

文章编号:1005 - 6157 (2013) 02 - 86 - 8

安徽池州许桥银矿地质特征及矿区深部找矿方向

韩长生¹, 钟国雄²

(1 华东冶金地质勘查局812地质队, 安徽铜陵 244008; 2 合肥工业大学资源与环境工程学院, 安徽合肥 230009)

摘 要: 许桥银矿床位于长江中下游成矿带安庆-贵池矿集区东南部, 矿床银储量达到中型规模, 成矿岩体为分水岭石英闪长岩, 矿体主要呈似层状赋存于分水岭岩体北东侧奥陶系仑山组、汤山组地层层间裂隙中; 矿石矿物主要为黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黝铜矿、黄铜矿、辉银矿、自然银, 脉石矿物为石英、碳酸盐矿物; 矿石结构以自形-他形晶结构、交代结构、稀疏浸染状构造和网脉状构造为主; 围岩蚀变类型主要有硅化、碳酸盐化、矽卡岩化、绿泥石化等; 许桥银矿床成矿作用经历了两个成矿期: 热液期和表生期, 热液期又可分为三个成矿阶段, 即为矽卡岩阶段、石英-硫化物阶段及碳酸盐-硫化物阶段; 成矿流体早期以岩浆热液为主、晚期混有大气降水的流体演化特征; 成矿物质主要来源于岩浆热液, 地层贡献了部分矿质; 成矿温度为中低温 (208~259℃), 矿床类型为中低温热液银多金属矿床, 并指明了矿区深部找矿方向。

关键词: 安庆-贵池矿集区; 许桥银矿; 矿床地质特征; 中低温热液矿床; 找矿方向

中国分类号: P618.52

文献标识码: A

0 引言

安庆-贵池矿集区是长江中下游多金属成矿带的重要组成部分, 近年来该矿集区逐渐成为研究的热点地区, 已有学者针对该区岩浆岩岩石序列、岩浆源区及其演化、岩石成因机制及地球动力学背景、矿床地质与地球化学、成矿地质环境与物化条件、成岩成矿时代、成矿流体性质及成矿物质来源开展了部分研究工作, 并已取得了一些重要的研究成果^[1-13], 但相对于长江中下游成矿带的其他矿集区而言, 总体研究程度较弱, 这在一定程度上制约了对该区岩石成因及演化机制、成矿序列及成矿规律、成矿动力学背景、成矿专属性与成矿潜力的全面认识。池州许桥银矿是华东冶金地质勘查局812地质队于上世纪90年代中期探明的一处中型银矿, 前人对该矿床仅进行过零星研究^[14]。随着矿床十多年的开采, 其深部及矿区外围的成矿规律、控矿因素以及找矿

潜力成为制约矿山发展的瓶颈。

鉴于此, 本人通过细致的野外地质调查及室内矿物学、岩相学鉴定工作, 对该矿床地质特征加以系统总结, 查明该矿床主要矿化类型、矿石组构及围岩蚀变特征, 初步划分成矿期次与成矿阶段, 探讨成矿流体性质、演化特征及成矿物质来源, 初步探索成矿机制及矿床成因, 指出进一步找矿的方向, 以期丰富池州地区成矿理论研究及找矿勘查提供新的资料。

1 区域地质背景

许桥银矿矿区位于长江中下游多金属成矿带安庆-贵池矿集区贵池背向斜带中的吴田铺-洞里章背斜东段之南西倾伏端核部(图1)。

区域地层自寒武系至白垩系均有分布。寒武系、奥陶系以灰岩、白云质灰岩、白云岩等海相碳酸盐岩为主, 主要分布在背斜的核部, 志留系下统至泥盆系上统为浅海相至陆相碎屑岩沉积, 多形成山脊; 石炭系

中上统至三叠系中统以海相碳酸盐岩沉积为主, 次为海陆交互相碎屑岩沉积。三叠系上统至第四系为陆相碎屑岩沉积。

贵池背向斜带由一系列北东向印支期线状褶皱组成, 本区位于该背向斜带北东端的吴田铺-洞里章背斜中。吴田铺-洞里章背斜长约50cm, 宽约4~6cm, 核部地层为奥陶系和志留系, 两翼地层为志留系至三叠系。该背斜可大致分成西段、中段、东段三部分, 沿轴向因岩体和断层破坏, 外形紊乱, 轴向西段60°, 中段近东西向, 东段则为80°, 总体往南西倾伏。背斜东段褶曲形态比较清晰, 因枢纽昂起出露有奥陶系, 北西翼地层倾向北西, 倾角35°, 南东翼地层倾向南东, 倾角50°, 轴面向北西倾。背斜中段被花园坳岩体侵吞, 完整性较差, 轴迹很不连续。背斜西段北西向横断层、北北东向斜断层发育, 背斜轴很不连续。区域较大的断裂构造有南北向铜陵-九华山断裂和北东向高坦

