

37-42

乌拉嘎金矿的找矿矿物学

新是琴 李先洲 刘福来 赵以辛
(长春地质学院)

p.618.5108

A

论述了乌拉嘎金矿的矿物共生组合特征,确定了含矿与不含矿石英、黄铁矿、白铁矿及碳酸盐矿物的标型特征,得出判别矿石与围岩的矿物学标志。

关键词 找矿矿物学 金矿 乌拉嘎

乌拉嘎金矿床地处黑龙江省嘉荫县。以其储量大及地质特征独特,受到国内外专家、学者的重视。自1966年黑龙江省冶金704队找到该矿床,并开展勘探工作,1975年正式开采以来,许多地质工作者对其进行了专题性的地质研究(704队,1979年;李之彤,1980年;江雄新等,1982年;吴尚全,1982年、1984年;姜信顺,1982年;张秤安^①,1989年等),取得一定成果,但对圈定矿体(区分矿石与围岩)的标志一直没有解决。我们试图应用找矿矿物学来解决这个问题。

金矿床位于鹤岗隆起与乌拉嘎断陷的接壤处。斜长花岗斑岩(燕山期)侵入到黑龙江群的糜棱岩中,矿体分布在斜长花岗斑岩体与黑龙江群糜棱岩的内外接触带。据统计,有12条矿体与糜棱岩层破碎带、蚀变带密切相关,均为零星分布的小而贫的矿体。有33条矿体大部或全部赋存在斜长花岗斑岩中。这些矿体主要受斜长花岗斑岩中的角砾岩带控制。根据化学分析结果圈定的矿体,一般都与角砾岩或圆化角砾岩带相吻合。角砾岩呈雁行状排列,矿体也呈雁行状排列;角砾岩带宽度大,矿体也相应变厚。

矿体的走向主要有北北西和北西西向,与之有关的北北西和北西西向角砾岩或圆化角砾岩带为张扭性断裂,这两个方向的张扭

性断裂为有利的容矿构造。

矿床矿物组合简单,矿石属贫硫化物型,硫化物占5%,主要为白铁矿和黄铁矿,非金属矿物主要为石英及碳酸盐矿物。

根据野外观察及室内各种显微镜下的研究,将矿床分为热液期及表生期两个成矿期,热液期又分为4个成矿阶段(表1)。

表1 成矿阶段及共生矿物表

矿 物	热 液 期				表 生 期
	黄铁矿—灰 色石英阶段 (I)	白铁矿—黄 铁矿—白色 石英阶段(II)	白铁矿—灰 白色石英阶段 (III)	白铁矿—黄 铁矿—白色 石英阶段 (IV)	
石英					
粒状黄铁矿					
粒状黄铁矿					
白铁矿					
自然金					
辉钨矿					
黄铜矿					
辰砂					
雄黄					
雌黄					
冰长石					
方解石					
铁白云石					
黄铁矿					
黄铜矿					
黄铜矿					
石膏					
形成温度	350—420℃ (爆裂法)	230℃ (均一法)	175—180℃ (均一法)	90—100℃ (均一法)	

本文1993年7月收到,范若芬编辑。

① 张秤安,团结沟金矿成因及区域远景预测(硕士研究生论文),1989年。

据统计,80%以上的自然金赋存在石英中,并以包裹金占优势,在黄铁矿(白铁矿)及碳酸盐矿物中也有一定含量。

1 石英

从表1可见,石英主要有3个世代,第1世代石英(Q_1),浅灰、灰白色,多呈团块状分

布;第2世代石英(Q_2)为浅灰白、白色,多呈不规则细脉状产出,少数呈晶簇状;第3世代石英(Q_3)为灰黑色,显微镜下可见其包有大量细粒状、胶状黄铁矿和白铁矿,是石英呈灰黑色的原因。 Q_1 含金性好。石英的化学成分见表2。

