

“十五”优先资助领域

21 世纪初地球科学战略重点

国家自然科学基金委员会
地球科学部

中国科学技术出版社

“十五”优先资助领域

21 世纪初地球科学战略重点

国家自然科学基金委员会地球科学部

中国科学技术出版社

·北 京·

、~ 00405

图书在版编目(CIP)数据

21 世纪初地球科学战略重点/国家自然科学基金委员会地球科学部编. —北京:中国科学技术出版社,2002.3

ISBN 7-5046-3269-4

I. 2... II. 国... III. 地球科学-发展战略-研究报告
IV. P-103

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 012420 号

中国科学技术出版社出版

北京海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:62179448 62173865

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京国防印刷厂印刷

开本:850 毫米×1168 毫米 1/32 印张:5.25 字数:142 千字

2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—2500 册 定价:15.00 元

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

内 容 提 要

本书是 21 世纪初叶地球科学发展的战略研究报告之一。它以科学问题为导向,注重科学前沿与国家发展需求相结合,突出创新的思路,系统地阐述了国家自然科学基金地球科学“十五”期间优先资助领域的基本框架。包括:全球变化及其区域响应、地球环境与生命过程、天气/气候系统的物理动力学、大陆动力学、区域可持续发展和日地空间环境与空间天气等。

本书有助于从事地球科学和社会发展事业的科技、教育工作者了解地球科学发展趋势与科学前沿,并指导“十五”期间国家自然科学基金地球科学领域的项目(特别是重点项目)申请。

责任编辑:郑洪炜
封面设计:李 薇
责任校对:林 华
责任印刷:安利平

序

地球科学是我国自然科学中发展最早的学科之一。半个世纪以来,中国地球科学及各分支学科从小到大得到迅速发展,不仅可以依靠自己的力量解决国家发展所面临的有关地球科学问题,为中华民族的独立自强和快速发展提供了宝贵的科学与技术支持,而且取得了基于我国独特地域环境与自然现象的一系列理论成就,为世界地球科学的发展做出了贡献。随着社会和经济的发展,世界人口的增长,人类活动对地球系统变化的影响部分已超出自然营力,越来越不能忽视。正是由于资源、环境、灾害问题日益威胁人类的生存与发展,使旨在认识生命支持系统的地球科学再也无法回避这一严峻挑战。21世纪将是人类明智管理和维护地球的世纪。地球科学的整体研究已经进入了一个可能预测人类生存环境变化的时代,成为人类社会可持续发展战略的科学支柱。

20世纪90年代初,原国家科委基础司、社发司、自然科学基金委员会地球科学部、中科院资环局联合组织了地球科学发展战略研究,并于1995年出版了《走向二十一世纪的中国地球科学》一书。基于国家发展的需求和地球科学研究的重大跨越的时代背景,国家自然科学基金委员会地球科学部,自1999年始分别组织了学科、学部专家咨询组,就地球科学及其各分支学科发展的方向与前沿、“十五”期间优先资助领域开展了战略研究。在战略研究过程中,将认识地球和增强地球科学社会功能统一起来,以重大科学问题为导向,强调多学科交叉渗透与融合;注重国家发展需要与科学前沿相结合,发挥我国地域优势与特色;深化地球系统的整体观念,深刻地理解地球系统各圈层形成与变化过程以及这些过程之间的相互作用和人类因素

的影响;选择那些可能实现突破的战略重点,作为“十五”期间优先资助领域。

衷心希望本书的出版将有助于从事地球科学和社会发展事业的科技、教育工作者对地球科学发展趋势的了解;指导国家自然科学基金地球科学领域的项目申请;鼓励科学家的独创精神,宽容失败;提倡不同学科背景、不同学术观点之间的学术研讨与争论,为繁荣中国地球科学事业做出应有的贡献。

马福臣

2002年1月20日

目 录

序

导言.....	(1)
全球变化及其区域响应	(15)
地球环境与生命过程	(33)
天气、气候系统的物理动力学.....	(51)
大陆动力学	(69)
区域可持续发展	(85)
日地空间环境与空间天气.....	(109)
附录 1 中国西部环境和生态科学研究计划	(139)
附录 2 专家名单	(157)

导 言

地球科学是人类认识、利用和改造我们目前惟一生存环境——地球的基础科学。地球科学通过对地球系统包括大气圈、水圈、岩石圈、生物圈和日地空间的过程与变化以及这些过程之间相互作用等的研究,提高对地球的认识水平,并利用这种知识为解决人类生存与持续发展中的资源供给、环境优化、减轻灾害等重大问题提供科学与技术的支持。

