文章编号: 1001-1412(1999)03-0057-07

莫托萨拉一带稀土元素地球化学特征及其地质意义

覃志安, 陈新邦
(天津地质研究院, 天津 300061)

摘 要: 对莫托萨拉一带不同时代地质体中不同岩石稀土元素的分布、配分、比值进行研究, 并探讨它们之间的某些成因关系。从分析结果看, 莫托萨拉石炭系和三叠系花岗质砾岩、砂岩系盆地周围花岗质岩浆岩的风化产物, 铁锰矿与火山岩间在稀土元素方面关系不密切, 奥热且克沟铜矿石与变质围岩间有较密切的关系。

关键词: 稀土元素; 地质体; 成因
中图分类号: P595 文献标识码: A

1 地质背景

莫托萨拉位于天山地槽褶皱系的天山中段褶皱带。地壳发展经历了晋宁、加里东、海西、阿尔卑斯四个旋回, 以较大的沉积厚度、频繁的岩浆活动、岩石的深度变质和线性褶皱为主要构造特征。区内断裂较发育, 断层和褶皱轴线方向基本一致, 以北西西向和近东西向为主。

本区出露的主要地层有中上元古界(Pt_{2+3})片岩、片麻岩和糜棱岩; 奥陶系可可乃克群(Okk)变质的火山-沉积岩; 石炭系含铁锰火山-沉积岩; 下—中三叠统(T_{1-2})紫红色砾岩、砂岩和页岩。

区内岩浆活动较普遍, 岩浆岩的分布受构造断裂控制, 多沿断裂侵入。岩体一般狭长状、大小不等。岩浆岩可分为晋宁期中性岩(闪长岩、闪长玢岩)、加里东期中酸性岩(石英闪长岩、花岗岩)和海西期中酸性岩(花岗岩、花岗闪长岩)。

区内分布有铁锰矿、铁矿、铅锌矿、铜矿、萤石、重晶石和石灰岩等矿产。近年来还发现了一些金矿化点和异常, 目前只有产于石炭系中的铁锰矿达到中型规模。对于其成因, 有较传统的滨海正常沉积型、热卤水沉积型和近来较流行的火山-沉积型三种意见。

收稿日期: 1999-05-19; 修订日期: 1999-05-26
科技项目: 本文为国家 305 项目 03-053B-2 子题的部分成果
第一作者简介: 覃志安(1962-), 男(壮族), 高级工程师, 博士, 矿床学、沉积学研究。

2 稀土元素含量特征

该区不同岩石中稀土元素含量(表1)说明,不同地质体中稀土元素含量各不相同。总的来说,石炭系火山岩中稀土元素含量最高(w REE 238.72×10^{-6}～308.35×10^{-6});不同时代侵入岩次之(w REE 66.55×10^{-6}～201.91×10^{-6}),侵入岩中从酸性到基性轻稀土元素含量和稀土总量有依次降低的趋势,重稀土则较复杂;石炭系正常沉积岩及其铁锰矿石中稀土含量最低,而且变化最大(w REE 12.04×10^{-6}～165.66×10^{-6}),特别是其中的灰岩、铁矿石和锰矿石更为显著。

