

西藏墨竹工卡县邦铺钼(铜)矿床辉钼矿稀土—微量元素特征及对成矿流体性质的指示

王立强¹⁾, 唐菊兴¹⁾, 王登红¹⁾, 罗茂澄²⁾, 陈伟³⁾, 黄凡¹⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037;

2) 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京, 100083;

3) 成都理工大学地球科学学院, 成都, 610059

内容提要:文章以西藏墨竹工卡县邦铺钼(铜)矿床辉钼矿为研究对象,采用高精度电感耦合等离子质谱(ICP-MS)对辉钼矿进行了稀土和微量元素测试。测试结果显示辉钼矿具有轻稀土富集的右倾配分模式,轻重稀土内部分馏明显。辉钼矿稀土元素不同程度地出现铈负异常和铈正异常现象,分析得出其铈负异常可能是继承了成矿流体自身铈亏损的特征,而铈正异常反映出成矿流体该阶段具有较强氧化性的特征。辉钼矿微量元素中Cu、Pb、Zn、W等元素含量较高,表明成矿流体自身富集成矿元素的特征;而高场强元素亏损、Hf/Sm、Nb/La、Th/La比值小于1的特征,反映出成矿流体为富Cl型流体;辉钼矿的Y/Ho、Zr/Hf、Nb/Ta比值变化范围较小,表明主成矿期成矿流体来源相对稳定,基本无外来流体混入。

关键词:辉钼矿;稀土元素;微量元素;成矿流体;邦铺;西藏

邦铺斑岩型钼(铜)矿床位于墨竹工卡县尼玛江热乡境内,距离甲玛铜多金属矿床约30km,该矿床主体以斑岩型钼(铜)成矿为主,但在外围发育有矽卡岩型的铅锌矿(化)体(王立强等,2011)。前人曾就矿床流体包裹体温度、成分及H—O同位素等方面开展过初步研究工作(周雄等,2010),但关于成矿流体的整体研究程度仍不够深入。金属硫化物和部分脉石矿物中蕴含着大量关于矿床流体及其成因的信息。随着地质实验测试技术及其精度地发展,黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、石英、方解石等矿物的微量元素组成已广泛地被用来反映成矿流体的组成、物理化学条件(Ph值、温度及氧化还原性质等)以及追踪元素在矿物和流体之间的分配特性等(彭建堂等,2004;范建国等,2000;李厚民等,2003;胡瑛等,2009;周涛发等,2010;唐永永等,2011;叶霖等,2012;张运强等,2012)。作为邦铺矿床主要矿石矿物,辉钼矿是由成矿流体直接淀积而形成的,辉钼矿稀土和微量元素组成中蕴含着大量成矿流体的信息。因此,本文以辉钼矿稀土和微量元素为研究对象,尝试进一步探讨邦铺钼(铜)矿床成矿流体的来源和性质。

1 矿床地质概况

除第四系外,矿区地层主要出露古近系典中组(E_1d)以及下二叠统洛巴堆组(P_1l)。典中组地层以凝灰岩为主,洛巴堆组地层底部为弱变质火山角砾岩,上部为杂砂岩夹灰岩和大理岩透镜体。矿区构造以近东西向的断层构造为主。矿区岩浆岩发育,主要包括黑云二长花岗岩、二长花岗斑岩、花岗闪长斑岩、石英二长斑岩、闪长玢岩等(图1)。邦铺钼铜矿体主要产于矿区中部二长花岗斑岩体、花岗闪长斑岩体及闪长玢岩体之中,斑(玢)岩体顶板典中组角岩体中亦可见少量矿化。平面上,钼(铜)矿体形态与矿区二长花岗斑岩体及闪长玢岩体出露形态基本一致,全岩矿化,基本连续。辉钼矿、黄铜矿在岩体中主要呈细脉浸染状、细网脉状产出。矿床的围岩蚀变及蚀变分带特征清晰,由岩体中心向上依次可划分为钾硅酸盐化带、黄铁绢英岩化带(局部泥化带)、青磐岩化带,黄铁绢英岩化及粘土化叠加于早期钾硅酸盐化带之上。矿床矿石矿物主要有辉钼矿、黄铜矿,次为斑铜矿、辉铜矿、铜蓝等;脉石矿物种类较多,主要有石英、斜长石、钾长石,次

注:本文为国土资源地质大调查项目(编号1212010012005)、国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(编号2011CB403103)的成果。

