



华章IT

[PACKT]
PUBLISHING

资深数据库架构师多年经验结晶，Amazon全五星评价

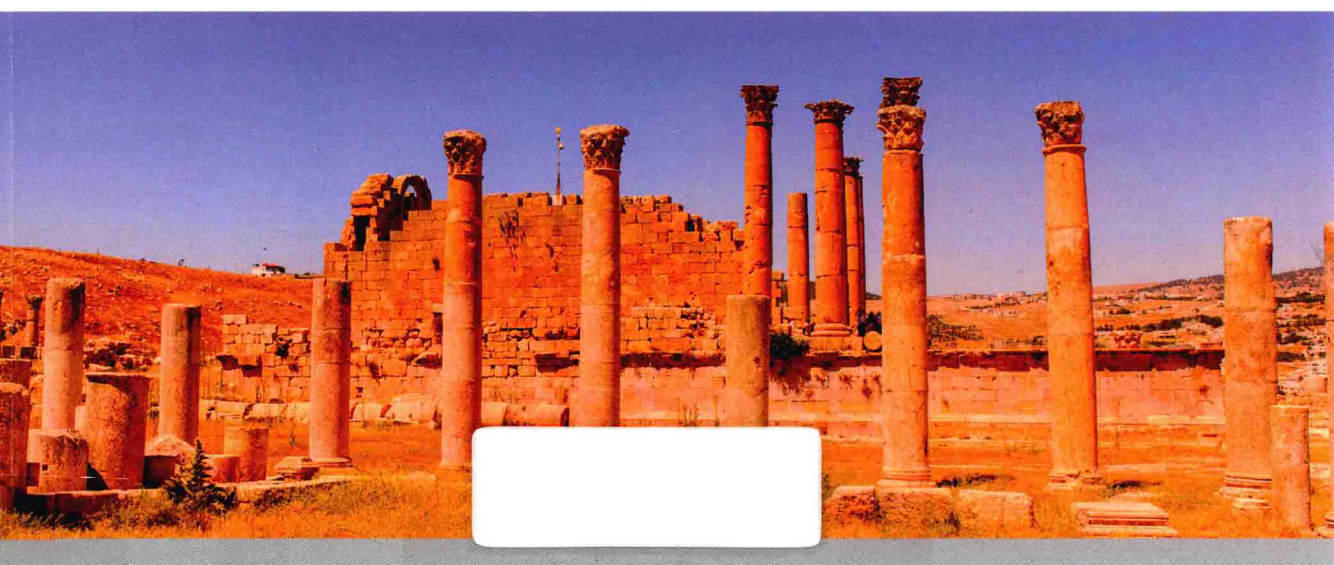
从数据架构师视角深入解读PostgreSQL的相关工具、技术及最佳实践

数据库
技术丛书

PostgreSQL for Data Architects

数据架构师的 PostgreSQL修炼

高效设计、开发与维护数据库应用



[美] 杰亚德万·梅马拉 (Jayadevan Maymala) 著

戚长松 译



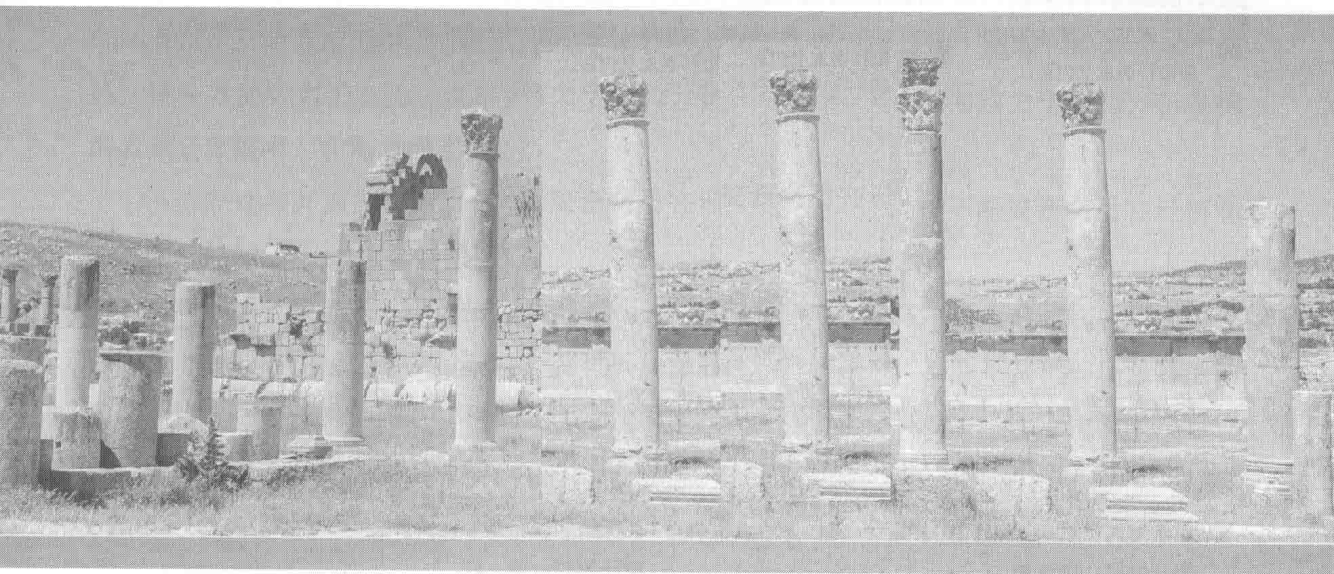
机械工业出版社
China Machine Press

数据库 技术丛书

PostgreSQL for Data Architects

数据架构师的 PostgreSQL 修炼

高效设计、开发与维护数据库应用



[美] 杰亚德万·梅马拉 (Jayadevan Maymala) 著

戚长松 译



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

数据架构师的 PostgreSQL 修炼：高效设计、开发与维护数据库应用 / (美) 梅马拉 (Maymala, J.) 著；戚长松译. —北京：机械工业出版社，2016.5

(数据库技术丛书)

书名原文：PostgreSQL for Data Architects

ISBN 978-7-111-53776-2

I. 数… II. ①梅… ②戚… III. 关系数据库系统 IV.TP311.132.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 098377 号

本书版权登记号：图字：01-2016-1582

PostgreSQL for Data Architects (ISBN: 978-1-78328-860-1).

Copyright © 2015 Packt Publishing. First published in the English language under the title “PostgreSQL for Data Architects”.

All rights reserved.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright © 2016 by China Machine Press.

