

新疆东准库布苏金矿床石英矿物 标型特征及找矿评价意义*

张旺生 高怀忠 吕瑞英
(中国地质大学, 武汉 430074)

关键词 石英 标型特征 找矿评价 东准噶尔 新疆

1 金矿成矿阶段石英的一般特征

库布苏金矿位于新疆东准噶尔野马泉南约 16 km, 矿区所属构造单元为西伯利亚板块准噶尔晚古生代早期活动大陆边缘的野马泉地块南缘火山岩岩浆弧带^[1,2]。区域控矿构造是该岩浆弧中发育起来的库布苏强应变构造带。金矿化和工业矿体仅限于浅成、超浅成闪长玢岩岩脉和闪长玢岩破碎带中。矿石类型主要为单一的破碎蚀变闪长玢岩。金矿物为单一自然金。金品位一般为 1~7 g/t, 富矿体的品位平均为 24 g/t, 最高品位可达 137 g/t。围岩蚀变强烈, 主要是硅化、绢云母化、毒砂-磁黄铁矿化。该区断裂由于构造活动的继承性和脉动性, 使含矿热液多次贯入叠加矿化, 从而形成金矿床。根据野外石英脉的穿插关系和室内镜下观察的结果, 可将该区超浅成闪长玢岩脉型金矿划分为四个矿化阶段:

iv. 电气石石英阶段: 主要为瓷白色石英, 石英粒径约 2~10 mm, 有多组裂纹, 半自形粒状, 具带状、波状和菱形块状消光, 石英集合体中包含有绢英岩化岩石碎块。含少量黄铁矿及微量自然金。属早期弱矿化阶段。

⑦ 烟灰色石英脉阶段: 主要是烟灰色石英, 粒径 2~3 mm, 大部分石英呈破碎状, 颗粒边缘呈锯齿镶嵌, 为碎裂结构、碎斑结构。矿石矿物有自然金、黄铁矿、毒砂。矿化好。

⑧ 钠长石石英脉阶段: 石英是主要成分, 粒径约 0.1~2 mm, 部分石英呈糜棱状, 其粉末蚀变成绢云母。可见钠长石聚片双晶因应力作用而被错断, 呈碎裂结构。矿石矿物有毒砂、自然金。

⑤ 碳酸盐脉阶段: 主要矿物为含锰方解石, 含少量石英, 为半自形粒状结构, 含微量金。

经人工重砂分析, ⑦成矿阶段含金最高, 占重矿物含量的 96%, iv、⑧含少量金。特征矿物主要为石英、自然金、毒砂、黄铁矿。

综上所述, 石英不但是贯穿各个矿化阶段的矿物, 而且四个阶段的粒度和颜色等各有明显的特征。尤其是与金矿化关系极为密切的第⑦成矿阶段烟灰色石英细脉, 在闪长玢岩脉体中, 不但分布广, 而且极为特征。因此我们选择石英为研究对象, 其目的在于探讨浅成、超浅成脉岩金矿床的形成条件、成因特点, 以便确立矿床评价准则和找矿标志。

2 石英标型特征

2.1 石英的化学成分

石英的化学成分十分稳定,其微量元素含量与金矿化有关。现将不同矿化阶段石英化学成分列于表 1。

由表 1 数据看出其化学成分特点是: ① 不含 Li_2O ; ④石英中金含量与 Al_2O_3 、 Na_2O 、 K_2O 有一定相关性。算得秩相关系数为: $\rho_{\text{Au}, \text{Al}_2\text{O}_3} = 1$, $\rho_{\text{Au}, \text{Na}_2\text{O}} = 1$, $\rho_{\text{Au}, \text{K}_2\text{O}} = 1$, 表明 Au 与 Al_2O_3 、 Na_2O 、 K_2O 含量呈正相关。这与铝代替硅时,需要 K^+ 、 Na^+ 、 Li^+ 、 Au^+ 或 H^+ 的加入,才能保持电价平衡有关^[2],即 $[\text{SiO}_4]^{4-} \leftarrow [\text{AlO}_4]^{5-} + \text{Na}^+ [\text{K}^+, \text{Li}^+, \text{H}^+, \text{Au}^+]$