表2 石英化学成分表

样号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Au	Ag	Zn	Pb	Cu	Ba	Sr
J-02	98.08	1.39	0.04	0.13	0.0075	0.00	0.0048	0.00	0.0010	45.00	35.00
275-3	97.76	1.20	0.05	0.11	0.14	0.00	0.0084	0.00	0.0004	90.00	32.00
210-30B	97.60	1.25	0.04	0.09	0.0950	0.00	0.0116	0.00	0.0006	49.00	18.80
J-04a	96.50	1.07	0.05	0.05	0.0950	0.00	0.0116	0.00	0.00	84.10	21.00
210-01B	99.80	0.00	0.03	0.09	0.0150	0.00	0.0024	0.00	0.00	14.80	8.40
180-01	99.58	0.00	0.06	0.02	0.0070	0.00	0.0016	0.00	0.00	14.00	8.40
J-01	99.20	0.00	0.01	0.03	0.5525	0.00	0.0040	0.00	0.00	26.00	11.60
170-3A	98.74	0.58	0.20	0.04	0.4350	0.00	0.0028	0.00	0.00	28.00	16.80
170-2C	97.68	1.26	0.03	0.36	9.9250	0.00	0.0088	0.00	0.0060	186.00	59.00
J-15B	96.21	1.36	0.04	0.40	0.3625	0.00	0.0148	0.00	0.00	88.00	16.80
274-1	97.30	1.80	0.03	0.30	5.1625	0.00	0.0056	0.00	0.0010	406.00	118.00
J-11	97.58	1.16	0.11	0.37	1.0325	0.00	0.0028	0.00	0.0010	88.00	29.00

注:氧化物为百分含量,元素为 10^{-6} ,辽宁省地质实验研究所化验室分析。

从表2可见,第2成矿阶段石英的SiO₂含量明显偏高(98.74%~99.80%),平均99.33%,第1阶段略高于第3阶段, Q_1 平均97.49%, Q_2 平均97.19%,大致有SiO₂含量愈高,含金性愈不好的趋势。各成矿阶段中石英的Al₂O₃+Na₂O+K₂O含量有较大差别,平均 Q_1 为1.37%, Q_2 为0.22%, Q_3 为1.81%,结合样品中金的含量可以看出,Al、K、Na等杂质成分愈高,含金性愈好。

矿区所测石英均不含Ag和Pb,不含Ag可能与本区金的成色高有关,而不含Pb,则与矿区未见方铅矿有关。

Au的含量在 Q_2 中明显偏高,平均为 4.12×10^{-6} ,而 Q_1 为 0.0084×10^{-6} , Q_3 为 0.25×10^{-6} ,所以第3阶段的灰黑色石英脉是含金石英脉。

Zn的含量各阶段差别不大,Cu的含量稍有差别, Q_2 含量较高, Q_1 不含, Q_3 很低。

Ba+Sr的含量3个阶段差别较大, Q_1 平均为 93.7×10^{-6} , Q_2 为 32×10^{-6} , Q_3 为 247.7×10^{-6} 。电子显微镜观察Ba在石英中

呈BaSO₄超显微包裹体存在。Ba+Sr含量与Au为正相关。Ba+Sr含量随着标高降低而增加(表3),与胶东玲珑金矿的特征相反^[7]。

表3 Ba、Sr含量与标高的关系(10^{-6})

标高(m)	Ba	Sr	Ba+Sr
210(2)	31.9	13.6	45.5
180(1)	14.0	8.4	22.4
170(2)	107.0	37.9	144.9
160(5)	126.8	21.9	148.7
150(2)	248	75	323

括号内为样品数。

本区石英的天然热发光曲线如图1所示。

从图1可见,不同成矿阶段石英的热发光有明显的区别,第1阶段为单峰型,峰位290~350℃,强度8.28~18.2;第2阶段亦为单峰型,但强度明显的大,为18.7~42.8,峰位300~310℃;第3阶段为双峰型,主峰位均为280℃,强度明显偏低,为4.25~9.69,隐伏峰位370~380℃,强度变化大。表明含金石英的热发光曲线为双峰型。

