



Linux与自由软件资源丛书

# PostgreSQL 7

## 数据库开发指南



许宏松 编著



机械工业出版社  
China Machine Press

PostgreSQL是“对象/关系”型数据库管理系统,它具有开放源码、支持多平台、免费使用等特点。本书主要介绍PostgreSQL的基本概念及应用技巧,内容包括:PostgreSQL基础知识、PostgreSQL快速入门、PostgreSQL管理、PostgreSQL数据库实现、规则与触发器、扩展PostgreSQL、服务器编程接口、PostgreSQL的C语言库libpq、C++接口libpq++、实用程序、PostgreSQL的SQL命令指南等内容。

版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

PostgreSQL 7数据库开发指南/许宏松编著 -北京 机械工业出版社, 2001.4  
(Linux 与自由软件资源丛书)  
ISBN 7-111-08761-5

I. P… II. 许… III. 关系数据库-数据库管理系统, PostgreSQL 7 IV.TP311.138

中国版本图书馆CIP数据核字 (2001) 第07733号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑: 魏立康 王素莲

北京忠信诚胶印厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年4月第1版第1次印刷

787mm×1092mm1/16·25.75印张

印数: 0 001-5 000册

定价: 39.00元

凡购本书, 如有倒页、脱页、缺页, 由本社发行部调换

# 前 言

PostgreSQL是目前最出色的开放源代码数据库系统，在学术机构、商业系统及互联网上使用得非常广泛。

PostgreSQL最初由美国加州大学伯克利分校计算机科学系开发和维护。因为来自于学术机构，它具有许多非常先进的、开创性的特性，这些特性现在已经被许多商业数据库系统所采用（如Informix）。目前PostgreSQL由一批自由软件爱好者维护，它的功能还在不断得到增强。PostgreSQL是以伯克利许可协议发布的自由软件。

本书主要介绍了PostgreSQL的管理、实现以及不同语言的编程接口（C、Tcl/Tk）等内容。本书所有的示例代码均在TurboLinux 4.0中文版+Apache+PHP4+PostgreSQL7.02下调试通过，可以在[www.china-pub.com](http://www.china-pub.com)网站上找到本书中的示例代码。要了解更多PostgreSQL的信息可参考《PostgreSQL Document》（PostgreSQL站上的在线文档。）

由于作者水平有限，本书仍有许多不足之处，欢迎读者提出宝贵意见。

许宏松

2000年12月

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 前言                            |    |
| 第1章 PostgreSQL简介              | 1  |
| 1.1 什么是PostgreSQL             | 1  |
| 1.1.1 伯克利Postgres项目           | 2  |
| 1.1.2 Postgres95              | 2  |
| 1.1.3 PostgreSQL              | 2  |
| 1.2 Postgres目前支持的平台和不支持的平台    | 3  |
| 1.3 PostgreSQL的许可协议           | 4  |
| 1.4 关于本书                      | 5  |
| 1.5 说明                        | 5  |
| 第2章 安装和配置                     | 7  |
| 2.1 下载与解压缩                    | 7  |
| 2.2 快速安装                      | 7  |
| 2.3 编译、安装与回归测试                | 9  |
| 2.3.1 运行Postgres的要求           | 9  |
| 2.3.2 安装过程                    | 9  |
| 第3章 快速入门                      | 20 |
| 3.1 Postgres架构                | 20 |
| 3.2 Postgres的几个概念             | 21 |
| 3.3 设置环境                      | 22 |
| 3.4 交互式监视器                    | 22 |
| 3.5 数据类型                      | 24 |
| 3.6 创建和删除数据库                  | 25 |
| 3.7 创建表、视图和索引等                | 26 |
| 3.7.1 创建表                     | 26 |
| 3.7.2 创建索引                    | 27 |
| 3.7.3 创建视图                    | 28 |
| 3.7.4 删除表、索引和视图               | 29 |
| 3.8 查询数据                      | 29 |
| 3.8.1 简单SELECT语句              | 30 |
| 3.8.2 连接                      | 31 |
| 3.8.3 聚集运算符                   | 32 |
| 3.8.4 分组                      | 32 |
| 3.8.5 Having                  | 33 |
| 3.8.6 子查询                     | 34 |
| 3.8.7 UNION, INTERSECT和EXCEPT | 34 |
| 3.9 数据操纵                      | 36 |
| 3.10 高级的特性                    | 37 |
| 3.10.1 继承                     | 37 |
| 3.10.2 非原子值                   | 38 |
| 第4章 数据类型和运算符                  | 41 |
| 4.1 数据类型                      | 41 |
| 4.1.1 数值类型                    | 42 |
| 4.1.2 serial 类型               | 43 |
| 4.1.3 货币类型                    | 43 |
| 4.1.4 字符类型                    | 43 |
| 4.1.5 日期/时间类型                 | 44 |
| 4.1.6 布尔类型                    | 51 |
| 4.1.7 几何类型                    | 51 |
| 4.1.8 IP v4 网络地址和主机地址         | 53 |
| 4.2 与数据类型相关的运算符               | 54 |
| 4.2.1 通用运算符                   | 54 |
| 4.2.2 数值运算符                   | 55 |
| 4.2.3 几何运算符                   | 56 |
| 4.2.4 时间间隔运算符                 | 56 |
| 4.2.5 IP v4 CIDR 运算符          | 57 |
| 4.2.6 IP v4 INET 运算符          | 57 |
| 4.2.7 运算符的内部表示形式              | 58 |
| 4.2.8 字典优先级                   | 58 |
| 4.3 与数据类型相关的函数                | 59 |
| 4.3.1 数学函数                    | 59 |
| 4.3.2 字符串函数                   | 60 |
| 4.3.3 日期/时间函数                 | 61 |
| 4.3.4 几何函数                    | 61 |