收稿日期:2012-04-20;改回日期:2012-07-23;责任编辑:章雨旭。

作者简介:王立强,男,1984年生。中国地质科学院博士研究生。主要从事矿床学及矿床地球化学研究。Email:wlq060301@163.com。

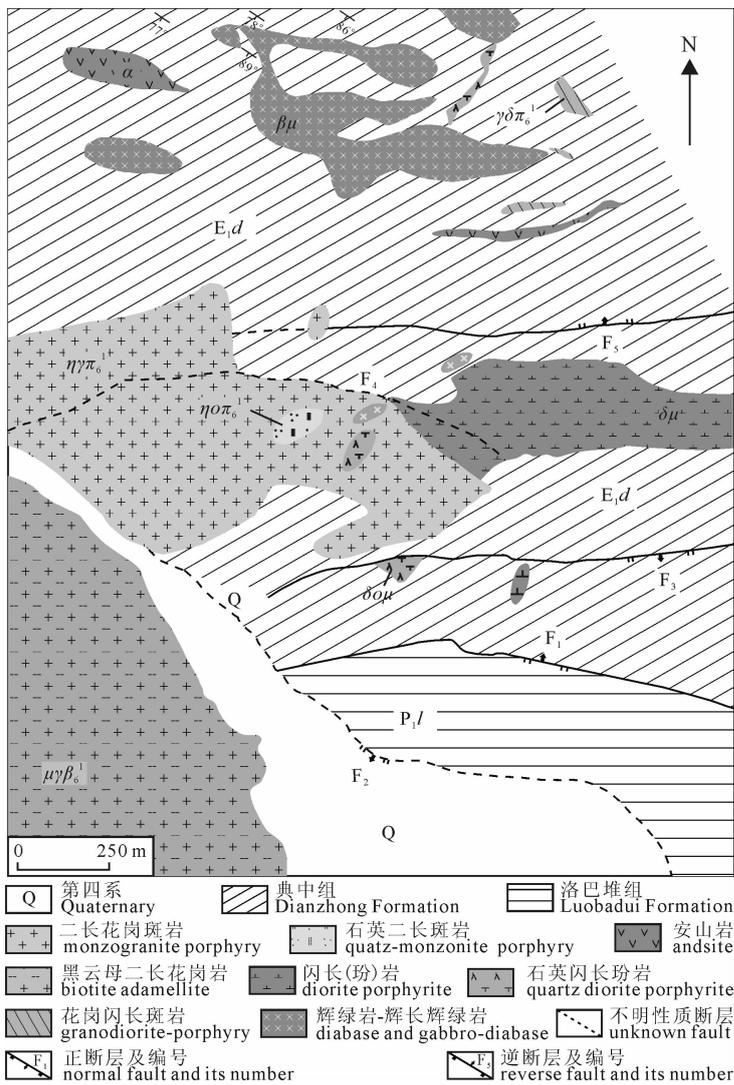


图1 邦铺矿床地质简图(据西藏自治区地勘局地热地质大队修改)

Fig. 1 Simplified geological map of the Bangpu deposit (modified from Team of Geothermy and Geology, Xizang (Tibet) Bureau of Mineral Resource Exploration)

为黑云母、硬石膏、萤石、绿帘石、方解石等。矿石构造主要有细脉状构造、浸染状构造,次为网脉状、团块状、角砾状构造等。

2 样品采集及测试方法

文中用于分析测试的样品均采自于钼矿主矿体,考虑到矿区钼矿体平面延伸距离较长,因此选择样品时尽量照顾到矿体横向上的变化。样品 BPPD7001-1、BPPD7001-2、BPPD7001-5 和 BPPD7001-7 按一定间距采自于平硐 PD7001 不同位置,ZK6404-26.7 和 ZK6808-154.6 采自于钻孔岩芯。赋矿岩石主要为二长花岗斑岩,矿石手标本特征见图2,辉钼矿伴随硅化呈细脉浸染状产出或充填于岩体的裂隙中;辉钼矿粒度相对较大,呈鳞片状、片柱状或放射状集合体(图2)。

将辉钼矿矿石进行破碎,双目镜下挑选出新鲜纯净的辉钼矿单矿物送实验室分析测试。辉钼矿稀土和微量元素测定均在国家地质实验测试中心完成,首先准确称取 15mg

表1 西藏墨竹工卡县邦铺矿床辉钼矿稀土元素含量及其主要特征值($\times 10^{-6}$)

