

M a s t e r i n g P o s t g r e S Q L

由浅入深 PostgreSQL

[奥]汉斯·尤尔根·舍尔希 著
彭煜玮 译

从菜鸟到

PostgreSQL数据库高手

实用宝典

- | 高级数据库设计理念
- | 检索与查询优化
- | 事件驱动
- | 并发事务
- | 表分区
- | SQL和服务器调优
- | 服务器维护与监测
- | 复制与恢复
- | 高可用性
- | 常见与不常见的故障排除
- | 高级管理任务
- | 从MySQL和Oracle迁移到PostgreSQL

清华大学出版社



由浅入深 PostgreSQL

[奥] 汉斯·尤尔根·舍尔希 著
彭煜玮 译

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书从一位资深 PostgreSQL 专家在多年咨询、技术支持工作中的切身体会出发,深入介绍了开源数据库管理系统 PostgreSQL 9.6 版本中的主要特性,其内容涵盖了作为一个 PostgreSQL 数据库从业人员经常会接触到的主题:事务和锁定、索引的使用、高级 SQL 处理、日志文件和统计信息、查询优化、存储过程、安全性、备份与恢复、复制、各类扩展、故障排查、系统迁移。作者通过亲身经历和直观的例子,详细介绍了 PostgreSQL 主要特性的工作原理、常用配置以及常见的误区,是一本实用性很强的 PostgreSQL 进阶指南,能帮助有一定 PostgreSQL 知识的读者深入了解 PostgreSQL 中更多更全面的高级特性。

本书适合数据库管理人员和开发人员了解和学习 PostgreSQL。通过阅读本书,读者可以对 PostgreSQL 有一个全面透彻的了解。

Copyright © Packt Publishing 2017. First published in the English language under the title

Mastering PostgreSQL 9.6

Simplified Chinese-language edition © 2018 by Tsinghua University Press. All rights reserved.

本书中文简体字版由 Packt Publishing 授权清华大学出版社独家出版。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2017-6581

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

由浅入深 PostgreSQL/ (奥) 汉斯·尤尔根·舍尔希著, 彭煜玮译. —北京: 清华大学出版社, 2018

书名原文: Mastering PostgreSQL

ISBN 978-7-302-51288-2

I. ①由… II. ①汉… ②彭… III. ①关系数据库系统 IV. ①TP311.138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 220273 号

责任编辑: 贾小红

封面设计: 魏润滋

版式设计: 魏 远

责任校对: 马子杰

责任印制: 董 瑾

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 清华大学印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×230mm 印 张: 22

字 数: 451 千字

版 次: 2018 年 11 月第 1 版

印 次: 2018 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 98.00 元

产品编号: 077167-01

关于作者

Hans-Jürgen Schönig 拥有 18 年的 PostgreSQL 经验，是一家名为 Cybertec Schönig & Schönig GmbH (www.postgresql-support.de) 的 PostgreSQL 咨询和支持公司的 CEO。该公司已经成功地为全球数不尽的客户提供了服务。

在 2000 年创建 Cybertec Schönig & Schönig GmbH 之前，他是一家专注于奥地利劳动市场的私营调查公司的数据库开发人员，当时他的主要工作是数据挖掘和预测模型。他已经写了好几本有关 PostgreSQL 的书。

关于审稿人

Shaun Thomas 从 2000 年末开始从事 PostgreSQL 的工作。从 2011 年开始，他已经成为 PostgresOpen 大会的常客，并且在大会上多次发表了关于如何处理极限吞吐、高可用性、监控、架构和自动化方面的演讲。他贡献了一些 PostgreSQL 扩展以及一种管理大规模数据库集群的工具。有时，他也在本地大学里担任客座讲师。他的目标是帮助社区把 PostgreSQL 打造成一种更大、更好的数据库，让每个人都乐在其中。

www.PacktPub.com

您购买的书籍的支持文件和下载请访问 www.PacktPub.com。

您是否了解 Packt 为每一本出版的书籍都提供了电子书版本（有 PDF 和 ePub 文件可用）？您可以在 www.PacktPub.com 上升级为电子书版本，并且作为一位实体书客户，您可以在电子书备份上享受到折扣。详情请通过 service@packtpub.com 与我们联系。

