

乌拉嘎金矿石英的找矿矿物学研究

刘福来 靳是琴

(长春地质学院)

提 要 石英是乌拉嘎金矿重要的脉石矿物,也是金的主要载体。 SiO_2 含量低于 98%,而 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 含量高于 1.4% 的石英为含金石英;含金石英的天然热发光谱以双峰为其主要特征;含金石英的红外吸收光谱出现较多的杂质峰,在 700cm^{-1} 和 800cm^{-1} 谱带的吸收强度较弱。因此,上述石英的标型特征可作为乌拉嘎金矿重要的找矿标志。

关键词 石英 找矿矿物学 金矿 乌拉嘎

1 矿区地质背景

乌拉嘎金矿位于黑龙江省境内的鹤岗隆起与乌拉嘎断陷的交界外。矿体主要赋存于燕山期斜长花岗斑岩中,部分产于黑龙江群的糜棱岩中。乌拉嘎金矿东、南部大面积分布黑龙江群山嘴子组变形岩石,西、北部则分布上侏罗统地层,并不整合覆盖于燕山期斜长花岗斑岩之上。斜长花岗斑岩侵入到黑龙江群山嘴子组糜棱岩中。矿区内的构造发育,主要有 NS、NWW 和 NEE 向三组断裂,其中 NWW 向断裂为主要的控矿构造。矿体的走向为 NWW,倾向 NNE,倾角在 $20^\circ \sim 34^\circ$ 之间。围岩蚀变主要为硅化、黄铁矿—白铁矿化、绢云母化、高岭石化和碳酸盐化。

石英是本矿区重要的脉石矿物之一,也是金的主要载体。依据野外观察及室内显微镜下的研究结果,本矿床可划分四个成矿阶段^①,在前三个成矿阶段中,石英均为重要的脉石矿物,即石英可分为三个世代。三个世代的石英在形态、分布、光学性质、化学成分、晶胞参数、天然热发光及红外光谱等方面均有各自的特点,而且含金性也有明显的差异。因此,本矿区的石英可提供评价该地区地质体含矿性的信息。

2 石英的产状、分布及物性

第一成矿阶段的石英(Q_1)为浅灰色,多呈团块状分布,少数为不规则的细脉状,脉长为

① 靳是琴等,黑龙江乌拉嘎金矿找矿矿物学研究,科研报告,1992

(收稿日期:1992. 12. 30)

5cm 左右。该成矿阶段石英的粒度细小($<0.01\text{mm}$),与少量自形黄铁矿共生,含金性较差($<0.1\text{ppm}$)。

第二成矿阶段的石英(Q_1)为灰白色—白色,多呈不规则脉状产出,石英的粒度为 $0.02\sim 0.05\text{mm}$ 。与自形一半自形的黄铁矿、白铁矿及方解石共生,含金性差。

第三成矿阶段石英(Q_3)为灰黑色,与细粒黄铁矿、白铁矿等一起呈不规则脉状穿切第一、二成矿阶段的石英脉。该成矿阶段石英的粒度细小($<0.01\text{mm}$),含金性好,多数石英的含金量 $>1\text{ppm}$ 。

综上所述,灰黑色石英是重要的宏观找矿标志,它们大量出现的地段就构成矿体。

3 石英的化学成分特征

石英的化学成分显示出微小而有意义的变化。各成矿阶段石英的化学成分列于表 1。从表中可见,各成矿阶段石英的化学成分差异明显。第一成矿阶段石英(Q_1)的 SiO_2 含量为 $96.50\%\sim 98.08\%$,平均值为 97.44% ;第二成矿阶段石英(Q_2)的 SiO_2 含量为 $98.74\%\sim 99.58\%$,平均值为 99.17% ;而第三成矿阶段石英(Q_3)的 SiO_2 含量为 $96.21\%\sim 97.68\%$,平均值为 97.15% 。各成矿阶段石英中 $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 含量差异较大, Q_1 的 $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 含量的平均值为 1.37% , Q_2 为 0.22% ,而 Q_3 的 $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 含量最高,平均值为 1.81% 。结合表 1 中石英的 Au 含量可以看出,石英中 SiO_2 含量愈低, $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 等杂质成分含量愈高,含金性愈好。这与黑龙江平顶山金矿所得的结论一致^[1]。

