

理解正在变化的星球 地理科学的战略方向

Understanding the Changing Planet
Strategic Directions for
the Geographical Sciences

美国国家科学院国家研究理事会 / 著
刘 毅 刘卫东 等 / 译



科学出版社

科技部创新方法工作 (2007FY140800-2)
科技部国家科技支撑计划项目 (2008BAK50B05)

理解正在变化的星球 地理科学的战略方向

Understanding the Changing Planet
Strategic Directions for
the Geographical Sciences

美国国家科学院国家研究理事会 / 著
刘 毅 刘卫东 等 / 译

科学出版社
北京

图字：01-2011-3981

This is a translation of *Understanding the Changing Planet: Strategic Directions for the Geographical Sciences*, Committee on Strategic Directions for the Geographical Sciences in the Next Decade; National Research Council © 2010. First published in English by the National Academies Press. All rights reserved. This edition published under agreement with the National Academy of Sciences.

图书在版编目 (CIP) 数据

理解正在变化的星球：地理科学的战略方向/美国国家科学院国家研究理事会著；刘毅，刘卫东等译．—北京：科学出版社，2011

ISBN 978-7-03-031769-8

I. ①理… II. ①美… ②刘… III. ①地理学-研究 IV. ①K90

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 122536 号

责任编辑：侯俊琳 陈 超 杨婵娟 王昌凤/ 责任校对：郑金红

责任印制：赵德静 / 封面设计：黄华斌

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码 100717

[http //www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 7 月第 一 版 开本：B5 720×1000

2011 年 7 月第一次印刷 印张：14 3/4

印数：1—2 000 字数：295 000

定价：55.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

美国国家科学院

科学、工程与医学的国家顾问机构

国家科学院是一个由致力于促进科学和技术进步，并应用于公共福利的优秀学者所组成的民间的、非营利的荣誉性自治组织。自 1863 年由国会批准建立以来，国家科学院的使命是为联邦政府提供科学和技术问题的咨询。拉尔夫·J. 西塞罗恩博士是国家科学院院长。

国家工程院成立于 1964 年。根据国家科学院章程，作为杰出工程师的平行机构，在行政管理与成员选举上具有自治权，与国家科学院共同承担为联邦政府提供咨询的责任。国家工程院还主管工程计划，旨在满足国家需求，鼓励教育和研究，并表彰工程师的突出成就。查尔斯·M. 维斯特博士是国家工程院院长。

医学研究所是由国家科学院于 1970 年组织成立的，以确保行业内杰出专家能够审查关注公众健康的有关政策。依据国会赋予国家科学院的职责，研究所要为联邦政府提供咨询服务，旨在识别医疗保健、研究和教育方面的重要问题。哈维·V. 法恩伯格博士是医学研究所所长。

国家研究理事会由国家科学院于 1916 年组织成立，以联系广泛的科学和技术团体，服务于科学院目标——增进知识以及为联邦政府提供咨询。按照国家科学院制定的方针，国家研究理事会作为国家科学院和国家工程院的主要执行机构，为政府、公众和科学技术团体服务。国家研究理事会由国家科学院和医学研究所共同管理，拉尔夫·J. 西塞罗恩博士和查尔斯·M. 维斯特博士分别是国家研究理事会的主席和副主席。

www.national-academies.org



未来 10 年地理科学战略方向委员会

亚历山大·B. 墨菲, 主席, 俄勒冈大学, 尤金
南希·科勒顿, 全球环境战略研究所, 阿灵顿, 弗吉尼亚
罗杰·M. 道恩斯, 宾夕法尼亚州立大学, 帕克校区
迈克尔·F. 古德柴尔德, 加利福尼亚大学, 圣巴巴拉
苏珊·汉森, 克拉克大学, 伍斯特, 马萨诸塞州
维多利亚·A. 劳森, 华盛顿大学, 西雅图
格伦·麦克唐纳, 加利福尼亚大学, 洛杉矶
弗兰西斯·J. 马基立根, 达特茅斯学院, 汉诺威, 新罕布什尔州
威廉·G. 莫斯利, 马卡莱斯特学院, 圣保罗, 明尼苏达州
柯林·波斯凯, 克拉克大学, 伍斯特, 马萨诸塞州
卡伦·C. 塞托, 耶鲁大学, 纽黑文, 康涅狄格州
道恩·J. 赖特, 俄勒冈州立大学, 科瓦利斯

