



地理信息科学系列

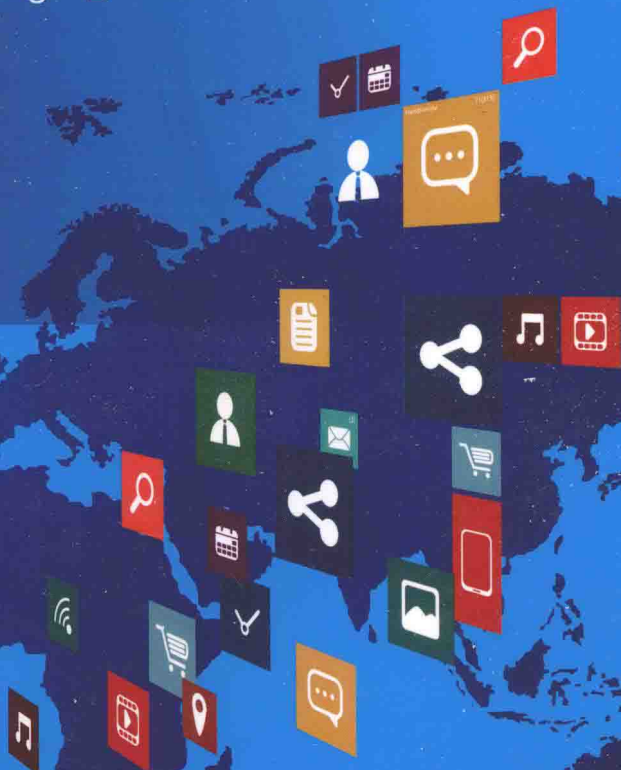
CRC Press
Taylor & Francis Group

空间云计算——应用与实践

Spatial Cloud Computing A Practical Approach

Chaowei Yang Qunying Huang 著

李锐 黄蔚 金宝轩 译



高等教育出版社



地理信息科

空间云计算——应用与实践

Spatial Cloud Computing
A Practical Approach

Chaowei Yang Qunying Huang 著
李锐 黄蔚 金宝轩 译



高等教育出版社·北京

图字 : 01-2015-0145 号

Spatial Cloud Computing: A Practical Approach/Chaowei Yang, Qunying Huang

© 2014 by Taylor & Francis Group, LLC

All Rights Reserved.

Authorized translation from the English language edition published by CRC Press, an imprint of Taylor & Francis Group LLC. 本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下 CRC 出版公司出版, 并经其授权翻译出版, 版权所有, 侵权必究。

Higher Education Press Limited Company is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (simplified characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. 本书中文简体翻译版授权由高等教育出版社有限公司独家出版并仅限在中国大陆地区销售。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal. 本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

图书在版编目 (CIP) 数据

空间云计算: 应用与实践 / (美) 杨超伟, (美) 黄群英著; 李锐, 黄蔚, 金宝轩译. -- 北京: 高等教育出版社, 2015. 8

书名原文: Spatial Cloud Computing: A Practical Approach

ISBN 978-7-04-042832-2

I. ①空… II. ①杨… ②黄… ③李… ④黄… ⑤金…
III. ①计算机网络—研究 IV. ① TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 124608 号

策划编辑	关 焱	责任编辑	关 焱	封面设计	张 楠	版式设计	王艳红
插图绘制	于 博	责任校对	殷 然	责任印制	田 甜		

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	北京嘉实印刷有限公司	网上订购	http://www.landrace.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.landrace.com.cn
印 张	22.25	版 次	2015年8月第1版
字 数	420千字	印 次	2015年8月第1次印刷
插 页	4	定 价	69.00元
购书热线	010-58581118		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 42832-00

审图号 GS (2015) 574 号

《地理信息科学系列》编辑委员会

主 编:林 瑋

副主编:施 迅

秘书长:叶信岳

编 委:(按姓氏拼音字母排序)