表1 莫托萨拉一带不同岩石稀土元素分析结果

Table. 1 REE analyses of rocks in Motuosona area $w_B/10^{-6}$

序号	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	REE
1	闪长岩	14.22	25.28	3.25	13.66	3.65	1.17	4.05	0.70	4.49	0.87	2.46	0.40	2.42	0.40	24.65	101.68
2	闪长岩	21.27	32.81	4.05	15.49	3.09	0.92	3.01	0.46	2.75	0.57	1.63	0.27	1.55	0.26	15.84	103.98
3	花岗闪长岩	24.75	55.25	6.30	23.36	4.20	1.06	3.56	0.52	2.78	0.54	1.43	0.21	1.25	0.21	14.89	140.30
4	绿泥石英片岩	14.45	35.24	4.79	20.70	5.05	1.23	5.22	0.88	5.11	1.00	2.81	0.46	2.65	0.43	27.75	127.73
5	黄铜矿化花岗岩	38.33	86.55	7.79	24.90	4.22	0.66	3.62	0.65	4.08	0.83	2.44	0.41	2.51	0.39	24.54	201.91
6	条带状锰矿	11.19	20.08	2.32	6.22	1.31	0.29	1.15	0.19	0.99	0.18	0.47	0.07	0.40	0.06	5.78	50.69
7	黄铁矿化砂岩	28.33	58.85	7.60	26.33	5.58	1.03	5.36	0.85	4.69	0.91	2.38	0.37	1.96	0.32	28.61	173.16
8	含锰铁矿	20.04	36.99	5.21	19.42	5.01	0.98	5.97	0.97	5.64	1.01	2.65	0.40	2.29	0.36	39.99	146.92
9	铁矿	5.97	14.32	1.54	3.18	0.76	0.25	0.61	0.11	0.62	0.13	0.38	0.06	0.40	0.06	3.82	32.22
10	硅质夹层	12.09	13.29	1.60	4.36	1.22	0.45	1.20	0.23	1.49	0.34	1.09	0.19	1.23	0.21	18.34	57.31
11	铁矿	3.58	4.24	0.70	2.55	0.59	0.18	0.51	0.09	0.54	0.11	0.33	0.05	0.29	0.04	5.32	19.13
12	含铁硅质岩	6.71	10.22	1.36	4.23	1.13	0.38	0.82	0.14	0.76	0.15	0.38	0.06	0.36	0.06	7.06	33.82
13	铜矿化铁硅质岩	7.96	17.01	2.03	5.72	1.22	0.40	0.90	0.17	1.04	0.23	0.63	0.10	0.69	0.11	7.97	46.18
14	灰岩	2.44	4.75	0.54	1.19	0.28	0.05	0.23	0.04	0.21	0.05	0.14	0.02	0.12	0.02	1.96	12.04
15	紫红色砂岩	19.52	44.21	5.07	17.42	3.17	0.47	2.48	0.40	2.20	0.44	1.19	0.19	1.18	0.18	12.56	110.68
16	辉长岩	6.24	15.93	2.24	9.63	2.48	0.90	2.95	0.51	3.15	0.65	1.85	0.28	1.63	0.27	17.85	66.55
17	灰岩	15.97	27.14	3.14	10.26	1.77	0.40	1.43	0.22	1.28	0.26	0.67	0.11	0.62	0.10	8.19	71.52
18	花岗质砾岩	35.46	65.55	7.17	24.05	4.23	0.60	3.29	0.54	3.12	0.61	1.66	0.28	1.67	0.26	17.18	165.66
19	凝灰岩	44.94	93.45	11.55	43.08	7.63	1.32	5.09	0.74	3.93	0.79	2.14	0.36	2.20	0.34	21.17	238.72
20	火山熔岩	56.05	122.70	14.04	51.25	9.03	1.46	6.97	1.09	6.09	1.18	3.06	0.47	2.65	0.30	31.92	308.35
21	角闪片岩	32.17	73.35	9.05	33.59	6.07	0.88	4.44	0.67	3.64	0.72	1.99	0.33	2.08	0.33	20.16	189.47
22	铜矿石	6.67	13.04	1.99	8.04	3.44	0.61	5.35	1.17	7.87	1.60	4.43	0.69	4.03	0.58	50.70	110.19
23	绿泥石英片岩	13.18	36.44	5.45	25.24	6.66	2.05	7.56	1.32	8.79	1.76	5.01	0.78	4.89	0.73	50.55	170.41

