

安徽水竹岭铜-铁-金-硫矿床同位素地球化学特征

李红阳¹, 冯景志¹, 王金芳¹, 侯增谦², 杨竹森², 王聪颖¹, 陈文韬¹

(1. 石家庄经济学院资源学院 石家庄 050031; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所 北京 100037)

[摘 要] 水竹岭铜-铁-金-硫矿床发育上部层状矿体和下部脉状矿体。上部层状矿石重晶石 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+19.9‰。上部层状矿石黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+0.9 ~ +5.8‰, 下部脉状矿石黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+3.2 ~ +6.4‰。下部脉状矿体中方解石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为+13.3‰, $\delta^{13}\text{C}$ 值为1.2‰, 上部层状矿石白云石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为+14.1‰, $\delta^{13}\text{C}$ 值为2.2‰。下部脉状矿石和矿化岩石中黄铁矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值分别为18.2241、15.5245和38.2289; 上部层状矿石中黄铁矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值分别为18.0692、15.5020和38.1232。从下部脉状矿石到上部层状矿石, 黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值逐渐降低, $\delta^{18}\text{O}$ 值和 $\delta^{13}\text{C}$ 值等逐渐增高。地质和同位素地球化学特征反映水竹岭铜-铁-金-硫矿床为海底热水喷流沉积成因, 揭示了块状硫化物矿床的二元结构性。

[关键词] 铜-铁-金-硫矿床 二元结构 同位素地球化学 安徽水竹岭

[中图分类号] P618.2 [文献标识码] A [文章编号] 0459-5331(2010)01-0070-06

Li Hong-yang, Feng Jing-zhi, Wang Jin-fang, Hou Zeng-qian, Yang Zhu-sen, Wang Cong-ying, Chen Wen-tao. Isotopic geochemical characteristics of Shuizhulin Cu-Fe-Au-S deposit, Anhui province [J]. *Geology and Exploration*, 2010, 46(1): 0070-0075.

1 引言

安徽铜陵水竹岭铜-铁-金-硫矿床, 是我国长江中下游铜-铁-金-硫矿床富集区典型的层状铜-铁-金-硫矿床之一(图1)(徐克勤等, 1978; 顾连兴等, 1986; 黄斌, 1991; 王文斌等, 1994; 储国正等, 1993; 吕俊武等, 2001; 李红阳等, 2005, 2006; 任云生, 2007; 徐兆文, 2004)。该矿床以硫铁矿和金硫矿为主, 铜矿次之, 矿体赋存于泥盆系五通组砂岩层和石炭系黄龙组白云岩之中, 由上部层状矿体与下部脉状网脉状矿(化)体组成(图2, 3)。近年, 不少学者对水竹岭铜-铁-金-硫矿床的地质特征和成矿物质来源等进行了研究(杨竹森等, 2004; 徐文艺等, 2004; 蒙义峰等, 2004; 曾普胜等, 2004, 2005; 徐九华等, 2004)。然而, 对矿床上部层状矿体与下部脉状网脉状矿体之间内在地质地球化学关系与垂向变化研究重视不够。

本文在收集整理前人资料基础上, 对该矿床不同

类型岩矿石硫、氧、碳和铅同位素样品进行了系统取样测试分析, 从同位素地球化学角度研究了水竹岭铜-铁-金-硫矿床上部层状矿体与下部脉状网脉状矿(化)体的内在成因关系和垂向演化规律, 认为水竹岭铜-铁-金-硫矿床的上部层状矿体与下部脉状网脉状矿(化)体是块状硫化物矿床典型的双层结构, 其同位素地球化学特征也具有明显的二元结构标志特征, 反映了块状硫化物矿床的二元结构性。

2 矿床地质特征

水竹岭铜-铁-金-硫矿床地处安徽铜陵市东偏南12 km处, 位于狮子山铜-铁-金-硫矿田和凤凰山铜-铁-金-硫矿田之间, 属于新桥大型铜-铁-金-硫矿床层状硫化物矿层或矿带的南部延伸(5 km)。矿区出露地层为石炭系黄龙组碳酸盐和上泥盆统五通组砂页岩(图2, 3)。主矿体呈层状赋存于石炭系黄龙组下部白云岩段中, 与上下地层整合沉积接触, 沿走向长约1000 m, 倾向延伸300 m(图2, 3)。在层状块状矿体底部泥

