

西昆仑阿巴列克地区地层样品 稀土元素地球化学特征

沈能平¹, 张正伟¹, 彭建堂¹, 肖加飞¹, 朱笑青¹,
游富华^{1,2}, 张中山^{1,2}, 王富东^{1,2}

1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049

摘要:阿巴列克地区位于西昆仑铅、锌、铜等多金属矿带的中部, 该区具有极大的找矿潜力。为阐述成矿物质来源, 本文系统测定了该区霍什拉甫组 8 条地层剖面 82 件样品的稀土元素组成。分析结果表明, 样品的稀土元素含量变化较大, 其 ΣREE 、 ΣLREE 、 ΣHREE 、Y 含量的变化范围分别为 $(7.52\sim 220.70)\times 10^{-6}$ 、 $(5.82\sim 198.46)\times 10^{-6}$ 、 $(1.49\sim 32.74)\times 10^{-6}$ 和 $(4.77\sim 91.30)\times 10^{-6}$; 绝大多数样品的球粒陨石标准化配分模式均为典型的 LREE 富集型 ($\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 平均值 6.57), 轻重稀土分馏显著 [$(\text{La}/\text{Yb})_N$ 平均值 8.20], 并具弱负 Eu 异常 (δEu 平均值 0.77), Ce 异常不明显 (δCe 平均值 0.88)。对比研究发现, 阿巴列克地区地层样品与西昆仑多金属矿带内其它四个代表性矿床 (铁克里克、塔木、卡兰古、托库孜阿特) 的岩石、矿石样品的稀土元素组成特征较一致, 表明该矿带众多矿床的成矿物质与围岩二者间存在密切的成因联系。

关键词:阿巴列克地区; 稀土元素地球化学; 西昆仑

中图分类号: P595 文献标识码: A 文章编号: 1007-2802(2010)04-0388-12

REE Geochemistry Characteristics of Stratigraphic Samples in the Abalieke Region, Western Kunlun

SHEN Neng-ping¹, ZHANG Zheng-wei¹, PENG Jian-tang¹, XIAO Jia-fei¹,
ZHU Xiao-qing¹, YOU Fu-hua^{1,2}, ZHANG Zhong-shan^{1,2}, WANG Fu-dong^{1,2}

1. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: The Abalieke region locates in the central section of the western Kunlun polymetallic (Pb, Zn, Cu, etc) ore belt, an area with major potential for further base metal deposit discoveries. This paper reports REE data for 82 samples from 8 stratigraphic sections for Huoshilafu formation in the Abalieke region. To attempt to solve the origin of ore-forming materials using REE geochemistry. Although total REE contents are quite variable ($\Sigma\text{REE} = 7.52\times 10^{-6}\sim 220.70\times 10^{-6}$, $\Sigma\text{LREE} = 5.82\times 10^{-6}\sim 198.46\times 10^{-6}$, $\Sigma\text{HREE} = 1.49\times 10^{-6}\sim 32.74\times 10^{-6}$ and $\text{Y} = 4.77\times 10^{-6}\sim 91.30\times 10^{-6}$), chondrite-normalized REE patterns of the majority of samples are uniformly LREE-enriched (averaging $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE} = 6.57$), with remarkably fractionation of LREE and HREE [averaging $(\text{La}/\text{Yb})_N = 8.20$], slightly negative Eu anomalies (averaging $\delta\text{Eu} = 0.77$) and insignificant Ce anomalies (averaging $\delta\text{Ce} = 0.88$). The results demonstrate that REE characteristics of stratigraphic samples from Abalieke region are similar to those of rock and ore samples from other representative deposits (Tickelike, Tamu, Kalangu, Tuokuziate) in the western Kunlun polymetallic ore belt, which indicate a close genetic relationship between the ore-forming materials and the host strata for the majority of deposits in this belt.

Key words: Abalieke region; REEs geochemistry; western Kunlun

收稿日期: 2010-06-09 收到, 07-15 改回

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目 (2006BAB07B04-04); 中国科学院创新项目 (KZCX2-YW-107-6); 矿床地球化学国家重点实验室自主研究课题

第一作者简介: 沈能平 (1979-), 男, 博士, 助理研究员, 矿床地球化学专业。E-mail: shennengping@mails.gyig.ac.cn.

新疆西昆仑铅、锌、铜等多金属矿带是我国最具找矿前景的成矿带之一,近年来受到众多地学工作者的关注^[1~22],但基本侧重于铅锌矿,对其他矿种研究不够。其中位于该矿带中部的阿巴列克地区(地理位置上位于克孜勒苏柯尔克孜自治州的阿克陶县境内)被多个研究部门圈定为矿化集中区^[19],区内代表性矿床——阿巴列克铜铅矿床被认定为新疆境内唯一一个赋存于海相碳酸盐岩中的铜矿床^[23]。可见,该区具有极大的找矿潜力和研究价值。但由于该区地处高寒山区(海拔3000~3400 m),自然条件恶劣,野外调研难度大,年工作时间短,其整体研究程度至今仍很低。在“十一五”国家科技支撑计划等项目的支持下,我们于2007~2009年期间对西昆仑地区进行了野外地质调查,重点研究了阿巴列克地区,本文主要总结了该区8条地层剖面82件样品的稀土元素地球化学研究成果,以为该区成矿物质来源、矿床成因及成矿预测提供依据。

1 区域地质特征与成矿特征

西昆仑多金属矿带在构造上位于塔里木盆地西南缘和西昆仑造山带结合部位的碳酸盐岩分布区,总体呈NNW-SSE向展布(图1)。目前在这个长约100 km,宽10 km的范围内,发现了40余个以铅锌为主的矿床(点)、矿化点,均赋存于晚古生代(泥盆纪、石炭纪)地层中。泥盆系主要为一套浅变质的海相陆源碎屑岩,为中泥盆统克孜勒陶组(D_2k)和上泥盆统奇自拉夫组(D_3q)。石炭系岩性相对稳定,总体上为中厚层碳酸盐岩,夹少量碎屑岩沉积。该套地层包含五个组,自下而上分别为下石炭统克里塔格组(C_1k)和霍什拉甫组(C_1h)、中石炭统卡拉乌依组(C_2k)和阿孜干组(C_2a),上石炭统塔哈奇组(C_3t),其中克孜勒陶组至霍什拉甫组为Pb、Zn、Cu等的赋矿层位。研究区地层除与成矿作用关系密切的泥盆系、石炭系外,下伏前寒武系变质-岩浆岩,上覆二叠系,地层组成相对简单。此外,从克孜勒陶组至二叠系,各地层间主体呈整合接触。

区域断裂构造主要有科岗断裂带(又称木扎令断裂带、库地北断裂,构成塔里木板块与西昆仑构造带的构造边界)、考库亚断裂带(构成喀什凹陶与铁克里克陆缘断隆的构造边界,也是西昆仑山前逆冲推覆构造的前缘断裂)和克孜勒陶-库斯拉甫断裂(西昆仑山前逆冲推覆构造的后缘断裂)^[24]。这些断裂带主体呈NW-NNW走向,控制了沉积建造的展布,以及区内主要的铅、锌、铜等多金属矿产的分布。

