

加速PostgreSQL系统，避免影响性能的常见陷阱

PostgreSQL 9.0 性能调校

PostgreSQL 9.0 High Performance

[美] Gregory Smith 著
吴骅 周娟 王学昌 译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



PostgreSQL 9.0 性能调校

[美] Gregory Smith 著
吴骅 周娟 王学昌 译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

PostgreSQL 9.0性能调校 / (美) 史密斯
(Smith, G.) 著 ; 吴骅, 周娟, 王学昌译. — 北京 : 人
民邮电出版社, 2013.4
ISBN 978-7-115-30770-5

I. ①P… II. ①史… ②吴… ③周… ④王… III. ①
关系数据库系统 IV. ①TP311.132.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第004399号

版权声明

Copyright ©2010 Packt Publishing. First published in the English language under the title
PostgreSQL 9.0 High Performance.

All Rights Reserved.

本书由美国 Packt Publishing 公司授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可, 对本书的任何
部分不得以任何方式或任何手段复制和传播。

版权所有, 侵权必究。



PostgreSQL 9.0 性能调校

- ◆ 著 [美] Gregory Smith
- 译 吴 骅 周 娟 王学昌
- 责任编辑 陈冀康
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 25.25
字数: 503 千字 2013 年 4 月第 1 版
印数: 1~2 500 册 2013 年 4 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2012-4603 号

ISBN 978-7-115-30770-5

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

内容提要

PostgreSQL 是一款功能强大而复杂的自由软件数据库系统，已经逐渐发展为一个为应用数据提供存储服务的日益成熟的数据库平台，并且获得越来越多的关注。

本书是针对 PostgreSQL 9.0 的性能调校指南，能够帮助读者加速 PostgreSQL 系统，并且避免一些可能导致系统缓慢的常见缺陷。全书共分为 16 章，分别介绍了 PostgreSQL 的各个版本、数据库硬件环境和基准评测、磁盘设置、数据库高速缓存、服务器配置、日常维护、数据库索引、查询优化、数据库活动和统计信息、监控与趋势预测、池化与高速缓存、扩展复制、数据分区等性能调校的方方面面，最后总结概括了应该避免的一些常见问题。

本书是涵盖了 PostgreSQL 9.0 性能调校和提升的各个话题，内容详尽，示例丰富，实用性强。本书适合 PostgreSQL 的高级数据库管理员、需要安装和使用 PostgreSQL 的技术人员以及对高级数据库内部构建和运作感兴趣的开发人员阅读。

前言

从传统的企业数据库到最新的 Web 应用程序, PostgreSQL 逐渐成为一个为应用数据提供存储服务的日益成熟的数据库平台。但要充分发挥 PostgreSQL 的性能却没那么容易。用户需要从一些经验法则入手, 使用全方位的监控和维护来保障系统的正常运行, 为故障排除提供相应的建议, 为附加工具提供信息以便向那些无法尝试自行处理的核心数据库添加功能。

本书主要内容

第 1 章 “PostgreSQL 版本”, 介绍了 PostgreSQL 最近几个版本的性能提升情况, 并通过新版本与稍早的版本之间的漏洞和执行速度的对比说明新版本的实用性。

第 2 章 “数据库硬件”, 讨论了服务器硬件环境当中的一些主要部件, 包括处理器、内存和硬盘等, 需要仔细选择可靠的数据库存储并平衡预算。尤其是当不小心使用了易失性回写缓存的磁盘控制器和驱动的时候, 这将容易导致数据库的损坏。

第 3 章 “数据库硬件基准评测”, 主要讨论不同数据库硬件性能方面的量化标准, 即在系统当中, 内存和裸设备的速度究竟有多快? 性能是否随着驱动器数量的增多成比例变化?

