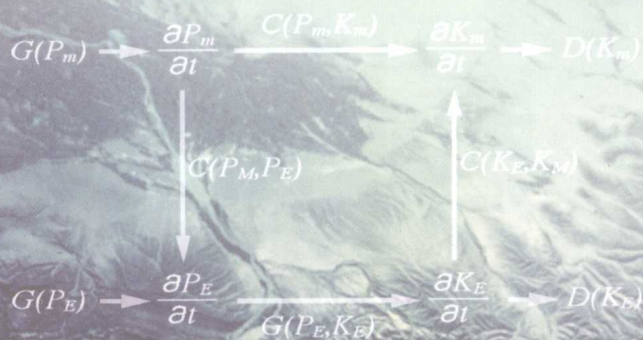
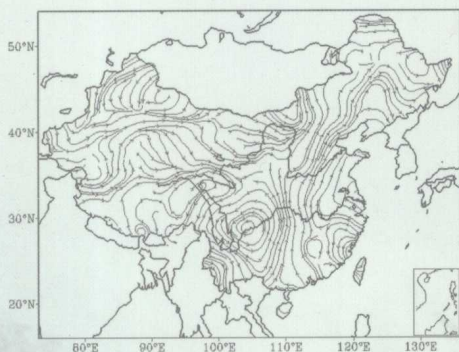




全球变化与 人类适应

Global Change and
Human Adaptation

王汉杰 刘健文 / 编著



中国林业出版社

国家重点基础研究发展规划项目 (2006CB 400505) 资助
国家自然科学基金项目 (40675040)

全球变化与人类适应

王汉杰 刘健文 编著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

全球变化与人类适应/王汉杰, 刘健文编著. —北京: 中国林业出版社, 2008. 10

ISBN 978-7-5038-5323-4

I. 全… II. ①王…②刘… III. ①全球环境-研究②气候变化-研究

IV. X21 P467

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 145019 号

出 版: 中国林业出版社 (100009 北京西城区德内大街刘海胡同 7 号)

网 址: www.cfph.com.cn

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话: (010) 66184477

发 行: 新华书店北京发行所

印 刷: 北京中科印刷有限公司

版 次: 2008 年 10 月第 1 版

印 次: 2008 年 10 月第 1 次

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 22.5

字 数: 546 千字

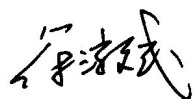
印 数: 1 ~ 2000 册

内容提要

本书较系统地介绍了全球变化，特别是气候变化研究涉及的概念、理论和模式工具，介绍了我国近年来开展的三北防护林建设、退耕还林（草）、南水北调、防沙治沙等重大工程项目与全球变化研究、组织有序人类活动、适应全球变化的密切关系。可供从事全球变化，气候模拟、预测，生态工程等专业的科研和技术人员参考，也可供气象、生态、环境和农林等专业的大学生和研究生阅读。

序

全球变化科学是 20 世纪后期至今最活跃、发展最快的前沿科学领域之一。我国的全球变化研究自上世纪 80 年代中期开始，在叶笃正先生等的带领下率先启动并逐步引向深入。中国的全球变化研究从一开始就有明确的指导思想，即将面向国家重大需求又有全球意义的科学问题作为我国全球变化研究的重点。多个国家重大基础研究项目（973 项目）的任务书中均明确提出：有关全球变化的研究工作需运用多学科交叉的集成分析方法，通过观测实验和数值模拟，研究在全球变化背景下，由水、土、气、生组成的复杂气候环境系统的自然演变规律，揭示全球增暖以及人类活动，包括大规模土地利用变化和水资源再分配等对环境系统影响的过程和机理，研究如何通过组织有序人类活动，保护和改善生态与环境，实现人口、资源、环境协调有序，为实施国家社会经济的可持续发展战略提供科学依据。本书作者秉承这一基本宗旨，既介绍了全球变化的有关概念、理论和模式，又介绍了我国近年来开展的三北防护林建设、退耕还林（草）、南水北调、防沙治沙等重大工程项目与全球变化研究、组织有序人类活动、适应全球变化的密切关系。相信本书的出版对读者从学科交叉的角度理解全球变化研究的科学内涵，国家重大生态建设工程的科学意义以及我国政府在应对全球气候变化方面做出的重要贡献，均有重要的帮助。



