

辽宁义县红石金矿 黄铁矿的标型特征及其成因意义^①

银剑钊

(中国地质大学, 北京)

提 要 经研究表明,红石金矿区黄铁矿晶形完好者主要呈立方体{100}和五角十二面体{210}以及它们的聚形。黄铁矿中S/Fe值大于理论值1.148,表明红石金矿是在相对较高的硫逸度及饱和度和较富硫的介质环境下形成的。黄铁矿单矿物的热电动势测定表明红石金矿有四种导型的黄铁矿:P型、N—P型、P—N型、N型。黄铁矿热电系数与温度关系的图解表明,矿区黄铁矿的形成温度为50~385℃,反映出黄铁矿具有多期多阶段的特点,并与红石金矿多阶段的成矿特点一致。黄铁矿的晶胞参数(平均为5.4246 Å)较理想值(5.4176 Å)偏大。显示出低温条件下黄铁矿的晶胞参数标型。黄铁矿的微量元素标型特征也显示红石金矿为浅成成因。

关键词 辽宁 红石 标型特征 黄铁矿

红石金矿位于辽宁省义县境内,地处华北地台北缘燕山台褶带内辽西台陷中新世代火山断陷盆地的中偏东部,矿体主要产于早白垩世义县火山旋回中下部,以安山质岩石为主要围岩的火山岩中,有用元素的富集与分布则与酸性斑岩脉(流纹斑岩和花岗斑岩)及次火山岩角闪安山岩有密切的时空关系。含矿带为近南北走向,倾向东,倾角为70°~80°,矿区有大小矿体19个。矿体长度及宽度、金、银品位, ($Au = 2.75 \sim 348g/t$; $Ag = 40 \sim 2116g/t$)变化均较大,矿体主要呈脉状、透镜状、豆荚状等。矿石类型以角砾岩型及硅化石英(网)脉型为主。矿区围岩蚀变具有多期多阶段及多类型的特点。矿石矿物成分复杂,除金、银、铜等自然元素及其互化物外,各种硫化物、氧化物、硅酸盐及氯化物也很多。矿区内矿石组构也特别复杂,多为一些典型的中、低温热液充填型组构。上述特征及矿床的地球化学特征等均表明,红石金矿为一中偏低温的浅成火山一次火山热液金矿。

1 黄铁矿的形态标型

红石矿区黄铁矿晶形完好者主要呈立方体{100}、五角十二面体{210}及它们的聚形。黄铁

^① 国家自然科学基金资助项目。先后参加此矿床研究工作的还有张渊、玉敏初、刘宝铭等。

(收稿:1992. 4. 27)

矿的晶形标型特征可以反映成矿环境及找矿介质条件:一般而言,{100}晶形的黄铁矿出现在低硫逸度、低饱和度以及比黄铁矿最佳形成温度高很多或低很多的温度下(陈光远等,1987)^[1];而{210}晶形的黄铁矿反映的是一种富硫、高S²⁻浓度的介质环境(靳是琴、李鸿超,1985)^[2]。据此得出,红石金矿是在硫逸度和饱和度变化相对较大的物理化学条件下形成的。

