

## \* 学科发展 \*

## 走向 21 世纪的中国地球科学

专题调研组\*

**提要** 本文在认真总结地球科学各个分支学科近年来发展的基础上,对地球科学的前沿与发展趋势,我国地球科学研究的特色与薄弱环节和发展的战略设想及应重点发展的支撑技术与重大科学工程等问题进行了较详细的论述,文中最后还就如何发展我国的地球科学提出了若干建议。

地球科学包括地质学、地球物理学、地球化学、地理学、测绘科学、大气科学、海洋科学、环境科学和空间科学、生态学的一部分以及相关的工程技术科学。

地球科学的根本任务在于认识地球,并基于这种认识去维持人类的生存和持续发展;即提供充足的自然资源;减轻自然灾害所造成的损失;保护与改善生存环境,协调人与自然的的关系。该学科在经济、社会和科技发展中有重要的作用和战略地位。

## 一、地球科学的整体发展趋势

## (一)地球科学的发展正处于一个重大的转折时期

当代地球科学既面临着极富挑战的复杂局面,又展现出前所未有的发展机会。地球科学的发展正处于一个重大的转折时期,其突出表现为:

·地球科学的知识体系在诸分支学科向纵深发展的同时,学科间大跨度交叉渗透的地球系统科学新时代正在兴起。后者立足于全球性、统一性的整体观,阐明地球系统的整体行为和各圈层的演化规律及其相互作用的过程。

·地球科学研究从以往的定性、静态描述转向以过程为目标的精确、定量的动力学研究。这一转向需要有关地球过程的精确连续的观测数据的支持,需要数学、物理、化学、生命科学、空间科学和有关技术科学的理论、方法的支持。

·人与自然关系的协调开始成为人类认识和利用地球的新起点。人类活动对地球环境变化的作用日益增强,必须将人类活动的影响纳入有关地球过程的研究,去探求人自然的和谐,谋求经济、社会持续发展的道路。

·地球科学前沿研究开始与高新技术的发展融为一体。一方面高新技术在地球科学研究中的应用,增强了人类了解自然的能力,促进了一系列新概念和新领域的形成;另一方面对地

\* 专题调研组成员有:邵立勤、王志雄、张知非、黄鼎成、李晓波、叶玉江、马福臣、林海、郭廷彬、汤绪、臧恒范、孙建宏。  
本文由黄鼎成、叶玉江、李晓波执笔,张金东、刘健、徐飞亚、侯如圣等同志参加了本文的编写工作。联系人黄鼎成,中国科学院自然与社会协调发展局,北京 100864。

球未知领域的探索引发了一系列高新技术的研究与发展,形成了若干重要的支撑技术体系。

## (二)地球科学的前沿与发展趋势

在人类社会的进步及其经济、社会发展的推动下,人类对新的生活空间的需求导致了地球科学家对日地空间、地球深部、海洋和极区的探索,并正在形成庞大的、较为完整的“上天、入地、下海、登极”的地球科学前沿研究体系。它将朝着地球系统科学的目标发展,“把地球看作一个完整的动力学系统,而不是各部分彼此孤立的一种集合体”已成为共识。

固体地球科学随着全球规模和区域范围的资源、环境问题日趋突出,其研究的社会功能不断增强,以便对维持矿产资源和能源的供给、减轻自然灾害、保护环境以及工程建设做出明智的决策。围绕这些重大问题的解决,其前沿研究的重点放在大陆岩石圈及其边缘、矿集区与超大型矿床、地质环境与过去全球变化以及地球深部的结构、组成与动力学。

大气圈对水圈、冰雪圈、生物圈和岩石圈有着直接的、重大的影响,而各圈层间的相互作用又是决定地球系统整体行为的关键。大气科学正走向多学科交叉,在坚实的数学、物理学基础上,建立大气-冰雪-陆地-海洋-生物耦合系统的完整动力学模式,注重系统中各部分相互作用的研究,尤其强调其中的物理、化学和生物过程的相互作用以及人类活动的影响。气候系统动力学和气候变化及气候预测将特别受到重视。

海洋赋存着丰富的生物、矿产、能源、海水资源和广阔的海洋空间,对人类的生存与发展具有战略意义。《联合国海洋法公约》确立了大陆架、200 海里专属经济区和深海矿产资源国际管理的新制度。围绕海洋资源和海洋权益的国际竞争日益激烈,各沿海国家特别是发达国家都从科技入手,加强对海洋的研究、开发和管理。海洋科学将围绕海洋权益与海洋资源、海洋环境与全球变化、海洋高技术开展研究。

