



地球科学

“十一五”发展战略

■ 国家自然科学基金委员会地球科学部

地质出版社

地球科学 “十一五”发展战略

国家自然科学基金委员会地球科学部

气象出版社

内 容 提 要

本书从地球科学的发展态势与特点出发,结合我国地球科学研究的现状,提出了地球科学及其分支学科的发展战略,遴选出 12 个优先发展领域和重要方向,包括:全球变化及其区域响应、地球环境演化与生命过程、地球深部过程与大陆动力学、成矿成藏过程、机理与分布、陆地表层系统变化过程与机理、水循环与水资源、人类活动对环境变化的影响及其调控原理、海洋环境与生态系统、天气与气候系统变化过程与机制、日地空间环境与空间天气、地球系统模式与模拟以及地球系统探测、观测与信息处理的新原理、新方法和新技术。

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,指导“十一五”期间国家自然科学基金地球科学领域的项目申请,可供从事地球科学研究的科技工作者、科技管理人员、有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

地球科学“十一五”发展战略/国家自然科学基金委员会地球科学部.

—北京:气象出版社,2006.9

ISBN 7-5029-4195-9

I. 地… II. 国 … III. 地球科学-发展战略-中国-2006—2010 IV. P-120.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 114080 号

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 章澄昌

终 审:陈云峰

封面设计:张建永

印刷者:北京中新伟业印刷有限公司

发行者:气象出版社发行 全国各地新华书店经销

开 本:787×1092 1/16 印 张:15.5 字 数:403 千字

版 次:2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:50.00 元

序 一

当今世界,科学技术发展日新月异。毋庸置疑,科学技术是第一生产力,是推动人类文明进步的根本动力。越来越多的事实证明,科技进步与创新已成为增强国家综合实力的主要途径和方式,是实现资源可持续利用、促进人与自然和谐发展的战略选择和国家间竞争的焦点。我国也已将依靠科技进步和创新作为基本国策。

作为管理自然科学基金的国家自然科学基金委员会深刻认识到,本世纪前20年是我国社会经济发展的重要时期,也是我国科学技术发展的重要战略机遇期。国家自然科学基金委员会将牢牢把握这一机遇,根据全面建设小康社会的战略需求,使科学基金工作紧紧围绕自主创新战略,为迅速提高我国的原始创新能力,实现全面建设小康社会的奋斗目标做出应有的贡献。

制定阶段性战略规划,充分发挥基金的导向作用,是国家自然科学基金委员会的重要工作内容。2005年是国家“十五”计划的最后一年,也是国家自然科学基金委员会确定的“规划调研年”。为此,国家自然科学基金委员会要求各科学部在学科战略调研的基础上,提出各科学部的科学发展战略。本书是地球科学部战略调研的成果。

众所周知,地球科学是最重要的基础科学之一。地球科学发展的目标就是深刻认识人类赖以生存的地球,为人类永续生存和可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支撑。

实践证明,地球科学的发展源于两个重要的驱动力:一是地球科学自身的特点和发展规律,二是社会经济发展的需求。前者是不言而喻的。对于后者,可以预见,随着21世纪30年代我国人口高峰的到来和全面建设小康社会发展目标的推进,对资源的需求将急剧增长,目前已十分短缺的水资源、油气资源、战略性矿产资源等将面临更加严酷的局面;环境污染以及全球增暖引发的生态与环境问题可能进一步危及我国的生态安全和生存环境;重大自然灾害的致灾频率可能增加,灾害损失将日益增大。国家社会经济发展与人口增长、资源短缺、环境恶化、灾害频发之间的矛盾将更为突出。因此,有效地解决国家社会经济发展中面临的资源、生态、环境、灾害等问题,深入贯彻落实科学发展观,实现人与自然和谐相处,是地球科学未来发展面临的重大挑战。

