

# 向山地区铁、硫矿床中黄铁矿矿物学研究

熊先孝 姚超美

(化学矿产地质研究院, 河北涿州 072754)

主题词 黄铁矿 谱学特征 晶体化学 安徽向山

摘要 安徽向山地区铁、硫矿床中黄铁矿属火山沉积型。黄铁矿的热电系数为  $-163.25\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。化学成分上具有明显富硫特点。Co/Ni 比值平均为 6.69。REE 含量低, 平均为  $7.29 \times 10^{-6}$ , 大部分样品具有负铈异常, 所有样品具有明显的负钕异常。黄铁矿晶胞参数  $a_0 = 5.41487 \sim 5.41883\text{Å}$ , 晶体化学式:  $(\text{Fe}_{0.9946}\text{Co}_{0.0017}\text{Ni}_{0.0037})_{1.0000}\text{S}_{2.0279}$ 。本文还列出了黄铁矿的红外吸收光谱、X 射线衍射和硫同位素等资料。

有关安徽向山地区黄铁矿矿床的成因一直存在争议, 如认为是玢岩铁矿成矿系列晚期强烈蚀变矿化产物<sup>[1]</sup>, 同生沉积-火山热液改造成因<sup>[2]</sup>, 火山气液充填交代成因<sup>[3]</sup>等, 近年来也存在有火山喷气-沉积以及沉积-叠加改造成因的看法<sup>[4]</sup>。根据前人研究资料, 黄铁矿地球化学特征最具有成因意义, 在本区各类矿床中, 黄铁矿是最主要的矿石矿物。因此, 研究该区内不同类型矿床中黄铁矿的标型特征, 对深入探讨该区铁、硫矿床的成因可起到重要作用。本文在这方面做了较深入的研究工作。

## 1 地质背景

宁芜火山断陷盆地是长江中下游一个典型的黄铁矿化集中区, 成矿作用与燕山晚期龙王山和大王山旋回火山活动有关。黄铁矿矿床主要分布于盆地中部和东部边缘两条基底断裂喷发带上。盆地基底由中三叠统周冲村组含石膏硫酸盐岩建造、黄马青组砂页岩建造及中下侏罗统象山群砂岩组成, 断续出露于盆地边缘基底隆起区。在不整合面上堆积了厚 2500m 的陆相中基性-酸性-碱性火山岩系。自下而上分为龙王山( $J_3l$ )、大王山( $J_3d$ )、姑山( $K_1g$ )和娘娘山( $K_1n$ )4 个喷发旋回, 其中  $J_3l$ 、 $J_3d$  火山岩分布最广, 厚度最大。

## 2 黄铁矿样品采集与处理

本文黄铁矿样品主要采自向山地区的马山、凹山和莺子山等铁、硫矿床(表 1)。样品经破碎淘洗得到灰色重砂, 用电磁法除去磁性矿物, 再用稀盐酸除去硬石膏连生体, 经进一步精淘或介电分离后, 获得纯度大于 99% 的黄铁矿单矿物。然后, 分别进行形貌、物理性质、化学成分及结构的分析、测试。

第一作者简介 熊先孝, 男, 1961 年生, 高级工程师, 地质与勘探专业。

收稿日期 1999-04-08, 改回日期 1999-06-07

### 3 黄铁矿的标型特征

#### 3.1 晶形和粒度

区内黄铁矿有两种形态特征: 一是他形不规则细粒状, 占绝大多数; 二是呈立方体、八面体聚形晶体和五角十二面体形态晶体。两者在粒度上差别十分明显, 前者晶粒细小, 粒径范围为 0.01~0.1mm, 平均为 0.05mm 左右。后者颗粒都较粗, 粒径范围为 0.05~0.5mm, 平均为 0.25mm 左右, 有的黄铁矿粒度较大, 达几毫米。

#### 3.2 热电系数

胡文瑄等(1991)<sup>[4]</sup>对向山地区黄铁矿矿床中 5 件样品的分析结果表明, 其中 4 件为 N 型(电子型)导电, 热电系数为 -97.5~ -246.5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ , 平均为 -163.25 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ , 1 件为 P 型(空穴型)导电, 热电系数最大为 67.02 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ , 最小为 58.8 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ , 平均为 62.47 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。出现率均为 100%。据徐国风等(1980)研究<sup>[5]</sup>, 一般沉积型黄铁矿既有电子型导电, 也有空穴型导电, 其热电系数一般小于 165 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。