在 www.PacktPub.com 上，您还可以阅读一些免费技术文章，请注册一系列免费通信，这样可以接收 Packt 实体书和电子书的专享折扣和特供。



<https://www.packtpub.com/mapt>。

用 Mapt 获得最受欢迎的软件技巧。Mapt 让您能获得对所有 Packt 书籍和视频课程的完全访问，还有业内领先的工具帮助您规划个人发展并促进您的事业。

为什么要订阅？

- 完整访问 Packt 出版的每一本书籍。
- 复制粘贴、打印内容以及对内容加书签。
- 通过 Web 浏览器即时访问。

客 户 反 馈

感谢购买这本由 Packt 出版的书。在 Packt，质量是我们编辑处理的中心任务。为了帮助我们提高，请在本书的 Amazon 页面 <https://www.amazon.com/dp/1783555351> 上留下您中肯的评价。

如果您愿意加入我们的正式评阅团队，您可以发邮件到 customerreviews@packtpub.com。我们将向正式评阅人回馈免费的电子书和视频来奖励他们有价值的反馈。请毫无保留地帮助我们提高我们的产品！

译 者 序

PostgreSQL 是一种历史悠久的开源对象关系型数据库管理系统，它不仅支持关系型数据库的各种功能，而且还具备类、继承等对象数据库的特征。这个起源于加州大学伯克利分校（UCB）的数据库研究计划，目前已经衍生成一项国际开发项目，并且拥有越来越广泛的用户群以及越来越多的应用案例。

本书根据一位资深 PostgreSQL 专家多年的从业经验，深入介绍了开源数据库管理系统 PostgreSQL 的主要特性。其内容涵盖了数据库用户日常工作中经常会接触到的话题，包括并发控制、索引、高级 SQL 处理、日志和统计、查询优化、存储过程、安全性、高可用等。对于日益增长的 PostgreSQL 用户群体来说，这是一部难得的好书。

在本书的翻译过程中，除译者之外，彭钰杰、段芳、段亮圩、兰海、韩珂、邵凌霄、吴瑕、李宇珺、何子龙、段辉银、王淞、赖思超、龙德秀、罗倩雯、徐明民、王敏、岳名亮、汪佳、彭文汉、熊春娥等人也参与了本书的翻译工作，在此一并表示感谢。

限于译者的水平，译文中难免有错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

彭煜玮

2017年12月17日于珞珈山

推荐序一

从互联网、移动互联网到互联网+，再到 IoT、万物互联、人工智能，只用数十年，计算机就从科技行业渗透到几乎所有的传统行业，打通线上线下，甚至将来会完全融合。由于企业数据爆炸性增长，数据库在整个变革中承担了非常重要的角色，掀起了数据驱动的狂潮。

PostgreSQL 数据库凭借丰富的功能、强大的扩展接口能力、稳定的数据库内核正风靡全球，在互联网、金融、物联网、传统企业等行业占据越来越重要的地位。从全球数据库权威评测网站 DB-Ranking 的评测结果来看，PostgreSQL 最近几年在所有数据库产品中发展是最为迅猛的，同时新出的 PG 相关书籍已达数百本之多。

本书作者是具有 18 年 PG (PostgreSQL) 数据库经验的国外大牛，本书的内容非常丰富。其中：（1）原理讲解深入浅出，将官方手册中较难理解的内容简单明了地展示给读者，适合 DBA、架构师阅读。（2）在 SQL 部分给读者讲解了 SQL 高级用法、存储过程的开发，掌握这些用法可以在实际工作中大大降低开发工作量，轻松实现较高难度的业务需求，建议开发者、数据分析师阅读。（3）讲解了数据库安全、备份恢复、排错、优化，适合 DBA 阅读。（4）PostgreSQL 扩展接口丰富，本书在数据库扩展包部分给读者展示了常用的扩展包，以及扩展包的开发方法，适合开发者、架构师阅读。（5）本书还包含了迁移部分，帮助读者了解如何从异构数据库（如 Oracle、SQL Server 等）、同构数据库迁移到 PostgreSQL。

译者彭煜玮先生，武汉大学计算机学院副教授，是我多年的良师益友，同时也是 PostgreSQL 中国社区的核心成员。他培养输出的数据库人才不计其数，他们分布在阿里巴巴、华为、腾讯等企业，推动了中国数据库行业的发展。