本书中文简体字版由 Packt Publishing 授权机械工业出版社独家出版。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。

数据架构师的 PostgreSQL 修炼 高效设计、开发与维护数据库应用

出版发行：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：陈佳媛

责任校对：殷 虹

印 刷：三河市宏图印务有限公司

版 次：2016 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

开 本：186mm×240mm 1/16

印 张：12.5

书 号：ISBN 978-7-111-53776-2

定 价：49.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88379426 88361066

投稿热线：(010) 88379604

购书热线：(010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱：hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问：北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

About the Author 作者简介

Jayadevan Maymala 是一位数据库开发工程师、设计师和架构师。他最开始于 1999 年在甲骨文 (Oracle) 公司的数据库部门工作。多年以来, 他研究并使用过 DB2、Sybase 和 SQL Server 等数据库产品。最近, 他一直致力于开源技术的研究。他选择的数据库是 PostgreSQL。职业生涯中, 他在不同的领域工作过, 跨越供应链管理、金融和旅游等多个领域。他一方面致力于支持关键事务处理系统的数据库技术, 另一方面致力于支持分析系统的数据仓库技术, 在两方面工作上, 他差不多花了等量的时间。

不研究这些开源技术时, 他会利用业余时间进行大量阅读, 并不断更新自己在经济和政治领域的知识。

我要感谢我的妻子——Uma, 因为她可以忍受我在周末进行马拉松式的写作。我还要深深感激 PostgreSQL 社区, 社区里面的人总是及时回复我的问题, 不管是基础的还是特殊的问题。这是一个神奇的团队, 他们一直不知疲倦地构建这样一个宏大的数据库, 然后用这样的自由许可条款开源。谢谢他们!

