

总 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与系统研究的不足，已经制约了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，是建设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”被写入了党的十七大报告。

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个精神，并拟先从《地球科学方法卷》开始，但后来的思路大为扩展。2007年5月29日《科技日报》发表了地理学家刘燕华（时任科学技术部副部长）的题为“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。”遵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。我们组织了科研和教学第一线的老、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，取得了丰富的成果，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、译著和教材三大系列。

《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。

ii

《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“科学技术部创新方法工作专项项目资助”。它们有：*Recent Progress of Geography in China: A Perspective in the 21st Century* (The Commercial Press, 2008 年)、《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于推动地理学发展起到不可小视的作用。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全国研究委员会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项长期的工作，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

2011年4月

前 言

2007年夏天，蔡运龙教授主持的科学技术部创新工作基础专项——地理学方法研究正式启动。在目前非常功利的科研氛围下，能够沉下来坐冷板凳，挖掘、梳理和提炼中外地理学的思想与方法，从而为地理学创新与发展提供可资借鉴的材料，是需要足够定力的。整个项目按学科分为四个课题，即自然地理学、经济地理学、城市与人文地理和地理信息与计算，外加一个综合课题。为提携和鞭策后生，蔡老师指定我和许学工教授负责自然地理学方法课题。经过三年多的研究工作，这一课题总算告一段落，并于2011年1月通过了项目组织的课题验收。虽然完成了承诺的考核指标，但课题还有许多应当继续完善之处，尤其是研究成果凝练和提高的余量依然很大。尽管如此，通过完成这一课题收获还是颇丰，最可分享的是认认真真地阅读了多部近现代地理学的经典著作，并从中获益良多。

构成自然地理学方法课题著作体系的书一共有6本：2本专著——《自然地理学研究方法》和《自然地理学研究范式》；1本教材——《自然地理学方法》；3本译著——《科学、哲学与自然地理学》、《地理学科学研究方法导论》和《自然地理学的当代意义：从现象到原因》。本书为上述著作体系中的一本。在认领编著任务后才知道完成此书实属不易，因为不仅需要对自然地理学的理论、方法和技术等有比较全面的了解和把握，而且要提升到科学哲学的高度。更为困难的是国内外同类的参考书籍并不多见。为此，我开始了系统补充知识的过程，从地理学经典著作，到认识论和方法论的一般书籍，形而上和形而下，科学范式与研究纲领，大量涉猎。经过相关知识的学习、吸收和内化等过程，总算把一个初步的东西拿了出来。

本书包括8章，总体按照自然地理学研究方法或途径的体例编著。第1章梳理了自然地理学研究范式的嬗变过程，并对戴维斯的地貌学研究范式做了剖析；第2章为自然地理学的一般研究过程，试图提供研究过程的步骤与流程图景；第3章到第8章依次阐述了自然地理学的分类与分区、预测、格局与过程、尺度推绎、系统综合以及复杂性等研究范式。各章在介绍理论、方法和研究步骤后，尽可能以案例加以佐证和说明，以增大可读性和实用性。

本书的脱胎与众多人的智慧和汗水密不可分。既有蔡老师高屋建瓴的指导，

又有课题组其他老师的无私帮助。我的研究生也参与了部分章节的写作或资料收集等工作。赵志强完成了第2章的初稿，高阳、黄姣和杨卓翔等参与了第3章的写作，王阳协助完成了第8章的撰写；高阳、李琰和李晓静清绘了部分附图；书中的案例研究分别来自我与王阳、赵志强、高阳、黄姣和杨卓翔等的研究工作。当然，还借鉴了国内外同行的一些研究成果。需要特别指出的是，第2章是以蔡老师基金课题和两位博士的一些工作来说明自然地理学一般研究过程的。初稿完成后，李晓静、赵志强、王阳、李琰、刘金龙、王珏、马程和朱文博协助校对与参考文献补充。在此，谨表谢忱！

尽管有上面所述的艰辛和努力，本书仍然有很多不成熟的地方。最大的困惑在于若研究范式过于哲学化，晦涩难懂，用途不大；完全流于方法与工具，则宏观指导意义不大。除此之外，诸如研究范式的选择、章节的平衡、方法与工具的应用等方面，依然有许多瑕疵。期待同行批评指正，使其逐步完善。



