冀西石湖金矿床地质地球化学特征研究

游先军,息朝庄,戴塔根,刘 伟 (中南大学 地学与环境工程学院,长沙 410083)

摘 要: 通过冀西石湖金矿床的矿区地质特征、矿石的微量元素地球化学特征、稀土元素的地球 化学特征、稳定同位素地球化学特征等研究,认为石湖金矿的赋矿层位为阜平群团泊口组,硫、铅 来源于地幔,金矿床成矿物质主要来源于矿源层。

关键词: 石湖金矿床; 微量元素; 稀土元素; 地球化学特征; 河北省 中图分类号: P613; P618.51 文献标识码: A 文章编号: 100-1412(2008)04-0292-05

1 区域地质背景

石湖金矿位于河北省灵寿县陈庄镇, 矿区地理 坐标为: 东经 114° 03′ 15′~ 114° 04′ 21″, 北纬 38° 39′ 04″~ 38° 40′ 19″, 矿区面积 4.1 km²。地洼构造理 论^[1,2]将矿床的大地构造单元归属于华北地洼区冀 晋地穹系、山西地穹列之阜平地穹中; 板块构造观 点^[3-5]则将矿床划归华北板块山西断隆东缘的太行 山隆起带中段; 幔柱构造理论^[6,7] 认为, 矿床位于华 北地幔亚热柱阜平幔枝构造的南西端。在区域上, 石湖金矿床位于 NNE 向展布的太行山构造- 岩浆 - 多金属成矿带中^[8], 在这条成矿带上分布着一系 列的金矿床(点)。

2 矿区地质特征

2.1 地层

矿区赋矿地层为阜平群团泊口组,岩性主要为 黑云母斜长片麻岩、斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩、 含夕线石的钾长浅粒岩、大理岩等中高级变质岩。 大多数研究者认为团泊口组是该区金矿的矿源层, 观点比较一致^[3,9,10]。

2.2 构造

金矿床所在区域经历过多期构造活动,不同方

向、不同期次的构造相互叠加,使矿区构造变得十分 复杂,矿床(矿体)的空间定位与构造的关系十分密 切。金矿区位于陈庄复向斜的北西翼,总体构造轮 廓为向 E 倾伏的背斜构造和近 SN 向、NW 向和 EW 向的断裂构造(图 1)。

矿区主要褶皱有土岭东沟背斜、石湖向斜、燕口 倒转背斜和熊沟向斜。前二者的规模较大,奠定了 矿区构造的主体格架。

矿区内断裂极为发育,有近 SN 向、NW 向、NE 向和 NNW 向。矿区内近 SN 向断裂十分发育,在 走向上常有一定的变化,一般表现为向 NNE 或 NNW 向摆动。近 SN 向断裂大多为矿区的导矿、容 矿构造,在石湖金矿床主要有 24 号、28 号、101 号、 102 号、115 号和 116 号断裂构造带等。

2.3 岩浆岩

矿区岩浆岩有燕山期侵入的麻棚岩体及花岗闪 长斑岩、石英闪长玢岩等岩脉。麻棚岩体位于矿区 西北部,出露面积 64.5 km²,沿 NNE 向北冶一麻 棚一杨家庄深大断裂侵入,空间上呈岩株状,与阜平 群呈侵入接触,接触面外倾。前人^[11,1,5]对麻棚岩体 已作了较多的研究工作,据原冶金 520 队 K-Ar 法 同位素年龄测定结果,岩体的生成年龄为 145 Ma, 侵位时代为晚侏罗世,属燕山期产物。岩体内部分 带明显,从岩体中心向两侧依次可分为中心相(斑状 花岗岩)、过渡相(花岗闪长岩)和边缘相(石英闪长 岩)。

2.4 围岩蚀变

收稿日期: 2007-09-10

基金项目: 湖南省自然科学基金项目(编号 07 Jb6071)资助。

作者简介: 游先军(1962-),男,湖南常德人,高级工程师,博士研究生,从事地质勘查与管理工作。



图 1 石湖金矿区地质略图(据冶金 520 队, 1986) Fig. 1 Geological sketch of the Shihu gold field Art.太古界阜平群团泊口组片麻岩 究.燕山期花岗闪长岩体 1.压扭性断裂带 2.含金石英脉及编号 3.金矿体 4.矿段边界

与金矿化相关的围岩蚀变类型多样,主要有硅化、黄铁矿化、绢云母化、绢英岩化、钾长石化、绿泥石化及局部的碳酸盐化、高岭土化等。

3 矿床地球化学特征

3.1 微量元素特征

根据矿石微量元素的分析结果(表 1)做出的矿 石中微量元素的相关矩阵(表 2)和元素相关性 R 型 聚类分析(图 2),总结出矿床的矿石微量元素具以 下特征:

(1) 从表 1 可以看出, Au 的富集系数(K) 达到
606, 属元素高度富集, 但 Au 的质量分数变化极大
(1. 026 × 10⁻⁶ ~ 108. 0 × 10⁻⁶), 变化系数达到
510%。其他元素按照富集系数从大到小排列依次为 Bi, Pb, Ag, Zn, As, Cu, Sb, Co, Hg, Ni, Cr, 其中
Bi 的富集系数高达 204. 7, 属高度富集, Pb, Ag, Zn, As, Cu, Sb 属中度富集, Hg, Ni 属微弱富集, Cr 与

近矿围岩的质量分数基本一致。根据矿石微量元素的质量分数比近矿围岩普遍较高这一特点,说明除 Au以外的成矿元素在经历热液改造过程中也得到 了再次富集。

(2) 据微量元素相关矩阵分析, Au与Ag, Sb, Hg, Pb, Bi等元素显著相关, 与矿石中Au与Pb, Zn 等多金属硫化物密切共生的实际特征一致。矿石中 Au和近矿围岩中Au与其他元素的相关性具有明 显的差异, 反映了热液成矿作用过程中成矿流体与 围岩发生交代作用时对元素的带出带进具有选择 性, 或者是热液中的成矿元素本身具有多源性, 并非 全来自地层。

(3) 据表 2、图 2, 在距离为 20的相似水平上, 矿 石中成矿元素可分成两大组:①Au+Ag-Bi+Sb-Hg-Zu+Pb 代表了成矿热液活动中较活动的组分;②Cu-Cu+As Co-Ni 代表了成矿热液活动中较惰性的组 分。值得指出的是, 矿石中 Au 与 Bi, Sb, Hg 元素 相关性十分显著, 这在该区其他的金矿床^[12] 也可见 到这种现象, Au 与亲硫元素在地质作用下同生富集 的转占 反映了多期次 多来源的成矿转占