鲍曙明 密歇根大学

付品德 美国环境系统研究所公司

郭庆华 加利福尼亚大学默塞德分校

林 瑋 香港中文大学

柳 林 辛辛那提大学

刘雪华 清华大学

孟立秋 慕尼黑工业大学

施 迅 达特茅斯学院

沈振江 金泽大学

王法辉 路易斯安那州立大学

王野乔 罗得岛大学

叶信岳 肯特州立大学

丛 书 序

《地理信息科学系列》是国际华人地理信息科学协会(CPGIS)与高等教育出版社合作的重要成果。基于全体会员的共同理想并通过大家 20 余年的不懈努力,CPGIS 不仅在中国地理信息科学的发展中承担了光荣的历史责任,并稳步走上国际地理信息科学的舞台。回望 1992 年的夏天,协会在美国布法罗大学成立的首届年会中就积极开展了地理信息学和空间信息学的讨论,并于 1995 年在香港中文大学正式将 CPGIS 年会转型为地理信息学国际会议。从 1993 年科学出版社出版 CPGIS 的第一部论文集《地理信息系统的发展与前景》开始,到 2009 年国际出版商 Taylor & Francis 出版集团正式邀请 CPGIS 的学术期刊加盟,CPGIS 逐步实现了协会成立时确定的重要目标之一,即依靠 CPGIS 凝聚的人才库,建设促进中国与国际地理信息科学界交流的知识库。

CPGIS 是一个不断壮大的人才库,会员中不仅有享誉国际的著名学者,也有初出茅庐的年轻学子。然而,推动 CPGIS 稳步前行的是一批活跃在国内外地理信息科学与技术前沿的中青年会员。他们勇于探索,思路开阔,积极实践,在科研、教学与技术开发中多有心得收获。能够分享到他们的学术心得将有益于我国的地理信息科技事业,尤其是可以为青年学生的培养提供宝贵的参考资料。自 1993 年组团回国巡回讲学开始,CPGIS 会员们走进了我国所有的省、自治区和直辖市,在超过 100 所高等院校和科研机构举办了内容丰富的学术交流讲座,受到各地教师和学生的高度评价与欢迎。显然,这也是作为我国专业教育出版机构的高等教育出版社关注 CPGIS 这个人才库的原因。我相信,CPGIS 与高等教育出版社合作出版的这套丛书将会成为 CPGIS 参与我国地理信息科技发展的又一个里程碑。

《地理信息科学系列》是一个地理信息科技的知识库,主要面向高等院校的高年级本科生和研究生。本丛书将邀请在各国工作的 CPGIS 会员介绍国际地理信息科技的前沿理论、方法与技术以及在各领域的应用。我真诚地希望看到这套丛书能够成为一扇“窗”,让年轻的朋友们透过这扇“窗”看到地理信息科技发展的远景,看到正在他们脚下伸展的宽阔道路。



2015 年 5 月 26 日

香港中文大学

译者序

云计算正在成为一种通用的计算技术,它将深刻地改变地球科学应用研究的传统方法和模式,解决21世纪地球科学面临的诸多挑战。本书的原著作者在云计算与地球科学领域做了大量的研究与开发工作。基于第一手的研究与实践资料,本书完整地阐释了为什么和如何在地球科学中应用云计算,并基于作者在空间云计算的发展研究中做的一系列工作,通过实例一步步地详细介绍如何实现云支撑的地球科学应用。本书可为读者提供系统的空间云计算知识,指导读者了解空间云计算,应用空间云计算,进一步研究空间云计算。

本书的原著作者 Chaowei Yang 博士(教授)在过去数年间引领了地球科学计算方面的发展,是空间云计算的奠基人之一。他在 *International Journal of Digital Earth* 上发表的文章“Spatial Cloud Computing”堪称该领域的经典,曾被高频次地引用。本书是 Chaowei Yang 博士(教授)及其研究团队总结了最近6年的研究与实践成果,参考了大量的资料,形成的目前空间云计算研究领域最新、最全的论著。包括空间云计算的概念、最新的技术与应用、现状和发展方向,涉及当前所有与空间信息有关的云技术与云平台,使读者能更好地理解空间云计算,特别是深入地理解云计算如何满足地球科学的需求与发展。该书可促进地球科学的研究,指导并实现地球科学及地理信息服务成为全社会的基础服务设施,使其规模化、专业化、集约化、智能化。本书取材新颖,概念清晰,通俗易懂,在广度、深度及先进性等方面都做了综合考虑。

本书的翻译力求忠于原著作者的原意。考虑到本书可以作为一本空间云计算的基础教材,我们在许多空间云计算的专业术语后面注上英文原文,并在书后列出英汉对照主题索引,方便读者对照理解。本书的在线内容可在以下网址下载:<http://academic.hep.com.cn>。译者希望本书的翻译能吸引更多的读者进入空间云计算研究领域,同时也能给空间云计算的研究者和开发者提供知识的更新和补充。