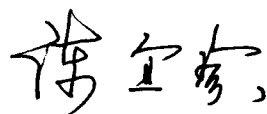
2006年年初,我国召开了新世纪第一次全国科学技术大会,提出了在未来

15 年将我国建设成为创新型国家的战略目标,明确了“自主创新,重点跨越,支撑发展,引领未来”的新的科技发展指导方针,这将对我国未来科技的发展产生深远的影响,也为地球科学的创新发展指明了方向。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》中确定的重点领域与优先主题、重大专项、前沿技术、基础研究中的许多方面都直接是地球科学的研究内容或与地球科学密切相关,这为地球科学面向国家战略需求做出重大贡献提供了新的机遇。

准确把握地球科学的发展规律和态势,深入分析国家的战略需求,制定既反映地球科学发展规律、体现地球科学前沿动态,又满足国家战略需求、指导地球科学基础研究创新性发展的“十一五”战略规划,对推动我国地球科学基础研究具有重要的意义。

《地球科学“十一五”发展战略》的制定,首先由地球科学部各学科处征求相关地学界专家的意见,形成了各学科的发展战略;然后由地球科学部广泛征求地球科学部专家咨询委员会专家们的意见,形成了地球科学“十一五”发展战略。我希望《地球科学“十一五”发展战略》在推动我国地球科学的发展中发挥积极的作用。

国家自然科学基金委员会主任
中国科学院院士



2006 年 2 月

序 二

地球科学有效地推动了人类对自然资源的开发与利用,为人类社会发展带来了巨大的物质财富,促进了经济繁荣、社会发展和人类文明。但另一方面,工业化过程带来的对自然资源的过度开发,导致了全球气候变化、环境污染加剧、生态破坏日益严重和自然灾害频繁发生,进而构成了对人类生存和社会发展的严重威胁。因此,保护人类赖以生存的环境,合理开发自然资源,有效地减少自然灾害的危害,科学地协调人与自然的关系,实现人类社会的可持续发展,是当代地球科学最主要的任务。

当今,人口、资源、环境是制约社会发展的三大因素已成为各国政府和地学界的共识。在此关键时刻,世界各国地学机构纷纷推出 21 世纪初期新的地球科学战略计划,将解决与人口、资源和环境相关的重大地球科学问题作为地球科学研究的重点,将服务人类社会的可持续发展作为地球科学研究追求的目标,以地球系统科学思维为指导,以高新技术的应用为支撑,以期实现地球科学发展的新的突破。

国家自然科学基金委员会地球科学部于 2005 年年初开展了地球科学“十一五”发展战略调研,各学科处对地理科学、地质学、地球物理与空间物理、地球化学、海洋科学和大气科学未来五年的发展战略进行了研究,形成了学科发展战略调研报告。在此基础上,地球科学部组建了以学部领导为主、相关专家参加的战略调研组。调研组认真分析了国际科学前沿和国家社会经济发展战略需求中的重大科学问题,结合我国的优势和面临的挑战,提出了《地球科学“十一五”发展战略》(以下简称《战略》)的基本构架,经学部办公会议讨论后在地球科学部网站上发布。在广泛征求学术界意见的基础上,又听取了 2005 年各学科评审组和专家咨询委员会的意见。2005 年 9 月 30 日,国家自然科学基金委员会主任陈宜瑜院士,专门听取了战略调研组的汇报,对《战略》的基本框架给予了充分肯定,同时也提出了修改的原则性意见。同年 11 月,基金委党组扩大会议审议通过了《战略》。

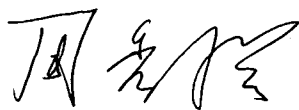
本《战略》充分考虑了与“十五”优先资助领域的衔接,考虑了与《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》的衔接,以及国家经济和社会对地球科学研究的需求。当前,地球科学发展正处于重大历史转折时期,地球系统科学理念正在贯穿各个学科领域,地球的整体观、系统观正在形成;当代地球科

学以技术为先导,以全方位的立体观测为基础,以学科交叉与综合集成、协同研究为突破口,具有明显的大科学特征。因此,本《战略》以我国经济和社会对地球科学的需求为导向,以地球系统科学为核心,以学科交叉与融合为特征,紧紧抓住我国区位优势,突出自主创新,构建我国地球科学基础理论的研究框架。本《战略》提出全球变化及其区域响应、地球环境演化与生命过程、地球深部过程与大陆动力学、成矿成藏过程、机理与分布、陆地表层系统变化过程与机理、水循环与水资源、人类活动对环境变化的影响及其调控原理、海洋环境与生态系统、天气与气候系统变化过程与机制、日地空间环境与空间天气、地球系统模式与模拟、地球系统探测、观测与信息处理的新原理、新方法和新技术等 12 个优先发展领域。

