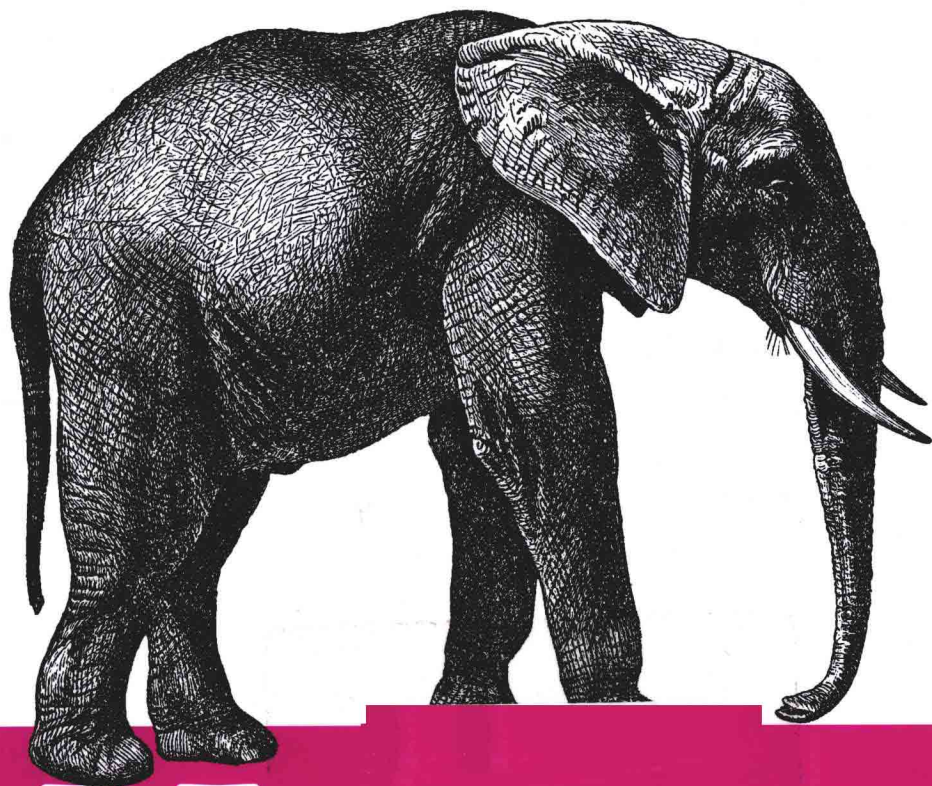


*Hadoop: The Definitive Guide*



# Hadoop

权威指南 (中文版)

*Tom White* 著  
曾大聃 周傲英 译  
周敏 审校

O'REILLY®

YAHOO! PRESS

清华大学出版社

---

# Hadoop 权威指南

(中文版)

Tom White 著  
曾大聃 周傲英 译  
周 敏 审校

**O'REILLY®**

*Beijing • Cambridge • Farnham • Köln • Sebastopol • Taipei • 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 14 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;如何安装 Hadoop 集群,如何管理 Hadoop;Pig 简介;Hbase 简介;ZooKeeper 简介,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,管理员可以从中了解如何安装与运行 Hadoop 集群。

Copyright © 2009 Tom White. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition, by O'Reilly Media, Inc., is published by Tsinghua University Press, 2010. Authorized translation of the original English edition, 2009 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 2009 年出版。

本书中文简体版由 O'Reilly Media, Inc. 授权清华大学出版社出版 2010 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:01-2009-5152

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(中文版)/(美)怀特(White, T.)著;曾大聘,周傲英译;周敏审校. —北京:清华大学出版社, 2010.5

书名原文: Hadoop: The Definitive Guide

ISBN 978-7-302-22424-2

I. H… II. ①怀… ②曾… ③周… ④周… III. 数据处理—应用软件—指南 IV. TP274-62  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 064977 号

责任编辑:文开琪

封面设计:Ellie Volckhausen 张健

版式设计:北京东方人华科技有限公司

责任印制:杨艳

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:178×233 印 张:33 字 数:769 千字

版 次:2010 年 5 月第 1 版 印 次:2010 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:79.00 元