本书的翻译由李锐、黄蔚、金宝轩合作完成,全书由李锐统稿。在本书的翻译过程中,得到了原著作者 Chaowei Yang 博士(教授)、Qunying Huang 博士、Chen Xu 博士,以及 Zhenlong Li 博士、Kai Liu 先生、Zhipeng Gui 博士、Min Sun 博

士、Jizhe Xia 先生、Nanyin Zhou 女士和武汉大学张彤博士(副教授)的支持,同时也得到石小龙、樊珈佩、周振、杨宁等硕士研究生的帮助,在此表示深深的谢意。同时,感谢高等教育出版社的编辑给予我们全面的帮助和支持。本书得到了国家自然科学基金项目“基于群体用户密集访问模式的网络地理信息并发服务方法研究”(项目编号:41371370)的资助和国际摄影测量和遥感学会第四委员会工作组 II/IV (ISPRS ICWG II/IV)的支持,在此一并致谢。

由于种种原因,书中的错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

前 言

1. 我们为什么写这本书？

有多种动力促使我们写这本书。大约在 2008 年云计算开始形成时,我们已经开始在地球科学应用中使用云计算技术。在过去的几年中,计算机科学领域出版了许多关于云计算的书,然而没有一本书能从多个不同方面详细地介绍地球科学群体如何利用云计算。我们的第一个动力是填补这项空缺。本书的第一部分和第二部分从不同方面为地球科学群体讲解了地球科学中为什么和如何采用云计算。

第二个动力来自于我们于 2011 年发表在 *International Journal of Digital Earth* 上并被广泛引用的文章“Spatial Cloud Computing”。该篇文章介绍了云计算的基本概念,以及云计算能够为地球科学研究和应用带来的优势和好处。同时我们也收到了很多关于如何利用这些优势以及如何在使用云计算的咨询。针对咨询的问题,本书在第二部分和第三部分逐步地讲解了如何运用云技术来支撑地球科学的应用。

针对在地球科学应用中使用的云计算,我们开展了一系列的研究和开发项目。这些项目在本书的第二部分、第三部分和第四部分有详细的介绍和说明,包括使用商业云服务和开源解决方案两种方法,将一个门户网站迁移到云服务中以及探索地球科学应用云计算的就绪度。如果我们将第一手经验以文献的形式形成系统的知识,这将非常有助于一些地球科学学者和地球科学应用的开发人员在他们的研究和应用中评估、选择、计划和实施云操作。同时,这也是我们编写本书的第三个动力。

我们将过去 6 年的经验写成一本系统的和技术先进的书,为地球科学群体展示了如何采用云计算,包括云计算的概念(第一部分),迁移应用到云服务中(第二部分),云支撑下的地球科学应用(第三部分),云就绪度测试和联邦云采用的方案(第四部分)及未来支撑地球科学的云计算研究方向(第五部分)。我们期待本书能给希望初步了解空间云计算,或者在应用中采用云计算,或者进一步深入地研究空间云计算的读者提供系统性的知识。

2. 我们是如何写这本书的?

在2012年,CRC出版公司/Taylor & Francis(Irma Britton)出版集团认识到地球科学群体对云计算一书的需求,并认同了作者的团队在此方面的努力。在过去的几年中,我们根据13个步骤,确保为读者撰写一本内容和结构良好的书:

- ① 作者 Chaowei Yang 博士、Qunying Huang 博士、Chen Xu 博士以及 Zhenlong Li 先生、Kai Liu 先生与各章作者确定了本书的结构和各章内容。这些作者都是相关项目的开发者和研究者。
- ② 各章内容由多个作者撰写,并有一个或多个编辑参与;
- ③ 为了确保各章内容符合整本书的设计,Chaowei Yang 博士负责第一部分、第二部分和第五部分的审校,Chen Xu 博士负责第四部分的审校,Zhenlong Li 先生负责第3章、第5章和第三部分的审校;
- ④ 同时,他们为各章作者提出结构和内容方面的建议,以确保本书的整体结构是完整的;
- ⑤ 各章作者独立修改和审校整个章节;
- ⑥ 其他相关章节的作者对该章节进行内部审校,确保章节间内容的连贯;
- ⑦ 在必要的时候,各章作者修改和调整该章节内容;
- ⑧ 各章由2~4名专家进行外审;
- ⑨ 根据外审专家的建议,各章作者和每部分的编辑共同修改该章节内容;
- ⑩ Chaowei Yang 博士、Chen Xu 博士和 Zhenlong Li 先生对各章进行最后的审查和校对;
- ⑪ Nanyin Zhou 对整本书进行排版,Taylor & Francis 负责完成各章内容和整本书的编辑;
- ⑫ Qunying Huang、Chaowei Yang、Zhenlong Li、Chen Xu 和 Kai Liu 负责在线内容的开发和部署,包括各章的演讲幻灯片以及在线代码、脚本、虚拟镜像、视频和文档,使读者能容易地重复本书中描述的云部署过程和应用迁移过程;
- ⑬ 本书的在线内容发布在 Taylor & Francis 出版集团的网站上。本书根据作者的第一手经验撰写而成。书中所有内容均由各项目团队领导人(所有主编)进行检查,并由 Chaowei Yang 进行审核,以确保全书内容自成体系。

3. 本书探讨的是什么?

本书通过17个章节及章节中的实例,从5个方面,为读者介绍了全面的空间云计算知识:

- ① 云计算的基本概念和为什么地球科学需要云计算?
- ② 如何将简单的地球科学应用迁移到云计算?
- ③ 如何使云计算支撑复杂的地球科学应用?
- ④ 如何测试一个云服务是否已准备好支撑地球科学应用?
- ⑤ 有哪些需要进一步研究的问题和需求?

第一部分的第 1 章介绍了地球科学对云计算的需求;第 2 章总结了云计算的体系结构、特征和概念;第 3 章讨论了云计算的支撑技术。

第二部分介绍了将地球科学应用迁移到云服务的一般流程和注意事项。其中第 4 章通过在两个流行的云服务 (Amazon EC2 和 Microsoft Azure) 上部署一个简单的网络应用展示了如何使用云服务。第 5 章介绍了在云平台上部署一般地球科学应用的通用流程,此流程考虑了服务器端脚本、数据库配置和高性能计算需求。第 6 章讨论了如何根据云计算的度量标准和云计算成本模型选择云服务。

第三部分演示了如何将不同的地球科学应用部署到云服务中。第 7 章以云支撑的 ArcGIS 为例介绍了用户如何与云服务交互。本部分中的其他 3 个章节展示了云服务消费者如何使用云支撑 3 种不同的复杂地球科学应用:① 云支撑的数据库、空间索引和支持 GEOS Clearinghouse 的空间网站门户技术;② 云支撑的 Climate@ Home 项目,为其建立独立的模型进行模拟;③ 利用弹性云资源来支持破坏性事件(如沙尘暴)的预报。

第四部分说明利用开源的云解决方案和商业云服务来检测云计算支持地球科学应用的就绪度。第 11 章介绍和比较了 3 种商业云服务:Amazon EC2、Microsoft Azure 和 NASA Nebula。第 12 章利用第三部分描述的 3 种应用,检测 3 种商业云服务的就绪度。第 13 章介绍了 4 种主要的云计算开源解决方案,包括 CloudStack、Eucalyptus、Nimbus 和 OpenNebula,以及它们的性能和就绪度测试,并在第 14 章对它们进行了比较。第 15 章介绍了 GeoCloud 项目的背景、体系结构设计、方案和项目协调。GeoCloud 是一个为地球科学应用定义常见的操作系统和软件包的跨部门协作计划。

最后,第五部分的第 16 章和第 17 章综述了云计算在未来的研究和发展方向。第 16 章介绍了地球科学的数据密集、计算密集、并发访问密集和时空密集特征,以及云服务如何解决这些特征带来的挑战。第 17 章从技术、前景和社会等方面介绍了云计算今后的研究方向。

4. 本书的在线内容

为了更好地帮助有着不同目标的读者使用本书,本书提供以下在线内容 (<http://www.crepress.com/product/isbn/9781466593169>):

- 各章的演讲幻灯片。本书为教师提供幻灯片,以辅助教学过程。幻灯片的内容与本书的内容保持一致。
- 关键问题。本书的各个章节给出了 5 ~ 10 个导读性思考题。读者可通过通读相应章节全文,总结核心内容,找到问题的答案。