2008 年 6 月

前言

人类社会进入 20 世纪以后,环境问题日益突出,全球变化研究已成为世界各国政府和社会公众广泛关注的规模最大的国际科学活动。我国科学家自 20 世纪 80 年代就开始了有关全球变化的研究,目前已做出了具有国际影响的科学贡献。随着全球变化研究的不断深入,人们对全球变化的理解也逐渐加深,从开始试图“阻止”或“减缓”全球变化的进程,到现在的“全球变化与有序人类活动”或“全球变化与人类适应”新理念,应该说有了“质”的变化。

全球变化研究涉及的内容极广,它开启了自然科学领域大跨度的学科交叉,奠定了自然科学和社会科学相交叉的理论基础(叶笃正,1992;叶笃正等,2001,2003)。全球变化研究开创了生命科学和非生命科学交叉的先河,涉及的生命科学有:生物学,生态学,生理学,人类学,行为学等;涉及的非生命科学有:天文学,地球物理学,地球化学,控制论、系统论及现代计算机科学等。本书侧重全球变化中的气候变化问题,以生态环境比较脆弱的我国西北干旱半干旱地区为重点,介绍我们近年来在国家自然科学基金,国家 973 项目, IUCN, APN 等国内外重大项目资助下,从事的全球变化与人类适应方面的研究工作。

我国西部尤其是西北部(陕、甘、宁、青、新、内蒙古)干旱半干旱地区,生态、气候环境很差,地方经济基础薄弱,科学技术相对滞后,要想实现该区社会、经济的协调发展,必须认真研究在全球变化的大背景下,该区生态、气候环境形成的内在机理与外部原因、历史演变规律及未来发展趋势,从而找出一条既适合区域发展,又有利于生态环境改善,并能大幅度提高社会经济总量的途径,这正是“全球变化与人类适应”的核心表述。

总之,我们认为,在研究全球变化与生态系统适应理论的同时,须结合国情,发挥政府宏观调控功能,组织有序人类活动,开展退化生态系统的恢复和重建工程,达到理论与实践的有机结合和高度统一,做到社会、生态、经济效益并举,以此丰富全球变化研究的科学内涵,为实现区域社会、生态、经济可持续发展提供决策支持。

全书共分为二篇十章,第一篇介绍全球变化与全球气候变化的基本概念、模式工具和科学理念。第二篇介绍我国科学家在全球变化的研究工作中,注重理论联系实际,将全球变化与组织有序人类活动紧密结合,有计划、有目的地开展各种有序人类活动、适应全球变化进程等方面的社会实践工作。第一章首先介绍全球变化的基本概念,强调全球变化和全球气候变化的区别;第二章介绍全球变化中的气候变化问题,指出它是全球变化最核心的问题之一;第三章介绍全球变化研究中的各种

模式工具，目的是向读者展示全球变化研究的学科交叉特点；第四章介绍全球变化与社会经济可持续发展，说明全球变化与社会科学的密切关系；第五章以后分别介绍我国政府组织有序人类活动，适应全球气候变化的各种大规模生产实践活动及其对区域性气候变化的影响，内容涉及西部开发（第五章），三北防护林建设（第六章），退耕还林（草）（第七章），南水北调（第八章），退化生态系统恢复与重建（第九章）等。第十章为全书总结。

本书是课题组所有同仁科学智慧和辛勤劳动的共同成果，周林参编第三章部分章节，钟中、施伟来参编第六章，施伟来参编第七章，景丽、李建云参编第八章。其余章节由王汉杰、刘健文编著并负责全书统稿、策划。参与本书科研工作野外实验并积极为本书提供素材的还有南京林业大学的李忠正教授、金永灿教授、鲁小珍副教授，南京大学的刘茂松副教授等。我近年来培养的博士、硕士研究生们也为本书的完成做了大量工作，在此一并表示感谢。

