

浏阳七宝山铜多金属矿床流体包裹体特征及成矿意义

杨中宝, 彭省临, 胡祥昭, 李朝艳

(中南大学 地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083)

[摘要] 从不同标高、不同矿化带的流体包裹体研究入手, 系统地论述了七宝山铜多金属矿床成矿流体的性质、演化过程及其与成矿的关系。黄铁矿爆裂测温表明: 成矿流体温度变化在平面上以岩体为中心向四周依次为 $291^{\circ}\text{C} \sim 287^{\circ}\text{C} \sim 279^{\circ}\text{C}$, 在剖面上由下往上依次为 $312^{\circ}\text{C} \sim 286^{\circ}\text{C} \sim 228^{\circ}\text{C}$ 。成矿流体成分主要为 H_2O , 其次为 CO_2 , H^+ 浓度由早期到后期呈递减趋势, 表明成矿热液由酸性—弱碱性演化, 同时反映了矿床由高温到中低温的形成过程。

[关键词] 成矿流体; 包裹体; 盐度; 矿化度; 七宝山; 湖南浏阳

[中图分类号] P612 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2004)02-0011-05

[作者简介] 杨中宝(1972—), 男, 云南镇雄人, 工程师, 博士, 现从事地理信息系统与成矿预测研究。

1 矿区地质特征

七宝山铜多金属矿床是湘东北地区首次发现的大型硫铜矿床, 位于江南古陆南缘, 岩石圈厚度达 200 km, 属湘东幔隆区。

矿区出露地层主要有前震旦系冷家溪群、震旦系莲沱组、下石炭统大唐阶、中上石炭统壶天群及第四系。

矿区构造复杂, 东西向永和—横山向斜和横贯矿区的横山—古港大断裂为矿区的构造主线。该向斜北翼正常, 倾角 30° 左右, 南翼倒转, 倾角 60° 左右, 轴向近东西, 核部地层为中上石炭统壶天群灰岩, 两翼分别为前震旦系地层。横山—古港断裂从矿区中南部通过, 走向东西, 倾向西南, 是一多期活动的区域性大断裂。此外, 由后期构造运动产生的北北东向及北西向断裂均较发育。

矿区出露的岩浆岩为花岗斑岩, 主要出露于矿区中部, 岩体出露面积约 0.3 km^2 , 呈岩株产出, 磷灰岩 U-Pb 年龄为 227 Ma (1996, 沈瑞锦等), 铅同位素 Holmes-Houtermans 模式年龄为 250 Ma (1999, 胡祥昭)。

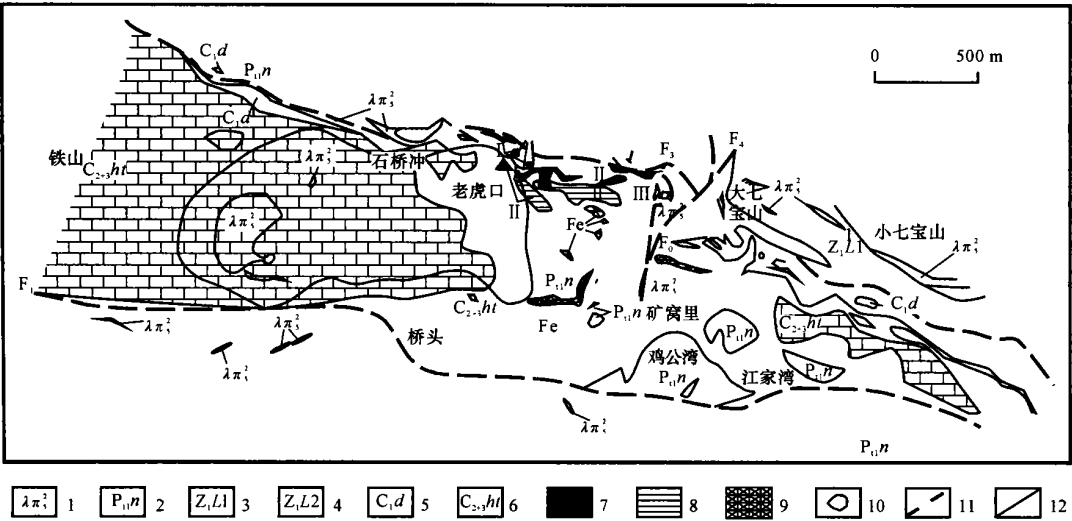
岩体在地表略呈椭圆形, 剖面上为一蘑菇状, 形态复杂, 与围岩为明显地侵入接触关系。