---

产品编号:034686-01

---

# 推荐序

Hadoop 起源于 Nutch。当时，我们少数几个人正在打算构建一个开源的网络搜索引擎，但受困于如何管理仅运行于几台计算机的计算。在 Google 发布 GFS 和 MapRduce 的论文后，我们解决这个问题的思路变得清晰起来。他们设计的系统准确解决了我们在 Nutch 中碰到的问题。因此，我们两个中途开始尝试重建这些系统，将其作为 Nutch 的一部分。

我们成功地让 Nutch 运行在 20 台计算机上，但很快我们意识到，要想处理 Web 的巨大规模，我们需要在上千台计算机上运行它，显然，这远远不是两个 half-time 开发人员能够对付的。。

在那段时间，Yahoo! 对其产生兴趣，并迅速组建了一个团队，我也加入其中。我们将 Nutch 的分布式运算这部分独立出来，命名为 Hadoop。在 Yahoo! 的帮助下，Hadoop 很快成为确实可扩展应用于 Web 的技术。

2006 年，Tom White 开始效力于 Hadoop。由于之前已通过他写的一篇有关 Nutch 的精彩论文认识他，所以，我知道他能够用清晰的语言表达复杂的理念。我也很快意识到，他还能编写体现其思想的软件。

首先，Tom 对 Hadoop 的贡献体现了他对用户和项目的关注。与大多开源工作者不同，Tom 并不怎么关心如何将系统调整到更符合他的需求，而是努力使它变得更方便所有人使用。

一开始，Tom 着重于使 Hadoop 在亚马逊的 EC2 和 S3 上顺畅运行。而后他转向各种各样的问题。包括改进 MapReduce 的 API，改善网站，设计对象序列化框架。在任何时候，Tom 都很清晰地表达他的构想。很快，Tom 赢得 Hadoop 项目负责人的身份并很快成为 Hadoop 项目管理委员会的成员。

现在，Tom 是 Hadoop 开发社区一名令人尊敬的高级成员。尽管他是这个项目的技术多面手，但他最大的专长还是让 Hadoop 更易于使用和理解。

因此，当我得知 Tom 有意写一本有关 Hadoop 的书时，我非常开心。还有谁更具备这个资格呢？现在您有此良机向大师学习 Hadoop，在享用技术本身的同时，品味他的睿智和清晰的文风。

Doug Cutting

于院棚，加州

---

# 笑看云卷云舒

(编者按：在国内，提起 Hadoop，圈内人物第一个想到就是邵铮。这位 Hadoop 社区积极的推动者和志愿者，有 Hadoop 的地方，就活跃着邵铮和他的朋友们和随随者们。在 Hadoop 社区，这批有理想、有抱负的互联网新生力量，为着自己的理想，为着开源社区的奉献、共享精神而无私贡献着自己的才华和精力。他们为技术而痴迷，为新技术的发扬光大群策群力，推动着 Web 3.0 的变革。在“Hadoop 中国 2009 云计算大会”上，热烈的现场，精彩的演讲，全神贯注的与会者，都让我们深切感受到他们的传道是卓有成效的，他们的号召力是有积极响应的。)

随着 Internet 数据的爆炸性增长，传统的技术架构已经越来越不适当当前海量数据处理的要求。Hadoop 就是在这样的环境下出现的。Hadoop 的出现代表着互联网软件发展的两个方向。

第一，海量数据处理的广泛应用。Hadoop 的设计思想来源于 Google 的 Google File System 和 Map-Reduce 这两篇学术文章。它最早的应用是为搜索引擎建立索引。目前先进的搜索引擎所抓取的网页数在百亿到千亿的数量级。单个搜索引擎索引的数据量可达 100TB 至 1PB。

然而，如果只有搜索引擎建立索引这样一个应用，Hadoop 是无法达到今天这样的普及程度的。目前，海量数据处理技术已经被广泛的应用于用户行为分析、广告效果分析、产品设计分析、商业智能分析和报表统计等各个环节，为 Internet 公司的发展方向 and 决策制定提供最重要的信息。在 Facebook 公司，每天处理的新数据量就高达 20 TB。Facebook 用户数量的飞速增长与这些数据的深层次分析是分不开的。