大气、陆地、水域的交合面——地球表层,是各种自然要素和社会要素相互交织的区域。在人口、资源、环境与经济、社会发展之间矛盾日益突出的今天,人类对自然的干扰更加复杂化,与地球科学有着渊源关系的环境科学、生态科学、经济科学与系统工程科学植根于人类生存的地域空间,构建了年轻的综合的环境科学体系;同时又促使近代地理学中相对独立的自然地理与人文地理走向统一,在“持续发展”战略框架下,将围绕自然资源及其持续利用、国土整治与开发、农业的持续发展与生态系统建设、区域与城市、环境保护与资源二次利用等重大问题开展综合性研究。

现代地球科学的观测、探测和实验技术的发展与广泛应用将促进地球科学的研究实现量化和准确化。空间技术,信息技术和计算机技术的发展,推动了遥感技术的进步及遥感信息产业的发展。如果说海底探测带来了板块构造的革命,那么,以遥感-全球定位系统-地理信息系统一体化为标志的地球信息技术,将是地球科学下一次突破的主要支柱。

综上所述,在这地球科学发展的重大转折时期,其前沿研究将围绕人与自然关系的协调、地球系统整体行为及其各圈层的相互作用、全球动力学与大陆动力学、气候动力学与气候预测、海洋环流与海气相互作用等重大科学问题展开。同时,注重现代技术的应用与发展,尤其遥感应用与地理信息系统、地球深部探测技术、海洋技术以及其它观测技术与信息处理技术。

## (三)我国地球科学研究的特色与薄弱环节

地球科学研究越有中国特色,就越有国际意义。从自然条件来看,我国有着许多世界独特的自然环境和资源条件。如:中国的边缘海;青藏高原以及大陆内部构造是世界上研究大陆动

力学最佳场所,它的隆起对全球气候也产生显著的影响;黄土高原和黄土覆盖面积之大,黄河泥沙含量之高,举世闻名;碳酸盐岩覆盖区域辽阔为世界之最;我国还是板块内部地震活动性强的国家,且历史地震资料丰富;各个时代的地层比较完整,化石丰富,为古生物、古人类与古环境研究提供了优越的场所。所有这些,给我国地球科学的研究带来特色。

近半个世纪来,经济建设、社会发展需求和科学技术自身发展规律,推动了我国地球科学的蓬勃发展,它的研究与发展为国家宏观决策提供了科学依据,对各类自然资源的普查勘探与开发、天气预报和气候预测、海洋开发、国土整治与区域发展、农业和农村经济的发展、环境保护与改善、自然灾害防治、重大工程建设、能源开发、空间计划实施、国防建设以及人类对自然认识的提高都做出了巨大的贡献,起着不可替代的重要作用。并在若干领域的研究上跻身于国际先进行列。与此同时,形成了学科体系比较完整、技术相应配套的地球科学研究体系,造就了一支有较高水平的、实力较为雄厚的科技队伍。然而,从整体上看与国际先进水平尚有相当差距,其薄弱环节主要表现在:

根据我国地域特色开展创新性研究不够。在不少研究领域或课题中,模仿、重复他人或低水平的重复研究现象依然存在;研究多局限于区域,对全球性的宏观研究和地球深部研究少;深度不够,尤其缺少对圈层及界面物质迁移、能量转换规律和动力学的研究。

海洋科学与海洋技术长期未得到足够的重视,这不仅制约了海洋科技的发展,而且直接影响海洋权益的保护和经济、社会的持续发展。

科学发展的支撑体系薄弱,尤其缺乏完整的、长期连续的现代观测、探测系统和先进的实验技术及信息系统的保证。

围绕重大问题缺乏有组织的、协调的、跨学科研究计划,缺乏客观的竞争机制,是造成一哄而上,课题分散、低水平重复的管理原因。

具有多学科综合能力的年轻学术带头人成长缓慢、高等院校生源缺乏。

地球科学的研究依赖于大量的观测数据和基础资料的积累,任何一个新的研究项目既要取得新的资料与数据,同时又要动用大量的已有的资料和数据,才能获得正确的科学结论。然而,我国数据资源壁垒现象严重,缺乏协调、统一的数据共享的服务机构和相应的数据管理法规体系,重大科学项目立项时没有明确的数据管理计划,致使许多宝贵资料在项目结束后散失或归为己有,致使后来的研究不得不进行大量的重复性工作。