图 2 石湖金矿床矿石微量元素相关性 R型聚类分析谱系图

Fig. 2 Correlative lineage chart of micro-element R-type cluster

3.2 稀土元素特征

硅化蚀变岩型矿石、石英脉型矿石、致密块状黄 铁矿石的稀土元素质量分数见表 3,稀土配分模式 图见图 3。3种矿石类型的稀土元素具以下特征:

(1) 共同特征是矿石稀土总量都较低, 其中硅化 蚀变岩型矿石变化较大(25.65×10⁻⁶~117.95× 10⁻⁶), 平均为65.05×10⁻⁶; 致密块状黄铁矿石最 低(8.99×10⁻⁶~13.31×10⁻⁶), 平均为11.18× 10⁻⁶; 石英脉型矿石介于二者之间(8.1×10⁻⁶~ 79.0×10⁻⁶), 平均为32.35×10⁻⁶。硅化蚀变岩型 和石英脉型矿石的 LREE/HREE 比值比较接近,平 均值分别为 15.19 和 16.32; 致密块状黄铁矿石偏 低,平均值为 8.42,总体上都属轻稀土富集、重稀土 亏损型,但致密块状黄铁矿相对富集重稀土。硅化 蚀变岩型和石英脉型矿石的(La/Yb) №比值较高, 平均值分别为 24.88 和 32.35. 属轻重稀土中等分 离型,而致密块状黄铁矿石的(La/Yb) №比值较低,

平均值为 8.39, 应属轻重稀土弱分离型。稀土配分 曲线都向右倾斜,曲线之间呈现近于平行的特征,但 致密块状黄铁矿石表现较为平缓。硅化蚀变岩型、 石英脉型、致密块状黄铁矿石 δ(Eu) 平均值分别为 0.49,0.62 和 0.71,为中等程度的 Eu 亏损,相对而 言, 蚀变岩型矿石亏损较重。

圭 1 石湖金矿床矿石微量元素分析结果

			Table 1 Trace ele	menta	nalvses	s of go	ld ore	from t	he Shi	հո ջոե	l deno	sit			
++	ch FA()	助物化				1 50		11			N.		7		D.
	ΨFZ(m)	创休线		Au	Ag	As	50	Hg	Cr	0.00	N 1	<u>Cu</u>	Zn	P D	B1
52	350	5线	怖坑與铁矿化石央	1. /60	6.73	24.58	0.310	0.18	46. /6	9.00	7.00	36.9	416.6	277.4	4.4/
S4	350	11线	稠密浸染状黄铁矿	25.00	86.54	49.25	1. 43	1.19	16.60	93.80	8. 30	98.8	31 18.0	7537.0	57.55
S6	350	15线	细粒浸染状黄铁矿化	89.33	350.00	22.79	23. 12	1.31	18.18	25.01	15.96	39.6	1826.0	17240.0	69.76
Q5	220	9线	细粒浸染状黄铁矿化	5.17	24.62	35.25	0.94	0.81	26.90	101.70	45.38	506.3	620.1	580.8	9.45
Q6	220	11线	稀疏黄铁矿化	13.38	100.00	39.96	0.76	0.46	21.44	4.59	0.42	60.0	4596.0	2190.0	14.25
Q8	220	17线	细粒浸染状黄铁矿化	13.83	39.62	46.92	1. 30	0.35	11.36	35.12	9.81	549.6	12810.0	782.2	4.39
Q10	220	23线	黄铁矿化硅化岩	30.33	135.00	27.08	1. 32	0.92	33.94	23.87	5. 38	740.2	13830.0	11590.0	44.89
Q12	220	27线	致密块状黄铁矿	12.20	24.23	23.79	0.43	0.45	44.53	6.90	1.41	361.5	1092.0	2014.0	7.00
P1	560	11线	黄铁、铅锌矿化	1. 61	26.92	46.00	7.88	0.50	55.37	38.71	41.76	119.5	2673.0	7088.0	5.83
P2	520	11线	细粒浸染状黄铁矿化	8.84	23.65	60.58	1. 94	0.62	68.14	30.28	56.63	88.4	547.4	513.4	14.57
P4	440	11线	黄铁矿化硅化岩	1. 03	2.50	35.00	1.00	0.15	60.30	24.84	59.35	41.1	309.0	65.5	2.46
P5	400	11线	致密块状黄铁矿、铅锌矿化	61.01	277.89	50.42	2.69	2.42	62.15	43.64	25.86	394.4	6378.0	8798.0	221.4
P6	3 50	11线	致密块状黄铁矿、铅锌矿化	46.74	84.03	62.58	9. 38	0.96	45.42	101.90	9. 99	104.8	3221.0	7702.0	59.03
V1	3 50	17线	细粒浸染状黄铁矿化	108.00	405.77	8.95	19.50	1.27	7.14	25.60	13.04	675.3	8639.0	22980.0	67.92
V2	300	17线	含金黄铁绢英岩	10.88	50.00	21.00	1. 13	0.92	11.07	29.69	16.27	1823.0	1362.0	352.3	38.63
V3	260	17线	含金黄铁绢英岩	1. 17	123.27	13.12	1.00	1.00	10.27	44.02	71.45	816.8	1403.0	3240.0	69.83
V4	220	17线	稀疏黄铁矿化石英	2.58	15.58	43.75	1.56	0.46	28.91	35.32	27.61	190.7	5112.0	3468.0	4.51
		矿石	平均值	25.46	104.49	35.94	4.45	0.82	33.44	39.65	24.45	391.0	3997.2	5671.7	40.94
		近矿围	岩平均值	0.04	2.04	3.09	0.47	0.27	31.79	7.3	15.62	36.35	241.45	89.48	0.2
	矿	石/近矿围	岩(富集系数 K)	606.3	51.2	11.6	9.5	3.0	1. 1	5.4	1.6	10.8	16.6	63.4	204. 7
注	: 表中 Au,	, Ag, As, Sb	,Hg元素由中南大学地质研究	3所分析3	室采用原	子吸收发	七谱分析	; Ni, Co	, Cr, As,	Sb, Bi, S	n 元素由	ョ中南大	学地质研	究所 ICP-I	MS实验