审校者简介 *About the reviewers*

Pascal Charest 是前沿技术专家，他致力于一系列非常广泛的开源技术。在网络基础设施的战略规划领域，他是优秀的系统管理专家，并且经常从事系统架构设计的咨询工作。可以通过他 LinkedIn 的个人资料联系他 <http://www.linkedin.com/in/pascalcharest>。

我想谢谢安东尼 (Anthony) 和扎卡里 (Zachary)，不管是白天或黑夜，他们都让我保持清醒。

Bahman Movaqar 在过去的 14 年里一直在从事软件开发、部署和交付工作，从嵌入式操作系统到 ERP 系统实施。他是一个开源技术的信徒和热情的业余棋手。他的博客是 <http://bahmanm.com/>。

我想感谢我可爱的妻子——Nahid，她教会我如何坚强。

Angelo Marcos Rigo 自 1998 年以来一直致力于 Web 开发工作，并专注于内容管理系统。在过去的 7 年里，他一直管理、定制、开发 Moodle LMS 的扩展程序。可以在他的网站 <http://www.u4w.com.br/novosite/index.php> 上向他咨询 CMS 或 Moodle LMS 相关问题。他曾经评审过 Packt 出版的《Moodle Security》一书。

我要感谢我的妻子 Janaina de Souza 和我的女儿 Lorena Rigo，当我花时间评审这本书时，感谢他们的支持。

Hans-Jürgen Schöning 在超过 15 年的时间里一直致力于 PostgreSQL 的专业培训、咨询和支持工作。他和他的公司 Cybertec Schöning & Schöning GmbH (<http://www.cybertec.at/>) 服务于全球的客户，曾完成世界上最大的 PostgreSQL 部署工作。

Stéphane Wirtel 是一个狂热的软件工匠，他的兴趣是软件的高可用性、复制和分布式

系统。2000 年以来，他一直在使用 Python 编程语言完成 PostgreSQL 下的工作。Stéphane 在欧洲的一些会议上开展过几次 Python 和 PostgreSQL 演讲。最后一个演讲被称为“Python & PostgreSQL，一场美好的婚礼”。他也是 OdoO 项目的核心开发者，并在这个项目上工作了 6 年之久。

Stéphane 也是 Python 软件基金会和 EuroPython 学会会员。他通过布鲁塞尔的 PythonFOSDEM 活动推广 Python 编程语言。你可以在 <http://wirtel.be/> 或通过推特 @matrixise 找到他。

目前，他在 Mgx.IO 任职，这是一家专门从事 Python 和 Erlang 开发的公司。你可以在 <http://mgx.io/> 或通过推特 @mgxio 找到这家公司。他还评审了《Getting Started with PhantomJS》和《PhantomJS Cookbook》，这两本书均由 Packt 出版社出版。

我要感谢我的妻子 Anne 和我的女儿 Margaux，以及我的家人和朋友的支持，同时也感谢 PostgreSQL 和 Python 社区的优秀工具。

前言 *Preface*

PostgreSQL 是一个极其灵活且可靠的开源关系型数据库。借助它的这般神奇功能，可以在不增加任何费用的情况下，将应用程序变得更加可靠和更具扩展性。一旦掌握了如何设置 PostgreSQL 并利用它的高级功能，便可节省工时，提高工作效率。

本书将教你如何构建及运行一个可扩展且已经优化的 PostgreSQL 服务器。

全书始于基本概念（例如从源代码中安装 PostgreSQL），并逐渐深入理论部分（例如并发性和事务管理）。在此之后，你将学习如何设置副本、使用负载均衡进行水平扩展以及排除故障。

继续阅读本书，你将看到配置参数对性能、可扩展性以及事务管理所产生的显著影响。最后，你将接触到 PostgreSQL 生态系统中那些有用的工具，它们用来分析 PostgreSQL 日志、设置负载均衡和恢复数据。

