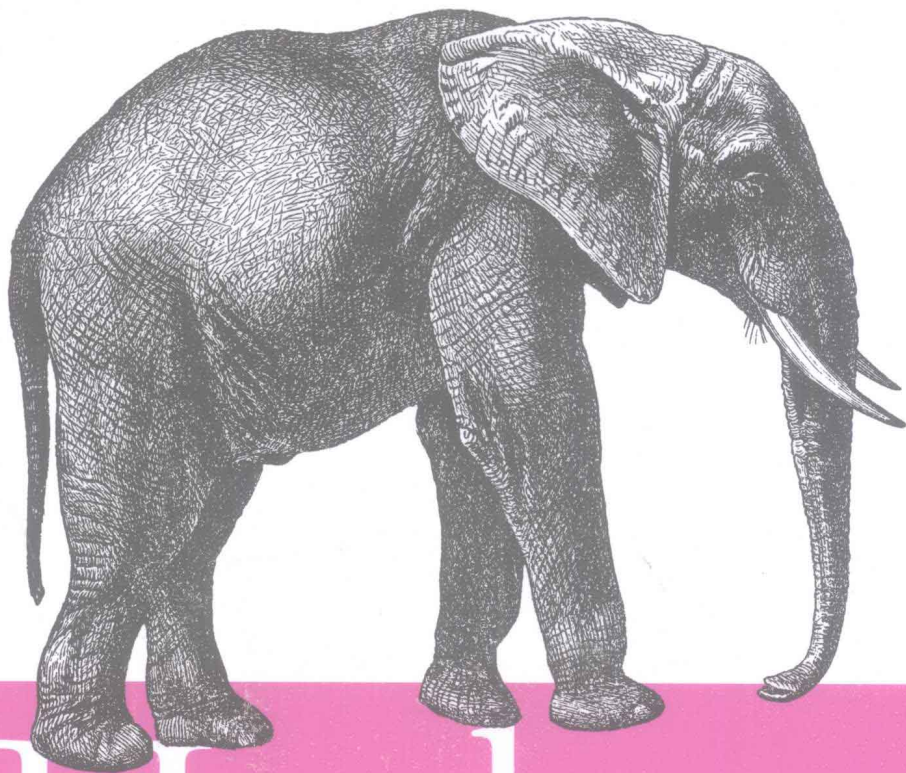


Hadoop: The Definitive Guide

“谁说大象不能跳舞?!”

Hadoop——轻松应对海量数据存储与分析所带来的挑战!”

第2版
修订 & 升级版



Hadoop

权威指南

Tom White 著

周敏奇 王晓玲 金澈清 钱卫宁 译

周傲英 审校

Doug Cutting 序

O'REILLY®

YAHOO! PRESS



清华大学出版社

Hadoop 权威指南

(第 2 版)

(美)Tom White 著

周敏奇 王晓玲 金澈清 钱卫宁 译

O'REILLY®

Beijing • Cambridge • Farnham • Köln • Sebastopol • Tokyo

O'Reilly Media, Inc. 授权清华大学出版社出版

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从 Hadoop 的缘起开始,由浅入深,结合理论和实践,全方位地介绍 Hadoop 这一高性能处理海量数据集的理想工具。全书共 16 章,3 个附录,涉及的主题包括:Hadoop 简介;MapReduce 简介;Hadoop 分布式文件系统;Hadoop 的 I/O、MapReduce 应用程序开发;MapReduce 的工作机制;MapReduce 的类型和格式;MapReduce 的特性;如何构建 Hadoop 集群,如何管理 Hadoop;Pig 简介;HBase 简介;Hive 简介;ZooKeeper 简介;开源工具 Sqoop,最后还提供了丰富的案例分析。

本书是 Hadoop 权威参考,程序员可从中探索如何分析海量数据集,管理员可以从了解如何安装与运行 Hadoop 集群。

Copyright © 2011 Tom White. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition, by O'Reilly Media, Inc., is published by Tsinghua University Press, 2011. Authorized translation of the original English edition, 2010 O'Reilly Media, Inc., the owner of all rights to publish and sell the same.