[收稿日期] 2009-09-10; [修订日期] 2009-11-12; [责任编辑] 陈喜峰。

[基金项目] 国土资源部科技专项研究项目(B0002-3)资助。

[第一作者简介] 李红阳(1959年—), 男, 1998年毕业于中国地质科学院, 获矿床学博士学位, 教授, 博士, 现主要从事矿床地质地球化学研究工作。

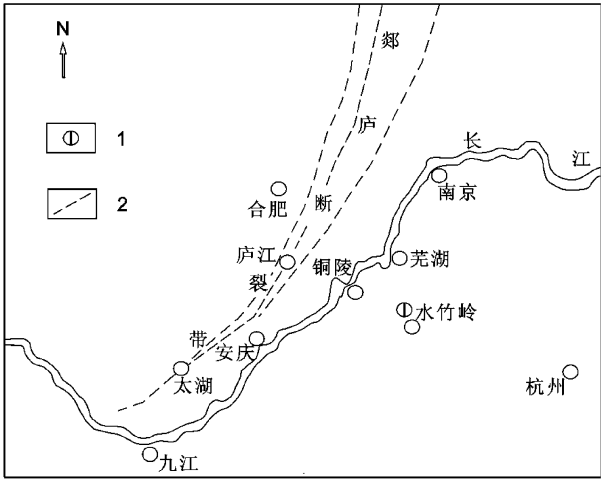


图 1 水竹岭矿床区域位置图

Fig. 1 Regional location of the Shuizhulin deposit

1-矿床; 2-断裂;
1-deposit; 2-fracture

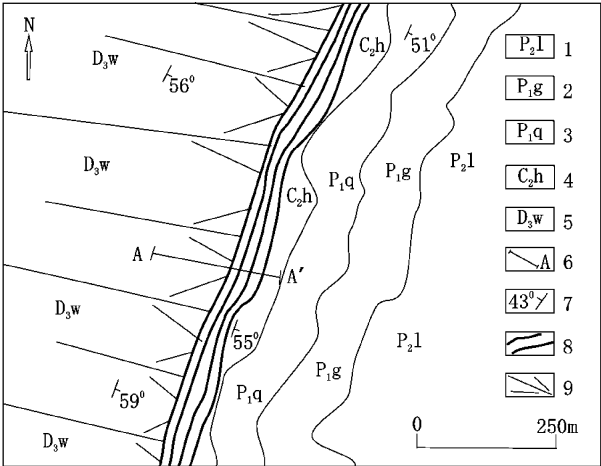


图 2 水竹岭矿床地质简图

Fig. 2 The simplified geological map of the Shuizhulin deposit

1-二叠系龙潭组; 2-二叠系孤峰组; 3-二叠系栖霞组; 4-石炭系黄龙组; 5-泥盆系五通组; 6-剖面线; 7-地层产状; 8-上部块状层状矿体; 9-下部网脉状矿(化)体

1-Permian Longtan formation; 2-Permian Gufeng formation; 3-Permian Qixia Formation; 4-carboniferous Huanglong formation; 5-Devonian Wutong formation; 6-line of section; 7-attitude of stratum; 8-upper massive or layered orebody; 9-lower net orebody

