

# 新疆小热泉子铜矿床流体包裹体特征研究

温春齐<sup>1\*</sup> 徐新煌<sup>1</sup> 杨发强<sup>1</sup>  
茅燕石<sup>1</sup> 马天林<sup>2</sup> 孙立倩<sup>2</sup> 刘国忠<sup>3</sup>

(1 成都理工学院, 成都 2 地质力学研究所, 北京 3 新疆地矿局 11 地质队, 托克逊)

**提 要:** 据研究, 小热泉子铜矿床的形成经历了四期六阶段。本文着重研究重要的三个成矿阶段(喷流沉积-成岩期多金属硫化物阶段、热液期石英硫化物阶段和绿泥石硫化物阶段)流体包裹体的一般特征、成矿温度、盐度与密度、气液相成分特征, 并计算了三阶段流体逸度、酸碱度(pH)和氧化还原电位(Eh)。研究表明, 小热泉子铜矿床在成因上属喷流沉积, 中温、中等盐度混合热液叠加改造型铜锌矿床。

**关键词:** 流体包裹体 铜矿床 小热泉子

小热泉子铜矿区位于新疆吐鲁番市东南直距约 80 km 的戈壁滩上。大地构造上处于准噶尔微型板块与塔里木古陆板块对接带北侧的哈尔里克-大南湖晚古生代陆缘弧带中。

矿区内出露地层主要有下石炭统小热泉子组( $C_{1x}$ )和中石炭统底坎尔组( $C_{2d}$ )。铜锌矿体主要赋于小热泉子组第一岩性段(共六个岩性段), 属一套与同时代火山岩同源的火山碎屑-沉积岩, 部分胶结物可能为热液硅质, 具浊流沉积特点。区内构造复杂, 褶皱、断裂十分发育。主要表现为一轴向北西的不协调短轴背斜, 且后期有南北向褶皱叠加。断裂主要为北西向和北东向二组。区内岩浆岩, 除火山岩外尚有较多的浅成或超浅成侵入岩, 呈小岩株或岩脉。岩石以酸性岩为主。研究表明次火山热液参与了成矿作用。

矿床地质、地球化学特征研究认为, 小热泉子铜矿床的形成经历了四期六个阶段(徐新煌等, 1998)。重要成矿作用为热液期石英硫化物阶段、绿泥石硫化物阶段和喷流沉积-成岩期多金属硫化物阶段。本文主要研究重要成矿阶段流体包裹体特征。

## 1 包裹体的一般特征

通过对矿物包裹体的镜下观测表明, 不同矿化阶段的不同矿物其包裹体的分布、形态、大小和类型均有一定差异。

### 1.1 包裹体分布

喷流沉积-成岩期形成的矿石(简称喷流型矿石)中矿石矿物(如闪锌矿)与脉石矿物(如萤石及少量石英)共生, 后者常分布于矿石矿物斑点的中央及其周缘; 闪锌矿中杂质多(主要为黄铜矿固体包裹物), 仅见少量流体包裹体; 萤石中见少量星散状、孤散状分布的流体包裹体。石英硫化物阶段形成的矿石(简称石英脉型矿石)中, 包裹体分布不均; 石英中流体包裹体分布与矿石矿物密切相关, 与黄铜矿伴生的石英中的流体包裹体成群分布, 与黄

\* 温春齐, 男, 1945 年生, 教授, 从事矿床地质、地球化学教学与科研。邮政编码: 610059

铜矿近邻的石英中主要呈星散状分布；闪锌矿中见少量呈星散状、线状分布的流体包裹体。

绿泥石硫化物阶段形成的矿石（简称绿泥石岩型矿石）中的闪锌矿，很少含黄铜矿等包裹物，其间流体包裹体甚少，偶见少量呈星散状出现，与闪锌矿共生的有少量石英，其间富含闪锌矿包裹物，局部流体包裹体发育，有的成群分布，有的呈星散状。

### 1.2 包裹体形态和大小

喷流型矿石中，闪锌矿及共生的萤石中之流体包裹体其形态多为不规则状，大小多为5~10 μm；石英中包裹体不发育，且一般很小（<2 μm）。石英脉型矿石的闪锌矿矿物中，流体包裹体形态多样，主要为浑圆—椭圆形，次为长条形、三角形及不规则形；石英中包裹体一般较发育，但细小，多数小于2 μm，个别为5~10 μm。绿泥石岩型矿石的矿物中，闪锌矿及石英中流体包裹体形态以浑圆形为主；其包裹体均很细小，多数小于2 μm，个别为3~6 μm。

### 1.3 包裹体类型

小热泉子铜矿床中，各类矿石的矿物包裹体类型较简单，主要为单相（L）和二相（L-V），偶见含石盐子矿物的二相（L-S）包裹体。但不同阶段形成的包裹体，其类型主次有所差异。