All rights reserved including the rights of reproduction in whole or in part in any form.

本书之英文原版由 O'Reilly Media, Inc. 于 2011 年出版。

本书中文简体版由 O'Reilly Media, Inc. 授权清华大学出版社 2011 年出版。此翻译版的出版和销售得到出版权和销售权的所有者——O'Reilly Media, Inc. 的许可。

版权所有,未经书面许可,本书的任何部分和全部不得以任何形式复制。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2011-0948

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

Hadoop 权威指南(第 2 版)/(美)怀特(White, T.)著;周敏奇,王晓玲,金澈清,钱卫宁译.
—北京:清华大学出版社,2011.7

书名原文:Hadoop: The Definitive Guide, Second Edition

ISBN 978-7-302-25758-5

I. ①H… II. ①怀… ②周… ③王… ④金… ⑤钱… III. ①数据处理—应用软件—指南
IV. ①TP274-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 097732 号

责任编辑:文开琪

封面设计:Ellie Volckhausen 张 健

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:178×233 印 张:39 插 页:1 字 数:761 千字

版 次:2011 年 7 月第 2 版 印 次:2011 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:89.00 元

O'Reilly Media, Inc. 介绍

O'Reilly Media 通过图书、杂志、在线服务、调查研究和会议等方式传播创新知识。自 1978 年开始，O'Reilly 一直都是前沿发展的见证者和推动者。超级极客们正在开创着未来，而我们关注真正重要的技术趋势——通过放大那些“细微的信号”来刺激社会对新科技的应用。作为技术社区中活跃的参与者，O'Reilly 的发展充满了对创新的倡导、创造和发扬光大。

O'Reilly 为软件开发人员带来革命性的“动物书”；创建第一个商业网站(GNN)；组织了影响深远的开放源代码峰会，以至于开源软件运动以此命名；创立了 Make 杂志，从而成为 DIY 革命的主要先锋；公司一如既往地通过多种形式缔结信息与人的纽带。O'Reilly 的会议和峰会集聚了众多超级极客和高瞻远瞩的商业领袖，共同描绘出开创新产业的革命性思想。作为技术人士获取信息的选择，O'Reilly 现在还将先锋专家的知识传递给普通的计算机用户。无论是通过书籍出版，在线服务或者面授课程，每一项 O'Reilly 的产品都反映了公司不可动摇的理念——信息是激发创新的力量。

业界评论

“O'Reilly Radar 博客有口皆碑。”

——Wired

“O'Reilly 凭借一系列(真希望当初我也想到了)非凡想法建立了数百万美元的业务。”

——Business 2.0

“O'Reilly Conference 是聚集关键思想领袖的绝对典范。”

——CRN

“一本 O'Reilly 的书就代表一个有用、有前途、需要学习的主题。”

——Irish Times

“Tim 是位特立独行的商人，他不光放眼于最长远、最广阔的视野并且切实地按照 Yogi Berra 的建议去做了：‘如果你在路上遇到岔路口，走小路(岔路)。’回顾过去 Tim 似乎每一次都选择了小路，而且有几次都是一闪即逝的机会，尽管大路也不错。”

——Linux Journal

推荐序

由 Google 公司研发的 Google 文件系统和 MapReduce 编程模型以其 Web 环境下处理大规模海量数据的特有魅力，在学术界和工业界引起了非同小可的反响。以此为开端，学术界不断涌现出针对海量数据处理、立足于 MapReduce 的研究成果。而在工业界，大量类似于 Google 文件系统、采用类 MapReduce 编程模型的系统也得到了广泛的部署和应用。