盆系五通组地层之中,广泛发育厚 100 ~ 200 m 的脉状-网脉状和浸染状矿化,局部构成矿体(图 2,3)。

赋矿地层自下而上为富镁质泥岩、白云质灰岩-含铜胶黄铁矿、含铜胶黄铁矿-黄铁矿矿层、含铜胶黄铁矿-重晶石-黄铁矿矿层、含薄层硅质岩-菱铁矿的白云

质灰岩,顶部分布有含硅质岩、黄铁矿矿层角砾的白云质灰岩角砾岩(图 2,3)。

水竹岭铜-铁-金-硫矿床上部为层状块状硫化物矿体,下部为浸染状、细脉状和网脉状硫化物矿化或矿体(图 2,3)。矿床自下而上为硅质矿石、含碎屑角砾的含铜黄铁矿矿石、胶状-细粒-中粗粒含铜黄铁矿矿石、黄铁矿-重晶石矿石,呈现出明显的矿石垂直分带性。金属矿物以胶黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿为主,脉石矿物为白云石、方解石、石英和重晶石等。矿石发育微细层纹状-条纹条带状、角砾状和致密块状构造,胶状结构、球状-似球状结构、变胶状晕圈-同心环带状、变余胶状结构等沉积碎屑结构。其中,微细层纹状构造主要表现为胶状-细粒-微细粒黄铁矿、磁黄铁矿与白云石、方解石、石英、重晶石等矿物的相间排列(图 4)。

3 同位素地球化学

3.1 硫同位素

作者对水竹岭铜-铁-金-硫矿床层状和脉状不同类型矿石中的胶黄铁矿、细晶-粗晶黄铁矿和重晶石进行了系统取样和测试分析,样品硫同位素分析结果见表 1。在上部层状矿石中,重晶石 $\delta^{34}\text{S}$ 值+19.9‰。在上部层状和下部脉状矿石中,不同结晶程度黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围为+0.9‰~+6.4‰,平均值为+4.13‰。其中,上部层状矿石中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围为+0.9‰~+5.8‰,平均值为+3.67‰;下部脉状矿石中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围为+3.2‰~+6.4‰,平均值为+4.83‰,明显大于上部层状矿体中硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值($\delta^{34}\text{S}$ =+3.67‰)。在各种类型矿石中,粗晶黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围为+1.5‰~+6.4‰,平均值为+4.43‰;细晶黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围为+3.3‰~+5.8‰,平均值为+4.58‰;胶黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围为+0.9‰~+2.7‰,平均值为+1.8‰。

上部层状块状硫化物矿石中重晶石的 $\delta^{34}\text{S}$ 值与海水 $\delta^{34}\text{S}$ 值比较相近,指示矿床为沉积成因。胶黄铁矿和细晶-粗晶黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于 0‰左右,与深源硫比较接近,又反映矿床的硫同位素具有深源和浅源混合来源的特征。

从下部脉状-网脉状矿(化)体到上部层状块状矿体,从粗晶黄铁矿到细晶黄铁矿至胶黄铁矿, $\delta^{34}\text{S}$ 值逐渐降低。又呈现出明显的垂向演化规律,与西班牙 Tharsis 矿区块状硫化物矿床下部网脉状矿石与上部层状硫化物矿石的硫同位素组成与垂向变化

