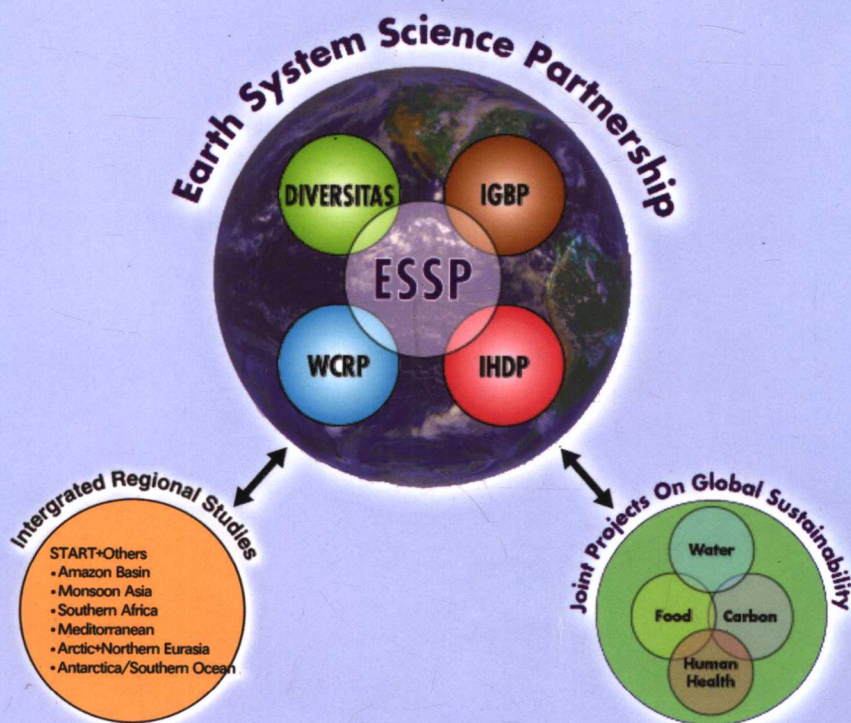


国家自然科学基金委员会科学部主任基金 项目资助
国家科学数据共享工程试点——《地球系统科学数据共享网》

地球系统科学发展战略研究

黄鼎成 林 海 张志强 主编

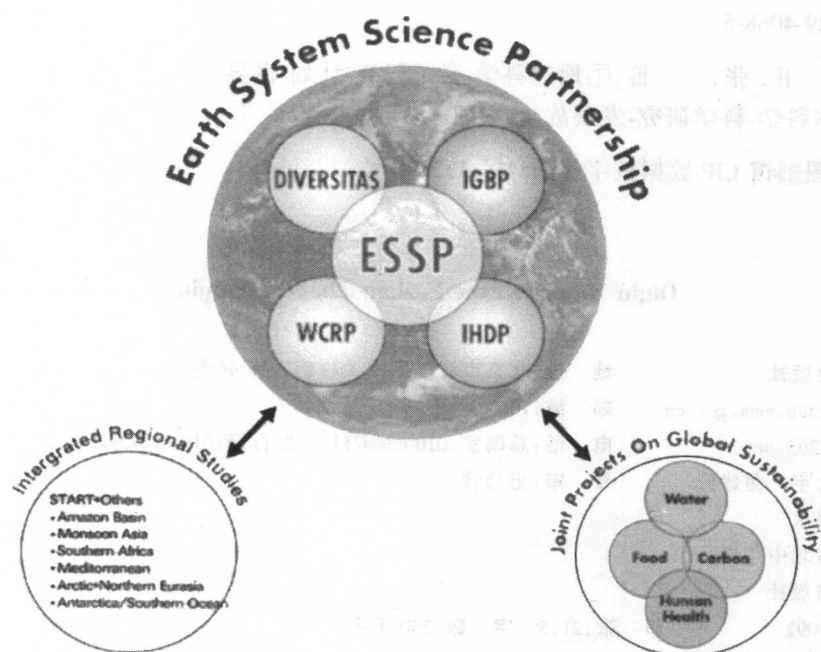


气象出版社

国家自然科学基金委员会科学部主任基金 项目资助
国家科学数据共享工程试点——《地球系统科学数据共享网》

地球系统科学发展战略研究

黄鼎成 林 海 张志强 主编



气象出版社

内 容 提 要

本书根据国际地球科学发展的趋势及我国地球系统科学发展的需要,系统地介绍了地球系统科学的产生、发展及其框架,分析了我国目前地球系统科学发展所面临的机遇和挑战,阐述了我国地球系统科学的发展战略,重点对我国在区域气候环境系统变化与适应、水系统水循环与水安全、生态系统与全球碳循环、陆地表层系统与区域可持续发展、地球内部动力学与地球系统演化、地球灾变事件与生命过程、地球观测系统与地球系统模拟、耦合过程动力学、响应动力学、适应和预测理论以及日地环境与空间天气灾害等领域的战略重点进行了分析。同时收集了我国科学家有关地球系统科学发展战略思考的论文和国际地球系统科学联盟(ESSP)活动与国外地球系统科学战略研究的成果。本书对发展我国地球系统科学事业具有重要的指导意义,对地球科学领域和相关学科的科研人员、科研管理人员具有重要的参考意义。

图书在版编目(CIP)数据

地球系统科学发展战略研究/黄鼎成等编著.

