

表1 焦家式、玲珑式金矿构造-蚀变-矿化分带表

矿化类型分带	“焦家式”蚀变岩型					过渡型	“玲珑式”石英脉型	
	浸染状矿化带		细脉浸染状矿化带			网脉状矿化带	裂隙脉状矿化带	脉状矿化带
围岩蚀变分带	黄铁绢英岩化带		绢英岩化带			硅化、钾化带	钾化、钠化带及充填石英脉岩带	
构造及构造岩分带	黄铁绢英质蚀变岩					绢云硅质花岗岩	钾钠花岗岩及黄铁石英脉岩	
	断裂破碎带	挤压片理带	构造透镜体带	密集节理带	稀疏节理带	剪裂构造带	张扭裂构造带	张裂构造带
超碎糜泥岩带	超碎糜泥岩带	碎粒糜棱岩带	碎斑初糜棱岩带	碎裂初糜棱岩带	碎裂花岗岩带	扭裂花岗岩带	张扭裂花岗岩带	碎裂、张裂花岗岩带
	压扭性断裂带					扭性断裂带	张扭、张性断裂带	
断裂性质、级别及构造变形环境	三山岛、黄县、招平等高级别断裂带					灵山沟—北戴、河东—望儿山次级断裂带	主干断裂带的低级序断裂带	
	早期以塑性变形为主，晚期以脆性为主					过渡型	以脆性变形为主	
典型实例	焦家金矿床、三山岛金矿床、岭南金矿Ⅰ、Ⅱ号矿体					灵山沟金矿床、望儿山金矿床、黄埠岭金矿床	玲珑西山矿段及 108、50、9 号矿脉	

江西银山金铜多金属矿床研究中的几个问题

刘丹英 冯志文 夏卫华 莫测辉

(中国地质大学, 武汉 430074)

银山位于江南台隆与钱塘拗陷的过渡带, 分割二构造单元的赣东北断裂带呈 NE 向由矿区南东侧通过。区内主要发育有两大构造层, 基底为元古界双桥山群, 属一套厚约 3000 m 的浅变质的浊积特点显著, 并夹多层中-基性火山岩的复理石建造; 盖层为侏罗-白垩系, 属陆相正常碎屑沉积和中酸-酸性火山岩建造。矿区构造以银山“背斜”为主体构成呈 NE 展布的褶断带。

上述褶断带的成生演化除明显控制着区内火山-岩浆活动和金铜多金属成矿外, 并使基底岩系产生了新的变质、变形和构造动力热液成矿。

1 成岩成矿序列

前人对该区中生代火山岩浆演化序列的认识是: 酸性→中酸性→中性。根据笔者两年来的考证和研究, 初步认为本区成岩序列是从中酸性→酸性演化, 它们构成火山岩浆活动的主体。而尾声则向中偏基性发展。依据如下: ①从火山岩剖面的观测看, 从早期旋回到晚期旋回, 主要由英安质岩浆向流纹质岩浆演化; ②从次火山岩穿插关系看, 在原认为第一旋回的石英斑岩中发现有英安玢岩包裹体, 在英安玢岩中有石英斑岩枝或岩脉。所以本区的成岩序列基本上由三个旋回组成。火山活动的强度以第一和第二旋回为主, 尤其是第二旋回, 它与

成矿关系密切。第三旋回则以中偏基性脉岩为主,其数量及强度均不及前两旋回,与成矿也无明显联系。

在前人工作的基础上,笔者认为火山岩浆热液成矿具有完整的序列,并初步确立了一种新的成矿类型—构造动力热液成矿。这是一种与脆—韧性剪切带有成生联系的成矿类型。根据这两种成因类型矿床之间的时空及成因联系,可将本区矿床归为两个成矿序列:(1)构造动力热液成矿序列,分为两种矿化类型:细脉浸染状 Cu、S、Au 矿化及小脉型 Cu、S、Au 矿化;(2)火山岩浆热液成矿序列,分为以下几种矿化类型:①斑岩型 Cu、Au 矿化;②大脉型 Cu、S、Au 矿化;③大或小脉型 Cu 或 Cu、S 矿化;④石英脉型 Cu、Pb、Zn 矿化;⑤以铁闪锌矿为主的脉状 Pb、Zn 矿化;⑥以方铅矿为主的碳酸盐型 Pb、Zn 矿化;⑦硫盐型矿化。

