# 江西银山铅锌矿床成矿流体特征

# 乐小横,张志辉

(江西铜业公司银山铅锌矿,江西德兴 334201)

摘 要: 银山铅锌矿床产于前震旦系地层中,容矿围岩主要为千枚岩,矿体呈脉状受构造裂隙控制。流体包裹体及同位素研究表明金属元素及硫主要来自上地幔,流体主要是岩浆水。矿床属中低 温岩浆热液矿床,为燕山期成矿。

关键词: 银山铅锌矿; 流体包裹体; 同位素; 成矿流体特征; 江西 中图分类号: P618.4; P611 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2001)01-0028-04

### 1 矿区地质

矿区位于江南台隆与钱塘坳陷衔接部位,乐德 中生代火山盆地东北缘,赣东北深大断裂西北侧。

1.1 矿区地层

矿区内基底岩层是前震旦系双桥山群浅变质岩 系,在矿田出露厚度约2450m,同位素地质年龄为 1415Ma,由一套粗砂岩、粘土岩变质而成的绢云母 千枚岩及砂质千枚岩组成,中夹少量凝灰质千枚岩。 该地层富含Pb, Zn, Ag等,为成矿提供了部分物质 来源。

侏罗系上统鹅湖岭组由沉积砾岩、火山碎屑岩、 火山熔岩组成,不整合覆盖在双桥山群浅变质岩上, 厚100~200m。

白垩系下统石溪组为一套浅红色砾岩、砂岩及 页岩,厚约 100 m,与下伏鹅湖岭组呈角度不整合接 触。

第四系冲积物,厚20m左右。

1.2 矿区火山岩及次火山岩

矿区火山活动主要表现为喷发、喷溢和次火山 岩侵入,形成流纹质集块岩、火山角砾岩、英安质集 块岩、角砾凝灰岩、角闪流纹岩、英安质熔岩等火山 岩以及石英斑岩、英安斑岩、安山玢岩等次火山岩, 其分布见图 1。矿区火山岩及次火山岩均属于钙碱性 系列, Cu, Pb, Zn 元素的质量分数高出维氏值 1~8 倍。矿区火山及次火山作用为矿床的形成提供了热 动力及部分成矿物质。



图 1 银山矿田地质简图(据银山矿地测科) Fig. 1 Geological sketch of Yinshan ore field 1. 第四系 2. 白垩系红色砂岩 3. 侏罗系鹅湖岭组凝灰岩 4. 英安质火山碎屑岩 5. 流纹质熔岩 6. 千枚岩质砾岩; 7 变质岩系 8. 安山岩 9. 英安斑岩 10. 石英斑岩

11. 变质石英闪长岩 12. 角砾岩 13. 断层

收稿日期: 2000-06-09; 修订日期: 2001-01-29

作者简介:乐小横(1969-),男,江西东乡人,工程师,学士。1995年毕业于兰州大学地质系,主要从事矿床地质研究及矿山地质工作。

#### 1.3 矿区构造

矿区褶皱和断裂构造均很发育,轴向 NNE 的银 山复合断裂构造体系是矿田主要控矿构造。在其北 西翼发育着近 EW 向压扭性次级断裂及裂隙;南东 翼则发育着一系列 NE 向、NNE 向扭张性断裂, NW, NNW 向张扭性断裂构造也较发育,这些次级 构造控制了矿体的产状、形态及分布特征(图1)。

1.4 围岩蚀变

矿区围岩蚀变较强,且分布广泛。空间上各种蚀 变互有叠加,构成不明显的蚀变分带;内带为硅化、 绢云母化、黄铁矿化;中带以硅化、绢云母化为主,次 为绿泥石化、碳酸盐化;外带以碳酸盐化、绿泥石化 为主,次为硅化、绢云母化。围岩蚀变在垂直方向上 也具有分带性。成矿元素则呈现由外带向内带 Cu, Au, W, Bi 增加, Pb, Zn, Ag 减少的分带趋势。