本书主要内容

第 1 章概括性地介绍如何从源代码中安装 PostgreSQL。该章内容列举了从源代码中进行编译的先决条件，并说明了如何在 UNIX / Linux 环境中初始化一个集群。同时，该章也涵盖了本书的目录结构。

第 2 章描述启动 PostgreSQL 集群时所涉及的重要进程，同时介绍了这些进程如何与内存结构相互协作，从而实现一个数据库管理系统所应有的功能。

第 3 章解释各种对象类型以及 PostgreSQL 所提供的各种对象。同时，该章也阐述了各种重要的概念，例如数据库、集群、表空间和模式。

第 4 章涵盖事务所涉及的 ACID 属性、隔离级别以及 PostgreSQL 是如何提供这些功能

的。同时，该章也探讨了多版本并发控制这个话题。

第 5 章讨论如何使用 SQL Power Architect 对表以及关系进行建模。同时，该章也介绍了在选择设计工具时需要考虑的一些注意事项。

第 6 章介绍了两个客户端工具 (pgAdmin: 一个用户界面工具, psql: 一个命令行工具)。该章介绍了如何使用 pgAdmin 浏览数据库对象、生成查询并为查询产生执行计划。同时，该章也阐述了如何在 psql 中为 psql 连接建立环境变量、查看 SQL 命令的历史执行记录以及元命令。

第 7 章说明各种查询优化技术。为了便于读者理解，该章也列举了一些数据库使用相关的范例以及 PostgreSQL 优化器的工作原理。

第 8 章介绍对查询性能具有显著影响的 PostgreSQL 服务器设置。这些设置包括内存设置、开销设置等。同时该章也介绍了两种对象类型：分区和物化视图。

第 9 章介绍相关的常用工具，例如 pg_dump、pg_bulkload 以及用于 PostgreSQL 导入与读取数据的 copy 功能。

第 10 章介绍实际操作中的常用方法。该章一步一步地介绍如何使用 PostgreSQL 的流复制以及 pgpool-II 来实现水平扩展。同时，该章也介绍 PostgreSQL 中基于时间点的恢复。

第 11 章列举开发者在使用 PostgreSQL 时经常会遇到的一些问题，并阐述如何解决这些问题。同时，该章也说明连接问题、权限问题与参数设置问题。

第 12 章引入不少讨论话题，列举每一名数据架构师都应当注意的一些有趣的数据类型、一些真正有用的扩展，以及一个用来分析 PostgreSQL 日志文件的工具。同时，该章也展示 PostgreSQL 9.4 版本的一些有趣功能。

阅读本书的准备工作

你必须有一台能够联网的计算机。如果这台计算机使用的是 UNIX / Linux 操作系统，那么将对阅读本书非常有帮助。

本书的目标读者

你需要接触过一些数据库，了解基本的数据库对象，如表和视图。如果之前未曾或者很少接触 PostgreSQL，你会发现这本书非常有用。如果过去几年你一直在使用 PostgreSQL，

同样还是会从书中找到一些你不熟悉但是有用的命令，或者找到你未曾使用过的数据库优化方法。借助本书，你将更深入地了解数据库的工作原理。

下载示例代码

你可以登录华章图书官网 <http://www.hzbook.com> 下载本书示例代码。

Contents 目 录

作者简介

审校者简介

前 言

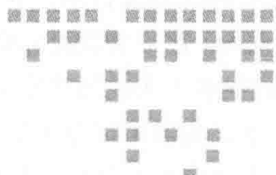
第 1 章 安装 PostgreSQL	1
1.1 安装选项	1
1.1.1 下载并提取源码	2
1.1.2 检查源码内容	3
1.2 编译源码的各种依赖	3
1.3 配置和创建 makefile	4
1.4 建立和创建可执行文件	6
1.5 安装和移动文件到指定的位置	7
1.6 初始化集群	9
1.6.1 快速了解各个目录	11
1.6.2 已创建的进程	13
1.6.3 创建的重要文件	14
1.7 与扩展程序相互协作	14
1.8 小结	15
第 2 章 服务器架构	16
2.1 从守护进程开始	16
2.2 理解共享缓冲区	18