根据上述两成矿序列及它们的空间展布特点,两成矿序列既有独立的矿化分带,又具叠加或同期、同步的成矿特点。与火山岩浆有关的矿床或矿化不仅可以构成由斑岩型向大脉—细脉型,由高温向中、低温演化的完整成矿序列,同时,出现以 Cu、S、Au 矿带为中心而构成的一个纵横完整的矿床分带。

2 构造动力成矿

通过矿区地表及五个中段的观察和薄片鉴定,初步确立了银山“背斜”应属于构造动力变质、变形的产物,据区内同构造层的褶皱构造形态及岩层变质特点对比,即使银山“背斜”原系存在,也应属由绿片岩相岩层组成与邻区构造相协调的宽缓的背斜,而今,它不仅岩层产状陡立,同时明显叠加有与岩层斜切(交角有 10° 左右)的糜棱片理化带,且伴有退变质现象。这表明银山“背斜”更多地显示了后期构造动力变质—变形的特征,背斜的倾伏端为一个枢纽近于直立的扭折带组成的强烈变形地段,背斜轴基本是一个 NE 向展布的糜棱片理化或脆—韧性剪切带。具体特点:①发育密集的片理化带,在泥质变质岩中发育与片理化带产状一致的糜棱岩、千糜岩,而在砂泥质变质岩中见富含石英、长石残斑的初糜棱岩,并可见到 S-C 构造;②变质作用过程中形成的石英体,在韧性剪切带中形成剪切透镜体,或拉断形成钩褶皱、缩颈或香肠构造等;③在脆—韧性剪切带中,岩石的条带状构造发育,主要为菱铁矿—铁白云石和硅化—石英条带;④发育枢纽产状近直立的密集的尖棱褶皱及小型的 Ω 型褶皱。

与强烈变形、变质相伴生的构造动力热液成矿具如下的特点:①韧性变形带具有明显的 Au 矿化或 Au、Cu 矿化,矿化带的局部地段可构成矿体或矿化体,矿化带的一般品位: Au 0.5 g/t 以上, Cu 0.1% 以上,其中相当数量的样品, Au 可达 $1\sim 2\text{ g/t}$,个别达 5 g/t 以上。根据矿化及矿化体的产状特点及矿石结构,剪切带不仅是控矿的构造带,同时,与成矿具有密切的成因联系,片理化带中密集分布有马尾丝状 Au、Cu 矿化,并见同步褶皱及拉断变形现象;②构造动力热液型矿石与火山—岩浆热液型相比,其矿物组合及结构简单,以黄铁矿为主,有少量黄铜矿,金主要以微细粒自然金(金成色比较高, $>900\%$)赋存在黄铁矿、黄铜矿和脉石英等矿物中,矿石以马尾丝状和小脉状构造为特征。火山—岩浆热液型矿石矿物成分复杂,有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、硫砷铜矿、砷黝铜矿、脆硫锑铅矿、自然金(金成色变化大,一般皆 $<900\%$)、含银自然金、银金矿、碲金矿和辉银矿等,脉石矿物以石英、方解石、萤石为主,但总含量较少;③构造动力热液蚀变—矿化与火山—岩浆热液蚀变—矿化具明显不同,前者以 Au、Cu 矿化为主,并与

构造动力变质带特有的硅化-石英和铁白云石-菱铁矿化条带密切伴生;后者以 Cu (Au) Pb、Zn (Ag) 多金属矿化为特征,并伴有硅化、黄铁绢英岩化、绿泥石化、碳酸盐化和萤石化等;④构造动力热液型黄铁矿中 Co 含量变化在 $(38 \sim 42) \times 10^{-6}$, Ni $(61 \sim 64) \times 10^{-6}$, Co/Ni 0.64, 其含量变化及比值与含矿岩系双桥山群相当, $(\text{Co } (24 \sim 26) \times 10^{-6}, \text{Ni } (36 \sim 40) \times 10^{-6}, \text{Co/Ni } 0.66)$;⑤据流体包裹体研究表明,构造动力热液以相对富含 CO_2 , 低盐度 ($\text{NaCl} < 10\%$) 为特征,成矿温度变化范围小,多在 280°C 左右(均一法测定硅化-石英及铁白云石),而火山-岩浆热液成矿序列,成矿温度变化区间大, $380 \sim 150^\circ\text{C}$ 。