地球科学研究要靠许多基础工作来支撑,但是,多年来资金来源渠道不通,使一些必要的基础工作陷入举步维艰的境地。

## 二、我国地球科学发展的战略设想

### (一)发展目标

基于上述分析,“九五”及 21 世纪初我国地球科学的发展目标是:

·解决国家经济、社会发展中面临的重大的资源环境问题,初步形成具有我国特色的地球科学的合理研究框架和知识体系。为寻找和合理利用资源(含能源)、减轻自然灾害、保护和改善生存环境提供科学依据,促进经济、社会发展同资源、环境相协调。

·围绕人与自然关系的协调、大陆动力学、气候动力学与气候预测、海洋环流与海气相互作用、日地系统整体行为和地球系统各圈层相互作用等国际瞩目的科学问题,组织多学科综合研

究,在若干领域形成具有较大国际影响的新发现、新理论和新方法。

- 重视高新技术在地球科学研究中的应用与发展,完善和建设一批观测、探测和实验系统,努力建成国家级的资源、环境信息工程。

- 形成若干地球科学研究和野外实验基地,造就一批年轻的具有多学科综合能力的高层次学术带头人,使我国地球科学的研究跻身于国际前列。

## (二)重点发展领域

重点发展领域遴选的原则是:

- 解决一批国家经济建设、社会发展中所面临的重大科学问题。

- 瞄准国际前沿开展可望获得重大突破的创新性研究,在参与国际研究计划的同时,积极推动一批具有全球意义的研究计划走向国际化。

- 发挥我国地域、自然条件优势。

- 注重多学科综合交叉,开拓新领域和超前研究,发展和应用现代探测技术,建立和完善观测研究体系。

- 充分考虑已有的科学技术积累,推动学科结构和科技布局的调整,从智力资源、投入、设备、自然地域优势等方面分析可能带来的经济社会效益、科学进步及其在国际上的影响。

依此,我国地球科学的发展应从科学问题出发,强调学科间的相互交叉、渗透。希望通过对那些重点领域的研究,引起传统学科的结构及其内涵的变化,使之适应经济、社会和科学发展的需求。这里所提出的重点发展领域是那些对经济建设和社会发展带全局性影响、对认识地球系统具有先导性、在我国自然条件下可能取得突破的重大科学问题。而后面将涉及的重点发展的支撑技术和重大科学工程是对我国地球科学的发展具有长远性、全局性影响的,为在 21 世纪腾飞提供强有力保证的技术支撑体系。

1. 地球物质与地球化学循环。它是认识地球的基本命题之一,一方面要通过获得大陆物质成分及其时空信息,重新认识大陆演化的历史过程;另一方面要加强对地球资源与环境本底的认识,为资源开发利用和环境背景变化提供依据。主要科学问题:固体地球各圈物质、能量交换及其动力学过程;超临界流体与壳-幔物质的性质、状态及其演化;高温高压下地球物质的状态、固液反应和相间动力学;壳-幔相互作用与地球化学循环;元素、同位素示踪体系;地球物质的不均一性及其成因;深部物质状态的岩石探针。

2. 地球内部流体与成矿。地球内部和地球表面的流体极大地影响着地球系统中质量和能量的再分配,我们应侧重地球内部流体及其成岩、成矿作用研究;地壳内部流体的来源及其对地质过程的控制作用;热流体化学与成矿作用;壳、幔岩浆成矿系统;盆地中热流体系统与复合成矿机制;生物-流体-成矿系统。

3. 大陆岩石圈的结构、过程与动力学。亚洲大陆是地球上最后形成的一块大陆,被公认为是世界上研究大陆动力学的最佳场所。研究内容包括:青藏高原隆升的深部过程与多层圈相互作用;造山带、大陆伸展与盆地动力学,盆地-山脉系统动力学;碰撞作用、超高压变质及其动力学过程;陆下地幔及其与大陆的相互作用;巨量花岗岩类的成因与动力学;大型断裂作用过程与大地震旋回;中国岩石圈四维填图;早期地壳演化及其动力学;大地测量的反演及现代地壳运动。