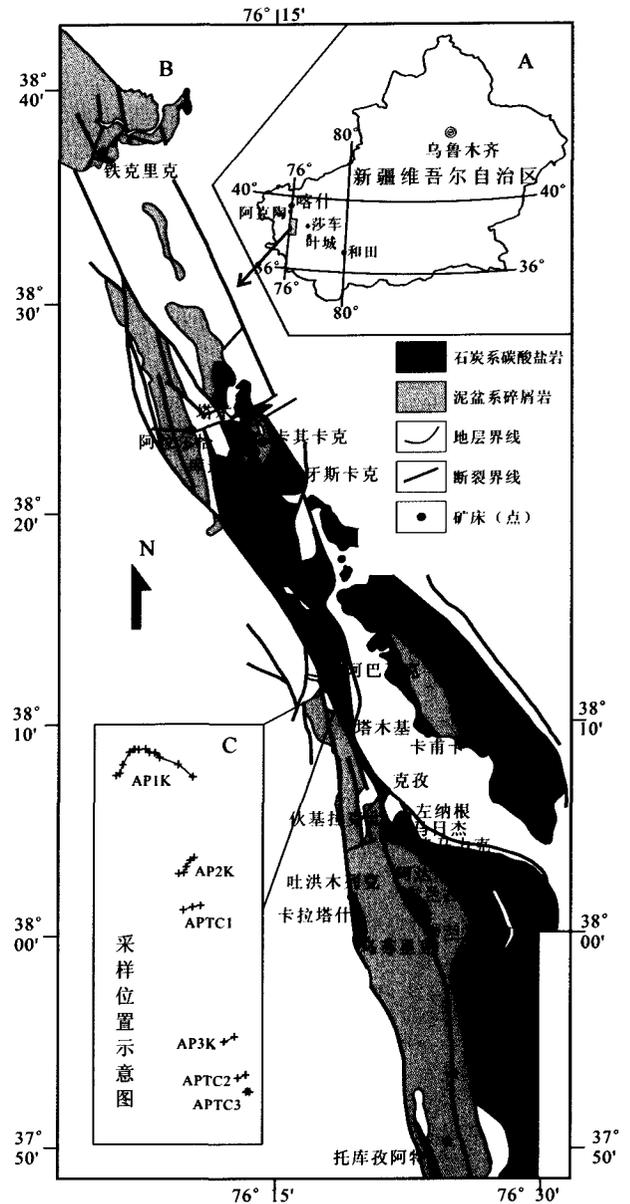


图1 西昆仑区域地质简图(据1:10万地质矿产图,2004修编)

Fig. 1 The regional geological sketch map of Western Kunlun (Revised after 1:100000 geological and mineral map, 2004)

该矿带内岩浆活动微弱,除七美干、棋盘等地喷发有小范围的早二叠世玄武岩、卡兰古等地发现一些辉绿岩脉等外,尚未见到其他侵入岩和火山岩分布。因此,多数研究者认为区域内岩浆活动与该矿带内铅、锌等矿产的成矿作用没有密切的联系。

阿巴列克地区有经济价值的成矿元素依次主要为Cu、Pb和Fe,均赋存于霍什拉甫组地层中,其中Fe最上,Pb次之,Cu最下^[23]。目前已发现的代表性矿床有阿巴列克铜-铅矿床和铁矿床。该区成矿元素组合与西昆仑矿带内其它4个以铅、锌为主的矿化集中区存在较明显的差异^[24]。

2 样品采集与分析

本文研究所用的 82 件样品均产自阿巴列克地区霍什拉甫组 8 条地层剖面,除 1 条(ABLK)位于阿巴列克铜铅矿床 2 号平硐(3170 中段)3 线外,其它 4 条路线剖面(AP1K、AP2K、AP3K 和 AP4K)和 3 条探槽剖面(APTC1、APTC2 和 APTC3)均位于矿床外围地层中,代表性样品的采样位置见图 1C。

所有样品粉碎至 200 目以下,送中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室完成测试分析。分析仪器为 Finningan MAT ELE-

MENT 型电感耦合等离子体质谱(ICP-MS),REE 检测下限为 $(0. n \sim n) \times 10^{-12}$,相对误差小于 10%,绝大多数小于 5%。具体分析方法和流程可参见文献[25]。

3 测试结果与分析

阿巴列克地区 8 条地层剖面共 82 件样品的稀土元素测试分析结果与相关特征值见表 1;表 2 为统计结果汇总;图 2 为主要特征值的直方图;图 3 为相应的球粒陨石标准化配分模式,标准化所用球粒陨石稀土元素含量选用文献[26]推荐的数据。

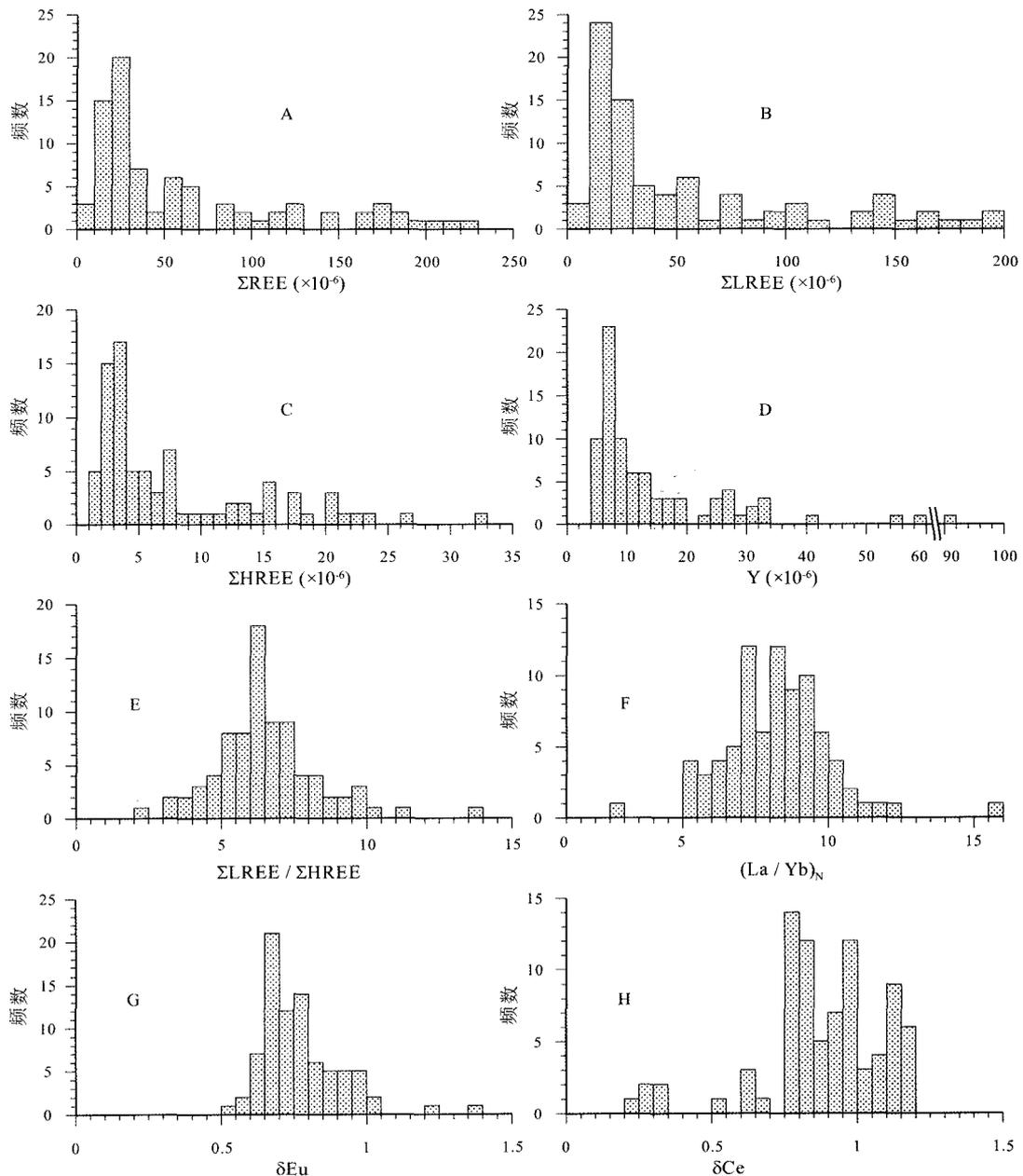


图 2 阿巴列克地区地层样品稀土元素特征值直方图

Fig. 2 Histogram of REE characteristic values of stratigraphic samples in the Abaliek region

