

斑岩铜矿床的找矿与评价

在毛主席的无产阶级革命路线指引下,为了适应我国社会主义建设对铜矿资源的需要,文化大革命以来,冶金地质系统斑岩铜矿的找矿勘探和科研工作进展较快,取得了一定经验,提出了一些新的观点和认识。本文是根据一九七六年四月召开的冶金地质系统斑岩铜矿座谈讨论会的有关材料综合整理写成的,不可能全面反映所取得的成果,有些问题还有待于今后补充和发展。

一、区域产出特征及其找矿远景区

斑岩铜矿床在世界范围内多成带成群分布,它的产出在整个地球发展史中有其固有的内在规律。然而,由于地壳形成和演化的复杂性,我们只能在不断实践中,通过对大量外部表象的分析,加深对其规律性的认识。

(一) 区域产出特征

1.地壳的物理化学性质是不均一的。地球运动新产生的应力,在地球构造上引起拗陷与拗陷以及稳定与活动的相对差别。它们之间彼此联系又相互转化,在其结合部,构造运动频繁,岩浆活动强烈,通常构成构造-岩浆岩带,为斑岩铜矿床的成生提供了必要的地质条件。从我国地质矿产图上可以看到:扬子地台东南缘有德兴矿田分布;我国北部地槽区地背斜与地向斜、褶皱带与拗陷区分别发现有公婆泉矿床和多宝山矿床。事实表明,斑岩铜矿床产于不同构造单元的过渡地带,通常位于地台(或地轴)与地槽结合部;地槽内地背斜与地向斜或者褶皱带与拗陷区交接处。不仅如此,在地台区内地背斜古老斑岩体的出露地段,也可能是斑岩铜矿的成矿地区,铜矿峪矿床就是一个例证。

但不是所有不同构造单元过渡带,都有斑岩铜矿床形成,这取决于是否有深大断裂及其与之有关的火山-侵入岩带分布。这种深大断裂主要表现为长期活动的特点,具有明显的航磁异常反应,其中有时有基性-超基性岩带展布,特别是通常伴生线状分布的火山岩盆地和侵入杂岩带。我国东部地区受环太平洋构造影响,中生代火山岩带呈北北东向展布,在不同构造单元结合部位,有向西突出的分枝。斑岩铜矿带主要展布于此火山岩带的边缘地区,而矿床则位于沿深大断裂分布的火山岩盆地边缘。同一构造岩浆旋回侵入岩的分布和岩性特征与火山岩相对应,并向内陆出露更大范围,沿深大断裂分布的岩浆杂岩带中成群出现的斑岩体,有的为斑岩铜矿床成矿母岩。我国西南地区与东部地区具有若干类似的成矿地质特征,但由于阿尔卑斯运动的影响,因而又有某些独特之处。我国北部古生代地槽区火山活动多属海底喷发,斑岩铜矿床则在造山运动晚期形成。

深大断裂的地表特征,在碳酸盐地层广泛发育地区,与硅铝质地层分布区明显不同。如长江中、下游表现为火山岩盆地和杂岩体线状分布的特点。近内地带带的粤西、湘桂等地

区,中生代火山岩盆地少见,与深大断裂同一构造岩浆旋回有关的构造-岩浆杂岩带,也具备不了斑岩铜矿床的地质条件。

上述区域成矿地质条件既互相联系又彼此制约。因此,斑岩铜矿床的形成是诸因素的总体反应。

2.众多资料表明,我国斑岩铜矿床的形成时代同夕卡岩铜矿床相当。我国东部地区主要是燕山期,与中一早侏罗世火山-侵入活动有关。例如德兴矿田的成岩年龄为170百万年,成矿时代为163百万年(1975)*。北部地区古生代褶皱带则以海西期为主,如多宝山矿床成矿时代为240百万年(1976)。中尔山地区还发现下元古代的斑岩铜矿床,其含矿斑岩体呈岩床状,经构造变动,仍然得以保留。此外,我国西南以及包括台湾省在内的东南沿海地区,已发现或继续发现喜山期斑岩铜矿。可见我国斑岩铜矿床的成矿时代十分广阔,不同地区具有不同的成矿时代;同一地区常以某一时代成矿为主,兼有其它时代的斑岩铜矿床。

3.区域地质剖面的岩石化学成分和地层岩石组合,对斑岩铜矿床的类型有一定影响。硅铝质地层剖面出露区,常形成特征的斑岩铜矿床,工业矿化赋存于斑岩内,也扩展到斑岩体外,有时矿体大部分产于围岩中(如德兴等)。以碳酸盐地层为主体的剖面,正接触带形成夕卡岩型铜矿,浅成侵入体内发育斑岩型铜矿化,构成两者共生的复合矿床(如丰山洞、武山和城门山等)。以硅酸盐地层为主夹碳酸盐地层的地区,外接触带可以出现似层状夕卡岩铜矿,内接触带则为细脉浸染斑岩型铜矿(如玉龙等)。