2 黄铁矿的主成分标型

红石金矿床中黄铁矿的Fe、S含量及其化学成分见表1。

表1 红石金矿黄铁矿化学成分表
Table 1 Chemical composition of Pyrite of Hongshi Gold Deposit

	矿石产出类型	Fe	S	S/Fe	化学式
红 石 金 矿	黄铁矿化硅化角砾岩①	43.84	51.03	1.164	Fe _{1.0000} S _{2.0275}
	黄铁矿化硅化角砾岩②	44.03	51.54	1.171	Fe _{1.0000} S _{2.0389}
	浸染状黄铁矿化安山岩	42.74	50.71	1.186	Fe _{1.0000} S _{2.0666}
	多金属矿化流纹斑岩①	45.46	52.82	1.162	Fe _{1.0000} S _{2.0194}
	多金属矿化流纹斑岩②	44.08	50.88	1.152	Fe _{1.0000} S _{2.0105}
	黄铁矿化流纹斑岩	44.80	52.49	1.172	Fe _{1.0000} S _{2.0408}
	黄铁矿化硅化流纹斑岩	45.88	52.80	1.151	Fe _{1.0000} S _{2.0045}
	浸染状黄铁矿化流纹斑岩	43.51	51.36	1.180	Fe _{1.0000} S _{2.0561}
	贱金属矿化矿石①	45.48	52.56	1.156	Fe _{1.0000} S _{2.0129}
	贱金属矿化矿石②	44.25	53.09	1.188	Fe _{1.0000} S _{2.0639}
对 比 资 料	沉积成因黄铁矿	46.16	53.84	1.166	Fe _{1.0000} S _{2.0316}
	黄铁矿型铜矿、多金属矿	47.76	52.24	1.094	Fe _{1.0000} S _{1.9052}
	斑岩型铜矿床	47.67	52.33	1.098	Fe _{1.0000} S _{1.9121}
	与火山作用有关的低温高岭土矿床	46.60	53.39	1.146	Fe _{1.0000} S _{1.9956}
	与超基性岩有关的Cu—Ni矿床	46.76	53.24	1.139	Fe _{1.0000} S _{1.9832}
	陕西某金矿床	46.50	52.36	1.127	Fe _{1.0000} S _{1.9513}
	钼钛磁铁矿矿床	46.65	52.43	1.124	Fe _{1.0000} S _{1.9576}
	沉积—岩浆热液强烈叠加改造铅锌矿床	44.35	48.57	1.095	Fe _{1.0000} S _{1.9076}
	黄铁矿理论值	46.55	53.48	1.148	FeS ₂

注:对此资料引自徐国风等(1980)、邵洁涟等、王濮等(1982);理论值据靳是琴、李鸿超(1985)。红石金矿数据由辽宁地矿局徐万臣测。

表中数据表明,红石金矿区黄铁矿的S/Fe比值大于理论值1.148,也高于沉积成因的黄铁矿等其它类型黄铁矿的S/Fe值(表1)。其计算化学式与标准化学式相比,具有富硫的特征,这

表明红石金矿床的矿化过程可能是处于相对较高的硫逸度环境。结合本区黄铁矿的形态标型, 得出红石金矿主要是在一种富硫、 S^{2-} 浓度大的介质环境下形成的。

3 黄铁矿的热电系数标型特征

红石金矿区10个黄铁矿单矿物热电动势的测定(表2)表明, 矿区内黄铁矿有四种导型, 它们分别为空穴型(P型)、电子-空穴型(N-P型)空穴-电子型(P-N型)和电子型(N型)。随矿床形成深度的增加(或海拔标高的降低), 黄铁矿的导型由空穴型→混合型→电子型而变化。这与邵洁涟教授的“矿体上部为空穴型, 中部为混合型, 下部为电子型”的观点一致。因此, 本区黄铁矿的热电性可以作为矿体(矿化)剥蚀深度及矿体分带的一种判别标志。

从表2可以看出, 空穴型黄铁矿含 As 为1530~3690ppm, 平均值为2267.5ppm; 空穴-电子型黄铁矿含 As 为130~670ppm, 平均值为422.5ppm; 同时空穴型黄铁矿的 Au, Ag, Sb 含量(平均值分别为159.2, 720.8, 135ppm)高于电子型黄铁矿中的 Au, Ag, Sb 含量(依次为1.6, 100和20ppm); 而电子型黄铁矿中的 Co, Ni 含量(分别分365和820ppm)又高于空穴型黄铁矿中的 Co, Ni, 平均含量(分别为56.25和127.5ppm), 这些特点可以作为红石金矿中黄铁矿的标型特征。