# 2 矿体地质特征

#### 2.1 矿体产出特征

银山矿床以3号英安斑岩体为中心,共有6个 矿带,各矿带均由数条到数十条脉状矿体组成,并且 在空间上呈现由内到外的分带现象。矿脉严格受构 造裂隙控制,呈脉状、细脉浸染状产出,常有分支复 合、尖灭再现及弯曲现象。矿体受到 NE 向银山复合 构造带控制,并分布在该构造带两侧一定范围内。以 3号英安斑岩体为中心向西北和南东呈不对称分布, 由内到外依次发育有铜硫矿带、铜铅锌矿带、铅锌矿 带以及铅银矿带。矿体延长自几十米到1000多米不 等,延深 200~500 m,矿脉厚 1~10 m。同一矿体由 3号岩体往外,从上到下,Cu,Au 品位逐渐增高,Pb, Zn,Ag 品位则逐渐降低。

2.2 成矿阶段和矿物生成顺序

成矿过程可划分为 5 个阶段:①石英-黄铁矿阶 段:形成石英、黄铁矿和黄铜矿;②石英-黄铁矿-闪锌 矿阶段:形成铁闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、毒砂等矿 物;③硫砷铜矿-砷黝铜矿阶段:形成黄铁矿、黄铜 矿、硫砷铜矿、砷黝铜矿、黝铜矿;④方铅矿-闪锌矿 阶段:形成方铅矿、闪锌矿及少量黄铜矿、黝铜矿,此 外还形成较多的硫盐类矿物;⑤铅(银)碳酸盐阶段: 形成方铅矿、闪锌矿、少量辉银矿、自然银、深红银 矿、变胶状黄铁矿、菱铁矿、方解石及晚期石英脉等。 2.3 主要矿石矿物

(1) 黄铁矿: 黄铁矿是矿石中的主要共生矿物,

可分为 5 类:①沉积变质形成的黄铁矿,它们在千枚 岩中呈变斑晶和扁豆状集合体,粒径 0.6~0.7 mm, ②早期蚀变阶段形成的黄铁矿,呈浸染细脉散布在 蚀变岩中,粒径 0.08~3 mm;③与黄铜矿共生形成 铜矿石,呈五角十二面体或立方体,粒径 0.1~0.6 mm;④与闪锌矿共生,粒径 0.07~0.4 mm;⑤胶状 黄铁矿。其中变质成因黄铁矿w(Co)/w(Ni) < 1,金 银含量低,而硒碲含量高;热液成因的黄铁矿w(Co)/w(Ni) > 1,金银含量高而硒碲含量低。

(2) 闪锌矿: 闪锌矿是矿床主要有用金属矿物, 有 3 类: ①与黄铁矿、石英等共生, 呈黑—黑褐色, 半 自形细粒集合体, 在镜下可见细小的立方四面体聚 形或连晶, 粒径 0.05~2 mm, 含铁系数 0.1; ②与方 铅矿、硫锑盐矿物等共生, 呈褐—棕褐色, 他形细粒 集合体, 粒径 0.09~0.6 mm, 含铁系数 0.05; ③与 方铅矿、胶状黄铁矿等共生, 呈浅褐色, 他形细粒集 合体, 粒径 0.005~0.08 mm, 含铁系数 0.02。矿区 内闪锌矿含铟高, 而含锗低, 早期闪锌矿含铁和镉 高, 而晚期则含铁和镉低。

(3)方铅矿:方铅矿在矿区内主要有2类:①与 硫盐矿物共生呈细粒自形—半自形集合体,粒径 0.08~0.3 mm,经后期热液作用可重结晶呈粗粒自 形晶集合体,粒径1~3 mm,最大可达5~8 mm;② 与胶状黄铁矿共生,呈细粒、半自形晶集合体,粒径 0.01~0.1 mm,局部可达0.3~0.5 mm。细粒方铅 矿以含银高为特点,中粗粒方铅矿含银则稍低。

