

文章编号: 0254- 5357(2001)02- 0100- 05

细微浸染型金矿床中黄铁矿的 标型特征及意义

周文雅

(安徽省地质实验研究所, 安徽 合肥 230001)

摘要:通过对皖南东至~ 泾县一带细微浸染型金矿成矿带中花山、吕山、柴山、虎龙冲、管岭、白果树等金矿床(点)中黄铁矿化学成分和晶体形态标型特征的研究来探讨该区金矿床(点)的成矿条件, 为指出找矿方向, 筛选出找矿靶区作一个有益的尝试。

关键词: 细微浸染型金矿; 黄铁矿; 标型特征

中图分类号: P618. 51; P578. 292

文献标识码: A

1 矿床地质特征

本区构造单元属江南古陆与扬子准地台衔接过渡带的南缘, 是奥陶系南北相的分界线, 成矿带呈北东向分布, 东西长达 150 km, 南北宽 30 km, 面积约 4 500 km²。

成矿带中各金矿床(点)均分布在江南古陆断裂北缘, 矿区范围内未见大的岩浆岩体, 但在矿体附近或稍远离矿体处常见有一些中酸性小岩脉, 多平行于矿体侵入, 岩脉侵入时代为燕山早- 晚期 [(93. 6~ 166) × 10⁶ a], 成矿时代晚于含矿地层时代, 同岩浆侵入时间大体相同或稍晚。

含矿地层主要为震旦系蓝田组, 下寒武统与中上奥陶统的含泥砂碎屑岩、含泥质碳酸盐岩和含碳质泥岩等。成矿带中已知金矿体或金矿化点往往在震旦系与寒武系、寒武系与奥陶系、奥陶系与志留系的界面或界面附近产出, 且大多与锑砷伴生。

金矿体常与锑矿体重合, 但又不完全受锑矿化控制, 而金矿体一般受断裂控制或分布在断裂两侧切割的围岩中, 在破碎带发育较宽或断裂倾角转变的地段矿体变厚。反之, 破碎带窄小部位, 矿体变薄, 矿化亦较差, 金矿体一般呈脉状、似层状, 矿体厚度与品位变化较大。

围岩蚀变主要为硅化、黄铁矿化、绢云母化、高

岭土化等。

各金矿床(点)矿物成分简单, 金属矿物主要有黄铁矿、毒砂、辉锑矿, 其次为闪锌矿、黝铜矿、黄铜矿、磁黄铁矿、自然金、银金矿、方铅矿等; 脉石矿物主要为石英、白云石、方解石、重晶石、绢云母、高岭石、绿泥石等; 表生矿物有褐铁矿、水赤铁矿、黄铁矿、臭葱石、铜蓝等。

矿石结构主要有自形- 半自形晶粒、他形、变胶、交代残余、花岗变晶、压碎结构。

矿石构造主要有块状、稠密浸染状、稀疏浸染状、脉状、角砾状、条纹状等构造。

本区主要载金矿物为黄铁矿、毒砂, 其次为辉锑矿、闪锌矿、黄铜矿和部分脉石矿物。

2 黄铁矿化学成分的标型特征及成因意义

在本区各金矿床(点)中, 黄铁矿通常是金的最主要载金矿物。黄铁矿多呈自形- 半自形晶粒状, 晶形主要有立方体、立方体与五角十二面体聚形、五角十二面体、五角十二面体与八面体聚形、八面体。不同晶体形态、不同世代的黄铁矿, 其化学成分亦有差异, 黄铁矿单矿物化学分析结果见表 1 和表 2。

收稿日期: 2000-12-18; 修订日期: 2001-03-15

作者简介: 周文雅(1949-), 男, 安徽省庐江县人, 高级工程师, 主要从事岩石矿物鉴定与矿床物质组分专题研究。

表1 不同晶体形态的黄铁矿化学成分特征表^①

Table 1 Chemical composition characteristics of pyrites with various crystal forms

