

湖南湘西金矿及外围石英脉包裹体  
特征与石英脉含金性研究<sup>①</sup>

陈梦熊

(有色金属矿产地质调查中心, 北京 100814)

**摘要:**以湖南湘西金矿及其外围(东部)脉石英为例,研究了脉石英包裹体的气、液相成分特点,提出包裹体中的 $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$ 及离子总浓度( $\Sigma_i$ )可作为评价石英脉含金性的标志,并总结出石英脉含金性评价的矿物学特征,预测了湘西金矿外围四个工作区的成矿远景。

**关键词:**金矿床;石英脉含金性;包裹体成分特征;湖南湘西

**中图分类号:**P618.51 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-5663(2003)04-0519-04

## 1 矿区地质概况

矿区及外围(东部)位于雪峰山弧型隆起带由NE向转为EW向转折部位的南东侧,该隆起带地层主要是元古代冷家溪群和板溪群的浅变质岩系,矿床赋存于板溪群马底驿组与五强溪组分界面附近的沃溪EW向压扭性断裂下盘的多条带层间破碎带内。无岩浆岩出露。

工作区内石英脉分布广,数量多,主要产于板溪群马底驿组的青灰色板岩中,有层间脉、节理脉和网脉三种。本文仅以层间脉为主要研究对象。石英脉的矿物组成主要是石英,其次是黄铁矿、褐铁矿、方解石、白云石、白钨矿及自然金等。具有块状、条带状、梳状、浸染状构造和自形、半自形、它形粒状及斑状变晶结构。蚀变类型有硅化、黄铁矿化、褐铁矿化、碳酸盐化和绿泥石化等。

## 2 石英包裹体的一般特征

石英中包裹体较小,多数小于 $1.5\mu\text{m}$ ,少数为 $2\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ ,个别可达 $8\mu\text{m}\sim 12\mu\text{m}$ 。有气液包裹体和纯液体包裹体两种。气液包裹体稍大,一般为 $0.5\mu\text{m}\sim 2\mu\text{m}$ ,气液比为 $10\%\sim 20\%$ ,个别可达 $25\%\sim$

$30\%$ 。呈浅黄色、黄色、浅绿色、绿色、无色、灰白色、灰蓝色及浅橙红色。形状规则,一般呈长柱状、短柱状、透镜状、水滴状及哑铃状等。液体包裹体比气液包裹体稍小,一般为 $0.5\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ ,为淡绿色、绿色、浅黄色等。多为球状、柱状,常呈定向排列。石英中毕姆带发育,其中产于黄竹界和徐家院者尤甚,此两小区包裹体较大,为 $0.6\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ ;而唐家溪和明月山者较小,为 $0.5\mu\text{m}\sim 2.5\mu\text{m}$ 。

由表1可知,层间脉石英形成的均一温度比较高,为 $170^\circ\text{C}\sim 234^\circ\text{C}$ ,最佳温度为 $177^\circ\text{C}\sim 226^\circ\text{C}$ ,平均为 $187^\circ\text{C}\sim 214^\circ\text{C}$ ,是金矿化有利的物化条件之一。晚期形成的节理脉石英均一温度较低,为 $148^\circ\text{C}\sim 202^\circ\text{C}$ ,最佳温度为 $160^\circ\text{C}\sim 193^\circ\text{C}$ ,平均为 $169^\circ\text{C}\sim 186^\circ\text{C}$ 。

表1 湘西金矿外围脉石英包裹体均一温度

Table 1 Homogenization temperature of inclusion in quartz from the periphery of

Xiangxi Gold Deposit 单位:  $^\circ\text{C}$ 

石英脉类型	样品数	平均温度	最佳温度	温度范围
层间脉	6	187~214	177~226	170~234
节理脉	2	169~186	160~193	148~202

① 收稿日期:2003-03-10 作者简介:陈梦熊(1960-),男,有色金属矿产地质调查中心,硕士,高级工程师,主要从事矿床地质、矿物学研究、地质勘查技术管理工作。

