

# 大兴安岭中南段塔尔气地区满克头鄂博组火山岩地球化学特征及地质意义

李尚启<sup>1</sup>, 李俊涛<sup>2</sup>, 朱小平<sup>2</sup>, 吴国学<sup>1</sup>, 刘雪松<sup>1</sup>, 李森林<sup>1</sup>

1. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2. 湖北省地质局第八地质大队, 湖北 襄阳 441000

**摘 要:** 塔尔气地区满克头鄂博组火山岩主要为流纹岩、流纹质凝灰熔岩和流纹质晶屑凝灰岩, 主量元素分析结果表明该火山岩具有准铝—弱过铝质 ( $Al_2O_3=11.55\% \sim 14.76\%$ ,  $A/CNK=1.01 \sim 1.35$ )、富碱 ( $Na_2O+K_2O=4.56\% \sim 8.79\%$ )、贫钙镁的岩石化学特点. 稀土元素分析结果表明火山岩  $\Sigma REE$  含量较高 (平均为  $168.69 \times 10^{-6}$ ), 稀土元素配分模式图均呈右倾型, LREE 为轻度富集型, HREE 分布相对较为平坦, 铕负异常明显 ( $\delta Eu=0.29 \sim 0.72$ ), 岩石  $Rb/Sr=0.3 \sim 11.4$ , 微量元素明显富集 LILE (Rb、Ba、K) 而亏损 HFSE (Nb、Ta、Ti). 结合地球化学特征及前人研究资料, 认为塔尔气地区满克头鄂博组火山岩具有壳源岩浆的典型特征, 岩浆源区有斜长石残留或岩浆经历了斜长石的分离结晶作用; 满克头鄂博组火山岩属于 A 型火山岩, 可能是蒙古—鄂霍次克洋闭合后的岩石圈伸展体制下的产物.

**关键词:** 满克头鄂博组; 地球化学特征; 塔尔气; 大兴安岭

## THE VOLCANIC ROCKS IN MANKETOUEBO FORMATION FROM TAERQI AREA, SOUTH-CENTRAL DAXINGANLING MOUNTAINS: Geochemical Characteristics and Geological Implication

LI Shang-qi<sup>1</sup>, LI Jun-tao<sup>2</sup>, ZHU Xiao-ping<sup>2</sup>, WU Guo-xue<sup>1</sup>, LIU Xue-song<sup>1</sup>, LI Sen-lin<sup>1</sup>

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China;

2. No. 8 Geological Brigade, Hubei Geological Bureau, Xiangyang 441000, Hubei Province, China

**Abstract:** The volcanic rocks in Manketouebo Formation from Taerqi area are mainly rhyolite, rhyolitic tufflava and rhyolitic crystal tuff. The analysis results of major elements indicate that the volcanic rocks are characterized by quasi aluminum-weak peraluminum, with  $Al_2O_3 = 11.55\% - 14.76\%$  and  $A/CNK = 1.01 - 1.35$ , rich alkali ( $Na_2O+K_2O = 4.56\% - 8.79\%$ ) and poor calcium and magnesium. The average content of REEs in the volcanic rocks is  $168.69 \times 10^6$ . The distribution patterns show right-dipping curves with slight enrichment of LREEs and relatively flat distribution of HREEs, with distinctive negative Eu anomaly ( $\delta Eu=0.29 - 0.72$ ) and  $Rb/Sr = 0.3 - 11.4$ . The trace elements are obviously enriched in LILEs such as Rb, Ba and K, but depleted in HFSEs like Nb, Ta and Ti. Combined with the geochemical characteristics and previous research data, it is thought that the volcanic rocks in Manketouebo Formation, bearing the typical characteristics of crust-derived magma, with residual plagioclase or fractional crystallization of plagioclase in the magma source area, belong to A-type, which is possibly the product of lithosphere extension tectonic system after the closure of Mongolia-Okhotsk Ocean.

**Key words:** Manketouebo Formation; geochemical characteristics; Taerqi area; Daxinganling Mountains

收稿日期: 2016-11-28; 修回日期: 2017-04-13. 编辑: 张哲.

基金项目: 中国地质调查局“内蒙古呼伦贝尔市阿木辉伊勒特等四幅区域矿产地质调查”项目 (NMKD2008-02).

作者简介: 李尚启 (1990—), 男, 硕士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业, 通信地址 吉林省长春市朝阳区建设街 2199 号, E-mail//349966977@qq.com

通信作者: 吴国学 (1962—), 男, 教授, 主要从事矿产勘查研究工作, 通信地址 吉林省长春市朝阳区建设街 2199 号, E-mail//wuguo-xue@163.com

### 0 引言

大兴安岭地处中国东北地区, 其中段中生代火山活动经历了多期次旋回演化, 火山岩广泛发育. 近年来关于大兴安岭地区火山岩的研究取得了较大进展<sup>[1-11]</sup>, 葛文春等<sup>[1]</sup>认为地幔柱上涌引起岩石圈伸展是形成大兴安岭中生代流纹岩具有类似于大陆裂谷流纹岩特征的根本原因; 张吉衡<sup>[3]</sup>等人认为大兴安岭中生代基性岩石主要来源于富集地幔; 张超等<sup>[2]</sup>通过对大兴安岭中南段塔尔气地区满克头鄂博组流纹岩地球化学研究认为, 满克头鄂博组流纹岩形成于造山后伸展环境, 可能与蒙古-鄂霍次克洋闭合后的岩石圈伸展作用相关. 对岩石成因的研究普遍认为属于高分异 I 型火山岩<sup>[1-4]</sup>. 笔者通过对大兴安岭中南段满克头鄂博组火山岩地球化学特征的研究认为其属于 A 型火

山岩, 为进一步认识研究区内满克头鄂博组火山岩的岩石成因以及形成的构造背景提供参考.

