

安徽青阳峙门口层状硫铁矿矿床 地质特征及成因研究

徐兆文¹, 方长泉¹, 蒋少涌¹, 高 庚¹, 杨晓男¹, 聂桂平², 朱士鹏², 华 明²

(1. 南京大学 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 南京大学 地球科学系, 南京 210093;

2. 江苏省地质调查研究院, 南京 210018)

摘 要: 青阳峙门口层状硫铁矿矿床赋存于石炭纪地层中, 矿体主要呈似层状、透镜状; 尽管经历了热变质与接触变质作用, 但矿体中仍残留胶黄铁矿和菱铁矿, 矿石中不仅可以见到交代残余结构, 还可见到草莓结构和微层理构造。黄铁矿中砷的质量分数和 S/Se, Co/Ni 比值显示火山热水沉积特征。同位素分析显示, 矿石中硫化物的硫同位素组成表现出火山热水沉积和热液改造特征; 矿石中铅同位素组成则显示, 黄铁矿中铅以上地壳铅为主, 混有少量地幔铅。上述研究表明峙门口层状硫铁矿矿床是由石炭纪喷流沉积形成的层状矿床或矿胚层, 经燕山期岩浆热液和构造作用改造所形成。

关键词: 地质特征; 化学成分; 同位素; 矿床成因; 峙门口硫铁矿; 安徽省

中图分类号: P611; P619.216 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2006)01-0010-05

0 引言

峙门口硫铁矿位于安徽省青阳县新河乡境内, 处于扬子板块北缘、铜陵成矿区的南部, 是安徽沿江铁、铜、金、硫成矿带中较为典型的层状硫铁矿矿床。目前以开采硫铁矿为主; 其特点是埋藏浅、品位富、易开采; 矿床内还伴有铜和金等金属矿产, 但规模较小。关于长江中下游地区层状硫铁矿矿床成因前人曾做过大量工作, 先后提出同生沉积成因(孟宪民, 1963)、沉积热液改造成因(徐克勤等, 1978, 1980)、石炭纪喷流沉积的块状硫化物矿床受燕山期岩浆热液改造成因(顾连兴等, 1986b, 1993, 2000)、海底喷气或热泉成因(岳文浙等, 1993; 周涛发等, 2000)、夕卡岩岩浆液态不混溶成因(凌其聪等, 1998)和层控夕卡岩成因(常印佛等, 1983, 1991; 唐永成等, 1998; 吴言昌, 1992; 赵斌等, 1999)等。本文试图通过黄铁矿成分和硫、铅同位素, 结合矿床地质特征探讨矿床成因。

1 矿区地质概况

矿区内自志留系至第四系(除三叠系中上统一白垩系外)地层均有出露, 因受逆冲断层影响, 造成地表缺失石炭系中上统黄龙组、船山组, 二叠系下统栖霞组与白垩系, 仅在深部钻孔中可见^①。矿区褶皱构造主要为 NE 向盛公山背斜和田里村向斜, 呈 NE 向短轴状展布, 次为小型闭合褶曲; 断裂构造主要为 NE 向、NW 向, 次为近 SN 向, 及峙门口推覆体。矿区地表岩浆岩不发育, 主要为一些岩脉和岩床, 出露面积一般为 200~800 m², 岩性主要为花岗闪长岩, 次为闪长岩、石英闪长岩, 形成时代为燕山期(图 1); 据钻探证实, 矿区浅部存在小的花岗闪长岩体, 赋存标高为+60~-70 m, 受 NE 向构造控制, 侵入于孤峰组、五通组层间破碎带内; 但在矿区附近地表可见到的花岗闪长斑岩岩体, 航磁资料分析显示, 矿区及附近有两个部分重叠的环形构造, 推测矿区 1 000 m 以下可能存在大的岩体。

收稿日期: 2005-01-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(49873016)和高等学校博士点专项科研基金(20020284035)联合资助。

作者简介: 徐兆文(1959), 男, 江苏江都人, 教授, 长期从事矿床学研究。通讯地址: 江苏省南京市汉口路 22 号南京大学地球科学系(210093)。E-mail: tzb@nju.edu.cn

