

# 辽南某些金矿床的流体包裹体研究

贾 斌

(沈阳地质矿产研究所)

辽南猫岭、黄家营子和金厂沟金矿的含矿流体为  $H_2O-NaCl-CO_2$  体系。流体包裹体的爆裂温度曲线的爆峰次数与含金石英脉的金含量呈正相关关系,猫岭金矿流体包裹体的气相成分随着成矿作用的进行,其  $CO_2$ 、 $CH_4$ 、 $CO_2$ 、 $N_2$ 、 $O_2$ 、 $H_2$  的摩尔百分数有所降低,而  $H_2O$  则有所增高。流体包裹体的  $CO_2/H_2O$  比值与含金石英脉的金含量呈正相关关系,而其离子成分的  $SO_4^{2-}/Cl^-$  比值与石英脉金含量呈反相关关系,研究表明,猫岭金矿和黄家营子金矿为岩浆热液与地下水混合热液成矿。矿液从猫岭金矿向黄家营子金矿方向流动,这两个金矿的成矿流体为低盐度、酸性、强还原环境。金厂沟金矿的成矿热液亦为岩浆热液和地下水混合热液。其成矿流体亦为低盐度、强酸性、强氧化环境。

**关键词** 金矿 包裹体 热液特征

## 1 地质概况

### 1.1 猫岭金矿

矿区出露地层为下元古界辽河群盖县组二段和榆树砬子群。盖县组二段是赋矿围岩,岩性为绢云千枚岩、绿泥绢云千枚岩、石英绢云千枚岩夹薄层状变质石英砂岩和长石石英砂岩,片理发育。下元古界榆树砬子群分布于矿区北侧,它不整合覆盖于盖县组二段之上,局部呈断层接触。矿区南侧出露有印支期猫岭花岗岩体。

猫岭金矿的成矿作用分为四个阶段:第 I 阶段,盖县组千枚岩发生弱硅化及绢云母化,并有大量的星散状毒砂形成;第 II 阶段,为强硅化阶段,石英脉体呈弯曲状产出,大量的多金属硫化物矿物形成,为主要金矿化阶段;第 III 阶段,石英脉体平直,金属硫化物种类减少,主要是磁黄铁矿,金矿化较弱;第 IV 阶段,碳酸盐脉体平直,有少量萤石,无金属矿物,无金矿化。

### 1.2 金厂沟金矿

矿区地层为辽河群盖县组一段,呈条带状以捕虏体形式分布于矿区南部似斑状黑云母二长花岗岩及细粒黑云母二长花岗岩体内。地层下部为黑云变粒岩、黑云二长变粒岩及黑云斜长变粒岩,局部含有电气石,其间夹有透闪石变粒岩、浅粒岩,以及黑云阳起变粒岩;上部为含石榴二云片岩、黑云石英片岩,夹绢云石英片岩、含绿泥绢云千枚岩、浅粒岩、石英电气石岩。

出露的岩体主要是印支期似斑状黑云母二长花岗岩,其次是细粒黑云母二长花岗岩。

成矿作用可以划分成三个阶段:第Ⅰ石英黄铁矿阶段;第Ⅱ多金属硫化物石英脉阶段;第Ⅲ钾长石碳酸盐脉阶段。

## 2 含金石英脉石英中流体包裹体类型

### 2.1 猫岭金矿石英包裹体类型和特征

猫岭金矿第Ⅰ成矿阶段主要为渗透交代硅化作用,未见有包裹体;第Ⅱ成矿阶段为弯曲状多金属硫化物石英脉。石英中的原生包裹体主要呈串珠状、条带状成群分布,以气液二相包裹体为主,仅见少量单相液态包裹体,大小一般为 $2-4\mu\text{m}$ ,充填度为 $0.9-0.75$ ,个别为 $0.05-0.50$ ,形态为圆形、椭圆形、液滴形、蠕虫形。次生包裹体产于裂隙中,成线状分布。大部分为单相液态包裹体。第Ⅲ成矿阶段为含磁黄铁石英脉,石英中的原生包裹体呈串珠状成群分布,为气液二相,大小为 $1-2\mu\text{m}$ ,充填度为 $0.8-0.75$ ,形态为圆形、椭圆形、似长方形、不规则五角形。这些包裹体数量较多,大小差别不大。次生包裹体呈线状沿裂隙分布,其大小不一,主要是单相液态包裹体。