### 1 地质概况

研究区大地构造位于兴安地块中部, 在中生代经历了蒙古-鄂霍次克构造体系和古太平洋构造体系的演化<sup>[4]</sup>, 形成了一系列北东向、北西向及东西向的断裂构造. 区内火山岩发育(图 1), 主要包括中生代火山岩和新生代火山岩. 其主体出露在研究区内的北部、东南部. 北自阿木辉伊勒特沟, 南至河口林场以南, 东起苏格河、塔尔气, 向西 25 km, 构成了塔尔气中生代火山岩盆地.

根据新的地层清理资料, 结合岩层间接触关系, 研究区内中生代火山岩自下而上依次划分为 4 组. 其

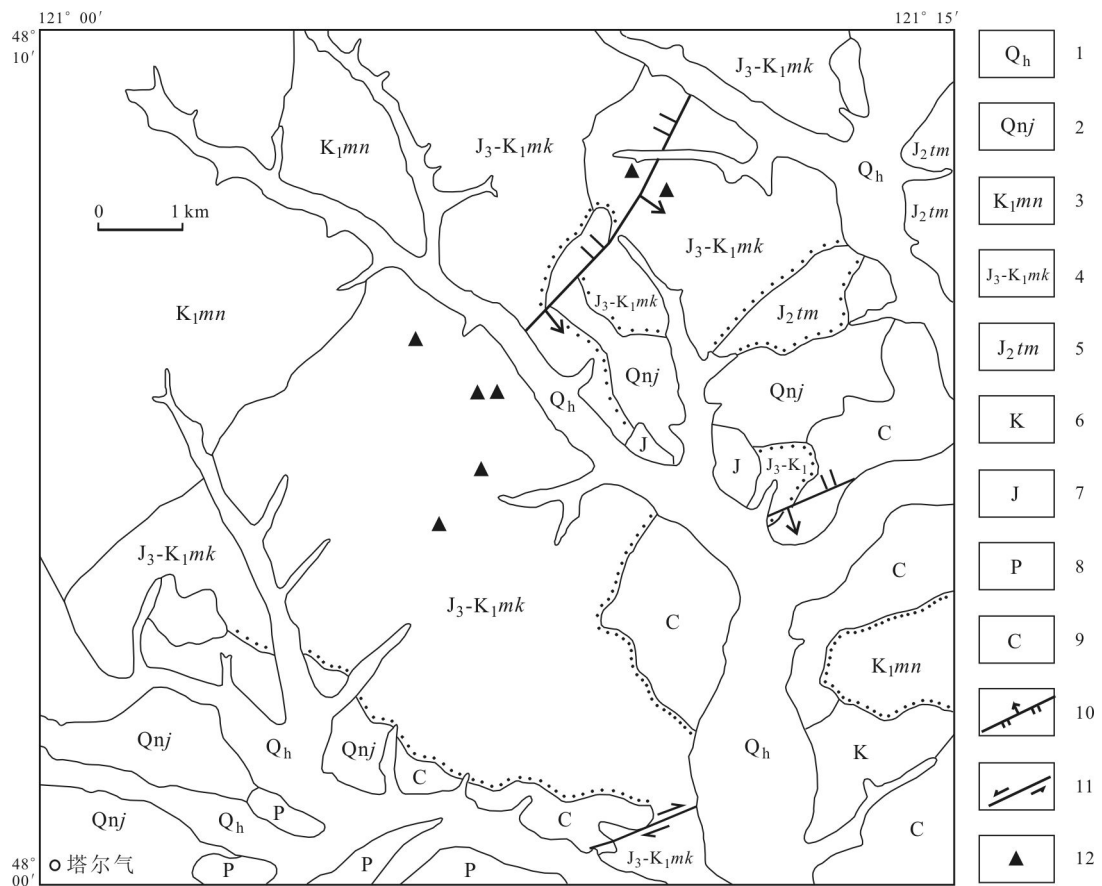


图 1 塔尔气地区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of Taerqi area

- 1—第四纪沉积物(Quaternary sediment);
- 2—青白口系佳疙瘩组(Jiageda fm. of Qingbaikou sys.);
- 3—早白垩世玛尼吐组(Early Cretaceous Manitu fm.);
- 4—晚侏罗世-早白垩世满克头鄂博组 (Late Jurassic-Early Cretaceous Manketouebo fm.);
- 5—中侏罗世塔木兰沟组 (Middle Jurassic Tamulan fm.);
- 6—白垩世花岗岩(Cretaceous granite);
- 7—侏罗纪花岗岩(Jurassic granite);
- 8—二叠纪花岗岩(Permian granite);
- 9—石炭纪花岗岩(Carboniferous granite);
- 10—逆断层(reverse fault);
- 11—平移断层(strike-slip fault);
- 12—采样位置(sampling position)

中,中侏罗世塔木兰沟组为基性、中基性火山岩,主要岩性为玄武岩、角砾状玄武岩,主要分布于研究区内的东南部和北东部,呈北东向展布;晚侏罗世—早白垩世满克头鄂博组为中酸性火山岩,其岩性主要为流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩、流纹岩、流纹质角砾岩,是研究区内出露最为广泛的一期火山岩,主要分布于研究区中部、南部、东部及东北部,大致呈北东向展布;早白垩世玛尼吐组为中酸性火山岩,由安山岩、英安质含角砾凝灰岩及英安质岩屑晶屑凝灰岩等组成,主要分布于研究区的北部,呈北东向带状展布;早白垩世白音高老组主要为酸性火山岩,岩性主要为流纹岩、流纹质凝灰熔岩,分布于研究区西北部,呈北东向展布。

