

斑岩铜矿的研究现状与展望

马 瑛

(湖北省地质调查院,湖北 武汉 430030)

摘 要:近年来我国铜矿资源的需求量持续增加。然而地表矿和易识别矿几乎全被发现,使得找矿的难度日益加大。斑岩铜矿尽管品位低,但矿化均匀,以其规模大、埋藏浅、易开采而成为最主要的铜矿床类型。深入研究斑岩铜矿的时空分布、构造背景、围岩蚀变分带和矿化分带、成矿系列以及斑岩铜矿的成因模式无疑对认识斑岩铜矿的成因和指导斑岩铜矿的勘查具有十分重要的意义,尤其是对建立斑岩铜矿的勘查模式和提高斑岩铜矿的勘查效率十分有益。

关键词:斑岩铜矿;时空分布;构造背景;成因模式;成矿系列

中图分类号:P578.25 **文献标识码:**B **文章编号:**1004—5716(2007)09—0089—04

“斑岩铜矿”最早出自 20 世纪初美国西南部(亚利桑那州和新墨西哥州)的斑岩铜矿带,其原意是指产于强烈绢云母和石英化中酸性斑岩里的细脉浸染型铜矿。由于该类矿床的矿化并非都产于斑岩体内,目前多数学者考虑其矿床名字的连贯性、完整性,将全部或部分矿体产于中酸性(斑)岩体(部分矿体产于围岩中)的铜矿床称之为斑岩型铜矿(以下简称斑岩铜矿)。它是指在时间上、空间上、成因上均与斑状结构的中酸性浅成或超浅成的小侵入体(花岗岩长斑岩、石英二长斑岩、石英斑岩)有关,并具有钾、氢蚀变矿物晕和铜、钼、银、铅、

锌、硫地球化学晕的岩浆期后中—高温热液形成的细脉浸染型硫化物铜(钼)矿床^[1-2]。

斑岩铜矿尽管品位低,但矿化均匀,以其规模大、埋藏浅、易开采而成为最主要的铜矿床类型(约占全球铜储量的 50% 强)。斑岩岩体产状多为岩株、岩钟、岩枝和岩脉,地表出露面积多小于 1km²;具典型斑状结构,常碎裂不完整;基质为隐晶或细粒结构。斑岩体常具被动就位特点,有时为多次脉动侵入的复式岩体(幕式),与围岩侵入接触关系清楚,岩体最上部常为同时代的层状安山岩和英安岩;就位深度一般为 2~6km,有时更

塌陷前一天排水量的骤增并出现浑浊现象和地面塌陷的分布范围,可以说明断层与岩溶裂隙水是贯通的。

4.2 诱发因素

井巷突水是发生地面塌陷的主要诱发因素。在揭露断层时出现井巷突水,由于大量的岩溶裂隙水通过断层流入井巷,造成地下水位的大幅下降,导致地下水对土体浮力减少以及水位下降引起负压等因素,最终导致地面塌陷的发生。

平巷位于地下水位以下,对地下水的特点和水文地质条件认识不足,特别是对突水断层的突水特点估计不足,揭露断层并出现突水时未采取有效防范及处理措施,以至岩溶裂隙水通过断层流入巷道,导致水位降低,而引起地面塌陷。很明显,从地面塌陷的过程分析,本次地面塌陷与井巷突水是有直接关系的,且可以说,地面塌陷是由于井巷突水而直接引起的。

5 结论

从上述矿区水文地质条件并结合其它因素综合分

析,得出如下结论:矿区处于隐伏岩溶地貌区,上部第四纪松散层厚度较薄,下伏灰岩层浅部溶洞发育及断层贯通了岩溶裂隙含水层是发生地面塌陷的基本条件(内因),而矿山井巷开拓时的井巷突水造成地下水位大幅降低是地面塌陷形成的诱发因素(外因)。

由于地面塌陷主要由地下水位降低而形成,为避免发生新的地面塌陷地质灾害,下一步的防治措施主要是针对断层采取相应的防治措施,首先是施工水平探孔,一旦揭穿断层或发现突水迹象时,应尽快采用注浆等措施进行治理。

参考文献:

- [1] 刘细元,马振兴,等.江西省宜春城区地面塌陷特征及防治建议[J].中国地质灾害与防治学报,2006,17(2):89-94.
- [2] 广东省地质勘查局七一九地质大队.广东省封开县莫罗石膏矿产资源储量报告[R].2002.
- [3] 常士骥.工程地质手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1992.

