

地矿工作研究

DIKUANG GONGZUO YANJIU

第 2 期

(总 418 期)

地矿部政策法规司主办

1996 年 2 月 20 日

跨越世纪的地质科学前沿

李廷栋 (地矿部科技高级咨询中心)

人类社会正面临着跨世纪的时代更迭。从现在起到下世纪初,将是人类历史上的一个巨大变革时期。在这个伟大的变革过程中,科学技术作为第一生产力将对社会经济的发展产生比人类历史上任何一个时期更加巨大的推动作用,把人类社会带入信息社会的新纪元。同时,通过解决人口、资源、灾害、环境等全球性的重大问题,把人类社会引入持续发展的新轨道。

地质科学的根本任务在于认识地球,并利用这种认识去保证人类赖以生存的自然资源供给和优化人类居住的环境。地质科学的发展过程是人类在生产斗争和科学实践中对地球认识不断深化的过程。这种认识的深化又有力地促进了人类广泛寻找和合理利用自然资源、减轻自然灾害和保护、改善人类居住的地球环境,并进一步推动了地质科学自身的发展。

一、地质科学认识的重大飞跃对社会经济发展的推动作用

纵观地质科学的发展历史,可以清楚地看到,地质科学认识上的每一次飞跃和理论上的创新,都给社会经济发展带来了巨大推动作用,并不断改变着人们的思维方式和生活方式。回顾起来,其中有三次大的认识飞跃对地质科学本身和人类社会经济的发展产生的影响最大。

地质科学发展的第一次大的飞跃发生在 17 世纪后半期的地质科学诞生和发展早期。在中

国和外国，地质学的思想源远流长，但在很长时期并未形成科学的地质学。在中国，长期的封建社会和闭关自守，使科学地质学一直含苞未放；在中世纪的欧洲，包括地质学在内的科学技术却被神权统治着。从17世纪中期开始，以笛卡儿、莱布尼兹、布丰等为代表的科学先驱，先后提出了以地球演化为核心的地球学说，对圣经里的《创世纪》进行了挑战，对“上帝在六天内创造万物”、“地球是上帝于公元前4004年创造的”信念产生了极大的冲击。笛卡儿1644年提出的关于地球结构的假说以及尔后布丰进一步发展的有关地球起源的假说，成为之后几百年来地质科学家不断证实和补充的模型。而19世纪上期发生的“灾变论”和“均变论”之争，把进化论带进了地质学，进一步消除了人们思想中地球是由超自然力形成的宗教观念。莱伊尔的“地质学原理”建立了“将今论古”的地质学现实主义方法论，奠定了地质科学认识论和方法论的基础，确立了地球的演化观。

工业革命促使地质科学产生了第二次大的飞跃，建立了以地层学、矿物学、岩石学和构造地质学等学科为主要分支学科的经典地质科学体系。虽然在地质学诞生之前人类就对岩石矿物的性质和分布规律有一些经验性的认识和精辟的记述，象我国2000多年前的《管子：地数》中就写道：“山，上有赭者，其下有铁；上有铅者，其下有银；上有丹者，其下有黄金；上有慈石者，其下有银金；此山之以见荣者也”。古埃及和古希腊的学者，也早在2000多年以前就把贝壳化石作为海陆变迁的证据。但是，这些光辉的见解在漫长的“中世纪”里未能得到进一步发展。直到近代资本主义大生产的兴起，需要大量的矿产资源来保证，才促使人们探讨建立关于矿产性质和分布规律的精确知识。早在1751年法国地质调查之父盖塔尔就指出：矿物的沉积是规则的，矿物组合作条带状分布，它有一定的走向和宽度，如果将它填在地图上，那么据此可以预测矿产的分布。”从这一思想出发，他填制了大量法国和欧洲矿物图。60年后，英国地质学家史密斯在此基础上发明了具有地层内容的地质图，填制了第一批中比例尺（1:316,800）的地质图。地质图的出现，引发了区域地质调查工作的开展，促进了政府行为的大规模矿产勘查活动。与此同时，人们通过野外的地质调查，逐渐建立起对岩石、矿物性质和形成分布规律的抽象认识，并升华为岩石学、矿物学、地层学、古生物学和构造地质学等学科的理论与方法。值得指出的是，18、19世纪之交的水火之争，确定了内生作用的概念，使人们相信，相当一部分矿床是由内生作用或岩浆作用产生的。这种认识，不但扩大了找矿范围，而且为岩石学、矿物学和地层学的发展奠定了基础。1816年英国地质学之父史密斯的《用生物化石鉴定地层》一书开创了生物地层学的新篇章，确定了建立地层年代和对比的“化石层序律”，对地质时代系统的建立奠定了基础。1829年偏光显微镜的发明为矿物学和岩类学开辟了全新的前景。这些学科的建立，不但使地质学成为具有完整学科结构的知识体系，而且进一步推动了区域地质矿产调查工作的开展，为近百年来全球矿业的发展做出了巨大的贡献。

以板块构造理论为核心的地学革命，构成了地质科学史上的第三次大的飞跃。从19世纪下半叶到20世纪中上叶，由于区域地质调查工作在各大洲的迅速开展，使得地质学家能够依据大量的实际资料来总结和提出大地构造理论。美国地质学家丹纳于1873年提出了著名的地槽学说，这一学说在20世纪进一步发展为“槽台学说”，成为大地构造领域的主导学说。然而，二次世界大战后，随着大量海底调查工作的开展，人们发现了全球裂谷系、海底热流异常、海底磁异常以及转换断层等惊人事实，使魏格纳的“大陆漂移”学说为之复活。60年代末，勒比雄、摩根、麦肯齐等青年学者在赫斯“海底扩张”说的基础上，不约而同地提出了板块构造学说，从而引发了地学领域的一场大革命。