第二，开源软件的蓬勃发展。互联网公司最常用的软件套装 LAMP (Linux, Apache,

MySQL 和 PHP) 都是开源的。开源软件在互联网服务的底层架构上发挥着举足轻重的作用。而 Hadoop 无疑是互联网公司在开源社区中的新宠儿。

Hadoop 之所以能在短短 3 年多时间内就迅速崛起, 获得如此广泛的应用, 与其开源性质是息息相关的。互联网时代发展的最大特点是快。在如此短的时间之内研究和开发出的技术, 如果没有一个很好的管理模式能够使其健康的演化发展, 是很容易在同样短的时间之内被取代的。

由于开源技术的开放性, 任何人都能很轻松的参与到 Hadoop 的开发中。这些 Hadoop 开发的志愿者不但帮助了 Hadoop 技术的进一步发展, 同时也为 Hadoop 做了很好的宣传, 吸引了更多的用户。而更多的用户也带来了更多的志愿者, 从而形成一个良性循环和规模效应。开源社区的规模比起任何一家公司都要大很多。

互联网时代, 知识更新的速度越来越快, 软件和互联网从业人员的学习成本是非常大的。相比专利技术和公司内部的专用技术而言, 开源的通用的技术能在将来更长的时间内发挥作用。在国外, Hadoop 已经成为了海量数据处理的事实标准。无数著名的互联网公司, 如 Facebook, Yahoo, Amazon 等都在生产系统中使用 Hadoop。很多国内的互联网公司也在奋起直追。因此, 学习和掌握 Hadoop 技术在今天, 无异于数年前学习和掌握 LAMP 技术一样的重要。

我是 Hadoop 开源项目的一个志愿者。从 2008 年 3 月我加入 Facebook 公司以来, 我在 Hadoop 的子项目 Hive 的开发中投入了大量的时间和精力, 同时也积极参与 Hadoop 核心 (HDFS 和 MAPREDUCE) 的改进和完善。本书英文版作者 Tom White 是我的好友。目前我们都是 Hadoop 项目管理委员会的成员。

一个好的开源软件离不开一个活跃健康的开源社区。从 2008 年 11 月开始, 在中科院计算所的查礼博士、何永强博士, 雅虎北京全球研发中心的郑皓博士、韩轶平, 百度公司的王守彦等人的指导以及大量志愿者的帮助下, 中科院计算所在北京成功的举办了多次 Hadoop 开发者的交流活动。这些活动推动了 Hadoop 在中国的普及, 促进了 Hadoop 开源社区在中国的发展。

同样, 一个好的开源软件也离不开一本好书。在此, 我想感谢原书作者 Tom White 和译者、编辑们的辛勤劳动, 以及上述支持和参与到 Hadoop 开发者活动中的朋友们的努力和付出。希望这本书能给千千万万渴望了解 Hadoop 技术的朋友提供一些帮助, 也希望更多的读者能加入我们的队伍, 共同推动 Hadoop 技术和开源社区的发展。

邵铮

于帕罗拉多家中, 美国加州

---

# 译者序

随着数据规模的急剧增加、应用类型的巨大丰富，企业和个人用户信息使用模式的变化已经远远超过了原有系统平台所提供的局限。越来越多的应用和平台，不论对企业级还是个人级用户都不堪重负，应接不暇。系统的大集中，企业应用平台的不断累加；个人用户桌面应用更是五花八门呈爆炸式增长；sars、5.12 和 H1N1，传统数据分析处理领域在面临新的重大问题时，需要更多领域数据的融合和协作。在这种巨大的潮流和趋势力的推动下，风起“云”涌。云计算被推上了计算机科学和应用的舞台，带来信息使用模式的巨大变革。