Table 1 Rare earth element concentration ($\times 10^{-6}$) and feature values of the molybdenite in the Bangpu deposit, Maizhokungar, Xizang (Tibet)

样品编号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
BPPD7001-1	4.511	8.889	1.531	6.206	6.459	0.166	0.303	0.124	0.612	0.160	0.201
BPPD7001-2	3.590	7.763	1.376	5.711	5.227	0.172	0.607	0.139	0.651	0.160	0.232
BPPD7001-5	1.146	2.562	0.878	3.551	6.493	0.072	0.156	0.147	0.799	0.262	0.282
BPPD7001-7	3.444	7.516	1.394	5.644	5.097	0.171	0.565	0.122	0.710	0.174	0.192
ZK6804-26.7	1.922	3.807	0.856	3.3450	5.153	0.065	0.124	0.102	0.600	0.224	0.205
ZK6808-154.6	60.850	126.900	15.230	56.730	14.690	2.364	5.291	0.752	3.954	0.803	1.786
样品编号	Tm	Yb	Lu	Y	Σ REE	LREE/HREE	$\frac{La_N}{Yb_N}$	$\frac{La_N}{Sm_N}$	$\frac{Gd_N}{Lu_N}$	δEu	δCe
BPPD7001-1	0.022	0.053	0.002	0.613	29.238	27.762	61.052	0.439	18.810	0.363	0.829
BPPD7001-2	0.019	0.058	0.006	0.845	25.711	23.839	44.398	0.432	12.576	0.295	0.856
BPPD7001-5	0.027	0.031	0.006	0.585	16.412	14.702	26.517	0.111	3.229	0.220	0.626
BPPD7001-7	0.025	0.045	0.008	0.825	25.107	23.266	54.897	0.425	8.781	0.307	0.841
ZK6804-26.7	0.023	0.026	0.003	0.436	16.455	15.148	53.025	0.235	5.154	0.249	0.728
ZK6808-154.6	0.203	1.033	0.112	16.27	290.698	276.764	42.253	2.606	5.873	0.820	1.022

注:球粒陨石标准化数据值据(Sun et al., 1989)

