

永平铜矿成矿流体特征研究

田京辉, 倪培, 范建国

(南京大学 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 南京大学 地球科学系, 江苏 南京 210093)

摘要: 江西永平铜矿床产于萍乡—乐平断裂拗陷带中, 受中石炭统叶家湾组砂页岩和灰岩地层控制。流体包裹体和硫、铅同位素数据表明, 成矿流体主体为海水, 并可能有部分深源流体加入, 盐度 $w(\text{NaCl})_{\text{eq}} = 1.5\% \sim 5\%$ 。成矿作用可以分为3个阶段: 在 $220 \sim 350^\circ\text{C}$ 阶段形成层状矿体; 在 $280 \sim 360^\circ\text{C}$ 阶段形成脉状矿体; 在 $180 \sim 300^\circ\text{C}$ 阶段形成后期混合岩中的硫化物—石英脉。是一个类似于黑矿型和塞浦路斯型的华南型喷流沉积块状硫化物矿床。

关键词: 成矿流体; 流体包裹体; 永平铜矿; 江西

中图分类号: P618.41; P611 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2001)01-0024-04

永平铜矿位于广丰—东乡—萍乡近EW向深大断裂带南侧, 武夷山隆起与信江拗陷带的接壤地带, 属饶南多金属成矿带的主要区段, 是一个以铜硫为主, 伴有钨、银、铅、锌、钼的大型多金属矿床。对于该矿床的成因问题, 前人已经有过较多的研究, 并提出了很多种不同的成因认识^[1-4], 本文从流体包裹体的角度对该矿床的成矿流体进行了研究。

1 矿床地质特征

永平铜矿产于萍乡—乐平断裂拗陷带中, 矿区内地层较为简单, 基底为震旦系的碎屑岩—火山碎屑岩系。受加里东运动的影响, 该套地层变质为绿片岩相—角闪岩相, 后因海西—印支运动的作用, 发生混合岩化, 形成广布矿区、面积达 130 km^2 的混合岩(周潭群)。盖层包括中石炭统叶家湾组、上石炭统船山组—下二叠统茅口组, 下二叠统李家组(见图1)。叶家湾组在矿区内最发育, 是一套以浅海相为主的灰岩、泥灰岩、条带状灰岩夹砂岩、页岩的碳酸盐岩建造, 因其良好的岩性储盖组合关系而成为矿区的主要储矿层。在该组地层内可以见到大量的喷流沉积岩, 主要有硅质岩、碧玉岩、碳硅页岩、铁锰碳酸盐岩、层状似夕卡岩和钠质岩, 它们均处于中酸性火山岩(熔岩、凝灰岩)上部, 呈互层状产出。