我也曾思考，为什么将其称为云，这是一个为用户屏蔽了底层异构的软硬件资源，为其提供服务和资源的平台，各种不同类型的资源经过层层虚拟化技术之后，针对虚拟资源的分配、共享和使用。是分布式计算技术和信息处理技术，以及网络技术、Web 技术等，在架构层、应用层全面融合之后产生的必然结果。SaaS，PaaS，CaaS，IaaS，DaaS，云上的应用种类繁多，仍在发展中，将其定义成云或者什么其他都是不重要的，重要的是我们在之上，将数据、软件和平台等等的复杂构建、安装和维护工作转嫁给云提供商，通过大型的用户池共享资源来降低基础设施成本，不同层面的用户将在云上轻松得到自己想要的，做到 thin client 和 on-demand service。

Google 的 App Engine 允许用户通过使用其提供的 API，在 Google 云上构建自己的应用；Amazon 的云平台 EC3，S3 等为用户提供了种类丰富的云计算服务；Google 和 IBM 联合宣布推广“云计算”的计划，包括卡内基梅隆大学、斯坦福、伯克利、华盛顿大学、MIT、清华大学都加入了这项计划。通过这项计划，高校的研究者能够更方便地利用 Google 和 IBM 的云计算资源，搭建出各种创新性的应用。未来的云计算平台中，用户个人维护的操作系统将被浏览器所取代。这使信息工业界面临一次重新洗牌的机会，我国的软件技术企业应抓住这个机会为云计算的



本土化市场占领先机，同时学术界也将面临新的挑战和机遇。Microsoft 感到了来自 Google 的威胁，微软 MSRA 的 WebStudio 就已经能够提供在 Web 规模上快速搭建应用。国内外各种云计算相关会议和论坛更是不计其数。在这其中，他们都无一例外的将 Hadoop 作为云计算中的重要技术之一。

Apache Hadoop 作为一个开源项目，克隆了 Google 运行系统的主要框架，包括文件系统 HDFS、计算架构 MapReduce 及对于结构化数据处理的 HBase 等。基于此的其他开源项目，比如 Pig, Zookeeper, HIVE 等，为 Hadoop 的使用和系统架构也带来了更多的福音。目前正在进行 Hadoop Avro 等，各种工作也将推进 Hadoop 在云计算的实现中扮演越来越重要的角色。利用 Hadoop，对底层，可以实现对集群的控制和管理；对上层，可以更加便捷的构建企业级的应用。Hadoop 实现海量数据的管理和分布式数据处理，使传统的分布式计算中的数据分割和错误管理等复杂问题屏蔽在于系统本身，从而取得更好的系统伸缩性。使用者可以更多地关注于数据处理本身和对应用问题本身的分析。

本书的作者 Tom White 是 Hadoop 开发团体的重要高级成员，是 Hadoop 项目中许多技术方向的专家，参与了多项 Hadoop 主要技术方向的设计、改进和实施。他对 Hadoop 的卓越贡献，使他成为项目管理委员会成员，并且他是推广 Hadoop 开发和使用的专家。

本书内容组织得很好，思路清晰，紧密结合实际问题，阅读并在实际中实践本书内容将是一个愉快的、充满收获的过程。对于 Hadoop 的开发使用者深刻全面理解其内部原理、使用以及二次开发，将很有帮助。

Cloudera 作为一个商业公司致力于推广和培训 Hadoop 的使用，这是它出版的第一本 Hadoop 书籍，颇具代表性和全面性。国外使用这门技术已经比较成熟了，并且发挥了较高经济效益。

为了推动该技术在国内的普及，让更多读者更早受益，本书经过我们精心雕琢而成。在此期间，文开琪编辑为该书的出版付出了非常多的努力和辛勤工作，令人敬佩。由于时间有限、工作繁重，译著不足纰漏难免，欢迎广大读者批评、指正和交流。

尾声：在云得到了蓬勃的发展和广泛的机会的同时，我们也该警醒。这时候更加欢迎负面和反对的声音。关注于云安全及相关规范的制订，相关技术的合理使用，以及配套应急措施的实施。只有这样才能使云以更低的代价受益于更多的人，对于云在未来的扩展和推广，更具有普遍的意义。

曾大聃

二零一零年五月

---

# 前 言

马丁·加德纳(数学家和科学作家), 曾经在一次采访中说道:

“没有微积分, 我的生命就失去了意义。这是我成功的秘诀。我花了如此长的时间了解我在写什么, 所以我知道如何写作才能让大多数读者明白我的意思。”

在许多方面, 这就是我对 Hadoop 的感觉。它的内部工作机制是复杂的、相互依赖的, 因为它运行在分布式系统的理论、实用技术和技术常识这些复杂的基础之上。对于门外汉来说, Hadoop 就像是异形一样难以理解。

但事实上并不是这样的。剥离其核心, Hadoop 提供给组件分布式系统的工具——如数据存储、数据分析和协调——是十分简单的。如果有一个共同的主题, 那么它将与提高抽象水平相关的——为程序员创建用于处理这些事情的基础架构, 这些程序员中, 或者正好有大量数据需要存储, 或者有大量数据需要分析, 或者有大量机器需要协调, 或者没有时间、技能或兴趣成为分布式系统专家。

借由这样一个简单的、普遍适用的功能组合, 在开始使用这个理当被广泛普及的 Hadoop 的时候, 我的想法逐渐清晰起来。然而, 在当时(2006 年初), 设置、配置和编写程序来使用 Hadoop 称得上是一门艺术。幸运的是, 此后有了明显的进步, 因为有更多的文件, 更多的例子, 一旦有疑问, 还有那么多邮件地址可以发过去帮助你解惑。但对大多数新手来说, 最大的障碍是理解这项技术能做什么, 它的长处何在, 如何使用它。这就是我写这本书的原因。

Apache Hadoop 社区已经走过了漫长的道路。在三年的过程中, Hadoop 项目已经拓展并分成许多子项目。在这个时候, 软件已在性能、可靠性、可扩展性和可管理性上有了很大的飞跃。然而为了获得更为广泛地应用, 我相信我们需要让 Hadoop

变得更容易使用。这将涉及三方面的工作：编写更多的工具；与更多的系统集成；编写新的改进后的 API。我期待成为完成这项工作的一员，并且我希望这本书也能鼓励和帮助其他人完成这些事情。

## 写作风格的说明

在文中特定 Java 类的讨论中，我往往会省略其包名以减少混乱。如果需要知道一个类是放在哪个包里的，可以轻松地从 Hadoop 的 Java API 文档中查找到有关的子项目，这些条目与 Apache Hadoop 的主页 <http://hadoop.apache.org/> 链接。或者，如果使用的是 IDE，它可以帮助使用其自动完成机制。

同样，虽然它偏离一贯的教学规则，但是从相同的使用星号通配符的包中导入不同的类还是能节省空间的(例如：`import org.apache.hadoop.io.*`)。

本书的示例程序可以从本书相关网站下载，网址为 <http://www.hadoopbook.com/>。还可以在此找到获得本书所用数据库的指令以及更多运行本书程序的注解、更新链接、其他资源以及我的 blog。

## 本书内容

本书其余部分内容如下。第 2 章介绍 MapReduce。第 3 章着眼于 Hadoop 的文件系统，特别深入地讲解 HDFS。第 4 章涵盖 Hadoop 基础的 I/O 输入和输出，主题包括：数据的完整性、压缩、序列化和基于文件的数据结构。

接下来的 4 章更深入地涉及 MapReduce。第 5 章讲述全程开发一个 MapReduce 应用程序的实际步骤。第 6 章着眼于从用户的观点来看 MapReduce 如何在 Hadoop 上实现。第 7 章涉及 MapReduce 编程模型及 MapReduce 可以处理的各种数据格式。第 8 章的主题为如何改进 MapReduce，包括排序和联接(JOIN)数据。

第 9 章和第 10 章是写给 Hadoop 管理员看的，阐述如何建立和维持在 Hadoop 集群上运行 HDFS 和 MapReduce。

第 11 章、第 12 章和第 13 章分别提供了 Pig，HBase 和 ZooKeeper 应用示例。

最后，第 14 章提供 Apache Hadoop 社区成员贡献的综合案例研究。

# 本书所用约定

本书采用如下印刷约定。

## *斜体*

表示新名词，URL，电子邮件地址，文件名，文件扩展名，路径名，目录和 Unix 实用程序。

## 等宽字体

表示命令、选项、开关、变量、属性、键值、函数、类型、类、命名空间、方法、模块、参数、参数、值、对象、事件、事件句柄、XML 标签、HTML 标签、文件内容或者命令输出。