表 1 乌拉嘎金矿石英的化学成分
Table 1 The chemical composition of quartz in the gold deposit of Wu La Ga

样品号	J ₀₂₋₁	275-3	J _{04-a}	180-1	J-01	170-3A	170-2C	J _{15-B}	J-11
矿物世代	Q ₁	Q ₁	Q ₁	Q ₁	Q ₁	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₃
SiO ₂	98.08	97.76	96.50	99.58	99.20	98.74	97.68	96.21	97.58
Al ₂ O ₃	1.39	1.20	1.70	0.32	0.11	0.58	1.26	1.36	1.16
Na ₂ O	0.04	0.05	0.95	0.06	0.01	0.02	0.03	0.04	0.11
K ₂ O	0.13	0.11	0.05	0.02	0.03	0.04	0.36	0.40	0.37
Au	0.0075	0.14	0.095	0.007	0.0525	0.035	9.925	0.3625	1.0325
Zn	0.0048	0.0084	0.0116	0.0016	0.004	0.0028	0.0088	0.0148	0.0028
Cu	0.001	0.0004	0.0006				0.006		
Ba	45.0	90.00	49.00	14.0	14.80	28.00	186.00	88.00	88.00
Sr	35.0	32.00	18.80	8.40	8.50	16.80	59.00	16.80	29.00

注:氧化物为重量百分比,元素为 ppm,Ag、Pb 均为零,辽宁省地质实验研究所分析

Cu、Zn 在石英中一般以微细硫化物呈机械包裹体的形式存在,而三个世代石英中的 Cu、

Zn 含量差值不明显,可能与各成矿阶段均有少量的黄铜矿、闪锌矿有关。本矿区测试的所有石英样品均不含 Ag 和 Pb,不含 Ag 可能与本矿区金的成色高有关^①,而不含 Pb,则与本矿区各成矿阶段矿物组合未见方铅矿有关。

Sr、Ba 的地球化学性质相似,在岩浆及热液作用中易在晚期或浅部集中^[2]。本矿区第三成矿阶段石英中的 Sr+Ba 含量最高,为 148.7ppm(平均值)。而第一、二成矿阶段石英中的 Sr+Ba 含量分别为 93.71ppm 和 32.0ppm。与各成矿阶段石英中金含量对比(表 1),大致反映了石英中 Sr+Ba 含量与 Au 呈正相关,同时也反映了本矿区 Sr、Ba 易于晚期富集。

4 石英的晶胞参数特征

由于类质同像作用,石英中有少量的结构铝及补偿的碱离子 K^+ 、 Na^+ 等存在,均可引起晶胞参数的变化。因此,晶胞参数是石英的地质成因和含矿性的间接反映。本区各成矿阶段石英的晶胞参数及主要杂质含量列入表 2 中。从 a_0 和 c_0 与杂质元素含量之间关系来看,总趋势是石英的 a_0 和 c_0 值随 $(Al^{3+} + K^+ + Na^+)$ 的增加而增加。本矿区第三成矿阶段石英(Q_3)中杂质含量最高, a_0 、 c_0 值最大,间接反映了本矿区石英的 a_0 、 c_0 值越大,含金性越好的特点。