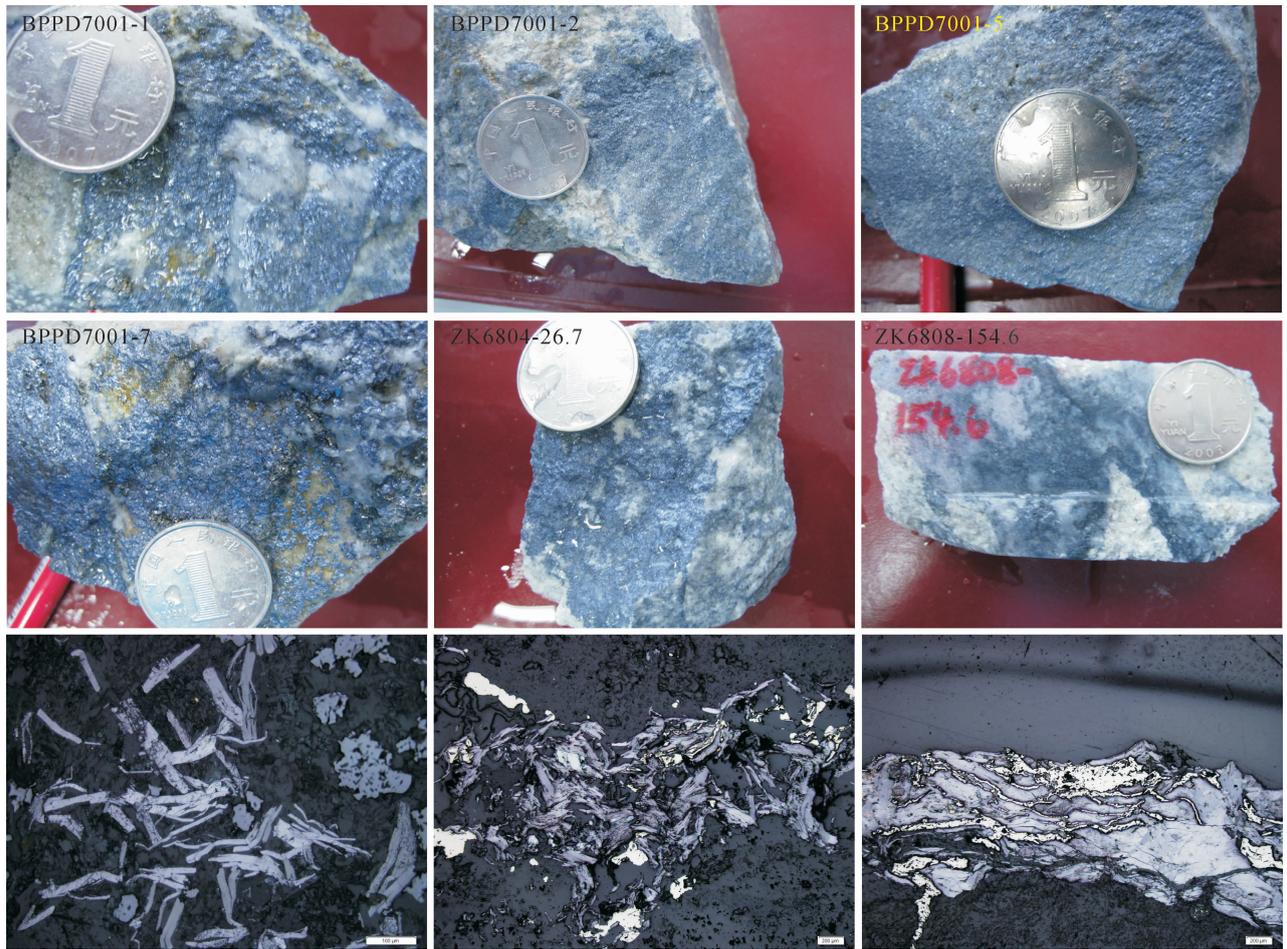


图 2 用于分析测试的样品特征

Fig. 2 Features of the samples using for analysis

辉钼矿盛于 10mL 的 Teflon 六角瓶中,加入 0.5mL 盐酸和 1mL 硝酸并封闭置于烘烤箱中,105℃ 条件下恒温加热 24h,取出后定容至 15mL,采用 X-series ICP-MS 测定稀土和微量元素含量。

3 测试结果及讨论

3.1 稀土元素特征

邦铺钼(铜)矿床辉钼矿的稀土元素测试结果及部分相关特征参数列于表 1,稀土元素配分型式见图 3。

表中数据显示,样品 ZK6808-154.6 较其他 5 件辉钼矿稀土元素总含量高出很多,ΣREE 为 290.698 × 10⁻⁶;轻、重稀土比值较大,LREE/HREE 为 276.764 并且 La_N/Sm_N 值也较大;样品具有弱铈负异常(δEu 为 0.820)基本无铈异常(δCe 为 1.022)。样品 ZK6808-154.6 采自距离现今地表 154.6m 处的钻孔岩心,较平硐和 ZK6804-26.7 样品埋藏更深,

其稀土元素配分曲线与其他几件样品有所区别,更接近于典型中酸性侵入岩的配分模式,

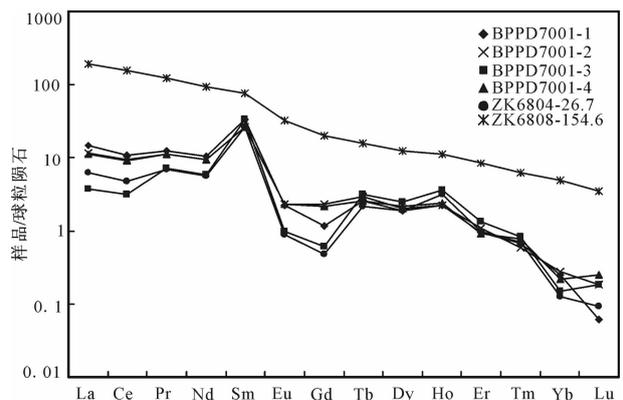


图 3 西藏墨竹工卡县邦铺矿床辉钼矿稀土元素配分模式

Fig. 3 REE patterns for the molybdenites in the Bangpu deposit, Maizhokunggar, Xizang (Tibet)