### 3 石英包裹体的成分特征与石英脉的含金性

#### 3.1 石英包裹体气相成分特征与石英脉含金性

从表 2 中我们可以总结出湘西金矿及其外围含金石英的包裹体气相成分特征:

(1) 包裹体中气相成分以  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  及  $\text{N}_2$  为主, 有少量  $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_2$ 、 $\text{CO}$ , 无  $\text{C}_2\text{H}_6$ 。

(2)  $\text{CO}_2$  含量与石英脉含 Au 呈正相关关系, 相关系数为 0.57, 表明  $\text{CO}_2$  含量高则金品位也高。统计

表明,  $w(\text{CO}_2) > 75 \times 10^{-6}$  为含金石英, 反之为贫金或不含金石英。

(3)  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  比值与石英脉含 Au 关系密切, 相关系数为 0.59, 金品位随比值增大而升高。统计表明,  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O} > 0.04$  为含金石英, 反之为贫金或不含金石英。

(4)  $\text{CO}_2/(\text{CH}_4 + \text{H}_2)$  比值与石英脉含 Au 也呈正相关趋势。

(5) 含金石英脉无  $\text{O}_2$ , 贫金或不含金石英有  $\text{O}_2$  ( $w(\text{O}_2)$  为  $1.580 \times 10^{-6} \sim 2.478 \times 10^{-6}$ )。

表 2 石英包裹体气相成分分析结果

Table 2 Results of gas analysis of inclusion in quartz

矿区	样号	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{N}_2$	$\text{H}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_2$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{CO}$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{Au}$
		$(w_B/10^{-6})$									$\text{H}_2\text{O}$	$(\text{CH}_4 + \text{H}_2)$	$(\text{g/t})$
外	■-6-2	290.627	2094	24.01	1.29	痕	0	0	痕	0	0.14	217.69	12.073
	I-1-2	247.772	2010	129.23	0.19	1.47	0	0	痕	0	0.12	147.44	0.700
	I-18-4	294.777	2252	50.53	1.66	痕	0	0	痕	0	0.13	172.89	0.300
	■-7	99.834	1711	30.27	0.80	痕	0	0	痕	0	0.06	118.43	0.042
	I-V <sub>7</sub> -3-2	74.203	1551	31.07	0.38	痕	痕	0	痕	0	0.03	173.78	0.011
	N-15-3	74.208	2775	61.49	0.34	痕	0	0	痕	1.58	0.03	192.25	0.009
	■-3	66.589	1010	25.95	0.38	痕	0	0	痕	0	0.06	175.23	0.012
	N-6	64.980	1851	51.67	0.44	痕	痕	0	痕	2.48	0.04	135.09	0.009
	I-2-1	47.521	1575	30.29	0.41	0.73	0	痕	痕	0	0.03	41.69	0.010
	N-10	37.829	1073	44.19	0.40	0.48	痕	0	痕	1.95	0.04	42.75	0.005
湘西金矿	Q-硫化物-Au	142	2620	7.4	0.1	0.28			痕	0	0.054	373.68	含金
	Q-硫化物-Au	142	2850	17.5	0.2	0.5			0.7	0	0.050	202.86	含金
	Q-硫化物-Au	88	2180	14.4	0.2	0.2			痕	0	0.040	219.00	含金
	Q-硫化物-Au	88	2800	8.8	0.2	0.4			痕	0	0.031	146.67	含金
	贫矿	34	2240	3.8	0.3	0.6			痕	痕	0.015	37.78	不含金
	含金石英 <sup>1)</sup>	316.48	3757		0.4	痕				0	0.084	712.80	含金

1) 据文献[3]、[1]

表 3 湘西金矿及其外围脉石英包裹体中  $\text{CO}_2$  及有关比值

Table 3  $\text{CO}_2$  content and ratio concerned of inclusion in vein quartz from Xiangxi Gold Deposit and periphery

工作区	$\text{CO}_2$ ( $10^{-6}$ )	$\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2/(\text{CH}_4 + \text{H}_2)$	备注
唐家溪(I)	147.647	0.0765	95.670	2个样品平均值
黄竹界(I)	184.490	0.0805	173.335	2个样品平均值
徐家院(II)	152.350	0.0877	165.013	3个样品平均值
明月山(N)	59.006	0.0347	123.363	3个样品平均值

