

内蒙古扎鲁特地区毛伊勒吐岩体形成时代及构造环境

李雪菲,赵庆英,王晓志,张乐彤,程立人,王天武

(吉林大学地球科学学院,吉林 长春 130061)

摘 要 通过对宏观地质特征、岩石矿物学特征、岩石化学和地球化学特征、同位素年代学研究,对毛伊勒吐岩体形成时代和构造环境进行了探讨。依据岩石化学分析结果和岩石学特征,认为该岩体为钙碱性岩石。对其中的石英闪长岩进行了 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学测定, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄统计权重平均值为 $147.97\pm 0.95\text{ Ma}$,表明毛伊勒吐岩体侵位时代属于晚侏罗世。结合区域地质演化特征分析,该石英闪长岩是在板块碰撞后地壳抬升时期形成的。

关键词 毛伊勒吐地区;侏罗纪;石英闪长岩;锆石 U-Pb 年龄;内蒙古

THE FORMING AGE AND TECTONIC ENVIRONMENT OF THE MAOYILETU ROCK BODY IN JARUD, INNER MONGOLIA

LI Xue-fei, ZHAO Qing-ying, WANG Xiao-zhi, ZHANG Le-tong, CHENG Li-ren, WANG Tian-wu

(College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China)

Abstract : With study on its geological background, petrologic and mineralogical characteristics, geology, geochemistry and isotopic chronology, the structural environment and forming age of the Maoyiletu rock body are discussed. The geological and geochemical characteristics show the calc alkaline characteristics. According to the SHRIMP U-Pb isotope chronologic analysis result, the statistical weight average of $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ surface age is $147.97\pm 0.95\text{ Ma}$, which represents the emplacement age of the rock body, belongs to Late Jurassic period. Combined with the analysis on the evolution characteristics of regional geology, the quartz diorite was formed during the crustal uplifting after the plate collision.

Key words : Maoyiletu area; Jurassic; quartz diorite; U-Pb age of zircon; Inner Mongolia

内蒙古境内以阿拉善右旗-乌拉特后旗-白云鄂博-化德-赤峰断裂为界,其北为天山-兴蒙造山带,其南为华北板块北部大陆边缘^[1-5]。研究区位于内蒙古哲里木盟扎鲁特旗境内,属于天山-兴蒙造山带中段,为古亚洲洋与滨西太平洋构造域的叠加部位^[6],属锡林浩特中间地块的东南缘晚古生代活动陆缘^[7]。研究区内中生代断裂及火山活动强烈发育^[8-11]。大兴安岭是中国东部主要的构造-岩浆活动带,长期以来,对大兴安岭地区的岩浆活动的研究多集中在北段和南段^[12-17],但

对大兴安岭中段,特别是中段东坡一带的岩浆活动研究较少^[18]。本文应用单颗粒锆石 U-Pb 法对石英闪长岩进行了同位素地质年代学测定,并结合岩石化学、地球化学分析结果,对毛伊勒吐石英闪长岩的形成环境进行讨论。

1 地质背景与岩石学特征

毛伊勒吐岩体出露于内蒙古哲里木盟扎鲁特旗境内阿勒坦达坎北部的毛伊勒吐地区,出露面积约

收稿日期:2011-12-07;修回日期:2012-01-06。编辑:李兰英。

基金项目:国家自然科学基金重大研究计划(90814006);内蒙古区政府项目([2004]007);国家油气选区项目(14B09XQ1201)资助。

作者简介:李雪菲(1987—),女,硕士研究生,主要从事数字地质及地球化学方面研究,E-mail://lixuefei1212@126.com

通信作者:赵庆英(1966—),女,博士,副教授,矿物学、岩石学、矿床学专业,主要从事岩石学和数字地质学方面研究,E-mail://zhaoqy@jl.u.edu.cn

1.57 km², 其西、北、东部被晚侏罗世早期二长斑岩侵入, 在接触带附近, 二长斑岩边部有较窄的冷凝边, 并有细脉贯入石英闪长岩中; 在南部该岩体侵入于侏罗系满克头鄂博组火山岩中(图1)。该岩体在地表呈较平坦的山脊, 风化较强。岩体的南部与围岩接触边界附近, 可见有轻微的硅化、绿泥石化和绿帘石化。