#### 3.3 晶体结构

该区黄铁矿的 X 射线粉晶衍射分析结果表明(表 2), 所有黄铁矿均出现了 3.120Å、2.710Å、2.420Å、2.210Å、1.912Å、1.635Å、1.564Å、1.503Å 及 1.450Å 的衍射峰。

根据 X 射线衍射数据, 计算出黄铁矿的晶胞参数  $a_0$  为 5.41487~5.41883Å, 平均为 5.41676Å。

所有黄铁矿都具有相似的  $d$  和  $I/I_0$  值, 但晶胞参数有差别。他形不规则状、粒度较细、呈层状产出的黄铁矿的晶胞参数较小, 常呈立方体等晶体形态、粒度较粗、呈脉状产出的黄铁矿的晶胞参数较大。

#### 3.4 红外光谱

在红外吸收光谱图上, 不同产地的黄铁矿由于结晶程度的差异, 其谱带分裂程度、吸收强度和吸收带的形状亦有所不同(图 1)。黄铁矿主吸收峰值为 416~420 $\text{cm}^{-1}$ , 平均为 418.2 $\text{cm}^{-1}$ 。次吸收峰值为 347~349 $\text{cm}^{-1}$ , 平均为 348 $\text{cm}^{-1}$ 。红外吸收光谱最小透过率变化为 1.3%~47.3%, 平均为 17.96%, 透过率极差较大, 反映了黄铁矿主吸收峰深而尖的特点, 这可能是黄铁矿结晶程度较差引起的。

#### 3.5 化学成分

利用电子探针分析了区内黄铁矿中 Fe 和 S 以及 Co、Ni、V、Ti、Cu、As 的含量(表 3)。黄铁矿的理论化学成分为 Fe 46.55%, S 53.45%。区内黄铁矿的化学成分有一定的变化范围: Fe 44.87%~46.94%, 平均为 45.85%; S 为 52.33%~54.03%, 平均为 53.59%。按简单原子比值法计算出区内黄铁矿的晶体化学式(表 4)。区内黄铁矿大部分富硫, 反映了本区硫源十分丰富的特点。

表 1 黄铁矿样品的产状及采样位置

Table 1 Modes of occurrence and sampling locations of pyrites

样品号	层位产状	地点
98y010	大王山组块状黄铁矿石	鸢子山硫铁矿
98y021	大王山组块状黄铁矿石	鸢子山硫铁矿
98xm103	大王山组角砾状矿石	马山硫铁矿
98xm108	大王山组角砾状矿石	马山硫铁矿
98xm120	大王山组角砾状矿石	马山硫铁矿
98xw47	大王山组角砾状矿石	凹山铁矿
98xw51	大王山组角砾状矿石	凹山铁矿
98xw54	大王山组角砾状矿石	凹山铁矿

表2 黄铁矿的X射线衍射数据

Table 2 X-ray powder diffraction data of pyrites

98y010	98y021	98xm103	98xm108	98xm120	98xw47	98xw51	98xw54
鸞子山	鸞子山	马山	马山	马山	凹山	凹山	凹山
<i>d</i> (Å) <i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub>	<i>d</i> (Å) <i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub>	<i>d</i> (Å) <i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub>	<i>d</i> (Å) <i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub>	<i>d</i> (Å) <i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub>	<i>d</i> (Å) <i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub>	<i>d</i> (Å) <i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub>	<i>d</i> (Å) <i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub>
3.129 24	3.129 22	3.129 22	3.129 24	3.122 18	3.126 22	3.122 23	3.129 22
2.709 70	2.709 100	2.709 76	2.709 84	2.704 73	2.709 83	2.709 100	2.706 76
2.422 87	2.422 72	2.424 51	2.422 60	2.420 57	2.422 64	2.420 65	2.420 72
2.211 66	2.211 53	2.213 50	2.211 52	2.210 48	2.211 53	2.210 52	2.211 59
1.915 60	1.915 45	1.916 40	1.915 39	1.914 33	1.915 49	1.914 49	1.915 54
1.634 100	1.634 100	1.634 100	1.634 100	1.633 100	1.634 100	1.633 97	1.633 100
1.564 22	1.565 24	1.564 20	1.564 26	1.563 18	1.564 21	1.563 22	1.565 29
1.503 37	1.503 33	1.503 34	1.502 34	1.502 26	1.502 34	1.502 32	1.502 35
1.448 45	1.448 42	1.448 36	1.448 35	1.448 33	1.448 41	1.448 39	1.448 41