全球变化涉及的学科领域广泛，知识门类多，作者才疏学浅，加之编写仓促，书中难免有错漏之处，敬请广大读者批评指正。

王汉杰

2008 年 6 月于北京

目录

序 前言

第一篇 概念、理论与模式

第一章 全球变化的概念	(2)
第一节 全球变化的概念	(2)
一、全球变化的定义、研究目标和时空尺度	(2)
二、全球变化理论的先进性	(3)
第二节 全球变化研究现状与发展趋势	(3)
一、全球变化研究现状	(3)
二、全球变化研究的发展趋势	(4)
三、全球变化涉及的科学问题	(5)
四、完成全球变化研究的关键	(8)
五、全球变化与东亚变化的关系	(8)
第三节 我国全球变化研究的重点领域	(9)
一、近海海洋环境的变异及其对全球变化的响应	(9)
二、东亚季风环境的演化及其与全球变化的关系	(10)
三、海-陆-气相互作用与水分循环和全球变化的关系	(12)
四、关键区域生态系统过程与碳循环及其对全球变化的响应与反馈	(13)
第二章 全球变化中的气候变化	(16)
第一节 引言	(16)
第二节 气候变化的基本事实	(18)
一、全球平均状况	(18)
二、中国的气候变化情况	(19)
第三节 气候变化对自然生态系统的影响	(20)
一、自然植被	(20)
二、极端气候事件	(21)
三、冰川、冻土和积雪	(22)
四、湖泊	(23)

五、海岸带和海洋生态系统	(24)
第四节 气候变化对我国国民经济的影响	(25)
一、农业	(25)
二、水资源	(27)
三、人类健康	(27)
四、人类居住环境	(27)
五、保险和其他金融业	(28)
第五节 未来全球和中国气候变化的预测	(29)
第六节 中国应对气候变化国家方案	(30)
一、中国与气候变化	(31)
二、未来中国应对气候变化的原则、目标与措施	(31)
三、中国政府关于气候变化问题的基本立场	(32)
第七节 气候变化中的不同声音	(33)
一、天文学原因	(33)
二、地质学原因	(34)
三、观测记录误差	(34)
第三章 研究全球变化的模式工具	(36)
第一节 全球模式	(36)
一、大气环流模式 (AGCM)	(36)
二、大洋环流模式	(38)
三、LASG/IAP 大气环流模式和大洋环流模式	(39)
第二节 区域模式	(42)
一、区域气候模式	(42)
二、区域海洋模式与海气耦合	(47)
第三节 陆面过程模式	(51)
一、陆面过程中水文过程的发展	(52)
二、陆面过程中植物生态过程的发展	(58)
第四节 大气化学模式	(61)
一、温室气体与温室效应	(61)
二、国际大气化学计划	(70)
三、大气化学模式简介	(72)
第五节 陆地水文模式	(75)
一、自然界中的水循环	(75)
二、水文模式特色	(77)
三、几个常见的分布式水文模型	(81)
第六节 植物生态模式	(94)
一、生态模式中潜在产量、可达产量与实际产量	(94)

二、作物冠层的 CO_2 同化过程	(98)
三、呼吸消耗和植株发育	(103)
四、水分亏缺对潜在产量的影响	(111)
第七节 社会经济学模式	(116)
一、基础数据准备	(117)
二、数据网格化	(117)
三、社会经济学模式的未来情景预测试验	(118)
四、社会经济学模式与气候模式的耦合试验	(120)
第四章 全球变化与社会经济可持续发展	(124)
第一节 可持续发展基本概念	(124)
一、可持续发展概念的提出	(124)
二、可持续发展的内涵	(125)
三、可持续发展的目标设计	(126)
四、可持续发展必须跨越的三大“零增长”台阶	(126)
五、实施可持续发展的途径	(127)
六、可持续发展评价指标	(127)
第二节 可持续发展的量化研究	(130)
一、可持续发展概念及新的科学准则	(130)
二、可持续发展研究对象及量化指标体系	(131)
三、可持续发展量化方法研究	(131)
四、可持续发展优化模型	(134)
第三节 世界各国的可持续发展能力及中国的相对位置	(135)
第四节 中国可持续发展研究现状及问题	(143)
一、中国实施可持续发展的重大举措	(144)
二、中国实施可持续发展面临的问题与对策	(144)
三、结语	(156)
第五节 可持续发展与《21 世纪议程》	(157)
一、21 世纪议程的基本思想	(157)
二、21 世纪议程的主要内容	(157)
三、中国 21 世纪议程	(157)
四、中国 21 世纪议程实施进程	(159)