室采用 ICP-MS 系统测试。量的单位: wB/10-6

表 2 矿	床矿石微量元素相关系数矩阵表
-------	----------------

Table 2 Correlation coefficient matrix of ore trace element

元素	Au	Ag	As	Sb	Нg	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Bi
Au	1											
Ag	0.942*	1										
As	- 0.219	- 0.368	1									
\mathbf{Sb}	0.846*	0.78	- 0.247	1								
${\rm Hg}$	0.661*	0.73	0.011	0.351	1							
C r	- 0.242	- 0.32	0.529*	- 0.235	- 0.07	1						
Co	0.02	- 0.089	0.445	- 0.004	0.294	- 0.073	1					
Ni	- 0.343	- 0.2	0.04	- 0.145	- 0.055	0.284	0.16	1				
Cu	- 0.005	0.077	- 0.48	- 0.132	0. 2	- 0.489*	- 0.051	- 0.13	1			
Zn	0.32	0.318	0.008	0.071	0.186	- 0.295	- 0.117	- 0.425	0.188	1		
\mathbf{Pb}	0.911*	0.894*	- 0.298	0.847*	0.565*	- 0.276	0.009	- 0.278	- 0.03	0.394	1	
Bi	0.575*	0.662*	0.047	0.231	0.951	0.073	0.168	- 0.026	0.128	0.186	0.451	1