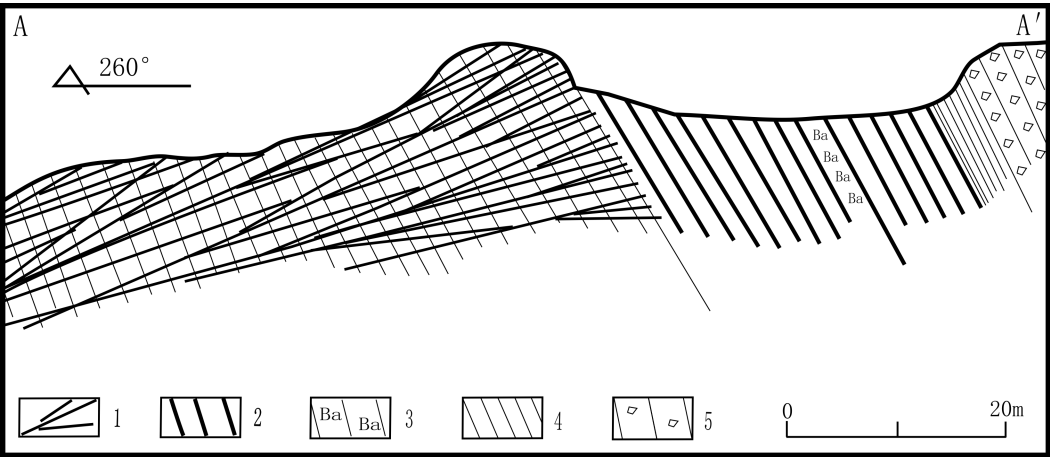


图3 水竹岭矿床实测剖面图

Fig. 3 The section of the Shuizhulin deposit

1-下部脉状矿(化)体; 2-上部层状矿体; 3-重晶石; 4-硅质岩; 5-角砾岩; 6-石炭系黄龙组; 7-泥盆系五通组
1-lower net orebody; 2-upper massive or layered orebody; 3-barite; 4-silicalite; 5-breccia; 6-garboniferous Huanglong formation; 7-Devonian Wutong formation

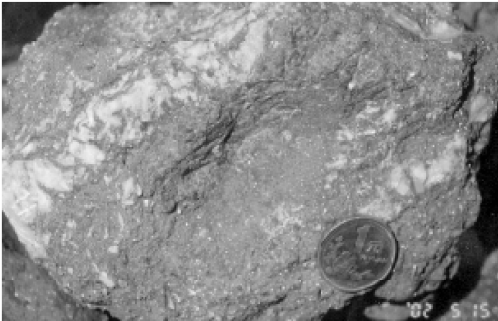


图4 水竹岭矿床黄铁矿-重晶石矿石
(白色-重晶石,灰色-黄铁矿)

Fig. 4 Pyrite(gray)-barite(white) ore of the Shuizhulin deposit

相吻合(Kase,1996),反映了与矿床上部层状矿体、下部脉状矿体的双层结构相对应的硫同位素二元结构特点。

3.2 碳、氧同位素

作者对水竹岭矿床碳、氧同位素进行了取样测试分析,下部脉状矿体中方解石和上部层状矿体白云石以及含矿碳酸盐岩方解石和白云石的碳、氧同位素分析结果见表2。下部脉状矿体中方解石的 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 值为+13.3‰, $\delta^{13}C_{PDB}$ 值为1.2‰;上部层状矿石白云石的 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 值为+14.1‰, $\delta^{13}C_{PDB}$ 值为2.2‰;层状矿体顶板碳酸盐岩方解石和白云石的 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 值介

于+17.1‰~+26.8‰,平均值为+21.76‰, $\delta^{13}C_{PDB}$ 值介于-3.7‰~+2.1‰,平均值为-0.32‰。

水竹岭矿床岩石的碳同位素组成具有重碳同位素的特征,与海相碳酸盐岩($\delta^{13}C_{PDB}$ 值0‰左右)和含盐热卤水($\delta^{13}C_{PDB}$ 值-2~+3‰)碳同位素较为吻合。

水竹岭矿床下部脉状矿石和上部层状矿石的 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 值为+13.3‰~+14.1‰,与原生碳酸盐的氧同位素组成较为接近,而层状矿体顶板岩石 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 平均值+21.76‰,明显为沉积碳酸盐来源。

不同类型矿石的碳、氧同位素组成,反映水竹岭矿床的形成具有成矿热液充填交代和热水沉积混合作用的特征(丁悌平等,1994)。

3.3 铅同位素

作者系统采集了水竹岭铜-铁-金-硫矿床铅同位素样品,上部层状矿体和下部脉状矿体或矿化岩石中黄铁矿的铅同位素分析结果见表3,铅同位素组成表现以下两个方面。

(1) 不同类型岩石之黄铁矿 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 值范围为17.9933~18.2877, $^{207}Pb/^{204}Pb$ 值范围为15.4824~15.5549, $^{208}Pb/^{204}Pb$ 值范围为38.0539~38.2743,具有深源铅特征。