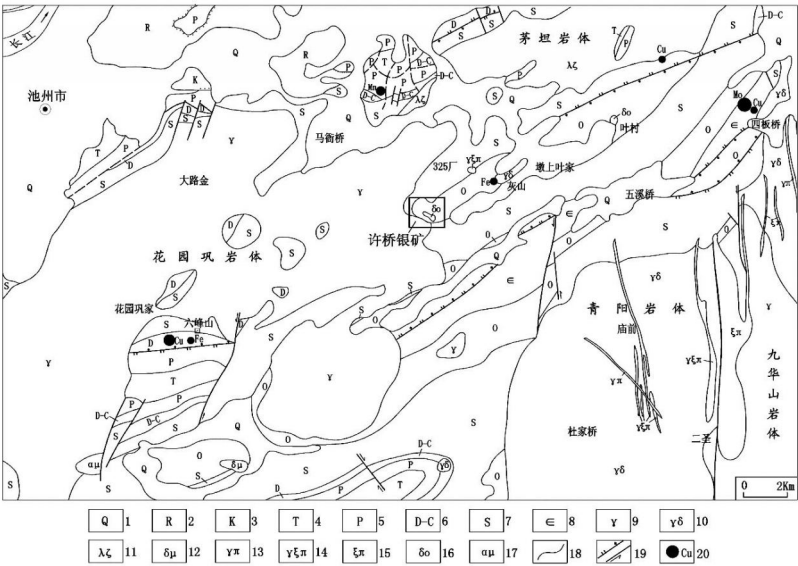


图1 许桥地区地质、矿产分布略图

Fig.1 Sketch for geology and mineral occurrences in the Xuqiao area

1、第四系 2、大通群 3、白垩系 4、三叠系 5、二叠系 6、泥盆至石炭系 7、志留系 8、寒武系 9、花岗岩 ;10、花岗闪长岩 ;11、石英正长岩 ;12、闪长玢岩 ;13、花岗斑岩 ;14、花岗正长斑岩 ;15、正长斑岩 ;16、石英闪长岩 ;17、安山玢岩 ;18、地质界线 ;19、断层 ;20、矿床(点)位置及矿种

断裂,对区域岩浆活动有控制作用。盖层断裂主要是印支期形成的与褶皱构造相配套的北东向纵断层、北西向横断层和北北东近南北向斜断层,燕山期有不同程度的复活。

区域岩浆活动强烈,主要为燕山期形成的中深成侵入岩,如花园巩花岗岩体、青阳花岗闪长岩体、九华山花岗岩体、茅坦石英正长岩体、灰山和叶村花岗闪长岩体等,多属钙碱岩系。

2 矿床地质特征

许桥银矿床位于贵池背向斜带中的吴田铺洞里章背斜东段之南西倾伏端次级分水岭背斜核部,处在花园巩岩体北东接触带附近。

2.1 地层

矿区出露地层有奥陶系下统仑山组,中统汤山组、宝塔组,上统汤头组、五峰组,志留系下统高家边组及第四系(表1)。奥陶系主要分布在矿区中部,志留系分布在矿区北

东人形山、西部的罗汉尖和南部的拔茅山等周边一带(图2)。

2.2 构造

矿区构造格局由多期不同方向、不同性质的构造变形相互叠加而成,主要为褶皱构造和伴随的断裂构造,地表岩层节理发育。

受花园巩岩体侵入作用的影响,在吴田铺洞里章背斜东段之南西端部形成了北西向的分水岭背斜和近南北向的人形山向斜两个次级褶皱(见图2)。分水岭背斜长1.2km,宽0.4~0.6km,轴向325°,总体向北西倾伏,倾伏角约10°,属斜歪倾伏褶皱。背斜核部由仑山组、汤山组第一段组成,两翼地层为汤山组第二段至高家边组。北东翼地层倾向北东,倾角

表1 许桥银矿床地层简表

Table 1 Simplified column of strata around the Xuqiao silver ore deposit

| 系 | 统 | 组 | 段 | 代号 | 厚度(m) | 岩性特征 |
|-----|----|------|-----|------------------------------|--------|---|
| 第四系 | | | | Q | 0~30 | 灰黄、黄褐色粘土、亚粘土及砾石。 |
| 志留系 | 下统 | 高家边组 | | S _{lg} | >130 | 灰黄、灰绿色粉砂岩、粉砂质页岩及少量细砂岩。 |
| | | | 五峰组 | O _{3w} | 4.49 | 浅黄至黄褐色含泥质、粉砂质页岩,顶部为黑色含碳质硅质页岩。 |
| | 上统 | 汤头组 | | O _{3t} | 45.65 | 青灰色中厚层泥质瘤状灰岩与灰至深灰色中厚层灰岩互层,顶部为青灰色中厚层泥质瘤状灰岩。 |
| | | | 宝塔组 | O _{3b} | 23.70 | 上部为浅灰色中厚层泥质瘤状灰岩,中部为浅灰色薄层泥质条带灰岩与灰色薄层灰岩互层,下部为浅灰色中厚层含泥质条带灰岩。 |
| 奥陶系 | 中统 | 汤山组 | 第四段 | O _{2t} ⁴ | 68.35 | 浅灰色中厚层灰岩夹浅黄色泥质灰岩或泥质条带灰岩。 |
| | | | 第三段 | O _{2t} ³ | 33.08 | 浅灰至灰色厚层灰岩,顶部含角石化石。 |
| | | | 第二段 | O _{2t} ² | 58.11 | 灰至深灰色中厚层白云岩,白云质灰岩夹中厚层灰岩。 |
| | | | 第一段 | O _{2t} ¹ | 101.41 | 主要为浅灰-深灰色中至厚层状生物(碎屑)灰岩,生物化石为角石类,次为腕足类。 |
| | 下统 | 仑山组 | 上段 | O _{1t} ² | 29.34 | 上部为浅灰色厚层灰岩。下部为浅灰-白色中厚层灰岩,白色中层白云岩互层。 |
| | | | 下段 | O _{1t} ¹ | >400 | 上部为白色厚层白云岩夹数层灰岩。中部为浅灰色中厚层灰岩,下部为浅灰-灰白色厚层白云岩。 |

40°~55°,南西翼近核部倾向南西,倾角大于70°。远离核部,浅部产状正常,深部倾角近直立甚至倒转(拔茅山附近)。

矿区断裂构造十分发育,主要有F₃、F₄等断层,其中F₄断层规模较大,该断层长约1km,倾向西,倾角70°~90°,具压扭性,推测形成时期与花园巩岩体侵入时间相当。

