

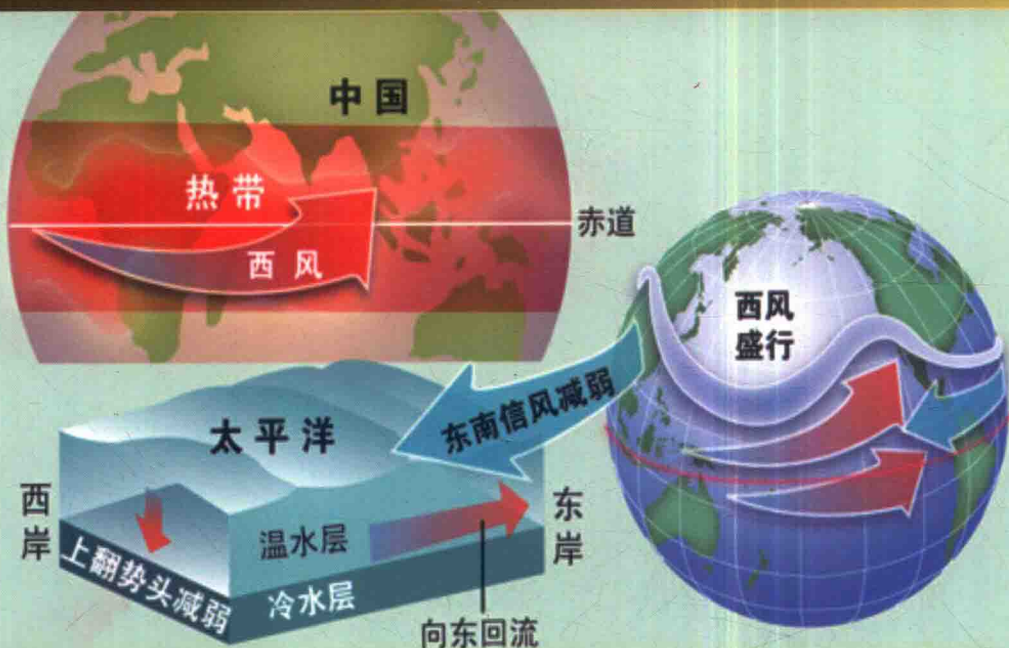


“十二五”江苏省高等学校重点教材（编号：2015-1-117）

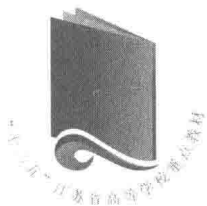
全球变化科学导论

An Introduction to (第四版)
Global Change Science

朱 诚 马春梅 陈 刚 等 编著



科学出版社



“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号:2015-1-117)

全球变化科学导论

第四版

朱 诚 马春梅 陈 刚 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

第四版分为“全球变化研究的基本问题”“全球变化研究的主要方法”“环境演变与全球变化”和“人类活动与全球变化”4篇,共18章,系统介绍了人类文明发展与全球变化的关系、全球变化科学产生的背景及全球变化研究的主要问题、全球环境演变中的突变与渐变、厄尔尼诺和温盐环流对全球气候变化的影响、温室效应与全球变暖、世界人口增长与资源能源开发带来的环境问题、中国经济发展与资源环境问题、国际应对气候变化的主要公约及低碳发展和减排行动峰会、中国应对资源环境问题及气候变化的对策等,并介绍了近年国内外全球变化与人类活动关系最新研究成果。本书各章节均附有思考题,以利于学生思考和思维能力拓展。

本书适合全国各综合性院校、农林地质院校及师范院校的地质与环境科学类专业和相关专业的本科生使用,也可供相关专业的教师、研究生和科技工作者参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