## 等宽粗体

显示需要用户逐字输入的命令或者其他文字。也用于代码中的强调。

## 等宽斜体

显示应该被用户输入值代替的文字。

## [...]

表示引用参考文献。

---

注意：该图标表示一个技巧，建议或一般注解。

---

---

警告：该图标表示警告或注意事项。

---

# 示例代码的使用

本书的目的是帮助你完成任务。一般来说，可以使用在本书的程序和文档中的代码。不需要联络我们即可获得许可，除非是要复制代码的重要部分。例如，写一个使用本书几大块代码的程序并不需要经过我们许可。销售或分发含有来自 O'Reilly 书籍中的例子的光盘需要许可。回答问题援引本书和引用示例代码也不需要许可。把本书中的大量示例代码纳入到你的产品文档需要经过我们许可。

我们对提供版权说明的说法表示赞赏，但不强求。版权说明通常包括书名、作者、

出版商和 ISBN。例如：“Hadoop: The Definitive Guide, Tom 著。版权所有 2009 Tom White, 978-0-596-52197-4。”

如果觉得自己使用示例代码使用上或以上的要求有失公允, 请随时联系我们, 电子邮件地址为 [permissions@oreilly.com](mailto:permissions@oreilly.com)。

## Safari 图书在线

看到 Safari 图书在线标识出现在你最喜欢的技术书籍封面上时, 便意味着此书(英文版)是可以通过 O'Reilly 在线书店购买。

Safari 提供了一个比电子书更好的解决方案。它提供一个虚拟的图书馆, 让你轻松地搜索数千本顶尖的科技图书, 剪切和粘贴代码示例, 下载章节, 并按自己的需要最准确、最及时的信息时, 能够寻找到快速解答。免费试用请访问 <http://my.safaribooksonline.com>。

## 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。你可以访问:

<http://www.oreilly.com/catalog/9780596521974>(英文版)

<http://www.oreilly.com.cn/book.php?bn=978-7-302-22424-2>(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](mailto: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>

## 鸣谢

在写这本书的时候，我间接或直接地请教了很多人。我要感谢 Hadoop 社区，我在此学到了很多。我特别要感谢撰写 HBase 相关内容的 Michael Stack 和 Jonathan Gray。同时要感谢 Adrian Wodhead, Marc de Palol, Joydeep Sen Sarma, Ashish Thusoo, Andrzej Bialecki, Stu Hood, Chris K Wensel, 和 Owen O'Malley 为第 14 章案例研究所做出的贡献。我非常感谢 Mattress Massie 和 ToddlerLipcon 撰写了附录 B。

我还要感谢那些为修改草稿提出许多有益建议的人，他们是：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 让审阅过程变得非常顺利。Philip(“flip”)Kromer 曾帮助我收集和处理本书中 NCDC 气象数据集相关例子。特别感谢 Owen O'Malley 和 Arun C Murthy 为我解释 MapReduce shuffle 的工作原理。对于仍然存在的任何错误，如蒙指正，我将感激不尽。

特别感谢 Doug Cutting 对我的鼓励、支持和友谊，以及对本书所做的贡献。

同时感谢在我写书过程中曾与我交流或发邮件进行讨论的人。

在写作本书的过程中，我加入了 Cloudera，在这里我要感谢我的同事对我的大力支持，让我能够有充足的时间迅速完成本书。

我还要感谢编辑 Mike Loukides 及其 O'Reilly 的同事对本书的帮助。Mike 一直都在回答我的问题，阅读我的初稿，并帮助我掌握进度。

最后，写作本书工作量很大，没有家庭持之以恒的支持，我不可能完成写作。我的妻子 Eliane，不仅操持家务，还帮助我审查、编辑和校对本书的案例。我的女儿，Emilia 和 Lottie，一直都十分体谅我，我期待着能够花更多时间陪伴她们。