项目	$w_B/10^{-2}$				
	立方体 (I)(5) {100}	立方体与五角 十二面体聚形 (II)(5) {100}+{210}	五角 十二面体 (III)(3) {210}	八面体 (IV)(2) {111}	晶体形态 不明显 细粒
Fe	47.088	45.470	45.577	45.965	46.415
S	51.386	51.964	52.987	53.980	53.225
As	0.154	1.476	0.347	0.076	0.328
Au	0.0113	0.0628	0.0156	0.0000	0.0190
Ag	0.0120	0.0071	0.0266	0.0000	0.0000
Sb	0.026	0.124	0.017	0.010	0.015
Cu	0.084	0.094	0.050	0.045	0.189
Pb	0.000	0.016	0.000	0.000	0.018
Zn	0.000	0.006	0.013	0.000	0.008
Co	0.050	0.100	0.054	0.042	0.043
Ni	0.076	0.100	0.027	0.000	0.150
Se	0.000	0.000	0.013	0.000	0.008
Te	0.022	0.008	0.023	0.035	0.013
Ti	0.008	0.008	0.000	0.000	0.005
Co/Ni ^②	0.658	1.000	2.000		0.287
As/S	0.003	0.028	0.007	0.001	0.006
Au/Ag	0.942	8.845	0.586		

① 分析数据由本所化学分析研究室郭居媛提供。括号内罗马数字分别代表黄铁矿什么世代,阿拉伯数字代表样品个数。

② 特征元素对的含量(w)比值,全文同。

表2 不同世代黄铁矿化学成分特征表^①

Table 2 Chemical composition characteristics of pyrites from different generations

项目	$w_B/10^{-2}$		
	(I)(3)	(II)(3)	(III)(3)
Fe	46.090	45.670	46.700
S	51.020	51.650	51.700
As	1.343	1.937	1.880
Au	0.0189	0.0999	0.0418
Ag	0.0016	0.0117	0.0106
Sb	0.027	0.190	0.160
Cu	0.010	0.077	—
Pb	—	0.027	—
Zn	0.004	0.010	0.040
Co	0.048	0.092	0.130
Ni	—	0.040	0.067
Se	0.010	—	—
Te	0.003	0.013	0.005
Ti	0.043	0.013	0.010
Co/Ni ^②	特大	2.300	1.940
As/S	0.026	0.038	0.036
Au/Ag	11.813	8.538	3.943

① 分析数据由本所化学分析研究室郭居媛提供。括号内罗马数字分别代表黄铁矿什么世代,阿拉伯数字代表样品个数。“—”表示未检出。

② 特征元素对的含量(w)比值,全文同。

从表1、表2可以看出黄铁矿中除含主要组分FeS外,还普遍含有As、Sb、Te、Au、Ag等微量元素,现将黄铁矿化学成分特征简述如下。

2.1 铁与硫

Fe含量为45.470%~47.088%,S含量为51.020%~53.980%。矿物化学式均接近理论式FeS₂,按原子量换算,黄铁矿理论式FeS₂中Fe占46.55%,S占53.45%,但第一、二世和具立方体晶形的黄铁矿,硫略有亏损(51.020%~51.386%),晚世代与其他晶体形态的黄铁矿硫略有富余(51.650%~53.980%)。据邵洁涟^[1]有关资料指出“黄铁矿化学式一般在FeS_{1.8}~FeS_{2.1}内变动,高温条件下生成的黄铁矿亏硫,低温条件以及沉积环境中生成的黄铁矿接近理论值FeS₂。自然界中黄铁矿晶体习性变化规律为{100}—{210}—{111}”。

2.2 砷与As/S比值

As主要呈类质同象替代部分S,含量(质量分数, w)为0.076%~1.937%,第二世代黄铁矿中As含量明显高于第一世代黄铁矿,且As与Au呈明显正消长关系,随着黄铁矿中As/S比值增大,Au的含量明显增加。以第二世代具{100}+{210}、{210}晶体黄铁矿的As/S比值最高,其含Au量亦高,第三世代次之,第一世代最低,表明第二世代黄铁矿生成时期是Au的主要矿化阶段。在Co-Ni-As相对含量中,As含量较高,在Co-Ni-As三角图(图1)中,投影点集中在As附近,仅白果树、管岭两矿点投影点稍有偏离,这表明本成矿带中金矿床大多是属于地下热卤水成因。

在地下热卤水成因矿床中,As常取代S形成于黄铁矿中。而柴山、吕山两矿点的投影点稍有偏离,反映它们的成因是受岩体与围岩接触带和火山岩与基底接触带的影响。

2.3 Co/Ni比值

本成矿带中Co/Ni比值(见表1、2)除个别矿床(点)外一般在0.287~2.300变化,且成矿带东端(白果树、虎龙冲、管岭等金矿)显示成矿热液可能高于西端,不同世代的黄铁矿Co/Ni比具有由早期到晚期逐步降低的变化特征,表明矿化是在温度逐步降低的过程中进行的。各金矿床(点)Co/Ni比投影于各成因黄铁矿Co/Ni图中(图2,根据①改编)。大部分投影点位于卡林型金矿与黄铁矿型金矿之间,管岭金矿接近于火山岩型金矿。

① 宋学信. 中国各种成因黄铁矿的微量元素特征. 中国地质科学院矿床地质研究所刊. 1986, (2): 170.