特别需要指出的是,本《战略》是指导性的规划,对地球科学及其相关学科未来五年的发展作了框架性设计。对于战略的落实和实施,需要广大地学工作者共同努力,需要科技工作者的献身精神,管理工作者的公正精神,决策者的无私精神。希望本书的出版,有助于引导和促进我国地球科学的基础研究,有助于国家自然科学基金地球科学领域的项目申请,有助于广大地学工作者思考我国地球科学的未来发展,实现我国从地学大国向地学强国的转变。

最后,我代表地球科学部感谢在战略调研中,特别是统稿中付出辛勤劳动的陈泮勤、施俊法和张志强,感谢科学部全体工作人员所做的贡献,感谢为《战略》提出宝贵意见的专家和同仁。

国家自然科学基金委员会地球科学部主任
中国科学院院士



2006 年 5 月 1 日

目 录

序一

序二

1 导言	(1)
1.1 地球科学的内涵	(1)
1.2 指导思想与基本思路	(2)
2 地球科学的发展态势与特点	(3)
2.1 地球科学的发展态势与机遇	(3)
2.2 地球科学的特点	(8)
3 我国地球科学研究的现状	(10)
3.1 进展与优势	(10)
3.2 问题与差距	(11)
4 学科发展战略	(15)
4.1 地理学	(16)
4.2 地质学	(17)
4.3 地球化学	(18)
4.4 地球物理与空间物理学	(19)
4.5 大气科学	(20)
4.6 海洋科学	(21)
5 优先发展领域和重要研究方向	(22)
5.1 全球变化及其区域响应	(22)
5.2 地球环境演化与生命过程	(24)
5.3 地球深部过程与大陆动力学	(26)
5.4 成矿成藏过程、机理与分布	(28)
5.5 陆地表层系统变化过程与机理	(31)
5.6 水循环与水资源	(33)
5.7 人类活动对环境变化的影响及其调控原理	(35)
5.8 海洋环境与生态系统	(36)
5.9 天气与气候系统变化过程与机制	(39)
5.10 日地空间环境与空间天气	(40)

5.11 地球系统模式与模拟·····	(42)
5.12 地球系统探测、观测与信息处理的新原理、新方法和新技术 ·····	(44)

附录 学科发展战略调研报告

地理学“十一五”发展战略调研报告 ·····	(51)
土壤学“十一五”发展战略调研报告 ·····	(69)
地理信息科学“十一五”发展战略调研报告 ·····	(90)
污染环境地理学“十一五”发展战略调研报告 ·····	(98)
地质学“十一五”发展战略调研报告 ·····	(109)
地球化学“十一五”发展战略调研报告 ·····	(128)
地球物理与空间物理“十一五”发展战略调研报告 ·····	(163)
海洋科学“十一五”发展战略调研报告 ·····	(205)
极地科学“十一五”发展战略调研报告 ·····	(216)
大气科学“十一五”发展战略调研报告 ·····	(223)
地球科学部第二届专家咨询委员会名单 ·····	(237)
地球科学部第三届专家咨询委员会名单 ·····	(238)