3 构造、岩浆及成矿演化

本区构造、变形、变质、岩浆活动及成矿是比较复杂的,根据野外观察,笔者认为构造-岩浆活动与动力变质带的形成具有密切的时、空及成因联系,属燕山期的同期产物。依据如下:①由动力变质所形成的银山“背斜”具明显的控岩控矿作用,与成岩成矿显示了同步活动的特点,如岩浆顺片理贯入,且同步变形;爆破角砾岩贯入片理,并见矿化角砾岩等;②岩体边部的析离条带及片理化带与构造动力变形带的产状基本一致,反映了岩浆动力与构造动力活动的一致性;③与构造动力热液和火山岩浆热液活动有关的不规则石英体,普遍有构造动力变形,其变形产状与片理化围岩基本一致,在石英体中见有片理化围岩的贯入脉(或团块),石英体有拉伸透镜状,缩颈状和香肠状等,皆反映了火山岩浆热液活动与构造动力变质、变形的同期性;④在第二旋回的火山岩中见有动力变质热液型的矿石角砾,这表明火山活动略晚于构造动力热液成矿。

综上所述,本区成岩成矿及构造动力变质、变形应属燕山期构造-岩浆同期、同步活动的产物。但是,它们之间又显示了先后发展和多阶段活动的特点。大量的事实表明构造活动及其成矿略早于火山岩浆活动,而在火山岩浆活动过程中构造动力与其同步叠加是明显的。

4 矿化-蚀变分带及其分带机制

银山矿床是构造动力热液及火山岩浆热液复合作用的产物,火山岩浆活动形成一个完整的斑岩型 Cu、S、Au 和脉状 Cu、S、Au、Pb、Zn、Ag 矿化系列。矿床的矿化分带是十分典型的,并具多级序多中心矿化-蚀变分带特点。

(1) 矿化分带中心:银山矿床构造动力热液及火山岩浆热液两种作用基本同步,后者稍后,构造动力热液成矿作用造成了本区 Cu、Au 矿化的初步富集,局部已构成工业矿化,同时也奠定了本区矿化分带的基本格局。笔者认为银山矿床的矿化分带应分为一、二两级,矿化分带具多中心。

一级矿化分带——以银山背斜轴强应变带和深部岩浆房为中心,呈 NE 向富集 Cu、Au,其 NW 及 SE 外侧富集 Pb、Zn、Ag,平面上矿化分带呈 NE 向展布的椭圆形。

二级矿化分带——在一级分带的总的轮廓下,矿化还围绕斑岩体分带。矿区有两个岩体矿化分带中心明显,即 3[#]及 5[#]。

(2) 围岩蚀变分带:矿床围岩蚀变分为早期面型蚀变及晚期线型蚀变,前者发育,其中包括构造动力热液与深部岩浆房升腾热液蚀变和斑岩体及其围岩的蚀变。由于构造-岩浆-成矿流体热动力场的的统一性,矿床总体显示球面分带特征,由单个岩体内部向外依次出现以下几个带:Ⅰ.硅化绢云母化-Cu、S、Au 矿化带,见于铜区、西山区和矿体的深部;Ⅱ.硅化绢云母化绿泥石化-Cu、S、Au、Pb、Zn、Ag 矿化带,分布于九区,银山区和矿

床中深部; III. 绿泥石化碳酸盐化-Pb、Zn (Ag) 矿化带, 分布于九区北部, 银山南区及矿床的中上部; IV. 碳酸盐化绿泥石化-Pb (Zn)、Ag 矿化带, 分布于南山区及矿床浅部。由此可见, 矿床总体或围绕岩体在水平或垂向上的分带规律基本一致。