测试仪器: PHILIPS APO-10 型 X 射线粉晶衍射仪; 测试条件: FeK $\alpha_1$  辐射, 电压 35kV, 电流 30mA, 石墨单色器, 自动发散光栏, 角度校正 0.02; 测试单位及测试者: 化学矿产地质研究院 马永侠。

表3 黄铁矿的化学成分(%)

Table 3 Chemical composition of pyrites

样品号	S	Fe	Co	Ni	V	Ti	Cu	As	$\Sigma$
98y010-1	53.05	46.58	0.00	0.23	0.01	0.00	0.00	0.11	99.98
98y010-2	53.96	45.72	0.12	0.21	0.03	0.00	0.00	0.10	100.14
98y021-1	53.73	46.24	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	100.12
98y021-2	52.75	45.83	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.72	99.42
98xm103-1	53.89	45.88	0.11	0.18	0.01	0.00	0.00	0.01	100.08
98xm103-2	53.46	45.23	0.00	0.26	0.02	0.00	0.05	0.14	99.16
98xm108-1	53.94	44.87	0.04	0.20	0.05	0.00	0.00	1.01	100.11
98xm108-2	52.33	46.40	0.19	0.33	0.00	0.00	0.15	0.72	100.12
98xm120-1	54.00	45.02	0.32	0.22	0.11	0.00	0.06	0.19	99.92
98xm120-2	53.82	45.45	0.15	0.25	0.08	0.00	0.16	0.25	100.16
98xw47-1	53.19	46.94	0.00	0.07	0.00	0.00	0.14	0.02	100.36
98xw47-2	54.03	45.80	0.07	0.01	0.07	0.00	0.01	0.15	100.14
98xw51-1	53.55	46.00	0.15	0.09	0.00	0.00	0.06	0.19	100.04
98xw51-2	53.85	45.83	0.22	0.00	0.05	0.00	0.00	0.13	100.08
98xw54-1	53.95	45.95	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.03	100.19
98xw54-2	53.91	45.80	0.22	0.26	0.09	0.00	0.00	0.00	100.28

测试仪器型号: JXA-8800R 型电子探针; 测试条件: 加速电压 20kV, 电流  $2 \times 10^{-9}$ A;

测试单位: 中国地质科学院矿床地质研究所电子探针室。

徐国风等(1980)的研究<sup>[5]</sup>表明,黄铁矿中主元素的分配情况与矿物成因有内在联系,在沉积成因黄铁矿中,Fe和S含量与理论标准值相近,或者S略多;而热液成因黄铁矿中,常相对亏S,认为可能与热液过程中硫源缺乏有关。

### 3.6 微量元素

黄铁矿中的微量元素具有良好的成因指示意义,前人对此做了大量工作,积累了丰富的

资料。通过对黄铁矿 Co、Ni、V、Ti、Cu、As 元素(表 3)的分析,各种元素含量变化较大,有些元素的变化范围达一二个数量级,与胡文瑄等(1991)的测试结果(表 5)<sup>[4]</sup>一致。Co 为  $(72 \sim 1670) \times 10^{-6}$ , 平均为  $558.0 \times 10^{-6}$ ; Ni 为  $(10 \sim 400) \times 10^{-6}$ , 平均为  $121.69 \times 10^{-6}$ 。

