

斑岩铜矿的成矿模式探讨

董玉成^{1,2} 梁卫兵^{1,2} 马世宇^{1,2}

1. 内蒙古自治区有色地质勘查局七队 内蒙古 兴安盟乌兰浩特 137400

2. 内蒙古有色地质矿业(集团)七队有限责任公司 内蒙古 兴安盟乌兰浩特 137400

[摘要]全球斑岩铜矿床,特别是中、新生代斑岩铜矿床,它们的形成受板块构造影响,不同大地构造单元及火山—深成岩建造,其对斑岩铜矿床成矿专属性具有明显控制作用,而区域性引张环境、深大断裂、地下深部热点,则直接限制着含矿斑岩岩浆的形成和侵位。我国斑岩铜矿成矿模式主要以东天山土屋、延东斑岩铜矿、西藏冈底斯斑岩铜矿为代表。

[关键词]斑岩铜矿;成矿模式;中国斑岩铜矿

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.11.594

前言

目前,我国已探明的铜矿资源总储量6218万吨,占世界总量8.95%左右,居全球第6位。但我国铜矿矿体杂乱、资源量大的富矿较少,开采成本高,开采难度大,且开采环境十分恶劣。随着钢冶炼规模的不断扩大,铜原料来源主要依赖进口,供需矛盾日渐加剧,并极易受国外局势影响。基于此,在中国寻找优质斑岩型铜矿刻不容缓。

1 斑岩铜矿基本概念

斑岩铜矿,即与具有斑状结构的花岗岩类侵入体共生的浸染状、细脉浸染状、以及细脉状铜,与钼—铜组分的富集体。斑岩矿床包含细脉浸染型、爆破角砾岩筒型两大类型、脉状充填类型。脉状充填类型分为单、复、网状脉和不规则脉、矽卡岩型(接触和顺层交代)、层状和似层状浸染型、似层状块状型和复合类型等。

斑岩矿床常见类型组合如下:

- (1) 复合—脉状充填型;
- (2) 复合—脉状充填—矽卡岩型;
- (3) 细脉浸染—脉状充填型;
- (4) 爆破角砾岩筒—脉状充填型;
- (5) 细脉浸染—爆破角砾岩筒—脉状充填型;
- (6) 细脉浸染—矽卡岩—脉状充填—层状、似层状浸染型;
- (7) 细脉浸染—爆破角砾岩筒—脉状充填—似层状块状型。

以上斑岩矿床的组合类型不同,大多是将矿化斑岩体作为核心,同时作向心状分布,从平面上分析,可以分为矿床、矿体。

矿化体排布形式分为两种:

- (1) 线型排布

主要是沿着一定方向,逐渐延伸,呈现出条状、蚯蚓状或者串珠状等形状。

- (2) 面型排布

其主要向着不同方向延伸,出现等距离或者不等距离,近似圆形和环形等形状。此外,在密度上一般为等密度或者不等密度。

2 斑岩铜矿床成矿物质来源

斑岩铜矿床成矿物质来源是一个复杂而又尚未完全解决的问题。不过国内外大量研究结果表明,斑岩铜矿床形成略晚于斑岩体形成时代,并在空间上主要分布于斑岩体中或其内外接触带中,表现出形成时代与空间上的一致性,说明其成矿物质与斑岩体相关。斑岩铜矿床的成矿专属性也难以同成矿物质来源于围岩来解释。此外矿床中硫、铅的同位素与斑岩中硫、铅同位素组成一致,氢、氧同位素资料也反映产

生钾化和矿化的流体为岩浆热液。这些均表明成矿物质主要来源于斑岩岩浆。

既然成矿物质主要来源于斑岩岩浆,那就可以根据斑岩岩浆的形成进一步了解成矿物质来源。不同构造环境中的斑岩铜矿,其成矿物质来源不同。

(1) 根据含矿斑岩体系特征及其区域地质背景可知,产千克拉通边缘或造山带中,与偏酸性深成岩套相关,具有铜钼矿化斑岩岩浆是由地壳重熔形成的,因此,其成矿物质主要来源于地壳;

(2) 产生岛弧区,主要与偏基性岩套相关,且常具有铜矿化的斑岩岩浆可能是由洋壳和地壳深部物质混熔而成,其成矿物质主要来源于下地壳、洋壳和海洋沉积物;

(3) 产于陆壳板块缝合线附近和大陆板块内部、直接受深大断裂控制,且与朝基性岩—花岗岩套相关的含矿斑岩体则可能为上地幔分异、地壳混染而形成的,其成矿物质主要来源于上地幔和下地壳。