今天，在像互联网应用、科学数据处理、商业智能数据分析等具有海量数据需求的应用变得越来越普遍时，无论是从科学研究还是从应用开发的角度来看，掌握像 Google 文件系统和 MapReduce 编程模型这样的技术已成为一种趋势。在这样的背景下，实现了 MapReduce 编程模型的 Hadoop 开源系统就成为大家一种自然而又合理的选择。

MapReduce 编程模型之所以受到欢迎并迅速得到应用，在技术上主要有三方面的原因。首先，MapReduce 所采用的是无共享大规模集群系统。集群系统具有良好的性价比和可伸缩性，这一优势为 MapReduce 成为大规模海量数据平台的首选创造了条件。

其次，MapReduce 模型简单、易于理解、易于使用。大量数据处理问题，包括很多机器学习和数据挖掘算法，都可以使用 MapReduce 实现。

第三，虽然基本的 MapReduce 模型只提供一个过程性的编程接口，但在海量数据环境、需要保证可伸缩性的前提下，通过使用合适的查询优化和索引技术，MapReduce 仍然能够提供相当好的数据处理性能。

显然，要真正掌握 MapReduce 编程技术，需要对上述技术有一个较为深入的了解，也需要熟悉支撑 MapReduce 的运行环境及系统的部署要求。非常令人兴奋的是，Hadoop 开源项目负责人 Tom White 所写的 *Hadoop: The Definite Guide* 一书为我们解决了这一问题。

读者所看到的这本《Hadoop 权威指南》是对 Tom White 原著的翻译，它用中文再现了原著的精彩。它不仅介绍了 Hadoop 系统的使用方法，还深入讲解了 Hadoop 的运行原理，并介绍了多个基于 Hadoop 的海量数据处理系统的使用和应用实例。尤其是，本书的译者都是在第一线从事 MapReduce 编程与 Hadoop 研究的大学教师，他们的这种经历使得《Hadoop 权威指南》的内容生动而又准确。这使得本书无论是对于 Hadoop 的使用者，还是对于海量数据分析应用的开发者、研究者，都具有很强的参考价值。

周立柱

北京，清华园

译者序

据 2011 年 4 月加州大学圣地亚哥分校公布的报告^①，2008 年全球 2700 万台服务器共处理的数据量已达 9.57 ZB^②。如何有效管理、高效分析上述海量数据已成为当前急需解决的问题。另外，三大类海量数据(商业数据、科学数据、网页数据)的异构性(充斥着结构化、半结构化以及非结构化数据)又进一步加剧了海量数据处理的难度。2011 年 2 月出版的《科学》杂志刊登的专题^③，围绕目前各类数据量的激增展开讨论，认为海量数据的搜集、维护和使用已成为科学研究的主要工作。对许多学科而言，海量数据处理意味着更严峻的挑战，然而更好地管理和分析这些数据也将会获得意想不到的收获。

学术界和工业界已在关系数据管理方面积累了较多经验。20 世纪 70 年代，关系模型的提出，IBM System R 和伯克利 Ingres 系统的研制成功，证明了关系数据库系统处理商业数据的优越性。20 世纪 80 年代，由此模型衍生出的 IBM DB2, Sybase SQL Server、Oracle Database 等以事务处理(OLTP)为主的数据库系统的蓬勃发展，使数据库系统得到了充分的商业化。20 世纪 90 年代，W. H. Inmon 提出的整合历史数据，通过在线分析(OLAP)、数据挖掘等方法实现商业规划、决策支持等商业智能服务的数据仓库系统，为数据库系统的应用开辟了崭新的篇章，然而这一长达 40 年、一体适用(one size fits all)的数据库系统架构在当今的海量数据处理面前显得力不从心，逐渐无法胜任当前的需求。

2003 年以来，谷歌陆续公布了 GFS, MapReduce 等高可扩展、高性能的分布式海量数据处理框架，并证明了该框架在处理海量网页数据时的优越性。上述框架实现了更高应用层次的抽象，使用户无需关注复杂的内部工作机制、无需具备丰富的分

① James E. Short Roger E. Bohn Chaitanya Baru. “How Much Information?” 2010 Report on Enterprise Server Information.