说明成矿流体与中酸性侵入岩关系密切,且越往深部岩浆热液流体对于成矿的贡献越大。其余5件辉钼矿稀土元素总量整体较低(低于 30×10^{-6});轻、重稀土比值变化范围为 14.702 ~ 27.762, La_N/Yb_N 值变化于 26.517 ~ 61.052 之间,稀土配分曲线整体为右倾的轻稀土富集型(图3);另外,辉钼矿的 La_N/Sm_N 值变化于 0.111 ~ 0.439 之间, Gd_N/Lu_N 变化于 3.229 ~ 18.810 之间,轻、重稀土内部均发生了较为明显的分馏作用。5件辉钼矿样品钕负异常明显, δEu 变化范围为 0.220 ~ 0.363;钕负异常较弱, δCe 变化范围为 0.626 ~ 0.856。

一般而言,矿物的 REE 模式受其晶体结构制约,同时亦受形成矿物之介质的 REE 特征控制(毕献武等, 2001)。由于 REE^{3+} 与 Mo^{4+} 离子半径相差较大,REE 很难以类质同像形式进入辉钼矿晶格,它们在辉钼矿中的最可能位置是其中的流体包裹体或晶体缺陷。这一结果表明辉钼矿中 REE 受晶体结构的影响不大,而应主要受形成辉钼矿介质的 REE 特征控制。因此,辉钼矿的 REE 特征基本能代表成矿流体的 REE 特征(毕献武等, 2001)。6件辉钼矿样品中均存在钕负异常现象反映出成矿过程中含矿流体具有钕负异常的特征,而造成流体中钕负异常的原因可能主要有两种:一是流体自身 Eu 含量低,所以由此结晶形成的辉钼矿中 Eu 表现为负异常;二是成矿流体物理化学环境变化引起了 Eu 化合价的变化从而形成异常。前人研究结果表明,在较高温度和还原条件下溶液中钕主要以 Eu^{2+} 形式存在,相对氧化的条件下更多呈 Eu^{3+} 状态存在(Sverjensky, 1984; Michael, 1991)。钕异常的形成正是与二价离子的存在密切相关。由于 Eu^{2+} 与 REE^{3+} 化学活动性的不一致导致了前者与整个稀土体系的分离,从而在溶液或其他承载介质中形成钕异常。邦铺矿床主成矿期流体包裹体均一温度变化于 $300^\circ C \sim 450^\circ C$ 之间;激光拉曼分析结果显示包裹体

气相成分以 H_2O 为主,含少量 CO_2 (未刊资料),而液相阴离子成分中含有大量的硫酸根离子(周雄等, 2010)。上述流体包裹体温度测试及成分研究结果表明矿床主成矿期流体以较高的温度和高氧逸度为特征,而在这种条件下钕大多数以三价离子形式存在,不会形成流体中钕负异常现象;相反却可以形成流体的钕负异常,这是因为 Ce 也存在两种不同价态 Ce^{3+} 和 Ce^{4+} ,相对还原条件下以三价为主,

表2 西藏墨竹工卡县邦铺矿床辉钼矿微量元素含量 ($\times 10^{-6}$)

Table 2 Trace element concentration ($\times 10^{-6}$) of the molybdenite in the Bangpu deposit, Maizhokunggar, Xizang (Tibet)

样品编号	BPPD 7001-1	BPPD 7001-2	BPPD 7001-5	BPPD 7001-7	ZK6804 -26.7	ZK6808 -154.6
Li	2.283	0.758	0.748	0.839	0.531	0.465
Be	0.038	0.024	0.017	0.033	0.019	0.051
Rb	3.046	1.192	0.922	1.200	0.653	0.650
Sr	1.444	10.470	1.262	10.01	1.079	5.402
Cs	0.691	0.315	0.447	0.276	0.430	0.422
Ba	3.337	5.296	3.013	5.139	3.292	6.172
Sc	0.947	0.778	0.831	0.739	0.827	0.745
Ti	43.550	41.950	39.280	39.470	42.100	35.600
Cr	1.981	5.410	7.740	5.100	6.660	4.250
Mn	2.475	2.339	1.573	2.237	10.090	2.058
Co	1.070	1.142	0.225	1.084	0.690	0.967
Ni	3.299	5.390	1.007	5.350	4.794	8.800
Cu	161.600	707.800	137.900	684.300	83.650	93.540
Zn	22.650	22.320	19.440	21.11	26.660	56.000
Ga	0.212	0.193	0.109	0.215	0.207	1.405
Sn	0.550	0.873	0.719	0.730	1.048	0.622
Sb	0.299	0.969	0.176	1.079	0.334	1.815
Tl	0.244	0.225	0.089	0.221	0.761	2.003
Zr	0.253	0.299	0.241	0.278	0.892	0.274
Nb	1.253	1.498	1.439	1.370	1.445	1.303
Hf	0.013	0.010	0.013	0.013	0.034	0.034
Ta	-	0.001	-	0.001	-	-
W	51.640	77.700	44.410	76.460	87.780	67.710
Th	2.198	2.189	1.294	2.220	1.069	0.928
U	0.254	0.628	0.179	0.586	0.083	2.854
Pb	39.090	48.070	31.440	47.100	14.770	32.410
Bi	6.979	12.520	3.610	12.410	13.160	5.862
As	1.990	5.400	16.060	5.210	21.430	23.170
Ag	0.229	1.792	0.271	1.777	0.274	0.696
Ge	0.848	0.920	0.856	0.854	0.925	1.352
总量	631.863	958.471	683.911	1234.111	1023.787	433.520
HFSE 总量	45.682	44.603	41.558	41.957	44.907	53.481
Hf/Sm	0.002	0.002	0.002	0.003	0.007	0.002
Nb/La	0.278	0.417	1.256	0.398	0.752	0.021
Th/La	0.487	0.610	1.129	0.645	0.556	0.015
Y/Ho	3.831	5.281	2.233	4.741	1.946	20.262
Zr/Hf	19.462	29.900	18.538	21.385	26.235	8.059
Nb/Ta	-	1498.000	-	1370.000	-	-