2012年12月31日 于北大燕园

目 录

总序

前言

第 1 章 科学范式与自然地理学范式	1
1.1 科学范式及其转型	1
1.2 自然地理学是什么	4
1.3 自然地理学研究范式及其演进历程	7
1.4 生物进化理论对于自然地理学范式形成和演化的影响	19
1.5 案例分析：戴维斯地貌学研究范式的兴起与衰落	21
第 2 章 自然地理学的一般研究过程	28
2.1 自然地理学研究的一般过程	28
2.2 选题	30
2.3 文献检索、阅读与综述	38
2.4 自然地理研究资料获取	42
2.5 自然地理数据处理	47
2.6 研究成果的表达	51
2.7 研究范例剖析	56
第 3 章 自然地理学的分类与分区研究	68
3.1 自然地理学中的分类与分区	68
3.2 自然地理分类与分区的工具与方法	77
3.3 自然地理学中的分类实践：土地生态分类	84
3.4 自然地理学中的分区实践：自然地理区划	91
第 4 章 自然地理学的预测研究	119
4.1 自然地理研究中预测的基本类型	119
4.2 地理预测范式的嬗变	166
4.3 研究案例：RBFN-CA 模型预测城市 LUCC 时空变化	169
第 5 章 自然地理学的格局与过程研究	174
5.1 自然地理学中的格局及其尺度特征	174
5.2 自然地理过程及其尺度特征	185
5.3 自然地理格局与过程的尺度关系	193

5.4	格局与过程研究案例	194
第6章	自然地理学的尺度研究	210
6.1	自然地理学的尺度问题	210
6.2	尺度及其尺度推绎的基本概念	215
6.3	尺度推绎的主要途径和方法	222
6.4	尺度研究的理论和框架体系	238
6.5	尺度研究案例	242
第7章	自然地理学系统科学研究范式	252
7.1	系统、系统论及其系统科学范式	252
7.2	自然地理系统及其自然地理系统研究范式	257
7.3	自然地理系统的综合研究范式	267
第8章	自然地理学的复杂性范式	318
8.1	复杂性与复杂系统	318
8.2	复杂性科学范式的兴起	321
8.3	自然地理学的复杂性范式	327
8.4	研究案例：城市扩展复杂性的智能体模拟	335
	参考文献	345

第 1 章 科学范式与自然地理学范式

“范式”一词，本是在科学哲学和科学史研究范畴中使用的概念。20 世纪在有关科学的理论方面有众多进展和争论，许多最有影响力的科学哲学家，如波普尔、库恩、拉卡托斯和费耶阿本德等已经对“科学”的本质与“科学方法”进行了解释。近几十年来，又涌现了贝叶斯主义、新实验主义、实在论与反实在论的争议等新的进展。而本书无意展开阐述科学的本质和地位，这些工作要留给哲学家来完成，也已经有诸多的专门学术著作介绍。因此，本章开始仅先简要回顾科学史上范式一词出现的背景和发展过程，对于将“科学”作为结构的理论，库恩的范式与拉卡托斯的研究纲领作简要介绍，作为本书的引子。具体到（自然）地理科学，对于“自然地理学是什么”，其学科本质和地位、研究对象范畴及其学科内涵一直存在着争议，笔者引用格雷戈里的观点对其进行界定。同其他学科一样，尽管自然地理学家并不擅长在脱离研究工作本身而对其进行描述和表征并阐明自然地理学的本质和方法论，但自然地理学家作为科学的实践者已经完成了大量优秀的工作。本章将回顾自然地理学的研究范式及其演进的三个阶段：以经验归纳主义为基础的时期（前实证主义阶段）、实证主义研究范式时期、后实证主义范式时期。分别评述这三个时期自然地理学研究的方法论、时代背景、技术方法特点与代表人物等内容。在追求成为“规范性科学”的历程中，自然地理学研究范式的形成和演化受到一些重要理论的影响。从学科发展历史来看，生物进化论对自然地理的影响重大而深远，因此特别用一节加以介绍。自然地理学研究范式的演进过程中，戴维斯沉积侵蚀轮回理论的兴起与衰落具有典型性，因而可以将其作为案例进行评述，试图探究自然地理学研究范式变迁的大致动因。

1

1.1 科学范式及其转型

范式（paradigm）一词源自于希腊语的“范型”、“模式”和“模型”，在拉丁语中引申为“典型范例”之义。范式的概念和理论由美国著名科学哲学家托马斯·库恩（Kuhn, 1962）提出并在《科学革命的结构》（*The Structure of Scientific Revolutions*, 1970）中加以系统阐释，表述为“在一定时期内可以向研究者群体提供的典范性问题及解法的普遍公认的科学业绩”。范式概念是库恩整

