

成矿规律若干问题研究

梅友松

(北京矿产地质研究院, 北京 100012)

[摘要] 文章特为庆祝北京矿产地质研究院成立50周年而作。内容分3个部分:(1)有色金属矿床成矿分区。论述了重要有色金属(含贵金属)矿床共生组合特点及其产生的原因,包括大陆地壳基底岩层成分分区与后生金属矿床成矿分区的关系;在钾含量高低不同的岩石系列环境中金属矿床产出特点。(2)金属域边缘线性构造成矿相关问题概述。在成矿分区所形成的金属域内,重要有色金属矿床产出特点概括地说是,在空间上产于地质(构造)体的转化(过渡)部位,在时间上形成于成矿地质过程的转化时期,定位于有利的转化界面附近。在此基础上,论述了成矿(区)带产出特点和控制矿田、矿床和矿体产出的构造等。(3)同位成矿及其找矿意义。论述了幔源与壳源在地壳中形成的岩浆房作用下,特别是在上地壳下部产出的影响地域广、关系矿种多的岩浆房和含矿热卤水库的作用下,在陆壳基底成分的支配和影响下,保持相对稳定的成矿热活动中心,具有成矿与保存最佳条件的配置和协同作用,就可产生同位成矿作用,进而形成大型—超大型矿床。

[关键词] 成矿分区 边缘线性构造成矿 同位成矿

[中图分类号] P612 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2005)06-0003-012

北京矿产地质研究院成立50年来,在科研紧密为找矿服务的方针指引下,形成了适应矿产勘查需要、专业配套、工作卓有成效的社会公益型研究单位。在出成果、出人才的道路上取得了重大的成就,提出了有关原创性的新认识及其技术方法,综合研究总结了有色金属矿产地质的相关成果,指导找到了大型矿床,形成了自己的特色。这是一支淡泊名利、埋头苦干、讲究奉献的队伍,而知者不多。现仅就与地质找矿评价的有关问题简要做以下介绍,期望有益于今后的找矿勘查工作。

1 有色金属矿床成矿分区

有色金属矿,特别是不同矿种的大型—超大型矿床的产出具有明显的分区现象,因此在什么地方,找哪些矿种、哪种类型的矿床易于收到好的找矿效果,这是矿产勘查工作首先必须关注的问题。我们较早(1982)就进行了探索,现简要介绍一些主要认识。

1.1 矿床共生的有关特点

矿床这种共生组合在一定的区域范围内和具体矿床中均表现出有类似的特点。例如钼矿规模大、

品位高($Mo \geq 0.1\%$)的矿床发育地区或矿床中,铜矿的规模一般较小,常不出现大型斑岩型、夕卡岩型铜矿床等。如钼矿规模大但钼品位低($< 0.1 \sim 0.05\%$),或钼品位高($Mo > 0.1\%$)但钼矿规模小,可出现中型规模的前述类型的铜矿床,但难于出现大型铜矿床。以铜为主的大型—超大型斑岩铜(钼)矿床,钼的平均品位常小于 0.05% ,如世界最大的丘基卡马塔斑岩型铜(钼)矿床,钼的平均品位为 0.03% ,我国德兴铜厂超大型斑岩铜(钼)矿床,钼平均品位 0.01% ,但这种共(伴)生的钼矿,也可达到大型—超大型的规模。由此可以认为,在规模大、品位高的钼矿床发育地区或其相关的矿床中,找铜矿是不利的,难于找到大型—超大型斑岩型、夕卡岩型铜矿床。但在这样的地区或独立钼矿床附近,除找钼矿有利外,一般说对找相关类型的金矿、铅锌银矿床等有利,可以找到这些矿种的大型矿床。因此北京矿产地质研究院咨询规划处及其以前的工作,不强调在冀北—辽西的华北地台北缘和豫西洛南的华北地台南缘地区找铜矿,而强调和部署在这些地区找银铅锌矿、银(金)矿、金矿和富钼矿等。通过有色地质勘查队等单位的长期工作,找到了前

[收稿日期] 2005-07-15; [修订日期] 2005-08-20; [责任编辑] 曲丽莉。

[作者简介] 梅友松(1933年-),男,1954年毕业于原中南矿冶学院,教授级高工,现主要从事矿床地质找矿和勘查工作。

述相关矿种的大型、中型规模的矿床,取得了好的找矿效果。

再举一个具体矿床的例子来说明这点。有色某地质队在某地找铜矿已工作多年,找铜矿的效果不佳,为此,2004 年我们去研究这一问题。该区与成矿有关的是中酸性小侵入体及其相关的角砾岩筒,在矿区有一钻孔,见钼矿厚达 103m,钼平均品位 0.27%,其他有关钻孔见钼矿也较好。据此我们认为在本区主要是找钼矿,兼顾找铜矿,并且指出找铜矿的前景是不大的。同时根据该区的情况,认为在小侵入体外围 1~2km 处的有关部位找金矿有较好的找矿前景。通过地质队的工作,也证实这些认识是对的。

除上述情况外,在有关类型铜矿床发育好的矿区及外围,可出现规模大的独立金矿床,这点是值得注意的。

1.2 大陆地壳基底地层成分与成矿分区

在此主要阐述硅铝层基底形成后,特别是中生代以来所形成的许多铜、铅、锌、钨、锡、钼、金、银、锑等重要矿床的成矿分区与基底地层成分的关系。

1.2.1 中基性为主的火山岩基底区(中深变质,含基底混合岩)

在此基底区,特征的重要后生矿床是金、钼,再就是银、铅锌矿床。这种情况以华北地台北缘、南缘和东侧最为典型,但这些地区陆壳形成后的矿产其赋存部位是有差别的,如金矿多产于这种基底岩层中,钼矿主要赋存在这种基底上的盖层中。重要的铜矿床是与基底火山—沉积岩有成因关联的变质岩型铜矿床(如红透山、大红山铜矿床等),及与其有关的红层中的铜矿床(如云南六直)。在这种基底地层区,一般难于找到大型斑岩铜矿床和大型夕卡岩型铜矿床。

1.2.2 粉砂—泥质基底区(含火山物质,浅变质)

在这种陆壳基底区,在后期地质作用下于不同地域或部位可产出后生的铜、铅锌(银)、锡、钨、锑、金等不同类型的重要矿床。如赣东北—长江中下游地区的铜矿床;甘南、陕南和湘南粤北地区的铅锌矿床;个旧、大厂锡矿床;锡矿山、木利锑矿床;柿竹园、瑶岗仙夕卡岩、云英岩等类型钨多金属矿床和德兴金山、湘西金矿床等。

1.2.3 碳酸盐—砂泥质基底区(与基底火岩相关)

这类基底,在基底中可出现重要的铜矿床(如东川)、铅锌矿床(如东升庙),后生矿床主要是铅锌矿床(如会泽、茂租和天宝山等)和金矿床(如搏卡

等)。其次可出现锡矿床(如泸沽),常不出现钼矿床和重要后生铜矿床。

1.2.4 砂质基底区

该基底区的特征矿产是品位高的石英脉黑钨床(如赣南、内蒙大伏寺等)。

上述基底地层区的特征矿种和重要矿种,多与该基底主体岩石中平均含量最高或较高的金属元素相对应。例如页岩中锑较其他岩石高一个数量级,锡含量也较其他岩石高一倍以上,它们都是粉砂—泥质基区的特征矿床。石陨石可以和地幔岩比拟,其中含金最高,金正好是中基性火山岩基底区的特征矿床。钨平均含量以页岩、砂岩和花岗岩中最高,而花岗岩主要是砂页岩的再生产物,因而重要的钨矿床出现在砂质和粉砂—泥质基底区。锌平均含量的最高值既见于中基性岩,也见于页岩中,因而前述两种基底区均有其重要矿床产出。在此要做探讨的是铜、钼、铅这 3 个成矿元素。铜在基性岩、页岩粘土质岩中最高,但后生重要铜矿床主要发育于粉砂—泥质基底区,中基性火山岩基底区除在基底岩中可出现重要变质岩铜矿床外,未发现大型后生铜矿床,这可能与该基底变质较深铜元素不易转移等因素有关。钼与铜一样在前述两类岩石中含量高,但钼是中基性火山岩基底区特征性重要矿产,而在粉砂—泥质基底中未发现重要的独立钼矿床(待后述)。铅在基性岩中含量虽较低,但与锌关系密切并易于转移,因而在上述相关基底区,可形成重要的后生铅锌矿床。