由武汉综合岩矿测试中心测定

对每个样品来说,各元素的分布服从奥多-哈金斯法则(即奇偶效应),随着原子序数增大,元素的含量有逐渐下降的趋势。

在一个地质剖面中,从下而上稀土元素含量变化无明显的规律性,其含量的高低似乎主要受岩性的控制。

3　稀土元素的配分

莫托萨拉一带岩浆岩稀土元素配分曲线(图 1) 总体来说较平坦, 从轻稀土到重稀土有逐渐降低的趋势。偏酸性岩石的轻稀土段曲线明显在偏基性岩石的上面。Ho 负异常较明显, Eu 负异常则不明显, 只有矿化花岗岩具有明显的 Eu 负异常。

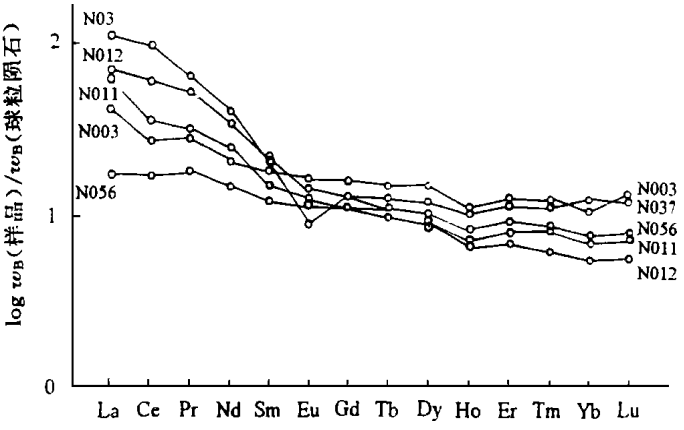

图 1　莫托萨拉一带岩浆岩稀土元素分配模式

Fig. 1　REE pattern of magmatic rock in motuosarla Area

N003. 闪长岩　N011. 闪长岩　N012. 花岗闪长岩

N037. 矿化花岗岩　N056. 辉长岩

该区变质岩的稀土配分曲线(图 2) 也较平缓, 从轻稀土到重稀土也是逐渐降低的, Eu 和 Ho 负异常均较明显, 产于 Pt_{2+3} 变质岩中铜矿石(含铜碳酸盐脉) 的稀土配分曲线的主要差别在于轻稀土段明显比重稀土段低, Eu 负异常很明显。

沉积岩及产于其中的铁锰矿石、火山岩的稀土配分曲线见图 3。由图可见轻稀土随原子量增大曲线下降速度较快, 重稀土则下降较慢; Ho 负异常明显, 一些样品(火山岩、黄铁矿化砂岩、硅质夹层、花岗质砾岩、紫红色砂岩) 中 Eu 和 Yb 负异常也较明显, 少数样品还见 Ce 负异常。

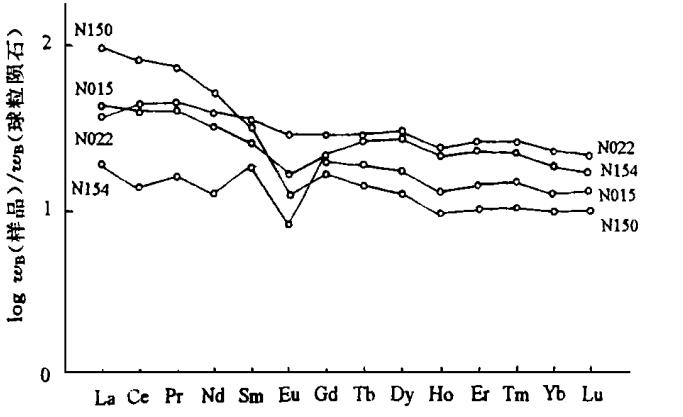

图 2　莫托萨拉一带变质岩及其中铜矿石稀土元素分配模式

Fig. 2　REE pattern of metamorphic rock and Cu ore in Motuosarla area

N015. 绿泥石英片岩　N022. 绿泥石英片岩　N150. 透辉石角闪片岩

N154. 铜矿石

总的来说, 岩浆岩、变质岩、沉积岩及其中矿石的稀土配分曲线均有随原子序数增大而逐渐下降的趋势; 绝大多数样品 Ho 负异常明显, 这是该区独特的地质作用所造成的; 与内生成矿作用有关的(岩) 矿石具有明显的 Eu 负异常, 而与外生成矿作用有关的岩矿样 Eu 负异常不明显。

