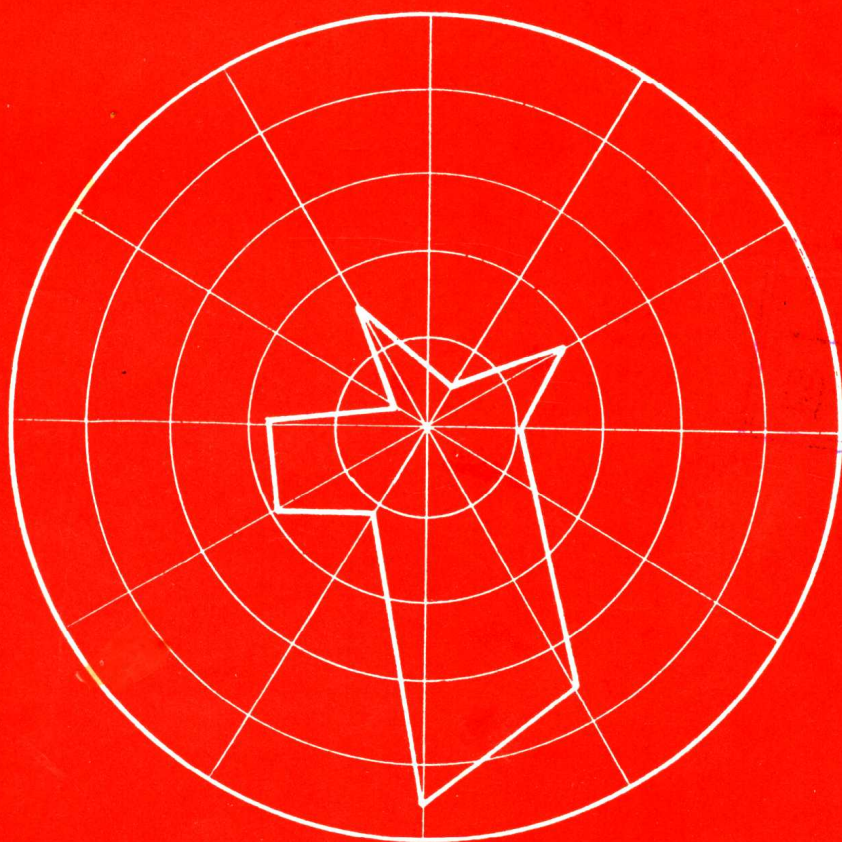


我国地质科研 推进的谋划

肖庆辉 贾跃明 刘树臣 李晓波 等著



地质出版社



地质矿产信息研究成果(三十二)

推进我国地质科学前沿研究的谋划

——“当代地质科学前沿及我国对策研究”项目总结报告

肖庆辉 贾跃明 刘树臣 李晓波
宋力生 顾赤峰 陈 华 白星碧 等著

张良弼 指导

地质矿产部软科学研究项目
地质行业科学技术发展基金资助项目

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字 085 号

内 容 提 要

本书作者们在进行系统情报分析和国内外对比研究以及广泛征求了我国地质界 620 位专家、学者(包括在国外的学者)的意见和建议的基础上,从战略高度阐述了当代地质科学的发展已进入到建立新一代知识体系的重大转折时期的观点,探讨了发展我国地质科学前沿研究的优势和劣势,进而提出了跨世纪发展我国地质科学的重大前沿研究的体系框架、近期的研究重点及对策、措施和建议。

本书可供地球科学、地质科学及有关方面的科技领导干部、科技管理人员和科技工作者参考,亦可供大专院校有关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

推进我国地质科学前沿研究的谋划/肖庆辉等著. —北京:地质出版社,1994.9
ISBN 7-116-01757-7

I. 推… II. 肖… III. 地质学-总体规划-研究-中国 IV. P5-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 11687 号

地质出版社出版发行

(100013 北京和平里七区十楼)

责任编辑:江晓庆

*

中国地质科学院 562 队印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:5.375 字数:12.90 万

1994 年 9 月北京第一版·1994 年 9 月北京第一次印刷

印数:1000 册·国内定价:6.80 元

ISBN7-116-01757-7

P·1409

序 (一)

摆在读者面前的《推进我国地质科学前沿研究的谋划》(以下简称《谋划》),是“当代地质科学前沿及我国对策研究”项目的总结报告,也可以认为是项目的精华和关键所在。项目研究小组的同志们经过几年研究,在先期出版了两部很有参考、启发意义的背景报告《地质科学的机会与挑战》和《当代地质科学前沿:我国今后值得重视的前沿研究领域》的基础上,更进一步,推出他们的《谋划》,可喜可贺。研究组同志们能够站在发展战略的高度,采用专题研究与广集群意相结合、文献研究与实际调查相结合、国内与国际情况相结合的研究方式,使研究工作达到了较大的深度、高度和广度。他们并不囿于己见,而是采取座谈会、专访和问卷调查等形式,博采众长,先后征求了我国地质界 620 位决策、管理和从事实际科技工作的专家的意见和建议,从而大大增强了《谋划》的科学性和实用性。这种工作方法可供类似课题研究者参考。

《谋划》提出了不少新颖的观点和认识,以及一些堪称高屋建瓴的措施建议。作为一名对地质科学及其前沿研究有所思考的地质老兵,通读全书后有所体会。相信不同读者也都能从《谋划》中获得收益和启示,并供开展有关决策、管理和研究工作参考、利用。《谋划》为我国地质科学前沿研究未来发展所勾画的蓝图将伴随我们迈向 21 世纪。该书的及时出版显然是一件很有意义的事情!