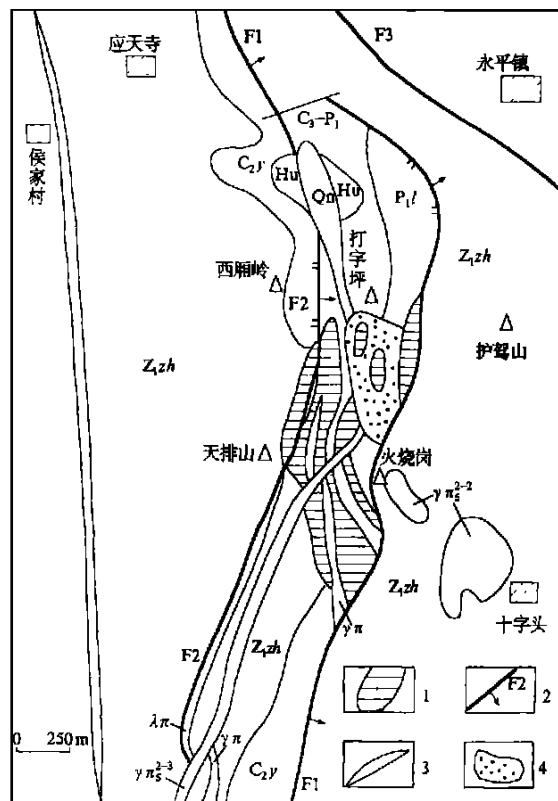


图1 永平铜矿地质图

Fig. 1 Geological map of Yongping copper deposit
P₁l. 下二叠统李家组 C₃-P₁. 上石炭统船山组—下二叠统茅口组
C_{2y}. 中石炭统叶家湾组 Z_{1zh}. 下震旦统周潭群 •π₅^{2,2}. 花岗斑岩
π₅²⁻³. 花岗斑岩 λπ. 石英斑岩 Hu. 含铅黑土 1. 矿体及铁帽 2. 断裂及编号 3. 倒转背斜 4. 堆积体

收稿日期: 2000-06-28; 修订日期: 2000-12-18;

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 49133130, 49702023)资助。

作者简介: 田京辉(1976-), 男, 山东莱阳人, 南京大学地球科学系99级硕士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。

永平矿区的原生矿体可分为两类, 一类为层状、似层状矿体, 与叶家湾组地层整合产出。矿物粒度极细, 多 $< 0.5\text{ mm}$, 分布均匀, 相互间无明显交代现象。层纹宽度多 $< 1\text{ mm}$, 较宽的也不超过 3 mm 。矿物严格顺层理分布, 少数矿物表现出斜层理矿石构造。虽然受到过后期变形构造的破坏, 但硫化物层与层理表现为同步褶曲。含矿层自下而上大体上表现出中酸性火山岩 $\rightarrow$ 碳硅页岩 $\rightarrow$ 硅质岩 $\rightarrow$ 碧玉岩 $\rightarrow$ 不纯灰岩的变化趋势, 矿石矿物相应地表现为下部以黄铜矿、黄铁矿、金为主, 上部以方铅矿、闪锌矿、银为主, 最上部为重晶石、硬石膏的变化趋势。

第二类为脉状矿体, 这些矿体多呈脉状、网脉状构造产于下部混合岩中。由脉状、网脉状的石英(方解石)-硫化物脉组成, 脉宽大小不一, 变化于 $5\sim 0.5\text{ cm}$ 之间, 相互间存在穿插关系。

2 流体包裹体特征

对该矿床层状、脉状矿体和混合岩中与金属硫化物伴生的石英(脉)磨制了两面抛光薄片用于流体包裹体研究。在室内岩相学研究的基础上, 对流体包裹体做了温度-盐度测定分析(见表 1)。测试工作在英国产 LINKAM THMS600 型冷-热两用台上进行, 分析精度为: $+ 0.2^{\circ}\text{C}$, $< 30.0^{\circ}\text{C}$; $+ 5^{\circ}\text{C}$, $< 300^{\circ}\text{C}$; $+ 8^{\circ}\text{C}$, $< 400^{\circ}\text{C}$ 。

表 1 永平铜矿流体包裹体数据
Table 1 Fluid inclusion data of Yongping copper deposit

样品类型	大小 (μm)	气/液 (%)	盐度($w(\text{NaCl})_{\text{eq}}$ / %)	均一温度 ($^{\circ}\text{C}$)
层状矿体中的石英	4~10	15~30	1~4.7	186~375
脉状矿体中的石英脉	6~15	15~40	0.3~41	170~386
混合岩中的硫化物 石英脉	5~15	10~25	2.5~5.4	144~311

通过显微镜下观察可以看出, 石英中的流体包裹体大多为无色气液两相包裹体, 其中脉状矿体石英脉中出现含子晶的三相包裹体。包裹体大小变化于 $6\sim 15\text{ }\mu\text{m}$, $Q(\text{气})/Q(\text{液})$ 介于 $10\sim 40$, 形态有负晶型、矩形、椭圆型、不规则状等。由表 1 中的数据可以看出, 层状矿体中流体包裹体的气/液比总体稍小(个别除外), 均一温度变化范围较大, 主要集中在