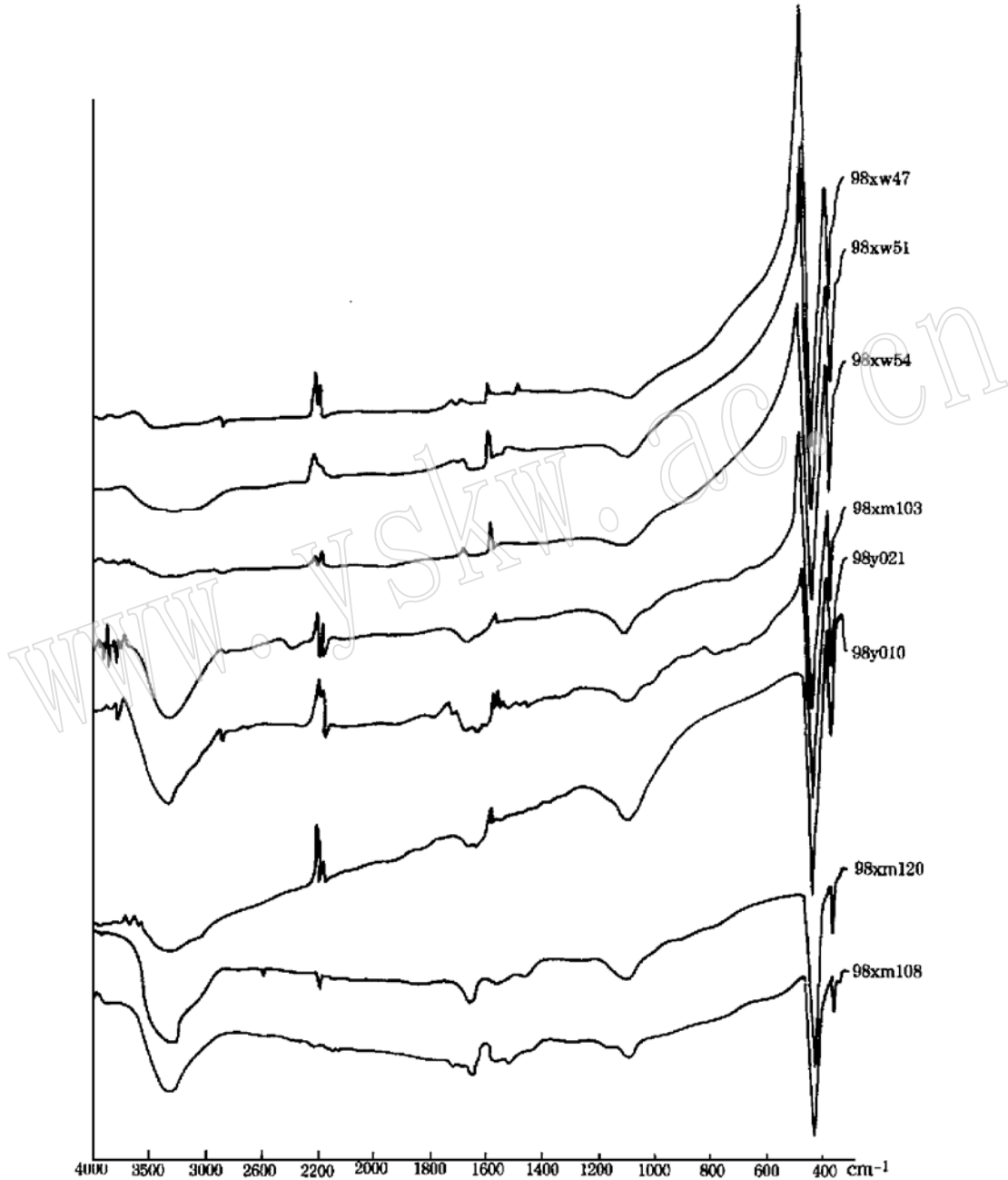


图 1 黄铁矿红外吸收谱线

Fig. 1 Infrared absorption curves of pyrites

测试仪器型号: Perlinr-Elimer 783 型红外分光光度计; 测试条件: KBr 压片法, 标准条件;