更值得重视的是,从一些金属矿床分布区的资料来看,这些地区基底岩层中有关金属元素的平均含量,比地壳中同类岩石的平均含量还要高得多,可高出几倍至几十倍,而且可能是,在地壳中含量愈低的,和易于迁移的金属元素,在成矿区域内,基底地层中高出地壳平均含量的倍数愈大才有利成矿。基底地层中富集的元素,也常是该区后期沉积岩、变质岩和侵入体中富集的元素。

例如赣北—鄂东地区,陆壳基底地层成分是中元古界双桥山群,其主要岩性属粉砂—泥质基底(含火山物质)。赣北双桥山群铜含量为地壳中同类岩石平均含量的 4 倍左右,上覆地层中也为 3 倍左右。德兴地区含铜量略低一些,但仍有 126×10^{-6} 。因此该区域的矿化以铜矿为特征,多处产出大型、超大型铜矿床。德兴地区铜含量降低,可能与成矿时铜向成矿部位转移集中有关。

赣南地区,陆壳基底地层成分,其主要岩性属砂

质基底,在地壳中这类岩石钨平均含量属最高之列。在赣南钨矿成矿区域其含量就更高,据有关资料,赣南自震旦系至二叠系岩层,以砂泥质岩石为主,其钨含量,为同类岩石平均含量的10倍左右。印支期、燕山期花岗岩平均含钨 22×10^{-6} ,也为地壳中花岗岩的10倍左右。赣南是以产出规模大、品位高的石英脉黑钨矿床为特征。

冀北、吉林省夹皮沟、山东招掖金矿区,基底是属中基性为主的火山岩基底区,这些地区基底岩层金平均含量,比地壳中同类岩石平均含量高20~40倍以上。这些地区以产出重要金矿床为特征。

锡矿山地区,本区陆壳基底成分为粉砂—泥质基底,寒武系至石炭系岩层中锑的平均含量,比地壳中锑平均含量最高的泥质岩石的平均含量还要高出12倍。该区以产出世界最大的锡矿山锑矿床为特征。

由上所述,不同陆壳基底岩层,由于岩性成分的不同,其含量高的金属元素或特征金属元素各有差别。在此基础上如能以相应的倍数进一步增长则有利成矿。如仅为相应岩石平均含量,甚至还低于同类岩石平均含量则不利于成矿。例如钼,有利于形成钼矿床的大陆地壳基底岩层,是中基性火山岩基底岩层和粉砂—泥质岩基底岩层,这两类岩性,都是地壳中钼平均含量最高之列的岩石,尤其是其中的页岩。杨家杖子地区基底岩层为太古宇变质岩系,岩性属中基性火山岩及其基底混合岩,其中钼的平均含量,高出同类岩石地壳平均含量4倍以上,燕山期花岗岩中钼含量,为花岗岩钼平均含量的4.8倍。该区产出杨家杖子、兰家沟、肖家营子等大型钼矿床,其中富钼矿还占相当高的比例;而我国南方某些地区,其陆壳基底虽为粉砂—泥质基底,应有利于形成钼矿床,但该地区钼的平均含量比同类岩石地壳平均钼含量还低,因而未发现独立的规模大、钼品位高的钼矿床。

可见,成矿的差别与区域地球化学场的特点密切相关。而地球化学场的特点,首先取决于区域岩性的差别,其中最主要的是硅铝层下部岩性的不同,它的影响比上叠岩层大得多。这是由于陆壳基底地层厚度大、分布广,形成早,位于最下部,因而影响着后期盖层沉积岩和侵入体的成分及其中的金属元素含量。当基底岩层中某些金属元素含量比地壳中同类岩石高出一定数量时,如其他条件也有利(含成矿组分易于转移等条件在内),就可能形成一定规模的矿田和矿床。因此在有关成矿元素高背景的地球

化学场中,找相应的局部异常,易于收到好的找矿效果。在此要探讨的一个问题是,这种局部异常,通常注意的是相应成矿元素的高值异常,但元素具有固定的迁移特性,和在成矿作用中存在元素带入带出现象,当剥蚀程度较浅时,可能出现相应成矿元素的低值异常(低于区域背景值),和相应成矿元素的点异常或低缓异常,而其他相关元素和易迁移元素可能出现异常,对这种情况也要予以重视。总之,存在异常中心,具有元素分带分带或浓度分带的异常均应注意。

1.3 岩石中钾含量与金属矿成矿的关系

区域中火成岩、混合岩等钾的含量高低与成矿关系密切。姜齐节(1994年)最早发现和研究这一问题,现就这方面作些简要介绍。与岩浆热液铜矿有关的侵入岩最贫于钾长石,铜矿与相关的如斑岩有关的侵入岩最贫于钾长石,相关的铜矿如斑岩型铜矿床、夕卡岩型铜矿床等,与其有关的岩浆岩主要是花岗闪长岩、花岗闪长斑岩、石英闪长岩、少部分属二长花岗岩等。相反,与岩浆热液钼矿床有关的侵入岩中常出现富钾长石系列的岩石,如钾长花岗岩、石英正长岩、石英二长岩、正长岩、二长岩等。形成斑岩型钼矿床、夕卡岩型钼矿床等;岩浆期后热液锡、钨矿床与其相关岩体的岩石类型介于上述两者之间,出现共伴生矿种的独立矿床、矿体,也介于上述两者之间。与岩浆期后热液有关的铅、锌、银矿,在介于上述两类型之间的岩体(如花岗岩等)和富钾长石系列的岩体发育地区产出,可形成重要矿床。金矿在前述岩石类型发育地区可形成重要岩金矿床;与酸性、基性火山岩有关的铜锌矿(或锌铜矿)、多金属矿(或铅锌矿)和铁矿的产出同样与相关岩石中钾的含量高低关系甚为密切。例如与铜锌块状硫化物矿床有关的酸性火山岩,氧化钾的平均含量范围是0.5%~1.74%,明显偏低。与多金属或铅锌块状硫化物矿床有关的酸性火山岩,氧化钾一般平均含量范围为2.03%~4.38%,显然是较高的,但也有个别可低至1.19%(如前苏联高加索马德涅乌利矿床,相关的流纹岩18个样平均值),高的也至10.72%(瑞典奥默贝里,钾质流纹岩)。与铁矿有关的酸性火山岩,氧化钾平均含量范围为2.64%~9.63%,可能总体上高于多金属矿或铅锌矿。与成矿相关的基性火山岩钾含量与产出矿种的关系也是密切的。与含铜锌块状硫化物矿床有关的基性火山岩,氧化钾的平均含量范围为0.05%~0.80%,明显偏低。与多金属或铅锌块状硫化物矿床有关的

基性火山岩,氧化钾的平均含量范围为 0.83% ~ 1.94%,显然较高。与铁矿有关的基性火山岩,氧化钾平均含量范围为 1.10% ~ 2.11%,可能在总体上高于多金属矿或铅锌矿,但有较大范围的重叠。

以上所述,陆壳基底地层成分分区与金属成矿分区的关系,这标志着大陆地壳基底地层成分,是一个具有广泛影响成岩、成矿物质来源的基础,是造成金属矿产成矿分区的一个基本原因。直接来自下地壳和上地幔的成岩成矿物质,对在大陆地壳形成时期及其有关矿种、类型的形成是重要的,但在时间、空间、矿种和产出类型上是有局限性的。重要矿床的形成除成矿物质来源外,成矿地质环境也是很重要的,其中一个具有新意,有着广泛影响的地质环境因素就是岩石中钾的含量,常可标示出在岩石中钾含量不同的区域中和与成矿相关的地质体中,可能出现或不可能出现哪些矿种、类型的重要矿床。