$220\sim 350^{\circ}\text{C}$ 之间; 脉状矿体石英中包裹体的气/液比较大, 均一温度相对较高, 多集中在 $280\sim 360^{\circ}\text{C}$ 之间; 后期混合岩硫化物石英脉中包裹体的气/液比较大, 均一温度较低, 主要集中在 $180\sim 300^{\circ}\text{C}$ 之间(图 2)。层状矿体与硫化物石英脉的流体包裹体盐度范围较为一致, $w(\text{NaCl})_{\text{eq}}$ 大多变化于 $1.5\%\sim 5\%$ 之间, 并且集中在 $2.5\%\sim 4.5\%$ 范围内(图 2), 接近或稍高于正常海水盐度, 但脉状矿体盐度变化很大, 出现许多盐度较高的包裹体, 其原因可能是沸腾作用的影响。根据脉状矿体石英脉中子矿物的形态及光学特征, 可初步确定为石盐子矿物, 有时还可见含有另一金属矿物子矿物, 推测为黄铜矿或黄铁矿, 详细定名尚待进一步工作后确定。

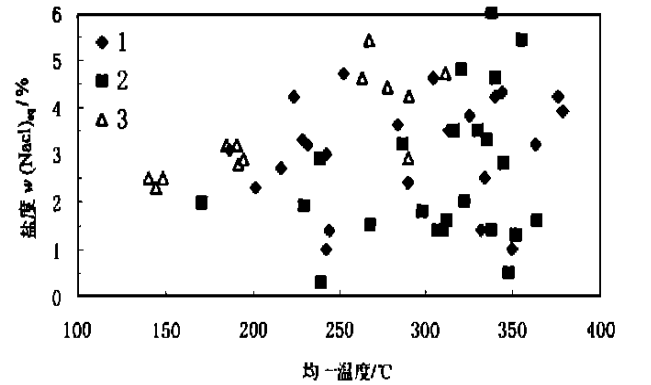


图 2 永平铜矿均一温度-盐度图
Fig. 2 Homogenization temperature-salinity plot of Yongping copper deposit
(未列脉状矿体中的高盐度数据)

3 成矿流体的特征及讨论

Visut and Hiroshi Ohmoto^[5]在研究日本 Hokuroku 地区的黑矿型块状硫化物矿床时得出如下结论: 在 $t = 220\sim 330^{\circ}\text{C}$ 热液活动性增强的阶段形成黑色矿石矿物(闪锌矿、方铅矿、黄铁矿和少量的重晶石、石英), 在 $t = (330 \pm 50)^{\circ}\text{C}$ 热液活动性最大时形成黄色矿石矿物(黄铜矿和石英), 在温度下降到 $(260 \pm 50)^{\circ}\text{C}$ 时形成少量黄铜矿矿化。尽管温度发生变化, 形成矿床的流体的盐度 $w(\text{NaCl})_{\text{eq}}$ 基本保持在 $3.5\%\sim 6\%$, 偶尔出现盐度 $w(\text{NaCl})_{\text{eq}} = 8\%$ 的情况。

Spooner^[6]指出: 塞浦路斯蛇绿岩网脉中与硫化物共生的石英中的流体包裹体是简单的两相包裹体(气相+液相), 可见到纤维状子矿物, 但很难见到沸

腾证据。流体包裹体的均一温度范围为 278~355℃, 盐度 $w(\text{NaCl})_{\text{eq}} = 2.7\% \sim 4\%$ 。

永平铜矿成矿作用大致可以分为 3 个阶段: (1) 在 220~350℃ 阶段形成层状矿体; (2) 在 280~360℃ 阶段形成脉状矿体; (3) 在 180~300℃ 阶段形成后期的硫化物石英脉。成矿流体的盐度稍高于正常海水盐度。这些现象说明永平铜矿与黑矿型矿床及塞浦路斯型矿床在成因上有着相似性。是一典型的海底喷流沉积形成的块状硫化物型铜矿床。永平铜矿中脉状矿体的均一温度较层状铜矿体稍高, 可能反映了在层状矿体形成时, 成矿热液与海水发生了少量混合。脉状矿体石英脉包裹体中高盐度的流体存在, 表明永平铜矿的形成过程中可能曾经历了热液的沸腾作用。后期混合岩中的硫化物—石英脉可能是在热液活动晚期温度降低时形成的。