4.内生金属矿床有用元素在区域成矿过程中的分散与富集,在地壳演化过程中表现出各自的地球化学特征,并在空间上显示出一定规律性。从现有资料来看,铜、钼矿化往往同时出现于同一成矿带,并且似乎具有相间富集的特点。例如华北地台西南缘,自东向西有中沙溪斑岩铜(钼)矿床→金堆城斑岩钼矿床→天水地区已发现斑岩型铜(钼)矿化,呈现纵向分带性。华南地槽东部地区,斑岩铜矿带的一侧为钨(锡)→铁的成矿带,另一侧为铅锌矿化带。在扬子地台,从内向外大体上也显示出钨→铁→铜(钼)→铅锌的类似情况,呈现横向分带性。

铜与钼、金、锡以及钨在其地球化学性质上有一定伴生关系,尤以铜与钼、铜和金更为密切,然而也应该看到它们相互排斥的一面,特别是钨表现突出。这主要取决于它们亲硫或亲氧的属性。因此,在大型的高品位钼矿床、石英脉金矿床、石英脉黑钨矿床和锡矿床分布区,目前尚未发现大型斑岩铜矿床,但也并不排除形成具有一定规模斑岩铜矿床的可能。

5.在成矿有利的构造-岩浆岩带内,斑岩铜矿田通常位于深大断裂旁侧短轴背斜与次级张性断裂交切部位(德兴);位于深大断裂旁侧次级断裂与其同向褶皱的复合部位(多岩的);北东向构造与东西向构造交汇处(钟腾),以及深大断裂旁侧次级走向不同断裂交切部位,等等。

(二) 成矿远景区

我国幅员辽阔,斑岩铜矿床的成矿地质条件颇为有利。世界性三大斑岩铜矿成矿带分别通过我国东部、北部和西南部,其他地区也有许多重要发现。此外,夕卡岩铜矿的区域成矿条件与斑岩铜矿相近,二者的成矿远景区往往一致。总之,我国斑岩铜矿成矿地域宽广,成矿时代延续漫长,找矿前景令人鼓舞。

*桂林冶金地质研究所原测定德兴矿田成岩和成矿年龄分别为163百万年和155百万年。据1975年全国同位素地质工作经验交流会协商的统一标准大约偏低5%。

1. 东部成矿带：我国东部地区，受环太平洋构造影响，平行海岸线发育北北东向构造-岩浆杂岩带；在不同构造单元特别是一级构造单元之间的过渡地带常有近东西向构造-岩浆杂岩带展布；在同一构造单元内部，也存在着一组东西向构造-岩浆杂岩带。它们是地壳多次活动的产物，具有明显的继承性，并彼此联系成一个统一的整体，直接控制着大片出露的燕山期火山岩带的分布形态，斑岩铜矿的主要分布范围与此火山岩带分布区一致。因此，东部地区斑岩铜矿成矿区呈近东西和北北东两个方向展布。成矿区主要有皖浙赣边境、长江中下游和浙东-闽中-粤东、鲁东以及赣西-湘南-粤西-海南、湘东、冀东-辽西、晋北、皖西-豫西、吉-黑-辽东部等地区，此外还有桂东南地区等。

2. 北部成矿带：大致包括新疆、甘肃北部、内蒙古和东北三省西部地区。该成矿带系中亚-内蒙古斑岩铜矿成矿带的重要组成部分。古生代海底火山喷发频繁而强烈，海西期岩浆侵入活动显著。海西褶皱带与加里东褶皱带，地背斜与地向斜和褶皱带与拗陷区的交接部位，是斑岩铜矿床赋存的有利地段。成矿区主要表现为东西方向分布，因受西伯利亚地台影响，矿带两端分别向北东和北西方向偏转。成矿时代以海西期为主，次为加里东期，还有燕山期。成矿区主要有天山、东蒙-吉西和甘肃北山，黑龙江西部，阿尔泰以及内蒙古中部等地区。

3. 西南成矿带：包括西藏、云南和川西地区。该成矿带以印支-燕山期构造-岩浆活动强烈，藏南和滇西并有喜山期构造-岩浆活动叠加。斑岩铜矿成矿区在藏东-滇西呈北西向分布，而在滇中-川西则为南北向分布。成矿远景区主要有藏东和金沙江-红河大断裂的两侧以及滇中-川西等地区。此外，在藏南也有较大找矿远景。