2 金属域边缘线性构造成矿相关问题概述

金属域,就是前面所讲的金属矿成矿分区。在一个金属域内相关的重要矿床产出的地区、部位,就是现在要研究的问题。概括说重要的铜、铅锌、银、金等有色金属矿床,在空间上产于地质(构造)体的转化(过渡)部位,在时间上形成于成矿地质过程的转化时期,定位于有利的转化界面附近。因此,在不同级次的地质构造单元、不同级次的地质体边部(或称过渡部位),常是重要成矿带、矿田、矿床和矿体产出的主要部位。它们分别受此部位不同级次的断裂、褶皱和相关建造及其界面的控制。

2.1 区域成矿带、矿集区(矿田)产出特征

这里简要概述构造单元或相关地体边部(过渡部位)有关的断裂带及其组合与成矿的关系。值得重视的是,区域性成矿带的分布,常与区域性的主断裂带产出方向一致,故称此为主矿带,而矿集区、矿田等的产出是受与主断裂有关的次级断裂带控制,称之为亚成矿带。在一个地区范围内,沿亚成矿带有利部位找矿是取得找矿突破的关键。主成矿带与亚成矿带的产出方向,可以相近,但多不一致。当亚成矿带与主成矿带呈大角度相交时,这类亚成矿带称之为横向矿带,还有与主成矿带呈斜交和近平行产出的亚成矿带。而且与主成矿带相关的亚成矿带在不同地区产出的方向可以不同。在同一地区可出现方向相近的平行亚成矿带,也可以产出不同方向的亚成矿带。一个亚成矿带控制矿田产出的数量是有差别的,有些可控制数个重要矿田产出。现主要

以我国重要铜矿床产出情况为例作些论述,它们均与不同地质构造单元的边部或不同地质体边部的区域断裂或裂谷带有关。为简明起见,主要提到与主矿带相关的或可能相关的区域断裂带的名称,必要时补充一点相关情况。其主要有:(1)长江中下游 NNE 向隐伏断裂带,与此相关的为铜多金属矿带。(2)赣东北断裂带,有超大型铜厂铜矿床等。(3)小江、绿汁江断裂带,与此有关的有东川超大型铜矿床(矿田)等。(4)藏东温泉断裂或称觉拥—德钦断裂带(金沙江断裂系统),与此有关的有玉龙超大型铜矿床等。(5)龙首山断裂,与此有关的有金川(白咀子)铜镍矿床。(6)雅鲁藏布江断裂(缝合带),有驱龙铜矿床、甲马铜多金属床等。(7)剑川—白玉(稻城)断裂,有普郎、雪鸡坪等铜矿床。(8)中祁连北缘断裂带,有白银厂铜多金属矿床。(9)额尔古纳断裂带(或德尔布干断裂),有乌奴格吐山铜矿床、甲查银铅锌矿床等。(10)额尔齐斯断裂带,有阿舍勒铜多金属矿床带。(11)阿尔曼太—南戈壁—嫩江断裂带(?),有土屋、卡拉塔格、欧玉、察干苏布尔加(蒙古国),多宝山铜矿床等。(12)玛沁—略阳断裂,有玛沁德尔尼铜矿床等。在上述主成矿带中亚成矿带产出的情况有:①与主成矿带呈大角度相交的横向亚成矿带,在长江中下游成矿带中有 5 个近于平行产出的横向亚成矿带(NWW—近 EW),其中以南西端成矿亚带的铜矿规模最大,发育多个矿田,其中大型铜矿床有城门山、武山、丰山洞、铁山、铜录山等 5 处。赣东北(婺源)成矿带已知有 3 条近平行的横向亚成矿带。额尔古纳成矿带,已知有 2 条横向亚成矿带(木哈尔、哈尼沟),向北可能还有 2 条横向亚成矿带。近东西向、南北向的主成矿带,也产出横向亚成矿带。②与主成矿带近平行产出的亚成矿带,在近南北向和北西向的主成矿带产出地区这类亚成矿带较多,如玉龙铜矿、羊拉铜矿亚成矿带,东川、易门、金川、白银厂等亚成矿带;③与主成矿带斜交产出和出现不同方向的亚成矿带,如阿舍勒亚成矿带近 SN 向产出与主成矿带斜交。蒙古国南戈壁欧玉亚成矿带 NE 向产出与主成矿带斜交。雅鲁藏布江主成矿带,有 NE 向驱龙—甲马、NW 向的尼木—冲江—厅官等亚成矿带与其斜交,在此主成矿带中部还有近 NNW 向产出的谢通门横向亚成矿带。在东天山有土屋—延东与主成矿带近平行产出的亚成矿带,也有 NW 向的卡拉塔格亚成矿带与其斜交产出。研究与主成矿带有关可能产出的亚成矿带,对指导找矿是很重要的,在

有关地区找矿中已取得了好的找矿效果。

2.2 构造控矿

构造控矿,包括构造成矿在内,其表现有:构造为成矿流体提供有利的成矿空间;另一方面含矿气液可通过隐爆、液压致裂和热液溶蚀作用,扩展与产生新的构造空间而成矿;同时在构造的作用下,可使原有贫矿、矿源层等富集成矿。在研究控矿构造的导矿、配矿和容矿构造中,其中重要的而有新意的问題有:(1)成矿的封闭作用,这包括岩层封闭、构造封闭和水压封闭等,在这种强力的物理化学封闭作用下才得以成矿。例如海相火山岩容矿(VMS)和海相沉积岩矿(Sedex)的海底喷流沉积型矿床,在深部分异形成高浓度的成矿流体,以致形成矿浆后,也只有有一定深度的水压下,在喷出海底后才能形成块状矿石和条带状矿石的矿床,而含矿浓度低的成矿热液,得在水压封闭和岩层矿层的封闭下才能成矿。因此,细脉浸染状、浸染状的矿化,主要产于块状、条带状矿体和有关岩层之下及其中。再如氧化—还原界面也是一种重要的地球化学障的封闭作用。除熟知的砂岩铜矿床,浅紫交互带在浅色层成矿外,在有关白云质碳酸盐岩中成矿也有类似的特点。这一特点的标记就是 Fe^{3+} 与 Fe^{2+} 的变化,还原环境有利于硫化物矿床的形成。因此,夕卡岩型铜矿床,主要发育含 Fe^{2+} 的硅酸盐矿物,当含 Fe^{3+} 的硅酸盐矿物(如钙铁石榴石)大量发育时不利于成矿;(2)矿体产出及分带在构造研究中的应用,从矿体产状、形态和分布等方面,研究控矿构造的类型与特点,确定控制主矿体与次要矿体的构造,进而研究这些控矿构造产出情况,指导找矿(如水口山等);研究矿体金属组分、矿物相、矿石构造和矿体形态的分带等特征,查明控制矿(化)体的构造部位与产出环境,指导寻找主要矿体和成矿中心(如江西银山、安徽新桥等);(3)运用同时期形成的成岩、成矿建造结构特点,研究构造。国内外海相火山岩和沉积岩容矿的喷流沉积矿床,其岩层、矿化建造都有一致的特点,即块状、条带状矿石矿体之上为火山沉积岩、热水沉积岩和沉积岩组合等,其下为细脉浸染状、浸染状矿化。据此岩层、矿化建造的上下关系,就可确定构造变形类别特点和矿床类型。在此类型同时期、同一矿床中,还要研究金属矿床、矿体组合的上下关系。通常是原生氧化铁矿床、矿体在上,硫化物矿床、矿体在下。在后者中(铅)锌矿或锌(铜)矿可能在铜矿之上或其外侧。据此也可研究判定变形后的控矿构造。