与上述两类矿床相比, 永平铜矿又存在特殊性。铜矿中 W 元素的质量分数很高, 其储量已达到大型规模, 而日本黑矿和塞浦路斯型矿床中却很少有钨矿伴生。说明永平铜矿与黑矿型及塞浦路斯型矿床的成矿背景是不同的, 因为 W 是典型的亲石元素。在壳幔分异过程中趋向于大陆地壳中富集^[7], 当成矿溶液在深部穿过较成熟的大陆地壳时可使其中的 W 活化转移。华南断裂拗陷带基底震旦—寒武系地层含 W 较高, 这些地层所提供的 W 受成矿溶液携带后可同硫化物一起在水盆地中沉淀。这说明了永平铜矿是形成于大陆地壳背景上的块状硫化物矿床, 因此, 顾连兴^[8]和徐克勤等人^[9]将其命名为华南型块状硫化物矿床。

另外, 永平铜矿的硫、铅同位素数据也进一步表明了其成矿作用与基底岩层有很大的联系:

(1) 矿体 $w(^{32}\text{S})/w(^{34}\text{S})$ 平均值在 22.139~22.145 之间(赣东北队, 1986), 与标准陨硫接近, 说明矿体的硫主要来自上地幔或地壳深部。矿体硫同位素组成 $\delta(^{34}\text{S})$ 变化范围为 $+0.4 \times 10^{-3} \sim +4.3 \times 10^{-3}$, 平均为 $+2.74 \times 10^{-3}$, 与主要围岩(叶家湾组)的 $\delta(^{34}\text{S})$ 值($-19.4 \times 10^{-3} \sim +8.4 \times 10^{-3}$) 明显不同, 而与矿区内的混合岩(周潭群)接近($+0.3 \times 10^{-3} \sim +4.5 \times 10^{-3}$), 揭示矿体硫并非主要来自叶家湾组围岩。硫同位素组成表明其不仅可能具有深源特征, 而且与基底地层之间存在一定联系。

(2) 根据矿区 24 个矿样的铅同位素分析结果(据任建国^[3]), $w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) = 17.494 \sim 18.239$, $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) = 15.387 \sim 15.751$, $w(^{208}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) = 37.595 \sim 39.159$ 。在 $w(^{207}\text{Pb})/w$

($^{204}\text{Pb}) - w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 图解上(图 3), 大部分数据点落在岛弧铅范围内, 少量数据点落于玄武岩铅范围, 二者都属于岩浆岩铅, 表明成矿金属来源与深部火成活动关系较密切。

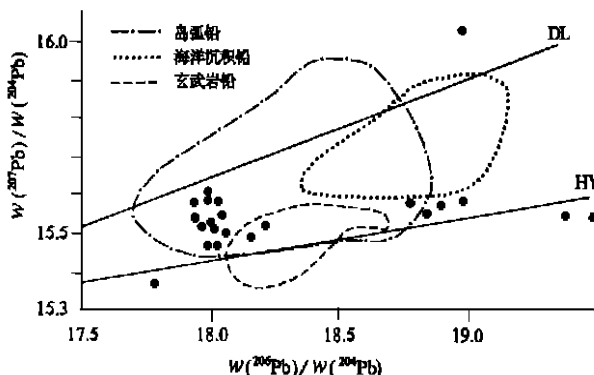


图 3 永平铜矿 $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) - w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 图解

Fig. 3 Diagram of $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) - w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ of Yongping copper deposit

永平铜矿层状矿体和后期混合岩硫化物—石英脉成矿流体的盐度 $w(\text{NaCl})_{\text{eq}}$ 主要在 2.5%~4.5% 之间, 脉状矿体成矿流体由于沸腾作用的发生, 盐度变化较大, 并出现有很多高盐度值, 但大多都在 1.5%~5% 之间, 它们都表现出接近并稍高于正常海水盐度的特征, 说明永平铜矿成矿流体的主体是海水, 并有可能有其他流体的加入, 根据硫、铅同位素的数据, 可以认为该流体来源于深部的火成活动。