全球变化科学导论/朱诚等编著. —4版. —北京:科学出版社,2017

“十二五”江苏省高等学校重点教材

ISBN 978-7-03-054390-5

I. ①全… II. ①朱… III. ①全球环境-高等学校-教材 IV. ①X21

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第216820号

责任编辑:王腾飞 冯 钊/责任校对:王晓茜 王 瑞

责任印制:张克忠/封面设计:许 瑞

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>

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017年6月第 四 版 印张:39 1/2 彩插:5

2017年6月第一次印刷 字数:950 000

定价:99.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序 言

全球变化是当代人类社会面临的重大挑战。自 20 世纪中叶以来，世界经济和人口迅速增长，如 1950 年全球城市人口仅有 7 亿多，到 2015 年已超过 40 亿，预计到 2050 年全球城市人口将再增加 25 亿人，全球将有 3/4 左右的人口生活在城市里。人类经济社会的快速发展、人口的增加和城镇化进程带来资源消耗加剧、生态环境破坏、生物多样性减少等一系列全球环境问题，人类活动排放的温室气体也造成了全球气候系统的持续变暖；根据联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）发布的第五次气候变化评估报告，1880~2012 年全球地表平均温度大约上升了 0.85℃，北半球 1983~2012 年这 30 年的平均温度可能是过去 1400 年中最高的。

自 20 世纪 70 年代以来，随着全球气候变暖、生态环境破坏、生物多样性减少等全球环境问题的不断恶化，全球变化的科学研究逐步兴起。1979 年召开了主题为“世界气候大会——气候与人类”的第一次世界气候大会，推动建立了世界气候计划（WCP）、世界气候研究计划（WCRP）和联合国政府间气候变化专门委员会。1990 年举行的第二次世界气候大会主题为“全球气候变化及相应对策”，呼吁采取紧急国际行动，以阻止大气中温室气体的迅速增加。会议促成了《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）的出台以及全球气候观测系统（GCOS）的建立。除“世界气候研究计划”外，20 世纪 70 年代以来国际科学界先后组织建立了“国际地圈-生物圈计划”（IGBP）、“国际全球环境变化的人文因素计划”（IHDP）和“国际生物多样性计划”（DIVERSITAS）三大全球环境变化研究计划，围绕地球各圈层的全球变化问题以及人类与这些变化间的相互作用开展了大量研究，建立了跨学科、跨区域、跨机构的全球性合作研究网络，大大增进了国际社会对全球变化以及气候变化问题的科学认识。

随着对全球变化问题复杂性认识的不断深入，原有研究计划逐步显现出研究对象片段化、研究方法单一化、研究成果内部化等不足，难以对作为复杂巨系统的地球系统开展更为系统、全面和深入的观测与研究，制约了全球变化研究的深入推进和持续发展。在 2012 年 6 月召开的“里约+20”峰会上，国际科学界正式发起了“未来地球计划”（Future Earth），以更好地应对全球变化给人类社会带来的挑战。发起“未来地球计划”的目的是重组现有的国际科研项目与资助体制，对地球系统开展更为系统、全面和深入的观测与研究，为全球可持续发展提供必要的理论知识、研究手段和方法，填补全球变化在科学研究与社会实践之间的鸿沟，使科学家的研究成果能更好地为全球可持续发展服务。2014 年“未来地球计划”公布了战略研究议程，指出目前全球可持续发展面临着来自八大领域的严峻挑战，这八大领域涉及对水、能源和食物的需求，实现社会经济系统的去碳化，保护陆地、淡水和海洋自然资源，建设健康发展的城市，促进农村未来的可持续发展，改善人类健康，鼓励可持续、公平的生产和消费模式，提高社会应对未来威胁的恢复力等方面。