注:* 表示在置信度 a= 0.05(r0 05= 0.482) 时显著相关。

表3 石湖金矿稀土元素质量分数

Table 3 Rare earth element content of Shihu gold deposit

w B/ 10⁻⁶

样号	采样位置	岩性	La	Се	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
Q9	220-19		25.04	41.6	4.845	10.6	2.537	0.433	1.934	0.231	0.738	0.162
Q10	220-23	硅化蚀变	6.437	12.09	1.342	2.91	0.79	0.134	0.626	0.089	0.372	0.099
V 2	300-15	岩型矿石	7.902	11.45	1.425	3.914	0.829	0.136	0.703	0.092	0.286	0.069
C8	400-13		27.21	53.31	6.342	17.81	3.945	0.676	3.707	0.469	1.479	0.413
硅	化蚀变岩型码	矿石平均	16.65	29.61	3.49	8.81	2.03	0.34	1.74	0.22	0.72	0.19
Q2	220-3		1.751	4.051	0.43	1.021	0.356	0.118	0.307	0.048	0.213	0.055
V 1	350-17		19.68	29.2	3.207	8.63	1.454	0.22	1.182	0.123	0.336	0.081
V4	180-15		17.44	34.61	4.403	13.67	3.166	0.456	2.23	0. 299	0.948	0.244
V 5	220-15	石英脉型	3.927	7.077	0.783	2.18	0.479	0.107	0.357	0.051	0.16	0.041
C6	400-13	金矿石	10.66	15.92	1.79	4.742	0.883	0.233	1.069	0.09	0.234	0.061
D11	300-11		4.208	8.208	0.909	2.464	0.51	0.099	0.434	0.052	0.155	0.042
${ m H}7$	180-11		7.787	13.79	1.548	4.095	0.727	0.154	0.684	0.076	0.233	0.053
X7	116 矿带		2.071	3.264	0.371	1.113	0.252	0.065	0.243	0.047	0.205	0.062
Æ	- 英脉型金矿	石平均	8.44	14.52	1.68	4.74	0.98	0.18	0.81	0.1	0.31	0.08
Q3	220-5	动家抽出	2.002	4.197	0.427	1	0.297	0.097	0.273	0.046	0.218	0.052
Q11	220-25	我出外扒	2.472	5.654	0.631	1.447	0.529	0.125	0.465	0.103	0.563	0.16
Q12	220-27	與状1/1	2.204	5.172	0.662	1.714	0.573	0.089	0.283	0.039	0.154	0.043
致	密块状黄铁码	矿石平均	2.23	5.01	0.57	1.39	0.47	0.1	0.34	0.06	0.31	0.09
	球粒陨石	[13]	0.31	0.808	0.122	0.6	0.145	0.074	0.259	0.047	0.322	0.072
样号	采样位置	岩性	Er	Τm	Yb	Lu	Σree	Σlree	Σ h ree	L/H	(La/ Y b) _N	δ(Eu)
样号 Q9	采样位置 220-19	岩性	Er 0. 614	T m 0. 071	Yb 0.469	Lu 0. 076	ΣREE 89.35	ΣLREE 85.06	ΣHREE 4.3	L/H 19.8	(La/ Y b) _N 36	δ(Eu) 0. 51
样号 Q9 Q10	采样位置 220-19 220-23	岩性 硅化蚀变	Er 0. 614 0. 359	T m 0. 071 0. 05	Yb 0.469 0.3	Lu 0. 076 0. 048	ΣREE 89.35 25.65	ΣLREE 85.06 23.7	ΣHREE 4.3 1.94	L/H 19.8 12.2	(La/ Yb) _N 36 14. 47	δ(Eu) 0. 51 0. 5
样号 Q9 Q10 V2	采样位置 220-19 220-23 300-15	岩性 硅化蚀变 岩型矿石	Er 0. 614 0. 359 0. 223	T m 0. 071 0. 05 0. 027	Yb 0. 469 0. 3 0. 166	Lu 0. 076 0. 048 0. 025	ΣREE 89.35 25.65 27.25	ΣLREE 85.06 23.7 25.66	ΣHREE 4.3 1.94 1.59	L/H 19.8 12.2 16.13	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09	δ(Eu) 0. 51 0. 5 0. 47
样号 Q9 Q10 V2 C8	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13	岩性 硅化蚀变 岩型矿石	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175	Yb 0.469 0.3 0.166 1.081	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157	ΣREE 89.35 25.65 27.25 117.95	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29	ΣHREE 4.3 1.94 1.59 8.65	L/H 19.8 12.2 16.13 12.63	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97	δ(Eu) 0. 51 0. 5 0. 47 0. 47
样号 Q9 Q10 V2 C8 硅	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型(岩性 硅化蚀变 岩型矿石 亦石平均	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175 0. 08	Yb 0.469 0.3 0.166 1.081 0.5	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08	ΣREE 89.35 25.65 27.25 117.95 65.05	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93	ΣHREE 4.3 1.94 1.59 8.65 4.12	L/H 19.8 12.2 16.13 12.63 15.19	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.\ 51 \\ 0.\ 5 \\ 0.\ 47 \\ 0.\ 47 \\ 0.\ 49 \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 健 Q2	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型 220-3	岩性 硅化蚀变 岩型矿石 矿石平均	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175 0. 08 0. 031	Yb 0.469 0.3 0.166 1.081 0.5 0.17	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08 0. 022	ΣREE 89. 35 25. 65 27. 25 117. 95 65. 05 8. 81	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73	ΣHREE 4.3 1.94 1.59 8.65 4.12 1.09	L/H 19.8 12.2 16.13 12.63 15.19 7.11	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.49 \\ 0.94 \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 硅 Q2 V1	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型 220-3 350-17	岩性 硅化蚀变 岩型矿石 矿石平均	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241 0. 224	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175 0. 08 0. 031 0. 027	Yb 0. 469 0. 3 0. 166 1. 081 0. 5 0. 17 0. 168	Lu 0.076 0.048 0.025 0.157 0.08 0.022 0.025	ΣREE 89.35 25.65 27.25 117.95 65.05 8.81 64.56	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73 62.39	ΣHREE 4.3 1.94 1.59 8.65 4.12 1.09 2.17	L/H 19.8 12.2 16.13 12.63 15.19 7.11 28.8	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94 78.98	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.49 \\ 0.94 \\ 0.94 \\ 0.44 \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 健? Q2 V1 V4	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型(220-3 350-17 180-15	岩性 硅化蚀变 岩型矿石 矿石平均	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241 0. 224 0. 694	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175 0. 08 0. 031 0. 027 0. 1	Yb 0. 469 0. 3 0. 166 1. 081 0. 5 0. 17 0. 168 0. 642	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08 0. 022 0. 025 0. 095	ΣREE 89. 35 25. 65 27. 25 117. 95 65. 05 8. 81 64. 56 79	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73 62.39 73.75	ΣHREE 4.3 1.94 1.59 8.65 4.12 1.09 2.17 5.25	L/H 19.8 12.2 16.13 12.63 15.19 7.11 28.8 14.04	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94 78.98 18.31	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.49 \\ 0.94 \\ 0.44 \\ 0.45 \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 硅* Q2 V1 V4 V5	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型 220-3 350-17 180-15 220-15	岩性 硅化蚀变 岩型矿石 が石平均 石英脉型	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241 0. 224 0. 694 0. 12	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175 0. 08 0. 031 0. 027 0. 1 0. 018	Yb 0. 469 0. 3 0. 166 1. 081 0. 5 0. 17 0. 168 0. 642 0. 11	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08 0. 022 0. 025 0. 095 0. 018	ΣREE 89. 35 25. 65 27. 25 117. 95 65. 05 8. 81 64. 56 79 15. 43	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73 62.39 73.75 14.55	ΣHREE 4.3 1.94 1.59 8.65 4.12 1.09 2.17 5.25 0.88	L/H 19.8 12.2 16.13 12.63 15.19 7.11 28.8 14.04 16.63	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94 78.98 18.31 47.91	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.49 \\ 0.94 \\ 0.44 \\ 0.45 \\ 0.63 \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 健2 V1 V4 V5 C6	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型 220-3 350-17 180-15 220-15 400-13	 岩性 硅化蚀变 岩型矿石 が石平均 石英脉型 金矿石 	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241 0. 