①安徽省地矿局 321 地质队, 安徽青阳峙门口硫铁矿勘查报告, 1990。

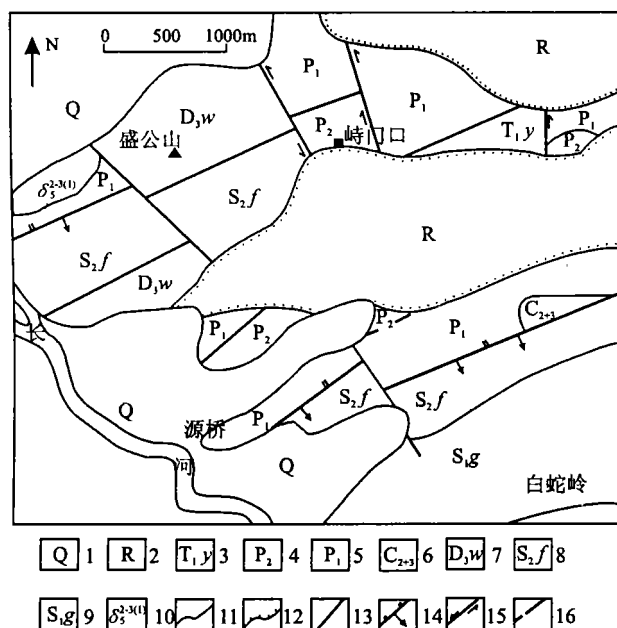


图 1 青阳峙门口矿区地质图

(据 1:50000 地质图改制)

Fig. 1 Geological sketch map of the

Shimenkou ore field in Qingyang

1. 第四系 2. 第三系 3. 殷坑组 4. 大隆组+ 龙潭组 5. 孤峰组 + 栖霞组 6. 船山组+ 黄龙组 7. 五通组 8. 坟头组 9. 高家边组 10. 闪长岩 11. 地层界线 12. 地层不整合接触 13. 实测断层 14. 逆断层 15. 平行断层 16. 推测断层

2 矿床地质特征

2.1 矿体特征

矿床赋存于石炭系中、上统黄龙组、船山组灰岩和白云质灰岩及泥盆系上统五通组上段粉砂岩中, 矿体主要呈似层状、透镜状; 现已发现大小矿体共 29 个, 其中主矿体 1 个(称 I 号矿体), 次要矿体 3 个, 其余为零星矿体; 矿床赋存标高主要为 + 24 ~ - 220 m。I 号矿体位于矿床的中部, 分布于 4~ 9 线之间, 赋存标高为 + 4 ~ - 60 m; 平面上呈一不规则三角形, 走向 50°, 倾向 SE, 倾角 14°, 矿体南端因构造影响产状局部有所变化; 矿体长约 654 m、平均厚约 9 m(最厚可达 21.24 m)、斜深约 120.38 m; 矿石中硫品位一般在 33% ~ 40% 之间^①。

铜矿体主要赋存于硫铁矿体和碳质硅质角砾岩中; 金主要赋存于铁帽中, 少数赋存于铁帽底板的角砾岩中。

2.2 矿石类型

本矿床主要以开采硫化矿石为主, 因此黄铁矿

矿石为峙门口矿床的主要矿石类型。按照矿石组分不同, 峙门口矿床矿石大致可分为: 黄铁矿矿石, 含黄铁矿白云石矿石(铁白云石), 含黄铁矿、磁铁矿、菱铁矿矿石, 含黄铁矿碳质硅质角砾岩矿石, 含铜黄铁矿矿石, 含铜碳质硅质角砾岩矿石。其次还有褐铁矿矿石, 含金褐铁矿矿石。

2.3 矿石成分

(1) 矿石矿物主要为黄铁矿、白铁矿, 次要为胶黄铁矿、锌砷黝铜矿、辉铜矿、铜蓝、黄铜矿、斑铜矿、褐铁矿、针铁矿、水针铁矿、磁铁矿等。还有极少量的自然金和自然铜。

