



矿床学 研究 的 新 进 展

翟裕生

矿床学的特点

矿床学是研究矿床的地质特征、矿床成因和矿床分布规律的地质学科。它研究的对象是有经济价值的综合的地质体——矿床。研究对象的特殊性使矿床学具有三个明显的特点：密切联系生产实际、综合性和复杂性。

矿床学的生产实践性很强，它是适应矿业生产的直接需要而逐步成为地质科学的一个重要分支的。采矿工业揭露出的丰富多采的矿产地质现象，是矿床学研究的源泉和基础，而矿床学阐明的矿化特征和成矿规律又指导着矿产的勘查和开发工作。一百多年来的实践表明，矿床学的产生和发展既依赖于矿业的开发，又促进了矿业的发展。矿床学是地质科学中紧密联系生产实际的学科之一，在国外一般称为经济地质学。

矿床学的第二个特点是综合性很强。矿床是由综合的自然作用形成的，涉及到地质的、化学的、物理的、力学的、生物的乃至天文的多种自然作用过程。因此，研究矿床学需要利用多方面的基础学科知识和多种技术手段。在地质学科中，矿床学也是建筑在矿物学、岩石学、地球化学、地史学、古生物学、构造地质学、地球物理学等基础学科之上的，矿床学的研究内容几乎涉及到所有地质学科。因此，一般常称矿床学是地质科学中有较高概括性和综合性的“上层建筑”。

矿床学的第三个特点是其研究工作的复杂性。矿产和各种矿床类型在地壳中分布是不平衡的，因而矿床研究中的区域局限性是明显的：矿

石采完后是不能再生的；在各类工业部门中，采矿业的周期性又是最长的；还有矿产资源的垄断和互相保密等社会的和经济的因素；所有这些都限制了人们对矿床地质情况的全面而深入观察，也妨碍了矿床地质及经济资料的及时出版交流。再加上上述的矿床学的综合性强，涉及面广；因此，这些错综复杂的因素构成了矿床学研究工作的复杂性。矿床学的研究有比较大的难度，矿床成因的认识经常是多解的。甚至当一个矿床被开采完了，而其成因尚不明确，这并不是很罕见的。

正是由于上述三个特点，致使对矿床成因的系统认识需要较长时期的资料积累过程。这就要求矿床地质工作者要努力运用唯物辩证法，坚持不懈地进行探索。但是，客观地看，在一定历史条件和经济条件下，矿床学研究中所出现的方法上的主观片面性，也是难以完全避免的。在地质科学的发展过程中，矿床学的进展与其他基础学科相比较为缓慢，也是可以理解的。在成矿理论研究的领域中，水成与火成，同生与后生，内生和外生等观点的长期争论，在一定程度上也反映了矿床研究的复杂性。矿床学也就是在随着矿业生产的增长，现代科学技术的进步，研究方法的改进，逐步地开阔眼界，克服片面性的过程中得到发展的。

矿床学研究方法的进步

本世纪五十年代以来，由于地质勘探和采矿事业的迅速发展，一批新矿床类型的发现，同位素地质、矿物包裹体研究和成岩成矿模拟实验在

矿床学中的广泛运用,以及数学地质、遥感地质、物理化学和地球化学等原理和方法的引进,逐步开阔了矿床地质工作者的视野,人们开始认识到成矿物质的多源性和矿床形成过程的复杂性,以及矿床与其地质环境之间的密切联系;注意到矿床的产生、发展和消亡过程;能针对着矿床学的特点改进研究方法;因而使对成矿理论的研究进入一个新的发展阶段。

当代矿床学研究中一些进步的方向和方法主要有:

(一) 由对矿石和岩石的割裂脱节研究发展到对矿石和岩石的综合研究。传统的岩浆热液理论强调矿石的组分来自岩浆,而与矿石所在围岩无关。岩石和矿石的研究分属于岩石学家和矿床学家,有明显的脱节现象。近年来对很多层控矿床、热液矿床的研究表明,矿石可划分为矿石类型,每一矿石类型都是特殊的岩石组合的一部分。一定系列的岩石中有一定的矿石建造,矿石与所在围岩有一定的成因联系。因此,地质环境的研究就成为矿床成因研究的基本因素,强调成矿作用是成岩作用的特殊表现形式。基于上述观点,出现了矿石岩石学(Ore Petrology)的方向,R. 斯坦通在1972年写有专著。据他们的意见,层控矿床研究已引起国际矿床学界的广泛重视,在理论上和实践上都有特殊意义,是一个很有生命力的方向。