新生代火山岩为第四纪大黑沟组基性火山岩、火山熔岩和火山碎屑岩,主要分布在区内塔尔气及河口林场一带。

## 2 岩石学特征

满克头鄂博组岩性主要为流纹岩、流纹质凝灰熔岩和流纹质晶屑凝灰岩。

灰色流纹岩:岩石新鲜面多为灰白色、浅灰色、紫色,风化面多为土褐色。具斑状结构、球粒结构,流纹构造(图 2a)。斑晶含量占岩石总体的 1%~5%,斑晶成分为斜长石和碱性长石(透长石),斜长石含量略高于碱性长石。个别岩石含少量英安岩岩屑(2%~3%),多为不规则状,粒径在 1~2.5 mm 之间。斑晶透长石为自形一半自形板状,长度在 0.5 mm 左右,卡氏双晶发育。

斜长石斑晶为自形一半自形板状,粒度细,长度多在 0.5~1 mm 之间,聚片双晶发育。基质具霏细结构,局部可见显微文象结构。主要成分为隐晶质物质和少量微晶矿物。隐晶质物质呈浅黄色,成分主要为长英质矿物。可鉴定成分主要为微粒级石英。显微文象结构由长英质物质交生体组成,交生体常集中呈带状或串珠状分布,组成流纹构造的一部分。

流纹质凝灰熔岩:岩石新鲜面灰白色至浅灰色,风化面浅灰色,具凝灰熔岩结构,块状构造。岩石主要由熔岩和少量晶屑、岩屑组成。晶屑主要为石英,粒度多为 0.5~1 mm,部分在 1.5 mm,石英呈不规则粒状,晶屑 3%~5%。岩屑为凝灰岩,多为不规则状,大小在 1~3 mm,含量约 5%。熔岩基质由隐晶质和显微晶质的长英质物质组成,局部可见表现为颜色或粒度差别的流纹构造。

流纹质晶屑凝灰岩:岩石新鲜面为灰白色至浅灰色,风化面为浅土褐色,岩石为凝灰结构,块状构造(图 2b)。主要由晶屑及胶结物组成,偶含少量凝灰岩岩屑。晶屑主要为石英、碱性长石,少量斜长石和黑云母,晶屑含量变化大,从 3%~30%不等。石英晶屑颗粒多为次棱角状—次圆状,有时呈被溶蚀特征,而另一些石英晶屑呈碎屑状,为边界平直的棱角状。石英晶屑无色,表面干净,粒度大小 0.3~2 mm;碱性长石晶屑呈半自形板状,颗粒大小在 0.2~2 mm,偶见条纹结构和格子双晶,轻微高岭土化;斜长石晶屑呈半自形板状,颗粒大小 0.2~1.5 mm,常见聚片双晶,绢云母化明显;黑云母晶屑呈片状,发育黄—黄绿多色性,粒度 0.2~

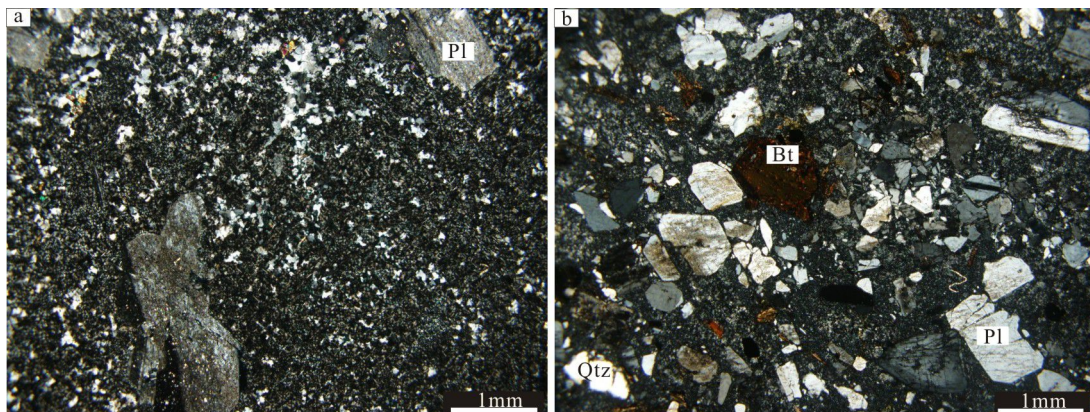


图 2 满克头鄂博组火山岩显微照片

Fig. 2 Microphotographs of volcanic rocks in Manketouebo Formation

a—流纹岩(rhyolite); b—流纹质晶屑凝灰岩(rhyolitic crystal tuff); Pl—斜长石(plagioclase); Bt—黑云母(biotite); Qtz—石英(quartz)

0.8 mm. 胶结物主要为隐晶—显微晶结构的火山灰, 矿物成分主要为长石和石英。

### 3 岩石地球化学特征

取 7 件满克头鄂博组岩石样品进行元素地球化学研究, 岩石采样位置见图 1, 样品分析工作在中国地质科学院廊坊物化探研究测试中心实验室完成。主量元素测试采用 XRF 荧光测试法完成, 测试误差小于 2%; 稀土和微量元素测试采用等离子体质谱(ICP-MS)法, 分析精度优于 10%。

#### 3.1 主量元素特征

满克头鄂博组 7 件岩石样品的常量元素化学分析数据如表 1。其中 5 件样品为火山岩熔岩类, 包括流纹岩 (D1016-1、D1016-2)、流纹质凝灰熔岩(B1257、D2030)和熔结凝灰岩(P08-33-1), 2 件样品为具次火山岩性质的碎斑熔岩(D2031、D2032)。