工作区的成矿预测: 由表 3 所示, 徐家院和黄竹

界脉石英包裹体中的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2/(\text{CH}_4 + \text{H}_2)$  都比较高; 唐家溪次之; 明月山最低。由此, 可预测金矿化富集程度由大到小为: 徐家院和黄竹界 → 唐家溪(含旧田冲) → 明月山。

#### 3.2 包裹体液相成分特征与含金性

从表 4 中可以总结出湘西金矿及其外围含金石英的包裹体液相成分特征:

(1) 液相成分以  $\text{Na}^+ > \text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^- > \text{F}^-$  为共同特点, 但外围  $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{K}^+ + \text{Na}^+) > 1$  (为 1.07 ~ 7.10), 矿区  $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{K}^+ + \text{Na}^+) < 1$  (为 0.26 ~ 0.55)。由此可见矿区富  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , 外围富  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , 这与湘西金矿由西到东矿物成分中的  $\text{CaO}$  的增加相一致。同时, 外围  $\text{Ca}^{2+} >$

$\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^- > \text{F}^- > \text{HCO}_3^-$ 。因此, 外围热液的性质以  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  为主,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{F}^-$  次之。

(2)  $\text{HCO}_3^-$  与石英脉含 Au 之间关系密切, 相关系数为 0.825, 线性回归方程  $\text{Au} = -1.3395 + 0.9695 \text{HCO}_3^-$ , 表明  $\text{HCO}_3^-$  含量越高, 金也越高。有  $w(\text{HCO}_3^-) > 1.2 \times 10^{-6}$  为含金石英, 反之为贫金或不含金石英之特征。

(3)  $\text{HCO}_3^- / \text{Cl}^-$  比值与石英脉含 Au 之间也有很好的相关关系, 相关系数为 0.985, 线性回归方程  $\text{Au} = -0.9688 + 1.9240 \text{HCO}_3^- / \text{Cl}^-$ , 表明  $\text{HCO}_3^- /$

$\text{Cl}^-$  比值含量越高, 金也越高。有  $\text{HCO}_3^- / \text{Cl}^- > 0.4$  为含金石英, 反之为贫金或不含金石英之特征。

(4) 石英包裹体液相成分中离子总浓度 ( $\Sigma\text{I} = \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{F}^- + \text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-$ ) 与石英脉含 Au 含量关系较密切, 相关系数为 0.714, 线性回归方程  $\text{Au} = -5.4066 + 0.7564 \Sigma\text{I}$ 。  $\Sigma\text{I} > 8 \times 10^{-6}$  为含金石英, 反之为贫金或不含金。