1 导 言

探索地球形成与演化规律、利用地球资源、减轻自然灾害、优化环境质量、促进人与自然的和谐发展,是当代地球科学的主要任务。地球是一个复杂的巨系统,对其产生、形成和演化规律的探索存在很大的不确定性:一方面,一些重大科学发现往往缘于科学家本人的好奇心及对科学奥秘的孜孜不倦的追求,创新的思维和一些偶然因素,因此,重大科学发现不能一概通过规划和预测产生;另一方面,地球科学的发展有其内在规律,从某种意义上讲也是可以进行规划和预测的。但地球科学战略规划的重点不是确定具体的研究题目,而是要凝练出“源头”科学问题,明确重大战略研究方向,提出重要的保证措施,包括营造良好的科研环境,建立有效的管理机制,制定人才培养计划等。对一些有丰厚科学积累、可望取得突破的研究方向和研究领域,可以通过有计划、有目的地开展多学科联合研究,鼓励有创新思维的科学家,通过脚踏实地的工作和不懈努力,最终取得突破。这种突破性的进展往往出现在多学科交叉领域或在一些综合性的重大疑难科学问题上。此外,自由探索是实现地球科学重大突破的前期准备,是凝练重大战略方向的基础。反过来,重大战略研究方向又会提出新的探索方向,形成新的生长点,新的生长点经过突破后,会形成更高层次上的重大战略研究方向。

依据上述认识和发达国家的经验,地球科学基础研究的发展战略包括两个方面:一是自由选题,它既是凝练重大科学问题的基础,也是规划地球科学发展的关键,因此,拟将主要经费(约占总经费 65%)按学科分类,通过量大、面广的自由申请项目给予稳定支持,推动各学科领域的创新性研究、学科的纵深发展和新兴学科的布局。二是优先发展领域和重要方向,它是地球科学基础研究的战略性选择。对于那些已经有了基本认识,能够根据科学规律和经验做出规划,并预示着有重要科学价值和将有重要突破的科学问题,进行前瞻性部署,设立优先资助领域,通过指南宏观指导下的自由申请给予支持(约占总经费的 20%),来推动和加快相关领域的发展,逐渐形成若干在世界上具有重要影响的主流方向和科学学派,带动地球科学的整体发展,推动人类社会经济的进步。

1.1 地球科学的内涵

地球科学是人类认识地球的一门基础科学。它以地球系统及其组成部分为研究对象,探究发生在其中的各种现象、过程及过程之间的相互作用等,以提高对地球的认识水平,并利用获取的知识为解决人类生存与可持续发展中的资源供给、环境保护、减轻灾害等重大问题提供科学依据与技术支持。人类对地球奥秘的探索精神,社会经济发展对资源利用、以及生活质量的提高对环境保护和自然灾害防治的日益增长的巨大需求,始终是地球科学发展的驱动力。

1.2 指导思想与基本思路

制定地球科学“十一五”发展战略的指导思想是：坚持以邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导，全面落实科学发展观，准确把握战略定位，支持基础研究，坚持自由探索，发挥导向作用；坚持“尊重科学，发扬民主，提倡竞争，促进合作，激励创新，引领未来”的战略方针，尊重科学发展规律，重视科学的长远价值，把握好点和面的辩证关系，在提高整体水平的同时，力争在若干领域与发达国家并驾齐驱；以《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020）》为指导，坚持稳定支持和超前部署相结合，坚持科学推动和需求牵引相结合，以科学问题为导向，鼓励学科交叉，努力推进地球科学理论创新。

地球科学“十一五”发展战略的基本思路是：在研究地球科学发展的趋势和特点、我国地球科学研究的现状、分析发展机遇的基础上，明确地球科学学科发展战略，凝练引领未来发展的优先研究领域和重要研究方向。

2 地球科学的发展态势与特点

2.1 地球科学的发展态势与机遇

2.1.1 当代地球科学发展处于重大战略转变时期

回顾地球科学的发展历程,不难发现,地球科学经历了两个重要的发展阶段。20 世纪初地球科学是一门定性描述地球现象的科学。第一个发展阶段,大约从 20 世纪 30 年代开始,由于数、理、化等基础科学的发展以及声、光、电探测技术在地球科学中的应用,使得长期注重定性的、宏观整体的地球科学走向更加关注定量的分支学科的发展,并诞生了一批冠以数学、物理、化学名称的分支学科,如地球物理、地质力学、地球化学、大气物理学、数值天气预报、大气化学、物理海洋学、海洋化学等,做出了一批具有里程碑意义的工作,如:1915 年提出大陆漂移假说,1920 年创立米兰柯维奇冰期间冰期旋回理论,1948 年开始进行数值天气预报,1957 年国际地球物理年和空间时代的开始,1960 年首次获得地球的卫星影像图,板块构造理论得到公认,1971 年确认地月系统年龄为 45 亿年,1977 年在海底扩张中心发现厌氧生物,70 年代发现“臭氧洞”,并确认催化循环可导致平流层臭氧破坏等等。其中,板块构造理论被认为是 20 世纪最伟大的科学成就之一,其意义可以与量子力学相提并论。

