

关于矿床学研究前景的探讨*

翟裕生

(中国地质大学, 北京)

提 要: 20 世纪矿床地质学蓬勃发展, 为矿产资源的勘查和开发作出了历史贡献, 已经成为地质科学的一个重要分支学科。文章简要回顾了近百年来矿床学研究取得的若干成就。在 21 世纪中, 矿床学将能推陈出新, 为人类社会可持续发展服务。有三方面的研究领域: 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理论基础 (理论矿床学); 拓宽研究领域, 发掘地质体的有用性, 加强对新型矿产资源的研究, 在矿产资源的更新换代中发挥作用 (应用矿床学); 向环境领域延伸, 开展为矿业生产和环境保护协调发展服务的矿床学研究 (环境矿床学)。还提出了矿床学研究成果要为发展地球科学和科普工作服务的观点。

关键词: 理论矿床学 应用矿床学 环境矿床学

面临世纪之交, 科学技术迅猛发展, 人类已开始进入信息时代。经济和社会的发展越来越依赖于知识创新和知识的创新性应用, 以实现人类的可持续发展^①。面对着新的形势, 矿床学作为一门比较古老并对经济和社会发展作出历史性贡献的学科, 如何在新世纪中, 为可持续发展作出新的贡献, 获得新的生命力, 特别是在刚展开的新一轮国土资源大调查中, 如何加强和改善矿床学研究, 提高成矿预测的成效, 发现新型矿产资源和新的矿产资源基地, 更好地为国民经济建设服务, 这是广大地质工作者关心的问题。现试对本世纪矿床学研究和发展作一简要回顾, 展望矿床学面临的挑战和机遇, 提出矿床学为可持续发展服务的三个领域: ① 加深成矿规律研究; ② 发展应用矿床学; ③ 为矿业环境保护服务。还提出了矿床学研究成果为丰富地球科学和科普教育服务的观点。上述问题涉及面广, 难以深入论述, 作者只是提出一些初步认识和意见, 供研究参考。

1 矿床学研究的简短回顾

有关矿床成因的萌芽思想酝酿已久, 早在 15 世纪中叶, 欧州一些学者已开始讨论金属矿脉的成因, 提出了水成论和火成论等观点。18 世纪中叶, 英国工业革命揭开人类工业时代的序幕, 开始大量地利用矿产资源。在观察研究总结矿床地质现象的基础上, 到 19 世纪末期, 有了比较系统的矿床学著作, 从对矿床特征的描述和矿体形态产状的分类研究, 已开始深入到对矿床成因的探讨。矿床学开始从地质学、矿物学等学科中独立出来, 成为地质学的一个分支学科。

20 世纪初期, 工业经济迅速发展, 1900 年世界钢产量近 3000 万吨, 并且已能够生产出高质量钢种, 这对冶金、机电、汽车、化工、纺织、建筑等支柱产业的发展起了很大的推动作用。为了寻找和开发更多的矿产资源, 矿床学成为一门倍受重视的学科, 并得以迅速发展。在这个时期通过对多种多样矿床的研究, 认识到矿床的形成有多种作用方式, 成矿物质有多种来源, 矿床成因是复杂和多样的, 不是只用一种观点就能解释所有矿床成因, 尽管对某些类型矿床的成因还有激烈的争论。

* 本研究获国家“211 工程”重点学科建设项目 (中国地质大学 III-1998-08 号) 资助

第一作者简介: 翟裕生, 男, 1930 年生, 教授, 博士生导师, 现主要从事金属矿床学和区域成矿学等方面的教学和科研工作。邮政编码: 100083

1999-01-13 收稿, 1999-01-22 修改回

① 本文曾在第六届全国矿床学术会议 (1998 年 11 月, 南京) 上宣读

在这个时期中,美国矿山工程师和矿床地质学家 W 林格仑的“金属矿床学”(1933)和他所提出的矿床分类表具有代表性和深远的影响^[1]。他共划分出岩浆中的、岩石中的、水体中的 3 类 17 种矿床类型。类型划分的依据是成矿物质来源、成矿方式和成矿的温度压力条件。这代表了当时的矿床学研究水平,并在此基础上形成了内生、外生、变质 3 大类成矿作用的分类体系。

20 世纪初,由于当时矿业技术水平的限制,主要是开采较富的矿石和地下浅部的矿石。产在火成岩体内部或其附近的矿床,以其矿石较富、数量众多、分布广泛而成为主要的找矿和采矿对象,与之有关的岩浆热液成矿研究受到广泛的重视。热液矿床的成因和控制因素包括热液的来源、类型、运移通路、沉淀矿石场所和成矿方式、矿石组合以及矿化分带等都有系统研究,因此产生了或发展了矿相学、矿田构造学、蚀变岩石学和交代成矿说、矿床矿物学、岩浆岩成矿专属性、成矿物理化学、成矿实验研究等专门领域。这些研究,一般是从针对热液矿床开始的,以后又逐步扩展到对沉积矿床、变质矿床和风化矿床的研究。因此,在本世纪前半世纪,以岩浆热液成矿理论为主体构筑了矿床学理论体系的基本框架。