期待新书早日面世，加快 PostgreSQL 在国内开发人员、DBA、数据分析师、架构师等从业人群中的普及，将其应用到更多的企业，实现技术为业务服务的转化。

周正中
阿里云高级技术专家
2018 年 9 月

推荐序二

数据库技术出现于 20 世纪 60 年代中后期，堪称电子计算机领域最古老的技术之一。自诞生至今，数据库几乎是每一个“严肃”应用不可或缺的一部分。在这几十年的演进过程中，数据库领域发生过很多“有趣”的技术对抗，包括网状模型与关系模型之争、关系数据库与 XML 数据库之争、NoSQL 与 SQL 之争等。直到现在，数据库技术还是最前沿的计算机技术之一，无论工业界还是学术界，数据库相关的研究和开发都非常活跃。近十年，伴随着大数据处理需求的发展，数据库领域出现多种探索和变迁，某些趋势逐渐明朗起来。一个趋势是 SQL 作为大数据处理的“万向头”被广泛接受，这可以从很多 NoSQL 开始支持 SQL 得到印证；另一个趋势是向事务型、分析型混合处理（HTAP）发展。

PostgreSQL 是最成熟的，也是最先进的开源 SQL 数据库之一，其 OLTP 处理能力强大。近几年在 OLAP 方面也有长足发展，包括多核优化、并行处理、分区表等特性。PostgreSQL 扩展能力强大，通过扩展可以处理各种各样的数据，譬如流式数据、时间序列数据、地理信息数据等。还有很多项目以 PostgreSQL 为基础构建分布式数据库。总而言之，PostgreSQL 功能强大、社区活跃、发展前景广阔，是一款很值得投资学习的数据库。

本书全面介绍了 PostgreSQL 数据库日常进阶管理的各个方面，提供了大量的实例以方便读者实践。此外作者还阐述了很多实战中总结的心得和技巧。译者具有多年的 PostgreSQL 教学、实操和内核开发经验，对原书理解透彻，语言流畅准确。感谢作者和译者为 PostgreSQL 社区贡献这样一本出色的书籍。

“至哉天下乐，终日在几案”，祝大家阅读愉快！

姚延栋

Pivotal 中国 Greenplum 研发总监

2018 年 9 月

前 言

PostgreSQL 是一种开源数据库管理工具，它可以被用于处理大型数据集（大数据）并且可以被用作一种 JSON 文档数据库。它也在软件和 Web 领域中有很多应用。本书将让读者能够构建更好的 PostgreSQL 应用并且更有效地管理数据库。

本书所涵盖的内容

第 1 章 PostgreSQL 概述，使读者从总体上了解 PostgreSQL 及其特性。读者将学到 PostgreSQL 中可用的新事物和新功能。

第 2 章 理解事务和锁定，将涵盖任意数据库系统最重要的方面之一。没有事务的存在，数据库通常无法正确地工作。因此理解事务和锁定对于性能以及专业工作来说都是很关键的。

第 3 章 使用索引，涵盖了读者需要了解的与索引有关的方方面面。索引是性能的关键因素，因此它是获得良好用户体验和高吞吐量的重要基石。索引的所有重要方面都会在本章中被涵盖。

第 4 章 处理高级 SQL，将介绍现代 SQL 的一些最重要的概念。读者将学到窗口函数以及其他重要的更现代化的 SQL。

第 5 章 日志文件和系统统计信息，将引导读者通过更多管理任务，例如日志文件管理和监控。读者将学到如何观察其服务器并且从 PostgreSQL 中提取运行时信息。

第 6 章 优化查询获得良好性能，将告诉读者所有有关良好 PostgreSQL 性能的内容。本章将涵盖 SQL 调优以及内存管理的信息。

第 7 章 编写存储过程，教会读者与服务器端代码相关的更高级的主题。本章涵盖最重要的服务器端编程语言及其他重要的方面。

第 8 章 管理 PostgreSQL 安全性，本章的目的是帮助读者提高服务器的安全性。本章会介绍从用户管理到行级安全性的各种特性。有关加密的内容也包括在本章中。

第 9 章 处理备份和恢复，涵盖有关备份和数据恢复的所有内容。读者将学到备份其数据以及在遇到灾难时恢复数据。

第 10 章 理解备份和复制，本章与冗余有关。读者将学到异步以及同步复制 PostgreSQL 数据库系统。本章将尽可能全面地介绍所有的现代特性。

第 11 章 选定有用的扩展，本章描述对 PostgreSQL 增加额外功能的被广泛使用的模

块。读者将学到最常见的扩展。

第 12 章 在 PostgreSQL 中排查错误，本章提供了一种系统的方法以修复 PostgreSQL 中的问题。它将使读者能够定位常见的问题并且以一种有条理的方式解决问题。

