1. 通过匿名 CVS 获取源码 .....           | 39 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| DG1.2. CVS 树的组织 .....         | 40 |
| DG1.3. 通过 CVSup 获取源码 .....    | 41 |
| DG1.3.1. 准备 CVSup 客户端系统 ..... | 42 |
| DG1.3.2. 运行 CVSup 客户端 .....   | 42 |
| DG1.3.3. 安装 CVSup .....       | 43 |
| DG1.3.4. 从源码安装 .....          | 44 |
| DG2. 文档 .....                 | 46 |
| DG2.1. DocBook .....          | 46 |
| DG2.2. Toolsets .....         | 46 |
| DG2.2.1. Linux RPM 安装 .....   | 47 |
| DG2.2.2. FreeBSD 安装 .....     | 47 |
| DG2.2.3. Debian 软件包 .....     | 48 |
| DG2.2.4. 从源码手动安装 .....        | 48 |
| DG2.3. 构建文档 .....             | 49 |
| DG2.3.1. HTML .....           | 50 |
| DG2.3.2. 手册页 .....            | 50 |
| DG2.3.3. 硬拷贝生成 .....          | 50 |
| DG2.3.4. 纯文本文件 .....          | 52 |
| DG2.4. 文档编写 .....             | 52 |
| DG2.4.1. Emacs/PSGML .....    | 52 |
| DG2.4.2. 其他 Emacs 模式 .....    | 53 |



---

## 表格清单

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 3.1. 系统目录 .....             | 8  |
| 3.2. pg_aggregate 列 .....   | 9  |
| 3.3. pg_attrdef 列 .....     | 9  |
| 3.4. pg_attribute 列 .....   | 9  |
| 3.5. pg_class 列 .....       | 11 |
| 3.6. pg_database 列 .....    | 12 |
| 3.7. pg_description 列 ..... | 13 |
| 3.8. pg_group 列 .....       | 13 |
| 3.9. pg_index 列 .....       | 13 |
| 3.10. pg_inherits 列 .....   | 14 |
| 3.11. pg_language 列 .....   | 14 |
| 3.12. pg_operator 列 .....   | 15 |
| 3.13. pg_proc 列 .....       | 15 |
| 3.14. pg_relcheck 列 .....   | 16 |
| 3.15. pg_shadow 列 .....     | 17 |
| 3.16. pg_type 列 .....       | 17 |
| 7.1. Page Layout .....      | 35 |
| DG2.1. 目录的缩进格式 .....        | 51 |

---

## 范例清单

|                         |   |
|-------------------------|---|
| 2.1. 一个简单的 Select ..... | 3 |
|-------------------------|---|

---

# 第 1 章 Postgres 源代码

## 1.1. 格式

源代码格式使用 4 列制表宽度，目前保留制表符（即，不把制表符展开为空格）。

对于 emacs，把下列内容（或类似内容）加入你的 ~/.emacs 初始化文件：

```
;; check for files with a path containing "postgres" or "pgsql"
(setq auto-mode-alist (cons '("\\(postgres\\|pgsql\\).*\\.\\(ch\\|
\\'" . pgsql-c-mode) auto-mode-alist))
(setq auto-mode-alist (cons '("\\(postgres\\|pgsql\\).*\\.cc\\'" .
pgsql-c-mode) auto-mode-alist))

(defun pgsql-c-mode ()
 ;; sets up formatting for Postgres C code
 (interactive)
 (c-mode)
 (setq-default tab-width 4)
 (c-set-style "bsd") ; set c-basic-offset to 4, plus
other stuff
 (c-set-offset 'case-label '+) ; tweak case indent to match PG
custom
 (setq indent-tabs-mode t)) ; make sure we keep tabs when
indenting
```

对于 vi，你的 ~/.vimrc 或等价文件应包含：

```
set tabstop=4
```

或在 vi 中等价地尝试

```
:set ts=4
```

文本浏览工具 more 和 less 可以这样调用

```
more -x4
less -x4
```

---

# 第 2 章 PostgreSQL 内部概述

## 作者

本章最初是 Simkovics, 1998 (Stefan Simkovics 在维也纳技术大学完成的硕士论文, 由 O.Univ.Prof.Dr. Georg Gottlob 和 Univ.Ass. Mag. Katrin Seyr 指导) 的一部分。

本章概述 Postgres 后端的内部结构。阅读以下各节之后, 你应该能够大致了解一个查询是如何被处理的。不要期望在这里看到详细的描述 (我认为, 一份涵盖 Postgres 中使用的所有数据结构和函数的描述将超过 1000 页!)。本章旨在帮助读者理解后端从收到一个查询到发送结果为止, 其内部总体上的控制流和数据流。

## 2.1. 查询的路径

这里将简要概述一个查询为得到结果必须经过的各个阶段。

1. 必须先建立从应用程序到 Postgres 服务器的连接。应用程序将查询发送给服务器, 并接收服务器返回的结果。
2. 解析器阶段检查应用程序 (客户端) 传来的查询是否具有正确的语法, 并创建一棵查询树。
3. 重写系统接收由解析器阶段创建的查询树, 并查找任何可应用于该 `querytree` 的规则 (存储在系统目录中), 然后执行这些规则体中给出的转换。  
重写系统的一个应用在于视图的实现。

每当对一个视图 (即虚拟表) 发出查询时,  
重写系统都会将用户的查询重写成一个改为访问视图定义中给出的基表的查询。

4. 规划器/优化器接收 (重写后的) `querytree`, 并创建一个将作为执行器输入的 `queryplan`。

它首先生成所有能得到同一结果的可能路径。例如,  
如果待扫描的某个关系上有一个索引,  
那么该扫描就有两条路径: 一种是简单的顺序扫描, 另一种是使用该索引。  
接着会估算执行每个计划的代价, 选出代价最低的计划并交回。

5. 执行器递归地遍历计划树, 并以计划所表示的方式提取元组。  
执行器在扫描关系时会使用存储系统, 执行排序和连接, 计算限定条件,  
最后返回得到的元组。

在后续各节中, 我们将更详细地介绍上述列出的每一项内容, 以便更好地理解 Postgres 的内部控制和数据结构。

## 2.2. 连接是如何建立的

Postgres 使用一种简单的“每用户一个进程”客户端/服务器模型实现。在这种模型中, 一个客户端进程恰好连接到一个服务器进程。由于我们 *per se* (就其本身而言) 并不知道会建立多少个连接, 因此必须使用一个主进程, 在每次收到连接请求时派生一个新的服务器进程。这个主进程称为 `postmaster`, 在指定的 TCP/IP 端口上监听传入连接。每当检测到连接请求时, `postmaster` 进程就会派生一个新的称为 `postgres` 的服务器进程。各个服务器任务 (`postgres` 进程) 之间使用信号量和共享内存通信, 以确保并发数据访问期间的数据完整性。图 \ref{connection} 展示了主进程 `postmaster`、服务器进程 `postgres` 和一个客户端应用程序之间的交互。

客户端进程既可以是 psql 前端（用于交互式 SQL 查询），也可以是任何使用 libpg 库实现的用户应用程序。注意，使用 ecpg（Postgres 面向 C 的嵌入式 SQL 预处理器）实现的应用程序同样使用这个库。

一旦连接建立起来，客户端进程就可以向后端（服务器）发送查询。查询以纯文本方式传输，也就是说，前端（客户端）不进行解析。服务器解析查询，创建一个执行计划，执行该计划，并通过已建立的连接把检索到的元组返回给客户端。

## 2.3. 解析器阶段

解析器阶段由两部分组成：

- 解析器定义在 `gram.y` 和 `scan.l` 中，它使用 Unix 工具 yacc 和 lex 构建。
- 转换过程，它会对解析器返回的数据结构做修改和补充。

### 2.3.1. 解析器

解析器必须检查查询串（以普通 ASCII 文本形式到达）的语法是否有效。如果语法正确，就构建一棵解析树并返回；否则返回错误。实现时使用了著名的 Unix 工具 lex 和 yacc。

词法分析器定义在文件 `scan.l` 中，负责识别标识符、SQL 关键字等。每找到一个关键字或标识符，就会生成一个词元并交给解析器。

解析器定义在文件 `gram.y` 中，由一组语法规则和动作组成，每当某条规则被触发时，对应动作就会执行。动作中的代码（实际上是 C 代码）用于构造解析树。

文件 `scan.l` 会被转换成 C 源文件 `scan.c`，所用程序是 lex；而 `gram.y` 则会被转换成 `gram.c`，所用程序是 yacc。这些转换完成之后，就可以使用普通的 C 编译器来构建解析器。绝不要修改这些生成出来的 C 文件，因为下一次调用 lex 或 yacc 时，它们都会被覆盖。

#### 注意

上述转换和编译通常都是借助 makefiles 自动完成的，这些文件随 Postgres 源代码发行版一同提供。

对 yacc 的详细描述，或者对 `gram.y` 中给出的语法规则的说明，都超出了本文的范围。有许多书籍和文档专门讨论 lex 和 yacc。在开始研究之前，你应该先熟悉 yacc，然后再去看 `gram.y` 中给出的语法，否则你将无法理解其中发生了什么。

为了更好地理解 Postgres 在处理查询时所使用的数据结构，我们用一个例子来说明这些数据结构在每个阶段所发生的变化。这个例子包含下面这个简单的查询，它将被用于后续各节的各种描述和图示中。该查询假设 The Supplier Database（供应商数据库）中给出的各个表已经定义好。

#### 例 2.1. 一个简单的 Select

```
select s.sname, se.pno
 from supplier s, sells se
 where s.sno > 2 and s.sno = se.sno;
```

图 \ref{parsetree} 展示了 `gram.y` 中的语法规则和动作为例 2.1 中给出的查询所构建的解析树（其中不含 where 子句的操作符树，后者见图 \ref{where\_clause}，因为一张图放不下两个数据结构）。

树的顶层节点是一个 `SelectStmt` 节点。对于 SQL 查询 `from` 子句中出现的每一个表项，都会创建一个 `RangeVar` 节点，其中保存着别名的名称，以及一个指向 `RelExpr` 节点的指针，后者保存着关系的名称。所有 `RangeVar` 节点都被收集到一个列表中，挂载在 `SelectStmt` 节点的 `fromClause` 字段上。

对于 SQL 查询选择列表中出现的每一个表项，都会创建一个 `ResTarget` 节点，其中保存着一个指向 `Attr` 节点的指针。`Attr` 节点保存着该表项的关系名，以及一个指向 `Value` 节点的指针，后者保存着属性的名称。所有 `ResTarget` 节点都被收集到一个列表中，连接到 `SelectStmt` 节点的 `targetList` 字段上。

图 \ref{where\_clause} 展示了为例 2.1 中给出的 SQL 查询的 `where` 子句构建的操作符树，它挂载在 `SelectStmt` 节点的 `qual` 字段上。操作符树的顶层节点是一个表示 `AND` 运算的 `A_Expr` 节点。该节点有两个分别称为 `lexpr` 和 `rexpr` 的后继，分别指向两棵子树。挂载在 `lexpr` 上的子树表示限定条件 `s.sno > 2`，挂载在 `rexpr` 上的子树表示 `s.sno = se.sno`。对于每个属性，都会创建一个 `Attr` 节点，其中保存着关系的名称以及一个指向 `Value` 节点的指针，后者保存着属性的名称。对于查询中出现的常量项，则创建一个保存该值的 `Const` 节点。

## 2.3.2. 转换过程

转换过程以解析器返回的树作为输入，并递归地遍历它。如果找到一个 `SelectStmt` 节点，就把它转换为一个 `Query` 节点，后者将成为新数据结构的最顶层节点。图 \ref{transformed} 展示了转换后的数据结构（转换后的 `where` 子句部分见图 \ref{transformed\_where}，因为一张图放不下所有部分）。

接下来检查 `FROM` 子句中的关系名是否为系统所知。对于每一个出现在系统目录中的关系名，都会创建一个 `RTE` 节点，其中包含关系名、别名和关系 `id`。从这时起，就用关系 `id` 来引用查询中给出的各个关系。所有 `RTE` 节点都被收集到范围表项列表中，该列表连接到 `Query` 节点的 `rtable` 字段上。如果在查询中检测到一个系统未知的关系名，将返回错误并且查询处理将被中止。

再接下来检查所用的属性名是否包含在查询给出的各个关系之中。对于找到的每一个属性，都会创建一个 `TLE` 节点，其中保存着一个指向 `Resdom` 节点（保存着列的名称）的指针和一个指向 `VAR` 节点的指针。`VAR` 节点中有两个重要的编号：`varno` 字段给出包含当前属性的关系在上述范围表项列表中的位置；`varattno` 字段给出该属性在关系内部的位置。如果找不到某个属性的名称，将返回错误并且查询处理将被中止。

## 2.4. Postgres 规则系统

`Postgres` 提供了一个强大的规则系统，用于定义视图以及处理有歧义的视图更新。最初，`Postgres` 的规则系统由两种实现组成：

- 第一种实现使用元组级处理，并且深度实现于执行器内部。每当访问到单独一个元组时，规则系统就会被调用。这种实现在 1995 年被移除，当时 `Postgres` 项目的最后一个官方发行版被转换成了 `Postgres95`。
- 规则系统的第二种实现是一种称为查询重写的技术。  
重写系统是位于解析器阶段和规划器/优化器之间的一个模块。这种技术至今仍在使用。

有关 `Postgres` 系统中规则的语法和创建的信息，请参阅 `The PostgreSQL User's Guide` (`PostgreSQL` 用户指南)。

### 2.4.1. 重写系统

查询重写系统是位于解析器阶段和规划器/优化器之间的一个模块。它处理解析器阶段返回的树（表示一个用户查询），如果存在必须应用于该查询的规则，就把这棵树重写为另一种形式。

### 2.4.1.1. 实现视图的技术

下面我们将概述查询重写系统的算法。为了便于说明，我们以如何使用规则实现视图作为例子。

给定下面这条规则：

```
create rule view_rule
as on select
to test_view
do instead
select s.sname, p.pname
from supplier s, sells se, part p
where s.sno = se.sno and
 p.pno = se.pno;
```

每当检测到对关系 `test_view` 的 `select` 时，上面给出的规则就会被触发。此时执行的将不是从 `test_view` 中选择元组，而是规则动作部分中给出的 `select` 语句。