首先，板块构造的提出，为地质科学的发展提供了全球研究的框架，推进了地质科学向全球化的方向发展，树立了人们的全球观。通过地球动力学计划、国际地质对比计划和国际岩石圈计划等几个国际合作研究计划的实施，地质学家初步建立了对全球岩石圈结构、构造和演化的基本认识。板块构造还建立了地球历史的一种新观点，即板块随时间运移而影响着水圈、大气圈和生物圈，为地质科学向地球系统科学方向发展奠定了基础。

其次，板块构造的提出和验证，为资源和灾害预测提供了新思路。对大陆边缘沉积盆地的深入研究，开辟了新的油气寻找区，使 70 年代世界油气的储量迅速增长；洋中脊和边缘海盆海底热液成矿作用的研究，不仅为海洋矿产的开发提供了依据，而且开辟了大陆造山带金属矿床预测的新方向；板块边界及板内构造活动带的运动学和动力学研究，为地震和火山等地质灾害的评估和预测提供了新的依据。

第三，板块构造的提出，为以往都是以地球为研究对象、但彼此间没有太大联系的固体地球科学各分支学科（如构造、岩石、地球物理、地球化学、大地测量等学科）提供了相互认识的基础，促进了各学科专家进行前所未有的大合作，导致了一批新兴交叉和综合学科的出现。同时，由于板块构造研究的内容和要解决的科学问题充满着数学和物理的概念，要求用来检验它的各种资料和证据必须尽可能是定量的，因而加快了地质科学从定性向定量转变的步伐。

地质科学发展的历史给我们带来的重要启示之一是，同其他自然科学一样，地质科学的发展史也经历了渐变、飞跃、再渐变、再飞跃的演变过程，而且由渐变到飞跃的过程越来越短；每一次的飞跃都带来了地质科学的大发展，推动了社会经济的巨大进步。目前，地质科学正面临着一个新的转折时期。

二、地质科学的发展正进入一个新的转折时期

任何学科的发展都主要源于社会的需要，地质科学也不例外。长期以来，地质科学主要是通过研究地球，指导了矿产资源、能源和水资源的勘查，建立了矿产型知识体系，为满足社会发展和经济建设的需要，特别是工业化的发展，作出了巨大的贡献。

但是，随着社会的发展和人口的急剧增加，当代社会正面临着人口、资源、环境和灾害等诸方面的严重挑战。尤其是人类活动对地球的影响日益加深，甚至危及到人类在地球上的可居住性。因此，协调人与自然的的关系就成为人类认识地球的新起点，给地质科学带来了新的任务。地质科学除为社会经济发展提供充足的矿产资源和能源外，还必须帮助解决人类生存和社会发展所面临的许多重大问题：减轻自然和人为灾害，安全处置有毒和放射性废物，为自然资源的合理利用、生态环境保护、国土整治和农业发展提供地质科学知识和服务。改善人类生活环境和质量，了解地球系统的过去、现在和未来的行为，保证人类社会持续发展的条件，已成为地质科学长期追逐的目标。地质科学将从矿产时代进入到环境时代，其社会功能将由“矿产型”拓宽为“社会型”。

从地质科学自身的发展来看，“上天、入地、下海、登极”，地质科学不断在扩大它研究的时空范围，向未知领域进军。为了解决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等），除研究岩石圈以外，还要研究大气圈、水圈和生物圈的演变过程以及它们之间的相互作用。这就要求地质科学实行学科的联合、交叉、综合和协调。

从矿产资源的勘探与开发来看，人类对矿产资源开发利用的深度和广度不断扩大，找矿的难度日益加大，新的矿产资源或矿产的新用途不断被发现；为了充分利用资源，减少对环境的污染，难选冶矿产、非传统矿产和非污染矿产将日益成为开发的重点。面对矿产资源勘

查、开发的新要求，现有的理论、技术和方法已很难满足需要，要求地质科学进一步加强其预测功能，强化矿物原料深加工的能力，用新的知识去发现更多的矿产资源和能源，并解决矿产资源综合利用中的科学难题。

现代科学技术的迅速发展，为地质科学建立新一代知识体系准备了条件。如计算机技术和地理信息系统（GIS）的发展和运用，为模拟各种地质过程和大量信息的处理提供了手段；以地球观测系统（EOS）为代表的空间监测技术，使我们可以及时了解全球环境变化；以大陆科学钻探和三维地震层析成像技术为代表的地球深部探测技术的发展，正不断揭示地球内部各层圈组成和构造的新信息；以全球定位系统（GPS）为代表的高精度大地测量技术，不仅可以精确测量现代板块的相对运动和大陆内部变形，而且还可以监测即将发生的地质灾害。