第 13 章 迁移到 PostgreSQL，它是本书的最后一章并且向读者展示了从商业数据库到 PostgreSQL 的路径。本章将涵盖当今能被迁移的最重要的数据库。

需要的预备知识

本书的读者很广泛。为了能跟得上本书中给出的例子，至少要有一些 SQL 甚至 PostgreSQL 的经验（不过这并非硬性要求）。一般来说，如果能熟悉 Unix 命令行会更好。

适合人群

本书是为那些想要对 PostgreSQL 了解更多并且不满足于基本知识的人而写。其目标是写一本更加深入的书，并且以一种清晰且易懂的方式解释最重要的内容。

本书约定

在本书中，读者将会找到几种区分不同类别信息的文本样式。这里有这些样式的一些例子及其含义的解释。

任何命令行输入或者输出都被写为下面这样：

```
test=# CREATE TABLE t_test(id serial, name text);  
CREATE TABLE  
test=# INSERT INTO t_test(name) SELECT 'hans'  
FROM generate_series(1, 2000000);
```

新术语和重要的词被加粗。



警告或重要的注记出现在一个这样的框中。



提示和技巧以这种形式出现。

读者反馈

我们非常欢迎来自读者的反馈。请让我们知道您对本书的想法——不管您喜欢还是不喜欢这本书。读者反馈对我们来说非常重要，它能帮助我们开发对读者真正有用的主题。

如果要向我们发送一般的反馈，请写邮件到 feedback@packtpub.com，并且在邮件的主题中提及本书的标题。

如果您在一个主题上拥有专业的知识，并且有兴趣写作或者为著书做出贡献，请参考我们的作者指南：www.packtpub.com/authors。

客户支持

现在您已经自豪地拥有了一本由 Packt 出版的书，我们有很多措施来帮助您最大限度地从本次购买中受益。

勘误表

尽管我们已经非常细心地确保内容的准确性，但错误仍可能出现。如果您在我们的书籍中找到了错误，有可能是文字或者代码的错误，请您将错误报告给我们，我们将不胜感激。这样做可以让其他读者免受错误的干扰并且能帮助我们改进本书的后续版本。如果您找到任何勘误，请通过访问 <http://www.packtpub.com/submit-errata> 并报告：选择相关的书，单击 Errata Submission Form 超链接，然后输入勘误的详情。一旦您的勘误被确认，您的提交将被接受并且那些勘误将被上传至我们的网站或者被加入到该书的勘误表中。

如果要查看之前提交的勘误表，可以访问 <https://www.packtpub.com/books/content/support> 并且在搜索区中输入该书的名字。要检索的信息将出现在 Errata 部分。

盗版

互联网上对受版权保护的材料被盗版行为是所有媒体都面临着的问题。在 Packt，我们非常重视对我们的版权和许可证的保护。如果您在互联网上发现任何形式的对我们作品的非法复制，请立即向我们提供位置地址或者网站名称，这样我们可以对其进行纠正。

请通过 copyright@packtpub.com 联系我们并提供疑似盗版材料的链接。

感谢您在保护我们的作者和为读者提供有价值内容的能力方面提供的帮助。

问题

如果读者对本书的任何方面有疑问，可以通过 questions@packtpub.com 联系我们，我们将尽力为读者解决。

目 录

第 1 章 PostgreSQL 概述	1
1.1 PostgreSQL 9.6 中有什么新技术	1
1.1.1 理解新的数据库管理功能	1
1.1.2 探究新的 SQL 和开发者相关的功能	3
1.1.3 使用新的备份和复制功能	5
1.1.4 理解性能相关的特性	5
1.2 总结	7
第 2 章 理解事务和锁定	8
2.1 使用 PostgreSQL 事务	8
2.1.1 在事务内处理错误	10
2.1.2 使用保存点	11
2.1.3 事务性 DDL	12
2.2 理解基本的锁定	13
2.3 使用 FOR SHARE 和 FOR UPDATE	17
2.4 理解事务隔离级别	20
2.5 观察死锁和类似的问题	22
2.6 利用咨询锁	24
2.7 优化存储以及控制清理	25
2.7.1 配置 VACUUM 和 autovacuum	26
2.7.2 观察工作中的 VACUUM	28
2.7.3 利用 snapshot too old	31
2.8 总结	32
第 3 章 使用索引	33
3.1 理解简单查询和代价模型	33
3.1.1 使用 EXPLAIN	34
3.1.2 深究 PostgreSQL 代价模型	36
3.1.3 部署简单的索引	38