4 结论

通过上面的阐述和类比, 可以得出以下结论:

(1) 永平铜矿是由海底喷流沉积形成的块状硫化物型铜矿床, 它产出的构造背景为大陆地壳内的断裂拗陷带。与黑矿型和塞浦路斯型块状硫化物矿床既有一定相似性, 又存在差异。

(2) 永平铜矿成矿流体的主体是海水, 可能有少量深源流体加入。成矿物质来源也可能由两方面构成, 即深源矿质和海水对流循环淋滤出的部分基底岩系中的矿质。

(3) 永平铜矿成矿作用大致可以分为 3 个阶段: 在 220~350℃ 阶段形成层状矿体; 在 280~360℃ 阶段形成脉状矿体; 在 180~300℃ 阶段形成后期的矿

化物石英脉。

参考文献:

[1] 刘迅, 黄震. 江西永平铜矿田构造地球化学[J]. 地质论评, 1992, 38(4): 302-310.

[2] 何江. 江西永平铜矿床地球化学研究[J]. 地质与勘探, 1993, 29(8): 8-12.

[3] 任建国. 永平矿床成因的新认识[J]. 矿山地质, 1993, 14(2): 93-98.

[4] 刘继顺. 江西永平铜矿成因新认识[J]. 矿床地质, 1998, 17(增刊): 641-646.

[5] Visut Pisutha-Arnond and Hiroshi Ohmoto: Thermal history, and chemical and isotopic composiions of the ore-forming fluids responsible fir the Kuroko massive sulfide deposits in the Hokuroku distric of Japan[J]. Economic Geology, 1983, 256: 523-558.

[6] Spooner E T C, Bray C J. Hydrothermal fluids of seawater salinity in ophiolite sulphide ore deposits Cyprus[J]. Nature, 1977, 266: 808-812.

[7] 徐克勤. 华南两个成因系列花岗岩类及其成矿特征[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1982, (1): 1-10.

[8] 顾连兴. 论华南大陆地壳断裂拗陷带型块状硫化物矿床[D]. 南京: 南京大学地球科学系, 1984.

[9] 徐克勤, 王鹤年, 周建平, 等. 论华南喷流-沉积块状硫化物矿床[J]. 高校地质学报, 1996, 2(3): 241-255.

ORE-FORMING FLUID CHARACTERISTICS RESEARCH OF YONGPING COPPER DEPOSIT

TIAN Jing-hui, NI Pei, FAN Jian-guo

(State Key Lab for Mineral Deposits Research, Nanjing Univirsity, Earth Science
Department of Nanjing Univirsity, Nanjing 210093, China)

Abstract: Yongping copper deposit, Jiangxi province, occurs in the Yejiawan Formation (middle-Carboniferous period) . It is controlled by Pingxiang-Leping fault depression. The ore-forming fluid is composed mostly of sea-water with possibly a few amount of deep derived fluid and salinities mostly range fromt 1.5 to 5 eq. wt. %NaCl. The metallogenesis can be divided into three stages: formation of stratified deposit at 220~350℃; formation of veined deposit at 280~360℃; formation of sulfide-quartz stockwork at 180~300℃. It is a Sedex-type massive sulphide deopsit similar to Kuruko-type and Cyprus-type.

Key words: ore-forming fluid; fluid inclusion; Yongping copper deposit; Jiangxi

(上接第 6 页)

GENETIC STUTY OF IRON DEPOSITS IN MINYUE AREA

LI Hong-chen

(Tianjin Geological A cadeny, Tianjin 300061, China)

Abstract: There are three genetic types of iron ore deposits in Minyue area, ie. Sedex, skarnized sedex and leached sedex types. The author establishes micro and macro marks of the iron ore deposits and develops new philosophies of exploration for such deposits.

Key words: iron deposit; genetic type; ore-forming process; Minyue area