当前社会发展提出的任务和目标，无论在深度还是在广度上都远远超出当今地学知识体系，超出了地质科学目前的认识能力和知识水平。正是在社会需求、科学自身发展和技术进步这三大动力驱动下，地质科学正进入一个以建立地球系统科学知识体系为标志的新的转折时期。在这个新的转折时期，世界地学团体和组织以及发达国家地质机构都在调整其科学目标、重要的科学突破口、科技政策和人才培养方针。例如国际地质对比计划（IGCP）重新确定其科学目标和任务，把增强对全球环境控制因素的认识列为首要目标。一些发达国家正在调整其地质工作和地质科学前沿研究部署，把发展的重点放在解决社会发展和人类生存的重大科学问题上，环境地质工作获得了社会的普遍重视和迅速发展，对地质环境工作的投资已经超过了矿产资源和能源的勘查与开发，出现地质人员向环境地质方向转行的明显趋势。

需要特别指出的是，占世界绝大多数的发展中国家，有些国家工业化阶段远远尚未完成，甚至刚刚开始，经济发展十分缓慢，迫切需要通过矿产资源发展工业，实现工业现代化；一些发展较快的发展中国家，如亚太地区一些国家，由于经济发展较快，对矿产及其产品的需求量急剧增长，如铜的用量每年平均增加 2.2%，使用强度增长率高达 8.4%。对这些国家来说，地质工作和地质科学研究的重点仍然是矿产资源。

在我国，目前矿产资源和能源的形势仍然非常严峻，如何为实现社会主义建设三步走的战略目标提供充足的矿产资源和能源是我们面临的首要任务。但是，我们应当从发达国家的现状和经验中得到一些启示，未雨绸缪，在大力开采、利用矿产资源和能源的同时，逐渐加大对地质环境保护和灾害减轻的投入，最大限度地减轻资源利用对生态环境的不利影响，为 21 世纪人口、资源、环境、经济的持续发展打好基础。

从目前来看，由于地质机构的调整、资金紧缺、工作重点转移等原因，使地质科学和地质工作受到巨大的冲击，出现了全球性地质工作不太景气的状况。但我们应当认识到，这只是暂时的现象，只要我们能够顺应时代的需要，转变或拓宽地质科学和地质工作的社会职能，建立起服务于社会新需求的新的知识体系，提高地质科学和地质工作在社会中的作用和地位。我们相信，地质科学和地质工作将以新的姿态再度进入繁荣时代。

三、当代地质科学前沿及发展趋势

在这一新的转折时期，地质科学家必须通过开拓新的前沿研究领域来获取新的发现，创造新的理论知识，以便为人类社会的持续发展和许多重大问题的明智决策提供理论指导和技术措施。

由于知识的积累和技术的进步，人们已有可能站在新的层次上攻克当代地学前沿。按照行星地球动力学演化的模型，我们目前虽然对地球表层的岩石圈、水圈、大气圈和生物圈的演化有了较深入的了解，但对于它们之间的相互作用过程却知之甚少；板块构造理论虽较好

地解释了岩石圈的一级运动过程和大洋动力学过程,但面对复杂的大陆构造和动力学问题却遇到了诸多解释上的困难;我们对各种地质过程的定量描述还不够,对地球深部的状态了解不多。这些问题构成了地球科学下一步研究的重大挑战。

值得庆幸的是,在过去的15年中,对地球的观测、探测、分析和模拟技术都取得了长足的进展,信息革命的浪潮更使这些技术手段如虎添翼。全球定位系统、卫星遥感、地震数字台网、地震层析技术、深钻及高精度大地测量等观测探测技术,使地球科学家能够从全球和大区域的宏观高度掌握地球整体和地表宏观结构和特征;加速器质谱仪、同步辐射、移动式热红外谱仪等测试新手段的动用,大大提高了对地球物质成分的分析精度和广度;采用金刚石大腔体技术和高速计算机,能够模拟人类从未见到过的地质过程;而英特网的出现、地理信息系统的运用,大大提高了地质信息处理和传递的能力。这些高新技术手段与上述重大科学问题的结合,使当代地质科学涌现出一批有可能给社会 and 经济发展带来巨大进步的前沿。在这里,我们不可能全面论述这些重大前沿,只挑选几个与我国地学今后发展密切相关的领域加以简述。

(一) 大陆动力学

大陆动力学被认为是继板块构造之后地球科学领域中下一个重大理论的可能生长点。板块构造在大陆的应用,使我们能够在全球背景上整体地看待大陆的行为和过程,揭示了大陆的水平运动及其构造形迹。但同时也发现了大陆的复杂性和特殊性,和由此导致的板块构造应用于大陆的局限性。大陆动力学就是试图解决板块构造的这种局限性,其最终目标是建立大陆形成和演化的新模式。当前一些国家不仅把它作为发展地球科学的重大战略重点,而且把它作为解决人类当前面临的资源、环境和灾害等重大社会问题的重大基础研究。

大陆动力学研究就是要通过对大陆系统行为、作用和历史的了解,揭示大陆主要结构、构造、地质作用过程和特定驱动力之间的内在联系,建立新的大陆形成和演化的模式。其重点是要阐明大陆上正在进行的基本物理和化学过程,探索地球深部和地质历史早期的构造演化,揭示大陆物质的增生和消减过程,解决大陆至今尚未解决的重大关键科学问题,例如:大陆究竟是如何形成、变形和裂解的?大陆地幔与大陆地壳是如何相互作用的?决定活动板块边缘物质行为的物理化学过程有哪些?大陆对外部驱动力如响应?等等。