个科学哲学观的中心，它的构成具有多层面和多视角的特性，学者们的引用和解释难免有偏差和歧义，为此英国学者玛格丽特·玛斯特曼（1987）对库恩的范式观作了系统的考察，她从《科学革命的结构》中列举了库恩使用的 21 种不同含义的范式，并将其概括为三种类型或三个方面：一是作为一种信念、一种形而上学的思辨，它是哲学范式或元范式；二是作为一种科学习惯、一种学术传统、一个具体的科学成就，它是社会学范式；三是作为一种依靠本身成功示范的工具、一个解疑难的方法、一个用来类比的图像，它是人工范式或构造范式。

一般认为，范式是一种对本体论、认识论和方法论的基本承诺。具体来说，科学范式是科学家集团所共同接受的一组假说、理论、准则和方法的总和，其构成科学家共同体的理想和信念。科恩认为，范式是使一门学科成为科学的必要条件或成熟标志，也就是把范式看作科学与非科学的分界标准。任何一门学科只有具有共同的范式，才可以称为科学，否则就不能称为科学或称前科学。对库恩理论的通常解释是，科学共同体成员工作在一种范式里，按照常规科学模式进行研究。但是玛斯特曼以及其他一些人却认为，在研究中可能存在很长的没有范式、或多种范式、或二元范式的时期。在不同的范式下，科学家的视角不同，提出的科学问题也不同，因此也会包含相差甚远的甚至冲突的科学标准。在某种意义上，相互竞争的范式的支持者们“生活在不同的世界之中”（查尔莫斯，2007）。从这个角度看，普雷斯顿·詹姆斯（Preston E. James）和杰弗里·马丁（Geoffrey J. Martin）的著作《所有可能的世界：地理学思想史》（*All Possible Worlds: A History of Geographical Ideas*）将 All Possible Worlds 作为主标题（Worlds 为复数），而“地理学思想史”是副标题，正是对地理学研究中采用不同范式的反映，恰当概括了著作的精髓和主旨。

科学范式不是一成不变的，而是随着社会进步和人类科学认知水平的提高而动态演进，出现范式的演替或更迭，称为范式转型或变迁（paradigm shift）。依据范式的核心理念，库恩提出了科学发展模式理论。该理论认为，科学发展的历史过程是一个进化与革命、积累与飞跃、连续和中断的不断交替的过程，这个过程一般经历四个时期：前科学时期、常规科学时期、反常和危机时期及科学革命时期，之后则进入新的常规科学时期。在这四个时期中，相应的范式变迁过程可概括为：无范式→确立范式→范式动摇→确立新范式。在科学发展史上，科学范式演替的例证很多，如天文学中的哥白尼日心说取代地心说、物理学爱因斯坦相对论对牛顿力学的超越等。新范式最终战胜并取代了旧范式，标志着科学革命时期的结束和新的常规科学时期的到来。在新的常规科学时期中，新范式成了该领域科学共同体的普遍信念。需要注意的是，在这个过程中，是某一学科的科学共同体整体而非某科学家个人放弃了旧范式而采用新范式。科学研究在新范式

的导引下继续发展，但随着科学发展的深入，又涌现出许多反常现象，陷入新的科学危机之中，从而引发新的科学革命，并实现从现有范式到新范式的再次转型。从科学史的角度，科学发展的历程就是这几个阶段的不断循环往复。范式演进是一个过程，在常态科学周期内，科学家们按照常规科学模式进行研究，丰富此时观察和描述世界的概念框架，并对相应的与此范式匹配的理论 and 实验技术加以发展。

拉卡托斯（Lakatos）在分析了库恩的范式理论后提出了科学研究纲领（scientific research programmes）。这一纲领的整体结构是由硬核、辅助保护带以及方法论机制等组成，具有相当的韧性，有能力抵御经验事实的挑战。科学研究纲领的方法论机制包括：正面启发法——它指示理论应该做什么，反面启发法——它指示理论不应该做什么。科学研究纲领的方法论机制，使整个理论体系不断得到调整、发展，不会轻易地被证伪。研究纲领内的进展有赖于科学家们在创立假设上的智慧，这些假设要符合纲领核心，并能处理异常现象。成功会“巩固”核心，它是以“证实”或成功预测的数目来衡量，而不是以挫折（“反驳”）来衡量。纲领核心本身的内容是确切无疑的。按照拉卡托斯的科学研究纲领理论，一个科学研究纲领不可能永远是进步的。它进化到一定时期，就必须转入退化阶段，再到另一个时期又可以恢复到进步阶段。因而，历史上任何成功的科学研究纲领都只能是暂时的成功，它们都有一个从进化到退化的发展或演变过程。否定或证伪一个退化的研究纲领绝不是观察和实验中的反常，而是一个比它更进步的研究纲领的出现。一个进步的研究纲领代替另一个退化的研究纲领，就是库恩的科学革命。整个科学的发展模式是：科学研究纲领的进化阶段→科学研究纲领的退化阶段→新的研究纲领证伪并取代退化的研究纲领→新的研究纲领的进化阶段。拉卡托斯认为，一个纲领到另外一个纲领的转变不是瞬间产生的。因此，一个学科历史的大部分应包含两个或两个以上同时存在的、相互竞争的研究纲领。

