

冀东峪耳崖金矿石英的标型特征

廖香俊 吴丹

(海南省地矿局 海口 570206)

摘要 论述了石英的微量元素、稀土元素、包裹体、热发光的标型特征及其在矿床成因研究和找矿意义。石英中 K^+ , Na^+ , Al^{3+} 以类质同象代替 Si^{4+} , K_2O/Na_2O 比值可判定矿化深度。成矿温度 $305 \sim 343^\circ C$, 成矿物质来源于深部。

关键词 石英; 标型特征; 金矿床; 河北

分类号 P619.233; P611.1

1 矿床地质概况

冀东地区是一个重要的金矿成矿区, 区内分布有众多时代不同、规模不等的金矿床和矿点, 其中峪耳崖金矿是最重要的金矿床之一。金矿的围岩为上寒武统高于庄组灰岩及燕山期峪耳崖花岗岩岩体。矿体主要分布在花岗岩岩体与灰岩的内接触带及岩体中, 仅有少数矿体延伸到灰岩中。矿化可分为硫化物石英脉型和硫化物石英细脉浸染型两种, 以前者为主。成矿具有多阶段性。矿石中硫化物主要为黄铁矿, 其次为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、辉钼矿、斑铜矿等。金矿物主要为自然金, 其次为银金矿。脉石矿物为石英、绢云母、绿泥石、长石、方解石等。围岩蚀变发育, 主要有硅化、绢云母化、黄铁矿化、绿泥石化及叶蜡石化。

2 石英的一般特征

按产状可分为早期无矿石英网脉中石英, 硫化物石英脉中石英和硫化物石英细脉中的石英3种类型。早期无矿石英网脉中的石英为乳白色, 油脂光泽, 自形一半自形结构; 硫化物石英细脉及硫化物石英脉中的石英为乳白色—灰色—烟灰色, 半自形—它形结构。灰色、烟灰色石英比乳白色石英含金高。

3 化学成分

该区石英的化学成分除 SiO_2 外, 还含有其它氧化物及微量元素(表1)。

3.1 杂质铝及碱性元素特征

石英的杂质铝及碱质元素(K, Na, Li)含量变化较小。 $0.03\% \leq Al_2O_3 \leq 0.09\%$, 平均 0.057% ; $0.01\% \leq K_2O \leq 0.0313\%$, 平均 0.021% ; $0.01\% \leq Na_2O \leq 0.04\%$, 平均 0.023% ; Li_2O 均低于检出限。 K_2O/Na_2O 的比值随着标高增大有减少的趋势(表2), 矿床早期高温

1998年4月21日收稿。

第一作者简介: 廖香俊, 男, 1961年出生, 硕士, 高级工程师, 矿床及矿物学专业。

的无矿石英网脉中石英 K_2O/Na_2O 比值高达 3.01, 说明随着成矿深度的增大, 温度增高, K_2O/Na_2O 比值增高。因此, 峪耳崖金矿石英的 K_2O/Na_2O 比值是判定矿化深度的标志之一, 也可据此来判定无矿的石英和矿化期石英。