(二) 由对内生成矿作用、外生成矿作用和变质成矿作用的分别研究,发展到对三者之间的综合研究。各种成矿作用之间的关系本来是相对的,在一定条件下可以转化,而且是互相交错的。过去,由于专业和学科分工过细,还有地区性的局限,这就难以全面认识内、外、变成矿作用的统一联系。近年来,由于矿产预测和区域矿产的综合评价的开展,以及对一些多成因矿床的研究,这种分割研究的局面有所改变。例如,大多数火山成因矿床既有岩浆、热液和构造的作用,又有地表水、地下水的掺合作用和对矿质的溶解与堆积作用,以及古地理条件对成矿的影响等。又如据对一些油田卤水和金属矿床包裹体成

分的研究,初步认为,油气盆地中的卤水可以作为铅、锌等金属的搬运介质,甚至石油(或碳氢化合物)本身也被认为是促进金属成矿的有效的还原剂,能使溶解在卤水中的硫酸盐分解成为硫化氢。因此,曾有人提出了石油—金属共生组合的概念,这就开始突破了有机成矿研究和无机成矿研究之间的人为界限,提出了矿床学中一个新研究课题。

再有,作为典型沉积矿床的盐类矿床的成因,在新近的研究成果中,也强调了火山提供部分矿质来源,以及构造活动对成盐盆地发展和盐层空间分布的重要控制作用。

(三) 由对矿床的静止、片断的研究发展到研究矿床的发生、演化和消亡的全过程,即历史矿床学的方向。过去由于主要采用富矿,忽视贫矿,只注意主要成矿阶段,忽略次要成矿阶段,因而对矿床常常只有片断的认识。近年来,由于贫富矿石兼采和大批贫矿石的利用、深部探采工作的进展(达4~5公里深)以及对矿床的深入观察,特别是由于对矿石变质组构研究所取得的成果,使人们认识到许多矿床(尤其是古老矿床)复杂的发生、发展历史。矿床生成后经受过多次变化,原生特征已被抹掉,并衍生出新的后生特征。因此,今日所见的矿石特征并非全部都是生来就是如此。这种发展变化的观点一经明确,就为不少复杂矿床成因的解释提供了钥匙。如长期各持一端(同生的、后生的)争论不休的许多层控矿床的成因,已逐步取得比较一致(或接近)的认识,即同生加后生的综合产物。

(四) 由对单个矿床的研究,发展到对成矿系列的研究。对单个的典型矿床的深入研究是矿床研究的基础工作。但是,在一个地区中,成矿不是一种孤立的现象,同一期成矿作用由于具体地质环境的差别可生出多种矿化类型,它们彼此间是有联系的。仅仅局限于单个矿床研究就不能揭示这些联系,因而就不利于区域矿产预测和深部找矿工作。在找矿实践中,人们逐渐注意到矿床共生组合是一种普遍的现象,并在近年来提出了成矿系列的概念。所谓成矿系列是指在共同的

地质构造环境中形成的，在时间上和空间上彼此接近，在成因上有联系的一组矿床类型。在深入研究对比区域地质和成矿条件的基础上，利用成矿系列的概念，一个系列中的各类矿床可以互为找矿的标志，能起到由此及彼和举一反三的作用，如宁芜玢岩铁矿的成矿系列在区域找矿中就起到了上述指导作用。

(五) 全球矿床对比和成矿规律的综合研究正在开展。由对板块构造理论的兴起、区域矿产规划、资源预测和评价工作的需要，以及对大陆和海洋的地球物理研究，促进了全球矿床对比和成矿规律的研究。地质学家普遍承认“地球科学只有在它具有世界性时，才能成其为科学”。矿床学自然也不例外，它正是在逐步克服区域局限性的过程中得到发展的。本世纪初，主要是根据少数工业国家中脉型、夕卡岩型等富矿床特征而建立起来岩浆热液成矿理论，发展到当代，世界上各类国家、各个地区（包括南极洲和海洋）的矿产勘探工作都在兴起，积累了比较丰富的矿床地质资料，完整的矿山地质资料也在增多，再加上学术交流、现场考察等工作条件的改善，使人们开始有可能进行全球性矿床对比工作，这很有利于克服局限性和片面性，加深对全球统一的成矿作用的认识。

前面主要谈了五点带全局性的工作方法，具体的研究方法不在此赘述。就以上不甚完全的论述可见，当前矿床学的思维方法确有不少改进。主要表现在很多研究工作者深入实际，独立思考，努力用辩证的、唯物的哲学观点来批判地、深入地研究成矿作用的理论。因而与二十世纪上半期比较，在成矿观点方面有了明显的变化。

成矿观点的发展变化

当前，矿床学界的学术思想比较活跃，人们对成矿的空间、时间、矿质来源和矿床发展历史等进行了深入的研究，一些新的概念和观点正在提出，有些过去被忽略的老观点也在新资料的基础上得到“复活”；一些争论趋向统一，但又新的基础上开展了新的争论。总的是对成矿作用机理的认识深入了，矿床类型和找矿地区扩大了，

