

斑岩铜矿的找矿标志和找矿方法

陕西省地质局第八地质队科技情报组

斑岩铜矿，又称细脉浸染状铜矿，是重要的铜矿工业类型之一。目前，此类型铜矿在资本主义国家约占总储量的65—70%，我国为24%。该类型矿床多呈大型网脉状产出，具有规模大、品位低、易开采的特点，亦经常出现矽卡岩型与斑岩型矿共生的现象。矿石储量，单个矿床往往超过一千万吨，常达几亿——几十亿吨（如美国、加拿大、智利、秘鲁和墨西哥26个著名的矿床中，3—5亿吨的有9个、5—10亿吨的有4个、10—20亿吨的有2个）；金属储量常达几十万—几百万吨（如我国江西德兴、西藏玉龙等铜矿达 $\times\times$ 万— $\times\times\times$ 万吨）。但其中大部分为贫矿，少数为富矿，一般品位较低，大多矿床原生矿石含Cu在0.4%以下，少数可达0.8%或略高，次生富集带可达1—2%。矿石还伴含有Mo、W、Bi、Co、Pb、Zn、Ag、Au和稀有元素等有用组分。

斑岩铜矿的富集在空间上，与造山作用期的浅成或超浅成的花岗斑岩、花岗闪长斑岩等有关，岩体具斑状结构。它们在地质构造中的区域位置，据国内外已知的斑岩铜矿无例外地产于不同时代的褶皱地槽区内。斑岩铜矿的母岩和各种围岩都可含矿，矿体产于接触带附近和岩体中。矿石构造为细脉浸染状、星散浸染状、条带状、细脉状。矿床通常具有垂直分带岩面型环状蚀变分带现象，即，一般由上而下为：淋滤带——氧化带——次生硫化富集带（胶结带）——原生矿石带；从岩体边部——接触带——围岩具不同蚀变类型的面型环状分带。

（一）斑岩铜矿的找矿标志

1、斑岩标志

与成矿有关的岩石主要有花岗斑岩、花岗闪长斑岩、钠长斑岩，其次还有石英斑岩、石英二长斑岩、斜长斑岩、钾长花岗斑岩、花岗闪长岩、石英闪长岩和闪长岩等。其中大多数矿床与燕山期斑岩有关，约占斑岩铜矿储量的64%；其次与华力西、加里东期斑岩有关的矿床。与大、中型斑岩铜矿有关的斑岩常为小侵入体，出露面积一般小于 1Km^2 （如德兴铜厂 0.69Km^2 ，富家坞 0.16Km^2 ，朱砂红 0.066Km^2 ）。据江西研究结

果认为,岩体具多期次(多次侵入)、多系列〔钙碱性:Mo、W(酸性)←Cu(中酸性)→Pb、Zn(碱性)〕、多类型(多种岩石类型)和多形态的“杂岩体”(同期同源多次)对成矿则最有利,称之所谓“多位一体复合式铜矿床”。如德兴花岗岩闪长斑岩的特点是,岩体大矿大,富家坞岩体为浑园状矿好,铜厂岩体为辣椒状矿中等,朱红岩体为哑铃状矿差。岩体产状缓,矿一般都好,而脉状者则无工业价值。黄铁矿大脉往往位于斑岩体之外,也可作为间接找矿标志。

矿体的形态取决于裂隙带的形状、岩体形态、围岩性质与成矿后的构造运动。从已知斑岩铜矿床来看,主要是椭圆形或筒状(爆发角砾岩筒);其次是长条形,在垂直剖面上,矿体多呈巨厚的水平层或缓倾透镜体、钟状体、岩株状、碗状或倒锥状。这些都是典型矿床矿体的主要形态。接触带形状复杂者好,如,锯齿状、肋状、枝叉状等;而简单平直光滑者则差。