表 1 峪耳崖金矿石英微量元素含量

Table 1 Trace element content of quartz

编号	采样位置	K ₂ O	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	Li	Ag	Au	As	Sb	Bi	Hg	ΣK
L234	西大井 1 中段盲 10	0.01	0.02	0.03	0.00	6.86	0.22	2.42	1.07	0.41	0.023	3.923
L236	西大井 2 中段盲 10	0.02	0.04	0.07	0.00	10.0	0.11	0.61	1.53	0.51	0.008	2.658
L294-2	西大井 2 中段盲 10	0.03	0.03	0.06	0.00	397.5	8.67	229.6	52.00	136.27	0.021	417.981
7154	八坑 7 中段 102	0.02	0.02	0.04	0.00	7.43	0.16	3.49	2.47	2.43	0.008	8.398
L249	西大井 5 中段 10	0.03	0.02	0.08	0.00	8.29	0.11	2.77	3.00	0.73	0.012	6.512
719B9	八坑 7 中段 102	0.02	0.02	0.05	0.00	6.86	0.11	1.67	1.53	0.65	0.038	3.888
L283	西大井 1 中段盲 10	0.02	0.02	0.05	0.00	6.78	0.11	0.46	1.33	1.39	0.027	3.20
L299	西大井 5 中段盲 10	0.03	0.02	0.03	0.00	7.23	0.25	0.15	1.13	0.59	0.009	1.879
814G24	西大井 2 中段盲 10	0.02	0.02	0.06	0.00	8.65	0.11	0.76	2.20	2.08	0.09	5.049
L247	西大井 4 中段盲 10	0.03	0.02	0.09	0.00	19.19	0.429	4.09	4.27	5.20	0.012	13.572
L241	西大井 3 中段盲 10	0.02	0.03	0.06	0.00	45.95	5.538	15.61	20.66	55.88	0.15	92.162
Y	南矿带地表	0.0313	0.0104	0.0683	0.00	0.45	0.0034	0.4	1.18	0.19	0.083	2.843
	平均值	0.021	0.023	0.057	0.00	43.758	1.318	12.136	7.698	17.194	0.038	47.049

注: Y 为无矿网脉状石英, 其余为含硫化物脉石英; K_2O ; Na_2O ; Al_2O_3 单位 $\times 10^{-2}$, 其余 $\times 10^{-6}$; 长春地质学院测定, 1987

3.2 其它微量元素

峪耳崖金矿除含有一定量的杂质铝和碱质元素之外, 还含有成矿元素 Au, Ag 及 As, Sb, Bi, Hg 等微量元素。含矿石英脉中石英 Au, Ag 含量较高, 最高含量分别为 8.67×10^{-6} 和 397.5×10^{-6} , 早期无矿石英网脉中石英金含量很低, 仅为 3.4×10^{-9} 。石英中 Au, Ag 含量是评价成矿期石英和无矿期石英的直接标志。成矿期石英中 As, Sb, Bi, Hg 等微量元素的含量也较高, 这些元素的总量 (ΣK) 最高达 417.891×10^{-6} , 平均为 50.83×10^{-6} , 而早期无矿网脉石英中石英 As, Sb, Bi, Hg 总量为 2.843×10^{-6} , 明显低于含矿石英, 因此石英中 As, Sb, Bi, Hg 总量是评价其含金性的间接标志。

4 稀土元素

石英的稀土元素含量见表 3。稀土元素总量为 $(0.44331 \sim 0.70267) \times 10^{-6}$ 。La/Yb

表 2 石英碱性元素及特征参数

Table 2 The feature of alkaline elements of quartz

样品号	K ₂ O/ %	Na ₂ O/ %	K ₂ O/ Na ₂ O	平均	标高/ m
L324	0.01	0.02	0.5	0.75	472
L293	0.02	0.02	1		
L294-2	0.03	0.03	1	0.75	455
L236	0.02	0.04	0.5		
L241	0.02	0.03	0.67	0.84	425
814G24	0.02	0.02	1		
L247	0.03	0.02	1.5	1.5	400
L299	0.03	0.02	1.5		
L249	0.03	0.02	1.5	1.5	372

为 2.579~3.579, Eu/Sm 为 0.560~2.665。根据 W. V. Boynton (1984) 提出 REE 的标准化推荐值标准^[1], 把石英中稀土元素的含量与之比值为纵坐标, 稀土元素的离子半径倒数为横坐标, 作出标准化模式图 (图 1), 由图可知, 石英中略富集轻稀土, 轻重稀土分异程度不高。

表 3 石英的稀土元素含量

Table 3 Content of REE of quartz

10⁻⁶

编号	石英类型	采样位置	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Ho	Yb	Lu	ΣREE	La/Yb	Eu/Sm
Y	早期无矿	峪耳崖金矿	0.106	0.249	0.418	0.0234	0.0123	0.0146	0.0411	0.00554	0.47914	2.579	0.560
	石英网脉	地表											
L247	硫化物	峪耳崖金矿	0.165	0.358	0.0709	0.517	0.0143		0.0612	0.00883	0.72993	2.696	0.729
	石英脉	西大井 4 中段											
L283	硫化物	峪耳崖金矿	0.158	0.287	0.0429	0.0319	0.0122	0.0169	0.0442	0.006633	0.58253	3.575	0.744
	石英脉	西大井 1 中段											
NE下	硫化物	大野峪	0.541	0.108	0.0213	0.0170	0.00469		0.0164	0.00219	0.22368	3.299	2.665
	石英脉												