浅至 1km,与次火山岩过渡。斑岩型铜矿体主要赋存于斑岩体内,或赋存于斑岩体与围岩接触带中。矿石结构主要为浸染状,少量为细脉状,矿化较均匀,有用矿石矿物主要为黄铜矿及斑铜矿,矿石铜品位一般为 0.2%~1.0%,当与矽卡岩共生时,局部可多次富集形成富矿,发育有次生富集带时铜品位可达 10%^[3]。研究斑岩铜矿的时空分布、构造背景、围岩蚀变和成因模式,对提高斑岩铜矿的勘查效率、降低勘查投资风险无疑具有十分重要的意义。

1 斑岩铜矿的时空分布

在时间分布上,斑岩铜矿形成的时代主要集中在中、新生代^[1,4],其次是古生代,前寒武纪斑岩铜矿床目前发现较少,如印度 Malanjkhand、芬兰的 Pohjinaamaa 等斑岩铜矿、加拿大 Abitibi 绿岩带的某些斑岩铜矿。斑岩铜矿形成时代具有不均一性,且随时代变新矿床数目增多、矿化强度加大,其形成原因有两种认识观点:一是由于斑岩铜矿形成于板块汇集区,而在前寒武纪,全球板块活动机制尚不完善,全球性大规模板块活动尚未形成,斑岩铜矿矿化自然很少。而中生代是板块活动最强烈的时期,因此,也是斑岩铜矿形成的高峰期;另一种观点认为:由于斑岩铜矿形成于板块俯冲、碰撞带,这些带的后期发育往往形成造山带,成为主要剥蚀区,加上斑岩铜矿多形成于浅成—超浅成侵入岩中,岩体及围岩节理、裂隙发育,有利于剥蚀作用形成,随着时间的推移古老的斑岩铜矿很难保存。斑岩铜矿形成时代的不均一性还表现在同一成矿带具有不同的矿化期,如太平洋东岸的斑岩铜矿具有两个明显的成矿时代:第一个为 205~140Ma,另一期是 90~20Ma。而在 140~90Ma 仅有少数几个斑岩铜矿形成。

在空间分布上,全球斑岩铜矿的分布主要集中在三条大的成矿带上:环太平洋成矿带,分东西两带:东带包括阿拉斯加、北美西部向南经墨西哥、巴拿马、厄瓜多尔、玻利维亚、秘鲁、智利、阿根廷;西带分内带和外带,内带从俄罗斯鄂霍茨克北缘,经我国东北东部、长江中下游及华南地区;外带从日本列岛经我国台湾、菲律宾、加里曼丹岛、巴布亚新几内亚、亚所罗门群岛。第二个大的成矿带是特提斯—喜马拉雅成矿带,分布于罗马尼亚、南斯拉夫、保加利亚、亚美尼亚、伊朗、巴基斯坦和中国西藏。第三大成矿带为古亚洲成矿带(中亚成矿带),矿床分布于乌兹别克斯坦、哈萨克斯坦及中国新疆、内蒙古一带。此外,还有少量斑岩铜矿床形成于各地块边缘活动带。可见我国在全球三个主要铜矿分布带上均有分布,找斑岩铜矿潜力巨大^[4]。

2 斑岩铜矿产出的构造背景

前人大量资料研究表明^[5-6],板块构造对全球斑岩铜矿床(尤其是中、新生代斑岩铜矿床)的形成具有十分重要的影响,不同的大地构造单元及其火山—深成岩建造对斑岩铜矿床的成矿专属性具有明显的控制作用,而区域性的引张环境、深大断裂和地下深部的热点则直接制约着含矿斑岩岩浆的形成与侵位^[1]。矿床受区域断裂—构造控制,常呈带状分布,而矿体常受次一级构造控制(岩体和围岩中的裂隙,如层间裂隙、片理、原生裂隙等),致使矿体形状多呈柱状、筒状、似层状、细脉浸染状等。

具体的说,我国的斑岩铜矿产出的大地构造单元多种多样,主要表现在:(1)大多数斑岩铜矿都产于两大构造单元的交换部位,尤其是位于隆拗交接隆起区一侧;(2)产于褶皱区的斑岩铜矿主要集中分布于优地槽褶皱带,其矿化与造山期或造山期晚的大规模的钙碱性中酸性岩浆岩活动有关;(3)地台区的斑岩铜矿分布于地台活化区。