国家自然科学基金委员会于1995年出版发行了《国家自然科学基金“九五”优先资助领域》一书,其中的地球科学部分,对地球科学基金项目遴选以及各分支学科重点研究领域的形成和强化,均起到了积极的导向作用。然而,在实施过程中,其整体包容面过宽,与部分领域过窄、针对性过强的弱点相当突出。近十年来,国内外发表的有关学科战略论著,包括《Solid - Earth Sciences and Society》、《走向21世纪的中国地球科学》、《中国地球科学发展战略的若干问题》、《Looking Forward-The NERC Strategy for Science》、《Geo Science Plan 1998~2002》以及《国家重点基础研究发展规划》、《全国基础研究“十五”计划和2015年远景规划》和相关的战略研究报告,都对地球科学近期的发展方向和趋势、优先发展领域乃至重大研究课题等有着广泛的讨论。鉴于此,国家自然科学基金委员会地球科学部于1999年初分别成立了学科、学部专家咨询组,对地球科学及其各分支学科近期发展的方向与前沿、国家自然科学基金“十五”期间优先资助领域进行了研讨,形成了“十五”优先资助领域的基本框架。在广泛征求学术界意见的基础上,提请学科评审组第十五、十六次会议和学部专家咨询组审议,并做了进一步的修改补充后在本书全文刊

出。现仅就当前地球科学发展趋势和战略研究中的若干基本问题作以下讨论。

1 地球科学的战略地位及其发展趋势和特点

1.1 地球系统的整体性研究是可持续发展战略的科学支柱

人与自然的的关系是人类生存与发展的基本关系,自然支持系统是人类社会可持续发展的基础。因此,人类必须对自己的家园——地球有深入的了解。然而,人类社会经历了近 300 年科学技术发展所带来的工业革命之后,才发现地球所能供给的自然资源正出现危机,人类赖以生存的环境正受到人为作用的越来越严重的破坏,随着社会财富的快速增长与聚集,自然灾害所造成的损失也越来越大。资源、环境和灾害问题正日益威胁着人类的生存与发展。这一严峻的事实引起了国际社会的广泛关注,一系列全球性科学计划和资源环境问题的国际公约相继产生。基于全球经济一体化的趋势,对资源、能源的争夺和对本国环境利益的保护,又使一系列地球科学问题成为国际政治和外交斗争的焦点。

中国拥有 960 万平方公里的陆地和 300 万平方公里的管辖海域,对这个中华民族自立自强的生存空间的认识、开发、利用和保护,关系到未来我们家园的可居住性。所以,保护与改善环境,促进生态系统良性循环,减轻灾害所造成的损失,协调人与自然的的关系等问题,是人类社会进入 21 世纪寻求可持续发展所面临的根本性、战略性问题,它贯穿国家经济建设的全过程,渗透在人类社会发展的各个方面。显然,旨在认识地球的地球科学的发展,特别是对地球系统的整体性研究,既在国家经济、社会可持续发展中占有举足轻重的地位,又在维护国家权益的斗争中起着重要的作用,它是人类社会可持续发展战略的科学支柱。

中国要实现在 21 世纪中叶人均国民生产总值达到中等发达国家水平的第三步战略目标,实施可持续发展战略是中国经济、社会科技发展和国家安全的必然选择,其关键在于保证自然资源的可持续

供给和生态系统的良性循环。由此可见,经济与社会的可持续发展,对资源环境问题的解决将提出更高的要求,地球科学的研究与发展面临着更大的挑战。

(1) 水资源严重不足和失衡已成为制约经济社会发展的瓶颈,并上升为我国首要的资源问题;矿产资源储量保证年限锐减,国内供应能力日降,10年后中国将成为世界重要矿产资源和化石能源的消费大国之一。

(2) 生态破坏和环境污染问题严重,危及生态安全和生存环境。长期对自然资源的不合理利用乃至掠夺性开发,导致土地质量急剧下降、生态系统退化和生态灾害频发;环境污染已从陆地蔓延到近海海域,从地表水潜入到地下水,从单一污染发展到复合性污染,特别是持久性有机污染物污染,已到了令人担忧的局面。

(3) 全球变化,特别是气候环境变异,已经成为制约人类社会可持续发展的全球性问题,涉及对环境、经济、政治、外交等一系列问题的国家决策,如何通过与人社会可持续发展密切相关的一系列生存环境实际问题的认识来制定相应的对策,是我们面临的挑战之一。