测试单位及测试者: 化学矿产地质研究院 郭德江

表 4 黄铁矿的晶体化学式

Table 4 Crystallochemical formula of pyrites

样品号	晶胞参数 $a_0/\text{Å}$	化学式
98y010	5.41802	(Fe <sub>0.9943</sub> Co <sub>0.0012</sub> Ni <sub>0.0045</sub> ) <sub>1.0000</sub> S <sub>2.0130</sub>
98y021	5.41860	(Fe <sub>0.9976</sub> Co <sub>0.0006</sub> Ni <sub>0.0018</sub> ) <sub>1.0000</sub> S <sub>2.0143</sub>
98xm103	5.41883	(Fe <sub>0.9943</sub> Co <sub>0.0012</sub> Ni <sub>0.0045</sub> ) <sub>1.0000</sub> S <sub>2.0439</sub>
98xm108	5.41733	(Fe <sub>0.9920</sub> Co <sub>0.0024</sub> Ni <sub>0.0056</sub> ) <sub>1.0000</sub> S <sub>2.0065</sub>
98xm120	5.41487	(Fe <sub>0.9901</sub> Co <sub>0.0049</sub> Ni <sub>0.0050</sub> ) <sub>1.0000</sub> S <sub>2.0618</sub>
98xw47	5.41718	(Fe <sub>0.9986</sub> Co <sub>0.0006</sub> Ni <sub>0.0008</sub> ) <sub>1.0000</sub> S <sub>2.0155</sub>
98xw51	5.41487	(Fe <sub>0.9950</sub> Co <sub>0.0039</sub> Ni <sub>0.0011</sub> ) <sub>1.0000</sub> S <sub>2.0314</sub>
98xw54	5.41696	(Fe <sub>0.9924</sub> Co <sub>0.0023</sub> Ni <sub>0.0053</sub> ) <sub>1.0000</sub> S <sub>2.0371</sub>

表 5 黄铁矿的微量元素( $\times 10^{-6}$ )

Table 5 Minor element composition of pyrites

样品号	产地	Co	Ni	V	Ti	Cu	Pb	Mn	Sr	Ba	Mg	Al
X1404-17	向山	100	24	6	—	100	12	—	4	14	314	208
X1412-16	向山	450	48	4	—	626	16	0.6	14	18	318	724
X1412-17	向山	200	18	4	8	216	22	1198	26	18	350	1088
X1404-1	向山	78	58	2	16	184	22	8	8	64	972	1240
X1604-7	向山	72	10	20	84	186	30	272	28	26	332	308
X1206-1	向山	188	18	4	2	172	36	80	12	96	300	1074
XJ-1	向山南	358	372	4	10	328	44	4	4	24	456	860
XJ-2	向山南	472	162	8	2	278	28	114	14	30	868	672
X1404-49	向山	1026	400	10	398	3644	66	14	6	24	648	300
X1404-53	向山	1670	206	32	498	1622	38	118	6	2	590	48
X1404-57	向山	454	54	2	12	606	30	—	20	32	316	80
W2-2	凹山	1494	110	16	56	320	36	56	4	12	756	390
X1410-69	向山	692	102	26	640	368	76	160	86	18	1506	1085
样品号	产地	P	Sb	Cd	Ga	Ge	La	Y	As	Bi	Se	Co/Ni
X1404-17	向山	52	< 10	0.6	10	18	1.8	1.4	13.96	3.75	19	4.17
X1412-16	向山	58	14	1	6	10	1.8	1.6	115.18	1.86	74	9.38
X1412-17	向山	38	10	0.4	< 6	10	0.6	1.6	314.6	6.30	5.4	11.11
X1404-1	向山	50	< 10	0.4	< 6	8	2.0	2.0	7.18	1.16	12.4	1.34
X1604-7	向山	20	< 10	0.6	6	6	3.4	2.6	290.12	5.82	16.1	7.20
X1206-1	向山	36	< 10	0.6	6	2	1.2	1.6	100.86	5.18	8.6	10.44
XJ-1	向山南	80	12	1.4	6	12	2	1.6	26.54	0.54	62	0.96
XJ-2	向山南	68	10	3	8	4	4	1.8	33.18	0.31	72	2.91
X1404-49	向山	548	10	4	< 6	14	4	4	472.78	10.07	86	2.57
X1404-53	向山	786	12	1	14	8	6	6	352.94	6.92	80	8.11
X1404-57	向山	74	< 10	1	< 6	6	1.6	1.4	42.16	1.71	46	8.41
W2-2	凹山	178	< 10	1.4	6	10	1.6	2.2	163.54	13.83	16.4	13.58
X1410-69	向山	256	< 10	1	< 6	18	4	4	209.00	6.62	72	6.78