表 1 水竹岭矿床硫同位素组成/ 10^{-3}

Table 1 Sulfur isotopic compositions/ 10^{-3} of the Shuizhulin deposit

序号	样号	岩石名称	产出部位	测定矿物	$\delta^{34}\text{S}_{\text{VCDT}}$
1	SZLP-5-1	含重晶石团块胶黄铁矿	上部层状矿石	重晶石	19.9
2	SZLP-5-2	含重晶石团块胶黄铁矿	上部层状矿石	胶黄铁矿	0.9
3	SZL II -21-1	含粗晶黄铁矿胶状黄铁矿	上部层状矿石	粗晶黄铁矿	1.5
4	SZL II -21-2	含粗晶黄铁矿胶状黄铁矿	上部层状矿石	胶黄铁矿	2.7
5	SZL II -17	中细粒块状黄铁矿	上部层状矿石	细晶黄铁矿	3.3
6	SZL II -19	含石英团块中细晶黄铁矿	上部层状矿石	细晶黄铁矿	4.1
7	SZL II -20	含粗晶块状细晶黄铁矿	上部层状矿石	细晶黄铁矿	4.8
8	SZL II -23	钙泥质胶结黄铁矿角砾	上部层状矿石	细晶黄铁矿	4.9
9	SZL II -18-1	含粗晶块状细晶黄铁矿	上部层状矿石	粗晶黄铁矿	5.0
10	SZL II -18-2	含粗晶块状细晶黄铁矿	上部层状矿石	细晶黄铁矿	5.8
11	SZL II -15-2	中粗晶石英黄铁矿脉	下部脉状矿石	粗晶黄铁矿	3.2
12	SZL II -9	粗晶黄铁矿脉	下部脉状矿石	粗晶黄铁矿	3.2
13	SZL II -12	含中粗晶黄铁矿细脉石英砂岩	下部脉状矿石	粗晶黄铁矿	3.7
14	SZL II -3	绢云母化细砂岩	下部脉状矿石	粗晶黄铁矿	6.2
15	SZL II -4	含黄铁矿绢云母化细砂岩	下部脉状矿石	粗晶黄铁矿	6.3
16	SZL II -7	含细粒黄铁矿脉粉砂岩	下部脉状矿石	粗晶黄铁矿	6.4
17	平均值	上部层状矿石	上部层状矿石	黄铁矿	3.67
18	平均值	下部脉状矿石	下部脉状矿石	黄铁矿	4.83

下部脉状矿石是指下部脉状、网脉状、浸染状矿石。样品由中国地质科学院矿产资源研究所稳定同位素实验室完成,采用稳定同位素气体质谱法测定(MAT-252),使用标样为 LTB。

表 2 水竹岭矿床碳、氧同位素组成/ 10^{-3}

Table 2 Carbon and oxygen isotopic compositions/ 10^{-3} of the Shuizhulin deposit

序号	样号	岩石名称	产出部位	测试矿物	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$
1	SZL II -24	白云质泥质胶结角砾岩	矿层顶板	白云石	-3.7	-3.9	26.8
2	D578-8	砂质白云岩	矿层顶板	白云石	0.9	-6.1	24.6
3	SZL II -26	含生物碎屑大理岩化灰岩	矿层顶板	方解石	2.1	-9.3	21.4
4	D580-1	大理岩	矿层顶板	方解石	-1.4	-11.6	18.9
5	SZL II -25	角砾大理岩化灰岩	矿层顶板	方解石	0.5	-13.4	17.1
6	SZLP-9-1	白云质胶结角砾岩	上部层状矿石	白云石	2.2	-16.4	14.1
7	D579-4	方解石脉	下部脉状矿石	方解石	1.2	-17.1	13.3

样品由中国地质科学院矿产资源研究所稳定同位素实验室完成。

表 3 水竹岭矿床主要岩矿石铅同位素组成/ 10^{-3}

Table 3 Lead isotope compositions/ 10^{-3} of major ore-bearing rock and ore of the Shuizhulin deposit