在跨越世纪的历史转折关头,地质科学的发展也正进入一个关键时期。面对当今资源、灾害、环境等重大社会挑战,地质科学与社会的关系日益密切,并正更迅速地向改造和保护自然——人类生存环境的方向迈进。而从地质科学发展的实用性考虑,则正逐步由以矿产资源-能源为重点的时代进入到更加强调社会化与环境的时代。

在这种新的形势下,地质科学的社会责任比以往更加严肃和广泛,即不仅要继续提供充足的地下水、矿产、燃料等资源,还要安全处置废物、规划土地利用、避免地质环境恶化,以及对付和减轻各种自然的或人为的地质灾害等。这就需要我们不断对岩石圈及其它层圈的物质组成与演化以及有关的地质作用过程,获得更全面和深入的科学认识,由此提出更多的挑战 and 任务。就我个人理解,至少包括以下五个方面。

1. 认识自然方面 迄今人类在认识地球的深度和广度上,总的说来还有很大程度的局限性。进一步揭示地球形成的型式与作用过程,尤其是了解地球多层圈之间的联系和相互作用,是建立新一代地质科学知识体系,为人类深入认识自然、更好利用自然以及有效改造和保护自然提供知识基础的重要课题。又地质科学在不断向海底、极地、空间和深部延伸的同时,对陆壳浅层大量宏、微观地质现象,也仍需不断地认识与反思。

2. 自然资源方面 为维持今后社会经济发展所需的有关自然资源方面的压力对于像我们这样处于经济高速增长中的国家来说尤其明显。据预测,若近期内矿产勘查没有重大突破,到 2010 年以后,我国已查明的 170 余种矿产就可能仅有十多种能保证需要。因而继续提供充足的矿产资源,仍是地质科技工作的核心任务,主要涉及下述问题的研究:1)成矿背景和成矿作用;2)矿产综合利用;3)已知矿产新用途;4)岩石矿物的物、化性能与开发利用,以

及有关新矿产、新能源的新发现;5)资源开发与环境协调发展;6)矿产资源有限性和承载能力。

3. 地质灾害方面 我国地质灾害造成的损失每年可达百亿元级规模,从而构成了制约我国社会经济发展的主要因素之一。为了监控和预测灾害的发生和规模,减轻灾害造成的后果,必须进行多方面研究,如:1)灾害实时监控和数据资料的积累、分析、解释和传播等;2)重大工程建设诱发的灾害调查与监控;3)灾害机理与趋势;4)灾害防护工程与实用治理技术;5)灾害风险性评价和可承受风险的水平。

4. 环境方面 土壤侵蚀、水源污染、生态恶化、不适当采掘活动和废物处置等造成的危害,已对人类及其生存环境产生了极大威胁。避免扰动地质环境,减轻环境恶化的危险,已成为现实挑战,涉及的研究如:1)人类活动的地质效应;2)土地利用与规划;3)废物的地质处置;4)城市(环境)地质;5)环境地球化学;6)农业地质生态。

5. 全球变化方面 由于许多地质记录如深海和湖泊沉积、黄土红土古土壤、岩溶堆积以及冰芯等中都蕴含着大量过去全球变化的信息,因而为了预测连续的全球变化及其对生物圈的影响,必须通过再造过去的自然变迁而获得历史观。结合人类活动的影响,可推断未来可能发生变化的趋势,并以此检验其它方面研究提出的预测模型。

地质科学面临的上述挑战充分地说明,它是一门应用性和探索性都很强(而且二者往往又难于严格区分)的自然科学分支。因此,地质科学基础研究必然包括两方面内容:一是大量与以矿产为重点的自然资源、环境和灾害问题有关的基础性工作;二是地质基础学科及有关学科的基础与理论研究,尤其是科学前沿的探索与创新研究。在充分了解和把握国际国内地质科学发展现状与趋势的基础上,立足现实国情,兼顾社会需求和科学本身的发展,并在国家宏观政策的指导下,使地质科学的基础性工作与前沿创新研究合理配置、协调发展,乃是发展我国地质科学及有关技术的战略原则问题。从这个意义上说,任何对这类问题的积极思考和有益探讨都是值得欢迎和鼓励的。希望通过该项目的研究和《谋划》的出版,对我国地质科学及其前沿研究的发展起到进一步推动的作用。

程洪其

1994年8月

序 (二)