喷流型矿石中流体包裹体以单液（L）相为主，少量二相（L-V）包裹体（气液比为1%~5%）；石英脉型矿石中流体包裹体以气液二相（L-V）为主（其气液比多为3%~5%，个别达10%），少数为单液（L）相，偶见含石盐子矿物的二相（L-S）包裹体；绿泥石岩型矿石中流体包裹体以单液（L）相为主，少量气液二相（L-V）包裹体（石英中气液比为3%~5%，闪锌矿中未能测定）。

## 2 包裹体温度测定

在室温下利用热台测试了5件样品37个流体包裹体的均一温度，计算三个重要阶段的平均均一温度不高（87~225℃）。其中喷流沉积期均一温度为 $108.4 \pm 14.0$ ℃，变化范围为87~126℃；热液期石英硫化物阶段均一温度为120~225℃，平均 $166.5 \pm 27.6$ ℃；绿泥石硫化物阶段形成的闪锌矿中包裹体细小，未见可测的二相包裹体，但据闪锌矿之颜色呈灰黑色，显示其形成温度较高。

对4件样品进行了爆裂法测温，仅一件石英样品获得较连续的弱爆裂声。两次测试结果相近，为350℃和360℃。明显高于热液期石英硫化物阶段的均一温度。

通过测试闪锌矿中Ga、Ge含量估算闪锌矿的均一温度。实测绿泥石岩型矿石中闪锌矿的Ga和Ge含量分别为 $12 \times 10^{-6}$ 和 $8 \times 10^{-6}$ 。将Ga/Ge比值（1.5）之对数值（0.18）投于Moller（1987）闪锌矿Ga/Ge—均一温度图解，估算其对应均一温度为220℃。利用矿物对硫同位素来估算矿物对平衡温度，估算黄铁矿—闪锌矿平衡温度为225~280℃。

以上测试，爆裂温度与均一温度相差近200℃。一般认为，爆裂温度为成矿温度的上限，均一温度为成矿温度的下限。若以其差值之一半为 $\Delta t$ （=100℃），则各阶段成矿温度与闪锌矿Ga/Ge地温计、硫同位素地温计所估算值相似，故成矿温度为：喷流沉积期为210（90~240）℃、热液期石英硫化物阶段为270（120~370）℃；绿泥石硫化物阶段为240（110

~280)℃。

### 3 成矿流体的盐度与密度

流体的盐度估算方法，其一是借助冷台实测气液包裹体之冰点后利用 Potter (1978) 公式计算其盐度；其二是据包裹体液相成分 (表 1)，用化学法测量 (朱上庆等, 1991) 计算

表 1 小热泉子铜矿床矿物包裹体成分

成矿期 (或阶段)	样 数	液 相/( $\mu\text{g/g}$ )							气 相/( $\mu\text{g/g}$ )						
		K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	
喷流沉积-成岩期	1	4.62	3.20	1.98	0.06	1.72	1.79		1.57		112		7.14	111	
热液期	石英硫化物阶段	4	8.71	8.25	1.25	0.29	9.51	6.47	3.21	0.01		24.09	0.75	1.31	96.12
	绿泥石硫化物阶段	2	7.93	17.46	14.20	1.35	26.83	4.49		0.22		417	0.01	0.17	207

注：原始数据由北京有色矿床地质研究所色谱室测试

其盐度。前者因包裹体小，故仅实测石英硫化物阶段 10 个包裹体冰点，计算其平均盐度为 9.23% NaCl。利用化学法测量计算的三阶段盐度 (NaCl) 分别为 10.75%、28.17% 和 25.92%。故认为沉积期为低盐度，热液期为中等盐度 (9.23%~25.92%)，个别达高盐度，这与包裹体中偶见石盐子晶的现象一致。

流体的密度从 Ahmad 等 (1980) 绘制的 NaCl-H<sub>2</sub>O 体系的温度-盐度-密度关系图上查得其三阶段流体密度 (g/cm<sup>3</sup>) 变化不大，分别为 0.93、0.94 和 0.96。

### 4 成矿流体的成分

小热泉子铜矿床重要成矿阶段的矿物包裹体成分及计算的相关参数见表 1 和表 2。

表 2 小热泉子铜矿床成矿流体组分比值及水化学类型

成矿期 (或阶段)	摩尔比值			阳离子含量/%				阴离子含量/%			矿液水化学类型	
	$\frac{\text{Na}}{\text{K}}$	$\frac{\text{F}}{\text{Cl}}$	$\frac{\text{CO}_2}{\text{H}_2\text{O}}$	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		
喷流沉积-成岩期	1.18	1.79	0.41	32.7	38.5	27.4	1.4	64.2	35.8	0	F-Cl-Na-K-Ca	
热液期	石英硫化物阶段	1.61	2.74	0.10	33.4	53.7	9.3	3.6	66.7	24.3	8.9	F-Na-K
	绿泥石硫化物阶段	3.754	11.2	0.83	11.4	42.6	39.8	6.2	91.8	8.2	0	F-Na-Ca