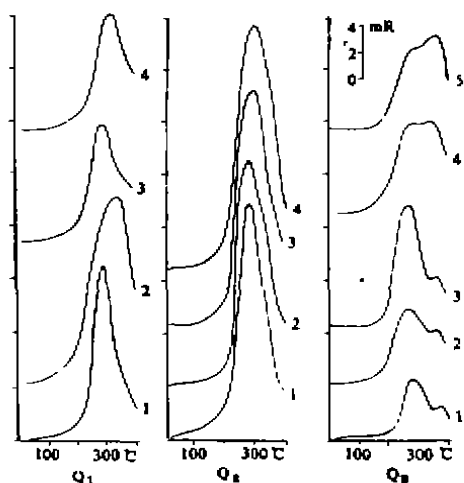


图1 不同世代石英的天然热发光曲线
Q₁—第1世代石英;Q₂—第2世代石英;Q₃—第3世代石英

本区石英的红外吸收谱特征如图2。与石英和石(玉)髓的标准图谱^[5]对比,本区的SiO₂是石英,不是玉髓,因为在700cm⁻¹有吸收谱带,在800cm⁻¹左右均有一对锐双峰。表

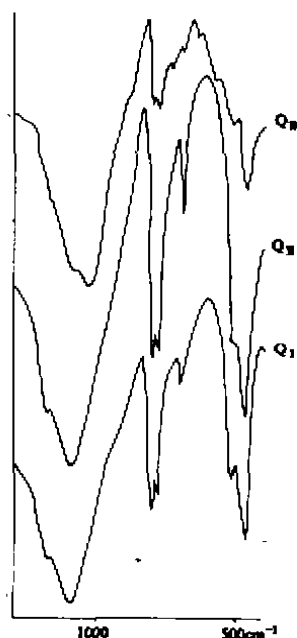


图2 石英的红外光谱图
Q₁—第1世代石英;Q₂—第2世代石英;
Q₃—第3世代石英
明本区SiO₂均已结晶,只是粒度较细,所以

称其为玉髓状石英是合适的。

Q₃与Q₁、Q₂谱带有明显差别:①出现较多的杂质峰;②Q₃700cm⁻¹左右谱带的吸收强度不到Q₁、Q₂强度的1/2;③Q₃800cm⁻¹左右的两峰强度也比Q₁、Q₂弱,表明Q₃的结晶程度差。因为Q₃是含矿石英,所以上述特征可作为评价石英含矿性的谱学标志。

综合上述,得出金矿石英的标型特征(表4)。

表4 乌拉嘎金矿石英的标型特征

标型特征	含矿	不含矿
颜色	灰黑色	灰、灰白、白色
SiO ₂ (%)	<98	>98
Al ₂ O ₃ +K ₂ O+Na ₂ O(%)	>1.4	<1.4
天然热发光	双峰型	单峰型
红外光谱	出现较多的杂质峰 700cm ⁻¹ ±和 800cm ⁻¹ ±峰弱	标准的石英图谱 700cm ⁻¹ ±和 800cm ⁻¹ ±峰弱

2 黄铁矿与白铁矿

白铁矿多于黄铁矿,占硫化物的80%以上。黄铁矿量虽不多,但分布却较广,出现于第1到第3成矿阶段,即3个世代。第1世代黄铁矿常为自形、半自形,粒度较均匀,0.01mm左右;第2世代黄铁矿呈半自形和他形粒状,常与白色石英组成脉体;第3世代黄铁矿以粉末状(烟灰状)、胶状黄铁矿为主。

白铁矿也有3个世代,相当于第2至第4成矿阶段,即白铁矿Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ阶段。

本区黄铁矿和白铁矿的形态多样,可分为晶体与胶态两大类型,在产出数量上胶态略多于晶体。胶态白铁矿重结晶现象广泛,在研究中仍将其归于胶态(表5)。

表5 各成矿阶段黄铁矿和白铁矿的形态特征

阶段	I	II	III	IV
黄铁矿的形态	以自形的{100}形为主,其次为{100}+{111}, {210}, {210}+{100}+{111}以及{111}	主要为自形一半自形{210}和{111},其次为{210}+{100}, {100}+{111}以及少量的块状	以烟灰状、粉末状、胶状为主,少量为块状及{210}形	
白铁矿的形态		以自形信封状、板状为主,其次为他形粒状	主要为胶状,重结晶后具梳状构造,少量为皮壳状和草蓆状	以草蓆状为主,其次为粒度细小的厚板状