第二篇 有序人类活动——适应与实践

第五章 西部开发与生态环境建设	(164)
第一节 西部生态环境的现状和主要问题	(164)
一、水资源短缺与浪费并存	(164)

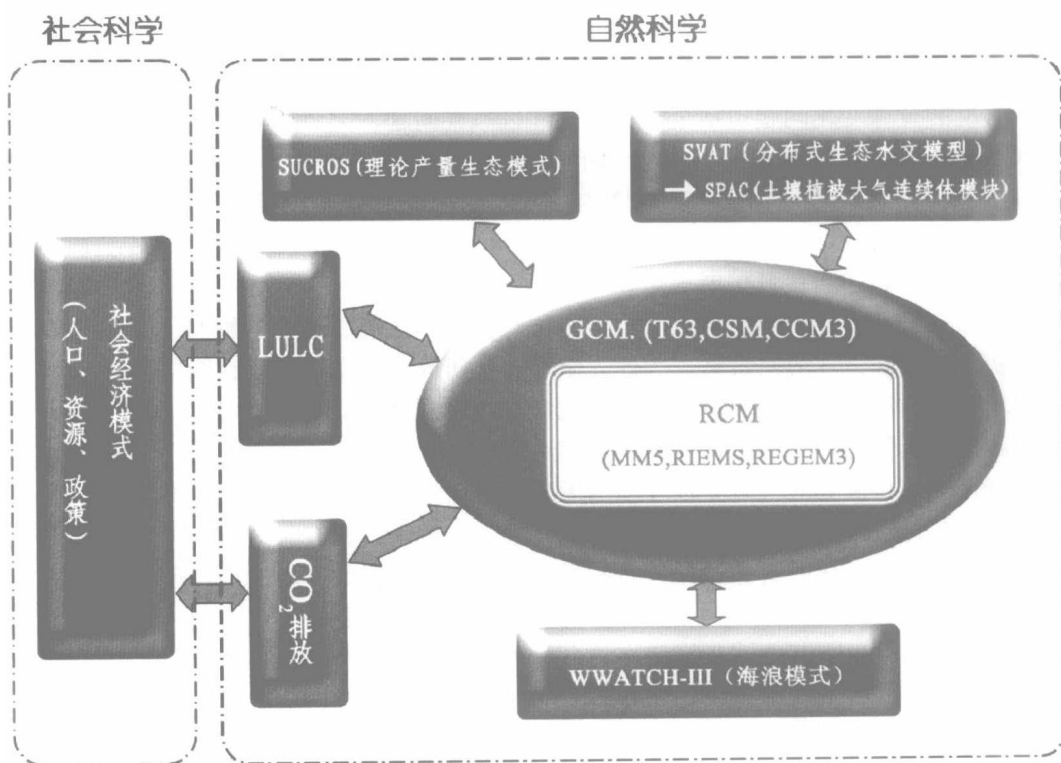
二、林、草植被稀少, 水土流失严重	(165)
三、气候干旱, 土地风蚀沙化	(167)
第二节 西部生态环境建设应遵循的主要原则	(168)
一、必须与当地的社会经济发展相结合	(168)
二、必须贯彻因地制宜方针, 采取科学实用的方法	(168)
三、生态环境建设需建立相应的生态补偿机制	(171)
第三节 西部生态环境建设的战略设想与建设模式	(172)
一、注重水土流失治理	(172)
二、抵御风蚀沙化	(173)
三、加强沙漠绿洲生态环境建设	(174)
四、生态环境建设的对策措施	(174)
第六章 三北防护林建设工程	(177)
第一节 三北防护林建设的历史与现状	(177)
一、我国三北地区面临的严重沙漠化和水土流失现状	(177)
二、三北防护林体系工程概述	(180)
第二节 三北防护林建设的区域性生态环境效应	(185)
一、防护林建设的生态环境效应	(185)
二、三北防护林体系建设对华北地区生态环境的影响	(188)
第三节 三北防护林建设经验与启示	(193)
一、三北防护林建设的经验	(194)
二、三北防护林建设经验对当前四期工程建设的指导意义	(197)
三、三北防护林体系建设的启示	(199)
第四节 三北防护林环境效益预测	(201)
一、区域生态环境模式简介	(202)
二、数值模拟试验方案设计	(203)
三、三北防护林对生态环境影响的放大性试验结果分析	(205)
四、小结	(214)
第五节 三北防护林建成后的区域气候效应	(215)
一、基础模式与试验设计	(215)
二、模拟结果分析	(216)
三、结语	(221)
第七章 退耕还林(草)及沙漠化土地绿化工程	(223)
第一节 退耕还林(草)工程介绍	(223)
一、国外退耕还林状况	(224)
二、中国退耕还林(草)工程	(224)
三、退耕还林(草)的生态学意义	(226)
第二节 退耕还林(草)的区域气候效应	(230)