3.1 稀土元素含量特征

82 件样品的 ΣREE 含量(不包括 Y)变化范围较宽,介于 $(7.52 \sim 220.70) \times 10^{-6}$, 平均 63.86×10^{-6} , 其中 55 件样品的 ΣREE 含量在 $(10 \sim 70) \times 10^{-6}$ 范围(图 2A), 显示大多数样品的 ΣREE 含量并不高。相对而言, ΣLREE 含量比 ΣHREE 含量高得多, 前者变化范围介于 $(5.82 \sim 198.46) \times 10^{-6}$, 平均 55.88×10^{-6} , 后者变化范围介于 $(1.49 \sim 32.74) \times 10^{-6}$, 平均 7.98×10^{-6} ; 大多数样品的 ΣLREE 、 ΣHREE 含量也同 ΣREE 含量特征一致, 在直方图中主要位于低值端(图 2B、C)。所有剖面样品 Y 含量介于 $(4.77 \sim 91.30) \times 10^{-6}$, 平均 15.24×10^{-6} , 其中 64 件样品小于 20×10^{-6} (图 2D)。此外, $Y/(\Sigma\text{REE}+Y)$ 值介于 $0.09 \sim 0.47$, 平均 0.23 , 表明相对于其它稀土元素, Y 明显偏高。

3.2 配分模式与分馏程度

所有样品的 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 为 $2.25 \sim 13.73$ (直方图中呈明显的正态分布, 52 组数据变化于 $5.0 \sim 7.5$ 之间, 图 2E), 平均 6.57 ; $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 为 $2.72 \sim 15.74$ (71 组数据变化于 $5.0 \sim 10$ 之间, 图 2F), 平均 8.20 , 可见, 除极少数样品(如 APIK-14-1)轻稀土比重稀土略富集外, 其它样品轻、重稀土分馏都很显著, 其稀土元素球粒陨石标准化配分模式也较为一致, 为典型的 LREE 富集型(图 3)。此外, 所有样品的 $(\text{La}/\text{Sm})_N$ 变化范围为 $0.81 \sim 5.47$, 平均 3.49 ; 而 $(\text{Gd}/\text{Yb})_N$ 的变化范围为 $0.92 \sim 2.88$, 平均 1.71 , 指示大多数样品轻稀土比重稀土分馏要显著一些。

3.3 铕、铈异常

82 件地层样品的 δEu 变化区间为 $0.54 \sim 1.35$, 平均 0.77 , 其中 60 件样品变化于 $0.60 \sim 0.85$ 之间(图 2G), 指示样品总体具弱负 Eu 异常, 部分样品的 Eu 异常不明显, 个别样品呈弱正 Eu 异常; 而 $\delta\text{Ce} = 0.25 \sim 1.19$, 平均 0.88 , 在直方图中具有多个峰值(图 2H), 大部分样品 δCe 值在 1 附近, 没有明显的 Ce 异常显示, 但总体上样品具有负 Ce 异常趋势。值得注意的是, 有 5 件样品呈较强负的 Ce 异常($\delta\text{Ce} = 0.25 \sim 0.33$), 它们均取自 APIK 剖面中(表 1), 这几件样品相对于其它绝大多数样品的 ΣREE 含量很低, 变化范围仅为 $(7.52 \sim 17.14) \times 10^{-6}$ 。

4 讨 论

4.1 稀土元素特征与岩性的关系

本次测定的 82 件样品均采自阿巴列克地区霍

什拉甫组, 绝大多数为灰岩(表 1)。尽管这些样品来自于 8 条不同的剖面, 在岩性上存在一些差异, 如有些灰岩已硅化、角砾化或白云岩化; 或各样品在颜色上略有差异, 有的样品颜色较深(灰黑色, 部分是含炭质成分所致), 有的则相对较浅(灰白色); 或在层次上存在差异, 有的为厚层状, 有的为中薄层状, 等等。但这些差异并没有对其球粒陨石标准化配分模式、铕、铈异常及部分特征值产生明显的影响(表 1、2, 图 2、3)。在岩性上的上述这些差异对样品稀土元素的含量(包括 ΣREE 、 ΣLREE 、 ΣHREE 和 Y)可能影响较大。此外, 需要指出的是, 阿巴列克铜铅矿床 2 号平硐内 APLK 剖面共 9 件样品的稀土元素含量(ΣREE 、 ΣLREE 、 ΣHREE)较其它剖面的样品高得多, 这是否意味着该区在成矿过程中, 稀土元素随着成矿元素一起有往矿质沉淀场所迁移的趋势, 使现今的矿体、矿化体和赋矿围岩的稀土元素含量较区域地层岩石样品明显富集? 对此有待进一步研究、查证。但如果此结论成立, 或许可以用该区地层样品的稀土元素含量来判断、查证、追索矿体, 或为成矿预测提供依据。

4.2 稀土元素组成特征区域对比

将阿巴列克地区地层样品(霍什拉甫组碳酸盐岩)与西昆仑多金属矿带内其它碳酸盐岩地区代表性矿床(铁克里克、塔木、卡兰古、托库孜阿特)的岩石、矿石样品的稀土元素组成^[5, 7, 8, 10, 27]进行对比, 发现稀土元素特征总体存在较多一致的地方, 如在稀土元素含量(ΣREE 、 ΣLREE 和 ΣHREE)上, 除塔木矿床的样品相对较低外, 其它三个矿床的样品均与阿巴列克地区地层样品的稀土元素组成平均值相差不大。同时在球粒陨石标准化图解中, 铁克里克、塔木、卡兰古、托库孜阿特这四个矿床的配分模式总体呈 LREE 富集型; 具弱负 Eu 异常, Ce 异常不明显, 也与阿巴列克地区地层样品的稀土元素特征一致。但前人在球粒陨石标准化图解中出现的负 Tm 异常^[5, 7, 8, 10], 本次工作没有发现(图 4), 应是数据处理过程中人为因素所致。上述区域内岩石、矿石样品稀土元素特征的一致性表明, 包括阿巴列克铜铅矿床在内的西昆仑多金属矿带中众多矿床, 其成矿物质与围岩之间存在密切的成因联系。

5 结 论

通过我们对阿巴列克地区霍什拉甫组 8 条地层剖面 82 件样品的稀土元素地球化学系统研究和分析, 主要取得了以下三点认识:

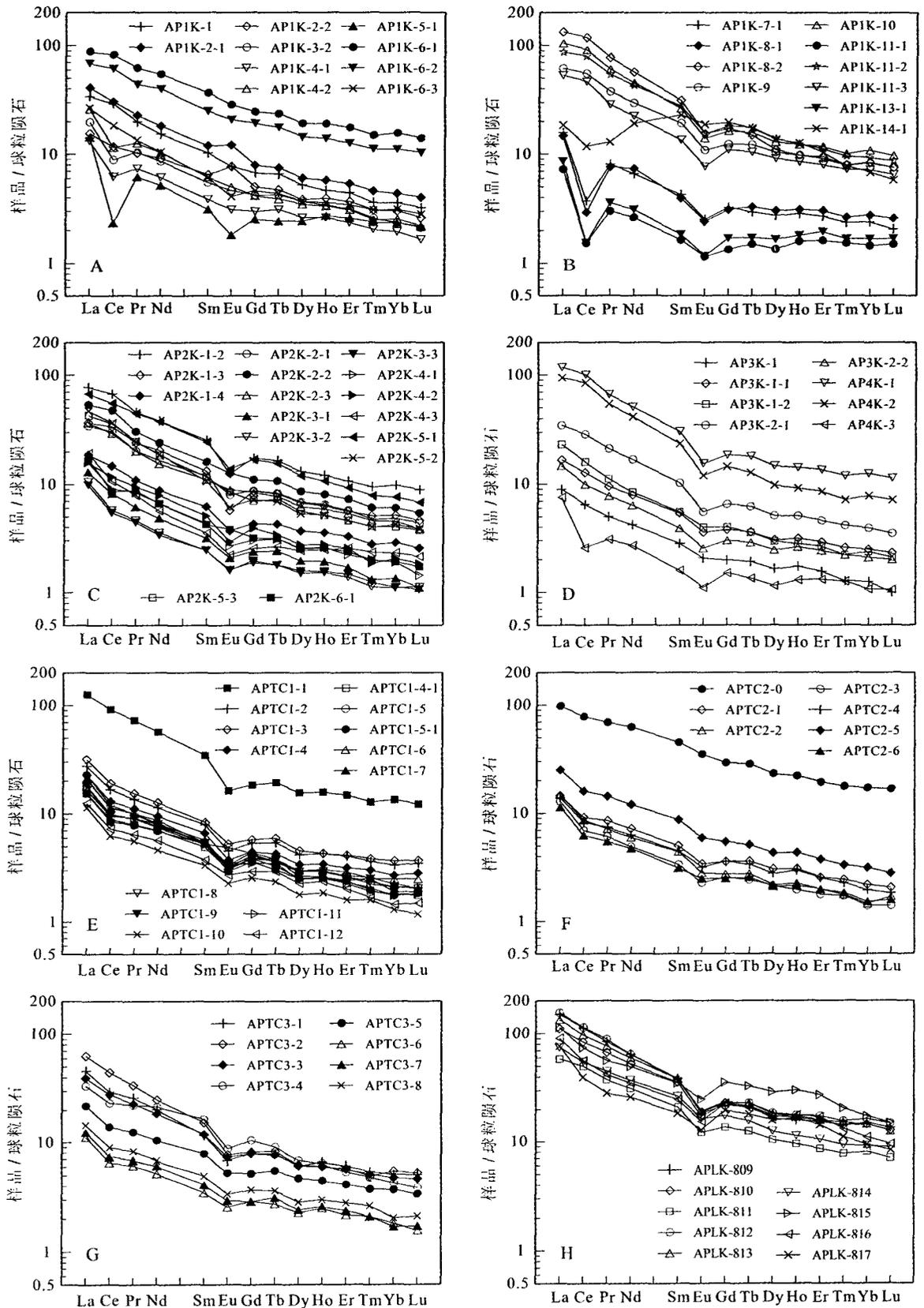


图3 阿巴列克地区地层样品稀土元素球粒陨石标准化配分模式

Fig. 3 Chondrite-normalized REE distribution patterns of stratigraphic samples in the Abaliek region

表 1 阿巴列克地区地层样品稀土元素含量与特征值
Table 1 REE compositions and characteristic values of stratigraphic samples in the Abaleke region

序 号	样号	岩性	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	ΣLREE	ΣHREE	ΣLREE/ΣHREE	δEu	δCe	(La/Sm) _N	(Gd/Yb) _N	
			×10 ⁻⁶	×10 ⁻⁶	×10 ⁻⁶																					
1	APIK-1	炭质页岩	10.50	23.50	2.43	9.17	2.00	0.57	1.75	0.31	1.69	0.33	0.94	0.12	0.75	0.11	10.90	54.17	48.17	6.00	8.03	0.93	1.12	9.43	3.30	1.88
2	APIK-2-1	炭质页岩	12.65	24.60	2.79	10.93	2.33	0.89	2.06	0.36	1.96	0.41	1.13	0.15	0.91	0.13	12.70	61.30	54.19	7.11	7.62	1.25	1.00	9.36	3.42	1.82
3	APIK-2-2	强风化角砾岩	4.79	9.50	1.26	5.48	1.27	0.57	1.31	0.22	1.24	0.28	0.78	0.10	0.63	0.09	9.98	27.49	22.84	4.64	4.92	1.35	0.93	5.12	2.38	1.67
4	APIK-3-2	块状隐晶质灰岩	6.09	7.18	1.27	5.16	1.07	0.34	1.09	0.20	1.19	0.24	0.67	0.08	0.50	0.07	9.69	25.16	21.11	4.04	5.22	0.97	0.62	8.28	3.58	1.78
5	APIK-4-1	块状隐晶质灰岩	4.03	5.03	0.90	3.67	0.75	0.23	0.77	0.15	0.84	0.19	0.50	0.07	0.41	0.06	7.01	17.65	14.67	2.98	4.93	0.92	0.63	6.79	3.42	1.54
6	APIK-4-2	块状隐晶质灰岩	8.01	9.28	1.54	6.19	1.20	0.37	1.08	0.18	1.12	0.24	0.65	0.08	0.53	0.07	9.02	30.55	26.59	3.96	6.72	0.99	0.64	10.15	4.20	1.64
7	APIK-5-1	碎裂灰岩	4.43	1.88	0.76	3.10	0.61	0.13	0.66	0.12	0.78	0.20	0.55	0.08	0.49	0.07	8.65	13.84	10.91	2.94	3.72	0.65	0.25	6.08	4.59	1.08
8	APIK-6-1	碎裂隐晶质灰岩	27.20	66.60	7.60	32.70	7.16	2.11	6.39	1.12	6.23	1.37	3.71	0.49	3.28	0.47	33.60	166.41	143.37	23.05	6.22	0.95	1.11	5.59	2.39	1.57
9	APIK-6-2	碎裂隐晶质白云岩	21.10	49.50	5.36	23.90	4.85	1.53	5.01	0.84	4.66	1.00	2.66	0.36	2.32	0.34	30.40	123.43	106.24	17.19	6.18	0.95	1.12	6.13	2.74	1.74
10	APIK-6-3	碎裂隐晶质灰岩	8.24	14.80	1.65	6.26	1.19	0.30	1.20	0.21	1.19	0.26	0.72	0.10	0.65	0.09	10.70	36.87	32.44	4.43	7.33	0.77	0.97	8.51	4.36	1.49
11	APIK-7-1	碎裂灰岩	4.90	3.01	0.99	3.96	0.83	0.18	0.84	0.14	0.88	0.20	0.56	0.08	0.50	0.07	11.00	17.14	13.87	3.27	4.25	0.88	0.33	6.63	3.72	1.36
12	APIK-8-1	碎裂亮晶灰岩	4.58	2.36	0.93	4.43	0.77	0.18	0.80	0.16	0.97	0.22	0.63	0.09	0.57	0.09	9.53	16.77	13.25	3.53	3.76	0.69	0.28	5.38	3.74	1.12
13	APIK-8-2	灰岩夹粉砂岩	41.10	95.40	9.45	34.30	6.10	1.13	4.46	0.71	3.54	0.70	1.97	0.26	1.76	0.25	19.80	201.14	187.48	13.65	13.73	0.66	1.17	15.74	4.24	2.05
14	APIK-9	灰岩夹粉砂岩	19.10	44.70	4.60	17.80	3.77	0.80	3.20	0.58	3.34	0.70	1.90	0.26	1.73	0.25	18.90	102.73	90.77	11.96	7.59	0.71	1.15	7.44	3.19	1.49
15	APIK-10	灰岩夹粉砂岩	32.40	73.70	7.39	27.30	5.16	1.03	4.22	0.75	4.15	0.89	2.47	0.33	2.27	0.32	24.60	162.37	146.98	15.40	9.55	0.67	1.15	9.62	3.95	1.50
16	APIK-11-1	碎裂灰岩	2.25	1.23	0.37	1.58	0.32	0.08	0.34	0.07	0.43	0.11	0.34	0.05	0.30	0.05	5.71	7.52	5.82	1.70	3.42	0.78	0.33	5.01	4.46	0.92
17	APIK-11-2	灰岩夹粉砂岩	26.90	64.40	6.59	25.80	5.42	1.14	4.71	0.84	4.45	0.89	2.35	0.31	1.94	0.29	24.10	146.02	130.25	15.78	8.26	0.69	1.16	9.35	3.12	1.96
18	APIK-11-3	灰岩夹粉砂岩	16.50	37.50	3.49	13.50	2.64	0.56	2.84	0.50	2.94	0.61	1.67	0.24	1.50	0.22	17.80	84.71	74.19	10.51	7.06	0.63	1.19	7.42	3.93	1.53
19	APIK-13-1	碎裂灰岩	2.67	1.24	0.44	1.86	0.36	0.09	0.44	0.08	0.53	0.13	0.41	0.05	0.35	0.06	7.84	8.69	6.65	2.04	3.26	0.66	0.28	5.17	4.69	1.01
20	APIK-14-1	强氧化石英角砾岩	5.75	9.57	1.58	11.54	4.48	1.38	5.08	0.82	4.42	0.91	2.18	0.25	1.43	0.19	27.85	49.56	34.29	15.27	2.25	0.89	0.77	2.72	0.81	2.88
21	AP2K-1-2	薄层泥页岩	23.90	54.40	5.60	22.90	4.95	0.92	4.54	0.79	4.25	0.87	2.26	0.31	2.05	0.30	27.80	128.03	112.67	15.36	7.34	0.60	1.13	7.86	3.04	1.79
22	AP2K-1-3	灰岩夹粉砂岩	11.40	27.30	2.95	12.30	2.58	0.42	2.25	0.39	2.18	0.45	1.19	0.17	1.08	0.15	15.40	64.81	56.95	7.86	7.24	0.54	1.13	7.12	2.78	1.68
23	AP2K-1-4	土黄色强风化角砾岩	5.76	11.90	1.34	5.27	1.21	0.27	1.11	0.20	1.19	0.26	0.69	0.09	0.60	0.09	7.27	29.98	25.75	4.23	6.09	0.72	1.03	6.45	2.99	1.49
24	AP2K-2-1	碎裂亮晶灰岩夹粉砂岩	10.60	24.50	2.48	9.93	2.33	0.59	2.28	0.39	2.22	0.47	1.21	0.15	1.01	0.15	14.10	58.30	50.43	7.87	6.40	0.78	1.15	7.08	2.86	1.82
25	AP2K-2-2	碎裂亮晶灰岩夹粉砂岩	16.60	38.40	3.73	14.40	3.14	0.93	2.88	0.51	2.78	0.58	1.54	0.20	1.27	0.18	16.60	87.14	77.20	9.94	7.77	0.95	1.17	8.81	3.33	1.83
26	AP2K-2-3	碎裂亮晶灰岩夹粉砂岩	11.30	23.70	2.46	9.25	2.15	0.66	2.19	0.37	2.01	0.42	1.13	0.15	0.95	0.13	12.40	56.86	49.52	7.34	6.74	0.92	1.08	8.02	3.31	1.86
27	AP2K-3-1	厚层亮晶灰岩	4.01	6.64	0.75	2.90	0.61	0.15	0.62	0.11	0.63	0.14	0.36	0.04	0.28	0.04	5.72	17.29	15.07	2.22	6.78	0.76	0.92	9.59	4.11	1.77