国家研究理事会工作人员

马克·D. 兰格, 研究主任 (从 2009 年 7 月开始)
凯特林·M. 奥菲施, 研究主任 (到 2009 年 7 月)
詹森·R. 奥尔特戈, 研究助理 (从 2009 年 11 月开始)
贾里德·P. 伊诺, 研究助理 (到 2009 年 7 月)
托尼娅·芳·伊, 项目高级秘书



地理科学委员会

威廉·L. 格拉夫, 主席, 南卡罗来纳大学, 哥伦比亚

卢丝·E. 安塞林, 亚利桑那州立大学, 坦佩

威廉·A. V. 克拉克, 加利福尼亚州立大学, 洛杉矶

卡罗尔·P. 哈登, 田纳西大学, 诺克斯维尔

凯里斯图斯·朱玛, 哈佛大学, 剑桥, 马萨诸塞州

约翰·A. 凯尔迈里斯, 宾夕法尼亚州立大学, 帕克大学

维多利亚·A. 劳森, 华盛顿大学, 西雅图

苏珊娜·C. 莫瑟, 苏珊娜·莫瑟研究咨询中心, 圣塔克鲁兹, 加利福尼亚州

汤姆森·M. 帕里斯, ISciences 有限责任公司, 伯林顿, 佛蒙特

诺伯特·P. 苏提, 罗格斯大学, 桑迪胡克, 新泽西州

戴维·R. 雷恩, 乔治·华盛顿大学, 华盛顿特区

国家研究理事会工作人员

马克·D. 兰格, 项目办公室副主任

詹森·R. 奥尔特戈, 研究助理

托尼娅·芳·伊, 项目高级秘书



地球科学和资源委员会

科拉利·L. 布赖尔利，主席，布赖尔利咨询有限责任公司，高地牧场，科罗拉多州

基思·C. 克拉克，加利福尼亚大学，圣巴巴拉

戴维·J. 考恩，南卡罗来纳大学，哥伦比亚

威廉·E. 迪特里希，加利福尼亚大学，伯克利

罗格·M. 唐斯，宾夕法尼亚州立大学，帕克校区

杰夫·多齐尔，加利福尼亚大学，圣巴巴拉

凯瑟琳·H. 弗里曼，宾夕法尼亚州立大学，帕克校区

威廉·L. 格拉夫，南卡罗来纳大学，哥伦比亚

拉塞尔·J. 赫米利，华盛顿卡内基研究所，华盛顿

默里·W. 希茨曼，科罗拉多矿业学院，古登

爱德华·卡瓦詹吉安，JR.，亚利桑那州立大学，坦佩

路易斯·H. 凯洛格，加利福尼亚大学，戴维斯

罗伯特·B. 麦克马斯特斯，明尼苏达大学，明尼阿波利斯

克劳迪娅·伊恩斯·莫拉，洛斯阿拉莫斯国家实验室，新墨西哥

布里格·M. 莫德吉尔，佛罗里达大学，盖恩斯维尔

克莱顿·R. 尼科尔斯，能源部，爱达荷州行政办公室（已退休），海洋公园，华盛顿

华金·鲁伊斯，亚利桑那大学，图森

彼得·M. 希勒，加利福尼亚大学，圣地亚哥

雷吉纳尔·斯皮勒，特拉资源公司（已退休），休斯敦，得克萨斯州