据参考文献[4]。

Co/Ni 比值为 0.96~13.58, 平均为 6.69, 与徐国风等(1980)的研究结果<sup>[5]</sup>相近, 即火山沉积型黄铁矿中 Co/Ni 比值远大于 1。

黄铁矿中 V、Ti 含量变化较大, 在表 5 中, V 为 (2~32)  $\times 10^{-6}$ , 平均为  $10.62 \times 10^{-6}$ , 其

中大于  $10 \times 10^{-6}$  的有 5 个样品。Ti 为  $(2 \sim 640) \times 10^{-6}$ , 平均为  $156.91 \times 10^{-6}$ , 其中大于  $50 \times 10^{-6}$  的有 5 个样品。有些样品中, V、Ti 含量高出一二个数量级, 可能说明黄铁矿具不同的成矿过程, 表明在较高温的条件下 V、Ti 易于混入黄铁矿。

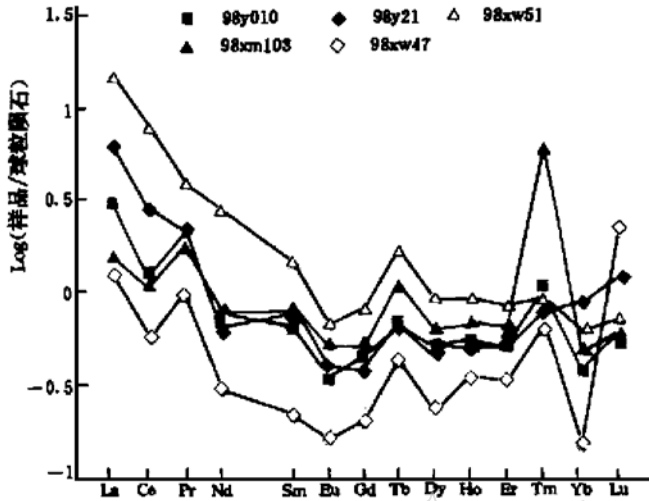


图 2 研究区内不同类型黄铁矿的 REE 配分曲线

Fig. 2 REE distribution patterns of different types of pyrites in Xiangshan area

明, 黄铁矿  $\Sigma$ REE 变化不大, 含量较低, 为  $(2.2 \sim 17.39) \times 10^{-6}$ , 平均为  $7.29 \times 10^{-6}$ ;  $(La/Yb)_N$  为 2.68~13.96, 平均为 6.48。黄铁矿中稀土元素分布模式如图 2 所示。轻稀土元素相对富集, 配分曲线向右倾。4 件样品具有明显的负铈异常 ( $\delta Ce$ : 0.62~0.78), 1 件样品具有正铈异常 ( $\delta Ce$ : 1.03); 所有样品均具明显的负铕异常 ( $\delta Eu$ : 0.62~0.81)。

表 6 黄铁矿的稀土元素含量 ( $\times 10^{-6}$ )

Table 6 REE contents and characteristic values of pyrites

样品号	矿物名称	产地	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	
98y010	黄铁矿	莺子山	0.96	1.18	0.26	0.48	0.13	0.03	0.14	0.03	
98y021	黄铁矿	莺子山	2.01	2.71	0.26	0.37	0.18	0.03	0.12	0.03	
98xm103	黄铁矿	马山	0.50	1.03	0.22	0.51	0.17	0.04	0.16	0.06	
98xw47	黄铁矿	凹山	0.40	0.56	0.12	0.18	0.04	0.01	0.06	0.02	
98xw51	黄铁矿	凹山	4.81	7.47	0.47	1.70	0.30	0.05	0.26	0.09	
样品号	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	$\Sigma$ REE	L/H	$\delta Eu$	$\delta Ce$
98y010	0.16	0.04	0.11	0.04	0.08	0.02	0.87	4.53	4.90	0.68	0.49
98y021	0.16	0.05	0.16	0.03	0.17	0.04	1.32	7.64	7.32	0.69	0.78
98xm103	0.20	0.05	0.14	0.20	0.09	0.02	1.28	4.67	2.68	0.81	0.65
98xw47	0.07	0.03	0.07	0.02	0.03	0.07	0.52	2.20	3.54	0.79	0.53
98xw51	0.29	0.07	0.18	0.03	0.12	0.02	1.53	17.39	13.96	0.62	1.03

