

文章编号 1001-8166(2006)10-1097-04

“地球系统探测新原理与新技术” 优先领域与地球系统科学

吕克解¹, 周小刚^{1,2}

(1. 国家自然科学基金委员会地球科学部, 北京 100085; 2. 中国气象局培训中心, 北京 100081)

摘要 地球系统科学是研究组成地球系统的子系统之间相互联系、相互作用的机制, 研究地球整体结构、特征、功能和行为, 研究地球系统变化的规律和控制这些变化机理的科学。对地观测、探测与分析技术的发展是地球科学创新思维来源的技术保障, 同时对地球科学基础理论研究水平的提高起着重要的作用。21 世纪地球科学的发展将更加重视发展地球系统科学的理论、方法与技术体系。“地球系统观测、探测新原理与新技术”被列入国家自然科学基金委员会地球科学部“十五”优先资助领域。回顾“十五”期间的资助情况, 探讨该领域和地球系统科学的关系, 将有利于“十一五”对该领域资助工作的调整与完善。

关键词 地球系统科学 地球系统观测、探测 新原理新技术

中图分类号 P **文献标识码** A

计算机、电子学、空间探测等现代科学技术的发展, 促进了地球科学的进步, 以地球系统为主线的科学研究愈加受到人们的重视。20 世纪 80 年代中期, 以 NASA 美国地球系统科学委员会在 1988 年出版的《地球系统科学》一书为标志的“地球系统科学”思想和概念被明确提出^[1]。它强调从整体出发, 将地球的大气圈、水圈、岩石圈和生物圈看作是一个有机联系的系统, 以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为因素的影响, 从而为全球环境变化预测建立科学基础, 并为地球系统的科学管理提供依据。用系统的观点研究地球, 为人类的生存、发展、生活质量的提高提供知识和基础, 促进重大的地球科学问题研究的新突破, 成为 21 世纪地球科学发展的主要目标。

1 “地球系统探测新原理与新技术” 优先领域

1.1 背景与意义

地球科学作为一门已经有数百年发展历史的科

学, 在现代科学技术发展的驱动下, 在研究地球及其各圈层的起源、结构、演化与运动规律等方面已经取得了理论上和应用上的重大进展。随着人类社会谋求可持续发展的意识不断加强, 地球科学的研究需要回答诸如地球资源还能支持人类社会多久、人类生存环境对人类自身发展的极限承载力, 以及全球环境在人类干预下的变化趋向等问题。这就需要把地球的大气圈、生物圈、水圈、岩石圈、地幔和地核以及近地空间视为密切联系的整体, 研究和理解它们之间相互作用的过程和机理。

20 世纪 60 年代板块学说的提出与发展等均得益于地球物理探测技术、星载遥感技术、大洋钻探技术和探测技术等发展。20 世纪 90 年代以来, 以空间技术和信息技术为先导的高新技术群迅速发展, 不仅引起了地球科学工作方式、科学研究方式和思维方式的巨大变化, 而且带动了有关学科领域的全面发展和变革。无论是从历史的角度来看, 还是纵观现代发展态势, 无不体现了这一鲜明的特点。新技术的应用、新仪器的发明和新科学设施的建设与应用是 20 世纪地球科学取得重大成就的根本原因。

收稿日期: 2006-09-14; 修回日期: 2006-09-24.

作者简介: 吕克解(1950-), 女, 上海人, 副研究员, 主要从事基金管理和遥感应用研究. E-mail: lukj@nsc.gov.cn

之一。

现代科学技术和对地观测等新技术的发展,推动了地球科学问题的深入研究,使一些重大地球科学问题的研究可能面临新的突破。高新技术正成为 21 世纪地球科学发展的关键。地球科学研究中实验方法、手段的改进、创新对提高我国地球科学领域解决重大科学问题的能力,推动基础研究水平的提高是十分重要的。21 世纪地球科学的发展离不开现代观测、探测、实验和信息技术对地球科学基本科学数据的系统采集、积累与分析。在地球系统科学研究的方法论中,从原始数据采集到数据分析评价和解释判断,再到概念模型的建立和验证,每一个环节都与现代高新技术的应用密不可分。遥感、地理信息系统和全球卫星定位技术等的高新技术在地球科学中的广泛应用,使地球科学研究进入了一个综合模型研究时代。不仅大大提高了地学研究取得第一手资料的质量、效率,而且促进了一些新思想和新理论的诞生。