从而促进了找矿勘探工作。

近年来，成矿观点的发展变化涉及范围很广，这里侧重谈谈与内生成矿有关的一些主要观念。

(一) 表生成矿作用 过去，除了沉积矿床、风化矿床和少数火山矿床外，对于地表和近地表的成矿作用注意不够。近年来，对火山矿床、岩溶矿床、生物成因矿床以及现代成矿作用的观察研究，显示了表生成矿作用的重要性。如智利拉科陆相火山岩型铁矿的发现，说明地壳一定深部的矿浆可以喷溢到地表，像熔岩凝固那样，富集成为磁铁矿石。除了这个陆相生成的矿浆型矿床外，瑞典的基鲁纳被认为是海相火山岩系中富铁矿浆喷溢的产物（也有人认为是贯入的）。我国的宁芜、云南、新疆等地区近年来也发现了矿浆喷溢型富铁矿床。除上述氧化物矿浆外，地表硫化物矿浆的成矿作用也有所发现。如在南非科马提河流域发现了富镁超基性岩中的铜镍硫化物矿床，夏威夷岛的基纳维亚火山熔浆中有熔离成因的硫化物球珠等，说明除在地下深处外，在一定条件下，与基性—超基性岩有关的铜镍硫化物矿床可以在地表附近生成。此外，酸性凝灰岩中的铀、钍、氟矿床（化），在一些国家中也屡有发现。

上述事例说明，除了各种岩浆能通过断裂逸出地表形成各种火山岩外，还有矿浆、矿液、喷气等都可在有利条件下，在地表富集。另外，深处形成的与侵入岩有关的岩浆成因矿床，在地表也可有其相应反应产物。因此，人们已开始认识到，与火山活动有关的矿床要比以前设想的多得多。由于认识的提高和研究工作的深入，过去被简单地鉴定为热液型、接触交代型或沉积型的部分金属矿床，目前已查明是与火山活动有关的。例如，据有关部门研究，白银厂铜矿过去认为是热液型的，现在有较多证据说明它是海相火山成因的，是包括多种成矿方式在内的火山成矿系列。这一类型矿床以及相近似的黑矿型矿床，近年来也有了比较深入的研究。

再就是现代海底湖底正在进行的金属富集现象，除去人们熟知的红海、索尔顿湖和切列肯地

区的热卤水中的金属富集外,据1980年26届国际地质大会报道,美、法两国联合进行的海底潜水艇考察,又有新的发现。在东太平洋洋隆的轴部,发现了矿石级的锌、铜、铁的块状硫化物矿床。过去,虽然预言在深海底部存在这种矿床,但是没有提供支持这种预言的观测证据。在北纬20°,西经109°地区发现的这种矿床包含了至少29%的金属锌和6%的金属铜,还有铁、铅、金、银、铂等。此地海水深约2620米,有250个大气压,温度高达400℃。在整个潜水考察期间,都看到了热液作用的痕迹:包括已死的巨蛤的集群,在底部明显的颜色污染,和在断裂陡崖表面的有色的矿化等。这个发现,将对深海勘查提供一个新的注意中心,对于洋壳较上部层位金属的富集将导致新的估价。这种现代成矿作用的直接观察,对认识古海底喷发成矿作用也是很有启发的。

与上述有关的现代地表附近热泉、高热异常区等既是一种新的能源资源,又是探索古代地表热液活动的重要线索。

另外,在石灰岩发育地区,在由喀斯特作用造成的岩溶洞穴中,有从海水或地下水中沉淀出来的金属硫化物的堆积,形成同生的沉积矿床。岩溶主要是古岩溶作为一种控矿构造,也已引起人们的重视。岩溶型矿床在国内外已屡有所发现,是颇有潜力的表生矿床类型,在碳酸盐岩地区找矿工作中应加重视。

基于上述,在地表这个内力、外力地质作用的交接地带,尤其在海、陆交互地带,有利于地球化学元素的分异作用,有利于形成多种矿床类型。只要在矿床形成以后的保存条件较好,将能提供比过去丰富得多的矿产资源,也将可能发现一些新的矿床类型,包括有希望在各种火山系列中都可找到相应的火山矿床类型。在今后的预测和找矿工作中,古火山岩建造和火山机构、古岩溶地区、古风化壳、不整合面、古海陆交互区等都将是值得重视的成矿环境和条件。

(二) 同生成矿作用 同生成矿理论研究的进展,主要表现在对很多“远温”硫化物矿床的成因解释,由原来的热液交代观点,改变为矿床是同生沉积再加上后期热液叠加改造的观点。这