发展到 20 世纪中叶,原子能开始和平利用(1951 年美国建成世界第一个核反应堆发电站),多种能源被开发,矿冶技术有了很大发展,人类已能从一些贫矿石中经济有效地提取金属原料。因此,一些新的矿种和矿床类型不断被发现,如含铜千分之几的斑岩铜矿被广泛开采,成为铜的主要来源;沉积岩中的低品位矿石也能被开发利用。矿石和一般岩石的界限更加缩小。矿石岩石学^[16]及层控矿床^[2]等概念的提出是这个时期的突出成就,它们使矿床学研究中关于火成与水成、内生与外生、同生与后生的对立争论逐步统一起来,促进了成矿理论研究向纵深发展,也给找矿勘探工作带来新的方向、前提和标志。对层控矿床以及其它复杂成因矿床的深入研究和发现,使人们建立起矿床多成因、物质多来源和成矿多阶段的观念(涂光炽,1995)^[3],从而为矿床学研究注入新的活力。

60~70 年代间,板块构造学说的提出使地质科学进入一个新的阶段,也为成矿作用时空背景研究提供了新的契机。早在本世纪上半期,区域成矿研究中就提出了成矿区、成矿时代概念,毕力宾等对地槽、地台等不同大地构造单元的成矿特点作了系统研究。板块构造学说则将矿床形成分布与全球构造运动结合起来。R H 西利托、A H G 米契尔、F J 索金斯^[17]等运用板块构造观点较合理地解释了斑岩型矿床、块状硫化物矿床等的成矿地质背景和构造动力机制。以太平洋板块对美洲、亚洲大陆的俯冲来解释环太平洋中新生代成矿域的发生发展也得到了广泛的认同。当前,板块构造学说用于说明大陆成矿作用,尤其是前寒武纪成矿作用还存在不少问题,但板块学说所带动的许多地学分支学科的发展,对认识矿床形成的全球背景和大区域背景是一个明显的促进。矿床学研究不再停留在局部尺度,已在大区域尺度广泛展开(如区域成矿学和大地构造成矿学)。

现代海底热水成矿的发现和发现,是 60 年代以来的一个重大发现。而海底热水成矿地点的多处发现反映了大洋板块活动的深层次动力背景,这不仅为研究和开发洋底矿产资源提供了前提,也为认识大陆上保存的古老海洋矿床的成矿过程和条件提供了很好的参照系。同时,对占地球近表面积 2/3 的海洋成矿作用的逐步深入认识,也为研究全球成矿规律创造了条件。

自然科学的发展要依靠科学技术和工程技术的进步,在 20 世纪后半叶,地质科学包括矿床学的发展对技术进步的依赖程度是很突出的。一些新技术和新方法的产生和应用,显著地加强了人们对成矿机理的认识能力。放射性同位素和稳定同位素理论和方法的引进是明显例子。放射性同位素方法(Rb-Sr、Sm-Nd、U-Pb、Ar-Ar、La-Ce、Os-Re 等)对矿石测年及与成矿有关的地质体年龄测定起着关键作用,而成矿年代的确定能解决成矿分析的时间维问题,其对成矿演化规律认识的重要性可想而知。此外,成矿模拟实验、同位素地球化学、矿物流体包裹体、微量元素分析及其它测试技术的运用,对认识各类矿床的物质组成、结构构造、矿质(含流体)来源、成矿环境、成矿过程和控制参量等提供了科学手段,使对成矿作用的研究逐渐由推断走向实验和查证,由定性分析走向定性与定量结合,由现象描述走向机理探索,从而不断提高了矿床学的科学理论水平。

系统科学思想在矿床学中的引进和应用,使对矿床的研究进入了整体观的阶段。成矿系列或矿床成矿系

列概念^[4]的提出,就是运用系统的、整体的观点研究矿床类型组合关系的一个范例。成矿系列研究将对矿床的单个研究,发展到对矿种共生、矿床类型组合的研究;将成矿作用研究与区域地质背景和环境更紧密联系起来。使对矿床分类研究提到一个较高层次^[5]。成矿系列概念在找矿中起到开阔思路、举一反三、明确找矿方向的作用。