224 0. 694 0. 12 0. 182	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175 0. 08 0. 031 0. 027 0. 1 0. 018 0. 026	Yb 0. 469 0. 3 0. 166 1. 081 0. 5 0. 17 0. 168 0. 642 0. 11 0. 15	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08 0. 022 0. 025 0. 095 0. 018 0. 024	ΣREE 89. 35 25. 65 27. 25 117. 95 65. 05 8. 81 64. 56 79 15. 43 36. 06	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73 62.39 73.75 14.55 34.23	ΣHREE 4.3 1.94 1.59 8.65 4.12 1.09 2.17 5.25 0.88 1.84	L/ H 19. 8 12. 2 16. 13 12. 63 15. 19 7. 11 28. 8 14. 04 16. 63 18. 64	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94 78.98 18.31 47.91 24.07	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.49 \\ 0.94 \\ 0.44 \\ 0.45 \\ 0.63 \\ 0.68 \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 健? Q2 V1 V4 V5 C6 D11	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型 220-3 350-17 180-15 220-15 400-13 300-11	 岩性 硅化蚀变 岩型矿石 が石平均 石英脉型 金矿石 	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241 0. 224 0. 694 0. 12 0. 182 0. 123	$\begin{array}{c} T m \\ 0.\ 071 \\ 0.\ 05 \\ 0.\ 027 \\ 0.\ 175 \\ \hline 0.\ 08 \\ 0.\ 031 \\ 0.\ 027 \\ 0.\ 1 \\ 0.\ 018 \\ 0.\ 026 \\ 0.\ 017 \\ \end{array}$	Yb 0. 469 0. 3 0. 166 1. 081 0. 5 0. 17 0. 168 0. 642 0. 11 0. 15 0. 095	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08 0. 022 0. 025 0. 095 0. 018 0. 024 0. 019	ΣREE 89. 35 25. 65 27. 25 117. 95 65. 05 8. 81 64. 56 79 15. 43 36. 06 17. 34	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73 62.39 73.75 14.55 34.23 16.4	ΣHREE 4.3 1.94 1.59 8.65 4.12 1.09 2.17 5.25 0.88 1.84 0.94	L/H 19.8 12.2 16.13 12.63 15.19 7.11 28.8 14.04 16.63 18.64 17.5	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94 78.98 18.31 47.91 24.07 29.86	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.94 \\ 0.94 \\ 0.44 \\ 0.45 \\ 0.63 \\ 0.68 \\ 0.55 \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 C6 D111 H7	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型 220-3 350-17 180-15 220-15 400-13 300-11 180-11	 岩性 硅化蚀变 岩型矿石 が石平均 石英脉型 金矿石 	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241 0. 224 0. 694 0. 12 0. 182 0. 123 0. 166	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175 0. 08 0. 031 0. 027 0. 1 0. 018 0. 026 0. 017 0. 021	Yb 0. 469 0. 3 0. 166 1. 081 0. 5 0. 17 0. 168 0. 642 0. 11 0. 15 0. 095 0. 118	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08 0. 022 0. 025 0. 025 0. 095 0. 018 0. 024 0. 019 0. 026	$\frac{\Sigma_{REE}}{89.35}$ 25.65 27.25 117.95 65.05 8.81 64.56 79 15.43 36.06 17.34 29.48	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73 62.39 73.75 14.55 34.23 16.4 28.1	ΣHREE 4.3 1.94 1.59 8.65 4.12 1.09 2.17 5.25 0.88 1.84 0.94 1.38	L/ H 19. 8 12. 2 16. 13 12. 63 15. 19 7. 11 28. 8 14. 04 16. 63 18. 64 17. 5 20. 41	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94 78.98 18.31 47.91 24.07 29.86 44.49	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.49 \\ 0.94 \\ 0.44 \\ 0.45 \\ 0.63 \\ 0.68 \\ 0.55 \\ 0.58 \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 Q2 V1 V4 V5 C6 D111 H7 X7	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型 220-3 350-17 180-15 220-15 400-13 300-11 180-11 180-11 116 矿带	 岩性 硅化蚀变 岩型矿石 矿石平均 石英脉型 金矿石 	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241 0. 224 0. 694 0. 12 0. 182 0. 123 0. 166 0. 178	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175 0. 08 0. 031 0. 027 0. 1 0. 018 0. 026 0. 017 0. 021 0. 028	Yb 0. 469 0. 3 0. 166 1. 081 0. 5 0. 17 0. 168 0. 642 0. 11 0. 15 0. 095 0. 118 0. 169	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08 0. 022 0. 025 0. 095 0. 018 0. 024 0. 019 0. 026 0. 029	ΣREE 89. 35 25. 65 27. 25 117. 95 65. 05 8. 81 64. 56 79 15. 43 36. 06 17. 34 29. 48 8. 1	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73 62.39 73.75 14.55 34.23 16.4 28.1 7.14	$\begin{array}{c} \Sigma {\rm H} {\rm REE} \\ 4.3 \\ 1.94 \\ 1.59 \\ 8.65 \\ 4.12 \\ 1.09 \\ 2.17 \\ 5.25 \\ 0.88 \\ 1.84 \\ 0.94 \\ 1.38 \\ 0.96 \\ \end{array}$	L/ H 19. 8 12. 2 16. 13 12. 63 15. 19 7. 11 28. 8 14. 04 16. 63 18. 64 17. 5 20. 41 7. 43	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94 78.98 18.31 47.91 24.07 29.86 44.49 8.26	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.49 \\ 0.94 \\ 0.44 \\ 0.45 \\ 0.63 \\ 0.68 \\ 0.55 \\ 0.58 \\ 0.69 \\ \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 Q2 V1 V4 V5 C6 D111 H7 X7	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型(220-3 350-17 180-15 220-15 400-13 300-11 180-11 180-11 116 矿带 英脉型金矿	岩性 硅化蚀变 岩型矿石 が石平均 石英脉型 金矿石	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241 0. 224 0. 694 0. 12 0. 182 0. 123 0. 166 0. 178 0. 24	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175 0. 08 0. 031 0. 027 0. 1 0. 018 0. 026 0. 017 0. 021 0. 028 0. 03	Yb 0. 469 0. 3 0. 166 1. 081 0. 5 0. 17 0. 168 0. 642 0. 11 0. 15 0. 095 0. 118 0. 169	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08 0. 022 0. 025 0. 095 0. 018 0. 024 0. 019 0. 026 0. 029 0. 03	ΣREE 89. 35 25. 65 27. 25 117. 95 65. 05 8. 81 64. 56 79 15. 43 36. 06 17. 34 29. 48 8. 1 32. 35	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73 62.39 73.75 14.55 34.23 16.4 28.1 7.14 30.54	ΣHREE 4.3 1.94 1.59 8.65 4.12 1.09 2.17 5.25 0.88 1.84 0.94 1.38 0.96 1.81	L/ H 19. 8 12. 2 16. 13 12. 63 15. 19 7. 11 28. 8 14. 04 16. 63 18. 64 17. 5 20. 41 7. 43 16. 32	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94 78.98 18.31 47.91 24.07 29.86 44.49 8.26 32.35	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.49 \\ 0.94 \\ 0.44 \\ 0.45 \\ 0.63 \\ 0.68 \\ 0.55 \\ 0.58 \\ 0.69 \\ \hline 0.62 \\ \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 位4 Q2 V1 V4 V5 C6 D111 H7 X7 在 Q3	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型{ 220-3 350-17 180-15 220-15 400-13 300-11 180-11 116 矿带 支脉型金矿 220-5	岩性 硅化蚀变 岩型矿石 近石平均 石平均 石平均	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241 0. 