4. 边缘海的地质过程及其动力学。中国边缘海的研究,对认识海洋地壳的发展和地球系



统各圈层相互作用、中国及全球地质环境变化模式、海洋资源开发、加强海疆的管理都具有重要意义。应重点研究:陆架及边缘海物质组成、能量循环及通量;陆架边缘海的古海洋学;边缘海岩石圈结构与组成;边缘海的形成、演化与成矿作用;洋陆壳相互作用和大陆架资源。

5. 地球深部(内层)结构与动力学。它是地球物质和地球演化的内动力来源,又制约着多层圈层的耦合过程和物质、能量和动量的交换;是人类深刻认识地球系统的关键之一。主要科学问题包括:地球内部精细结构的探测与成像;地球内部物质单元的物理性质、热结构和均衡补偿;地球内部低速层的流变过程及其动力学意义;地核与地幔的动力学过程,地球内部各圈层能量、质量、动量传输过程及其界面效应;地球磁场变化与核幔耦合。

6. 地球历史中的环境变化与高分辨率地层学。基于人类对历史中环境演化和地质预测愈益增强的需求,本领域的主要科学问题被归纳为:重大地质事件的全球等时性;地球历史中环境与生物的相互作用;超大陆形成与地球环境变化和生物圈演化;高分辨综合地层学及新一代地质时代表。

7. 古生物与古人类。保持我国古生物与古人类领域研究的特色和继续走在世界前列的优势。应侧重抓:隐生宙生物的起源与早期演化;地质时期生物与环境协调演化;化石的生物学研究与生物分子古生物学;人类的起源、古人类与环境协调发展和古文化。

8. 矿产资源勘探与综合利用。矿产资源是国民经济建设的物质基础,要缓解制约我国经济社会持续发展中矿产资源日益短缺的矛盾,建立持续供给的矿产资源支撑体系,必须要突破影响找矿的关键性基础地质问题和观念,攻深找盲,以矿集区与大型、超大型矿床为找矿目标,在整体规律认识和找矿的技术方法上下功夫。包括:中西部矿集区、超大型矿床的基础问题与找矿方向;寻找隐伏难识别矿的技术方法;我国东、西部及海域含油气盆地的整体规律研究和油气藏的勘查;提高油田采收率和复杂地质条件下油气勘探技术;非金属矿物资源与深加工;共生、伴生矿的综合开发利用和微细粒金的选冶技术。

9. 地质环境、资源(含能源)开发及其环境效应。其研究的重点应侧重于:环境与健康;重大工程建设及城市化对地质环境影响的前期预测与期后效应研究;地球浅层精细结构及其活动的物质和过程;岩土介质及其与工程建筑的相互作用。

10. 全球变化研究。从整体的角度出发,将气圈、水圈(含冰雪圈)、岩石圈和生物圈看成是具有有机联系的“地球系统”。其主要目标是:描述和认识控制整个地球系统的相互作用的物理、化学和生物学过程;描述和理解支持生命的独特环境;描述和理解发生在该系统中的变化以及人类活动对它们的影响方式。关键问题是:温室气体源与汇的观测和基本过程研究;地球内部脱气过程及其在全球变化中的作用;全球变化的地质记录与古季风变迁(重点研究黄土、岩溶、湖泊沉积、深海沉积、冰芯珊瑚等全球变化记录);土地利用、植被、水文循环和生物地球化学循环;海陆相互作用;全球变化对我国陆地近海生态系统、荒漠化、水土流失、海面变化、水资源及社会经济的影响;区域和全球变化模式、模拟与预测。

11. 日地关系与日地系统整体行为。将日地系统作为一个整体,研究近地空间各区域的相互作用过程,以正确认识地球系统并和地球环境变化等重大问题。主要科学问题是:地球动态变化及地球动力学参考坐标系;极移、地球自转和地球内部各种动力学现象间的关系;太阳各种形式能量和物质的输出变化规律;太阳的能量、物质通过日地系统传输过程以及各区域间的相互作用和耦合过程;太阳活动与中低层天气气候关系的物理过程;地球空间系统各种环境

变化及其对人类活动的影响。

12. 气候动力学和气候预测研究。它强调大气圈、水圈、冰雪圈以及生物圈之间的相互作用及其动力、热力、化学和生物过程,注重自然变率、参数化和对过去、现在、未来变化模式的探讨,寻找引起气候系统变化的强信号,以便预测气候的月季年、年际、年代际的变化。关键问题是:气候的自然变率及可预报性;大气-海洋-冰雪圈-陆地相互作用及其耦合模式;不同时间尺度的气候变化过程、数值模拟与预测;东亚季风及其演变;区域气候变化与能量、水分循环;地球流体的湍流、相变与动力学的相互作用。