由表 1、表 2 可见，小热泉子铜矿床包裹体成分具以下特征：① 气相成分中以 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 为主，次为 N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub>。绿泥石硫化物阶段包裹体中气相 H<sub>2</sub>O，尤其是 CO<sub>2</sub>

(416.8  $\mu\text{g/g}$ ) 明显高于喷流期 (112.0  $\mu\text{g/g}$ ) 和石英硫化物阶段 (24.09  $\mu\text{g/g}$ )。CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 比值亦具相似特点; ② 液相成分中, F/Cl、Na/K 摩尔比值均大于 1, 显示 F>Cl、Na>K 的特点。且从喷流期→热液期石英硫化物阶段→绿泥石硫化物阶段, 其比值具增大的趋势; ③ 喷流沉积-成岩期的水化学类型十分复杂 (F-Cl-Na-K-Ca 型), 热液期相对简单。

## 5 成矿流体的性质

据小热泉子铜矿床包裹体成分、成矿温度、流体盐度等, 计算不同阶段成矿流体的有关逸度、酸碱度和氧化还原电位如表 3 所示。

表 3 小热泉子铜矿的成矿流体部分计算参数

成矿期 (或阶段)	$t/^\circ\text{C}$	S/%	$\lg f_{\text{O}_2}$	$\lg f_{\text{CO}_2}$	pH	Eh/eV
喷流沉积-成岩期	210	~10.25	-46.05	-7.33	8.39	-0.397
石英硫化物阶段	270	9.23~28.17	-39.13	-1.48	5.96	-0.235
绿泥石硫化物阶段	240	~25.92	-41.65	-4.20	7.08	-0.326

## 6 认识与结论

(1) 喷流沉积-成岩期流体来源复杂, 矿液水化学类型为 F-Cl-Na-K-Ca。既显示其表生水源富“Cl”、“K”特点, 又显示其深源 (气相富“H<sub>2</sub>”、“N<sub>2</sub>”和液相富“F”) 与岩浆有关 (Na/K (摩尔) < 1.2) 的特点。成矿温度较高, 闪锌矿中具固溶体分离结构 (黄铜矿包裹物), 表明非正常海相沉积, 这与岩石化学、矿床地球化学研究的结果一致, 显示其可能与海底火山活动有关的锌铜喷流沉积, 属低氧逸度碱性环境。阿舍勒铜锌矿床喷气-沉积期 (陈毓川等, 1996) 与之相比, 有相似之处, 但前者流体明显贫 F、Ca 而富 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、K, 且属酸性环境。

(2) 热液期因变质作用和岩浆侵入, 尤其是次火山活动, 一方面使原有矿质活化迁移改造富集, 另一方面又带来新的矿质叠加成矿使铜锌进一步富集。早期石英硫化物阶段成矿温度较高 (270  $^\circ\text{C}$ ), 盐度中等偏高 (9.23%~28.17% NaCl), 流体以次火山热液为主, 次为地下水热液, 属 F-Na-K 型, 低氧逸度、偏碱性环境。随着温度下降, 盐度降低, 中晚期绿泥石硫化物阶段的矿液以地下水热液为主, K 质明显减少, Ca 质明显增多, 变为 F-Na-Ca 型流体, 环境为低氧逸度碱性环境。阿舍勒矿床的变质改造期和热液叠加期与小热泉子铜矿热液期的流体相比却存在很大差异, 前者为低盐度、酸性 Cl-SO<sub>4</sub>-Na 型流体。

### 参 考 文 献

- 1 朱上庆等. 层控矿床学. 北京: 地质出版社, 1991, 164~198.
- 2 陈毓川等. 阿舍勒铜锌成矿带成矿条件和成矿预测. 北京: 地质出版社, 1996, 123~145.
- 3 Ahmad S. N et al. Fluid inclusion in porphyry and skarn ore at Soutte Rita, New Mexico, Econ. Geol. 1980, 75 (2): 229~250.
- 4 Moller P. Correlation of homogenization temperatures of accessory, minerals from sphalerite-bearing deposits and Ga/Ge model temperature. Chem. Geol. 1987, 61 (1/4): 153~159.
- 5 Potter R W. et al. Freezing point depression of aqueous sodium chlorite solutions. Econ. Geol., 1978, 73(2): 284~285.