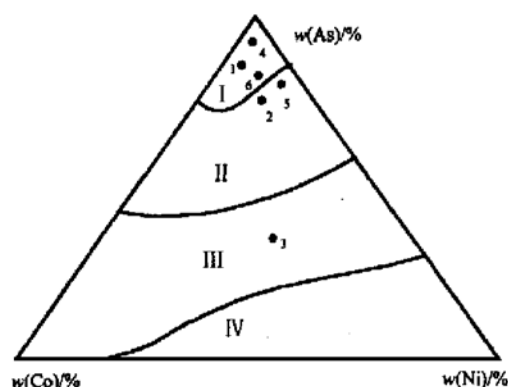


图1 成矿带中各矿区(点)黄铁矿

As-Co-Ni 三角图解^①

Fig. 1 As-Co-Ni diagram of pyrites in each gold deposit (spot)

I—地下热卤水淋滤型金矿床黄铁矿; II—岩浆热液型金矿床黄铁矿; III—变质热液型金矿床黄铁矿; IV—火山岩与次火山岩热液型金矿床黄铁矿。

1—花山金矿; 2—柴山金矿; 3—白果树金矿; 4—虎龙冲金矿;

5—吕山金矿; 6—管岭金矿。

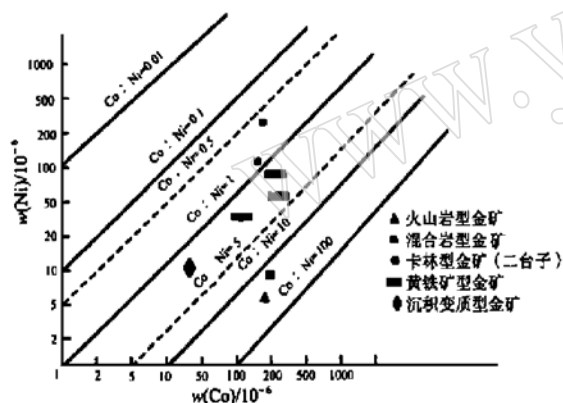


图2 本区金矿点与各成因黄铁矿 Co/Ni 关系对比

Fig. 2 Co/Ni ratios in pyrites with different genetic types from each gold deposit (sope) in this area

2.4 Au/Ag 比值

本成矿带中各金矿床(点)黄铁矿的 Au/Ag 比值从第一世代到第三世代不断降低,且在早世代黄铁矿中 Au/Ag 比值亦具有由早期到晚期逐渐降低的特征,反映随着成矿温度的降低,Ag 相对在黄铁矿中富集。笔者将本成矿带中各金矿床(点)中黄

铁矿的 Au、Ag 含量与 Au/Ag 比值与不同类型金矿床中黄铁矿进行了对比(表3)。从表3可以看出,本成矿带中各金矿床(点)中黄铁矿 Au、Ag 含量及比值较接近碳酸盐型金矿。

3 黄铁矿晶体形态的标型特征及找矿意义

在各种类型金矿床中,黄铁矿通常是重要的载金矿物之一,同金矿化关系十分密切。在本区通过研究金矿床(点)中黄铁矿晶体形态的标型特征及其各种晶体形态的黄铁矿在金矿床(点)中的分布规律,来指明矿化有利地段,判断矿体遭受剥蚀程度、评价矿床、预测盲矿体及指出找矿方向是十分有意义的。

根据黄铁矿晶体习性,通常将黄铁矿晶体形态划分为以下5种易于辨认的类型:(I){100}立方体;(II){100}+{210}立方体与五角十二面体聚形;(III){210}五角十二面体;(IV){210}+{111}五角十二面体与八面体聚形;(V){111}八面体。

这5种类型占黄铁矿晶体形态总数的92%,其余8%为晶体复杂不易辨认的聚形,而任何一种具原生结晶习性的内生金都与(III)~(II)型的黄铁矿构成组合。笔者对成矿带中不同晶体形态的黄铁矿进行了化学分析(表1、2结果),表明Au与(II)~(III)型黄铁矿关系密切,(I)型黄铁矿S略有亏损,(II)~(V)型黄铁矿S略有富余。按公式(1)^[2]计算出黄铁矿晶体形态得分值(见表4)。

$$X_{\text{FeS}_2} = (2C_{\text{V}} + C_{\text{IV}}) - (C_{\text{II}} + 2C_{\text{I}}) \quad (1)$$