4. 其它地区：包括陇东、陕南和川北等地区。这些地区构造运动频繁，岩浆活动强烈，其中陇东地区火山岩盆地呈东西向断续分布，均值得开展斑岩铜矿找矿工作。

还须指出的是，我国晋南以及其它寒武纪地层分布区，对于寻找同时代的斑岩铜矿，应该引起足够的重视。

二、矿床基本特征

这里所述斑岩铜矿床的基本特征，系指国内已知斑岩铜（钼）矿床一般地质现象的概括，未能全部包括具体矿床的个性。为认识斑岩铜矿床基本特征，还与近似矿床作一些比较。

（一）基本特征

1. 我国斑岩铜矿床大多产于不同构造单元结合部的深大断裂附近，常出露于同一构造岩浆旋回钙碱系列火山岩带（或线状分布的盆地）内外边缘地带，或见于火山岩带内基底隆起地段。通常成带成群出现。

2. 矿床在时间和空间上，与同一构造岩浆旋回的晚期浅成-超浅成中-酸性小侵入体关系密切。成矿侵入体出露面积一般为零点几到几平方公里，很少达到十几平方公里。岩性多为花岗闪长斑岩，还有石英闪长斑岩、次英安斑岩和花岗斑岩等。岩石多具斑状结构，少数呈似斑状或半自形粒状结构，一般不见岩相分带。成矿岩体一般呈岩株状、岩筒状及蘑菇状，

少数呈岩墙及岩床产出,有时具爆破角砾岩筒构造。成矿斑岩体钾质一般偏高,富含暗色矿物和磷灰石等挥发组分较高的矿物。

3. 蚀变和矿化在适度富铁的硅铝质岩石中发育较好,并受接触构造、断裂破碎带或角砾岩筒控制。蚀变和矿化较均匀,分带清楚,规模较大。

4. 蚀变以 K^{1+} 、 Si^{4+} 和 $(OH)^{-}$ 交代作用为特征,在空间上和时间上酸碱演化明显。一般可分为:

(1) 强石英化带:在一定构造条件下,位于钾长石化带之中,或位于正接触带上。组成强石英化带的岩石主要为石英(含量一般高于30~50%),常含少量绢云母和白云母,有时还含水白云母、钾长石、绿泥石和电气石等。原岩结构消失。石英呈宽窄不一的密集网脉或块状次生石英岩产出。一般矿化较弱,有时发现钼的局部富集。如多宝山矿床等。

(2) 钾长石化带:当弱石英化带不存在时,构成蚀变带中心。该带的特征矿物为钾长石或黑云母,而且常含大量石英和少量绢云母、水白云母、绿泥石、绿帘石及硬石膏等,有时局部见似伟晶岩。不同矿床该带中钾长石、黑云母和石英含量变化很大(百分之几到百分之几十)。粒状交代为主,也有的呈细脉状产出。蚀变岩石常保留原岩结构,但蚀变强烈时原岩结构不同程度消失,而呈花岗变晶结构或变余斑状结构。该带常有铜钼矿化富集。我国已知斑岩铜矿床多数在该带产出。

(3) 石英-绢云母(水白云母)化带:一般位于钾长石化带外侧,是我国大多数斑岩铜矿床常见的蚀变带之一,也是铜(钼)矿体的主要赋存部位。该带特征矿物为绢云母和水白云母,常含较多的石英和少量伊利石、绿泥石及高岭石类矿物等。蚀变强烈时,岩石呈现灰白色或淡绿灰色,并在构造应力较强条件下,具似千枚状构造。

(4) 伊利石-高岭石化带:在我国已知斑岩铜矿床或有出现或尚未查明。产于石英-绢云母(水白云母)化带外侧。特征矿物为伊利石和高岭石类矿物,可含石英、水白云母、绿泥石、绿帘石及碳酸盐矿物等。粘土矿物常呈长石交代假象,故常可恢复原岩结构。该带矿化较弱,含铜品位较低,但当石英化和水白云母化较弱时,局部也可产出铜矿体。

(5) 绿帘石-绿泥石(或青盘岩)化带:发育在矿床最外带。当原岩为中-酸性侵入岩或火山岩时,原岩中的暗色矿物被绿帘石、绿泥石和碳酸盐矿物交代;斜长石因去钙作用其牌号下降(即钠长石或更钠长石化),有时还有星点状绿帘石和碳酸盐等矿物交代。当该带发育在沉积硅铝质岩石中时,则以绿泥石和绿帘石化为主。铜矿化被微弱。

上述蚀变分带是根据我国已知斑岩铜矿床中各蚀变带相对空间位置的概括,对于具体矿床而言,因其围岩岩性、构造条件、矿床形成深度和剥蚀程度等方面的不同,各蚀变带发育强度及宽度也有较大差别,某些蚀变带缺失或在产出位置上有所差异。