主要包括两种情况,一种是初始生成的矿胚或矿源层、非工业矿化等,在后来的成岩、后生、变质及热液作用下,使原先的成矿物质重新组合,生成更为富集的工业矿床。或者是原先已是矿体,又经过后期的各种构造、变质作用发生形态产状、组织结构以及矿物化学成分的改造(程度不同),成为带有热液作用、构造作用和变质作用痕迹的矿床。目前,大多数层控矿床是属于以上两种成因的。在同生成矿阶段中,沉积、成岩、有机分泌、吸附、选择性萃取、火山喷气、矿浆喷溢、洞穴堆积、以及热泉堆积等,都是重要的成矿机理。

实验室工作查明,常见的黄铜矿和斑铜矿能在室温条件下的水溶液中形成(Nixon,1961)。这就为解释硫化物矿石的同生沉积观点提供了化学上的论据。而新近发表的上密西西比地区单个闪锌矿地层(厚几到十几厘米)在横贯矿区的几十里范围内可以进行对比的事实(颜色、FeS含量、厚度、组合关系等),反映了在该区闪锌矿沉淀时化学条件的稳定如一。这又从地层学的角度提供了支持同生沉积成矿的证据。

现在所理解的同生成矿的概念,是指矿体与围岩是在同一地质时期形成的,是在共同的地质环境中形成的,强调矿石类型和特定的地质环境的统一。至于在金属沉积后的成岩、后生等作用过程中,金属和造岩组分在进一步运移的方式和速度等方面的差别,并不妨碍对同生成矿作用基本概念的理解。事实上,真正简单的同生矿床只有在现代才具有,古老的同生矿床都或多或少地带有后生甚至变质的迹象,包括常见的侧分泌的矿物脉体等。

同生矿床都是在一定的大地构造和岩相古地理环境中生成的。因此,这类矿床的找矿地质条件,首先是地层、岩相、古地理、古气候、古水文地质、古火山作用、金属来源及金属沉淀剂等,从而给人们提出了与岩浆热液观点迥然不同的找矿方向。正如King所说的“同生概念提供了这样一种展望,它使矿石的产生可以理解,……甚至可以预测”(1976)。实际上,同生成矿观点在地质找矿工作中已经取得明显效果。因而,同生

观点的广泛流传并不是偶然的，尽管作用过程的细节仍然处在颇大的猜测和争论之中。

(三) 成矿物质就近、就地供应的观点 传统的岩浆热液观点强调成矿物质来源于地壳一定深部，而与矿旁围岩无关。20多年来，对矿石和围岩的精细观察表明，在许多矿床中，它们二者有成因上的联系。长期被忽视的侧分泌说又引起人们的重视，并有新的发展。这些发展表现在：各种成因热液都可在对围岩作用过程中获得成矿物质；成矿物质可来自一个地区内的各种岩石，而不仅限于矿体周围岩石；矿液可是下降水，也可以是上升的热液，如蚀变花岗岩的成矿模式和玢岩铁矿成矿模式，都表明在矿体的下部存在着矿质的浸出转移带。

在下降水淋滤成矿的实例中，苏联克里沃罗格沉积变质铁矿石的淋滤富化作用较为著名。地表水经破裂带下渗加温，因去硅作用而使硅铁建造中铁质富集，形成富矿石。

在区域变质过程中生成的热液，常富含K、Na、B、F、CO₂等矿化剂，能使岩石中一些金属元素发生活化转移，形成工业矿床，如绿岩系中的金矿和一些白云岩中的菱镁矿等。

还有一种就地供应矿质的实例，如土耳其的Dirrik铁矿床，是蛇纹岩化橄辉岩被第三纪花岗岩侵入，有关热液淋滤带走SiO₂、MgO等组分，在上部岩石中发生白云石化和生成石英脉，而使残留铁质就地富集成为矿石。我们称这种矿床为接触淋滤残积型矿床。

上述这些矿化类型的成矿物质，基本上都是就地或就近从附近围岩中淋滤出来的，并非经过很长距离的搬运。这种成矿作用所需要的基本条件是：①岩石中成矿元素含量较高，包含这些元素的载体矿物丰富（如含铁的辉石、角闪石和黑云母）；②这些岩石的孔隙、裂隙比较发育，能使矿液广泛地渗流，与载体矿物充分接触，有利于浸出矿质；③有足够数量的、含较多矿化剂的、一定温度的水溶液，在物化条件较稳定的条件下，长期在矿源岩（层）中反复环流，以完成比较彻底的渗滤浸取作用。