据芮宗瑶等(1984)对我国 21 个斑岩铜矿成矿带和 40 个主要斑岩铜矿床的统计分析,它们都与深断裂有或多或少的联系:斑岩铜矿带的展布方向和延伸直接受深大断裂控制。另外斑岩铜矿与构造复合、区域火山活动及区域侵入活动都有十分明显的关系^[7]。

3 斑岩铜矿的围岩蚀变分带和矿化分带

斑岩铜矿床的蚀变具有十分明显的分带性(水平分带和垂直分带),而且蚀变范围可达几百米到几千米。水平分带具有代表性的分带模式是 Lowell 和 Guibert 的“二长岩”模式、Hollister 的“闪长岩”模式^[8-9]。

“二长岩”分带模式是指石英二长斑岩侵位到硅镁质围岩中形成几个同心环状的蚀变分带现象。

“闪长岩”分带模式是指石英闪长斑岩或斜长斑岩侵位到硅铝质围岩中形成内部为钾化带,外部为青磐岩化带分带现象。多数情况下自岩体中心向外可以分为:(1)钾化带(钾质蚀变带):包括钾长石和黑云母。主要矿物有钾长石、黑云母和石英。(2)石英—绢云母化带(似千枚岩化带):主要矿物有石英、绢云母、少量黄铁矿。(3)泥化带(粘土化带):主要矿物为高岭石、绢云母、石英、绿泥石。(4)青磐岩化带:主要矿物为绿帘石、绿泥石、绢云母、石英、黄铁矿。

上述四个带在一个矿床中不一定都存在,可以是其中某一两个带特别发育,我国大部分斑岩铜矿泥化带不发育,最重要的是钾化带和石英—绢云母化带,矿体一般出现在这两个蚀变带之间。

斑岩铜矿也具有垂直分带的特征,斑岩铜矿顶部自下到上的蚀变分带与水平分带从内到外一致,而深部则

只出现钾化带和青磐岩化带。

斑岩铜矿也具有矿化分带,在钾化带中出现辉钼矿、黄铁矿和黄铜矿化,其中辉钼矿化较强;在钾化带和石英—绢云母化带中常发生强烈的铜和硫化物矿化,形成主要的斑岩铜矿矿体;在石英—绢云母化带外侧以及泥化带中,主要出现黄铁矿化,而铜、钼矿化较弱;在青磐岩化带中常发生金、银和黄铁矿化或铅、锌硫化物矿化^[1-2]。

4 斑岩铜矿的成因模式

斑岩铜矿的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作用。主要有以下几种观点^[1,10]：

4.1 岩浆热液说

也称正岩浆成因模式,该观点认为斑岩铜矿的矿质、成矿热液及其相伴生的中酸性岩体都是来自上地幔(或下地壳)。矿质和成矿热液是由中酸性岩浆在上侵过程及侵位后的结晶过程中,依次出现钾化带、石英—绢云母化带、泥化带和青磐岩化带,由于温度、压力等物理化学条件的改变而析出,并在有利的部位富集成矿。提出该模式的主要地质事实(依据)是：

(1) 矿化体与中酸性(斑)岩体紧密共生,矿化呈细脉浸染状产于岩体及其围岩中,有的甚至整个岩体矿化,且分布较均匀；

(2) 矿化体及周围岩石具一定的热液蚀变,并具有一定的分布；

(3) 矿床常产于深大断裂附近,在空间上常呈带状分布,并与一定的构造—岩浆带相一致(古亚洲带、古地中海带及环太平洋带)；

(4) 矿化岩体的产状常与围岩不一致；

(5) 同位素资料,如硫化物的 ^{34}S 值及容矿岩石的锶同位素的初始比值 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) 多接近于陨石与玄武岩。

4.2 板块构造成矿说

也称洋壳重熔成矿,“板块构造成矿说”以国外 R. H. 西利托为代表,他们认为斑岩铜矿是含铜的大洋壳沿消亡带俯冲到地幔中发生局部熔融,在融化过程中析出金属,并同钙碱性岩浆一起上升,然后在岩体的顶部富含氯化物的液相中富集成矿。提出该“成矿假说”的地质事实有：

(1) 很多斑岩铜矿,特别是形成于中、新生代的斑岩铜矿主要分布在板块的汇聚边界(俯冲消亡带)上；

(2) 大洋壳中各层均富含金属,如第一层(远海页岩)中的金属含量一般都高于沉积岩中的金属含量(在太平洋的某些页岩中含铜为 323×10^{-6} ,含钼为 $18 \times$