毛伊勒吐岩体的岩石类型主要为石英闪长岩, 呈浅灰绿色—灰绿色、灰黑色, 半自形中细粒结构, 矿物粒径 0.19~3.74 mm, 块状构造, 局部也见有片麻状构造。主要矿物为角闪石、斜长石、石英, 少量黑云母。角闪石: 半自形柱状, 可见清楚的解理, 粒度 1.0~4.2 mm, 具黄绿—浅黄绿色多色性, 斜消光, $N_g^c=20^\circ$ 左右, 在岩石中分布较均匀, 含量 37% 左右。岩石中的角闪石经历了较强的绿泥石化和碳酸盐化。斜长石: 半自形板状, 粒度 2.0~5.5 mm, 个别颗粒小于 2.0 mm, 聚片双晶发育, 分布较均匀, 有较强烈的绢云母化, 含量在 50% 左右。石英: 他形粒状、不规则状, 粒度 0.2~1.5 mm, 表面干净, 常结晶于斜长石的缝隙中, 含量在 13% 左右。岩石中也常见到零星的黑云母片。副矿物主要为磁铁矿、锆石, 锆石呈无色—淡黄色, 双锥柱状, 金刚光泽, 晶型较简单, 颗粒较大, 在 0.2~0.5 mm, 晶体内部常有气、液包体。

2 毛伊勒吐岩体的形成时代

中酸性岩浆岩常是威尔逊旋回(大陆裂开—洋盆

扩张—板块俯冲—陆壳碰撞)^[19]后期产出的, 因此, 中酸性岩浆岩的定年研究可直接为板块俯冲和陆壳碰撞的时间提供同位素地质年代学方面的依据。本次研究在毛伊勒吐岩体的石英闪长岩中采集了锆石样品, 运用 SHRIMP 锆石 U-Pb 方法进行同位素年龄测试, 其分析结果见表 1。

从表 1 中可以看出, 该岩体的 U-Pb 年龄在 145~181 Ma 之间, 其年龄图谱见图 2。从图中可以看出, 该石英闪长岩的成岩年龄为 147.97 ± 0.95 Ma, 这一时期正是大兴安岭大面积中生代火山活动开始的时候。

3 毛伊勒吐岩体的地球化学特征

3.1 岩石化学特征

对毛伊勒吐岩体的样品进行岩石化学全分析, 其分析结果见表 2。

从表 2 中可以看出, 该岩体的石英闪长岩中, SiO₂ 的含量在 55.81%~58.26% 之间; 碱含量 (K₂O+Na₂O) 6.00%~7.35%; Al₂O₃ 含量在 16.02%~17.27%; A/CNK 值小于 1。标准矿物计算结果表明, 其标准矿物组合为 Q、Ab、An、Or、Di、Hy。在 SiO₂-(Na₂O+K₂O) 图(图 3) 上, 该岩体石英闪长岩的样品投影点均落入钙碱性岩区内, 说明该岩体为钙碱性岩石。