13. 中层大气与大气探测。基于大气环流系统的统一性,气候变化在平流层有明显的预兆及反映,所以中层大气的研究是不可忽视的前沿领域,而不断发展大气要素的探测手段又是大气科学发展的要点之一。主要研究问题包括:平流层臭氧结构、变化及其影响和控制因素;平流层气溶胶变化及其全球气候效应;平流层动力-光化过程模式、辐射传输模式;大气上下层耦合动力学;中层大气新的探测原理与技术。

14. 中小尺度天气。加强中小尺度天气系统及其灾害性天气的短期和甚短期预测研究,加深对影响中小尺度大气现象的基本物理学和动力学过程的认识,进一步提高预测能力。其重要问题包括:强风暴及暴雨动力学;中尺度数值天气预报;暴雨区中小尺度对流系统的参数化及多尺度系统相互作用;云雾及雷暴电物理和人工影响天气;强对流天气的科学实验。

15. 大气化学和边界层物理。大气化学研究是认识决定地球大气成分的最基本的物理、化学、生物过程,预测大气成分的未来变化趋势。要加深对大气环流的理解并改善气候和中尺度天气过程的预报能力,关键在于边界层过程的参数化。因此,应侧重研究:污染物输送;酸雨;大气自净能力和大气容量研究;有机污染物光化学过程研究;全球和区域大气化学模式研究;大气边界层探测研究和技术;低层大气与下垫面能量、水汽和动量交换及参数化;大气湍流和行星边界层结构,陆面过程土壤-植被-大气相互作用研究。

16. 海洋动力学与海洋环境。以动力学的观点研究海洋学中的各种过程,是现代海洋科学的核心。考虑国际前沿和国家需求,我们宜侧重下述研究:海洋(大洋、陆架、河口)环流动力学及其各种尺度的海气相互作用;厄尔尼诺——南方涛动循环动力学,热带海洋动力学;暖池动力学。

17. 海岸带与近海。它是陆地、大洋和大气之间物质、能量交换以及各种因素变化最活跃的区带,是人类生产活动的重要场所,对海岸带与近海的研究,涉及到国家的海洋权益与经济专属区的划定并对全球生物地球化学循环和气候系统变化都有重大影响。主要科学问题:海底地貌和海底矿产资源;河口动力学、动力沉积与古海洋环境;陆海相互作用;海平面变化;海底介质的力学特性与海洋工程;海岸带、近海环境与海洋灾害。

18. 浅海生态系统与生物资源的持续利用。海洋生物是蛋白质和其他营养物质来源的宝库,蕴藏着丰富的具有特殊生理活性的物质。今后将围绕着海洋生物资源的持续利用,从海洋生态系统和实验海洋生物学两大方面开展研究。主要科学问题包括:浅海生态系统动力学及预测研究;海洋生物生产过程和生产力变化;海洋生物多样性与生物资源持续利用;海洋农牧化;生原物质及污染物质的生物地球化学过程;海洋生态系统对全球变化的响应与反馈。

19. 社会经济体系及其发展战略。人口、资源、环境问题已成为我国国民经济发展的长期制约因素之一,要实现社会经济的发展与环境保护相协调,必须充分认识人类活动与资源、环

境的相互作用,把“自然-社会-经济”视为统一的整体,建立持续发展的理论与方法,正确指导人类活动的战略与规划。研究内容主要包括:我国未来发展战略以及不同区带发展与资源、环境相协调的重大问题;沿海经济区持续发展研究;社会经济发 展的区域差异与调控;城市持续发展与乡村城镇化及其生态规划与管理;资源结构、区域分布与资源节约型社会经济体系;持续发展条件下能源环境问题的解决途径;持续发展机理及其调控的科学基础与技术支撑。

20. 可持续农业与生态系统建设。发展农业和农村经济,增加农民收入,是本世纪末到下世纪初我国经济发展的首要任务。要通过区域治理与生态农业、增产技术、减灾以及从食物生产、流通、消费系统的分析与宏观调控等方面综合研究。为实现本世纪末粮食生产达到年产量 5000 亿公斤,促使我国食物生产上—新台阶,地球科学在这里的重点是:不同类型地区(侧重黄土高原、南方红壤丘陵、西南岩溶山区、荒漠化区域以及沿海重要水产养殖基地等)中低产田改造与区域综合治理;生态农业和农田、森林、草地、水体等生态系统的合理利用、保护、改善以及退化生态系统的恢复与重建;以节水、节地、节肥技术为重点的资源节约型高效农业技术体系;矿物肥料以及相关增产技术;气象与农业;农村产业生态化和全国食物生产、流通、消费、进出口管理系统的辨识与宏观调控。