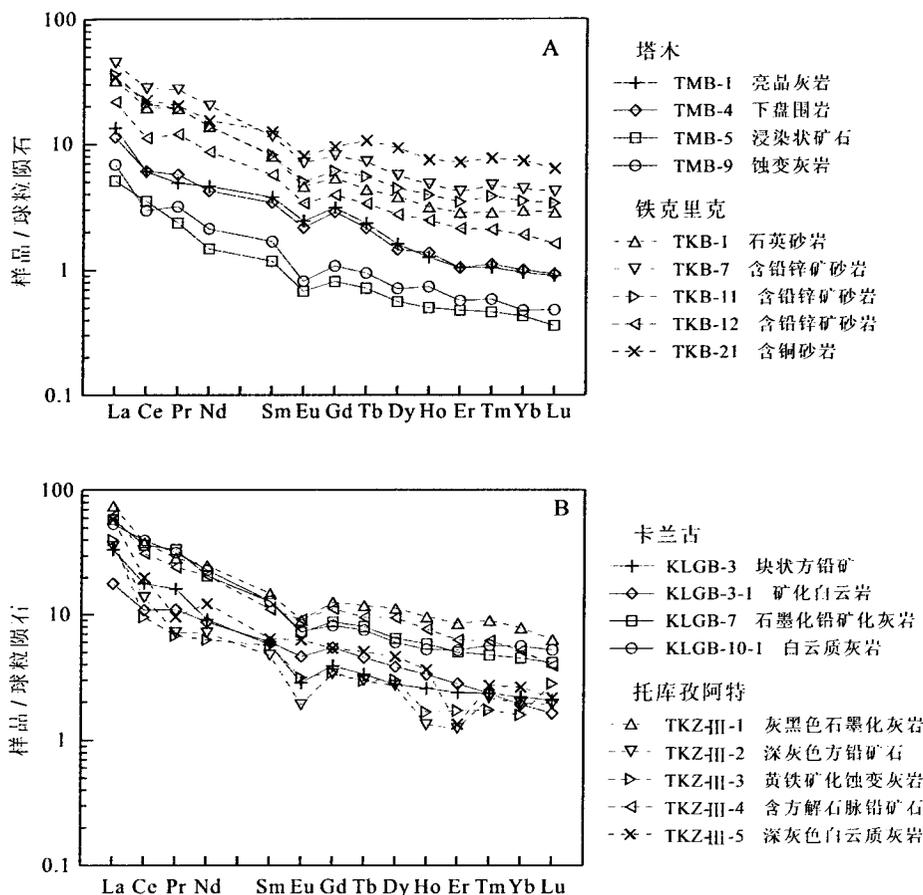
续表 1

序号	样号	岩性	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ REE	Σ LREE	Σ HREE	$\frac{\Sigma$ LREE/ Σ HREE}	$\delta\epsilon_u$	$\delta\epsilon_c$	$\frac{(La/Sm)_N}{(Yb)_N}$	$\frac{(Gd/Yb)_N}{(Gd/Sm)_N}$	
57	APTCl-11	碎裂亮晶灰岩	5.56	7.74	1.10	4.47	1.01	0.25	0.92	0.16	0.80	0.18	0.49	0.07	0.37	0.06	7.10	23.18	20.13	3.05	6.59	0.78	0.75	10.21	3.46	2.01
58	APTCl-12	碎裂硅化亮晶灰岩	3.89	5.86	0.79	3.40	0.73	0.20	0.77	0.14	0.74	0.17	0.43	0.05	0.30	0.05	5.87	17.52	14.87	2.65	5.62	0.82	0.81	8.66	3.34	2.04
59	APTc2-0	含铁碎屑灰岩	30.40	63.20	8.41	37.60	8.81	2.58	7.55	1.35	7.46	1.59	4.07	0.57	3.59	0.56	40.20	177.74	151.00	26.74	5.65	0.97	0.95	5.71	2.17	1.70
60	APTc2-1	白云质灰岩	4.50	7.39	1.04	4.33	0.98	0.25	0.93	0.17	0.99	0.22	0.54	0.08	0.46	0.07	7.42	21.95	18.49	3.46	5.34	0.81	0.82	6.58	2.89	1.62
61	APTc2-2	碎裂硅化灰岩	4.57	7.00	0.87	3.58	0.86	0.21	0.71	0.13	0.71	0.16	0.42	0.06	0.31	0.06	5.54	19.64	17.09	2.55	6.70	0.81	0.84	10.07	3.33	1.88
62	APTc2-3	碎裂隐晶质灰岩	3.99	5.60	0.74	2.95	0.66	0.17	0.66	0.12	0.69	0.14	0.38	0.06	0.29	0.05	5.42	16.50	14.11	2.39	5.90	0.78	0.78	9.15	3.83	1.82
63	APTc2-4	硅化亮晶灰岩	4.30	6.63	0.90	3.78	0.88	0.23	0.93	0.16	0.90	0.22	0.54	0.07	0.41	0.06	7.12	20.01	16.73	3.29	5.09	0.79	0.81	7.05	3.08	1.83
64	APTc2-5	硅化亮晶灰岩	7.76	12.90	1.75	7.22	1.70	0.44	1.41	0.24	1.39	0.31	0.79	0.11	0.66	0.09	9.57	36.78	31.77	5.01	6.33	0.86	0.84	7.89	2.87	1.72
65	APTc2-6	碎裂亮晶灰岩	3.53	5.06	0.67	2.84	0.61	0.18	0.65	0.12	0.68	0.16	0.42	0.06	0.32	0.05	5.51	15.36	12.89	2.46	5.23	0.89	0.79	7.41	3.64	1.63
66	APTc3-1	块状隐晶质灰岩	14.30	23.80	3.16	12.10	2.27	0.50	2.05	0.37	1.96	0.47	1.27	0.18	1.06	0.17	15.99	63.64	56.13	7.52	7.47	0.70	0.85	9.10	3.96	1.56
67	APTc3-2	碎裂隐晶质灰岩	19.60	36.00	4.14	14.90	2.98	0.56	2.12	0.39	1.97	0.43	1.21	0.16	1.14	0.18	12.20	85.77	78.18	7.59	10.30	0.59	0.96	11.59	4.14	1.50
68	APTc3-3	角砾状灰岩	12.30	22.50	2.78	11.10	2.32	0.53	2.04	0.36	1.99	0.43	1.19	0.17	0.99	0.15	12.80	58.85	51.53	7.32	7.04	0.75	0.93	8.42	3.33	1.67
69	APTc3-4	碎裂硅化亮晶灰岩	10.40	18.70	2.71	12.80	3.20	0.64	2.72	0.43	2.18	0.45	1.12	0.16	0.89	0.13	13.20	56.52	48.45	8.07	6.00	0.66	0.85	7.90	2.04	2.47
70	APTc3-5	角砾状硅化亮晶灰岩	6.79	11.20	1.52	6.26	1.53	0.39	1.35	0.26	1.51	0.32	0.87	0.12	0.77	0.11	10.30	33.00	27.69	5.31	5.21	0.82	0.84	5.92	2.79	1.41
71	APTc3-6	碎裂亮晶灰岩	3.46	5.28	0.75	3.11	0.68	0.19	0.75	0.13	0.73	0.18	0.45	0.07	0.38	0.05	6.12	16.20	13.46	2.74	4.91	0.80	0.79	6.15	3.22	1.60
72	APTc3-7	角砾状灰岩	3.85	5.93	0.83	3.64	0.80	0.22	0.75	0.15	0.78	0.19	0.50	0.07	0.35	0.06	6.31	18.10	15.27	2.83	5.39	0.85	0.80	7.37	3.03	1.71
73	APTc3-8	硅化亮晶灰岩	4.48	7.25	1.01	4.05	0.96	0.25	0.96	0.17	0.92	0.21	0.59	0.09	0.42	0.07	7.18	21.43	18.00	3.43	5.25	0.79	0.82	7.12	2.94	1.83
74	APLK-809	碎裂泥质灰岩	46.50	90.70	10.30	38.70	7.54	1.35	5.60	1.01	5.29	1.13	3.20	0.46	3.13	0.44	29.60	215.36	195.09	20.27	9.63	0.64	1.00	10.02	3.88	1.44
75	APLK-810	灰岩夹粉砂岩	34.30	67.70	8.18	31.60	6.95	1.25	5.89	1.02	5.63	1.20	3.28	0.46	3.02	0.42	31.60	170.90	149.98	20.92	7.17	0.60	0.97	7.66	3.10	1.57