满克头鄂博组 7 件岩石样品的  $\text{SiO}_2$  含量在 69.34%~77.86%, 平均为 73.52%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量在 11.55%~14.76%之间, 平均为 13.67%; 碱含量高,  $\text{K}_2\text{O}$  含量 3.70%~6.26%, 平均为 4.84%;  $\text{Na}_2\text{O}$  含量 0.10%~4.52%, 平均为 2.97%;  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  值 4.56%~8.79%, 平均为 7.81%;  $\text{CaO}$  含量 0.03%~1.68%, 平均为 0.60%; 固结指数 SI 为 1.53~7.24, 变化范围较大; 分异指数介于 86.23~95.08, 说明酸性较强; A/CNK 含量 1.01~1.35, 平均为 1.23。在 A/CNK-A/NK 图解上, 样品主要分布在准铝质—弱过铝质范围内 (图 3a)。在  $\text{SiO}_2$ - $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{O}$  图解(图 3b、c)上, 满克头鄂博组火山岩分布在高钾钙碱性系列范围和钾质—高钾质区, 表明满克头鄂博组火山岩具有高钾(碱)的岩石化学特点。在火山岩 TAS 岩石化学图解(图 3d)上, 样品大部分落入流纹岩区域内, 少部分样品位于粗面岩和流纹岩分界线上。

主量元素分析结果表明满克头鄂博组火山岩具有弱过铝—准铝质、富碱、贫钙镁的岩石化学特点。

#### 3.2 稀土及微量元素特征

满克头鄂博组 7 个岩石样品的稀土元素分析结果(表 1)表明, 满克头鄂博组的火山熔岩类和碎斑熔岩具有相似的稀土元素地球化学特征。它们的  $\Sigma\text{REE}$  含量较高, 在  $132.25 \times 10^{-6}$ ~ $254.34 \times 10^{-6}$  之间, 平均为  $168.69 \times 10^{-6}$ , 轻重稀土分馏中等, 稀土元素配分模式图

表 1 塔尔气地区满克头鄂博组火山岩地球化学分析结果

Table 1 Geochemical analysis result of the volcanic rocks in Manketouebo Formation from Taerqi area

样品号	D1016-1	D1016-2	B1257	D2030	P08-33-1	D2031	D2032
$\text{SiO}_2$	77.44	77.86	75.06	72.80	72.60	69.34	69.54
$\text{Al}_2\text{O}_3$	13.97	11.55	12.97	13.90	13.98	14.76	14.60
$\text{TiO}_2$	0.15	0.17	0.30	0.26	0.35	0.44	0.44
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.50	0.60	1.83	1.75	2.37	1.20	1.33
$\text{FeO}$	0.26	0.38	0.26	0.06	1.11	1.53	1.41
$\text{CaO}$	0.11	0.11	0.23	0.43	0.03	1.60	1.68
$\text{MgO}$	0.29	0.26	0.16	0.32	0.26	0.89	0.87
$\text{K}_2\text{O}$	4.46	6.26	5.16	5.71	3.70	4.27	4.34
$\text{Na}_2\text{O}$	0.10	1.23	3.14	3.08	4.52	4.41	4.33
$\text{MnO}$	0.02	0.01	0.10	0.06	0.03	0.09	0.09
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.03	0.05	0.10	0.04	0.16	0.20	0.20
LOI	2.16	1.08	0.51	1.28	0.51	1.13	0.95
Total	99.50	99.57	99.82	99.69	99.62	99.87	99.79
DI	88.70	95.08	94.22	92.99	92.42	86.23	86.28
SI	5.18	2.98	1.53	2.95	2.18	7.24	7.08
La	49.05	29.28	26.62	52.39	25.55	32.60	34.49
Ce	88.00	57.80	60.01	86.00	59.51	66.60	70.90
Pr	8.61	6.46	6.37	15.17	6.59	7.83	8.19
Nd	27.13	22.75	23.30	57.76	24.96	29.64	31.01
Sm	4.09	3.97	4.09	10.75	4.77	5.63	5.71
Eu	0.42	0.41	0.91	0.95	1.05	1.16	1.16
Gd	3.60	3.47	3.51	8.87	4.34	5.25	5.38
Tb	0.50	0.49	0.45	1.34	0.69	0.84	0.84
Dy	2.42	2.58	2.12	7.99	3.66	4.44	4.48
Ho	0.45	0.51	0.40	1.53	0.74	0.87	0.87
Er	1.40	1.82	3.56	4.76	9.10	2.56	2.61
Tm	0.21	0.27	0.18	0.76	0.33	0.37	0.36
Yb	1.52	2.10	1.29	5.27	2.32	2.58	2.60
Lu	0.24	0.33	0.20	0.78	0.34	0.39	0.39
$\Sigma\text{REE}$	187.63	132.25	133.01	254.34	143.95	160.76	168.94
LREE	177.28	120.67	121.30	223.05	122.43	143.45	151.41
HREE	10.35	11.58	11.71	31.29	21.51	17.31	17.53
L/H	17.13	10.42	10.36	7.13	5.69	8.29	8.64
$\delta\text{Eu}$	0.33	0.33	0.72	0.29	0.69	0.64	0.63
$\text{La}_N/\text{Yb}_N$	23.10	10.00	14.80	7.13	7.91	9.07	9.50
Sc	1.70	1.70	5.60	3.80	3.10	4.70	4.70
V	41.50	31.50	4.80	29.20	13.70	43.90	41.00
Cr	55.60	58.20	5.90	56.40	97.50	55.70	55.60
Co	0.40	1.40	9.40	0.80	4.80	4.20	3.40
Ni	2.70	7.20	3.80	4.00	9.30	7.10	4.00
Ga	12.75	13.77	18.00	15.64	15.30	19.91	18.70
Rb	205.40	242.70	194.20	216.70	119.70	98.20	93.80
Sr	18.00	53.00	52.90	73.00	104.40	255.00	315.00
Y	13.71	15.87	21.50	40.92	9.40	23.88	24.44
Zr	627.40	690.70	455.30	713.50	197.00	264.50	245.40
Nb	19.20	18.80	24.50	34.40	8.90	15.30	15.60
Ba	72.00	329.00	199.80	237.00	620.40	657.00	604.00
Hf	22.03	20.74	10.00	24.29	6.30	8.86	8.38
Ta	2.08	1.69	2.06	2.81	1.81	1.29	1.39