拉塞尔·斯坦德奥弗布尔，阿纳达科石油公司，丹佛，科罗拉多州

特里·C. 华莱士，JR.，洛斯阿拉莫斯国家实验室，新墨西哥州

赫曼·B. 齐默尔曼，国家科学基金会（已退休），波特兰，俄勒冈州

国家研究理事会工作人员

安东尼·R. 德索瓦，主任

伊丽莎白 · A. 艾德，高级项目官员
戴维 · A. 费瑞，高级项目官员
安妮 · M. 林，高级项目官员
萨曼萨 · L. 马格斯诺，项目官员
马克 · D. 兰格，项目助理官员
丽 · A. 尚利，博士后
珍妮佛 · T. 埃斯特普，财务和行政助理
尼古拉斯 · D. 罗格斯，财务和研究助理
考恩蒂 · R. 吉布斯，项目助理
詹森 · R. 奥特戈，研究助理
埃瑞克 · J. 艾德金，项目高级秘书
托尼娅 · 芳 · 伊，项目高级秘书



中文版序言



地理学的理论、方法和技术已经成为解决人类社会面临的诸多重要问题的基础，这一观点正在得到人们广泛认同。在此背景之下，我们推出了本书，它展示了由美国国家科学院研究机构组织的一项研究的成果。这项研究旨在评估地理科学在解决科学及社会面临的主要挑战中的贡献作用。为了能够保持地理学领域的优势地位，承担此项研究课题的地理学家们确定了一些具有高度优先权并与社会密切相关的重大科学问题，并且深入探讨了地理科学在解决这些问题过程中所能发挥的独特作用。这本中文版的研究报告，不仅向人们展示了到目前为止地理学家已经做了哪些工作，更重要的是向人们展示了 21 世纪初期为应对地球面临的重要挑战，地理科学家将能做出越来越重要贡献的具有前途的研究方向。

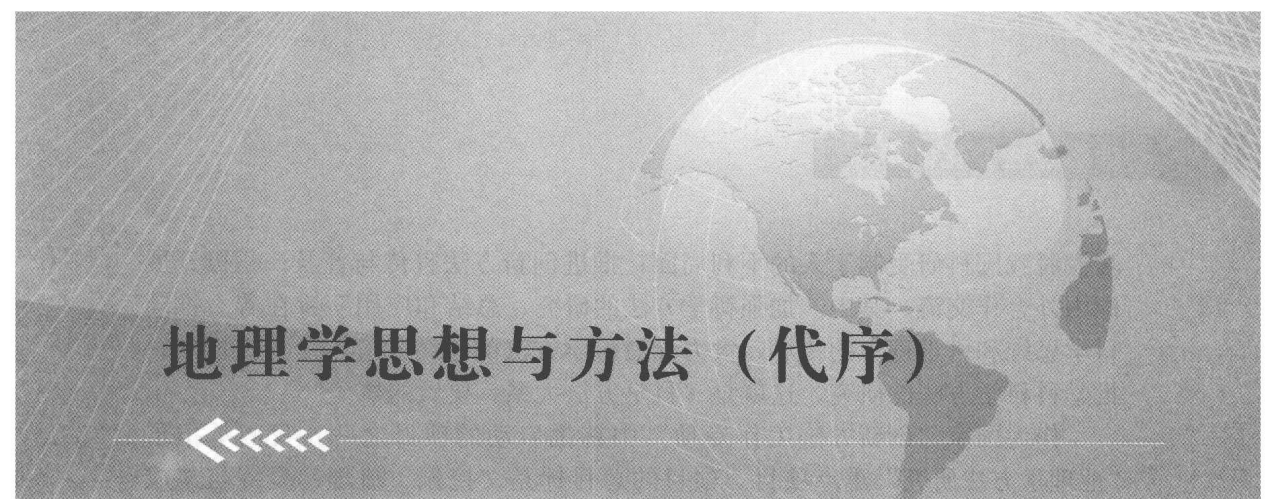
本书首先对地理科学研究的性质及其在当代重要性进行了评述。本书开篇以美国卡特里娜飓风为例，阐述了地理科学能够做些什么。事实上，该部分中形成的概念与观点对理解地球上任何事件及过程都具有借鉴意义。第二部分对本项目参与者所确定的 11 个具有特别意义的重大科学问题进行了说明，这些科学问题来源于研究人员关于当代世界面临的具有重要意义且与地理科学相关的挑战的广泛讨论。项目组成员把这些问题归纳为四个研究主题，即环境变化、可持续发展、经济发展的空间重组及社会和技术的变革，并针对每个研究主题确定了两三个重大科学问题。对于这些科学问题，我们不仅总结了目前地理学家已做的大量工作，更重要的是勾画未来 10 年中加强地理学研究和理解所面临的主要潜在机遇。同时，为了更好地解决上述重大科学问题，本书最后对有助于上述研究问题解决而在研究机构建设、人员培训及学科推广等方面的需求进行了讨论。