表 2 石英的晶胞参数

Table 2 The crystal coefficient of quartz in the gold deposit of Wu La Ga

样品号	世代	a_0	c_0	c_0/a_0	$(Al_2O_3 + K_2O + Na_2O) \%$
J-02	Q_1	4.9142	5.4125	1.1014	1.56
210-3B	Q_1	4.9143	5.4131	1.1015	1.38
180-1	Q_1	4.9135	5.4058	1.1002	0.08
170-3A	Q_1	4.9131	5.4051	1.1001	0.82
J-01	Q_1	4.9137	5.4061	1.1002	0.04
170-2C	Q_2	4.9148	5.4142	1.1016	1.65
J-11	Q_3	4.9149	5.4145	1.1017	1.64

注:长春地质学院 X 光室测定

5 石英的天然热发光特征

很多矿物具有热发光性质。不同成因的同种矿物,因形成时的地质、地球化学条件不同,其晶格缺陷、杂质元素含量、接受外界辐射及热历史等均有差异,因此在加热过程中产生的热发光效应也有所不同。据研究,石英的热发光灵敏度很高,峰值稳定性能快。近年来,将石英热发

① 靳是琴等,黑龙江乌拉嘎金矿找矿矿物学研究,科研报告,1992

光数据应用于金矿床含金性评价、阐明成因、获取找矿信息,已引起人们的普遍关注。

5.1 各成矿阶段石英热发光特征

本文对乌拉嘎金矿三个成矿阶段中的石英进行了热发光测试,共测试 48 个样品,其中具有代表意义的不同成矿阶段石英热发光谱参数列于表 3 中。图 1 列举了不同成矿阶段石英热发光谱,从图中可以明显看出,第一成矿阶段石英(Q_1)热发光谱大体相似,具有单峰,偏右不对称型的特点。当样品加热至 290~300℃时,(个别为 350℃)出现发光峰,发光强度较强,为 8.53~18.20mR 之间。

表 3 石英的天然热发光谱参数
Table 3 The coefficient of quartz thermoluminescence

样品号	世代	热发光谱型	发光峰温度(℃)		发光强度(mR)	Au(ppm)
210-38	I	单峰,偏右不对称型	290		11.2	0.095
275-3	I	单峰,偏右不对称型	350		18.2	0.140
J _{04-a}	I	单峰,偏右不对称型	290		8.28	0.095
J ₀₂₋₁	I	单峰,偏右不对称型	300		8.53	0.0075
170-3A	I	单峰,偏右对称型	300		18.7	0.435
J _{04-b}	I	单峰,偏右对称型	310		27.1	0.095
J-01	I	单峰,偏右对称型	310		42.8	0.0525
170-13	I	单峰,偏右对称型	300		22.0	
J-15B	II	偏右不对称双峰型	280	380	4.25 2.5	0.3625
170-02C	II	偏右不对称双峰型	280	370	6.47 4.2	9.925
J-11	II	偏右不对称双峰型	280	370	7.99 3.4	1.0325
274-23	II	偏右不对称双峰型	280	370	9.48 9.5	
274-1	II	偏右不对称双峰型	280	370	9.70 10.5	5.1625

注:中国地质大学成因矿物研究所测定

第二成矿阶段石英(Q_2)热发光谱与 Q_1 略有差异,具有单峰、偏右对称型的特点。当样品加热至 300~310℃时出现发光峰,发光强度最强,为 18.70~42.80mR。

第三成矿阶段石英(Q_3)热发光谱与 Q_1 、 Q_2 差异明显,具有偏右不对称双峰型的特点。当 Q_3 加热至 280℃时,出现第一发光峰,发光强度为 4.25~9.70mR 之间,当 Q_3 加热至 370~380℃时,出现第二发光峰,发光强度为 2.5~10.50mR。