21. 自然灾害与减灾。依靠科学技术是减轻自然灾害所造成损失的基本途径,减灾工作必须同环境保护与改善结合起来。减轻自然灾害所造成的损失已成为实现经济、社会持续发展的迫切任务之一。研究内容主要包括:地球系统各分量的相互作用与自然灾害的群发性、伴生性及其形成机理;现代减灾理论与综合区域减灾技术;重大气象灾害形成机理与预测、预警;海洋灾害及其预测预报与防治;我国主要河流的洪涝灾害与河湖调节能力;地震过程非线性动力学和中期地震预报;地质灾害的预测和防御;人类活动可能诱发的自然灾害及其防治;城市自然灾害易损性分析、损失预测与减灾。

22. 可再生资源的保护与持续利用。对可再生资源的保护与可持续利用,已成为经济社会持续发展的基本任务。主要问题:土地资源(耕地、草地、湿地、荒地)保护与障碍性土壤改良;森林与林地资源的管理与保护;海洋资源的开发与持续利用;生物多样性与生物资源的保护与持续利用;我国大陆水资源的动态变化、合理利用和区域调配;干旱区形成机理、演化及其水资源高效利用。

23. 污染控制与废弃物资源化(环境保护与建设)。环境问题是举世瞩目的焦点,抓住发展机遇,从国情出发,全面提高我国环保科技和产业的整体水平,加速环境保护与经济发展一体化的进程。注重研究:污染物质的环境生物地球化学、生态效应与环境系统的稳定性;环境物质的动态变化及生态系统良性循环的支撑技术;环境污染综合治理技术和清洁生产;陆地水质富营养化机理及其调控;核废料的安全处置;工农业及生活废弃物的无害化处理、再资源化与多级利用;重大工程(如三峡、南水北调、晋陕蒙能源基地)对环境和生态系统的影响。

24. 极地研究。南极地区是地球环境气候变化的敏感区,是研究大气圈、水圈、冰冻圈、岩石圈和生物圈相互作用的理想场所。应围绕全球变化开展多学科交叉综合研究。我国的研究重点可以归纳为:冰雪圈物质平衡及海-冰-气相互作用及对全球气候变化的影响;极地高空物理与臭氧层变化;古环境记录;南极大陆的构造演化与环境变迁;极区海洋生物资源。

### 三、重点发展的支撑技术与重大科学与工程

#### (一)重点发展的支撑技术



1. 遥感应用与地理信息系统。遥感、地理信息系统和全球定位技术,集中了空间、电子、光学、计算机、通信和地球科学、生物学最新成就。它为地球科学提供了全新的技术,是实现可持续发展的基本技术支撑。包括:遥感和地理信息系统的基础和前沿技术研究;资源与环境信息系统的基础研究和基本能力建设。遥感信息的获取与处理技术;资源、环境(包括全球环境)、重大自然灾害的遥感应用模型。

2. 地球深部探测技术。地球深部研究的每一次重大进展几乎都是探测技术的进步带来的。随着资源、环境、灾害等重大社会问题的日益突出,探测地球深部的任务愈加紧迫。重磁测量、天然地震资料反演、人工地震、大地电磁测量、大地热流、科学钻探等方法构成了当代地球深部探测的技术体系,我国应当不失时机地发展以下几个方面:层析技术,尤其是移动式地震台阵的研制开发,力争制造出1000台左右的宽频带三分量移动式台站;深反射地震技术的改进和推广;大陆科学钻探技术等。

3. 海洋高技术。今天,围绕海洋资源和海洋权益的竞争愈演愈烈,这场海上的竞争实际上是海洋科技的竞争,谁占有海洋高技术,谁就享有海上开发、管理的主动权。从我国国情出发,应考虑以下几个方面:海底地形地貌测绘技术;三维地震成像技术;海洋环境要素监测技术;数控成像测井技术;油气资源开发技术与水下多相流油气开采技术;海洋工作站与深潜器技术;海洋生物技术。