序号	样品号	岩性	产出部位	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	SZLP-3-1	含粗晶黄铁矿胶状黄铁矿	上部层状矿石	17.9933	15.4824	38.0539
2	SZLP-3-2	含粗晶黄铁矿胶状黄铁矿	上部层状矿石	18.1967	15.5549	38.3035
3	SZLII-18-1	含粗晶块状细晶黄铁矿	上部层状矿石	18.0425	15.4842	38.0582
4	SZLII-18-2	含粗晶块状细晶黄铁矿	上部层状矿石	18.0442	15.4867	38.0772
5	SZLII-4	含黄铁矿绢云母化细砂岩	下部脉状矿石	18.2336	15.5296	38.204
6	SZLII-9	粗晶黄铁矿脉	下部脉状矿石	18.1617	15.5136	38.2041
7	SZLII-13	含细晶黄铁矿细脉细砂岩	下部脉状矿石	18.2135	15.5112	38.2331
8	SZLII-16	含细晶黄铁矿结核粉砂泥岩	下部脉状矿石	18.2877	15.5436	38.2743
9	平均值	上部层状矿石	上部层状矿石	18.0692	15.5020	38.1232
10	平均值	下部脉状矿石	下部脉状矿石	18.2241	15.5245	38.2289

样品由中国地质科学院地球物理地球化学研究所(VG-354 测试),采用 Dowex-1 阴离子树脂交换法测定,使用标样为 NBS-982。

(2) 下部脉状矿石和矿化岩石中黄铁矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值为 18.2241, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值为 15.5245, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值为 38.2289;上部层状矿石中黄铁矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值为 18.0692, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值为 15.5021, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值为 38.1232。

从下部脉状岩矿石到上部层状矿体,黄铁矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值逐渐降低,呈现出明显的垂向变化特征,反映了在成矿过程中以幔源为主的壳幔源物质混合的特征。

4 结论与讨论

(1) 水竹岭铜-铁-金-硫矿床具有明显的双层结构,上部为整合的层状硫化物矿层,下部为脉状网脉状硫化物矿(化)体;与矿床的双层结构和矿石垂向分带相对应,同位素地球化学特征表现出明显的垂向变化和二元结构特征,反映了海底热水喷流沉积块状硫化物矿床的结构分带特征。

(2) 顶部层状矿石中重晶石的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+19.9‰。上部层状矿石中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围为+0.9‰~+5.8‰,平均值为+3.67‰;下部脉状矿石中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围为+3.2‰~+6.4‰,平均值为+4.83‰。粗晶黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围为+1.5‰~+6.4‰,平均值为+4.43‰;细晶黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围为+3.3‰~+5.8‰,平均值为+4.58‰;胶黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围为+0.9‰~+2.7‰,平均值为+1.8‰。从下部脉状矿石到上部层状矿石,从粗晶到细晶至胶状, $\delta^{34}\text{S}$ 值逐渐降低,反映海底热水喷流沉积块状硫化物矿床的硫同位素组成和垂向变化特点。

(3) 下部脉状矿体中方解石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为+13.3‰, $\delta^{13}\text{C}$ 值为 1.2‰,上部层状矿石白云石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为+14.1‰, $\delta^{13}\text{C}$ 值为 2.2‰,指示海底热水喷流沉积成因。

(4) 下部脉状矿石和矿化岩石中黄铁矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值分别为 18.2241、15.5245 和 38.2289;上部层状矿石中黄铁矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值分别为 18.0692、15.5021 和 38.1232。从下部脉状矿体矿化岩石到上部层状矿体,黄铁矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值降低,反映海底热水喷流沉积块状硫化物矿床的铅同位素组成和垂向变化特点。

综上所述,地质特征和同位素地球化学特征反映水竹岭铜-铁-金-硫矿床的上部层状矿体与下部

脉状网脉矿体为块状硫化物矿床的典型双层结构和同位素地球化学的二元结构性,属于海底热水喷流沉积块状硫化物矿床,揭示了块状硫化物矿床的二元结构性。

[References]