在多种形态的黄铁矿和白铁矿中,以第3成矿阶段产出的粉末状、胶状(球粒状)黄铁矿和胶状白铁矿与金成矿关系最为密切。黄铁矿和白铁矿的化学全分析结果列于表6。从表6可见,早期形成的黄铁矿和白铁矿

表6 黄铁矿和白铁矿的化学成分

样号	矿物	Fe(%)	S(%)	Zn(%)	As	Sb	Bi	Hg	Au	S/Fe
274.9	黄铁矿(II)	42.37	48.47	0.0	9872	3160	4.00	64.5	5.0	1.992
190.03	黄铁矿(III)	44.83	51.82	0.005	22792	784	2.00	11.90	2.0	2.013
1170-12A	黄铁矿(III)	45.11	52.55	0.02	3396	316	2.00	20.75	2.0	2.029
J-01-P ₁	黄铁矿(II)	46.09	52.75	0.01	9404	708	2.50	90.50	2.0	1.993
274-18	白铁矿(II)	44.04	50.33	0.0	3064	2008	2.50	10.70	2.0	1.990
274-21	白铁矿(IV)	44.94	52.10	0.0	1520	1464	2.00	8.15	2.0	2.019
274-23	白铁矿(IV)	44.83	51.87	0.0	1488	1944	3.00	17.95	2.0	2.05
170-10	白铁矿(IV)	45.59	52.50	0.005	2134	284	2.00	19.15	2.0	2.006
170-128	白铁矿(IV)	45.69	52.09	0.01	1175	197	2.00	9.75	2.0	1.986

注:除Fe、S、Zn外,其他为 10^{-6} ,辽宁省地质实验研究所化验室分析。

矿富铁贫硫,晚期则富硫贫铁。As、Sb含量高,尤其是As,最高可达 22792×10^{-6} ,黄铁矿的As含量远高于白铁矿,前者是后者的6倍多,含Sb量二者相近。As/Sb值以第3成矿阶段的黄铁矿和白铁矿为最高。

对矿区45件黄铁矿和白铁矿进行了热电性测量,样品除单晶外,尚有一部分具胶态和块状构造的单矿物样,测量结果见表7。

表7 黄铁矿和白铁矿的热电系数($\mu V/^{\circ}C$)

矿物	样号	α 值	形态	矿物	样号	α 值	形态	矿物	样号	α 值	形态
黄铁矿	274-9P1	262.36	Q	黄铁矿	274-9P2	235.86	K	黄铁矿	274-11P1	262.88	K
黄铁矿	274-11P2	312.54	K	黄铁矿	274-14P	281.96	K	黄铁矿	274-15P	236.68	Q
黄铁矿	274-16P1	302.50	Q	黄铁矿	274-16P2	281.14	Q	白铁矿	274-16M	339.28	B
黄铁矿	274-17P	317.50	a+o	白铁矿	274-17M	334.58	B	白铁矿	274-18M	237.89	B
白铁矿	274-19M	264.00	B	白铁矿	274-21M	350.54	B	白铁矿	274-23M	335.46	B
黄铁矿	274-23P	374.96	a+o	黄铁矿	274-P	267.07	e	黄铁矿	274-3P	258.13	Q
黄铁矿	274-5P	203-40	e	黄铁矿	274-7P	247.86	e	黄铁矿	170-3AP	219.29	Q
白铁矿	170-3AM	256.21	B	黄铁矿	170-07P	299.68	e+o	白铁矿	170-07M	277.00	J
黄铁矿	170-09P	230.93	e+o	白铁矿	170-10M	273.57	J	白铁矿	170-12M	328.60	B
黄铁矿	170-12P	314.03	K	黄铁矿	170-15P1	315.86	a+o	黄铁矿	170-15P2	262.46	a
黄铁矿	170-16P	258.64	e	黄铁矿	170-17P	259.75	e	黄铁矿	170-18P	246.63	e
白铁矿	170-18M	305.60	B	白铁矿	210-03M	284.32	J	白铁矿	210-04M	280.43	B
白铁矿	210-07M	196.45	M	黄铁矿	J-01P1	259.60	e+a+o	黄铁矿	J-01P2	307.80	a
白铁矿	J-03M	273.40	J	白铁矿	J-04M	265.00	K	黄铁矿	J-06P	236.85	Q
白铁矿	J-07M	242.65	K	黄铁矿	J-08P	205.49	e+a+o				