### 2.2 金厂沟金矿石英包裹体类型和特征

金厂沟金矿第Ⅱ成矿阶段多金属硫化物石英脉石英中的原生包裹体呈串珠状、带状成群分布,局部为线状排列,但未穿过石英颗粒界面,以气、液二相为主,还见有一些含液态 $\text{CO}_2$ 的三相包裹体,一般大小为 $5-6\mu\text{m}$ ,个别可达 $10\mu\text{m}$ ,充填度为 $0.65-0.60$ ,形态以似长方形、三角形、菱形、弯肘形为主,圆形、椭圆形次之。

## 3 成矿温度

### 3.1 猫岭金矿的成矿温度

猫岭金矿第Ⅰ成矿阶段弯曲状含金多金属硫化物石英脉的两个石英样品(样号1-3和33-1)的均一温度分别为 $325-472^\circ\text{C}$ 、 $227-355^\circ\text{C}$ ,1-3号样的爆裂温度为 $150-492^\circ\text{C}$ (表1),爆裂温度比均一温度高,包裹体均一于液相。第Ⅱ成矿阶段的平直状磁黄铁石英脉中的两个样品(样号1-4和33-2)的均一温度分别为 $218-339^\circ\text{C}$ 、 $225-357^\circ\text{C}$ ,爆裂温度分别为 $244-482^\circ\text{C}$ 、 $264-450^\circ\text{C}$ 。爆裂温度比均一温度高,均一于液相。猫岭金矿区西侧黄家营子金矿第Ⅰ成矿阶段含金多金属硫化物石英脉的石英流体包裹体均一温度为 $220-291^\circ\text{C}$ ,爆裂温度为 $154-540^\circ\text{C}$ ,爆裂温度比均一温度高,均一于液相。从以上数据可以看出,早期第Ⅰ成矿阶段流体包裹体有的是在超过水的临界温度( $374.1^\circ\text{C}$ )条件下均一的,说明该流体的临界温度增高,由此判断猫岭金矿第Ⅰ成矿阶段含矿流体 $\text{NaCl}$ 含量较高, $\text{CO}_2$ 含量相对略低,这一结论与所测包裹体中 $\text{NaCl}$ 成分的结果一致,因此猫岭金矿第Ⅰ成矿阶段含矿流体属 $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CO}_2$ 体系。

以上获得的均一温度,经对比表明,猫岭金矿、黄家营子金矿、金厂沟金矿的成矿温度均高于流体包裹体的均一温度(表1, $\Delta t$ 根据 $\Gamma\cdot\Gamma$ ·列姆列英与 $\Pi\cdot\text{B}$ ·克列弗佑夫的图解)。

猫岭金矿第Ⅰ成矿阶段含金石英脉的流体包裹体的爆裂温度的两个爆峰表明,成矿热液活动具有一定的脉动性(图1a),至少有两次亚阶段的成矿作用;第Ⅱ成矿阶段含金石英脉的流体包裹体的爆裂温度仅一个爆峰(图1b),成矿热液未见多次脉动性。金厂沟金矿的第Ⅰ主成矿阶段的流体包裹体的爆裂温度有三个爆峰(图1c),表明成矿热液具有较大的脉动性,流

体活动的次数越多,波动性越大,在爆裂温度曲线上显示的爆峰就越多,其矿体含金量就越高。

表1 辽南某些金矿含金石英脉石英流体包裹体温度测定结果

Table 1 Results of temperature determination of fluid inclusions from gold quartz vein in some gold deposits of southern Liaoning

样号	采 样 对 象	均一温度(°C)				盐度 (wt%)	爆裂温度 (°C)	捕获温度 (°C)	成矿温度 Th+ $\Delta t$ (°C)
		测温	温度	平均	均一				
		次数	范围	温度	状态				
1-3	猫岭金矿第Ⅰ成矿阶段石英脉	3	325—472	388	均一液相	2.71	150—492		381—513
33-1	猫岭金矿第Ⅰ成矿阶段石英脉	10	227—355	275	均一液相				327—405
1-4	猫岭金矿第Ⅲ成矿阶段石英脉	10	218—339	266	均一液相	2.38	244—482		326—394
33-2	猫岭金矿第Ⅲ成矿阶段石英脉	11	225—357	299	均一液相	3.27	264—450		325—407
7-4-1	黄家营子第Ⅰ成矿阶段石英脉	8	220—291	254	均一液相	1.90	154—540		336—407
5-3	金厂沟金矿第Ⅰ成矿阶段石英脉	10	269—464	334	均一液相	0.99	130—550	325—335	
5-7	金厂沟金矿第Ⅰ成矿阶段石英脉	10	228—299	266	均一液相			340—360	