无论对范式有没有完整而清晰的界定或表征，在具体的学科中，科学家个人仍然总是能通过具体的学科中的科学教育获得有关某一范式的知识。在相应的学科框架下，通过解决一些标准的问题，设计和完成标准的实验，并且在此范式框架内具备了娴熟的科学实践经验的专家的指导下从事一项具体的科学研究，这就是典型的常态科学家接受训练的方式。从事研究的科学家总能逐渐熟悉这个范式的理论、方法、技术和标准。即使一个科学家无法清晰地阐明其所使用的范式的确切性质和包含的前提条件，科学家仍然可以在常态科学期间从事具体的研究工作。而在某些情况下，如科学革命时期，则需努力清楚地说明一个范式中所包含的普遍规律以及形而上学原则和方法论原则，以便维护现有范式免受新范式的挑战和威胁（查尔莫斯，2007）。

1.2 自然地理学是什么

作为地理学的重要组成部分，自然地理学研究对象范畴及其学科内涵一直存在着争议。一般认为，自然地理学的整个学科范畴包括生物地理学、气候学、地貌学、水文学、土壤学和第四纪研究等，但三个主要的分支是生物地理学、气候学和地貌学。在原苏联，自然地理学的研究对象被定义为地理综合体或自然地域综合体，是一门关注地球地理壳（景观圈）及其组成要素的自然地球系统学科（Gvozdetskiy et al., 1971）。随着各个分支学科的深入发展，自然地理学的离心化倾向更加明显，尤其是在地貌学的核心地位被削弱后，这种态势更加凸显，引起了许多地理学家特别是自然地理学家的忧虑和关注。目前，随着全球资源、环境和生态问题的加剧和恶化，一些重大的科学研究计划和议题不断提出并实施，自然地理学在其中发挥着重要作用（表 1-1），客观上强化了其学科的综合功能。这种综合不仅仅是地球表层各个自然要素之间的综合，而且应当将人类活动因素考虑其中。因此，自然地理学文化的倾向逐渐显现。可以预见，未来的自然地理学的综合性将会得到更加充分的体现。

4

对于自然地理学研究对象和学科内涵的界定多种多样，格雷戈里（Gregory, 1978, 2000）的观点具有一定的代表性。他认为，自然地理学注重研究地球陆地表层及其外围的特征和形成过程；重视有助于了解当代地球环境的地理要素的时空特征与变化；研究目的在于认识地球自然环境如何成为人类活动的基础并受人类活动的影响；研究工具需要数学模拟、统计模拟以及遥感方面的专门技术与方法。为简洁清晰表征自然地理学的研究内容，他还提出了一个概念表达式，即

$$F = f(P, M) dt$$

上式可以解释为，自然地理学关注的自然要素或自然环境的演进结果（ F ）是自然地理过程（ P ）和自然地理实体（ M ）随时间变化的函数。由此推广开来，自然地理学是研究格局与过程相互作用及其演进态势的科学。其中，自然地理过程不仅仅包括传统的物理过程、化学过程和生物过程，而且包括作用程度越来越大、范围越来越广的人文过程。格局既包括有形格局，也包括无形格局等。

依据对于上述概念表达式的不同结构，格雷戈里把自然地理学的研究工作划分为五个层次。第一层次的工作主要研究该方程的要素或组成部分——研究组成成分本身，即对地表形态、气候类型、水文特征、土壤或植物群落特征的定性描述或定量表达。第二层次的工作为平衡该方程——研究该方程在不同尺度上和自然地理学不同分支中平衡的方式，如在大陆尺度上，研究水热平衡与地形、太阳辐射、能量流动、降水以及水文特征之间的联系。这一层次研究的重心在于要

表 1-1 国际主要重大地球系统科学计划与自然地理学的联系(蔡运龙、李双成等,2009)