5. 矿化以铁、铜和钼的硫化物为主体,并以高硫、贫氧和适度富铁的硫铁型矿化为特征。原生金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿和辉钼矿;斑铜矿、闪锌矿、方铅矿、磁铁矿、镜铁矿和磁黄铁矿等少见。矿石具细脉浸染状构造。原生矿石铜品位一般较低,但矿化较均匀,而且矿化范围较大。原生金属矿物和矿石构造通常显示明显的水平分带。由内向外一般为:辉钼矿(磁铁矿、斑铜矿)→黄铜矿和黄铁矿→黄铁矿、方铅矿、闪锌矿和镜铁矿;浸染状→浸染和细脉状→细脉和小脉状→小脉和大脉状。这一分带,大体上也反映了由下向上的垂直分带。除玉龙和钟腾等部分矿床外,我国已知斑岩铜矿床次生富集带不广

发育。

6. 蚀变和矿化有规律的组合,也是斑岩铜矿床的一个显著特点。铜矿体多赋存于石英-绢云母(水白云母)化带和石英-钾长石(黑云母)化带;钼矿体多产于弱石英化带和钾长石化带,而黄铁矿则在伊利石(水白云母)-高岭石化带和绿帘石-绿泥石(或青盘岩)化带中普遍存在,铁氧化物和硫酸盐矿物,主要见于绿帘石-绿泥石(或青盘岩)和钾长石(黑云母)化的两个亚碱性和碱性蚀变带内,而且两个蚀变带中高氧矿物产出形式又有区别:前者主要为镜铁矿和重晶石;后者则主要为磁铁和硬石膏。然而高氧矿物在整个矿床中含量是稀少的,其出现可能与碱性介质所造成的氧逸度局部增强有关。

(二)与近似矿床的区别

斑岩铜矿床,在一定区域内常与夕卡岩铜矿、火山热液铜矿及热液铜矿相伴,且易混淆。因此,必须注意研究它们之间的联系和区别(参见附表)。上述四类矿床的共同特点是:均属内生铜矿,并与同一构造岩浆旋回的火山-侵入活动有一定联系;常与中-酸性中深成至超浅成小侵入体及次火山岩体伴生;成矿侵入体钾质一般偏高;铜矿化皆以黄铜矿为主,且多与铁、铝、锌等硫化物共生;均见有与矿化作用伴随的热液蚀变作用。这就决定了上述矿床可在同一成矿带中共生,其中斑岩铜矿与夕卡岩铜矿还可以形成伴生的复合矿床。然而,矿床形成的地质和物理化学条件又有差别,因此大多又不共存于同一矿床之内。

夕卡岩铜矿与斑岩铜矿形成的地质和物理化学条件的主要区别在于成矿母岩的侵入深度(或矿床形成深度)及其围岩的岩性差异。夕卡岩铜矿床形成深度为中深成至浅成;少数可达超浅成,而斑岩铜矿床则为浅成至超浅成。夕卡岩铜矿要求富含钙镁质碳酸盐围岩,而斑岩铜矿床则要求适度富铁的硅铝质岩石。因此,在浅成至超浅成环境下中-酸性侵入岩与碳酸盐围岩接触时,可以形成类似丰山洞、城门山和玉龙等夕卡岩-斑岩型复合矿床。夕卡岩铜矿床区别于斑岩铜矿床的主要标志有:侵入体常具与围岩同化混染形成的偏基性边缘相;以接触带为中心的双交代蚀变分带及钙、镁和铁为特征的基性(或弱碱性)蚀变矿物组合;早期蚀变和矿化阶段属于半氧化和贫 $(\text{OH})^{1-}$ 环境(形成大量透辉石-钙铁辉石、钙铝-钙铁石榴石及磁铁矿),而晚期蚀变和矿化阶段属强还原和富 $(\text{OH})^{1-}$ 环境(形成绿泥石、阳起石、金云母等含水矿物及黄铁矿、黄铜矿等)。总之,夕卡岩铜矿具有在时间上和空间上酸碱演化不明显但氧化-还原梯度变化较大的特点。

火山热液铜矿及其热液铜矿区别于斑岩铜矿的主要标志有:与侵入体的空间联系不如斑岩铜矿那么明显;具有线型蚀变和矿化,且明显受断裂破碎带构造控制;矿化和蚀变带狭窄而分带不清,矿化多呈脉状产出。

综上所述,斑岩铜矿是与同一构造岩浆旋回钙碱系列火山活动有关的浅成-超浅成中-酸性小侵入体紧密共生,岩浆期后 K^{1+} 、 Si^{4+} 、 $(\text{OH})^{1-}$ 交代作用形成的蚀变矿物晕为特征的细脉浸染热液型铜(钼)硫化矿床。衡量斑岩铜矿床的主要标志可以归纳为:

- (1) 矿化与浅成-超浅成中-酸性小侵入体密切共生。
- (2) 热液蚀变属 K^{1+} 、 Si^{4+} 、 $(\text{OH})^{1-}$ 交代型,并具一定蚀变分带性。
- (3) 矿化属铁、铜(钼)硫化物为主体的硫铁型组合,并主要呈细脉浸染状产出。金属元素组合和矿物组合,矿石结构构造在空间和时间上有明显分带。

与火山—侵入活动有关的三种内生铜矿床特征对比表

矿床类型	夕卡岩型铜矿	斑岩型铜(钼)矿	火山热液型铜矿
与同一构造岩类或同一火山岩的关系	位于火山带(盆地)的外缘,或在区域内已不见同一构造岩类旋回的火山岩	位于火山带(盆地)的内外边缘及其内隆起地段	位于火山盆地(带)之中
矿床形成深度	中深成至浅成,少数为超浅成	浅成至超浅成	超浅成至地表
与同一构造岩类或同一岩浆岩的关系	区内侵入岩成分较单一,以中-酸性侵入岩为主。矿化与中性小-中-等规模的岩体有超浅成侵入体有关,蚀染作用常见,往往具岩相分带	区内侵入岩较多,一般由基性向酸、碱性演化。矿化与晚期中性成-超浅成小岩体有关。不见蚀染作用,不具岩相分带	中酸性及酸性侵入火山岩和岩体受育
围岩	区内富含磷酸盐地层发育。矿体主要产于该层与侵入体的内外接触带	区内硅铝质岩石占绝对优势,矿体赋存于超深富铁的硅铝质岩石之中	大面积出露同一构造岩类旋回的火山岩,矿体多产于偏中酸性火山岩之中
控制矿体的构造	侵入体与围岩的接触构造及英岩与花岗岩层的层间断裂、裂隙构造	侵入体与围岩的接触构造、面状构造、碎裂带及糜棱角砾岩构造	断裂及碎裂破碎带
矿体矿化特征	1. 蚀变以辉石-石榴石及透辉石-橄榄石-夕卡岩化为特征。铜矿化与晚期绿帘石、金云母、阳起石化关系密切; 2. 铜以黄铜矿为主,斑铜矿次之。磁铁矿、磁黄铁矿及黄铁矿较发育,有时磁铁矿具工业意义; 3. 具面状蚀变-矿化,其宽度一般不超过100~200米,可具蚀变和矿化分带; 4. 矿石以致密浸染状为主,矿体边界较清楚,矿石构造分带不明显; 5. Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 等基性(亚碱性)蚀变组合为特征,半氧化环境与还原环境在时间上分离。在时间和空间上氧化-还原程度演化明显,但酸碱性变化不明显。	1. 蚀变以钠云母化、水白云母化、钾长石化、石英化及黑云母化特征,并与铜铝矿化关系密切; 2. 铜以黄铜矿为主,斑铜矿次之。黄铁矿很发育,有时具工业意义; 3. 具面状蚀变-矿化,宽度可达1000~2000米,具明显的蚀变、矿化分带; 4. 矿石以细脉浸染状为主,矿体边界不清,矿石构造具分带性; 5. K^{+} 、 $[\text{OH}]^{-}$ 、 $[\text{S}_2]^{2-}$ 、 Si^{4+} 等碱-酸性蚀变组合为特征。酸碱性变化明显,但氧化-还原程度变化甚微,为较稳定的还原环境。	1. 蚀变以石英化、绿帘石化、磁黄铁矿化、高岭石化、绢云母化及硫酸盐化为特征; 2. 铜以黄铜矿为主。磁铁矿、赤铁矿、镜铁矿及黄铁矿发育,有时均可具工业意义; 3. 具线型蚀变-矿化,其带宽几十米以下,分带不明显; 4. 矿化以脉状为主,矿体边界清楚,矿石构造具分带; 5. $[\text{S}_2]^{2-}$ 、 $[\text{SO}_4]^{2-}$ 、 $[\text{CO}_3]^{2-}$ 和 Si^{4+} 等酸性蚀变组合为特征,酸碱性变化不明显,但在空间上氧化-还原程度变化很大。

三、找矿评价标志

准确而有效的找矿评价标志,在选择评价点和评价工作中,便于分析现象,抓住实质,对矿点的成矿远景得出较为正确的估量,从而加快评价速度,提高找矿效果;找矿评价标志的可靠性则取决于矿床地质的研究程度。

(一) 评价点选择的基本地质标志

1. 成矿侵入体一般为中-酸性浅成-超浅成侵入岩。其中,中酸性或偏中性的岩体,常形成以铜为主的矿床;偏酸性的岩体,往往形成以钼为主的矿床,但也可形成大型的以铜为主的矿床(如玉龙)。偏碱性岩体形成大型铜矿床的,目前尚未发现,需要在实践中加以总结认识。