全球变化是一门知识范围广、时空跨度大的复杂学科，其中不少问题还缺乏一致的共

识，全球变化教材在内容上如何选择是一个难题。朱诚等编著的《全球变化科学导论》是一本系统阐述全球变化科学问题的著作，该书对于全球变化中的重大事件或现象都尽可能从客观事实、过程、机理、未来预测四个方面科学地进行说明，适合初步接触全球变化学科的学生和读者阅读。该书内容丰富、结构条理清晰、文字深入浅出，以基本概念和基本事实与原理为取材的主要依据，介绍了人类活动作为驱动力对全球变化的影响，有助于学生和读者从复杂的全球变化问题研究中厘清最基础和最本质的内容。当前国内已出版了多部有关全球变化的专著和评估报告，但作为大学教科书，该书是继张兰生先生主编的《全球变化》之后又一本更为系统和完整的教材。全球变化是一门快速发展的学科，许多知识、理论和发现在不断更新，该书也与时俱进，不断进行修订，目前已是第四版。当然，书中不足之处在所难免，期待广大读者进行批评与指正，以待再版时加以改正。

中国科学院院士

秦大河

前 言

众所周知，当前全球正面临着一系列重大环境问题，如大气污染、温室效应加剧与气候异常、地球臭氧层减少、土地退化和沙漠化、能源开发与消耗过速、水资源短缺且严重污染严重、海洋环境恶化、森林锐减、生物多样性锐减、垃圾成灾、人口增长过快等。全球变化研究正是国际科学界为迎接上述全球性环境问题的挑战而开展的由各国科学家共同合作的重大科学研究新举措。

1995年10月11日，瑞典皇家科学院将诺贝尔化学奖授予了三位研究臭氧洞形成理论的杰出科学家，他们是荷兰的保罗·克鲁森（Paul Crutzen），气象学博士，瑞典皇家科学院院士；美国的马里奥·莫利纳（Mario Molina），物理化学博士，美国科学院院士；美国的舍伍德·罗兰（Sherwood Rowland），化学博士，美国科学院院士。此后，我国主要致力于环境和气候变化研究的著名科学家刘东生院士和叶笃正院士分别荣获2003年度和2005年度中国国家最高科学技术奖。我国国务院2006年2月颁布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》中，将“人类活动对地球系统的影响机制”“全球变化与区域响应”以及“复杂系统、灾变形成及其预测控制”列为面向国家重大战略需求的三项基础研究内容。2014年，由国际科学理事会和国际社会科学理事会发起，联合国教育、科学及文化组织，联合国环境规划署等组织共同牵头发起了“未来地球计划”。目前，全球变化已经成为发展最迅速、最活跃的前沿科学领域之一，数百个国际合作研究项目，数以万计的科学家参与其中，每年巨额资金的投入使其被称为21世纪人类社会可持续发展的重大科学投资。

上述事实反映了近些年来由于时代的发展、科学的进步、社会的需要，全球变化已经成为一门全人类共同关注的前沿科学。它具有多学科交叉的特点，是一门具有很强生命力和新生长点的科学。全球变化和人类活动关系极其密切，全球变化研究涉及的内容不仅是各国科学家关心的问题，也是许多国家政府官员和社会大众乃至全人类共同关心的问题。21世纪以来，全球变化已成为历届联合国气候峰会和G8峰会等世界各国首脑会议的主题。不少科学家、社会学家和政治家均已提出，21世纪主要解决的问题就是全球变化与人类活动的关系问题。

全球变化概念强调的是地球系统的变化，也就是受控于地球系统的结构功能和反馈机制的、行星尺度上的地球整体行为。在这一概念下，区域变化被看作是对全球变化的“响应”和“驱动”。在20世纪80年代全球变化概念形成之初，人们已经意识到全球变化与人类活动之间的内在联系，全球变化的概念在很大程度上是出于对人类生存环境恶化趋势的关注而提出来的。在这个意义上，全球变化不仅是一种进行之中的自然变化，同时也是人类面临的严重挑战，是21世纪最为紧迫、最为深刻的环境问题和社会问题。