再给定下面这个针对 `test_view` 的用户查询：

```
select sname
from test_view
where sname <> 'Smith';
```

下面列出每当出现针对 `test_view` 的用户查询时，查询重写系统所执行的各个步骤。（下面的列表只是对算法的非正式描述，仅用于基本理解。详细描述请参阅 Stonebraker et al, 1989。）

#### **test\_view 重写**

1. 取规则动作部分中给出的查询。
2. 调整 `targetlist`，使其符合用户查询中给出的属性的数量和顺序。
3. 把用户查询 `where` 子句中给出的限定条件，加到规则动作部分所给查询的限定条件上。

依照上面给出的规则定义，用户查询将被重写成下面的形式（注意，重写是在解析器阶段返回的用户查询内部表示上完成的，但派生出的新数据结构将表示下面这个查询）：

```
select s.sname
from supplier s, sells se, part p
where s.sno = se.sno and
 p.pno = se.pno and
 s.sname <> 'Smith';
```

## 2.5. 规划器/优化器

规划器/优化器的任务是创建一个最优的执行计划。

它首先把查询中出现的各个关系所有可能的扫描和连接方式组合起来。

所创建的所有路径都会得到同一结果，而优化器的任务就是估算执行每条路径的代价，并找出哪一条代价最低。

### 2.5.1. 生成可能的计划

规划器/优化器根据查询中各关系上所定义索引的类型来决定应该生成哪些计划。

对一个关系总是可以执行顺序扫描，因此总会创建一个只使用顺序扫描的计划。

假设某个关系上定义了一个索引（例如一个 B-树索引），并且查询中包含限制条件 `relation.attribute OPR constant`。如果 `relation.attribute` 恰好匹配该 B-树索引的键，而且 `OPR` 不是 '`<>`'，就会再创建一个使用该 B-树索引扫描该关系的计划。如果还存在其他索引，并且查询中的限制条件恰好匹配某个索引的键，则还会考虑更多计划。

在找出扫描单个关系的所有可行计划之后，就会创建连接各关系的计划。规划器/优化器只考虑在 `where` 限定条件中存在相应连接子句（即存在类似 `where rel1.attr1=rel2.attr2` 这样的限制）的每两个关系之间的连接。对于规划器/优化器所考虑的每一对连接，都会生成所有可能的计划。三种可用的连接策略是：

- 嵌套迭代连接：左关系中含有的每一个元组，都会使右关系被扫描一次。这种策略实现起来很容易，但可能非常耗时。
- 归并排序连接：在连接开始之前，每个关系都会先按照连接属性排序。然后，考虑到两个关系都已经按连接属性排好序，把它们归并到一起。这种连接方式更有吸引力，因为每个关系只需扫描一次。
- 哈希连接：首先在右关系的连接属性上建立哈希。接着扫描左关系，并将找到的每个元组中的相应值作为哈希键，用来在右关系中定位元组。

## 2.5.2. 计划的数据结构

这里我们对计划中出现的节点做一点说明。图 \ref{plan} 展示了为例 \ref{simple\_select} 中的查询生成的计划。

计划的顶层节点是一个 `MergeJoin` 节点，它有两个后继，一个挂接在 `lefttree` 字段上，另一个挂接在 `righttree` 字段上。每个子节点代表连接中的一个关系。如前所述，归并排序连接要求每个关系都已排序，因此我们在每个子计划中都会看到一个 `Sort` 节点。查询中给出的附加限定条件 (`s.sno > 2`) 被尽可能下推，挂接到相应子计划的叶子 `SeqScan` 节点的 `qpqual` 字段上。

`MergeJoin` 节点 `mergeclauses` 字段上挂接的列表包含有关连接属性的信息。`mergeclauses` 列表（以及 `targetlist`）中出现的 `VAR` 节点，其 `varno` 字段的值 65000 和 65001 表示：应当考虑的不是当前节点的元组，而是下一个“更深”节点（即各子计划的顶层节点）的元组。

注意，图 \ref{plan} 中出现的每一个 `Sort` 和 `SeqScan` 节点都有一个 `targetlist`，但由于空间不足，图中只画出了 `MergeJoin` 节点的那一个。

规划器/优化器的另一项任务是在 `Expr` 和 `Oper` 节点中固定操作符 `id`。如前所述，Postgres 支持多种不同的数据类型，甚至可以使用用户自定义的类型。为了能够维护数量庞大的函数和操作符，必须把它们存储在一张系统表中。每个函数和操作符都会得到一个唯一的操作符 `id`。根据限定条件等之中所使用属性的类型，必须使用相应的操作符 `id`。

## 2.6. 执行器

执行器接收由规划器/优化器创建的计划，并开始处理其顶层节点。对于我们的例子（例 \ref{simple\_select} 中给出的查询）来说，顶层节点是一个 `MergeJoin` 节点。

在执行归并之前，必须先取到两个元组（每个子计划各一个）。因此执行器会递归调用自身去处理这些子计划（从挂接在 `lefttree` 上的子计划开始）。新的顶层节点，也就是左子计划的顶层节点，是一个 `SeqScan` 节点，而在处理该节点本身之前又必须先取得一个元组。于是执行器再次递归调用自身，去处理 `SeqScan` 节点的 `lefttree` 上挂接的子计划。

现在新的顶层节点是一个 `Sort` 节点。由于排序必须在整个关系上进行，当 `Sort` 节点第一次被访问时，执行器开始从 `Sort` 节点的子计划取元组，并把它们排序后放入一个临时关系



（内存中或文件中）。（之后再检查 `Sort` 节点时，总是只从排好序的临时关系中返回一个元组。）

每当 `Sort` 节点的处理需要一个新元组时，执行器就会被递归调用，去处理作为子计划挂接的 `SeqScan` 节点。在关系（内部通过 `scanrelid` 字段给出的值引用）中扫描下一个元组。如果该元组满足挂接在 `qpqual` 上的树所给出的限定条件，就把它交回；否则继续取下一个元组，直到限定条件被满足。如果关系中的最后一个元组已被处理完毕，就返回一个 `NULL` 指针。

在 `MergeJoin` 的 `lefttree` 交回一个元组之后，`righttree` 会以同样的方式被处理。如果两个元组都已就绪，执行器就处理 `MergeJoin` 节点。每当需要来自某个子计划的一个新元组时，都会递归调用执行器来取得它。如果能够构造出一个连接后的元组，就把它交回，至此计划树的一次完整处理就结束了。

上述步骤会对每个元组执行一次，直到对 `MergeJoin` 节点的处理返回一个 `NULL` 指针，表明处理已经完成。

# 第 3 章 系统目录

## 3.1. Overview

系统目录是关系数据库管理系统存放模式元数据的地方，例如关于表和列的信息，以及内部的记账信息。PostgreSQL 的系统目录是常规表。你可以删除并重建这些表、添加列、插入和更新值，并以此把你的系统搞得一团糟。通常没有人需要手工修改系统目录，总有 SQL 命令可做这些事。（例如，`CREATE DATABASE` 会在 `pg_database` 目录中插入一行——并且实际在磁盘上创建数据库。）对于某些深奥的操作（例如添加索引访问方法）存在一些例外。

表 3.1. 系统目录

| 目录名                         | 用途            |
|-----------------------------|---------------|
| <code>pg_aggregate</code>   | 聚合函数          |
| <code>pg_am</code>          | 索引访问方法        |
| <code>pg_amop</code>        | 访问方法操作符       |
| <code>pg_amproc</code>      | 访问方法支持过程      |
| <code>pg_attrdef</code>     | 列默认值          |
| <code>pg_attribute</code>   | 表列（属性、字段）     |
| <code>pg_class</code>       | 表、索引、序列（“关系”） |
| <code>pg_database</code>    | 数据库           |
| <code>pg_description</code> | 数据库对象的描述或注释   |
| <code>pg_group</code>       | 用户组           |
| <code>pg_index</code>       | 附加的索引信息       |
| <code>pg_inheritproc</code> | （未使用）         |
| <code>pg_inherits</code>    | 表继承层次         |
| <code>pg_ipl</code>         | （未使用）         |
| <code>pg_language</code>    | 编写函数的语言       |
| <code>pg_largeobject</code> | 大对象           |
| <code>pg_listener</code>    | 异步通知          |
| <code>pg_opclass</code>     | 索引访问方法操作符类    |
| <code>pg_operator</code>    | 操作符           |
| <code>pg_proc</code>        | 函数和过程         |
| <code>pg_relcheck</code>    | 检查约束          |
| <code>pg_rewrite</code>     | 查询重写器规则       |
| <code>pg_shadow</code>      | 数据库用户         |
| <code>pg_statistic</code>   | 优化器统计信息       |
| <code>pg_trigger</code>     | 触发器           |
| <code>pg_type</code>        | 数据类型          |

大多数目录的更详细文档见下文。与索引访问方法相关的目录在程序员指南中说明。有些目录目前还没有任何文档。

## 3.2. `pg_aggregate`

`pg_aggregate` 存储关于聚合函数的信息。聚合函数是对一个值集合（通常是查询条件匹配的每一行中的一列）进行操作、并从这些值计算出单个结果的函数。典型的聚合函数有 `sum`、`count` 和 `max`。

表 3.2. pg\_aggregate 列

| 名称           | 类型                 | 引用                 | 描述                                        |
|--------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------------|
| aggname      | name               |                    | 聚合函数的名称                                   |
| aggowner     | int4               | pg_shadow.usesysid | 聚合函数的所有者（创建者）                             |
| aggtransfn   | regproc (function) |                    | 转移函数                                      |
| aggfinalfn   | regproc (function) |                    | 最终函数                                      |
| aggbasetype  | oid                | pg_type.oid        | 在 SQL 中调用该函数时，它所操作的数据类型                   |
| aggtranstype | oid                | pg_type.oid        | 聚合函数内部转换（状态）数据的类型                         |
| aggfinaltype | oid                | pg_type.oid        | 结果的类型                                     |
| agginitval   | text               |                    | 转换状态的初始值。这是一个文本字段，将被转换为 aggtranstype 的类型。 |

新的聚合函数用 `CREATE AGGREGATE` 命令注册。关于如何编写聚合函数以及转换函数等的含义，请参见程序员指南。

聚合函数通过名称和参数类型来标识。因此 `aggname` 和 `aggbasetype` 构成复合主键。（原文如此：`aggname` and `aggname`）

### 3.3. pg\_attrdef

该目录存储列的默认值。关于列的主要信息存储在 `pg_attribute`（见下文）中。只有显式指定了默认值的列（在建表时或添加列时）才会在这里有一个项。

表 3.3. pg\_attrdef 列

| 名称      | 类型   | 引用           | 描述                                         |
|---------|------|--------------|--------------------------------------------|
| adrelid | oid  | pg_class.oid | 该列所属的表                                     |
| adnum   | int2 |              | 列的编号；见 <code>pg_attribute.pg_attnum</code> |
| adbin   | text |              | 列默认值的内部表示                                  |
| adsrc   | text |              | 适合人阅读的默认值表示                                |

### 3.4. pg\_attribute

`pg_attribute` 存储关于表列的信息。数据库中每个表的每一列都恰有一行 `pg_attribute` 记录。（索引和其他对象也会有属性项。参见 `pg_class`。）

术语属性等同于列，这里使用它只是出于历史原因。

表 3.4. pg\_attribute 列

| 名称       | 类型   | 引用           | 描述      |
|----------|------|--------------|---------|
| attrelid | oid  | pg_class.oid | 此列所属的表  |
| attname  | name |              | 列名      |
| atttypid | oid  | pg_type.oid  | 此列的数据类型 |

| 名称            | 类型     | 引用 | 描述                                                                                                                                                                                    |
|---------------|--------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| attdispersion | float4 |    | attdispersion 是该列的散布统计 (0.0 到 1.0) ; 如果尚未计算该统计则为零, 如果 VACUUM 发现该列不含重复项则为 -1.0 (在这种情况下, 对于当前表大小, 散布应取为 1.0/numberOfRows)。-1.0 这个技巧很有用, 因为行数的更新可能比 attdispersion 更频繁。我们假定该列会保持其无重复项的性质。 |
| attlen        | int2   |    | 该列类型的 pg_type. typelen 的一个副本。                                                                                                                                                         |
| attnum        | int2   |    | 列的编号。一般列从1开始向上编号。系统列, 如oid, 则拥有 (任意) 负值编号。                                                                                                                                            |
| attnelems     | int4   |    | 如果该列是数组, 则为维数                                                                                                                                                                         |
| attcacheoff   | int4   |    | 存储时总是 -1, 但装入内存中的元组描述符后, 它可能被更新为该属性在元组中偏移量的缓存。                                                                                                                                        |
| atttypmod     | int4   |    | atttypmod 记录建表时提供的类型特定数据 (例如 varchar 列的最大长度)。它作为第三个参数被传递给类型特定的输入和输出函数。对于不需要此类数据的类型, 该值一般为 -1。                                                                                         |
| attbyval      | bool   |    | 该列类型的 pg_type. typbyval 的一个拷贝                                                                                                                                                         |
| attstorage    | char   |    | 该列类型的 pg_type. typstorage 的一个副本                                                                                                                                                       |
| attisset      | bool   |    | 如果为真, 该属性是一个集合 (set)。此时, 该属性中真正存储的是 pg_proc 目录中某一元组的 OID。pg_proc 元组包含定义该集合的查询串--即为得到该集合而要运行的查询。因此 atttypid (见上文) 指的是该查询返回的类型, 而该属性的实际长度是 oid 的长度 (大小)。--至少理论上是如此。                     |
| attalign      | char   |    | 该列类型的 pg_type. typalign 的一个拷贝                                                                                                                                                         |

| 名称         | 类型   | 引用 | 描述                                         |
|------------|------|----|--------------------------------------------|
| attnotnull | bool |    | 表示一个 NOT NULL 约束。可以改变此字段来启用或禁用该约束。         |
| atthasdef  | bool |    | 该列有一个默认值，在此情况下pg_attrdef目录中会有一个对应项来真正定义该值。 |

## 3.5. pg\_class

`pg_class` 登记表以及几乎所有其他具有列或类似于表的东西。这包括索引（但见 `pg_index`）、序列、视图和一些种类的特殊关系。下文中，当我们指所有这些类型的对象时，就统称“关系”。并非所有字段对所有关系类型都有意义。