224 0. 694 0. 12 0. 182 0. 123 0. 166 0. 178 0. 24 0. 186	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175 0. 08 0. 031 0. 027 0. 1 0. 018 0. 026 0. 017 0. 021 0. 028 0. 03 0. 024	Yb 0. 469 0. 3 0. 166 1. 081 0. 5 0. 17 0. 168 0. 642 0. 11 0. 15 0. 095 0. 118 0. 169 0. 2 0. 143	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08 0. 022 0. 025 0. 095 0. 018 0. 024 0. 019 0. 026 0. 029 0. 03 0. 025	ΣREE 89. 35 25. 65 27. 25 117. 95 65. 05 8. 81 64. 56 79 15. 43 36. 06 17. 34 29. 48 8. 1 32. 35 8. 99	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73 62.39 73.75 14.55 34.23 16.4 28.1 7.14 30.54 8.02	ΣHREE 4.3 1.94 1.59 8.65 4.12 1.09 2.17 5.25 0.88 1.84 0.94 1.38 0.96 1.81 0.97	L/ H 19. 8 12. 2 16. 13 12. 63 15. 19 7. 11 28. 8 14. 04 16. 63 18. 64 17. 5 20. 41 7. 43 16. 32 8. 29	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94 78.98 18.31 47.91 24.07 29.86 44.49 8.26 32.35 9.44	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.49 \\ 0.94 \\ 0.44 \\ 0.45 \\ 0.63 \\ 0.63 \\ 0.68 \\ 0.55 \\ 0.58 \\ 0.69 \\ 0.62 \\ 0.9 \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 位4 Q2 V1 V4 V5 C6 D111 H7 X7 Q3 Q11	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型 220-3 350-17 180-15 220-15 400-13 300-11 180-11 116 矿带 支脉型金矿 220-5 220-25	岩性 硅化蚀变 岩型矿石 近石平均 石平均 石平均	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241 0. 224 0. 694 0. 12 0. 123 0. 166 0. 178 0. 24 0. 186 0. 469	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175 0. 08 0. 031 0. 027 0. 1 0. 018 0. 026 0. 017 0. 021 0. 028 0. 03 0. 024 0. 082	Yb 0. 469 0. 3 0. 166 1. 081 0. 5 0. 17 0. 168 0. 642 0. 11 0. 15 0. 095 0. 118 0. 169 0. 2 0. 143 0. 531	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08 0. 022 0. 025 0. 095 0. 018 0. 024 0. 019 0. 026 0. 029 0. 03 0. 025 0. 076	ΣREE 89. 35 25. 65 27. 25 117. 95 65. 05 8. 81 64. 56 79 15. 43 36. 06 17. 34 29. 48 8. 1 32. 35 8. 99 13. 31	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73 62.39 73.75 14.55 34.23 16.4 28.1 7.14 30.54 8.02 10.86	$\begin{array}{c} \Sigma {\rm H} {\rm REE} \\ 4.3 \\ 1.94 \\ 1.59 \\ 8.65 \\ 4.12 \\ 1.09 \\ 2.17 \\ 5.25 \\ 0.88 \\ 1.84 \\ 0.94 \\ 1.38 \\ 0.96 \\ 1.81 \\ 0.97 \\ 2.45 \\ \end{array}$	L/ H 19. 8 12. 2 16. 13 12. 63 15. 19 7. 11 28. 8 14. 04 16. 63 18. 64 17. 5 20. 41 7. 43 16. 32 8. 29 4. 43	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94 78.98 18.31 47.91 24.07 29.86 44.49 8.26 32.35 9.44 3.14	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.49 \\ 0.94 \\ 0.44 \\ 0.45 \\ 0.63 \\ 0.63 \\ 0.68 \\ 0.55 \\ 0.58 \\ 0.69 \\ 0.62 \\ 0.9 \\ 0.66 \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 Q2 V1 V4 V5 C6 D111 H7 X7 Q3 Q11 Q12	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型 220-3 350-17 180-15 220-15 400-13 300-11 180-11 116 矿带 5英脉型金矿 220-5 220-25 220-25 220-27	岩性 硅化蚀变 岩型矿石 が石平均 石平均 五平均 支鉄石	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241 0. 224 0. 694 0. 12 0. 182 0. 123 0. 166 0. 178 0. 24 0. 186 0. 469 0. 155	T m 0. 071 0. 05 0. 027 0. 175 0. 08 0. 031 0. 027 0. 1 0. 018 0. 026 0. 017 0. 021 0. 028 0. 03 0. 024 0. 082 0. 021	Yb 0. 469 0. 3 0. 166 1. 081 0. 5 0. 17 0. 168 0. 642 0. 11 0. 15 0. 095 0. 118 0. 169 0. 2 0. 143 0. 531 0. 118	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08 0. 022 0. 025 0. 095 0. 018 0. 024 0. 019 0. 026 0. 029 0. 03 0. 025 0. 076 0. 018	$\frac{\sum \text{REE}}{89.35}$ 25.65 27.25 117.95 65.05 8.81 64.56 79 15.43 36.06 17.34 29.48 8.1 32.35 8.99 13.31 11.25	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73 62.39 73.75 14.55 34.23 16.4 28.1 7.14 30.54 8.02 10.86 10.41	$\begin{array}{c} \Sigma \mathrm{H} \mathrm{R} \mathrm{E} \mathrm{E} \\ 4.3 \\ 1.94 \\ 1.59 \\ 8.65 \\ 4.12 \\ 1.09 \\ 2.17 \\ 5.25 \\ 0.88 \\ 1.84 \\ 0.94 \\ 1.38 \\ 0.96 \\ 1.81 \\ 0.97 \\ 2.45 \\ 0.83 \\ \end{array}$	L/ H 19. 8 12. 2 16. 13 12. 63 15. 19 7. 11 28. 8 14. 04 16. 63 18. 64 17. 5 20. 41 7. 43 16. 32 8. 29 4. 43 12. 53	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94 78.98 18.31 47.91 24.07 29.86 44.49 8.26 32.35 9.44 3.14 12.59	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.49 \\ 0.94 \\ 0.44 \\ 0.45 \\ 0.63 \\ 0.63 \\ 0.68 \\ 0.55 \\ 0.58 \\ 0.69 \\ 0.62 \\ 0.9 \\ 0.66 \\ 0.58 \end{array}$
样号 Q9 Q10 V2 C8 Q2 V1 V4 V5 C6 D111 H7 X7 Q3 Q111 Q12 致1	采样位置 220-19 220-23 300-15 400-13 化蚀变岩型 220-3 350-17 180-15 220-15 400-13 300-11 180-11 116 矿带 至灰脉型金矿 220-25 220-27 密块状黄铁	岩性 硅化蚀变 岩 千石平均 石平均 石平均 丁石平均 丁石平均 丁石平均	Er 0. 614 0. 359 0. 223 1. 171 0. 59 0. 241 0. 224 0. 694 0. 12 0. 182 0. 123 0. 166 0. 178 0. 24 0. 186 0. 469 0. 155 0. 27	$\begin{array}{c} T \ m \\ 0. \ 071 \\ 0. \ 05 \\ 0. \ 027 \\ 0. \ 175 \\ \hline 0. \ 08 \\ 0. \ 031 \\ 0. \ 027 \\ 0. \ 1 \\ 0. \ 027 \\ 0. \ 1 \\ 0. \ 018 \\ 0. \ 026 \\ 0. \ 017 \\ 0. \ 021 \\ 0. \ 021 \\ 0. \ 024 \\ \hline 0. \ 082 \\ 0. \ 021 \\ 0. \ 021 \\ 0. \ 04 \\ \end{array}$	Yb 0. 469 0. 3 0. 166 1. 081 0. 5 0. 17 0. 168 0. 642 0. 11 0. 15 0. 95 0. 118 0. 2 0. 143 0. 531 0. 118 0. 26	Lu 0. 076 0. 048 0. 025 0. 157 0. 08 0. 022 0. 025 0. 095 0. 018 0. 024 0. 019 0. 026 0. 029 0. 03 0. 025 0. 076 0. 018 0. 018 0. 04	$\begin{array}{c} \Sigma_{\rm REE} \\ 89. 35 \\ 25. 65 \\ 27. 25 \\ 117. 95 \\ 65. 05 \\ 8. 81 \\ 64. 56 \\ 79 \\ 15. 43 \\ 36. 06 \\ 17. 34 \\ 29. 48 \\ 8. 1 \\ 32. 35 \\ 8. 99 \\ 13. 31 \\ 11. 25 \\ 11. 18 \end{array}$	ΣLREE 85.06 23.7 25.66 109.29 60.93 7.73 62.39 73.75 14.55 34.23 16.4 28.1 7.14 30.54 8.02 10.86 10.41 9.76	$\begin{array}{c} \Sigma \mathrm{H} \mathrm{R} \mathrm{E} \mathrm{E} \\ 4.3 \\ 1.94 \\ 1.59 \\ 8.65 \\ 4.12 \\ 1.09 \\ 2.17 \\ 5.25 \\ 0.88 \\ 1.84 \\ 0.94 \\ 1.38 \\ 0.96 \\ 1.81 \\ 0.97 \\ 2.45 \\ 0.83 \\ 1.42 \\ \end{array}$	L/ H 19. 8 12. 2 16. 13 12. 63 15. 19 7. 11 28. 8 14. 04 16. 63 18. 64 17. 5 20. 41 7. 43 16. 32 8. 29 4. 43 12. 53 8. 42	(La/Yb) _N 36 14.47 32.09 16.97 24.88 6.94 78.98 18.31 47.91 24.07 29.86 44.49 8.26 32.35 9.44 3.14 12.59 8.39	$\begin{array}{c} \delta(Eu) \\ 0.51 \\ 0.5 \\ 0.47 \\ 0.47 \\ 0.49 \\ 0.94 \\ 0.44 \\ 0.45 \\ 0.63 \\ 0.68 \\ 0.55 \\ 0.58 \\ 0.69 \\ \hline 0.62 \\ 0.9 \\ 0.66 \\ 0.58 \\ 0.71 \\ \end{array}$