这项规模庞大的研究不仅为深入思考地理科学研究在未来时期内如何发展提供了一个机会，同时也为人们提供了一个了解地理学知识如何帮助社会

应对一些当今时代所面临的重大挑战的平台。这份报告将会对未来的地理科学研究工作及教学产生重要影响，并增进人们对地理科学研究特点及重要性的广泛理解。已经有事实证明，从美国国家基金会到大学等研究机构，已经开始把这项研究作为它们进行有关资源分配以及确定重要学科领域的决策指导依据。该报告还将有助于帮助政策制定者、教育工作者和普通群众了解地理学独特的研究视角及方法手段。

很高兴看到我们的研究成果被翻译成中文并得以出版。鉴于中国在当代世界的中心地位和中国地理科学工作者越来越有影响力的成果的大量出现，这次翻译工作很及时且意义重大。21 世纪期间，地理科学即将承担起重要的角色，发挥重要作用，我希望这本中文译著的出版将有助于进一步促进国际对话与合作。十分荣幸能够邀请到中国地理学界承担这项翻译工作，在此我代表参与此研究项目的全体成员，对所有帮助这项工作顺利完成的成员表示真诚的谢意。感谢中国科学院的刘卫东研究员和刘毅研究员，他们最先提出这个重要的想法。感谢许多人，尤其是马丽博士的大力帮助才使得这项工作得以落实，正是诸多这样的努力才能促进英语和华语地区地理学术界的相互交流与合作。

亚历山大·B. 墨菲
美国国家科学院国家研究理事会“未来 10 年地理科学战略方向”委员会主席
俄勒冈大学地理学教授
美国俄勒冈州，尤金市
2011 年 5 月



地理学思想与方法（代序）



“工欲善其事，必先利其器。”科学思想和方法就是科学研究的“器”，是推动科学技术创新的武器。科学技术发展历程中每一次重大突破，都肇始于新思想、新方法的创新及其应用。科学思想和科学方法上的创新意识和系统研究不足，已经制约着我国科技自主创新能力的提高。加强科学思维、科学方法和科学工具的研究与创新，是建立创新型国家的必然选择。因此，“推进学科体系、学术观点、科研方法创新”已经被写入党的十七大报告。

科学技术部原拟从编制《科学方法大系》入手来贯彻和推进中央的这一精神，并拟先从《地球科学方法卷》开始，但后来的思路有大的扩展。2007年5月29日《科技日报》发表地理学家刘燕华（时任科技部副部长）题为“大力开展创新方法工作，全面提升自主创新能力”的文章。2007年6月8日，我国著名科学家王大珩、叶笃正、刘东生联名向温家宝总理提出“关于加强创新方法工作的建议”。2007年7月3日，温总理就此意见批示：“三位老科学家提出的‘自主创新，方法先行’，创新方法是自主创新的根本之源，这一重要观点应高度重视。”按照温总理的重要批示精神，科学技术部、国家发展和改革委员会、教育部、中国科学技术协会于2007年10月向国务院呈报了《关于大力推进创新方法的报告》，中央有关领导人批转了这个报告。2008年4月，科学技术部联合国家发展和改革委员会、教育部、中国科学技术协会发布了《关于加强创新方法工作的若干意见》（国科发财〔2008〕197号），明确了创新方法的指导思想、总体目标、工作任务、组织管理机构、保障措施。