测试单位:沈阳地质矿产研究所实验室

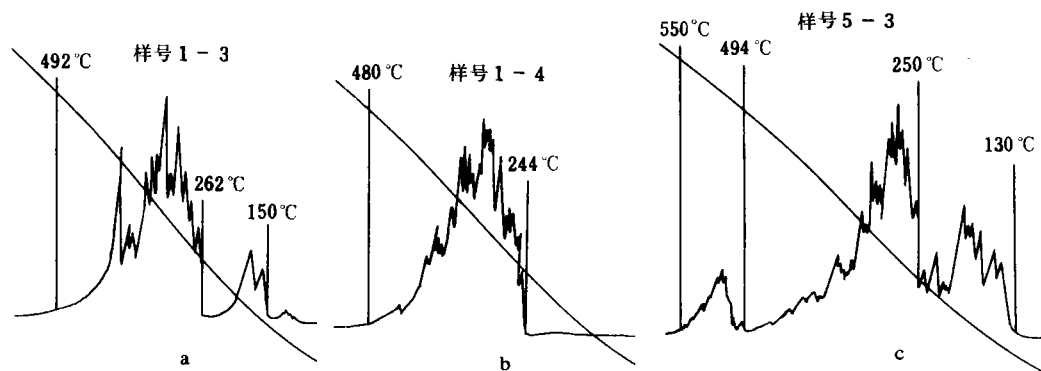


图1 流体包裹体的爆裂曲线

Fig. 1 The decrepitation curves of fluid inclusion

a, b—猫岭金矿; c—金厂沟金矿

a, b—Maoling goeddeposit c—Jinchanggou gold deposit

### 3.2 金厂沟金矿的成矿温度

金厂沟金矿第Ⅰ成矿阶段多金属硫化物石英脉石英流体包裹体(样品号5-3、5-7)的均一温度分别为269—464°C、228—299°C,均一于液相。5-3号样的爆裂温度为130—550°C,由此看出均一温度低于爆裂温度。早期流体包裹体的均一温度超过水的临界温度,表明流体中NaCl含量较高,这与包裹体的成分测定结果是一致的,并在原生包裹体中见有大量的CO<sub>2</sub>液

态包裹体。由此看出金厂沟金矿的含矿流体是一种  $H_2O-NaCl-CO_2$  体系。利用  $CO_2$  包裹体的部分均一温度和水溶液包裹体的均一温度可以求得 5-3 号样流体包裹体捕获时的温度, 该温度为  $325-335^\circ C$ , 可视为成矿温度。所以猫岭金矿、黄家营子金矿及金厂沟金矿的最初流体成矿时为中高温状态, 随着成矿作用进行降至中低温。

#### 4 成矿压力

##### 4.1 猫岭金矿的成矿压力

根据猫岭金矿成矿流体  $H_2O-NaCl-CO_2$  体系的等容线图<sup>[2]</sup>, 可求得该矿的均一压力(表 2)。猫岭金矿第 I 成矿阶段 1-3 号样的均一温度为  $325-472^\circ C$ , 盐度 2.71(wt%), 其相应的均一压力为  $500 \times 10^5-687 \times 10^5 Pa$ ; 第 III 成矿阶段 33-2 号样的均一温度为  $225-357^\circ C$ , 盐度 3.27(wt%), 相应的均一压力为  $604 \times 10^5-1222 \times 10^5 Pa$ ; 1-4 号样均一温度  $218-339^\circ C$ , 盐度 2.38(wt%), 相应的均一压力为  $656 \times 10^5-1310 \times 10^5 Pa$ ; 黄家营子金矿第 I 成矿阶段的均一温度  $220-291^\circ C$ , 盐度 1.90(wt%), 相应的均一压力  $770 \times 10^5-1290 \times 10^5 Pa$ 。猫岭金矿的剥蚀高度加上现在的矿体深度约为 0.5 英里。根据 G. C. 肯尼迪的均一温度与深度的压力改正数间的关系, 可求得相应的成矿压力(表 2)。

表 2 辽南某些金矿含矿流体的成矿压力值

Table 2 Ore-forming pressure values of ore fluid in some gold deposits of southern Liaoning