4　稀土元素及样品间的相关性

通过 R 型聚类分析可知, Er 和 Tm 之间的相似性最大, 其相似性变量为 0. 998 0; Dy 和

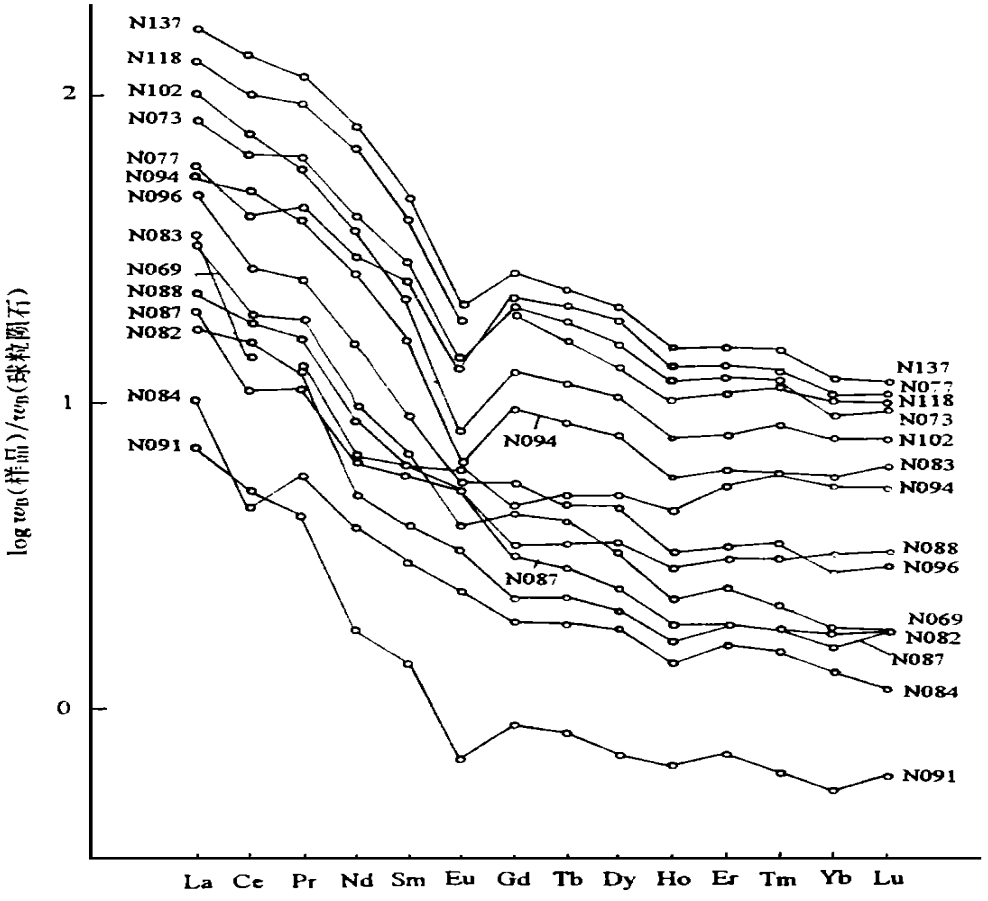

图 3 莫托萨拉一带沉积岩火山岩及铁锰矿石稀土元素分配模式

Fig. 3 REE pattern of sedimentary, volcanic rock and Fe, Mn ore in Motuosarla area

N069. 条带状锰矿 N073. 黄铁矿化砂岩 N077. 含锰铁矿 N082、N084 铁矿 N083. 硅质夹层 N087. 含铁硅质石 N088. 铜矿化铁硅质岩 N091、N096. 灰岩 N094. 紫红色砂岩 N102. 花岗质岩 N118. 火山凝灰岩 N137. 安山质熔岩