含量单位: 主量元素为%(质量分数), 稀土及微量元素为  $10^{-6}$ 。

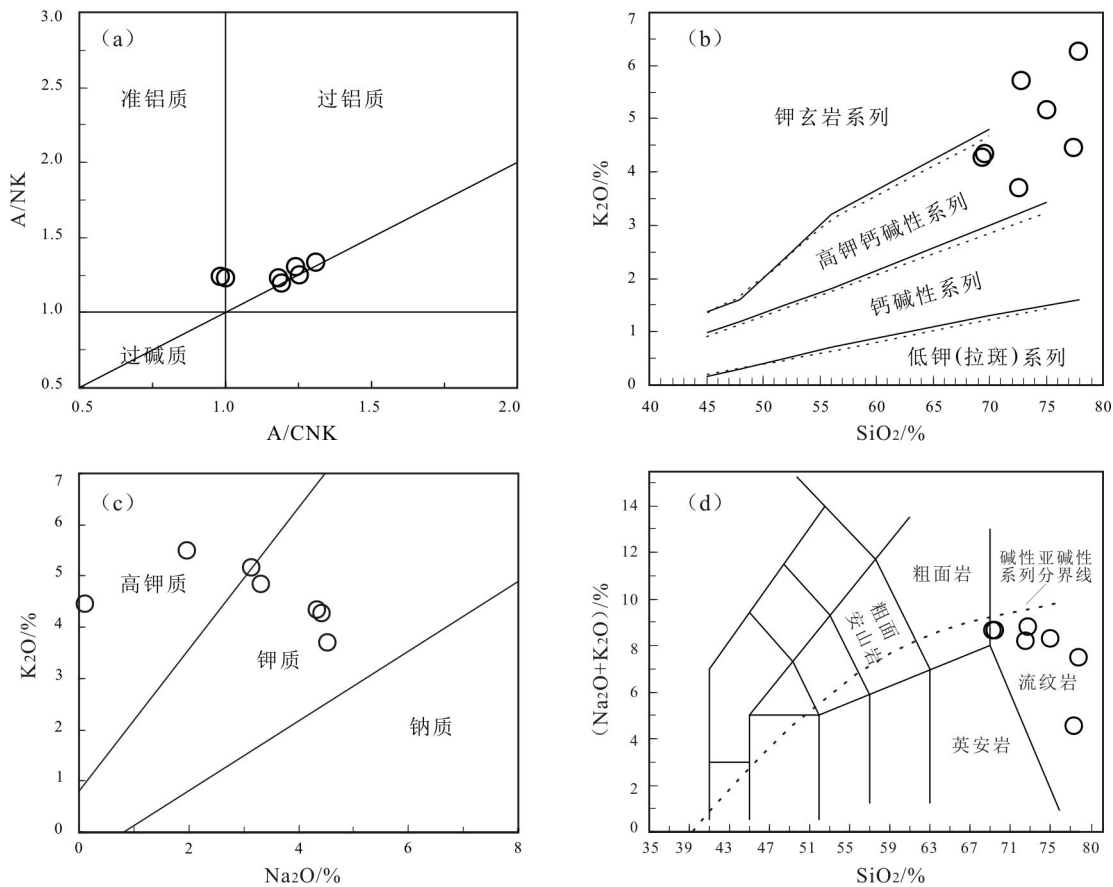


图3 塔尔气地区满克头鄂博组火山岩地球化学判别图解

Fig. 3 Geochemical discrimination diagrams of volcanic rocks in Manketouebo Formation from Taerqi area

(图 4a) 均呈右倾型. LREE 轻度富集型, LREE/HREE 分别在 5.69~17.13, 平均为 9.67,  $L_{a_N}/Y_{b_N}$  在 7.13~23.10 之间, 平均为 11.64. HREE 分布相对较为平坦, 铕负异常明显,  $\delta E_{u}$  在 0.29 和 0.72 之间, 平均为 0.52.

根据满克头鄂博组 7 个岩石样品的微量元素分析结果(表 1), 在微量元素原始地幔标准化蛛网图(图 4b)中, 火山熔岩类和碎斑熔岩总体为右倾型, 明显富集大离子亲石元素 Rb、Ba、K, 而亏损高场强元素 Nb、Ta、Ti 等.

## 4 讨论

### 4.1 岩石成因

在当前研究中, 花岗岩主要分为 4 种, 即 I 型、S 型、M 型、A 型, 前 3 种类型主要根据源区性质划分, 而 A 型主要是指碱性、无水、非造山型花岗岩. 满克头鄂博火山岩具有富铝 ( $Al_2O_3$  平均值为 13.27%)、富碱 ( $Na_2O+K_2O$  平均值为 7.47%)、贫钙镁的岩石化学特点.

$\Sigma REE$  含量较高, 在  $132.3 \times 10^{-6} \sim 254.34 \times 10^{-6}$  之间, 平均为  $168.69 \times 10^{-6}$ . 轻重稀土分馏中等, 均呈右倾型. LREE 轻度富集型, LREE/HREE 分别在 5.69~17.13, 平均为 9.67.  $L_{a_N}/Y_{b_N}$  在 7.13~23.10 之间, 平均为 11.64, 具有 A 型花岗岩一般特征. 其次在区分 A 型花岗岩与分异的 I 型花岗岩的有关判别图解(图 5)上, 几乎全数落入 A 型花岗岩区, 表明其形成环境为板内非造山的伸展环境. 大兴安岭地区广泛发育的同时期双峰式岩浆、变质核杂岩和 A 型花岗岩<sup>[8-10]</sup>, 亦可证明早白垩世早期本区已处于伸展环境.