燕山期,该断层是区内重要的导岩、导矿构造。按断层与褶皱的关系,把区内断层分为横断层、纵断层、斜断层,断层多形成于印支期,在燕山期活化,部分形成于燕山期。

矿区地表岩层节理发育,经统计有近南北向、近东西向、北东50°、北西320°四组,其中以近东西向、北东50°、北西320°三组较发育。往矿区深部,裂隙系统逐步过渡为以北西向层间裂隙为主,这些裂隙构造是本区主要控矿和储矿构造。

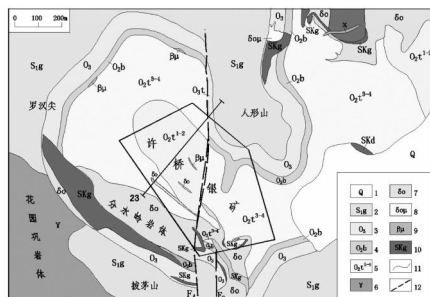


图2 许桥银矿地质略图

Fig.2 Geological sketch for the Xuqiao silver ore deposit

1、第四系;2、志留系下统高家边组;3、奥陶系上统;4、奥陶系中统宝塔组;5、奥陶系中统汤山组一至四段;6、花岗岩;7、石英闪长岩;8、石英闪长玢岩;9、辉绿玢岩;10、石榴子石砂卡岩;12、地质界线;13、断层

2.3 岩浆岩

区内岩浆活动强烈,主要有花园巩岩体和分水岭石英闪长岩体,分布在矿区西南一带,晚期的辉绿

岩、闪长玢岩等脉岩也较发育。

花园巩岩体为燕山早期侵入体,面积220km²,该岩体相带虽发育较全,但区分不明显,且又不规则。中心相为中粒石英正长岩,约占岩体的25%以上,过渡相为中粒花岗岩,占岩体的60%;矿区西南边缘出露的为花园巩岩体的边缘相,岩性为细粒花岗岩,岩体侵入在志留系高家边组近底部的粉砂岩、页岩中,接触带外倾,倾角50°~70°。该岩体与本区矿化虽无直接联系,但由于其侵入作用导致附近围岩地层中的裂隙构造发育,为后期含矿热液的运移和富集创造了有利条件。

分水岭石英闪长岩体位于矿区西南部花园巩岩体的北东侧,呈岩脉、岩枝状产出,岩体总体走向为120°,倾向北东,倾角70°左右。地表出露长900m,宽110m,面积约0.1km²,岩石呈细粒半自形结构,矿物以斜长石(45%~60%)、角闪石(20%~35%)、石英(5%~12%)为主,少量钾长石、黑云母,副矿物有锆石、磷灰石。岩体普遍具砂卡岩化、绢云母化及黄铁矿化。分水岭岩体从侵入关系上判断其侵入时间晚于花园巩岩体。

另外矿区多见晚期的辉绿岩脉和闪长玢岩岩脉,大多顺层侵入。

2.4 变质作用

2.4.1 接触热变质作用

大理岩化:区内大理岩化较强,主要发育在分水岭石英闪长岩北东、南西外接触带奥陶系灰岩中,大理岩化带分布在分水岭~罗汉尖南东半山腰之间。大理岩化在北东外接触带越过了分水岭背斜轴部,直达奥陶系与志留系边界,从钻孔看,离分水岭岩体100m

范围内,灰岩或白云岩均变质为大理岩,再往北东大理岩化则逐渐减弱,总体宽度达400~500m。大理岩化在分水岭岩体南西外接触带也较强,灰岩基本变质为大理岩,宽约100m左右。

角岩化:分布在拔茅山、罗汉尖一带,主要发育在花园巩岩体、分水岭岩体接触带附近的高家边组、五峰组砂页岩地层中,区内角岩化变质带长500m,宽约50~100m,其走向约320°,浅部基本向南西倾,向深部逐渐向北东倾。

2.4.2 接触交代变质作用

接触交代变质作用在区内西南形成长800m,宽20~100m的石榴子石砂卡岩带。

2.5 矿床地质特征

2.5.1 矿体形态特征

许桥银矿共有银矿体27个,钼矿体5个。其中1、6号银铜矿体为主要矿体。矿体主要赋存于分水岭岩体北侧300~400m范围内的奥陶系下、中统仑山组、汤山组地层中。矿体受北西向的裂隙构造控制,华东冶金地质勘查局812队1995年提交的许桥银矿中间勘探地质报告中认为矿体主要受倾向北东的一组裂隙构造控制,经矿山开采证实,矿区浅部矿体产状受北东倾向的裂隙控制明显,而往矿区深部矿体产状主要受倾向南西的层间裂隙控制(图3)。矿体在空间分布上有明显的矿化分带现象:从分水岭岩体内接触带往围岩方向矿化元素组合呈现Mo→Ag、Cu→Ag、Pb、Zn的变化。垂向上-100m标高以上,以银铅锌矿体为主;-100m以下,以银铜矿体为主。

1号矿体:赋存于汤山组第一段下部黑白相间的薄层大理岩的层间裂隙中,矿体呈似层状,走向

方向延伸150~225m,延深165m(矿体深部未控制),厚1~5.65m。矿体走向310°~320°,倾向南西,倾角68°~80°,赋存标高-123~-305m(图3)。

6号矿体赋存于仑山组下段白云岩与上段大理岩界面附近的层间裂隙中,位于1号矿体北东50米左右,且大致与其平行。矿体走向328°~332°,倾向南西(与原报告相反),倾角65°~74°,矿体长100~200m,延深160m(深部也未控制),厚度1.88~2.11m,赋存标高-140~-300m(图3)。