北京:气象出版社,2005.11

ISBN 7-5029-4068-5

I. 国... II. 张... III. ①地球科学-科学研究-计划-世界

②地球科学-科学研究-发展战略-中国 IV. P

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 132772 号

Diqiu Xitong Kexue Fazhan Zhanlue Yanjiu

出版者:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

邮 编:100081

E-mail: qxcbs@263.net

电 话:总编室:010-68407112 发行部:010-62175925

责任编辑:李太宇 曲建升

终 审:纪乃晋

封面设计:张建永

印刷者:北京市北中印刷厂

发行者:气象出版社

开 本:787×1092

印 张:21.5 字 数:550 千字

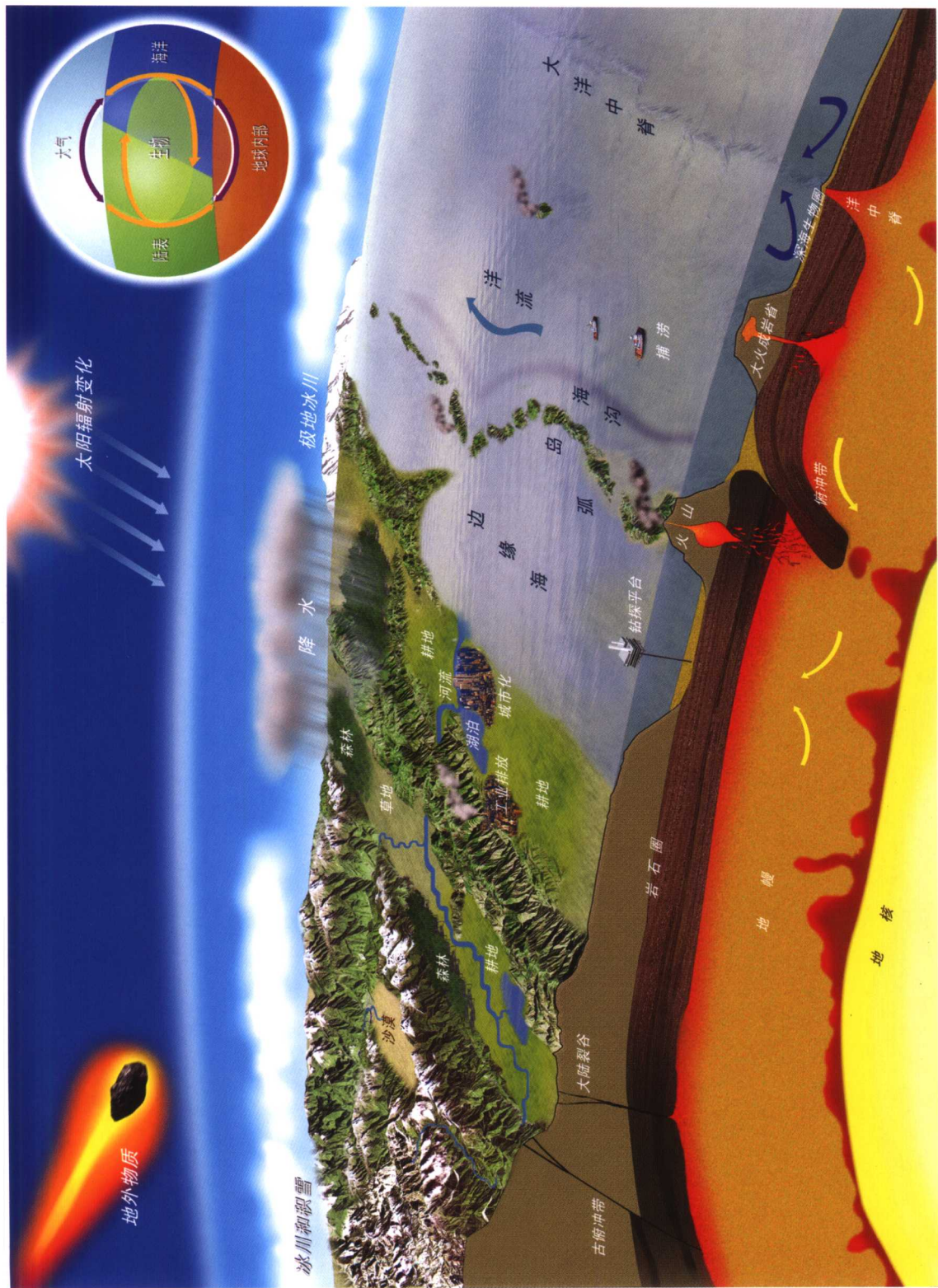
版 次:2005 年 11 月第一版 2005 年 11 月第一次印刷