HREE 分布相对较为平坦, 铕负异常明显,  $\delta E_{u}$  在 0.29 和 0.72 之间, 平均为 0.52, 反映岩浆源区有斜长石残留或岩浆经历了斜长石的分离结晶作用. 岩石 Rb/Sr 比值介于 0.3~11.4, 平均值为 3.49, 明显高于原始地幔(0.03)、OIB(0.047)及 E-MORB(0.033)的 Rb/Sr 值, 属壳源岩浆范围 (>0.5). Ti/Zr 比值范围为 1.43~10.75, 位于壳源岩浆范围(<20)内, 说明满克鄂博组火

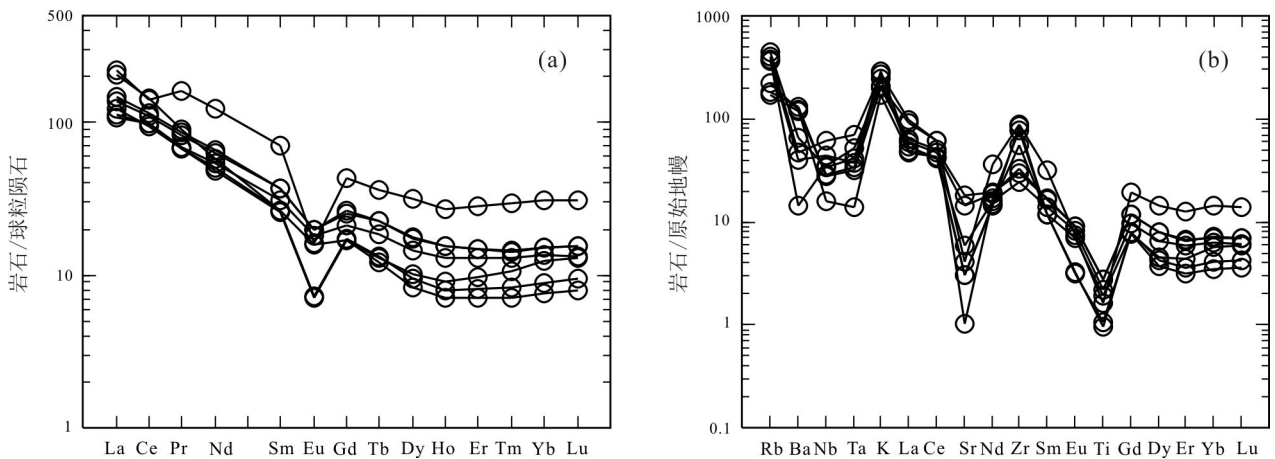


图 4 塔尔气地区满克头鄂博火山岩稀土元素配分模式图(a)及微量元素原始地幔标准化蛛网图(b)

Fig. 4 Chondrite-normalized REE patterns and primitive mantle-normalized trace element spidergram of volcanic rocks in Manketouebo Formation from Taerqi area

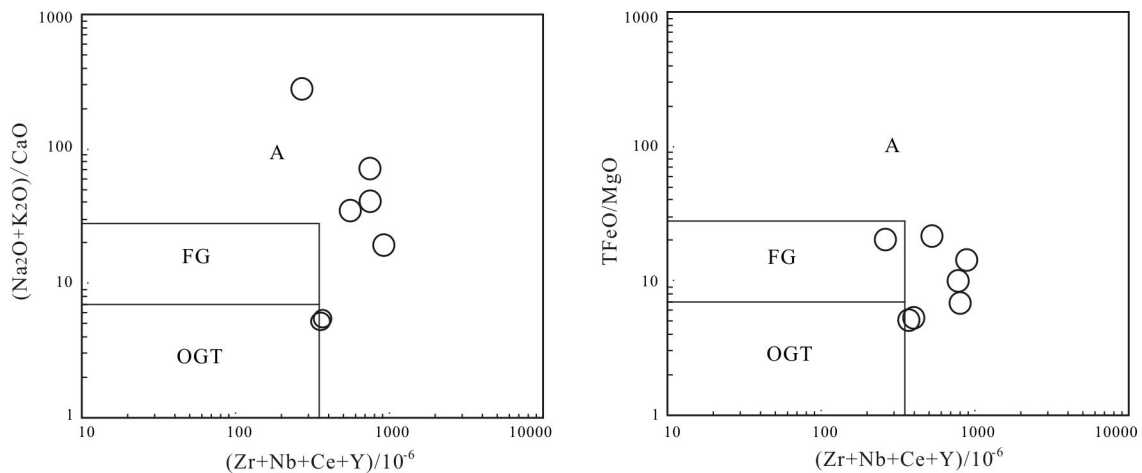


图 5 塔尔气地区满克头鄂博组火山岩成因类型判别图解

Fig. 5 The genetic type discrimination diagrams of volcanic rocks in Manketouebo Formation from Taerqi area

山岩可能来源于地壳岩石物质的部分熔融. 微量元素明显富集大离子亲石元素 Rb、Ba、K, 而亏损高场强元素 Nb、Ta、Ti 等, 是壳源岩浆或岩浆被地壳物质污染的典型特征.

#### 4.2 岩石形成的构造背景

对于大兴安岭中生代火山岩形成的构造背景主要有 3 种观点. 第一种观点认为大兴安岭中生代火山岩与地幔柱活动或相关的板内作用有关<sup>[2-5]</sup>; 第二种观点大兴安岭中生代火山岩的形成与蒙古-鄂霍次克洋闭合作用以及闭合后的造山带伸展作用有关<sup>[11-13]</sup>; 第三种观点则认为古太平洋板块的俯冲作用及俯冲后的伸展作用是大兴安岭乃至整个中国东部中生代岩浆作用

的根本原因<sup>[14-15]</sup>.