表 3.5. `pg_class` 列

| 名称            | 类型   | 引用                 | 描述                                                             |
|---------------|------|--------------------|----------------------------------------------------------------|
| relname       | name |                    | 表、索引、视图等的名字                                                    |
| reltype       | oid  | pg_type.oid        | 与该表对应的数据类型（不具功能，只对系统表设置）                                       |
| relowner      | int4 | pg_shadow.usesysid | 关系的拥有者                                                         |
| relam         | oid  | pg_am.oid          | 如果这是索引，则为所用的访问方法（btree、hash 等）                                 |
| relfilenode   | oid  |                    | 该关系在磁盘上的文件名                                                    |
| relpages      | int4 |                    | 该表在磁盘上的表示的大小，以页（大小 BLCKSZ）计。这只是一个在 vacuum 期间计算的近似值。            |
| reltuples     | int4 |                    | 表中的元组数。这只是规划器使用的一个估计值，由 VACUUM 更新。                             |
| reltoastrelid | oid  | pg_class.oid       | 与该表关联的 TOAST 表的 OID，如果没有则为 0。TOAST 表把大属性“线外”存储在一个二级表中。         |
| reltoastidxid | oid  | pg_class.oid       | 该表的 TOAST 表上索引的 OID，如果没有则为 0                                   |
| relhasindex   | bool |                    | 如果这是一个表并且它至少有一个索引，则为真                                          |
| relisshared   | bool |                    | XXX（这并不是它看起来的那个意思。）                                            |
| relkind       | char |                    | 'r' = 普通表，'i' = 索引，'s' = 序列，'v' = 视图，'s' = 特殊，'t' = 二级 TOAST 表 |
| relnatts      | int2 |                    | 关系中除系统列之外的列数。pg_attribute 中必须有相应数目的                            |

| 名称                          | 类型                     | 引用 | 描述                                                    |
|-----------------------------|------------------------|----|-------------------------------------------------------|
|                             |                        |    | 项。另见 <code>pg_attribute.attnum</code> 。               |
| <code>relchecks</code>      | <code>int2</code>      |    | 表上的检查约束数；参见 <code>pg_relcheck</code> 目录               |
| <code>reltriggers</code>    | <code>int2</code>      |    | 表上的触发器数；参见 <code>pg_trigger</code> 目录                 |
| <code>relukeys</code>       | <code>int2</code>      |    | 未使用（不是唯一键的数目之类的东西。）                                   |
| <code>relfkeys</code>       | <code>int2</code>      |    | 表上外键的数目                                               |
| <code>relhaspkey</code>     | <code>bool</code>      |    | 未使用（不，这并不说明表是否有主键。它真的是未使用的。）                          |
| <code>relhasrules</code>    | <code>bool</code>      |    | 表有规则                                                  |
| <code>relhassubclass</code> | <code>bool</code>      |    | 至少有一个表继承该表                                            |
| <code>relacl</code>         | <code>aclitem[]</code> |    | 访问权限。详见 <code>GRANT</code> 和 <code>REVOKE</code> 的说明。 |

## 3.6. pg\_database

`pg_database` 目录存储可用数据库的信息。`pg_database` 表在一个集群的所有数据库之间共享。数据库用 `CREATE DATABASE` 创建。有关某些参数含义的细节，请参见管理员指南。

表 3.6. `pg_database` 列

| 名称                         | 类型                | 引用                              | 描述                                                                                             |
|----------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <code>datname</code>       | <code>name</code> |                                 | 数据库名称                                                                                          |
| <code>datdba</code>        | <code>int4</code> | <code>pg_shadow.usesysid</code> | 数据库的所有者，最初是创建它的人                                                                               |
| <code>encoding</code>      | <code>int4</code> |                                 | 该数据库的字符/多字节编码                                                                                  |
| <code>datistemplate</code> | <code>bool</code> |                                 | 如果为真，则该数据库可以在 <code>CREATE DATABASE</code> 的“ <code>TEMPLATE</code> ”子句中使用，以创建一个作为该数据库克隆的新数据库。 |
| <code>datallowconn</code>  | <code>bool</code> |                                 | 如果为假则没有人能连接到这个数据库。这可以用来保护 <code>template0</code> 数据库不被修改。                                      |
| <code>datlastsysoid</code> | <code>oid</code>  |                                 | 数据库创建之后存在的最后一个 <code>oid</code> ；对 <code>pg_dump</code> 尤其有用                                   |
| <code>datpath</code>       | <code>text</code> |                                 | 如果该数据库存储在一个替代位置，则此字段记录该位置。它可能是环境变量名，也可能是绝对路径，取决于当时的输入方式。                                       |

## 3.7. pg\_description

`pg_description` 表可以为每个数据库对象存储可选的描述或注释。描述可以用 `COMMENT` 命令操作。客户端应用程序可以通过与这个表连接来查看描述。许多内置系统对象的描述会由 `psql` 的 `\d` 命令显示出来。

表 3.7. `pg_description` 列

| 名称                       | 类型                | 引用                             | 描述                        |
|--------------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------|
| <code>objoid</code>      | <code>oid</code>  | <code>any oid attribute</code> | 此描述所属对象的 <code>oid</code> |
| <code>description</code> | <code>text</code> |                                | 作为该对象描述的任意文本。             |

## 3.8. pg\_group

该目录定义组，并存储哪些用户属于哪些组。组使用 `CREATE GROUP` 命令创建。有关用户权限管理的信息，请参见管理员指南。

表 3.8. `pg_group` 列

| 名称                    | 类型                  | 引用                              | 描述                           |
|-----------------------|---------------------|---------------------------------|------------------------------|
| <code>groname</code>  | <code>name</code>   |                                 | 组的名称                         |
| <code>grosysid</code> | <code>int4</code>   |                                 | 标识该组的一个任意编号                  |
| <code>grolist</code>  | <code>int4[]</code> | <code>pg_shadow.usesysid</code> | 包含该组中各用户 <code>id</code> 的数组 |

## 3.9. pg\_index

`pg_index` 包含索引的一部分信息。其余大部分在 `pg_class` 中。

表 3.9. `pg_index` 列

| 名称                          | 类型                      | 引用                               | 描述                                                                                               |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <code>indexrelid</code>     | <code>oid</code>        | <code>pg_class.oid</code>        | 该索引的 <code>pg_class</code> 项的 <code>oid</code>                                                   |
| <code>indrelid</code>       | <code>oid</code>        | <code>pg_class.oid</code>        | 该索引所属表的 <code>pg_class</code> 项的 <code>oid</code>                                                |
| <code>indproc</code>        | <code>oid</code>        | <code>pg_proc.oid</code>         | 如果这是函数索引，则为已注册的过程                                                                                |
| <code>indkey</code>         | <code>int2vector</code> | <code>pg_attribute.attnum</code> | 这是一个由至多 <code>INDEX_MAX_KEYS</code> 个值组成的向量（数组），指明该索引涉及哪些表列。例如，值 <code>1 3</code> 表示第一和第三列构成索引键。 |
| <code>indclass</code>       | <code>oidvector</code>  | <code>pg_opclass.oid</code>      | 对于索引键中的每一列，这里包含要使用的“操作符类”的引用。详见 <code>pg_opclass</code> 。                                        |
| <code>indisclustered</code> | <code>bool</code>       |                                  | 未使用                                                                                              |
| <code>indislossy</code>     | <code>bool</code>       |                                  | ???                                                                                              |

| 名称           | 类型   | 引用 | 描述                     |
|--------------|------|----|------------------------|
| indisunique  | bool |    | 如果为真，这是一个唯一索引。         |
| indisprimary | bool |    | 如果为真，该索引是一个表示表主键的唯一索引。 |
| indreference | oid  |    | 未使用                    |
| indpred      | text |    | 部分索引谓词的查询计划（不具功能）      |

## 3.10. pg\_inherits

该目录记录关于表继承层次结构的信息。

**表 3.10. pg\_inherits 列**

| 名称        | 类型   | 引用           | 描述                                        |
|-----------|------|--------------|-------------------------------------------|
| inhrelid  | oid  | pg_class.oid | 这是对子表的引用，即它记录了所标识的表继承自另外某个表这一事实。          |
| inhparent | oid  | pg_class.oid | 这是对父表的引用，inhrelid 所引用的表继承自该父表。            |
| inhseqno  | int4 |              | 如果有多个子表/父表对（多重继承），此数字指出继承列的排列顺序。计数从 1 开始。 |

## 3.11. pg\_language

pg\_language 登记可以用来编写函数或存储过程的调用接口或语言。有关语言处理器的更多信息，请参见 CREATE LANGUAGE 和程序员指南。

**表 3.11. pg\_language 列**

| 名称            | 类型   | 引用          | 描述                                                          |
|---------------|------|-------------|-------------------------------------------------------------|
| lanname       | name |             | 语言的名称（创建函数时要指定）                                             |
| lanispl       | bool |             | 对于内部语言（如 SQL）为假，对于动态装载的语言处理器模块为真。它实质上意味着：如果为真，该语言可以被删除。     |
| lanpltrusted  | bool |             | 这是一个可信语言。其含义参见 CREATE LANGUAGE。如果这是内部语言（lanispl 为假），此字段无意义。 |
| lanplcallfoid | oid  | pg_proc.oid | 对于非内部语言，它引用语言处理器，即一个负责执行用该语言编写的所有函数的特殊函数。                   |
| lancompiler   | text |             | 目前未使用                                                       |



## 3.12. pg\_operator

这些操作符参数的细节请参见 `CREATE OPERATOR` 和程序员指南。

**表 3.12. pg\_operator 列**

| 名称         | 类型      | 引用                 | 描述                                                |
|------------|---------|--------------------|---------------------------------------------------|
| oprname    | name    |                    | 操作符的名称                                            |
| oprowner   | int4    | pg_shadow.usesysid | 操作符的所有者（创建者）                                      |
| oprprec    | int2    |                    | 未使用                                               |
| oprkind    | char    |                    | 'b' = 中缀（“两侧”），<br>'l' = 前缀（“左”），'r'<br>= 后缀（“右”） |
| oprleft    | bool    |                    | 未使用                                               |
| oprcanhash | bool    |                    | 该操作符支持哈希连接。                                       |
| oprleft    | oid     | pg_type.oid        | 左操作数类型                                            |
| oprright   | oid     | pg_type.oid        | 右操作数类型                                            |
| oprresult  | oid     | pg_type.oid        | 结果类型                                              |
| oprcom     | oid     | pg_operator.oid    | 该操作符的交换子（如有）                                      |
| oprnegate  | oid     | pg_operator.oid    | 该操作符的否定（如有）                                       |
| oprlsortop | oid     | pg_operator.oid    | 如果该操作符支持归并连接，则为对左操作数类型排序的操作符                      |
| oprrsortop | oid     | pg_operator.oid    | 如果该操作符支持归并连接，则为对右操作数类型排序的操作符                      |
| oprcode    | regproc |                    | 实现该操作符的函数                                         |
| oprrest    | regproc |                    | 该操作符的限制选择率估算函数                                    |
| oprjoin    | regproc |                    | 该操作符的连接选择率估算函数                                    |

## 3.13. pg\_proc

该目录存储关于函数（或过程）的信息。`CREATE FUNCTION` 的描述和程序员指南包含某些字段含义的更多信息。

**表 3.13. pg\_proc 列**

| 名称         | 类型   | 引用                 | 描述            |
|------------|------|--------------------|---------------|
| proname    | name |                    | 函数的名字         |
| proowner   | int4 | pg_shadow.usesysid | 函数的所有者（创建者）   |
| prolang    | oid  | pg_language.oid    | 实现语言或该函数的调用接口 |
| proinh     | bool |                    | 未使用           |
| protrusted | bool |                    | 不具功能          |

| 名称             | 类型        | 引用          | 描述                                                                    |
|----------------|-----------|-------------|-----------------------------------------------------------------------|
| proiscachable  | bool      |             | 函数对相同的输入值返回相同的结果                                                      |
| proisstrict    | bool      |             | 当任一调用参数为 NULL 时，函数是否返回空值。在这种情况下，函数实际上根本不会被调用。非“strict”函数必须准备好处理空值输入。  |
| pronargs       | int2      |             | 参数个数                                                                  |
| proretset      | bool      |             | 函数返回一个集合（可能不具功能）                                                      |
| prorettype     | oid       | pg_type.oid | 返回值的数据类型（如果函数不返回值则为 0）                                                |
| proargtypes    | oidvector | pg_type.oid | 一个由函数参数的数据类型组成的向量                                                     |
| probyte_pct    | int4      |             | 死代码                                                                   |
| properbyte_pct | int4      |             | 死代码                                                                   |
| propercall_pct | int4      |             | 死代码                                                                   |
| prooutin_ratio | int4      |             | 死代码                                                                   |
| prosrc         | text      |             | 它告诉函数处理器如何调用该函数。对于解释型语言，它可能是函数的实际源代码、一个链接符号、一个文件名，或者仅仅是处理器感兴趣的其他任何东西。 |
| probin         | bytea     |             | ?                                                                     |

## 3.14. pg\_relcheck

该系统目录存储表上的 CHECK 约束。（列约束不作特殊处理。每个列约束都等价于某个表约束。）更多信息参见 CREATE TABLE。

表 3.14. pg\_relcheck 列

| 名称      | 类型   | 引用           | 描述           |
|---------|------|--------------|--------------|
| rcrelid | oid  | pg_class.oid | 该检查约束所在的表    |
| rcname  | name |              | 约束名          |
| rcbin   | text |              | 约束表达式的内部表示   |
| rcsrc   | text |              | 约束表达式的人类可读表示 |

### 注意

pg\_class.relchecks 必须与该表中的项数一致。

## 3.15. pg\_shadow

pg\_shadow 包含数据库用户的信息。这个名字源于这样一个事实：由于该表包含口令，它不应应对公众可读。pg\_user 是 pg\_shadow 上一个把口令字段置为空白的视图。

管理员指南包含有关用户和权限管理的详细信息。

**表 3.15. pg\_shadow 列**

| 名称          | 类型      | 引用 | 描述                                    |
|-------------|---------|----|---------------------------------------|
| username    | name    |    | 用户名                                   |
| usesysid    | int4    |    | 用户 ID（用于引用该用户的任意编号）                   |
| usecreatedb | bool    |    | 用户可以创建数据库                             |
| usetrace    | bool    |    | 未使用                                   |
| usesuper    | bool    |    | 用户是超级用户                               |
| usecatupd   | bool    |    | 用户可以更新系统目录。（即使是超级用户，也只有当此属性为真时才能这样做。） |
| passwd      | text    |    | 口令                                    |
| valuntil    | abstime |    | 账号过期时间（仅用于口令认证）                       |