书 号:ISBN 7-5029-4068-5/P·1471

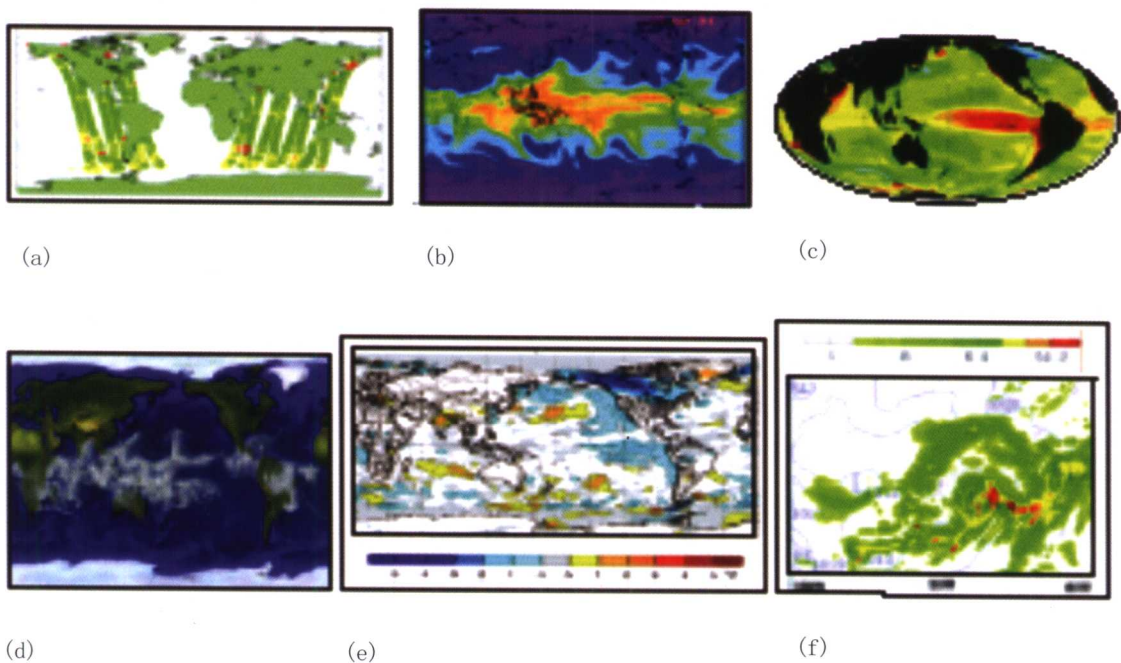
印 数:2000 册

定 价:60.00 元

本书如存在文字不清,漏印以及缺页,倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

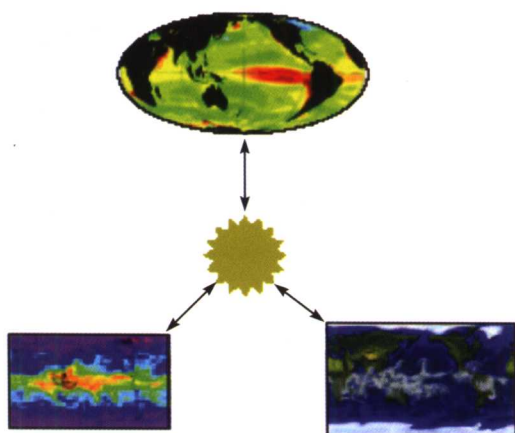


彩图 1 地球系统科学概念模型图

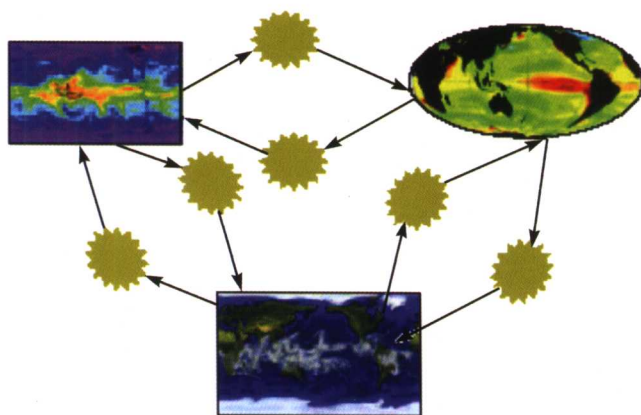


彩图 2 用于地球系统模式框架 (ESMF) 互操作演示的模式说明

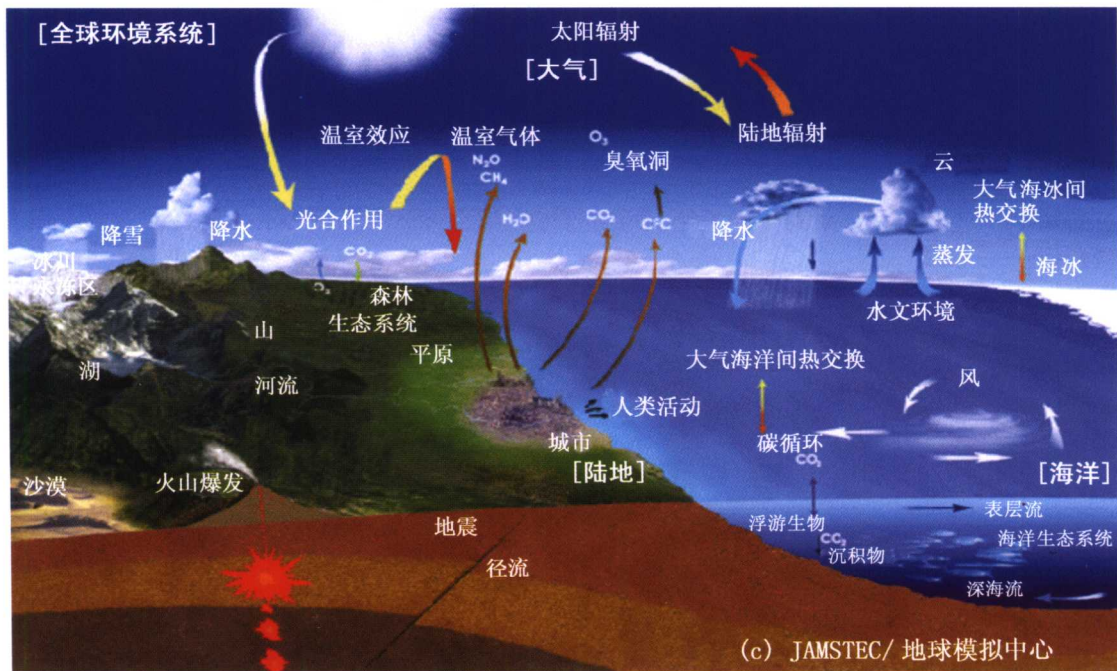
(a) 数据同化办公室的 PSAS 系统, (b) 地球物理流体力学实验室的 FMS 系统, (c) MITgcm, (d) 国家大气研究中心的 CCSM, (e) NASA 的季节和年际预报计划和 (f) NCAR 和国家环境预测中心计划的 WRF。目前, 这些模式系统在计算上互不兼容, 但是在 ESMF 下, 它们各自继续演化发展, 同时也将会兼容