七宝山铜多金属矿床由 200 多个矿体组成, 其中大部分为隐伏矿体。矿体均以岩体为中心在平面上呈椭圆展布, 主要分布在大七宝山矿段、小七宝山矿段、老虎口矿段、鸡公湾矿段和江家湾矿段 (图 1)。

矿体成因类型可分为热液充填型、接触交代矽卡岩型和风化残余型, 其中, 热液充填成因类型矿床主要产于壶天群碳酸盐岩与板溪群板岩之间的不整合面上, 呈层状、似层状, 有时呈囊状产出。接触交代矽卡岩型矿床主要产于侵入岩体与中上石炭统壶天群 ($\text{C}_{2+3} \text{ ht}$) 碳酸盐岩接触带上, 矿体产状多变, 厚度变化受接触带产状或灰岩舌状残留体形态的控制。风化残余型矿床是深部硫化矿体在地表或近地表的延伸部分遭受风化剥蚀氧化淋滤作用后使金属元素再次富集而形成, 主要呈楔状, 产出于第四系堆积物与板溪群或者花岗斑岩的接触部位, 在局部地段呈舒缓的层状、似层状产出。

矿石成分复杂, 有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、磁铁矿、自然金、自然银等金属矿物和石英、绢云母、透辉石、石榴子石等脉石矿物。

根据野外观察及镜下鉴定, 结合包裹体测温等资料分析, 本区铜多金属矿床成矿过程经历了多阶段的热液成矿活动, 其成矿过程可分为矽卡岩成矿



1— 燕山期花岗斑岩; 2— 前震旦系板溪群千枚岩; 3、4— 震旦系莲沱组板岩; 5— 下石炭统大唐阶组石英砂砾岩; 6— 中上石炭统碳酸盐岩; 7— 矿体; 8— 深部矿体投影; 9— 铁帽; 10— 地层边界线; 11— 断层; 12— 铁锰土金银矿范围; (据湖南省地质矿产局陆玉梅等)

图 1 七宝山矿区地质图

Fig. 1 Geological map of Cu-polymetal deposit in Qibaoshan

期、热液充填成矿期和表生风化富集成矿期。矽卡岩成矿期又可进一步划分为早期矽卡岩阶段、晚期矽卡岩阶段、氧化物阶段、硫化物阶段。

矿区内近矿围岩蚀变以与矽卡岩有关的高、中温热液蚀变为主,大致以岩体为中心,向外逐渐过渡,依次有矽卡岩化、硅化、碳酸盐化和绿泥石化。其交代建造依次为: 镁矽卡岩—钙矽卡岩—碱质交代岩—绢英岩—青磐岩—泥化岩—碳酸盐岩。与其相对应的交代相为透辉石相—辉石、石榴石相—钾长石相、钠长石相—绢云母、石英相—阳起石、绿帘石、绿泥石相—高岭土相—碳酸盐岩相。同时矿化类型依次为: 钨矿化、锡矿化、磁铁矿化—铜矿化、铅矿化、锌矿化—砷矿化。

2 流体包裹体特征

2.1 流体来源

分别从岩体和矿体中采取石英、磁铁矿作流体包裹体氢氧同位素测定分析, 结果为: 岩体中 $\delta D = (-79.6 \sim -76.3) \times 10^{-3}$, $\delta^{18} O_{H_2O} = (9.45 \sim 11.3) \times 10^{-3}$, 平均 10.38×10^{-3} 。