2.3	检查点	23
2.4	WAL 与 WAL 写进程	25
2.4.1	恢复	26
2.4.2	增量备份和基于时间点的恢复	26
2.4.3	复制	27
2.5	后台写入器	28
2.6	自动清空加载器进程	29
2.7	日志进程	32
2.8	统计信息收集器进程	35
2.9	WAL 发送器和 WAL 接收器	38
2.10	使用 work_mem 在内存中进行排序	38
2.11	使用 maintenance_work_mem 进行维护	40
2.12	小结	42
第 3 章	PostgreSQL——对象层次和角色	43
3.1	PostgreSQL 集群	43
3.2	了解表空间	44
3.2.1	使用临时表空间管理临时对象	46
3.2.2	视图	48
3.3	数据库、模式与 search_path	48
3.4	角色和权限	53
3.5	小结	56
第 4 章	使用事务进行工作	57
4.1	了解事务	57
4.2	PostgreSQL 和 MVCC	67
4.3	小结	70
第 5 章	使用 SQL Power Architect 进行数据建模	71
5.1	数据库工具及其用途	71
5.2	数据库设计工具	72
5.2.1	下载与安装 SQL Power Architect	73

5.2.2 创建表	74
5.3 生成 SQL	75
5.3.1 逆向工程及变更操作	77
5.3.2 导出数据模型	78
5.3.3 分析	78
5.4 小结	79
第 6 章 客户端工具	80
6.1 GUI 工具与命令行工具	80
6.2 下载与安装 pgAdmin	80
6.2.1 添加一台服务器	81
6.2.2 pgAdmin 主窗口	82
6.2.3 查询工具	84
6.3 psql——在命令行模式下工作	86
6.3.1 psql——连接选项	86
6.3.2 \d 的功能	87
6.3.3 更多元命令	89
6.3.4 设置环境	91
6.3.5 命令的历史记录	92
6.4 小结	92
第 7 章 SQL 调优	93
7.1 了解数据库的基本事实	93
7.1.1 事实 1, 数据库中读比写更频繁	93
7.1.2 事实 2, 数据始终在块或页面中读取, 而不是作为单独的记录或列	94
7.1.3 减少读 / 写块的数量方法	94
7.2 查询执行组件	95
7.2.1 计划器	95
7.2.2 访问方法	95
7.2.3 连接策略	96
7.3 发现执行计划	96

7.4	优化指南和捕捉	98
7.4.1	外键索引	99
7.4.2	使用 SELECT*	100
7.4.3	使用 ORDER BY	100
7.4.4	使用 DISTINCT	101
7.4.5	使用 UNION ALL 代替 UNION	102
7.4.6	在 FILTER 子句中使用函数	102
7.4.7	减少 SQL 语句数量	104
7.4.8	减少函数执行	105
7.4.9	不使用索引的情况	107
7.4.10	部分索引	108
7.4.11	优化函数	109
7.5	小结	110
第 8 章	服务器调优	111
8.1	服务器端内存设置	111
8.1.1	shared_buffers	111
8.1.2	effective_cache_size	112
8.2	管理写入、连接和维护操作	113
8.3	查找 / 扫描开销及统计参数	114
8.4	物化视图	119
8.5	分区表	121
8.6	小结	125
第 9 章	PostgreSQL 写人与读取数据工具	126
9.1	考虑建立生产数据库	126
9.2	COPY 命令	127
9.3	使用 pg_bulkload 快速加载	130
9.4	pg_dump 命令	131
9.5	过滤选项	133
9.5.1	pg_dumpall 工具	133

9.5.2	pg_restore 工具	133
9.6	小结	135
第 10 章	扩展、复制、备份和恢复	136
10.1	可扩展性	136
10.1.1	垂直扩展	137
10.1.2	水平扩展	138
10.2	基于时间点的恢复	154
10.3	小结	157
第 11 章	PostgreSQL 故障排除	158
11.1	连接问题	158
11.2	验证和权限问题	159
11.3	参数更改无效	161
11.4	查询无响应	162
11.5	小结	165
第 12 章	PostgreSQL 额外功能	166
12.1	有趣的数据类型	166
12.1.1	range	166
12.1.2	XML	174
12.1.3	几何与地理数据	175
12.1.4	外部数据封装器	175
12.1.5	pgbadger	178
12.2	变化中的产品特性	180
12.3	小结	183