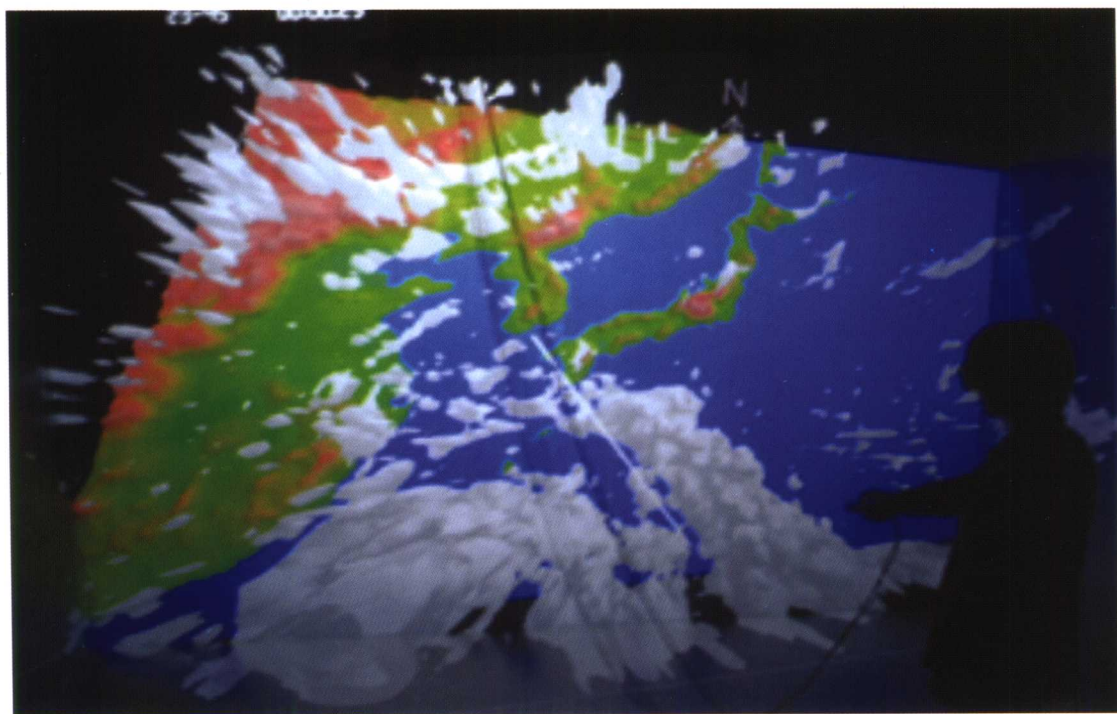
彩图 3 ESMF 支持只有单个的中心耦合器组件的配置



彩图 4 ESMF 支持多个点对点的耦合器组件的配置

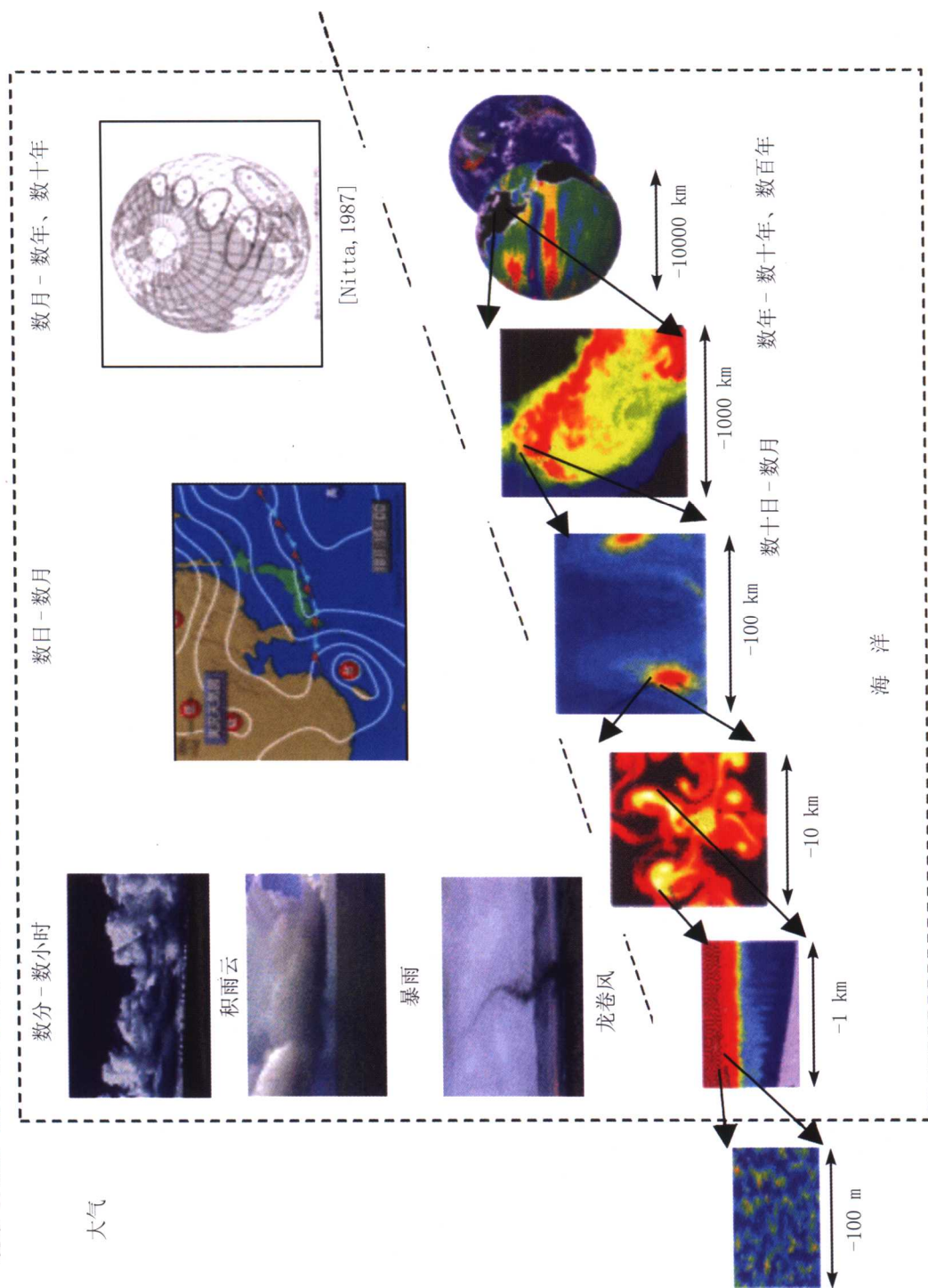


彩图5 地球系统中各个要素间的相互作用



彩图6 BRAVE 可视化

现象与尺度：空间尺度与时间尺度的一定相关性



彩图7 大气和海洋现象的时空尺度

序一

人口增长与经济发展使世界面临环境和资源问题的巨大压力,如何建设一个富裕、健康、安全而可持续发展的社会,不仅引起各国政府的密切关注,也是当代自然科学和社会科学交叉研究的热点,更是地球科学的前沿科学问题。近20年来,国内外地球科学领域众多科学家广泛参与了国际地圈生物圈计划(IGBP)、世界气候研究计划(WCRP)、国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)、生物多样性计划(DIVERSITAS)以及大洋钻探计划和综合大洋钻探计划(ODP-IODP)等大型研究计划,开展全球环境变化研究。深入的研究工作使科学家们愈来愈认识到地球上的大气、水、生物、地壳、地幔、地核和近地空间等各个组成部分是一个具有密切联系且相互作用着的整体,不了解地球的整体行为也难以全面深入理解局部变化,由此提出了整体地球系统(Integrated Earth System)的概念,以及以“地球系统”为研究对象,研究其整体结构、特征、功能和行为的全新的科学集成理念——地球系统科学。

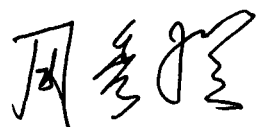
应对和适应全球环境变化以及有效地利用这种变化的环境,人类合理地管理“地球生命支撑系统”,是21世纪地球系统研究的首要任务。展望21世纪,地球系统研究的发展将带给地球科学一场全新的革命。因此,加强地球系统的科学研究,对提高未来环境预测的科学性、促进未来社会可持续发展具有重大的科学意义。