第 4 章 “磁盘设置”, 主要研究现行主流的文件系统选择方案, 并对权衡硬盘中数据库布局的多种方式提出建议。此外, 还讨论了一些常见的、有效的文件系统的调整问题。

第 5 章 “数据库高速缓存内存”, 研究数据库是如何存储在磁盘、内存当中, 以及检查点进程如何保证双方的一致性。另外, 还讨论了如何去具体查看数据库缓存的数据, 以确

认内存中所存储的数据与事先所期望的内容是否一致。

第 6 章“服务器配置调整”，介绍了 `postgresql.conf` 配置文件当中的一些重要设置选项，这些选项的含义以及如何去设置这些选项等内容。同时，还指出了一些会引起故障的设置。

第 7 章“日常维护”。本章首先解释 PostgreSQL 如何确定什么样的客户端能够显示什么样的数据信息。可见性信息存储的方法需要一个名为 `VACUUM` 的清理进程来妥善处理的重新利用剩余的空間的问题。此外，一些常见问题及针对的一般常见调整措施，以及始终运行 `auto vacuum` 的方法在本章中也有介绍。最后，本章介绍了数据库日志中数据量的调整方法，以及对结果进行查询日志分析来找出造成查询瓶颈的症结所在。

第 8 章“数据库基准评测”，研究如何从 PostgreSQL 所包含的 `pgbench` 测试程序中获得有用的基准测试结果。

第 9 章“数据库索引”，介绍在响应一个查询时，索引是如何能够减少读取数据块数量。这种方法可以用于彻底研究一些常见问题，诸如一个查询为什么会使用顺序扫描而不是使用一个功能强大的索引。

第 10 章“查询优化”，本章作为 PostgreSQL 优化器的指南，展示了根据用户需求以及数据库参数设置的不同，样例查询所采取的不同的执行方式。

第 11 章“数据库活动和统计信息”，介绍数据库内的统计信息，以及这些信息中，哪些有助于查找问题。此外，还讨论了查看索引活动和锁定行为的方法。

第 12 章“监控与趋势预测”，本章一开始就介绍如何使用基本的操作系统监控工具来确定数据库正在进行什么操作。接下来，给出可按照时间对信息进行图形化表示的趋势预测软件的相关建议。

第 13 章“池化与高速缓存”，说明了在同一时间内对数据库进行大规模连接的时候所遇到的问题与困难。提出两种类型的软件包的解决方案来解决这些问题：对请求进行更好的排序连接池以及可以回应用户请求而无需连接数据库的缓存。

第 14 章“扩展复制”，介绍解决跨越多个节点进行数据复制引起系统高负载的方法，典型的方法是一组只读的节点与单一的可写主节点进行同步。

第 15 章“数据分区”，探讨数据如何分区成有效的子集，这样查询就可以只对数据库的一小部分进行检索。讨论的方法包括标准单一节点数据库表分区以及使用与它相关的工具集 `PL/Proxy` 在多个节点之间建立分片数据库。

第 16 章“应该避免的一些常见问题”，主要讨论那些通常看起来会困扰那些数据库新手的 PostgreSQL 问题，例如，批量装载、对记录计数、外键处理等。本章最后回顾了从 PostgreSQL 8.1 版到 9.0 版的那些与性能相关的功能变化。有时候，避免一些常见的问题的最好方法是升级到新的版本，因为它可能再也不会出现那些问题。

阅读本书所需基础

要很好地利用本书，读者必须至少能够访问到一台允许在服务器执行查询的 PostgreSQL 客户端。如果是服务器管理员则更为理想。在 <http://www.postgresql.org/download/> 上提供了当前主流操作系统下的 PostgreSQL 完整客户端和服务端程序包的下载。

本书的所有例子都是在命令行下执行，通常运行于 psql 程序当中，这样可以使它们用于大多数的平台。它可以简单地执行很多操作，而不需要使用像 pgAdminIII 这样的面向 PostgreSQL 的 GUI 工具。

一些脚本是用 bash 脚本语言编写的。如果你使用的是 Windows 环境，可以在 <http://www.cygwin.com/cygwin> 获取套件，该套件提供在 Windows 环境下的类似 bash 的 UNIX 工具。

本书适合的读者

本书旨在帮助那些使用或计划使用 PostgreSQL 的中高级数据库管理员。其中部分内容对那些寻求构建或监控 PostgreSQL 安装的系统管理员以及对影响程序的高级数据库内部构造感兴趣的开发者也很有用。