第 1 章 *Chapter 1*

安装 PostgreSQL

本章概述了如何从源代码中安装 PostgreSQL。在接下来的介绍中，用于安装和提供示例的系统是 64 位 CentOS (6.4) 机器。其他的 UNIX / Linux 系统通常也有类似的命令。而对于那些使用 Windows 系统的用户，网站 <http://sourceforge.net/projects/unxutils/> 上提供了一组实用程序，借此可以在 Windows 环境中执行大多数的 UNIX 命令 (find、grep、cut 等)。相比在 UNIX/ Linux 系统中安装 PostgreSQL，在 Windows 系统中安装 PostgreSQL 的步骤是完全不一样的。本章暂未涉及 Windows 下 PostgreSQL 的安装。

1.1 安装选项

在操作系统上安装 PostgreSQL，有多种可能方式。对于 Windows 系统，下载并使用图形安装程序是最简单的方式。对于 Linux 系统，如 Red Hat Enterprise Linux 或 CentOS，要么使用 Yellow dog Updater Modified (yum)，要么使用 Red Hat Package Manager，要么使用 RPM Package Manager (rpm) 命令来安装 PostgreSQL。而对于 Ubuntu，可以使用 apt-get 命令来安装 PostgreSQL，这个工具又可以与相应的 Ubuntu 的 Advanced Packaging Tool (APT) 相互协作。虽然这些选项都可以完成安装，但当执行这些命令的时候，我们仍无法预知将要发生的事情，当然，已安装数据库的情况除外。

然后，有些场景下我们想要基于源代码来创建数据库。假设我们只有一个生产服务器与一个开发或临时服务器。我们当前处于 9.3 版本。9.4 版本即将发行并且 9.4 版本有不少我们想尝试的有趣功能。如果我们想要在这台测试服务器上安装 9.4 版本，并在 9.3 版本不卸载的情况下同时使用 9.4 版本，最有效的方法就是使用 `--prefix=` 选项，从源代码中进行

编译，并且指定不同的安装目录。我们还可以设置不同的默认端口。另外可能发生的状况是新的版本（源代码）已准备就绪，但针对 Linux 版本的安装包并未准备到位。我们可以使用 Linux，但我们根本无法找到其安装包。

在这些情况下，我们可以基于源代码进行安装。从源代码安装的一个优点是我们不必过多担心诸如要下载哪种安装包、操作系统的版本（CentOS 6.3 或 6.4）、系统架构（32 位或 64 位）等此类问题。这些问题基本上都可以忽略。当然，我们需要使用支持数据库的操作系统或架构，但仅此而已。同时，我们还需要下载并安装所有的工具，来编译和使用 PostgreSQL。

让我们开始吧。

1.1.1 下载并提取源码

可以在 <http://www.postgresql.org/ftp/source/> 上找到 PostgreSQL 的源码。

我们可以看到版本 1 之后的很多版本，直到 Postgres 95 以及最新的生产和测试版本。如果你认同这样的一个观点，即人们不应该尝试一个发行时间未达到数月的软件，以便暂时的问题解决后再去尝试，那么你应该选择倒数第二个版本。选择最新的稳定版本是一个好主意。最新的版本增加了一些非常实用的功能，如物化视图以及一系列改进的 JSON 函数和操作符。

我们将使用以下 `wget` 命令，下载源码：

```
wget http://ftp.postgresql.org/pub/source/v9.3.0/postgresql-9.3.0.tar.gz
```