Amstwtz (1964) 曾以一种精巧的图解对比

了传统的和新式的矿石成因概念，突出了矿质来自主岩或近旁围岩的观点（自生的）。这种新的思路已经广泛运用于矿石岩石学的研究中。

总的看来，就地（近）供应矿质的观点值得进一步研究，有关的矿床类型可能有着巨大的远景。

(四) 矿床的形成和演化历史 达尔文的进化论发表已一百多年了，可是直到近20年来才比较系统地应用这个观点来研究矿床。人们已经普遍承认，一个矿床的形成是长期地质作用的结果，许多矿床在形成后又经历过各种各样的后期变化。我们今天所看到的矿石、矿体以及围岩特征并非初生时都是如此，在它们身上或多或少地保留了历次地质作用遗留下的痕迹。通过精心的观察，和对微观的成矿信息的测试，我们可以把矿体所经历的主要的地质作用过程恢复起来，建立起成矿发展史的模型，提出多阶段、多成因等观点，因而使矿床学研究工作的面貌焕然一新。

对一些典型矿床的发展史的研究表明，这些矿床大都是多期成矿、叠加成矿的，属于复成多因矿床或多成因矿床。许多古老的层控矿床都具有这种特征，它们既有同生成矿的标志，又有后生改造的痕迹。在以往的不少研究工作中，由于缺乏发展的观点以及缺乏先进的技术手段，往往强调矿石成分和构造结构的不变性，即今日矿石仍保留着成矿当时的原生状态。这样就把问题简单化了，使研究工作走向歧途，这方面的经验教训是很值得借鉴的。我国有相当数量的大型矿床是多成因的，其矿物组合和形态产状是复杂的。这与我国多数地区岩浆、构造活动频繁，叠加成矿作用明显，颇有关系。

除研究单个矿床的发展史外，近年来也已注意研究区域的成矿发展史，包括区域成矿的继承性。成矿继承性指在一个成矿区域中，同一矿种在不同地质时代多次活动、多次富集成矿，因而形成多个成矿时代，各次成矿间且有一定的继承转化关系。例如湘黔的锑矿，据认为从寒武纪到第三纪均有矿化，锑先后以脉状辉锑矿、交代型辉锑矿以及锑结核的形式产生并继承下来。又如意大利撒丁岛的铅—锌—重晶石矿床，先是同生

沉积成因的，以后是非岩浆成因的热液的叠加，再后是岩浆热液作用的改造，因而形成多种成因的矿床类型。又如我国的淄河铁矿，经我们研究认为先是在上寒武—中奥陶统为沉积成菱铁矿层；以后经过燕山中晚期岩浆侵入体的热和热液改造，局部成脉状；最后是表生淋滤和溶洞堆积。不同成因类型之间有着转化和因果关系。

区域成矿继承性受区域地球化学特征所制约，一定区域中某（几）种矿质在漫长地质年代中的稳定的相对富集是造成多个成矿时代的前提，至于哪些成矿元素，在什么时期，通过哪些地质作用，形成哪些类型矿床，则要具体分析。据现有的初步资料，Cr、Ni、Co、Pt等稳定元素，在成矿后又遭受地质作用时，因其化学惰滞性而不易被活化转移，因而除形成砂矿床外，其成矿继承性不明显。而Cu、Pb、Zn、Hg、Sb、As以及U等活动性元素，其活化转移能力强，当它们形成矿床后，又遇到地质环境和物理化学条件的重大变化时，能由所在矿床转化为另一种形式的富集成矿，因而这些金属的成矿继承性较为明显。例如，早期的含铜砂页岩型矿床，在经受后来地质时期的岩浆作用时，铜等金属被同化混染，又在岩浆晚期气液阶段相对富集，而有生成斑岩铜矿的可能性。

近年来，在研究成矿作用演化问题方面又出现了一些新的概念，如时控矿床；也形成了新的研究方向——历史矿床学。

成矿继承性研究要与区域成矿时代、区域地球化学定向发展的研究结合起来。其研究的意义在于：当在区域中发现某一时代的某种矿床类型时，应注意在该地区寻找是否还存在属于其他时代的同一金属的其他类型的矿床。

总之，表生成矿作用、同生成矿作用、矿质的就地或就近供应，以及矿床演化历史等观点，因其能解释相当数量的矿床的基本特征，在找矿工作中有一定效果，因而受到相当的重视和研究。可以说，这是20多年来成矿理论研究中的主要进步所在。但是，在另一个方面，就传统的岩浆热液观点来说，也并非一无是处了。客观地看，原来岩浆热液观点所“勉强占领”（牵强地