Ho, Yb 和 Lu, Er 和 Lu 等之间次之, 它们之间的相似性变量分别为 0.997 9, 0.996 4, 0.994 1, Pr 和 Nd, Gd 和 Tb, La 和 Sm 之间相似性变量也分别达 0.989 0, 0.980 7 和 0.907 2。上述现象是因为这些元素对之间原子序数、原子量、电子层结构、电负性、离子电价、原子和离子半径等非常接近甚至相等[5], 使它们具有非常相似的地球化学性质所造成的。

通过 23 个岩矿石样品的 Q 型聚类分析(图 4), 9 号和 11 号铁矿石之间的关系最为密切, 其相似性度量为 0.052 43; 6 号条带状锰矿和 12 号含铁硅质岩之间相似性度量为 0.073 2; 6 号、12 号和 13 号铜矿化铁硅质岩之间的相似性度量为 0.163 8; 9 号、11 号和 14 号灰岩间相似性度量为 0.172 7; 2 号闪长岩和 3 号花岗闪长岩间为 0.159 9; 1 号闪长岩和 4 号绿泥石英片岩间为 0.175 7; 7 号黄铁矿化砂岩和 21 号透辉石角闪石片岩间为 0.185 5; 5 号黄铁矿化花

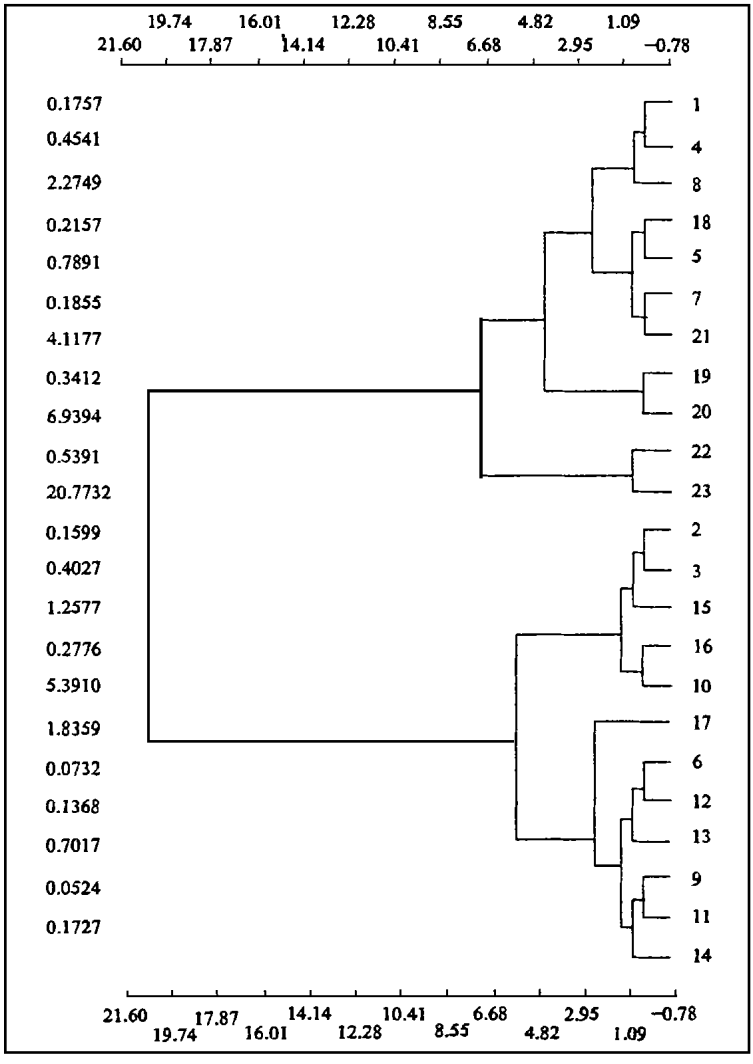

图 4　Q 型聚类分析谱系

Fig. 4　Q pattern cluster analysis

岗岩与 18 号花岗质砾岩间为 0. 215 7, 说明石炭系中花岗质砾岩是由周围的花岗岩经(物理风化为主的) 风化作用后短途搬运沉积形成的; 10 号硅质夹层和 16 号辉长岩间相似性度量也仅为 0. 277 6; 2 号、3 号和 15 号紫红色砂岩间为 0. 402 7; 19 号火山凝灰岩和 20 号安山质火山熔岩间为 0. 