

# 21世纪矿床学研究展望

## 矿床学为可持续发展服务的几个领域

□ 中国地质大学 翟裕生院士

面临 21 世纪,人类已进入信息时代和人地和谐发展时代。社会的可持续发展已成为时代的最强音。矿床学正面临着新的需求和挑战:一是发展成矿理论;二是开发新的矿产资源;三是在矿业开发与环境保护的协调发展发挥矿床学的基础研究作用。下面着重讨论这三个问题。

### 一、深入研究矿床的形成和分布规律,为矿产勘查提供新的成矿学理论基础(理论矿床学)

矿床学发展到今天,单纯地以矿论矿的研究方法已不能适应矿床学发展的需要,而应将成矿作用放到地球动力学系统中加以研究。造山带与盆地是地球动力学系统的主要产物,矿床则是其中的精华。将造山带、盆地或山盆系统的形成演化与成矿系统作为一个整体研究是必要的。以下的研究课题或领域将受到重视:①区域成矿地质背景包括深部作用背景的研究。这涉及岩石圈组成、结构和演化,壳幔相互作用及成矿物质再循环与矿床形成的关系等。对于寻找大型、超大型矿床和矿集区来说,研究成矿深部背景尤为重要。②成矿作用演化研究。其基础是对成矿年代学和成矿时间过程的研究。对矿床(田),着重研究成矿过程、矿化阶段及对矿床物质成分和矿体形态产状的影响。对区域成矿,则着重研究区域内重大构造

成岩成矿事件,阐明其成矿谱系,以认识矿床在区域中的时空分布规律。对全球成矿演化,则研究地质历史上构造成岩成矿的阶段性和突变性、继承性和变异性等,并与其他学科一起,共同探索地球的形成和演变过程。③研究成矿系统和成矿动力学。要着重研究基本的成矿系统动力学机制,如边界成矿系统、转换成矿系统、多元耦合成矿系统、改造成矿系统和复合成矿系统等。“对矿床或成矿区带进行成矿作用的动力学研究,可揭示成矿作用的本质,即成矿作用的驱动力、进行的速率和机制及其时间演化与空间展布(成矿作用及其时空结构),从而使矿床成因和成矿规律研究从静态上升到动态,从定性到定量,对传统的成矿理论将有新的突破”。④地质流体与成矿作用研究。地质流体对矿床形成起到关键作用。采用多学科手段,研究成矿流体的来源、性状、水岩反应、汲取、运输和沉淀金属的动力学机制。不仅要研究流体对单个矿床的成矿作用,也要研究区域成矿系统中流体的整体行为。流体与矿床研究结合将产生新的学科生长点。⑤研究大型、超大型矿床形成的地质背景和控制因素。要全面研究大型、超大型矿床形成的地质、地球化学和地球物理背景,全面对比它们与较小型矿床的异同。探索不同矿种(如铜、金)、不同类型(如斑岩型、层控型)的超大型矿床产出的时代

背景和环境特征,包括天体作用对金属巨量富集的影响。⑥开展全球性成矿规律研究。当代的科技、经济和社会越来越呈现全球化的态势。矿产的勘查、开发、矿产品贸易及矿床学的研究早已实现国际矿业市场和国际合作,这就为开展全球成矿学研究提供了有利条件。将地球作为宇宙系统的一部分,考虑宇宙星系的影响,研究地球在形成、演化过程中矿床生成的特定条件,包括成矿空间、成矿时间、成矿机制和成矿产物。可以板块理论和更新的地球构造理论为基本框架,融合多学科研究成果,进行综合研究,逐步形成整体的地球成矿观,建立全球成矿学的理论框架,这对于矿床学研究和找矿战略都有重大和深远意义。

## 二、扩大矿床学研究对象,发掘地质体的有用性,加强对非传统矿产资源的研究(应用矿床学)

在经济和社会的发展过程中,矿产资源的种类是有变化的。某些传统矿产资源将会被新的非常规的资源所代替。矿床学的另一个目标应是研究和开发新的矿产资源,即开发地质体的有用性。自然资源就其物质性而言是有限的,其中有许多是不能再生的。然而资源系统又是开放的,人类认识、利用资源的潜力也是无限的。在当今高科技时代,可以通过科学技术工艺变革去开发各类地质体的有用性,如海洋中潜在资源十分丰富,已知海底一定深度下蕴藏着丰富的水合物天然气,可寻找适宜的开发技术使之作为新能源。大陆上还有大量矿化岩体和岩层,由于品位低、难选冶等原因尚未开发。各个矿山有大量的尾砂坝和废矿堆,这些目前的“废物”中蕴藏着相当丰富的资源。又如各种非金属矿物是一个巨大的天然材料宝库。在知识经济时代,人们可以运用高新技术去开发多种岩石、矿物、海水、湖水中的有用资源,传统矿产资源的一部分将被新型矿产资源所代替,实行矿产资源的“更新换代”。在这一方面,矿床学与材料科学、合成技术的交叉融合将可