浅成-超浅成条件有利于形成斑岩铜矿床,已被大量找矿实践所证实。至于中深侵入体成矿的可能性,八大关矿床已提供了实例。

成矿岩体一般规模不大。成群出现的斑岩体,其中以规模相对较大者成矿为好。岩体形态以岩株状和岩筒状最佳,其次为岩床和岩墙等。规模甚小的岩脉(群),除指示其下或近侧可能有含矿岩体出现外,矿化较弱。

成矿岩体岩石特征是钾质和原生含铜量偏高;富含暗色矿物和挥发组分较高的矿物。例如丰山洞矿床的含矿岩体,钾质和磷灰石含量比同一地区不含矿的同类岩石明显偏高;岩体中黑云母含铜量达180ppm。

2. 含矿岩体及其近邻围岩中具有 K^{1+} 、 Si^{4+} 和 $(OH)^{-1}$ 交代形成的蚀变矿物晕。蚀变形成的全过程,酸碱性演化明显。似乎是原岩结构基本消失, K^{1+} 、 Si^{4+} 中等交代情况下,矿化发育较好。

3. 与斑岩侵入有关的矿化主要为硫铁型。黄铁矿普遍存在。由于赋矿围岩多为硅铝质岩石,地表氧化和酸性淋滤,原生铜矿化和铜的次生矿物难以见到,但常呈现星点网脉状褐铁矿和不均匀铁染褐黑色露头外貌;只有在碳酸盐成分参与下,出现铜的次生矿物或含铜夕卡岩氧化淋积的沥青色块状褐铁矿帽。

此外,硫磺矿坑可能是斑岩铜矿床的“卫星矿”。矿化斑岩体及其外围的老窿、矿石废石堆和矿渣分别指示古人曾采掘次生富集铜矿或受局部裂隙控制原生富铜矿和铅(银)矿。

4. $Mo \rightarrow Cu$ 、 $Mo(Ag) \rightarrow Pb$ 、 $Zn(Ag, As, F, Ba, Mn, Co)$ 地球化学扩散晕分带性,可能反映矿床存在。

上述选择评价点的基本标志,有人称之为“三晕、一体”,即蚀变晕、矿化晕、扩散晕和斑岩体;或概括为“四性”,即中酸性、浅成性、酸碱性和还原性。

(二) 矿化富集程度的标志

1. 蚀变强,范围大,具面型发育时,矿化有较大规模的富集。

所谓蚀变强烈常表现为 K^{1+} 、 Si^{4+} 和 $(OH)^{-1}$ 的交代显著,原岩结构大部或全部消失。钾长石(黑云母)、石英、绢云母、水白云母、伊利石、高岭石类矿物及铁镁矿物大量出

现,反映在矿物组合上构成斑岩铜矿型蚀变分带。

面型蚀变系指蚀变连续发育具有一定广度。我国几个著名的斑岩铜矿床蚀变范围都很大,往往超过含矿岩体及围岩中。如富家坞矿床含矿岩体仅0.16平方公里,而蚀变范围为岩体的3~4倍。线型蚀变系指蚀变连续发育为狭窄的产状类型,一般矿体小,矿床规模有限。当线型蚀变较密集发育,铜品位较高,富含综合利用元素或在其中发现厚大矿体时,才具工业价值。

2.国内外资料表明,通常情况下,矿床规模越大,蚀变和矿化分带性越强。反之,矿床规模小,分带性差。比如富家坞矿床规模巨大,蚀变和矿化分带明显,而同一区域的鹊坑,蚀变零散,分带性差,矿化分散,不具工业意义。其次,蚀变和矿化虽然较弱,但次生富集厚大,也成大矿。

3.含矿溶液中硫、氧、铁的有效浓度是内生铜矿成矿的基本条件之一。其重要工业富集的斑岩铜矿床要求有高硫、低氧和适度富铁的成矿环境。表现在金属矿物组合上应以黄铁矿和黄铜矿(辉钼矿)为主体,其中黄铁矿则居更大优势。如果出现相当数量的磁黄铁矿、毒砂、磁铁矿和赤铁矿等矿物,反映了氧浓度偏高、硫浓度偏低的成矿环境,被认为对形成斑岩铜矿床是不利的。

(三) 矿化富集部位的标志

1.矿化富集在岩体的一定部位。当含矿岩体斜冲侵入时,矿化富集在岩体侵入的前锋及其两侧由陡变缓部位(如富家坞)。含矿岩体为锥状或蘑菇状岩株和直立岩筒,矿化富集在顶部及其两侧(如玉龙等)。产状平缓的含矿岩床,矿化富集在岩床体的中上部(如铜矿峪)。此外,舌状体的凹部矿化可以较佳(如马厂菁);蘑菇状岩体颈部至超覆部位也可出现矿化富集(如丰山洞等)。