为了进一步推进对地球系统的整体研究,迎接地球系统科学在21世纪带给地球科学的挑战,国家自然科学基金委员会地球科学部在实施重大科学研究计划“中国西部环境和生态科学”、“全球变化及其区域响应”的基础上,于2003年7月成立了地球系统科学战略调研组,旨在探讨我国地球系统研究的科学战略。通过为期一年半的调研,调研组完成了《地球系统科学战略研究》报告,在系统地分析了地球系统科学产生的背景与发展过程以及国际相关战略研究与科学计划的基础上,指出我国发展地球系统科学所面临的机遇与挑战,提出了我国地球系统科学研究发展战略的基本思路、战略重点和相应的措施建议。同时又用很大力量把调研过程中组织我国科学家在《地球科学进展》(月刊)“学科发展战略专栏”中发表的论文进行整理汇编,并对所收集的国际组织和美国、英国、丹麦和日本等国有关地球系统科学战略研究计划及相关材料作了翻译和综述,连同调研报告一起编辑出版,使得放在我们面前的这本《地球系统科学发展战

略研究》成为一本完整的战略研究书籍,相信,本书对我国地球系统科学发展将起到积极的促进作用。

战略研究的科学价值在于促进对学科的发展,引导研究计划的制定和实施。我们期待该战略研究能切实推动我国地球系统的研究,为我国科学家在创建地球系统科学中做出贡献,尽一份力量。正当这本《地球系统科学发展战略研究》出版之际,地球科学部根据战略研究的成果,已着手制定地球科学“十一五”期间的优先发展领域。同时,我们也高兴地看到,该战略研究正被国家科学数据共享工程“地球系统科学数据共享网”所关注,迫切希望地球系统科学战略研究成果对共享网的下一步建设能有所帮助。显然,一个完整的地球系统科学战略研究要包括战略计划、研究战略、应用战略和技术战略四个部分,从这个意义上说,这次战略报告仅完成整个战略研究的重要一步,属于战略计划——一个战略框架,还需要相当长时间去做后面的事情。而从战略研究经研究实践到战略目标的实现,则需要更漫长的研究活动过程。我国地球系统科学战略目标应该是:中国科学家要在 21 世纪国际地球系统科学理论建立过程中有所建树。因此,我们寄希望于我国年青的地学工作者,甚至几代人对科学的执着追求和不懈努力。

本书的出版与地球科学界的大力支持和帮助是分不开的,在此,国家自然科学基金委员会地球科学部对为本项研究给予悉心指导和付出辛勤劳动的各位学者和所有帮助过我们的专家学者表示衷心的感谢。



2005 年 11 月 27 日

* 周秀凤,中国科学院院士

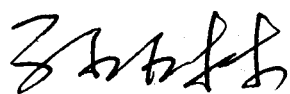
序二

20 世纪 80 年代以来,地球科学进入地球系统科学研究的新阶段,对地球系统的整体性研究已经成为人类社会可持续发展的科学支柱。展望 21 世纪,地球系统科学新思维与地球观测新技术,将对地球科学的发展和增强人类管理地球能力的提高产生革命性的影响。在本世纪相当长的时期内,地球系统科学的研究大致将从两个方面开展:一是地球科学各分支学科引入地球系统概念的深化研究;二是支持地球各圈层(大气圈、水圈、冰冻圈、地圈、生物圈、近地空间)相互作用研究,描述、理解、模拟与预测地球系统过程。因此,对地球系统的研究涉及到复杂的、多时空尺度的基本地球过程及其相互作用,其时间尺度从几秒钟的地震活动到几十亿年的地球演化,空间尺度从矿物微区到全球环境变化。所有这些研究,无论是单一过程还是过程耦合,乃至整体地球系统的研究与预测,均依赖于海量的地球信息,需要多个学科、不同地域、不同尺度、多种类的海量数据资源的支持,它与作为一门新兴学科的地球系统科学的发展是紧密相互联系的。为此,要重视应用现代观测、探测、试验、实验和信息技术对基本地球系统科学数据的获取、积累、集成分析及其二次数据的开发,建设一个能够满足中国科学家开展地球系统研究的国家科学数据中心和数据共享服务系统。

“地球系统科学数据共享网”(以下简称“共享网”)作为国家科学数据共享工程项目之一,正是为适应地球科学的发展趋势和满足社会经济与国家安全对地球科学的知识需求而提出来的,由中国科学院地理科学与资源研究所承担,于 2003 年实施该项目的试点,并按照“科学数据共享工程”的总体部署,提出了“总中心—分中心—数据资源点”三级结构的共享网络框架,确定了以“区域和学科并重”的原则遴选分中心和数据资源点单位的方案,以数据内容服务为核心,紧紧围绕用户需求,在数据资源整合、集成,系统平台开发与完善、标准规范的研究与制定等方面开展了一系列工作:整合、集成、加工生产了一大批数据;制定了一批为科学数据共享服务的技术标准和规范;开发了一套可满足数据汇交和数据共享服务的数据共享服务平台;为用户提供了高效的在线数据服务以及专业的离线数据服务。到 2005 年底,“地球系统科学数据共享网”整理、加工的数据资源总量达到 4.9TB,其中,可供共享的数据量达到 4.2TB,数据内容涉及固体地球、陆地表层、海洋、大气和外层空间 5 个圈层,但以陆地表层系统的数据为主;数据所涉及的学科及领域有地理、自然资源、气象、地质、地球物理、天文、