我国地球科学前沿研究中的高新技术的应用与开发还远远不够,先进技术手段(包括硬件和软件)主要从国外引进,很大程度上受国外的牵制。对于全球性、区域性的研究,缺乏基于现代技术的、与国际接轨的长期观测站,我国地球系统研究所需的观测系统、数据处理模拟系统等虽然已经受到国家的高度重视,但是与发达国家仍有很大差距。在我国地球系统科学研究中,未能及时有效地吸纳相关基础科学的新成果,如气候系统观测新技术、新原理和新方法及资料同化技术等。在我国地球系统科学研究中,可能遇到的难点之一是如何加强模拟计算和平台建设,及如何正确理解地球系统的整体运行机制等。我国在地球系统研究方面的学术优势在于我国的区域自然条件,以及经济快速发展所产生的资源、环境、灾害压力为其带来的机遇。而在高新技术应用研究与开发,资金、人力投入方面还存在很大差距,这些都严重地制约着我国地球科学的发展和地球系统科学的深入研究。地球科学研究是集观测、实验、理论分析与计算为一体的基础科学研究,“地球系统探测新原理与新技术”领域^[2]的设立,正是为了通过对制约我国地球科学发展研究手段等的资助,鼓励和引导科学家为我国资源、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支持,发展地球系统科学的理论、方法与技术体系,以高新技术为先导,以调查、探测和观测为基础,通过新方法和新技术的应用,不断产生新的数据和信息,

促进多学科交叉与融合,进而形成新的地球科学理论,使地球科学的研究范围向“宏观更宏,微观更微”扩展。随着新方法、新技术对主要问题提供的新处理手法的出现,将会获得更多有关地球系统的新认识,推动地球系统科学研究,促进和推动地球系统科学研究的深入和发展。

1.2 目标与重要研究方向

对地观测技术、地球内部和海洋探测技术、分析测试与实验技术、地球信息技术等构成了地球科学四大技术体系,并极大地推动了地球科学的发展,使地球科学进入了对地球进行整体研究的新时代。地球科学“十五”优先资助领域的战略目标之一就是为我国资源、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支持,发展地球系统科学的理论、方法与技术体系。

地球科学的前沿研究应以高新技术为先导,促进多学科的交叉与融和。观测、研究和模拟相结合是地球系统研究的基本方法,应该加强对地球系统的观测、探测和模拟实验,加强信息技术及其理论基础的研究,将高新技术与地球科学前沿研究融为一体,使其相互影响、互相促进,使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。其研究目标为:以高新技术为先导,进一步探索地球系统观测与分析的新原理、新方法、新技术,为地球科学基础科学问题研究提供新的途径和手段。

重要研究方向有以下方面:

- (1)对地观测和大气探测新原理与新技术。
- (2)地球深部与海洋探测理论新技术研究。
- (3)微区分析与高精度定年高技术。
- (4)地球空间信息科学技术。
- (5)地球灾害监测与评价技术。

2 对“地球系统探测新原理与新技术”领域的回顾和思考

2.1 领域资助情况回顾

从 2002 年开始,地球科学部打破以前的惯有做法,以优先资助领域中的重要科学问题发布每年的重点项目指南,并按领域设置受理重点项目。“地球系统探测新原理与新技术”领域被列入地球科学部“十五”优先资助领域。

2003 年重点项目指南中虽然没有发布“地球系统探测新原理与新技术”领域科学问题,但收到 9 项与“地球系统探测新原理与新技术”领域相关的

申请,经评审有 1 项申请获得资助。

2004 年地球科学部“十五”优先资助领域正式发布“地球系统探测新原理与新技术”领域的重点项目指南,关键科学问题为:(1)对地探测新原理;(2)地球深部探测理论与新技术;(3)海洋探测新理论与新技术研究;(4)微区分析与高精度定年;(5)高精度微量物质的测量方法与技术;(6)超微弱信息的分辨与提取新技术;(7)地球空间信息系统集成与虚拟现实技术。该领域有 23 项申请,经评审有 2 项获得资助。

2005 年根据 2004 年该领域科学指导与评估专家组的建议,重点项目指南对发布的拟重点研究的关键科学问题作了一些调整(1)对地观测新原理与新技术;(2)地球空间信息集成、虚拟现实与仿真技术;(3)大气、海洋、陆地表层探测新理论与新技术研究;(4)地球深部探测理论与新技术研究;(5)精细测量理论与分析方法研究。该领域有 19 项申请,经评审有 4 项获得资助。该领域已获资助的项目见表 1。

表 1 2003—2005 年“地球系统探测新原理与新技术”领域资助项目一览表

Table 1 List of “New Principles and Technology on the Analysis of the Earth System” grant projects in 2003-2005

序号	批准号	负责人	项目名称	执行年限
1	40337055	陈 军	GIS 空间数据库更新的模型与方法研究	2004.01-2007.12
2	40437017	朱 江	适应海洋观测资料同化的降维方法及在短期气候预测中的应用研究	2005.01-2008.12
3	40437018	李小凡	地球深部高分辨探测中的地震波散射及全与方波理论方法研究	2005.01-2008.12
4	40537032	段振豪	分子水平上计算机模拟地质流体的物理化学性质和地球化学行为	2006.01-2009.12
5	40537031	张淳民	微型、宽覆盖、宽波段、高分辨新型偏振干涉成像光谱技术	2006.01-2009.12
6	40537033	倪四道	D 的结构和后钙钛矿相变	2006.01-2009.12
7	40537034	牛生杰	层状云降雨物理过程及其人工催化物理效应的观测研究	2006.01-2009.12