- Chu Guo-zheng, Huang Xu-chen. 1993. A study on metallogenic patterns of mineral deposits in Tongling district, Anhui province [J]. *Geology and Exploration*, 29(2): 1-6
- Ding T P, Jiang S Y. 1994. Silicon isotope geochemistry [M]. Beijing, Geological Publishing House :85-102
- Gu Lianxing, Xu Ke-qin. 1986. On the carboniferous submarine massive sulphide deposits in the Lower Yangtze river[J]. *Acta Geologica Sinica*, 66(2):176-188
- Huang Bin. 1991. Pb isotopic studies of the massive sulfur-iron gold deposits in the Tongling district, Anhui province[J]. *Acta Geological Sinica*. (4):347-359
- Kase, K. M. 1996. Ore mineralogy and sulfur isotope study of the massive sulfide deposit of Filon Norte, tharsis Min, Spain[J], *Mineral Deposita*, V. 25(3):11-24
- Li Hong-yang, Li Ying-jie. 2006. Two-member texture of massive sulfide deposits at the tongling mineralized region in anhui province, china [J]. *Geology and Exploration*, 42(3): 8-11
- Li Hong-yang, Li Ying-jie. 2005. Geochemical features of the xinqiao massive sulfide deposit in anhui province[J]. *Chinese Journal of Geology*[J], 40(3):337-345
- Lu jun-wu; Xia yuan-fa. 2001. Occurrence and distribution of gold in the tianmashan sulfur-gold deposit [J]. *Geology and Exploration*, 37(3): 29-31
- Meng Yi-feng, Hou Zeng-qian. 2004. Alteration-fluid mapping and metallogenic fluid system of Tongling ore concentration area [J]. *Mineral Deposits*, 23(03):261-270
- Meng Yi-feng, Yang Zhu-sen. 2004. Tentative temporal constraints of ore-forming fluid systems in Tongling metallogenic province[J]. *Mineral Deposits*, 23(3): 271-280
- Ren yun-sheng, Liu lian-deng. 2007. Ore characteristics and occurrence of gold minerals in the chaoshan gold deposit, tongling area[J]. *Geology and Exploration*, 43(3): 60-46
- Wang Wen-bing, Li Wen-da. 1994. The genesis of cupriferous pyrite deposit, middle-lower Yangtze area, east China[J]. *Volcanology & Mineral Resources*, 15(2):25-34
- Xu Jiu-hua, Xie Yu-ling. 2004. Trace elements in fluid inclusions of submarine exhalation-sedimentation system in Tongling metallogenic Province[J]. *Mineral Deposits*, 23(03):344-352
- Xu Ke-qin, Zhu Jin-chu. 1978. Origin of the sedimentary (or volcano sedimentary) iron-copper deposits in some fault depression belts in Southeast China[J]. *Fujian Geology*, (4):1-68
- Xu Wen-yi; Yang Zhu-sen. 2004. Genetic model and dynamic migration of ore-forming fluids in carboniferous exhalation-sedimentary massive sulfide deposits of Tongling district, Anhui Province[J]. *Mineral Deposits*, 23(3): 353-364
- Xu zhao-wen, Fang chang-quan. 2004. Geological and geochemical char-

acteristics of rock mass related with gold mineralization in the chaos-han deposit[J]. Geology and Exploration, 40(3): 40-42

Yang Zhu-sen, Hou Zeng-qian. 2004. Spatial-temporal structures of Hercynian exhalative-sedimentary fluid system in Tongling ore concentration area, Anhui province[J]. Mineral Deposits, 23(3):281-297

Zeng Pu-sheng, Pei Rong-fu. 2004. Gold-repelling effect in copper-gold deposits of Tongling mineralization cluster area (MCA) in process of superimposition-reformation[J]. Mineral Deposits, 23(2): 216-224

Zeng Pu-sheng, Pei Rong-fu. 2005. The Dongguashan deposit in the Tongling mineralization cluster area, Anhui: A large-sized superimposition-type copper deposit[J]. Acta Geologica Sinica, 79(1): 106-113

[附中文参考文献]