## 3.16. pg\_type

**表 3.16. pg\_type 列**

| 名称           | 类型   | 引用                 | 描述                                                                                                                                                                                    |
|--------------|------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| typname      | name |                    | 数据类型的名字                                                                                                                                                                               |
| typowner     | int4 | pg_shadow.usesysid | 类型的所有者（创建者）                                                                                                                                                                           |
| typlen       | int2 |                    | 该类型存储表示的长度，变长则为 -1                                                                                                                                                                    |
| typprtlen    | int2 |                    | 未使用                                                                                                                                                                                   |
| typbyval     | bool |                    | typbyval 决定内部例程按值还是按引用传递该类型的值。只有等价于 char、short 和 int 的项可以按值传递，因此如果类型长度不是 1、2 或 4 字节，Postgres 就没有按值传递的选项，因此 typbyval 最好为假。变长类型总是按引用传递。注意，即使长度允许按值传递，typbyval 也可以为假；例如 float4 类型目前就是这样。 |
| typtype      | char |                    | typtype 为 b 表示基本类型，c 表示目录类型（即表）。如果 typtype 为 c，则 typrelid 是该类型在 pg_class 中项的 OID。                                                                                                     |
| typisdefined | bool |                    | ???                                                                                                                                                                                   |

| 名称         | 类型      | 引用           | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------|---------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| typdelim   | char    |              | 解析数组输入时分隔该类型的两个值的字符                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| typrelid   | oid     | pg_class.oid | 如果这是目录类型（见 <code>typtype</code> ），此字段指向定义相应表的 <code>pg_class</code> 项。理论上表可以用作复合数据类型，但这并不是完全可用的。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| typelem    | oid     | pg_type.oid  | 如果 <code>typelem</code> 不为 0，它就标识 <code>pg_type</code> 中的另一行。当前类型于是可以像数组那样带下标，产生 <code>typelem</code> 类型的值。非零的 <code>typelem</code> 并不保证该类型是“真正的”数组类型；某些普通的定长类型也可以带下标（例如 <code>oidvector</code> ）。变长类型不能像那样被变成伪数组。因此，判断一个类型是否为“真正的”数组类型的方法是 <code>typelem != 0</code> 且 <code>typlen &lt; 0</code> 。                                                                                                                                                                                                                                          |
| typinput   | regproc |              | 输入函数                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| typoutput  | regproc |              | 输出函数                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| typreceive | regproc |              | 未使用                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| typsend    | regproc |              | 未使用                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| typalign   | char    |              | <p><code>typalign</code> 是存储该类型的值时所要求的对齐方式。它适用于磁盘存储，以及该值在 <code>Postgres</code> 内部的大多数表示。当多个值连续存储时（例如磁盘上一个完整行的表示），会在该类型的 <code>datum</code> 之前插入填充，使其从指定的边界开始。对齐参照点是序列中第一个 <code>datum</code> 的起始处。</p> <p>可能的取值有：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <code>'c'</code> = <code>CHAR</code> 对齐，即不需要对齐。</li> <li>• <code>'s'</code> = <code>SHORT</code> 对齐（在大多数机器上为 2 字节）。</li> <li>• <code>'i'</code> = <code>INT</code> 对齐（在大多数机器上为 4 字节）。</li> <li>• <code>'d'</code> = <code>DOUBLE</code> 对齐（在很多机器上为 8 字节，但绝不是所有机器）。</li> </ul> |

| 名称         | 类型   | 引用 | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------|------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |      |    | <div> <b>注意</b> <p>对于系统表中使用的类型，在 <code>pg_type</code> 中定义的大小和对齐与编译器在表示表行的结构体中布置字段的方式一致，是至关重要的。</p> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| typstorage | char |    | <p>typstorage 告诉我们对变长类型（即 <code>typplen = -1</code> 的类型），该类型是否为 TOAST 做了准备，以及该类型属性的默认策略应当是什么。可能的取值为</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 'p': 值必须总是以原样（plain）存储。</li> <li>• 'e': 值可以存储在一个“二级”关系中（如果关系有的话，见 <code>pg_class.reltoastrelid</code>）。</li> <li>• 'm': 值可以内联压缩存储。</li> <li>• 'x': 值可以内联压缩存储，或移出到“二级”存储中。</li> </ul> <p>注意 'm' 列也可以移出到二级存储，但只作为最后手段（'e' 和 'x' 列会先被移动）。</p> |
| typdefault | text |    | ???                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

---

# 第 4 章 前端/后端协议

Phil Thompson

## 注意

由 Phil Thompson (phil@river-bank.demon.co.uk) 编写。协议 2.0 的更新由 Tom Lane (tgl@sss.pgh.pa.us) 完成。

Postgres 使用基于消息的前端与后端之间的通信协议。该协议在 TCP/IP 以及 Unix 套接字之上实现。Postgres 6.3 在协议中引入了版本号。这样做的目的是仍然允许来自早期版本前端的连接，但本文档不涵盖那些早期版本使用的协议。

本文档描述该协议的 2.0 版，它在 Postgres 6.4 及更高版本中实现。

建立在此协议之上的更高层特性（例如 libpq 在连接建立后如何传递某些环境变量）在别处介绍。

## 4.1. Overview

三个主要组件是前端（运行在客户端上）以及 `postmaster` 和后端（运行在服务器上）。`postmaster` 和后端有不同的角色，但可以由同一个可执行程序实现。

前端向 `postmaster` 发送一个启动包。其中包括用户要连接的用户名和数据库名。然后 `postmaster` 使用这些信息以及 `pg_hba.conf` 文件中的信息来确定它要求前端进一步发送什么认证信息（如果有的话），并相应地响应前端。

然后前端发送任何所需的认证信息。`postmaster` 验证这些信息后，响应前端已通过认证，并把连接移交给一个后端。然后后端发送一条消息指示启动成功（正常情况）或失败（例如数据库名无效）。

随后的通信是前端与后端之间交换的查询和结果包。`postmaster` 不再参与普通的查询/结果通信。(However, the `postmaster` is involved when the frontend wishes to cancel a query currently being executed by its backend. Further details about that appear below.)

当前端希望断开连接时，它发送一个适当的包并关闭连接，而不等待后端的响应。

包以数据流的形式发送。第一个字节决定包的其余部分应期待什么。例外是前端发送给 `postmaster` 的包，它们由包长度后跟包本身组成。这一差异是历史原因造成的。

## 4.2. Protocol

本节描述消息流。有四种不同的流，取决于连接的状态：启动、查询、函数调用和终止。还有针对通知响应和命令取消的特殊规定，它们可以在启动阶段之后的任何时间发生。

### 4.2.1. 启动

启动分为认证阶段和后端启动阶段。

最初，前端发送一个 `StartupPacket`。`postmaster` 使用这些信息和 `pg_hba.conf` 文件的内容来确定前端必须使用什么认证方法。然后 `postmaster` 以下列消息之一响应：

`ErrorResponse`

然后 `postmaster` 立即关闭连接。

#### AuthenticationOk

然后 postmaster 移交给后端。postmaster 不再参与通信。

#### AuthenticationKerberosV4

然后前端必须与 postmaster 进行 Kerberos V4 认证对话（此处不描述）。如果成功，postmaster 以 AuthenticationOk 响应，否则以 ErrorResponse 响应。

#### AuthenticationKerberosV5

然后前端必须与 postmaster 进行 Kerberos V5 认证对话（此处不描述）。如果成功，postmaster 以 AuthenticationOk 响应，否则以 ErrorResponse 响应。

#### AuthenticationUnencryptedPassword

然后前端必须发送一个 UnencryptedPasswordPacket。如果密码正确，postmaster 以 AuthenticationOk 响应，否则以 ErrorResponse 响应。

#### AuthenticationEncryptedPassword

然后前端必须发送一个 EncryptedPasswordPacket。如果密码正确，postmaster 以 AuthenticationOk 响应，否则以 ErrorResponse 响应。

如果前端不支持 postmaster 请求的认证方法，那么它应当立即关闭连接。

发送 AuthenticationOk 之后，postmaster 尝试启动一个后端进程。由于这可能失败，或者后端可能在启动期间遇到失败，前端必须等待后端确认启动成功。前端在此点不应发送任何消息。此阶段后端可能的消息有：

#### BackendKeyData

此消息在后端成功启动后发出。  
它提供前端想要以后能够发出取消请求就必须保存的密钥数据。前端不应响应此消息，而应继续等待 ReadyForQuery 消息。

#### ReadyForQuery

后端启动成功。前端现在可以发出查询或函数调用消息。

#### ErrorResponse

后端启动失败。发送此消息后连接被关闭。

#### NoticeResponse

已发出一条警告消息。前端应显示该消息，但仍应继续等待 ReadyForQuery 或 ErrorResponse。

ReadyForQuery 消息与后端在每个查询周期之后将发出的消息相同。取决于前端的编码需要，既可以把 ReadyForQuery 视为一个查询周期的开始（然后 BackendKeyData 表示启动阶段的成功结束），也可以把 ReadyForQuery 视为启动阶段和每个后续查询周期的结束。

## 4.2.2. Query

查询周期由前端向 backend 发送 Query 消息发起。然后后端根据查询命令串的内容发送一个或多个响应消息，最后发送 ReadyForQuery 响应消息。ReadyForQuery informs the frontend that it may safely send a new query or function call.

后端可能发送的响应消息有：

### CompletedResponse

一条 SQL 命令正常完成。

### CopyInResponse

后端准备好把数据从前端复制到关系。前端然后应发送 CopyDataRows 消息。后端随后将以带 "COPY" 标签的 CompletedResponse 消息响应。

### CopyOutResponse

后端准备好把数据从关系复制到前端。然后它发送 CopyDataRows 消息，再发送带 "COPY" 标签的 CompletedResponse 消息。

### CursorResponse

查询是 insert(l)、delete(l)、update(l)、fetch(l) 或 select(l) 命令之一。如果事务已被中止，则后端发送带 "\*ABORT STATE\*" 标签的 CompletedResponse 消息。否则发送以下响应。

对于 insert(l) 命令，后端然后发送带 "INSERT *oid rows*" where *rows* is the number of rows inserted, and *oid* is the object ID of the inserted row if *rows* is 1, otherwise *oid* is 0.

对于 delete(l) 命令，后端然后发送带 "DELETE *rows*" where *rows* is the number of rows deleted.

对于 update(l) 命令，后端然后发送带 "UPDATE *rows*" where *rows* is the number of rows deleted.

对于 fetch(l) 或 select(l) 命令，后端发送一条 RowDescription 消息。然后对返回给前端的每一行，跟着一条 AsciiRow 或 BinaryRow 消息（取决于是否指定了二进制游标）。最后，后端发送一条带 "SELECT" 标签的 CompletedResponse 消息。

### EmptyQueryResponse

识别到一个空查询串。（需要特别区分这种情况是历史原因。）

### ErrorResponse

发生了一个错误。

### ReadyForQuery

查询串的处理完成。发送单独的消息来指示这一点，因为查询串可能包含多条 SQL 命令。(CompletedResponse marks the end of processing one SQL command, not the whole string.) ReadyForQuery will always be sent, whether processing terminates successfully or with an error.

### NoticeResponse

发出了与查询有关的警告消息。通知是其他响应之外的附加内容，即后端将继续处理该命令。

每当期待任何其他类型的消息时，前端必须准备好接受 ErrorResponse 和 NoticeResponse 消息。

实际上，即使前端不期待任何类型的消息（即后端名义上空闲）时，NoticeResponse 也可能到达。（特别是，后端可能被其 postmaster 命令终止。在这种情况下它会在关闭连接之前发送一条 NoticeResponse。）建议前端在发出任何新命令之前检查此类异步通知。

此外，如果前端发出任何 listen(l) 命令，那么它必须准备好在任何时间接受 Notification Response 消息；见下文。



### 4.2.3. 函数调用

函数调用周期由前端向后端发送一条 `FunctionCall` 消息来启动。后端随后根据函数调用的结果发送一条或多条响应消息，最后发送一条 `ReadyForQuery` 响应消息。`ReadyForQuery` 告知前端，可以安全地发送新的查询或函数调用。

后端可能的响应消息有：

`ErrorResponse`

发生了一个错误。

`FunctionResultResponse`

函数调用已执行并返回了结果。

`FunctionVoidResponse`

函数调用已执行但没有返回结果。

`ReadyForQuery`

函数调用处理完成。`ReadyForQuery`将总是被发送，不管是成功完成处理还是发生一个错误。

`NoticeResponse`

发出了一条有关该函数调用的警告信息。通知是附加在其他响应上的，也就是说，后端将继续处理该命令。

每当期待任何其他类型的消息时，前端必须准备好接受 `ErrorResponse` 和 `NoticeResponse` 消息。Also, if it issues any `listen(l)` commands then it must be prepared to accept `NotificationResponse` messages at any time; see below.

### 4.2.4. 通知响应

如果前端发出 `listen(l)` 命令，那么每当为相同的通知名称执行 `notify(l)` 命令时，后端都会发送一条 `NotificationResponse` 消息（不要与 `NoticeResponse` 混淆！）。

通知响应在协议的任何位置（启动之后）都是允许的，除非在另一个后端消息之内。Thus, the frontend must be prepared to recognize a `NotificationResponse` message whenever it is expecting any message. Indeed, it should be able to handle `NotificationResponse` messages even when it is not engaged in a query.

`NotificationResponse`

A `notify(l)` command has been executed for a name for which a previous `listen(l)` command was executed. Notifications may be sent at any time.