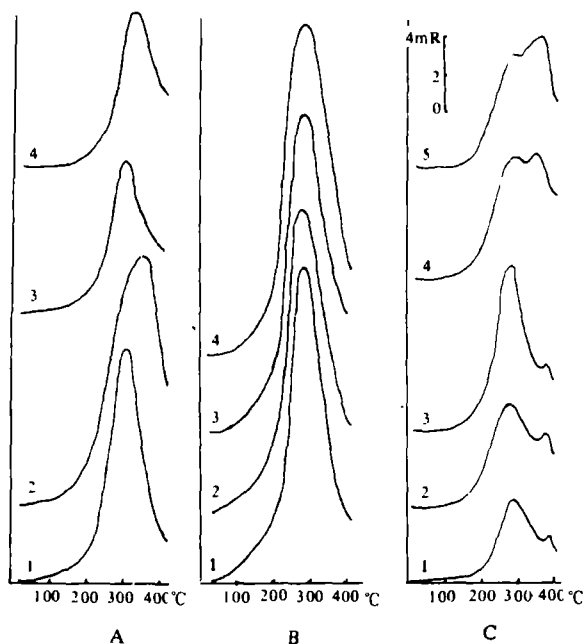
5.2 不同类型石英热发光谱的成因机理

本矿区第一、二成矿阶段石英(Q_1 、 Q_2)具单峰性质,绝大多数石英的热发光区间为 290~300℃之间,而第三成矿阶段的石英(Q_3)具双峰特点,热发光温度有两个区间,分别为 280℃±、370~380℃之间,Г. А. 尤尔根松认为,石英中 280~310℃的发光峰与 $Al-O^-$ 空穴心有关,而 330~380℃发光峰与电子心或 Ti^{3+} 等杂质有关^[3]。结合本矿区各成矿阶段石英的化学成分可以看出,三个成矿阶段石英的化学成分均有 Al_2O_3 ,反映其 $Al-O^-$ 空穴心的浓度较大。因

此,三个世代石英在 280~310℃ 区间的发光峰是由 $Al-O^-$ 空穴心造成的。而第三世代石英(Q_3)在 370~380℃ 区间存在另一个发光峰是由电子心引起的,结合矿区石英的化学成分,可以认为这种电子心可能是由于石英晶格中局部 O 缺位造成的。

5.3 不同类型石英热发光谱与含金性的关系

从以上讨论各成矿阶段石英热发光谱特征可以看出,第一、二、三成矿阶段的石英热发光谱分别以不对称单峰、对称单峰、不对称双峰为其主要特征。而经测试各成矿阶段石英的化学成分及 Au 含量的结果表明,石英中 Al_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 等杂质元素含量越高,其含金性越好。 Q_1 含金性差, Q_2 含金性最差, Q_3 含金性最好。从而可以看出,含杂质组分高、热发光谱以双峰为特征的石英为含金石英;杂质组分含量相对较低、热发光谱以单峰为主的石英为不含金或含金性差的石英。因此,本矿区石英的热发光特征可作为指示金矿化的一个重要标志。



A—第一成矿阶段

B—第二成矿阶段

C—第三成矿阶段

1. 210-03B

1. 170-13

1. J-15B

2. 275-3

2. 170-3A

2. 170-02C

3. J-04a

3. J-04b

3. J-11

4. J-02

4. J-01

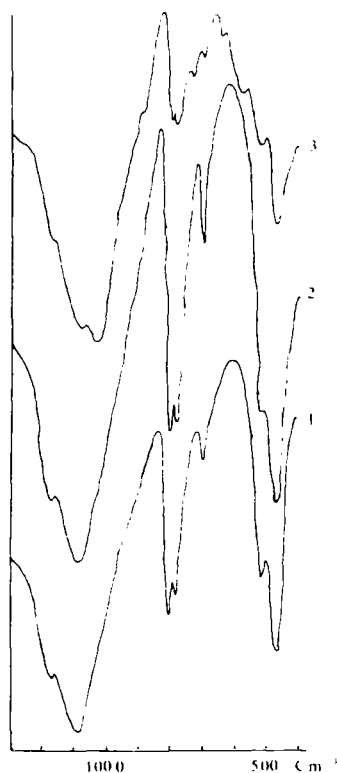
4. 274-23

图1 不同成矿阶段石英的天然热发光谱

Fig. 1 Quartz thermal luminescence spectrum in different mineralization stages.