(5) 矿化热液的 pH 值为 5.57~5.90, 平均为 5.72, 属弱酸性, 是金的沉淀、富集有利物化条件之一。

表 4 石英包裹体液相成分分析结果

Table 4 Results of liquid analysis of inclusion in quartz

矿区	样号	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	总浓度	pH	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Au
		ΣI									K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	(g/t)
		(w <sub>B</sub> /10 <sup>-6</sup> )													
外	Ⅱ-6-2	0.10	0.51	2.16	0.04	1.50	1.53	10.05	15.89	5.90	5.10	6.569	54.0	1.02	12.073
	I-1-2	0.21	0.52	1.10	0.04	1.16	4.30	6.85	14.18	5.57	2.48	1.593	27.5	3.71	0.700
	Ⅱ-18-4	0.04	0.40	0.43	0.04	1.62	3.82	3.39	9.74	5.78	10.00	0.887	10.8	2.36	0.300
	I-2-1	0.10	0.30	0.42	0.09	1.18	2.42	1.67	6.18	5.80	2.82	0.690	4.7	2.05	0.099
	Ⅱ-7	0.12	0.20	2.18	0.04	1.43	2.70	1.84	8.51	5.68	1.67	0.682	54.5	1.89	0.042
	Ⅱ-V7-3-2	0.16	0.30	2.10	0.09	1.38	2.79	1.11	7.93	5.86	1.88	0.398	23.3	2.02	0.011
	N-15-3	0.20	1.12	2.17	0.02	1.22	3.08	0.74	8.55	5.58	5.60	0.240	108.5	2.52	0.009
	N-6	0.04	0.21	1.13	0.06	1.45	1.00	0.30	4.18	5.62	5.25	0.300	18.8	0.69	0.009
围	N-10	0.10	0.21	2.18	0.02	1.31	2.71	0.15	6.68	5.67	2.10	0.055	109.0	2.07	0.005
	平均	0.12	0.42	1.54	0.05	1.36	2.71	2.90	9.09	5.72	4.10	1.268	45.7	2.04	
湘西金矿	Q-S-Au	17.8	24.7	10.5	1.5	2.1	24.0				1.39		7.00	11.43	含金
	Q-S-Au	17.4	18.2	12.8	6.7	1.9	34.4				1.05		1.91	18.11	含金
	Q-S-Au	20.8	17.2	12.8	4.6	1.5	25.0				0.83		2.78	16.67	含金
	Q-S-Au	9.2	21.9	7.8	0.4	1.7	14.1				2.38		19.50	8.29	含金
	贫矿	27.2	18.4	59	7.4	1.5	22.5				0.68		7.97	15.00	贫金
	平均 <sup>1)</sup>	18.5	20.1	20.6	4.1	1.7	24.0				1.27		7.83	13.90	

注: 1) 据文献[3]

(6) 由表 4 还可知, 湘西金矿外围脉石英包裹体中的液相成分比矿区普遍要低, 除  $\text{F}^-$  含量比较稳定外, 其他成分相差甚远, 如  $\text{K}^+$  比矿区低 99~230 倍,  $\text{Na}^+$  低 21~81 倍,  $\text{Ca}^{2+}$  低 5~8 倍,  $\text{Mg}^{2+}$  低 20~74 倍,  $\text{Cl}^-$  低 8~14 倍。由此可见外围与矿区的热液组分有差异, 预测外围成矿远景比矿区差。

(7) 由表 5 所示, 从四个工作区的脉石英包裹体中  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_3^- / \text{Cl}^-$  及离子总浓度  $\Sigma\text{I}$  特征比较可知, 以徐家院和黄竹界的含量高、比值大, 而唐家溪和明月山都较低, 同时结合前述  $w(\text{HCO}_3^-) > 1.2 \times$

表 5 湘西金矿外围脉石英包裹体中  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\Sigma\text{I}$  及比值

Table 5  $\text{HCO}_3^-$  content,  $\Sigma\text{I}$  and their ratio of inclusion in vein quartz from the periphery of Xiangxi Gold Deposit

工作小区	$\text{HCO}_3^- (10^{-6})$	$\text{HCO}_3^- / \text{Cl}^-$	$\Sigma\text{I} (10^{-6})$	成矿远景
唐家溪(I)	1.26	0.444	7.18	较好
黄竹界(I)	2.25	0.643	8.84	好
徐家院(Ⅱ)	4.16	2.472	10.54	最好
明月山(N)	0.40	0.198	6.47	最差

$10^{-6}$ 、 $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^- > 0.4$  及  $\Sigma\text{I} > 8 \times 10^{-6}$  为含金石英特征。故预测成矿远景大小为:徐家院→黄竹界→唐家溪(含旧田冲)→明月山。

### 3.3 机理分析

金矿床的形成与热液活动密切相关,  $\text{H}_2\text{O}$  是热水溶液的主要成分, 是一种活动介质,  $\text{H}_2\text{O}$  和碳酸盐中的  $\text{CO}_2$  气体在金的迁移、沉淀和矿化富集过程中起重要作用。因此, 金矿床石英包裹体中  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$  的含量能够反映金的矿化信息。