可能值得指出，`listen` 和 `notify` 命令中使用的名称不必与 SQL 数据库中关系（表）的名称有任何关系。通知名称只是任意选择的条件名称。

### 4.2.5. 取消进行中的请求

在处理查询期间，前端可以通过向 `postmaster` 发送一个适当的请求来请求取消该查询。出于实现效率的原因，

取消请求不直接发送给后端：我们不希望后端在查询处理期间不断检查来自前端的新输入。

取消请求应当相对少见，所以我们把它们做得稍微繁琐一些，以避免正常情况下的性能损失。

要发出取消请求，前端打开一个到 postmaster 的新连接并发送 CancelRequest 消息，而不是通常通过新连接发送的 StartupPacket 消息。postmaster 将处理此请求然后关闭连接。出于安全原因，不对取消请求消息作直接回复。

CancelRequest 消息将被忽略，除非它包含与连接启动期间传递给前端相同的密钥数据（PID 和密钥）。如果该请求与某个当前正在执行的后端的 PID 和密钥匹配，postmaster 向该后端发出信号以中止当前查询的处理。

取消信号可能有效也可能无效——例如，如果它到达时后端已经处理完查询，那么它就不会有效果。如果取消有效，则会导致当前命令提前终止并附带一条错误消息。

这么做是对安全性和效率通盘考虑的结果，前端没有直接的方法获知一个取消请求是否成功。它必须继续等待后端对查询的响应。发出一个取消仅仅是增加了当前查询快些结束的可能性，同时也增加了当前查询会伴随着一条错误消息失败而不是成功执行的可能性。

由于取消请求是发送给 postmaster 而不是通过常规的前端/后端通信链路，任何进程都可能发出取消请求，而不只是其查询要被取消的那个前端。这在构建多进程应用方面可能带来一些灵活性上的好处。它也引入了安全风险，即未授权的人可能试图取消查询。这一安全风险通过要求在取消请求中提供动态生成的密钥来解决。

## 4.2.6. Termination

正常的优雅终止过程是前端发送 Terminate 消息并立即关闭连接。收到该消息后，后端立即关闭连接并终止。

不优雅的终止可能由于任一端的软件故障（即核心转储）而发生。如果前端或后端看到连接意外关闭，应当清理并终止。The frontend has the option of launching a new backend by recontacting the postmaster, if it doesn't want to terminate itself.

## 4.3. 消息数据类型

本节描述消息中使用的基本数据类型。

$\text{Int}_n(i)$

一个按网络字节序的  $n$  位整数。如果指定了  $i$ ，它就是字面值。Eg.  $\text{Int}_{16}$ ,  $\text{Int}_{32}(42)$ 。

$\text{LimString}_n(s)$

恰好  $n$  字节的字符数组，解释为以 `'\0'` 结尾的字符串。如果空间不足则省略 `'\0'`。如果指定了  $s$ ，它就是字面值。例如  $\text{LimString}_{32}$ 、 $\text{LimString}_{64}(\text{"user"})$ 。

$\text{String}(s)$

常规的以 `'\0'` 结尾的 C 字符串，没有长度限制。如果指定了  $s$ ，它就是字面值。例如  $\text{String}$ 、 $\text{String}(\text{"user"})$ 。

### 注意

后端可返回的字符串的长度没有预定义的限制。  
前端的一个好编码策略是使用可扩展的缓冲区，  
这样任何能装进内存的东西都可以接受。如果做不到这一点，  
就读取完整的字符串并丢弃固定大小缓冲区装不下的尾部字符。

Byte<sub>n</sub>(c)

恰好 n 字节。如果指定了 c，它就是字面值。例如 Byte、Byte1('\n')。

## 4.4. 消息格式

本节描述每种消息的详细格式。每种消息可以由前端（F）、postmaster/后端（B）或两者（F & B）发送。

AsciiRow (B)

Byte1('D')

标识此消息为 ASCII 数据行。（先前的 RowDescription 消息定义了行中字段的数量及其数据类型。）

Byte<sub>n</sub>

一个位图，行中每个字段一位。第 1 个字段对应第 1 个字节的第 7 位（MSB），第 2 个字段对应第 1 个字节的第 6 位，第 8 个字段对应第 1 个字节的第 0 位（LSB），第 9 个字段对应第 2 个字节的第 7 位，依此类推。如果对应字段的值不是 NULL，则每个位被置位。如果字段数不是 8 的倍数，位图中最后一个字节的剩余部分就被浪费了。

然后，对每个非 NULL 值的字段，有下列内容：

Int32

Specifies the size of the value of the field, including this size.

Byte<sub>n</sub>

以 ASCII 字符指定字段本身的值。n 是上面的尺寸减 4。字段数据中没有尾随的 '\0'；如果前端需要，必须自己添加一个。

AuthenticationOk (B)

Byte1('R')

标识此消息为认证请求。

Int32(0)

指定认证成功。

AuthenticationKerberosV4 (B)

Byte1('R')

标识此消息为认证请求。

Int32(1)

指定需要 Kerberos V4 认证。

AuthenticationKerberosV5 (B)

Byte1('R')

标识此消息为认证请求。

Int32(2)

指定需要 Kerberos V5 认证。

#### AuthenticationUnencryptedPassword (B)

Byte1('R')

标识此消息为认证请求。

Int32(3)

指定需要未加密的密码。

#### AuthenticationEncryptedPassword (B)

Byte1('R')

标识此消息为认证请求。

Int32(4)

指定需要加密的密码。

Byte2

加密密码时使用的盐。

#### BackendKeyData (B)

Byte1('K')

标识此消息为取消密钥数据。如果前端希望以后能够发出 CancelRequest 消息，就必须保存这些值。

Int32

此后端的进程 ID。

Int32

此后端的密钥。

#### BinaryRow (B)

Byte1('B')

标识此消息为二进制数据行。（先前的 RowDescription 消息定义了行中字段的数量及其数据类型。）

Byte<sub>n</sub>

一个位图，行中每个字段一位。第 1 个字段对应第 1 个字节的第 7 位（MSB），第 2 个字段对应第 1 个字节的第 6 位，第 8 个字段对应第 1 个字节的第 0 位（LSB），第 9 个字段对应第 2 个字节的第 7 位，依此类推。如果对应字段的值不是 NULL，则每个位被置位。如果字段数不是 8 的倍数，位图中最后一个字节的剩余部分就被浪费了。

然后，对于每个具有非 NULL 值的字段，有以下内容：

Int32

Specifies the size of the value of the field, excluding this size.

Byte<sub>n</sub>

以二进制格式指定字段本身的值。*n* is the above size.

CancelRequest (F)

Int32(16)

包的尺寸（字节）。

Int32(80877102)

取消请求码。该值经过选择，使其高 16 位包含 1234，低 16 位包含 5678。(To avoid confusion, this code must not be the same as any protocol version number.)

Int32

目标后端的进程 ID。

Int32

目标后端的密钥。

CompletedResponse (B)

Byte1('C')

标识此消息为完成响应。

String

命令标签。这通常是（但不总是）标识完成了哪条 SQL 命令的单个词。

CopyDataRows (B & F)

这是一个行流，其中每行以 Byte1('\n') 结束。然后跟随序列 Byte1('\\')、Byte1('.')、Byte1('\n')。

CopyInResponse (B)

Byte1('G')

标识此消息为 Start Copy In 响应。前端现在必须发送 CopyDataRows 消息。

CopyOutResponse (B)

Byte1('H')

标识此消息为 Start Copy Out 响应。此消息后面将跟随 CopyDataRows 消息。

CursorResponse (B)

Byte1('P')

标识此消息为游标响应。

String

游标的名称。如果游标是隐式的，则为“blank”。

EmptyQueryResponse (B)

Byte1('I')

标识此消息为对空查询串的响应。

String("")

未使用。

EncryptedPasswordPacket (F)

Int32

包的尺寸（字节）。

String

加密（使用 crypt()）的密码。

ErrorResponse (B)

Byte1('E')

标识此消息为错误。

String

错误消息本身。

FunctionCall (F)

Byte1('F')

标识此消息为函数调用。

String("")

未使用。

Int32

指定要调用的函数的对象 ID。

Int32

指定提供给函数的参数数量。

然后，对每个参数，有下列内容：

Int32

Specifies the size of the value of the argument, excluding this size.

Byte<sub>*n*</sub>

以二进制格式指定字段本身的值。*n* is the above size.

FunctionResultResponse (B)

Byte1('V')

标识此消息为函数调用结果。

Byte1('G')

指定返回了非空结果。

Int32

指定结果的值的尺寸，不包括此尺寸本身。

Byte<sub>n</sub>

以二进制格式指定结果本身的值。n 是上面的尺寸。

Byte1('0')

未使用。（严格说来，FunctionResultResponse 和 FunctionVoidResponse 是同一个东西，只是消息的某些部分是可选的。）

FunctionVoidResponse (B)

Byte1('V')

标识此消息为函数调用结果。

Byte1('0')

指定返回了空结果。

NoticeResponse (B)

Byte1('N')

标识此消息为通知。

String

通知消息本身。

NotificationResponse (B)

Byte1('A')

标识此消息为通知响应。

Int32

发出通知的后端进程的进程 ID。

String

引发此通知的条件名称。

Query (F)

Byte1('Q')

标识此消息为查询。

String

查询串本身。

ReadyForQuery (B)

Byte1('Z')

标识消息类型。每当后端准备好进入新的查询周期时发送 ReadyForQuery。

RowDescription (B)

Byte1('T')

标识此消息为行描述。

Int16

指定一行中的字段数（可以为零）。

Then, for each field, there is the following:

String

指定字段名。

Int32

指定字段类型的对象 ID。

Int16

指定类型尺寸。

Int32

指定类型修饰符。

StartupPacket (F)

Int32(296)

包的尺寸（字节）。

Int32

协议版本号。高 16 位是主版本号。低 16 位是次版本号。

LimString64

数据库名，如果为空则默认为用户名。

LimString32

用户名。

LimString64

要由 postmaster 传递给后端的任何附加命令行参数。

LimString64

未使用。

LimString64

后端应用于调试消息的可选 tty。

Terminate (F)

Byte1('X')

标识此消息为终止。

UnencryptedPasswordPacket (F)

Int32

包的尺寸（字节）。



String

未加密的密码。

# 第 5 章 gcc 默认优化

Brian Gallew

## 注意

由 Brian Gallew (<geek+@cmu.edu>) 贡献

把 gcc 配置成默认使用某些标志只是编辑 `/usr/local/lib/gcc-lib/platform/version/specs` 文件的一件简单事。这个文件的格式相当简单。文件分成若干节，每节三行。第一行是 `"*section_name:"` (例如 `"*asm:"`)。第二行是标志列表，第三行为空。

最容易的修改是把想要的默认标志追加到相应节的列表中。作为示例，假设我在一台 '486 上运行 linux, gcc 2.7.2 安装在默认位置。在文件 `/usr/local/lib/gcc-lib/i486-linux/2.7.2/specs` 的第 13 行处我找到下面这一节：

```
- -----SECTION-----
*ccl:
```

```
- -----SECTION-----
```

如你所见，没有任何默认标志。如果我希望 C 代码的编译总是使用 `"-m486 -fomit-frame-pointer"`，我会把它改成这样：

```
- -----SECTION-----
*ccl:
- -m486 -fomit-frame-pointer
```

```
- -----SECTION-----
```

如果我还想为另一台闲置的较旧 linux 机器生成 386 代码，就必须把它改成这样：

```
- -----SECTION-----
*ccl:
%{!m386:-m486} -fomit-frame-pointer
```

```
- -----SECTION-----
```

这样就会总是省略帧指针，并且在命令行上未指定 `-m386` 时生成 486 优化的代码。

实际上你可以用 `specs` 文件做相当多的定制。但始终要记住，这些更改是全局的，会影响系统的所有用户。

---

## 第 6 章 BKI 后端接口

后端接口 (BKl) 文件是用一种特殊语言编写的脚本, 它们是运行在特殊“引导”模式下的 Postgres 后端的输入, 这种模式使后端能够在数据库系统尚不存在的情况下执行数据库功能。因此 BKl 文件可以用于最初创建数据库系统。(它们大概对其他任何事情都没有用处。)

initdb 在创建新的数据库集簇时, 使用 BKl 文件来完成它的一部分工作。initdb 使用的输入文件是构建和安装 Postgres 的一部分, 由一个名为 `genbki.sh` 的程序从源码树中一些采用特殊格式的 C 头文件创建。创建的 BKl 文件名为 `global.bki` (用于全局目录) 和 `template1.bki` (用于最初存储在 `template1` 数据库中、随后复制到每个创建的数据库中的那些目录), 通常安装在安装树的 `share` 子目录中。

相关信息可以在 `initdb` 的文档中找到。

### 6.1. BKl 文件格式

本节描述 Postgres 后端如何解释 BKl 文件。如果手边有一份 `global.bki` 文件作为示例, 这段说明会更容易理解。你还应当研究 `initdb` 的源代码, 以了解后端是如何被调用的。

BKl 输入由一系列命令组成。根据命令语法的不同, 每条命令由若干词元组成。词元通常由空白分隔, 但如果不会产生歧义, 也可以不分隔。没有专门的命令分隔符; 语法上不可能属于前一条命令的下一个词元, 就会开始一条新命令。(通常为了清晰, 你会把新命令写在新的一行。) 词元可以是某些关键字、特殊字符 (圆括号、逗号等)、数字, 或者双引号字符串。所有内容都区分大小写。

以 `#` 开头的行会被忽略。

### 6.2. BKl 命令

`open tablename`

打开名为 `tablename` 的表以便进一步操作。

`close [tablename]`

关闭名为 `tablename` 的已打开表。如果 `tablename` 尚未打开, 则这是一个错误。如果没有给出 `tablename`, 则关闭当前打开的表。

`create tablename (name1 = type1 [, name2 = type2, ...])`

创建一个名为 `tablename` 的表, 其列在圆括号中给出。

这里的 `type` 不一定就是该列在 SQL 环境中所具有的数据类型; 那是由 `pg_attribute` 系统目录决定的。这里的类型本质上只用于分配存储。允许下列类型: `bool`、`bytea`、`char (1 字节)`、`name`、`int2`、`int2vector`、`int4`、`regproc`、`text`、`oid`、`tid`、`xid`、`cid`、`oidvector`、`smgr`、`_int4` (数组)、`_aclitem` (数组)。数组类型也可以通过在元素类型名之后写 `[]` 来表示。

#### 注意

该表只会创建在磁盘上, 它不会自动注册到系统目录中, 因此除非在 `pg_class`、`pg_attribute` 等中插入适当的行, 否则它是不可访问的。

`insert [OID = oid_value] (value1 value2 ...)`

用 `value1`、`value2` 等作为列值, 用 `oid_value` 作为其 `OID`, 向已打开的表中插入一个新行。如果 `oid_value` 为零 (0) 或省略该子句, 则使用下一个可用的 `OID`。