Q—球粒状;K—块状;B—板状、信封状;J—胶状、梳状;a—立方体;o—八面体;e—五角十二面体;由长春地质学院矿物实验室赵以辛测定。

从表 7 可见,所测样品均为 P 型热电场,热电系数(α)平均为 $274.95\mu\text{V}/^\circ\text{C}$,范围值较宽,从 $196.45\sim 374.36\mu\text{V}/^\circ\text{C}$,但主要集中在 $200\sim 300\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 区间。

从围岩—矿体—围岩, α 值呈低—高—低的变化特点,且矿体两侧围岩的黄铁矿热电系数值相近。热电系数与矿石品位为正相关,即 Au 品位高, α 值也高(图 3)。

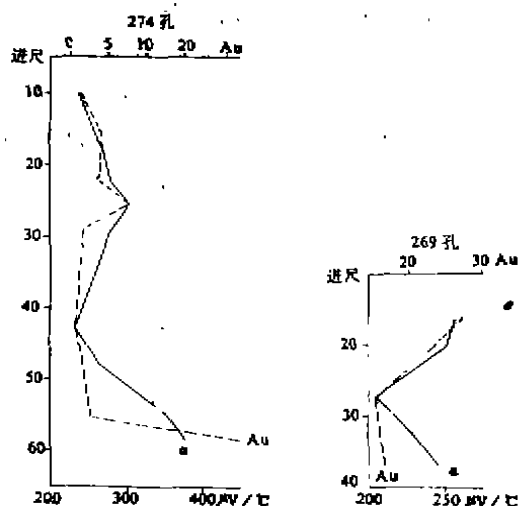


图 3 黄铁矿热电系数与金品位关系

综合上述,本区黄铁矿和白铁矿的标型

特征如下:

(1)粉末状和球粒状黄铁矿、胶状白铁矿是金矿化的形态标志,它们大量出现的地段可能就是矿体。

(2)富硫贫铁的黄铁矿和白铁矿对金矿化有利,As/Sb 值高也有利于 Au 的富集。

(3)黄铁矿和白铁矿的热电系数(α)值越大,矿石品位越高。

(4)黄铁矿和白铁矿的导电类型均为 P 型,反映了本区属大型金矿。

3 碳酸盐矿物

矿区碳酸盐矿物分布较广泛,仅次于石英,可分早、晚两期,早期相当于第 2 成矿阶段,晚期为第 4 成矿阶段。早期为方解石和白云石,晚期为铁白云石和菱铁矿,可见其穿切早期的方解石,早期的方解石和白云石含量少。

方解石为无色透明,解理极发育,与 HCl 反应剧烈。白云石为白色,与 HCl 反应轻微。铁白云石和菱铁矿为浅黄色或黄褐色,半自形—他形,有时呈皮壳状。

早期碳酸盐矿物因含量少未作化学分析,晚期碳酸盐矿物的化学成分见表 8。

表 8 碳酸盐矿物化学成分

样号	TFe	FeO	CaO	MgO	MnO	CO ₂	Ba	Sr	Au	Ag
P _{180-γ₁}	5.40	3.81	30.09	17.50	0.15	40.06	39.0	1080	0.028	0.00
H ₁₈₀₋₀₂	3.80	2.51	24.34	14.90	0.22	38.93	39.0	800	6.40	0.00
210-10	3.40	41.06	2.87	1.60	4.30	33.93	54.0	108	32.9	0.00