表 1 石英化学成分(%)

Table 1 Chemical composition of quartz(%)

	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Na_2O	Li_2O	Au/kg, g^{-1}
iv	99.74	0.068	0.0013	0.014	0.000	0.061
①	98.86	0.855	0.029	0.208	0.000	0.993
④	99.81	0.107	0.021	0.032	0.000	0.163
平均值	99.47	0.343	0.017	0.085	0.000	0.406

分析者: 中国地质大学(北京)化学分析室

因此含金石英中 Al、Na、Li、Au 等较多,可与不含金石英相区别,是重要的判矿标志。
石英中结构铝含量与成矿温度亦具正相关,由表 2 数据可见它们的秩相关系数 $\rho_{\text{AlO}_3, T} = 1$,表明在温度较高的成矿条件下,铝呈类质同象代替硅较强,在低温条件下则较弱。邓恩、威廉(1972)在研究天然及合成石英结晶时(200~ 400℃),发现杂质铝的含量变化曲线中温度每升高 1℃,铝含量增高 0.5 $\mu\text{g/g}$ 。这与上述结论是一致的。

表 2 库布苏金矿、沙尔布拉克金矿、白山金矿石英化学成分(%)

Table 2 Chemical composition of quartz from Kubusu, Shaerbulake and Baishan gold ores

矿区	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Na_2O	Li_2O	$\text{Au}/10^{-6}$	$\text{Ag}/10^{-6}$	主要成矿温度	成矿温度/℃
库布苏金矿	99.47	0.343	0.017	0.085	0.000	0.406		中高温	190~ 375
沙尔布拉克金矿	99.46	0.15	0.029	0.095	0.0005	0.28	0.7	中温	240~ 326
白山金矿	99.73	0.09	0.0084	0.0037	0.0007	0.48	1.04	中低温	190~ 295

2.2 石英晶胞参数

由于含金石英中铝和碱质离子进入石英晶格,导致石英晶胞增大。现将不同矿化阶段石英晶胞参数列于表 3。

表 3 石英晶胞参数

Table 3 Cell parameter of quartz

成矿阶段	$a_0/10^{-10}\text{m}$	$c_0/10^{-10}\text{m}$	$V_0/10^{-30}\text{m}^3$	$\text{Au}/10^{-6}$
iv 电气石石英脉	4.91392	5.40754	113.0802	0.061
①烟灰色石英脉	4.91500	5.40502	113.0773	0.115
⑤富矿体中烟灰色石英脉	4.91744	5.40762	113.2438	1.87
⑥钠长石石英脉	4.90434	5.40045	112.5196	0.058
④富矿体中钠长石石英脉	4.91518	5.40639	113.1142	0.267
平均值	4.91318	5.40540	113.0070	

从表 2 结果来看, 库布苏金矿石英晶胞参数平均值比标准石英晶胞参数($a_0=0.4913$ nm, $c_0=0.5404$ nm) 大。计算得秩相关系数 $\rho_{Au, a_0}=1, \rho_{Au, c_0}=0.7, \rho_{Au, V_0}=0.9$, 表明石英中 Au 含量与晶胞参数呈正相关。

2.3 石英热发光特征

石英的热发光的主要原因是其中 Al^{3+} 取代 Si^{4+} , 造成晶体缺陷——电子空穴心 $O^- - Al - Me^+$ ($Me^+ = K^+, Na^+, Au^+, Ag^+$ 等), 形成局部能级, 由此产生热发光现象。故可根据石英热发光图谱的峰数、热发光温度高低等作为石英含金性的评价及找矿标志。含金石英多为双峰和多峰, 不含金石英多为单峰。