---

# 目 录

第 1 章 初识 Hadoop .....	1
1.1 数据! 数据 .....	1
1.2 数据的存储和分析 .....	3
1.3 相较于其他系统 .....	4
1.3.1 关系型数据库管理系统 .....	5
1.3.2 网格计算 .....	6
1.3.3 志愿计算 .....	8
1.4 Hadoop 发展简史 .....	9
1.5 Apache Hadoop 项目 .....	12
第 2 章 MapReduce 简介 .....	15
2.1 一个气象数据集 .....	15
2.2 使用 Unix Tools 来分析数据 .....	17
2.3 使用 Hadoop 进行数据分析 .....	19
2.3.1 map 和 reduce .....	19
2.3.2 Java MapReduce .....	20
2.4 分布化 .....	30
2.4.1 数据流 .....	30
2.4.2 具体定义一个 combiner .....	34
2.4.3 运行分布式 MapReduce 作业 .....	35
2.5 Hadoop 流 .....	35
2.5.1 Ruby 语言 .....	36
2.5.2 Python .....	38
2.6 Hadoop 管道 .....	40

<b>第 3 章 Hadoop 分布式文件系统</b> .....	44
3.1 HDFS 的设计 .....	44
3.2 HDFS 的概念 .....	45
3.2.1 块 .....	45
3.2.2 名称节点与数据节点 .....	47
3.3 命令行接口 .....	48
3.4 Hadoop 文件系统 .....	50
3.5 Java 接口 .....	54
3.5.1 从 Hadoop URL 中读取数据 .....	54
3.5.2 使用 FileSystem API 读取数据 .....	56
3.5.3 写入数据 .....	59
3.5.4 目录 .....	62
3.5.5 查询文件系统 .....	62
3.5.6 删除数据 .....	67
3.6 数据流 .....	68
3.6.1 文件读取剖析 .....	68
3.6.2 文件写入剖析 .....	71
3.6.3 一致模型 .....	73
3.7 通过 distcp 进行并行复制 .....	75
3.8 Hadoop 归档文件 .....	77
3.8.1 使用 Hadoop Archives .....	77
3.8.2 不足 .....	79
<b>第 4 章 Hadoop 的 I/O</b> .....	80
4.1 数据完整性 .....	80
4.1.1 HDFS 的数据完整性 .....	81
4.1.2 本地文件系统 .....	82
4.1.3 ChecksumFileSystem .....	82
4.2 压缩 .....	83
4.2.1 编码/解码器 .....	84
4.2.2 压缩和输入分割 .....	89



4.2.3	在 MapReduce 中使用压缩 .....	90
4.3	序列化 .....	92
4.3.1	Writable 接口 .....	93
4.3.2	Writable 类 .....	96
4.3.3	实现自定义的 Writable .....	104
4.3.4	序列化框架 .....	109
4.4	基于文件的数据结构 .....	111
4.4.1	SequenceFile 类 .....	112
4.4.2	MapFile .....	120
<b>第 5 章</b>	<b>MapReduce 应用开发 .....</b>	<b>125</b>
5.1	API 的配置 .....	126
5.1.1	合并资源 .....	127
5.1.2	各种扩展形式 .....	128
5.2	配置开发环境 .....	128
5.2.1	配置的管理 .....	129
5.2.2	GenericOptionsParser, Tool 和 ToolRunner .....	131
5.3	编写单元测试 .....	134
5.3.1	Mapper .....	135
5.3.2	reducer .....	137
5.4	本地运行测试数据 .....	138
5.4.1	在本地作业运行器上运行作业 .....	139
5.4.2	测试驱动程序 .....	142
5.5	在集群上运行 .....	144
5.5.1	打包 .....	144
5.5.2	启动作业 .....	144
5.5.3	MapReduce 网络用户界面 .....	146
5.5.4	获取结果 .....	150
5.5.5	调试作业 .....	151
5.5.6	使用远程调试器 .....	157
5.6	作业调优 .....	159
5.7	MapReduce 的工作流 .....	162