解释）的阵地（如对所谓“远温”矿床的成因解释）有一部分让位给同生成矿观点了。但岩浆热液观点中能反映实际的那一部分理论概括则经得起找矿实践的检验，而被保留下来，并且在近年内有所发展和提高。例如，岩浆多成因和热液多成因观点，岩浆分异包括火成堆积作用的观点，花岗岩与成矿作用、多期次侵入活动对成矿的影响、矿浆成矿作用、火山成矿作用、蚀变成矿作用、岩浆热液成矿的物理化学模式、成矿时间和空间的模式、地质年代学应用于成矿历史的研究以及一些主要类型的矿床成因模式（如斑岩型、夕卡岩型、花岗岩型等）等等，都有比较深入的研究成果，对指导找矿也起到积极的作用。由于篇幅限制，不再一一赘述。

总之，近年来，同生、表生成矿观点有了前所未有的发展，岩浆热液成矿观点也有了一定的修正和提高。成矿作用是复杂的，但又是可以认识的。我国一些学者（涂光炽等）所强调的“三多”（多来源、多阶段、多成因）成矿观点就体现了对成矿复杂性、多样性的认识，而成矿系列和成矿模式的研究又体现了矿床学综合研究的进步。关于成矿系列另有专文阐述，下面再谈谈成矿模式的研究。

成矿模式的研究

当前，在地质文献中，利用模式（模型）来概括地说明所研究的问题，已经是比较流行的方法。其实，模式研究并非新事物，早期的葛朗特的岩浆—金属成矿树和艾孟斯的围绕岩基的金属成矿分带都是成矿理想模式。近年来，由于生产技术的突飞猛进，更多矿化现象的揭露和综合研究工作的加强，使研究者更多地注意到各种事物之间的内在联系。正如恩格斯说的“自然科学发展到今天，再也逃脱不了辩证的综合”。一个好的模式图可以清晰地描述整个自然系统，指出各个部分、各种因素之间的相互联系，以及启发我们找出自然界中某一部分作用发生发展的原因。一个好的模式图要有根据、有见解，给人以启发，甚至还可以作为假说、理论的前提或类似物。

模式图的推广和流传，说明地质知识的精练

有现实的重要性，这也是地质科学在描述性基础上发展到高度理论性的必经过程。

成矿模式（成因模式、矿床模式）是用简明的图表等形式对矿床地质特征、矿床成因和分布规律的高度综合和概括。如黑矿模式、玢岩铁矿模式、赣北铜矿“多位一体”模式等，都是不同程度地对自然成矿作用的一种抽象。

成矿模式中一般要包括矿石品位、储量、化学性质和矿物组合、围岩性质和蚀变晕等方面的资料，以及表明有关矿石（床）类型间的联系及其共同的地质背景；也还要表现成矿时间、空间两个变量以及矿液来源、矿液运移方式、成矿温度、压力和成矿方式等内容。

成矿模式有三种基本的表现方式：（1）图解式；（2）流程图表式；（3）概念化的表格式。也有的学者用简明的文字或公式表现某一种成矿模式。

模式图有定性的和定量的，现在多数是定性的。定量的模式将逐步增多，定性的也不会消失，因为对事物的认识总是由定性到定量的。

成矿模式图反映了勘查和采矿工作长期积累的成果，是在大量细致的地质研究的基础上进行综合研究的产物。一个成矿模式图的拟定，要经过反复的研究、对比，既根据系统全面的地质的、地球化学的和地球物理的资料，又借助于同位素、包裹体测温及成分研究、成矿成岩试验以及热力学分析所提供的数据。在成矿模式中广泛采用物理、化学和物理化学的参数是当前的趋势，这将有利于对控矿因素和成矿机制进行统计分析和数学处理，有利于提高矿床学研究的定量化程度。

在全球矿床类比基础上提出的成矿模式或矿床模式，具有较大的概括性和代表性，因而能在更大范围内起到指导找矿的作用。如国外一些地质人员对斑岩铜矿的侵入体特征、控矿构造、成矿时代、蚀变矿化分带、矿体赋存规律等进行了全球性的对比研究，划分出几个跨越洲际的巨型矿带，并提出了斑岩铜矿的矿床模型。在此理论指导下，不仅在南、北美洲滨太平洋矿带又发现了新的斑岩铜矿，在菲律宾和巴布亚新几内亚等

地也相继找到了大型矿床。

成矿模式的研究对矿床成因分类方法也是一个突破。传统的矿床成因分类多是以成矿作用为纲，忽视成矿的地质环境；各类矿床之间的界限又过于死板，有人为的割裂。而以矿床成因模式来分类，就能全面地反映矿床地质特征、形成环境以及各类矿床之间的内在联系。这就比单以某种成矿作用为基础进行的分类方法更灵活些，因而较易在实际工作中使用，是一个值得注意研究的方向。

