

青海德合龙洼金铜矿床地质地球化学特征

傅晓明¹, 息朝庄²

(1. 中南大学 地学与环境工程学院, 长沙 410083;

2. 湖南有色金属控股集团, 长沙 410015)

摘要: 通过对青海德合龙洼金铜矿床矿石稀土元素、微量元素、铅硫同位素地球化学特征的研究, 稀土总量(ΣREE)为 $14.22 \times 10^{-6} \sim 176.54 \times 10^{-6}$; LREE/HREE 为 $2.37 \sim 12.19$, 轻稀土富集, 重稀土亏损, 大部分具有正铈异常; 微量元素中 Ba, Sr, Ti 亏损, 低场强元素含量较低, 高场强元素 Sc, Th, U, Zr, Hf, Nb, Ta 中, Zr 的质量分数最高, 亲铁元素中 V 强烈富集; 硫同位素 $\delta(^{34}\text{S}) = +2.2 \times 10^{-3} \sim +7.0 \times 10^{-3}$, 平均值为 $+4.98 \times 10^{-3}$, 均一化程度较高; 铅同位素的数据点主要分布于上地壳铅和造山带铅之间; 认为德合龙洼金矿的成矿物质来源主要为壳幔混合源。

关键词: 德合龙洼金铜矿; 微量元素; 稀土元素; 地球化学特征; 青海省

中图分类号: P613; P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2010)02-0124-05

0 引言

青海德合龙洼金铜矿位于青藏高原北东端的同仁县东部, 大地构造位置属于松藩—甘孜褶皱系, 处于秦祁昆成矿带交汇部位的西秦岭成矿区。近年来, 对于秦祁昆结合部的地质研究取得了许多重要的研究成果。目前倾向于认为秦祁昆结合部是一个具有复杂洋陆演化历史的复合型造山带^[1-5]。

本文在前人研究成果的基础上, 重点对矿区矿石进行地球化学研究, 确定矿床成矿物质来源, 为矿床进一步研究工作提供依据。

1 区域地质概况

1.1 地层

区域出露地层为下二叠统大关山群上岩组和下三叠统隆务河群下岩组类复理石建造(图1)。

下二叠统大关山群上岩组: 第三岩性段为中细粒长石石英砂岩、泥质板岩夹砂岩, 第四岩性段为中

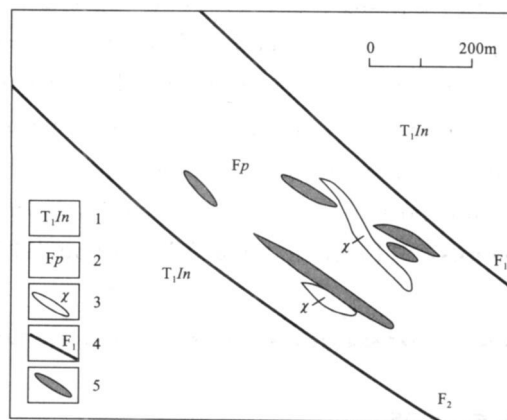


图1 德合龙洼铜金矿矿区略图(据张涛^[6])

Fig. 1 Sketch geological map of Dehelongwa Au-Cu deposit

1. 下三叠统隆务河群 2. 破碎蚀变带

3. 煌斑岩脉 4. 断裂 5. 铜金矿体

厚层硅化大理岩、含砾石英砂岩; 地层走向 NW-SE 向, 倾向 SW, 倾角 $40^\circ \sim 60^\circ$ 。与下三叠统呈断层接触。

下三叠统隆务河群下岩组: 分布于工作区东部和南部, 为一套厚层的泥硅质岩建造, 韵律变化明显, 浊积岩特征清晰, 化石稀少; 地层呈 NW-SE 向

收稿日期: 2009-03-07

基金项目: 国家科技攻关项目(编号 2004BA615-02)、湖南省自然科学基金(编号 07JJ6071) 联合资助。

作者简介: 傅晓明(1963-), 男, 江西高安人, 博士研究生, 1993 年毕业于中南工业大学, 获得硕士学位, 岩石学、矿床学、矿物学专业。

联系人: 息朝庄。E-mail: xczesummmmmmm@126.com.