(4) 黄铜矿:黄铜矿在矿床中主要有两类:①与闪锌矿共生呈他形晶集合体,粒径 0.05~0.3 mm,
②与黄铁矿共生,呈他形晶集合体,粒径 0.03~0.2 mm,是第二成矿期主要含铜矿物。

(5)含砷铜矿物:含砷铜矿物主要包括砷黝铜矿 和硫砷铜矿,黝铜矿充填交代黄铜矿和黄铁矿现象 十分普遍,在交代强烈地段,砷黝铜矿不仅含量高而 且粒度粗、质地纯,其中常见有细粒黄铜矿包体;砷 黝铜矿含量少于黝铜矿且分布较为局限,与黄铜矿 嵌布关系密切,多呈不规则粒状集合体产出,颗粒相 对较粗。

# 3 成矿流体属性

#### 3.1 流体包裹体类型和成分

本矿床流体包裹体有4种类型:(1)纯液体包裹 体,面状、线状分布,直径多在3 µm 以下,少数为5~ 10  $\mu$ m, 呈星点状、负晶形、椭圆形及不规则形等, 不 同成矿阶段均有分布; (2) 气体包裹体, 面状分布, 多 在 3  $\mu$ m 左右, 椭圆形、不规则, 常见于早期矿化阶 段; (3) 含CO<sub>2</sub> 气体包裹体, 个体< 3  $\mu$ m 的椭圆形和 负晶形, 只在早期石英包裹体中出现; (4) 多相包裹 体, 个体> 10  $\mu$ m 的不规则负晶形为主, 子矿物为金 属离子及 NaCl 晶体, 在岩体和矿化带中常见。包裹 体成分见表 1。成矿流体以富 H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sup>2-</sup> 为特征。采用溶解法及冷冻法计算 相应的盐度。w (NaCl) 平均值为 25%, 成矿溶液属中 等盐度的流体。

表1 银山矿石英包裹体气液成分

Table 1 Gases and liquid constituents of inclulsions in the Yinshan deposit  $w \not v 10^{-9}$ 

样号		液	相		成	分			气 相	成分	
	K+	$\mathrm{Na^{+}}$	Ca <sup>2+</sup>	${\rm M~g^{2+}}$	F-	C l⁻	SO <sup>2-</sup>	CO 2	CH4	H2	H2O
¥4	7924	4328	17823	8217	3069	5833	3675	76485	519	462	366098
Υ5	痕	3309	30068	6441	痕	3094	8114	109817	939	1154	826582
Y	痕	2246	4711	383	2021	7066	2471	78443	315	233	891524
Y 139	285	1965	3759	4385	痕	3662	2900	81696	349	60	845959
Y 133	2381	2572	4763	191	1629	2286	3172	89633	343	438	882039

测试单位: 中南工业大学地质研究所

#### 3.2 成矿流体的温度和压力

对各阶段石英及矿物气液包裹体做均一法测温 (叶庆同等)结果,第一成矿阶段为425~250;第二 成矿阶段为360~200;第三成矿阶段为370~ 190;第四成矿阶段为282~168;第五成矿阶段 为239~131。经历了由高—中—低温阶段,但主要 矿化温度在300~200之间,流体属中温到中低温 热液范畴。

通过对包裹体进行测试,并通过热力学平衡计 算法计算,求得矿床成矿压力为 205×10<sup>5</sup>~265× 10<sup>5</sup> Pa,根据经验公式求得矿床成矿深度在 500~ 1 000 m 之间,属浅成热液矿床。

3.3 成矿流体 pH 值和 Eh 值

采用包裹体稀释后直接测定 pH 值= 4~6, 属弱酸性 流体, 采用 氧化-还 原平衡法 求得 Eh 值= - 0.85~- 1.87, 表明各成矿阶段均具有弱还原性, 且从早到晚随着温度的下降还原性增强。