76	APLK-811	硅化灰岩	18.10	40.40	4.61	18.80	4.09	0.89	3.52	0.59	3.35	0.68	1.80	0.25	1.68	0.23	18.70	99.00	86.89	12.10	7.18	0.72	1.06	7.26	2.78	1.69
77	APLK-812	隐晶质灰岩	48.10	92.20	10.80	38.60	7.37	1.39	5.88	1.09	5.96	1.27	3.84	0.50	3.41	0.49	33.20	220.70	198.46	22.24	8.92	0.64	0.97	9.51	4.11	1.39
78	APLK-813	绿泥石化隐晶质灰岩	41.40	78.70	9.33	35.80	7.50	1.42	6.05	1.08	5.85	1.24	3.32	0.49	3.03	0.42	32.80	195.62	174.15	21.47	8.11	0.64	0.96	9.21	3.47	1.61
79	APLK-814	隐晶质灰岩	23.10	44.50	5.51	22.30	5.17	1.20	4.51	0.74	4.03	0.81	2.20	0.30	1.91	0.29	22.90	116.57	101.78	14.79	6.88	0.76	0.95	8.15	2.81	1.90
80	APLK-815	块状隐晶质灰岩	35.20	60.00	6.89	29.90	6.82	1.82	9.19	1.56	9.34	2.16	5.72	0.66	3.62	0.50	91.30	173.38	140.63	32.74	4.29	0.70	0.93	6.56	3.25	2.05
81	APLK-816	隐晶质灰岩	28.10	45.70	5.15	21.10	4.80	1.13	5.87	0.98	5.48	1.26	3.56	0.43	2.30	0.31	54.10	126.17	105.98	20.18	5.25	0.65	0.91	8.24	3.68	2.06
82	APLK-817	硅化隐晶质灰岩	23.70	32.00	3.46	15.60	3.58	0.94	5.04	0.85	5.09	1.19	3.00	0.36	1.96	0.28	59.30	97.05	79.28	17.77	4.46	0.68	0.85	8.15	4.16	2.08

表 2 阿巴列克地区地层样品稀土元素特征值汇总
Table 2 Statistics for REE characteristic values of stratigraphic samples in the Abalike region

剖面号	统计数	$Y(\times 10^{-6})$	$\Sigma REE(\times 10^{-6})$	$\Sigma LREE$	$\Sigma HREE$	$\Sigma LREE/\Sigma HREE$	δEu	δCe	$(La/Yb)_N$	$(La/Sm)_N$	$(Gd/Yb)_N$
AP1K	20	5.71~33.60 (15.49)	7.52~201.14 (67.68)	5.82~187.48 (59.20)	1.70~23.05 (8.47)	2.25~13.73 (6.20)	0.63~1.35 (0.84)	0.25~1.19 (0.81)	2.72~15.74 (7.50)	0.81~4.69 (3.51)	0.92~2.88 (1.60)
AP2K	16	4.78~27.80 (11.88)	12.47~128.03 (50.28)	10.63~112.67 (44.20)	1.76~15.36 (6.08)	5.78~9.50 (7.01)	0.54~1.04 (0.76)	0.70~1.17 (0.98)	6.45~11.06 (8.57)	2.75~5.47 (3.62)	1.11~2.22 (1.73)
AP3K	5	4.77~10.80 (7.39)	13.74~54.91 (29.52)	11.82~48.89 (25.91)	1.91~6.02 (3.61)	6.18~8.12 (6.92)	0.68~0.88 (0.79)	0.93~1.06 (0.99)	6.73~9.80 (7.92)	3.09~4.16 (3.52)	1.44~1.69 (1.58)
AP4K	3	5.47~26.60 (16.49)	8.27~181.01 (111.89)	6.78~163.41 (101.52)	1.49~17.60 (10.38)	4.56~11.16 (8.33)	0.65~0.71 (0.67)	0.53~1.18 (0.95)	7.06~12.08 (9.51)	3.87~4.74 (4.21)	1.41~1.85 (1.58)
APTC1	14	4.96~27.80 (8.94)	15.03~182.07 (37.08)	12.85~163.48 (32.43)	2.19~18.59 (4.65)	5.62~8.80 (6.37)	0.64~1.02 (0.74)	0.75~0.95 (0.81)	7.86~10.80 (8.94)	2.93~4.32 (3.50)	1.37~2.12 (1.85)
APTC2	7	5.42~40.20 (11.54)	15.36~177.74 (44.00)	12.89~151.00 (37.44)	2.39~26.74 (6.56)	5.09~6.70 (5.75)	0.78~0.97 (0.84)	0.78~0.95 (0.84)	5.71~10.07 (7.70)	2.17~3.83 (3.12)	1.62~1.88 (1.74)
APTC3	8	6.12~15.90 (10.50)	16.20~85.77 (44.19)	13.46~78.18 (38.59)	2.74~8.07 (5.60)	4.91~10.30 (6.45)	0.66~0.85 (0.76)	0.79~0.96 (0.85)	5.92~11.59 (7.95)	2.04~4.14 (3.18)	1.41~2.47 (1.72)
APLK	9	18.70~91.30 (41.50)	97.05~220.70 (157.19)	79.28~198.46 (136.92)	12.10~32.74 (20.28)	4.29~9.63 (6.88)	0.60~0.76 (0.67)	0.85~1.06 (0.96)	6.56~10.02 (8.31)	2.78~4.16 (3.47)	1.39~2.08 (1.76)
合计	82	4.77~91.30 (15.24)	7.52~220.70 (63.86)	5.82~198.46 (55.88)	1.49~32.74 (7.98)	2.25~13.73 (6.57)	0.54~1.35 (0.77)	0.25~1.19 (0.88)	2.72~15.74 (8.20)	0.81~5.47 (3.49)	0.92~2.88 (1.71)

