

吉林白山金英金矿石英包裹体特征研究

温守钦, 朱恩静, 王英鹏, 张荣庆

(东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110004)

吉林金英金矿赋存于下元古界老岭群珍珠门组大理岩与上元古界青白口系鲢鱼台组赤铁石英砂岩北东向接触断面靠近赤铁石英砂岩一侧的硅化蚀变带中。矿石类型可分为: 硅化构造角砾岩型、蚀变石英砂岩型、硅化大理岩型。主要矿物为石英、白云石、重晶石、黄铁矿、白铁矿、赤铁矿、褐铁矿、自然金和含银自然金等。岩浆岩仅见呈脉状零星分布。金矿围岩蚀变以硅化为主, 其次为重晶石化等。硅化蚀变带与金成矿尤为密切。

1 流体包裹体研究

1.1 流体包裹体岩相学特征

本次研究选择石英为该矿床流体包裹体岩相学研究的主要对象, 可以见到两类相态的包裹体:

(1) 单相包裹体

根据相态可以进一步分为: (a) 纯气相包裹体, 包裹体完全被气体充满, 颜色发暗, 甚至表现为黑色, 只是在气泡的中心微透亮光。包裹体形态一般为椭圆形及不规则多边形等, 大小为 6~10 μm 。该类型包体占包裹体总数量的 10% 左右。(b) 纯液相包裹体, 多为无色透明, 液相成分可以是 H_2O 、液态 CO_2 或盐水溶液。由单一液相构成, 占包体总量的 30% 左右。该类包裹体形态一般以它形、长条形为主, 大小为 2~6 μm 。

(2) 气-液两相包裹体

气相分数一般为 5%~15%, 多数集中于 5%~10%。包裹体形态多为椭圆形、菱形及少量不规则多边形等, 大小一般为 2~12 μm , 多数在 4~10 μm 之间, 占包裹体总数量的 60% 左右。气相一般呈圆球形气泡, 与液相的界限是一条黑色圆圈, 当包裹体切面方向与包裹体气泡垂直时, 气液相界线清晰而且细; 而在其他情况下, 该黑色边界线较粗。

1.2 流体包裹体显微测温

本次研究选取原生石英包裹体 56 个点进行测试, 结果及有关参数见表 2。可以看出, 所有样品流体包裹体的完全均一温度为 139.6~253.1 $^{\circ}\text{C}$, 主要集中在 150~210 $^{\circ}\text{C}$, 表明该矿床属于中低温热液矿床。

1.3 流体的盐度和密度测定

(1) 利用冰点求盐度

金英金矿床石英包裹体显微镜下未见子晶矿物, 适用于利用冰点确定盐度。经冷热台测定, 冰点为 -2.8~-1.0 $^{\circ}\text{C}$ (表 2)。利用盐度计算公式 (Bodnar, 1993)

$$S = 0.00 + 1.78t - 0.0442t^2 + 0.000557t^3 \quad (0 \sim 23.3\% \text{ 的 NaCl 溶液}) \quad (\text{公式 1})$$

式中: S 为盐度 (%), t 为冰点的温度 ($^{\circ}\text{C}$)。计算获得该类型包裹体的盐度介于 1.74%~4.65% 之间, 总体表现为低盐度流体。

表 2 金英金矿气液两相包裹体冰点温度、均一温度及有关参数表

标本号	冰点温度/ $^{\circ}\text{C}$	均一温度/ $^{\circ}\text{C}$	盐度/%	密度/ g/cm^3	压力/ MPa
B065	-2.8~-1.0	139.6~202.3	1.74~4.65	0.86~0.94	36.3~52.2
70a-1(22)	-2.2~-1.3	171.6~241.9	2.07~3.71	0.81~0.90	43.6~47.3
44-4(4)	-2.0~-1.3	142.1~245.1	2.24~3.39	0.81~0.93	35.5~59.9
36-2-1(14)	-2.0~-1.3	146.3~253.1	2.07~3.23	0.79~0.93	37.5~65.6

(2) 密度

利用盐水溶液包裹体的密度公式 (刘斌等, 1999): $\rho = A + Bt + Ct^2$ (盐度在 1~30% 之间) (公式 2)

式中 ρ 为盐水溶液密度 (g/cm^3), t 为均一温度 ($^{\circ}\text{C}$)。A、B、C 为盐度的函数, 其中:

$$\begin{aligned} A &= 0.993531 + 8.72147 \times 10^{-3} \times S - 2.43975 \times 10^{-5} \times S^2, \\ B &= 7.11652 \times 10^{-5} - 5.2208 \times 10^{-5} \times S + 1.26656 \times 10^{-6} \times S^2, \\ C &= -3.4997 \times 10^{-6} + 2.12124 \times 10^{-7} \times S - 4.52318 \times 10^{-9} \times S^2 \end{aligned}$$