体例

在本书中，将会发现一些用来区分不同的信息所使用不同样式的字体。以下是这些样式的例子，并附有说明。

在文本中的代码单词表示如下：“如果正在对数据进行排序，那么 `work_mem` 参数将会决定何时允许这些排序在内存当中执行”。

下面的代码块的样式设置如下。

```
shared_buffers = 2GB
checkpoint_segments = 32
checkpoint_completion_target = 0.9
wal_buffers = 16MB
max_connections = 300
```

当需要引起对特殊代码段的注意时，我们将相关的行或条目设置为粗体显示，如下所示。

```
time sh -c "dd if=/dev/zero of=bigfile bs=8k count=blocks && sync"
time dd if=bigfile of=/dev/null bs=8k
```

命令行内的输入或者输出加粗显示，如下所示。

```
$ psql -e -f indextest.sql > indextest.out
```

读者反馈

我们一直欢迎读者的回馈。它可以让我们了解到用户对于这本书的看法，如喜欢什么而不喜欢什么。用户反馈有助于我们改进本书的内容，而这将会获得更大的收获。

可以通过发送 E-mail 至 feedback@packtpub.com 提交反馈信息，请务必在邮件主题当中提及本书的书名信息。

如果你有需要或者想出版的图书，请在网站 www.packtpub.com 中的推荐信息表单 (SUGGEST A TITLE) 当中填写信息，或发送 E-mail 给我们。

如果你在某一领域内有专长，并且有兴趣将其写成书或参与书的编写，请查阅网站 www.packtpub.com/authors 的作者指南信息。

用户支持

现在，你已经是 Packt 图书的用户，我们有许多的方式可以满足你的需求。



下载本书例子的代码

用户可以在 Packt 网站 <http://www.PacktPub.com> 下载以用户本人账号所购买的书籍中实例的代码。如果是在别处购买了本书，可以访问 <http://www.PacktPub.com/support> 并填写相关信息，将有电子邮件指引用户进行注册。

勘误表

尽管我们非常仔细地确保内容的准确性，但错误是在所难免的。如果你发现我们书本中的错误（文本错误或者代码错误）并将错误反馈给我们，我们将非常感激。这样，你可以防止其他人也阅读到这个错误，并帮助我们在本书的后续版本中改进。如果你发现了任何的勘误内容，请访问 <http://www.packtpub.com/support>，选择书本，点击链接 [errata submission form](#)，输入具体的勘误内容。一旦你的勘误内容得到确认，你提交的内容将会上传至我们的网页或者增加到现有的勘误表中（列在勘误表一节的末尾）。在 <http://www.packtpub.com/support> 中可以通过选择主题查看现有的勘误表信息。

版权声明

在 Internet 上各种媒体的版权材料盗版已经是层出不穷。而在 Packt 公司我们会严肃地对待版权和授权的保护，如果你在 Internet 上获取到我们著作的任何形式的非法拷贝，请立即向我们提供地址或网站名称，这样我们才能采取一些补救措施。

请通过 copyright@packtpub.com 与我们联系有关涉嫌盗版材料的链接。

我们真心感谢你对保护作者所提供的帮助，我们将有能力为你提供更有价值的内容。

问题

你可以通过 questions@packtpub.com 与我们联系，如果你有任何关于本书的疑问，我们将竭尽全力处理你的问题。

作者简介

Gregory Smith 是国际数据库专业服务公司 2ndQuadrant 的首席顾问，并且是公司在美国的第一个办事处的创始人。

编著 PostgreSQL 是他进军数据库性能调整教学领域的第二个扩展。在 1995 年，Greg（格里格）写了一本较小的免费电子书《Progress Performance FAQ》，主要内容是如何使 Progress 4GL 和相关数据库能够运行更快。2001 年，他专注于 PostgreSQL 7.0，一直关注复杂性问题，该数据库的发行版都能够解决这些问题。

从 PostgreSQL 8.3 开始，他对每个 PostgreSQL 版本都做出了贡献，添加附加的功能。他还为数据库编写了一些额外的工具集，目前包括有 pgtune、pgbench-tools、peg 和 2warm 等。