第二个发展阶段,大约从 20 世纪 80 年代开始,由于全球性环境问题的挑战,人类对地观测能力(全球立体观测网络的建立)、地球深部探测能力和海洋观测能力的提高,计算机技术的发展及其对全球海量信息的处理和传递能力的提高,以及系统科学、非线性科学、复杂性科学的创建和发展,导致了一门以全球环境变化、特别是以人类诱发的全球变化为研究对象,描述和理解地球系统整体行为、相互作用的物理、化学和生物过程的集成研究方法——地球系统科学,催生了一批引领地球科学向着更高层次、定量的整体地球科学(即现代地球科学)方向发展的重大国际科学计划,如国际地圈生物圈计划(IGBP)、世界气候研究计划(WCRP)、国际全球环境变化的人文因素计划(IHDP)、生物多样性计划(DIVERSITAS)等等。地球作为“整体”、“系统”的概念得到极大的增强,现代地球科学的各分支学科以前所未有的速度向前推进,各分支学科交叉与融合已成为必然。

国际地圈生物圈计划Ⅱ(IGBPⅡ)

由国际科学联合理事会(ICSU)发起的“国际地圈生物圈计划:全球变化研究”(IGBP)从2004年开始进入第二个10年研究阶段。在第一个10年研究阶段,IGBP有十一个核心项目。这十一个核心项目是:全球变化与陆地生态系统(GCTE)、水循环的生物圈方面(BAHC)、全球大洋通量联合研究(JGOFS)、海岸带陆海相互作用(LOICZ)、过去全球变化研究(PAGES)、国际全球大气化学(IGAC)、全球海洋生态系统动力学(GLOBEC)、土地利用与土地覆盖变化(LUCC)、全球分析解释与建模(GAIM)、IGBP的数据与信息系統(IGBP-DIS)和全球变化的分析研究和培训系统(START)。

为了迎接更加综合的“地球系统科学”的挑战,IGBPⅡ的计划结构由原来的十一个核心项目发展为由六个核心项目和两个集成研究项目组成的新的框架结构。IGBPⅡ的六个核心项目集中在研究地球系统的三个组成部分——海洋、陆地和大气以及它们之间的界面。六个核心项目是IGACⅡ, GLP(全球陆地项目),由GLOBEC & IMBER(综合海洋生物地球化学与生态系统研究)合作实施的海洋项目, LOICZⅡ, ILEAPS(综合陆地生态系统与大气过程研究), SOLAS(表层海洋—低层大气研究)。IGBPⅡ的两个集成研究项目——过去全球变化研究(PAGES)和地球系统的分析解释与建模(AIMES)集中于研究整个地球系统从过去到未来的变化。不同项目之间的合作研究将成为IGBPⅡ的主要特征。

为强化对全球变化的综合研究,由ICSU发起的“全球环境变化”(GEC)计划的四大研究计划——国际地圈生物圈计划(IGBP)、世界气候研究计划(WCRP)、国际全球环境变化的人文因素计划(IHDP)、生物多样性计划(DIVERSITAS)——联合成立了“地球系统科学联盟”(ESSP),并推动了全球可持续性的四大联合研究计划:“全球碳计划”(GCP)、“全球环境变化与食物系统”(GECAPS)、“全球水系统计划”(GWSP)和“全球环境变化与人类健康”(GECHH)。联合研究计划的目的是建立与社会直接相关的全球变化研究议程,特别是与人类可持续发展密切相关的四个根本性的问题:碳/能、食物、水和健康,理解这些系统中人类驱动的变化对地球系统功能的影响。因此,联合计划直接阐述全球变化与全球可持续性问题的双向相互作用。