(4) 我国是世界自然灾害最严重的少数国家之一,生态系统的退化加剧了环境的脆弱性,导致成灾频率剧增,灾情扩大和多种灾害群发。

面对上述多重压力,国家的发展要求地球科学家进一步提高对地球和地球环境变化的认识,并把它转化为可供解决上述种种问题的知识和技术,进而合理地组织有序的人类活动,包括生活方式、生产方式和科学技术活动,以实现经济社会的可持续发展。作为已有数百年发展历史的地球科学,其社会功能日益增强,责无旁贷地肩负起解决人类社会、国家、民族生存与持续发展的重任。

1.2 当代地球科学研究具有明显的大科学特征

地球科学作为基础科学,其研究对象是极其复杂的行星——地球。基于了解地球系统的过去、现今和未来及其可居住性的挑战,基于现代科学技术的迅猛发展及其创新国际化的趋势,地球科学研究

具有明显的大科学特征:其一,不同时空尺度下,基本地球过程及其相互作用是复杂的,从时间尺度讲,短至几秒钟的地震,长至几十亿年的地球环境演化;从空间尺度讲,小至矿物微区研究,大至全球环境变化。其二,基本地球过程的研究依赖于海量的科学数据,地球科学是数据密集型的科学。所以,地球科学的发展更加重视应用现代观测、探测、实验和信息技术对基本科学数据的系统采集、积累与分析。其三,地球系统的整体行为涉及地球各圈层的相互作用,其自然系统中的物理、化学、生物过程和人文因素影响交织在一起,导致地球系统观、整体观的建立,使全球性与区域性、宏观与微观、地球环境与生命过程等研究紧密结合,以揭示普遍性与特殊性规律,进而谋求区域可持续发展。其四,基于不同时空尺度的地球过程及其相互作用的复杂性和空间技术、地球内部探测技术、实验技术以及信息技术的广泛应用,使前沿研究与高新技术发展融为一体,使一系列针对地球科学难题的国际研究计划应运而生。

显然,地球科学的发展需要数学、物理、化学、天文学、生物学和技术科学的理论、方法和现代技术的支持;而地球科学的诸多研究又带动着其他基础科学的发展,比如源于大气科学的非线性研究、为了认识地球深部的高温高压模拟实验研究、以及始于矿物超导特性的研究,都发展成为当今复杂科学的前沿领域;而空间技术的发展使人类有条件从整体上认识地球,对地观测又进一步推动了空间技术和信息科学的快速发展等等。可见,基础科学之间的联系是十分紧密的,学科间的交叉渗透也是非常突出的。

1.3 对地球科学发展趋势的分析

1.3.1 地球科学的发展趋势

随着社会需求和科学发展不断地提出重大的科学问题,以及空间技术与信息技术和地球内部探测技术的飞快发展,过去几十年中地球科学研究发生了重大跨越,即:从各分支学科分别致力于不同圈层的研究,进入了对地球系统整体行为及其各圈层相互作用的研究;从区域尺度的研究,步入以全球视野对诸多自然现象与难题进行的研究;

从以往偏重于自然演化的漫长时间尺度到重视人类影响过程;把微观机理的研究与宏观研究紧密结合,形成了有机的整体,使地球科学的整体研究进入一个可能预测和调控人类生存环境变化的时代。

随着人们从反思中积极探索人类社会与自然之间和谐的关系,以及对一系列复杂难题研究的崛起,使人们对资源、环境、灾害的认识深度、广度和研究的方式与重点都发生了重大变化。对资源找寻的视野越来越大,逐步从地球表层走向深部,从陆地走向海洋,走向近地空间,从单纯地注重矿产资源的找寻逐步转向以可持续发展为目标的资源合理利用与环境保护并重;对环境问题的关注已从局部走向区域,走向全球,从单一污染物的研究转向复合污染的形成机理与防治研究;从生态系统结构、功能的研究延伸到生态系统的维持与退化生态系统的修复,并从生态效应深入到人体健康,推动绿色生产;对自然灾害的研究也从定性研究走向定量的监测与预警、预报以及灾情评估于一体的综合研究。综上所述,地球科学在21世纪初叶的发展突出地表现为以下趋势:

(1)以整体系统的观念认识地球、强化学科间的交叉与渗透、广泛应用与发展高新技术、以及社会功能日益增强为时代特征。

(2)形成以不同空间尺度、时间尺度的基本地球过程研究为重点,定量化观测、探测和实验研究与动力学研究相统一的研究格局。

(3)深入理解地球系统各圈层的基本过程与变化及其相互作用,以及人类活动的影响。以协调人与自然的关系,发展地球系统科学为主要发展方向。

(4)利用对基本地球过程及其相互作用的认识,研究资源、能源、环境、生态、灾害和地球信息的系统的基础问题,为经济、社会的可持续发展提供科学依据。

(5)在上述背景与发展趋势主导下,大陆动力学、天气、气候系统动力学与气候预测、海洋环流与海洋动力学、地球表层过程与区域可持续发展、全球变化及其区域响应、地球环境与生命过程、日地空间环境与空间天气与相关技术等将成为发展的前沿。

(6) 计算机模拟技术、穿越圈层的示踪剂、覆盖全球的信息成为开展地球系统科学研究的重要条件。科学创新的全球化已成必然,全球知识和科技信息资源将成为国际化创新活动的公共平台。

1.3.2 中国需要而且能够成为地学强国

众所周知,地球科学在我国是一个发展最早的自然科学分支学科之一。20 世纪初,近代地理学、地质学和气象学首先在我国植根。半个世纪来,包括地球物理学、海洋科学等各学科领域得到迅速发展。中国地球科学事业从小到大,不仅形成了学科门类齐全和比较完备的高等教育体系和科研体系,拥有一支相当规模的科研队伍;而且依靠自己的力量,基本上可以解决国家发展所面临的有关地球科学问题,在我国经济、社会发展和现代化过程中发挥了重要作用。同时,在我国 960 万平方千米陆地和 300 万平方千米管辖海域中,拥有世界著称的、独特的地域环境和自然现象,使我国地球科学的一系列理论成就,为中华民族的独立自强和快速发展提供了宝贵的知识,在世界地球科学发展中作出了贡献。其主要表现如下:

(1) 已形成若干在国际上有影响的学科分支,如黄土古气候研究、地球生命与演化、日地物理研究和东亚季风研究等。

(2) 在大型国际研究计划中,我国科学家从参与发展到以我为主,发生了质的变化,如世界气候研究计划(WCRP)和国际地圈-生物圈计划(IGBP)在我国实施的六个大气科学实验、古全球变化中的“PEPII”计划、国际岩石圈计划的第Ⅲ-6 和第Ⅲ-8 任务组(碰撞造山与超高压变质作用)、国际大洋科学钻探计划 184 航次(东亚季风史在南海的记录及其全球气候意义)等。

(3) 在国际学术组织任职的科学家有明显增加,特别是部分青年科学家的学术成就得到国际同行的认可,并在国际学术组织中担任职务。

然而,我国地球科学在高水平科学数据的取得、理论的创新等方面与发达国家还有相当大的差距,地域优势和特色未能得到充分发挥,与拥有辽阔疆域和诸多独特地学问题的国度不大相称。全球性

地学问题的研究、高新技术的应用、新兴与交叉学科发展等方面的差距还相当突出。到目前为止,我国只能说是一个地学大国,还不是一个地学强国。要从总体上改变我国地球科学的落后面貌,还需相当一段时期的努力。中国需要而且能够成为地学强国,中国不仅拥有辽阔的疆域和独特的地学问题,还有一个献身于地球科学事业的优秀科学家群体。中国和世界都要求中国为地球科学的发展作出重大贡献。因此,我们必须抓住地球系统科学发展新阶段带来的众多新机遇,增强创新能力,既要充分发挥我国的地域优势和特色,又要加强研究和利用全球的有关资料,注重学科间的交叉渗透与知识集成。凝练对国家发展具有带动性的、兼具区域特色与全球意义的重大科学问题,求真务实,开展创新研究,力争在若干领域的研究中取得“源头创新”的成果。

2 “十五”优先资助领域的讨论

2.1 优先资助领域战略目标

地球科学优先资助领域应贯彻“统观全局、突出重点、有所为、有所不为”的指导思想,以地球系统各圈层的相互作用为主线,从我国具有优势的前沿领域寻找主攻目标。打破原有的学科界线,强化学科交叉。重点研究地球环境、资源以及人与自然作用的耦合,在各种时空尺度规模中研究地球系统的整体行为及其演变,为我国资源、环境、灾害与可持续发展中的重大问题的解决提供科学与技术的支持,发展地球系统科学的理论、方法与技术体系。