对气液两相包裹体的密度进行计算, 得到该矿床成矿流体的密度变化介于 $0.79 \sim 0.94 \text{ g}/\text{cm}^3$ 之间, 流体密度主要分布在 $0.85 \sim 0.94 \text{ g}/\text{cm}^3$, 表明该矿床的流体属于低密度流体。

1.4 成矿压力及深度

由于本区成矿过程中无明显的热液沸腾和包裹体不混溶现象, 不宜用包裹体直接测定成矿压力。假定成矿压力仅来自上覆岩石的静压力, 用以下经验公式 (邵洁涟, 1986) 计算成矿压力 (毕献武等, 1997)。

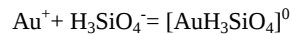
$$P = P_0 \times T_1 / T_0 \quad (\text{公式3})$$

$$P_0 = 219 + 2620 \times S, \quad T_0 = 374 + 920 \times S$$

式中, P 为成矿压力, P_0 为初始压力, T_1 为所测均一温度, T_0 为初始温度, S 为盐度。计算结果表明, 金英金矿成矿压力为 $33.6 \sim 65.6 \text{ MPa}$ 。如果按 $27 \text{ MPa} / \text{km}$ 增压率计算成矿深度, 则金英金矿的成矿深度为 $1.2 \sim 2.4 \text{ km}$ 。

2 成矿流体中金的迁移形式和沉淀机理探讨

王声远 (1994) 的研究表明硅化强度一般与金矿化呈正相关, 证实金硅间存在如下的络合作用:



并且指出, 在含硅含氯体系中, 一般地质条件下 $[\text{AuH}_3\text{SiO}_4]^0$ 浓度远高于 $[\text{AuCl}_2]^-$, 在含硫含硅体系中, 随 SiO_2 增高, $[\text{AuH}_3\text{SiO}_4]^0$ 亦将逐渐取代 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 成为金迁移的主要形式。金英金矿床属中低温热液蚀变岩型, 金矿床主成矿阶段温度相对较低 ($150 \sim 210^{\circ}\text{C}$), 盐度较低 ($1.74\% \sim 4.65\%$), 硅化强烈且与金矿化关系密切, 因此, 金可能主要以 $[\text{AuH}_3\text{SiO}_4]^0$ 的形式迁移。

对本区矿物镜下鉴定和化学分析知, 矿物组合中含有重晶石, 而重晶石是标志混合作用存在的典型矿物 (Beim et al., 1987)。因此, 流体的混合作用可能是金英金矿金沉淀的主要机理之一。金英金矿床成矿流体中金沉淀的机理主要古大气降水与深部均一化流体的混合作用以及在此过程中的降温减压作用, 尤其是硅化作用可能是金沉淀的最有效的机理之一。

3 结论

(1) 金英金矿流体包裹体主要为气液两相包裹体, 少量气相和液相包裹体。

(2) 包裹体个体大小从 $4 \mu\text{m}$ 到 $12 \mu\text{m}$, 其中绝大多数在 $4 \mu\text{m}$ 到 $8 \mu\text{m}$ 之间。气液两相包裹体气相分数偏低, 一般为 $5\% \sim 15\%$, 多数集中于 $5\% \sim 10\%$ 。

(3) 流体包裹体的完全均一温度为 $139.6 \sim 253.1^{\circ}\text{C}$, 主要集中在 $150 \sim 210^{\circ}\text{C}$; 盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 介于 $1.74\% \sim 4.65\%$; 密度主要分布在 $0.85 \sim 0.94 \text{ g}/\text{cm}^3$; 成矿压力为 $33.6 \sim 65.6 \text{ MPa}$, 成矿深度为 $1.2 \sim 2.4 \text{ km}$ 。包裹体的特征表明, 该矿床属于中低温低盐度热液矿。

(4) 金可能主要以 $[\text{AuH}_3\text{SiO}_4]^0$ 的形式迁移, 也可能存在少量以 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 、 $[\text{Au}_2(\text{HS})_2\text{S}]^2$ 形式迁移的金。金沉淀的机理可能主要是水-岩化学反应, 尤其是硅化作用, 是金沉淀的最有效的机理之一。

参考文献

- 毕献武, 胡瑞忠, 何明友. 1997. 哀牢山金矿带主要金矿床成矿流体特征[J]. 矿物学报, 17 (4): 435-441.
- 刘 斌, 沈 昆. 1999. 流体包裹体热力学[M]. 北京: 地质出版社. 23-277.
- 王声远, 樊文苓. 1994. 金-硅配合作用及其对金活化迁移的意义[A]. 中国科学院黄金科技工作领导小组编, 中国金矿研究进展, 第一卷 (上篇) [C]. 北京: 地震出版社. 376-388.
- Bodnar R J. 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ solutions[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 57(3).
- Brim hall G H and Crerar D A. 1987. Ore fluids: magmatic to supergene[A]. In: Carmichael I S E and Eugster H P, eds. Thermodynamic modeling of geological materials, Minerals, Fluids and Melts [J]. Reviews of Mineralogy, 17: 235-322.