注:括号内为平均值



原始数据来源于文献[6];文献[10]

Original data are adopted from ref. [6] and [10]

图4 西昆仑多金属矿带内代表性矿床岩石、矿石样品 REE 配分模式图

Fig. 4 Chondrite-normalized REE distribution patterns of rock and ore samples from representative deposits in the western Kunlun polymetallic ore belt

(1) 该区地层样品的稀土元素含量(包括 Σ REE、 Σ LREE、 Σ HREE、Y)变化范围较宽,但其特征值[如 Σ LREE/ Σ HREE、 δ Eu、 δ Ce、 $(La/Yb)_N$]变化范围较一致,绝大多数样品的稀土配分模式为典型的 LREE 富集型,轻、重稀土分馏明显,且轻稀土比重稀土分馏要显著一些;同时样品一般具弱负 Eu 异常,Ce 异常不明显,仅少数几件稀土元素含量较低的样品中存在较明显负 Ce 异常。

(2) 该区地层样品在岩性上的差异对其稀土元素的含量可能影响较大,但一般没有对其球粒陨石标准化配分模式、铈、铈异常及部分特征值产生明显的影响。此外,该区地层样品的稀土元素含量将可能在判断、查证、追索矿体和成矿预测方面发挥一定的作用。

(3) 阿巴列克地区地层样品与西昆仑矿带内铁克里克、塔木、卡兰古、托库孜阿特等四个代表性矿床的岩石、矿石样品的稀土元素组成特征较一致,表明西昆仑多金属矿带内众多矿床的成矿物质与围岩

之间存在密切的成因联系。

致谢:野外工作期间得到新疆阿克陶县桂新矿业开发有限公司阿巴列克选厂李福良、黄泽等同志的支持和配合;室内分析测试得到中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室漆亮、胡静、黄艳等的帮助;样品描述得到中国科学院地球化学研究所刘铁庚同志的指导,在此一并表示衷心的感谢!

参考文献 (References):

[1] 常雪生. 新疆西昆仑地区铅锌矿成矿特征与找矿前景[J]. 新疆有色金属, 2003, 26(1): 2-4, 8.
Chang Xuesheng. Metallogenic characteristics and ore prospects of lead-zinc deposit in east Kunlun area, Xinjiang [J]. Xinjiang Non-Ferrous Metallurgy, 2003, 26(1): 2-4, 8. (in Chinese)

[2] 冯光英, 刘桑, 彭建堂, 张正伟, 戚华文, 朱笑青, 肖加飞, 王长华. 新疆塔木-卡兰古铅锌矿带流体包裹体特征[J]. 吉林

- 大学学报(地球科学版), 2009, 39(3): 406-414.
- Feng Guangying, Liu Shen, Peng Jiantang, Zhang Zhengwei, Qi Huawen, Zhu Xiaoqing, Xiao Jiafei, Wang Changhua. Characteristics of fluid inclusions from Tamu-Kalangu lead-zinc metallogenic belt, Xinjiang [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2009, 39(3): 406-414. (in Chinese with English abstract)
- [3] 胡庆雯, 朱红英, 周圣华. 新疆塔木-卡兰古铅-锌(铜)矿带区域控矿条件[J]. 矿产与地质, 2007, 21(5): 551-554.
- Hu Qingwen, Zhu Hongying, Zhou Shenghua. Regional ore-controlling conditions of the Tamu-Kalangu Pb-Zn (Cu) ore zone, Xinjiang[J]. Mineral Resources and Geology, 2007, 21(5): 551-554. (in Chinese with English abstract)
- [4] 胡庆雯, 刘宏林, 朱红英. 塔木-卡兰古铅-锌(铜)矿成矿背景探讨[J]. 有色金属: 矿山部分, 2008, 60(4): 11-16.
- Hu Qingwen, Liu Honglin, Zhu Hongying. Research of ore forming condition of Pb-Zn-Cu-(Ag-Co) mine in Tamu-Kalangu [J]. Non-Ferrous Metals (Mining Section), 2008, 60(4): 11-16. (in Chinese with English abstract)
- [5] 匡文龙, 高珍权, 印建平, 朱自强, 刘石华. 西昆仑地区塔木 MVT 型铅-锌矿床成矿作用和成矿物质来源探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2002, 21(4): 253-257.
- Kuang Wenlong, Gao Zhenquan, Yin Jianping, Zhu Ziqiang, Liu Shihua. Study on metallogenetic process of Tamu MVT type lead-zinc ore deposit and the source of metallogenetic material in west of Kunlun [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2002, 21(4): 253-257. (in Chinese with English abstract)
- [6] 匡文龙, 古德生, 刘继顺, 刘文伟. 西昆仑地区密西西比河谷型矿床的流体包裹体特征研究[J]. 有色矿冶, 2005, 21(2): 1-5.
- Kuang Wenlong, Gu Desheng, Liu Jishun, Liu Wenwei. Probe into fluid inclusions' characteristics of MVT deposit: western Kunlun district in Xinjiang (China) [J]. Non-Ferrous Mining and Metallurgy, 2005, 21(2): 1-5. (in Chinese with English abstract)
- [7] 匡文龙, 刘继顺, 朱自强, 刘石华. 塔西南 MVT 型铅-锌矿床成矿作用机制研究——以卡兰古铅-锌矿为例[J]. 新疆地质, 2003, 21(1): 136-140.
- Kuang Wenlong, Liu Jishun, Zhu Ziqiang, Liu Shihua. Mineralogical mechanism of lead-zinc deposits in southwestern Tarim [J]. Xinjiang Geology, 2003, 21(1): 136-140. (in Chinese with English abstract)
- [8] 匡文龙, 刘继顺, 朱自强, 刘石华. 西昆仑地区卡兰古 MVT 型铅-锌矿床成矿作用和成矿物质来源探讨[J]. 大地构造与成矿, 2002, 26(4): 423-428.
- Kuang Wenlong, Liu Jishun, Zhu Ziqiang, Liu Shihua. Metallogenesis of Kalangu MVT type lead-zinc deposit and sources of mineralogical materials in western Kunlun [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2002, 26(4): 423-428. (in Chinese with English abstract)
- [9] 匡文龙, 刘石华, 刘继顺, 朱自强. 西昆仑地区卡兰古密西西比河谷型铅-锌矿床成矿地质特征和成矿作用探讨[J]. 世界地质, 2002, 21(4): 340-346.
- Kuang Wenlong, Liu Shihua, Liu Jishun, Zhu Ziqiang. Probe into Kalangu MVT type lead-zinc deposit's mineralogical process and the source of mineralogical material in west of Kunlun [J]. World Geology, 2002, 21(4): 340-346. (in Chinese with English abstract)
- [10] 匡文龙, 刘文伟. 西昆仑地区密西西比河谷型铅-锌矿床成矿地质条件分析与成矿远景预测[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 1-119.
- Kuang Wenlong, Liu Wenwei. Analysis of mineralogical conditions and prediction of prospective area of Mississippi Valley-type Pb-Zn deposits in western Kunlun region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 1-119. (in Chinese)
- [11] 李博泉, 王京彬. 中国新疆铅-锌矿床[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 1-171.
- Li Boquan, Wang Jingbin. Lead-zinc deposits in Xinjiang, China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 1-171. (in Chinese with English abstract)
- [12] 王书来, 汪东波, 祝新友. 新疆西昆仑金(铜)矿找矿前景分析[J]. 地质找矿论丛, 2000, 15(3): 224-229.
- Wang Shulai, Wang Dongbo, Zhu Xinyou. Ore-searching prospect analysis of gold (copper) deposits in the western Kunlun area, Xinjiang autonomous region [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2000, 15(3): 224-229. (in Chinese with English abstract)
- [13] 王书来, 汪东波, 祝新友. 塔里木西南缘 MVT 型铅-锌矿床流体包裹体研究[J]. 矿产与地质, 2001, 15(4): 238-242.
- Wang Shulai, Wang Dongbo, Zhu Xinyou. The fluid inclusion in MVT lead-zinc deposit in southwest margin of Tarim [J]. Mineral Resources and Geology, 2001, 15(4): 238-242. (in Chinese with English abstract)
- [14] 王书来, 汪东波, 祝新友, 王京彬, 彭省临. 新疆塔木-卡兰古铅-锌矿床成矿流体地球化学特征[J]. 地质地球化学, 2002, 30(4): 34-39.
- Wang Shulai, Wang Dongbo, Zhu Xinyou, Wang Jingbin, Peng Shenglin. Ore-fluid geochemistry of Tamu-Kalangu Pb-Zn deposit in Xinjiang [J]. Geology-Geochemistry, 2002, 30(4): 34-39. (in Chinese with English abstract)
- [15] 杨向荣, 彭建堂, 胡瑞忠, 戚华文, 刘桑. 新疆塔木铅-锌矿成矿流体特征与矿床成因[J]. 地球化学, 2009, 38(6): 536-548.
- Yang Xiangrong, Peng Jiantang, Hu Ruizhong, Qi Huawen, Liu Shen. Fluid characteristic and ore genesis of Tamu lead and zinc ore deposit, Xinjiang [J]. Geochimica, 2009, 38(6): 536-548. (in Chinese with English abstract)
- [16] 印建平, 田培仁, 戚学祥, 陈克强. 西昆仑塔木-卡兰古铅-锌矿带含矿岩系的地质地球化学特征[J]. 现代地质, 2003, 17(2): 143-150.
- Yin Jianping, Tian Peiren, Qi Xuexiang, Chen Keqiang. Characteristics of geology and geochemistry of ore-bearing formation in Tamu-Kalangu lead-zinc-copper ore belts in western Kunlun mountain [J]. Geoscience, 2003, 17(2): 143-