样号	采样对象	$CO_2$ 包体的部分 水溶液包体的		均一压力 ( $\times 10^5 Pa$ )	成矿压力 ( $\times 10^5 Pa$ )
		均一温度( $^\circ C$ )	均一温度( $^\circ C$ )		
1-3	猫岭金矿第 I 成矿阶段石英脉			500-687	512-699
33-1	猫岭金矿第 I 成矿阶段石英脉			604-1222	616-1234
1-4	猫岭金矿第 III 成矿阶段石英脉			656-1310	658-1322
7-4-1	黄家营子金矿第 I 成矿阶段石英脉			770-1290	782-1302
5-3	金厂沟金矿第 I 成矿阶段石英脉	21-27	248-260		1080-1235
5-7	金厂沟金矿第 I 成矿阶段石英脉	23-25	250-264		1340-1360

##### 4.2 金厂沟金矿的成矿压力

金厂沟金矿含矿流体是  $H_2O-NaCl-CO_2$  体系。根据含  $CO_2$  液态三相包体(气相、液态  $CO_2$ 、水溶液)的  $CO_2$  部分均一温度(表 2)、水溶液包体的均一温度求得相应成矿压力(表 2, 卢焕章, 1984, 用  $CO_2$  包裹体测定压力)。

含矿流体在成矿过程中, 流体压力逐渐升高。猫岭金矿第 I 成矿阶段成矿压力比第 III 成矿阶段成矿压力低, 位于猫岭金矿西侧的黄家营子金矿, 在相同的第 I 成矿阶段, 其成矿温度比猫岭金矿的平均成矿温度低, 但成矿压力比猫岭金矿的平均成矿压力高, 二个金矿相距仅 0.8km, 但温度差和压力差明显。由此推断, 含矿热液先到达猫岭金矿区, 后运移至黄家营子金矿。研究表明, 二个矿床含矿热液为同源, 矿源距猫岭金矿较近的深部。而在向上运移过程中分成两股, 分别向猫岭矿区和黄家营子矿区流动, 所以热液经过距离相对短的猫岭金矿温度略高, 压力略低, 而矿液运移距离相对较远的黄家营子金矿的温度略低, 压力略高。

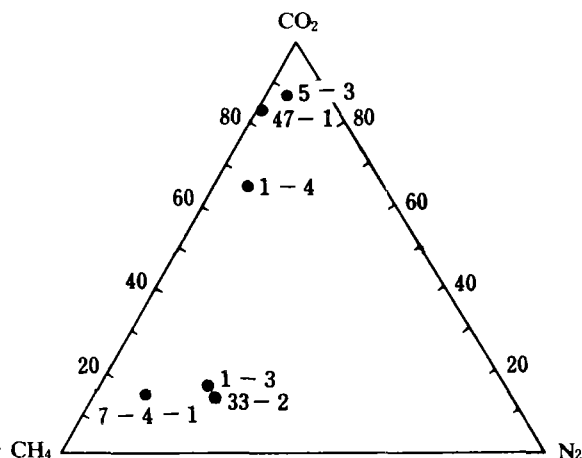


图2 猫岭金矿、黄家营子金矿和金厂沟金矿的流体包裹体  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2$  组分变化图

Fig. 2 Variation diagram of components  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  and  $\text{N}_2$  of fluid inclusions from the Maoling, Huangjia yingzi and Jinchanggou gold deposits (图中样号见表3, 47-1号为外圈金矿)

有变化。黄家营子金矿与猫岭金矿相比流体包裹体中的气相成分  $\text{H}_2\text{O}$  增多, 而其它成分则减少。金厂沟金矿的含矿流体和猫岭金矿的含矿流体为二种不同的流体系列<sup>[3]</sup>(图2)。金厂沟金矿含矿流体富  $\text{CO}_2$ , 贫  $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2$ , 而猫岭金矿的含矿流体相对富  $\text{CH}_4$ , 而贫  $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ 。

包体  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  值与含金石英脉的金含量具正相关关系, 该值增大, 含金石英脉的金含量增高, 表明成矿流体中的  $\text{CO}_2$  含量增高对金的沉淀有利, 这一规律对寻找富矿体有一定的指导意义。