(2) 脉石矿物主要为白云石、铁白云石、方解石、石英、玉髓、高岭土等; 次要为重晶石、菱铁矿、绢云母、水云母、绿泥石、萤石等。

2.4 矿石结构构造

(1) 矿石结构主要为压碎结构、自形晶粒状结构、半自形他形粒状结构、交代结构、交代残余结构、变晶结构、鲕粒结构、草莓结构等。

(2) 矿石构造主要为块状构造、团块状构造、角砾状构造、微层状构造、脉状-细脉浸染状构造、网脉状构造、结核状构造等。

2.5 围岩蚀变

矿区内常见蚀变主要为硅化、碳酸岩化、大理岩化、角岩化、绿泥石化-绢云母化、高岭土化、萤石化等。

3 主要矿石矿物黄铁矿化学成分研究

黄铁矿中砷的质量分数和 S/Se、Co/Ni 比值可作为成矿物质来源研究的依据(Loftus, 1967), 根据表 1 中黄铁矿电子探针成分分析结果可以看出: (1) 正常海水沉积物中的砷含量较低(Davidson, 1992), 峙门口层状矿石中黄铁矿单矿物砷含量为 0.058% ~ 0.181%, 平均含量为 0.117%, 因此可以推测本矿区矿石不属于正常海水沉积物, 而是火山热水沉积产物。(2) 热液作用形成的黄铁矿硒含量较高, 往往 S/Se 比值低于 200 000; 而与海水硫酸盐有关的沉积成因的黄铁矿硒含量较低, S/Se 值通常高于 200 000; 硫化物矿床中的硒主要也是以替代硫化物的形式赋存。峙门口层状矿石中黄铁矿单矿物 S/Se 值均小于 200 000, 表明其硫的来源可能主要与中石炭世海底热液有关。(3) 钴、镍元素在矿床中主要替代硫化物中的其他金属元素, 火山-热水沉积矿石的 Co/Ni 比值一般大于 1, 受火山机构控制的沉积矿石

Co/Ni 比值一般大于 6.7, 受海底沉积古地理环境控制的火山热水沉积矿石 Co/Ni 比值小于 6.7(Davidson, 1992)。峙门口层状矿石中黄铁矿单矿物 Co/Ni 比值变化范围为 3.27~ 12.93, 平均值为 8.21, 且大部分大于 6.7, 说明峙门口硫铁矿早期是火山热水沉积成矿的产物。

表 1 峙门口硫铁矿矿床中黄铁矿单矿物电子探针成分分析

Table 1 Analytical results of pyrite at Shimenkou stratified pyritic deposit														$w_B/\%$	
样品号	点数	S	Fe	Cu	Zn	Co	Ni	As	Se	Te	Sb	Bi	Pb	S/Se	Co/Ni
SQ1	7	53.551	46.369	0.028	0.037	0.042	0.004	0.181	0.003	0.001	—	0.246	0.288	17039	10.93
SQ2	6	53.000	46.818	0.030	0.055	0.051	0.004	0.158	0.004	0.001	0.008	0.237	0.323	13250	12.10
SQ3	6	52.580	46.711	0.466	0.034	0.042	0.004	0.115	0.004	0.005	0.007	0.282	0.206	15023	10.5
SQ1-1	5	53.334	46.117	0.032	0.048	0.050	0.006	0.066	0.013	0.004	0.015	0.256	0.260	4233	8.62
SQ2-1	6	52.970	46.926	0.012	0.011	0.061	0.013	0.058	0.016	0.005	—	0.241	0.272	3311	4.85
SQ3-1	5	53.236	46.752	0.149	0.047	0.075	0.023	0.123	0.009	0.016	0.016	0.235	0.293	5915	3.27

测试单位: 南京大学内生金属矿床成矿机制国家重点实验室, - 表示未检出。

4 硫、铅同位素

4.1 硫同位素

峙门口层状硫铁矿床矿石中黄铁矿的硫同位素分析显示, $\delta(^{34}\text{S}) = 5.13 \times 10^{-3} \sim 5.84 \times 10^{-3}$ (表 2)。而徐文艺等(2004)研究铜陵地区石炭系中块状硫化物矿床的硫同位素表明, $\delta(^{34}\text{S}) = -31.8 \times 10^{-3} \sim 20.0 \times 10^{-3}$, 峰值为 4.0×10^{-3} , 多数介于 $1.1 \times 10^{-3} \sim 7.7 \times 10^{-3}$ 之间; 其中硫酸盐的 $\delta(^{34}\text{S}) = 8.4$

$\times 10^{-3} \sim 22.8 \times 10^{-3}$, 峰值为 16×10^{-3} ; 峙门口各类矿石的黄铁矿和方铅矿中 $\delta(^{34}\text{S}) = 3.5 \times 10^{-3} \sim 6.804 \times 10^{-3}$, 硫酸盐的 $\delta(^{34}\text{S}) = 14.1 \times 10^{-3} \sim 18.9 \times 10^{-3}$ (表 2)。峙门口层状矿石中黄铁矿和方铅矿中 $\delta(^{34}\text{S}) = 4.5 \times 10^{-3} \sim 6.7 \times 10^{-3}$, 与火山热液矿床 $\delta(^{34}\text{S}) = 2.9 \times 10^{-3} \sim 5.4 \times 10^{-3}$ (Robert, 1992; Sharpe, 2000) 具有可比性; 矿体中网脉中黄铁矿 $\delta(^{34}\text{S}) = 3.5 \times 10^{-3} \sim 6.8 \times 10^{-3}$ 之间; 321 地质队分析显示花岗闪长岩中黄铁矿 $\delta(^{34}\text{S})$ 均值为 8.12×10^{-3} 。以上 $\delta(^{34}\text{S})$ 值变化特征表明峙门口层状硫铁矿矿床既有沉积特征, 又有热液叠加改造特征。