展布, 倾向 SW, 倾角 $45^{\circ} \sim 55^{\circ}$ 。

1.2 构造

本区位于岗察背斜南翼, 断裂构造极发育。NW 向断裂以 F_1 为代表, F_1 走向长 $> 5\text{ km}$, 走向 NW 向, 倾向 SW, 倾角 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$; 该断裂是本区的控矿构造。NE 向断裂是区域谢坑—阿旦断裂的一部分, 主干断裂呈隐伏状, 次级断裂平行于主干断裂呈不等距分布, 断层两侧地层有明显位移, 东盘北移, 西盘南移, 断距约 $800 \sim 900\text{ m}$, 属平移断层。

1.3 岩浆岩

区域岩浆活动主要表现为强烈的侵入活动, 为印支期造山带 I 型系列花岗岩类, 岩性为闪长岩、花岗闪长岩, 组成岗察岩体的主体。

2 样品测试方法

德合龙洼铜金矿的矿石稀土元素、微量元素及铅、硫同位素测试工作由中国地质科学院地质研究所

实验室与中南大学地质研究所 ICP-MS 实验室完成。

稀土元素和微量元素采用等离子体质谱法 (ICP-MS)。仪器为美国热电公司 PQ EXCELL ICP-MS。分析前, 先进行样品预处理及微量元素和稀土元素富集; 准确称取 0.2000 g 试样于已用超纯水煮沸过及漂洗过的银坩锅中, 加 2 g KOH 和 $0.5\text{ g Na}_2\text{O}_2$ 混匀, 放入低温马弗炉中, 将温度升到 720°C , 保温 20 min 。取出坩锅, 摇匀使熔融物附入坩锅壁上, 冷却放入 125 ml 用硝酸清洗过的烧杯中, 用热水提取, 洗出坩锅, 缓缓加入 HClO_4 , 溶液中出现高氯酸钾沉淀, 直至溶液呈中性或弱酸性。然后将溶液置于低温电热板上加热至近干, 使硅酸盐也脱水。加入 20 ml 超纯水, 加热煮沸, 溶解盐类, 再取下冷却至室温, 用致密滤纸过滤 $3 \sim 5$ 遍。将滤液置于低温电热板上加热至小体积, 然后将溶液转入 100 ml 的新聚丙烯容量瓶中, 用 1% 的 HNO_3 稀释至刻度, 待测^[7]。分析精度大部分优于 5% 。

表 1 德合龙洼矿区矿石稀土元素组成及特征参数

Table 1 REE composition and characteristic pavrameters of ore from Dehelong wa Au-Cu deposit

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
1	8.19	12.4	1.97	7.8	1.63	0.289	1.36	0.201	1.05	0.199	0.589
4	44.2	76.2	8.26	27.3	4.91	0.588	4.35	0.629	3.7	0.714	2.32
12	4.94	9.95	1.27	4.6	1.49	0.159	1.41	0.323	2.27	0.468	1.72
3	1.2	2.75	0.821	4.9	1.14	0.794	0.803	0.121	0.729	0.144	0.373
5	39.9	70.6	8.12	26.2	4.57	0.728	3.9	0.558	2.91	0.561	1.75

样号	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE	HREE	LREE/HREE	(La/Yb) _N	δ(Eu)	δ(Ce)
1	0.079	0.731	0.14	8.84	36.63	32.28	4.35	7.42	7.57	0.58	0.71
4	0.361	2.6	0.406	25.9	176.54	161.46	15.08	10.71	11.49	0.38	0.88
12	0.31	2.53	0.418	19	31.86	22.41	9.45	2.37	1.32	0.33	0.91
3	0.052	0.344	0.05	7.14	14.22	11.61	2.62	4.44	2.36	2.41	0.62
5	0.275	2.05	0.315	22.5	162.44	150.12	12.32	12.19	13.15	0.51	0.88