成矿系列研究的深入涉及到成矿系列的成因、形成过程和动力学机制,这就发展到成矿系统研究。60年代以来,地质学家多次运用系统一词,在成矿学方面,有斑岩成矿系统、热水成矿系统等。作者认为,成矿系统是指“在一定时空域中和一定的构造背景下,控制矿床形成和保存的全部地质因素和作用过程,以及所形成的矿床、矿化和相关异常的整体”^[6]。成矿系统概念体现了矿床发生、形成和成矿后保存变化等一系列纵向地质演化历史和矿床形成、分布的时空统一整体性,体现了矿床学深入研究的方向。目前已有一些有关成岩成矿系统、不同构造体制下的成矿系统以及流体成矿系统等研究成果。成矿系统的动力学机理是研究成矿作用的重要内容,已有较系统的研究成果(於崇文等,1998)。

矿床学研究的另一个进步,是采用模型(式)法。矿床都是特定地质环境下的产物,各有其地质特色,难以用一个统一的框架加以圈限。现有的矿床分类虽能从总体上加以分门别类,从大方向上指导找矿,但是,还需要加强对一些重要矿床类型的特征的研究。因此,地质学家就以矿床模式作为研究矿床的另一种途径。在研究、对比和概括成千上万个矿床的地质、地球化学、地球物理特征的基础上,人们总结提出了多个矿床的成因模型和找矿模型^[7],对找矿工作有很好的指导借鉴作用,也推动了矿床学研究向纵深发展。

在20世纪的矿床学研究中,除了上述几点主要进展外,在新矿床类型的发现和开发(如卡林型金矿、蚀变岩型金矿、红土型金矿及科马提岩型镍矿等)、超大型矿床的探寻与研究、新的成矿作用的认识(如陨石冲击成矿作用、生物成矿作用、热水沉积成矿作用)以及成岩成矿实验等方面,都获得了重要成就。

从以上并不全面的论述可见,在20世纪中,特别是60~90年代,矿床学研究有了很大进展,这些进展反映在各时期的代表性著作^[8~11,18~21]中。矿床学研究成果帮助了矿产勘查,经过广大勘查工作者的艰苦工作,发现了一批又一批的矿产地,保证了经济和社会发展对矿产资源的基本需求。同时,矿床学研究的成果也影响和促进了地球科学相关学科如矿物学、岩石学、构造地质学、地史学、沉积学等等的发展,也出现了一些边缘分支学科,如矿床矿物学、矿床地球化学、构造成矿学、矿石岩石学、生物成矿学、层控矿床学等。

从上面的简短回顾中有以下几点认识:①经济建设和社会发展对矿产资源的广泛需求是推动矿床学研究的原动力,而矿业发展又为矿床学研究提供丰富的信息和理论观点的验证条件;②20世纪地质科学和其它科学突飞猛进,为矿床学这一分支学科的发展提供了丰厚的土壤,使矿床学研究与其它地质分支学科相互依存,同步发展。矿床学研究获得的丰富信息和理论观点也充实、丰富了地质科学这个整体;③科学发展需要先进技术的支撑。地质学包括矿床学研究的时空领域广阔,很多古老矿床又经过变化改造,如何从少量被保存的“遗迹”中发掘出更多的地质矿化信息,则要依靠先进的测试鉴定技术;④矿床学研究对象是复杂的自然系统^[6,12],需要科学的思维方法。在研究中要妥善处理局部与整体、片面与全面、个体与群体、定性与定量、时间与空间、古与今、物质与运动等种种复杂关系。要承认地壳中矿产分布的不均匀性和成矿作用的多样性,尽量避免“非此即彼”、“以偏概全”的片面性。要承认地球成矿物质时刻在运动中、变化中,只是运动的形式、强度、方向等存在差别,尽量避免固定论、机械论。同时也要承认地质成矿在运动变化中的突变性、阶段性、节律性,全面认识量变与质变的辩证关系。在研究工作中提倡学习和运用历史唯物主义和辩证唯物主义,以及系统科学等先进的哲学和思维方法。

2 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

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中发挥矿床学的基础研究作用。下面着重讨论这三个问题。

2.1 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岩成矿的阶段性、突变性、继承性和变异性等,并与其它学科一起,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”^[13];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。

2.2 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40亿吨,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,人类将探索在其它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。

2.3 拓宽研究领域,探索为矿业开发和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200亿吨的能源和矿产,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 km^3 ,而当前全球河流搬运物累计每年 4.5 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^[14]。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质学与资源地质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^[15]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为减免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)。

2.4 矿床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。矿床学与其它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,从而丰富其它学科的研究内容。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，矿床学家应与其它学科专家一起努力，推进矿床学与其它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。