10^{-6} ,海底锰结核中含铜最高可达 2.5%)；

(3) 斑岩铜矿常与钙碱系列的火山岩伴生,而钙碱系列火山岩被看作是幔源的。

4.3 活动转移说

该观点认为高侵位的中酸性斑岩体含水量甚小,在温度下降、岩浆结晶过程中不会析出流体,矿质与成矿热液主要来自围岩,岩浆岩主要起热动力源的作用。即由于岩浆的活动,使原赋存于地层中的地下水或层间裂隙水活化,并携取围岩中的有用组分成为含矿热液,在岩浆热动力源的带动下,沿着一定的构造系统循环,并在有利部位富集成矿。提出该成矿假说的主要地质事实(依据)有:(1) 斑岩铜矿具层控特点,即矿床的产出受一定层位的控制;(2) 很多斑岩铜矿中的矿体呈似层状产于围岩中,产状与地层的基本一致;(3) 某些斑岩铜矿中的氧、氢同位素资料表明成矿热液具地表水的特点;(4) 在斑岩铜矿赋存的地层,有铜等元素的异常值(有的有沉积型铜矿床的产出)或有盐层的存在;(5) 地壳中有地下水环流热液及变质、超变质的热液存在;(6) 在斑岩铜矿与同一矿田中 Cu 含量的降低场与增高场相伴出现,降低场常出现在增高场与正常场之间,同一层位同种岩石的铜含量由岩体向外不是逐渐降低而是从高或极高降至最低,然后又回至中等。

4.4 变质岩浆成矿说

该观点认为斑岩铜矿也具“层控”的特点,它保留了原层状铜矿的很多特征。如矿床在一定区域内产于一定时代地层一定的含 Cu 岩石建造中,矿体主要产于含 Cu 建造中二种岩相的过渡部位。矿床的产出还受岩相古地理(指含矿斑岩体赋存的最老围岩时代的古地理)的控制,即矿床产于含 Cu 古陆周围沉积盆地的边缘,玉龙斑岩铜矿带中的矿床、矿点均产于藏北滇西古陆东部昌都察隅古隆起与金沙江古隆起之间的昌都海湾西缘。

5 斑岩铜矿的矿床分类

斑岩铜矿床的分类很多学者都有一定的研究,其代表性的有 B. A. E p a 和 u kcoh(1980) 根据大地构造环境分为 4 类;A. S. Brown(1976) 根据加拿大科迪勒拉地区的斑岩铜矿床分为 3 类;北京大学地质系(1978) 根据矿体的产状和形态划分为 3 个类型;D. Taylor(1980) 根据斑岩的矿化类型分为 4 类;宁奇生和李永声(1979) 将我国斑岩铜矿建立了 6 个式;芮宗瑶等(1984) 根据岩浆定位深度和矿化深度,将我国斑岩铜矿分为 3 大类(火山斑岩矿床、浅成斑岩矿床和深成斑岩矿床),再根据矿化特征分为 7 个亚类。它的分类主要是基于以下几点考虑:(1) 斑岩铜矿的深度不超过 4km (流体包裹体形成的压力测定);(2) 海相火山斑岩主要

产于优地槽区的极地火山岩中;陆相火山斑岩矿床主要产于活化地台区的盖层火山岩中;(3)斑岩与有关火山岩之间的时差,从某种程度上反映出岩浆侵位过程中地壳的稳定程度和岩浆的上升温度;(4)矿化主岩的不同从另一个侧面反映斑岩岩浆侵位的高度和侵位的环境:火山斑岩矿床的矿化主岩主要为火山岩和斑岩本身;浅成斑岩矿床的矿化主岩可以是各种围岩和斑岩本身;中深成斑岩矿床的矿化主岩主要为中深成岩本身;(5)蚀变分带和蚀变种类取决于成矿热液和围岩的性质以及影响热流体对流循环的种种因素;(6)矿体和矿化类型受多种而复杂的因素控制。

6 斑岩铜矿的成矿系列^[11]

成矿系列,是我国地质学家程裕琪(1978)先生提出来的。应用成矿系列的概念和基本思想,研究中国斑岩矿床的成因联系和时空分布规律,认为斑岩矿床是出现于一定构造单元与一定类型岩浆活动有关的内生矿床成矿系列。根据区域和矿区地质、岩石化学、地球化学、岩(矿)石物理化学、同位素等资料信息,按照形成斑岩矿床的主要物质来源、岩浆起源和分异演变、成矿作用因素和条件、矿化种类等,将中国斑岩矿床分成3个成岩成矿系列。这样就给予不同矿种和不同类型组合的斑岩矿床以较明确的成因涵义,揭示出它们的时空分布规律和必然的内在联系。