2、构造标志

目前已知斑岩铜矿,均明显产在次级大断裂的旁侧。主要与次级断裂构造有密切关系,特别是构造的交汇处或交接点。如沿交叉断裂、陡倾斜断裂、层间断裂等部位侵入;部分则产于背斜轴部或其附近。矿床的产出与岩体形态、接触构造、断裂构造等有关。在这种情况下,矿体主要是受断裂裂隙(包括节理)控制,有时也受片理和小褶曲控制。在一些矿床中,控制岩体的构造与控制矿床、矿体构造有明显的继承性和发展关系。如德兴铜矿受多体系复合构造控矿,矿石处于东西向构造与华夏系、新华夏系三个构造体系交汇处,以新华夏系为主导的控矿带。具体一个矿体则较复杂,可能与原来某一种构造(如横张断裂)有关。如矿田构造裂隙发育,一般成矿都较好。因此,岩石裂隙是重要的成矿控制因素,许多斑岩铜矿床的品位与单位面积的裂隙数量成正比。

3、蚀变标志

斑岩铜矿的围岩主要为千枚岩、片岩,次为角岩、侵入岩、火山岩(如安山岩、二长安山岩、英安岩及流纹岩)、砂页岩和碳酸盐类岩石等。在副岩系围岩中,火山岩组合均占大多数,但这些岩石均在斑岩侵入前形成。

蚀变发育,所有的斑岩铜矿都伴随有程度不同的热液围岩蚀变。有绢云母化、硅化、钾长石化、黑云母化、绿泥石化及高岭土化等。国内外已知矿床,较普遍发育的蚀变类型有四种:(1)石英——正长石化;(2)石英——绢云母化;(3)绢云母——高岭石化;(4)黑云母化。斑岩铜矿多产于蚀变的石英——绢云母化岩石中,是良好的找矿标志。蚀变类型复杂、强烈,范围大者对成矿有利。江西德兴铜矿区中间的强蚀变带可视为直接找矿标志。

一般围岩为火山岩者均具有典型的“面型环状分带”蚀变;围岩为碳酸盐类岩石则为矽卡岩化。原生蚀变的分带通常表现为,边缘带——绿泥石、绿帘石、高岭石(矽卡岩)外部带——绿泥石、绿帘石、方解石;过渡带——石英、高岭石、绢云母、蒙脱石;内带——石英、绢云母、黄铁矿;最内带——石英、钾长石、黑云母、绢云母(硬石膏)。即由岩体中心向外到围岩,蚀变分带的次序大体为,钾化→硅化→千枚岩化→泥化→青盘岩化。国外有关资料指出,黄铜矿在钾化蚀变带中是唯一存在的原生铜矿物。

已知的许多斑岩铜矿由于围岩性质、构造因素以及剥蚀程度的影响,其分带性多已

残缺不全。这种蚀变分带对评价斑岩铜矿有着重要的实际意义。

4、矿化标志

斑岩铜矿无论是岩体和围岩均具矿化。组成斑岩铜矿的主要金属矿物是，黄铁矿和黄铜矿；少量的有斑铜矿、黝铜矿和辉铜矿等。次生富集带氧化矿石中常见有辉铜矿、胆矾、褐铁矿、兰铜矿、孔雀石等。

原生矿化的分带现象表现为，边缘蚀变带——方铅矿、闪锌矿、银、金；外蚀变带——黄铁矿、方铅矿、闪锌矿；过渡蚀变带——黄铁矿>黄铜矿>斑铜矿、硫化物量中等，黄铁矿：黄铜矿=23：1；内蚀变带——黄铁矿>黄铜矿>辉铜矿>斑铜矿，硫化物总量高（10%），黄铁矿：黄铜矿=13：1；最内蚀变带——黄铁矿>黄铜矿>辉钼矿>斑铜矿，硫化物总量低（3%），黄铁矿：黄铜矿=3：1。由岩体中心向外围岩，矿化、金属矿物分带的次序大体为，（黄铜矿、辉铜矿）→黄铁矿→方铅矿、闪锌矿、银、金或具明显的Cu、Mo——Cu—Cu、Pb、Zn——FeS₂分带；由底盘向上分带次序则为，（黄铜矿、辉铜矿）→黄铁矿。一般蚀变强，矿化也较好。