库布苏金矿不同成矿阶段的石英热发光测试结果表明, 除第 iv 成矿阶段电气石石英脉由于含金不好, 双峰不明显, 其它成矿阶段热发光曲线均为双峰(图 1)。

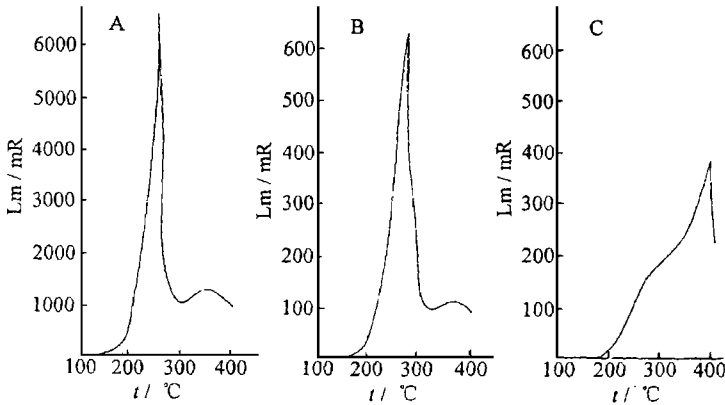


图 1 库布苏金矿床中石英的热发光曲线
Fig. 1 Thermoluminescent curve of the quartz in Kubusu gold ore

A. 第⑤成矿阶段石英的热发光曲线; B. 第③成矿阶段石英的热发光曲线; C. 第iv成矿阶段石英的热发光曲线

2.4 石英的红外光谱特征

石英的红外光谱具有一定的标型特征, 可以用来评价石英的含金性。库布苏金矿不同成矿阶段石英中 H_2O 和 CO_2 的相对光密度值的测试结果列于表 4。经计算, 石英中 H_2O 和

表 4 石英相对光密度值

Table 4 relative lumenergy density value of the quartz				
成矿阶段	D_{H_2O}	D_{CO_2}	$D_{H_2O+CO_2}$	石英脉 Au 含量/ 10^{-6}
iv	2.29	1.14	3.43	0.011
⑤	1.81	1.25	3.06	0.393
③	1.79	1.45	3.24	0.041

CO_2 的相对光密度值的秩相关系数 $\rho_{D_{CO_2}, D_{H_2O}} = -1$, 呈负相关; $D_{H_2O} + D_{CO_2}$ 和石英脉含金量呈负相关。

2.5 石英中包裹体特征

(1) 一般特征: 矿区含金石英脉富含流体包裹体, 它们呈带状分布, 有时呈群分布。包裹体类型以液体包裹体为主, 有少量含液相 CO_2 包裹体及含子矿物包裹体, 气液比为 3% ~ 8%。无色或淡黄色, 圆形、椭圆形或长条形, 直径一般为 1~2 μm , 少数 3~4 μm , 普遍很小。反映了主矿物快速结晶的成因。

(2) 成矿温度: 温度是成岩成矿时重要的物理化学参数。由于库布苏金矿区以流体包裹体为主, 因此采用均一法和爆裂法测温(表 5), 它们分别代表成岩成矿的温度下限。

表 5 石英包裹体均一温度和爆裂温度(℃)

Table 5 Homogenization and decrepitation temperatures of quartz inclusion(℃)

成矿阶段	iv	㊦	㊧	㊨
均一温度	315~ 420(平均 362)	268~ 360(平均 322)	176~ 203(平均 190)	
爆裂温度	375	346	295	285
成矿温度近似值	362~ 375	322~ 346	190~ 295	285

(3) 成矿压力: 压力是成岩成矿作用重要的物理化学参数之一。据对石英中包裹体成分分析, 本矿区流体主要成分为 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 F^- 、 CO_2 、 H_2O 等。可以利用 $NaCl-H_2O$ 体系的 $p-V-t$ 数据近似地估计流体包裹体的压力。经求解, 本矿区流体密度为 0.75~ 0.85, 成矿压力近似值为 30~ 45 MPa, 成矿深度近似值为 1.2~ 1.8 km, 属中深层成矿。