6 石英的红外光谱特征

本文对乌拉嘎金矿 7 个石英样品进行了红外吸收光谱测试,在图 2 中列举了具有代表性的三个成矿阶段石英的红外吸收光谱图。与标准图谱对比^[4],本区测试的所有石英样品在 $800cm^{-1}$ 左右都有一对锐双峰,且具有 $700cm^{-1}$ 左右的谱带,与石英的标准图谱相一致。从图 2 中明显看出,第三成矿阶段的石英(Q_3)与 Q_1 、 Q_2 的红外光谱特征差异明显, Q_3 的谱图上出现较多的杂质峰,在 $700cm^{-1}$ 左右谱带的吸收强度较低,而 Q_1 、 Q_2 在 $700cm^{-1}$ 左右谱带的吸收强度明显偏高。 Q_3 在 $800cm^{-1}$ 左右的两峰强度明显低于 Q_1 、 Q_2 的两峰强度。



1. 第一世代石英 2. 第二世代石英
3. 第三世代石英

图2 石英的红外吸收光谱图

Fig. 2 The infrared absorption spectrum of quartz in different mineralization stages

通过透射电镜对本矿区各成矿阶段石英的化学成分研究结果表明^①, Q_1 不仅 Al^{3+} 、 K^+ 、 Na^+ 含量较高, 而且还存在其它杂质组分的超显微包裹体。 Q_1 、 Q_2 中其它杂质组分的超显微包裹体含量极少。因此, 第三成矿阶段的石英(Q_3)的红外光谱势必受杂质组分影响较大, 从而其谱图特征与 Q_1 、 Q_2 差异明显。结合不同成矿阶段石英含金性的特点(详见表1), 可以看出, 第三成矿阶段石英(Q_3)的红外光谱特征是指示本矿区含金石英的重要谱学标志。

7 结论

(1) 灰黑色、细粒的石英为含金石英; 而灰白色—白色的石英为不含金石英;

(2) SiO_2 含量低于 98%, $Al_2O_3 + K_2O + Na_2O$ 含量高于 1.4% 的石英为含金石英; SiO_2 含量高于 98%, 而 $Al_2O_3 + K_2O + Na_2O$ 含量低于 1.4% 的石英为不含金石英。

(3) 含金石英的天然热发光谱具有偏右不对称双峰的特点, 而不含金石英的天然热发光谱具有单峰特点。

(4) 含金石英的红外吸收光谱出现较多的杂质峰, 在 $700cm^{-1}$ 和 $800cm^{-1}$ 谱带的吸收强度弱。不含金石英的红外吸收光谱为标准的石英谱图, 在 $700cm^{-1}$ 和 $800cm^{-1}$ 谱带的吸收强度较强。

① 靳是琴, 等, 黑龙江乌拉嘎金矿找矿矿物学研究, 科研报告, 1992

参考文献

- 1 刘福来. 黑龙江平顶山金矿天然热发光特征. 长春地质学院院报, 1992, (3): 310~314
- 2 王键等. 栖霞金矿石英的成因矿物学研究. 中国金矿床成因矿物学和找矿矿物学论文集, 1987, 119~125
- 3 刘万余等译. 找矿矿物学与矿物学填图. 福建科技出版社, 1987, 280~291
- 4 闻谔等. 矿物红外光谱. 重庆大学出版社, 1988, 125~130

THE PROSPECTING MINERALOGY RESEARCH OF QUARTZ IN WULAGA AU—DEPOSIT

Liu Fulai Jin Sijin

(Changchun University of Earth Sciences)

Abstract

Quartz is the main gold—bearing mineral in the area studied. Obvious diversities of characteristics of optical feature, chemical composition, crystal coefficient, thermaluminescence, infrared absorption specturm exist between gold—bearing quartz and barren quartz. So these charcteristics can be served as important prospecting indicators for gold deposit of Wu La Ga.