面对全球环境变化的挑战及人类社会可持续发展的共同需求，在一系列国际全球变化科学研究计划的推动下，全球变化科学在过去20多年间取得了大量令人瞩目的研究成果，

发展十分迅速。当前,全球变化科学的重点方向已从认识地球系统基本规律的纯基础研究为主,开始更多地关注与可持续发展相联系的应用研究,并特别关注全球变化的区域响应及其驱动,尤其是如何在自然变率引起的变化中区分出人类驱动的影响;提出了人类社会对全球变化的适应问题,同时更加强调多学科集成研究的方法与途径。在这一发展过程中,中国科学家始终发挥着积极的作用。中国不仅是全球变化研究发起国之一,而且在古环境演变、碳循环、水循环等很多领域取得了一系列具有国际影响的研究成果,做出了具有中国特色的国际性贡献。

但我们也应看到,全球变化科学在我国高校课程设置中还处于起步阶段。张兰生教授等 2000 年编著出版的《全球变化》(2017 年 1 月再版)一书介绍了全球变化研究的基本理论,是我国第一本较系统的全球变化科学方面的高校教材。

本书编者自承担江苏省教育厅面向 21 世纪教学改革重点基金“全球变化与可持续发展”研究项目以来,多年来一直关注国内外高校“全球变化”通识教学课程的进展和动态,欧美许多著名大学均已开设了与“全球变化”相关的通识教学课程:英国谢菲尔德大学(The University of Sheffield)将“全球变化”作为该校本科三年级 10 学分的课程;英国雷丁大学(University of Reading)则将“全球气候变化”课程作为本科二年级的必修课;美国斯坦福大学(课程名称:全球变化与可持续发展)、麻省理工学院(课程名称:全球变化科学)、加利福尼亚大学(课程名称:全球环境变化)、加利福尼亚大学洛杉矶分校(课程名称:环境变化)、伦敦大学(课程名称:过去全球环境变化)、爱丁堡大学(课程名称:环境敏感性与环境变化)、诺丁汉大学(课程名称:全球环境考古)、墨尔本大学(课程名称:环境变化)以及伍伦贡大学(课程名称:环境变化)等。同时,通过网络查询发现,国外高校“全球变化”课程教学的内容虽不尽相同,但都十分注意教学内容的不断更新和完善(体现了该门学科属于国际前沿学科不断创新的特点)。此外,加利福尼亚大学和爱丁堡大学特别强调实验、调查和培养动手能力;耶鲁大学则强调学生阅读,扩大全球变化科学方面的知识面。由此可知,国外该课程的设置和建设并不完全属于研究型的,而是根据各个学校的特色和知识体系来确定的;国外该门课程也并不完全集中在高年级或者低年级阶段。总的来说,国外该门课程的内容均体现了伴随当今全球变化科学迅猛发展与与时俱进的特点。调查发现,随着全球变化研究日益凸显的重要性,国外“全球变化”相关课程正在由专业选修课向学科前沿课和学科交叉课以及专业核心课发展,课程内容、教学大纲、教学方法以及考核方式都在不断地更新完善。

本书部分内容属江苏省优势学科、国家自然科学基金项目(批准号:41571179;41371204)和科技部国家重点研发计划全球变化及应对专项(批准号:2016YFA0600501)共同资助成果。

本书于 2002 年入选南京大学创建高水平大学项目资助教材并出版。2005 年本书入选教育部“研究生教学用书”后,作者对部分章节作了修订于 2006 年再版。目前已在南京大学地理与海洋科学学院教学中使用近 20 年,获得了“华东地区大学出版社优秀教材奖”,2012 年初又被南京大学教务处列为向全校本科生开放的全校通识教育课程,2015 年入选江苏省高等学校重点教材立项建设名单(修订教材)。鉴于全球变化科学学科前沿性的特点以及全球变化与人类活动关系的重要性,其研究成果每天都在不断推陈出新。因此,本

门通识课程将顺应形势发展,不断补充和更新新的教学内容,尤其注重中国和世界人口增长与经济发展导致的一系列资源环境及气候变化问题,并关注中国和世界各国应对资源环境与气候变化的主要国际峰会、公约及最新对策等内容。