- 本书中使用的应用实例的虚拟镜像。第4、5、7、8、9、10章包含了不同等级的实例,从一个简单的网络应用到复杂的地球科学应用,比如 GEOS Clearinghouse(第8章)、Climate@ Home(第9章)和沙尘暴预报(第10章)。这些虚拟镜像包含了可在 Amazon EC2 上使用的源代码和数据。因此,读者可以直接地从这些镜像中启动虚拟机,并测试这些实例。
- 部署应用实例的手册。手册包含将应用部署到云服务的工作流程细节(第4、5、7、8、9、10章)。此外,第12章和第14章还包含云服务测试的详细工作流程。
- 安装和配置应用实例和云服务的脚本。
- 展示逐步部署应用实例的视频。

5. 谁是本书的读者?

为了更加透彻地理解空间云计算,尤其是在支持地球科学应用计算需求方面,本书的写作基于近十年来我们与许多机构和公司合作项目的研究成果。这些项目都是为了解决地球科学应用的计算问题。本书的阅读应根据每一部分和章节的顺序循序渐进,但是读者也可以根据兴趣而省略某些章节。图0.1按知识进展的顺序为读者描述了章节的知识流。

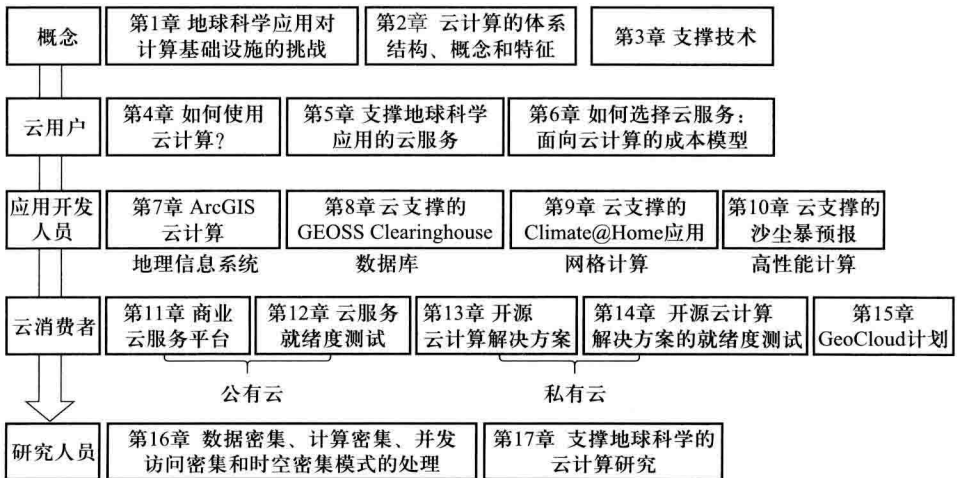


图 0.1 本书的阅读指导

本书可以用作:

- (1) 教科书。教师和学生可结合在线幻灯片和实例讲座,学习云计算不同

方面的知识。各章都包含了演讲幻灯片,也适合作为独立的讲座内容。第二部分至第四部分的章节包含了详细的例子、源代码和数据,可用于课堂练习,为学生提供云使用和部署的实战经验。幻灯片学习的实例也可以作为家庭作业从而加强学生的学习。此外,书中的例子是被精心挑选出来的,遵循从简单到复杂的顺序。如此一来,拥有不同层次背景的学生都可以使用。各章列出了5~10个思考题,帮助学生归纳总结相应章节的核心内容。

(2) 第二部分、第三部分和第四部分循序渐进地提供了云支撑的应用开发人员指导手册。首先,本书提供了将应用部署到云服务的一般性指导手册(第4章)。然后,基于此指导手册,介绍了将地球科学应用部署到云服务的通用的工作流程(第5章)。再基于这个通用的工作流程,使用了3个例子说明:① 如何使用云支撑地球科学应用中的3种不同的类型(数据库、网格计算和高性能计算);② 如何处理不同应用的特殊需求(第8~10章)。本书不但展示了如何使用云服务,而且提供了如何选择合适的云服务的指导(第6章),以及如何测试云服务(第12章和第14章)。

(3) 地球科学研究者的参考资料。本书从不同的方面讲解了有关云计算的知识,从体系结构的需求(第1章)、概念(第2章)、技术(第3章)到应用(第8~10章);从云供应商的选择(第6章)到测试(第12和14章);从商业云服务(第4、5、11和12章)到开源的云解决方案(第13和14章);从使用云计算到解决当代研究和应用问题(第16章),再到未来的研究主题(第17章)。本书可以为拥有不同研究背景和科学领域的地球科学研究者提供云计算知识,从而满足他们的知识需求。