表 2 峙门口硫铁矿床硫化物和硫酸盐矿物中 $\delta(^{34}\text{S})$ 同位素组成

Table 2 Sulfur isotopic composition of sulfide and sulfates minerals in Shimenkou stratified pyritic deposit					
样号	产 状	样 品	$\delta(^{34}\text{S})/10^{-3}$	位置	资料来源
Q4	层状黄铁矿	黄铁矿	5.84	- 35m 中段	本文
Q5	层状黄铁矿	黄铁矿	5.13	- 35m 中段	本文
Q6	层状黄铁矿	黄铁矿	5.61	- 35m 中段	本文
D172-2	含复成分角黄铁矿层	胶黄铁矿	6.0		徐文艺等, 2004
D172-4	胶黄铁矿胶结硫化物角砾	黄铁矿	4.3		徐文艺等, 2004
D172-9	含黄铁矿石英网脉	黄铁矿	6.8		徐文艺等, 2004
D172-10	含铁闪锌矿黄铁矿矿石	黄铁矿	5.5		徐文艺等, 2004
D173-13	方铅矿交代胶黄铁矿矿石	方铅矿	3.5		徐文艺等, 2004
D175-1	块状黄铁矿矿石	黄铁矿	6.7	2 号井	徐文艺等, 2004
D177-1	含石英网脉状黄铁矿矿石	黄铁矿	4.8	后山	徐文艺等, 2004
D178-2	中细晶黄铁矿矿石	黄铁矿	5.9	后山	徐文艺等, 2004
D172-8	含重晶石碳质纹层状胶黄铁矿黄铁矿矿石	重晶石	14.1		徐文艺等, 2004
D172-12	含碳质酸盐岩角砾的黄铁矿矿石	重晶石	16.7		徐文艺等, 2004
D172-5	似层状角砾重晶石黄铁矿矿石	重晶石	18.9		徐文艺等, 2004

测试单位: 中国地质科学院同位素研究预测试中心(宜昌)。

4.2 铅同位素

表 3 为峙门口层状硫铁矿矿床矿石中黄铁矿铅同位素组成分析结果, 从表中可以看出铅同位素变化

范围相对较窄($w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) = 18.21 \sim 18.40$, $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) = 15.60 \sim 15.71$, $w(^{208}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) = 38.40 \sim 38.77$), 表明成矿物质来源相对单一而集

中。在铅同位素组成构造模式图上(马振东, 1986), 峙门口层状黄铁矿铅同位素组成主要位于造山带铅和上地壳铅之间(图 2), 显示黄铁矿中铅以上地壳铅为主。上述研究结果与王文斌等(1985)、王道华等

(1986)、刘裕庆等(1987)、黄斌(1991)对长江中下游地区层状硫化物矿床的铅研究结果一致, 推测峙门口层状黄铁矿矿床成矿物质主要来源于上地壳, 由于后期的岩浆热液作用, 可能混有少量深源物质成分。

表 3 峙门口层状硫铁矿矿床中黄铁矿铅同位素组成
Table 3 Lead isotopic compositions of pyrite at Shimenkou stratified pyretic deposit

序号	样号	产 状	样 品	$w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$	$w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$	$w(^{208}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$
1	Q1	层状黄铁矿	黄铁矿	18.3015±12	15.7118±11	38.7713±33
2	Q2	层状黄铁矿	黄铁矿	18.2078±5	15.6064±5	38.4077±13
3	Q3	层状黄铁矿	黄铁矿	18.3955±8	15.6598±7	38.6878±20
4	Q4	层状黄铁矿	黄铁矿	18.2749±8	15.6988±6	38.7238±16
5	Q5	层状黄铁矿	黄铁矿	18.3574±7	15.7026±6	38.7718±18
6	Q6	层状黄铁矿	黄铁矿	18.2570±3	15.5985±3	38.3974±8