## 5.2 流体包裹体的液相成分

猫岭金矿第 I 成矿阶段多金属硫化物石英脉中的石英包裹体溶液离子成分(表4)以  $\text{Cl}^-$  和  $\text{Na}^+$  为主,  $\text{Cl}^-$  为 0.532mol,  $\text{Na}^+$  为 0.477mol, 其次是  $\text{K}^+$  为 0.380mol,  $\text{SO}_4^{2-}$  为 0.132mol 和  $\text{F}^-$  为 0.115mol, 而  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  较少。在阳离子组分中  $\text{Na}^+$  占 52%、 $\text{K}^+$  占 41%、 $\text{Ca}^{2+}$  占 4%、 $\text{Mg}^{2+}$  占 2%, 克离子分数  $X_{\text{Na}^+} > X_{\text{K}^+} > X_{\text{Ca}^{2+}} > X_{\text{Mg}^{2+}}$ 。猫岭金矿第 III 成矿阶段磁黄铁石英脉的石英包裹体溶液的离子以  $\text{Cl}^-$  和  $\text{Na}^+$  为主,  $\text{Cl}^-$  为 0.543—0.579mol,  $\text{Na}^+$  为 0.417—0.607mol。其次是  $\text{Ca}^{2+}$  为 0.112—0.185mol、 $\text{K}^+$  为 0.075—0.130mol、 $\text{SO}_4^{2-}$  为 0.066—0.121mol, 而  $\text{F}^-$  和  $\text{Mg}^{2+}$  较少。阳离子组分中  $\text{Na}^+$  占 61%—70%、 $\text{K}^+$  占 7%—19%、 $\text{Ca}^{2+}$  占 16%—21%、 $\text{Mg}^{2+}$  占 2%—3%, 克离子分数  $X_{\text{Na}^+} > X_{\text{Ca}^{2+}} > X_{\text{K}^+} > X_{\text{Mg}^{2+}}$ 。猫岭金矿西侧黄家营子金矿第 I 成矿阶段多金属硫化物石英中的包裹体溶液离子成分以  $\text{Cl}^-$  和  $\text{Na}^+$  为主,  $\text{Cl}^-$  为 0.331mol、 $\text{Na}^+$  为 0.332mol, 其次是  $\text{SO}_4^{2-}$  为 0.089mol、 $\text{F}^-$  为 0.060mol、 $\text{K}^+$  为 0.054mol, 而  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  较少。阳离子组分中  $\text{Na}^+$  占 78%、 $\text{K}^+$  占 13%、 $\text{Mg}^{2+}$  占 3%、 $\text{Ca}^{2+}$  占 2%, 克离子分数  $X_{\text{Na}^+} > X_{\text{K}^+} > X_{\text{Mg}^{2+}} > X_{\text{Ca}^{2+}}$ 。

## 5 流体包裹体成分

### 5.1 流体包裹体的气相成分

猫岭金矿的石英流体包裹体的气相成分见表3, 其中, 第 I 成矿阶段的弯曲状多金属硫化物石英(1-3号样)以  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}$  为主,  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2$  次之,  $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$  少量; 第 III 成矿阶段平直状磁黄铁石英脉石英中(1-4、33-2号样)主要为  $\text{H}_2\text{O}$ , 其次是  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$ , 少量  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  和微量的  $\text{O}_2$ 。猫岭金矿西侧黄家营子金矿第 I 成矿阶段弯曲状多金属硫化物石英脉(相当猫岭第 I 成矿阶段)石英中(表3)主要为  $\text{H}_2\text{O}$ , 其次是  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$ , 少量  $\text{CO}$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ , 微量  $\text{O}_2$ 。以上说明, 猫岭金矿随着成矿作用的进行  $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2$  的摩尔百分数降低,  $\text{H}_2\text{O}$  的摩尔百分数增高。同一成矿阶段不同部位的流体包裹体中的气相成分也

表 3 辽南某些金矿床含金石英脉流体包裹体气相成分分析结果

Table 3 Gas components of fluid inclusions in gold quartz vein of some gold deposits in southern Liaoning

样号	采 样 对 象	含量(mg/g 石英样品)										含量(mol%)					
		CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO		
1-3	猫岭金矿第Ⅰ阶段石英脉	14.772	228.00	0.229	0.836	5.50	5.199	22.083	2.3	87.64	0.796	0.18	1.36	2.25	5.46		
1-4	猫岭金矿第Ⅱ阶段石英脉	31.099	509.2	0.151	/	2.833	5.124	4.667	2.38	95.38	0.26	/	0.34	1.08	0.56		
33-2	猫岭金矿第Ⅲ阶段石英脉	10.884	345.8	0.205	/	4.50	3.617	8.583	1.22	94.85	0.51	/	0.79	1.12	1.52		
7-4-1	黄家营子金矿	9.310	528.2	0.130	0.454	2.917	8.704	5.333	0.69	96.30	0.21	0.04	0.34	1.79	0.62		
5-3	金厂沟金矿	136.834	1569.4	0.147	0.550	2.667	5.087	5.50	3.40	95.83	0.08	0.01	0.01	0.35	0.22		