科学研究计划		与自然地理学的联系				
计划名称	研究目的与目标	主要内容	紧密程度	联系方式	自然地理学的贡献与作用	对自然地理学发展的影响
国际地圈生物圈计划 (International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)	为地球可持续发展提供科学知识	提出科学的认知,帮助人类社会与地球环境协调发展;描述以及理解作用于整个地球系统的物理、化学以及生物学相互作用过程,生物赖以生存的唯一的环境,地球体系中发生的变化,以及人类活动对影响环境的方式	+++	直接	提供地球系统各个子系统的格局与过程背景知识;提供地表自然地理过程与格局的综合分析框架	进一步完善自然地理学各个分支学科的专业知识;拓展自然地理学的应用领域;参与地球系统科学的构建
IGBP-GCTE (全球变化与陆地生态系统)	预测气候、大气成分、土地利用的变化对陆地生态系统的影响,以及后者的反馈	从生态系统生理学、生态系统结构的变化、全球变化对农业和林业的影响以及全球变化与生态复杂性等方面研究全球变化与陆地生态系统之间的相互关系	+++	直接	提供陆地生态系统的结构、功能及分布状况;提供全球变化与陆地生态系统相互关系的综合与区域视角	强化动态的关系型研究范式在自然地理学中的应用;加强自然地理学在全球变化区域响应中的学科地位
IGBP-IGAC (国际全球大气化学计划)	了解大气化学在地球系统中的作用,并确定区域排放和沉降、远距离输送以及化学转化对空气质量的影响	海洋大气的自然变化和人为扰动;热带大气化学的自然变化和人为扰动;极区在大气化学组成变化中的作用;北半球北方地区在生物圈-大气圈相互作用中的作用;中纬度生态系统中的痕量气体通量;大气成分的全球分布、转化、变化趋势与模拟	+	间接	提供下垫面自然地理过程对于大气化学成分影响作用的知识;对解释大气化学成分区域格局提供科学背景	增强对自然地理学中的环境地球化学循环过程机制的认识和了解
IGBP-JCOFS (全球海洋通量联合研究计划)	分析和预测区域至全球尺度大气-洋面-洋底系统碳的季节和年际变化。	主要侧重研究海洋内部以及海洋边界在海洋生物和化学、海洋循环和相关物理因素以及在人为活动影响下的碳交换过程,为解释气候变化的成因服务	++	间接	提供海洋地理学,诸如海陆分布格局、海底构造及海洋组成成分等一些背景知识	推动海洋地理学的完善;增强对大气-海洋之间循环过程的了解

续表

科学研究计划			与自然地理学的联系			
计划名称	研究目的与目标	主要内容	紧密程度	联系方式	自然地理学的贡献与作用	对自然地理学发展的影响
IGBP-PAGES (过去的全球变化研究计划)	通过增进对地球系统的过去变化的了解,改进对将来全球环境变化的预测	通过对历史资料 and 自然记录的分析研究,借助现代物理、化学分析技术恢复过去环境的变化	+++	直接	历史自然地理学提供地球环境演进的规律与知识;现代自然地理学提供与其变化的参照	发展和完善历史自然地理学的知识架构,丰富其研究技术和方法
IGBP-BAHC (水文循环的生物学方面)	建立多尺度的土壤-植被-大气系统中能量和水通量模式。	主要是研究植被在地表和大气水文过程中的作用。发展从小块植被到大气环流模式中网格单元尺度上的土壤-植被-大气系统中能量和水通量模式;建立能用于描述和验证生物圈和地球物理系统间相互作用用模拟结果的数据库	+++	直接	自然地理学提供大气、植被、土壤和水文等学科理论与规律;提供各个自然地理要素综合作用的机理	增强自然地理学对于大气-植被-土壤和水文连续界面过程的研究能力;提供自然地理要素综合分析的实证分析
IGBP-LOICZ (海岸带的海陆相互作用)	侧重模拟和预测海岸带对全球气候变化的响应,为沿海地区可持续发展服务	外力或边界条件的变化对近海通量的影响;海岸生物地貌与海平面上升;碳通量与痕量气体的排放;全球变化对海洋系统的经济和社会影响	+++	直接	提供海岸带地貌、水文土壤等自然地理要素的基本特征;提供全球化影响及其响应的区域差异框架	增强自然地理学中对海陆交互作用机理的理解;完善海陆水文及地球化学过程的理论与知识
IGBP-GLOBEC (全球海洋生态系统动力学)	认识全球海洋生态系统的结构和功能,提高海洋生态系统对全球变化响应的预测能力	研究海洋生态系统的结构、功能及其时空演变规律,定量物理、化学、生物过程对海洋生态系统的响应及生态系统的反馈和反馈机制,并预测其动态变化	++	间接	提供海洋生态系统空间分布及其环境差异的理论与知识	推动对于海洋生态系统结构、功能和分布的了解;拓展海洋地理学的应用领域
IGBP-LUCC (土地利用与土地覆盖变化)	通过分析 LUCC 的驱动因素,为土地持续性利用提供科学依据	分析影响改变土地利用和管理方式的自然和社会经济方面的驱动因子,建立区域性的土地利用/土地覆被变化的经验模型	++++	直接	提供构成土地各个自然要素的基本特征及空间分布格局;提供要素综合的基本研究范式	进一步推动综合自然地理学的发展,尤其是自然与人文因素的综合;参与建立土地变化科学的构建