亚洲大陆具有复杂的岩石圈结构、构造和多种类型的造山带和沉积盆地,被国际地学界公认为是世界上研究大陆动力学的最佳场所。我国拥有世界上最高的高原——青藏高原,出露了世界上来源最深的变质地块——大别至胶辽超高压变质带,分布着世界上最多的造山带。以这些优越的地质条件为依托,以几十年来大量的地表和深部地质调查资料为基础,我国地球科学家完全有可能在大陆动力学这一前沿领域做出具有国际先进水平的研究成果,提出独创性的新理论和新发现。

(二) 地球表层系统

地球表层涉及岩石圈、大气圈、水圈、生物圈等的相互作用,是一个非常复杂的系统,是与人类生存和发展直接相关的重要领域。然而由于人口的急剧增加,人类正对地球表层系统产生着史无前例的巨大影响。生态和环境的恶化、灾害的频繁发生、水质污染、土质退化和水土流失等正在严重威胁着人类生存发展的基础。为了人类的继续繁荣和协调发展,从地球表层系统研究入手,探讨人地作用过程和机理,揭示人类生存与环境之间的内在联系,探索人类社会持续发展和环境保护中的重大基础理论与实际问题等,已成为地质学家今后的基本任务和目标。

土壤作为岩石风化的产物,是生命支持系统的重要组成部分之一,是农业发展的关键。目前,地表土壤正以每年0.7%的速度流失,成为影响农业发展的重大问题。由于人们追求高产、不适当地灌溉和使用化肥、农药,引起了严重的土质毒化、退化和土壤污染,带来了越来越突出的农业生态问题。为了协调和持续发展,把土壤作为一个复杂的动态系统和一种非再生资源,从各种地表过程研究入手,定量研究水土流失的规律和机制,探索不同生态系统与农业可持续发展的关系,进而提出土地利用和保护的对策,是地质学家直接为农业发展作出贡献的重要途径。

水是人类生存所必需的三大要素之一,水资源与水环境问题已日益成为人们关注的焦点。在自然界和人类活动的双重作用下,水正经历着剧烈的变化,淡水资源严重紧缺,水环境污染严重。因此研究水圈的演化过程和趋势及其对社会发展的影响,加强水资源管理和水环境保护是保证水的可持续利用的关键。

地质灾害是发生于地球表面和近地表的一些剧烈的地质作用,地震、火山、滑坡、泥石流、地面沉降等往往给人类带来巨大的生命和财产损失。如何预报、监测并减轻这些自然灾害可能带来的损失是地质学家长期追求的目标。

人类对环境所产生的各种有害影响中,最可怕的是各种化学废物、核废物等对水、土壤和大气的污染。因此,环境地球化学与人类健康;地球化学循环和生物地球化学循环;化学定时炸弹与生态关系等方面的研究,应当受到格外的重视。

(三) 成矿地质背景与成矿作用演化

成矿地质背景与成矿作用演化研究是新一代成矿预测的理论基础。在过去十多年中,全球岩石圈研究的进展,特别是现代海底成矿作用、古板块再造、深部地质、流体地质等方面的重大进展表明,成矿作用是一定地质背景下各种地质——物理化学作用导致的成矿元素富集的结果,是各种地质作用和物理化学作用的综合体现。这一新的认识,使成矿学的研究进入了一个新的时期,即可以把成矿作用作为一种特殊的地质作用纳入到全球动力学演化过程的框架之中。因此,建立岩石圈构造演化和物质迁移过程与成矿作用之间的联系,追踪成矿作用的轨迹,最终确定矿床(特别是大型、超大型矿床)的空间位置,已成为当代成矿学研究的重大前沿之一。

大型、超大型矿床和矿集区的寻找是当前地质找矿的总趋势。由于大型、超大型矿的出现往往具有一定的地质背景,因此,传统的矿床研究方法已不能适应这一要求。新的研究必须站在地质背景演化的高度上,揭示大型、超大型矿床及矿集区形成的独特地质——物理化学作用过程,确定这些过程的演化细节与成矿物质交换之间的联系,进而找出造成地球化学高度异常聚集的地壳部位。在这种情况下,不同地球动力学体制与成矿的关系,成矿省、矿集区的演变过程,金属成矿的来源——搬运——聚集过程,成矿时代年龄精确测定,地球内部圈层之间相互作用与成矿关系等,正成为当前矿床学研究的前沿。

(四) 流体地质

长期以来,地质科学研究的重点放在地球固体物质上,对流体只是作为矿产形成条件加以研究,而且长期以来都认为地下深部随着温度、压力增高,岩石孔隙度和裂隙急剧减少,流体也相应减少。但近20多年来的科学钻探等研究表明,地壳中到处都有流体,它们包括淡水、卤水、各种挥发性组份、烃类和岩浆;在岩浆的产生、运移和喷发中,在变质作用和岩石蚀变中,在地表物质的机械迁移中,在矿床的形成中,以及在沉积盆地内油气迁移和圈闭中,流体的作用都非常突出。此外,流体与地球深部物质的相互作用是了解地球深部及整个地球演