测试单位: 中国地质科学院地质研究所实验室; 量的单位: $w_B/10^{-6}$

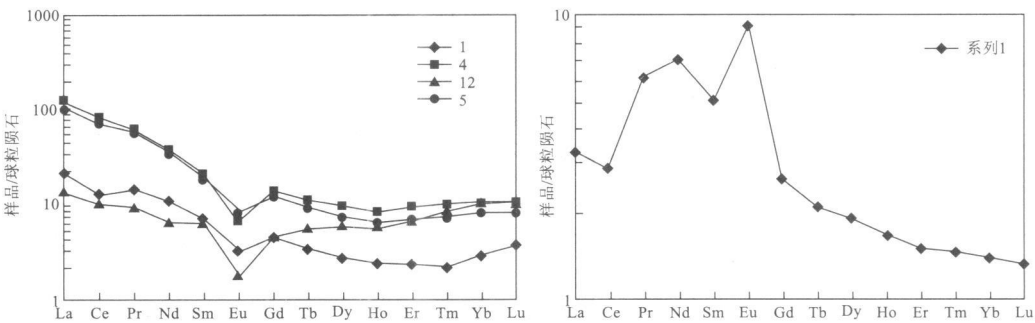


图 2 矿石稀土元素球粒陨石标准化分布型式图^[8]

Fig. 2 Chondrite normalized REE pattern of ore from Dehelongwa Au-Cu deposit

同位素分析。Pb 同位素是由中南大学地质研究所 ICP-MS 实验室测定, S 同位素为中国地质科学院地质研究所同位素室测定。用于 Pb 同位素测试的粉末样品先用 HF+ HNO₃ 溶解, 然后用离子交换柱分离 Pb, 在热离子质谱计 MAT 261 上测定, 测定前及测定过程中用 NBS 981 铅标准校准仪器及监测仪器。全流程 Pb 的空白本底为 10⁻⁹ g, 分析精度优于 0.05%。S 同位素挑选新鲜纯净黄铁矿单矿物样品, 纯度达 99% 以上, 所用质谱计型号为 MAT 251EM, 以 VCDT 为标准, 测试精度为 ±0.2%。

3 地球化学特征

3.1 稀土元素特征

德合龙洼矿区矿石稀土元素组成及特征参数见表 1, 球粒陨石标准化曲线见图 2。从表 1 可看出: 稀土总量 $w(\Sigma\text{REE}) = 14.22 \times 10^{-6} \sim 176.54 \times 10^{-6}$; LREE/HREE= 2.37~ 12.19, 轻稀土富集, 重稀土亏损; (La/Yb)_N= 1.32~ 13.15; $\delta(\text{Eu}) = 0.33 \sim 2.41$, 多数为负铕异常, 3 号样品具有明显的正铕异常, 从标准化图可看出, 在图 2a 中, 矿石稀土元素标准化曲线为明显 V 字型右倾曲线, 但图 2b 的曲线则明显不同, 可见本区矿石稀土元素来源复杂, 具有多来源性。

3.2 微量元素特征

德合龙洼矿区矿石微量元素组成见表 2, 原始地幔标准化蛛网图见图 3。通过对德合龙洼矿区矿石中微量元素的相关矩阵分析(表 3)和矿石微量元素聚类分析谱系图(图 4), 总结出矿石微量元素的特征如下。