|                               |    |                             |     |
|-------------------------------|----|-----------------------------|-----|
| 4.3.5 IP v4 函数 .....          | 63 | 6.2 运行时参数 .....             | 87  |
| 4.3.6 Postgres函数常量 .....      | 63 | 6.2.1 设置运行时参数 .....         | 88  |
| 4.4 数据类型转换 .....              | 63 | 6.2.2 恢复运行时参数 .....         | 90  |
| 4.4.1 运算符表达式的转换规则 .....       | 65 | 6.2.3 显示会话的运行时参数 .....      | 90  |
| 4.4.2 函数运算中的转换规则 .....        | 66 | 6.3 用户管理 .....              | 90  |
| 4.4.3 查询目标中的类型转换规则 .....      | 68 | 6.3.1 创建新用户 .....           | 91  |
| 4.4.4 UNION查询中的类型转换 .....     | 69 | 6.3.2 修改用户信息 .....          | 94  |
| 第5章 SQL语法 .....               | 71 | 6.3.3 删除用户 .....            | 94  |
| 5.1 关键词 .....                 | 71 | 6.3.4 赋予用户权限 .....          | 95  |
| 5.1.1 保留关键词 .....             | 71 | 6.3.5 撤销用户权限 .....          | 96  |
| 5.1.2 非保留关键词 .....            | 73 | 6.4 备份与恢复 .....             | 97  |
| 5.2 注释 .....                  | 74 | 6.4.1 用pg_dump备份数据 .....    | 98  |
| 5.3 名称 .....                  | 75 | 6.4.2 pg_dumpall .....      | 100 |
| 5.4 常量 .....                  | 75 | 6.5 Postgres系统表 .....       | 101 |
| 5.4.1 字符串常量 .....             | 75 | 第7章 创建表 .....               | 103 |
| 5.4.2 整数常量 .....              | 75 | 7.1 创建/删除序列 .....           | 104 |
| 5.4.3 浮点数常量 .....             | 75 | 7.2 指定缺省值 .....             | 106 |
| 5.4.4 Postgres用户定义类型常量 .....  | 76 | 7.3 数据完整性约束 .....           | 107 |
| 5.4.5 数组常量 .....              | 76 | 7.3.1 NOT NULL 约束 .....     | 108 |
| 5.5 域和列 .....                 | 76 | 7.3.2 UNIQUE 约束 .....       | 109 |
| 5.5.1 域 .....                 | 76 | 7.3.3 CHECK约束 .....         | 109 |
| 5.5.2 列 .....                 | 77 | 7.3.4 PRIMARY KEY 约束 .....  | 109 |
| 5.6 运算符 .....                 | 77 | 7.3.5 表约束CONSTRAINT子句 ..... | 110 |
| 5.7 表达式 .....                 | 77 | 7.3.6 表UNIQUE 约束 .....      | 110 |
| 5.7.1 参数 .....                | 77 | 7.3.7 表PRIMARY KEY 约束 ..... | 111 |
| 5.7.2 函数表达式 .....             | 78 | 7.4 数组列及继承 .....            | 112 |
| 5.7.3 聚集表达式 .....             | 78 | 7.5 CREATE TABLE示例 .....    | 113 |
| 5.8 目标表 .....                 | 78 | 7.6 CREATE TABLE AS .....   | 114 |
| 5.9 限定条件 .....                | 78 | 7.7 修改表定义 .....             | 114 |
| 5.10 From列表 .....             | 79 | 7.8 删除表 .....               | 116 |
| 第6章 管理数据库 .....               | 80 | 第8章 查询、插入、修改和删除 .....       | 118 |
| 6.1 创建和删除数据库 .....            | 80 | 8.1 查询数据 .....              | 118 |
| 6.1.1 为数据库指定存储位置 .....        | 80 | 8.1.1 简单查询 .....            | 119 |
| 6.1.2 创建数据库 .....             | 82 | 8.1.2 高级查询技术 .....          | 123 |
| 6.1.3 使用createdb程序创建数据库 ..... | 84 | 8.1.3 查询示例 .....            | 126 |
| 6.1.4 删除数据库 .....             | 85 | 8.2 插入数据 .....              | 128 |
| 6.1.5 使用dropdb删除数据库 .....     | 86 | 8.3 删除记录 .....              | 130 |