“我能够很好地专注于本书内容，完全是因为 Simon Riggs 和 2ndQuadrant 全球其他员工的支持。在过去一年中，发现并解决一些令人关注的问题，以及提供解决这些问题的资源，是 2ndQuadrant 员工为客户提供 PostgreSQL 性能改进服务的理念。

按照写作计划，在交付时要包含对一个新的主要数据库版本的支持，这是一件相当繁重的事情。没有家人（Judy、Jerry 和 Amanda）的支持，我不可能有为了这本书连续这么多个星期每星期都工作 7 天的时间。

最后，感谢 PostgreSQL 项目的众多参与者为这本书提供了很多的资料。在过去几年中，没有 pgsql-performance 和 pgsql-hacker 等邮件列表的共享精神，我也无法收集这样广泛的性能问题。无论是对自己问题的回答，还是仔细考虑回答别人的问题，这些邮件列表上的互动已经成为本书理念的关键。”

译者序

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。它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，它的功能还在不断增强。

有关 PostgreSQL 的最新中文书仍关注于 7.0 的版本。在这 10 余年间，PostgreSQL 版本经过了一个质的跨越，提供了诸多令人振奋的功能。所有涉及到的内容在本书当中都会有涉及。全书共分成 16 章内容。从相关的 PostgreSQL 版本到数据库基准评测，再到一些常见问题分析以及版本之间的更新内容对比等，这些内容都极具有参考价值。

本书针对正在使用或计划使用 PostgreSQL 的中高级数据库管理员。部分内容也会引起系统管理员的关注，包括建立或监控 PostgreSQL 安装等，对于开发人员，关心的则是影响应用程序设计的高级数据库内部组织。

本书的翻译由吴骅组织完成，参与本书翻译的还有王学昌、韩潼瑜、周娟、刘红军、王玲、郑正正、冯伟强、陶日然、李泽榆等人。全书由吴骅负责统一定稿。虽然译者多年从事 DB2 数据库的管理工作，但是本书对于译者来说也是一个全新的挑战，它介绍了大量的技术和特性，因此其中一些术语尚无固定的名称。由于水平有限，译文中的不当之处在所难免，恳请同行及各位读者朋友不吝赐教，联系方式 wuhua@gxun.cn。

译者

2012 年 9 月于相思湖畔

目录

第 1 章 PostgreSQL 版本	1
1.1 PostgreSQL 历史版本的性能	2
1.1.1 选择部署的版本	3
1.1.2 升级到更新的主要版本	3
1.2 使用 PostgreSQL 还是其他数据库	5
1.3 PostgreSQL 工具	6
1.3.1 PostgreSQL contrib	6
1.3.2 pgFoundry	9
1.3.3 其他一些与 PostgreSQL 相关的软件	9
1.4 PostgreSQL 应用程序扩展生命周期	10
1.5 作为实践的性能优化	10
1.6 小结	12
第 2 章 数据库硬件	13
2.1 平衡硬件支出	13
2.1.1 CPU	13
2.1.2 内存	14
2.1.3 磁盘	15
2.1.4 磁盘控制器	20
2.2 可靠的控制器及磁盘安装	24

2.2.1 回写缓存	25
2.2.2 直写式缓存的性能影响	28
2.3 小结	29
第 3 章 数据库硬件基准评测	30
3.1 CPU 和内存基准评测	30
3.1.1 memtest86+	31
3.1.2 STREAM 内存测试	31
3.1.3 CPU 基准评测	33
3.1.4 内存以及处理器速度慢的缘由	34
3.2 物理磁盘的性能	35
3.2.1 每秒随机存取以及 I/O 数量	35
3.2.2 顺序存取和区域恒定角速度 (ZCAV)	36
3.2.3 提交速率	37
3.3 磁盘基准评测工具	38
3.3.1 hdtune	38
3.3.2 dd	42
3.3.3 bonnie++	43
3.3.4 sysbench	46
3.3.5 复杂的磁盘基准评测	48
3.4 样品磁盘的测试结果	49
3.5 小结	53