注:样品由中南大学地质研究所 ICP-MS 实验室测试。

(2) 蚀变岩型矿石和石英脉型矿石相对致密块状黄 铁矿石具有较为相似的稀土特征,反映这两种类型 矿石是在相似的成矿作用和环境下形成的。从成矿 地质条件分析,石湖金矿床的产出严格受构造断裂 破碎带控制,当断裂活动作用较弱时易在断裂带中 形成断裂蚀变岩,经含矿热液充填便形成硅化蚀变 岩型矿体,而当断裂活动较强烈时,由于硅化作用较 强,进而形成石英脉型矿体^[6],因此蚀变岩型矿石和 石英脉型的稀土特征既具相似性,又表现出一定的

差异性。致密块状黄铁矿石稀土特征则明显不同于 其他两种矿石类型,反映了多阶段金属硫化物叠加 改造富集成矿的特点,且在矿化富集的过程中,稀土 元素往外迁移,从而使稀土总量变得很低。

3.3 稳定同位素特征

硫、铅同位素组成如表 4 和表 5。

(1) 24 件样品硫同位素变化范围较窄, δ(³⁴ S) 变
化于-2.15×10⁻³~+5.037×10⁻³之间, 平均值
+2.14×10⁻³, 极差 7.187×10⁻³, 标准差为 6×10⁻³,



图 3 矿石稀土配分模式图 Fig. 3 REE pattern of ore

离散程度较小。 $\delta({}^{34}S)$ 富集顺序具有黄铁矿> 闪锌 矿> 黄铜矿> 方铅矿的演化趋势, 表明在热液体系 中硫同位素反应基本达到了平衡。黄铁矿 $\delta({}^{34}S)$ 变 化范围很小, 17 件样品 $\delta({}^{34}S)$ 变化于+ 1. 688 × 10^{-3} ~ + 5.037 × 10^{-3} 之间, 平均值+ 2. 37 × 10^{-3} , 相对与陨石硫来说, 略富 $\delta({}^{34}S)$, 属正向偏离。其他 如方铅矿、闪锌矿、黄铜矿样品数量较少, 在矿区硫 同位素组成的塔式图中(图 4), 数据分布集中, 具明



图 4 石湖金矿区硫同位素组成直方图

Fig. 4 Frequency histogram of sulfur isotope of Shihu gold deposit

1. 黄铁矿 2. 闪锌矿 3. 方铅矿 4. 黄铜矿

显的塔型,说明矿区硫同位素组成具有相 当的均一性,结合麻棚岩体为 I 型壳幔重 熔型的成因特征,矿石硫的来源应来自深 部地幔,这与燕山期麻棚岩体的侵入活动 有关,由此也反映了成矿流体主要来源于 岩浆热液。

(2)前人^[3,6]对石湖金矿的铅同位素 作过一些研究工作,本次在井下101矿带 520m,400m和180m中段采集了3件矿 石样品进行测试,同前人测试结果一同列 于表5,将测试数据投影到全球铅构造演 化模式图解(图5)。据表5和图5分析, 矿物方铅矿、黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿以及 绢英岩、绿泥石岩等落点较分散,但总体 位于下地壳与地幔铅同位素组成范围内 或其附近。牛树银^[6]5个金矿石样品的平 均值恰位于地幔线上,本文测试的3个数 据分布集中,位于地幔与下地壳铅同位素

组成之间。因此,石湖金矿床铅同位素组成总体反 映矿床铅的来源具有深源(地幔源或壳幔混合源)的 特征,与硫源特征基本一致。

表 4 石湖金矿硫同位素组成 Table 4 Composition of sulfur isotope in Shihu gold deposit

样号	采样位置	测定 矿物	δ(³⁴ S) / 10 ^{- 3}	资料 来源
R1	101-4矿体 480 中段 2 线	黄铁矿	+ 2.21	
R2	1014 矿休 300 中段 0-1 线	苦牲矿	± 2.20	

1(1		奥いる	T 4.41	
R2	101-4 矿体 300 中段 0-1 线	黄铁矿	+ 2.20	
R3	101-2 矿体 260 中段 17 线	黄铁矿	+ 2.36	本文
R4	101-4 矿体 220 中段 27 线	黄铁矿	+ 2.36	
R5	101-4矿体 220 中段 7 线	方铅矿	- 2.15	
SZK50-7	多金属硫化物石英脉	黄铁矿	1.688	
SZK50-6	多金属硫化物石英脉	黄铜矿	0.947	
SYD_2Q-3	碳酸盐化石英脉	闪锌矿	2.759	
B116 – F	含硫化物石英脉	黄铁矿	2.479	
$YD_{\Gamma}F$	多金属硫化物石英脉	黄铁矿	2.751	
YD _T P	多金属硫化物石英脉	闪锌矿	0.915	
SYD ₃ Q-3-Z	含硫化物石英脉	闪锌矿	4.014	杨殿范
SY D3 Q- 3-P	含硫化物石英脉	黄铁矿	2.179	等[3]
TYD22-1	含硫化物石英脉	黄铁矿	2.352	
SZK33-3	黄铁多金属硫化物石英脉	方铅矿	1.581	
SZK 33-3-1	黄铁多金属硫化物石英脉	黄铁矿	2.464	
SZK49	黄铁矿石英脉	黄铁矿	5.037	
SYD_2Q-4	黄铁矿绿泥石岩	黄铁矿	2.113	
B-116 I-P	含硫化物石英脉	闪锌矿	3.049	
SZK13-3	黄铁绢英岩	黄铁矿	1.7	
$SYDd_1$	多金属硫化物石英脉	黄铁矿	2.4	出场
SYD2-3	黄铁矿绿泥石岩	黄铁矿	2.0	1生 祀 今[14]
T d 1-4	黄铁矿石英脉	黄铁矿	2.1	
Gd1-11	黄铁矿石英脉	黄铁矿	1.9	

注:本文样品由国土资源部中南矿产资源监督检测中心测试; 检测仪器:气体质谱计;检测温度:20℃;检测湿度:30%。

表 5 石湖金矿床铅同位素组成

Fable 5	Composition	of lead	isotope i	n Shihu	gold (deposit
and J	Composition	or reau	1SULUDU I	n Sinnu	goiu	ucposit