测试单位: 化工部化工地质中心实验室。

Marchig 等(1987)对 Galapagos 裂谷热水沉积物所做的 REE 研究发现, 海底热水口附近沉积物有弱的正铈异常, 而表现出明显的负铈异常<sup>[6]</sup>。因此, 本区黄铁矿这种稀土总量

Cu 含量变化范围较大, 为  $(100 \sim 3644) \times 10^{-6}$ , 平均为  $665.38 \times 10^{-6}$ ; Pb 变化较小, 为  $(12 \sim 76) \times 10^{-6}$ , 平均为  $35.08 \times 10^{-6}$ 。

As 含量变化范围较大, 为  $(7.18 \sim 472.78) \times 10^{-6}$ , 平均为  $164.77 \times 10^{-6}$ ; Se 变化较小, 为  $(5.4 \sim 86.0) \times 10^{-6}$ , 平均为  $43.84 \times 10^{-6}$ ; As/Se 比值较高。研究表明, As、Se 含量及 S/Se 比值对黄铁矿成因有一定的指示意义。一般情况下, 沉积成因黄铁矿的 As、Se 含量较低, S/Se 比值较高<sup>[5]</sup>。

### 3.7 稀土元素

对本区 5 件有代表性的样品进行了 REE 分析(表 6), 结果表

低、铈元素明显亏损而呈负铈异常,可能是火山热水沉积的标志。

### 3.8 硫同位素

据前人资料及本文测试的黄铁矿硫同位素分析结果(表7),编制了本区铁、硫矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 直方图(图3)。由图3可见,黄铁矿硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}$ 值波动在 $-2.11\text{‰}$ ~ $17.10\text{‰}$ 之间,常见值为 $2.00\text{‰}$ ~ $8.00\text{‰}$ 之间,主要为正值并明显呈塔式分布。范围窄,离散小,均一化程度高,与斑岩型铜矿相似<sup>[1]</sup>,说明硫主要源于深部岩浆热液。

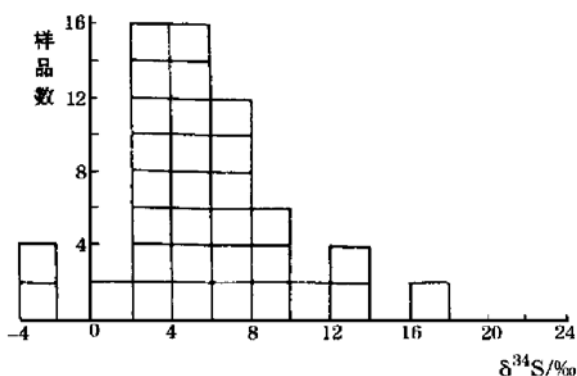


图3 向山地区铁、硫矿床硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 直方图

Fig. 3 Histogram of sulfur isotopes of pyrite deposit in Xiangshan area

表7 黄铁矿的硫同位素组成

Table 7 Sulfur isotopic composition of pyrites

样品号	产地	矿(岩)石名称	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$
X1410-49*	向山	条带状含黄铁矿硬石膏	4.29
X1410-51*	向山	浸染状含黄铁矿含硬石膏硅质岩	4.50
X1410-60*	向山	含黄铁矿硬石膏硅质岩	3.13
X1412-7	向山	条带状黄铁矿硬石膏	3.08
X1412-16*	向山	条带状含黄铁矿硬石膏硅质岩	3.80
X1412-26	向山	黄铁矿硅质岩	2.82
X1404-17*	向山	浸染条带状含硬石膏黄铁矿	-2.11
X1206-8*	向山	斑块状黄铁矿	4.58
98y010	莺子山	块状黄铁矿	2.60
98y021	莺子山	块状黄铁矿	2.50
98xw47	凹山	角砾状黄铁矿	2.10
98xw51	凹山	角砾状黄铁矿	2.00
98xw54	凹山	角砾状黄铁矿	2.40
98xw108	马山	角砾状黄铁矿	9.30
98xw103	马山	角砾状黄铁矿	7.40
98xw120	马山	角砾状黄铁矿	10.10