3.1.4	使用排序输出	38
3.1.5	一次使用多个索引	39
3.1.6	以一种聪明的方式使用索引	41
3.2	使用聚簇表改善速度	43
3.2.1	聚簇表	46
3.2.2	使用只用索引的扫描	46
3.3	理解另外的 B-树特性	47
3.3.1	组合索引	47
3.3.2	增加函数索引	48
3.3.3	减少空间消耗	49
3.3.4	在建立索引时添加数据	51
3.4	引入操作符类	51
3.5	理解 PostgreSQL 索引类型	57
3.5.1	Hash 索引	58
3.5.2	GiST 索引	58
3.5.3	GIN 索引	61
3.5.4	SP-GiST 索引	62
3.5.5	BRIN 索引	62
3.5.6	增加额外索引	64
3.6	用模糊搜索实现更好的回答	65
3.6.1	利用 pg_trgm	65
3.6.2	加速 LIKE 查询	67
3.6.3	处理正则表达式	68
3.7	理解全文搜索-FTS	69
3.7.1	比较字符串	69
3.7.2	定义 GIN 索引	70
3.7.3	调试用户的搜索	71
3.7.4	收集词统计信息	72
3.7.5	利用排除操作符	73
3.8	总结	74
第 4 章	处理高级 SQL	75
4.1	引入分组集	75
4.1.1	装载一些案例数据	75

4.1.2	应用分组集	76
4.1.3	组合分组集和 FILTER 子句	79
4.2	使用有序集	79
4.3	理解假想聚集	81
4.4	利用窗口函数和分析	82
4.4.1	划分数据	83
4.4.2	在窗口中排序数据	84
4.4.3	使用滑动窗口	86
4.4.4	提取窗口子句	88
4.4.5	使用内建窗口函数	88
4.5	编写自己的聚集	96
4.5.1	创建简单的聚集	96
4.5.2	为并行查询增加支持	100
4.5.3	改进效率	100
4.5.4	编写假想聚集	102
4.6	总结	104
第 5 章	日志文件和系统统计信息	105
5.1	收集运行时统计信息	105
5.2	创建日志文件	123
5.3	总结	128
第 6 章	优化查询获得良好性能	129
6.1	学习优化器的行为	129
6.2	理解执行计划	140
6.2.1	系统地处理计划	140
6.2.2	发现问题	142
6.3	理解并且固定连接	147
6.3.1	正确使用连接	147
6.3.2	处理外连接	148
6.3.3	理解 join_collapse_limit 变量	149
6.4	启用和禁用优化器设置	150
6.5	分区数据	154
6.5.1	创建分区	154
6.5.2	应用表约束	156

6.5.3	修改继承的结构	157
6.5.4	在分区结构中移进和移出表	158
6.5.5	清理数据	159
6.6	为好的查询性能调整参数	159
6.6.1	加速排序	162
6.6.2	加速管理任务	164
6.7	总结	165
第 7 章	编写存储过程	166
7.1	理解存储过程语言	166
7.2	理解各种存储过程语言	170
7.2.1	引入 PL/pgSQL	171
7.2.2	引入 PL/Perl	187
7.2.3	引入 PL/Python	194
7.3	改进存储过程的性能	197
7.4	使用存储过程	199
7.5	总结	201
第 8 章	管理 PostgreSQL 安全性	202
8.1	管理网络安全性	202
8.1.1	理解绑定地址和连接	203
8.1.2	管理 pg_hba.conf	206
8.1.3	处理实例级安全性	210
8.1.4	定义数据库级安全性	214
8.1.5	调整方案级权限	215
8.1.6	使用表	218
8.1.7	处理列级安全性	219
8.1.8	配置默认特权	220
8.2	深入行级安全性——RLS	221
8.3	检查权限	225
8.4	再分配对象和删除用户	227
8.5	总结	228
第 9 章	处理备份和恢复	229
9.1	执行简单转储	229