本次第四版全书分为“全球变化研究的基本问题”“全球变化研究的主要方法”“环境演变与全球变化”和“人类活动与全球变化”4篇,共18章——不仅在内容方面对原教材(《全球变化科学导论》(第三版))做进一步修订和补充,还针对通识教育课程计划和课件进行重组,系统介绍人类文明发展与全球变化的关系、全球变化科学产生的背景及全球变化研究的主要问题、全球环境演变中的突变与渐变、厄尔尼诺和温盐环流对全球气候变化的影响、温室效应与全球变暖、世界人口增长与资源能源开发带来的环境问题、中国经济发展与资源环境问题、国际应对气候变化的主要公约及低碳发展和减排行动峰会、中国应对资源环境问题及气候变化的对策等,并介绍近年来国内外全球变化与人类活动关系的最新研究成果。本书每章节均附有思考题,以利于学生思考和思维能力拓展。

本次修订和再版的目的是:通过“全球变化与人类活动”通识课程教学和课程与知识体系的重组,将当今全球变化与人类活动关系科学研究的最新理论和最新研究成果纳入高校本科生通识课程教学内容,使各学科学学生能从交叉学科角度了解当今国际前沿学科的理论动态,同时结合多媒体可视化教学,加快对国际前沿学科科研动态信息的传播,促进高校教学信息共享和多学科交流,真正达到与国际接轨的目的。通过教学,培养学生敬畏自然、关注人类活动对大自然的影响、珍惜资源和能源的意识,树立保护地球环境、勤俭节约资源和能源从我做起的良好社会风尚。在教学中,注重引导和培养学生用宏观思维与多学科交叉手段去分析国际国内复杂的人类活动与全球环境变化互动影响问题。对学生进行多方面能力的训练,发展其思维和表达能力,对问题能从跨学科角度进行思考,达到不同学科和专业之间的沟通融合以及教学相长的目的。

本次再版修订内容分别由以下人员完成:

朱诚(本教材第一、二、三、四篇中部分内容的编写和全书的审核);马春梅(第六章以外所有章节的主要编写修订);陈刚(第六章);研究生张雨辰、蒋小芳、黄振辉、孙珏、刘泽雨、尚广春等参与了协助编写、部分文献资料翻译、整理、插图清绘和统稿格式编排等工作;全书由马春梅统稿。第四版在前三版基础上完成,感谢谢志仁、李枫、申洪源等前期的辛苦付出!感谢丁一汇院士一直大力支持修订工作,并提供了他在2013年为南京大学全校通识课开设讲座的讲稿(为保持其完整性,放在附录部分)。国家气候中心的王朋岭博士(本课题组毕业硕士)参与了第四章、第九章、第十四章等部分内容的修订;南京大学张肖剑博士对第七章第一节进行了部分修订。南京大学王先彦教授、庞洪喜副教授、韩志勇副教授、高建华副教授、张秀英副教授、周艳莲副教授、史江峰副教授、周斌副教授、徐志伟博士、张万苍博士、曾春芬博士等活跃在全球变化研究领域的同事提供了部分和其研究相关的进展和资料,在此一并表示感谢!

可以说,本书的出版从一个侧面反映了全球变化科学作为一门前沿性新学科蓬勃发展、不断创新的特点。因编者水平有限,加之修订时间仓促,当前全球变化研究的某些重要内容可能未列入本书中,希望广大读者提出宝贵意见,便于我们今后作进一步修改。我们相信,本书的再版将有利于高校师生和科研人员进一步了解全球变化研究的基本理论、