《关于加强创新方法工作的若干意见》部署了一系列重点工作，并启动了“创新方法工作专项”。主要工作包括：加强科学思维培养，大力促进素质教育和创新精神培育；加强科学方法的研究、总结和应用；大力推进技术创新方法应用，切实增强企业创新能力；着力推进科学工具的自主创新，逐

步摆脱我国科研受制于人的不利局面；推进创新方法宣传与普及；积极开展国内外合作交流。其中“加强科学方法的研究、总结和应用”旨在着力推动科学思维和科学理念的传承，大力开展科学方法的总结和应用，积极推动一批学科科学方法的研究，这就是《科学方法大系》要做的事。

作为国家“创新方法工作专项”中首批启动的项目之一，我们承担了“地理学方法研究”重点项目。项目的总目标是“挖掘、梳理、凝练与集成古今中外地理学思想和方法之大成，促进地理学科技成果创新、科技教育创新、科技管理创新”。我们认为这是地理学创新的重要基础工作，也是提高地理学解决实际问题的能力、更好地满足国家需求的必要之举。我们组织科研和教学第一线老、中、青地理学者参与该项目研究，经过四年的努力，做了大量工作，取得了丰硕的成果，包括发表了一系列研究论文、凝聚了一支研究团队、锻炼了一批人才、举办了多次研讨会和培训班、开发了一批软件、建立了项目网站等；而最主要的成果就是呈现在读者面前的这套《地理学思想与方法》丛书，包括专著、教材和译著三大系列。

《地理学思想与方法》丛书专著系列包括《地理学方法论》、《地理学：科学地位与社会功能》、《理论地理学》、《自然地理学研究方法》、《自然地理学研究范式》、《经济地理学思维》、《城市地理学思想与方法》、《地理信息科学方法论》、《计算地理学》等。

《地理学思想与方法》丛书教材系列包括《地理科学导论》、《普通地理学》、《自然地理学方法》、《经济地理学中的数量方法》、《人文地理学野外方法》、《地理信息科学理论、方法与技术》、《地理建模方法》、《高等人文地理学》等。

《地理学思想与方法》丛书译著系列包括《当代地理学方法》、《地理学学生必读》、《分形城市》、《科学、哲学和自然地理学》、《地理学科学研究方法导论》、《自然地理学的当代意义：从现象到原因》、《经济地理学指南》、《当代经济地理学导论》、《经济地理学中的政治与实践》、《理解正在变化的星球——地理科学的战略方向》、《空间行为的地理学》、《人文地理学方法》、《文化地理学手册》、《地球空间科学与技术手册》、《计量地理学》等。

“地理学方法研究”项目的成果还包括一批已出版的著作，当时未来得及列入《地理学思想与方法》丛书，但标注了“科技部创新方法工作资助”。它们有：Recent Progress of Geography in China: A Perspective in the 21st Century (The Commercial Press, 2008)、《地理学思想经典解读》(商务印书馆, 2011年)、《基于 Excel 的地理数据分析》(科学出版社, 2010年)、《基于 Mathcad 的地理数据分析》(科学出版社, 2010年)、《地理数学方法：