“十五”期间,以提高我国地球科学研究的科学质量和社会效益为目标,充分发挥我国区域优势与特色,巩固和扩大处于国际水平的学科领域,关注国民经济发展急需的相关领域的基础研究,进一步提高依靠自身力量解决我国资源、环境、灾害与可持续发展等重大科学问题的能力并在科学理论创新、技术方法创新和研究思路创新等方面对世界地球科学的发展有所贡献。

2.2 优先资助领域遴选原则

(1) 鼓励学科交叉,培植和发展新兴领域。以重大科学问题为导向,扶持跨学科的交叉、渗透与融合,力争在发展地球系统科学中有所突破,以带动地球科学各分支学科的发展。

(2) 扬长避短,充分发挥我国现有的优势和特色,立足创新,瞄准前沿,选择与大型国际研究计划相衔接的有关领域,力争在国际学术界占有更重要的位置。

(3) 注重与国家及有关部委的科技计划(如国家重点基础研究发展规划、攻关计划、“S-863”等)的合理分工与衔接,重点选择制约社会、经济持续发展的重大基础性科学问题,为国家经济建设、社会发展和科技计划的实施提供科学储备。

(4) 关注我国地球科学研究基地的建设和高素质人才的培养。充分利用国内外的优势条件,营造有利于创新的学术环境,使更多的年轻科学家脱颖而出。

2.3 地球科学“十五”优先资助领域

(1) 全球变化及其区域响应。以东亚大陆及其邻近海洋若干全球变化的敏感区域为对象,以碳氮循环、水循环和季风气候变化为核心,研究亚洲季风区海—陆—气相互作用及人类活动对区域环境演化影响的机理,认识该区域环境对全球变化的响应的方式、途径、作用过程、动力机制及未来变化趋势,从而为我国在水安全、食物安全、生态安全及国际公约中的国家立场等方而提供科学依据。其核心科学问题包括:海洋环境的变异及其对全球变化的响应;东亚季风环境的演化及其与全球变化的关系;海—陆—气相互作用与水分循环和全球变化的关系;关键区域生态过程与生态安全及其对全球变化的响应与反馈等。

(2) 地球环境与生命过程。旨在探讨地球环境与生命过程之间相互关系的根本性科学问题,包括地史时期和现代的地球环境对生命过程的影响、生命过程对环境的反馈以及两者的协同关系。核心科学问题包括:重要生物类群的起源、演化与环境制约;地球环境事

件与生物多样性;地球表层环境生物地球化学过程及效应;极端环境中的生命特征与适应机制。

(3) 天气、气候系统的物理动力学。旨在认识由大气-海洋-陆地耦合气候系统运动规律决定的各类天气、气候过程的时空特征、变化规律、相互联系及其物理机制和预测理论,以及影响这些过程的中高层大气和下垫面与边界层中的各种物理、化学和生物过程。为实现这一科学目标,在未来相当长的时期内,必须注意加强对大气探测的新原理、新方法和新装备的研究。核心科学问题有:气候变化和可预报性研究;灾害性天气过程和动力学;大气边界层的能量和物质输送;平流层与对流层相互作用及其气候环境效应。

(4) 大陆动力学。通过多学科手段研究中国大陆的地质、地球物理和地球化学特征,对比亚洲相邻地区 and 世界其他大陆,了解中国大陆壳-幔系统的三维结构图像,揭示大陆物质增生和消减的主要过程,建立东亚大陆中新世代演化的动力学模型,为资源勘查、灾害减轻和环境保护提供新的预测与评价理论。核心科学问题为:大陆岩石圈结构与组成的非均一性和动力学;中新世代大陆变形过程及其动力学;大陆形成与演化的机制。

(5) 区域可持续发展。区域可持续发展研究的目标是揭示我国不同类型地区影响环境 and 经济持续健康发展的人与自然的关系,探寻协调人地关系的途径。为此,需要结合国情,特别是区域可持续发展所面临的问题开展集成研究,围绕区域可持续发展的理论与方法,着眼于可更新资源的可持续利用与承载力,寻求区域可持续发展模式,为区域可持续发展战略的实施提供科学支持。其核心科学问题包括:区域可持续发展原理与评估体系;可更新资源演变对区域可持续发展的支撑和影响;环境质量变化与区域可持续发展;重大自然灾害对区域可持续发展的影响;经济发展空间格局演变与地区发展的可持续性。

(6) 日地空间环境与空间天气。以日地系统不同空间层次的空间天气过程研究为基础,形成空间天气连锁过程的整体性理论框架;建