|                                   |     |                               |     |
|-----------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 8.4 修改记录 .....                    | 131 | 11.5.1 根据用户身份确定删除操作 .....     | 165 |
| 8.5 正则表达式 .....                   | 132 | 11.5.2 实现外键DELETE约束 .....     | 165 |
| 8.5.1 原子 .....                    | 133 | 11.5.3 实现对视图的删除 .....         | 166 |
| 8.5.2 匹配范围 .....                  | 134 | 11.5.4 执行其他命令 .....           | 166 |
| 8.5.3 子表达式 .....                  | 134 | 11.6 UPDATE规则 .....           | 167 |
| 8.5.4 方括号表达式 .....                | 134 | 11.6.1 根据用户身份确定UPDATE操作 ..... | 167 |
| 8.5.5 分支 .....                    | 135 | 11.6.2 实现视图更新 .....           | 167 |
| 8.5.6 反向引用 .....                  | 136 | 11.6.3 撤销UPDATE操作 .....       | 168 |
| 8.5.7 正则表达式示例 .....               | 136 | 11.6.4 执行其他SQL命令 .....        | 168 |
| 第9章 索引 .....                      | 137 | 第12章 视图 .....                 | 169 |
| 9.1 创建和删除索引 .....                 | 138 | 12.1 创建和删除视图 .....            | 169 |
| 9.2 创建与删除索引示例 .....               | 139 | 12.1.1 用CREATE创建视图 .....      | 170 |
| 第10章 psql .....                   | 141 | 12.1.2 用DROP VIEW删除视图 .....   | 170 |
| 10.1 连接到数据库 .....                 | 142 | 12.2 视图的许可权限 .....            | 171 |
| 10.2 命令行选项 .....                  | 142 | 第13章 触发器 .....                | 173 |
| 10.3 psql 元命令 .....               | 145 | 13.1 创建触发器 .....              | 173 |
| 10.4 psql高级特性 .....               | 152 | 13.2 删除触发器 .....              | 174 |
| 10.4.1 变量 .....                   | 152 | 13.3 与触发器管理器交互 .....          | 174 |
| 10.4.2 SQL代换 .....                | 154 | 13.4 数据变化可见性 .....            | 175 |
| 10.4.3 psql提示 .....               | 154 | 13.5 示例 .....                 | 176 |
| 10.5 示例 .....                     | 155 | 第14章 大对象接口 .....              | 179 |
| 10.6 其他问题 .....                   | 157 | 14.1 在SQL语句中访问大对象 .....       | 179 |
| 10.6.1 Bug和解决办法 .....             | 157 | 14.2 在libpq中访问大对象 .....       | 180 |
| 10.6.2 GNU readline .....         | 157 | 第15章 多版本并发控制 .....            | 186 |
| 第11章 规则系统 .....                   | 159 | 15.1 事务 .....                 | 186 |
| 11.1 创建规则 .....                   | 160 | 15.2 事务隔离 .....               | 187 |
| 11.2 删除规则 .....                   | 161 | 15.2.1 ANSI/ISO隔离级别 .....     | 187 |
| 11.3 SELECT规则 .....               | 162 | 15.2.2 读提交隔离级别 .....          | 188 |
| 11.3.1 根据用户身份执行不同的操作 .....        | 162 | 15.2.3 串行化隔离级别 .....          | 188 |
| 11.3.2 直接将查询重定向 .....             | 162 | 15.3 加锁和表 .....               | 188 |
| 11.4 INSERT规则 .....               | 163 | 15.3.1 表级锁 .....              | 188 |
| 11.4.1 根据用户身份执行操作 .....           | 163 | 15.3.2 行级锁 .....              | 190 |
| 11.4.2 直接取消当前INSERT操作 .....       | 164 | 15.4 加锁和索引 .....              | 190 |
| 11.4.3 将当前操作重定向为其他SQL<br>语句 ..... | 164 | 15.5 应用程序级的数据一致性检查 .....      | 190 |
| 11.4.4 实现FOREIGN KEY约束 .....      | 164 | 第16章 安全 .....                 | 194 |
| 11.5 删除规则 .....                   | 165 | 16.1 用户验证 .....               | 194 |
|                                   |     | 16.2 基于主机的存取控制 .....          | 195 |

|                              |     |                                           |     |
|------------------------------|-----|-------------------------------------------|-----|
| 16.3 基于用户/组的存取控制 .....       | 196 | 18.1.16 SPI_palloc .....                  | 229 |
| 第17章 扩展PostgreSQL .....      | 197 | 18.1.17 SPI_repallocc .....               | 229 |
| 17.1 Postgres类型系统 .....      | 197 | 18.1.18 SPI_pfree .....                   | 230 |
| 17.2 扩展SQL: 函数 .....         | 198 | 18.2 内存管理 .....                           | 230 |
| 17.2.1 查询语言SQL函数 .....       | 199 | 18.3 数据变化的可见性 .....                       | 230 |
| 17.2.2 程序语言函数 .....          | 202 | 18.4 示例 .....                             | 231 |
| 17.2.3 编译语言C函数 .....         | 202 | 第19章 libpq .....                          | 234 |
| 17.2.4 函数重载 .....            | 207 | 19.1 数据库连接函数 .....                        | 234 |
| 17.2.5 删除自定义函数 .....         | 208 | 19.1.1 PQconnectdb .....                  | 234 |
| 17.3 扩展SQL: 类型 .....         | 208 | 19.1.2 PQsetdbLogin .....                 | 235 |
| 17.3.1 用户定义类型所需的函数 .....     | 210 | 19.1.3 PQsetdb .....                      | 235 |
| 17.3.2 自定义数据类型 .....         | 211 | 19.1.4 PQconnectStart和PQconnectPoll ..... | 236 |
| 17.3.3 删除自定义数据类型 .....       | 211 | 19.1.5 PQconndefaults .....               | 237 |
| 17.4 扩展SQL: 运算符 .....        | 212 | 19.1.6 PQfinish .....                     | 238 |
| 17.4.1 创建新运算符 .....          | 212 | 19.1.7 PQreset .....                      | 238 |
| 17.4.2 运算符优化信息 .....         | 213 | 19.1.8 PQresetStart和PQresetPoll .....     | 238 |
| 17.4.3 删除运算符 .....           | 216 | 19.1.9 返回连接属性的函数 .....                    | 238 |
| 17.5 扩展SQL: 聚集函数 .....       | 217 | 19.1.10 PQerrorMessage .....              | 239 |
| 17.5.1 创建聚集函数 .....          | 217 | 19.1.11 PQbackendPID .....                | 239 |
| 17.5.2 删除聚集函数 .....          | 219 | 19.1.12 用于环境协商的函数 .....                   | 239 |
| 第18章 服务器编程接口 .....           | 221 | 19.2 查询执行函数 .....                         | 240 |
| 18.1 SPI接口函数 .....           | 221 | 19.2.1 PQexec .....                       | 240 |
| 18.1.1 SPI_connect .....     | 221 | 19.2.2 PQresultStatus .....               | 240 |
| 18.1.2 SPI_finish .....      | 222 | 19.2.3 PQresStatus .....                  | 241 |
| 18.1.3 SPI_exec .....        | 222 | 19.2.4 PQresultErrorMessage .....         | 241 |
| 18.1.4 SPI_prepare .....     | 224 | 19.2.5 PQntuples .....                    | 241 |
| 18.1.5 SPI_saveplan .....    | 224 | 19.2.6 PQnfields .....                    | 241 |
| 18.1.6 SPI_execp .....       | 225 | 19.2.7 PQbinaryTuples .....               | 241 |
| 18.1.7 SPI_copytuple .....   | 226 | 19.2.8 PQfname .....                      | 241 |
| 18.1.8 SPI_modifytuple ..... | 226 | 19.2.9 PQfnumber .....                    | 241 |
| 18.1.9 SPI_fnumber .....     | 227 | 19.2.10 PQftype .....                     | 242 |
| 18.1.10 SPI_fname .....      | 227 | 19.2.11 PQfsize .....                     | 242 |
| 18.1.11 SPI_getvalue .....   | 227 | 19.2.12 PQfmod .....                      | 242 |
| 18.1.12 SPI_getbinval .....  | 228 | 19.2.13 PQgetvalue .....                  | 242 |
| 18.1.13 SPI_gettype .....    | 228 | 19.2.14 PQgetlength .....                 | 242 |
| 18.1.14 SPI_gettypeid .....  | 228 | 19.2.15 PQgetisnull .....                 | 243 |
| 18.1.15 SPI_getrelname ..... | 229 | 19.2.16 PQcmdStatus .....                 | 243 |