表2 红石金矿黄铁矿的特征值表

Table 2 Characteristic values of pyrite of Hongshi Gold Deposit

项目 No	热电系 数 (W/C)	导型	晶胞参 数 a_0 (Å)	微量元素化学分析结果(ppm)								Co/Ni	Ag/Au
				Au	Ag	Co	Ni	As	Sb	Bi	Hg		
1	+117.5	P	5.4273	502	1238	75	300	3690	380	260	9.52	0.25	2.47
2	+103.9	P	5.4247	100.2	790	50	30	1530	80	2	2.3	0.63	7.88
3	-13.1	P-N	5.4263	108.4	590	60	140	620	70	8	5.72	0.43	5.44
4	+98.1	P	5.4273	9.10	495	60	90	1970	60	2	0.82	0.67	54.40
5	+13.7	N-P	5.4247	8.80	400	280	740	1760	40	1	0.95	0.38	45.45
6	-41.2	P-N	5.4273	75.6	650	160	290	270	40	1	0.85	0.55	8.66
7	+188.7	P	5.4230	25.6	360	40	40	1880	20	1	0.28	1	14.06
8	-51.8	P-N	5.4210	6.40	298	100	160	670	20	14	3.42	0.63	46.56
9	-63.4	N	5.4256	1.60	100	365	820	340	20	19	0.52	0.45	62.50
10	-33.8	P-N	5.4210	16.4	98	70	80	130	30	45	0.35	0.88	5.98
平均值			5.4246	85.41	501.9	126	274	1286	70	35.3	2.47	0.59	25.34

T·A·戈尔巴乔夫(1964)^[3]研究认为, 黄铁矿的热电系数可以作为地质温度计, 将表2中的数据投在戈氏的图解(图1)上可以看出: 红石矿区黄铁矿的形成温度区间为50~385℃, 反映出本区黄铁矿具有多期多阶段的特点。经研究表明, 红石金矿的主成矿温度为50—200℃, 说明本

区成矿具有(中)低温的特征。

4 黄铁矿的晶胞参数标型特征

有关资料表明,黄铁矿的晶胞参数值 a_0 与其结晶速度及生成温度成复杂的函数关系;在低温条件下,由于结晶迅速,常成为具有大量晶体缺陷的非理想生长晶体,因此常具有较大的晶胞参数值。

本区黄铁矿的晶胞参数值为5.4210~5.4273 Å 平均值为5.4246 Å (表2),较理想值(5.4176 Å ,据中科院贵阳地化所)有明显增大,显示出低温条件下黄铁矿的晶胞参数标型特征。经分析认为,黄铁矿的晶胞参数除受 S/Fe 比值影响外,黄铁矿内部含较多的 As、Sb 也是导致其晶胞参数加大的主要原因。如砷进入黄铁矿晶格中部分地交换硫,因砷离子半径(1.18 Å)大于硫离子半径(1.04 Å)约11%,而导致 FeS_2 的 a_0 值加大,As 与 a_0 呈正相关($r=0.51$)而 Sb 与 a_0 也属正相关($r=0.52$),Sb 进入黄铁矿晶格也使 a_0 增大,本区黄铁矿中 Co、Ni 与晶胞参数之间无明显的变化关系。本区黄铁矿的 a_0 值大,系由 As、Sb 引起,而与 Co、W 关系不大的特征,也可作为本矿床黄铁矿的标型特征。

5 黄铁矿的微量元素标型特征

从表2及表3可以看出,红石矿区的黄铁矿中含有 Au、Ag、Co、Ni、As、Bi、Sb、Hg、Cu、Pb、Zn、Rb 等微量元素,分析与研究这些微量元素的变化特征无疑对确定矿床成因具有重要意义。

表3 黄铁矿微量元素化学分析结果表
Table 3 Trace element of pyrite of Hongshi gold Deposit

项目 样号	ppm																%
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Se	Mo	W	As	Sb	Bi	Hg	Co	Ni	Rb	S	
Y-1	0.25	0.98	5.40	51.30	49.00	0.41	4.41	0.00	9344.83	488.89	5.66	3.55	1.20	5.50	11.38	50.16	
Y-4	1.00	39.10	87.00	371.80	72.30	0.41	0.00	0.00	282.76	51.89	2.53	0.105	100.50	100.00	15.17	60.46	