可以使用特殊关键字 `_null_` 来指定 NULL 值。包含空格的值应当加双引号。

```
declare [unique] index indexname on tablename using amname (opclass1 name1 [, .
..])
```

用 *amname* 访问方法在名为 *tablename* 的表上创建一个名为 *indexname* 的索引。要索引的字段称为 *name1*、*name2* 等，而要使用的操作符类分别为 *opclass1*、*opclass2* 等。

build indices

构建先前声明的那些索引。

## 6.3. 示例

下面的命令序列将创建一个名为 `test_table` 的表，它有两列 `cola` 和 `colb`，类型分别为 `int4` 和 `text`，并向表中插入两行。

```
create test_table (cola = int4, colb = text)
open test_table
insert OID=421 (1 "value1")
insert OID=422 (2 _null_)
close test_table
```

# 第 7 章 页文件

对数据库文件默认页格式的描述。

本节概述 Postgres 表使用的页格式。用户定义的访问方法不必使用这种页格式。

在下面的说明中，假定一个字节 (byte) 包含 8 位。此外，术语项 (item) 指存储在 Postgres 表中的数据。

下表展示了普通 Postgres 表和 Postgres 索引 (例如 B-tree 索引) 中的页面是如何组织的。

表 7.1. 页面布局示例

| 项                    | 描述 |
|----------------------|----|
| itemPointerData      |    |
| filler               |    |
| itemData...          |    |
| 未分配空间                |    |
| ItemContinuationData |    |
| 特殊空间                 |    |
| ``ItemData 2"        |    |
| ``ItemData 1"        |    |
| ItemIdData           |    |
| PageHeaderData       |    |

每个页面的前 8 个字节由页头 (PageHeaderData) 组成。在页头中，前三个 2 字节整数字段 (lower、upper 和 special) 分别表示到未分配空间开始处、到未分配空间结束处以及到特殊空间开始处的字节偏移。特殊空间是页面末尾的一个区域，它在页面初始化时分配，并包含某种访问方法特有的信息。页头的最后 2 个字节 opaque 编码页面大小和页面内部碎片的信息。每个页面都存储页面大小，因为缓冲池中的帧在一个表内可以逐帧细分为大小相等的页面。内部碎片信息用来帮助确定何时应进行页面重组。

页头之后是项标识符 (ItemIdData)。新的项标识符从未分配空间的前四个字节分配。由于项标识符在被释放之前从不移动，其索引可用来指示一个项在页面上的位置。事实上，Postgres 创建的每个指向项的指针 (ItemPointer) 都由一个帧号和一个项标识符的索引组成。项标识符包含到项开始处的字节偏移、以字节为单位的长度以及一组影响其解释的属性位。

项本身存储在从未分配空间末尾向后分配的空间中。通常不对项进行解释。但当项太长而无法放在单个页面上或希望对项进行分片时，项会被切分，每一片按下述方式作为不同的项处理。第一片到倒数第二片放在项延续结构 (ItemContinuationData) 中。该结构包含指向下一片的 itemPointerData 和这一片本身。最后一片按正常方式处理。

# 第 8 章 遗传查询优化

Martin Utesch, University of Mining and Technology

## 作者

由 Martin Utesch <utesch@aut.tu-freiberg.de> 为德国弗赖贝格矿业和技术大学自动控制研究所编写。

## 8.1. 将查询处理看成是一个复杂的优化问题

在所有关系操作符中，最难处理和优化的是连接。随着查询中join数目的增加，可能的查询计划数量会呈指数增长。为了处理单个连接而支持多种连接方法（例如 Postgres 中的嵌套循环、哈希连接和归并连接）来处理单个 join，以及作为关系访问路径的多种索引（例如 Postgres 中的 r-树、b-树和哈希），也进一步增加了优化工作量。

当前的Postgres查询优化器实现会在可选策略空间中执行近似穷举搜索。这种查询优化技术不足以支持诸如人工智能这类需要大量查询的数据库应用领域。

德国弗赖贝格矿业和技术大学自动控制研究所在尝试将 Postgres 用作一个用于电网维护的基于知识的决策支持系统后端时遇到了一些问题。该 DBMS 需要为该基于知识系统的推理机处理大型 join 查询。

在探索可能查询计划空间方面的性能困难，催生了开发一种新优化技术。

下文我们提出把遗传算法的实现作为数据库查询优化问题的一种可选方案。

## 8.2. 遗传算法（GA）

GA 是一种通过确定的、随机化的搜索进行工作的启发式优化方法。优化问题的可能解集合被视为由若干个体组成的种群。个体对其环境的适应程度由其适应度指定。

一个个体在搜索空间中的坐标由染色体表示，本质上是一组字符串。基因是染色体的一个片段，它编码某个待优化参数的值。基因的典型编码可以是二进制或整数。

通过模拟重组、变异和选择这些进化操作，可以找到平均适应度高于前代的新一代搜索点。

根据"comp.ai.genetic" FAQ 的说法，再怎么强调也不过分：GA并不是为了求解问题而进行的纯粹随机搜索。GA会使用随机过程，但其结果显然并非随机的（优于随机）。

Structured Diagram of a GA:

P(t) generation of ancestors at a time t  
P'(t) generation of descendants at a time t

```
+=====+
|>>>>>>>>> Algorithm GA <<<<<<<<<<<<<<<|
+=====+
| INITIALIZE t := 0 |
+=====+
| INITIALIZE P(t) |
+=====+
```

```

| evalute FITNESS of P(t) |
+=====+
| while not STOPPING CRITERION do |
| +-----+ |
| | P'(t) := RECOMBINATION{P(t)} | |
| +-----+ |
| | P''(t) := MUTATION{P'(t)} | |
| +-----+ |
| | P(t+1) := SELECTION{P''(t) + P(t)} | |
| +-----+ |
| | evalute FITNESS of P''(t) | |
| +-----+ |
| | t := t + 1 | |
+=====+

```

## 8.3. Postgres 中的遗传查询优化（GEQO）

GEQO模块旨在以类似于旅行商问题（TSP）的方式解决查询优化问题。可能的查询计划被编码为整数串。每个串表示查询中从一个关系到下一个关系的 join 顺序。例如，查询树

```

 /\
 /\ 2
 /\ 3
 4 1

```

会被编码为整数串 '4-1-3-2'，这意味着先连接关系 '4' 和 '1'，再连接 '3'，最后连接 '2'；其中 1、2、3、4 是 Postgres 优化器内部的 relid。

GEQO模块的部分内容改编自 D. Whitley 的 Genitor 算法。

Postgres 中 GEQO 实现的具体特征是：

- 采用稳态 GA（替换种群中适应度最低的个体，而不是整代替换），能够快速收敛到更优的查询计划。这对于在合理时间内处理查询至关重要；
- 采用边重组交叉，它特别适合在利用 GA 求解 TSP 时将边损失保持在较低水平；
- 不使用变异作为遗传操作符，因此无须借助修复机制来生成合法的 TSP 回路。

GEQO模块使Postgres查询优化器能够通过非穷举搜索有效支持大型 join 查询。

### 8.3.1. PostgreSQL GEQO 的未来实现任务

为了改进遗传算法的参数设置，仍有一些工作要做。在文件 `backend/optimizer/geqo/geqo_params.c` 中的例程 `gimme_pool_size` 和 `gimme_number_generations` 里，我们必须为参数设置找到一种折中，以满足两个相互竞争的需求：

- 查询计划的最优性
- 计算时间

## 参考文献

GEQ 算法的参考信息。

The Hitch-Hiker's Guide to Evolutionary Computation . Jörg Heitkötter和David Beasley. InterNet resource .

comp.ai.genetic<sup>1</sup> 中的 FAQ 见 Encore<sup>2</sup>。

The Design and Implementation of the Postgres Query Optimizer . Z. Fong. University of California, Berkeley Computer Science Department .

文件 planner/Report.ps (在 'postgres-papers' 发行版中)。

Fundamentals of Database Systems . R. Elmasri和S. Navathe. The Benjamin/Cummings Pub. , Inc. .

---

<sup>1</sup>[news://comp.ai.genetic](http://news://comp.ai.genetic)

<sup>2</sup>[ftp://ftp.Germany.EU.net/pub/research/softcomp/EC/Welcome.html](http://ftp://ftp.Germany.EU.net/pub/research/softcomp/EC/Welcome.html)



---

# 附录 DG1. CVS 代码库

Marc Fournier  
Tom Lane  
Thomas Lockhart

Postgres 源代码使用 CVS 代码管理系统存储和管理。

至少有两种方法——匿名 CVS 和 CVSup——可以把 CVS 代码树从 Postgres 服务器拉取到你的本地机器上。

## DG1.1. 通过匿名 CVS 获取源码

如果你想定期跟上当前的源码，可以从我们的 CVS 服务器获取它们，然后不时地用 CVS 检索更新。

### 匿名 CVS

1. 你需要一份本地安装的 CVS（并发版本控制系统），可以从 <http://www.cyclic.com/> 或任何 GNU 软件归档站点获取。我们目前推荐 1.10 版（写作时最新的版本）。许多系统默认就装有较新版本的 cvs。

2. 首次登录到 CVS 服务器：

```
$ cvs -d :pserver:anoncvs@postgresql.org:/home/projects/pgsql/
cvsroot login
```

系统会提示你输入口令；输入 'postgresql'。这只需要做一次，因为口令会保存在你主目录的 .cvspass 中。

3. 获取 Postgres 源码：

```
cvs -z3 -d :pserver:anoncvs@postgresql.org:/home/projects/
pgsql/cvsroot co -P pgsql
```

这会把 Postgres 源码安装到你当前所在目录的 pgsql 子目录中。

### 注意

如果你的因特网链路很快，可能不需要 -z3（它让 CVS 对传输的数据使用 gzip 压缩）。但在调制解调器速度的链路上，它能带来非常大的收益。

这个初始检出比直接下载一个 tar.gz 文件稍慢一些；如果你用的是 28.8K 调制解调器，预计要花 40 分钟左右。CVS 的优势要等到你以后想更新文件集时才会显现出来。

4. 每当你想更新到最新的 CVS 源码时，cd 进入 pgsql 子目录，然后执行

```
$ cvs -z3 update -d -P
```

这只会获取自你上次更新以来的变更。通常只要几分钟就能完成更新，即使是在调制解调器速度的链路上。

5. 你可以在主目录中创建一个包含以下内容的 .cvsrc 文件来省些输入：

```

cvs -z3
update -d -P

```

这会为所有 cvs 命令提供 `-z3` 选项，并为 `cvs update` 提供 `-d` 和 `-P` 选项。这样你只需输入

```
$ cvs update
```

即可更新你的文件。

### 小心

某些较旧版本的 CVS 有一个 bug，会导致所有检出的文件在你的目录中以全局可写的方式存放。如果发现这种情况，可以执行类似这样的命令

```
$ chmod -R go-w pgsql
```

来正确设置权限。这个 bug 在 CVS 1.9.28 版中已经修复。

CVS 还能做许多别的事情，例如获取 Postgres 源码的早期版本而不是最新开发版本。更多信息请查阅 CVS 附带的手册，或参见 <http://www.cyclic.com/> 上的在线文档。

## DG1.2. CVS 树的组织

### 作者

由 Marc G. Fournier (<scrappy@hub.org>) 写于 1998-11-05

命令 `cvs checkout` 有一个标志 `-r`，让你检出模块的某个特定版本。有了这个标志，例如在将来任何时候检索组成模块 `'tc'` 的 `6_4` 版本的源码都很容易：

```
$ cvs checkout -r REL6_4 tc
```

比如说，如果有人声称那个版本里有一个 bug，而你在当前工作副本中找不到它，这就很有用。

### 提示

你也可以用 `-D` 选项检出模块在任一给定日期时的状态。

当你用同一个标记标记多个文件时，可以把这个标记想成“一条画在文件名与版本号矩阵中穿过的曲线”。假设我们有 5 个文件，版本如下：

| file1  | file2 | file3 | file4  | file5 |     |
|--------|-------|-------|--------|-------|-----|
| 1.1    | 1.1   | 1.1   | 1.1    | 1.1   | 1.1 |
| 1.2*-  | 1.2   | 1.2   | -1.2*- |       |     |
| 1.3 \- | 1.3*- | 1.3   | / 1.3  |       |     |

<\*- TAG

```

1.4 \ 1.4 / 1.4
 \-1.5*- 1.5
 1.6

```

那么标记 "TAG" 将引用 file1-1.2、file2-1.3 等等。

### 注意

创建发行分支时，除了在命令中加上 -b 选项之外，其余都是一回事。

于是，为了创建 6.4 发行版，我做了以下操作：

```

$ cd postgres
$ cvs tag -b REL6_4

```

这会为 RELEASE 树创建标记和分支。

对于拥有 CVS 写权限的人来说，为不同版本创建目录很简单。首先创建 RELEASE 和 CURRENT 两个子目录，免得把两者弄混。然后执行：

```

cd RELEASE
cvs checkout -P -r REL6_4 postgres
cd ../CURRENT
cvs checkout -P postgres

```

这会得到两棵目录树：RELEASE/postgres 和 CURRENT/postgres。从那时起，CVS 会跟踪哪棵目录树对应仓库的哪个分支，并允许对两棵树独立地进行更新。

如果你只在 CURRENT 源码树上工作，那么一切照旧，就像我们开始标记发行分支之前那样做即可。

在某个分支上完成初始检出之后

```

$ cvs checkout -r REL6_4

```

你在该目录结构中做的任何操作都局限于该分支。如果你对该目录结构打了一个补丁，然后在其内部执行

```

cvs commit

```

那么补丁会被应用到该分支上，而且只应用到该分支。

## DG1.3. 通过 CVSup 获取源码

检索 Postgres 源码树的另一种匿名 CVS 替代方案是 CVSup。CVSup 由 John Polstra (<jdp@polstra.com>) 开发，用于为 FreeBSD 项目<sup>1</sup>分发 CVS 仓库和其他文件树。

使用 CVSup 的一个主要优点是它能可靠地把整个 CVS 仓库复制到你的本地系统上，使 log 和 diff 等 cvs 操作可以快速本地进行。其他优点包括与 Postgres 服务器的快速同步——这得益于一种高效的流式传输协议，它只发送上次更新以来的变更。