|                                   |     |                              |     |
|-----------------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 19.2.17 PQcmdTuples .....         | 243 | 20.2.3 异步通知 .....            | 263 |
| 19.2.18 PQoidValue .....          | 243 | 20.2.4 与COPY命令相关联的函数 .....   | 264 |
| 19.2.19 PQoidStatus .....         | 243 | 第21章 pgctl .....             | 266 |
| 19.2.20 PQprint .....             | 243 | 21.1 pgctl命令 .....           | 266 |
| 19.2.21 PQprintTuples .....       | 244 | 21.1.1 pg_connect .....      | 266 |
| 19.2.22 PQdisplayTuples .....     | 244 | 21.1.2 pg_disconnect .....   | 267 |
| 19.2.23 PQclear .....             | 244 | 21.1.3 pg_conndefaults ..... | 267 |
| 19.2.24 PQmakeEmptyPGresult ..... | 245 | 21.1.4 pg_exec .....         | 268 |
| 19.3 异步查询处理 .....                 | 245 | 21.1.5 pg_result .....       | 268 |
| 19.3.1 PQsendQuery .....          | 245 | 21.1.6 pg_select .....       | 269 |
| 19.3.2 PQgetResult .....          | 245 | 21.1.7 pg_listen .....       | 270 |
| 19.3.3 PQconsumeInput .....       | 246 | 21.1.8 pg_lo_creat .....     | 270 |
| 19.3.4 PQisBusy .....             | 246 | 21.1.9 pg_lo_open .....      | 271 |
| 19.3.5 PQsocket .....             | 246 | 21.1.10 pg_lo_close .....    | 271 |
| 19.3.6 PQrequestCancel .....      | 247 | 21.1.11 pg_lo_read .....     | 272 |
| 19.4 快速路径接口 .....                 | 247 | 21.1.12 pg_lo_write .....    | 272 |
| 19.5 异步通知 .....                   | 248 | 21.1.13 pg_lo_lseek .....    | 272 |
| 19.5.1 PQnotifies .....           | 248 | 21.1.14 pg_lo_tell .....     | 273 |
| 19.5.2 PQgetline .....            | 249 | 21.1.15 pg_lo_unlink .....   | 273 |
| 19.5.3 PQgetlineAsync .....       | 249 | 21.1.16 pg_lo_import .....   | 273 |
| 19.5.4 PQputline .....            | 250 | 21.1.17 pg_lo_export .....   | 274 |
| 19.5.5 PQputnbytes .....          | 250 | 21.2 示例 .....                | 274 |
| 19.5.6 PQendcopy .....            | 250 | 第22章 ecpg .....              | 275 |
| 19.6 Libpq跟踪函数 .....              | 251 | 22.1 运行ecpg .....            | 275 |
| 19.6.1 PQtrace .....              | 251 | 22.2 使用嵌入式SQL语言 .....        | 276 |
| 19.6.2 PQuntrace .....            | 251 | 22.2.1 声明部分 .....            | 276 |
| 19.7 Libpq控制函数 .....              | 251 | 22.2.2 包含语句 .....            | 277 |
| 19.8 环境变量 .....                   | 251 | 22.2.3 连接语句 .....            | 277 |
| 19.9 示例程序 .....                   | 252 | 22.2.4 断开连接 .....            | 278 |
| 19.9.1 示例程序1 .....                | 252 | 22.2.5 打开游标语句 .....          | 278 |
| 19.9.2 示例程序2 .....                | 254 | 22.2.6 提交语句 .....            | 278 |
| 19.9.3 示例程序3 .....                | 256 | 22.2.7 回滚语句 .....            | 278 |
| 第20章 libpq++ .....                | 260 | 22.2.8 其他语句 .....            | 279 |
| 20.1 环境变量 .....                   | 260 | 22.3 错误处理 .....              | 280 |
| 20.2 libpq++类 .....               | 261 | 22.4 示例 .....                | 281 |
| 20.2.1 数据库连接函数 .....              | 261 | 第23章 编程语言 .....              | 283 |
| 20.2.2 查询执行函数 .....               | 262 | 23.1 编程语言概述 .....            | 283 |