根据原有色地质系统相关单位和我们的工作情况,就矿田、矿床中构造控矿问题做以下论述。

2.2.1 褶皱与断裂组合控矿

这包括“背斜加一刀”的控矿规律在内。由于成矿元素地球化学性质不同,“褶皱断裂”控矿构造的样式也是不同的。如万山超大型汞矿床,汞矿体产于缓倾斜(倾角 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$)半背(向)斜中,具体发育在有断裂通过的更次一级的背斜等部位(花永丰等,1995)。控制锑矿的褶皱就要强一些,如锡矿山超大型锑矿床,是中等倾角($20^{\circ} \sim 50^{\circ}$)的短轴复式背斜和 F_{75} 断裂控制锑矿田的分布。 F_{75} 为导矿断裂,相应派生的断裂与呈右形雁列产出的老矿山、童家院、飞水岩、物华等4处次级背斜控制锑矿床的产出。其中飞水岩,通过对矿体形态、产状特征的研究,发现受纵向陡倾断裂与缓倾层间构造联合控制的Ⅲ号交错型矿体等,取得找锑矿的重大突破(乌家达、赵守耿,1999)。但紧密倒转褶皱对形成规模大的锑矿床是不利的,在这种构造样式中的锑矿床常为中、小型。然而铅、锌等有色金属矿床的构造控矿样式与前述不同,紧密背斜、短轴倒转背斜,附近有导矿断裂或发育相关的推覆构造,这种组合是其重要的控矿构造样式。在背斜轴部附近、倒转翼部、背斜倾伏端、推覆构造发育处、陡倾断裂与背斜结合处等部位可形成规模大的矿体,并可出现多层矿化(如西成等)。

“向斜断裂”组合控矿。这也是一种重要的构造控矿样式,目前所认识到的,其中原生向斜(在海底洼地上形成)与断裂组合这类最为重要,如凡口超大型铅锌矿床,发育于凡口“向斜与同生断裂”组合的控矿构造中,向斜南西翼略缓,北东翼略陡,轴向北西,轴面倾向北东,与其基底褶皱方向一致。控制凡口矿床形成的主要断裂 F_{101} ,是一条继承基底加里东期断裂发生发展起来的,同位同生多次复活的NNE—NE向断裂,与凡口向斜轴大角度相交,工业矿体主要分布于 F_{101} 断裂附近的向斜轴部及西南翼部矿体,主要同位产于中、上泥盆统两层位中(郑庆年,1996);再如锡铁山超大型铅锌矿床。也是受锡铁山“倒转向斜与同生断裂”组合控矿(整体为复式褶皱)。向斜轴向NW,轴面可能倾SW。北东翼向南西陡倾,上部有反向倾斜。南西翼可能是向北东倒转陡倾,该倒转向斜向SE侧伏。与其相关的控矿断裂,主要有NW向断裂组(如 F_{14}),再就是NE向断裂组。这些断裂具有继承性,是同生多期活动断裂,前者位于向斜近轴部位置,产状大体与轴面

一致,后者与其大角度相交。目前探获的工业矿体集中在倒转向斜的北东翼(正常翼),有少量接近向斜轴部位置产出。该区成矿,与姜齐节(1979)所建立的“渗流热卤水成矿”说,较为相似,流入海底的含矿热卤水,形成块状矿体、条带状矿体,前者靠近向斜下部、距同生断裂近一些的部位产出,后者在其外侧。未流入海底的含矿热卤水在有关岩层中充填交代成矿。其中在祝新友(2004)所发现的碳酸盐岩等喷流岩中成矿,可能更为重要。但这部分含矿热卤水是同期,还是后期有不同看法,有待研究。而成矿是同位的,这不影响找矿。本区铅锌矿成矿,分别与碳酸盐岩,含碳质碎屑岩和黄铁矿层有关。目前找矿的重点是在向斜北东翼的南东地段,这是对的。在可能的情况下对南西翼也要注意;内蒙霍各气大型铜、铅锌矿床,可能是受向南西侧伏的“复式倒转向斜与断裂”组合控矿,因而出现1号矿床,铜矿在上,铁矿在下,2号矿床则相反等现象,对此要予以注意。

“背斜、向斜与断裂”组合控矿,所控制的矿种、矿床成因类型可以不同,但基本的控矿样式是有共同之处的。因此在背斜控矿发育明显的地区,也要注意在有关向斜出现部位,寻找相同与不同矿种的矿床,反之也亦然。同时在矿区、矿化集中区要重视寻找平行矿带,或斜列矿带中的矿床。

2.2.2 断裂构造控矿

下面主要就容矿断裂构造产出的有关情况做一简要归纳。(1)主要为同一方向断裂及其侧列排列控矿。贵州独山半坡锑矿床产于下泥盆统丹林组,具有良好的屏蔽层,在近南北向背斜轴部附近,地层倾角缓,发育与其近于平行的一组陡倾张性断裂,控制着半坡大型锑矿床的产出。湘西金矿床产于新元古界板溪群马底驿组顺层剪切带中,矿脉呈向东北侧状的雁列状产出,根据矿脉这一产出特点和物探异常,在V4号矿脉的上盘找到一个较大的盲矿脉组(孙振家、彭思生,1999)。在主要为同一方向断裂控矿中,也可组成复脉或网脉(如内蒙大井)。单一断裂控制的矿脉,即使厚仅1m左右或更小,但厚度、品位稳定或品位高,有一定的延长也可形成一定规模的银多金属矿或金矿床。反之脉体虽多,并具有规模,但矿化仅局部发育,也不能形成一定规模的矿床。(2)不同方向断裂及其组合控矿。这里讲两种情况,一是矿区不同方向的断裂,主要以各自单独的形式控制矿体产出,这些断裂的性质、形成时期可以是相同或不同,在矿区有关部位(如成矿中心地

段等)可控制不同规模的矿体产出(如吉林夹皮沟、内蒙甲一查、东乌旗有关矿区等)。因此,在寻找一个方向矿脉的矿体时,还要根据地物化资料分析,是否有另一个方向断裂控制的矿体,勘查线的部署要适应不同情况。同时要找出主要控矿断裂,寻找规模大的矿体,以便有重点的开展工作。二是不同的断裂组合控制矿体产出。在此重点谈云南会泽70厂铅锌矿床的相关情况,对该区研究了下石炭统摆佐组白云石化有利成矿岩层中,NNE—NE向逆断层上盘与NW向、近SN向这3组断裂交汇部位,控制矿体的容矿构造组合特点,及向深部侧伏展布情况,并研究了铅、锌、银等矿化品位上下的变化特征,及有关化探成果。据此预测了深部富矿体产出的具体部位、规模和品位。通过矿山勘探队的研究找矿证实了原有预测。已探获3个大型富铅锌银矿体,Pb+Zn平均品位约为30%,其下在1000m标高以上可能还有2个矿体有待探索(郑庆熬等,1992)。

(3)叠加断裂构造控矿。这种情况在一些矿区是主要控矿构造,现以赣东北金山金矿田为例对此做些阐述。该金矿田产于中元古界双桥山群第三岩组富金地层中,受近东西向缓倾推覆韧性剪切带与叠加脆性断裂构造控制。韧性剪切带在晋宁期发生,后经多次左形走滑剪切作用与脆性断裂构造叠加而成,当主剪切面发育,应变中心带紧贴其产出,次级剪切滑断面也发育,叠加的脆性断裂构造强时有利成矿。在此主干构造带膨大地段金矿化强,变窄部位金矿化弱。当应变中心、蚀变中心和金矿化带三位一体时,常赋有厚大工业矿体(韦星林,1999)。(4)拆离断层控矿。在变质核杂岩构造发育的地层,变质核杂岩与盖层之间的主拆离断层带具有导向性的控矿意义,矿化在其附近产出。其中,主要的是在下盘(核杂岩中),即韧性下拆离盘的(分层)剪切带中。例如小秦岭两条SN向的脆韧性剪切带产于下拆离盘中,其中有文峪、大湖等大中型金矿床、熊耳山青岗坪金矿以缓倾、铁炉坪银以陡倾产于主拆离断层下盘的相关构造部。产于主拆离断层上盘的金矿较少,其中有熊耳山的上宫和瑶沟矿床,而且矿化是出现在拆离断裂带附近的蚀变破碎带中,远离拆离断层的断裂破碎带不出现蚀变和矿化。冀东燕山地区的金矿产出情况也与此类似(王志光等,1997;高光明等,2000)。