第4章 磁盘设置55

4.1 文件系统规模的最大值55

4.2 文件系统的崩溃恢复56

4.3 Linux 文件系统58

4.3.1 ext258

4.3.2 ext358

4.3.3 ext460

4.3.4 XFS60

4.3.5 其他的 Linux 文件系统61

4.3.6 写屏障62

4.3.7 常规 Linux 文件系统调整64

4.4 Solaris 和 FreeBSD 文件系统68

4.4.1 Solaris UFS69

4.4.2 FreeBSD UFS270

4.4.3 ZFS71

4.5 Windows 文件系统72

4.5.1 FAT3273

4.5.2 NTFS73

4.6 PostgreSQL 的磁盘布局74

4.6.1 符号链接74

4.6.2 表空间74

4.6.3 数据库目录树75

4.6.4 磁盘阵列、RAID 以及磁盘布局76

4.7 小结79

第5章 数据库高速缓存内存81

5.1 postgresql.conf 文件中的内存单元81

5.2 检查数据库高速缓存86

5.2.1 在数据库中安装 pg_buffercache86

5.2.2 数据库磁盘布局87

5.2.3 在数据库中创建新的块90

5.2.4 将“脏”块写到磁盘90

5.3 故障恢复和缓冲区高速缓存91

5.3.1 检查点处理基础91

5.3.2 预写式日志和恢复处理91

5.3.3 检查点的时机掌握92

5.3.4 数据库块的生命周期94

5.4 数据库缓冲区高速缓存与操作系统高速缓存95

5.4.1 双重缓存数据95

5.4.2 检查点开销96

5.4.3 起始大小指南96

5.5 分析缓冲区高速缓存当中的内容98

5.5.1 缓冲区缓存查询的检查98

5.5.2 使用缓冲区高速缓存检查进行规模的反馈102

5.6 小结103

第6章 服务器配置调整104

6.1 与当前配置进行交互104

6.1.1 默认值和重置值105

6.1.2 允许更改的上下文信息105

6.1.3 重新加载配置文件106

6.2 服务器范围内的设置108

6.2.1 数据库连接108

6.2.2 共享内存109

6.2.3 日志110

6.2.4 清理与统计信息112

6.2.5 检查点114

6.2.6 WAL 设置115

6.2.7 PITR 和 WAL 复制117

6.3 每个客户端的设置117

6.3.1 effective_cache_size117

6.3.2 调整以避免某些情况的出现120

6.4 调整新服务器	121	8.1.1 表的定义	161
6.5 专用服务器指南	121	8.1.2 规模检测	162
6.6 共享服务器指南	122	8.1.3 查询脚本定义	163
6.7 pgtune	123	8.1.4 为 pgbench 测试配置数据库 服务器	165
6.8 小结	123	8.2 手动运行 pgbench 测试	166
第 7 章 日常维护	125	8.3 使用 pgbench-tools 图形化输出 结果	167
7.1 事务可见性以及多版本并发 控制	125	8.4 pgbench 测试结果样例	168
7.1.1 可见性的内部计算	125	8.4.1 SELECT 测试	168
7.1.2 Updates	126	8.4.2 类 TPC-B 测试	169
7.1.3 行锁的冲突	128	8.4.3 延迟分析	170
7.1.4 删除	130	8.5 糟糕的结果以及变化的缘由	173
7.1.5 MVCC 的优点	130	8.6 自定义 pgbench 测试	175
7.1.6 MVCC 的缺点	131	8.7 事务处理性能委员会 (TPC) 基准评测	176
7.1.7 事务 ID 重叠	131	8.8 小结	177
7.2 Vacuum	132	第 9 章 数据库索引	179
7.2.1 Vacuum 实现	133	9.1 索引样例的演练	180
7.2.2 基于开销的 vacuum	135	9.1.1 查询磁盘以及索引块的统计 信息的测量	180
7.2.3 autovacuum	136	9.1.2 样例的运行	181
7.2.4 常见的一些有关 vacuum 以及 autovacuum 的问题	140	9.1.3 装载样例数据	181
7.3 Autoanalyze	144	9.1.4 简单的索引查找	183
7.4 索引膨胀	144	9.1.5 全表扫描	184
7.5 详细数据和索引页面监控	147	9.1.6 索引的创建	185
7.6 监控查询日志	148	9.1.7 使用低效的索引进行数据 查找	186
7.6.1 基本的 PostgreSQL 日志 设置	148	9.1.8 组合索引	187
7.6.2 对棘手的查询进行日志 记录	152	9.1.9 从索引转换为顺序扫描	188
7.6.3 日志文件分析	153	9.1.10 对索引进行聚集	190
7.7 小结	159	9.1.11 使用缓冲区计数来解释 查询计划	191
第 8 章 数据库基准评测	161	9.2 索引的创建与维护	192
8.1 pgbench 默认测试	161		