			· ·	-	
样号	矿物、岩石名称	Pb^{206}/Pb^{204}	${\rm Pb}^{207}$ / ${\rm Pb}^{204}$	Pb^{208}/Pb^{204}	资料来源
K17	金矿石	16. 738	15.341	37. 531	
K42	金矿石	16.658	15.315	37.492	本文
K100	金矿石	16.669	15.345	37.484	
SZK4-9	绢英岩	16. 2934	15.137	38.8777	
$Y D_{\Gamma} P$	方铅矿	16. 337	15.332	37.4378	
Y D 🖵 1	黄铁矿	17.2331	15.3164	36.6014	
YD _Γ 2	闪锌矿	16. 1784	15.1387	36.8431	
SZK 50-3	黄铜矿	16. 1328	15.1407	36.8614	
SYD ₂ Q-3	闪锌矿	18.0999	15. 5352	37.7236	がの供えらし、う
SZK3-1	闪锌矿	16.9579	15.3301	37.4919	
SZK 25-1	黄铁矿	16. 162	15.1342	36. 8252	
SYD ₂ Q-4	黄铁矿	16. 5247	15.329	37.4402	
SZK19-8	绿泥石岩	16.4204	15. 2981	57.4346	
5 个样平均	金矿石	16.34	15.344	37.47	牛树银 ^{6]}

注:本文样品由中南大学地质研究所 IC P-MS 实验室测试。



1. 杨殿范数据 2. 牛树银数据平均值 3. 本文数据

4 结论

通过野外观察和室内研究获得以下认识:

(1)金矿赋矿层位为阜平群团泊口组。成矿与麻棚岩体时空关系密切,成矿时代在晚侏罗世-早白垩世。近 SN 向断裂大多是矿区的导矿、容矿构造。

(2) 对矿石的的微量元素、稀土元素地球化学特 征进行了系统的研究,揭示了微量元素和稀土元素在 成岩、成矿过程中所反映的地球化学行为特征,表明 成矿物质主要来源于矿源层(阜平群团泊口组)。硫、 铅同位素分析显示硫、铅来源于地幔。

参考文献:

- [1] 张亚雄,陈松岭,彭省临,等.河北灵寿县土岭一石湖金矿田控 矿构造研究[J].大地构造与成矿学,1996,20(1):71-80.
- [2] 陈国达. 中国成矿大地构造图(1:400万)[M]. 长沙: 中南工 业大学出版社, 1999.
- [3] 杨殿范,李高山,贾克实,等.太行山区土岭、石湖金矿床成矿
 条件及成因探讨[J].长春地质学院学报,1991,21(1):47-53.
- [4] 杨殿范,李高山,贾克实.河北石湖金矿区控矿构造特征与成 矿预测[J].河北地质学院学报,1992,15(5):516-520.
- [5] 喻学惠, 任建业, 张俊霞. 太行山中段铜-金成矿条件及找矿方向[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [6] 牛树银,李红阳,孙爱群,等. 幔枝构造理论与找矿实践[M].北京:地震出版社,2002.
- [7] Shuyin Niu, Aiqun Sun, Huabin Hu, et al. The formation of a mantle-branch structure in western Shandong and its constraints on gold mineralization [C]. Proceedings of the Eighth biennial SGA meeting, Beijing, 2005: 37-39.
- [8] 刘占坡,高祥林,黎益仕.太行山重力梯级带的密度结构及其 地质解释[J].地震地质,2003,25(2):266-273.
- [9] 陈锦荣.太行山北段土岭一石湖金矿床地质特征及成因 [J]. 黄金地质科技, 1993, (4): 10-16.
- [10] 杨殿范,刘荣访,李高山,等.太行山区土岭、石湖金矿区地球化学及其找矿标志[J].吉林地质,1991,(4):70-78.
- [11] 韩进朝.河北省土岭一石湖金矿区构造控制条件分析[J].黄金,1997,18(8):710.
- [12] 陈锦荣.河北省唐县大石峪及外围金矿床地质特征及其成因[J].黄金地质科技,1992,34(4):21-26.
- [13] Boynton W V. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies[J]. Dev. Geochem, 1984, 2: 63-114.
- [14] 崔艳合. 土岭一石湖金矿床中黄铁矿的成分特征及其找矿意 义[J]. 岩石矿物学杂志, 1993, 12(4): 371-381.

(下转第329页)

75.

- [3] 张其春,孙传敏. 矿物材料精细加工工程学[M]. 四川:四川科 学技术出版社, 1998: 169-172.
- [4] 漆宗能,尚文字.聚合物/层状硅酸盐纳米复合材料理论与实践[M].北京:化学工业出版社,2002:2-16.
- [5] 刘阳, 汪永清, 陈虎. 膨润土的改性方法及其应用 [J]. 中国陶

瓷工业, 2001, 8(2): 39-42

- [6] 宋功保,彭同江,董发勤,等. 海泡石的红外光谱研究[J].矿物
 学报,1998,12(4):525-531.
- [7] 冯波,章永化.蒙脱石-有机化合物的相互作用[J].化学通报,2002,(7):440-444.

THE STUDY ON MECHANICAL AND CHEMICAL MODIFICATION AND ADSORPTION OF SEPIOLITE SU Xiao Ii¹, XIA Guang-hua¹, SANG Xue fang^{1,2}

(1. School of Material Science and Engineering, Jingdezhen Ceramic Institute, Jing dezhen 333001, Jiang xi, China;
2. Environment and Resource College, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510016, China)

Abstract: Organic sepiolite was prepared from raw sepiolite by using cetyltrimethylammonium bromide (CTMAB) as mechanochemical organical modification agent. The optimal process conditions and basic structure of organic sepiolite were investigated by orthogonal technique and IR. In addition, its absorption property was also evaluated.

Key Words: mechanochemical modification; organic sepiolite clay; sbsorption property

(上接第 297 页)

RESEARCH ON THE GEOLOGICAL-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SHIHU GOLD DEPOSIT, WESTERN HEBEI PROVINCE

YOU Xian-jun, XI Chao-zhuang, DAI Ta-gen, LIU Wei

(School of geosciences and environmental engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Based on mine geology, ore trace elements geochemistry, rare earth elements geochemistry and stable isotopes in the Shihu gold deposit, it is concluded that gold ore-bearing horizon is Tuanpokou Formation of Archean Fuping Group. Analysis of sulfur and lead isotopes shows that sulfur and lead are derived from the mantle and the research suggests that the ore-forming materials of Shihu gold deposit are derived from the source bed.

Key Words: Shihu gold deposit; trace element; rare earth element; geochemical characteristics; Hebei province