|                                |     |                              |     |
|--------------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 23.2 创建编程语言 .....              | 283 | 24.2 系统实用程序 .....            | 313 |
| 23.2.1 使用CREATE LANGUAGE ..... | 283 | 24.2.1 initdb .....          | 313 |
| 23.2.2 使用createlang .....      | 286 | 24.2.2 initlocation .....    | 315 |
| 23.3 删除编程语言 .....              | 286 | 24.2.3 ipcclean .....        | 316 |
| 23.3.1 使用DROP LANGUAGE .....   | 286 | 24.2.4 pg_passwd .....       | 316 |
| 23.3.2 使用droplang .....        | 287 | 24.2.5 pg_upgrade .....      | 318 |
| 23.4 PL/pgSQL .....            | 288 | 24.2.6 postgres .....        | 318 |
| 23.4.1 PL/pgSQL的结构 .....       | 288 | 24.2.7 postmaster .....      | 320 |
| 23.4.2 注释 .....                | 288 | 第25章 SQL命令参考 .....           | 324 |
| 23.4.3 声明变量 .....              | 289 | 25.1 CREATE DATABASE .....   | 324 |
| 23.4.4 数据类型 .....              | 289 | 25.2 DROP DATABASE .....     | 325 |
| 23.4.5 表达式 .....               | 290 | 25.3 CREATE TABLE .....      | 326 |
| 23.4.6 语句 .....                | 291 | 25.4 CREATE TABLE AS .....   | 334 |
| 23.4.7 触发器程序 .....             | 293 | 25.5 ALTER TABLE .....       | 334 |
| 23.4.8 例外处理 .....              | 294 | 25.6 DROP TABLE .....        | 336 |
| 23.4.9 示例 .....                | 294 | 25.7 CREATE USER .....       | 336 |
| 23.5 PL/Tcl .....              | 295 | 25.8 ALTER USER .....        | 338 |
| 23.5.1 在PL/Tcl中定义函数 .....      | 296 | 25.9 DROP USER .....         | 339 |
| 23.5.2 在PL/Tcl中的全局数据 .....     | 296 | 25.10 CREATE AGGREGATE ..... | 340 |
| 23.5.3 用PL/Tcl创建触发器程序 .....    | 297 | 25.11 DROP AGGREGATE .....   | 341 |
| 23.5.4 从PL/Tcl中访问数据库 .....     | 298 | 25.12 CREATE FUNCTION .....  | 342 |
| 23.5.5 模块和未知命令 .....           | 299 | 25.13 DROP FUNCTION .....    | 344 |
| 第24章 实用程序 .....                | 300 | 25.14 CREATE INDEX .....     | 344 |
| 24.1 普通应用程序 .....              | 300 | 25.15 DROP INDEX .....       | 346 |
| 24.1.1 createdb .....          | 300 | 25.16 CREATE LANGUAGE .....  | 346 |
| 24.1.2 createlang .....        | 301 | 25.17 DROP LANGUAGE .....    | 349 |
| 24.1.3 createuser .....        | 302 | 25.18 CREATE OPERATOR .....  | 350 |
| 24.1.4 dropdb .....            | 303 | 25.19 DROP OPERATOR .....    | 351 |
| 24.1.5 droplang .....          | 304 | 25.20 CREATE RULE .....      | 352 |
| 24.1.6 dropuser .....          | 305 | 25.21 DROP RULE .....        | 354 |
| 24.1.7 pgaccess .....          | 306 | 25.22 CREATE SEQUENCE .....  | 355 |
| 24.1.8 pgadmin .....           | 308 | 25.23 DROP SEQUENCE .....    | 356 |
| 24.1.9 pg_dump .....           | 308 | 25.24 CREATE TRIGGER .....   | 357 |
| 24.1.10 pg_dumpall .....       | 310 | 25.25 DROP TRIGGER .....     | 358 |
| 24.1.11 pgtclsh .....          | 311 | 25.26 CREATE TYPE .....      | 358 |
| 24.1.12 pgtksh .....           | 311 | 25.27 DROP TYPE .....        | 360 |
| 24.1.13 vacuumdb .....         | 312 | 25.28 CREATE VIEW .....      | 361 |

|                         |     |                      |     |
|-------------------------|-----|----------------------|-----|
| 25.29 DROP VIEW .....   | 362 | 25.44 MOVE .....     | 380 |
| 25.30 SELECT .....      | 362 | 25.45 CLOSE .....    | 380 |
| 25.31 SELECT INTO ..... | 367 | 25.46 LISTEN .....   | 381 |
| 25.32 UPDATE .....      | 368 | 25.47 NOTIFY .....   | 382 |
| 25.33 DELETE .....      | 369 | 25.48 UNLISTEN ..... | 383 |
| 25.34 INSERT .....      | 370 | 25.49 LOAD .....     | 384 |
| 25.35 GRANT .....       | 371 | 25.50 LOCK .....     | 385 |
| 25.36 REVOKE .....      | 372 | 25.51 COPY .....     | 388 |
| 25.37 BEGIN .....       | 373 | 25.52 SET .....      | 390 |
| 25.38 COMMIT .....      | 374 | 25.53 RESET .....    | 394 |
| 25.39 ROLLBACK .....    | 375 | 25.54 SHOW .....     | 395 |
| 25.40 ABORT .....       | 375 | 25.55 EXPLAIN .....  | 396 |
| 25.41 END .....         | 376 | 25.56 TRUNCATE ..... | 396 |
| 25.42 DECLARE .....     | 376 | 25.57 CLUSTER .....  | 397 |
| 25.43 FETCH .....       | 378 | 25.58 VACUUM .....   | 398 |

# 第1章 PostgreSQL简介

## 1.1 什么是PostgreSQL

PostgreSQL是一种“对象/关系”型数据库管理系统，是从加州大学伯克利分校的Postgres软件包派生而来。经过十多年的发展，PostgreSQL现在已是最先进的开放源码数据库系统，并提供多种版本的并发控制，支持几乎所有的SQL结构(包括子选择、事务、用户定义类型和函数)，还可以使用许多语言绑定(包含C、C++、Java、perl、tcl和python)。PostgreSQL是Postgres的伯克利代码的开放源码后续版本。

PostgreSQL的发展主要经历了伯克利Postgres项目、Postgres95以及PostgreSQL几个阶段。

因为来自学术机构，所以它包含了许多开创性的概念和特性，还具有一些面向对象的特性。这些特性现在已经被一些商用数据库实现。例如，Informix数据库系统Universal Server就是以PostgreSQL的早期版本为基础的。Informix收购了Illustra公司，而Illustra公司的产品完全是根据Postgres编写的。PostgreSQL能支持SQL92/SQL3语言，具有事务完整性和类型扩展性。