人类社会正面临跨世纪的时代更迭。从现在起到下个世纪初,将是人类社会发史上一个巨大的变革时期。世界地质科学在经历了以板块构造和行星探测双重革命为主要内容的一段重大发展时期以后,正处于以建立服务于人类社会生存和可持续发展为主旨的新一代行星地球统一理论体系的新时期,即获取全面地认识地球,合理地开发利用自然资源,减轻和防治自然灾害,保护和改善生态环境,协调人与自然的关系统的新理论、新方法、新技术,造福于人类社会进步的时期。近10年来,面对这种新形势,世界上许多国家紧紧抓住当今国际社会普遍关注的环境与发展两大问题和蓬勃兴起的世界新技术革命的机遇和挑战,都把跨世纪年代看作是世界地质科学发展的非常关键的时期。为此,近年来,掀起了一个席卷全球寻找未来对策的浪潮,并提出了许多有可能领导地质科学走向21世纪的重大开拓型前沿研究领域和学科生长点。一些发达国家正在调整国家的科技政策,组织制定和实施地质科技发展战略、计划、政策和地学前沿突破口;围绕当代地质科学的重大关键问题,一些事关全球性的国际合作计划相继出台,吹响了向地质科学前沿进军的号角。对这些前沿领域和新兴学科的深入研究,随着地质科学的日益社会化,日益显示出巨大的经济效益和社会效益;今后不但会出现许多新的重要发现、进展和突破,而且还会形成一些新的研究思维、方法和概念,以及新的地学理论,进而建立起比以往任何时候都更广泛、更深入、更有效地服务于人类社会生存和持续发展的新一代的地质科学知识体系。为了选准我国地质科学前沿研究的主攻方向,提高我国地质科学前沿研究水平,在关键性前沿领域取得一批在国际上有影响的创新性成果,培养和造就一批跨世纪的学术带头人,为谋划和部署我国地质科学前沿研究提供依据,1991年地质矿产部科学技术司委托中国地质矿产信息研究院主持“当代地质科学前沿及我国对策研究”软科学项目。同年,中国地质矿产信息研究院成立了以副总工程师肖庆辉研究员为组长,由贾跃明、刘树臣、李晓波、宋力生、顾赤峰、陈华、白星碧共八位专家组成的研究组。

研究组采用系统工程的分析方法,按国家、学科和重大研究领域三部分对国外地质科学的前沿研究态势进行了较为全面的调查研究和综合分析,在1991年4月整理和编辑出版了《地质科学的机会与挑战》文集,系统介绍了代表当代地质科学前沿研究方向但又各具不同特点和类型的美国、英国、日本和印度等国发展地质科学的规划、构想与优选的前沿研究领域,以及这些国家和有关国际地学组织在发展地质科学前沿研究方面的战略谋划和重要部署。随后,研究组广泛系统地搜集、分析和研究了国内外文献,征询了362位我国地学界专家、学者(包括在国外的访问、进修、留学人员)的意见,并于1993年5月由研究组和特邀的102位专家共同撰写了《当代地质科学前沿:我国今后值得重视的前沿研究领域》一书。该书提出了我国今后值得重视和发展的、由11个重大前沿研究领域和82个学科生长点共同构成的前沿研究体系框架。

在以上各项成果和工作基础上,研究组又于1994年1月编写了本书的讨论稿,并分送到国内各主要地质单位征求专家意见。在全面分析620位专家、学者意见的基础上,研究组

又对讨论稿作了大量的补充和修改,明确提出了当代地质科学的发展已进入到建立新一代知识体系的重大转折时期的观点,全面探讨了当代地质科学前沿研究的转移态势,深入分析了我国地质科学前沿研究的基本状况,进而系统提出了跨世纪发展我国地质科学的重大前沿研究的体系框架、近期的研究重点及对策。本书思路清晰、观点新颖、内容丰富,在我国地质学界正绘制跨世纪发展蓝图并为在 21 世纪跻身于世界地质科学先进行列而努力奋斗的今天,本书的及时出版必将为我国地质科学的发展起到推波助澜的作用。我们要牢固地树立“科学技术是第一生产力”的指导思想,面向全国、面向世界、面向未来,按照“有所为、有所不为,有所赶、有所不赶”的原则,参照选出既高瞻远瞩又切实可行的战略目标和战略重点,集中优势力量,务必全胜,为国际地质科学的发展做出应有的贡献。

張良弼

1994年8月

作者的话

再过六年时间,人类将昂首跨入新的世纪,世界和中国地质科学的发展都正面临一个十分关键的巨大变革时期。抓住机遇、加快发展,在激烈的国际竞争中把我国地质科学及其前沿研究推进到一个新的层次,使其尽快跻身于世界先进行列,是中国地质科技工作者的历史责任。

纵观当代地质科学前沿的发展,今后大陆岩石圈、全球变化和地球深部内层研究三大前沿主题,不仅将把地质科学带领到更高的境界,而且已经拉开世界地质科学发展格局变化的帷幕。中国地质科技工作者既要冷静地面对这一变化,又要在承认自己的差距、正视眼前的困难的基础上,卧薪尝胆,寻找突围的机会——提出发展我国地质科学前沿研究的体系框架和对策措施。我们深深地感到,能否对国家地质科学决策提供有价值的见解,能否制定出一个符合国情并切实可行的发展我国地质科学前沿研究的战略构想,根基在我国广大的地质科技工作者。

正是基于上述认识,我们研究组在1991年初接受了地矿部科技司委托的软科学项目“当代地质科学前沿及我国对策研究”的任务后,根据项目设计内容及有关要求,采用系统工程的分析方法,分三个阶段对项目进行了逐步深入的探讨和研究。

首先,为了能够站在全球地质科学发展的战略高度找准我国的坐标和基点,在项目研究的初始阶段,我们全面调查、研究和分析了80年代中后期以来有关国际地学组织以及美、英、日和印度等不同类型和特点的国家在发展地质科学前沿研究方面的战略部署、规划计划和优选课题等,并于1991年4月编译出版了《地质科学的机会与挑战》文集。其后,我们在进行系统情报分析和国内外对比研究的基础上,广泛征求和认真听取了我国地质界362位专家(包括部分当时正在海外学习、进修或访问的专家)的意见和建议,并特邀102位专家与研究组一起,于1993年5月共同撰写并出版了《当代地质科学前沿:我国今后值得重视的前沿研究领域》一书,初步提出和论述了我国今后应重视和发展的、由11个重大前沿领域和82个学科生长点构成的前沿研究体系框架。