化过程的重要内容，它决定了壳幔及其相互之间物质和能量的迁移、交换与再分配，强烈影响着地球内部的物理——化学状态和动力学特征，制约着地球内部的结构、地质过程、反应速率和方向以及壳—幔相互作用等。因而对流体的研究已成为发展地质科学的前沿。其中有两个研究方向值得注意。一是流体与岩石的相互作用控制金属矿产、油气和地热等资源的形成和分布。对绝大部分矿床类型来说，其形成过程都涉及到金属物质的渗滤、搬运和堆积，因而识别流体从源区运送金属物质到成矿部位所经过的路径，可以提供有关矿质运移体系的定量信息，为矿床预测和勘查提供可靠依据。在含油气盆地系统研究中，焦点问题是热、物质和流体的运移机制以及这些过程如何相互作用产生了现在的沉积盆地，因而需要进行盆地流体动力学分析。通过了解盆地中流体来源、运移、汇聚及其驱动的主要机制，可以更好地揭示油气藏及有关矿产的形成和分布规律。因此，地壳深部和地幔流体的研究，是未来深部油气和地热能开发利用的重要基础。

二是流体与岩石的反应控制着地球表层系统环境的形成与变化。在地球表层系统中，流体与岩石、生物和大气等的相互作用产生了地表环境，这些作用或反应影响着水的质量、土壤发育及养份分布、地下废物埋藏和元素地球化学循环等，还是地震和滑坡等自然灾害的诱发因素。因此，流体地质研究是建立和发展农业地质、环境地质、灾害地质、废物处置地质和医学地质等新兴应用基础地质学科的基础。

我国在流体地质研究方面虽起步较晚，但近几年发展较快，已具备一定的研究基础和手段，从自然条件来看，我国开展流体地质研究具有某些优势和特色，例如，我国中、西部十分发育的山脉—盆地系统为开展流体作用与成矿、成油气的研究提供了很好的条件；东部地区出露的大量由地球深部折返上来的地质体、深源岩石以及幔源包体和捕虏岩等，可供研究地球深部流体及其作用过程；中、西部地区广泛分布的现代热泉及其堆积物，可供观测和研究活动热流体系统与现代成矿作用，提供近代环境变化信息；我国年青的边缘海盆地深部流体活动明显，可供开展含烃类和金属流体系统的研究，等等。因此，应该把流体地质作为发展我国地质科学、建立地学新知识体系的重大课题。

（五）地球物质科学

地球物质科学是当代矿物学、矿物物理学、岩石学、岩石力学和地球化学等学科在材料科学与地球科学层次上交叉综合而形成的新兴边缘学科。它是将物理学和化学的理论与方法应用于地球物质研究，在许多方面与材料科学、凝聚态物理和化学关系密切，但又因其研究对象的复杂性和时空尺度的特殊性而明显区别于这些科学。

地球物质的物理、化学性质控制了地球的结构与作用过程，地球物质研究对于深入了解地幔对流、流体运动和地球演化及其动力学等重大地球科学问题至关重要。地球物质的研究，不但需要开展高精度的野外观测和数据采集，而且需要通过高温高压实验、地球化学等方法深入研究岩石圈的物质组成及性状，还要加强对岩石和矿物及熔体一些重要特性，如相变、磁性、热导性、电导性、光谱特征、扩散率和流变学等的研究。这些研究不仅可大大增进岩石、矿物或熔体与岩石圈形成演化之间重要关系的了解，而且可以提高地球物理探测数据解释的质量。

地球物质及其特性的研究也已成为材料科学的重要组成部分，并为材料科学的发展作出了重要贡献。例如，关于矿物（如石榴石、尖晶石、钙钛矿、石英和沸石等）结构的研究取得了重要而广泛的工业和材料应用价值；对钙钛矿型矿物（其在地球中非常丰富）的研究有力地促进了高温超导材料的发现和探索。研制天然矿物岩石新材料（包括新的陶瓷和合金及

纳米矿物材料等)的技术应用价值往往出人意料,有着十分广阔的发展前景。这一方向的发展有可能构成天然岩矿新材料科学。此外,地球物质研究还在矿产综合开发利用、有害废物安全处置以及地震和火山等灾害预测方面有重要的应用意义。

我国已基本具备了从事地球物质研究的高温高压实验和分析测试设备及相关的技术手段,在天然岩石、矿物的样品上具有较大的优势。我国主要差距在于研究力量分散和经费不足。鉴于这方面研究在地质科学发展中的重要地位和较深远的应用前景,我国有必要建立国家地球物质科学重点开放实验室,并选准突破口强化研究。

(六) 全球变化

随着全球气候问题的日益突出和生态环境的严重变化,全球变化已成为举世瞩目的重大科学和社会问题之一。由地球科学家倡导和提出的国际地圈生物圈计划(IGBP),得到世界各国科学家和政府的响应。全球变化计划的目的是了解和描述控制整个地球系统的各种物理的、化学的和生物的作用过程及它们之间的相互作用,以提高人类预测全球环境变化的能力。如何了解、预测并调节全球气候和环境的变化,已成为世界各国科学家努力追求的目标,地质学家正积极参加国际地圈生物圈计划,并特别强调过去全球变化研究。

近年来的研究表明,了解过去是认识现在和预测未来的钥匙。现今的地球环境是地质历史长期演化的结果,许多重大的全球变化信息都保存在地质记录之中。因此,从各种地质体中提取过去全球变化的信息,研究岩石圈与大气圈、水圈和生物圈的相互作用规律,探索 and 了解全变化的机制和后果,区分自然与人为因素引起的全球变化,检验大气和大洋环流模型,为预测未来十年至百年内的全球变化作出贡献,是地质学家面临的一项新的战略性任务。在了解、预测并调节全球气候和环境的变化,特别是在过去全球变化研究方面,地质学家作出了独特的贡献,已引起国际科学界重视。