另外一种著名的开放源代码数据库软件是MySQL。MySQL也得到了广泛的应用。

传统的关系型数据库管理系统(DBMS)支持一种由命名关系集合组成的数据模型，其中包含了特定的数据类型。在当前的商业系统中，数据类型包含浮点数、整数、字符串、货币和日期等。现在已经公认这种模型不足以应付未来的数据处理应用程序的需要。关系模型成功地部分替换了原先的模型，并具有“简单性”，然而，这种简单性经常让某些应用程序的实现非常困难。Postgres将下面四种基本概念结合起来，提供了真正的可扩展性，用户能够很轻松地扩展系统：

- 类。
- 继承。
- 类型。
- 函数。

同时，PostgreSQL以下的特性提供了附加的能力和灵活性：

- 元素。
- 触发器。
- 规则。
- 事务完整性。

这些特性使Postgres归到面向对象的数据库系统类别中。注意，Postgres和那些面向对象的，通常不适用于支持传统关系型数据库语言的数据库是有区别的，虽然它具有一些面向对象的特性，但它还是一个关系型数据库系统。事实上，一些商业数据库最近已经采用了一些由Postgres首创的特性。

### 1.1.1 伯克利Postgres项目

Postgres DBMS项目开始于1986年。它是加州大学伯克利分校的一个科研项目。从1986年起, Postgres已经发布了几个主要的版本。第一个“演示”系统在1987年发布, 并在1988年的ACM-SIGMOD会议上进行了展示。1989年6月, 1.0版本正式发布。一些使用者对规则系统提出了一些批评意见, 然后根据这些意见又重新设计了规则系统(数据库系统中的规则、程序、缓存和视图等)。1990年发布了版本2, 其中包含新的规则系统。1991年发布了版本3, 增加了对多存储管理器的支持, 一个改进了的查询执行程序以及重写过的规则系统特性。Postgres95前的发布版本, 主要着眼于可移植性和可靠性。

到这时为止, Postgres主要用于一些科研部门和学校。Postgres已经用于许多不同的研究和生产应用程序。例如, 财务数据分析系统, 喷气式发动机引擎性能检测软件包, 小行星跟踪软件包, 医药信息数据库, 以及几个地理信息系统等。Postgres也在几个学校用作教学工具。最后, IIT公司(Illustra Information Technologies, 已经被Informix收购)使用了其中的代码, 并将其商业化。在1992年后期, Postgres已经成为Sequoia 2000科学计算项目的主要数据管理工具。

外部用户数量在1993年差不多翻了一番。很明显, 源代码维护和技术支持占用了大量的应该用于数据库研究的时间。为了减少技术支持的负担, 这个项目在版本4.2之后正式结束。

### 1.1.2 Postgres95

在1994年, Andrew Yu和Jolly Chen为Postgres增加了一个SQL解释器。继而, Postgres95 在Web上作为开放源码软件发表。

Postgres95代码是完全用ANSI C写成的, 文件大小减少了25%, 许多改进提高了其性能和可维护性。用Wisconsin Benchmark 测试, Postgres95 v1.0.x比Postgres v4.2快了30~50%。除了修正错误外, 增强了以下内容:

- 用SQL(在服务器上实现)替换了Postquel查询语言。在PostgreSQL发布之前都没有支持子查询, 但是在Postgres95中它可以用用户定义的SQL函数模拟实现, 重新实现了聚集, 增加了对GROUP BY查询子句的支持, 为C语言编程提供了libpq接口。
- 除了监视程序, 还提供了一个使用GNU readline程序的新程序(psql)用于交互式的SQL查询。
- 一个前端库(libpgtcl)支持基于Tcl的客户。一个示例Shell程序(pgtclsh)提供了对Postgres95后端的tcl程序接口的新Tcl命令。
- 大对象接口部分已经经过彻底检查。变换大对象现在是存储大对象的唯一机制。变换文件系统已经被删除。
- 删除了实例级的规则系统。规则已经重新写过。
- 源代码中还提供了一个介绍常规SQL特性和Postgres95特性的短教程。
- 使用GNU make(而不是BSD make)编译。还可以用一个未加补丁的gcc编译。

### 1.1.3 PostgreSQL

到了1996年, 由于“Postgres95”这个名字不能经受时间的考验, 开发者选择了一个新的名

称——PostgreSQL，以反映原先的Postgres版本并带SQL能力。同时，放弃Postgres95的版本号命名规则，重新采用原来Postgres项目开始后的版本序号。这时的PostgreSQL版本号为6.0。

开发Postgres95期间的重点是检查在后端代码中已存在的问题。PostgreSQL的开发虽然在所有的方面都在开展工作，但重点已经转移到了增加特性和容量上。

在PostgreSQL中增强的主要特性包括：

- 多版本并发控制代替了表级加锁，该功能可在向数据库写数据的同时可以从数据库中读出一致的数据，在使用pq\_dump进行热备份时数据库还可以用于查询。
- 实现了一些重要的后端特性，包括子选择、缺省、约束和触发器等。
- 增加了一些附加的遵从SQL92语言标准的特性，包括主键、引用标识符、文字字符串类型强制转换、类型转换以及二进制和十六进制整数输入等。
- 改进了内建的类型，包括很宽范围的日期/时间类型和附加的集合类型支持。
- 自从6.0版本发布以来，整个后端代码的执行速度差不多增加了20~40%，后端的启动时间减少了80%。

从伯克利Postgres版本、Postgres95到PostgreSQL，该软件从学术机构用于验证学术思想的试验品变成了功能出色的、可以与商业数据库媲美的软件。可以相信，今后PostgreSQL将会不断改进并保持活力。

本书中的Postgres指代PostgreSQL的发布版本。同时，我们对Postgres和PostgreSQL不加区别，它们都是指具有SQL特性的PostgreSQL。