我们在总结了上述工作成果的基础上,经过进一步的调查、分析和研究,于1994年1月撰写完成了《推进我国地质科学前沿研究的谋划》讨论稿,并将其分送国内各主要地质部门及有关研究单位和院校征求专家意见,对报告中提出的基本论点和对策、建议进行了广泛的咨询和讨论。令我们倍感欣慰和鼓舞的是,随报告讨论稿发出的200份专家咨询意见调查表很快便得到各方面专家的高度重视和积极反馈,在规定时间内收回调查表147份,占发出总数的73.5%。即使那些由于各种原因而未能寄回调查表的专家,也有不少人通过信函、电话或访谈等方式表达了自己的看法。一些单位如长春地质学院、西安地质学院、华东地质学院等还专门组织有关专家一起进行讨论,并将专家群体的意见汇总后反馈给我们。大部分调查表都是多位专家联合或由研究小组集体答复的,许多专家还附上热情洋溢的来信,提出了许多宝贵的意见和建议。其态度之认真、言辞之恳切、用心之良苦,实在使人感动、催人奋发。

在全面汇总和分析了专家反馈的意见和建议的基础上,我们怀着对我国地质科学及其

前沿研究的满腔热忱和沉重思考,对讨论稿又作了大量的调整、补充和修改,并数易其稿,终至完成,奉献在广大读者的面前。此时,我们怀有一种如获重释之感。

特别需要指出的是,在本项目研究中通过各种形式给予我们以热情关心、支持和鼓励的620位咨询专家(名单见后)中,既有已年逾古稀的老前辈,也有正崭露头角的新一代,更多的则是那些年富力强、重负在身的中年人,他们是推动我国地质科学前沿研究的中坚和骨干,其中仅中国科学院院士就有20多位。因此,本书同样凝聚着我国广大地质专家和管理专家的智慧 and 心血,集中体现了他们对当代地质科学前沿发展的认识水平和深谋远虑。我们的研究工作犹如把散落的珍珠发掘出来、串接起来,做成闪烁着我国广大地质学家和管理专家智慧之光的项链,再奉献给我国地质界广大的决策、管理和从事实际科技工作的专家。

本书是在地质矿产部科技司司长张良弼高级工程师直接指导下完成的。在本项目立项和报告编写过程中,曾得到中科院院士、著名地质学家程裕淇教授的支持和关怀,还得到了地矿部科技司阎立本高级工程师、彭维震处长、王永申处长、刘壮志高级工程师、孙培基高级工程师、陈国铭高级工程师、高平副处长、高锦曦副处长,地矿部科学技术发展基金委员会李光岑研究员,中国地质矿产信息研究院院长李裕伟研究员、副院长吴传璧研究员、副院长王家枢研究员、原科技处处长马谦研究员、科技处副处长莫迪工程师等的支持和指导。魏智如工程师清绘了有关图件。在此借本报告出版机会谨向他们致以衷心谢忱,并真诚希望他们今后与我们进一步合作。

“当代地质科学前沿及我国对策研究”课题组

1994年7月

目 录

第一章 地质科学的发展已进入建立新一代知识体系的重大转折时期.....	(1)
第二章 世界地质科学前沿研究的转移态势.....	(4)
一、各个层圈演变过程和历史及它们之间的相互作用正在成为当代地质科学的最核心前沿	(5)
二、岩石圈、全球变化和地球深部内层构成了当今地质科学前沿研究的三大主题,以这三大主题为导向形成了一系列跨学科的重大前沿研究领域.....	(8)
三、地质科学前沿研究的科学目标除继续完善板块构造理论以外,正朝着建立新的地球观方向发展.....	(12)
四、地质科学的学科结构正发生重要变化,经济地质学、环境地质学和地球化学已经成为当代地质科学的当采学科,地层学为回采学科,其它学科的前沿也正在发生变化和调整.....	(18)
五、地质科学研究从以往的定性静态描述向以演变过程为目标的定量动力学研究转移,大大增强了地质科学的预测能力	(30)
六、地质科学已由纵向深入向横向交叉和渗透的方向发展,进入了跨学科大联合、大交叉、大综合、大协调整合飞跃的新时代	(31)
第三章 我国地质科学前沿研究的基本状况分析	(36)
一、地质科学前沿研究体系框架有待建立.....	(37)
二、我国地质科学研究参与程度高,但前沿研究程度和水平偏低	(38)
三、地质科学研究跟踪的多数是国际研究的热点,不是科学前沿;而对热点的研究与先进国家相比一般也滞后 7—10 年.....	(43)
四、我国地质科学主要学科结构不甚合理,与先进国家相比仍属矿产型,重点学科偏离了当采学科和回采学科.....	(45)
第四章 发展我国地质科学前沿研究的基本措施	(49)
一、建立我国地质科学的前沿研究体系框架,优先开展一批重大前沿领域研究	(50)
二、调整和优化我国地质科学的学科结构.....	(56)
三、制定跨世纪的地质科技人才战略,造就新一代学科带头人和科学帅才	(60)
四、改革地学教育,调整课程体系,更新教学内容.....	(62)
五、切实加强我国地质科学前沿规划、选题和立项的预研究工作	(64)
六、大力加强灾害地质、环境地质研究	(66)
七、创造一个自由思考、追求真理、鼓励创新的宽松学术环境.....	(70)
参考文献	(72)
附:本课题咨询专家名单.....	(75)