钼矿体均分布在岩体内接触带附近,辉钼矿呈星点状、局部团块状,矿化极不均匀,矿体不稳定,矿山对钼矿资源因无经济效益目前尚未利用。

2.5.2 矿石特征

2.5.2.1 矿石类型

矿石的工业类型主要有银铜矿石(图4A)、银铅锌矿石(图4B)两类,细分为四个亚类,即银铅锌矿石、银铅铜矿石、银铜矿石、银硫矿石。

2.5.2.2 矿物组成

许桥银矿矿石矿物种类较多,主要金属矿物有黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黝铜矿、黄铜矿,次为车轮矿、辉铜矿、辉钼矿、白铅矿、铅矾、磁黄铁矿、磁铁矿、褐铁矿、针铁矿、辉银矿、碲银矿、自然银、角银矿、以及斑铜矿、铜蓝、孔雀石、毒砂、硫砷铜矿等。主要脉石矿物有方解石、石英、石榴石、透辉石、透闪石、绿帘石、绿泥石等。

2.5.2.3 化学成分

许桥银矿是一个以银为主的多金属矿床,主要有用元素为银,据许桥银矿中间地质勘探报告,矿床银金属量240.45t,Ag平均品位

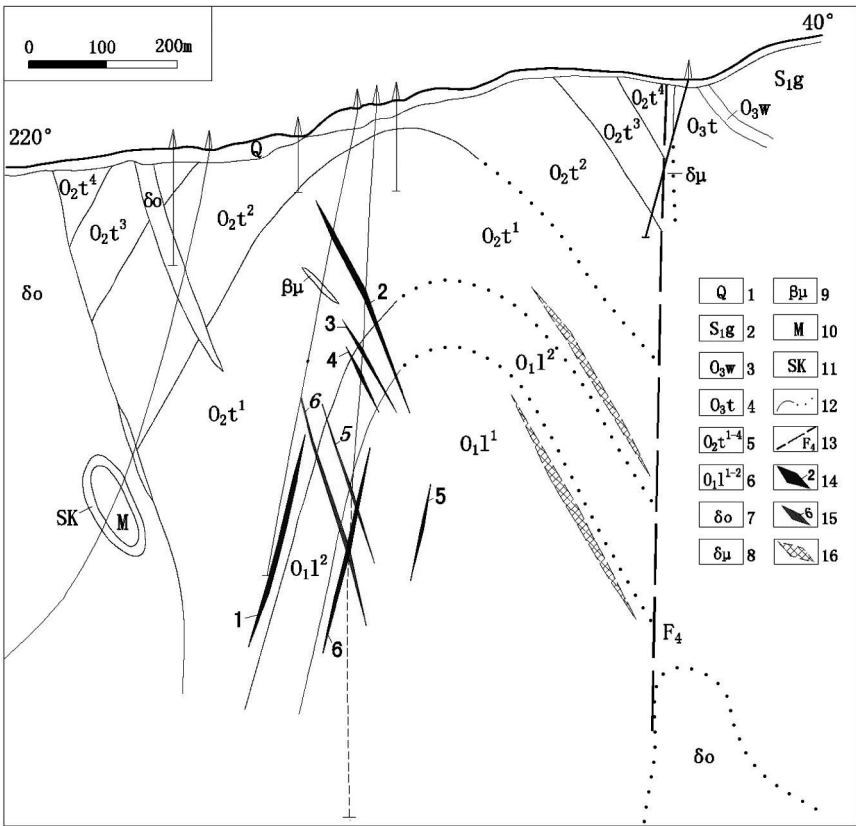


图3 许桥银矿23线地质剖面图

Fig.3 Geological profile 23 across the Xuqiao silver ore deposit

1、第四系;2、志留系下统高家边组;3、奥陶系上统五峰组;4、奥陶系上统汤头组;5、奥陶系中统汤山组一至四段;6、奥陶系下统仑山组上、下段;7、石英闪长岩;8、闪长玢岩;9、辉绿玢岩;10、大理岩;11、砂卡岩;12、实、推测地质界线;13、断层;14、银矿体;15、以往圈错的银矿体;16、预测矿体

250.75g/t,并共(伴)生铜、铅、锌、金和镉等组份,金在矿体局部地段品位可相对富集,大于1g/t。

2.5.2.4 矿石结构构造

矿石结构有自形晶结构、他形晶结构(图4C)、填隙结构(图4D)、骸晶结构、反应边结构、文象结构、

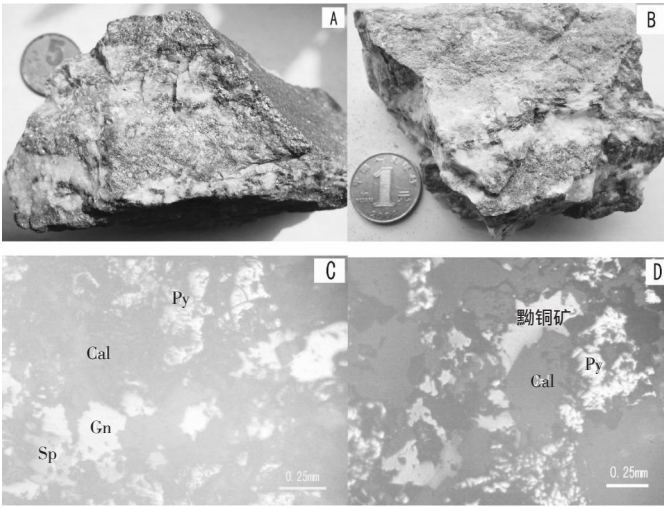


图4 许桥银矿矿石照片

Fig.4 Photos of ore from the Xuqiao silver ore deposit

A、细脉状银铜矿石(标本);B、细脉状银铅锌矿石(标本);C、反射镜下,方铅矿、闪锌矿、黄铁矿呈他形粒状;D、反射镜下,黝铜矿充填于脉石及黄铁矿中。矿物缩写:Py、黄铁矿;Gn、方铅矿;Sp、闪锌矿;Cal、方解石