② 1 ZB=1 万亿 GB。

③ “Special Online Collection: Dealing with Data”，*Science* special issue 2011。网址为 <http://www.sciencemag.org/site/special/data/>。

布式系统知识及开发经验，即可实现大规模分布式系统的部署，以及海量数据的并行处理。Apache Hadoop 开源项目克隆了这一框架，并推出了 Hadoop 系统。该系统已被学术界、工业界认可，且广泛采纳，并孵化出了众多子项目(如 Pig, Zookeeper, Hive 等)，日益形成一个易部署、易开发、功能齐全、性能优良的系统。

华东师范大学海量计算研究所从 2006 年开始从事海量数据方面的研究，且在集群(288 核，40 TB 存储)上部署了 Hadoop 系统，并成功完成多项研究。多年从事有关海量数据学术研究和项目实施的经历，使我们对 Hadoop 系统及其开发有了较深入的理解和认识，在 Hadoop 部署、调优和优化等方面积累诸多经验。2010 年，Tom White 推出了《Hadoop 权威指南》的第 2 版，该书内容组织得很好，思路清晰，且紧密结合实际问题，于是我们重新翻译了此书。希望能为广大的 Hadoop 管理者和使用者提供部分帮助。

全书主要包括 16 章和 3 个附录。本书的翻译和审校由周傲英教授组织完成。参加翻译工作的有周敏奇(第 1 章~第 4 章)，王晓玲(第 5 章~第 7 章)，金澈清(第 8 章~第 10 章，附录 A、B、C)，钱卫宁(第 11 章~第 13 章)，宫学庆(第 14 章~第 15 章)，张蓉(第 16 章)。译者排序按照所译章节先后排列，并受可列人数限制，仅列出前四位。

由于本书涉及面广，许多术语目前尚无固定译法，翻译难度确实很大。有时，为一个术语选择一个简洁、达意的译法，译者虽经过反复推敲、讨论，但仍然难免词不达意。此外，由于译者水平有限，译文中的不当之处也在所难免。译文中的错误应当由译者负责，我们真诚地希望同行和读者们不吝赐教。如果能将您的意见和建议发往 mqzhou@sei.ecnu.edu.cn，xlwang@sei.ecnu.edu.cn，cqjin@sei.ecnu.edu.cn，wnqian@sei.ecnu.edu.cn，xqgong@sei.ecnu.edu.cn，rzhang@sei.ecnu.edu.cn，我们将不胜感激。

周敏奇

上海，华东师大海量计算研究所

前言

数学和科普作家马丁·加德纳(Martin Gardner)曾在一次采访中谈到：

“除了微积分，我什么都不会。这个是我的专栏之所以成功的秘密。我花了好长一段时间才明白如何以大多数读者都能明白的方式将我所知道的东西娓娓道来。”^①

在很多方面，这也是我对 Hadoop 的感受。它的内部工作机制非常复杂，依托于一个集分布式系统理论、实际工程和常识于一体的系统。而对于门外汉，Hadoop 则难以理解。

但我们并不需要这样来理解它。避开 Hadoop 的内核不谈，Hadoop 提供的用于构建分布式系统的工具——用于数据存储、数据分析和协调处理——都非常简单。如果说这些工具有一个共通的主题，那就是它们提供了一定层次的抽象——为偶尔有大量数据需要存储的程序员，或有大量数据需要分析的程序员，或有大量计算机需要管理的程序员，同时却没有足够时间、技巧或者不想成为分布式系统专家的程序员，提供一套组件使其能够利用 Hadoop 来构建基础平台。