氧化条件下四价离子易与整个稀土体系分离,从而形成异常(丁振举等,2003)。由此看来,邦铺辉钼矿中的钼负异常主要是继承了成矿流体钼负异常的特点,指示成矿流体源区整体贫钼。邦铺矿床21件矿石金属硫化物硫同位素组成特征($\delta^{34}\text{S}$ 值变化于 $-5.2\text{‰} \sim 3.2\text{‰}$ 之间,平均值为 -1.6‰)及矿床碳氧同位素组成特征(1件铅锌矿化大理岩 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 和 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值分别为 4.2‰ 和 11.9‰ ;4件方解石 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 值变化于 $-4.9\text{‰} \sim 4.5\text{‰}$ 之间,平均值为 2.54‰ , $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值变化于 $9.9\text{‰} \sim 12.3\text{‰}$ 之间,平均值为 11.52‰),表明矿床成矿流体主要来自于矿区岩浆(王立强等,2012),由此看来成矿流体亏损钼的特征可能是由成矿岩浆岩(二长花岗斑岩等)分离结晶过程中斜长石大量结晶造成的。

3.2 微量元素特征

邦铺钼铜矿床辉钼矿微量元素测试结果列于表2中。6件辉钼矿中微量元素总量变化范围为 $433.52 \times 10^{-6} \sim 1234.111 \times 10^{-6}$,变化较大;碱性造岩元素中Sr和Ba含量较高,平均值分别为 4.945×10^{-6} 和 4.375×10^{-6} ;第一过渡族元素中Ti、Cr、Mn、Ni含量均较高,平均值分别为 40.325×10^{-6} 、 5.190×10^{-6} 、 3.462×10^{-6} 和 4.773×10^{-6} ;成矿元素Cu、Pb、Zn、W含量均较高,平均值分别为 311.465×10^{-6} 、 35.48×10^{-6} 、 28.03×10^{-6} 和 67.617×10^{-6} ;高场强元素含量整体含量很贫,但其中Nb含量相对其他几个元素较高,平均值为 1.385×10^{-6} ,其余元素含量均不足 1×10^{-6} ;放射性元素Th、U含量均较低;另外,元素As含量较高。6件辉钼矿中高含量的Cu、Pb、Zn、W等成矿元素反映出成矿岩浆流体中富含成矿元素的特征;而Cu、Pb、Zn也恰恰是邦铺斑岩型—矽卡岩型矿床的主要成矿元素组合,与地质事实相符合。

稀土元素和高场强微量元素配合,可以判断成矿流体的性质(胡瑛等,2009)。前人研究表明,富Cl与富F的流体均可以与LREE形成络合物造成LREE迁移富集,但是,二者对微量元素的富集尤其是高场强元素富集的能力是不同的。富Cl的流体富集LREE、Hf/Sm、Nb/La和Th/La比值一般小于1;而富F的流体除富集LREE外,还能富集HFSE, Hf/Sm、Nb/La和Th/La比值一般大于1(Haas et al., 1995; Keppler, 1996)。邦铺矿床辉钼矿中HFSE总量变化范围为 $41.558 \times 10^{-6} \sim 53.481 \times 10^{-6}$;Hf/Sm值变化范围为 $0.002 \sim 0.007$;Nb/La和Th/La值除样品BPPD7001-5大于1外(分别为