总之，成矿模式的研究推动了矿床学研究的深入。有人认为，近20年来成矿理论研究的主要成果表现在提出四个成矿模式：（1）斑岩型矿床的热液蚀变模式；（2）密西西比河谷型矿床的古含水层模式；（3）沉积型铜矿的萨布哈模式；（4）块状硫化物矿床的火山成因模式。此外，还有些模式用来表述大地构造条件与成矿作用的联系，如用板块构造观点来理解斑岩铜矿的成因和空间分布。

应该指出，一个正确的而不是臆想的成矿模式只是代表了某一地区的成矿规律，或某一矿床类型的综合研究成果，它反映了人们现阶段的认识水平，是认识发展史上的一个阶段，不是僵化的，而是可以发展变化的。例如，就斑岩铜矿模式来说，开始有石英二长岩型模式，而后有岛弧型模式、正长岩型模式和闪长岩型模式等，反映了成矿区域背景和岩石类型等方面的差别，也反映了认识上的日趋全面。又例如，现有的宁芜玢岩铁矿模式还只是反映了含矿岩体与有关矿化类型的时空联系。如果考虑到长江中下游地区广泛分布的膏盐层和含磷层等对玢岩铁矿形成作用的影响，再考虑到闪长岩系列的分异过程以及含矿流体析出的时、空条件，则玢岩铁矿的成矿模式也应作适当的补充和修改。

再有，成矿模式是概括成矿作用的一种手段，它反映的主要是共性内容。有些模式图则又带有地区性特点。因此，在运用这些模式研究具体矿区或区域的成矿规律时，要从实际出发，对具体情况进行具体分析，不能生搬硬套，否则，如同五十年代在地质勘探工作中对待勘探网度那

样,在不少地区的勘探工作中是吃过亏的。举例来说,我国铜厂的斑岩铜矿的铜化蚀变分带,就是以侵入岩体接触带为中心向两侧展开的,这与以矿化岩体核部为中心的模式就有差别。

总的看来,如果运用得当,模式图是一种好的研究手段。成矿模式图的发展方向是:综合、定量,用物理化学原理解释成矿作用,引进有关的参数。矿床学在其由描述性的→模式分析的→高度理论概括的发展过程中,模式分析是有其生命力的。

加强对成矿理论的研究

当前,我们面临着找寻盲矿,找寻新矿床类型的迫切任务。在新的形势下,广大地质工作者深切地感到,要想打开找矿的局面,就要用新的成矿理论和概念来武装,就要采用新的技术手段,而前者又是带有指导意义的。实际工作表明,无论是矿产预测,选区,评价,勘探开发等任务,都需要奠基于对成矿作用和矿床类型的正确认识。成矿理论对指导找矿的现实意义,再没有比今天这样明显了。因此,加强对成矿理论的研究,已经是地质找矿工作中的当务之急。我们现仅就如何加强成矿理论研究,提出以下几点初步意见。

(一) 掌握正确的思想方法。前已提到,矿床学是随着采矿事业的进步而向前发展的,是在不同成矿观点的争论中前进的。一些矿床成因观点的反复争论固然是由于人们对客观事物规律性的认识需要一个长时期的过程,每一种观点都受到当时社会环境和经济地理条件的限制。但是,也应看到,一些研究者思想方法上的主观片面性,也妨碍了研究工作的进展。如长期以来,关于矿床成因的不同观点之间很少互相补充,互相渗透,而只是互相排斥,彼此“对抗”,并不注意合理的综合。这就在一定程度上妨碍了对矿床成因的全面系统的认识。因此,在研究成矿理论时,尽力避免片面性,是一个应该强调的问题。“三多”观点(矿质多来源,矿化多成因,成矿多阶段)的提出就是克服片面性所取得的积极成果,它正在促进着成矿理论研究的深入。

但是,“三多”是总的对成矿作用的复杂性和多样性的理论概括,具体地运用到不同地区,不同矿床类型,则要深入实际,进行系统研究。既要尽力查明主导因素(如主要的矿质来源,主要的成矿方式,主要的成矿阶段),又要考虑多种因素的作用和影响。这样,就有可能深入、全面地认识成矿作用的机制,而不是笼统地把对立的观点调合起来,简单地套用多来源、多成因、多阶段的模式。