第一章 地质科学的发展已进入建立新一代知识体系的重大转折时期

任何科学的发展必须服从社会,否则就得不到发展,地质科学也不例外。长期以来,地质科学在社会中的作用是主要通过研究地球,指导寻找矿产、能源和地下水等自然资源,以保证人类和社会发展的需求。由此建立起来的地质科学知识体系可概括为矿产型的知识体系。

但是,随着社会发展,当代社会正面临着人口、资源、灾害和环境诸方面的严重挑战,它们直接威胁着今后社会的进步和人类的生存条件。在这些社会挑战面前,地质科学除要继续解决能源和矿产问题外,还必须帮助解决当今社会发展中面临的许多重大问题:减轻自然和人为灾害,寻找和保证充足干净的水资源,安全处置有毒害和放射性废物,以及为合理利用自然资源、为环境污染的综合治理、为保护生态环境、为国土整治、为农业发展提供地质科学知识和服务。此外,稳定水土、恢复植被、市政建设、保护环境、提高能源使用效益和开发新能源等,也离不开地质科学知识。所有这一切,使地质科学从矿产时代进入社会化与环境时代,因而要求其社会功能由“矿产型”扩宽到“社会型”。与此相适应,地质科学的任务和目标都发生了变化,例如1993年美国国家研究理事会发表了指导美国地质科学今后发展的战略报告,即“固体地球科学与社会”。该报告明确指出,固体地球科学今后的主要任务是:①了解全球地球系统所涉及的过程,特别注意地球系统各组成部分之间的联系和相互作用;②提供充足的自然资源(水、矿产和燃料);③减轻地质灾害;④调节全球和区域的环境变化,并使之降到最小程度。随着固体地球科学任务的扩大,其研究目标也发生了重大变化。这份报告强调,固体地球科学研究的目的是了解整个地球系统的过去、现在和未来的行为,以保证人类社会持续发展的条件。地质科学前沿研究的重点,正“从勘查和开发资源,转移到全球与区域规模的环境和社会问题上”(J. C. 普赖斯,1993)。这样,地质科学已成为人类生存和持续发展的科学,了解我们的地球现在已成为人类生存的关键。

随着地质科学进入社会化与环境时代,其社会功能由“矿产型”扩宽到“社会型”,社会挑战提出的任务和目标不仅与以往的大不相同,而且它们无论在深度还是广度乃至研究范围和内容上都远远超出了当今地球科学知识体系,超出了地质科学目前的认识能力和知识水平。在这种新的任务和新的目标面前,地质科学受传统地学发展的限制,缺乏开拓新的服务领域的知识储备,因而只有适应社会需要,通过不断拓宽研究领域,建立新一代的地质科学知识体系,才能解决围绕当代社会发展和人类生存环境提出的种种社会的、科学的问题。所以在跨世纪的年代,世界一些发达国家都在为建立以服务于人类社会生存和发展条件为基本任务的新一代地质科学知识体系而构想和部署地质科学前沿研究。当前国际范围内的许多重大地质科学计划,就是为适应社会发展的新挑战,为建立新的地质科学知识体系而作出的决策。这些科学前沿对地质科学未来的发展将起到导向与带动作用,它们的研究和进展在很大程度上将决定地质科学与地质事业未来的整体走向和水平。从这个意义上说,当代地质科学正处在战略转移的一个新起点上,处在一个建立以服务于人类社会生存和发展为基本

任务的新一代的地质科学知识体系的重大转折关口。总之,当地质科学进入当今社会化与环境时代时,为了适应人类生存和社会发展的新挑战,地质科学需要建立起地球系统科学的新的知识体系,以维持生物圈与人类持续繁荣发展的环境。