<sup>1</sup><http://www.freebsd.org>

## DG1.3.1. 准备 CVSup 客户端系统

CVSup 工作需要两个目录区域：一个本地 CVS 仓库（如果你获取的是快照而非仓库，那就只是一个目录区域；见下文），以及一个本地 CVSup 簿记区域。它们可以共存于同一棵目录树中。

决定你想把本地 CVS 仓库放在哪里。最近我们在其中一台系统上把仓库建在了 `/home/cvs/`，但以前曾把它放在 `/opt/postgres/cvs/` 的 Postgres 开发树下。如果你打算把仓库放在 `/home/cvs/`，那么把

```
setenv CVSROOT /home/cvs
```

放进你的 `.cshrc` 文件，或者根据你使用的 shell 在 `.bashrc` 或 `.profile` 文件中放入类似的一行。

cvs 仓库区域必须先初始化。设置好 CVSROOT 之后，一条命令即可完成：

```
$ cvs init
```

之后列出 CVSROOT 目录时，你至少应该看到一个名为 CVSROOT 的目录：

```
$ ls $CVSROOT
CVSROOT/
```

## DG1.3.2. 运行 CVSup 客户端

确认 cvsup 在你的路径中；在大多数系统上可以输入下面的命令来检查：

```
which cvsup
```

然后只需像下面这样运行 cvsup：

```
$ cvsup -L 2 postgres.cvsup
```

其中 `-L 2` 会启用一些状态消息，让你能监视更新的进度，而 `postgres.cvsup` 是你为 CVSup 配置文件指定的路径和名称。

下面是一个针对特定安装修改过的 CVSup 配置文件，它维护一个完整的本地 CVS 仓库：

```
This file represents the standard CVSup distribution file
for the PostgreSQL ORDBMS project
Modified by lockhart@alumni.caltech.edu 1997-08-28
- Point to my local snapshot source tree
- Pull the full CVS repository, not just the latest snapshot
#
Defaults that apply to all the collections
*default host=postgresql.org
*default compress
*default release=cvs
*default delete use-rel-suffix
enable the following line to get the latest snapshot
*default tag=.
enable the following line to get whatever was specified above or
by default
at the date specified below
```

```
#*default date=97.08.29.00.00.00

base directory points to where CVSup will store its 'bookmarks'
file(s)
will create subdirectory sup/
#*default base=/opt/postgres # /usr/local/pgsql
*default base=/home/cvs

prefix directory points to where CVSup will store the actual
distribution(s)
*default prefix=/home/cvs

complete distribution, including all below
pgsql

individual distributions vs 'the whole thing'
pgsql-doc
pgsql-perl5
pgsql-src
```

下面是从 Postgres ftp 站点<sup>2</sup>建议使用的 CVSup 配置文件，它只获取当前快照：

```
This file represents the standard CVSup distribution file
for the PostgreSQL ORDBMS project
#
Defaults that apply to all the collections
*default host=postgresql.org
*default compress
*default release=cvs
*default delete use-rel-suffix
*default tag=.

base directory points to where CVSup will store its 'bookmarks'
file(s)
*default base=/usr/local/pgsql

prefix directory points to where CVSup will store the actual
distribution(s)
*default prefix=/usr/local/pgsql

complete distribution, including all below
pgsql

individual distributions vs 'the whole thing'
pgsql-doc
pgsql-perl5
pgsql-src
```

### DG1.3.3. 安装 CVSup

CVSup 有源码、预构建二进制以及 Linux RPM 等形式。用二进制比从源码构建容易得多，主要因为构建需要那个能力很强但体积庞大的 Modula-3 编译器。

---

<sup>2</sup><ftp://ftp.postgresql.org/pub/CVSup/README.cvsup>

## 从二进制安装 CVSup

如果 Postgres ftp 站点<sup>3</sup>上发布了你所用平台的二进制，或者你运行的是 FreeBSD（CVSup 有对应的 port），就可以使用预构建的二进制。

### 注意

CVSup 最初是作为分发 FreeBSD 源码树的工具开发的。它以"port"的形式提供；对于运行 FreeBSD 的人来说，如果这些信息不足以说明如何获取和安装它，请在此贡献一份操作说明。

在写本文时，可用的二进制包括 Alpha/Tru64、ix86/xBSD、HPPA/HPUX-10.20、MIPS/irix、ix86/linux-libc5、ix86/linux-glibc、Sparc/Solaris 和 Sparc/SunOS。

1. 取回适合你平台的 cvsup 二进制 tar 文件（作为客户端不需要 cvsudp）。
  - a. （可选的）如果你运行的是 FreeBSD，安装 CVSup 的 port。
  - b. （可选的）如果是其他平台，到 Postgres ftp 站点<sup>4</sup>查找并下载相应的二进制。
2. 检查 tar 文件以确认其内容和目录结构（如果有的话）。至少对 linux 的 tar 文件来说，里面只包含静态二进制和手册页，没有任何目录包装。

- a. 如果二进制位于 tar 文件的顶层，那么直接把 tar 文件解包到你的目标目录即可：

```
$ cd /usr/local/bin
$ tar zxvf /usr/local/src/cvsup-16.0-linux-i386.tar.gz
$ mv cvsup.1 ../doc/man/man1/
```

- b. 如果 tar 文件里有目录结构，那么把 tar 文件解包到 /usr/local/src 中，再把二进制移动到上面所说的合适位置。

3. 确保新的二进制在你的路径中。

```
$ rehash
$ which cvsup
$ set path=(path to cvsup $path)
$ which cvsup
/usr/local/bin/cvsup
```

## DG1.3.4. 从源码安装

从源码安装 CVSup 并不完全轻松，主要因为大多数系统需要先安装 Modula-3 编译器。这个编译器有 Linux RPM、FreeBSD 软件包或源码等形式。

### 注意

从纯净源码安装 Modula-3 大约需要 200MB 磁盘空间，删除源码后缩小到大约 50MB。

<sup>3</sup>[ftp://postgresql.org/pub](http://ftp://postgresql.org/pub)

<sup>4</sup>[ftp://postgresql.org/pub](http://ftp://postgresql.org/pub)

## Linux 安装

### 1. 安装 Modula-3。

- a. 从 Polytechnique Montréal<sup>5</sup> 获取 Modula-3 发行包，他们正在积极维护最初由 DEC 系统研究中心<sup>6</sup>开发的代码基础。PM3 的 RPM 发行包压缩后约 30MB。在写作本文时，1.1.10-1 版可以在 RH-5.2 上干净地安装，而 1.1.11-1 版显然是为另一个发行版（RH-6.0?）构建的，无法在 RH-5.2 上运行。

#### 提示

这个 rpm 打包包含很多个 RPM 文件，所以你多半想把它们放到一个单独的目录中。

- b. 安装 Modula-3 的 rpm:

```
rpm -Uvh pm3*.rpm
```

### 2. 解包 cvsup 发行包:

```
cd /usr/local/src
tar xzf cvsup-16.0.tar.gz
```

### 3. 构建 cvsup 发行包，禁用 GUI 界面特性以避免依赖 X11 库:

```
make M3FLAGS="-DNOGUI"
```

如果你想构建一个静态二进制以便移到可能没装 Modula-3 的系统上，试试:

```
make M3FLAGS="-DNOGUI -DSTATIC"
```

### 4. 安装构建好的二进制:

```
make M3FLAGS="-DNOGUI -DSTATIC" install
```

---

<sup>5</sup><http://m3.polymtl.ca/m3>

<sup>6</sup><http://www.research.digital.com/SRC/modula-3/html/home.html>

---

## 附录 DG2. 文档

PostgreSQL有四种主要的文档格式：

- 纯文本，用于安装前信息
- HTML，用于在线浏览和参考
- Postscript，用于打印
- 手册页，用于快速参考。

另外，若干纯文本 README 类型的文件可以在 PostgreSQL源代码树各处找到，用于说明各种实现方面的问题。

文档被组织为若干“书”：

- 教程：面向新用户的入门介绍
- 用户指南：介绍查询语言环境的文档
- 参考手册：介绍查询语言
- 管理员指南：安装和服务器维护
- 程序员指南：编写客户端应用程序和服务器扩展
- 开发者指南：PostgreSQL 本身开发者的各种信息

所有书都以 HTML 和 Postscript 形式提供。参考手册包含的参考条目也以手册页形式提供。

HTML文档和手册页属于标准发行包的一部分，并会默认安装。Postscript 格式的文档可单独下载。

### DG2.1. DocBook

文档源码使用DocBook编写，这是一种表面上类似于HTML的标记语言。这两种语言都是标准通用标记语言（SGML）的应用，后者本质上是一种描述其他语言的语言。下文会同时使用 DocBook 和 SGML 这两个术语，但从技术上讲，它们不能互换。

DocBook允许作者指定技术文档的结构和内容，而无需操心展示细节。文档样式定义这些内容如何被渲染成若干最终形式之一。DocBook 由 OASIS<sup>1</sup> 组维护。官方 DocBook 站点<sup>2</sup>提供了很好的入门和参考文档，以及一本可供在线阅读的完整 O'Reilly 图书。FreeBSD Documentation Project<sup>3</sup>也使用 DocBook，并提供了一些很有价值的信息，其中包括若干值得参考的风格指南。

### DG2.2. Toolsets

以下工具用于处理文档。其中一些可能是可选的，具体见说明。

DocBook DTD<sup>4</sup>

这是 DocBook 自身的定义。我们当前使用 3.1 版；不能使用更高或更低的版本。注意还有 DocBook 的 XML 版本 —— 不要使用那个。

---

<sup>1</sup><http://www.oasis-open.org>

<sup>2</sup><http://www.oasis-open.org/docbook>

<sup>3</sup><http://www.freebsd.org/docproj/docproj.html>

<sup>4</sup><http://www.oasis-open.org/docbook/sgml/>



ISO 8879 character entities<sup>5</sup>

DocBook 需要这些实体，但由于它们由 ISO 维护，因此单独分发。

Jade<sup>6</sup>

这是处理 SGML 的基础软件包。它包含一个 SGML 解析器、一个 DSSSL 处理器（即使用 DSSSL 样式表将 SGML 转换为其他格式的程序），以及若干相关工具。Jade 现在由 OpenJade 小组维护，而不再由 James Clark 维护。

Norm Walsh 的模块化 DocBook 样式表<sup>7</sup>

它们包含将 DocBook 源文件转换成其他格式（例如 HTML）的处理指令。

DocBook2X tools<sup>8</sup>

这个可选软件包用于创建手册页。它自身还有许多先决软件包。请查看该网站。

JadeTeX

如果你愿意，还可以安装 JadeTeX，用 TeX 作为 Jade 的格式化后端。这样生成的打印输出不如 RTF 后端的质量。表格是尤其成问题的地方。另外，也没有机会对结果进行手工润色。不过，它仍然工作得不错，尤其是对不使用表格的较简单文档而言；而且由于 JadeTeX 和样式表都在持续改进，它将来肯定会越来越好。

我们已经记录了多种安装处理文档所需工具的方法，下面将加以介绍。

这些工具也可能还有其他打包发行形式。请将软件包状态报告到 docs 邮件列表，我们会把这些信息补充到这里。

## DG2.2.1. Linux RPM 安装

许多发行版厂商在其发行版中提供了用于 DocBook 处理的完整 RPM 集合，它们通常基于 Red Hat Software 的 docbook-tools<sup>9</sup> 项目。安装时查找“SGML”选项，或者查找下列软件包：sgml-common、docbook、stylesheets、openjade（或 jade）。可能还需要 sgml-tools。如果你的发行版厂商没有提供这些软件包，那么应该可以使用某个大型且足够兼容的厂商提供的软件包。

## DG2.2.2. FreeBSD 安装

FreeBSD Documentation Project 本身就大量使用 DocBook，因此 FreeBSD 提供了完整的文档工具“ports”也就不足为奇了。要在 FreeBSD 上构建文档，需要安装以下 ports。

- textproc/sp
- textproc/openjade
- textproc/docbook-310
- textproc/iso8879
- textproc/dsssl-docbook-modular

/usr/ports/print 中的一些内容（tex、jadetex）可能也值得安装。

有可能 ports 没有更新 /usr/local/share/sgml/catalog 中的主 catalog 文件。请确保其中包含下面这一行：

<sup>5</sup><http://www.oasis-open.org/cover/ISOEnts.zip>

<sup>6</sup><http://openjade.sourceforge.net>

<sup>7</sup><http://nwalsh.com/docbook/dsssl/index.html>

<sup>8</sup><http://docbook2x.sourceforge.net>

<sup>9</sup><http://sources.redhat.com/docbook-tools/>

```
CATALOG "/usr/local/share/sgml/docbook/3.1/catalog"
```

如果不想编辑该文件，也可以把环境变量 `SGML_CATALOG_FILES` 设置为以冒号分隔的 catalog 文件列表（例如上面那些）。

更多关于 FreeBSD 文档工具的信息，请参阅 FreeBSD Documentation Project 的说明<sup>10</sup>。

## DG2.2.3. Debian 软件包

Debian GNU/Linux 也提供了完整的文档工具软件包集。只需使用以下命令即可安装：

```
apt-get install jade
apt-get install docbook
apt-get install docbook-stylesheets
```

## DG2.2.4. 从源码手动安装

手动安装 DocBook 工具的过程有些复杂，因此如果有预构建的软件包，就使用它们。这里只描述一种标准配置，使用合理且标准的安装路径，不使用任何“花哨”功能。有关细节，应查阅各软件包的文档，并阅读 SGML 入门资料。

### DG2.2.4.1. 安装 Jade

OpenJade 的安装采用 GNU 风格的 `./configure; make; make install` 构建过程。详细信息可在 OpenJade 源码发行包中找到。简要说来：

```
./configure --enable-default-catalog=/usr/local/share/sgml/catalog
make
make install
```

务必记住“默认目录文件”的存放位置，后面会用到它。也可以不指定，但这样以后每次使用 jade 时，都必须设置环境变量 `SGML_CATALOG_FILES`，使其指向该文件。

此外，还应该把 `dsssl` 目录中的文件 `dsssl.dtd`、`fot.dtd`、`style-sheet.dtd` 和 `catalog` 安装到某个位置，例如 `/usr/local/share/sgml/dsssl`。（或者直接复制整个目录。）