正象其他理论的发展过程是总结过去,推动将来那样,“三多”观点既全面概括了对矿质来源、成矿方式和成矿阶段的已有认识,同时又提出了新的更深入的研究课题。研究多来源就要鉴别出有几种来源,划分出主要来源和次要来源,还要尽力查明几个来源间的相互联系(如混合源)。研究多成因、多阶段也是如此,既要区别开有几种成因,又要判别哪一种是主要成因。例如,白银厂铜矿的成因和阶段有海底火山喷发、次火山热液、沉积、热液叠加、区域变质以及后来的表生变化,几乎把所有的成因类型都包括进去了。那么,找矿先决条件是什么?找矿标志是什么?到哪里去找?这就需要把主要成因、主要控矿因素查清楚,以便于实用,指导找矿。类似的问题在研究一些古老的、复杂的矿床时是会经常碰到的。所以,要深入对“三多”的探讨,注意鉴别,抓住联系,区别主次,并追溯成矿的发展演化过程,这样就必然推动着成矿理论研究的深入。

(二) 围绕找矿这个中心,加强基础地质研究。矿床是在多种地质因素的综合作用下形成的。要查明控矿条件和成矿规律,首先要深入研究与此有关的基础地质问题,以便使对矿床成因和分布规律的认识建立在准确无误的基础地质资料之上。近年来国内外一些矿床的发现和老矿床的扩大,在很大程度上是由于开展基础地质研究的结果。如我国赣南、粤北钨矿,水口山外围铅锌矿,个旧和大厂的锡矿,以及城门山铜矿的储量扩大和新区发现,都主要是靠加强基础地质,深入研究控矿地质条件,进行地质类比而提高了找矿效果的。又如日本黑矿资源的扩大,主要是

在研究构造、地层、火山岩及蚀变作用的基础上，通过综合分析进行推断而实现的。

上述情况表明，即使是在工作程度较高的老矿区中，也还有不少基础地质问题需要深入研究，也还有发现新矿床、矿体的可能性。因此，我们要在综合整理已有的丰富资料的基础上，提出深入研究的课题，进一步做好观测、编录、制图、测试等基础工作，要抓住与成矿、控矿有关地质现象的细节，多方比较和论证，尽力查清。同时，也要处理好加强基础地质与利用新技术、新方法的关系。一些新技术手段（如电算、遥感、新的物化探方法和测试方法）确实很需要，要积极创造条件开展。但也不能因此而忽略基础地质研究。因为，一切技术手段是为解决地质问题服务的，也是为提高地质研究水平服务的。基础地质工作做细了，就不仅使新技术、新方法的应用有更明确的目的，而且也愈能提高新技术资料的判读使用效果，更有利于发挥新技术方法的作用。因此，要做到统筹兼顾，处理好三者的相辅相成关系。

加强基础地质工作，主要是进行新型地质填图，开展岩矿测试，进行必要的专题研究和加强综合研究。在我国目前条件下，落实以地质找矿为中心，提高各个工作环节的地质效果，仍然有着现实的意义。

（三）从我国矿产地质的实际出发，把学习和创造结合起来。我国地域辽阔，地质历史比较完整，构造类型繁多，矿床丰富多采，矿产资源还有较大的潜力。这些都是发现新矿床，研究矿床成因和分布规律的有利条件。我们目前的理论水平总的还不够高，技术手段还不够先进，这是我们的不足。因此，在整理、总结我们经验和成绩的同时，还要努力引进和消化外国的先进理论和

技术。目前，在这方面已作出相当的努力，但也有些问题值得研究，主要是如何把学习和创造结合起来。我们认为，在学习外国的经验时，要注意分析，分析国外取得这些经验的时间、地点和条件，注意各国不同的成矿地质环境。要注意发现和抓住其成矿理论或概念中本质的东西，因地制宜地灵活运用。要尽力避免在不甚了解、资料不足的情况下，生硬地套用某些流行的观点。要从我国的地质特点出发，总结出自己的理论性成果，以提高我国的矿床学水平。

另外，“地质学只有在世界的广度上才能成为科学”。我们应该改善矿产地质科技的管理工作，抓紧培养一批通晓矿床地质科学，熟悉世界主要矿床特征，有广阔的理论基础，并具有独创性研究能力的地质人员，尽快把我国矿床学研究引入世界领域，通过对比和综合研究，更深入地认识我国的成矿条件和矿床分布规律，促进找矿勘探事业，解决四化建设的资源供应问题，同时也为世界上整个矿床学的发展作出应有的贡献。

主要参考文献

- [1] 袁见齐、朱上庆、翟裕生主编，1979，矿床学，地质出版社。
- [2] 中国科学院地球化学研究所，1980，七十年代地质地球化学进展，科学出版社。
- [3] 翟裕生，地质科学，1981，第2期。
- [4] K. H. 乌尔夫主编，1976，层控矿床和层状矿床，1~7卷（中译本），地质出版社。
- [5] R. L. Stanton, 1972, Ore Petrology, McGraw-Hill Book Co.
- [6] Ivans, 1980, An Introduction to Ore Geology
- [7] В. И. Смирнов, 1976, Геология полезных ископаемых, Недра-М.