最新年代学研究<sup>[16-18]</sup>表明, 东北地区及其邻区存在早侏罗世和晚侏罗—早白垩世两期岩浆作用. 早侏罗世岩浆作用与古太平洋板块的俯冲作用有关, 而晚侏罗—早白垩世岩浆主要与蒙古-鄂霍次克洋闭合后的岩石圈伸展密切相关. 晚侏罗—早白垩世作为古太平洋板块俯冲的间歇期<sup>[19]</sup>, 并且早白垩世早期(约 140 Ma) 古太平洋以北西方向俯冲于欧亚大陆之下<sup>[20]</sup>, 由于大兴安岭距离古太平洋距离较远, 受到俯冲作用影响较弱, 所以满克头鄂博组火山岩不可能与古太平洋板块俯冲有关. 此外, 满克头鄂博组火山岩富集大离子亲石元素 Rb、Ba、K, 而亏损高场强元素

Nb、Ta、Ti, 类似于造山期后火山岩. 因此, 笔者认为研究区内满克头鄂博组火山岩可能是蒙古-鄂霍次克洋闭合后的岩石圈伸展体制下的产物. 在 Rb-(Y+Nb)、R1-R2 图解(图 6)上, 样品点基本落入造山晚期或造山期后构造环境. 通过对比前人研究成果<sup>[1, 21-22]</sup>, 进一步确定满克头鄂博组火山岩形成的动力学背景是蒙古-鄂霍次克洋闭合后的岩石圈伸展环境.

大兴安岭以及整个中国东部经历了由挤压到伸展的转换过程. 大兴安岭地区广泛发育的 A 型花岗岩、双峰式岩浆作用和变质核杂岩为早白垩世时期的伸展环境提供了证据<sup>[8-10]</sup>.

## 5 结论

(1) 塔尔气地区满克头鄂博组火山岩具有准铝-弱过铝质、富碱( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  平均值为 7.47%)、贫钙镁的岩石化学特点.

(2) 塔尔气地区满克头鄂博组火山岩属于 A 型火山岩, 具有壳源岩的典型特征, 岩浆源区有斜长石残留或岩浆经历了斜长石的分离结晶作用.

(3) 塔尔气地区满克头鄂博组火山岩可能是蒙古-鄂霍次克洋闭合后的岩石圈伸展体制下的产物.

## 参考文献:

[1] 葛文春, 林强. 大兴安岭中生代两类流纹岩成因的地球化学研究[J]. 地球科学, 2000, 25(2): 172-178.  
[2] 张超, 和钟铎, 杨伟红, 等. 大兴安岭中南段塔尔气地区满克头鄂博

组流纹岩年代学和地球化学研究[J]. 世界地质, 2014, 33(2): 256-265.  
[3] 张吉衡. 大兴安岭中生代火山岩年代学及地球化学研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2009.  
[4] 张超. 大兴安岭中南段塔尔气地区满克头鄂博组火山岩岩石成因及构造背景[D]. 长春: 吉林大学, 2014.  
[5] 张玉涛, 张连昌, 英基丰, 等. 大兴安岭北段塔河地区早白垩世火山岩地球化学及源区特征[J]. 岩石学报, 2007, 23(11): 2811-2822.  
[6] 孟宪锋, 张正平, 徐翠, 等. 内蒙古东北部东乌珠穆沁旗乌兰哈德一带早白垩世满克头鄂博组的地质特征及岩性段划分[J]. 地质通报, 2010, 29(11): 1649-1654.  
[7] 林强, 葛文春, 曹林, 等. 大兴安岭中生代双峰式火山岩的地球化学特征[J]. 地球化学, 2003, 32(3): 208-222.  
[8] Wu F Y, Sun D Y, Li H M, et al. A-type granites in northeastern China: Age and geochemical constraints on their petrogenesis [J]. Chemical Geology, 2002, 187: 143-173.  
[9] 邵济安, 张履桥, 贾文, 等. 内蒙古喀喇沁变质核杂岩及其隆升机制探讨[J]. 岩石学报, 2001, 17(2): 283-290.  
[10] ZHANG Ji-heng, GE Wen-chun, WU Fu-yuan, et al. Mesozoic bimodal volcanic suite in Zhalantun of the Da Hinggan Range and its geological significance: Zircon U-Pb age and Hf isotopic constraints [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(1): 58-69.  
[11] 赵书跃, 韩彦东, 朱春燕, 等. 大兴安岭火山喷发带北段中性、中酸性火山岩地球化学特征及其地质意义[J]. 地质力学学报, 2005, 10(3): 276-287.  
[12] 马家骏, 方大赫. 黑龙江省中生代火山岩初步研究[J]. 黑龙江地质, 1991, 2(2): 1-16.  
[13] 郭锋, 范蔚茗, 王岳军, 等. 大兴安岭南段晚中生代双峰式火山作用[J]. 岩石学报, 2001, 17(1): 161-168.  
[14] 陈志广, 张连昌, 周新华, 等. 满洲里新右旗火山岩剖面年代学和地