以氧原子为 6 换算的阳离子数

样号	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Mn ²⁺	C ⁴⁺
P _{180-γ₁}	0.210	0.1097	1.724	0.908	0.043	1.907
H ₁₈₀₋₀₂	0.1563	0.0302	0.9975	0.9975	0.007	2.0331
210-10	0.1592	1.507	0.145	0.106	0.161	2.039

氧化物为百分含量,微量元素为 10^{-6} ,辽宁省地质实验研究所化验室分析。

从表 8 可见,分析的碳酸盐为含铁的白云石和菱铁矿。Au 含量与 Ca、Mg、CO₂ 为负相关,与 Fe 为正相关。Sr 与 Au 为负相关。

本区碳酸盐矿物的热发光曲线见图 4。早期均为单峰,发光峰位为 250°C ,方解石发光强度为 5.42R,白云石为 9.05R。晚期为双

峰,两峰强度相近。晚期碳酸盐矿物或多或少都含有 Au,初步认定双峰为含矿碳酸盐矿物的热发光标志。

由上述可得出浅黄、黄褐色,CO₂ 含量低,Fe 含量高,热发光曲线为双峰型的铁白云石和菱铁矿为含矿碳酸盐矿物,无色或白

色,热发光曲线为单峰型的为不含矿碳酸盐矿物。

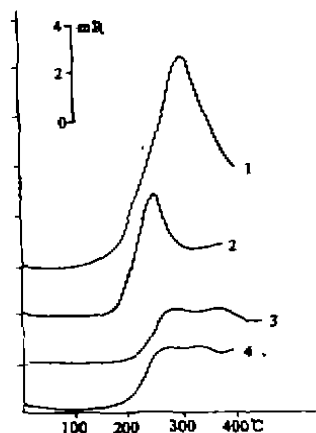


图4 碳酸盐矿物的热发光曲线

1—早期白云石,2—早期方解石,3、4—晚期白云石

综上所述,得出区别矿石与围岩的矿物学标志。

(1)灰黑色玉髓状石英大量出现的强烈蚀变的斜长花岗斑岩可能为矿石。

(2)几个成矿阶段的矿脉叠加,占岩石总体的70%以上,可望成为富矿石。

(3)浅黄色、黄褐色的铁白云石或菱铁矿

脉集中出现的碎裂岩可能是矿石。

(4)粉末状黄铁矿主要分布在第3成矿阶段的灰黑色玉髓状石英中,所以它没有直接指示矿石的意义。球粒状黄铁矿和胶状白铁矿大量出现的岩石可望为矿石,但块状黄铁矿不含Au。

(5)硅化、绢云母化强烈的糜棱岩(结晶片岩),其中云母为浅绿色,且有较多的灰黑色玉髓状石英脉存在,则可能是矿石。

(6)前述石英的成分及热发光特征、黄铁矿和白铁矿的成分及热电系数特征、碳酸盐矿物的成分及热发光特征,如有条件测试亦是很好的判别含矿与否的标志。

参考文献

- 1 李之彤. 中科院院报(沈阳地矿所分刊),1980,(1).
- 2 江雄新. 金矿地质论文集,1982.
- 3 吴尚全. 矿物学报,1984,(1).
- 4 姜信顺. 金矿地质论文集,1982.
- 5 闻铭等. 矿物红外光谱学. 重庆出版社,1988.
- 6 靳是琴等. 成因矿物学概念(上册). 吉林大学出版社,1984.
- 7 陈光远等. 胶东金矿成因矿物学与找矿. 重庆出版社,1989.

Prospecting Mineralogy of Wulaga Auriferous Deposit

Jin Shiqin, Li Xianzhou, Liu Fulai, Zhao Yizhang

This paper has characterized the paragenetic association of minerals in Wulaga auriferous deposit. The typomorphic peculiarities of ore-bearing or nonmineralized quartz, pyrite, mercasite and carbonate minerals have been determined. Therefore, mineralogy markers by which ores and adjacent rocks can be identified are obtained.