乳滴状结构、压碎结构等。矿石构造以稀疏浸染状构造、网脉状构造为主,次为细脉状及条带状构造,局部呈块状构造。

2.5.2.5 银的赋存状态

在银铜矿石中银主要以类质同象形式赋存于硫化物中(银主要载体矿物为黝铜矿,以下依次为黄铁矿→闪锌矿→黄铜矿→方铅矿),占总银的62.93%;次为硫化银(辉银矿为主,少量角银矿、碲银矿)占29.89%;自然银仅占1.21%。在银铅锌矿石中银主要以硫化银存在,占总银的64.59%;其次为硫化物中的银,占31.99%;自然银占2.07%。由此可见许桥银矿矿石中的银主要以硫化银和硫化物中的银两种状态存在。

2.6 围岩蚀变

围岩蚀变主要有硅化、碳酸盐化、矽卡岩化(石榴子石、透辉石、透闪石等)、绿泥石化等,其中硅化、碳酸盐化与银矿化关系较为密切。

硅化:分布较广,从分水岭石英闪长岩体往北东、南西两方向至奥陶系与志留系界线之间的地区均有分布。硅化以脉状为主,脉宽0.1~1cm,走向大多北西-南东向,地表倾向50°~70°,倾角65°~75°。

碳酸盐化:分布、发育均与硅化相似,也以脉状为主,脉宽0.3~10cm,脉的结晶有细晶、粗晶,粗晶方解石多与石英脉相伴。

绿泥石化:其分布范围大于石英脉及碳酸盐脉的分布范围,呈深灰-灰绿色,多沿节理、裂隙面以薄膜状产出。

2.7 成矿期次划分及矿物生成顺序

许桥银矿床的蚀变-矿化具有典型的热液作用特征,依据野外观

察该矿床不同矿化类型的分布特征及相互关系、矿物共生组合,以及结合室内显微镜下较为详细的岩矿石组构观察,将该矿床成矿作用划分为二个成矿期,热液期和表生期,热液期又可分为三个成矿阶段,并厘定了矿物生成顺序(表2)。

表2 许桥银矿成矿阶段划分及矿物生成顺序表

Table 2 Mineralization stages and mineral sequence in Xuqiao ore deposit

| 成矿期 | 热液期 | | | 表生期 |
|-------|--------|----------|-----------|-----|
| | 矽卡岩化阶段 | 石英-硫化物阶段 | 碳酸盐-硫化物阶段 | |
| 石榴子石 | —— | | | |
| 透辉石 | —— | | | |
| 透闪石 | —— | | | |
| 绿帘石 | —— | | | |
| 绿帘角闪石 | —— | | | |
| 磁铁矿 | —— | —— | | |
| 磁黄铁矿 | —— | —— | | |
| 石英 | | —— | —— | |
| 方解石 | | —— | —— | |
| 黄铁矿 | | —— | —— | |
| 闪锌矿 | | —— | —— | |
| 方铅矿 | | —— | —— | |
| 黄铜矿 | | —— | —— | |
| 黝铜矿 | | —— | —— | |
| 辉银矿 | | —— | —— | |
| 角银矿 | | —— | —— | |
| 碲银矿 | | —— | —— | |
| 自然银 | | —— | —— | |
| 方铅矿 | | | | —— |
| 闪锌矿 | | | | —— |
| 黄铜矿 | | | | —— |
| 方解石 | | | | —— |
| 白云石 | | | | —— |
| 石英 | | | | —— |
| 黄铁矿 | | | | —— |
| 闪锌矿 | | | | —— |
| 方铅矿 | | | | —— |
| 黄铜矿 | | | | —— |
| 黝铜矿 | | | | —— |
| 辉银矿 | | | | —— |
| 角银矿 | | | | —— |
| 碲银矿 | | | | —— |
| 自然银 | | | | —— |
| 方解石 | | | | —— |
| 白云石 | | | | —— |
| 石英 | | | | —— |
| 黄铁矿 | | | | —— |
| 闪锌矿 | | | | —— |
| 方铅矿 | | | | —— |
| 黄铜矿 | | | | —— |
| 黝铜矿 | | | | —— |
| 辉银矿 | | | | —— |
| 角银矿 | | | | —— |
| 碲银矿 | | | | —— |
| 自然银 | | | | —— |

2.7.1 热液期

(1)矽卡岩化阶段:在区内岩体周边形成矽卡岩带,该阶段早期主要形成石榴子石、透辉石等无水矽卡岩矿物,是流体早期交代的产物,随着晚期热液活动加强,逐渐形成透闪石、绿帘石、绿帘角闪石等复杂链状和岛状结构的含水硅酸盐矿物,对早期矽卡岩矿物具有明显的交代作用。该阶段晚期处于较为氧化的环境,亦形成少量磁铁矿、磁黄铁矿,这一阶段Ag、Pb、

Zn、Cu金属元素基本上未见沉淀富集。

(2)石英硫化物阶段:随着成矿流体氧逸度、温度及压力的降低,在此阶段发生较为广泛的流体沸腾作用,大量挥发分从成矿流体中逸出,导致围岩中形成大量的裂隙,并使流体偏碱性,流体中 S^{2-} 、 HS^{-} 的络合物大量分解,Mo、Ag、Pb、Zn、Cu等金属元素发生卸载,引起大量黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等金属硫化物沉淀出来,脉石矿物有石英、方解石等。石英硫化物阶段持续时间较长,流体沸腾作用可能是反复进行的,从以往测试分析结果来看,本矿床主要金属矿物形成温度为中低温(表3)。可以推断成矿热液演化到中低温石英-硫化物阶段时,金属硫化物发生了广泛的富集沉淀,也是银的主要富集阶段。银常以辉银矿或自然银低温分泌物微包体或细脉分布于方铅矿等硫化物中,这些金属硫化物与石英共生在一起,呈脉状、网脉状、条带状分布于中、下奥陶统碳酸盐岩地层中。