(3) 原生矿化分带: 从上述围岩蚀变分带可看出以 3[#]英安斑岩体为中心对应地出现原生矿化分带, 即从斑岩体向外依次出现: I. Cu、S、Au 矿化带, 主要分布于 3[#]斑岩体南北两侧, 在垂向上, 深部逐渐扩展; II. Cu、S、Au、Pb、Zn、Ag 矿化带分布于上一矿化带的外侧, 在垂向上深部为 Cu、Au 矿化带, 上部为 Pb、Zn、Ag 矿化带; III. Pb、Zn、Ag 矿化带, 在 II 带的外侧及上部, 含 Cu 低, 含 Pb、Zn、Ag 高; IV. Pb (Zn) Ag 矿化带, 分布于矿床的最外侧和浅部, 带中 Cu、S、Au 含量最低, Ag 含量最高。从 I 带到 IV 带, Cu、S、Au 含量迅速减少, Pb、Zn、Ag 含量逐渐升高, 然后 Pb、Zn 含量又降低, Ag 一直升高。

(4) 矿化类型分带: 银山矿床主要有两种矿化类型, 即细脉浸染状矿化和大脉状矿化。前者主要产于 3[#]英安斑岩南北接触带, 后者受断裂控制, 以 3[#]斑岩体为中心出现下列矿化类型分带: 内为细脉浸染状 Cu、S、Au 矿化, 向外过渡为致密块状大脉型 Cu、S、Au 矿化, Cu、S、Au、Pb、Zn、Ag 矿化及 Pb、Zn、Ag 矿化。这种矿化类型分带与上述围岩蚀变具有一定的对应关系。

银山矿床的矿化分带主要与构造-火山岩浆活动和元素地球化学属性及物理化学条件有关: ①构造动力成矿因素: 银山矿床的一级矿化分带是围绕银山背斜轴部强应变带和深部岩浆房呈 NE 向展布的。银山背斜变形变质带形成过程中导致了以 Cu、Au 为主的成矿元素的初步富集, 局部可构成规模不等的工业矿体, 这为稍后叠加的火山-次火山岩浆热液成矿作用奠定了物质基础, 也奠定了本区矿化分带的基本格局。另外, 多次强烈的构造活动导致了火山岩浆活动, 形成三个火山-岩浆活动旋回, 在第 I、II 旋回末期伴随有 Cu、Pb、Zn (Au、Ag) 矿化, 形成多个矿化分带中心。②火山岩浆活动: 本区成矿作用主要发生在火山岩浆活动期后, 根据同位素 ($\delta^{34}\text{S}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD 及 Pb、Sr 等)、包裹体成分及微量元素地球化学研究, 表明大部分成矿物质来自岩浆, 因此, 成矿作用与成岩作用有密切的时、空及成因上的联系。次火山岩浆侵入期后, 从岩浆 (主要是深部岩浆房) 中分异出来的含矿热液沿接触带及各种裂隙向上和两侧运移, 在地壳浅部与地表水一起产生对流, 当其向外远离岩体运移过程中, 不同成矿元素受其地球化学性质的制约, 在有利的物理化学条件下依次沉淀, 从而形成围绕斑岩体呈有规律的矿化分带。③成矿元素地球化学属性及成矿介质物理化学条件的影响: 矿化分带是元素随含矿溶液迁移、分异沉淀的结果。Shcherbina (1956) 指出 Au 富集 (高的 Au/Ag 值) 主要出现在较高温和较深部的矿床中, Ag 富集 (低的 Au/Ag 值) 则多出现于中深或近地表形成的低温矿床中。这种情况与该两种元素的蒸气压有关。当 $t > 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, Ag 的蒸气压高于 Au, 故 Ag 比 Au 的挥发性强, 从源地 (热源或岩浆) 向外迁移得快一些, 趋向富集于地表附近。

成矿元素在溶液中的搬运形式是络合物, 而络合物在含矿溶液中的稳定性与它的电离常数 K_d 有密切关系。 K_d 值愈大, 络离子电离能力愈强, 其在成矿溶液中愈不稳定, 所以成矿元素络合物的 K_d 值大小是矿化分带的主要因素之一。如银山矿床 Cu、Pb、Ag 的氯化络合物的 K_d 值如下: $[(\text{CuCl}_2)]^- = 0.77$, $[\text{PbCl}]^- = 1.4 \times 10^{-2}$, $[\text{AgCl}_2]^- = 1.76 \times 10^{-5}$, $[\text{AgCl}_4]^{3-} = 4.8 \times 10^{-6}$, 这个 K_d 值序列与矿床的元素分带完全一致。当热液由深部向浅部上