各蚀变带中，硫化物产状的特点是，边缘蚀变带——大脉状；外蚀变带——脉状与细脉状；过渡蚀变带——细脉状；内蚀变带——细脉状>浸染状；最内蚀变带——浸染状>小细脉。其含矿性以细脉状和浸染状最好。

5、角砾岩标志

与斑岩铜矿有关的角砾岩，除目前众所周知的爆发角砾岩外，从对国外斑岩铜矿考察资料来看，还有崩塌角砾岩、热液注入角砾岩、侵入（接触）角砾岩、火山角砾岩、构造角砾岩、交代角砾岩等多种成因类型。角砾岩既有岩筒状，也有岩墙状，还有不规则状；岩石有棱角状、浑圆状、片状等多种形状。尤其是规模较大的矿床，其角砾岩特别发育，角砾岩筒对斑岩铜矿的富集起着重要的控制作用，是成矿的有利场所。说明角砾岩与斑岩铜矿有极其密切的关系，是寻找斑岩铜矿的重要标志之一。江西在引进国外情报资料后，在城门山找到“爆破角砾岩筒”斑岩铜矿，预计可新增铜金属量50~60万吨，而且还在深部发现了大型的钨矿。

6、地貌标志

斑岩体中斜长石往往蚀变成水白云母、绢云母、伊利石等粘土类之间的矿物，这些矿物易风化剥蚀，往往出现负地形；而四周围岩由于硅化难于风化形成较陡峻的正地形。地貌的正负地形均取决于岩石物质成分。

7、地表直接标志

除古人开采老洞、矿坑等遗迹外，地表小溪沟间无鱼虾、水发绿如泡茶，均可视为找铜良好线索。地表可常见有矿体氧化露头的次生铜矿物（孔雀石、硅孔雀石、胆矾等）和铁染以及偶见的黄色铜带；隐伏矿体上部的矿化带（如黄铁矿化、含硫化物的石英脉、镜铁矿脉，含Pb、Zn矿的方解石脉等）；原生矿化岩石风化后形成局部的“豹皮状”、“构造皮”、“火烧皮”等为原生矿石风化后的可靠标志。

（二）斑岩铜矿的找矿方法

目前国内外对斑岩型铜矿尚没有一种定型的标准找矿方法。但地质、物化探等方法

仍是目前采用的主要方法。

1、地质方法

主要是通过中、大比例尺区域地质调查,对地层、构造、斑岩体及其蚀变类型、矿化特征和系统采集各种样品进行分析、鉴定和测定,在大量实际资料的基础上进行综合研究,对其中一些地段判明具有工业价值的矿化远景作出评价。国外一些地区的实践证明,彩色航空摄影更是寻找斑岩铜矿的一种有效手段。它可以反映出铁帽以及褪色化等蚀变带。

2、物探方法

普查斑岩铜矿最有效的物探方法是综合性物探,即磁法、重力、电法综合起来,电法以激发极化法效果最好。

(1)磁法:由于斑岩铜矿中含有相当数量的磁铁矿(可达5%),所以磁测是有效的。通常矿田 ΔZ 曲线上表现为150~600伽玛的正异常。但由于岩石受热液改造和氧化作用使磁铁矿转变为赤铁矿与假象赤铁矿,导致蚀变岩石的磁化率降低,这种情况,矿田则呈现负异常。

德兴铜矿的经验是,岩体中心无矿地段50~100伽玛,蚀变、矿化,甚至够工业品位地段均呈现低缓异常。对寻找斑岩铜矿意义不大;而对圈定斑岩体及其外缘弱蚀变带具有一定意义。

(2)电法(激发极化法):由于矿石中含有相当数量的黄铁矿和其它硫化物,在圈定星散硫化物矿化带时,电法是主要的,尤其是激发极化法和自然电场法。但在导电良好的疏松岩层发育地段,激发极化法有效深度极为有限,一般为50~70米,据国内外资料表明,电法受黄铁矿及含炭岩层的影响,出现环带异常或高值点;而铜矿体在环带内则较低缓区。

