

# 冬瓜林金矿床成矿流体特征

李保华\* 曹志敏 刘永丰 李佑国

(成都理工学院资源与经济系, 成都)

**提 要:** 冬瓜林金矿位于云南省镇沅县境内, 为一产于上泥盆统浅变质岩中的大型金矿床。本文通过流体包裹体研究, 阐述了成矿流体的温度、压力、盐度和成分等特征。

**关键词:** 成矿流体 包裹体 云南镇沅县

## 1 地质概况

冬瓜林金矿床位于哀牢山构造带北段, 行政区划隶属云南省镇沅县。矿区内出露的地层主要为上泥盆统变石英杂砂岩、绢云板岩、含放射虫泥质硅质岩、大理岩化灰岩, 上石炭统变石英杂砂岩、绢云板岩, 上三叠统紫红色页岩、粉砂岩。岩浆岩有玄武岩、片理化蛇纹岩、碳酸盐化硅化超基性岩、蛇纹石化斜辉橄榄岩和斜辉辉橄岩, 以及大量煌斑岩脉和石英斑岩脉。

金矿体产于上泥盆统含放射虫硅质岩与浊积岩的层间破碎带, 受地层层位和断裂裂隙控制明显。矿区内大小矿体共有 11 个, 划分为 I、II、III 个矿体群。其中, II<sub>2</sub> 矿体是矿区最大的矿体, 矿体形态呈似层状、板状, 走向 305°~320°, 矿体长 960 m, 最大厚度 20 m, 平均厚度 5 m, 延伸稳定。

按容矿岩石种类将矿石类型划分为以下 4 种类型:

(1) 橄辉云煌岩型: 矿石中黄铁矿含量为 2%~10%, 以五角十二面体为主, 含少量板条状、放射状、束状、脉状辉锑矿及微量针状、菱柱状毒砂。矿石构造以星散至稀疏浸染状构造为主, 以脉状及细脉状构造为次。

(2) 杂砂岩型: 黄铁矿含量 1%~5%, 局部出现少量辉锑矿及微量毒砂, 矿石呈星散至稀疏浸染状、细脉浸染状构造。

(3) 绢云硅质板岩型 (包括少量钙质绢云板岩型及灰岩型): 硫化物以黄铁矿为主 (1%~7%), 局部出现少量辉锑矿及微量毒砂。矿石具有浸染状构造, 鳞片变晶结构、糜棱状结构。

花岗斑岩型: 硫化物以黄铁矿为主, 含有少量辉锑矿及微量毒砂。矿石具有压碎结构、斑状结构, 星散至稀疏浸染状构造。

(4) 矿石的矿物成分: 金属矿物主要有黄铁矿、白铁矿、辉锑矿, 含少量毒砂, 微量闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、砷黝铜矿等; 脉石矿物有铁白云石、方解石、菱镁铁矿、菱铁矿、石英、绢云母、绿泥石等; 造岩矿物及副矿物有石英、长石、黑云母、金云母、橄榄石、辉石、锆石、磷灰石、磁铁矿、金红石等; 金矿物为自然金、银金矿, 载金矿物主要为黄铁

\* 李保华, 男, 1960 年生, 副教授, 矿床学和包裹体地质学专业。邮政编码: 610059

矿，其次是铁白云石和辉锑矿。

## 2 包裹体特征

石英和方解石中流体包裹体普遍存在，呈星散状分布，局部成群出现。包裹体形态多样，如椭圆形、浑圆状、负晶形（石英中的负晶形包裹体为六边形，方解石中的为菱形）、三角形、四边形、不规则状等。包裹体的大小不一，最小小于  $1\ \mu\text{m}$ ，最大为  $20\sim 25\ \mu\text{m}$ ，一般为  $4\sim 8\ \mu\text{m}$ 。

流体包裹体的类型按其成分可分为：

A型：水溶液包裹体（ $\text{H}_2\text{O}$ 包裹体），根据室温下包裹体的相态又分为二个亚类，即  $A_1$ 型液相水包裹体、 $A_2$ 型气液水包裹体。液相水包裹体只含有水溶液相，充填度为100%，此类包裹体在石英、方解石中均可见到。气液水包裹体广泛存在，是主要观测对象。在室温下这类包裹体含有水溶液（ $L_{\text{H}_2\text{O}}$ ）和水蒸汽泡（ $V_{\text{H}_2\text{O}}$ ）两相。其充填度为90%~95%。加热时，气泡逐渐缩小，直至均一成液相。