3.4 成矿流体的来源

经过分析测定,银山矿区次火山岩体中石英的 $\delta$ (<sup>18</sup>O) = 8.4 × 10<sup>-3</sup> ~ 9.17 × 10<sup>-3</sup>,平均 = 8.48 × 10<sup>-3</sup>,极差= 0.77 × 10<sup>-3</sup>。流体包裹体的 $\delta$ (D) = -57 × 10<sup>-3</sup> ~ -78.9 × 10<sup>-3</sup>,平均 = -60.7 × 10<sup>-3</sup>,极差 = 21.2 × 10<sup>-3</sup>。为了探讨成矿流体的 $\delta$ <sup>18</sup>O<sub>H20</sub>)值,根 据石英-水同位素平衡方程得到早期成矿流体氧同 位素组成为 10.5 × 10<sup>-3</sup> ~ 4.58 × 10<sup>-3</sup>,平均 8.6 × 10<sup>-3</sup>、晚期成矿流体氧同位素组成为 11.52 × 10<sup>-3</sup> ~ 4. 51 × 10<sup>-3</sup>, 平均 8. 02 × 10<sup>-3</sup>。将成矿流体  $\delta$ (<sup>18</sup>O<sub>H2</sub>0) 和  $\delta$  D) 投影到图 2, 矿区热液区间大部分在岩浆水 范围内, 少部分向雨水线偏移; 流体的 C 同位素变化 范围为-3. 17 × 10<sup>-3</sup> ~ - 6. 38 × 10<sup>-3</sup>, 平均值为-4. 77 × 10<sup>-3</sup>, 也落在岩浆水的范围内, 说明成矿热液 主要来源于岩浆水, 并有部分天水及变质水的加入。 **3. 5** 成矿金属和硫的来源

(1)稀土元素特征: 对矿区石英斑岩、英安斑岩、 千枚岩及蚀变千枚岩的稀土元素分析表明,石英斑 岩的  $w(\Sigma REE) = 148.10 \times 10^{-6}, w(LREE)/w$ (HREE) = 6.22;英安斑岩的  $w(\Sigma REE) = 215.48 \times 10^{-6}, w(LREE)/w(HREE) = 8.97; 千枚岩中的 <math>w$ ( $\Sigma REE$ ) = 179.79 × 10<sup>-6</sup>, w(LREE)/w(HREE) = 2.3; 蚀变千枚岩的  $w(\Sigma REE) = 154.85 \times 10^{-6}, w$ (LREE)/w(HREE) = 3.15。稀土总量除英安斑岩较 高外,其余均相差不大。图 3 是石英斑岩、英安斑岩、 千枚岩及蚀变千枚岩的球粒陨石标准化配分曲线, 呈富轻稀土右倾斜,曲线之间基本平行,说明稀土来 源具有同源性。从稀土总量看,蚀变千枚岩明显低于 千枚岩,而英安斑岩则明显大于千枚岩,因而推测矿 石中成矿元素的来源与英安斑岩具有密切关系。

(2) 硫的来源: 对矿石中 57 个不同阶段黄铁矿 的硫同位素测定结果,  $\delta({}^{34}S) = -0.6 \times 10^{-3} \sim$ + 2.99 × 10<sup>-3</sup>, 平均+ 1.54 × 10<sup>-3</sup>, 极差= 0.59 × 10<sup>-3</sup>,  $\delta({}^{34}S)$  变化窄, 呈塔式分布, 矿石中硫同位素属  $\delta({}^{34}S)$ 型。围岩中黄铁矿  $\delta({}^{34}S) = -1.45 \times 10^{-3}$ , 矿 石中相对较多的 $\delta({}^{34}S)$ 是受到幔源物质的控制,但 受到地壳物质的污染,在成矿过程中, $\delta({}^{34}S)$ 进一步 扩散。