分析单位: 中科院高能物理研究所, 1987。

Летровск аЯ, Н. В. 等在系统研究了苏联不同类型金矿石英的稀土元素特征后得出: 深部金矿石英的稀土元素具有球粒陨石型组合, 稀土的分异作用表现得不强, La/Yb 比值约为 3.5, 成矿物质为地壳深部来源; 浅部矿床石英稀土元素与地壳岩层相近, 轻重稀土分异程度高, La/Yb 比值为 9.00, 这是矿石形成时围岩物质参与的结果。峪耳崖金矿石英 La/Yb 比值较小, 轻重稀土分异程度不高, 具有成矿物质来源于深部的中深部矿床的特点。

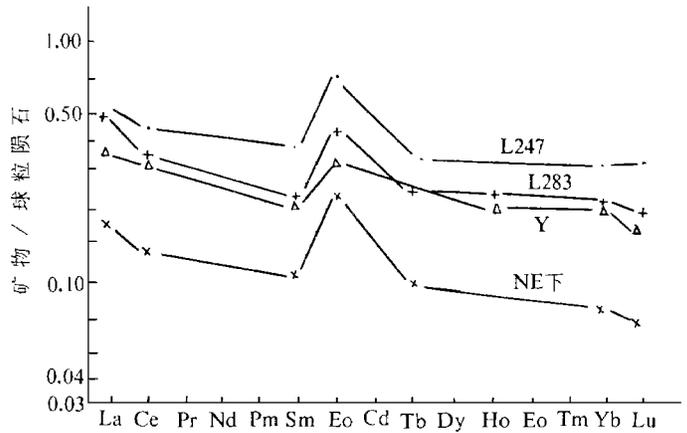


图 1 石英的稀土元素标准化模式

Fig. 1 Chondrite-normalized REE patterns of quartz

表 4 石英的包裹体液相成分

Table 4 Composition of liquid phase in fluid inclusions of quartz 10⁻⁶

送样号	pH	H ₂ O	CO ₂	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Li ⁺	F ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
Q-1	6.20	629	675		0.258	13.241	2.146	0.00	0.68	1.0	0.0
Q-2	6.80	1547	1015	0.045	7.64	7.923	2.493	0.018	0.32	0.8	0.0
Q-3	6.80	896	588	0.209	17.76	14.864	37.58	0.034	0.34	1.0	0.0

分析单位: 南京大学, 1986。

5 包裹体

石英包裹体一般为气液两相型, 气液比 $V_{气}/(V_{气} + V_{液})$ 为 4% ~ 35%, 包裹体形态常为椭圆形、滴状和不规则状,

大小一般小于 2μm, 包裹体的化学成列于表 4; 液相成分主要为 K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, F⁻, Cl⁻, 具有富 Na (K/Na < 1), 富 Cl⁻ (F⁻/Cl⁻ < 1) 的特点, 表明 Na⁺, Cl⁻ 在成矿过程中,

起了较大的作用，金可能以 $\text{Na}[\text{AuCl}_4]$ ， $\text{Na}[\text{AuCl}_2]$ 或者以 Na^+ 和 S^{2-} 的络合物迁移，莫伊先科的实验研究也证明了这点。气体主要为 CO_2 ， H_2O 。成矿热液具弱酸性 pH6.2~6.8。据石英包体的均一温度测定结果，矿床成矿温度为 305~343℃。

6 热发光

石英的热发光测定条件为：石英粒度 0.154~0.105mm，质量 3mg。实验过程在 0~400℃ 的温度区间内以 12℃/s 的速度升温，记录发光量随温度的变化，得到以温度为横坐标，发光量为纵坐标的热发光曲线。同时，在 100~350℃ 的区间内求出曲线的积分面积，代表其在此区间内的总发光量。峪耳崖金矿石英热发光曲线均有双峰出现，低温峰出现在 170~190℃ 范围内，高温峰再现在 230~245℃ 范围内，峰常呈开阔的形态，且低温峰的强度明显大于高温峰强度（图 2）。石英杂质铝和碱质总量 ΣJ ($\Sigma J = \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$) 和总发光量 Q 列于表 5，计算出 ΣJ 与 Q 之间的相关系数 $\gamma_{J-Q} = 0.734$ ，表明石英中 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 总量与总发光量密切相关，对于该类型金矿来说，利用石英的热发光总量的多少可以间接地判定其 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 的总量。