表 2 矿石微量元素分析结果

Table 2 Trace element analysis of ore from Dehelongwa Au-Cu deposit																
样号	Li	Be	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Se	Rb	Sr	Zr	Nb	Mo
1	29.9	27.4	3.04	32.1	7.11	179	26.6	15656	1661	21.1	1.83	0.995	13.3	34.4	1.53	17.2
4	64.6	42	4.75	29.8	10.3	4.81	5.48	1927	115	25.4	0.301	210	221	294	66.5	96.6
12	79.9	15.3	2.29	13.7	3.37	0.572	1.76	215	30.2	16.3	0.366	271	81.3	164	69.3	72.7
3	20.2	115	1.91	209	6.37	6.99	20.6	13700	1675	50.4	0.469	13.2	11	33.7	0.631	24.6
5	80.2	14.5	4.98	35.3	10.9	4.44	5.51	2149	70.5	21	0.318	320	203	331	47.4	4639
样号	Cd	In	Sn	Sb	Cs	Ba	Hf	Ta	W	Re	Tl	Pb	Bi	Th	U	Ti
1	35.7	1.73	16.6	11.2	1.76	3.77	1.1	0.107	14.6	0.001	5.64	4.11	3.83	1.47	0.418	502
4	3.34	0.543	28	2.31	27.5	251	9.58	6.05	127	0.009	1.92	17	4.24	29.9	20.8	2306
12	1.8	0.166	9.39	169	23.6	67.4	8.53	9.34	12.3	0.002	1.48	566	1470	21.3	13.9	625
3	50.5	6.35	314	0.582	38.3	9.54	10.1	0.017	1256	0.065	0.034	14.2	17.5	0.948	7.16	300
5	11.8	0.604	10.9	0.375	20.1	545	11.4	4.31	251	0.126	1.65	34.2	8.38	32.5	7.97	1955

测试单位: 中国地质科学院地质研究所实验室; 量的单位: $w_B/10^{-6}$ 。

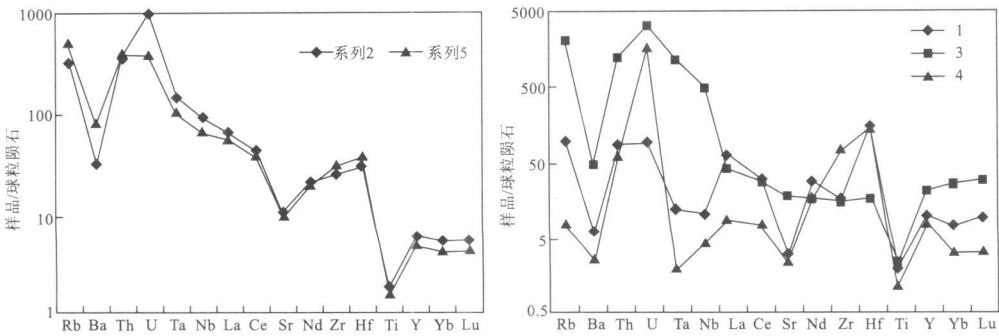


图 3 矿石微量元素标准化蛛网图^[9]

Fig.3 Normalized spider diagram of REE of the ore

表 3 矿石微量元素相关系数矩阵表

Table 3 Matrix of trace element correlation coefficient of the ore

	Li	Be	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Mo	Sn	Sb	W	Pb	Bi
Li	1.00													
Be	- 0.75	1.00												
V	- 0.71	0.97	1.00											
Cr	0.17	- 0.12	- 0.14	1.00										
Co	- 0.52	- 0.18	- 0.20	- 0.08	1.00									
Ni	- 0.93	0.47	0.48	- 0.10	0.76	1.00								
Cu	- 0.96	0.55	0.56	- 0.15	0.70	0.99	1.00							
Zn	- 0.97	0.63	0.64	- 0.23	0.62	0.97	0.99	1.00						
Mo	0.51	- 0.38	- 0.20	0.60	- 0.26	- 0.35	- 0.36	- 0.42	1.00					
Sn	- 0.70	0.98	1.00	- 0.20	- 0.23	0.45	0.54	0.62	- 0.28	1.00				
Sb	0.47	- 0.39	- 0.37	- 0.78	- 0.22	- 0.49	- 0.46	- 0.41	- 0.27	- 0.30	1.00			
W	- 0.61	0.94	0.99	- 0.07	- 0.32	0.37	0.46	0.53	- 0.09	0.98	- 0.37	1.00		
Pb	0.52	- 0.38	- 0.35	- 0.75	- 0.31	- 0.55	- 0.53	- 0.46	- 0.21	- 0.29	1.00	- 0.34	1.00	
Bi	0.49	- 0.36	- 0.34	- 0.77	- 0.28	- 0.52	- 0.49	- 0.43	- 0.24	- 0.27	1.00	- 0.33	1.00	1.00