4. 信息处理技术与WDC-D。发展信息处理技术,是地球科学发展事半功倍的途径。应该从三个方面着手:加强陆地、大气、海洋观测系统的建设,保证基础数据的精确连续地获取与快速传递;在世界数据中心中国中心(WDC-D)基础上,加强对数据库、信息系统建设的基本问题研究;积极应用系统与控制科学,在地球科学研究应用中发展新的理论与方法。

5. 现代测试分析与实验技术。地球科学研究无论是物质成分、结构的测定,还是对过程的模拟,都应遵循逼近自然界的规律。必须应用现代技术侧重发展:高灵敏和高精度的化学同位素分析技术;物质结构的分区分析;高温高压实验技术;便携式采样、探测和定位技术。

## (二)重大科学工程

1. 中国资源、环境信息工程。实施中国资源环境信息工程,是国民经济发展的一项关键技术和极为重要的基础设施,对地球科学的发展具有长远性、全局性意义。其建设框架初步包括:以国家的持续发展为目标,建立经系统设计的综合对地观测系统;数据接收系统(含建立覆盖全国的资源与环境遥感卫星数据接收网,多个遥感卫星数据接收处理技术与系统研究);在地理信息系统、多媒体信息技术的支持下,建立资源与环境信息系统。

2. 生态系统观测研究网络。利用分布于不同类型地区的农业、森林、草地、湖泊和海湾生态系统观测研究台站,按照规范并依靠计算机网络协同研究的功能,进行生态系统的组成、结构、能流、功能以及发展演化的系统的、长期连续的观测研究。以揭示生态系统持续发展的机理及其对全球变化的响应规律,从生态系统良性循环角度为国民经济持续发展提供理论依据和技术体系。为此必须进一步完善其观测研究的基础设施;建立优化模式的示范基地;加速数据库和信息系统的建设;全面系统地开展生态系统的结构功能和提高生产力的试验示范研究。

3. 数字地震监测台网。大量的地震观测数据是地震研究及其监测所必不可少的,正是它促进了板块构造概念的发展,加深了对地球的全面认识。当前数字地震记录正成为最主要的数据源,并辅以地震数字信息处理技术。本工程拟包括:利用已有台站网络,建设地震数据



采集、传输、处理的国家级数字地震监测台网;在若干地区形成区域台网;装备一套流动数字地震台阵。

4. 地球物理、空间物理综合观测子午台链工程。沿东经 120° 设一条子午链观测系统,对地球磁场和日地空间环境变化进行连续观测,这一地面观测系统与极轨卫星的扫描相匹配,将构成一个不同层次的、连贯的、持续的观测体系,不仅对于认识空间能量、质量、动量在各界面耦合作用有极其重要的科学价值,而且对空间开发和社会经济活动也有重要的应用前景。初步框架设想如下:在我国东经 120° 子午线上建立和完善获取空间环境信息的监测系统;数据的传输和信息处理系统,充分利用国内搭载探测空间环境,发展地面接收和处理国外卫星数据的能力,积极参与国际地球物理、空间物理研究计划;形成空间环境研究分析与预报中心。

5. 大陆科学钻探。大陆科学钻探不仅可为固体地球科学当前存在的若干重大科学问题的解决提供证据,而且是提高我国深部地质研究程度、开发深部资源、了解地震震源机理的手段之一。本工程需要:引进或研制适合科学钻探的设备、测井仪器和辅助设施;研究适合的钻孔结构、套管程序、钻杆、钻头和取芯工具以及垂直钻探技术;研究耐一定温度的测井仪器和钻井循环液系统;研究对固、液、气态样品分析测试技术以及大陆科学钻探的选址研究等。

6. 海洋科学考察船。我国现有海洋科学考察船 10 余艘,分属各部门管辖,船体老化,装备陈旧且不完善,出海率较低,难以适应经济、社会和科技发展及日益激烈的海上竞争。因此需要:建造远洋综合科学考察船和专业科学考察船;更新和完善船上仪器设备;加强组织协调,联合建立国家级海上开放的海洋科学综合研究实验室,促进我国海洋科学和技术的发展。

#### 四、发展我国地球科学的若干建议

##### (一) 加强宏观管理,组织专项研究计划

在重视全球系统研究的同时,必须注意到地球科学的区域性特征。对那些在形成我国地球科学研究的总体框架、对国民经济建设和社会发展有着全局作用的、在国际科学前沿能做出我国贡献的典型区域的重大科学问题,应开展多学科、多部门的综合研究,组织专项计划,采用矩阵管理,集中多种资源,争取突破。