“全球碳计划”(GCP)研究的三个科学主题是:①格局与变率;②过程与相互作用;③碳循环的管理。

“全球环境变化与食物系统”(GECAPS)研究的三个科学主题是:①脆弱性与影响:全球环境变化对食物供应的影响;②适应性——全球环境变化与加强食物供应的选择;③反馈——变化的食物系统的环境与社会经济后果。

“全球水系统计划”(GWSP)的三个主要科学主题是:①由于变化的人类活动(如水利利用、水管理、土地利用等)和环境因素(如气候的变率和变化)导致的全球水系统全球范围变化的幅度有多大;②人类活动影响全球水系统的主要机理是什么?③全球水系统对全球变化的弹性如何?全球水系统的适应性如何,水管理系统和生态系统应对水问题的能力如何(特别是当水问题与诸如生物多样性损失或经济贫困的进一步挑战一起出现时)?

“全球环境变化与人类健康”(GECHH)处于计划设计阶段,将于2006年年底的全球环境变化开放科学大会宣布开始。GECHH将确定全球环境变化对人类健康所造成的风险,并研究减少这些风险的可能途径。其主要科学主题是:①全球环境变化与人类健康之间的关系和作用机制;②与全球环境变化健康相关的反向驱动力;③人类自身对全球环境变化的适应能力。

在过去的 10 年,对地球系统的研究取得了重大的突破。其中最为重要的成果之一,就是我们认识到地球系统的变化幅度已经超越了至少过去 50 万年的自然变率范围。目前,全球环境系统正在同时发生的这些变化的本质、变化的幅度和速率,在我们人类的历史上,甚至可能对整个地球的历史来说,都是前所未有的。目前正在发生的这些变化,实际上是人与自然之间关系的变化。它们虽然发生的时间不长,但是其影响却很深远。而且,有很多变化正在加速进行中。这些变化对全球环境产生级联效应,目前还难以被认识,且通常无法预测,很多时候会突然发生。如果这种状况持续下去,我们的地球最终将会变为一个不适合人类和其他生命生存的星球。

近年来,地球科学研究揭示了 20 年前几乎没有预测出的、影响深远的一系列发现:地球内部缓慢的作用与海洋和大气系统的较快运动之间存在着令人惊奇的耦合关系。例如,大洋盆地外形的微细变化深深地影响着大洋的环流;构造作用的波动会影响二氧化碳循环发生混乱;火山爆发的频度和地震机制与地幔流体的动力学相关联;海洋和地幔间的流体循环肯定影响着火山活动的特性,甚至可能是板块构造活动的媒介。因此,搞不清这些复杂的相互作用,对全球性的各种现象就不可能准确地预测。近年来,由于人们已揭示和掌握了厄尔尼诺与异常气候之间关系等各种现象之间的部分相互作用,使人们对厄尔尼诺现象的预测获得了成功。

鉴于这种情况,美国国家研究理事会(National Research Council,1998)在总结 20 世纪后 30 年地球科学的进展时,强调“我们对地球单一圈层的了解比较深入,但对不同圈层的相互作用了解较少,特别是将地球作为一个系统的整体行为知之甚少”。“地球系统的过程”(Earth system process)、“地球系统的联系”(Earth system linkage)、“地球系统的演化”(Earth system evolution),成为 21 世纪初地球科学重要的发展前沿。对于过程研究主要集中在两个时间尺度上:一个是十至百年的时间尺度,另一个是几千年到几万年的时间尺度。前一个时间尺度主要研究人们赖以生存的地球系统中快速变化引起的系统的变化规律及人类活动对地球环境的影响,提高人们对未来几十年到百年尺度地球环境变化的预报预测能力,为社会和环境协调发展提供科学依据。后一个时间尺度以研究地球系统的形成、演化为主攻目标。地球系统之间的相互作用,实际上是地球各系统之间的界面相互作用。因此,近年来,地球系统内部的各种界面过程日益成为地球科学研究的焦点或核心领域之一。