在斑岩岩浆上侵过程以及侵位后的岩浆岩化所导致流体向斑岩体运动过程中,岩浆和热液流体也可以萃取一些成矿物质,因此,围岩也可能提供部分成矿物质。

3 斑岩铜矿床成因模式

斑岩铜矿床成因模式常常指斑岩岩浆侵位后所发生的岩浆结晶演化与蚀变矿化作用。近几十年来,各国地质学家主要根据成矿物质来源的不同认识提出了多种成因模式,其中具有代表性包含以下几种:

3.1 对流成因模式

该观点认为成矿物质并非来源于斑岩岩浆,而是来源于围岩。水未饱和的斑岩岩浆侵位后的演化可以形成由近岩体到远离岩体温度从高到低的温度场,导致围岩中的流体球状向斑岩体运动。在运动过程中流体不断与岩石发生反应,一方面一次形成青磐岩化带、泥化带、似千枚岩化带和钾化带;另一方面不断萃取成矿物质,并在似千枚岩化带余家化带之间这种特定的物理化学条件下发生矿化作用,形成矿体。

3.2 脉动喷发成因模式

该观点认为成矿物质来源于岩浆。侵位后斑岩岩浆在其演化过程中的不同阶段可以形成代不同性质的热液流体,并发生脉动喷发作用而形成各种蚀变带及其相对应的脉体。

3.3 正岩浆成因模式

该观点认为成矿物质和产生蚀变与矿化流体来源于斑岩岩浆。斑岩岩浆侵位后的演化可以形成由近岩体到远离岩体温度从高到低的温度场,同时分异出岩浆热液,热液由岩体向外围运动,并在温度场的控制下会一次形成钾化带、似千枚岩化带、泥化带和青磐岩化带,且在钾化带和似千枚岩化

带之间这种特定的温度场中发生矿化作用，形成矿体。

3.4混合成因模式

该观点认为成矿物质主要来源于岩浆，部分来源于围岩。岩浆侵入后的演化分异出岩浆热液，产生钾化带后向外流动；同时，岩浆演化也会引起围岩中的流体流动，并不断发生水-岩反应形成青磐岩化带、泥化带，再向内流动，与向外流动的岩浆热液发生混合。这两种流体的混合形成似千枚岩化带，并改变物理化学环境，导致矿物质的沉淀而发生矿化作用。

4 两个中国典型矿床的成矿模式

4.1东天山土屋、延东斑岩铜矿床成矿模式

土屋和延东斑岩铜矿形成于大草滩断裂和康古尔塔格大断裂夹持的过渡带，也就是康古尔塔格古生代岛弧带的南缘。芮宗瑶等人士研究：含矿围岩为企鹅山群火山岩系，直接含矿围岩为企鹅山群富钠质粗安玄武岩—粗安岩，同位素年龄为390-360Ma；含矿斑岩为斜长花岗斑岩小岩体，蚀变后为钠长花岗斑岩，同位素年龄变化于369-356Ma，可确定是泥盆纪末期侵位的。

矿石呈典型的细脉浸染状，铜或铜铝建造，金属矿物比较简答，含有少量的硫化物，伴生有益组分主要是金、银。矿体为厚大纺锤体，在斜长花岗斑岩体中占10%，富钠质火山岩中占90%。辉相矿形成年龄为322Ma，矿化和蚀变年龄为360-310Ma，是一种早石炭世产物。

斜长花岗斑岩的 δNd 和 δSr 值均与洋脊玄武岩相近，锶初始值为0.7033，证明斜长花岗斑岩岩浆源于玄武质岩石，没有与陆壳混合。成矿流体氢氧同位素值接近于岩浆水，与天水混合不是很明显。同时，硫同位素值和陨硫接近，证明成矿物质源于深部过程。成矿过程主要在高氧逸度条件下进行，磁铁矿、赤铁矿、石膏和硬石膏的大量出现，以及富镁黑云母的存在，证明氧逸度较高，大约变化在 10^{-20} - 10^{-8} 之间。流体包裹体主要为气液包裹体。含石盐子晶包裹体和气体包裹体少量，成矿温度变化于112℃-409℃，含盐度变化为w(NaCl) 2.68%-42.83%。根据矿体主要产于围岩中和成矿温度相对较低推测，岩浆二次沸腾面还在深部。

根据上述内容，可以建立土屋和延东斑岩铜矿的成矿模式（见图1）。土屋和延东斑岩铜矿含矿斑岩为斜长花岗斑岩，成岩年代为360Ma，属泥盆纪末期；成矿和蚀变年代为360-310Ma，其中辉铝矿形成时代为320Ma；含矿火山岩为泥盆系，年龄为416-390Ma；成矿环境为塔里木板块活动陆缘上的泥盆纪火山岛弧带，成矿物质主要来源于深部。