B型： $\text{CO}_2$ 包裹体，按室温下包裹体相态可进一步划分为  $B_1$ 型液相  $\text{CO}_2$ 包裹体和  $B_2$ 型气液  $\text{CO}_2$ 包裹体。 $\text{CO}_2$ 包裹体少见，在镜下难以与  $\text{H}_2\text{O}$ 包裹体区分，仅根据均一温度是否低于  $31.1^\circ\text{C}$ 来判断。

C型： $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 包裹体，较为少见，在室温下它含有三相：气相  $\text{CO}_2$ （ $V_{\text{CO}_2}$ ）、液相  $\text{CO}_2$ （ $L_{\text{CO}_2}$ ）和液相水（ $L_{\text{H}_2\text{O}}$ ），或包含  $L_{\text{CO}_2}$ 和  $L_{\text{H}_2\text{O}}$ 两相。 $\text{CO}_2$ 相占包裹体体积的百分比一般为10%~20%，少数可达40%~60%。加热时， $\text{CO}_2$ 气相在  $17\sim 19^\circ\text{C}$ 消失；继续加热， $\text{CO}_2$ 相在  $170\sim 220^\circ\text{C}$ 消失，均一成水溶液。

## 3 均一温度和压力

对石英及方解石中的100余个气液水包裹体和少数  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 包裹体进行了均一温度测定，其结果如表1所示。

从表1可以看出：本矿床均一温度为  $100\sim 279^\circ\text{C}$ ，大多数数据集中在  $110\sim 210^\circ\text{C}$ 范围之内，属低温热液矿床。

对于  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 包裹体，首先测定其部分均一温度，并以此确定  $\text{CO}_2$ 的密度，然后用包裹体流体中  $\text{CO}_2$ 的密度和完全均一温度确定成矿压力。压力测定结果为  $500\ \text{MPa}$ （表1）。

## 4 流体成分

用冷冻法测得气液水包裹体的冰点为  $-3.4\sim -10.5^\circ\text{C}$ ，按 Potter 等（1978）的公式求得盐度（NaCl含量）为5.6%~14.5%。测得  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 包裹体的  $\text{CO}_2$ 水合物分解温度为  $4.3\sim 4.4^\circ\text{C}$ ，在 Collins（1979）的 NaCl含量与  $\text{CO}_2$ 水合物分解温度关系图上查得 NaCl含量为10%~10.2%（表1）。

表 1 包裹体均一温度、盐度、压力测定结果

| 样号                  | 主矿物 | 均一温度/℃  |          | 盐度/%      |         | 压力/MPa | 备注                                   |
|---------------------|-----|---------|----------|-----------|---------|--------|--------------------------------------|
|                     |     | 范围      | 平均值      | 范围        | 平均值     |        |                                      |
| S151 <sub>2-2</sub> | 石英  | 153~225 | 189 (5)  |           |         |        |                                      |
| S153 <sub>2-3</sub> | 石英  | 173~279 | 230 (6)  |           |         |        |                                      |
| S153 <sub>2-3</sub> | 方解石 | 232~252 | 242 (2)  |           |         |        |                                      |
| S153 <sub>2-4</sub> | 石英  | 186~232 | 212 (7)  |           |         |        |                                      |
| S160 <sub>2-1</sub> | 方解石 | 246~259 | 253 (2)  |           |         |        |                                      |
| S160 <sub>2-7</sub> | 石英  | 173~225 | 194 (9)  | 5.6~9.9   | 7.4 (4) |        |                                      |
| S158 <sub>1-1</sub> | 石英  | 130~180 | 157 (3)  | 10.5~10.6 |         |        |                                      |
| S158 <sub>1-2</sub> | 石英  | 120~200 | 162 (5)  | 9.9~10.6  |         |        |                                      |
| S153 <sub>1-1</sub> | 石英  | 110~200 | 147 (11) | 12.7~14.5 |         |        |                                      |
| S128 <sub>1-1</sub> | 石英  | 100~170 | 139 (13) | 10.4~13.1 |         |        | 气液 H <sub>2</sub> O 包裹体              |
| S128 <sub>1-1</sub> | 石英  | 170~220 | 194 (7)  | 10.0~10.2 |         | 500    | H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub> 包裹体 |
| S132 <sub>1-2</sub> | 石英  | 110~210 | 168 (4)  | 11.4~13.3 |         |        |                                      |
| S160 <sub>1-2</sub> | 方解石 | 110~180 | 140 (10) | 10.2~11.5 |         |        |                                      |

注：括号中的数字为测定包裹体个数

为了进一步了解成矿流体的气相及液相成分，对石英中的流体包裹体成分进行了分析，并将各组分的重量单位 ( $10^{-6}$ ) 换算成重量摩尔浓度 (mol/kg H<sub>2</sub>O)，其结果列于表 2 中。从表 2 可知：流体中阳离子主要为 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>，次要为 Ca<sup>2+</sup> 和 Mg<sup>2+</sup>，含少量 Li<sup>+</sup>；阴离子以 Cl<sup>-</sup> 为主，其次为 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>，含微量 F<sup>-</sup>；气相成分主要是 CO<sub>2</sub>，次为 H<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub>。