在 ANK-ACNK 图解中(图 4), 该岩体石英闪长岩的样品投影点落入次铝质岩区内, 该石英闪长岩属次铝质正常类型钙碱性岩石。

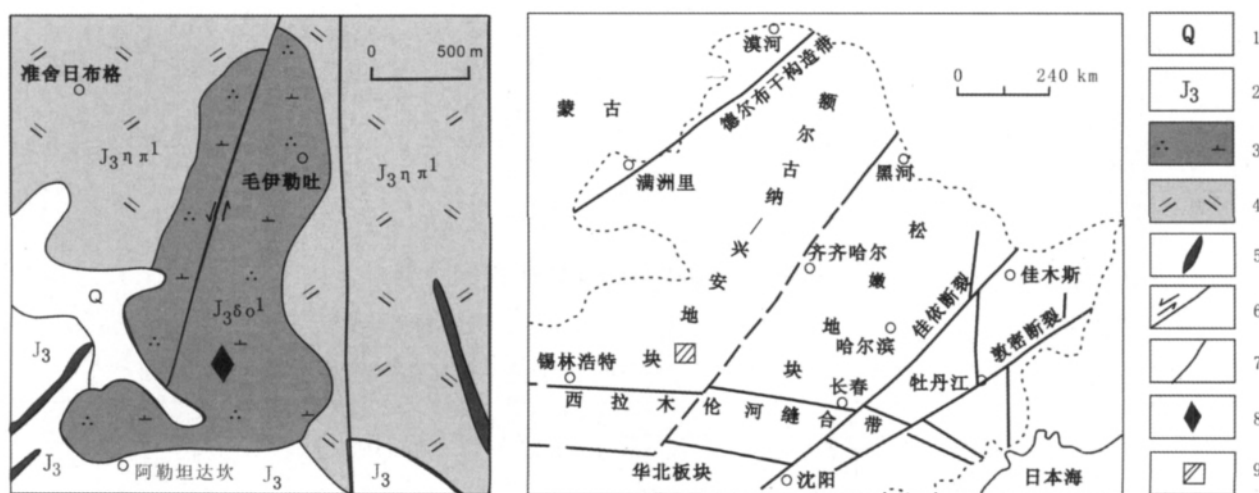


图1 毛伊勒吐岩体地质简图

Fig. 1 Geologic sketch map of the Maoyiletu rock body

1—第四系(Quaternary); 2—侏罗系(Jurassic); 3—毛伊勒吐岩体石英闪长岩(quartz diorite in the Maoyiletu rock body); 4—晚侏罗世早期二长斑岩(early Late Jurassic monzonite porphyry); 5—脉岩(dike); 6—平移断层(strike-slip fault); 7—性质不明断层(property unknown fault); 8—同位素取样位置(isotope sampling spot); 9—研究区位置(studied area)

表 1 毛伊勒吐岩体锆石 U-Pb 法同位素地质测年分析结果

Table 1 U-Pb isotopic dating for zircons from the Maoyiletu rock body

样品号	同位素原子比率			表面年龄	
	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th
RZ2- 3	0.05248± 0.00313	0.16408± 0.00952	0.02267± 0.00033	145± 2	157± 4
RZ2- 4	0.05553± 0.00495	0.18144± 0.0158	0.0237± 0.00046	151± 3	175± 7
RZ2- 5	0.04919± 0.00179	0.15488± 0.00542	0.02283± 0.00023	146± 1	154± 2
RZ2- 7	0.05529± 0.00282	0.17997± 0.00887	0.02361± 0.00031	150± 2	184± 4
RZ2- 10	0.0508± 0.00462	0.1595± 0.0142	0.02277± 0.00043	145± 3	158± 6
RZ2- 11	0.05545± 0.00407	0.17289± 0.01234	0.02261± 0.0004	144± 3	165± 5
RZ2- 13	0.05284± 0.00237	0.16759± 0.00727	0.023± 0.00027	147± 2	161± 3
RZ2- 15	0.0505± 0.00191	0.15841± 0.00575	0.02275± 0.00024	145± 2	162± 2
RZ2- 16	0.05054± 0.00217	0.16106± 0.00668	0.02311± 0.00026	147± 2	168± 3
RZ2- 17	0.05325± 0.00252	0.17198± 0.00786	0.02342± 0.00029	149± 2	177± 4
RZ2- 18	0.04705± 0.002	0.15136± 0.00621	0.02333± 0.00026	149± 2	157± 2
RZ2- 19	0.05196± 0.00167	0.16792± 0.00516	0.02344± 0.00023	149± 1	166± 2
RZ2- 20	0.04854± 0.00224	0.15526± 0.00693	0.0232± 0.00027	148± 2	156± 3
RZ2- 21	0.05429± 0.00176	0.17668± 0.00546	0.0236± 0.00023	150± 1	165± 2
RZ2- 22	0.06078± 0.00248	0.19482± 0.00763	0.02324± 0.00027	148± 2	181± 3
RZ2- 24	0.05033± 0.00184	0.16101± 0.00566	0.0232± 0.00024	148± 2	161± 2
RZ2- 25	0.04905± 0.00188	0.15815± 0.00584	0.02338± 0.00025	149± 2	170± 2

测试单位 :西北大学地球动力学实验室.