矿体中 $\delta^{18} O_{H_2O} = (11.1 \sim 11.3) \times 10^{-3}$, 平均为 11.2×10^{-3} (1984, 陆玉梅等)。岩浆热水的 $\delta^{18} O$ 值与携带金属成矿物质热液的 $\delta^{18} O$ 值基本一致, 说明其成矿流体源于岩浆热液。

2.2 流体均一温度

黄铁矿流体包裹体均一温度测试结果见表 1。不同矿化带的流体包裹体均一温度相差不大, 但能反映成矿流体由高温到中温的变化过程。在岩体上部矿化带内最高温度 $291\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最低温度为 $228\text{ }^{\circ}\text{C}$, 在岩体下部矿化带内最高温度为 $314\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最低温度为 $252\text{ }^{\circ}\text{C}$, 具有典型的高中温热液特点。流体包裹体均一温度反映了成矿流体温度在空间的变化规律。

表 1 七宝山矿床黄铁矿包裹体测温结果

Table 1 Thermometry of fluid inclusions of ores of the Qibaoshan deposit

样品 编号	采样位置 及标高/m	样品 粒径/mm	样品 重量/g	起爆 温度/ $^{\circ}\text{C}$	平均 温度/ $^{\circ}\text{C}$
k-691	69 线 70	0.25~0.45	0.5	279	279
D1	64 线 53	0.25~0.45	0.5	287	287
D3-1	棉花冲采石场	0.25~0.45	0.5	291	291
D30	老虎口 64 中段	0.25~0.45	0.5	228	228
D31	老虎口 54 中段	0.25~0.45	0.5	314	
D32	老虎口 54 中段	0.25~0.45	0.2	293	286
D33	老虎口 54 中段	0.25~0.45	0.2	252	
D34	老虎口 40 中段	0.25~0.45	0.5	310	312
D35	老虎口 40 中段	0.25~0.45	0.5	279	

(1)在平面上, 成矿流体温度以七宝山酸性侵入岩体为中心向四周逐渐递减, 温度由 $291\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 287\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 279\text{ }^{\circ}\text{C}$ 变化。

(2)在剖面上,成矿流体温度从深部往上的变化充分反映其由高温到中温的演变过程。据老虎口矿段不同标高处矿物包裹体测温资料,在 40 m 标高处平均温度为 312 ℃,上升到 54 m 标高时平均温度变为 286 ℃,而在 64 m 中段下降到 228 ℃。

(3)块状硫化物矿体与中温等温线重合较好,说明大多数硫化物是在中温热液阶段析出成矿。

2.3 流体成分

流体包裹体的离子光谱测定结果如表 2。

流体主要成分为 H₂O,基本组分为 K⁺,Na⁺,Ca²⁺,Mg²⁺等,流体气相成分主要为 CO₂,CO,CH₄,属 NaCl-KCl-H₂O 型,流体中 K⁺,Na⁺浓度比>1,以致流体中同时出现 NaCl,KCl 的子矿物。其成分变化大致如下:

- (1)H₂O 的含量总体上从早期往后期是逐渐降低的,但在矽卡岩期急剧上升。
- (2)成矿流体中阳离子的含量分为两种情况,其中碱性组分 K⁺,Na⁺浓度随着流体的演化而降低,而 Ca²⁺,Mg²⁺的浓度随演化进行而逐渐增加,并在矽卡岩阶段达到其含量的最大值。
- (3)阴离子 F⁻,Cl⁻,SO₄²⁻的变化同样分两种情况,其中 F⁻,Cl⁻随着流体运移而呈现下降的趋