### DG2.2.4.2. 安装 DocBook DTD 工具包

1. 获取 DocBook V3.1<sup>11</sup> 发行包。
2. 解压归档包。

```
$ unzip -a docbk31.zip
```
3. 把文件放入目录 `/usr/local/share/sgml/docbook31`。（具体位置无关紧要，但这个位置相当标准。）
4. 创建文件 `/usr/local/share/sgml/catalog`（或者安装时告诉 jade 的其他位置），并把类似下面的一行放进去：

```
CATALOG "docbook31/docbook.cat"
```

可以选择编辑文件 `docbook.cat`，注释掉或删除包含 `DTDDECL` 的那一行。如果不这样做，你会从 jade 收到警告，但没有进一步的危害。

<sup>10</sup><http://www.freebsd.org/tutorials/docproj-primer/tools.html>

<sup>11</sup><http://www.oasis-open.org/docbook/sgml/3.1/docbk31.zip>

5. 下载 ISO 8879 字符实体<sup>12</sup>归档包，将其解压，并把文件放入存放 DocBook 文件的同一目录。

### DG2.2.4.3. 安装 Norman Walsh 的 DSSSL 样式表

要安装样式表，只需把发行包解压到一个合适的位置，例如 `/usr/local/share/sgml/stylesheets`。（归档会自动创建一个 docbook 子目录。）

### DG2.2.4.4. 安装 JadeTeX

要安装和使用 JadeTeX，你需要可用的 TeX 和 LaTeX 2<sub>ε</sub> 安装，包括受支持的 tools 和 graphics 宏包、Babel、AMS 字体和 AMS-LaTeX、PSNFSS 扩展及“35 种字体”配套包、用于生成 PostScript 的 dvips 程序，以及宏包 fancyhdr、hyperref、minitoc、url 和 ot2enc，当然还有 JadeTeX 本身。所有这些都可以在邻近的 CTAN<sup>13</sup> 站点上找到。

JadeTeX 在撰写本文时并没有附带多少安装指南，但有一个 `makefile` 展示了需要什么。它还包含一个 `cooked` 目录，你会在其中找到它所需的部分宏包 -- 但不是全部，也不完整，至少我们上次查看时是这样。

在构建 `jadetex.fmt` 格式文件之前，你可能需要编辑 `jadetex.ltx` 文件，把 Babel 的配置改为适合你所在地区的形式。要改的那一行看起来像

```
\RequirePackage[german,french,english]{babel}[1997/01/23]
```

显然，你应该只列出你确实需要、并且已为 Babel 配置好的语言。

当你把 JadeTeX 用于 PostgreSQL 文档源时，很有可能 TeX 会在第二轮运行中停下来，并告诉你它的容量已被超出。就我们所知，这是 JadeTeX 生成交叉引用信息的方式造成的。当然，TeX 可以用更大的数据结构尺寸编译。具体细节因安装而异。

## DG2.3. 构建文档

在构建文档之前，你需要像构建程序本身一样运行 `configure` 脚本。检查运行即将结束时的输出，它应该类似于这样：

```
checking for onsgmls... onsgmls
checking for openjade... openjade
checking for DocBook V3.1... yes
checking for DocBook stylesheets... /usr/lib/sgml/stylesheets/
nwalsh-modular
checking for sgmlspl... sgmlspl
```

如果 `onsgmls` 和 `nsgmls` 都没有找到，你就看不到余下的 4 行。`nsgmls` 是 Jade 软件包的一部分。如果没有找到“DocBook V3.1”，则说明 DocBook DTD 工具包没有安装到 Jade 能找到的位置，或者目录文件没有正确设置。请参阅上面的安装提示。DocBook 样式表会在若干个较为标准的位置中查找，但如果你把它们放在其他地方，则应该设置环境变量 `DOCBOOKSTYLE` 指向该位置，然后重新运行 `configure`。

一切设置妥当后，切换到 `doc/src/sgml` 目录，并运行下列命令之一：（记得使用 GNU make。）

- 要构建管理员指南的 HTML 版本：

```
doc/src/sgml$ gmake admin.html
```

- 同一书的 RTF 版本：

<sup>12</sup><http://www.oasis-open.org/cover/ISOEnts.zip>

<sup>13</sup><http://www.ctan.org>

```
doc/src/sgml$ gmake admin.rtf
```

- 通过 JadeTeX 获得 DVI 版本:

```
doc/src/sgml$ gmake admin.dvi
```

- 以及从 DVI 生成 Postscript:

```
doc/src/sgml$ gmake admin.ps
```

### 注意

官方的 Postscript 格式文档是用另一种方法生成的。参见下面的第 DG2.3.3 节。

其他书可以用类似的命令构建，只需把 `admin` 换成 `developer`、`programmer`、`tutorial` 或 `user` 之一。使用 `postgres` 会构建全部 5 本书的集成版本，由于浏览器界面让你可以通过点击轻松地在全部分档之间跳转，这种方式很实用。

## DG2.3.1. HTML

在 `doc/src/sgml` 中构建 HTML 文档时，某些生成的文件在书与书之间可能（或几乎肯定）会重名。因此在常规发行包中，文件并不放在那个目录里。相反，每本书的文件存储在一个 tar 归档中，并在安装时解包。要创建一组 HTML 文档包，使用命令

```
cd doc/src
gmake postgres.tar.gz
gmake tutorial.tar.gz
gmake user.tar.gz
gmake admin.tar.gz
gmake programmer.tar.gz
gmake install
```

在发行包中，这些归档位于 `doc` 目录中，并会随 `gmake install` 默认安装。

## DG2.3.2. 手册页

我们使用 `docbook2man` 工具将 DocBook `REFENTRY` 页面转换为适合手册页的 `*roff` 输出。手册页也以 tar 归档的形式分发，与 HTML 版本类似。要创建手册页包，使用命令

```
cd doc/src
gmake man
```

这会在 `doc/src` 目录中生成一个 tar 文件。

`man` 构建会产生大量令人困惑的输出，而且要产生高质量的结果需要特别小心。这方面仍有改进的余地。

## DG2.3.3. 硬拷贝生成

硬拷贝 Postscript 文档的生成方法是：先把 SGML 源码转换为 RTF，然后导入 ApplixWare-4.4.1。经过少量清理（见下一节）后，把输出“打印”到一个 postscript 文件。

在生成 Postscript 硬拷贝时需要处理若干方面的问题，包括 RTF 修复、目录（ToC）生成和分页调整。

## Applixware RTF 清理

硬拷贝过程不可或缺的组成部分 jade 没有为正文文本指定默认样式。过去，这个未确诊的问题导致目录（ToC）生成过程极其漫长。不过，在 ApplixWare 方面的大力帮助下，症状已得到诊断，并且有了可用的变通方法。

1. 输入以下命令生成 RTF 输入（例如）：

```
% cd doc/src/sgml
% make tutorial.rtf
```

2. 修复 RTF 文件，使其正确指定所有样式，特别是默认样式。该字段可以用 vi 或者下面这个小小的 sed 过程添加：

```
#!/bin/sh
fixrtf.sh
Utility to repair slight damage in RTF files generated by
jade
Thomas Lockhart <lockhart@alumni.caltech.edu>
#
for i in $* ; do
 mv $i $i.orig
 cat $i.orig | sed 's#\s\\stylesheet#\s\\stylesheet{\s0 Normal;}'
 #' > $i
done

exit
```

该脚本会在 {\s0 Normal;} 的位置添加它作为文档的第 0 号样式。按照 ApplixWare 的说法，RTF 标准不允许添加隐式的第 0 号样式，不过 M\$Word 恰好能处理这种情况。

3. 在 Applix Words 中打开一个新文档，然后导入 RTF 文件。
4. 使用 ApplixWare 生成新目录（ToC）。
  - a. 从第一行第一个字符开始到最后一行最后一个字符为止，选中现有的 ToC 行。
  - b. 使用 `Tools.BookBuilding.CreateToC` 构建新的 ToC。选择前三级标题。这会使用 ApplixWare 原生的 ToC 替换从 RTF 导入的现有行。
  - c. 使用 `Format.Style` 调整 ToC 格式，依次选择三种 ToC 样式，并调整 `First` 和 `Left` 的缩进。使用以下数值：

**表 DG2.1. 目录的缩进格式**

| 样式            | 首行缩进（英寸） | 左缩进（英寸） |
|---------------|----------|---------|
| TOC-Heading 1 | 0.6      | 0.6     |
| TOC-Heading 2 | 1.0      | 1.0     |
| TOC-Heading 3 | 1.4      | 1.4     |

5. 在整个文档中完成以下工作：
  - 调整分页。
  - 调整表格列宽。
  - 把插图插入文档。使用 ApplixWare 工具栏上的居中边距按钮把每幅图在页面上居中。

**注意**

并非所有文档都有插图。你可以在 SGML 源文件中 grep 字符串 “graphic”，来找出文档中可能带有插图的部分。有少数插图在文档的不同部分重复出现。

6. 用正确的值替换 ToC 中 Examples 和 Figures 部分右对齐的页码。这只需要几分钟（每份文档）。
7. 如果存在书目，从每个条目中删除短形式引用标题。Norm Walsh 的 DocBook 样式表似乎会把这些打印出来，尽管这只是紧随其后的信息的一个子集。
8. 将文档保存为 Applix Words 原生格式，以便日后更容易地进行最后时刻的编辑。
9. 把文档“打印”到 PostScript 格式的文件。
10. 使用 gzip 压缩 Postscript 文件。把压缩后的文件放入 doc 目录。

## DG2.3.4. 纯文本文件

若干文件以纯文本形式分发，供安装过程中阅读。INSTALL 文件对应于管理员指南中的对应章节，并有一些次要的改动以适应文本介质。如果因为某个原因需要重新生成该文件，切换到目录 doc/src/sgml 并输入 **gmake INSTALL**。这会创建一个 INSTALL.html 文件，可以用 Netscape Navigator 把它保存为文本，并放到现有文件的位置上。Netscape 似乎为 HTML 到文本的转换提供了最好的质量（优于 lynx 和 w3m）。

文件 HISTORY 可以类似地用命令 **gmake HISTORY** 创建。应当从得到的文本文件中手工删除目录。

由于它不常变化，文件 src/test/regress/README 的生成没有完全自动化。在构建管理员指南的 HTML 版本后，用 Netscape 把生成的文件 regress.html 和 regress-platform.html 转换为文本。然后把文本文件粘贴到一起，并按喜好编辑（例如删除导航栏、删除对其他章节的引用）。

## DG2.4. 文档编写

SGML 和 DocBook 的开源编写工具并不多。

最常用的工具组合是 Emacs/XEmacs 编辑器加上适当的编辑模式。（例如 RedHat Linux）这类系统的典型完整安装会包含这些工具。

### DG2.4.1. Emacs/PSGML

PSGML 是编辑 SGML 文档最常用、也最强大的模式。正确配置后，可以使用 Emacs 插入标签并检查标记一致性。它也可以用于 HTML。下载、安装说明和详细文档请参阅 PSGML 网站<sup>14</sup>。

使用 PSGML 时有一点需要注意：它的作者假定主 SGML DTD 目录是 /usr/local/lib/sgml。如果像本章示例一样使用 /usr/local/share/sgml，就必须作相应调整，可以设置 SGML\_CATALOG\_FILES 环境变量，也可以定制 PSGML 的安装配置（其手册介绍了具体方法）。

将以下内容放入 ~/.emacs 环境文件中（将路径名调整为适合你系统的值）：

```
; ***** for SGML mode (psgml)

(setq sgml-omit-tag t)
```

<sup>14</sup>[http://www.lysator.liu.se/projects/about\\_psgml.html](http://www.lysator.liu.se/projects/about_psgml.html)

```
(setq sgml-shorttag t)
(setq sgml-minimize-attributes nil)
(setq sgml-always-quote-attributes t)
(setq sgml-indent-step 1)
(setq sgml-indent-data t)
(setq sgml-parent-document nil)
(setq sgml-default-dtd-file "./reference.ced")
(setq sgml-exposed-tags nil)
(setq sgml-catalog-files '("/usr/local/share/sgml/catalog"))
(setq sgml-ecat-files nil)

(autoload 'sgml-mode "psgml" "Major mode to edit SGML files." t)
```

并在同一文件中为 `SGML` 加入一项，添加到现有的变量定义中。该变量是 `auto-mode-alist`：

```
(setq
 auto-mode-alist
 '(("\\.sgml$" . sgml-mode)
))
```

目前，每个 SGML 源文件的末尾都有下面这一块：

```
<!-- Keep this comment at the end of the file
Local variables:
mode: sgml
sgml-omittag:t
sgml-shorttag:t
sgml-minimize-attributes:nil
sgml-always-quote-attributes:t
sgml-indent-step:1
sgml-indent-data:t
sgml-parent-document:nil
sgml-default-dtd-file:"./reference.ced"
sgml-exposed-tags:nil
sgml-local-catalogs:("/usr/lib/sgml/catalog")
sgml-local-ecat-files:nil
End:
-->
```

即使你不设置 `~/.emacs` 文件，这也会设置好一批编辑模式参数，但有点不幸的是，如果你按照上面的安装说明操作，`catalog` 路径将与你的位置不匹配。因此你可能需要关闭局部变量：

```
(setq inhibit-local-variables t)
```

PostgreSQL 发布中包含一个已解析的 DTD 定义文件 `reference.ced`。使用 PSGML 时，你可能会发现，处理这些分别保存书籍各部分的文件，有一种方便的方式：在编辑时插入适当的 DOCTYPE 声明。例如，当前这个源码文件是一章附录，因此可以将它指定为 DocBook 文档的“appendix”实例，把第一行写成这样：

```
<!doctype appendix PUBLIC "-//OASIS//DTD DocBook V3.1//EN">
```

这样，所有读取 SGML 的工具都能正确处理该文档，并且可以用 `nsgmls -s docguide.sgml` 验证文档。（但在构建整套文档之前，需要移除这一行。）

## DG2.4.2. 其他 Emacs 模式

GNU Emacs 自带另一种 SGML 模式，功能不如 PSGML 强大，但更容易理解，也更轻量。它还提供语法高亮（font lock），这可能很有帮助。

Norm Walsh 提供了一种专门用于 DocBook 的主模式<sup>15</sup>，也带有 font-lock 和若干减少输入量的功能。

---

<sup>15</sup><http://nwalsh.com/emacs/docbookide/index.html>