式中 X_{FeS_2} 为黄铁矿晶体形态得分值; C_{I} 、 C_{II} 、 C_{III} 、 C_{IV} 、 C_{V} 代表各类型晶体形态黄铁矿所占的百分比。

黄铁矿晶体形态理论得分值为-200~+200,负值一般为早期形成的,正值为晚期形成的产物。

根据样品中黄铁矿晶体形态得分值,计算出相对矿化总长度的剥蚀百分比B,将上述数字代入(2)^[2]式则得出:

$$B = 50 - \frac{X_i}{4} \quad (2)$$

式中 X_i 为样品晶体形态得分值。

① 稽褐元,高红旗,东至~泾县细微浸染型金矿成矿带成矿条件与找矿方向,1989年(内部资料)。

表 3 不同类型的金矿床中黄铁矿 Au、Ag 含量及比值

Table 3 Au, Ag contents and ratios in pyrites from different types of gold deposits

项 目	火山岩型	混合岩化 热液型	变质岩中含 金石英脉	沉积变质 热液型	碳酸盐型	本区矿化类型			
						细微浸染型	破碎带型		
产 地	浙江八宝山	胶东	吉林夹皮沟	河南围山城	苏联	花山	虎龙冲	柴山	吕山
$w(\text{Au})/10^{-6}$	0.0063	0.0021~0.0114	0.0114~0.1148	0.0002	0.0114	0.0003	0.0080	0.0256	0.0270
$w(\text{Ag})/10^{-6}$	0.0133	0.0008~0.0024	0.0050~0.0300	0.0067	0.0417	0.0009	0.0504	0.1435	0.0520
Au/Ag	0.47	0.39~2.69	0.71~5.70	0.11	0.27	0.33	0.16	0.18	0.52

表 4 本区某矿区黄铁矿晶体形态分析

Table 4 Analyses of crystal forms of pyrites from certain mining spot in this area

编号	矿石名称	统计样品 总数	$C_{\text{FeS}_2}/\%$					X_{FeS_2}	$w(\text{Au})/10^{-6}$
			C_I	C_{II}	C_{III}	C_{IV}	C_V		
TZ 2024-1	碎裂矿化绢云板岩	198	1	17.2	71.2	9.0	1.5	-7	0.0002
DF 2023-2	矿化绢云板岩	211	9.00	83.0	7.0	1.0	0	-100	0.0001
TZ 2046	矿化含白云质灰岩	321	43.6	15.9	15.2	0.6	24.6	-53	0.0002

以表 4 中样品 TZ 2046 为例, 把黄铁矿晶体形态得分值(-53)代入(2)式得:

$$B = 50 - \frac{-53}{4} = 63.5\%$$

即表明样品所处的位置相对矿化总长度已被剥蚀了 63.5%。

为求出矿化延伸深度, 首先根据两个不同标高样品黄铁矿晶体形态得分值, 求出晶体形态垂向变化梯度 gH (gH 表示晶体形态得分在 H 高度为 100 m 时的差值), 计算公式如下:

$$gH = \frac{X_B - X_H}{H_B - H_H} \times 100 \quad (3)^{[2]}$$

式中 X_B 、 H_B 分别为上部断面样品晶体形态得分值及样品所处的标高; X_H 、 H_H 分别为下部断

面样品晶体形态得分值及样品所处的标高。矿体总延伸深度:

$$L = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{gH} \times 100 = \frac{4 \times 10^4}{gH} \quad (4)^{[2]}$$

然后根据同一剖面中两个不同标高样品黄铁矿晶体形态得分值, 求出下部断面向下矿化尖灭的深度 L_H 和上部断面往上延伸的长度 L_B , 其公式如下:

$$L_H = \frac{X_H - X_{\max}}{X_B - X_H} \times (H_B - H_H) \quad (5)^{[2]}$$

$$L_B = \frac{X_{\max} - X_B}{X_B - X_H} \times (H_B - H_H) \quad (6)^{[2]}$$

现以本区某矿区 5[#] 和 11[#] 勘探线黄铁矿晶体形态分析结果(表 5)为例阐述上述问题。

表 5 本区某矿区 5[#] 和 11[#] 勘探线黄铁矿晶体形态分析结果

Table 5 Analysis of the crystal forms of pyrites from the No. 5 and No. 11 prospecting lines of certain mining spot in this area