能是矿床学的新的生长点。其研究领域有:①研究和开发新的非金属矿产资源。非金属矿产资源矿种多,潜力大,较易开采,又少污染。如计算机的核心——硅片就是用各种硅质岩加工提纯的。很多高新技术材料需要非金属矿物和岩石的某种性能。因此,岩矿工艺材料学研究就显得很重要。非金属矿床学和相关科学知识将会有很大发展。②加强对矿产资源的综合利用研究。这是一项紧迫的任务,近 40 年来我国金属矿山的尾矿总量约 40 亿 t,其中某些有用组分已达矿石工业指标,由于多种因素而被废弃,既占据土地,又污染环境。因此,针对不同岩石矿物类型,进行工艺改革,实现综合利用,变废为宝,使一部分矿山在一定时期内达到基本无废物的要求。③加强海洋矿床学研究。浩瀚海洋有丰富的能源和矿产资源,有其特有的产出条件和勘查开发技术。对现代海洋矿床的研究无疑能给经典矿床学带来新的活力。④愉悦精神生活所需的矿产资源研究。除了保证供应工农业生产和高新科技产业所需要的矿产资源外,用于直接改善和美化生活的矿产资源也不容忽视,如宝玉石、观赏石、药用矿产(包括矿泉水)以及有医疗效能的地热泉等。随着人类生活水平的日益提高,矿床学的服务领域将更加拓宽。⑤人造矿物岩石研究。利用新技术方法,有选择有目的地利用天然岩矿材料制造国民经济必须的“矿产”,以代替部分传统的矿产资源。这个领域已有一定的基础,今后将会有更大发展。

总之,21 世纪中矿产资源的种类将更加丰富多彩,各个地区都应尽可能地因地制宜,充分发挥各自的资源优势,逐步做到地尽其力,物尽其用,以满足人口增长和生活水平提高对自然资源的需求。因此,树立“大地质资源观”,建立广义的矿产资源地质学的知识体系,可能是适合时代要求的。同时,随着 21 世纪航天技术的发展,人类将探索在其他星球上勘查和开发某些有用矿物,矿床学研究领域向外星延伸将是

可能的。

### 三、拓宽研究领域,探索为矿业开发 and 环境保护协调发展服务的矿床学研究(环境矿床学)

近30年来,全球的生态环境恶化日趋严重,其中,由于矿业开发造成的环境损害不容忽视。据统计,现在全球每年要使用200亿t的能源和矿产,这大致相当于太平洋中脊新地壳的年生长量。每年由于采矿搬运的物质流约为 $18.5\text{km}^3$ ,而当前全球河流搬运物累计每年 $4.5\text{km}^3$ ,说明人类采矿活动的影响大体相当于地质风化作用的4倍。采矿工业造成的土地荒芜、废石堆放、水污染、大气污染等遍及很多国家和地区。现今包括采矿业在内的人类活动已成为一种强大的地质营力,它所造成的生态环境破坏的速度是更为急剧的。“人类发现自己在创造物质文明的同时,又在破坏人类赖以生存的环境”。历史的经验告诉我们,地球这颗行星是相当脆弱的,为了人类的长远繁荣和幸福,我们一定要与地球和谐共处。在资源开发领域,我们要开拓低能耗、无污染、综合利用的新的绿色矿业,走矿产资源利用与环境保护协调发展的道路。如何在勘查和开发矿产、保证资源供应的同时,又能保持和改善生态环境,这个关系国计民生和子孙后代的重大问题,已摆在地质学家包括矿床学家的面前,在一些发达国家已有这方面的实践经验。可以认为,现在是到了该把环境地学与资源地学并重并密切结合的时代。作为矿床地质工作者应更新观念,树立环境意识。过去的矿床学研究是为找矿和矿山开发服务的,以进行成矿预测和指导找矿、改善采选冶技术为矿床学研究的基本目的。矿床学的这个功能是由过去的经济社会发展水平所决定的。现在和今后的矿床地质研究不仅为矿产开发服务,也要为环境保护服务。不仅要“探宝”,还要“减灾”。这样才能使矿床学研究更好地为可持续发展服务。

矿床学为改善环境质量所能进行的工作包括:①研究矿床的环境质量。研究矿床对其周

围环境的自然的和人为的影响程度,例如,矿床中的有害组分的含量、赋存状态及其污染物的分散途径和作用过程;矿体的形态产状和埋深对采矿工程措施的制约以及剥离岩石量和废石堆体积;选矿工艺及尾矿坝体积;还有矿产地的气候、水文、土壤、植被等因素,这些都关系到土地占用量及有害物质的扩散范围和扩散方式,以及它们所衍生的环境污染类型、强度和时效。②进行矿床的环境质量评价。矿产资源的开发有不同程度的环境影响,矿床地质学家在评价这种影响和后果方面应起重要的作用,应着重从矿床地质的基础因素方面提出矿床环境评价的标志,以及随着矿床开采过程,矿体和矿石的物理的和化学的变化给矿区环境带来的动态的影响。③寻找经济——环境综合效益好的矿床类型。为了广泛建立起新的绿色矿业体制,有必要从第一工序做起,即找寻和勘查那些经济效益高且环境影响小的矿床类型,如众多的非金属矿床类型、易采易选的富矿类型以及有害物质少的综合性矿床(多种矿产共生或伴生),矿床地质工作者在这方面是大有可为的。④为减少对地表生态环境的污染,矿床开采将更多地采用地下作业(初加工、完全加工、同步回填等),到达地表的只有初级产品或半成品,这就要求更加精确的矿床地质研究(物质、组成、构造等)。