最近,全球变化的研究得到迅速发展,并取得了巨大进展:通过格陵兰冰芯研究,精确再造了最近 25 万年的古气候变化(尤其是大气二氧化碳含量的变化),并发现在末次冰期和末次间冰期地球气候极为动荡多变,全新世气候却相对比较稳定;岩溶研究不仅精确再造了最近 60 万年的气候变化,而用还表明地球气候变化可能与大气-冰盖-大洋系统的非线性内反馈旋回一致,对米兰科维奇理论提出了有力的挑战;发现了地内作用对地球气候的重大影响,例如,中白垩世全球变暖可能主要归因于当时巨型地幔柱引起的二氧化碳大量排放(地幔放气);发现了岩溶作用在当今大气二氧化碳循环中的积极作用,等等。

全球变化作为地球系统科学一部分,极为强调研究过去地球系统的自然演化,注重地球古气候和古环境的高精度恢复再造。再造时间尺度(数百、数千年)的全球变化是地质学家当前面临的重大挑战。

我国在全球变化研究方面已有较好的基础,并拥有全球独一无二的青藏高原、沉积连续时间最长的黄土古土壤序列、广泛发育且类型多样的岩溶沉积、不同环境的湖泊沉积、比较发育的山麓冰川等得天独厚的地质地理优势。加强这方面的研究,将继续保持我国在这一领域的领先地位,并为解决具体的环境问题作出贡献。

(七) 重大科学工程:大陆科学钻探和地球科学信息系统

重大科学工程是指科学研究过程中所需要的大型现代化关键仪器装备。它不仅对有关学科取得重大突破进展是必要的条件,还往往会带动其它学科和工程技术的发展。在重大科学工程的周围,凝聚着精干、高水平的科研集体,成为人才培养的基地。因此,它是一个国家科技实力的重要标志。

1. 大陆科学钻探。

从1970年起在国际上已有14个国家实施大陆科学钻探。20多年的实践证明,通过大陆科学钻探可以直接观察和研究地壳内部的组成、构造、动力学及其演变过程,解决具有全球意义的重大地质科学问题,取得对地球科学真实的、精细的认识,为寻找新类型的油气资源、矿产资源、地热资源,探讨全球变化、环境气候和海平面变迁的机制,减轻地震、泥石流和滑坡等地质灾害,发展核废物的安全地质处理方法,以及了解深部生物圈性质、岩石圈和生物圈相互关系等,提供科学依据。大陆科学钻探犹如伸向地球内部的望远镜,是研究岩石圈、全球变化,建立真正的地球科学的必由之路,也是解决当代人类面临的资源短缺、环境恶化、灾害频繁等重大问题,促进人与自然协调发展的关键技术。当前我国正面临着矿产资源和能源严重短缺、地质环境不断恶化、地质灾害频繁发生等严峻问题;这些与人民生活和社会发展密切相关的问题已成为制约我国经济持续、稳定、高速发展的重要因素,甚至威胁到社会的可持续发展。所有这些都要求我们利用大陆科学钻探研究所获得的新认识,在矿产资源的寻找、灾害的预报和减轻、环境生态保护等方面发挥独特的作用。因此,我国地学界利用大陆科学钻探解决经济建设和社会发展所面临的一系列重大问题已迫在眉睫,实施大陆科学钻探势在必行,志在必成。

2. 地球科学信息系统。

地球科学是以获取、分析和利用地球信息为特征的科学。系统、全面的区域性乃至全球性地球科学信息,是人类利用地球和保护地球的基础。当前地球科学的发展越来越有赖于对大量系统和精确信息的分析和综合,而当前重大资源、环境问题的解决更需要地球科学各类快速而准确的信息的支持。因此,建设集信息获取、输入、存储、检索、分析和传输为一体的地球科学信息系统,是一项十分迫切的任务。

对国土地质的大量区域调查工作和地球科学各领域的研究积累,为建设地球科学信息系统提供了丰富的数据来源。特别是近20年来一系列重大地球观测探测技术及其网络的出现,大大增强了地球科学数据的连续性和系统性。大型计算机、信息系统技术、网络技术和图形图象技术,为分析和处理庞大的数据提供了有力的手段。地理信息系统(GIS)技术的应用,可以使高度灵活地调度和综合各种地球科学空间数据,得出最令人满意的显示和解释。英特网(INTERNET)的发展,给全球地球科学信息的传递和交换提供了便利的通道。

我国自70年代后期开始建设一些与地球科学有关的专业数据库,但目前尚缺乏内部相互关联的地球科学信息系统,基本科学数据的连续性和系统性还较差,大大阻碍了我国地球科学的发展。因此,应尽快建立全国网络式分布型的地球科学信息系统,争取早日实现同亚洲和全球联网。

四、推进我国地质科学发展的几点思考

地矿工作是一项调查性和探索性很强的战略性基础工作,面对国家社会经济发展越来越高、越来越广的要求,更需要地质科学技术提供有力的保证和支撑。建国几十年来的经验充分证明,能源、矿产资源勘查能不能取得重大突破,地质环境评价及地质灾害预测能不能奏效以及重大工程建设是否成功,在很大程度上取决于我们对有关地质条件、规律认识的深化程度;地质理论和技术方法上的创新,往往会引起地矿工作的重大飞跃,进而促进社会经济的发展。如陆相生油理论的建立使我国油气勘查取得划时代的重大突破,摘掉了贫油的帽子而一举跨入产油大国行列;又如近年来由于金矿理论及有关测试技术的重要进展,使我国金矿勘查和开发利用不断取得突破,成为产金大国。因此,地质科学技术是推动和促进地矿工