1.256和1.129),其余样品该比值均小于1,变化范围分别为 $0.021 \sim 0.752$ 和 $0.015 \sim 0.645$ 。上述特征反映出钼矿形成过程中成矿流体主体以富Cl为特征的,这与此次包裹体研究过程中发现主成矿阶段含大量的石盐和KCl子晶的地质事实相一致,也与前人关于成矿阶段流体包裹体成分的研究结果相一致(周雄等,2010)。一般认为,Y/Ho、Zr/Hf、Nb/Ta具有两两相近的离子半径和电价,在同一热液体系中比值稳定,当体系受到干扰,如发生水岩反应和交代作用时,这些元素对会发生明显分异,表现为不同样品间同一元素对的比值有较大的变化范围(Bau and Dulski, 1995; Yaxley et al., 1998)。6件辉钼矿中样品ZK6808-154.6较其他5件辉钼矿Y/Ho、Zr/Hf比值差异较大,而其他5件辉钼矿Y/Ho、Zr/Hf、Nb/Ta比值变化范围不大,表明主成矿期流体的性质相对较为稳定,基本未混入外来流体。

4 结论

(1)辉钼矿稀土元素组成表明,邦铺矿床主成矿期成矿流体具有轻稀土富集的右倾配分模式,且成矿流体整体亏损钼,自身具有钼负异常的特征;成矿流体中较明显的钼负异常主要是成矿过程中由强氧化条件造成的;

(2)辉钼矿微量元素研究结果表明,邦铺矿床成矿流体具有富集Cu、Pb、Zn、W等成矿元素的特征;成矿流体中亏损HFSE元素以及Hf/Sm、Nb/La和Th/La比值整体小于1的特征表明成矿流体为富Cl型流体;Y/Ho、Zr/Hf、Nb/Ta比值研究表明主成矿期成矿流体组成稳定,未遭受外来热液的混入。

致谢:实验过程中得到了国家地质实验测试中心李超的热心帮助,稿件审理过程中各位评审专家和编辑部老师提出了诸多宝贵意见,在此一并表示感谢。

注 释 / Note

① 西藏自治区地勘局地热地质大队. 2009. 西藏自治区墨竹工卡县邦铺矿区钼(铜)多金属矿详查报告. 内部报告,87.

参 考 文 献 / References

- 毕献武,胡瑞忠, Cornell D H. 2001. 富碱侵入岩与金成矿关系:云南省姚安金矿床成矿流体形成演化的微量元素和同位素证据. 地球化学,30(3): 264~272.
- 丁振举,姚书振,刘丛强,周宗桂,杨明国. 2003. 东沟坝多金属矿床喷流沉积成矿特征的稀土元素地球化学示踪. 岩石学报,19(4): 792~798.
- 范建国,倪培,苏文超,漆亮,田京辉. 2000. 辽宁四道沟热液金矿床