9.2.1 惟一索引	193	10.5.4 位图堆与索引扫描	216
9.2.2 并发索引的创建	194	10.6 处理节点	217
9.2.3 聚集索引	194	10.6.1 Sort	218
9.2.4 重建索引	195	10.6.2 Limit	219
9.3 索引的类型	195	10.6.3 Aggregate	220
9.3.1 B-树	196	10.6.4 HashAggregate	221
9.3.2 Hash	197	10.6.5 Unique	222
9.3.3 GIN	197	10.6.6 Result	223
9.3.4 GiST	197	10.6.7 Append	224
9.4 高级索引应用	198	10.6.8 Group	225
9.4.1 多列索引	198	10.6.9 子查询扫描 (Subquery Scan) 与子计划 (Subplan)	226
9.4.2 排序索引	198	10.6.10 集操作	227
9.4.3 部分索引	199	10.6.11 物化	229
9.4.4 基于表达式的索引	199	10.6.12 公共表表达式扫描	229
9.4.5 全文检索索引	200	10.7 连接	230
9.5 小结	200	10.7.1 循环嵌套	230
第 10 章 查询优化	202	10.7.2 合并连接 (Merge Join)	233
10.1 数据集样例	202	10.7.3 Hash 连接	234
10.1.1 Pagila	203	10.8 统计信息	239
10.1.2 Dell Store 2	203	10.8.1 查看与估计统计信息	239
10.2 EXPLAIN 基础	205	10.8.2 统计信息指标	243
10.2.1 时间开销	205	10.8.3 估计一些比较难处理的 领域	244
10.2.2 热门以及冷门高速缓存 行为	206	10.9 其他一些查询规划参数	245
10.3 查询计划的节点结构	208	10.9.1 effective_cache_size	245
10.4 Explain 分析工具	211	10.9.2 work_mem	246
10.4.1 Visual explain	211	10.9.3 constraint_exclusion	247
10.4.2 Verbose 输出	212	10.9.4 cursor_tuple_fraction	247
10.4.3 机器可读的解释输出	212	10.10 执行其他的语句类型	247
10.4.4 计划分析工具	213	10.11 改进查询	248
10.5 组合行集	214	10.11.1 对完全缓存的数据集 进行优化	249
10.5.1 元组 ID	214	10.11.2 查询等价测试	249
10.5.2 顺序扫描	215	10.11.3 禁止优化器功能	250
10.5.3 索引扫描	215		