作和国家经济社会发展的伟大力量。

我们应该站在全国和全球的层次,立足于 21 世纪的发展去思考地质科学的未来,充分认识我国地质科技工作的近期任务和长远使命,紧紧围绕国民经济和社会发展的需要,以改革开放为动力,以培养人才为根本,以增大投入为保障,创造良好的社会环境,全面落实科学技术是第一生产力的思想和科教兴国战略,加速科学技术进步,使地质科技实力和水平有一个大的飞跃,使科技进步在地矿工作发展中的贡献率显著提高,为国民经济和社会发展作出更大的贡献。

(一) 抓住重点, 瞄准前沿, 争取地质科学的重大突破

当代地质科学研究涉及的学科和领域很广,内容很多,规模愈来愈大,学科越来越多。一个国家科学技术研究的规模和发展速度取决于它的发展需要和经济实力,任何国家都不可能对所有领域给予全面支持。我国作为一个发展中国家,在目前经费有限情况下,全面铺开,齐头并进的作法是做不到的,也是不必要的。但是,我们必须清醒地认识到,为了振兴地矿事业,必须不停顿地开展科学的理论思维和创新,瞄准科学前沿,通过精细的调查研究,概括出规律、理论和模式,指导地质工作实践。因此,在以主要力量投入地质勘查的主战场的同时,要按照“有所赶,有所不赶”的原则,统筹规划、突出重点,选择一些有基础、有优势、能跃居世界前沿、一旦突破对地质勘查和地质科学发展起重大带动作用的领域或课题,优先给予支持,集中力量,率先突破,为更有效地发展我国地学基础科学研究做出贡献。

(二) 激励创新, 提高地质科学水平

创新是一个民族科技进步的灵魂,是推动科技发展的动力,也是一个国家参与国际科技竞争的前提条件,地质科学就是在对科学前沿的不断探索和创新中向前发展的,如果一个研究者不敢想前人之所未想,干前人之所未干,因循守旧而无所作为,或者只是一味模仿,把国外现成的理论或模式套用到中国复杂的地质实际,是不可能把我国地质科学推向前进的,在国际上也不会有竞争力。因此,发展我国地质科学,首先必须大力提倡探索与创新的精神,特别是提倡首创精神。

要创新,首先要解放思想,树立自信。建国以来,我国地质科学有了长足发展,我国地质学家、特别是老一辈地质学家根据我国的地质实际提出了许多有国际影响的理论、学说和模式,为我国地质科学的发展作出了很大的贡献。但是,由于众所周知的原因,这些年来,我国在地质科学理论上的创新不够,没有创造出更多得到国际同行认可的重大理论或模式,多是“只会画龙,不会点睛”,理论思维和创新显得贫乏,这种现象亟需尽快改变。我们应充分认识到,国外尤其是北美和西欧的地质科学水平明显处于领先地位,确有许多先进的东西值得我们学习和借鉴。但是,我们应该看到,我国也有不少优势和特长,这就是大量独特而多彩的大陆地质现象和比较扎实的野外工作基础。只要我们在全面了解全球地质特征和世界地质科学发展趋势的基础上,立足于中国地质的实际和特色,瞄准当代地质科学前沿,大胆地探索和创新,就一定会总结出符合中国地质实际并得到国际认同的新观点、新见解,创造出带有普遍规律的理论 and 学说。

要创新,就要营造一个激励创新、自由争论的宽松学术环境。要倡导学术民主和高尚的科学道德,要树立勇于创新、标新立异的风气,要鼓励在学术面前争论,甚至抗争。只有这样,才能使中国地质科学界人才辈出,并为年轻人创造崭露头角、后来居上的环境。也只有这样,我们才有可能建立自己的地质理论和流派,并使之在国际学术较量中不断得到发展。

（三）调整和优化学科结构，加强交叉学科和应用基础学科的发展

基础科学的学科结构，是影响一个国家科学兴衰的敏感因素。科学是有结构的，一门学科的发展离不开其它学科的支持；学科的发展又是不平衡的，在某个特定时间，总有一些学科发展得更快，对其它学科有更大影响。因此必须选择一些有战略意义的学科领域，给予重点支持。我国地质科学正处于由传统地质向现代地质转变的进程之中，原有的学科结构已难以适应当今社会需求和地质科学前沿研究的发展。学科结构布局的不合理已成为我国地学发展的制约因素。因此，调整和优化我国地质科学的学科结构，是一件具有战略意义的紧迫任务。

学科的交叉和综合是当代科学发展的时代特征。地质科学上的重大突破、新的生长点乃至新学科常常是在与相邻学科交叉过程中产生的。近代地质科学技术的发展史，正是各个学科不断交叉、渗透及新陈代谢的历史。当前地球科学中围绕环境问题出现的各种学科的相互交叉与综合正孕育新的突破。因此，调整和优化地质科学的学科结构，应在地球系统科学新思维的指导下，根据世界地质科学发展的趋势和我国经济、社会发展的需要，以科学创新和建立新一代地质科学知识体系为目标，选择重点领域优先发展，强化学科的交叉渗透和综合，加强成矿学、农业地质、环境地质、灾害地质、废物处置地质、岩石矿物新材料等学科的建设；大力扶持大陆力学、流体地质学、地球表层系统科学、地球物质科学、全球变化、成矿动力学等新兴带头学科的发展。同时要注意不同学科的协调发展，使它们逐渐形成一种合理的比例关系，从而在适当增加科技资源投入的基础上，优化学科结构，提高科研效率，促进科学发展，以适应 21 世纪地质科学发展的需求。