这样简单、通用的特性集，使得我在开始使用 Hadoop 时，明显觉得 Hadoop 的确值得广泛应用。但起初(2006 年初)，设置、配置和编写 Hadoop 应用是一门高深的艺术。之后，情况确实有所改善：文档增多了；示例增多了；碰到问题时，可以向大量邮件列表发邮件进行询问。对于新手而言，最大的任务是理解这个技术有哪些能耐，它有哪些擅长，如何使用它。这正是我写这本书的动机。

Apache Hadoop 社区经过很多努力最终实现了 Hadoop。在过去的三年多时间里，Hadoop 项目开花结果并孵化出约半打子项目。到目前，这个软件在性能、可靠性、可扩展性和可管理性方面实现了巨大的飞跃。但是，为了让更多人采用 Hadoop，我认为我们需要把 Hadoop 变得更好用。这需要创建更多的工具，集成更

^① “The science of fun”，Alex Bellos, *The Guardian*, 5月31日，2008年，网址为 <http://www.guardian.co.uk/science/2008/may/31/mathscience>。

多的系统，创建新的、改进的 API 函数。我希望我自己能参与，同时也希望本书能够鼓励其他人参与 Hadoop 的开发。

说明

在正文中讨论特定的 Java 类时，我常常忽略其包的名称以避免杂乱。如果想知道一个类在哪个包内，要想查阅相关子项目的 Hadoop Java API 文档，可以访问 Apache Hadoop 主页(<http://hadoop.apache.org>)。如果使用 IDE 编程，则可以充分利用其自动补全机制（也称自动完成机制）。

相似的，尽管它偏离传统的编码规范，但如果要导入同一个包的多个类，程序可以使用星号通配符来节省空间(例如 `import org.apache.hadoop.io.*`)。

本书中的示例代码可以从本书网站下载，网址为 <http://www.hadoopbook.com/>。可以根据网页上的指示获取本书示例所用的数据集以及运行本书示例所需要的详细说明、更新链接、额外的资源与我的博客。

本书包含哪些内容？

本书是这样组织的。第 1 章强调为什么需要 Hadoop，然后概述项目发展历史。第 2 章简要介绍 MapReduce。第 3 章深入剖析 Hadoop 文件系统，特别是 HDFS。第 4 章包含 Hadoop 的基本 I/O 操作：数据完整性、压缩、序列化及基于文件的数据结构。

接下来的第 5 章~第 8 章深入剖析 MapReduce。第 5 章全景呈现了 MapReduce 应用开发所涉及的具体步骤。第 6 章从用户的角度来看如何在 Hadoop 中实现 MapReduce。第 7 章主要包含 MapReduce 编程模型和 MapReduce 可以使用的各种数据格式。第 8 章是 MapReduce 高级主题，包括排序和数据连接。

第 9 章和第 10 章主要面向 Hadoop 管理员，主要描述如何在 Hadoop 集群上设置和维护运行 HDFS 和 MapReduce。

第 11 章~第 15 章专门介绍在 Hadoop 上构建的特定项目或相关内容。第 11 章和第 12 章描述的是 Pig 和 Hive，这两个分析平台构建在 HDFS 和 MapReduce 之上，而第 13 章、第 14 章和第 15 章分别介绍 HBase、ZooKeeper 和 Sqoop。

最后，第 16 章收集了 Apache Hadoop 社区成员提供的一系列实例。

第 2 版新增了哪些内容?