2.2.3 接触带构造与岩体形态控矿

这部分所述构造控矿,包括岩体接触带及岩体形态和外接触带层间不同岩性、层间破碎及有关构

造的控矿。现主要以铜矿床为例加以论述。(1)正接触带与岩体形态控矿。岩体形态的变化是与围岩的褶皱、层间破碎带、断裂和有关岩层的发育密切相关。接触带形态不同,接触—断裂构造破碎带发育有利成矿,而岩体与围岩的接触带平直变化不大、构造发育差时,一般说矿化弱或矿体规模不大。有利成矿部位是:①岩体延深部位的凹部(即剖面凹部)及其附近,常是这类型铜矿床重要矿体产出部位。该凹部一般都是由小岩体、岩株陡倾部分与相对缓倾的岩体超覆部分联合组成。例如湖北铜录山夕卡岩型大型富铜矿床,与成矿关系密切的石英二长闪长岩岩体,侵位于北北东向的柯家乡—仙人座倒转背斜中。岩体为向南东倾斜,向南超覆的偏心蘑菇状岩株。该矿床最大的Ⅲ号铜矿体就产于此部位,向下延伸达800m以上,探明铜金属量占矿床铜储量的39.4%,铜平均品位1.71%;个旧卡房夕卡岩型大型富铜矿床,与成矿关系密切的新山黑云母花岗岩岩株沿背斜轴部侵位,铜矿主要集中在蘑菇状岩株的凹兜部位。还要提到的是,20世纪70年代初,我们在安徽滁县铜矿工作时,就指出在超覆岩体内相关部位与其陡倾小岩体所组成的凹兜部位,是该区铜矿床最重要的成矿部位,最近(2005年3月)获悉在此部位已发现有找矿前景大的富铜矿体。要强调的是,岩体延深凹兜部位的出现,是与延深部位围岩中相关的背斜、向斜、断裂和岩层发育的情况有关,因此,在剖面上这种凹部可多次出现。鄂东有的矿区已出现3次,控制着矿体向深部延伸。②超覆岩体下接触部位的找矿。我国在此部位找矿首先是在湖南水口山取得突破的,该区老鸦巢花岗闪长岩超覆在二叠系栖霞组地层之上,在超覆岩体下接触带找到了规模大的铅锌体,从而使老区一跃而成大型铅锌矿床。又如,安徽滁县铜矿闪长岩和湖北阳新鸡笼山花岗闪长岩均为超覆岩体,出露长达2~3km,在超覆岩体下接触带的岩体凹、凸部位、接触—断裂构造带和大理岩捕虏体等部位形成了富铜矿体,铜矿床具有中型规模。③岩体顶部凹部和岩突部位等可形成一定规模铜矿体,矿床规模可达中型,如个旧老厂塘子凹、湖南浏阳七宝山等。(2)外接触带层间夕卡岩铜矿床(体)。不同时代的有利围岩建造及其有关构造作用,均可形成外接触带铜矿体,在长江中下游以中石炭统黄龙组与其相关岩层间铜矿体规模最大。特别是安徽狮子山—冬瓜山矿区,与成矿关系密切的闪长岩、花岗闪长岩岩体呈网状岩墙—岩枝侵入青山背斜,自接触带至外接触带

层间夕卡岩型铜矿床发育,自上而下在5个层位中已探明铜矿储量所占比例是:下三叠统塔山组9%,小凉亭组17%,中二叠统大隆组7%,下二叠统栖霞组6%,中石炭统黄龙组占61%。冬瓜山大型铜矿床,就产于黄龙组中,基本上是一个矿体,呈似层状鞍状产出,近岩体富而远离岩体渐变贫,铜平均1.02%,其余4个层位均为中型铜矿床,铜平均品位1.02%~1.48%;个旧卡房铜矿床,主要是蘑菇状岩株凹兜控矿,虽有层状变辉绿岩铜矿和多层层间矿产出,但所占铜矿探明储量比例不大,初步统计,正接触带岩株凹兜及有关部位(含此处的变辉绿岩)占88%,变辉绿岩占10%,3个层间矿占2%。(3)内接触带铜矿体。主要注意斑岩铜矿和规模大的捕虏体夕卡岩型铜矿的找矿。

上述中酸性岩株,小岩体的成矿及其规模和矿体产出部位,直接与上地壳深部和浅部的地质条件密切相关。上地壳深部条件主要是,有利形成铜矿的大陆地壳基底岩层,深部有一个规模大的中酸岩基(岩浆房),成矿小岩体与岩基之间有一条较长通道(如几千米)等,这才有利成矿。上地壳浅部条件主要是,在具有相关封闭条件下,有利成矿建造发育,其中在一定深度范围内,最下部的碳酸盐岩和标示还原环境建造发育情况尤为重要。岩体侵位的构造环境,特别是岩体流动前缘所在的构造部位,侵位的岩体形态等均很重要。例如前面所讲的凹部控矿和超覆接触带控矿,这两者是有关联的,当岩体超覆范围不大,陡倾岩体部分有一定规模两者组成的岩体凹控矿,实质也包含着超覆接触带控矿在内。如岩体超覆部分规模大,岩体陡倾部分不明显或规模小,这主要就表现为岩体超覆接触,特别是其中的下接触带控矿明显。

3 同位成矿及其找矿意义

1991年在中国地质学会主办的“七五”全国地质科技成果交流会上,在大会介绍有色地质科技成果中,首次报告了“同位成矿”的研究成果,到现在已有14年了。在此期间运用这一新的观念指导研究与找矿,获得了一些新认识和相关的找矿效果。例如在编制“八五”有色矿产地质勘查规划中,以“同位成矿”说为指导,在已有工作基础上,所选定的10个寻找大型—超大型矿床(田)的矿区,均达到了预期效果。此外,在指导青海锡铁山铅锌矿区、黑龙江东安金矿找矿新区等处的找矿工作中,也取得了预期效果。在此期间,梅友松、汪东波、刘国平、

吴健民、冯建忠等先后发表了多篇相关论文,介绍同位成矿的概念、现象、类型、边界条件、成矿机制和找矿意义等,将同位成矿的研究和指导找矿向前推进了一步。现就“同位成矿”说的有关问题简述如下。

3.1 同位成矿概述

同位成矿现象,在国内外重要成矿区带中、重要矿集区中和大型—超大型矿床中是普遍地、明显地存在的。同位成矿所强调的是,重要成矿作用在空间上具有同位性,在时间上具有相关性,在物质上金属元素成矿具有有序性。因此,同位成矿作用的类型,既有同时期(主要)单阶段的同位成矿作用。又有不同时期,同类型与不同类型、同矿种与相关不同矿种的继承、叠加的同位成矿作用。由此可见,“同位成矿”说,以其客观事实和相关的认识有别于其他的成矿理论,而从同位成矿的认识出发,所阐述的某些现象又与其他理论有其关联性。汪东波(2002)曾指出,同位成矿作用以其强调同位、成因上的内在联系而区别于“多因复成”成矿作用(陈国达,1992),以强调某一地区地质演化历史全过程中,而不是局部时段和某一过程中的矿化作用而区别于“成矿系列”;又以其强调成矿作用的(同位)继承、叠加而同“多因复成矿床”和“成矿系列”有相似之处。

为什么会出现同位成矿作用呢?其边界条件是什么?我们认为产生同时期同位成矿作用与不同时期同位成矿作用的基本原因是:幔源与壳源作用在地壳中形成了相对稳定的岩浆房,其中在上地壳下部形成的岩浆房和深部含矿热卤水库,在成岩、成矿作用中影响地域广,影响矿种多。而且它们是受着陆壳基底地层成分的影响与支配的。深部的这些热量聚集区,构造薄弱部位,成矿物质丰富地区,在同期与不同时期的地壳构造运动中,处于最易活动的境地,最易产生继承性的作用;在此基础上,保持着一个相对稳定的成矿热活动中心,这就是出现同位成矿作用的前提条件。其表现:一是,同时期与不同时期形成的高、中、低温矿床、矿体,均表现出统一的、一致的有序分布(带)。二是,成矿热活动中心基本稳定,但同期与不同期热力的强度、温度的高低是可以存在差别的,因而可出现成矿温度不同的改造、叠加成矿作用和退化蚀变作用等。因此保持成矿热活动中心的基本稳定,不随机大幅度的迁移,才能为不同金属元素形成稳定的成矿中心创造有利条件;与此同时必备的条件是,要有丰富的成矿物质来源、丰富的成矿流体,有利的成矿物质迁移通道,