(3)碳酸盐-硫化物阶段:进入该阶段后,流体性质发生了质的变化,由于早阶段沸腾作用形成了大量的裂隙,致使大气水下渗,并与成矿流体发生混合作用,引起部分矿质的迁移、沉淀,该阶段形成的矿物主要为方解石,次为石英,金属矿物主要有方铅矿、黝铜矿、黄铁矿及银矿物呈充填脉状产出。

表3 矿石中石英流体包裹体测温结果表

Table 3 Temperatures given by quartz fluid inclusions in ores

| 样号 | 测定矿物 | 测定次数 | 温度范围(℃) | 平均温度(℃) |
|--------|------|------|---------|---------|
| 860270 | 石英 | 18 | 80~350 | 259 |
| 860271 | 石英 | 32 | 100~420 | 291 |
| 860272 | 石英 | 16 | 160~500 | 273 |
| 860273 | 石英 | 18 | 110~420 | 208 |

(据华东冶金地质勘查局812队,1995年)^[24]

2.7.2 表生期

地表及浅部原生硫化物矿石在大气、水、生物、二氧化碳等外界营力作用下发生不同程度的氧化反应和水解反应。黄铜矿生成铜兰、孔雀石,方铅矿生成白铅矿、铅矾,黄铁矿生成褐铁矿、针铁矿等次生硫化物,银矿物变成角银矿;矿区氧化作用总体不强。

2.8 成矿流体特征

大量研究显示,成矿流体在演化过程中并不是一成不变的,蚀变和矿化是流体演化的产物。虽然目前笔者未对该矿床不同成矿阶段的脉石矿物进行流体包裹体测温、氢氧碳等稳定同位素的测定工作,但依据前人对此类矿床的研究,在早期矽卡岩的形成过程中,流体会通过扩散交代作用和渗透交代作用在岩体和地层之间进行化学成分交换,扩散交代作用主要依靠流体中化学成分的浓度梯度而进行交代作用,这种作用在侵入体和围岩的接触部位表现最为强烈,常形成具有较好分带性的内矽卡岩,渗滤交代作用是由于热液不断地运移,使热液—围岩处于不平衡状态所引起,而温度梯度和压力梯度又是引起热液流动的动力,因而热液能作较长距离的运移,故有可能形成该矿床长800m,宽20~100m的石榴子石矽卡岩带^[15~20],矽卡岩阶段成矿流体性质属于高中温、高—中盐度、中等密度岩浆流体,这种形成于岩浆和热液作用过渡阶段的富含挥发份的高盐度热流体萃取和携带金属的能力很强,常常是随后发生的矿化系统中热液和金属的主要贡献者^[21~23]。随着成矿流体的不断演化,流体中的温度、压力、盐度逐渐降低,氧逸度也趋向于降低,挥发分物质从流体

中分逸出来,成矿流体的化学平衡再次被打破,流体环境趋向于弱还原性质,钼铜铅锌银等金属离子从流体络合物载体中分离出来,与矿化剂(如 S^{2-})相结合在岩体与地层接触带、层间破碎带及孔隙度较好的岩石裂隙中富集就位,形成黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、辉钼矿、黄铜矿、黝铜矿、银矿物、方解石和石英等热液矿物,此过程即为石英—硫化物阶段,该阶段有部分大气降水的加入,据以往石英包裹体测温结果,显示矿体形成温度小于300℃,成矿温度为中低温(表3),之后,碳酸盐—硫化物阶段大气水的比例逐渐增加。综上所述,早期成矿流体成分以岩浆热液为主,晚期混有大气降水的加入。

2.9 成矿物质来源

矿体在空间分布上与分水岭岩体密切相关,均分布在岩体附近300~400m范围内的奥陶系碳酸盐岩地层中,且矿体近旁常见晚期脉岩分布。分水岭岩体的浓集组合元素有Sb、As、Ag、Cu、Co、Mo、Zn,尤其Sb、As、Ag、Cu四种元素具有显著的浓集(KK值>3.1),而且与矿床主要成矿及伴生元素组合一致,这些特征直接指示多数成矿与伴生元素来自分水岭岩体。另外,分水岭岩体与矿化的内在联系还表现在矿化的分带上,岩浆期后热液开始出溶→高温矽卡岩化,少量Mt矿化→中低温热液Cu、Zn、Mo、Ag等矿化→低温热液部分Ag、Pb、Zn矿化,形成一个较完整的岩浆期后热液演化系列,随着离岩体由近到远,温度由高到低,矿化矿物组合呈现有规律的顺向垂直与水平分带特点,这一特征对非岩浆期后热液多金属矿床而言则难以具备,反映了含矿热液来自于分水

岭岩体,铁铜钼金属元素卸载温度较高,活动性相对较差,运移距离相对较短,于是在靠近岩体附近沉淀下来,而铅锌银等元素发生沉淀的温度相对较低,远离岩体温度逐渐降低,围岩地层岩石渗透率较好,这些为铅锌银元素的运移、富集、就位提供了有利的物化条件。值得注意的是奥陶系中统碳酸盐岩地层中的Ag、Pb、Zn、Bi等元素含量低于区域相应地层而发生贫化,指示地层中部分金属元素出现了明显的活化迁移和富集,提供了部分矿质来源。因此,许桥银矿的成矿物质来源主要来自分水岭石英闪长岩体,其次碳酸盐岩地层中也提供了部分矿质来源。