空间、灾害与环境、对地观测、人口与社会经济等。在全国范围内联合了多家高等院校和科研院所参与工作,初步形成了一个支撑全国几大典型地域单元(长江流域、黄河流域、青藏高原、极地研究)研究和重要学科研究的主体数据库体系。收集整理了4000多个国际数据资源网站信息,并镜像了美国对地观测系统的部分数据资源。初步构建了地理科学、人文过程、资源科学、极地研究、固体地球、空间科学以及对地观测等七个主体数据库。经过3年的试点取得了一定的成绩,但是离达到基本满足地球系统、资源、环境等重大科学前沿及社会经济发展研究的数据需求尚有很大差距。因此,“共享网”的建设将进一步以战略研究成果为指导,以整体地球系统为理念,推进我国地球系统研究的科学发展和中国科学数据的共享。

由黄鼎成、林海和张志强主编的《地球系统科学发展战略研究》的出版十分及时地给我们提供了急需的资料信息。该书是我国地球系统科学战略研究的成果,分析了我国地球系统科学研究所面临的机遇和挑战,提出了发展我国地球系统科学研究的方向和战略重点;组织了一批国内著名学者和院士撰写了有关我国开展地球系统研究的战略性论文;详尽介绍了美国、英国、德国、丹麦和日本等国的地球系统研究计划及其科学战略。他们高瞻远瞩,指出了地球系统科学研究的必要性及其研究内容,尤其是明确地提出建立地球系统集成数据库和实现科学数据共享的重要性,构建在统一规范下的同化,融合和集成科学数据服务系统是开展地球系统科学研究的必要基础。这些思想对我们把握地球系统研究的基本科学问题,了解地球系统科学的内涵,探讨地球系统研究的数据需求有很大的帮助,对正在建设中的“地球系统科学数据共享网”有至关重要的指导作用。我们相信,有各方面专家学者的支持,有国内外经验的借鉴,“共享网”一定能建设成为服务于地球系统研究的一个跨国家、跨地区、跨部门的非盈利的分布式地球系统科学数据管理与共享服务系统,进一步形成全球变化与地球系统过程前沿研究的国际化信息平台。



2005年11月

* 孙九林,中国工程院院士

前 言

20 世纪 80 年代诞生的地球系统科学,是由人类社会需求和科学发展规律所驱动,基于资源、环境、生态、灾害等一系列全球性问题威胁着人类的生存与发展,而引起人们的普遍重视;基于现代技术特别是空间对地观测技术和计算机技术的迅猛发展,使人类有可能从空间对地球进行整体观测,并促进了关于这个地球上人们具有共同命运这一新意识的形成;基于传统学科的成熟和科学技术的突飞猛进,使人们不仅渴望获得更多有关地球的知识,而且对地球各组成部分之间的全球联系得到了共识。1988 年美国国家航空航天局(NASA)顾问委员会领导下的地球系统科学委员会出版的专题报告《地球系统科学》,正式系统地阐述了地球系统和地球系统科学的观点,强调从整体出发,将地球的大气圈、水圈(含冰雪圈)、岩石圈和生物圈看作是一个有机联系的地球系统,发生在该系统中的各种时间尺度的全球变化是地球系统各子系统(圈层)相互作用的结果、是三大基本过程(物理、化学和生物学过程)相互作用的结果,首次提出将人类活动作为与太阳和地核并列的、能引发地球系统变化的驱动力——第三驱动因素。

自 20 世纪 80 年代以来,全球变化与地球系统科学研究在我国广泛开展,我国科学家越来越多地参加各项国际计划,做出了积极贡献,取得了一些有影响的成果。面对 21 世纪有关地球的科学突破,洞悉现状,把握方向,将有所裨益。2003 年 7 月,国家自然科学基金委员会地球科学部成立了地球系统科学战略调研组,开展地球系统科学发展战略的调研,调研组在资料调研及专家座谈会的基础上,提出地球系统科学战略研究大纲与基本思路,于 2004 年 2 月向地球科学部专家咨询组汇报。随后调研组成员分工落实,并就地球系统科学的内涵和开展地球系统研究的科学战略进行了专题研讨,于 7 月提出了《地球系统科学战略研究》(讨论稿),提交当年学科评审组会议征求意见。同时,调研组成员又先后赴青岛、南京、上海、兰州和广州等地广泛听取地学界专家们的意见,于 2005 年 3 月完成了《地球系统科学战略研究》报告。调研报告分三章,第一章概要回顾了地球系统科学产生的背景、形成与发展过程和国际上有关地球系统研究计划。第二章主要分析了我国地球系统研究所面临的挑战与机遇。第三章阐述了我国地球系统研究的科学战略框架,提出科学战略的基本思路、核心科学问题、近期战略重点以及措施建议。

本书调研报告的研究与相关资料翻译整理工作,是在国家自然科学基金委员会地球科学部主任基金项目“地球系统科学战略调研”、“中国与国际地球科学发展现状比较与资助战略分析研究”和国家科学数据共享工程“地球系统科学数据共享网”项目的支持下完成的,出版工作得到了孙九林院士的大力支持。