2.矿化富集在蚀变分带的一定部位。国内大多数斑岩铜矿床找矿实践表明,石英-绢云母化带和钾长石化带是矿化富集的主要部位,然而,并不是所有石英-绢云母化带都有良好的矿化富集。根据一些矿床的找矿经验,赋存矿体的石英-绢云母化带,灰色石英细脉和糖粒状石英较发育,并含数量较多的绢云母、一定数量的水白云母,少量白云母,常伴有不同程度的绿泥石和伊利石化;数量不多的钛矿物为金红石。石英色浅,具玻璃光泽和含绢云母、水白云母甚少的块状次生石英岩或石英网脉带,则铜矿化极弱或仅发现钼的局部富集。含矿的钾长石化带,除特征的钾长石(黑云母)交代并伴生部分石英之外,常常叠加有不同程度的石英-绢云母(水白云母化)。钾长石部分被交代,黑云母则多变为含镁绿泥石(蠕绿泥石)或光性上接近金云母的浅棕色黑云母。石英-绢云母(水白云母)化不明显的钾长石化带含矿也有发现,但铜品位较为低贫。

此外,伊利石-高岭石化带当石英化和水白云母比较显著时,也可构成矿体,但铜品位一般较低。

3.矿化富集于矿化分带的一定部位。斑岩铜矿床的矿化分带一般是:细脉浸染状铜(钼)矿化发育于矿体中心,脉状黄铁矿化和镜铁矿化在边部,铅锌(银)矿化在外围。根据铅锌(银)矿化和黄铁矿、镜铁矿脉体空间产出状况,以判断铜(钼)矿化可能富集部位。另外,根据硫化矿石不同构造类型(或褐铁矿产状)空间上的产出规律(如细脉浸染状在中部,向外为细脉、网状脉,边部为大脉,也可以作出类似判断。

4. 矿化富集在构造的有利部位

(1) 接触构造: 矿液沿成矿岩体与围岩的接触带及其两侧富集成矿。由于接触带两侧岩性及裂隙构造发育程度不同, 矿化可以主要富集在内接触带, 也可以主要富集在外接触带, 或者在正接触带出现夕卡岩铜矿体。形成空心圆形、椭圆形或倒杯状等接触构造类型矿体。

(2) 断裂破碎构造: 矿液沿成矿前或成矿期中的断裂破碎带或层间破碎带活动, 矿化富集在破裂带及其两侧。由于此种构造发育部位不同, 矿化可以富集在岩体内的某一部位, 亦可富集在距岩体不远的围岩中, 形成厚板状、脉状和受交叉破裂带控制的柱状断裂破碎构造类型矿体。

(3) 角砾岩筒构造: 系指与火山-侵入岩浆活动有关的角砾岩筒构造。此种角砾岩筒通常呈陡立的圆形和椭圆形, 有时为不规则状, 一般成群出现, 金属硫化物主要胶结其中的角砾, 形成以圆形和椭圆形为主的角砾岩筒构造类型矿体。

据国外文献资料介绍, 成矿最有意义的是爆发型、崩塌型和热液侵入型角砾岩筒。矿化富集型式分三类: 矿化富集在岩筒边缘的环状式; 整个岩筒全部矿化的全筒式; 岩筒及其周围均有矿化的混合型。后一种型式较为多见, 比较重要。角砾岩筒型矿床一般含铜品位较高, 特别岩筒边缘更富。单个角砾岩筒矿床规模与岩筒大小有关。如规模较小, 但成群出现, 又具次生富集, 工业价值则很大。

含矿角砾岩筒的特征蚀变之一是呈网脉状产出的电气石化, 说明挥发组分在成矿过程中较大富集。然而富含挥发组分的蚀变矿物不仅仅是电气石, 对于具体矿床来说, 可以出现另一类矿物。例如, 丰山洞矿床赋存斑岩型铜(钼)矿体的角砾岩, 就富含磷灰石、黄玉和萤石等, 其中尤以磷灰石大量发育。这说明角砾岩筒中富含挥发组分的矿物大量存在, 有利于矿化富集。

5. 矿化富集于岩石性质有利的围岩中。围岩为适度富铁的硅铝质岩石, 矿化同时发育在围岩和斑岩体内; 若围岩片理和裂隙构造发育, 矿化在围岩中较发育。含矿斑岩顶盖围岩如为致密块状硅铝质岩层, 矿化富集在屏蔽层之下。围岩为碳酸盐岩石时, 接触带形成夕卡岩铜矿, 而斑岩铜矿则主要在斑岩体内。

(四) 剥蚀程度是判辨矿床远景的标志之一

矿床被剥蚀的程度直接关系到它的工业价值。具有一定规模的矿床, 由于大部被剥蚀掉而可能失去工业意义。根据斑岩铜矿床的蚀变-矿化特征曾参照含矿岩体的某些特征, 现将浅、中、深剥蚀程度的地表特征初步归纳如下:

1. 浅剥蚀矿床: 绿帘石-绿泥石(或青盘岩)化带和伊利石化带广泛发育, 石英-绢云母(水白云母)化带仅小范围出现, 或未出露。 K^{1+} 和 Si^{4+} 交代微弱。常见石英、碳酸盐、绿泥石和绿帘石脉体。脉幅大小不一, 其中石英小脉由低温石英组成。有时尚见重晶石化及明矾石化现象。矿化以脉状黄铁矿为主, 常有镜铁矿化或铅锌矿化。所见侵入岩常以规模甚小的岩体群出现。含矿岩体顶部见有围岩残留体, 或其上有侵入接触关系的盖层。若属侵入岩中受破碎带控制的隐伏矿体, 地表原岩结构可辨, 而显示广泛的青盘岩化或伊利石-高岭石化。

2. 中等蚀变矿床: 地表各蚀变带出露齐整, K^{1+} 、 Si^{4+} 和 $(OH)^{1-}$ 交代呈现有规律分布的蚀变矿物晕。矿化中心以细脉浸染状黄铁矿和黄铜矿(辉铜矿)为主, 脉状石英(有的

为低温)、黄铁矿和镜铁矿或铅锌矿化发育在外侧。成矿岩体为岩株状和岩筒状。

3.深剥蚀矿床:占主要地位的是钾长石化,可分布至成矿岩体内外较大范围。于一定构造部位,有时有强石英化发育。其他蚀变带仅占次要地位或难划出。绢云母和水白云母类矿物很少,或仅见于某些小裂隙带。金属矿物总量低,黄铜矿和黄铁矿含量大致相当,辉钼矿比例增高,浸染状为主,常伴有粒状磁铁矿或硬石膏。地表出露“无矿核”,除部分暗色矿物蚀变外,斜长石有时发生不明显的钠化和伊利石-高岭石化,金属矿物仅见粒状磁铁矿(相当原岩中之含量)。有时岩体出露面积较大,原岩构造一般清楚。

除上述标志外,矿床元素分配规律和硫同位素组成作为判辨剥蚀程度的标志,也取得初步成果,但需进一步研究。

显然,在找矿评价中,对剥蚀深度不同的矿床(点)应当是区别对待。浅者,矿床规模可能较大,要给予较大注意,但由于埋藏深,只宜控制远景,而不宜列为详勘重点。中等剥蚀,矿床大部分和较大部分裸露地表或埋藏浅,应是找矿勘探的重要对象。深剥蚀条件下,一般讲远景有限,但若原始矿床规模巨大,残存部分仍可有一定规模。特别是大岩体被断裂错开时,一翼被剥蚀掉,另一翼可能保存矿体。由于影响矿床及其工业利用的因素是多方面的,因此剥蚀深度作为判辨矿床远景的意义只是相对的。

关于找矿评价标志,还有一些蚀变矿物值得注意。比如绿泥石和钛矿物类别、电气石和磷灰石等矿物含量及其在各蚀变带中的发育规律,可否作为找矿评价和确定矿化富集部位的标志,都需进一步研究。

(冶金地质系统斑岩铜矿座谈会秘书组供稿)



电子探针分析送样要求

电子探针是一种在微小区域内进行无破损分析的仪器,目前已普遍用来分析矿物和岩石。为使这一仪器分析方法便于地质工作者应用,更好地为冶金地质工作服务,现将有关送样要求简介如下:

(一)电子探针分析的元素范围是周期表上5(硼)~92(铀)号元素。其中惰性气体不能分析,10号以下的元素以及铀、钍、镭、钷、锔等只能作定性分析,其余可作定量分析。分析的相对灵敏度一般在0.1%左右,精度2~5%(主要指高量元素),分析区域大小在2微米以上。

(二)样品的类型可以是光片、薄片或单矿物颗粒。其中光片要求把待测的颗粒用钢笔或其它工具圈定其范围,但应尽量缩小其范围;薄片则要求把盖玻璃去掉,并把样品表面的树脂清洗干,然后在镜下用铅笔准确圈出一种待测矿物,不允许圈内有其它矿物存在,否则不能辨认。单矿物颗粒可直接送样。

(三)送样时,必须按下述内容,填写送样说明书:(1)送样单位、联系人;(2)样品编号、产地、产状(一定要附有简要地质情况);(3)分析对象的特征(如形态、光学物理特征等),并在圈定位置作简要素描;(4)分析目的和要求;(5)电子探针分析应在岩矿鉴定工作的基础上,提出分析对象(矿物),附上待测矿物曾作过的鉴定数据。

(陈振玠)