一、主要研究进展	(230)
二、退耕还林(草)和沙化土地绿化对中国区域气候的影响	(232)
三、小结	(239)
第三节 退耕还林(草)的社会经济问题	(242)
一、退耕还林(草)的社会经济效益	(243)
二、存在的主要问题	(247)
三、建议	(247)
第八章 南水北调工程	(249)
第一节 南水北调工程简介	(249)
一、南水北调工程实施的必要性	(249)
二、规划建设中的东、中、西线工程	(252)
第二节 南水北调工程受水区灌溉农田概况	(254)
一、受水区的灌溉农田分布状况	(255)
二、南水北调工程区水资源农业灌溉规划	(255)
第三节 南水北调受水区农田灌溉的区域气候效应	(256)
一、灌溉条件下的陆面过程模型改进	(257)
二、农田灌溉模型及灌溉方式	(262)
三、中线受水区农田灌溉区域气候效应的数值模拟	(265)
四、小结	(271)
第四节 土地利用动态变化条件下的模拟结果	(271)
一、土壤湿度影响区域气候的物理图像	(272)
二、试验方案设计	(273)
三、模拟结果分析	(275)
四、小结	(281)
第五节 大面积农业灌溉的滞后效应	(282)
一、数值试验方案	(282)
二、模拟结果分析	(283)
第九章 干旱半干旱区退化生态系统恢复与重建	(287)
第一节 实验区立地条件分析	(287)
一、实验区土壤生态特性	(287)
二、实验方案	(288)
三、结果与分析	(291)
四、小结	(314)
第二节 木质素固沙材料的野外试验设计与结果分析	(317)
一、田间试验设计	(317)
二、试验结果调查	(317)
三、植物群落调查与固沙效果试验设计	(319)

四、小结	(325)
第三节 发展沙地桑产业, 适应气候变化	(326)
一、果桑生产	(327)
二、节水保土、丰富绿化树种	(327)
三、遏制荒漠化, 防沙治沙的饲料桑产业	(328)
四、发展加工业, 促进民族桑产业向深度发展, 繁荣地方经济	(330)
第四节 退化草场恢复与草原旅游	(331)
一、传统意义上草场退化与生态恢复	(331)
二、围栏封育与草原旅游	(334)
第十章 结束语	(337)
参考文献	(339)

第一篇

概念、理论与模式



第一章 全球变化的概念

本章讲述全球变化的基本概念、全球变化研究的现状和发展趋势以及我国全球变化研究的重点领域等问题。

第一节 全球变化的概念

一、全球变化的定义、研究目标和时空尺度

地球生态系统 (global ecosystem) 包括无数不同时空尺度且相互作用的子系统 (subsystems), 各子系统的空间尺度从全球范围到一个局部地区不等, 这些系统处于一种动态平衡之中, 但是以地质时间尺度作缓慢变化。全球变化研究是一门介于地球科学和生命科学之间的交叉学科, 主要研究处于动态平衡 (或慢变过程) 中的地球生态系统上的各种快速变化过程可能造成的后果、全球或区域尺度的子系统对上述变化的适应能力、反馈机理以及人类社会需要采取的应对策略 (叶笃正等, 1992; 张兰生等, 2000)。全球变化不同于通常意义下的全球气候变化。前者包括的科学意义远远大于后者。全球气候变化是包含于全球变化之中的一个相对重要问题。

常见的全球变化问题包括全球性问题和区域性問題两类, 前者主要是指: 全球增暖 (global warming), 臭氧空洞 (ozone depletion), 森林砍伐 (deforestation), 生物多样性 (biodiversity) 锐减等发生在全球范围内的问题; 而后者主要包括: 区域性酸雨, 污染物远距离输送 (long range transport of air pollutants), 热带雨林锐减, 海岸带退缩, 海水入侵, 湖泊萎缩和沙漠扩展等。