注:由长春地质学院岩化系分析室分析

5.1 Au 与 Ag

黄铁矿中 Au、Ag 的含量与矿化类型密切相关,以黄铁矿化硅化角砾岩型及黄铁矿化硅质

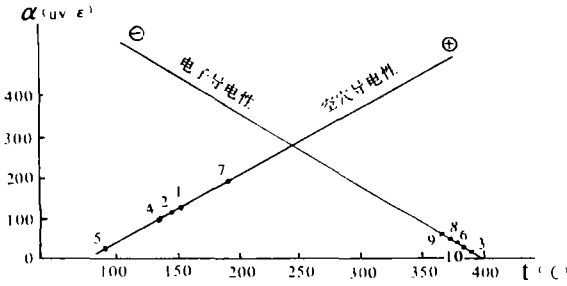


图1 黄铁矿热电系数的温度标尺
Fig. 1 The Pyroelectric coefficient—temperature sketch

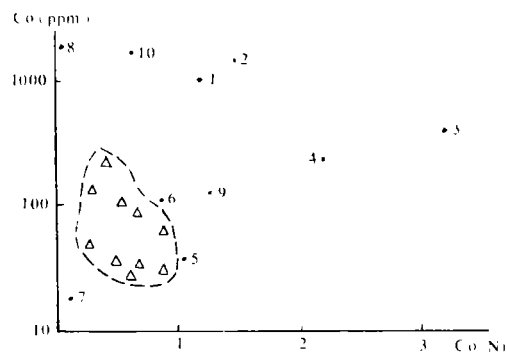
脉型含银为高,浸染状黄铁矿化流纹斑岩或安山岩则较低。本区黄铁矿含金为 $0.25 \sim 502\text{g/t}$ (表2、3),平均值为 41.92g/t 。Ag一般比Au高很多,Ag/Au值为 $2.47 \sim 62.5$,平均为 25.34 ,显示了低温热液金矿的成矿特点。相关分析得出,本区黄铁矿中所含Au与Ag的相关系数为 0.87 ,呈明显的正相关。区内黄铁矿中的Ag(Au)含量可作为本区Au、Ag矿床最直接的找矿标志。

5.2 Cu、Pb、Zn

本区黄铁矿中含Cu $5.4 \sim 87\text{ppm}$,平均 46.2ppm ;Pb为 $51.30 \sim 371.80\text{ppm}$,平均为 211.55ppm ,Zn为 $49.00 \sim 72.30\text{ppm}$,平均为 60.65ppm 。区内黄铁矿中Cu、Pb、Zn含量明显较其它同类矿床为高,这可能是黄铁矿中含有微细多金属包体或连生体所致,也表明三者与金的密切关系。

5.3 Co与Ni

FeS₂中的Co、Ni含量可作为判断黄铁矿成因类型的一组标型特征元素。据Bralia及Aetal(1979)的研究,块状硫化物及火山喷气成因矿床中的黄铁矿含Co一般较高而Ni较低(分别为 480ppm 和 56ppm),Co/Ni值约为 $5 \sim 20$ (平均为 8.7)。热液脉状黄铁矿的Co、Ni含量及Co/Ni值变化均较大,其Co/Ni平均值为 1.17 ,且在单个矿床



注:图中“△”代表本区黄铁矿,虚线范围为本区黄铁矿的主要分布区,图中数据主要依据表2。“·”示其它矿床类型:1. 砂卡岩型铁矿 2. 砂卡岩型Cu—Fe矿床 3. 斑岩型Cu—Mo矿床 4. 玢岩型铁矿 5. 中温热液金矿床 6. 黄铁矿型铜矿 7. 沉积型含矿砂岩 8. 沉积型铝土矿床 9. 沉积变质岩型层状铜矿床 10. 钒钛磁铁矿床 (1~10投点据周卫宁,1987)