素-格局-过程-功能之间的相互作用与联系。第三层次的工作是对该方程进行微分——研究自然地理过程和实体随时间变化的状态、节奏和趋势，如一种状态取代另一种状态时各种格局与过程的表型和动力学特征。第四层次的工作是应用该方程——即自然地理学的应用出口。自然地理学知识和研究成果的社会应用是关乎该学科生命力的重要问题。自然地理学研究中人文因素的融入，客观上起到了扩大应用范围和领域的作用。美国国家研究院地学、环境与资源委员会地球科学与资源局编写的《重新发现地理学》(2002)列举的经济健康、环境退化、民族矛盾、医疗卫生和全球气候变化等人类面临难题的解决，自然地理学都可以发挥重要作用。理论上，自然地理学可以为解决资源、环境和生态问题提供科学依据，但应用的重点领域应该有所收敛，以避免“万金油”的印象。第五层次的工作为自然地理学的文化提升——即将文化因素融入到自然地理学中，以文化自然地理学的视角审视人类对自然环境和自然景观的反作用及其对环境管理与设计的影响。

1.3 自然地理学研究范式及其演进历程

同其他学科一样，自然地理学的研究范式是不断演进的。传统自然地理学方法论以经验归纳主义为基础(蔡运龙, 1990)，其基本途径就是各地事实的访谈、调查、收集、归纳整理和表述等，这一时期的自然地理学被称为经验性描述性科学。但是随着所收集事实和数据的增加，人们认识的进一步发展以及社会需求的不断强化，进而要求深入了解事实和现象的内在本质以及相互之间的内在联系，需要认识地理事物和现象的普遍规律从而预测其发展趋势，描述性经验主义研究范式显然不能胜任这一使命。与此同时，随着自然地理学中系统研究的发展以及分支学科的增加，自然地理学与相关学科的联系更加紧密，尤其是一些基础性的学科，如物理学和数学等，因而实证主义的研究范式在自然地理学中建立起来。随着科学的不断发展，一些横断学科的出现，冲击着典型自然地理学的实证主义范式，远离平衡态、非线性和混沌等复杂性科学观念，逐渐融入到自然地理学的研究体系中来，促成了自然地理学复杂性科学研究范式的萌生。

1.3.1 前实证主义研究范式时期

任何一个具体学科的研究范式不可能游离于当时整个科学范式之外，自然地理学也不例外。自16世纪以来，人类的认识活动和科学思维几乎被笛卡儿和培根所开创的“分析”范式所统辖。在认识论层面，这种“主客二分”分析范式认为：①所有的事物可以分解还原成要素，并且要素可以由其他的事物替换，这

是一种典型的还原论认识模式。②事物的整体是由部分决定的，部分的性质决定整体。倚重分解分析途径，把整个事物分割为局部，再把局部进行分割，直到分子、原子、基本粒子。③要素之间仅存在简单的线性关系，将所有要素累加，便可获得事物的整体特征。换言之，解决了各个要素问题，就相当于解决了整体问题。④事物及要素都遵循机械因果律和单一决定论，即一个原因必然产生一个结果，事物之间存在一条线性因果链条。

1850~1950年是现代自然地理学的奠基时期。整体上，这一时期的自然地理学仍然属于记述地理学，但对地表各种事物及其分布与相互关系的描述已明显区别于地理学初创时期，在记述一个地区的地理事物和现象外，还力图对成因和相互关系进行解释。