基础和应用》（科学出版社，2011年）、《世界遗产视野中的历史街区——以绍兴古城历史街区为例》（中华书局，2010年）、《地理学评论（第一辑）：第四届人文地理学沙龙纪实》（商务印书馆，2009年）、《地理学评论（第二辑）：第五届人文地理学沙龙纪实》（商务印书馆，2010年）、《地理学评论（第三辑）：空间行为与规划》（商务印书馆，2011年）、《我国低碳经济发展框架与科学基础》（商务印书馆，2010年）等。

科学思想和科学方法的不断总结对推动地理学发展起了不可小视的作用，所以此类工作在西方地理学中历来颇受重视，每隔一段时期（5~10年）就会有总结思想和方法（或论述学科发展方向和战略）的研究成果问世。最近的一个例子是美国国家科学院国家研究理事会2010年发布的《理解正在变化的星球——地理科学的战略方向》。中国地理学者历来重视引进此类著作，集中体现在商务印书馆出版的《当代地理科学译丛》和以前的一系列译著中（甚至可上溯到20世纪30年代出版的格拉夫的《地理哲学》）。但仅引进是不够的，我们需要自己的地理学思想和方法建设。有一批甘坐冷板凳的中国地理学者一直在思索此类问题，这套《地理学思想与方法》丛书实际上就是这批人多年研究成果的积累；不过以前没有条件总结和出版，这次得到“创新方法工作专项”的资助，才在四年之内如此喷薄而出。“创新方法工作专项”的设立功莫大焉。

学科思想和方法的建设是一个长期的工作，伴随学科本身自始至终，这套丛书的出版只是一个新起点。“路漫漫其修远兮，吾将上下而求索。”

蔡运龙

2010年12月



前言



我们生活在这样一个时代：冰川的持续退化，物种栖息地的锐减，前所未有的人口迁移，国家之间及其内部不平等的增长，对资源枯竭的日益忧虑，不断变化的交互作用格局。这些现象正在形成地球上的地理变化——改变了这个星球表层的特征、结构及人与环境之间的关系。与此同时，我们正处在一个地理信息大爆炸的时代，从我们个人电脑的屏幕到汽车仪表盘，空间信息无处不在，地理信息系统（GIS）——和广泛使用这些系统的分析工具——在诸多领域，如应急部门、交通和城市规划、环境风险管理、资源开采、军事行动、引导展开救援行动等扮演着重要角色。展望未来，地理工具和技术在监测、分析和应对地球表层重大变化中将发挥至关重要的作用。

上述内容解释了为什么斯坦福大学的生态学家哈尔·穆尼会认为我们生活在“地理学家的时代”^①——地理科学长期关注的不断变化着的地球表层的重要特征和空间结构，以及人类与环境之间的交互关系，正逐渐成为科学和社会的核心内容。一个显著标志是越来越多其他学科的科学家用地理学的概念和技术来完成工作，包括考古学家、经济学家、天体物理学家、流行病学学家、生物学家、地质学家、景观建筑师和计算机科学家，他们工作的集合又产生了跨学科的地理科学。从这个角度讲，地理科学就不能限定在传统的地理学范畴，而是不仅涉及许多地理学者，而且有越来越多的其他学科领域和行业的个人参与进来。要成为一个地理学家，必须关注人与自然之间的相互关系，并对货物流、能量流、人流、资金流和信息流等进行空间分析与阐释，重视正在形成或已形成的地球生物物理学和人类环境的演变特征。

对地理科学战略方向的评估，反映了地理科学的快速成长，以及学科应用的紧迫性和重要性。哪些地理学问题是最值得关注的？哪些地理学方法和

^① 来自 Hal Mooney 和 Tom Wilbanks 之间的交流（2009 年 2 月 12 日核实）。

分析工具在处理这类问题时更加有效？怎样才能充分调动科学家群体开发和采用更加有效的地理学视角和工具，来促进对不断变化的地球的理解和应对？这些问题是这个报告的核心内容。虽然单纯地通过地理学方法和技术并不能解决地球上包罗万象事物的变化特征，但是地理科学的概念与工具，在多学科解释地球复杂变化特征时却一定是必不可少的组成部分。