3 矿床成因初探

燕山中期花园坳岩体侵位于印支期吴田铺—洞里章背斜的中段,将其分为西、中、东三段。吴田铺—洞里章背斜东段的南西端(即许桥矿区),因受花园坳岩体侵入时产生的北东向挤压作用而使该处的背斜轴由北东向逐渐转为北西向,同时在奥陶系中、下统碳酸盐岩地层中形成一系列的层间裂隙。随后分水岭石英闪长岩体沿分水岭次级背斜南西翼侵入并带来大量的成矿物质,随着岩浆流体的出溶,最初在岩体与地层接触带发生流体交代作用,发生了大规模成分的运移,发育一套矽卡岩高温蚀变矿物组合(石榴子石、透辉石等),随着流体演化,早期矽卡岩矿物被后期绿泥石、绿帘石、透闪石等含水硅酸盐矿物交代,与此同时,部分铁质发生沉淀,当含矿热液沿先前形成的裂隙构造向围岩方向运移时,温度、压力、氧逸度等物化条件发生变化,岩浆热液带来

的热能使地层中的有用元素活化转移,萃取部分成矿物质与热液中的金属元素一起运移至北西西-北西向层间裂隙及其它方向裂隙构造等有利部位析出成矿。结合矿化与岩体之间的关系、矿化阶段及矿物组合、成矿物质来源、成矿流体性质及其演化特征,许桥银矿应属中低温热液银多金属矿床。

4 找矿标志及找矿方向

4.1 找矿标志

(1)构造标志:位于背斜倾伏端强烈转折的内缘地段,断裂及层间裂隙构造发育。

(2)岩浆岩标志:位于大岩体的附近,且有晚期中酸性小岩体侵入,小岩体出露面积应小于 1km^2 ,岩体中Ag、Cu含量高。

(3)地层标志:奥陶系中、下统碳酸盐岩地层。

(4)地球化学标志:矿区地表有Ag、Cu、Pb、Zn、Sb、As次生晕组合异常分布。

(5)地球物理标志:因矿体中金属硫化物较多,因此具强的物探激电异常。

(6)矿物组合标志:方铅矿、闪锌矿、黝铜矿、黄铁矿等矿物共生,且这些单矿物中的银含量较高。

(7)围岩蚀变标志:较强的矽卡岩化、硅化、碳酸盐化等,银矿化与硅化、碳酸盐化关系密切,此外,大理岩化等接触热变质亦广泛发育。

4.2 找矿方向

根据以上总结的矿床地质特征及矿床成因,结合矿山的开采现状,笔者认为矿区应在以下三个方面开展找矿工作:

(1)找与1、6号主矿体相似赋矿层位的矿体。目前矿山开采的1、

6号主矿体均位于分水岭背斜的南西翼,背斜北东翼相应部位以往认为离石英闪长岩体较远,难以形成矿体。但实际上分水岭石英闪长岩体在-200m标高以下自28线附近沿 F_4 断层向北及北东侵入,23线北部钻孔已揭露到闪长玢岩脉,因此分水岭背斜北东翼与南西翼具备相似的地层、构造、热液等成矿地质条件,是矿山下步找矿的主攻方向(见图3中推测矿体)。

(2)找 S_{1g}/O_{3w} 界面附近的矿体。矿区 F_4 断层以东-200m标高以下石英闪长岩体向北部及北东方向突出侵入,岩体北部边界已延伸至汤山组顶部地层附近,此部位形成的含矿热液自岩体往奥陶系中、上统地层中扩散运移,人形山顶部的高家边组砂页岩地层像一床厚实的棉被盖在奥陶系地层上,使得由下往上运移的矿质在 S_{1g}/O_{3w} 界面附近富集成矿。因此,本区也具有寻找类似黄山岭式矿床的潜力。

(3)探索矿区深部奥陶系/寒武系界面的矿体。许桥矿区奥陶系地层中的金属硫化物矿化十分强烈,地表银铅锌矿化较常见,以往施工的钻孔90%以上均见矿体或矿化体,显示矿区矿化强度高且分布广,但区内所有银矿体厚度及规模均不大,未发现厚大矿体。目前矿床主要矿体赋存在仑山组上、下段界面,即白云岩与大理岩岩性不连续面附近,那么矿区深部仑山组下段白云岩与寒武系灰岩岩性不连续面之间是否存在厚大矿体值得进一步探索。

5 结论

(1)许桥银矿床围岩蚀变作用强烈,主要有硅化、碳酸盐化、矽卡岩化(石榴子石、透辉石、透闪石

等)、绿泥石化等,其中硅化、碳酸盐化与银矿化关系较为密切。

(2)许桥银矿床热液成矿作用可分为两个成矿期,即为热液期和表生期,热液期又可分为三个成矿阶段,即为早期的高温高盐度矽卡岩阶段、中低温中低盐度石英-硫化物阶段及晚期的低温低盐度碳酸盐-硫化物阶段;成矿物质主要来源于岩浆热液,地层贡献了部分矿质;成矿流体具早期以岩浆热液为主,晚期混有大气降水的流体演化特征;成矿温度以中低温为主,该矿床属中低温热液型银多金属矿床。

(3)可以从三个方面思考勘探的方向:寻找与1、6号主矿体相似赋矿层位的矿体,找 S_{1g}/O_{3w} 界面附近的矿体和探索矿区深部奥陶系/寒武系界面的矿体。

参考文献:

- [1]周余谔,张宜勇,苏其树.安徽铜山铜矿床地球化学特征及其成因[J].安徽地质,1996,6(2):54~68.
- [2]周余谔.安徽铜山铜矿床有关地质体中稀土元素特征及其地质意义[J].安徽地质,1997,7(2):51~58.
- [3]俞沧海.贵池铜山铜矿床成因探讨[J].地质与勘探,2001,37(2):12~16.
- [4]左胜平.安徽贵池铜山铜矿控矿因素及找矿建议[J].安徽地质,2001,11(1):35~53.
- [5]王勇.铜山铜矿 F_1 断裂带构造控矿特征分析[J].矿产与地质,2003,17(4):530~532.
- [6]董胜.安徽省贵池地区区域地球化学特征及找矿意义[J].物探与化探,2006,30(3):215~223.
- [7]孙亚力,张立明,张洪洲,刘青.安徽池州铜山铜矿深部找矿实践与启示[J].云南地质,2008,27(1):40~45.
- [8]谢桂青,屈文俊,侯可军,袁顺达,程言博,向君峰,杨宗喜.安徽铜山铜矿床的地质特征和辉钼矿Re-Os同位素年龄[J].矿物学报,2009(增刊):32~33.
- [9]宋国学,秦克章,李光明.长江中下游池州地区矽卡岩-斑岩型W-Mo矿床流体包裹体与H、O、S同位素研究[J].岩石学报,2010(9).
- [10]张智宇,杜杨松,张静,庞振山.安徽贵池

- 铜山岩体 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学与岩石地球化学特征研究[J].地质论评, 2011, 57(3): 366 ~ 378.
- [11] 张智宇, 杜杨松, 张静, 庞振山, 李大鹏, 贾鹏飞. 安徽贵池铜山矽卡岩型铜矿床蚀变矿化分带特征及其成因[J]. 矿床地质, 2010, (6).
- [12] Li H, Ling MX, Li CY, Zhang H, Ding X, Yang XY, Fan WM, Li YL and Sun WD. A-type granite belts of two chemical subgroups in central eastern China: Indication of ridge subduction[J]. Lithos, 2012, 105: 26 ~ 36.
- [13] 刘园园, 马昌前, 吕昭英, 黄卫平. 长江中下游贵池矿集区燕山期岩浆作用及其地质意义: 年代学、地球化学及 Sr-Na-Hf 同位素证据[J]. 岩石学报, 2012, 28(10): 3287 ~ 3305.
- [14] 万欣. 安徽省许桥银矿床地质地球化学特征及成因[J]. 安徽地质, 1996, (2).
- [15] Shimazaki H. Characteristics of skarn deposit and related acid magmatism in Japan[J]. Econ. Geol., 1980, 75: 173 ~ 183.
- [16] Shimazaki H and Yamamoto M. Sulfur isotopes of the A katani, Iide and Waga Sennin skarn deposits, and their bearing on mineralizations in the Green Tuff region, Japan[J]. Geochemical, 1980, 17: 197 ~ 207.
- [17] Shimazaki H and Sakai H. Regional variation of sulfur isotopic composition of skarn deposits in the western most part of the Inner Zone of Southwest Japan[J]. Mining Geology, 1984, 34: 419 ~ 424.
- [18] Einaudi M T, Meinert L D and Newberry R J. Skarn deposits[J]. Economic Geology 75th anniversary volume, 1981, 317 ~ 391.
- [19] Meinert L D. A review of skarns that contain gold[J]. Mineralogical Association of Canada Short Course Series 26, 1998, 359 ~ 414.
- [20] 陈雷, 秦克章, 李光明, 李金祥, 肖波, 江化寨, 赵俊兴, 范新, 江善元. 西藏冈底斯南缘努日铜钨钼矿床地质特征与地球化学及 Sr-Nd-Hf 同位素证据[J]. 矿产地质, 2012, 31(3): 471 ~ 437.
- [21] Meinert L D, Dipple G M and Nicolescu S. World skarn deposits[C]//In: Hedenquist J W, Thompson J F H, Goldfarb R J, Richards J P, eds. Economic Geology 100th Anniversary Volume. Society of Economic Geologists, 2005, 299 ~ 336.
- [22] 顾雪祥, 刘丽, 董树义, 等. 山东沂南金铜铁矿床中的液态不混溶作用与成矿: 流体包裹体和氢氧同位素证据[J]. 矿床地质, 2010, 29(1): 43 ~ 57.
- [24] 华东冶金地质勘查局 812 队. 安徽省池州市许桥银矿中间勘探地质报告[R]. 1995.
- [23] 张承帅. 福建马坑铁矿床地质与地球化学[D]. 中国地质大学(北京), 2012.

Geological features of the Xuqiao silver ore deposit and downward ore-prospecting direction in the ore district, Chizhou, Anhui

HAN Chang-sheng¹ ZHONG Guo-xiong²

(1. No. 812 Team of East China Metallurgical Bureau of Geology and Exploration, Tongling, Anhui 244008, China; 2. School of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009, China)

Abstract: The Xuqiao silver ore deposit is situated in the southeastern part of the Anqing-Guichi mining camp in the mid-lower Yangtze River reaches metallogenetic belt, with silver reserve up to a medium size, mineralization being hosted in watershed quartz diorite, mainly stratoid ore body occurring in the interlayer fractures of the Ordovician Lunshan Formation and Tangshan Formation. Ore minerals include pyrite, sphalerite, galena, tetrahedrite, chalcopyrite, argentite, natural silver, gangue minerals are quartz and carbonate minerals, ore fabrics are substantially euhedral-anhedral, metasomatic, sparsely disseminated and stockworked; wall rock alteration is dominated by silication, carbonatation, skarnization and chloritization. The deposit has two mineralization epochs: hydrothermal epoch and supergene epoch, and the former is further divided into three stages, i.e., skarn stage, quartz-sulfide stage and carbonate-sulfide stage; ore-forming fluid is predominantly magmatic hydrothermal fluid in the early period, and joined by precipitation later. Ore-forming material is mainly derived from magmatic hydrothermal fluid, with some contribution from strata. Ore formed at mid-low temperature (208 ~ 259°C) leading to a mid-low hydrothermal silver polymetallic deposit and giving clues for deep-seated ore prospecting in the ore district.

Keywords: Anqing-Guichi mining camp; Xuqiao silver ore deposit; ore deposit geological features; mi-low temperature hydrothermal ore deposit; ore prospecting direction