(4) 成矿流体化学成分: 根据分析, 本矿床流体各成矿阶段(iv、㊦、㊧、㊨)液相阴离子总量中 Cl^- 含量分别占 67%、96%、61%、 SO_4^{2-} 含量分别占 33%、4%、39%。富矿体两个样中, $F^- + Cl^-$ 分别为 89%、67%, SO_4^{2-} 分别为 11%、33%。表明含金流体富含 Cl^- , 而 SO_4^{2-} 含量较低。其中矿化最好的烟灰色石英脉(㊦)含 Cl^- (51.61 mg/g) 最高, 电气石石英脉矿化最差, 含 Cl^- (9.25 mg/g) 也最低。此外, 富矿体含 F^- , 而 iv、㊦、㊧成矿阶段不含 F^- 。气相成分中矿化较好的烟灰色石英脉和钠长石石英脉分别含 CO_2 为 21.98 和 21.1 $\mu g/g$, 而矿化较差的电气石石英脉含 CO_2 (3.17 $\mu g/g$) 较低。富矿体富含水(平均 380.63 $\mu g/g$), 比其它各成矿阶段含水量高 1~ 2 倍。

(5) 成矿流体的热力学参数: 各成矿阶段盐度以烟灰色石英脉(㊦)的最高, 为 11.66%, 富矿体盐度低, 两个样平均为 2.14%。pH 值为 4.83~ 7.08, 说明流体在酸性到中性环境下成矿。还原参数 R 值, 以富矿体最低, 两个样平均为 0.14, 电气石石英脉为弱矿化, R 最高 (1.28%), 表明石英中金含量与 R 值呈负相关。矿化度为 16.8~ 83.69 g/L, 其中以烟灰色石英脉矿化度最高(83.69 g/L)。氧化还原电位(Eh) 为- 0.43~ - 0.62 V, 烟灰色石英脉的 Eh 值最高。氧逸度 $\log f_{O_2}$ 为- 41.21~ - 39.64, 与金品位呈正相关。

3 结 论

综上所述, 库布苏金矿区石英呈网脉状, 与金矿化关系密切, 尤以烟灰色石英脉矿化最好; 含金石英含 Al_2O_3 较高, 且与金含量呈正相关; 含金石英的晶胞参数大于不含金石英的晶胞参数; 含金石英热发光曲线多为双峰, 不含金石英热发光曲线多为单峰; 成矿温度近似值为 190~ 375℃, 属中高温成矿; 成矿压力为 30~ 45 MPa; 成矿深度为 1.2~ 1.8 km(近似值); 成矿流体化学成分以 Cl^- 、 SO_4^{2-} 为主, Cl^- 和 CO_2 含量与金矿化呈正相关; 成矿流体的盐度为 1.43%~ 11.6%; pH 值为 6.85—4.83—7.08, Eh 值为- 0.62~ - 0.43 V, 还原参数 R 为 0.13~ 1.28, 矿化度为 16.8~ 83.69 g/L。

可以认为, 库布苏金矿属埋深中等、中高温、溶液由弱酸—酸性—中性演化、密度 0.75~

0. 85、盐度中等、还原性较强的物理化学条件下形成的金矿床。

参 考 文 献

- 1 肖序常, 汤耀庆, 冯益民等. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京: 地质出版社, 1992. 4~ 11.
- 2 李锦轶. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区古生代板块构造研究: [博士学位论文]. 武汉: 中国地质大学, 1988. 124~ 150.
- 3 栾世伟, 陈尚迪, 曹殿春等. 金矿床地质及找矿方法. 成都: 四川科学技术出版社, 1987. 90.

Typomorphic Characteristics of Quartz and Its Prospecting Significance in Kubusu Gold Ore in East Jungger Area, Xinjiang

Zhang Wangsheng Gao Huaizhong Lu Ruiying

(China University of Geoscience, Wuhan 430074)

Abstract According to the study on main composition and typomorphic characteristics of quartz of Kubusu gold ore deposit in east Jungger, Xinjiang, this paper pointed out that the genesis of gold ore belonged to the altered diorite-porphyrite vein type and provided scientific basis for the evaluation of the mineral prospecting. Either on the ore bearing evaluation for the diorite-porphyrite vein gold ore which is wildly outcropped in the east Jungger area, or on the standard for the evaluation of deposit, it has practical significance.

Key words: quartz; typomorphic characteristics; evaluation of the deposit; east Jungger, Xinjing