地理调查方法包括科学的和人文的，这份报告关注的内容限定在前者的范围，但是不能因此贬低非科学方法的价值，因为后者对地球的地理多样性和人与环境动力学可以提出宝贵意见。此外，受国家科学院的国家研究理事会（NRC）委托，地理科学的重点，是形成以地理学为导向的科学家共同体，更好地理解变化着的地球。然而，出台这份报告的委员会没有采纳狭义的科学定义。相反地，委员会评价了多种研究方法，努力寻求通过系统分析或者经验数据和信息的评估，更好地推动其高级应用和理论上的解释。

这份报告完全不同于 NRC 以前对地理学研究的评估，早期的报告重点是地理学的特点和视角（NRC，1965；Taffe et al.，1970）。最近，《重新发现地理学》（NRC，1997）旨在强调在面对学科关注快速上升时，地理学应主动做些什么，学科应如何响应这种关注，其主要写给“对地理学在国家层面扮演什么样的新角色而感到好奇的广泛的读者群”（NRC，1997：15）。

相比之下，撰写这份报告是针对新的背景，大量地理学视角和技术在跨学科的科学家群体中得到了非常广泛的运用。基于空间数据，地理学家们采用空间分析（GIS 及相关技术）、遥感、地理可视化，数值模拟和分析、演绎分析等方法，来评价区域内及区域间的关系。这份报告的主旨，是要评估如何组合地理学方法与技术，进行最为有效的部署，力图解决社会和环境的主要问题。需要强调的是，这份报告不是一个地理科学的综述，也不分析成就与挑战；其目标是在面对当代一些非常紧迫的大尺度科学问题时，解释地理科学所能发挥的重要作用。

这份报告主要面向两方面的读者：一方面，在未来 10 年致力于开发和促进地理科学事业的研究人员；另一方面，有科学文化修养的人，包括政策制定者，能从理解地理科学所从事的研究中获益，或者对 21 世纪地理学在理解地球上的生命所做的努力与尝试中，有所帮助、维持和促进。

在制定这份报告时，委员会参考了 NRC 的研究成果、其他出版的报告和文献，以及其成员的经验和专业知识，还通过三种方式，听取了更广泛的建议：第一，在委员会的开放会议上作报告；第二，在美国地理学家协会（AAG）年会分组开放会议上讨论；第三，委员会设计的基于网络的问卷调查，旨在收集公众意见，进一步讨论潜在的研究议题，或者形成有关研究

议题。

委员会举行了三次开放会议。第一次在华盛顿，听取了国家科学院发起人和组织者的意见，讨论任务，为研究指明了方向。第二次会议在加利福尼亚州尔湾（Irvine）的贝克曼中心，委员会听取了特邀嘉宾的意见，讨论了已收到的公众意见；在第一次和第二次会议之间，委员会还在 AAG 会议上举行了开放的小组讨论会，包括 7 个邀请报告（见附录 C），并与听众进行了问答互动，被邀请的报告人来自地理科学的各个领域，拥有扎实的专业知识，对各自负责部分也有着深入的思考。第三次会议在马萨诸塞州伍兹霍尔（Woods Hole）的琼森中心，在那里回顾和讨论了研究议题的初稿。第四次会议，也是最后一次，是内部会议，在美国加利福尼亚大学洛杉矶分校举行，委员会讨论了报告草案并定稿。