测试单位: 南京大学内生金属矿床成矿机制国家重点实验室, 样品采自青阳峙门口- 35m 中段西采区。

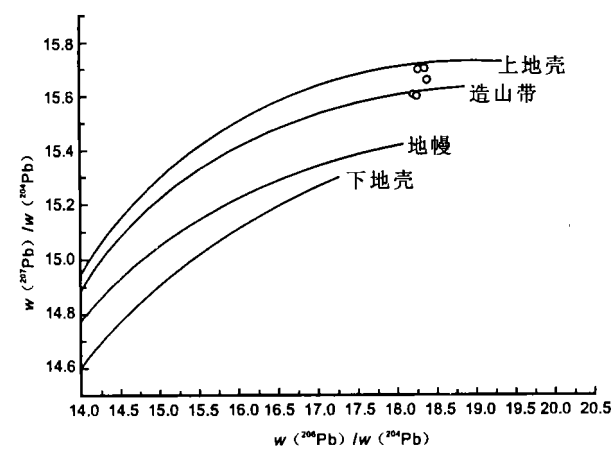


图 2 峙门口层状硫铁矿矿床中黄铁矿铅同位素构造模式图(据 Zartman, 1988)
Fig. 2 Lead isotopic tectonic model of pyrite at Shimenkou stratified pyretic deposit

5 矿床成因探讨

青阳峙门口层状硫铁矿矿床严格受石炭纪地层控制, 矿体主要呈似层状、透镜状; 尽管矿区内岩浆作用不太强烈, 但矿区经历了热变质与接触变质作用, 矿床中不仅保留了草莓结构、微层理构造, 残留了菱铁矿、胶黄铁矿, 而且在矿床底部与岩浆岩接触部位还出现了斑岩型矿化, 以及脉状、网脉状构造和交代残余结构; 黄铁矿中砷的质量分数和 S/Se, Co/Ni 比值显示火山热水沉积特征; 同位素分析表明, 各种矿石中黄铁矿 $\delta(^{34}\text{S})$ 值具有热水沉积和热液改造的特征; 层状矿石中黄铁矿铅同位素组成则显示

以上地壳铅为主, 混有少量地幔铅; 蒙义峰等(2004)对峙门口层状硫化物矿床中块状黄铁矿的 Re-Os 同位素年龄测试证实, 黄铁矿等时线年龄为 $(303 \pm 33) \text{ Ma}$, 相当于石炭纪。上述研究表明峙门口层状硫铁矿矿床是由石炭纪喷流沉积形成的硫铁矿层或矿胚层, 经燕山期岩浆热液和构造作用改造所形成, 但改造程度不强。

参考文献:

[1] 常印佛, 刘学圭, 关于层控式夕卡岩型矿床——以安徽省内下扬子拗陷中一些矿床为例[J]. 矿床地质, 1983, 2(1): 11-20.
[2] 常印佛, 刘湘培, 吴言昌. 长江中下游铜铁成矿带[M]. 北京: 地质出版社, 1991. 1-379.
[3] 顾连兴, 徐克勤. 论长江中、下游中石炭世海底块状硫化物矿床[J]. 地质论评, 1986, (2): 176-187.
[4] 黄斌. 安徽铜陵地区块状硫-铁-金矿床的铅同位素特征[J]. 地质学报, 1991, (4): 347-359.
[5] 李文达, 王文斌, 范洪源, 等. 长江中下游铜(金)矿床密集区形成条件和超大型矿床存在的可能性[J]. 火山地质与矿产, 1997, 20(增刊): 1-131.
[6] 凌其聪, 程惠兰, 陈帮国. 铜陵东狮子山铜矿床地质特征及成矿机理研究[J]. 矿床地质, 1998, 17(2): 158-164.
[7] 刘裕庆, 刘兆廉. 安徽铜陵地区石炭系层状铜铁硫矿床铅同位素研究[J]. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊, 1987, (2): 143-151.
[8] 陆建军, 华仁民, 徐兆文, 等. 安徽铜陵冬瓜山铜金矿床两阶段成矿模式[J]. 高校地质学报, 2003, 9(4): 678-690.
[9] 蒙义峰, 杨竹森, 曾普胜, 等. 铜陵矿集区成矿流体系统时限的初步厘定[J]. 矿床地质, 2004, 23(3): 271-280.
[10] 马振东. 论铅同位素的地质指示作用[J]. 地球科学, 1986, 11(4): 437-443.