升,随着温度和压力的降低,其酸度逐渐升高,Eh值逐渐加大,成矿溶液的pH变化及Eh变化决定了热液中元素的沉淀顺序。通过热力学计算,以 $[\text{H}_2\text{S}]^2$ 形式在溶液中迁移Cu、Pb、Zn等成矿元素,随着pH值由8.5—9.1—8.8—8.2顺序沉淀出Cu、Zn、Pb的硫化物,这与银山矿床早期Cu、Au矿化到晚期的Pb、Zn、Ag矿化是一致的。含矿溶液中硫的浓度与金属元素的比值大小对金属元素的沉淀也起着一定的作用,S与金属元素比值大的硫化物一般先从热液中沉淀,而硫与金属元素比值小的则较晚从溶液中沉淀,因此而造成了矿化的分带,银山矿床的矿化中心和矿体下部沉淀出富硫的黄铁矿及黄铜矿,在远离矿化中心及矿体上部则主要沉淀贫硫的闪锌矿、方铅矿,这种分带反映了该比值的变化特点。

元古代会理—东川坳拉槽与川滇铜铁成矿带

刘肇昌

(中国有色金属工业总公司成都地质干部学院,成都 610059)

从四川会理到云南东川的川滇边境地区,是我国重要的元古代铜、铁成矿带。成矿作用受会理—东川坳拉槽构造及其演化的控制。

1 会理—东川坳拉槽的主要特征

会理—东川坳拉槽是中元古代扬子原地台西部川滇被动陆缘坳拉槽系中最重要的成矿构造。原地台的西界SN向安宁河—绿汁江断裂带,曾有中、新元古代安宁洋存在。会理—东川盆地则是在被动陆缘背景上,自安宁洋向东沿着与原地台边界直交的EW向延伸的坳拉槽。

(1) 坳拉槽位于走向东西的天宝山—巧家断裂北部与定台厂—九龙断裂南部,它们均处于幔隆向幔凹过渡的陡梯带上,地表为断续的向槽内倾斜的逆冲断裂带和线性影象密集带。整个坳拉槽南北宽80 km,东西长约250 km。

(2) 沿坳拉槽展布有NEE—EW向的重、磁低正异常带以及走向东西、向东倾没的鼻状地幔隆起带。轴部的莫霍面和康氏面的埋深均较两侧浅约2 km。

(3) 坳拉槽始于中元古代初,封闭于新元古早期的晋宁运动,历时10亿年(19~8.5亿年)。经历了四个发展阶段,每一阶段早期下降,晚期上升。中元古代早期形成由陆屑—碳酸盐建造、细碧角斑岩建造及碳硅质建造和浊积细屑建造组成的河口群优地槽型沉积;中元古代中期形成由因民组红层和细碧角斑岩建造、落雪组白云质碳酸盐建造、黑山组碳硅质及浊积细屑建造和青龙山组碳酸盐建造组成的东川群沉积;中元古代晚期形成由淌塘组(大营盘组)陆屑建造及局部的红层建造、细碧角斑岩建造,力马河组(小河口组)浊积碎屑建造、凤山营组(麻地组)碳酸盐、浊积碳酸盐建造及局部发育的双峰火山岩建造等组成的会理群沉积。沉积范围越过坳拉槽边界断裂,使盆地具坳拉槽特有的下窄(地堑)上宽(坳陷)的二元结构;新元古代早期形成天宝山组同碰撞双峰火山—类复理石建造。晚晋宁褶皱运动使坳拉槽褶皱封闭,随后于边缘形成澄江期磨拉石盆地。

(4) 沿坳拉槽走向沉积和岩浆活动有规律地变化。中元古代期间,坳拉槽盆地西深东浅,碎屑物质自东向西、自SN向盆内搬运;晚元古代早期回返阶段,西浅东深,碎屑自西向东搬运。显示了安宁洋的扩张和封闭对坳拉槽发展的巨大影响。相应,岩浆活动西强东