储国正,黄许陈. 1993. 安徽铜陵地区成矿规律研究[J]. 地质与勘探, 29(2):1-6

丁梯平,蒋少涌. 1994. 硅同位素地球化学[M]. 北京:地质出版社, 85-102

顾连兴,徐克勤. 1986. 论长江中下游中石炭世海底块状硫化物矿床[J]. 地质学报, 60(2):176-188

黄斌. 1991. 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, (4):347-359

李红阳,李英杰. 2005. 安徽新桥块状硫化物矿床地球化学特征[J]. 地质科学, 40(3):337-345

李红阳,李英杰. 2006. 铜陵矿集区块状硫化物矿床的二元结构特

征[J]. 地质与勘探, 42(3):8-11

吕俊武,夏元法. 2001. 天马山硫金矿床金的赋存状态及分布规律[J]. 地质与勘探, 37(3):29-31

蒙义峰,侯增谦. 2004. 铜陵矿集区蚀变-流体填图与成矿流体系统[J]. 矿床地质,23(03): 261-270

蒙义峰,杨竹森. 2004. 铜陵矿集区成矿流体系统时限初步厘定[J]. 矿床地质, 23(3):271-280

任云生,刘连登. 2007. 铜陵朝山金矿床矿石特征与金的赋存状态研究[J]. 地质与勘探, 43(3):60-46

王文斌,李文达. 1994. 论长江中下游地区含铜黄铁矿型矿床成因[J]. 火山地质与成矿, 15(2):25-34

徐九华,谢玉玲. 2004. 安徽铜陵矿集区海底喷流沉积体系的流体包裹体微量元素对比[J]. 矿床地质, 23(03):344-352

徐克勤,朱金初. 1978. 中国南方某些断裂陷带中沉积(或火山沉积)铁铜矿床的成因[J]. 福建地质, (4):1-68

徐文艺,杨竹森. 2004. 安徽铜陵矿集区块状硫化物矿床成因模型[J]. 矿床地质, 23(3):353-364

徐兆文,方长泉. 2004. 与朝山金矿有关岩体地质地球化学特征[J]. 地质与勘探, 40(3):40-42

杨竹森,侯增谦. 2004. 安徽铜陵矿集区海西期喷流沉积流体系统时空结构[J]. 矿床地质, 2(1):281-297

曾普胜,裴荣富. 2005. 安徽铜陵矿集区冬瓜山矿床:一个叠加改造型铜矿[J]. 地质学报, 79(1):106-113

曾普胜,裴荣富. 2004. 铜陵矿集区铜金矿床叠加改造过程排金效应[J]. 矿床地质, 23(2):216-224

Isotopic Geochemical Characteristics of Shuizhulin Cu-Fe-Au-S Deposit, Anhui Province

LI Hong-yang¹, FENG Jing-zhi¹, WANG Jin-fang¹, HOU Zeng-qian², YANG Zhu-sen², WANG Cong-ying¹, CHEN Wen-tao¹

(1. Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031; 2. Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Abstract: The Shuizhulin Cu-Fe-Au-S deposit is presented by the upper stratiform ore beds and the lower disseminated-veinlet ores. The $\delta^{34}\text{S}$ values of barite in the upper stratiform ore beds ranged from +19.9‰. The $\delta^{34}\text{S}$ values of pyrite in the upper stratiform ore beds ranged from +0.9 to +5.8‰, that of pyrite in the lower disseminated-veinlet ores +3.2 to +6.4‰. The $\delta^{18}\text{O}$ of calcite in the lower disseminated-veinlet ores was +13.3‰, the $\delta^{13}\text{C}$ of that being 1.2‰. The $\delta^{18}\text{O}$ of dolomite in the upper stratiform ore beds was +14.1‰, the $\delta^{13}\text{C}$ of that being 2.2‰. The average $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ of pyrite in the lower disseminated-veinlet ores were 18.2241, 15.5245, 38.2289 respectively; The average $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ of pyrite in the upper stratiform ore beds were 18.0692, 15.5020, 38.1232 respectively. The average $\delta^{34}\text{S}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ of pyrite decrease gradually, with the average $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ increasing progressively, from the lower disseminated-veinlet ores to the upper stratiform ore beds. The geological-isotope geochemical characteristics show the Shuizhulin Cu-Fe-S-Au deposit is of submarine sedimentary exhalative origin and two-member texture characteristics of the massive sulfide deposits.

Key words: Cu-Fe-Au-S deposit, two-member texture, isotope geochemistry, Anhui Shuizhulin