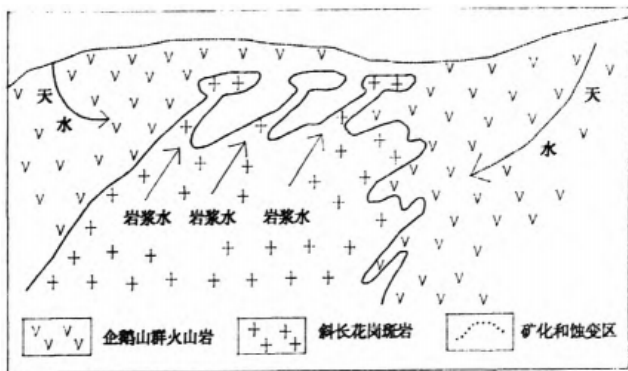


图1 土屋和延东斑岩铜矿的成矿模式图

4.2西藏冈底斯斑岩铜矿模式

冈底斯斑岩铜矿带（图2）与智利西部的斑岩铜矿有所不同，智利西部斑岩铜矿形成于“B”型俯冲时期。“B”型俯冲形成的斑岩铜矿可能比“A”型俯冲的规模要大，二者都形成相似的成矿系列，也就是说在亏损上地幔发生脱水和部分熔融，并在上升时与地壳物质发生不同程度的混合，通过演化形成与花岗质岩浆热液有关的矿床时，随着成矿地质条件的千差万别，会形成一系列有生成联系的矿床，诸如产于斑岩体及砂泥围岩中的细脉浸染状斑岩型矿床，产于碳酸盐岩接触带的矽卡岩型矿床，产于韧性剪切带或构造蚀变带，在花岗岩体附近或火山机构中浅成热液型矿床等。它们共生与斑岩铜矿带中。在矿石沉淀时，时间有前有后，参差不齐，但总的限制在一定时间内。如冈底斯矿带成矿从63-12Ma，斑岩铜矿带成矿高峰期为18-14Ma。冈底斯矿带从成矿金属来说，包括Cu (Au)、Fe (Cu-Au)、Cu (Mo)、Cu-Pb-Zn (Au)、Pb-Zn-Ag等。

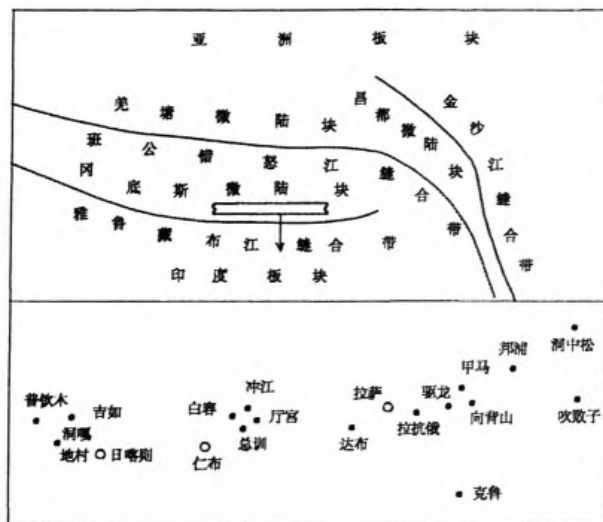


图2 冈底斯矿带东段及中段部分矿床（矿化点）分布示意图

结束语

本文首先阐述了斑岩铜矿基本概念，介绍了斑岩铜矿床成矿物质来源，其次分析了斑岩铜矿床成因模式，最后探讨了两个中国典型矿床的成矿模式。以期为地矿部门探矿找矿提供一些理论指导。

参考文献

[1] 张学海, 牛贺才, 于学元, 等. 新疆北部富蕴县沙尔布拉克斑岩的地球化学特征及构造意义[J]. 地球化学, 32 (2): 155-160.

[2] 申萍, 潘鸿迪, SEITMURATOVA Eleonora. 中亚成矿域斑岩铜矿床基本特征[J]. 岩石学报, 2015, 31 (02): 315-332.

[3] 毛景文, 罗茂澄, 谢桂青, 刘军, 吴胜华. 斑岩铜矿床的基本特征和研究勘查新进展[J]. 地质学报, 2014, 88 (12): 2153-2175.

[4] 祝向平, 陈华安, 刘鸿飞, 马东方, 李光明, 黄瀚霄, 张红, 刘朝强, 卫鲁杰. 西藏多不杂斑岩铜矿斑岩锆石U-Pb年龄、岩石地球化学特征及其成矿意义[J]. 地质学报, 2015, 89 (03): 534-548.

[5] 熊欣, 徐文艺, 贾丽琼, 李骏. 斑岩铜矿成矿构造背景研究进展[J]. 地球科学进展, 2014, 29 (02): 250-264.