这一时期自然地理学学科发展特点见表1-2。按照地理学史专家普雷斯頓·詹姆斯和杰弗里·马丁(1972)的观点，一门学科创立的标志是：要有提供该学科专业培训的教育机构。自19世纪20年代始，法国(1821年)、德国(1828年)、英国(1830年)、巴西(1839年)、墨西哥(1839年)、俄国(1845年)和美国(1852年)等国相继成立了地理学会，1871年在安特卫普召开了第一次国际地理学会。地理学作为一个有较完整体系、独立研究对象的科学建立起来了。在1866年时只有18个真正意义上的地理学会，而到了1930年就达到137个。每个学会都试图发挥自己的影响力，创办刊物和组织活动，如英国皇家地理学会就特别重视探险活动，并有经常性的会员活动以交流心得和体会。与此同时，许多大学里也设置了地理学的职位(格雷戈里，2000)，最终形成了独立的地理系。第一个地理教席是在1809年由巴黎索邦(Sorbonne)大学创立的，其他有代表性的事例，如霍尔福特·麦金德(Halford Mackinder)在1887年被牛津大学任命为地理学教授，尤勒·奥尔德汉(Yule Oldham)在1893年被剑桥大学任命为地理学教授。美国的第一位地理学教授是阿诺德·古育特(Arnold Duyot)，他1854年由普林斯顿大学任命。在德国，彭克(Penck A.)在1905~1914年任职于柏林大学。

表1-2 自然地理学在前实证主义研究范式时期的特点

学科发展特征	课程受欢迎、考试论文总数多、大学教席设立、地理学会成立、学术刊物增多
对自然地理学产生影响的理论	(1) 赫顿和赖尔的均变论：“将今论古”的现实主义理论和方法将自然地理学从虚构的“超自然”神的归因中引向了进化和科学的发展道路 (2) 达尔文进化论：①拉采尔等，社会达尔文主义；②戴维斯，地貌发育侵蚀旋回学说

续表

学科发展特征	课程受欢迎、考试论文总数多、大学教席设立、地理学会成立、学术刊物增多
自然地理学使用的主要工具和技术	<p>(1) 地图：电版法和摄影法在 1840 ~ 1850 年出现，使得地图印制更精美；重量级图集印制，如《贝格豪斯自然图集》和《泰晤士世界地图集》等；多家地图出版公司成立，如尤斯图斯·佩尔特斯出版社和巴塞洛缪地图出版公司等</p> <p>(2) 航空测量：提高了自然地理调查的效率和精度，尤其是在地形图编绘、特定地区或地物调查方面</p> <p>(3) 雷达：为天气变化、地表径流和海洋预报预测提供技术支持</p>
推动自然地理学发展的动因	<p>(1) 探险与调查：延续 19 世纪中期以前的探险和考察，一般由地理学会组织，旨在填补特定地区的地理资料、进行实地观测和测量、编绘地形图、建立新理论，如冰川理论、地貌沉积旋回等</p> <p>(2) 自然保护：乔治·帕金斯·马什 (George Perkins Marsh) 1864 年发表的《人与自然：被人类活动改变的自然地理》将自然保护与自然地理学联姻，推动了自然地理学对土壤侵蚀和土地扰动等现实问题的关注</p>
主要分支学科进展与成就	<p>(1) 地貌学：1899 年戴维斯 (Davis) 提出地貌侵蚀沉积旋回学说，并统治地貌学超过半个世纪。该学说将地貌形态的演化划分为几个阶段，并通过不断地循环，完成整个演化周期</p> <p>(2) 土壤地理学：道库恰耶夫 (Dokuchaev) 和他的学生 1900 年发表土壤地带性学说；詹尼 (Jenny) 1941 年提出土壤特征是气候、生物、地形、母质和时间以及其他未明确因子共同作用的函数</p> <p>(3) 气象气候学：1900 ~ 1936 年柯本 (Köppen) 和 1948 年桑斯威特 (Thornthwaite) 分别提出气候分类方案，以及桑斯威特、布迪科 (Budyko) 和彭曼 (Penman) 提出了水平衡理论</p> <p>(4) 生物地理学：1916 年克莱门兹 (Clements) 提出了植被演替理论；1935 年坦斯利 (Tansley) 提出了生态系统理论</p>
代表性人物	<p>詹姆斯·赫顿 (James Hutton)、普雷费尔 (John Playfair)、洪堡 (Alexander von Humboldt)、孔拉德·马尔特布伦 (Conrad Malte Brun)、李特尔 (Carl Ritter)、查尔斯·莱尔 (Charles Lyell)、马什 (George Perkins Marsh)、J. 冯·李比希 (Justus von Liebig)、马修方丹莫里 (Matthew Fontaine Maury)、阿诺德·古育特 (Arnold Henry Guyot)、H. T. 赫胥黎 (Thomas Henry Huxley)、奥斯卡·佩舍尔 (Peschel, Oscar)、雷克吕 (Reclus, Elise)、冯·李希霍芬 (Ferdinand von Richthofen)、C. E. 达顿 (Clarence Edward Dutton)、G. K. 吉尔伯特 (Grove Karl Gilbert)、F. 拉采尔 (Friedrich Ratzel)、维达尔·白兰士 (Vidal de la Blache, Paul)、V. V. 道库恰耶夫 (VasilyVasil'evich Dokuchaev)、W. P. 柯本 (Wladimir Peter Köppen)、W. M. 戴维斯 (William Morris Davis)、A. 彭克 (Albrecht Penck)、A. 赫特纳 (Hettner, Alfred)、霍尔福特·麦金德 (Halford John Mackinder)、尤勒·奥尔德汉 (Henry Yule Oldham)、C. F. 马布特 (Curtis F Marbut)、马瑞昂·纽比金 (Marion I Newbigin)、H. C. 考勒斯 (Henry Chandler Cowles)、A. 华莱士 (Atwood Wallace W)、施吕特·奥托 (Schlüer Otto)、伊姆·德·马东 (Emmanuel de Martonne)、C. O. 索尔 (Carl Ortwin Sauer)、C. W. 桑斯威特 (Charles Warren Thornthwaite)、特罗尔·卡尔 (Troll Carl)、H. 詹尼 (Hans Jenny)、H. L. 彭曼 (Howard Latimer Penman) 等</p>