(3)重力法:由于含矿溶液可使围岩密度大大降低,这对使用重力法提供了可能。国外一些矿区的蚀变岩石往往反映出明显的最低值。因此,对圈定蚀变带和寻找铜矿是有效的。

(4)重砂法:德兴铜矿的经验证明:在矿区外围运用重砂法找矿,其效果良好。有明显的黄铜矿、黄铁矿、锰矿、屑石等重砂异常,起到指示矿床赋存的标志作用,再结合其它银、金、锆石、金红石、磷钼矿等多种矿物的组合,对找铜矿有一定的指导意义。

3、化探方法

金属量测量是一般普查阶段发现斑岩铜矿的基本手段。Cu和Mo是此类矿床的主要指示元素。

(1)原生晕:对找斑岩铜矿效果佳。Cu、Mo、Pb、Zn、Mn、W、Ba、Co、Ni、Ag、V、Ti等。德兴铜矿主要元素浓度分带:(见下页上表)

(2)次生晕:Cu、Pb、Zn、W、Sn、Mn、Ag、Ni、Cr、Co、V、Sb、Bi、Ba、Re、As、Ti等元素。(见下页中表)

我

元 素	外 带	中 带	内 带	
Cu	200~500	800~3200	>3200	(PPm)
Mo	5~40	40~80	>80	"
Ag	0.2~0.8	0.8~3.2	>3.2	"
Pb	20~80	80~320	>320	"
Zn	50~200	200~800	>800	"

元素	Cu	Pb	Zn	Mo	Ag	Mn	Ba	As
背景	25	25	50	1.5	0.15	400	>500	30
下限	60	60	120		0.3	1000	500	60
一般	60~150	60	120	7.5~18	0.3~1.5	600		
最高	>5000	>5000	400	250	10	5000		

水平分带:

内带 { I W、Sn、Bi、Sb
I Cu、Mo (Ag)

中带: pb、Zn (Ag)

外带 { I As、Ba
I Mn

(3) 分散流:

元 素	Cu	pb	MO	Ag	Mn	Ba	As	Zn	Co
下 限	60	30~40	2	0.2~0.3	600~800	500	50	100	30
背景值	40~50	16~20	2	0.2	600				

元素水平分带 (具面型环状分带)

内带: W、Sn、Bi、Sb

中带: Cu、Mo (伴生Ag、Au、As)

外带: pb、Zn、Ag、As、Mn、Ba、少量Co

结论:

(1) 以Cu、Mo组合为特征的异常: 明显的Cu、Mo、pb、Zn、Ag等元素的水
平分带是寻找斑岩铜矿的有利地区 ..

(2) 以pb、Zn、Ag (Au) 组合异常: 是找裂隙充填石英脉型、火山岩型 以及

火山岩多金属矿有利地区。

(3) 以W、Su、Cu组合异常：是找裂隙W、Sn、Cu石英脉型矿的有利地段。

矿田矿床的指示元素：

方 法	近 程	中 程	远 程
分散流 1/10万 1/5万	W、Sn、Bi、Sb、 Cu、Mo	Cu、Mo伴生Ag、 Au、As；Ag (Mo)	pb、Zn、Ag、As、 Mn、Ba、pb、Zn、
次 生 晕	W、Sn、Bi、Sb、Cu、 Mo (Ag)	pb、Zn (Ag)	As、Ba、Mn
原 生 晕	Cu、Mo (Ag)、W、 Bi	pb、Zn (Ag)、Ni Co	Co、Mn

4、水化学法

流经矿区之溪流二价Cu、二价SO₄离子普遍偏高。二价Cu达150ppm可流很远仍保持异常，入主流后才逐渐稀释。

矿田背景值异常下限	二价Cu0.02毫克/升	二价SO ₄ 0.03毫克/升
矿体近地表异常	0.5~1毫克/升	10毫克/升
矿体隐伏较深矿化弱异常	0.05毫克/升	