方法及其发展动态,有利于我国全球变化研究的进步,有利于推动我国高校教学内容的创新与改革。衷心期望我国全球变化研究与教学能走在世界前列。

在此,衷心感谢秦大河院士为本教材所作的序以及国家自然科学基金委员会、南京大学教务处、南京大学地理与海洋科学学院、科学出版社对本书再版所给予的大力支持和协助。

编 者

2017年3月1日于南京大学

目 录

序言
前言

第一篇 全球变化研究的基本问题

第一章 全球变化科学产生的背景及其研究内容和意义	3
第一节 全球变化科学产生的背景	3
第二节 全球变化研究的主要内容及意义	10
思考题	23
第二章 全球变化科学的最新发展趋势	24
第一节 地球系统科学联盟的发展	24
第二节 “未来地球计划”	29
第三节 全球变化研究进展的特点和趋势	35
思考题	46
第三章 全球变化的主要特征与过程	47
第一节 全球变化的时空谱特征	47
第二节 全球变化的驱动力	51
第三节 全球变化的三大循环过程	57
第四节 第四纪冰期及驱动机制	73
思考题	80
第四章 史前时代与工业革命以来全球环境的比较	82
第一节 史前时代的全球环境	82
第二节 工业革命以来的全球环境	92
思考题	99

第二篇 全球变化研究的主要方法

第五章 过去全球变化的重建	103
第一节 年代学	104
第二节 古生物学记录	112
第三节 黄土堆积与古土壤信息载体	136
第四节 深海氧同位素记录	154
第五节 冰芯记录	160
第六节 石笋记录	167
第七节 环境考古	173

第八节 其他记录	181
思考题	190
第六章 遥感与地理信息系统在全球变化研究中的应用	191
第一节 遥感技术与全球变化研究	192
第二节 地理信息系统与全球变化研究	220
第三节 地理信息技术在全球变化研究中的应用实例	224
思考题	243
第七章 全球变化的综合研究方法	245
第一节 全球模式	245
第二节 社会经济模式	252
思考题	258

第三篇 环境演变与全球变化

第八章 自然环境突变事件	261
第一节 天体撞击事件	261
第二节 生物大灭绝事件	265
第三节 气候突变事件	273
第四节 其他突变事件	290
思考题	300
第九章 全球冰冻圈变化	302
第一节 全球冰冻圈概述	302
第二节 冰川与全球变化	308
思考题	321
第十章 全球海面变化	322
第一节 海面变化的基本概念	322
第二节 海面在历史时期和近期的变化	326
第三节 未来海面变化趋势及对人类的影响	339
思考题	355
第十一章 ENSO 与温盐环流	356
第一节 厄尔尼诺	356
第二节 南方涛动	360
第三节 温盐环流	362
第四节 ENSO 及温盐环流对全球气候变化的影响	365
思考题	373
第十二章 青藏高原隆升及其环境效应	374
第一节 青藏高原隆升过程	374
第二节 青藏高原隆起的环境效应	387
思考题	400

第十三章 全球季风的多尺度演化	401
第一节 全球季风的分布与特征	401
第二节 全球季风的地质演变	404
第三节 多尺度季风变率	405
第四篇 人类活动与全球变化	
第十四章 温室效应与全球变暖	415
第一节 气候变化的观测事实及其影响	415
第二节 地球大气组成的变化与温室效应	420
第三节 人类活动与气候变化	429
第四节 全球变暖停滞	433
思考题	436
第十五章 臭氧损耗及其环境效应	437
第一节 紫外辐射及其生物效应	437
第二节 臭氧损耗及其对人类生存环境的影响	442
思考题	450
第十六章 世界人口与资源环境问题	451
第一节 人口问题	451
第二节 植被破坏	460
第三节 生物多样性锐减	462
第四节 土地资源总量	464
第五节 水资源短缺和水污染问题	467
第六节 能源与矿产资源存在的问题	469
第七节 大气污染和固体废物问题	470
第八节 海洋环境污染问题	475
第九节 全球变化对人类健康的影响	480
第十节 战争和政治格局对人类、环境和全球变化的影响	486
第十一节 中国的主要资源与环境问题	496
思考题	511
第十七章 国际应对气候变化的主要公约及减排行动峰会	512
第一节 《联合国气候变化框架公约》	512
第二节 《京都议定书》	515
第三节 “巴厘路线图”	519
第四节 哥本哈根世界气候大会	520
第五节 巴黎气候大会	524
思考题	527
第十八章 世界温室气体排放权交易体系与低碳发展	528
第一节 世界碳排放权交易体系	528