(1) 从表 2 中可以看出, 微量元素中 $w(\text{Cu})$ 较高, 为 $215 \times 10^{-6} \sim 15\,656 \times 10^{-6}$, 平均值为 $6\,729.4 \times 10^{-6}$, $w(\text{Zn}) = 30.2 \times 10^{-6} \sim 1\,675 \times 10^{-6}$, 平均值为 710.34×10^{-6} 。从原始地幔蛛网(图 3)中可看出, Ba, Sr, Ti 亏损; 低场强元素(LFSE) Cs, Rb, Ba, Sr 的质量分数较低; 高场强元素(HFSE) Sc, Th, U, Zr, Hf, Nb, Ta 中, Zr 的质量分数最高($33.7 \times 10^{-6} \sim 331 \times 10^{-6}$), Nb 和 Th, Sc, U, Hf 的质量分数较低; 亲铁元素(Cr, Co, Ni, V) 中 V 强烈富集, $\text{Co}/\text{Ni} = 0.33 \sim 6.73$, 平均值为 3.27, 除 1 号样为 6.73 外, 其他均 < 1 ; $\text{Nb}/\text{Ta} = 7.4 \sim 37.1$, 平均值为 16.2; $\text{Zr}/\text{Hf} = 3.3 \sim 31.3$, 平均值为 22.7; $\text{Rb}/\text{Sr} = 0.07 \sim 3.33$, 平均值为 1.43; $\text{Sr}/\text{Ba} = 0.37 \sim 3.51$, 平均值为 1.43; $\text{U}/\text{Th} = 0.2 \sim 7.6$, 平均值为 1.9。

(2) 从矿石微量元素相关系数矩阵表(表 3) 中可看出, Cu 与 Be, V, Co, Ni, Zn, Sn, W 等显著相关。

(3) 从矿石微量元素聚类分析谱系图上(图 4) 可看出, 在类距离为 22 的相似水平上, 矿石中微量元素可分成两大组: Sb, Bi, Pb, Li 代表了成矿热液活动中较活动的组分; Cr, Ba, Be, Co, Mo 等代表了成矿热液活动中较惰性的组分。

3.3 硫同位素

本次测定硫同位素数据列在表 4 中, 黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿的 $\delta(^{34}\text{S}) = +2.2 \times 10^{-3} \sim +7.0 \times 10^{-3}$, 平均值为 $+4.98 \times 10^{-3}$, 极差为 $+4.8 \times 10^{-3}$, 标准差为 $+1.8 \times 10^{-3}$, 均一化程度较高。

不同来源的硫具有不同的同位素组成, 一般根据硫源的不同将成矿热液的总硫同位素分为 3 种类型^[10-13]: ① $\delta(^{34}\text{S})$ 值接近于 0, 多认为是地幔源, 或是地壳深部大量物质均一化的结果; ② $\delta(^{34}\text{S})$ 值为较大的正值, 达 $+20 \times 10^{-3}$ 左右, 大多认为来自于海水或沉积地层; ③ $\delta(^{34}\text{S})$ 值介于上述两种类型之间, 为 $+5 \times 10^{-3} \sim +15 \times 10^{-3}$, 硫源为局部围岩或混合源。格里年科(1980)认为, 对于 $\delta(^{34}\text{S})$ 值变化于 $4.00 \times 10^{-3} \sim 10.00 \times 10^{-3}$ 之间的金属硫化物, 其硫源即可能和硫酸盐与岩浆硫的混合作用有关, 也可能是从地壳中吸取了各种成因硫^[14]。根据本区硫同位素组成特点可以推断本区矿石硫的来源应来自混合源。