图2 各类成因类型矿床黄铁矿Co—Co/Ni图解

Fig. 2 Co—Co/Ni sketch of pyrite of different genetic deposits

内平均值小于5;沉积成因FeS₂的Co、Ni含量及Co/Ni值均较低(Co/Ni平均值为 0.63)。红石金矿区黄铁矿中Co为 $1.2 \sim 365\text{ppm}$,平均值为 113.475ppm ;Ni为 $5.5 \sim 820\text{ppm}$,平均为 237.5ppm ;Co/Ni= $0.22 \sim 1.005$ 平均为 0.59 ,与沉积成因黄铁矿相似。但该矿床产于火山岩一次火山岩中的产状表明,其中的FeS₂不可能是沉积成因的。这说明黄铁矿中的Co/Ni不仅与其成因有关,而且还取决于其物质来源(王亚芳,1981)。本矿黄铁矿中Ni含量基本上大于Co含量,且Co/Ni值与金呈负相关(相关系数 $r = -0.55$),反映了金矿物质来源的深源特征(靳是琴、李鸿超,1985)。

相对其它矿床中的黄铁矿而言,红石矿区的黄铁矿以较低的Co含量及小的Co/Ni值为其特征标型(图2)

5.4 As与Sb

本区黄铁矿中含As较高(表2、3)一般为 $130 \sim 9344.83\text{ppm}$,平均为 1874ppm 。且As与金呈明显的正相关(相关系数 $r = 0.72$)。本区黄铁矿富含As并对Au具有明显的指示意义,这与同火山活动有关的金矿床富As的结论相吻合。

本文前已论及,不同导电类型的黄铁矿中As含量也不同,因此,黄铁矿中As含量也可以

作为区分黄铁矿导电类型的有效标志之一。

Sb 在黄铁矿中变化较大,一般为20~488.89ppm,平均为108.4ppm,Sb 与金呈显著的正相关($r=0.98$)。因此,Sb 也可作为黄铁矿含金性的一种判别标志。

5.5 Bi 与 Hg

黄铁矿中含 Bi 量有较大的变化,从1.0~260ppm,平均为30.10ppm;Hg 为0.105~9.52ppm 平均为2.36ppm。本区黄铁矿中 Bi 的低含量和 Hg 的高含量(相对其它金矿而言),反映了浅成条件下的成矿特征。

此外,本区黄铁矿还以其高的 Rb 含量(11.38~15.17ppm)、较低的 W、Mo 含量为其特征。

综上所述,红石金矿区黄铁矿的标型特征证明红石金矿为一(中)低温浅成火山一次火山热液金矿。

参考文献

- 1 陈光远等.成因矿物学与找矿矿物学.重庆出版社,1987
- 2 邵洁涟.金矿找矿矿物学.武汉“中国地质大学出版社,1988
- 3 Hollister V F. Discoveries of Epithermal Precious Metal Deposits. society of Mining engineers of AIME, New York, 1985, 169

THE TYPOMORPHIC CHARACTERISTICS OF PYRITE AND ITS GENESIS MEANING OF HONGSHI GOLD DEPOSIT IN LIAONING PROVINCE

Yin Jianzhao

(China University of Geosciences Beijing)

Abstract

The crystal forms of pyrites of Hongshi gold Deposit are cubic, pyritohedron and their combinations. The S/Fe value is bigger than the theoretical value. This indicates that this deposit is formed in higher sulfide fugacity and saturability. The pyroelectricities of pyrite are P,N—P,P—N,N type. The relationship between pyroelectric coefficient and temperature shows that the pyrite of this deposit is formed at 50—385°C. The unit cell parameters of pyrite are larger than the mean value. The unit cell parameters of pyrite are larger than the mean value. The trace elements of pyrite also show that Hongshi Gold Deposit is epithermal.