图 2 银山矿石英氢氧同位素组成

Fig. 2 Hydrogen and Oxygen isotopic composition of ore fluids in Yinshan deposit



图 3 稀土元素分布模式

Fig. 3REE patterns of the Yinshan deposit1.千枚岩2. 蚀变千枚岩3.石英斑岩4. 英安斑岩

#### 3.6 金属元素迁移和沉淀成矿

岩浆在由深部侵入到地表浅部过程中,由于交 代重熔作用,围岩中的铅、锌、金、银等金属元素向热 中心转移进入成矿热液, 流体包裹体成分揭示成矿 热液为富 Cl<sup>-</sup>, SO<sup>2-</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> 的弱酸性溶液, 当温度 > 400 时, 成矿元素主要与热液中的 Cl<sup>-</sup>, HS<sup>-</sup> 等离 子形成各种络合物迁移。由于流体在迁移过程中淋 滤了围岩中的部分成矿元素, 改造了围岩, 使围岩产 生了面型蚀变。成矿硫体在运移到近地表时, 由于 pH 值的增加, 温度、压力的下降, 引起络合物稳定性 下降而解体, 形成各种硫化物沉淀富集在围岩裂隙 中。

## 4 结语

综上所述,银山铅锌矿的成矿流体是岩浆水和 部分天水的混合热液,成矿金属元素和硫来自地幔 及深部地壳,同时也混入了部分围岩中的成矿物质 及硫。燕山晚期岩浆活动是成矿热液动力来源。矿床 是产于区域浅变质岩系中与中酸性次火山岩侵入活 动有关的中低温热液多金属矿床。岩浆活动-次火山 岩-围岩蚀变分带-有利构造是成矿的必要条件。

#### 参考文献:

- [1] G. 福尔. 同位素地质学原理(潘曙兰译)[M]. 北京: 科学出版 社, 1983. 156-177.
- [2] 卢焕章, 李秉伦, 沈昆. 包裹体地球化学[M]. 北京: 地质出版 社, 1990. 153–159.
- [3] 袁见齐,朱上庆,翟裕生.矿床学[M].北京:地质出版社,1985. 72-102.
- [4] 陈毓川,朱裕生.中国矿床成矿模式[M].北京:地质出版社, 1993.120-123.
- [5] 卢焕章,池国祥,王中刚.典型金属矿床成因及构造分析[M]. 北京:地质出版社,1995.189-257.
- [6] 乐小横, 徐旭荣, 郝青振. 江西银山 矿区次火山岩岩石地球化学 特征及形成大地构造环境[J]. 大地构造与成矿学, 2000, 24 (4): 385-389.

(下转第51页)

# EXERTING SUPERORITY OF YUNNAN PROVINCES'S MINERAL RESOURCE AND STRENGTHENING BASE OF Pb, Zn INDUSTRY OF THE PROVINCE

#### HUANG Zhong-quan

(Commission of Yunnan Provincial Mineral Resource Administration, Kunming 650041, China)

**Abstract**: Yunnan Province is superior in Pb, Zn mineral resource and at the leading position of the reserves in China. However, Pb, Zn mines in the province are in weak base with out-dated equipments and backward mining, beneficiation and metallurgical technology. And the development is in lower degree and the mineral resource is being heavily wasted. In the future the provincial Pb, Zn industry should be reasonably distributed and the products should be adjusted and relies on scientific and technical advances. The industrial management and base must be strengthened.

Key words: Pb, Zn mineral resource and the development; Yunnan

(上接第31页)

# GEOLOGY AND ORE—FORMING FLUID TYPYS OF THE YINSHAN COPPER—LEAD—ZINC DEPOSIT, JIANGXI

#### LE Xiao-heng, ZHANG Zhi-hui

(Jiangxi copper company Yinshan Lead&Zinc mine, Dexing 334201, China)

**Abstract:** Yinshan lead-zinc deposit lies in the Presinian strata. The ore-bodies occur in phyllite, are controlled by fault. Fluid inclusion and isolope studies show that the ore-forming metals and sulfur came mainly from the mamtle, fluids were mixtures of mantle water and meteoric water. The ore deposit is a mediumlow temperature deposit formed in the Yanshanian epoch.

Key words: Yinshan Pb, Zn deposit; fluid inclusion; isotope; ore-forming fluid; Jiangxi