341 2, 说明它们是同一期火山作用不同阶段的产物; 1 号、4 号和 8 号含锰铁矿间为 0. 454 1; 22 号铜矿石和 23 号绿泥石英片岩间为 0. 539 1; 6 号、12 号、13 号和 9 号、11 号、14 号之间为 0. 701 7; 18 号、5 号和 70 号、21 号之间为 0. 789 1。总体来说, 石炭系和三叠系多数沉积岩及其中的铁矿石、锰矿石之间关系密切, 与周围晋宁期闪长岩、花岗闪长岩之间关系也较密切, 而与石炭系中的火山凝灰岩、安山质熔岩关系较疏远。Pt_{2+3}、O*kk* 变质岩和花岗岩、

闪长岩、花岗质砾岩、砂岩、火山岩间关系较为密切。

5 稀土元素间的比值

通过R型聚类分析,我们知道Er和Tm、Dy和Ho、Yb和Lu、Pr和Nd、Gd和Tb、La和Sm等稀土元素对之间关系密切,因此,计算出它们之间的比值(表2),以进一步观察它们的特征,研究各样品间的成因关系。由表2可知,这些比值的变化范围都不大,而且有随着密切程度降低其变化范围逐渐变大的趋势。例如Tr/Tm值从5.74到7.0,两者差1.26;Dy/Ho从4.2到5.58,差1.38;Yb/Lu从5.86到7.25,差1.39;Nd/Pr从2.06到4.63,差1.57;Gd/Tb从4.57到6.88,差2.31;La/Sm从1.94到9.91,差7.97。铁矿石有Yb/Lu、La/Sm较高、Nd/Pr变化较大的特点;锰矿石则有Dy/Ho较高,Er/Tm和Gd/Tb偏高、La/Sm变化较大的特点。奥热且克沟铜矿石中Gd/Tb和La/Sm最低。花岗岩和经其风化、搬运、沉积形成的花岗质砾岩之间这些比值都非常接近。铁锰矿石的Nd/Pr、Gd/Tb比值明显比火山岩的为低。