1. 青藏高原隆升及其对全球环境的影响。主要科学问题:青藏高原非均一性隆升与深部过程及其大陆动力学;青藏高原地气系统与全球气候;高亚洲冰冻圈对气候变化的响应与反馈;青藏高原隆升对巨地貌、巨水系和东亚环境演变的影响;青藏高原环境变迁与生态效应;青藏高原多层圈相互作用模式。

2. 南沙群岛及其邻近海域综合科学研究。关键问题:南沙群岛和南海海域的自然特点;南海海盆的形成、演化、油气盆地分析与开发评价;边缘海地质结构、形成演化及其与周边陆地的对比研究;岛礁地质与海洋工程地质综合评价;南海海域物质的输运、循环规律与通量;南海海域生态系统动态变化与生物资源持续利用;生原要素的生物地球化学循环;南海季风与灾害性天气。

3. 西北干旱区的形成与资源环境预测。包括:西北干旱区的形成演化及其生态环境效应;水资源陆面水文过程与绿洲-沙漠系统演化;山脉-盆地系统结构、演化和动力学以及资源预测;青藏高原隆起对全球变化影响的地质再造;西北地区资源开发与保护的协调发展战略。

4. 东南沿海地区的表层作用过程与区域持续发展。包括:海平面变化,地面沉降及其对沿海土地资源和经济发展的影响;水质富营养化机理和水资源调控;海洋-河口系统与海陆相互作用;区域人-地关系动力学;资源节约型经济体系与城乡一体化发展模式。

## (二)调整学科结构与科技布局

一个国家的科技布局,既要顺应科技发展的自身规律,更应适应其经济、社会发展的需求。我国地球科学的发展面临学科老化、跨学科综合研究能力较差等诸多问题。因此,需要切实加强科技宏观布局的规划,调整学科结构以充分利用有限的资源开展创新性研究。

学科结构调整方向,应根据国家经济建设和社会发展的需求,对关键性重大问题组织长期的综合性研究;充分利用我国的优势和特色,立足创新,瞄准国际前沿与交叉领域,争取新的突破;为适应 21 世纪经济、社会和科技发展的需求,切实应用和发展现代技术,加强地球科学观测、探测、实验和信息处理等支撑技术体系建设。

在科研基地建设方面,要统筹考虑重点研究所,科学研究中心、国家重点实验室、重大科学工程以及野外观测和试验研究基地的布局。创造民主、宽松的学术环境,形成开放、流动、联合、竞争的运行机制。

无疑,要调整好学科结构与科技布局,首先必须建立科学决策机制,以保证决策的科学性。这就需要科学家和政府部门的互补,相互促进,相互制约。

## (三)加强国际合作

1. 地球科学的发展在国际上既存在激烈的竞争,围绕着全球性的重大科学问题又有广泛的合作与交流。我们应从战略高度认识这场竞争与合作,要充分发挥我国所处地域特色、学科积累和智力优势,走出一条以我为主的发展道路。要有选择地主动参与重大的国际研究计划,并形成一批研究计划推向国际,争取国际组织或产业界的资助,开展重大项目的合作研究;

2. 本着高层次,互补性原则,与发达国家、周边国家和地区的科研机构、科技组织、教育界乃至产业界共建联合研究中心或实验室;

3. 积极推荐优秀青年科学家或管理人才,到国际科学组织工作,充分发挥中国的作用。

## (四)加强基础性工作

要致力于解决经济、社会发展所遇到重大资源、环境问题,要使地球科学研究有所突破,则基础性工作必须加强,并通过理顺投资体制,建立健全共享机制,促进整体有序局面的形成。这些基础性工作大体包括:

1. 在地球科学各类观测、探测和实验技术发展的同时,注意基本科学数据、资料和信息收集、质量控制、积累、处理和综合分析。这不仅需要形成统一的管理体系(即分布式的数据库网络体系),还需要研制科学数据、基础资料管理软件与分析模式,并制定法规予以保证。

2. 加强区域性调查和基础图件的编制。

3. 统筹重大仪器装备的地区布局和公用,促进关键的、特殊的仪器研制和功能开发。

4. 标体馆建设和典型地质单元及重要的古生物、古人类化石产地的保护。

5. 科技出版和图书期刊文献情报工作。

6. 计量、标准、商检体系的建设。

7. 研究成果推广和业务化。