全书包括三部分,第一部分是地球系统科学战略研究调研报告;第二部分收录了部分专家学者近期发表的关于地球系统科学战略研究的论文;第三部分介绍了国际组织和有关国家地球系统科学研究的战略计划。在整个调研过程中,国家自然科学基金委员会原副主任马福臣研究员,地球科学部主任周秀骥院士和常务副主任柴育成研究员不仅自始至终指导战略研究,而且为战略报告提供了许多真知灼见。本书的出版还得到了孙九林院士悉心的指导。地球系统科学战略调研组专家成员黄鼎成、林海、张志强、陈泮勤、赵生才、郭正堂、王会军、李秀彬、周广胜、孙效功、李晓波、施俊法、姚玉鹏等直接参与了相关的调研和编写工作。特别要提到的是,本专辑中收录的汪品先、周秀骥、孙枢、童庆禧、李家洋、刘燕华、苏纪兰、唐启升、符淙斌和马福臣等院士、专家的文章将对发展我国的地球系统科学研究具有重要的指导作用。此外,葛全胜、张雪芹、方修琦、叶谦、艾丽坤、徐永福、周天军、陈洪滨、高守亭、王普才、陆日宇、张美根、吴海斌、周莉、袁文平、高峰、张海华、李明、冯筠、曲建升、陈春、侯春梅、李延梅和迟秀丽等专家学者和情报研究人员为本书中的论文撰写和资料编译也付出了辛勤的劳动,李太宇和曲建升为全书的编辑作了大量的工作,在此一并致以衷心的感谢!

由于地球系统科学还是一门新兴的科学,涉及内容广泛,难免挂一漏万,敬请读者批评指正!

编 者

2005 年 11 月

目 录

序一
序二
前言

地球系统科学战略研究 ——从地球过程到人地和谐

第一章 地球系统科学的兴起与发展	(3)
一、地球系统科学产生的背景与发展过程	(4)
二、地球系统科学的内涵	(7)
三、地球系统科学的发展与展望	(9)
四、关于地球系统科学的几点认识	(18)
第二章 地球系统科学研究面临的挑战与机遇	(21)
一、现状与差距	(21)
二、面临经济社会可持续发展的严峻挑战	(32)
三、我国发展地球系统研究的优势	(35)
第三章 我国地球系统科学研究发展战略	(38)
一、基本思路	(38)
二、战略重点选择	(39)
三、措施建议	(47)
参考文献	(49)

我国地球系统科学研究战略思考

我国的地球系统科学研究向何处去	汪品先(53)
对地球系统科学的几点认识	周秀骥(74)
对我国全球变化与地球系统科学研究的若干思考	孙 枢(78)
空间对地观测与全球变化的人文因素	童庆禧(85)
全球变化与人类活动的相互作用——我国下阶段全球变化研究工作的重点	李家洋 陈泮勤 葛全胜等(90)
关于中国全球环境变化人文因素研究发展方向的思考	刘燕华 葛全胜 张雪芹(98)
关于我国开展地球系统研究战略概念模型的讨论	姚玉鹏 马福臣(107)
我国海洋生态系统基础研究的发展——国际趋势和国内需求	苏纪兰 唐启升(111)

地球系统科学中海洋研究:未来 10 年海洋全球变化研究前景——IGBP 与 SCOR 提

出建立新的“海洋计划”	李 明 侯春梅 张志强等	(117)
全球变化的区域适应研究:挑战与研究对策	葛全胜 陈泮勤 方修琦等	(121)
大气科学:一个充满活力的前沿科学	王会军 徐永福 周天军等	(133)
浅谈固体地球科学与地球系统科学	郭正堂 吴海斌	(143)
地球环境与生命过程	周广胜 周 莉 袁文平	(152)

国际地球系统研究计划借鉴

地球系统科学联盟(ESSP):框架与任务	曲建升 张志强 林 海	(161)
地球系统科学区域集成研究:概况与特点	符淙斌 曲建升 艾丽坤	(171)
地球系统的协调观测与预报——世界气候研究计划未来 10 年战略框架	曲建升 林 海 (译)	(178)
美国 NASA 地球科学事业(ESE)战略计划	冯 筠 (译)	(182)
美国 NASA 地球科学事业(ESE)2000—2010 年研究战略	冯 筠 (译)	(208)
美国 NASA 地球科学事业(ESE)2002—2012 年应用战略	侯春梅 冯 筠 (译)	(250)
美国 NASA 地球科学事业(ESE)技术战略	高 峰 (译)	(260)
21 世纪美国高校地球系统科学教育(ESSE21)	张志强 (译)	(266)
美国地球系统模式框架的构架——地球系统模式的重大挑战	张志强 (译)	(273)
英国 NERC“量化并理解地球系统”(QUEST)——科学计划	李延梅 (译)	(287)
英国 NERC“量化并理解地球系统”(QUEST)——实施计划	李延梅 (译)	(295)
丹麦地球系统科学中心 2002—2007 年研究计划	李延梅 (译)	(301)
日本全球变化前沿研究中心(FRCGC)	林 海 陈 春	(312)
日本地球模拟器及其模拟研究进展	陈 春 张志强 林 海	(319)

地球系统科学战略研究

——从地球过程到人地和谐

* 国家自然科学基金委员会地球科学部“地球系统科学战略调研组”

指导：周秀骥、马福臣、柴育成

成员：黄鼎成、林海、张志强、陈洋勤、赵生才、郭正堂、王会军、李秀彬、周广胜、孙效功、李晓波、施俊法、姚玉鹏