势,反之,SO₄²⁻却上升。

(5)H⁺浓度由早期至晚期呈递减变化。

2.4 流体盐度和矿化度

流体包裹体的盐度和矿化度计算见表 2。不同标高和不同矿化带中,其成矿流体的盐度和矿化度是不同的,在 114 m 标高热液充填型矿床中,其成矿流体盐度为 13.52%,在地表的岩浆岩细脉黄铁矿中,成矿流体盐度为 28.32%,而在矽卡岩型矿床中,其成矿流体盐度为 0.52%。同时,矿化度的变化也具有相同的规律,从 114 m 标高至地表、矽卡岩型矿床分别为 1 568.54 g/L,3 987.38 g/L,743.65 g/L 越到流体演化后期,其盐度和矿化度就越高,而在矽卡岩化阶段却急剧降低。进一步分析,本矿区流体盐度的演化趋势,主要是由于后期 H₂O 含量的减少而引起的,Na⁺,K⁺离子的降低速度远小于 H₂O 含量的降低速度,因而后期碱质交代作用虽然消耗了流体中一部分 Na⁺,K⁺,但对流体盐度的降低并没有大的影响。矿化度的变化趋势主要源于两个因素,其一是由于 SO₄²⁻的增加,其二是由于 H₂O 含量的降低而引起的。另外,块状硫化物矿体均形成于低盐度、低矿化度的演化阶段。

表 2 七宝山矿床黄铁矿流体包裹体气液相成分分析结果

Table 2 Gas and fluid in clusion composition in the Qibaoshan deposit

样品编号	采样位置	液相/10 ⁻⁶							气相/10 ⁻⁶						
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	CO ₂	C ₂ H ₆	H ₂ O
4-001	棉花冲采石场	7.95	12.33	8.73	0.96	10.28	1 204.27		痕	痕	0.28	1.87	21.16	无	279
4-002	棉花冲采石场	7.03		19.16	4.34	15.65	801.4	1.74	痕	痕	痕	痕	24.97	无	213
矽卡岩型		6.47		120.63	1.03	3.99	472.15	233.81	1.27	无	痕	痕	180.14	无	1 128
114Pb-Fe	114 m 中段	12.41	9.04	6.58	6.40	52.06	788.42	0.34	0.05	痕	痕	痕	168.36	无	558

样品编号	采样位置	液相/10 ⁻⁶							气相/10 ⁻⁶				矿化度		w(NaCl)
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	CO ₂	/(g·L ⁻¹)	/%
4-001	棉花冲采石场	1.24	1.13	0.78	0.18	1.04	44.04				0.04	0.42	1.72	4 460.63	17.82
4-002	棉花冲采石场	1.44		2.24	1.07	2.07	38.39	0.34					2.66	3 987.38	28.32
矽卡岩型		0.25		2.67	0.05	0.1	4.27	8.53	0.56				3.63	743.65	0.52
114Pb-Fe	114 m 中段	0.97	0.41	0.29	0.6	2.63	14.42	0.03	0.04				6.86	1 568.54	13.52

注:中南大学包体测温室万方分析

2.5 成矿流体成分变化与成矿关系

据何泗威等(1985)资料,区域内各地层中主成矿元素的丰度均远低于地壳维氏值,而岩体中各主成矿元素的丰度却远高于花岗岩类岩石的维氏值,因此,成矿物质主要来源于岩浆热液。流体包裹体

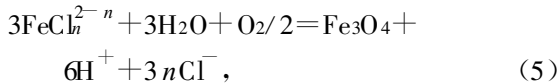
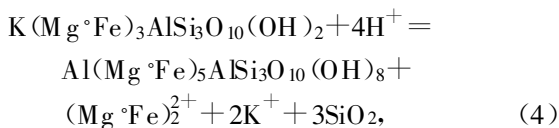
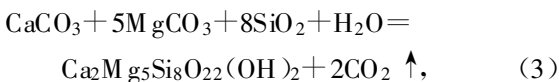
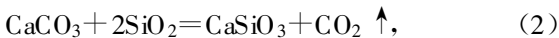
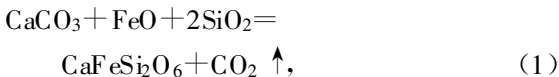
的成分变化反映了成矿热液中成矿物质析出成矿物理化学环境的演化规律。

成矿流体中 Na⁺,K⁺,CO₂,H⁺等含量从深部往上呈递减的变化趋势,相反,Ca²⁺,Mg²⁺,SO₄²⁻含量由深部往上却递增,但在矽卡岩化带,Na⁺,

K^+ , SO_4^{2-} 等含量达到其相对含量的最低值, H^+ , CO_2 , Ca^{2+} , Mg^{2+} 却达到其相对含量的最高值。流体成分的变化过程就是成矿流体演化的过程。