特别需要指出的是,由于地质科学进入重大转折时期,人们对地质科学的认识要有以下转变:①这一地质科学的重大转折时期,是地质科学诞生以来具有历史意义的重大转折时期,是一个重新确定地质科学未来发展方向的转折时期。一些发达国家面对这种新形势,不仅对地质科学研究进行资助的性质和水平发生了变化,而且国家的总目标、重要的科学突破口以及教育政策和科学政策都正在发生变化和调整,如美国国会已强调在地学领域将把支持由好奇心驱使的研究转向支持与社会需要有关的研究。与此相适应,国际地矿工作形势和地质科学技术也发生了重大变化:长期以来作为地矿工作主体的矿产勘查工作严重衰退,而环境地质工作获得了社会的普遍重视和迅速的发展,从而使地矿工作从专业结构到组织形式、工作部署、科技发展战略等方面都发生了重大变化,而且,这种变化将继续下去。②由于地质科学的任务和目标发生了极大变化,由传统的以寻找开发矿产资源—能源为主的研究,扩宽到研究资源、环境和生态,进而协调人类与自然的和谐关系,因此,现在不仅要把地质科学研究和地质工作看作是国民经济建设不可缺少的基础工作,而且要把它提高到社会发展的一部分来对待。③21世纪地质科学前景是光明的,地质科学在社会发展中和在自然科学中的地位将日益提高,将越来越受到人们的重视:1988年美国《时代》周刊将地球推选为当年“风云人物”;关于全球的变化已成为全世界科学家联合攻关的重大课题之一;联合国环境规划署将1989年世界环境的主题定为“警惕全球变暖”;据世界未来学会的调查,解决环境给地球气候、土地、水和大气层造成的破坏,是90年代影响人类生存的五大科技问题之首。专家们预言,21世纪及21世纪以后的文明可能取决于人们在90年代作出的决定。因此,一些科学家大胆预言“下个世纪将是地学的世纪”,“地学将征服21世纪”。这充分说明,在现代科学结构中,构成地球科学主体的地质科学应属优先发展的“当采”学科之一。正因如此,最近美国、德国、日本等均把地质科学一些领域列入优先发展的科学领域。最近几年,国际地质科学联合会把城市地质、灾害地质和环境地质列入其主要研究计划。1989年11月8日在美国召开了题为“地学研究与社会政策”的前沿研究专题讨论会,专门研究地学如何为社会服务的问题。与会者都是美国地学研究的领导,他们已把地学为社会服务作为当代地学前沿来对待,或作为国家地学研究的目标来对待。④今后地质科学除了在社会功能和社会地位方面会有大幅度提高外,在自然科学中的地位也将日趋重要。当代科学圣坛上的四个重大理论问题:天体、地球、生命、人类四大起源和演化理论问题的解决都与地质科学的研究密切相关。这些问题固然要靠天文、物理、生物、化学、古生物和古人类等方面的科学家去观测、去探索,但由于它们的实际起源和演化过程留下的遗体、遗迹、遗痕均保存在地质作用的物质产品中,所以要寻求它们起源与演化的直接信息和真实证据,要追索它们起源与演化的实际过程,更有赖于地质科学的努力。地质科学领域的某些重大发现和突破,如地磁反向、地球膨胀、超微化石、地球深部微生物、流体及破裂、超重新元素等,都必然会给现代物理、化学和生物学的发展提供新的生长点。此外,以往地质科学在引入和应用物理、化学、生物学和数学等基础科学的理论和方法研究地球问题时,其与基础科学之间的关系基本上是一种单向的关系。但现代地质科学中存在的许多重大理论问题,同样也是其它基础科学以及技术科学的难题,如非平衡态热力学、统计热力学、化学动力学以及准晶态、同位素、化能自氧生物研究等。

现在,其它基础科学和技术科学的一些研究者也已认识到地质科学研究中提出的某些问题的重要性,有些问题甚至正是自己科学领域中的前沿课题,从而促使他们更多地了解地质科学。地质科学与其它科学相互交叉渗透,开辟了或正在开辟着许多新的前沿研究领域。如由物理学、地质科学和材料科学共同进行的超高压研究,由地学、生物学和天文学共同参与的全球变化研究等均是这方面的实例。这种趋势进一步发展,肯定将有助于加速在某些重大地质科学理论问题上取得突破。

第二章 世界地质科学前沿研究的转移态势

人类生存和社会经济发展对地质科学的要求越来越高、越来越广。地质科学今后要与地球科学各学科以及其它自然科学和社会科学一起,共同解决人类社会生存和发展提出的一系列科学与社会问题。据美国研究报告称,其今后的主要任务可概括为:

- 1)提供充足的资源——例如水、矿产和燃料;
- 2)对付灾害——如地震、火山、滑坡、海啸和洪水;
- 3)避免干扰地质环境——如土壤侵蚀、水质污染、不适当的采矿实践及废物处理;
- 4)学会如何预测和调节环境和全球变化。

而从地质科学自身的发展看,其基本的科学任务仍是探索地球的起源和演化,并进一步向“上天、入地、下海、登极”等未知领域掘进,研究的重点科学问题从“演化”向瞄准“过程”的方向发展,研究范围由局部、区域向全球(行星尺度)方向发展。目前,研究各种时空尺度过程的地球系统科学得到迅速发展,探索 and 了解各种地质过程变化的机制和速率已成为地质科学的首要科学任务。

随着现代科学技术的飞速发展,地质科学的观测技术和信息处理手段的水平已大大提高,使地质科学家研究和处理各种复杂社会与科学问题的能力显著增强了:地震反射剖面测量正不断揭示深部地壳和顶部地幔的结构;全球数字地震台网的建立,及三维地震层析成像技术的发展,将能较好地“显像出”岩石圈和下伏软流圈的不均一性以及地球深部内层构造及热熔体的分布,据此可以了解地震成因、火山喷发和地球磁场成因提供基础资料;卫星全球定位系统与移动式接收站相匹配,实时测量地壳变形和地块位移,不仅可以精确测量现代板块的相对运动和大陆板内的地壳变形,而且有可能监测出即将发生的地质灾害;基于卫星的测量,包括用地表多光谱成像测绘地貌微细变化,用位势卫星测绘地球磁场和引力场,应用航天飞机成像雷达测绘埋藏的地质构造等,将对诸如地磁场成因、现代全球断裂作用的详细历史等基本问题有更深入的了解;同位素地球化学、古地磁、层序地层和海平面变化的全球对比以及鉴别诸如陨星撞击、火山爆发之类灾变事件的各种新技术,将提高地质年表的分辨率;含化石的沉积层将为建立环境变化模式提供资料;包括区域沉积形式、海洋与大气环流、地震地层学及遥感等计算机模拟方面的最新进展,将使人们能够对地球表面的变化历史作全球性综合;高温高压实验技术的改进,可望解决地球深部条件下地球物质的物理性质、核-幔-壳(-水圈-大气圈)系统中元素和同位素的演化以及地球的岩石构造历史问题,等等。所有这些都预示着当代地质科学不仅正处在许多重大发现或突破的边缘,并有可能从根本上改变地质科学理论中一些极其重要的概念,而且有能力建立起新一代的地质科学知识体系,从而使地质科学沿着全新的方向发展。