### 四、矿床学研究成果为发展地球科学和丰富科普内容服务

矿床学是在地球科学各分支学科如矿物学、岩石学、地层学、构造地质学等的基础上逐步发展起来的,它带有综合性学科的性质。矿床学与其他分支学科间又是相互交叉和渗透的。矿床学研究获得的成果,尤其是经过钻井、坑道等工程施工所获得的地下三维的地质构造和岩矿信息是很宝贵的,可为有关的学科所利用,从而丰富其他学科的研究内容。还可以认为,矿床及其成矿系统是岩石圈系统乃至整个地球系统的一个组成部分,是地质作用和地球化学作用促使化学

元素分异富集发展到高峰的产物。因此,可以应用矿床学研究取得的丰富信息去认识和解释地质历史上的一些重大问题,例如,古大陆多次分解和拼合的成矿学标志、不同地质时代矿床类型的差异反映地质构造环境的变迁等。因此,矿床学家应与其他学科专家一起努力,推进矿床学与其他学科的相互交叉和结合,从而促进整个地球科学的发展。

21 世纪中科普工作十分重要,且其科学水平将不断提高。矿床的形成、演变和保存过程是一部生动的地质作用史,而矿床的发现、开采和利用又反映人类利用和改造自然的艰苦历程。这些都是宣传唯物史观,普及地质矿产知识的教材,可帮助人们增长知识,扩大视野,树立爱护和合理使用资源的观念,引导人们以各种方式(包括投资矿业股票)支持矿业生产和矿床学研究工作。

以上试提出了新世纪中矿床学研究的四个方面,在这几个方面的研究中,建议将有效的传统研究方法与高新技术相结合,特别要充分运

用计算机技术和信息处理技术,加强对矿床的定量研究,开展数学模型和可视化技术研究以及动态模拟矿床形成、演化的全过程,这将显著地提高矿床学的研究水平和应用效果。

### 结 语

迎接 21 世纪,开拓矿床学研究新领域,关键是抓紧培养年轻的矿床地质工作者和专家、教授,即所谓的跨世纪人才群体。要加强和改善地质矿产科学研究工作,加大跨学科研究的比重,拓宽矿床学应用领域,寻找矿床学新增长点,特别要重视矿床学研究 with 矿产勘查的紧密结合,将研究成果及时转化为生产力。

当前及近期内一个重要任务是要运用新的科学思维和技术手段,围绕国土资源大调查的总目标,总结我国半个世纪以来的矿产勘查和矿床研究的丰富经验和实际资料,并借鉴外国矿床地质研究的有益经验,总结提出新的理性认识,以提高我国的地质矿床科学水平,为发现更多矿产地和保护矿业环境,为社会的可持续发展作出新的贡献。

(上接第 36 页)

2) 管理机构设置:有限责任公司按照精干、高效原则设置管理机构,配备工作人员,努力降低管理成本。院现有管理科室要按以上原则进行精简、归并,直接转为有限公司管理机构。各机构要明确界定职责范围和考核标准,授予相应权限,防止出现空档。根据地勘企业实际情况,有限公司拟设综合办公室、财务资产部、经济管理部、生产技术开发部、劳动人事安全部、服务中心等四部一室一中心。

3. 集团模式(第三个层面)

山东东方矿业勘查开发有限责任公司将依托专业手段齐全、技术实力雄厚的专业技术优势;工作区域辽阔、地质资料丰富的探矿权(成果)优势;拥有甲级工程测绘勘察及工程物探勘察资质、省级重合同守信用企业、省级银行 AAA 信用企业、一级岩土施工企业、省级计量认证合格等无形资产优势及位居省城、交通便利、信息量大的区位优势,发展为山东地勘行业的龙头企业,以资产为纽带实施与局属地勘单位的强强联合,为山东地勘经济发展做出更大贡献。

### 关于改制的操作程序

改制操作程序大致分为制定工作方案、宣传发动、清产核资、企业清理整顿和具体实施五个阶段。

在清产核资阶段,重点清理拟实行股份制、风险抵押承包企业的资产,注意无形资产评价和保全。在具体实施阶段,要切实抓好组建公司、精减科室、分流人员几个环节,特别注意选好经营者,健全监督约束机制,防止穷庙富方丈。注意改制工作中出现的新问题、新动向,不断总结反思,修改完善方案。