测试单位:沈阳地质矿产研究所实验室

表 4 辽南某些金矿床含金石英脉水萃取液化学分析结果

Table 4 Chemical analysis of extracting solution from gold quartz vein of some gold deposits in southern Liaoning

样号	采 样 对 象	含量(mg/g 石英样品)										重量(mol%)					
		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>	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>		
1-3	猫岭金矿第Ⅰ阶段石英脉	3.39	2.50	0.36	0.12	0.50	4.30	2.9	0.380	0.477	0.039	0.022	0.115	0.532	0.132		
1-4	猫岭金矿第Ⅱ阶段石英脉	2.59	4.88	2.29	0.29	0.20	9.80	5.9	0.130	0.417	0.112	0.023	0.020	0.543	0.121		
33-2	猫岭金矿第Ⅲ阶段石英脉	1.01	4.83	2.57	0.14	0.20	7.10	2.2	0.075	0.607	0.185	0.017	0.030	0.579	0.066		
7-4-1	黄家营子金矿第Ⅰ阶段石英脉	1.12	4.03	0.21	0.37	0.60	6.20	4.5	0.054	0.332	0.010	0.029	0.060	0.331	0.089		
5-3	金厂沟金矿	0.80	11.79	0.07	0.12	0.80	9.50	3.6	0.013	0.327	0.001	0.003	0.027	0.171	0.024		

测试单位:沈阳地质矿产研究所实验室

金厂沟金矿多金属硫化物石英脉中的包裹体溶液离子成分(表4)以  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  为主,  $\text{Na}^+$  为 0.327mol,  $\text{Cl}^-$  为 0.171mol, 其次是  $\text{SO}_4^{2-}$  为 0.024mol,  $\text{F}^-$  为 0.027mol,  $\text{K}^+$  为 0.013mol, 而  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  较少。在阳离子组分中  $\text{Na}^+$  占 95%、 $\text{Mg}^{2+}$  占 9%、 $\text{K}^+$  占 4%、 $\text{Ca}^{2+}$  占 0.4%, 离子分数  $X_{\text{Na}^+} > X_{\text{Mg}^{2+}} > X_{\text{K}^+} > X_{\text{Ca}^{2+}}$ 。

猫岭金矿流体包裹体的离子  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  含量较低(表4),  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$  比值为 0.11—0.25 亦较低, 显示了成矿热液具有岩浆热液的特点, 但  $\text{Cl}^-/\text{F}^-$  比值为 4.65—27.15 又略高, 此为地下热卤水的特点。据此推测猫岭金矿的成矿热液具有以岩浆热液为主并混入一定量地下热卤水的特征。

金厂沟金矿的含矿流体的离子  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  含量低(表4),  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$  比值为 0.14, 亦较低, 属岩浆热液作用的特点, 而  $\text{Cl}^-/\text{F}^-$  比值为 6.38(表5), 属地下水热液的特征, 同时, 矿体成矿年龄与矿区内一较大的中生代似斑状花岗岩体的年龄近一致, 由此说明, 成矿热液来自岩浆, 但在成矿过程中有地下水的混入, 因此, 金厂沟金矿成因同猫岭金矿。

表5 辽南某些金矿床含金石英脉流体包裹体部分成分的比值

Table 5 Ratio values of some components of fluid inclusions in gold quartz vein of some gold deposits in southern Liaoning

样号	$\text{Na}^+/\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$	$\text{Cl}^-/\text{F}^-$	$\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$	$\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$	$\text{Au}(10^{-6})$
1-3	1.27	1.72	4.65	0.25	0.026	8.14
1-4	3.21	4.87	27.15	0.22	0.025	0.097
33-2	8.09	10.88	19.3	0.11	0.013	—
7-4-1	6.15	0.34	5.47	0.27	0.007	1.68
5-3	25.15	0.33	6.38	0.14	0.035	35.87

该表样号和地点与表4相同

## 6 成矿热液的 $R$ 值、矿化度、 $\text{pH}$ 值、盐度

猫岭金矿的第Ⅰ成矿阶段热液流体的氧化还原系数  $R$  值 ( $R = \frac{\text{CO} + \text{CH}_4 + \text{H}_2}{\text{CO}_2}$ ) 较高, 为 3.69(表6), 第Ⅲ成矿阶段热液流体的  $R$  值平均为 2.55; 黄家营子金矿  $R$  值为 3.79 以上, 金矿还原系数  $R$  值高, 为强还原环境。金厂沟金矿的  $R$  值低, 为 0.19 属强氧化环境。