《Hadoop 权威指南》(第 2 版)新增两章内容(第 12 章和第 15 章),分别介绍 Hive 和 Sqoop。第 4 章新增一个小节专门介绍 Avro,第 9 章概述 Hadoop 新增的安全特性,第 16 章新增一个新的实例分析,介绍如何使用 Hadoop 来分析海量网络图。

第 2 版继续介绍 Apache Hadoop 0.20 系列发行版本,因为这是本书写作期间最新、最稳定的发行版本。本书中有时会提到一些最新发行版本中的一些新特性,但在最开始介绍这些特性时,将说明具体的 Hadoop 版本号。

本书采用的约定

本书采用以下排版约定。

斜体

用于表明新的术语、URL、电子邮件地址、文件名和文件扩展名。

等宽字体 Consolas

用于程序清单,在正文段落中出现的程序元素(如变量或函数名)、数据库、数据类型、环境变量、语句和关键字也采用这样的字体。

等宽字体 Consolas+加粗

用于显示命令或应该由用户键入的其他文本。

等宽字体 Consolas+斜体

表明这里的文本需要替换为用户提供的值或其他由上下文确定的值。



这个图标表示重要的指示、建议或通用的说明。



这个图标表示警告或需要注意。

示例代码的使用

本书的目的是帮助你完成工作。通常情况下,可以在你的程序或文档中使用本书中给出的代码。不必联系我们获得代码使用授权,除非你需要使用大量的代码。例如,在写程序的时候引用几段代码不需要向我们申请许可。但以光盘方式销售或重

新发行 O'Reilly 书中的示例的确需要获得许可。引用本书或引用本书中的示例代码来回答问题也不需要申请许可。但是，如果要将本书中的大量范例代码加入你的产品文档，则需要申请许可。

我们欣赏引用时注明出处的做法，但不强求。引用通常包括书名、作者、出版社和 ISBN，例如“Hadoop: The Definitive Guide, Second Edition, by Tom White. Copyright 2011 Tom White, 978-1-449-38973-4”。

如果觉得使用示例代码的情况不属于前面列出的合理使用或许可范围，请通过电子邮件联系我们，邮箱地址为 permissions@oreilly.com。

Safari Books Online

Safari Books Online 是一个定制的数字图书馆，可以在此轻松搜索 7500 多本技术类、创新类的图书和视频，快速返回需要的结果。

订阅这个数字图书馆后，可以从我们的图书馆在线阅读任何一页内容，观看任何一个视频。可以在手机或移动设备上读书。可以在图书印刷之前获取新书书目，并且可以获取进展中的草稿并向作者提出反馈意见。可以复制和粘贴示例代码，组织自己的收藏夹，下载样章，在关键章节加上书签，做笔记，打印书页，从而享受到很多节约时间的特性。

O'Reilly Media 已将本书英文原版上传到 Safari Books Online 服务系统。在 <http://my.safaribooksonline.com> 免费注册，即可访问完整的本书英文原版电子版以及 O'Reilly 与其他出版社的同类图书。

联系我们？

对于本书，如果有任何意见或疑问，请按照以下地址联系本书出版商：

美国：

O'Reilly Media, Inc.

1005 Gravenstein Highway North

Sebastopol, CA 95472

中国：

北京市西城区西直门南大街 2 号成铭大厦 C 座 807 室(100035)

奥莱利技术咨询(北京)有限公司

本书也有相关的网页，我们在上面列出了勘误表、范例以及其他一些信息。网址如下：

<http://www.oreilly.com/catalog/9780596516246>(英文版)

<http://www.oreilly.com.cn/book.php?bn=978-7-302-25758-5>(中文版)

对本书做出评论或者询问技术问题，请发送 E-mail 至：

bookquestions@oreilly.com

希望获得关于本书、会议、资源中心和 O'Reilly 网络的更多信息，请访问：

<http://www.oreilly.com>

<http://www.oreilly.com.cn>

致谢

在本书写作期间，我仰赖于许多人的帮助，直接的或间接的。感谢 Hadoop 社区，我从中学到很多，这样的学习仍将继续。

具体说来，我要感谢 Michael Stack 和 Jonathan Gray，HBase 这一章的内容就是他们写的。我还要感谢 Adrian Woodhead，Marc de Palol，Joydeep Sen Sarma，Ashish Thusoo，Andrzej Bialecki，Stu Hood，Chris K. Wensel 和 Owen O'Malley，他们为第 16 章提供了实例分析。