全球变化的研究目标包括: ①全球变化对社会、生态、经济的影响; ②社会团体对全球变化的反映; ③应对策略。因此, 全球变化研究的基本目标是试图描述并了解控制地球环境及其演变的相互作用的物理、化学和生物过程, 以及人类活动在其中的作用, 并由此提高人们对地球环境变化的预测和适应能力。换句话说, 全球变化研究的本质在于预测全球变化及其对人类生存环境的影响, 提出适应与减缓全球变化的对策。

全球变化研究中十分注重时间尺度的概念。一般认为, 有三个时间尺度要明确: 一是引起地球环境变化的自然过程的时间尺度; 二是人类活动引起的地球环境变化的时间尺度; 三是要预报的时间尺度。现在已把要预报的时间尺度定为几十到一百年。这个尺度确定以后, 不少引起地球环境演变的自然因素, 则可不考虑, 如地球深部的影响和地球轨道变化的影响等 (叶笃正, 1992)。

确定了不同的时间尺度以后, 须注意区分全球变化中的快变过程和慢变过程。快变过程由大气、陆面和上层海洋组成, 是驱动其他地球系统的热机, 供给动量、水和能量。如云控制着行星反射率和可达地面的辐射量。辐射能也是供给生物生长的主要能

源。蒸发和降水控制着地球上生物所需要的淡水，而淡水供应控制着植物分布；植物分布区系和土地利用又控制辐射的吸收、蒸腾和湍流输送等主要因子。此外，水和土地利用还影响生物地球化学循环。再如，从高纬度流入海洋的淡水是产生海水浮力的主要因子，而浮力调控深海环流。慢变过程由下层海洋及深海环流、冰川和冰盖组成，它又与地质年代的气候慢变相关（张兰生等，2000）。

二、全球变化理论的先进性

全球变化研究开创了自然科学领域大跨度的学科交叉，奠定了自然科学和社会科学相交叉的理论基础。全球变化开创了生命科学和非生命科学交叉的先河，涉及的生命科学有：生物学，生态学，生理学，人类学，行为学等；涉及的非生命科学有：天文学，地球物理学，地球化学，控制论、系统论及现代计算机科学等。图 1.1.1 是 IPCC 总结的全球变化研究涉及的科学问题。

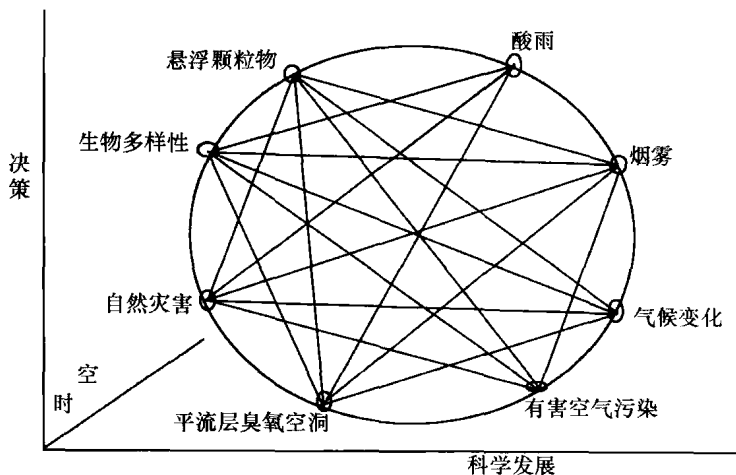


图 1.1.1 IPCC 总结的全球变化涉及的学科领域（编译自 IPCC，2001）

总之，在全球变化的理念下，我们认识到地球上的生命行为和无生命行为的相互作用，而正是这种作用控制着地球环境的演变；认识到人类活动是引起地球环境变化的一个重要因子。既然如此，人类将来应该可以用某种方式引导地球环境向有益于人类生存的方向发展（叶笃正，1999）。

第二节 全球变化研究现状与发展趋势

一、全球变化研究现状

目前，全球变化研究主要包括 4 大国际计划：世界气候研究计划（WCRP），国际地圈－生物圈计划（IGBP），全球环境变化的人文因素计划（IHDP）和生物多样性计划（DIVERSITAS）及其一系列核心研究计划。上述大型国际合作计划，既有区别，又有交叉。一方面说明了全球变化研究的复杂性，因为它涉及人类社会的方方面面；同时也说明了其重要性已受到人类社会的广泛关注。