猫岭金矿等3个金矿床流体包裹体的  $\text{pH}$ (根据  $\text{P}_{\text{CO}_2}$  分压、 $\text{NaCl}$  浓度计算)与矿化度( $\text{Mc g/l}$ )存在一定的关系(表6), 即成矿热液的酸度加大, 矿化度增高, 如猫岭金矿的第Ⅰ成矿阶段1-3号样  $\text{pH}$  为 6.4 时, 其矿化度为 15.27( $\text{Mc g/l}$ ); 猫岭金矿第Ⅲ成矿阶段1-4号样的  $\text{pH}$ (中值)为 4.115 时, 其矿化度增高至 25.95。金厂沟金矿的成矿热液  $\text{pH}$ (中值)为 4.02, 其矿化度为 26.86( $\text{Mc g/l}$ )。

猫岭等3个金矿的成矿热液盐度均低, 为低盐度成矿。猫岭金矿第Ⅰ至第Ⅲ成矿阶段的含矿流体的温度随着盐度的略微降低, 呈明显下降的趋势(图3), 当温度降至 260℃ 左右时, 盐度则下降更为明显。说明温度对盐度的控制在幅度上是有变化的。

表 6 辽南某些金矿流体包裹体特征指数

Table 6 Characteristic indexes of fluid inclusions of some gold deposits in southern Liaoning

样号	采样地点	R	矿化度(g/l)	pH
1-3	猫岭金矿体第Ⅰ阶段矿石	3.69	15.27	6.40
1-4	猫岭金矿体第Ⅱ阶段矿石	0.79	25.95	3.72—4.51
33-2	猫岭金矿体第Ⅲ阶段矿石	4.22	18.05	5.1—5.87
7-4-1	黄家营子金矿体第Ⅰ阶段矿石	3.79	17.05	6.40
5-3	金厂沟金矿	0.19	26.86	4.00—4.04

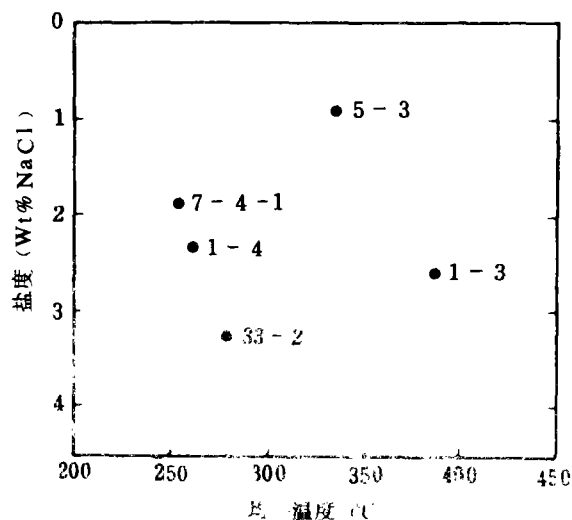


图 3 流体包裹体的均一温度与盐度关系图

Fig. 3 Diagram of salinity versus homogenization temperature of fluid inclusions

(图中样号见表 1)

## 7 参考文献

- 1 何知礼. 包体矿物学. 地质出版社, 1982.
- 2 Teresa Suter Bowers and Harold C. Helgeson. Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of nonideal mixing in the systems  $H_2O-CO_2-NaCl$  on phase relations in geologic systems; metamorphic equilibria at high pressures and temperatures. *American Mineralogist*, 1983, 68, 1059—1075.
- 3 Kavaliers I, Walshe J L, Halley S. Dome-related gold mineralization in the Pani volcanic complex, North Sulawesi, Indonesia: A study of geologic relation, fluid inclusions, and chlorite compositions. *Economic Geology*, 1990, 85(6): 1208—1225.