10.11.4 绕开优化器问题.....	254	12.1.1 样例安装.....	292
10.11.5 避免计划使用 OFFSET 进行重组.....	255	12.1.2 vmstat.....	293
10.11.6 外部故障点.....	258	12.1.3 iostat.....	296
10.12 SQL 限制.....	258	12.1.4 top.....	304
10.12.1 在 SQL 当中对数据行进行 编号.....	258	12.1.5 sysstat 及 sar.....	306
10.12.2 使用窗口函数进行编号.....	260	12.2 Windows 监控工具.....	309
10.12.3 使用窗口函数进行累计.....	260	12.2.1 任务管理器.....	309
10.13 小结.....	262	12.2.2 Windows 系统监视器.....	310
第 11 章 数据库活动和统计信息	264	12.3 趋势预测软件.....	312
11.1 统计信息视图.....	264	12.3.1 监控以及趋势预测软件的 类型.....	312
11.2 渐增视图以及实时视图.....	266	12.3.2 Nagios.....	314
11.3 表统计信息.....	267	12.3.3 Cacti.....	315
11.4 索引统计信息.....	270	12.3.4 Munin.....	316
11.5 数据库范围内的总计.....	272	12.3.5 其他的一些趋势预测程 序包.....	316
11.6 连接及活动.....	273	12.4 小结.....	319
11.7 锁.....	274	第 13 章 池化与高速缓存	321
11.7.1 虚拟事务.....	275	13.1 连接池.....	321
11.7.2 解码锁信息.....	276	13.1.1 连接池计数.....	322
11.7.3 事务锁等待.....	279	13.1.2 pgpool-II.....	323
11.7.4 表锁等待.....	280	13.1.3 pgBouncer.....	324
11.7.5 记录锁定信息.....	281	13.2 数据库高速缓存.....	325
11.8 磁盘使用.....	282	13.2.1 memcached.....	325
11.9 缓冲区、后台写入器以及 检查点活动.....	284	13.2.2 pgmemcache.....	326
11.9.1 保存 pg_stat_bgwriter 快照 信息.....	286	13.3 小结.....	327
11.9.2 使用后台写入器统计信息 进行调整.....	289	第 14 章 扩展复制	329
11.10 小结.....	290	14.1 完全热备 (Hot Standby).....	329
第 12 章 监控与趋势预测	292	14.1.1 术语.....	330
12.1 UNIX 监控工具.....	292	14.1.2 设置 WAL 文件传送.....	331
		14.1.3 流复制.....	331
		14.1.4 完全热备的调整.....	332
		14.2 复制队列管理器.....	333

14.2.1 Slony	334	16.1 批量装载	362
14.2.2 Londiste	334	16.1.1 装载方法	362
14.2.3 从扩展复制队列软件当中 读取信息	335	16.1.2 批量装载的调整	364
14.3 特殊的应用程序需求	335	16.1.3 略过 WAL 进行加速	365
14.3.1 Bucardo	335	16.1.4 重新创建索引及添加 约束信息	365
14.3.2 pgpool-II	336	16.1.5 并行恢复	366
14.4 其他一些有趣的与复制有关的 开源项目	336	16.1.6 装载之后的数据整理	366
14.5 小结	338	16.2 常见的一些性能问题	367
第 15 章 数据分区	340	16.2.1 行的计数	367
15.1 表范围分区	340	16.2.2 不明写入	368
15.1.1 确定要进行分区的关键 字段	341	16.2.3 执行缓慢的函数与预处理 语句的执行	369
15.1.2 调整分区大小	342	16.2.4 PL/pgSQL 基准评测	370
15.1.3 创建分区	343	16.2.5 高外键开销	370
15.1.4 重定向 INSERT 语句至 分区	344	16.2.6 触发器内存使用	371
15.1.5 空分区的查询规划	346	16.2.7 沉重的统计信息收集器 开销	372
15.1.6 修改日期的 update 触 发器	347	16.2.8 物化视图	373
15.1.7 实时迁移分区表	348	16.3 分析数据库	373
15.1.8 分区查询	350	16.3.1 gprof	373
15.1.9 创建新的分区	353	16.3.2 OProfile	373
15.1.10 分区的优势	354	16.3.3 Visual Studio	374
15.1.11 分区当中的一些常见 错误	354	16.3.4 DTrace	374
15.2 使用 PL/Proxy 水平分区	355	16.4 不同版本当中的与性能相关的 功能	375
15.2.1 Hash 生成	356	16.4.1 积极地进行 PostgreSQL 版本升级	375
15.2.2 使用 PL/Proxy 扩展	357	16.4.2 8.1	377
15.2.3 使用 GridSQL 扩展	359	16.4.3 8.2	377
15.3 小结	360	16.4.4 8.3	377
第 16 章 应该避免的一些常见问题	362	16.4.5 8.4	379
		16.4.6 9.0	381
		16.5 小结	385