- 中石英的稀土元素的特征及意义. 岩石学报, 16(4): 587 ~ 590.
- 胡瑛, 陈懋弘, 董庆吉, 黄庆文. 2009. 贵州锦丰(烂泥沟)金矿床含砷黄铁矿和脉石英及其包裹体的微量元素特征. 高校地质学报, 15(4): 506 ~ 516.
- 李厚民, 沈远超, 毛景文, 刘铁兵, 朱和平. 2003. 石英、黄铁矿及其包裹体的稀土元素特征——以胶东焦家式金矿为例. 岩石学报, 19(2): 267 ~ 274.
- 彭建堂等, 胡瑞忠, 漆亮, 赵军红, 符亚洲. 2004. 锡矿山热液方解石的REE分配模式及其制约因素. 地质论评, 50(1): 25 ~ 30.
- 唐永永, 毕献武, 和利平, 武丽艳, 冯彩霞, 邹志超, 陶琰, 胡瑞忠. 2011. 兰坪金顶铅锌矿方解石微量元素、流体包裹体和碳—氧同位素地球化学特征研究. 岩石学报, 27(9): 2635 ~ 2645.
- 王立强, 唐菊兴, 陈毓川, 罗茂澄, 冷秋锋, 陈伟, 王焕. 2011. 西藏邦铺钼(铜)矿床含矿二长花岗斑岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及地质意义. 矿床地质, 30(2): 349 ~ 360.
- 王立强, 罗茂澄, 袁志洁, 陈伟, 冷秋锋, 张学全. 2012. 西藏邦铺钼矿床 S、Pb、C、O 同位素组成及成矿物质来源研究. 地球学报 33(4): 435 ~ 443.
- 叶霖, 高伟, 杨玉龙, 刘铁庚, 彭绍松. 2012. 云南澜沧老厂铅锌多金属矿床闪锌矿微量元素组成. 岩石学报, 28(5): 1362 ~ 1372.
- 张运强, 李胜荣, 陈海燕, 张秀宝, 周起凤, 崔举超, 宋玉波, 郭杰. 2012. 胶东金青顶金矿床成矿流体来源的黄铁矿微量元素及 He—Ar 同位素证据. 中国地质, 39(1): 195 ~ 202.
- 周涛发, 张乐骏, 袁峰, 范裕, David R. Cooke. 2010. 安徽铜陵新桥 Cu—Au—S 矿床黄铁矿微量元素 LA-ICP-MS 原位测定及其对矿床成因的制约. 地学前缘, 17(2): 306 ~ 316.
- 周雄, 温春齐, 霍艳, 费光春, 吴鹏宇. 2010. 西藏墨竹工卡地区邦铺钼铜多金属矿床成矿流体特征. 地质通报, 29(7): 1039 ~ 1047.
- Sun S S, McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders A D, Norry M J. eds. Magmatism in the Ocean Basins USA: Geological Society Special Publication, 42: 313 ~ 345.
- Sverjensky D A. 1984. Europium redox equilibria in aqueous solution. Earth Planet Sci Letter, 67(1): 70 ~ 78.
- Michael Bau. 1991. REE mobility during hydrothermal and metamorphic fluid—rock interaction and the significance of the oxidation state of europium. Chemical Geology, 93: 219 ~ 230.
- Hass J R, Shock E L, Sassani D C. 1995. Rare earth elements in hydrothermal systems: Estimates of standard partial modal thermodynamic properties of aqueous complexes of the rare earth elements at high pressures and temperatures. Geochimica et Cosmochimica Acta, 59: 4329 ~ 4350.
- Keppeler H. 1996. Constraints from partitioning experiments on the composition of subduction zone fluids. Nature, 380: 237 ~ 240.
- Bau M, Dulski P. 1995. Comparative study of yttrium and rare earth element behaviours in fluorine rich hydrothermal fluids. Contributions to Mineralogy and Petrology, 119: 213 ~ 223.
- Yaxley G M, Green D H, Kamenetsky V. 1998. Carbonatite metasomatism in the southeastern Australia lithosphere. Journal of Petrology, 39: 1917 ~ 1930.

Rare Earth Element and Trace Element Features of Molybdenite in Bangpu Mo (Cu) Deposit, Maizhokunggar, Xizang (Tibet), and Their Constraints on the Nature of Ore-forming Fluid

WANG Liqiang¹⁾, TANG Juxing¹⁾, WANG Denghong¹⁾, LUO Maocheng²⁾, CHEN Wei³⁾, HUANG Fan¹⁾

1) Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037;

2) School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing, 100083;

3) College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059

Abstract: Rare earth element and trace element of molybdenite in the Bangpu Mo (Cu) deposit, Maizhokunggar, Xizang (Tibet), were analyzed by high sensitive inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry in this paper. The testing results indicated that rare earth element in molybdenite had the distribution pattern of LREE enrichment and the fractionation in both light rare earth element and heavy rare earth element were obvious. Eu and Ce negative anomalies exist in different degree in the molybdenite. The Eu negative anomaly in molybdenite maybe inherit the characteristics of Eu negative anomaly of the ore-forming fluid itself and the Ce negative anomaly reflected that the ore-forming fluid were of stronger oxidization property. The high contents of Cu, Pb, Zn and W in the molybdenite revealed that the ore-forming fluid was riched in ore-forming elements itself. Depletion of high strong field element and the Hf/Sm, Nb/La, Th/La ratios less than 1 suggested that the ore-forming fluid was a Cl-riched type fluid. Ratios of Y/Ho and Zr/Hf varied in a narrow range indicated that source of the ore-forming fluid in the main metallogenic stage was single and stable and had no other fluid injecting.

Key words: molybdenite; rare earth element; trace element; ore-forming fluid; Bangpu; Xizang (Tibet)