\* 据胡文瑄等(1991);其它样品由中国地质科学院矿床地质研究所测试。

## 4 结 语

通过上述讨论可以得出如下结论:

- (1) 研究区内大多数黄铁矿呈细粒状,属快速结晶的产物。
- (2) 在化学成分上,研究区内黄铁矿大部分富硫,反映了区内硫源丰富的特点。
- (3) 在结构特征上,研究区内黄铁矿结晶程度明显不同,大部分结晶较差。这不同于热液成因的黄铁矿。
- (4) 黄铁矿中稀土元素含量较低,具有明显的负铈异常。
- (5) 黄铁矿硫同位素组成以明显的塔式分布并富重硫为特征。

因此,安徽向山地区铁、硫矿床中黄铁矿属火山沉积成因。

#### 参 考 文 献

- 1 卢炳. 中国硫铁矿地质. 北京: 地质出版社, 1984.
- 2 赵玉琛. 宁芜向山式黄铁矿矿床地质特征和成因. 化工矿产地质, 1995, 17 (3): 182~ 190.
- 3 修进荫. 宁芜火山岩断陷盆地黄铁矿成矿物质来源、成矿区划及找矿方向. 化工地质, 1993, 15 (3): 178~ 185.
- 4 胡文瑄, 徐克勤, 胡受奚等. 宁芜和庐枞地区陆相火山喷气沉积- 热液叠加改造型铁、硫矿床. 北京: 地质出版社, 1991.
- 5 徐国风, 邵洁涟. 黄铁矿的标型特征及其实际意义. 地质论评, 1980, 26 (6): 541~ 546.
- 6 Marchig V, *et al.* Sediments from a hydrothermal field in the central valley of the Galapagos Rift spreading center. Marine Geology, 1987, 76: 243~ 251.

## Mineralogy of Pyrites from the Xiangshan Iron and Pyrite Deposits, Anhui Province

Xiong Xianxiao, Yao Chaomei  
(Geological Institute for Chemical Minerals, Zhuozhou 072754)

**Key words:** pyrite; spectral characteristics; crystallochemistry; Xiangshan Anhui Province

#### Abstract

Systematically described in this paper are characteristics of pyrites from the Xiangshan iron and pyrite deposits, such as their modes of occurrence, chemical composition, physical properties, unit cell parameters, infrared spectra and sulfur isotopic composition. The pyrites might be classified into two types. Type I is statistically characterized by very fine grained texture (0.01~ 0.1mm across), while Type II is somewhat coarser (0.05~ 0.5 mm across) than Type I. Four pyrite samples show N\_type electric conduction pattern with large variable pyroelectric coefficients ( $-97.5 \sim 246.5 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ), and one sample shows P\_type. Unit cell parameters  $a_0 = 5.41487 \sim 5.41883\text{\AA}$ , and the crystallochemical formula is  $(\text{Fe}_{0.9946} \text{Co}_{0.0017} \text{Ni}_{0.0037})_{1.0000} \text{S}_{2.0279}$ . Different types of pyrites show apparently different strong key absorption peaks with high absorption value features. In this area, every type of pyrite has relatively rich sulfur but poor Fe. Trace elements and REE geochemistry indicate that pyrites are enriched in Co, Ni, V, Ti, Cu, As, and Co/Ni ratios of all pyrites fall in a narrow range of 1~ 10; As/Se ratios of all pyrites range from 1.33 to 5.50.  $\sum \text{REE}$  values of all pyrites are from  $2.2 \times 10^{-6}$  to  $17.33 \times 10^{-6}$ , showing distinctly low Ce ( $\delta \text{Ce} 0.62 \sim 0.78$ ) and Eu ( $\delta \text{Eu} 0.62 \sim 0.81$ ). Sulfur isotopic compositions of all pyrites range from  $-2.11 \text{‰}$  to  $17.11 \text{‰}$ . These data further demonstrate that these pyrites were formed by volcanic hot water deposition and that the formation of Xiangshan pyrite deposits is attributed mainly to volcanic deposition.