选择最新的稳定版本，这是一个好主意！

执行这个命令之后，我们会得到如下窗口：

```
jay@MyCentOS:~$ wget http://ftp.postgresql.org/pub/source/v9.3.0/postgresql-9.3.0.tar.gz
--2013-10-07 14:37:55-- http://ftp.postgresql.org/pub/source/v9.3.0/postgresql-9.3.0.tar.gz
Resolving ftp.postgresql.org... 67.192.136.133, 215.189.17.228, 87.238.57.227, ...
Connecting to ftp.postgresql.org[67.192.136.133]:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 22140691 (21M) [application/x-tgz]
Saving to: 'postgresql-9.3.0.tar.gz'

3% [====>] 874,117 195K/s eta 2m 6s
```

正如我们所看到的，压缩过的源码大约是 21 MB。这里，顺便提一下，Oracle 的安装包（大型 RDBMS）大小超过了 2.2 GB。

使用下面的命令提取文件：

```
tar -xvf postgresql-9.3.0.tar.gz
```

`tar` 命令用于创建或提取 TapeARchive 文件。在前面的命令中，`x` 选项用于提取，`v` 是 `verbose` 的缩写，用以让我们看到正在提取的文件及文件夹列表，而 `f` 选项则用于传递文件

名称, 这将贯穿整个提取过程。如果之前的代码在 `tar` 命令中无效, 我们可能需要 `z` 选项, 如此, 命令就会变成 `tar -xzf`。tar 的某些版本还是比较智能化的, 它能够分辨出该文件是否为压缩文件, 并会对文件进行自动解压。解压后文件夹大小大概达到 115MB。

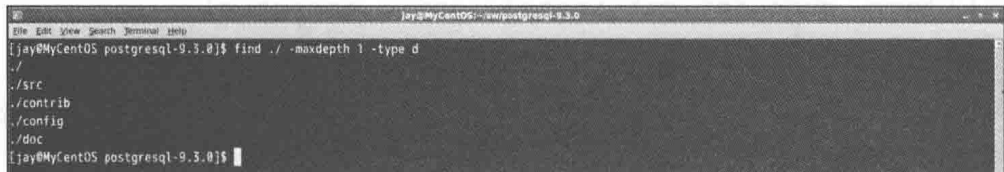
1.1.2 检查源码内容

让我们来检查源码的内容:

```
cd postgresql-9.3.0
```

```
find ./ -maxdepth 1 -type d
```

`find` 命令搜索符合特定标准的文件。在这里, 我们已将 `find` 限定在仅对子目录的一个级别进行扫描, 且使用 `maxdepth 1`。我们使用 `type` 选项与 `d`, 来告知 `find`, 我们需要目录类型的文件, 如下图所示:



```
jay@MyCentOS:~/src/postgresql-9.3.0$ find ./ -maxdepth 1 -type d
./
./src
./contrib
./config
./doc
jay@MyCentOS:~/src/postgresql-9.3.0$
```

这里有四个目录:

- ❑ `src`: 这个目录有大部分的核心代码, 包括后台进程、优化器、存储、客户端工具 (如 `psql`) 以及实现复制功能的相关代码等。还包含了各种版本的 `makdfile`。例如, `Makefile.hpux`、`Makefile.linux`、`Makefile.openbsd` 以及 `src/makefile` 下面的 `Makefile.sco`。
- ❑ `doc`: 这个目录有在 `DocBook` 中编写的文档的源代码。`DocBook` 是标准通用标记语言 (SGML) 的一个应用。这可以产生一个 `HTML` 格式、`PDF` 格式以及几种其他格式的文档。
- ❑ `contrib`: 在这个目录中, 我们可以找到许多扩展程序。这些是附加模块, 并不是核心安装的组成部分, 但我们可以根据自身需要来进行选择性的安装。例如, 当我们需要连接到其他 `PostgreSQL` 数据库时, 我们可以安装 `Foreign Data Wrapper` 扩展: `postgres_fdw`。而当我们想要从表中对服务器上的文件内容进行访问时, 可以使用 `file_fdw` 扩展。
- ❑ `config`: 该目录包含了一些宏。这些宏可以帮助你配置和编译软件包。

下面介绍依赖、配置选项以及实际安装过程。

1.2 编译源码的各种依赖

从源代码进行编译和构建 `PostgreSQL` 时, 我们需要 3.8 或更高版本的 `GNU Make`。