在地质科学进入建立新一代知识体系的重大转折点的新的形势下,世界地质科学前沿研究的重心正在转移,主要表现在以下几个方面。

一、各个层圈演变过程和历史及它们之间的相互作用正在成为当代地质科学的最核心前沿

长期以来,地质科学主要以矿产资源和能源的寻找和开发为己任,研究重点放在固态层圈(即岩石圈)上,生物圈的演化仅仅被用作地质时代标尺,气圈和水圈的演化是作为矿产形成和其它地质过程的条件加以研究的。由于社会发展和人类生存的需要,当前地质科学正在不断扩大其研究领域,创造新的研究方法,以便建立新的地质科学知识体系,维持生物圈和人类将继续繁荣下去的环境。这样,了解整个地球系统的过去、现在和未来的行为及其演变进程,便成为今后地质科学的基本目标。

许多重大的地质科学问题,如表生系统地质作用过程,常温常压和低温地球化学研究,单纯从固体地球本身的研究并不能得到完全解决,必须通过对其它层圈的研究,并在有关学科的配合下寻求突破和发展。所有这些,要求地质科学除研究固态地圈以外,还要研究生物圈、气圈和水圈的演变过程和历史以及它们之间的相互作用。这就使地质科学迈进到研究地球系统科学的更高的层次,这代表了地质科学向地球环境科学发展的方向,并使地质科学进入了非同寻常的跨学科大联合、大交叉、大综合、大协调整合飞跃的新时代。

由于地球是一个极其活跃、不断演化着的行星体系,其许多层圈,包括地核、地幔、岩石圈、水圈、大气圈、生物圈以及其中的软流圈、冰冻圈、磁圈之间存在密切的相互作用和联系,对其中任何一部分认识的提高,都必须依赖于对其它部分的了解,因此,以往地质科学那种立足于岩石圈研究得出的局部认识,已不适应对地球各个层圈作全面、深刻的了解。这样研究地球内外各层圈相互作用的地球系统科学逐渐发展成地质科学乃至整个地球科学前沿的核心内容。由于地球的所有组成部分都是通过地质过程、地球物理过程和地球化学过程相互联系的,其中有些过程受近地表生物活动的控制,所以要研究地球各层圈之间的相互作用,就要求把地球作为一个整体或者一个系统进行地质学、物理学、化学和生物学的交叉研究,研究地球各组成部分之间的耦合,研究他们之间的物理、化学、地质和生物作用之间的相互关系,以阐明岩石圈、水圈、大气圈和生物圈之间的复杂相互作用及其过程。90年代开始实施的“国际地圈-生物圈计划”(IGBP)就是针对这一科学目标提出的。在这种新形势下,地质科学的最高前沿正在向地球系统中的各层圈相互作用方向转移。当前一些发达国家在制定今后的地学规划时,在构想和谋划前沿研究领域过程中,都把地球各个层圈的演变过程和历史以及它们之间的相互作用作为追逐的目标。例如,美国国家研究理事会(NRC)1993年发表了由著名地质-地球化学家 P. J. 怀利主持的“固体地球科学与社会”战略研究报告。该报告指出,固体地球科学(包括地质学、地球化学、地球物理)今后主要的目标是:了解全球地球系统所涉及的过程,特别注意地球系统组成部分(地圈)之间的联系和相互作用;维持充足的自然资源供给;减轻地质灾害;调节全球和环境变化并使之降到最小限度。在地质科学走向环境时代的今天,只有建立新的地质科学知识体系才能迎接今后社会发展和人类生存环境的挑战。

地学和地质科学研究的上述四大目标表明,地学和地质工作及其科学研究是经济建设和社会发展的的重要组成部分,其在今后经济建设和社会持续发展中的作用越来越重要。

为了实现这些目标,固体地球科学要研究整个地球系统的过去、现在以及未来的行为。这种研究既要研究生命演化的地表环境,又要研究地壳及其流体包层(大气圈和水圈)之间的相互作用以及地幔、外核甚至内核的动力过程。据此,提出了以研究地球各个层圈的演变过程及它们之间的相互作用为核心,由四个研究目的,五个研究领域,几十个研究机会构成的前沿研究体系框架(表1)。并在这一研究体系框架的基础上,提出了近期内实施的最优先的研究方向或研究课题(表2)。这一研究体系框架充分体现了地质科学在走向环境时代的过程中,应怎样以全新的研究目标、研究内容和研究方法去迎接当今社会发展和人类生存方面提出的挑战。

日本在1990年3月制定了90年代固体地球科学发展计划,明确提出了以建立超越板块构造学说的新地球观为科学目标的“地球多层圈相互作用、演化和节律计划”。他们认为,通过板块构造研究解释近地表发生的主要变化(地震、地壳变动、岩浆作用和变质作用、岛弧和大陆的形成、矿床的形成)的时代已进入尾声,在90年代以后的新时期,研究对象将是整个地球,地球的生物圈与地球内、外各圈层之间的相互作用为研究核心,以建立超越板块构造的关于地球动力学的新范式。美国国家科学基金会地球科学部联合地质调查所和能源