有利成矿物质淀积的构造、建造与封闭环境。还要有成矿后的良好保存条件。只有这些成矿有利条件处于最佳配置状况,并协同产生作用,才能有效地进行同位成矿作用,形成规模大的矿床,以至形成大型—超大型矿床。为什么强调成矿条件最佳配置与协同作用呢?这是从找矿成功与不成功的事例中总结出来的。有的地区成矿热活动中心是稳定的,但成矿物质来源、成矿流体不丰富(如矿化、蚀变规模小或弱等)。因而只形成小矿或矿(化)点。有的地区是“满天星星不见月亮”,形似“打一枪换一个地方”,表明成矿热活动中心不稳定,有关条件配置不佳所至。

3.2 同位成矿的特征

1) 在一定的空间范围内,成矿具有集中产出的特点。这点在有关成矿区带、矿集区(矿区)、矿床、矿体中均明显表现出来。它们可以是同期与不同期、同类型与不同类型、同矿种与相关矿种的成矿。例如江西德兴矿区,面积约 150km^2 产出超大型铜矿床2处,大型铜矿床2处,超大型金矿床1处。其中铜储量逾千万吨;云南个旧矿区东部,面积约 100km^2 ,所探明的锡、铜、铅、锌、钨等矿产储量逾千万吨,其中锡近200万t,基本集中在这个地区;广西大厂矿区西部,面积约 3km^2 ,所探明的锡、锌、铅、锑、铜等矿产含量逾800万t,其中锡约120万t。基本上集中在这个地区;辽宁青城子矿区,在约 60km^2 的范围内产出不同时期形成的铅、锌、银、金大型矿床等。在大型、超大型矿床中,储量常主要集中在一个或少数几个主要矿体中。例如广西大厂长坡超大型锡多金属矿床,其中92、91号矿体,占该矿床锡矿探明储量的80%;安徽冬瓜山大型铜矿、江西金山超大型金矿床,所探明的储量基本上集中在一个矿体中;湖南柿竹园超大型钨矿床,其中12-1号主矿体占该矿床钨矿储量的24%,而且在靠近主矿体附近的其他矿体规模也较大。当矿床中矿体规模相差不大,主矿体不明显,或主矿体规模小时,矿床规模多为中、小型,仅少数可达大型。因此要注意在大矿集中区,规模大的矿床、主要矿体附近找矿。还要重视在主矿体及有关矿体中寻找富集地段。

2) 发育同时代与不同时代统一的各类别规模大、明显的分带现象。这是同位成矿又一个标志性的特征,其中有同时期不同阶段和不同时期形成的矿床、矿(化)体,具有统一有序分带现象。例如湖南柿竹园地区,在燕山期千里山复式花岗岩体的接触带附近产出柿竹园超大型钨矿床,向外有野鸡尾

锡铅锌多金属矿床,再外为纵树板铅锌矿床等;辽宁青城子地区,该区青城子大型铅锌矿床,为古元古代辽东裂谷轴部凹陷带内喷流沉积改造成矿,向外(东侧)为高家堡子银矿床,再外为小佟家堡子大型金矿床,该金矿床为燕山期成矿,属浅成(中)低温热液型(刘国平等,2001)。还有安徽新桥铜矿、江西城门山铜矿,有海西期喷流沉积成矿和与燕山侵入岩有关的成矿,其所形成的矿(化)体具有统一有序的分带。以上表明这些地区同时期和不同时期成矿,主要的成矿热活动中心是相对稳定的,未作大幅度的迁移。除不同矿种、矿化类型、成矿温度的分带外,还表现在元素组合、成矿元素浓度、蚀变、矿石矿物组合与结构构造、矿体形态和相关物性等方面的分带。一般说规模大的矿床,有关分带清楚,相关带的规模也大。我们在编制“八五”规划,选择寻找大型—超大型矿床(田)的矿区时,在成矿地质条件和已有控制程度的基础上,还利用矿床中矿物组合、成矿元素等分带的清楚程度、发育的规模等为选择的依据,获得了成功。例如河南铁炉坪银(金)矿可达大型规模,内蒙甲查银铅锌矿床,其中银可达超大型矿床规模(含共伴生银)等,通过勘查工作已达预期目标。再举智利丘基卡马塔斑岩铜矿床,有关分带与矿床规模的关系。该矿铜金属储量近7000万t,成矿与第三纪(29Ma)石英二长斑岩小岩体有关,其出露面积约3km²,岩体及围岩蚀变强烈,有关蚀变带规模巨大,分带清楚,剥蚀较浅,内部的钾化蚀变带出露不多,但石英绢云母化带、泥化带、青磐岩化带发育,白、暗分明,规模壮观,蚀变范围达32km²,其中石英绢云母化带及与泥化带的过渡部位是矿体主要产出地段。我国江西铜厂斑岩铜矿床,铜金属储量524万t,成矿与燕山期(172Ma)花岗闪长岩斑岩复式小岩体有关,其出露面积0.7km²。在岩体与围岩的接触带,特别是上接触带,发育上述有关蚀变带,分带清楚,其蚀变范围大于8km²,从铜矿的规模与蚀变面积比较,蚀变规模是大的。铜矿体在内、外接触带的石英绢云母化蚀变带中,分别占1/3和2/3。由上所述提示我们地质找矿工作中要重视分带特征的研究,并用于指导找矿。

3) 同成矿系列和不同成矿系列的有关矿床均可共生产出。重要矿床共生产出的基本因素是金属元素的地球化学性质,在此基础上,具有同位成矿的最佳条件配置与协同作用,就可形成重要矿床。因此有关的有色金属与贵金属矿床,无论是同一成矿系列与不同成矿系列的重要矿床均可共生产出。甘

南、凤太地区铅锌、金、钼等重要矿床。它们是属不同成矿系列,而在区域上共生产出。同时在局部地区也可共生产出,例如陕西凤县八方山大型铅锌矿床与八卦庙超大型金矿床,也在空间上紧密共生。前者是中泥盆世的海底喷流沉积改造形成的铅锌矿床。后者是时代晚的热液型金矿床,根据邵世才(2001)的研究为燕山期(129.45~197.45Ma)成矿,冯建忠(2002)认为是印支晚期至燕山期(131.91Ma±0.98Ma~232.56Ma±1.59Ma)同位叠加成矿,属中温热液矿床。它们的共生主要是在这种背景条件下,可形成这些成矿元素富集的成矿热液,再根据具体的成矿地质条件,可在同一个相对稳定的成矿热活动中心附近形成有关矿种紧密共生的重要矿床,或主要在区域上共生,在局部地区只形成某矿种的重要矿床。汪东波(2001)认为八方山铅锌矿床与八卦庙金矿床的紧密共生,是“由于受流体的组分、盐度、循环方式的限制,金只有少量同铜、铅、锌共沉淀,大多数则转移到后期低温的热液柱中,并在沉积物中发生初始富集……在后期构造—变质—岩浆作用的影响下”,形成“异时多(类)型同位成矿”。同一成矿系列中的矿床共生组合情况已广为人知,在此就不复述了。总之在找矿工作中,要重视寻找相关矿种的重要独立矿床。