我要感谢为草稿提出有用建议和改进建议的评审人：Raghu Angadi，Matt Biddulph，Christophe Bisciglia，Ryan Cox，Devaraj Das，Alex Dorman，Chris Douglas，Alan Gates，Lars George，Patrick Hunt，Aaron Kimball，Peter Krey，Hairong Kuang，Simon Maxen，Olga Natkovich，Benjamin Reed，Konstantin Shvachko，Allen Wittenauer，Matei Zaharia 和 Philip Zeyliger。Ajay Anand 组织本书的评审并使其顺利完成。Philip (“flip”) Komer 帮助我获得了 NCDC 气温数据，使本书示例颇具特色。特别感谢 Owen O'Malley 和 Arun C. Murthy，他们为我清楚解释了 MapReduce 中 shuffle (混洗)的复杂过程。如果还有任何错误，当然得归咎于我。

对于第 2 版，我特别感谢 Jeff Bean，Doug Cutting，Glynn Durham，Alan Gates，Jeff Hammerbacher，Alex Kozlov，Ken Krugler，Jimmy Lin，Todd Lipcon，Sarah Sproehnle，Vinithra Varadharajan 和 Ian Wrigley，感谢他们仔细审阅本书，并提出宝贵的建议，同时也感谢对本书第 1 版提出勘误建议的读者。我也想感谢 Aaron Kimball 对 Sqoop 所做的贡献和 Philip (“flip”)Kromer 对图处理实例分析所做的贡献。

我特别要感谢 Doug Cutting 对我的鼓励、支持、友谊，以及为本书所写的序。

我还需要感谢在本书写作期间以对话和邮件方式进行交流的其他人。

在本书写到一半的时候，我加入了 Cloudera，我想感谢我的同事，他们给我提供了大量帮助和支持，使我有足够的时间写书，并且很快完成了写作。

我非常感谢我的编辑 Mike Loukides 与其 O'Reilly Media 的同事，他们在本书准备阶段提供了很多帮助。Mike 一直在回答我的问题，阅读我的草稿，并使我能如期完成写作。

最后，写作本书是一项艰巨的任务，如果没有家庭的长期支持，我是不可能完成的。我的妻子 Elianc，不仅包办家庭琐事，还帮助我审稿、编辑和字斟句酌。我的女儿 Emilia 和 Lottie，一直对我表示理解，在这里，我期望能有更多的时间陪陪她们。

目 录

第 1 章 初识 Hadoop	1	namenode 和 datanode	44
数据! 数据!	1	命令行接口	45
数据存储与分析	3	基本文件系统操作	46
与其他系统相比	4	Hadoop 文件系统	47
关系型数据库管理系统	4	接口	49
网格计算	6	Java 接口	51
志愿计算	8	从 Hadoop URL 中读取数据	51
Hadoop 发展简史	9	通过 FileSystem API 读取数据 ...	52
Apache Hadoop 和 Hadoop 生态圈	12	写入数据	55
第 2 章 关于 MapReduce	15	目录	57
一个气象数据集	15	查询文件系统	57
数据的格式	15	删除数据	62
使用 Unix 工具进行数据分析	17	数据流	62
使用 Hadoop 分析数据	18	文件读取剖析	62
map 阶段和 reduce 阶段	18	文件写入剖析	65
Java MapReduce	20	一致模型	68
横向扩展	27	通过 distcp 并行复制	70
数据流	28	保持 HDFS 集群的均衡	71
combiner	30	Hadoop 存档	71
运行分布式的 MapReduce 作业 ..	33	使用 Hadoop 存档工具	72
Hadoop 的 Streaming	33	不足	73
Ruby 版本	33	第 4 章 Hadoop I/O	75
Python 版本	36	数据完整性	75
Hadoop 的 Pipes	37	HDFS 的数据完整性	75
编译运行	38	LocalFileSystem	76
第 3 章 Hadoop 分布式文件系统	41	ChecksumFileSystem	77
HDFS 的设计	41	压缩	77
HDFS 的概念	43	codec	78
数据块	43	压缩和输入分片	83
		在 MapReduce 中使用压缩	84