尽管这一时期已经进入了自然地理学发展的近代时期（詹姆斯和马丁，1989），但地理学开山鼻祖，如亚历山大·冯·洪堡和卡尔·李特尔所创立的主臬仍然发挥着巨大作用。洪堡善于观察地理事物与现象，并把观察到的东西完整地记录下来。根据观察提出需要回答的问题，尝试提出解释的假说，并用新的观察验证。他在《宇宙》第一卷中写到：“我们距离可以通过思维活动来把我们用感官所觉察的一切，减缩到理性原则的合一的时代，还是极为遥远的。另一方面，自然联系的事实的解说，并不排除按它们的理性联系来进行现象的分类，也不排除在大量观察中许多特殊性的概括或寻找其规律的尝试。”洪堡的这种观测-假说-验证研究模式对后来的实证主义在地理学中的应用起到了重要的铺垫作用。在通论地理和方志地理关系问题上，李希霍芬认为建构任何概念结构所必需的基础观察，一定要在具有这些独特现象的特定地区内进行，这就是方志地理或区域地理。区域地理首先必须是描述性的，但它必须不限于单纯描述独特现象，也可以寻找现象发生的规律性，拟定解释所观察特征的假说，在区域内所做的工作就是通论地理的内容。李特尔认为，地理学研究的目的并不仅仅在于罗列那些占据地球空间各部分的事物，而是去理解在地区上结合在一起的事物之间的相互关系和因果关系。他主张地理学应以经验为依据，通过观察去找出一般法则，而不是先入为主地寻求假说，然后再进行观察。李特尔追求在变化中的统一，这导致他在地理学研究中采用专题方法。

洪堡的区域比较和李特尔的区域中的关系“连结”研究范式对后来区域学派的兴起提供了逻辑基础。不过值得注意的是，随后自然地理学的发展历史表明，紧随其后出现的“事件”是瓦伦纽斯所称的“通论地理”之内的各个要素纷纷建立了单独的学科，每门有它自己的理论体系，和它自身把观察和理论联系起来的研究方法。在此情形下，留给作为母体的自然地理学的任务只有三项：一是继续对地球的空白或了解甚少的区域调查和收集资料，并通过有效的载体方式，如地图等加以表达；二是研究特定区域或专题，以满足特定的社会需求，如政治的、军事的或商业的需求；三是形成理论框架，如经验总结、假说以及理论等（詹姆斯和马丁，1989）。

T. W. 弗里曼（1961）在《地理学百年发展史》曾对这一时期的地理学文献特点作了归纳总结，他所称的六大倾向也反映了这一时期自然地理学发展的一般特征，如集成未知区域资料的百科全书倾向；传播地理知识的教育倾向；为老牌资本主义国家提供信息和资料的殖民倾向；为国家或利益集团提供海外拓殖政治或军事借口的政治倾向；对收集资料进行解释的概括倾向；适应自然地理学分支学科快速发展的专门化倾向等。

格雷戈里（2000）对这一时期的自然地理学特点做出了系统的总结。他认