地球科学将从人-地关系的角度研究环境的变化及其对资源的效应,为人类社会与自然协调发展提出科学原理和方法。其中,地球各圈层结构、组成和相互作用,以及人类作为地球营力的作用等方面的研究,保护生态与环境,将成为地球科学各学科共同的前沿。地球系统整体研究成为地球科学解决全球环境和资源问题的科学基础,地球科学研究将进入一个进行科学预测和调控人类生存环境变化的时代。

美国国家研究理事会 《地球科学基础研究的机遇》战略报告要点

美国国家研究理事会于 2001 年发表题为《地球科学基础研究的机遇》的战略报告,该报告提出了地球科学基础研究的 6 个方面的机遇:

(1)“临界带”(Critical Zone)的综合研究

- ◆ 地球碳循环及其与全球气候变化的关系
- ◆ 矿物风化、土壤形成、自然资源聚集及营养物质和有毒物质活化中微生物作用研究
- ◆ 陆地—海洋界面的动力学
- ◆ 构造作用与大气作用通过火山、降水、河流、冰川和侵蚀作用等相耦合
- ◆ 地质记录的形成

(2)地球生物学

- ◆ 生物出现前的分子、生命起源和早期演化
- ◆ 生物和环境对物种多样性的控制
- ◆ 生物、群落和生态系统对环境扰动的反应
- ◆ 生物、生态系统和环境之间的生物地球化学作用与循环
- ◆ 自然和人为的环境变化对地球可居住性的影响

(3)地球和行星物质研究

- ◆ 生物成矿作用
- ◆ 对火星、彗星和星际空间的地外样品的研究
- ◆ 超高压(兆帕)研究
- ◆ 岩石中非线性相互作用和界面现象
- ◆ 超微相(Nanophase)和界面
- ◆ 量子 and 分子理论在矿物及其界面研究中的应用
- ◆ 粒状介质研究

(4)大陆研究

- ◆ 活动变形的机制
- ◆ 流体在化学、热力、磁力和力学过程中的作用
- ◆ 下地壳的性质
- ◆ 大陆岩石圈的深部结构

(5)地球深部内层研究

- ◆ 固态地幔对流的复杂时空流动形式
- ◆ 地幔对流运转和相互作用及地球历史时期的地核发动机
- ◆ 电磁场的产生
- ◆ 内核的形成和演化及其在地核发动机中的作用

(6)行星科学

- ◆ 其他行星行为与地球内部的地质、地球物理作用
- ◆ 太阳系早期演化的物理和化学记录
- ◆ 地外样品中独特的化学信息和同位素信息

综合大洋钻探计划(IODP)

IODP 以地球系统科学思想为指导,计划打穿大洋壳,揭示地震机理,查明深部生物圈和天然气水合物,理解极端气候和快速气候变化过程,为国际学术界构筑起 21 世纪地球系统科学研究的平台,同时为深海新资源的勘探开发、环境预测和防震减灾等实际目标服务。综合大洋钻探计划是继深海钻探计划(DSDP,1968—1983)、大洋钻探计划(ODP,1985—2003)之后,于 2003 年 10 月开始实施的规模更大,科学目标更具挑战性的大洋钻探 10 年计划(2003—2013 年),该计划包括 3 大科学主题及相应的 8 个领域:

(1)深部生物圈和洋底下的海洋。

优先研究领域:①各种地质背景中洋底下的海洋;②深部生物圈;③天然气水合物。

(2)环境的变化、过程和影响。

优先研究领域:①环境变化的内部驱动;②环境变化的外部驱动;③内外部驱动共同引起的环境变化。

(3)固体地球循环与地球动力学。

优先研究领域:①裂解大陆边缘、大洋大火成岩省(LIPs)与大洋岩石圈的形成;②大洋岩石圈向深部地幔的循环与地壳的形成。

2.1.2 地球科学前沿研究以高新技术为先导

为适应地球科学的发展趋势,强调地球是一个复杂的系统,地球的演化与过程具有整体性,其所有的组成要素处在共同作用之中,需要采用高度交叉、整合的研究思路。在执行战略方面,要以高新技术为先导,促进多学科交叉与融合。例如,美国国家科学基金会的“地球探测计划”(Earthscope)是一个以高新技术为先导、多学科综合研究计划,其目的是增进对北美大陆岩石圈三维结构和地震灾害的了解。该计划部署了四种新型观测设备:(1)美国地震阵列(USArray),将显著提高美国及其毗邻地区下面大陆岩石圈和深部地幔的地震图像的分辨率。(2)圣安德烈斯断裂深部观测站(SAFOD),将直接从断裂带物质(岩石和流体)中取样,测定断裂带的各种性质,并监测深部蠕变和地震活动断裂。(3)板块边界观测站(PBO),将对沿太平洋—北美板块边界的变形所导致的三维应变场进行研究。(4)合成孔径干涉雷达(InSAR),将在广大的地理区域内进行空间上连续的周期性应变测量。InSAR 图像是对 PBO 连续 GPS 点测量的一种补充。通过上述四种设备的观测,调查美国地下岩石圈和地幔结构和演化,并探讨可能对地质灾害的影响。这是一项典型的调查与科研相结合、多种方法联合攻关的科学研究计划。

综合大洋钻探计划(IODP,2003—2013 年)以地球系统科学思想为指导,计划打穿大洋壳,揭示地震机理,查明深部生物圈和天然气水合物,理解极端气候和快速气候变化过程。该计划也是一项以技术为先导,观测与研究相结合的大科学计划。

高新技术与地球科学前沿融为一体,相互影响、相互促进,使当代许多高新技术在地球科学研究中具有更广阔的用武之地,引发更多的科学发现。在组织形式上,设立多学科参与的研究计划和研究中心,力图在更高层次上开展多学科交叉、整合研究。过去 50 年地球科学的发展史也表明,大型科学计划体现了不同时期地球科学发展的前沿和主流方向,引

领着地球科学及相关科学的发展。如：由 WCRP、IGBP、IHDP 和 DIVERSITAS 四大计划组成的地球系统科学联盟 (ESSP)、国际岩石圈计划、美国的大陆动力学计划、欧洲探测计划、综合大洋钻探计划 (IODP)、国际洋中脊计划 (InterRidge)、国际大陆边缘计划 (InterMargins) 等。

2.2 地球科学的特点

2.2.1 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。基于理解地球系统的过去、现今和未来及其可居住性的研究带来的挑战超出了单一和传统学科的能力范围。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,比如缘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,都逐渐发展成为当今科学的前沿领域。基于现代科学技术的迅猛发展趋势,使地球科学研究具有明显的大科学特征。具体表现为:第一,地球科学涉猎的是复杂的、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研究到全球环境变化。第二,基本地球过程的研究依赖于海量科学数据,地球科学是数据密集型的科学,因而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。第三,地球科学前沿研究与高新技术发展融为一体,重大科学问题的解决需要跨学科的持续、有效的联合研究,使一系列针对地球科学难题的大型研究计划应运而生。

2.2.2 地球科学的研究前沿日益拓展,地球的整体观、系统观已成为共识

资源、生态与环境问题的综合性和复杂性,使地球科学研究必须立足于全球,从地球的整体观、系统观和多时空尺度上,认识发生在地球系统及各圈层中的物理、化学、生物过程及其相互作用。以全球环境变化为例,深入的研究使大家愈来愈认识到地球的大气圈、水圈(含冰雪圈)、生物圈、岩石圈、地幔和地核是一个密切联系而又相互作用的整体。通过了解地球系统的整体行为,了解地球系统过去、现在状态,以预测地球系统未来的变化趋势。地球科学的思维和方法论正在从局部观向整体观拓展,由线性思维走向复杂性思维,从注重分析转变为分析与综合集成相结合。

2.2.3 学科交叉与综合集成和协同研究是地球科学取得突破的有效途径

实践证明,研究复杂的地球过程及其重大的资源、环境、灾害问题,并非单一学科和传统的概念与手段所能完成。在许多重要的交叉点上蕴含着更多的突破机会、新的生长点和解决途径,要求加强学科间的交叉、渗透和综合集成,同时,研究群体和基地的作用日益突出。近年来,国际科学界推出了科学计划间的“合作伙伴关系”(Partnership),“交叉项目”