4) 成矿岩体(脉)充分演化、分异是同位成矿的重要特征。它标示着具有相对稳定的成矿热活动中心等条件的存在,这有利于形成大矿、富矿。这种相对稳定的演化、分异结构,看来存在于深部岩基(岩浆房)和浅部小岩体(岩株),及其两者的通道中。就深部而言,无论岩浆是幔源或壳源,所产出的岩浆房(岩基或大岩体)均在地壳中。其中超基性岩浆房产出的深度可能较大(如30km下),其他已知与成矿有关的基性、中酸性、酸性岩浆房(大岩体或岩基)产出的深度,根据熊光楚等20世纪70年代中到80年代中的磁重研究成果来看,可能是存在于上地壳中。在深部岩浆房演化、分异可达到相当高的程度,例如金川铜镍矿床的研究成果表明,经演化富含成矿物质的超基性岩浆,从上地幔侵入到地壳中形成岩浆房,在岩浆房又进行熔离、结晶分异等作用,形成硅酸盐岩浆、含矿岩浆、富矿岩浆和矿浆,这4部分均沿同一通道分阶段上侵贯入到地壳10~15km处,在同一空间范围内再进行演化、分异,成矿。其中第三阶段富硫化物岩浆的贯入,所形成的镍、铜储量占85%。此后还有接触交代和热液叠加成矿(黄崇轲等,2001),此复式小岩体(出露面积

1.3km²)产出超大型铜镍矿床。由此可见深部岩浆房、浅部小岩体成岩、成矿及其后的热液成矿,均在相对稳定的成矿热活动中心进行,特别是深部岩浆房的演化、分异最为重要,因而形成了如此规模大的铜镍矿床;与成矿有关的中酸性岩浆房,也可能演化、分异为中性(中基性)、中酸性、酸性岩浆和成矿流体等部分,这些部分沿相对稳定的通道分阶段(或时期)上侵,到达地壳2~3km或几km部位形成小岩体(或岩体上的小岩株),这些小岩体常呈蘑菇状(礼帽状)和岩墙、岩枝等。其中新疆阿尔泰3号伟晶岩铍稀有金属矿床,可能就位于地壳几千米深处,推测长期与深部岩浆房沟通,富含挥发组分的酸性岩浆在此就位后,又产生结晶分异与交代作用,形成了超大型铍矿床。江西德兴铜厂斑岩铜矿床,为复式小岩体(出露面积0.7km²),由花岗闪长岩、闪长玢岩和钾长花岗细晶岩脉等组成,根据该区测年资料推测,侵位于此的小岩体与深部岩浆房可能较长时期(约几十个百万年)是沟通的,因而保持着相对稳定的成矿热活动状态,这不仅有利于深部与浅部岩浆分异,不断提供含矿流体成矿,而且如汪东波(2002)指出的“有助于在侵入体的上部形成成矿流体的循环活动系统,在成矿流体的对流循环过程中,从围岩中萃取成矿物质,在适宜的成矿环境中淀积成矿”。铜厂斑岩铜矿床,热液交代作用主要发生在花岗闪长岩斑岩与围岩接触带两侧,蚀变规模大可能与这种对流循环有关。

由上所述,深部岩浆房(岩基或大岩体)、通道、小岩体(成岩、成矿就位处),均产于地壳中,其间保持着相对稳定的成矿热活动中心,在其他地质条件有利情况下就可产生同位成矿作用,形成规模大的矿床。

3.3 成矿自然区的类型

成矿自然区就是在有关成矿作用中,在其相关的成矿自然边界内所形成的矿床、矿体的地区。我们还认识到在不同成矿自然区(以下简称“矿区”)内,矿产分布的特点是存在明显的差异的,而这些差异与找矿勘查的关系甚为密切。究其原因与成矿条件的最佳配置和协同作用的差别有关,其中起“发动机”作用的成矿热活动中心所起作用的差别尤为重要。为此就按与“矿区”相关的成矿热活动中心起作用不同,划分为以下成矿自然区(“矿区”)类型。

1) 主单中心成矿“矿区”类型,这类型中,在全“矿区”相关的成矿热活动中心,其中有一个是主

要的,它影响着全“矿区”不同矿种,矿床类型的产出与分带,并影响着“矿区”自然边界的形成。具有标志性的特征是,在主成矿热活动中心附近部位形成的矿种、类型,在“矿区”其他部位不会出现。其他成矿热活动中心、成矿中心,仅控制所在部位局部地段的矿种、矿床类型的产出,也可将此划为亚“矿区”(亚成矿自然区),亚“矿区”就与我们常称的矿区接近或一致。在此主要是研究全“矿区”的主单中心成矿“矿区”类型的特征,现举例如下,内蒙新右旗甲乌拉矿区(以下简称甲区)、查干布拉根矿区(以下简称查区),为银铅锌矿床,银具超大型矿床规模(含共、伴生银),铅锌为大型。这两个矿区实为一个成矿自然区(“矿区”)。其中主成矿热活动中心,位于甲一查区交接处附近的次火山热液铜矿产地地段(铜矿规模小)。此外,向北(北西)有甲区的1、2、3、12、6、7号等6个铅锌矿体,向东(南东)有查区的X号铅锌矿体。这些矿体所探明的铅锌储量占甲一查矿区铅锌储量的82%,Pb+Zn品位7.17%。在甲区前述6个铅锌矿体再向北西,已知有19、40、34号等银矿体产出,银平均品位325.8×10⁻⁶。在查区X号铅锌矿体向东(南东),这个地段探明的银储量占全区独立银含量的96%,银平均品位232.9×10⁻⁶。经初步分析甲一查成矿自然区的面积约150km²,现在已工作的主要勘查区的面积约40km²,因此还有进一步找矿的前景,如查区向东(东南)、甲区向北西的延长部位等找金、银矿值得注意。但在此“矿区”内,除前述地段外,其他部位是找不到次火山岩铜矿的;这类型的“矿区”还有湖南郴县柿竹园地区,该区千里山复式岩体为本区主要成矿热活动中心,在其接触带附近部位,产出柿竹园超大型钨矿床,此外,东侧有野鸡尾锡铜铅锌矿床,该地段的成矿热活动中心,主要是影响本矿床的矿化与蚀变分带,矿床成矿温度比前者低。再向外北东侧有纵树板铅锌矿床等。初步分析本区成矿自然区(“矿区”)面积约200km²左右。找矿仍有回旋余地地区,但找钨、钼、铋矿只能在前述部位的有利地段进行,找其他矿种,也只能在相应矿带的有利地段进行;辽宁青城子地区,也属主单中心成矿自然区(“矿区”)这一类型。其主成矿热活动中心,位于青城子铅锌床产出的有关部位,向外(东侧)有大型银矿、大型金矿等。

2) 多中心成矿“矿区”类型。这类型的成矿自然区(“矿区”),具有多个成矿热活动中心,它们基本是独立产出的,但可共同形成“矿区”自然边界。

其标志性的特征是,在“矿区”内,可多处出现同矿种,或同矿种、同矿类型的矿床。每处的成矿热活动中心只控制所在地段的矿化、蚀变等分带。这些也可各自成为亚“矿区”。现就多中心成矿“矿区”类型的特征举例说明如下。例如湖南常宁水口山矿区,该“矿区”有几个成矿热活动中心,其中一个是水口山老区,该地段成矿热活动中心,位于中区下部部位,该处产出夕卡岩型铁铜矿(规模小),由岩体向外、向上分带清楚,中间部位有北西侧鸭公塘夕卡岩—热液型铅锌矿体,东侧有老鸦巢热液型铅锌矿体,再向外为中—低温隐爆角砾岩型金矿床(老鸦巢金矿)。该区累计探明铅锌矿储量72万t、金储量约40t。在中区成矿热活动中心的北东约3.5km处,有另一个成矿中心——康家湾,累计探明铅锌储量140万t,金储量45t。此外还有仙人岩等铅锌、金成矿中心。湖南桂阳坪—宝地区,实为同一个成矿自然区,初步分析“矿区”面积约160km²,其中多个铅锌多金属矿成矿热活动中心、成矿中心。如黄沙坪、宝山、大坊、柳塘岭等。很可能还有未发现的隐伏矿床。这类型“矿区”的找矿,一是在已知区除找铅锌(铜)等矿产外,在酸性岩体及接触带附近注意找钼、钨、铋等矿产,在铅锌矿体及外测注意找金银等矿产。二是要寻找新的重要成矿中心(含隐伏矿床)。