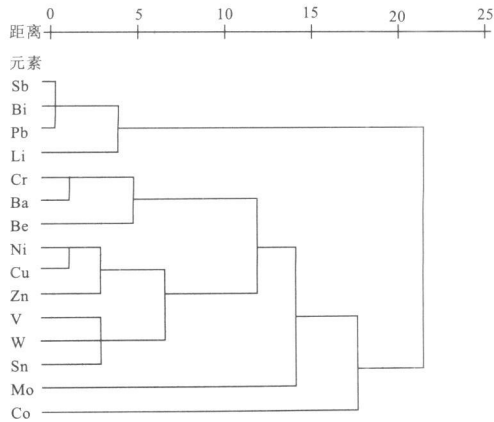


图 4 德合龙洼矿区矿石微量元素相关性 R 型聚类分析谱系图

Fig.4 R-type hierarchical diagram of correlation of trace element of the ore

表 4 德合龙洼矿区硫同位素组成
Table 4 S-isotopic composition

序号	样号	测定矿物	$\delta(^{34}\text{S})/10^{-3}$
1	KQ20082315	黄铜矿	+ 4.5
2	KQ20082317	辉钼矿	+ 6.2
3	KQ20082318	黄铁矿	+ 7.0
4	KQ20082316	黄铜矿	+ 5.0
5	KQ20082314	黄铁矿	+ 2.2

测试单位: 中国地质科学院地质研究所实验室。

3.4 铅同位素

德合龙洼矿区的矿石铅同位素比较接近(表 5), 且都相当稳定, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 18.058~ 18.710, 极差为 0.652; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.581~ 15.641, 极差为 0.060; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 38.191~ 38.531, 极差为 0.340, 数据较集中, 在 Zartman 和 Doe 的铅构造模式演化曲线上^[15], 数据点主要分布于上地壳铅和造山带铅之间(图 5), 应为壳幔来源。

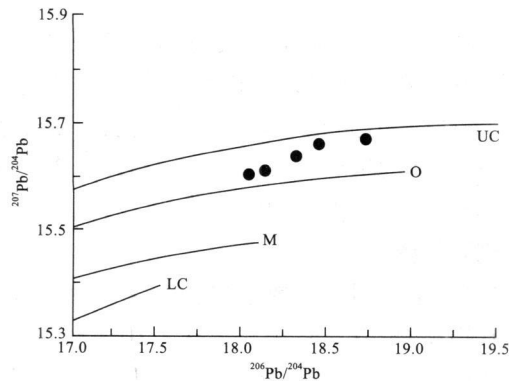


图 5 德合龙洼金矿黄铁矿铅同位素组成

Fig. 5 Pb isotopic composition of pyrite from the deposit
UC. 上地壳铅 O. 造山带铅 M. 地幔铅 LC. 下地壳铅

4 结论

- (1) 稀土总量(ΣREE)为 $14.22 \times 10^{-6} \sim 176.54 \times 10^{-6}$; LREE/HREE 为 2.37~ 12.19, 轻稀土富集, 重稀土亏损, 大部分具有正铈异常。
- (2) 微量元素中 Ba, Sr, Ti 亏损; 低场强元素含量较低, 高场强元素 Sc, Th, U, Zr, Hf, Nb, Ta 中, Zr 的质量分数最高; 亲铁元素中 V 强烈富集。
- (3) 硫同位素 $\delta(^{34}\text{S}) = +2.2 \times 10^{-3} \sim +7.0 \times 10^{-3}$, 平均值为 $+4.98 \times 10^{-3}$, 均一化程度较高; 铅

同位素的数据点主要分布于上地壳铅和造山带铅之间。

(4) 据此认为, 德合龙洼金矿的成矿物质来源主要为壳幔混合源。

参考文献:

[1] 殷鸿福, 张克信. 中央造山带的演化及其特点[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(5): 437-441.

[2] 朱云海, 张克信, Pan Y M, 等. 东昆仑造山带不同蛇绿岩带的厘定及其构造意义[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24(2): 134-138.

[3] Zhang K X, Huang J C, Yin H F, et al. Application of radiolarians and other fossils in non-Smithstrata: Exemplified by the Animaging mélange belt in eastern Kunlun Mountains[J]. Science in China(Series D), 2000, 43(4): 364-374.

[4] 张克信, 朱云海, 殷鸿福, 等. 大地构造相在东昆仑造山带地质填图中的应用[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2004, 29(6): 661-666.

[5] 寇晓虎, 朱云海, 张克信, 等. 青海省同仁地区上二叠统石关组上部火山岩的新发现及其地球化学特征和构造环境意义[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2007, 32(1): 45-58.