序列化.....	86	第 6 章 MapReduce 的工作机制	167
Writable 接口	87	剖析 MapReduce 作业运行机制.....	167
Writable 类	89	作业的提交.....	167
实现定制的 Writable 类型.....	96	作业的初始化	169
序列化框架	101	任务的分配.....	169
Avro	103	任务的执行.....	170
基于文件的数据结构	116	进度和状态的更新.....	170
SequenceFile.....	116	作业的完成.....	172
MapFile	123	失败.....	173
第 5 章 MapReduce 应用开发	129	任务失败	173
配置 API	130	tasktracker 失败	175
合并多个源文件	131	jobtracker 失败.....	175
可变的扩展	132	作业的调度.....	175
配置开发环境	132	Fair Scheduler	176
配置管理	132	Capacity Scheduler.....	177
辅助类 GenericOptionsParser, Tool 和 ToolRunner	135	shuffle 和排序.....	177
编写单元测试	138	map 端	177
mapper.....	138	reduce 端.....	179
reducer	140	配置的调优.....	180
本地运行测试数据	141	任务的执行.....	183
在本地作业运行器上运行作业 ..	141	推测执行	183
测试驱动程序.....	145	任务 JVM 重用	184
在集群上运行	146	跳过坏记录.....	185
打包	146	任务执行环境	186
启动作业	146	第 7 章 MapReduce 的类型与格式.....	189
MapReduce 的 Web 界面.....	148	MapReduce 的类型	189
获取结果	151	默认的 MapReduce 作业	192
作业调试	153	输入格式	198
使用远程调试器	158	输入分片与记录	198
作业调优	160	文本输入	209
分析任务	160	二进制输入	213
MapReduce 的工作流	163	多种输入	214
将问题分解成 MapReduce 作业 ..	163	数据库输入(和输出).....	215
运行独立的作业	165	输出格式	215
		文本输出	216

二进制输出	216	Hadoop 守护进程的地址和端口 ...	278
多个输出	217	Hadoop 的其他属性	279
延迟输出	224	创建用户帐号	280
数据库输出	224	安全性	281
第 8 章 MapReduce 的特性	225	Kerberos 和 Hadoop	282
计数器	225	委托令牌	284
内置计数器	225	其他安全性改进	285
用户定义的 Java 计数器	227	利用基准测试程序测试 Hadoop 集群 ...	286
用户定义的 Streaming 计数器 ...	232	Hadoop 基准测试程序	287
排序	232	用户的作业	289
准备	232	云端的 Hadoop	289
部分排序	233	Amazon EC2 上的 Hadoop	290
全排序	237	第 10 章 管理 Hadoop	293
辅助排序	241	HDFS	293
连接	247	永久性数据结构	293
map 端连接	247	安全模式	298
reduce 端连接	249	日志审计	300
边数据分布	252	工具	300
利用 JobConf 来配置作业	252	监控	305
分布式缓存	253	日志	305
MapReduce 库类	257	度量	306
第 9 章 构建 Hadoop 集群	259	Java 管理扩展(JMX)	309
集群规范	259	维护	312
网络拓扑	261	日常管理过程	312
集群的构建和安装	263	委任和解除节点	313
安装 Java	264	升级	316
创建 Hadoop 用户	264	第 11 章 Pig 简介	321
安装 Hadoop	264	安装与运行 Pig	322
测试安装	265	执行类型	322
SSH 配置	265	运行 Pig 程序	324
Hadoop 配置	266	Grunt	324
配置管理	267	Pig Latin 编辑器	325
环境设置	269	示例	325
Hadoop 守护进程的关键属性 ..	273	生成示例	327