表1 美国国家研究委员会制定的固体地球科学的研究机会

目的 研究领域	A. 了解过程	B. 维持充足的资源 (水、矿产、燃料)	C. 减轻地质灾害 (地震、火山、滑坡)	D. 使全球和环境变化 减到最小 (评价、减轻、补救)
I. 全球古环境和生物演化	· 土壤形成和污染 · 冰川冰及其包裹体 · 第四纪记录 · 近代全球变化 · 古地理学和古气候学 · 古海洋学 · 环境变化的驱动力 · 生物史 · 化石的发现和修补 · 突变和灾变 · 有机地球化学	· 各时代矿床		· 采煤对环境的影响 · 过去全球化 · 过去的灾变 · 全球变化中的固体地球过程 · 现今测量的全球数据库 · 火山喷发物与气候改变
II. 全球地球化学和生物地球化学循环	· 地球化学循环: 大气圈和大洋 · 来自地幔的地壳演化 · 沿大洋扩张中心和大陆裂谷系的通量 · 会聚板块边缘的通量 · 地球化学中的数学模拟	· 有机地球化学和石油的成因 · 微生物学和土壤	· 水库的防震安全 · 火山前兆现象和喷发 · 体积正在变化的土壤	· 地球科学/材料/医学研究 · 有机化学反应的生物学控制 · 废物处理的地球化学
III. 地球内部和地球上面的流体	· 汇水盆地分析 · 矿物-水界面的地球化学 · 孔隙流体和活动构造 · 岩浆的产生和运移	· 水-岩相互作用的运动学 · 汇水盆地分析 · 水质和污染 · 模拟水流 · 来源-搬运-堆积模型 · 沉积环境的数值模拟 · 矿产资源的原地开采 · 地壳中的流体		· 放射性废物的隔离 · 地下水保护 · 废物处理 · 有害废物的原地净化 · 新的采矿技术 · 采矿活动的废物处理 · 核反应废物的处理

续表 1

目 的 研究 领域	A. 了解过程	B. 维持充足的资源 (水、矿产、燃料)	C. 减轻地质灾害 (地震、火山、滑坡)	D. 使全球和环境变 化减到最小 (评价、减轻、补救)
IV. 地壳动力学: 大洋和大陆	- 地貌对变化的响应 - 地貌反馈机制的定量化 - 地貌变化的数学模拟 - 层序地层学 - 大洋岩石圈的产生和增生 - 大陆裂谷 - 沉积盆地和大陆边缘 - 大陆规模的模拟 - 岩石圈的交代和变质作用 - 地壳的状态:热、应变、应力 - 会聚板块边缘的岩石圈 - 造山带的历史:深度-温度-时间 - 地震破裂的定量了解 - 近代地质过程的速率 - 实时板块运动和近地表变形 - 地质预测 - 现代地质图	- 沉积盆地分析 - 地表和土壤同位素年龄 - 矿产资源赋存的预测 - 隐伏矿体 - 矿体的中等规模寻找 - 新油气藏的勘探 - 提高产量和回采率的方法 - 提高煤的利用率及其方法 - 煤岩学和质量 - 隐伏地热场	- 地震预测 - 古地震学 - 火山的地质制图 - 火山的遥感探测 - 第四纪构造学 - 压实的土壤物质 - 滑坡危险性图 - 预防滑坡 - 测年技术 - 实时地质学 - 研究地貌的系统方法 - 改造地貌的极端事件 - 地理信息系统 - 土地使用和再使用 - 灾害干扰问题 - 新构造特征的探测 - 风化岩石的承受能力 - 城市规划:地下空间 - 地下地球物理勘查 - 地下空间的探测	
V. 地核和地幔动力学	- 地磁场的成因 - 核-幔边界 - 地球内部的成像 - 高温高压实验 - 地球化学动力学 - 地球动力学模拟			

表 2 各主题最优先和优先研究机会

研究 机会 研究 主题	最 优 先	优 先
A-I: 全球古环境和生物演化	最近 2.5 百万年(Ma)	- 最近 150 百万年(Ma) 150 百万年(Ma)以前
A-II: 全球地球化学和生物地球化学循环	各时代生物地球化学和岩石循环	- 建立各循环之间相互影响的模型 - 确定现今世界地球化学循环如何进行
A-III: 地球内部和地球上面的流体	地壳中的流体压力和流体成分	- 沉积盆地中的流体流动 - 微生物对流体化学组分的影响
A-IV: 地壳动力学 大洋和大陆	活动地壳的变形	- 气候、构造和水文事件对地貌的影响 - 认识地壳演化
A-V: 地核和地幔动力学	地幔对流	- 磁场的成因和变化 - 核-幔边界的性质
B: 维持充足的自然资源	改善对国家水质和水量的监测和评价	- 沉积盆地研究 - 水-岩相互作用和矿物-水界面地球化学的热力学和运动学认识 - 能源和矿产资源勘查生产和评价战略
C: 减轻地质灾害	确定并说明地震灾害区	- 确定并说明滑坡灾害区 - 确定并说明潜在的火山灾害
D: 调节全球和环境变化的影响并使其降到最低程度	提高补救污染地下水的的能力, 强调微生物方法	- 有毒和放射性废物的隔离 - 地球化学和人类健康