第二节 低碳经济	538
思考题	543
附录 1: 地球气候的演变及其与 CO ₂ 的关系	545
附录 2: 全球变化研究专业术语中英文对照	576
参考文献	590
彩图	

第一篇 全球变化研究的基本问题

第一章 全球变化科学产生的背景及其研究内容和意义

第一节 全球变化科学产生的背景

全球变化是指受自然和人文因素影响的、地表环境及地球系统功能全球尺度的变化。全球变化持续影响着人类的生存和发展，成为当今世界各国和社会各界关注的重大政治、经济和外交问题^①。

一、全球变化科学产生的过程

全球变化(global change)作为一个科学术语和一门交叉学科，是随着全球环境问题的出现和人类对其认识程度的不断深化而被提出并发展起来的。全球变化科学的精髓是系统地球观，强调将地球的各个组成部分作为统一的整体加以考察和研究，将大气圈、水圈、岩石圈和生物圈之间的相互作用，地球上物理的、化学的和生物的基本过程之间的相互作用以及人类与地球之间的相互作用联系起来进行综合集成研究。在全球变化科学领域，不仅有地球科学内部各分支学科之间交叉，也有自然科学内部地球科学、信息科学、宏观生态学、自然灾害学、环境科学等学科之间的融合，还涉及自然科学与社会科学之间的渗透。全球变化科学的诞生和迅速发展反映现代科学发展的高度交叉与综合。

全球变化是一组规模空前的大型国际科学计划的代名词，它包括1979年开始的以研究物理气候过程为主要内容的“世界气候研究计划”(WCRP)，1982年开始筹备组织的以研究地球系统中生物地球化学过程为主要内容的“国际地圈-生物圈计划”(IGBP)，1992年开始的以地球上生物多样性问题为主要内容的“国际生物多样性计划”(DIVERSITAS)，1995年开始的以研究人类与地球环境变化相互关系为主要内容的“国际全球环境变化的人文因素研究计划”(IHDP)，以及其他一系列相关国际计划。2014年，在之前的4个计划基础上，由国际科学理事会(ICSU)和国际社会科学理事会(ISSC)发起，联合国教育、科学及文化组织(简称联合国教科文组织)(UNESCO)、联合国环境规划署(UNEP)等组织共同牵头组建了“未来地球计划”(Future Earth)。目前，全球变化已经成为发展最迅速、最活跃的前沿科学领域之一，数百个国际合作研究项目，数以万计科学家参与其中，每年巨额资金的投入使其被称为21世纪人类社会可持续发展的重大科学投资。

以IGBP为代表的全球变化研究始于20世纪80年代初。1982年，在国际科学理事会第19届全会举办的纪念国际地球物理年25周年大会上，Garland首次提出了物理过程与生物过程相互作用的观点，并将其与自然界尚未揭开的“奥秘”联系起来。1983年，美国国家科学研究委员会(NRC)在麻省理工学院伍兹霍尔海洋研究所召开“国际地圈-生物圈计划讨论会”。同年，美国国家航空航天局(NASA)成立地球系统科学委员会(ESSC)，

^① 资料来源：科学技术部“全球变化及应对”重点专项2017年度项目申报指南。

提出要将地球上相互作用的各组成部分作为一个统一整体进行回顾，并为全球性的地球研究提出战略性规划。1984年，ICSU第20届大会组织了广泛的讨论会，正式开始了对全球变化研究的讨论。1986年，国际科学联合会第21届大会后很快组成了一个由19人组成的国际地圈-生物圈计划（又称全球变化研究）特别委员会，在McCarthy教授的领导下，经过高效率工作，于国际科学联合会第22届大会上提出了全球变化研究计划的大纲。