(4) 普通的IT专业人员和决策者的参考书。本书提供了云计算的相关概念、技术细节和操作指导参考。前15章循序渐进地提供了关于云计算的不同方面的知识。第4章、第5章和第7~15章与IT的日常操作密切相关。决策者可以使用第1~3章建立云计算的基础知识;然后可以跳到第6章学习云服务的选择;并可以在第11、13、15章获取有用的信息,包括商业云和私有云的介绍和评估,以助于他们的决策。

致 谢

本书作者在参与以下机构和公司的资金总额超过 1000 万美元的项目过程中积累了经验,包括美国国家航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)、美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)、美国地质调查局(U. S. Geological Survey, USGS)、联邦地理数据委员会(Federal Geodata Commission, FGDC)、微软(Microsoft)公司、地球观测组织(Group on Earth Observations, GEO)、地球信息科学联盟(Earth Science Information Partners, ES-IP)、美国地理学家协会(Association of American Geographers, AAG)、基础设施专业组(Cyberinfrastructure Specialty Group, CISG)、国际摄影测量与遥感学会第四委员会工作组 II/IV、国际华人地理信息科学协会(the International Association of Chinese Professionals in Geographic Information Science, CPGIS)和亚马逊公司(Amazon Inc.)。本书未署名的项目合作者有:Mirko Albani、John Antoun、Jeanette Archetto、Jeff de La Beaujardiere、Don Badrak、Celeste Banaag、David Burkhalter、Robert Cahalan、Songqing Chen、Lloyd Clark、Guido Colangeli、Corey Dakin、Hazem Eldakdoky、David Engelbrecht、John D. Evans、Daniel Fay、Bill Fink、Paul Fukuhara、Andrian Gardner、Pat Gary、Tom Giffen、Steve Glendening、Yonanthan Goitom、Lon Gowen、Sue Harzlet、Mohammed Hassan、Thomas Huang、Haisam Ido、Mahendran Kadannapalli、Ken Keiser、Paul Lang、Wenwen Li、Matthew Linton、Lynda Liptrap、Michael L. Little、Stephen Lowe、Richard Martin、Jeff Martz、Roy Mendelssohn、Dave Merrill、Lizhi Miao、Mark Miller、Nick Mistry、Matthew Morris、Doug Munchoney、Aruna Muppalla、Steve Naus、Slobodan Nickovic、Erik U. Noble、Robert Patt-Corner、Goran Pejanovic、Pete Pollerger、Chris Rusanowski、Todd Sanders、Gavin A. Schmidt、Alan Settell、Khawaja S. Shams、Bryan J. Smith、William Sprigg、Mike Stefanelli、Joe Stevens、Nicola Trocino、Tiffany Vance、Archie Warnock、Mike Whiting、Paul Wiese、Lisa Wolfisch、Huayi Wu、Yan Xu、Abraham T. Zeyohannis。

本书经由外部专家评审了各章节内容。这些专家有:Michael Peterson(美国内布拉斯加大学奥马哈分校)、Ian Truslove(National Sea Ice Data Center)、Chuanrong Zhang(美国康涅狄格大学)、Stefan Falke(Northrop Grumman 公司)、Xuan

Shi(美国阿肯色大学)、Long Pham(美国航空航天局戈达德空间研究中心)、Jian Chen(美国路易斯安那大学)、Jin Xing(加拿大麦吉尔大学)、Marshall Ma(美国伦斯勒理工大学)、Thomas Huang(美国国家航空航天局 JPI 实验室)、Chris Badure(美国阿巴拉契亚州立大学)、Doug Nebert(美国联邦地理数据委员会)、Rick Kim(新加坡国立大学)、Rui Li(武汉大学)、Alicia Jeffers(美国纽约州立大学杰纳苏分校)。Nanyin Zhou(美国乔治梅森大学)对本书的格式进行了修正。Peter Lostrito(美国乔治梅森大学)校对了部分章节。

感谢 Taylor & Francis 集团 CRC 出版社的编辑 Irma Shagla 和她的助手,以及确保手稿以 CRC 出版社标准格式被采纳的出版协调员 Arlene Kopeloff 和 Joselyn Banks-Kyle。在与我们的合作中,他们对本书给出了重要建议并体现出充分的耐心。我们对参与项目工作和帮助本书出版的学生给予衷心的感谢。