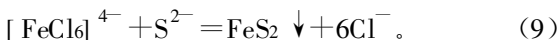
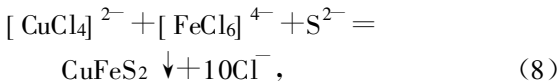
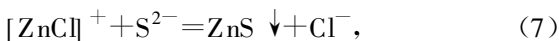
热液演化初期富含 SO_4^{2-} , H^+ , F^- , CO_2 , H_2S , H_2O 等酸性成分, 由于所处位置相对较深, 温压较大, CO_2 , H_2S 呈中性分子存在, 对金属元素的迁移和化学反应的影响较小, 热液呈酸性。

当流体流经碳酸盐岩时, 由于与围岩的离子交换作用, 使围岩中大量的 Ca^{2+} , Mg^{2+} 等碱性成分的加入, 中和了成矿流体中 H_2S 等酸性成分, 并随着温度压力的变化发生如下典型反应:



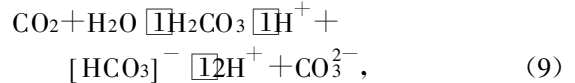
可见这一阶段除了碱质交代作用消耗大量的 Na^+ , K^+ 外, 碳酸盐岩和大量的含水硅酸盐矿物的参与, 使流体中 H^+ , CO_2 , Ca^{2+} , Mg^{2+} 离子和 H_2O 的含量迅速上升, 并形成矽卡岩化、绿泥石化等蚀变带。由式(5)可知, 这一阶段还形成大量的磁铁矿, 因此这一时期即为接触交代矽卡岩成矿期, 形成矽卡岩型矿床。

随着热液不断上升演化及温度、压力的降低, 整个体系逐渐向开放体系转化, 温压开始减小, H_2S 的溶解度开始增加, 分解形成大量的 H^+ , S^{2-} , 使溶液中 H^+ , S^{2-} 的浓度增加, S^{2-} 浓度的增加和温度压力的降低会引起大量硫化物的晶出, 其典型反应如下:



由于成矿流体不断上升, 温压不断下降, 溶液中的硫化物就不断晶出, 并储存于石炭系壶天群和震旦系莲沱组板岩与侵入岩体的接触部位或裂隙

中, 形成热液充填型矿床。同时, H^+ 浓度的增加, 将会导致下列反应向左进行:



产生大量的 CO_2 , 其中 CO_2 成气态逃逸, 从而消耗了流体中的 H^+ , 使得 H^+ , S^{2-} 浓度呈递减变化, 促使流体的性质进一步向弱碱性转化。

3 结语

(1) 七宝山铜多金属矿床成矿流体总体具高中温性质, 但其成矿流体盐度在不同阶段表现出明显的差别, 这种差别是成矿流体运移演化的结果。早期形成的酸性流体在深部地质营力的驱动下, 沿裂隙不断渗透运移, 加上不断的热液-围岩作用, 使流体特征不断变化, 并在空间上形成不同成因类型的矿体。矿体中的 $\delta^8 O_{H_2O}$ 平均为 11.2×10^{-3} , 说明其成矿流体源于岩浆热液。

(2) 矿区成矿流体运移以裂隙渗透为主, 主要依据有: 包体气液相成分中 H^+ , CO_2 , Ca^{2+} , Mg^{2+} 的百分比随围岩不同而变化; 围岩蚀变从矿体到围岩强度递减, 成矿流体盐度变化较大, 且主要受 H_2O 含量变化的影响。

(3) 不同类型矿体中 $\delta^8 O_{H_2O}$ 变化基本一致, 说明七宝山铜多金属矿床中不同类型矿体的成矿流体具同源性, 成矿流体包体气液相成分随演化阶段的发展在不同矿体中变化较大, 这说明各类矿体又有不同的成矿物化条件, 因此可以认为七宝山铜多金属矿床为同源伴生型矿床。

[参 考 文 献]