（四）建立野外科研基地，加强地质立典研究

地质科学是一门探索性、实践性和区域性比较强的科学，野外调查和研究是地质科学发展的根基，也是地质科学区别于其他一些基础科学最显著的特征之一，任何地质理论或模式如果脱离了野外地质实际都是空泛和经不起检验的。

由于地质作用过程的时、空复杂性，对任何地质现象和特征的深刻认识和作出规律性、理论性的概括，都需要经过实践、认识、再实践、再认识的反复研究和逐步深化的过程，地质理论或模式也只能经过对典型地区或典型地质现象进行长期、深入的精细调查研究才能产生和发展。地质科学发展的历史证明，许多地质理论、概念和学说是从一个地区或某项专门研究发源的；许多具有重大科学意义的新发现、新认识和新模式是由一点突破的。这种由一个地区或一种地质现象经精细研究概括出来的理论、概念和学说，或由一点突破而取得的新发现、新认识和新模式，经过推广、普及，不断推动着地质科学的进步、革新和地质工作的深入发展。因此，建立野外科研基地，加强地质立典研究，对于推动我国地质科学发展有着特殊的意义。

建立野外科研基地，开展地质立典性研究，应选择那些对解决某些关键科学问题具有明显优势或者对解决某些特定资源环境问题十分有利的自然地质单元，布置和安排比较多的调查研究工作，进行长期不断的深入探索，加强多学科、多技术的合作研究，使其逐步成为基础资料扎实、论据充分，作出高于一般的科研成果，对类似地区或地质单元具有典型示范和指导意义，成为新发现、新认识和新理论的发源地。

（五）扶持青年科技人才成长

科学的研究主体是人。当前国际上经济、科技的竞争，实质是人才的竞争，智力的较量。谁掌握一批高水平的科技人才并充分发挥其作用，谁就能在竞争中立于不败之地。因此，地

质科学能否健康发展,地质事业发展能否适应国家社会经济进步的需要,关键取决于是否有一支立志献身于祖国社会主义事业的高水平、高素质的地质科技队伍。要采取切实有效的措施,加强科技人员的培养。在强调提高地质科技队伍整体素质的同时,特别是要大力扶持青年科技人才成长,造就一批跨世纪的地质科技人才,形成一支精干、高效的科技队伍。

对青年科技人员的培养,应从政治和业务两方面严格要求,使他们通过学校教育和地质勘查、科研实践,拥有扎实的理论基础和宽广的专业知识,一专多能,既具备较强的野外观测、鉴别能力,又掌握现代科学技术和有关的实验技能,同时树立起良好的职业道德和敬业精神。要制订切实可行的政策,包括改善工作条件与生活条件的政策,吸引留学国外的优秀人才回国效力,吸引国内优秀人才投身到地质科技事业中来。要注意培养和选拔一批确有真才实学、业绩突出的年轻的学术带头人,重点培养,赋以重任,逐渐形成一支宝塔式的、兼具野外和室内工作丰富经验的高水平跨世纪学科带头人队伍。同时还要培养一批既了解科技发展又熟悉科学管理的管理人员。

(六) 加强国际合作和交流

加强国际科技合作和交流是推动我国地质科技迅速发展、缩小差距、迎头赶上的一条有效途径;是培养高水平科技人才,提高我国国际学术地位,使我国地质科学在国际上占一席之地的必由之路。

在科技迅猛发展的今天,任何一个国家如搞封闭,其科学技术必然要落后。特别是地质科学是涉及整个地球系统的全球科学,更需要广泛的国际合作和交流。要把我国地质科学的发展置于国际开放的大系统之中,不断从国外吸收先进科技成果和有益经验。从我国社会经济的长远发展来看,必然要越来越多地利用国外的矿产和能源等资源,加强国际合作和交流更有特殊意义。

加强国际合作和交流,一是要妥善处理借鉴与独创的关系,既要善于吸收、引进国外一切先进的地质科学理论、技术方法和科学管理经验,又要结合我国的地质实际,有针对性地消化、吸收和创新。二是要积极参与国际性合作计划和合作项目,鼓励提出以我为主的合作项目。在不损害我国权益的前提下,积极引进外资和先进技术设备,弥补不足,以双边、多边、官方、民间等多种形式,开展多渠道、多层次、全方位的国际合作和交流。三是要通过合作和交流,更快地提高我国地质科技水平,培育出一批具有全球视野的高水平科技人才。要为科技人员,特别是中青年科技人员开展国际合作研究及出国进修、短期访问和参加国际学术交流等活动创造条件,鼓励他们在世界地质科学的前沿博采众长、提高学术水平。

地 矿 工 作 研 究

(月 刊)

1996 年第 2 期

(总第 418 期)

1996 年 2 月 20 日出版

主办单位:地矿部政策法规司

出版单位:《地矿工作研究》编辑部

主 编:仲伟志

编 辑:马 克

地 址:北京西四(邮编 100812)

电 话:6161144—8083

北京市内部报刊准印证:第(Z)1638—951860号