最后,我们要感谢我们的家人对我们的支持,包容我们牺牲家庭时间去完成这本书。

Chaowei Yang 感谢他的妻子 Yan Xiang、他的孩子 Andrew Yang、Christopher X. Yang 和 Hannah Yang。

Qunying Huang 感谢她的丈夫 Yunfeng Jiang。

Zhenlong Li 感谢他的妻子 Weili Xiu 和他的儿子 Mason J. Li。

Chen Xu 对他挚爱的妻子 Jianping Han 给予的理解、支持和宽容表示最深厚的感谢。

Kai Liu 感谢他的妻子 Huifen Wang。

目 录

第一部分 地球科学云计算概述

第 1 章 地球科学应用对计算基础设施的挑战	3
1.1 21 世纪地球科学应用带来的挑战和机遇	3
1.1.1 能源问题	3
1.1.2 应急处理	4
1.1.3 气候变化	5
1.1.4 可持续发展	6
1.2 新型计算基础设施的需求	7
1.2.1 提供足够的计算能力	7
1.2.2 实时响应	8
1.2.3 节约能源	8
1.2.4 节省预算	9
1.2.5 增加可访问性	9
1.3 云计算的诞生	9
1.3.1 分布式计算	9
1.3.2 按需服务	10
1.3.3 计算共享和成本节省	10
1.3.4 可靠性	11
1.3.5 云计算的兴起	11
1.4 地球科学应用云计算的利与弊	12
1.4.1 云计算的优势	12
1.4.2 问题	13
1.5 总结	13
1.6 思考题	13
参考文献	14

第 2 章 云计算的体系结构、概念和特征	17
2.1 云计算的概念	17
2.2 云计算的体系结构	18
2.3 云计算的特征	20
2.4 服务模式	21
2.5 部署模式和云的分类	24
2.6 云计算资源的回顾	25
2.6.1 商业云	25
2.6.2 开源的云解决方案	27
2.7 总结	28
2.8 思考题	28
参考文献	28
第 3 章 支撑技术	30
3.1 硬件的进展	30
3.1.1 多核和众核技术	30
3.1.2 网络技术	31
3.1.3 存储	31
3.1.4 智能设备	32
3.2 计算技术	32
3.2.1 分布式计算模式	32
3.2.2 计算体系结构模型	32
3.3 虚拟化技术	33
3.3.1 虚拟化技术的实现	33
3.3.2 虚拟化解决方案	34
3.4 分布式文件系统	36
3.4.1 分布式文件系统的介绍	36
3.4.2 Google 文件系统	37
3.4.3 Apache Hadoop 分布式文件系统	37
3.5 Web x.0	38
3.5.1 Web 服务	39
3.5.2 面向服务的体系结构	40
3.6 结论	41
3.7 总结	42
3.8 思考题	42
参考文献	43

第二部分 迁移应用至云服务

第 4 章 如何使用云计算	47
4.1 流行的云服务	47
4.1.1 简介	47
4.1.2 Amazon AWS 和 Windows Azure	48
4.2 应用案例:一个简单的 Web 应用	49
4.2.1 基于 HTML 设计的“Hello Cloud”Web 应用	49
4.2.2 Web 服务器	50
4.3 云服务上部署 Web 应用	51
4.3.1 Amazon 网络服务	51
4.3.2 Windows Azure	61
4.4 结论与讨论	65
4.5 总结	66
4.6 思考题	66
参考文献	67
第 5 章 支撑地球科学应用的云服务	68
5.1 地球科学应用的通用组件	68
5.1.1 服务器端编程	68
5.1.2 数据库	69
5.1.3 高性能计算	69
5.2 支撑地球科学应用的云服务	70
5.3 应用案例	71
5.3.1 数据库驱动的 Web 应用	71
5.3.2 典型的高性能计算应用	77
5.4 总结	83
5.5 思考题	83
参考文献	83
第 6 章 如何选择云服务:面向云计算的成本模型	84
6.1 选择云服务的重要性及挑战	84
6.2 云服务选择的影响因素	85
6.2.1 云服务能力的配置和衡量	85
6.2.2 云平台定价规则	86
6.2.3 应用程序的特点和需求	88