3 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，寻找矿床学新生长点，特别要重视矿床学研究与矿产勘查的紧密结合，将研究成果及时转化为生产力。

当前及近期的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产科学水平，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。

本文的主要内容曾与石准立、黄华盛、蔡克勤、姚书振、崔彬、肖荣阁、杜杨松、邓军、彭润民等教授和地质大学（北京）98级博士生班学生进行了交流讨论，得到有益的启发和建议，论文初稿蒙宋叔和院士审阅，并提出重要修改意见，一并致以衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 詹森 M L, 贝特曼 A M. 经济矿床学. 俞鸿章等译. 北京: 科学出版社, 1987, 29~38
- 2 乌尔夫 K H 主编. 层控矿床和层状矿床 (第一卷). 俞鸿章等译. 北京: 地质出版社, 1978, 1~7.
- 3 涂光炽. 中国层控矿床地球化学 (第一卷). 北京: 科学出版社, 1984.
- 4 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣等. 初论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报, 1979, 1 (1): 1~33.
- 5 翟裕生. 矿床学思维方法的进步. 见: 赵鹏大, 王亨君主编. 地球科学思维. 北京: 地震出版社, 1993, 74~84.
- 6 翟裕生. 矿床地质学的发展前景和思维方法. 地学前缘, 1994, 1 (3): 1~8.
- 7 考克斯 D P, 辛格 D A. 矿床模式. 宋伯庆等译. 北京: 地质出版社, 1990, 1~13.
- 8 Evans A N. 冯钟燕译. 金属矿床学导论. 北京: 北京大学出版社, 1985, 233~252.
- 9 斯米尔诺夫 弗 伊. 矿床地质学. 《矿床地质学》翻译组译. 北京: 地质出版社, 1985, 5~12.
- 10 瑞奇 J D. 张炳熹译. 成矿概念的变化和发展. 北京: 地质出版社, 1985, 191~215.
- 11 涂光炽. 回顾30年来的矿床学. 中国地质学科发展的回顾——孙云铸教授百年诞辰纪念文集. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995, 126~134.
- 12 刘洪波, 关广岳. 矿床成因理论的历史演化. 沈阳: 东北工学院出版社, 1992, 135~194
- 13 於崇文, 岑况, 鲍征宇. 成矿作用动力学. 北京: 地质出版社, 1998, 1~24.
- 14 肖庆辉. 中国地质科学未来面临的主要社会问题. 见: 肖庆辉主编. 中国地质科学近期发展战略的思考. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991, 83~105.
- 15 翟裕生. 矿床的环境质量——一个新的地学研究领域. 现代地质, 1998 (4): 462~466.
- 16 Stanton R L. Ore Petrology. McGraw-Hill Book Company. 1972, 7~35.
- 17 Sawkins. Metal deposits in relation to plate tectonic (Chinese version). New York: Springer-Verlag. 1984, 283~294.

- 18 Guilbert J M, Park C F. The geology of ore deposits. New York: W. H. Freeman and company, 1986, 13~24.
- 19 Skinner, ed. Economic Geology—Seventy-Fifth Anniversary Volume. El Paso, Texas, USA: The Economic Geology Publishing Company, 1981, 3~5.
- 20 Старостин В И, Игнатов П А. Геология полезных ископаемых. М: Изд. МГУ, 1997, 8~22.
- 21 Билибин Ю А. Избранные труды (III) М: Изд. Академии Наук СССР, 1961, 7~60.

A DISCUSSION ON THE GEOLOGY OF ORE DEPOSITS

Zhai Yusheng

(China University of Geosciences, Beijing, 100083)

Key words: ore deposit geology, sustainable development, renewal of mineral resources, genetic metallogeny, applied metallogeny, environmental ore deposit geology

Abstract

Ore deposit geology is developed vigorously and has made a historic contribution to the exploration and exploitation of mineral resources in the 20th Century. It has already become an important branch of geosciences. A brief review of some important achievements of ore deposit geology in this century was made in this paper. No doubt, the study of ore deposit will continue to develop on its present basis in the coming 21th Century. There are three main research fields which may serve human society for sustainable development: (1) a thorough study on regularities of ore-forming events and distribution of ore deposits for the purpose of providing a new metallogenic theory for ore exploration (genetic metallogeny); (2) the broadening of its research field for exploring availabilities of geologic bodies and discovering new types of mineral resources in order that it may play a significant role in the renewal of mineral resources (applied metallogeny); (3) the combination of the study of environmental protection and the ore deposit geology with a view to establishing environmental ore deposit geology to harmonize the development of mineral industries and the environment protection (environmental ore deposit geology). In addition, the paper puts forward the opinion that the information and views gained in ore deposit research may enrich the contents of earth science and promote science popularization.