相关研究计划取得的主要进展包括：①TOGA 计划的成功，推动了全球海洋观测系统（GOOS）的建立。特别是在太平洋赤道地区建立了比较完整的 El Niño 监测系统（锚碇浮标阵、漂流浮标、验潮站、XBT 观测网和卫星遥感等）；②建立和发展了提前

半年至一年预报 El Niño 发生的数值模式；③对地球系统进行了空前的多学科交叉研究，取得了大量高质量的科学数据，发现了一些新的现象，如海洋中的高营养盐低生产力区和铁在初级生产力中的重要作用等；④对地球系统碳的循环有了深入认识，初步找到了过去所说的碳丢失项（missing term）——陆地生态系统是个“汇”，但也有人认为陆地目前“汇”的作用，下世纪很快会变成“源”；已有证据表明大洋海域是大气 CO₂ 的“汇”，但近海的“汇/源”之争仍在继续；⑤提出了地球系统中的几个关键性问题，如全球碳循环、水资源、食物安全等，使 IGBP 进入集成研究阶段等；⑥古全球变化研究在认识气候的自然变率、工业化前的全球大气成分、全球温室气体的自然变化及其与气候的关系、陆地生态系统对过去气候变化的响应、过去气候系统的突发性变化等方面做出了重要贡献，认识到许多人类所不知道的事实，被国际社会公认是自然科学的重要进步。

上述多方面的成果在降低对未来环境预测的不确定性，促进社会可持续发展，尤其是在减少自然灾害及其影响、环境规划及资源管理等方面具有无可估量的价值。

二、全球变化研究的发展趋势

全球变化研究将继续以下发展趋势：

(1) 多学科交叉研究的深度和广度将加强。如描述物理、化学、生物过程的耦合模式在发展；WOCE 和 JGOFS (Joint Global Ocean Flux Study) 在 CO₂ 问题上的交叉合作，GEWEX 与 BAHG 之间在水的问题上之交叉合作，CLIVAR 与 PAGES 之间的交叉合作，SOLAS 是海洋大气之间的关键生物地球化学物理的交叉等等。

(2) 注重全球变化的区域响应研究。全球问题与区域问题的结合更加明确，并达成共识：全球性问题的研究需要由区域研究来支持；区域性研究必须体现全球性问题。

(3) 通过集成 (Synthesis) 研究取得共识。荷兰阿姆斯特丹全球变化宣言明确总结：地球系统是一个由物理、化学、生物和人文因素组成的完整的自调节系统，除了温室气体排放和气候变化外，人类活动明显地通过多种途径影响地球环境，全球变化不能借助单一的因果模式来理解，地球动力系统具有临界阈值和突变特征，目前地球系统一些关键环境参数的变异已远超过 50 万年以来的自然变异范围。

(4) 亚洲可能成为 IGBP 研究的战略重点。发展中国家集中的区域，社会经济将有巨大的发展。特别是亚洲，人口占世界的 60% 以上；化肥占 50% 以上；修建的水坝占 60% 以上；世界上 10 条最大输沙河流中，亚洲占 5 条。因此，亚洲将成为全球变化研究的中心地区。亚洲地区的科学家应该也将会在全球变化研究中起越来越重要的作用。

(5) 正在酝酿中的三个 IGBP 全球可持续发展计划。全球水资源：其目的是了解大陆水系统（河、湖、湿地、河口、地下水和陆架海）在地球系统的生物地球化学过程中的作用。重点研究水、沉积物、碳和营养物（如氮、磷、硅）的通量，转换过程 and 变化。全球碳循环：其目的是解决碳循环的源和汇的分布和过程转换、碳循环动力学的控制与相互作用和未来的全球碳循环。全球环境变化与食物系统：这是 IGBP—IHDP—WCRP 联合项目，其目的是从区域至全球的角度评估生态环境和社会经济系统中全球环境变化对食物生产、存量和利用的影响，分析适应性策略的有效性。

(6) 旨在建立一个新的全球环境科学体系。一方面，进一步加强和发展全球变化