- [1] Hiroshi Ohomo, Robert O Rye. Hydrogen and oxygen isotopic compositions of fluid inclusions in the Kuroko deposit, Japan [J]. Econ Geol, 1974, 69: 947~953.
- [2] 林文通. 热液的温度、压力和化学组分对矿床成矿作用的影响 [A]. 金银矿产选集 [C]. 1986 (16): 18~34.
- [3] Drew L J. Oil and gas forecasting [M]. Oxford: Oxford Univ. Press, 1992. 150~155.
- [4] 谭凯旋, 谢焱石, 赵志忠, 等. 构造成矿非线性动力学: 1. 递增应力流变学模型 [A]. 21 世纪活化构造与成矿学发展创新国际学术研讨会组委会编. 21 世纪活化构造与成矿学发展创新国际学术研讨会论文集 [C]. 湖南诚成彩印有限公司, 2001. 115~122.
- [5] 徐伯勋, 白旭演, 于常青. 地震勘探信息技术——提取分析和预测 [M]. 北京: 地质出版社, 2001. 35~42.

[6] 王新洲. 非线性模型参数估计-理论与应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002. 9~ 32

[7] 胡上序, 陈德钊. 观测数据的分析与处理[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1996. 156~ 172

[8] 李永军, 赵仁夫, 李注苍, 等. 岩浆混合花岗岩微量元素成因图解尝试——以西秦岭温泉岩体为例[J]. 长安大学学报 (地球科学版), 2003 25(3): 7~ 12

[9] 杨金侠. 海拉尔盆地乌尔逊凹陷古流体动力场数值模拟[J]. 长安大学学报 (地球科学版), 2003, 25(3): 41~ 47.

[10] 杨牧, 彭省临, 邵拥军. 东南亚大型—超大型浅成低温热液金矿床成矿地质特征研究[J]. 大地构造与成矿学, 2000, 24(3): 224~ 230.

[11] 蓝先洪. 地球化学记录在古温度定量恢复研究中的应用[J]. 海洋地质动态, 2003, 19(2): 9~ 13.

Ore-forming fluid inclusion characteristics and metallogen of the Qibaoshan Cu-polymetal deposit in Liuyang, Hunan

YANG Zhong-bao, PENG Sheng-lin, HU Xiang-zhao, LI Chao-yan
(School of Geoscience and Environmental Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract Based on measures of fluid inclusion in different levels and mineralized belt, the characteristics and evolution process of ore-forming fluids in the Qibaoshan Cu-polymetal deposit are discussed systematically. Decrepitation thermomer of pyrite shows temperature of the ore-forming fluids dropped slowly from 291 ℃ to 279 ℃ around the rock body in horizontal, and varied from 312 ℃ to 228 ℃ from the lower level upward in profile. The main composition of the fluids was H₂O and CO₂, the concentrations of H⁺ decrease during evolution of the ore-forming fluids, showing tendency of the fluids from acidity to alkalescence and process of ore-forming.

Key words: ore-forming fluid; fluid inclusion; salinity; degree of mineralization; Qibaoshan; Hunan Liuyang
[英文审定: 杨家喜]

本刊重要启事

经报请国家科技部、国家新闻出版总署批准,《西安工程学院学报》(长安大学学报地球科学版)从 2004 年起更名为《地球科学与环境学报》。

本刊的名称变化及对应的卷号如下:

1979 ~ 1997 年	西安地质学院学报	1 ~ 19 卷
1998 ~ 2002 年	西安工程学院学报	20 ~ 24 卷
2003 年	长安大学学报 (地球科学版)	25 卷
2004 年 ~	地球科学与环境学报	26 卷 ~

本刊编辑部衷心感谢广大作者和读者曾给予本刊的关心与支持,并真诚欢迎从事地球科学与环境科学的科技人员继续赐稿或订阅本刊 (邮发代号 52—280)。

本刊地址: 西安市雁塔路南段 126 号长安大学雁塔校区 邮政编码: 710054
电话: 029—82339978 E-mail: dkyhxb@chd.edu.cn

《地球科学与环境学报》编辑部