[6] 张涛. 青海双朋西—斜长支沟地区金矿成矿地质条件及成矿规律[J]. 西北地质, 2007, 40(3): 62-67.

[7] 龙永珍, 戴塔根, 张起钻. 等离子质谱法测定铝土矿中的稀土元素[J]. 轻金属, 2003, (5): 5-7.

[8] Taylor S R, McLennan S M. The continental crust: Its composition and evolution. Blackwess, Oxford, 1985.

[9] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: implications for mantle composition and processes[C]. In: Saunders A D, Norry M J. Magmatism in ocean basin. Geological Society of London, Special Publication, 1989, 42: 313-345.

[10] Ohmoto H. Systematics of Sulphur and Carbon Isotopes in Hydrothermal Ore Deposits[J]. Econ. Geol., 1972, 67.

[11] Ohmoto H. Geochemistry of Hydrothermal Ore deposits[C]. 2nd edition. H. I Barnes eds, John Wiley, New York, 1979.

[12] Ohmoto H. Stable geochemistry of ore deposits[J]. Rev. Mineral. 1986: 491-559.

[13] Rye R O, Ohmoto H. Sulphur and carbon isotopes and ore genesis. A review[J]. Econ. Geol., 1974, 69: 824-826.

[14] 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1985.

[15] Zartman R E, Doe B R. Plumbotectonics—the Model[J]. Tectonophysics, 1981, 175(1-2): 135-162.

(下转第 140 页)

PETROLOGICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF TIANYU AND BAISHIQUAN MAFIC-ULTRAMAFIC COMPLEXES IN THE MIDDLE TIANSHAN OF XINJIANG

LI Jia-Ping, WANG Li-Jin, REN Wei, ZHU Hai-bin

(Institute of geological and exploration engineering, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: Tianyu and Baishiquan rock bodies are the two important ore-bearing mafic-ultramafic intrusive complexes at Cu-Ni ore belt in the east Xinjiang area. Tianyu complex is dominated by hornblende gabbro, hornblende-clinopyroxene peridotite, olivine pyroxenite and ilmenite, and Baishiquan complex by pyroxene diorite, hornblende gabbro, olivine pyroxenite, pyroxenite gabbro, pyroxene peridotite and troctolite. Tianyu complex is higher than Baishiquan complex in SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O , Na_2O and the later is relatively higher in Fe_2O_3 , MgO . Mineralogically, the two complexes are mainly composed of olivine, pyroxene, plagioclase and Cu-Ni ore is simple, and the metal minerals are basically the same. Composition of the two complexes are similar to the original magma and derived from mantle. They belong to moderate Cu-Ni content mafic rocks.

Key Words: mafic-ultramafic complex; petrological characteristics; mineralogical characteristics; xinjiang

(上接第 128 页)

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF DEHELONGWA GOLD-COPPER DEPOSIT IN QINGHAI

FU Xiaoming¹, XI Chao-zhuang²

(1. School of Geosciences and Environmental Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Hunan Non-ferrous Metals Holding Group Co. Ltd., Changsha 410015, China)

Abstract: Based on geology and geochemical characteristics of ore trace elements, rare earth elements and Pb, S isotopes in Dehelongwa gold-copper deposit, such as (ΣREE) $14.22 \times 10^{-6} \sim 176.54 \times 10^{-6}$; LREE/HREE 2.37~12.19, LREE concentration and HREE depletion and Eu positive anomaly, trace elements Ba, Sr, Ti depletion, low field strength elements, the highest Zr among high field strength elements Sc, Th, U, Zr, Hf, Nb, Ta, the highest concentration of V among siderophile elements, highly homogenized S isotopes ($\delta^{34}\text{S}$) = $+2.2 \times 10^{-3} \sim +7.0 \times 10^{-3}$, the average, $+4.98 \times 10^{-3}$) and falling of S isotopic data between the upper mantle Pb and orogenic belt Pb the authors have reached the conclusion that the Dehelongwa gold-copper deposit derived its ore-forming materials from crust-mantle mixation.

Key Words: Dehelongwa gold-copper deposit; trace element; rare earth element; geochemical characteristics; Qinghai province