样品编号	采样位置与标高	矿石名称	X_{FeS_2}	$w(\text{Au})/10^{-6}$	gH	L/m	L_H/m	L_B/m
TZ 2024-1	5 [#] 线 103 平硐 109 m	碎裂矿化绢云板岩	-7	1.600	517	77.4	19.4	40.1
DF 2024-2	5 [#] 线 104 平硐 91 m	矿化绢云板岩	-100	0.171				
TZ 2046	11 [#] 线 ZK111 -23 m	矿化含白云质灰岩	-53	1.820	195	205	10.3	130
DF 2058~2062	11 [#] 线 ZK111 -88 m	组合样	-180	2.300				

由表5可见, 5[#]线黄铁矿晶体形态变化梯度大于11[#]线, 而矿化延伸深度小于11[#]线。黄铁矿晶体形态得分垂直向变化梯度小, 表明矿脉较宽大, 条件较稳定, 矿脉延伸长, 变化小, 是矿化有利部位。反之, 则表明矿脉细小, 或处于矿脉近尖灭的部位, 也就是说, 本矿区, 11[#]线为金矿化较好地段, 矿化富集程度比5[#]线高, 这与钻探结果基本吻合。

笔者对成矿带中10个金矿床(点)进行了黄铁矿晶体形态分析, 结果见表6。

表6 各金矿床黄铁矿晶体形态得分值^①

Table 6 Scores of the pyrite crystal forms in each gold deposit spots

矿床(点)	X_{FeS_2}		矿床(点)	X_{FeS_2}
	平均值	得分值		
花山	-85.93 ^②	+10~-180	虎龙冲	-129
吕山	-170	-140~-200	小格里	-156
柴山	-165.50	-152~-175	白果树	-181
管岭	+7	+132~-118	杨家畈	-169
			八里	-67
			双龙	-155

① 分析数据由本所岩矿鉴定研究室徐勤提供。

② 由 $\frac{\text{平均得分值}}{\text{最大得分值}-\text{最小得分值}}$ 求出。

从表6可以看出, 成矿带中黄铁矿晶体形态最佳得分由花山矿区实验求得, 其得分值为+10~-180, 平均为-85.93。对比金的分析结果, 矿化最佳部位的黄铁矿晶体形态得分值约在-50~-150(其理论值应是+100~-100), 比理论值偏低, 这可能是由于不同地区具体条件不同引起的差异。从不同晶体形态黄铁矿含Au量(表1和表2)也可看出, 矿化最佳部位以(II){100}+{210}黄铁矿为主, 其得分范围在-100~-150, 从而说明本区(II)型{100}+{210}黄铁矿含金量最高, 其次为不具晶体形态的细粒黄铁矿, 再次为(III)型{210}黄铁矿, 而(I)型{100}、(IV)型{111}黄铁矿含金较差, 这与黄铁矿晶体形态标型特征相吻合。

从表6中数值与黄铁矿晶体形态最佳得分值-50~-150对比, 可以得出如下判断:

① 各矿区均受到不同程度剥蚀, 其中以白果树、吕山、柴山矿区剥蚀程度为最高。

② 花山、双龙矿区均受到中等程度的剥蚀。

③ 管岭、八里矿区剥蚀程度较弱, 这两个矿区值得进一步工作。

4 参考文献

- [1] 邵洁涟. 陕西某“卡林型”金矿床的黄铁矿研究[J]. 岩矿测试. 1982, 1(2): 25-35.
- [2] H3叶夫济科娃. 黄铁矿和金的晶体形态演化问题[M]. 吴传壁译. 北京: 地质出版社, 1984. 82-104.

Typomorphic Peculiarities and Significance of the Pyrite in the Veinlet-disseminated Gold Deposits

ZHOU Wen-ya

(Anhui Provincial Institute of Geological Experiment, Hefei 230001, China)

Abstract: The veinlet-disseminated gold minerogenetic belt in Dongzhi~Jingxian of southern Anhui Province is one of the major gold deposits in Anhui Province and pyrite is one of the most important gold-bearing minerals in gold deposits of this area. Through the study on typomorphic peculiarities of chemical compositions and crystal forms of the pyrites in the Huashan, Lüshan, Chaishan, Hulongchong, Guanling and Baiguoshu gold deposits (spots) in this veinlet-disseminated gold minerogenetic belt, the mineralization conditions of gold deposits in this area has been approached. It is a very useful attempt for correctly selecting ore-prospecting targets.

Key words: veinlet-disseminated type of gold deposit; pyrite; typomorphic peculiarity