$\text{CO}_2$  在矿化热水溶液中具有增强水的活泼及改变沉淀介质的 pH 值作用, 从而促进了矿质的迁移和沉淀。由于工作区的金矿化是以碱性络合物  $\text{Na}_3[\text{AuS}_2]$ 、 $\text{Na}[\text{AuS}_2]$  的形式迁移的<sup>[5]</sup>, 它们在碱性溶液中较稳定, 而在酸性溶液中易分解, 故随着成矿溶液由深部到浅部的温度降低,  $\text{CO}_2$  溶解度增加, 从而使热液的 pH 值降低(由中性到弱酸性), 最终使金的络合物解体, 金沉淀下来, 所以  $\text{CO}_2$  增加有利于金的成矿。

## 4 结论

综上所述, 工作区石英脉含金性评价的矿物学特征有:

(1)  $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$  及离子总浓度( $\Sigma\text{I}$ )与石英脉含 Au 之间呈正相关关系, 相关系数分别为 0.57、0.825、0.59、0.985 及 0.714。

(2) 含金与不含金石英脉的判别标志为  $w(\text{CO}_2)$

$> 75 \times 10^{-6}$ 、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O} > 0.04$ 、 $w(\text{HCO}_3^-) > 1.2 \times 10^{-6}$ 、 $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^- > 0.4$ 、 $w(\Sigma\text{I}) > 8 \times 10^{-6}$  为含金石英,  $w(\text{CO}_2) < 75 \times 10^{-6}$ 、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O} < 0.04$ 、 $w(\text{HCO}_3^-) < 1.2 \times 10^{-6}$ 、 $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^- < 0.4$ 、 $w(\Sigma\text{I}) < 8 \times 10^{-6}$  为贫金或不含金石英脉。

(3) 含金石英脉无  $\text{O}_2$ , 贫金或不含金石英脉有  $\text{O}_2$ 。

(4) 形成于  $187^\circ\text{C} \sim 214^\circ\text{C}$ , 还原、弱酸性( $\text{pH} = 5.57 \sim 5.59$ )条件下的石英对金矿有利。

(5) 根据石英包裹体特征的评价标志, 预测成矿远景大小为:徐家院→黄竹界→唐家溪(含旧田冲)→明月山。其中徐家院、黄竹界较为有利, 并与地质、物探、化探、构造控矿条件、蚀变矿化特征等预测相一致。

### 参考文献:

- [1] 廖风先. 矿物包裹体研究在金矿中的应用[J]. 黄金科技动态, 1989(6):6.
- [2] Guoa J, Lu H, Dube B.  $\text{CO}_2\text{—H}_2\text{O}$  比值是一种找金的标志//: 国际金矿地质与勘探学术会议论文集[C]. 沈阳: 东北工学院出版社, 1989, 382.
- [3] 丁碧英. 湘西金矿矿物包裹体研究及矿床成因探讨[J]. 中南矿冶学院学报, 1981, 12(2):114.
- [4] 何禄卿. 湘西金矿矿物包裹体中气体成分的测定和研究[J]. 地质地球化学, 1981(2):37.
- [5] 张振儒. 金矿研究[M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1989. 19.
- [6] S. H. Bottrell. A fluid inclusion model for the genesis of the ores of the Dolgellau Gold Belt, North Wales[J]. Journal of the Geological Society, 1988, 145.

## CHARACTERISTICS OF QUARTZ INCLUSION AND GOLD EVALUATION IN XIANGXI GOLD DEPOSIT AND IT'S PERIPHERY

CHEN Meng-xiong

(China Non-ferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100814)

**Abstract:** By using the vein quartz from the periphery of Xiangxi Gold Deposit (eastern part) as an example, the paper has researched into the composition features of its gas-liquid inclusion, and put forward a new idea that the  $\text{CO}_2$  or  $\text{HCO}_3^-$  content, the value of  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  or  $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$ , and the total amount of evaluation ( $\Sigma\text{I}$ ) in quartz inclusion could be used as the signs for gold evaluation. Moreover, the paper has also summed up the mineralogical signs for gold evaluation of quart vein, and predicted the deposit-forming prospect of the four branch working regions.

**Key Words:** inclusion; quartz vein; mineralogical signs; Xiangxi Gold Deposit