表 2 石英中流体包裹体成分 (mol/kg·H<sub>2</sub>O)

| 样号                  | Li <sup>+</sup> | 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> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | H <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
|---------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| S127 <sub>2-1</sub> | 0.005           | 0.268          | 0.140           | 0.011            | 0.026            | 0.004          | 0.292           | 0.074                         | 0                             | 0.266          | 2.373           | 0.045           |
| S120 <sub>2-1</sub> | 0.001           | 0.006          | 0.106           | 0.014            | 0.010            | 0.010          | 0.105           | 0.050                         | 0.276                         | 0.139          | 1.633           | 0.043           |
| S124 <sub>2-1</sub> | 0.015           | 0.222          | 0.039           | 0.003            | 0.008            | 0.004          | 0.196           | 0.069                         | 0                             | 0.222          | 1.331           | 0.162           |
| S158 <sub>1-2</sub> | 0.069           | 0.023          | 0.047           | 0.008            | 0.052            | 0.005          | 0.026           | 0.049                         | 0                             | 0.116          | 0.925           | 0.056           |
| S128 <sub>1-1</sub> | 0.003           | 0.051          | 0.153           | 0.036            | 0.011            | 0.005          | 0.310           | 0                             | 0                             | 0.144          | 2.431           | 0.050           |
| S118 <sub>2-2</sub> | 0.008           | 0.136          | 0.070           | 0.019            | 0.037            | 0.003          | 0.169           | 0.058                         | 0.322                         | 0.262          | 2.277           | 0.043           |

注：由宜昌地质矿产研究所包体室测定

石英以及其中的流体包裹体同位素分析结果表明：石英的  $\delta^{18}\text{O}$  值为 18.5‰~20.6‰，根据石英的  $\delta^{18}\text{O}$  值和均一温度，按 Clayton (1972) 的石英-水的氧同位素分馏方程求得与石英氧同位素交换平衡时水的  $\delta^{18}\text{O}$  值为 3.3‰~8.4‰；石英中包裹体水的  $\delta\text{D}$  值为 -81‰~-92‰。在 M F Sheppard (1979) 的  $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta\text{D}$  关系图上，投影点均落入雨水热液范围内。

成矿溶液的  $\delta D$  值变化不大, 而  $\delta^{18}O$  值变化较大, 这与大气降水在中低温条件下同含矿围岩发生不同程度的氧同位素交换有关。

## 5 几点认识

(1) 本金矿床产于上泥盆统浅变质岩的层间破碎带, 明显受地层层位和断裂裂隙控制。矿体主要呈似层状、透镜状、脉状顺层产出, 局部切割层理。

(2) 本矿床中包裹体较小 (一般小于  $8 \mu m$ ), 数量也相对较少, 以液相水包裹体为主, 次为气液水包裹体,  $CO_2$  包裹体和  $H_2O-CO_2$  包裹体少见, 多呈星散状分布。

(3) 矿床形成温度为  $100 \sim 279^\circ C$ , 以  $110 \sim 210^\circ C$  为主 (未作压力校正), 属低温温度范畴。形成压力为  $50 MPa$ 。

(4) 成矿流体为  $NaCl-CO_2-H_2O$  体系。中低盐度 ( $5.6\% \sim 14.5\%$ ), 液相成分以  $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Cl^-$  为主。 $F^-/Cl^-$  为  $0.013 \sim 0.187$ , 远小于 1。水的  $\delta D$  值为  $-81\text{‰} \sim -92\text{‰}$ ,  $\delta^{18}O$  值为  $3.3\text{‰} \sim 8.4\text{‰}$ , 在 M F Shepard (1979) 氢氧同位素组成图上, 投点落入雨水热液范围内。因此, 认为成矿流体主要来源于与大气降水有关的地下水。

综上所述, 冬瓜林金矿床成因类型为中浅成低温地下水热液溶滤型层控金矿床。

## 参 考 文 献

- 1 Clayton R N et al. Oxygen isotope exchange between quartz and water. J. Geophys. Res., 1972, 77: 3057~3607.
- 2 Collins P L F. Gas hydrates in  $CO_2$ -bearing fluid inclusions and the use of freezing data for estimating of salinity. Econ. Geol., 1979, 74: 1435~1443.
- 3 Potter I R W et al. Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions. Econ. Geol., 1978, 73: 284~285.