- [11] 孟宪民. 矿床分类与成矿作用[A]. 矿床学论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1963. 1-72.
- [12] 唐永成, 吴言昌, 储国正, 等. 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 210-230.
- [13] 徐克勤, 朱金初. 我国东南部几个断裂拗陷带中沉积(或火山沉积)——热液叠加类铁铜矿床的探讨[J]. 福建地质科技情报, 1978, (4): 1-68.
- [14] 徐克勤, 朱金初, 任启江. 论中国东南部几个断裂拗陷带中某些铁铜矿床的成因问题[A]. 国际交流地质学术论文集[C]. 地质出版社, 1980. 49-58.
- [15] 徐文艺, 杨竹森, 蒙义峰, 等. 安徽铜陵矿集区块状硫化物矿床成因模型与成矿流体动力学迁移[J]. 矿床地质, 2004, 23(3): 353-364.
- [16] 王道华, 傅德鑫, 吴覆秀, 等. 下扬子区中下石炭世“沉积海底喷出沉积”层状铜(多金属)矿床稳定同位素特征[J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 1986, 7(2): 1-25.
- [17] 王文斌, 李文达, 谢华光, 等. 长江中下游铜铁多金属矿床铅同位素特征[J]. 火山地质与矿产, 1995, 16(2): 67-77.
- [18] 吴言昌. 论岩浆夕卡岩——一种新类型夕卡岩. 安徽地质, 1992, 2(1): 12-26.
- [19] 岳文浙, 业治铮, 魏乃颐, 等. 长江中下游威宁期沉积地质与块状硫化物矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1993. 9-126.
- [20] 赵斌, 赵劲松, 刘海臣. 长江中下游地区若干 Cu (Au)、Cr-Fe (Au) 和 Fe 矿床中钙质夕卡岩的稀土元素地球化学[J]. 地球化学, 1999, 28(2): 113-125.
- [21] 周涛发. 长江中下游两个系列铜金矿床[J]. 中国科学 D 辑, 2000, 30(增刊): 122-128.
- [22] Davidson C J. Hydrothermal geochemistry and ore genesis of seafloor volcanogenic copper bearing oxide ores[J]. Economic Geology, 1992, 87(3): 889-912.
- [23] Loftus H G. Cobalt nickel and selenium in sulfide as indications of genesis[J]. Mineralium Deposit, 1967: 228-24.
- [24] Robert O R. The stable isotope geochemistry of acid sulfide alteration[J]. Economic Geology, 1992, 87(2): 225-262.
- [25] Sharpe R, Gemmell J B. Sulfur isotope characteristics of the Archean Cr-Zn Gossan Hill VHMS deposit, Western Australia [J]. Mineralium Deposita, 2000, 35: 533-550.
- [26] Zartman R E, Haines M. The Plumbotectonics model for Pb isotopic systematic among major terrestrial reservoirs: a case for bidirectional transport[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1988, 52: 1327-1339.

STUDY ON GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF STRATIFIED PYRITIC DEPOSIT IN SHIMENKOU, ANHUI PROVINCE

XU Zhao-wen¹, FANG Chang-quan¹, JIANG Shao-yong¹, GAO Geng¹, YANG Xiao-nan¹,
NIE Gui-ping², ZHU Shi-peng², HUA Ming²

(1. The State Key Laboratory of Mineral Deposit Research, Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018, China)

Abstract: Bedded pyritic deposit was found in Carboniferous strata at Shimenkou in Qinyang. The ore body was mostly bedded or in lens. Although heat and contact metamorphism were the main geological process in the diggings, there is the residual pyritogelinite and sparry iron in this deposit. Not only replacement remnant texture but also strawberry texture and micro bedding structure are found in the ores. The abundance of As, S/Co and Co/Ni ratio in pyrite indicate the characteristic of volcanic hydrothermal deposit. Isotopic analysis results also indicate that the isotopic composition of sulfide in the ores is consistent with volcanic hydrothermal deposit and hydrothermal alteration and the fractionation of lead isotope in pyrite show that the lead was mainly from upper crust, combined with tiny amount of mantle-derived lead. In our research, the bedded pyritic deposit at Shimenkou was primarily formed as eruptive deposit or protore in Carboniferous period, and later due to the alteration of magmatic water and tectonic process during Yanshan period, the deposit was gradually formed.

Key words: Geological characteristics, chemical composition, isotope, deposit genesis, Shimenkou pyritic deposit; Anhui province