3) 过渡型“矿区”类型。这类型是介于主单中心成矿“矿区”类型和多中心成矿“矿区”类型之间。既有主要成矿热活动中心控制全“矿区”的矿化分带,并形成自然边界。标志性的矿床也只产于主热活动中心附近的接触带部位,但其他多个成矿热活动中心、成矿中心共同构成成矿的主体。现暂将此类别为过渡型。例如广西大厂锡多金属矿床,该区以龙箱盖黑云母花岗为中心,从接触带向外依次为夕卡岩型锌铜、锌矿床(铜坑、拉么),锡石多金属硫化物矿床等。后者最主要是产龙箱盖这个主成矿热活动中心的南西侧有长坡、巴力、龙头山等多个成矿中心地段,另外在北东侧有大福楼、坑马等成矿中心。由此构成了大厂超大型锡多金属矿床。该矿床的成矿,经历了海西期喷流沉积成矿和印支—燕山期改造成矿。但不同时期的成矿热活动中心、成矿中心、改造中心始终保持相对稳定,为该区形成超大型矿床创造了这方面的最佳条件。

关于如何确定成矿自然区(“矿区”)边界的问题,现简要提一下。(1)利用金属元素的分布主要受温度控制的特征,在一定条件下,根据成矿温度不

同的矿床,可利用低温或高温的有关元素与矿化的分布划定边界。(2)根据控制矿床分布的地质体、地质界线的分布圈定边界。(3)综合分析找矿信息变化(含浓度变化)和有望找矿信息分布(其中包括激电异常),研究自然边界位置。(4)考虑相关深部大岩体(岩基)的分布范围等,研究边界位置。

矿产地质勘查工作是一项十分重要的基础性工作,对社会进步与发展具有重大意义。同时,矿产地质勘查工作既是一项艰苦的脑力与体力劳动工作,又是一项十分有趣、探索性极强的工作。在众多的矿产地质现象后面,隐藏着许多客观规律及其相关的标志有待发现,隐藏着许多未发现的矿床有待寻找。在此过程中想像力是十分重要的,想不到矿就难于找到矿,为此关键是要做好综合性的野外地质工作,综合分析对比有关矿产地质资料和图件,反复观察、反复思考,从中得出相关的认识,选好勘查地区,进而制订合理的勘查方案,选定针对性强的技术方法进行工作。在找矿中研究,在研究中找矿,就一定能取得丰硕的成果,找到开发效益好的矿产资源。在此,我衷心祝愿北京矿产地质研究院,科研找矿不断取得新成果,不断提高科研找矿能力,自立于行业之林。

本文初步概要的总结了作者和作者单位有关同事在这方面的一些研究成果与体会,同时也参考和利用原有色地质系统有关同事及相关单位的某些成果资料,在此谨向他们致以崇高的敬意和衷心的感谢!

[参考文献]

- [1] 姜齐节,梅友松.我国大陆中东部基底地层成分分区与金属成矿分区[J].地质与勘探,1982(1):5~14.
- [2] 梅友松.第二成矿物质来源概论[J].地质与勘探,1983(1):1~8.
- [3] 王之田,秦克章,张守林.大型铜矿地质与找矿[J].北京:冶金工业出版社,1994.
- [4] 梅友松,汪东波,黄浩,等.同位成矿概论[J].地质与勘探,1995(5):3~14.
- [5] 吴健民,等.扬子地台西缘大型铜矿区的深源—同位—多期复合成矿剖析[J].矿产与地质,1995(4).
- [6] 王京彬,等.额尔齐斯聚铜带金铜成矿条件及找矿预测[M].北京:冶金工业出版社,1999.
- [7] 梅友松,汪东波,金俊,等.再论同位成矿与找矿[J].地质与勘探,2000(5):5~10.
- [8] 潘龙驹,等.内生金属矿床聚矿构造研究[M].北京:冶金工业出版社,2000.
- [9] 梅友松.有色金属矿产资源需求的新特点及对策[J].地质与勘探,2001(6):67~71.
- [10] 刘国平,艾永富,邓延昌,等.青城子矿田金银矿床成矿环境

- 和找矿评价[J]. 中国地质, 2001(1): 40 ~ 50.
- [11] 梅友松, 孙肇均. 有色地质 50 年—矿产地勘查与科研成果概况[A]. 中国地质学会 80 周年纪念文集[C]. 北京: 地质出版社, 2002, 227 ~ 237.
- [12] 汪东波, 等. 同位成矿作用及其类型与机制研究[A]. 中国地质学会 80 周年学术文集[C]. 北京: 地质出版社, 2002, 274 ~ 278.
- [13] 梅友松. 做好矿产地地质勘查工作提高找矿效果[A]. 矿产地质勘查论文集[C]. 国土资源部矿产资源储量司, 2003, 10 ~ 11.
- [14] 冯建忠, 等. 陕西凤县八卦庙超大型金矿床成矿地质特征及成矿作用[J]. 地质学报, 2003(3): 387 ~ 398.
- [15] 梅友松, 冯建忠. 商业性矿产资源勘查工作内容及运行体制探讨[J]. 中国国土资源经济, 2004(10): 4 ~ 5.
- [16] 姜福芝, 王玉往. 海相火山岩与金属矿床[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005.

SOME QUESTIONS IN MINERALIZATION REGULARITY

MEI You - song

(Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012)

Abstract: This paper was written for the 50 years anniversary celebration of Beijing Institute of Geology for Mineral Resources. The first part discusses mineralization partition of non - ferrous metal deposits. Paragenesis and formation mechanism of important non - ferrous and precious metal deposits, including relations between composition partition of continental crustal basement strata and mineralization partition of epigenetic metal deposit and occurrence of metal deposit in rock series environment with different potassium content, are analyzed. The second part summarizes lineation tectonic mineralization at margin of metal domain. Important non - ferrous metal deposits in metal domain formed by mineralization partition are occurred in transformation region of geology or tectonic body in space, formed at transformation period of mineralizing geologic process in time, and located neighboring region of advantageous transformation boundary. Occurrence of mineralizing zonation and structures controlling ore - field, deposit and body are then discussed. The second part investigates homothetic mineralization and prospecting implication. Relative stable hydrothermal activity center, combined with the best conditions of mineralization and preservation, can produce homothetic mineralization and then form large - superlarge deposits.

Key words: mineralization partition, tectonic mineralization of margin lineation type, homothetic mineralization

欢迎订阅 2006 年《世界核地质科学》杂志

《世界核地质科学》杂志(季刊)是经国家科委批准、核工业集团公司主管、核工业北京地质研究院主办、原子能出版社出版、国内外公开发行的我国惟一一本全面介绍核地质科学的学术性期刊。该刊主要报道世界各国,特别是我国核地质相关政策、核地质科学发展方向、核地质勘查科研成果、新理论、新方法、新技术、铀资源及生产与需求、环境研究、核技术应用,以及相关边缘学科和交叉学科科研动态。可读性、实用性强,可供广大科研、工程技术、管理人员及院校师生参考阅读。它将成为您的良师益友。

《世界核地质科学》杂志为“中国核心期刊(遴选)数据库”、“中国期刊全文数据库”、“中文科技期刊数据库”全文收录期刊,为“中国学术期刊综合评价源数据库”统计源期刊和“万方数据——数字化期刊群”全文上网期刊。该刊信息量大、覆盖面广、内容丰富,可及时提供您所需求的信息。

《世界核地质科学》杂志采用铜版纸和彩图印刷,并以其一流的质量为您服务,它将成为科研成果交流的园地,及时了解核地质科学发展前沿的窗口。

欢迎订阅,欢迎投稿。

联系地址:北京 9818 信箱《世界核地质科学》编辑部,邮编:100029

电话:010-64965429, 010-64965399

银行汇款:户名:核工业北京地质研究院;开户行:中国农业银行北京小营分理处;

账号:042601040000122