石英的热发光是由石英中的晶体缺陷引起的，石英中可能存在的晶体缺陷有两种^[2]：一是热缺陷：由于氧离子在晶体平衡位置不停地热振动，当振动能量达到一定程度时，部分离子脱离平衡位置进入晶体间隙，形成点缺陷；二是由于 $\text{Al}^{3+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ 置换 Si^{4+} ，而引起杂质缺陷。一般情况下，后一种缺陷是造成热发光的主要因素，峪耳崖金矿石英的热发光总量 (Q) 与 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 的总量 (ΣJ) 关系密切就说明了这点。

7 结 论

(1) 石英中 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值随着标高的增大而减少，据此可判定矿化深度，无矿石英及矿化期石英。石英中 Au, Ag, As, Sb, Bi, Hg 的含量是判定其含矿性的重要标志。

(2) 石英的热发光具双峰式，热发光总量与石英中 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 总量具明显的正相关关系，石英中 K^+ ， Na^+ ， Al^{3+} 主要以类质同象形式代替 Si^{4+} 。

(3) 包裹体成分特征反映成矿热液富 H_2O ， CO_2 ， Na^+ ， Cl^- ，弱酸性，成矿温度 305~343℃。

(4) 稀土元素特征反映峪耳崖金矿成矿物质来源于深部。

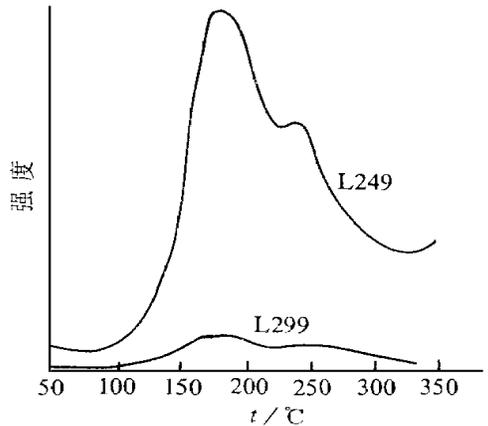


图 2 峪耳崖金矿石英热发光曲线

Fig. 2 Natural thermoluminescence curves of quartz

表 5 热发光量与碱质总量关系

Table 5 Relation between natural

thermoluminescence and

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$

样品号	$\Sigma J/\%$	$Q/10^{-11}\mu\text{C}$
L234	0.06	75.4
L283	0.09	77.85
L294-2	0.12	67.4
L247	0.14	118
L299	0.08	65.4
Y	0.11	82.1

参 考 文 献

- 1 赵振华. 某些稀土元素地球化学参数的计算方法及地球化学意义. 地质地球化学, 1985. 增刊
- 2 马尔富宁 AC. 蔡秀成等译. 矿物的谱学. 发光和辐射中心. 北京: 科学出版社, 1984

TYPOMORPHIC CHARACTERISTICS OF QUARTZ FROM YUERYA GOLD DEPOSIT, EASTERN HEBEI

Liao Xiangjun Wu Dan

(*Hainan Bureau of Geology and Mineral Resources, Haikou*)

Abstract The present paper deals emphatically with such typomorphic characteristics of quartz from Yuerya gold deposit as trace elements, REE, inclusions, natural themoluminescence as well as its significance in the study of ore genesis and prospecting. Investigation shows that K^+ , Na^+ and Al^{3+} are substituted in the lattice of quartz, that K_2O/Na_2O of quartz can be used in judging depth of mineralization, that the mineralizing temperature of Yuerya gold deposit is $305 \sim 343$ °C, and that ore-forming fluid in Yuerya gold deposit originates from the deep crust.

Key words quartz; typomorphic characteristics; gold deposit; Hebei