含二价Cu高之水一般pH<7 (属碱性水)，因此碱性区是不可能有无斑岩铜矿。

5、植物化学

铜矿区地表植被往往生长一些特征指示性植物。如：香需、女娄菜、酸模、蝇子草、石竹、瞿麦、鸭跖草、显花蓼等。

德兴铜矿对以下植物草烧成灰进行化验分析，其含Cu量如下表：

植 物 名	根 部	杆 部	叶 子
羊 胡 子 草	0.06%	0.025%	0.008%
香 需	0.07%		0.005%
小叶兰花草	0.05%		0.025%

上述几种植物，特别是它们的根部可作为找矿标志。

6、土壤汞气测量法

此方法反映好、见效快，不需化验，节省时间（当天可测出结果），适宜于扫面普查寻找铜矿（据国外资料，Hg气是远程指示元素；而我国是近程）。

据德兴铜矿测量结果：富家坞背景值0.04ng，异常值 $0.3 \pm ng$ （0.3ng以上为工业矿体）；铜厂试验后不太理想；朱砂红测量三条线，一般为 $200ng \pm$ ， $>600ng$ 为工业矿体。这种方法受季节气候、雨雪的影响（降低）。

7、硫同位素法

其组成变异晕圈（具分带性）也可作为找斑岩铜矿的间接标志。据试验测定：

富家坞：重硫（ $\delta s^{34}\%$ ）

由岩体	→ 围岩	} 递增
由地下深部	→ 地表浅部	
由斑岩内弱蚀变带→围岩弱蚀变带		

铜厂：（1）岩体中蚀变增加 FeS_2 中 $\delta s^{34}\%$ 平均值增高。 $r\delta\pi^1=1\sim 2$ ， $r\delta\pi^2=2.8$
 $r\delta\pi^3=2.8$ （2）围岩中则相反：蚀变增强，黄铁矿 $\delta s^{34}\%$ 平均值降低。

（三）值得注意的几个问题

1、必须重视斑岩铜矿的普查工作。斑岩铜矿具有规模大（常有次生富矿）、易采、易选、矿山建成后生产稳定，产品成本低的特点，颇象铁矿中的“鞍山式”沉积变质铁矿，可见它是铜矿中最重要的类型之一。我国已发现五个时代（前震旦、海西、印支、燕山、喜山期）的多处矿床和矿点，分布全国18~19个省（区），在《我国铜矿寻找方向的一些意见》*一文中，划出16个成矿带28个远景区，其中“东秦岭远景区”包括了队工作区范围，应引起我们高度的重视，加强这一类型铜矿的普查工作。

2、国内外斑岩铜矿区的普查勘探实践证明，以上综合介绍的找矿标志和找矿方法，其中一些得到了较好的反应；但必须强调某一种方法或多种方法的使用，才能判定具有工业价值的斑岩铜矿的富集。同时，还要根据探井取样的试验分析结果，才能作出地段评价并解决是否有必要勘探。选择评价钻孔深度时要考虑淋滤带是否达到足够的深度（几十米）。

3、斑岩铜（钼）矿床物质成分虽然比较简单，但仍含有多种有用元素。因此必须详细研究矿石的物质成分，实行综合普查、综合评价。

4、在大比例尺填图时，要特别注意研究热液蚀变岩石，注意有无水平和垂直分带现象，注意有无脉状或浸染状黄铁矿、铅锌矿、镜铁矿、菱锰矿、或含金石英脉、矽卡岩型含铜磁铁矿等“卫星矿化”，从而发现斑岩铜（钼）矿床。

5、必须纠正钨矿与斑岩铜矿相互排斥的认识，扩大找铜的视域。过去有些资料认为钨与斑岩铜矿的物质来源不同，因而在钨矿发育地区，不利于斑岩铜矿的形成。我国赴墨西哥考察资料发现钨矿田中还有斑岩铜矿点分布。国外许多斑岩铜矿及部分矽卡岩型铜矿体的外缘有金、银矿体的规律。这些现象和规律都值得我们在普查工作中加以注意。

*见地科院地矿所《地质矿产研究》1976年第2期