2.2 对完善“地球系统探测新原理与新技术”领域资助的思考

在地球科学“十五”、“十一五”的发展战略中都提出地球科学前沿研究应以高新技术为先导,并以此促进和推动地球系统科学研究的深入和发展。地球科学“十五”优先资助领域的战略目标之一就是为我国资源、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支持,发展地球系统科学的理论、方法与技术体系。

“十五”期间“地球系统观测、探测新原理与新技术”领域虽然资助了 7 个项目,资助率和经费强度不高,但还是吸引了一批在新方法、新技术方面研究探索的科学家,尤其是资助了非地球科学领域的科学家根据地球科学前沿研究需求提出的申请。目前已获资助的 7 个项目涵盖了地理、地球化学、地球物理、大气、海洋 5 个学科,每个项目都有不同的研究背景和目标。

由于地球系统包括了大气圈、水圈、岩石圈、生物圈和日地空间的过程与变化,因而对地球系统的观测、探测范围从太阳、空间到地表、海洋、地核,分布极广。“地球系统探测新原理与新技术”领域相对地球科学部其他优先领域而言所涉及的学科分布广,地球科学各学科对研究观测、实验、理论分析与计算的新方法、技术的需求及发展水平也是不同的,研究尺度和精度要求也有较大差别。项目指南的发布不可能做到明确、具体、针对性很强,领域的资助目标、关键科学问题相对宏观。受理的申请中申请人对本领域指南的理解和领域设立的初衷有差距,相当部分的申请和本领域的指南不符,申请质量还有待提高。

对本领域设立的长远目标是以高新技术为先导,进一步探索地球系统观测与分析的新原理、新方法、新技术。为地球科学基础科学问题研究提供新的途径和手段的目标是无止境的,可能不是一两个五年计划所能解决的。对本领域资助项目的成果集成需具体项目具体分析。很难以一个科学问题为主线进行集成。

另外,由于该领域没有成立专家指导组,评审专家分属地球科学的各个学科,在对项目的评审过程中,存在标准掌握不平衡的问题,存在大同行和小同行的意见不能达到共识等问题。通过该领域“十五”资助工作和存在问题的回顾建议如下:

(1) 学科发展战略和优先资助领域是国家自然科学基金 5 年发展计划的重要组成部分。在“十五”优先资助领域的基础上,建议地球科学部继续将“地球系统观测、探测与分析的新原理、新方法和新技术”列为“十一五”优先资助领域。充分利用各学科“十一五”的发展战略研究的资料,了解各学科发展前沿、存在的主要问题和需求,进一步细化本领域资助项目指南和关键科学问题,并根据每年的资助情况作相应的调整。

(2) 处理好长远目标和有限目标的关系,项目的研究目标应根据实际需求和目前我国科学研究所

能解决问题的能力来确定。基础研究本身就是探索自然规律,追求新发现、新发明积累科学知识,本领域设立的长远目标是以高新技术为先导,进一步探索地球系统观测与分析的新原理、新方法、新技术,为地球科学基础科学问题研究提供新的途径和手段。但是在资助工作中应该实事求是的把握有限目标,领域的研究大目标应该相对稳定。相信随着地球观测、探测等新技术研究的深入,必将对 21 世纪地球科学的发展发挥重要作用和影响。

(3) 为进一步推动学科交叉,通过项目指南的发布和资助项目,引导鼓励数学、物理、化学、信息等学科的科学家申请本领域的项目。根据地球科学各学科前沿研究中的瓶颈、难题,通过引进数学、物理、

化学、计算机等领域新技术新方法,协同地球科学专家共同攻关。

参考文献(References):

- [1] Chen Panqin, Ma Zhenhua, Wang Gengchen, translated. Earth System Science[M]. Beijing: China Earthquake Press, 1992. [陈泮勤, 马振华, 王庚辰译. 地球系统科学[M]. 北京:地震出版社, 1992.]
- [2] Department of Earth Sciences, NSFC. Executive Strategy of Earth Science at the Beginning of Twenty-one Century[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2002. [国家自然科学基金委员会地球科学部. 21 世纪初地球科学的战略重点[M]. 北京:中国科学技术出版社, 2002.]

New Principles and Technology on the Analysis of the Earth System Priority Funding Areas and Earth System Science

L Ke-jie¹, ZHOU Xiao-gang^{1, 2}

(1. Department of Earth Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China;
2. Training Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China)

Abstract: Earth system science is the science that deals with the interactions between and among subsystems, Earth's overall structure, characteristics and behavior, law and control mechanism of Earth system changes. The development of Earth observation, detection and analysis is the source of technical support of Earth sciences innovation. It plays an important role in raising the level of the basic theoretical research on Earth science. The development of Earth sciences in the 21st century will attach more importance to the development of Earth system science theories, methods and systems. New principles and technology on the analysis of Earth system were put forward as priority funding areas in Tenth Five-Year Plan period by the Department of Earth Sciences of NSFC. Reviewing funded situation in Tenth Five-Year Plan period and exploring the relationship between the area and earth system science will be conducive to adjusting and improving the work in this area in the Eleventh Five-Year Plan period.

Key words: Earth system science; Analysis of the Earth system; New principles and technology.