## 1.2 Postgres目前支持的平台和不支持的平台

Postgres可以在许多平台上运行，这也是Postgres的优越性之一。有一大批数据库专家和爱好者尝试将Postgres移植到各种平台上。Postgres的许可协议声称，不能为软件提供任何性能上的保证，不过，只要在Postgres的官方站点上列出的支持平台上，则Postgres可以保证稳定运行。

我们所谓“支持”是指已经有人在这个平台上编译通过，进行了回归测试。支持平台列表可能会不断变化。如果想在计算机上安装Postgres，建议到<http://www.postgresql.org>上看一下是是否能够支持该平台。如果不能支持，也可以尝试移植Postgres到这个不支持的平台上。

表1-1是Postgres目前支持的平台列表。

表1-1 支持的平台

| 操作系统             | 处 理 器   | 版 本    | 报 告 时 间                                             |
|------------------|---------|--------|-----------------------------------------------------|
| AIX 4.3.2        | RS6000  | v6.5   | 1999-05-26 (Andreas Zeugswetter)                    |
| BSDI             | x86     | v6.5   | 1999-05-25 (Bruce Momjian)                          |
| FreeBSD2.2.x-4.0 | x86     | v6.5   | 1999-05-25 (Tatsuo Ishii, Marc Fournier)            |
| DGUX5.4R4.11     | m88k    | v6.3   | 1998-03-01 v6.4可能也可以。需要新的维护者。(Brian E Gallew)       |
| Digital Unix 4.0 | Alpha   | v6.5.3 | 1999-11-04 (Pedro J. Lobo)                          |
| HPUX             | PA-RISC | v6.4   | 1998-10-25 HPUX 9.0x和10.20均可 (Tom Lane, Stan Brown) |
| IRIX 6.5         | MIPS    | v6.4   | 1998-12-29 与IRIX 5.x不同 (Mark Dalphin)               |

(续)

| 操作系统               | 处 理 器   | 版 本    | 报 告 时 间                                                   |
|--------------------|---------|--------|-----------------------------------------------------------|
| Linux 2.0.x        | Alpha   | v6.5.3 | 1999-11-05 (Ryan Kirkpatrick)                             |
| Linux 2.2.x        | arm41   | v6.5.3 | 1999-11-05 (Mark Knox)                                    |
| Linux 2.2.x/glibc2 | x86     | v6.5.3 | 1999-11-05 (Lamar Owens)                                  |
| Linux 2.0.x        | MIPS    | v6.4   | 1998-12-16 Cobalt Qube (Tatsuo Ishii)                     |
| Linux 2.0.x        | Sparc   | v6.4   | 1998-10-25 (Tom Szybist)                                  |
| LinuxPPC2.1.24     | PPC603e | v6.4   | 1998-10-26 Powerbook 2400c (Tatsuo Ishii)                 |
| mkLinux DR3        | PPC750  | v6.4   | 1998-09-16 PowerMac 7600 (Tatsuo Ishii)                   |
| NetBSD             | arm32   | v6.5   | 1999-04-14 (Andrew McMurry)                               |
| NetBSD 1.3.2       | x86     | v6.4   | 1998-10-25 (Brook Milligan)                               |
| NetBSD             | m68k    | v6.4.2 | 1998-12-28 Mac SE/30 (Mr. Mutsuki Nakajima, Tatsuo Ishii) |
| NetBSD-current     | NS32532 | v6.4   | 1998-10-27在日期/时间、数学方面还有小问题 (Jon Buller)                   |
| NetBSD/sparc 1.3H  | Sparc   | v6.4   | 1998-10-27 (Tom I Helbekkmo)                              |
| NetBSD 1.3         | VAX     | v6.3   | 1998-03-01 (Tom I Helbekkmo)                              |
| SCO OpenServer 5   | x86     | v6.5   | 1999-05-25 (Andrew Merrill)                               |
| SCO UnixWare 7     | x86     | v6.5   | 1999-05-25 (Andrew Merrill)                               |
| Solaris            | x86     | v6.4   | 1998-10-28 (Marc Fournier)                                |
| Solaris 2.6-2.7    | Sparc   | v6.4   | 1998-10-28 (Tom Szybist, Frank Ridderbusch)               |
| SunOS 4.1.4        | Sparc   | v6.3   | 1998-03-01 已经有了补丁 (Tatsuo Ishii)                          |
| SVR4               | MIPS    | v6.4   | 1998-10-28不支持64位编译器 (Frank Ridderbusch)                   |
| Windows            | x86     | v6.4   | 1999-01-06客户端或ODBC/JDBC。还没有 (Magnus Hagander)             |
| Windows NT         | x86     | v6.5   | 1999-05-26使用Cygwin/库 (Daniel Horak)                       |

上面列出支持v6.3.x和v6.4.x的平台也应该支持v6.5，但是目前还没有收到确认的报告。

对Windows NT，Postgres服务器端移植已经完成，需要使用Cygnus库编译。

对有些平台，有人尝试过编译和安装，现在已知标准的Postgres发布版本不能在这些平台上工作。表1-2列出的平台没有足够的支持函数库。

表1-2 可能不兼容平台

| 操作系统     | 处 理 器 | 版 本    | 报 告 时 间                                                      |
|----------|-------|--------|--------------------------------------------------------------|
| MacOS    | 全部    | v6.x   | 1998-03-01 没有兼容库；使用ODBC/JDBC                                 |
| NextStep | x86   | v6.x   | 1998-03-01 只支持客户端；v1.0.9加补丁后可以运行 (David Wetzel)              |
| SVR4 4.4 | m88k  | v6.2.1 | 1998-03-01 加补丁后可以运行；v6.4.x需要TAS spinlock代码 (Doug Winterburn) |