表2 稀土元素对的比值

Table.2 Ratio of REE pair

顺序号	样品名称	Er/Tm	Dy/Ho	Yb/Lu	Nd/Pr	Gd/Tb	La/Sm	平均
1	闪长岩	6.15	5.16	6.05	4.20	5.79	3.90	5.21
2	闪长岩	6.04	4.82	5.96	3.82	6.54	6.88	5.67
3	花岗闪长岩	6.81	5.15	5.95	3.71	6.85	5.89	5.73
4	绿泥石英片岩	6.11	5.11	6.16	4.32	5.93	2.86	5.08
5	黄铜矿化花岗岩	5.95	4.92	6.44	3.20	5.57	9.08	5.86
6	条带状锰矿	6.71	5.5	6.67	2.68	6.05	8.54	6.03
7	黄铁矿化砂岩	6.43	5.15	6.13	3.46	6.31	5.08	5.43
8	含锰铁矿	6.63	5.58	6.36	3.73	6.15	4.00	5.41
9	铁矿	6.33	4.77	6.67	2.06	5.55	7.86	5.54
10	硅质夹层	5.74	4.38	5.86	2.73	5.22	9.91	5.64
11	铁矿	6.6	4.91	7.25	3.64	5.67	6.07	5.69
12	含铁硅质岩	6.33	5.07	6	3.11	5.86	5.94	5.39
13	铜矿化铁硅质岩	6.3	4.52	6.27	2.82	5.29	6.52	5.29
14	灰岩	7.0	4.2	6	2.20	5.75	8.71	5.64
15	紫红色砂岩	6.26	5.0	6.56	3.44	6.2	6.16	5.60
16	辉长岩	6.61	4.85	6.04	4.30	5.78	2.52	5.02
17	灰岩	6.09	4.92	6.2	3.27	6.5	9.02	6.00
18	花岗质砾岩	5.93	5.11	6.42	3.35	6.05	8.38	5.88
19	火山凝灰岩	5.94	4.97	6.97	3.73	6.88	5.89	5.73
20	安山质火山熔岩	6.51	5.16	6.47	3.65	6.39	6.21	5.73
21	透辉石角闪片岩	6.03	5.06	6.30	3.71	6.63	5.30	5.51
22	铜矿石	6.42	4.92	6.95	4.04	4.57	1.94	4.81
23	绿泥石英片岩	6.42	4.99	6.70	4.63	5.73	1.98	5.08
	平均	6.32	4.97	6.36	3.47	5.97	6.03	5.52

6 结 语

稀土元素分析表明, 该区稀土元素含量主要受岩性控制。石炭系火山岩中稀土含量最高; 不同时代侵入岩次之, 且从酸性岩向基性岩方向稀土总量和轻稀土含量有逐渐降低的趋势; 石炭系正常沉积岩及铁矿石、锰矿石中稀土含量最低。大多数样品稀土配分曲线有随原子序数增加而逐渐降低的趋势(奥热且克沟中铜矿石除外) 。Ho 负异常明显, 这是该区独特的地质作用所造成的, 具体形成原因还有待进一步探讨。内生成矿作用与 Eu 负异常关系明显, 外生成矿作用则不明显。莫托萨拉铁锰矿和附近的火山岩在稀土元素含量、配分模式、相关性度量、元素对比值等方面均有较大差别, 这可能说明它们在成因上没有很直接的联系, 这与华明弟(1985) 的观点有些出入。莫托萨拉石炭系花岗质砾岩、砂岩在稀土总量、配分模式、相似性度量等方面都与盆地周围花岗质岩浆岩有紧密联系。奥热且克沟铜矿石与变质围岩虽然稀土配分模式上有些区别, 但从聚类分析和元素对比值看它们之间关系较为密切。

参考文献:

[1] 陈德潜, 陈刚. 实用稀土元素地球化学[M]. 冶金工业出版社, 1990.
[2] 华明弟. 论莫托萨拉铁锰矿床的火山-沉积成因[J]. 新疆地质, 1985, 3(1): 12-21.
[3] 张秀颖. 莫托萨拉铁矿[A]. 姚培慧. 中国铁矿志[M]. 冶金工业出版社, 1993, 381-384.
[4] 张秀颖. 莫托萨拉铁锰矿床[A]. 姚培慧. 中国锰矿志[M]. 冶金工业出版社, 1995, 219-228.
[5] 刘英俊, 曹励明, 李兆麟, 等. 元素地球化学[M]. 科学出版社, 1984.

THE REE GEOCHEMISTRY OF ROCKS AND ORES IN MOTUOSARIA AREA AND THE GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

QIN Zhi-an, CHEN Xin-bang
(*Tianjin Geological Academy*, *Tianjin* 300061, *China*)

Abstract: In this article, the authors analyse the original relation between different geological bodies by using REE pattern, REE cluster and ratio analysis of rocks and ores in motuosarla area. It is suggested that the Carboniferous and Triassic granitic conglomerate and sandstone come from the granities around the basin; Fe and Mn ores not closely related to volcanic rock, Cu ore in Aoreqieke Ditch closely retated to metamorphic wallrock.

Key words: REE; geological body; original relation