委员会感谢收到的各种意见。由于委员会成员专业知识广泛，所以并不期望这份报告能涵盖所有重要领域。因此，委员会要求部分研究人员，青山裕子（Yuko Aoyama）、迈克尔·埃姆什（Michael Emch）、柯林·弗林特（Colin Flint）、杰弗里·雅克斯（Geoffrey Jacquez）、约翰·洛根（John Logan）、W. 安德鲁·马库斯（W. Andrew Marcus）、萨拉·麦克拉夫蒂（Sara McLafferty）和约瑟夫·奥彭（Joseph Oppong）形成几个关键领域的报告。还要感谢在委员会会议和 AAG 分组会议上发言的专家：汤姆·贝瓦尔德（Tom Baerwald）、帕特里克·巴特雷恩（Patrick Bartlein）、丹尼尔·埃德尔森（Daniel Edelson）、马克·埃里斯（Mark Ellis）、范芝芬（Cindy Fan）、雷切尔·富兰克林（Rachel Franklin）、杰弗里·雅克思（Geoffrey Jacquez）、布鲁斯·约翰斯（Bruce Jones）、戴维·马奎尔（David Maguire）、苏姗妮·莫泽（Susanne Moser）、劳拉·普里多（Laura Pulido）、道格·理查德森（Jr. Doug Richardson）、戴维·里格比（David Rigby）、保罗·罗宾斯（Paul Robbins）、克里斯·希勒（Chris Shearer）、埃瑞克·谢泼德（Eric Sheppard）、隋殿志（Daniel Sui）和杨舸（Ken Young）。委员会还回收了许多网络调查问卷，要感谢以下人员以及匿名帮助者：汤尼·阿伯特（Tony Abbott）、约翰·阿格纽（John Agnew）、萨米沙·巴格奇森（Sharmistha Bagchi-Sen）、奥利弗·贝尔彻（Oliver Belcher）、丹尼斯·查韦斯（Denise Chavez）、安妮·秦（Anne Chin）、凯文·柴科夫斯基（Kevin Czajkowski）、伯纳德特·德·利昂（Bernadette de Leon）、马丁·多伊尔（Martin Doyle）、斯蒂文·德瑞夫（Steven Driever）、斯图尔特·埃尔登（Stuart Elden）、菲利普·弗雷特（Philippe Foret）、威廉·格拉夫（William Graf）、卡罗尔·哈登（Carol Harden）、约翰·哈林顿（John Harring-

ton Jr.)、道格拉斯·赫曼 (Douglas Herman)、约翰·哈诺泼罗斯 (John Hatzopoulos)、马琳·杰克逊 (Marlene Jackson)、达里尔·约翰 (Daryl Jones)、格里·卡恩斯 (Gerry Kearns)、约瑟夫·克斯基 (Joseph Kerski)、迈尔斯·洛格斯登 (Miles Logsdon)、戴维·马奎尔 (David Maguire)、理查德·马斯顿 (Richard Marston)、帕特里夏·麦克道威尔 (Patricia McDowell)、埃米·米尔斯 (Amy Mills)、加拉斯·奥尼尔邓恩 (Jarlath O'Neil-Dunne)、戴维·帕斯查尼 (David Paschane)、乔纳森·菲利普斯 (Jonathan Phillips)、克里斯·普林格尔 (Chris Pringle)、贾弗里·史密斯 (Jeffrey Smith)、塞思·斯皮尔曼 (Seth Spielman)、道恩·扬布拉德 (Dawn Youngblood) 和保罗·泽尔曼 (Paul Zellmer)。

最后，委员会和我本人向 NRC 地球科学与资源委员会的工作人员表示深深的感谢，他们从研究工作的开始到结束都给予了我们便利。特别感谢我们前期的研究主任卡特琳·奥菲希，在编制报告初稿时不断地帮助和鼓励着我们，还要感谢奥菲希女士的继任者马克·兰格，促使这项研究最终完成。贾莱德·伊诺和詹森·奥尔特戈在研究范围和编辑事务中提供了有力支持。也要感谢托尼娅·芳·伊协助管理。最后，我们向托尼·狄·苏沙表示感谢，他是地球科学与资源委员会主任，一直致力于这项研究的整个过程，经常参与讨论，使我们获益匪浅。

亚历山大·B. 墨菲，主席

2010年2月

(陈明星译、校)