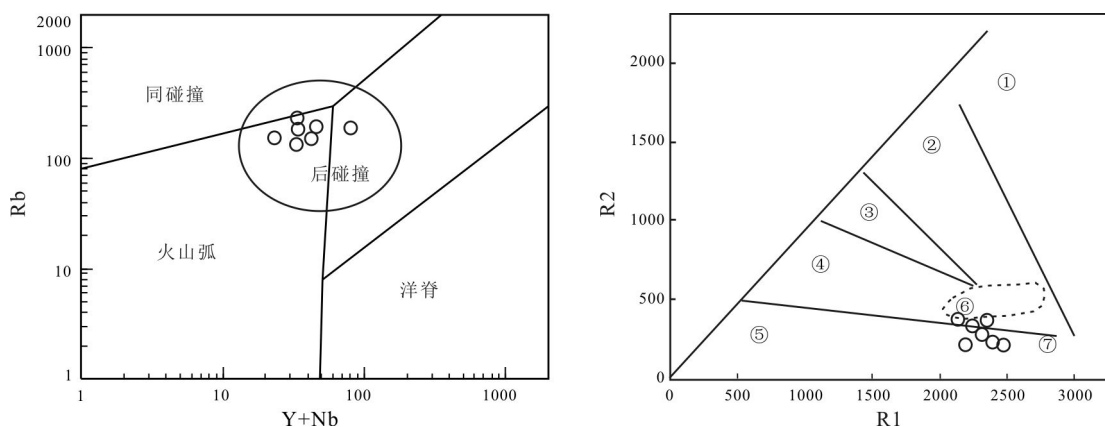


图 6 塔尔气地区满克头鄂博火山岩 Rb-(Y+Nb)图解和 R1-R2 图解

Fig. 6 The Rb-(Y+Nb) and R1-R2 diagrams of volcanic rocks in Manketouebo Formation from Taerqi area

- ①—地幔分异产物(mantle differentiation); ②—碰撞前(pre-collision); ③—碰撞隆起后(post-collision uplift); ④—造山晚期(late orogenic period); ⑤—非造山(non-orogeny); ⑥—同碰撞(syn-collision); ⑦—造山期后(post-orogeny)

- 球化学特征[J]. 岩石学报, 2006, 22(12): 2971-2986.
- [15] 孙德有, 苟军, 任云生, 等. 满洲里南部玛尼吐组火山岩锆石 U-Pb 年龄与地球化学研究[J]. 岩石学报, 2011, 27(10): 3083-3094.
- [16] 赵忠华, 孙德有, 苟军, 等. 满洲里南部塔木兰沟组火山岩年代学与地球化学[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2011, 6(41): 1866-1880.
- [17] 孟恩, 许文良, 杨德彬, 等. 满洲里地区灵泉盆地中生代火山岩的锆石 U-Pb 年代学、地球化学及其地质意义[J]. 岩石学报, 2011, 27(4): 1209-1226.
- [18] 张健, 陈井胜, 李泊洋, 等. 内蒙古塔儿气地区晚古生代花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素特征[J]. 世界地质, 2011, 30(4): 521-531.
- [19] XU Wen-liang, PEI Fu-ping, WANG Feng, et al. Spatial-temporal relationships of Mesozoic volcanic rocks in NE China: Constraints on tectonic overprinting and transformations between multiple tectonic regimes [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2013, 74: 167-193.
- [20] Maruyama S, Send T. Orogeny and relative plate motions: Example of the Japanese Island [J]. Tectonophysics, 1986, 127: 305-329.
- [21] 张旗, 王元龙, 金惟俊, 等. 造山前、造山和造山后花岗岩的识别[J]. 地质通报, 2008, 27(1): 1-18.
- [22] 韩宝福. 后碰撞花岗岩类的多样性及其构造环境判别的复杂性[J]. 地学前缘, 2007, 14(3): 064-072.

(上接第 556 页 /Continued from Page 556)

### 参考文献:

- [1] 周凌, 陈斌. 南太行洪山正长岩体的成因和意义: 锆石 SHRIMP 年代学、化学成分和 Sr-Nd 同位素特征[J]. 自然科学进展, 2005, 15(11): 1357-1365.
- [2] 姚士新, 吴良士, 裴荣富. 河北邯邢地区洪山岩体地质地球化学及铜(金)矿化特征[J]. 地质与勘探, 1993(5): 11-16.
- [3] 刘陶梅. 河北永年黑山门蚀变火山岩低品位含金矿石物质组成及其工业利用的可能性[J]. 黄金, 1986(3): 1-4.
- [4] 李文光, 王天刚, 姚仲友, 等. 与碱性岩有关的浅成低温热液型金矿特征与控矿因素[J]. 地质通报, 2014, 33(2-3): 308-317.
- [5] 沈元超, 刘铁兵, 曾庆栋, 等. 中国金矿床成矿预测的理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [6] Kelley K, Ludington S. Cripple Creek and other alkaline-related gold deposits in the southern Rocky Mountains, USA: Influence of regional tectonics[J]. Mineralium Deposita, 2002, 37: 38-60.
- [7] Müller D, Kaminski K, Uhlig S, et al. The transition from porphyry- to epithermal-style gold mineralization at Ladolam, Lihir Island, Papua New Guinea: A reconnaissance study[J]. Mineralium Deposita, 2002, 37: 61-74.
- [8] Sillitoe R. Some metallogenic features of gold and copper deposits related to alkaline rocks and consequences for exploration [J]. Mineralium Deposita, 2002, 37: 4-13.
- [9] Ahmad M, Solomon M, Walshe J. Mineralogical and geochemical studies of the Emperor gold telluride deposit, Fiji [J]. Economic Geology, 1987, 82: 345-370.
- [10] Kennedy A, Hart S, Frey F. Composition and isotopic constraints on the petrogenesis of alkaline arc lavas: Lihir Island, Papua New Guinea [J]. Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978-2012), 1990, 95: 6929-6942.
- [11] White N C, Poizat V. Epithermal deposits, diverse styles, diverse origins[J]. Australian Institute of Mining and Metallurgy Publication Series, 1995, 9: 623-628.
- [12] 徐桂林, 石晓兰, 许洪才. 营里金矿地质特征及成矿条件分析[J]. 地质与勘探, 2006, 42(2): 13-18.
- [13] 徐桂林, 石晓兰. 河北武安地区冯昌金矿地质特征及成矿条件分析[J]. 地质调查与研究, 2005, 28(3): 160-167.