150. (in Chinese with English abstract)
- [17] 袁波. 新疆西昆仑卡兰古、塔木铅锌矿地质特征和矿化富集规律研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007: 1-84.
Yuan Bo. Study of geological characteristics and enrichment regularities of mineralization of Kalangu, Tamu lead-zinc deposits, west Kunlun, Xinjiang Province [D]. Changchun: Jilin University, 2007: 1-84. (in Chinese with English abstract)
- [18] 周志坚, 曾志钢, 陈世平. 新疆西昆仑塔-卡铅-锌矿区成矿特征及找矿方向[J]. 矿产与地质, 2004, 18(2): 128-133.
Zhou Zhijian, Zheng Zhigang, Chen Shiping. Metallogenic feature and prospecting direction of Taka lead-zinc ore field, western Kunlun, Xinjiang [J]. Mineral Resources and Geology, 2004, 18(2): 128-133. (in Chinese with English abstract)
- [19] 祝新友, 汪东波, 王书来. 新疆塔木-卡兰古 MVT 铅锌矿带地质特征[J]. 有色金属矿产与勘查, 1997, 6(4): 202-207.
Zhu Xinyou, Wang Dongbo, Wang Shulai. Geology of the Tamu-Kalangu MVT Pb-Zn belt, Xinjiang [J]. Geological Exploration for Non-Ferrous Metals, 1997, 6(4): 202-207. (in Chinese with English abstract)
- [20] 祝新友, 汪东波, 王书来. 新疆阿克陶县塔木-卡兰古铅锌矿带矿床地质和硫同位素特征[J]. 矿床地质, 1998, 17(3): 204-214.
Zhu Xinyou, Wang Dongbo, Wang Shulai. Geology and sulfur isotope geochemistry of the Tamu-Kalangu lead-zinc deposits, Akto County, Xinjiang [J]. Mineral Deposits, 1998, 17(3): 204-214. (in Chinese with English abstract)
- [21] 祝新友, 汪东波, 王书来. 新疆塔里木盆地西南缘铅锌矿找矿潜力分析[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(6): 413-416.
Zhu Xinyou, Wang Dongbo, Wang Shulai. Potential for prospecting of Pb-Zn deposits on the western margin of Tarim basin in Xinjiang [J]. Geological Exploration for Non-Ferrous Metals, 1999, 8(6): 413-416. (in Chinese with English abstract)
- [22] 祝新友, 汪东波, 王书来. 新疆阿克陶县塔木-卡兰古铅锌矿带矿体地质特征[J]. 地质与勘探, 2000, 36(6): 32-35.
Zhu Xinyou, Wang Dongbo, Wang Shulai. The characteristics of ore-bodies, Tamu-Kalangu lead-zinc deposits, Arketao county, Xinjiang [J]. Geology and Prospecting, 2000, 36(6): 32-35. (in Chinese with English abstract)
- [23] 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 中国新疆铜矿床和镍矿床[M]. 北京: 地质出版社, 2005: 1-360.
Liu Dequan, Tang Yanling, Zhou Ruhong. Copper deposits and nickel deposits in Xinjiang, China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005: 1-360. (in Chinese with English abstract)
- [24] 张正伟, 彭建堂, 肖加飞, 朱笑青, 沈能平, 张中山, 游富华. 塔西南缘沉积岩层控型铅-锌矿带区域构造控矿作用[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2009, 28(4): 318-329.
Zhang Zhengwei, Peng Jiantang, Xiao Jiafei, Zhu Xiaqing, Shen Nengping, Zhang Zhongshan, You Fuhua. Regional metallotectonics of the lead-zinc deposits zone in southwestern margin of the Tarim plate [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2009, 28(4): 318-329. (in Chinese with English abstract)
- [25] Qi L, Gregoire D C. Determination of trace elements in twenty six Chinese geochemistry reference materials by inductively coupled plasma-mass spectrometry [J]. Geostandards Newsletters, 2000, 24(1): 51-63.
- [26] Boynton W V. Geochemistry of the rare earth elements; meteorite studies [A]. Henderson P. Rare earth element geochemistry [M]. Elsevier, 1984: 63-114.
- [27] 董永观, 郭坤一, 廖圣兵, 肖惠良, 王涛. 新疆西昆仑科库西里克铅锌矿床地质及元素地球化学特征[J]. 地质学报, 2006, 80(11): 1730-1738.
Dong Yongguan, Guo Kunyi, Liao Shengbing, Xiao Huiliang, Wang Tao. Geological and geochemical characteristics of the Kekuxilik lead-zinc ore deposit, west Kunlun, Xinjiang [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(11): 1730-1738. (in Chinese with English abstract)