## HYDROTHERMAL ORE—FORMING SOLUTION OF SOME GOLD DEPOSITS IN SOUTHERN LIAONING STUDIED WITH FLUID INCLUSION

Jia Bin

(Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources)

### Abstract

Maoling gold deposit occurs in the second member of the Gaixian Formation of Proterozoic Liaohe group. In the mining area there is Indosinian porphyritic—like granite. The Mineralization of the Maoling gold deposit can be divided into four stages. Inclusions are present in mineralization stage I and III as primary two phase inclusions about  $4\mu\text{m}$  in size. In Maoling gold deposit metallogenetic temperature and pressure ranges respectively from  $327^\circ$  to  $513^\circ\text{C}$  and  $512\times 10^5$  to  $1234\times 10^5$  Pa in the stage I, from  $325^\circ$  to  $407^\circ\text{C}$  and from  $668\times 10^5$  to  $1322\times 10^5$  Pa in the stage III. The metallogenetic temperature in Huangjiayingzhi gold deposit 0.8km east to Maoling gold deposit ranges from  $325^\circ$  to  $407^\circ\text{C}$ , and the pressure from  $782\times 10^5$  to  $1302\times 10^5$  Pa. The ore fluid of the Maoling gold deposit and the Huangjiayingzhi gold deposit is regarded to be of  $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CO}_2$  system. The Jinchanggou gold deposit occurs in the contact zone of the first member of the Gaixian Formation of Liaohe group with a porphyritic—like granite. The mineralization can be divided into three stages. The gold mineralization is dominantly in stage I. Its primary fluid inclusion consists mainly of two—phase inclusion and three—phase gas,  $\text{H}_2\text{O}$  and liquid  $\text{CO}_2$  inclusion. The two sorts of inclusion are about 5 to  $6\mu\text{m}$  in size. The metallogenetic temperature ranges from  $325-335^\circ\text{C}$  and the pressure from  $1080\times 10^5$  to  $1360\times 10^5$  Pa. The ore fluid is of  $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CO}_2$  system. The amount of peaks of decrepitation temperature curve of the fluid inclusions is in positive correlation with Au content of gold quartz vein. Molarity of gas components  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$  of the fluid inclusions in the Maoling gold deposit is reducing with mineralization evolution.  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  value of fluid is in positive correlation with and  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$  value of fluid inclusions is negative correlation with Au content of gold quartz vein. We could deduce from the content of  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  and  $\text{Ca}^{2+}$ , the value of  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$  and  $\text{Cl}^-/\text{F}^-$  ratio, and geological setting that the ore fluid is composed mainly of magmatic water mixed with groundwater and that it is of low salinity, low acidity and strong reduction environment in the Maoling and Huangjiayingzhi gold deposits, and low salinity, high acidity and strong oxidation environment in Jinchanggou gold deposit.

**Key words** gold deposit inclusion hydrothermal feature

作者简介 贾斌男, 1957年生, 1982年毕业于长春地质学院地质矿产专业, 现任沈阳地质矿产

研究所工程师,从事金矿地质研究工作。通讯地址:沈阳市北陵大街25号 沈阳地质矿产研究所。邮政编码:110032。

## 南非克雷德方丹火山杂岩体中碳酸盐质 火山碎屑岩中的表生金

克雷德方丹火山杂岩体直径近5km,为一著名的保存较好的碳酸盐岩破火山口,是中生代—古生代形成的Bushveld杂岩体的西半部。克雷德方丹杂岩体形成于两个明显的喷发事件中,早期事件形成响岩、粗面熔岩和火山碎屑岩;后期事件导致火成碳酸盐岩的喷发及岩脉和岩颈的侵入。这种火成碳酸盐岩常与碱性交代岩伴生。

在含铁的火成碳酸盐火山灰—熔结凝灰岩中,金富集可达 $40 \times 10^{-9}$ 。风化作用导致岩石中Fe、Mn、Y、Au异常富集。在金属元素富集的风化剖面中,自上而下有上部带(0—55m)、粘土—杂色带(55—80m),Fe富集于上部带。在这两个带内,Mn、Y与Au呈相应的同步关系,金可达到 $100 \times 10^{-9}$ — $160 \times 10^{-9}$ 。在低于80m的剖面上,Mn、Y、Au分别急剧下降到2%、 $<100 \times 10^{-9}$ 和 $50 \times 10^{-9}$ 。

矿物学研究表明,在已风化的火成碳酸盐质火山灰—凝灰岩中,金的富集伴生硫化物(主要为黄铁矿)的分解,硫化物在未风化凝灰岩中呈浸染状分布,渗滤水促使其发生氧化作用,随硫化物中 $\text{Fe}^{2+}$ 含量减少,继而形成铁的氢氧化物(如针铁矿)。风化作用导致环境pH值降低,促进金的溶解。在铁的氢氧化物存在的部位,金又发生沉淀。这种现象已被金与铁的氢氧化物密切伴生或局部交生所证实。

译自《29th IGC ABSTRACTS》Vol. 3 of 2 1992

作者 Franco Pirajno, et al.

译者 王海俊