### 1.3 PostgreSQL的许可协议

PostgreSQL是开放源代码软件，每个人都可以得到其完整源代码。PostgreSQL是以伯克利

许可协议发布的。这种许可协议与GPL协议不同，它不要求修改PostgreSQL并重新发布时公开源代码。但是如果在软件产品中使用了其中的代码，则必须注明其出处。

PostgreSQL是免费的，每个人都可以从<http://www.postgresql.org>网站下载其最新版本。PostgreSQL的开发人员不提供任何品质保证和技术支持，但是这并不说明它是不可靠的。全世界有非常多的专家和爱好者在为PostgreSQL贡献源代码，不断有新的特性被添加到PostgreSQL中。就像Linux一样，PostgreSQL也有严格的质量控制标准，只有经过严格测试的代码才会被合并到发布版本中。目前的最高版本是PostgreSQL 7.02。

因为PostgreSQL性能出色，同时，又是开放源代码软件，所以PostgreSQL现在已经得到了广泛的应用。许多Internet网站将PostgreSQL用作数据库引擎。有一些商业系统也开始使用PostgreSQL数据库。

虽然PostgreSQL开发人员不提供技术支持，如果应用中出现问题，可以通过许多途径寻求帮助。可以在PostgreSQL的正式网站<http://www.postgres.org>得到帮助，在Internet上还有多个关于PostgreSQL的新闻组和邮件列表。另外，随着PostgreSQL应用日趋广泛，现在也有公司开始提供商业技术支持。

## 1.4 关于本书

本书的主要目的是介绍PostgreSQL的管理、实现及编程接口等技术，主要内容如下：

- 安装和配置：介绍PostgreSQL的安装和配置方法。主要针对Linux版本。
- 快速入门：针对初学者的内容，简要介绍如何管理PostgreSQL数据库。
- 数据库实现：主要介绍数据类型、SQL语法、创建数据库、查询数据、修改和删除、索引和键、psql、规则系统、视图、触发器、大对象接口（Large Object Interface）等内容。
- 数据库管理：主要介绍多版本并发控制、安全等内容。
- 编程接口技术：主要介绍PostgreSQL扩展（类型、函数、操作符和聚集函数）、服务器编程接口（SPI）、libpq、libpq++、ecpg、ODBC接口、编程语言等。
- 参考指南：主要介绍实用程序（应用程序和系统应用程序）、SQL命令参考等内容。

目前，PostgreSQL的最常见用途是用作Web站点的数据库引擎，它一般与PHP和Apache结合使用在网站上动态发布数据库信息。它还可以与Perl语言结合使用。关于PHP与PostgreSQL编程技术请参考《PHP4程序设计》一书。

## 1.5 说明

本书的主要内容都是针对Linux平台的。其他系统（如Solaris，HPUX）相关内容与此差别不大。我们对本书中出现的内容做如下约定：

- 符号：文件名前的“...”或/usr/local/pgsql/用于代表Postgres超级用户的主目录的路径。
- SQL命令：在命令摘要中，方括号（“[”和“]”）指明它是一个可选的短语或者关键词。任何包含在花括号（“{”和“}”）中的，包含垂直的竖条（“|”）指明必须要在其中选择一个。
- 在示例中，圆括号用于将布尔表达式分组，“|”是布尔运算符“OR”。

- 例子中显示了在各种账号以及在不同实用程序中各种命令的执行情况。在“root”账号下执行的命令前面有一个“>”。在Postgres超级用户下执行的命令前面有一个“%”，在无特权的账号下执行的命令前面是一个“\$”。SQL命令前会有一个“=>”，或者没有前导符号，这取决于具体场合。

**注意** 在不同的文档中，所使用的符号可能会有所不同。如果发现这样的情况，请向文档邮件列表报告。

## 第2章 安装和配置

使用PostgreSQL的第一步是在系统上安装最新版本的PostgreSQL软件包。PostgreSQL是开发源代码软件。每个人都可以免费取得它的源代码。一般Linux发布版本中都会带一个数据库软件包的源代码，有些是MySQL，有些是PostgreSQL。我所使用的TurboLinux中文版带的是PostgreSQL。即使Linux光盘中有PostgreSQL的源代码，我们也强烈建议用户到互联网上下载一个最新版本，因为最新版本中包含了更多、更好的特性，修复了已经发现的bug。

PostgreSQL的安装和配置过程一般由这几个部分组成：下载源代码、解压缩、编译、安装、配置选项、回归测试。我们先给出一个“快速安装”指导，然后再详细介绍完全安装方法。

### 2.1 下载与解压缩

PostgreSQL一般以源代码的形式提供。文件名形式一般是postgresql-a.b.c.tar.gz，这是一个压缩文件，其中abc是版本号。例如对6.5.3版本，文件名为postgresql-6.5.3.tar.gz。目前PostgreSQL的最新版本是7.0.2，这样文件名应该是postgresql-7.0.2.tar.gz。

可以从<ftp://ftp.postgresql.org/pub/postgresql-7.0.2.tar.gz>处获得PostgreSQL源代码。下载后请将其保存在主目录下。站点<ftp://ftp.postgresql.org>是PostgreSQL软件的正式站点，上面有PostgreSQL各个版本的压缩文件，同时还有一些参考文档。建议也下载相关的在线文档材料。另外其他网站上也可能找到PostgreSQL的源代码。

下载后，用下面的命令解压缩：

```
% gunzip postgresql.7.0.2.tar.gz
```

现在文件变成一个以.tar结尾的归档文件。执行下面的命令展开为目录结构：

```
% tar -xvf postgresql.7.0.2.tar
```

现在压缩文件被展开为完整的目录结构，可以编译安装了。

### 2.2 快速安装

下面的快速安装指南是针对Linux系统的。如果是其他系统，请参考相关的安装指南。我们假设源代码已经解压缩、展开。

**第一步** 为PostgreSQL创建超级用户（一般设为postgres）：

```
% adduser postgres
```

根据提示输入口令；

**第二步** 为PostgreSQL创建目录，并将其所有者设置为postgres：

```
$ su
$ cd /usr/src
$ mkdir pgsq1
$ chown postgres:postgres pgsq1
```