IGBP的研究分为制订计划阶段（1987~1990年）、计划实施阶段（1991~2010年），进行了长达20年的持续观测。IGBP的第一阶段于2003年结束，并出版了一套系统全面的、集成了IGBP和相关研究的系列丛书。IGBP的第二阶段（2004~2013年）是在第一阶段研究和综合的基础上，以强化科学计划阶段的形式开始的。截至2005年年底，IGBP完成了6个核心计划，即水循环的生物学方面（BAHC）（2003年12月完成）、国际地圈-生物圈计划-数据与信息系（IGBP-DIS）（2001年12月完成）、全球分析、综合与模拟（GAIM）（2004年12月完成）、GCTE（2003年12月完成）、全球海洋通量联合研究（JGOFS）（2003年12月完成）、土地利用与土地覆盖变化（LUCC）（2005年12月完成），为了适应更综合的地球系统科学的挑战，于2006年制订了一系列新的核心计划。2014年，由国际科学理事会和国际社会科学理事会发起、联合国教科文组织、联合国环境规划署、联合国大学（UNU）、Belmont Forum和国际全球变化研究资助机构（IGFA）等组织共同牵头，组建了为期10年的大型科学计划未来地球计划（详见第二章第二节）。2015年12月，IGBP关闭，部分计划移交未来地球计划。图1-1为全球变化科学的发展历程。

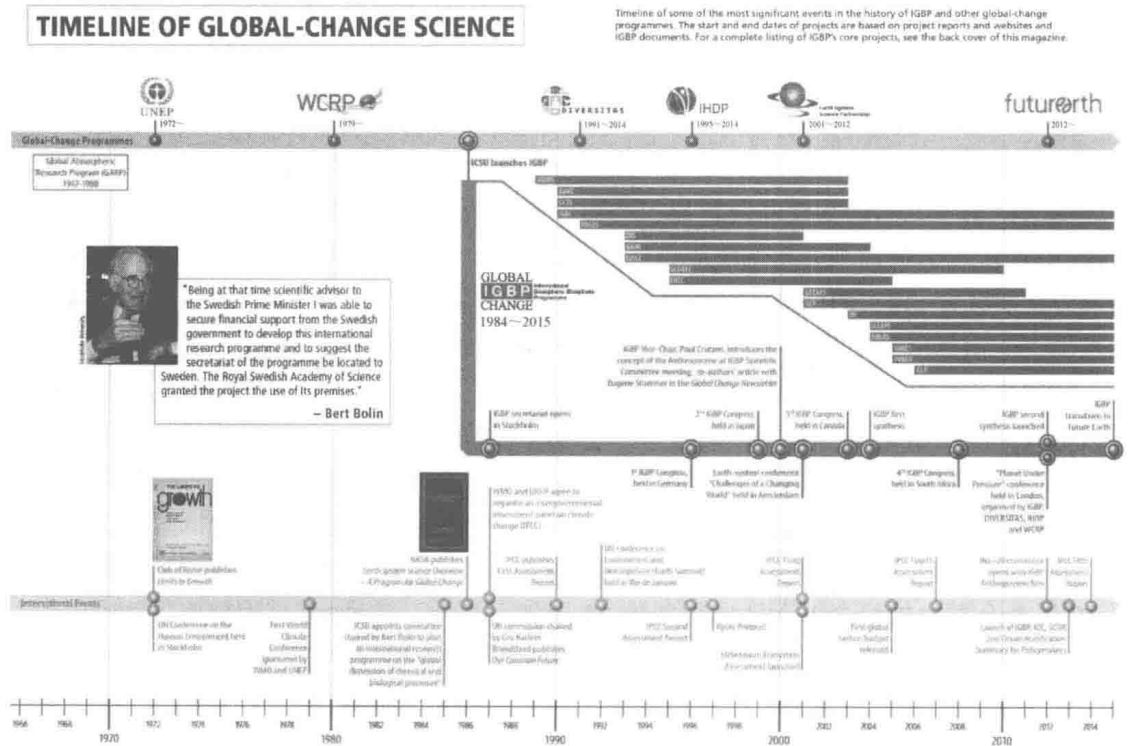


图 1-1 全球变化科学的发展历程 (IGBP, 2015)