(1)与混合源(幔源为主)同熔分异的花岗岩系列岩浆岩有关的Cu、Mo、W、Au、Ag、Pb、Zn、Fe、(Sn、Bi)等矿床(和矿化体),成矿多在上地幔隆起区或隆起区向凹陷区的过渡带、两类构造单元衔接部位的超壳深断裂带、收敛板块边缘仰冲一侧的大陆边缘地带、区域隆起和拗陷(或断陷)接触带内隆起区一侧,并常有陆相火山岩喷发等区域出现。成矿母岩主要为钙碱性岩浆系列,自早至晚岩浆演化方向:基性—中性—中酸性—酸性。成矿与岩浆分异后期形成的斑状或似斑状中、酸性侵入体直接有关。随岩体基性程度由高到低,出现的矿化组合大致是Fe(Ti)—Cu、Pb、Zn、Au、(Mo)—Sn、W、Mo。

(2)与壳源重熔分异的花岗岩系列岩浆岩有关的Sn、W、Mo、Bi、Pb、Zn、Cu、Fe、U、Nb、Ta、RE、(Be、Th、Sb、Hb)等矿床(和矿化体),成矿多在上地幔深凹、沉积型地壳增厚、地壳调整分异作用发达(地槽褶皱带、活化地台、非超壳深断裂、混合岩化)和侵入岩广泛侵入的地区出现。成矿母岩为钙碱性岩浆系列,自早至晚岩浆演化方向:酸性—中酸性—基性。成矿与岩浆分异后期的小侵入岩体有关。随岩石酸、碱程度由低到高,矿化组合大致为Cu、Pb、Zn、(Mo)—Sn、W、Mo—Nb、Ta、RE。

(3)与幔源分异的基性—碱性岩系列岩浆岩有关的

Pb、Nb、RE等矿床。成矿出现在上地幔明显上隆区、强烈地台活化区并有超壳断裂出现。成矿母岩浆主要为碱钙性(钾或钠)系列。自早到晚岩浆演化方向:基性(或超基性)—中性—碱性。矿化与岩浆分异晚期的碱性斑状侵入岩体有关。

7 斑岩铜矿研究的展望

目前斑岩铜矿的研究取得了长足的进展,但是有些方面还应该进一步加强,诸如斑岩铜矿的物质来源、成因机制、含矿岩浆成矿物质的析离过程、矿化分带机制、脉体特征及成因机制、斑岩铜矿中物质演化、应力演变、蚀变矿化作用之间的成因联系等等。另外应该运用系统的观点研究斑岩铜矿的复杂性和多样性。运用耗散理论、协同论、混沌学等复杂性科学研究斑岩铜矿复杂动力学过程也越来越受到人们的重视。当然,斑岩铜矿作为主要的铜矿类型,常发现有大型—超大型矿床斑岩铜矿(例如西藏雅鲁藏布江成矿带),应该特别注意运用大型—超大型矿床的研究思路和勘查模式,有望取得更大的突破。

参考文献:

- [1] 高合明. 斑岩铜矿床研究综述[J]. 地球科学进展, 1995, 10(1): 40-46.
- [2] 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生. 矿床学[M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [3] 张洪涛, 陈仁义, 韩芳林. 重新认识中国斑岩铜矿的成矿地质条件[J]. 矿床地质, 2004, 23(2): 150-163.
- [4] 夏斌, 涂光焱, 陈根文, 喻享祥. 超大型斑岩铜矿床形成的全球地质背景[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19(4): 406-408.
- [5] Lowell J D. Regional characteristics of porphyry copper deposits of southwest[J]. Econ Geol, 1974, 69: 60-617.
- [6] Hollister V F. Regional characteristics of porphyry copper deposits of south American [J]. Soc mining engineers AIME Trans, 1974, 255: 45-53.
- [7] 芮宗瑶, 黄崇轲, 齐国明, 等. 中国斑岩铜(钼)矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [8] Lowell J D, Guilbert J M. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits [J]. Econ Geol, 1970, 65: 373-408.
- [9] Hollister V F. Geology of the porphyry copper deposits of western hemisphere[J]. New York: Soc mining engineers AIME, 1978, 219.
- [10] 陈文明. 论斑岩铜矿的成因[J]. 现代地质, 2002, 16(1): 2-8.
- [11] 金利勇, 钟长林. 中国斑岩矿床成矿系列的几点认识[J]. 吉林地质, 2001, 20(3): 23-29.