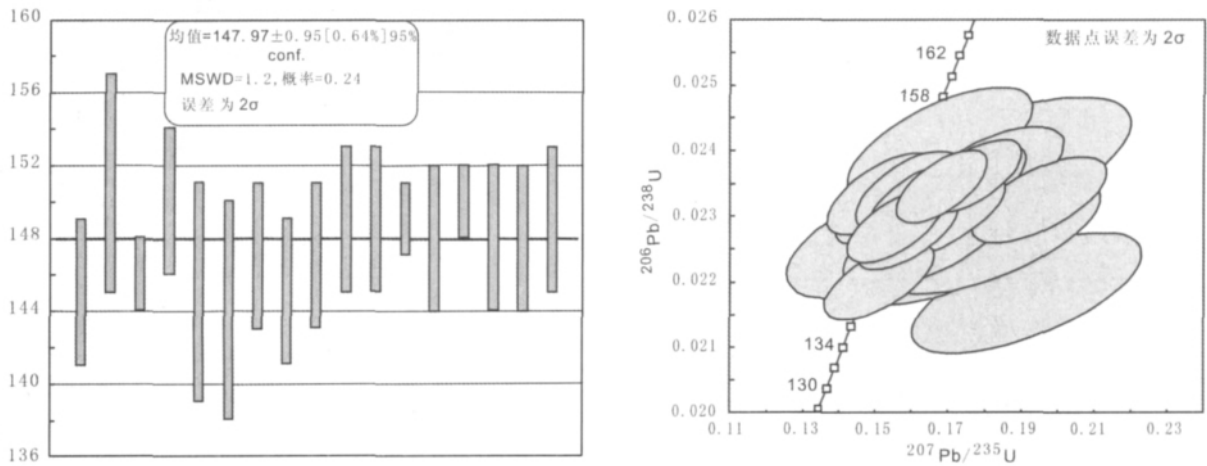


图 2 毛伊勒吐岩体锆石 U-Pb 同位素年龄谐和图

Fig. 2 Concordancy diagram of U-Pb isotopic age of zircon in the Maoyiletu rock body

表 2 毛伊勒吐岩体岩石化学全分析及 C.I.P.W 计算结果表

Table 2 Major elements analysis C.I.P.W results of the Maoyiletu rock body

样品号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Total
P ₇ yq1	57.98	0.83	16.02	1.53	5.22	0.10	3.07	6.01	3.55	2.45	0.30	2.14	99.20
P ₇ yq9	58.26	0.82	17.27	1.95	4.65	0.10	2.67	5.07	3.50	3.85	0.35	1.06	99.55
P ₇ yq11	55.81	0.86	16.80	2.92	4.41	0.11	3.32	4.55	3.65	3.52	0.40	3.05	99.40
样品号	Q	C	Or	Ab	An	Di	Hy	Mt	Hm	Il	Ap	D- I	A/CNK
P ₇ yq1	9.95	0	14.93	30.91	21.12	6.43	12.07	2.29	0	1.62	0.67	55.79	0.83
P ₇ yq9	7.38	0	23.12	30.03	20.30	2.61	11.33	2.87	0	1.58	0.78	60.54	0.90
P ₇ yq11	5.87	0	21.61	32.02	19.73	1.03	12.74	4.39	0	1.70	0.91	59.50	0.93

分析单位 :国土资源部长春矿产资源监督检测中心. 含量单位 :%(质量分数).

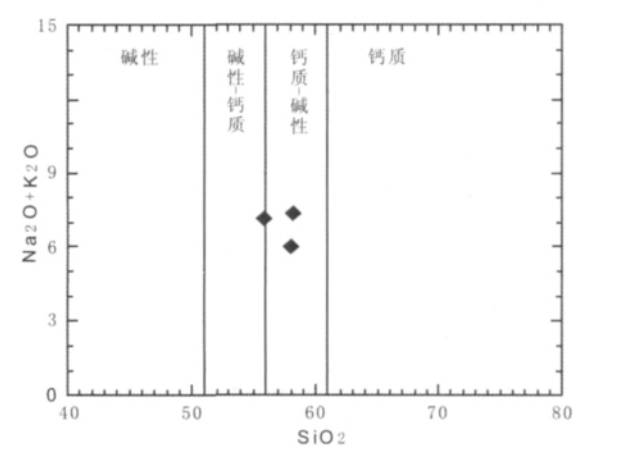


图 3 毛伊勒吐岩体的 $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 图解
Fig. 3 $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ diagram of the Maoyiletu rock body

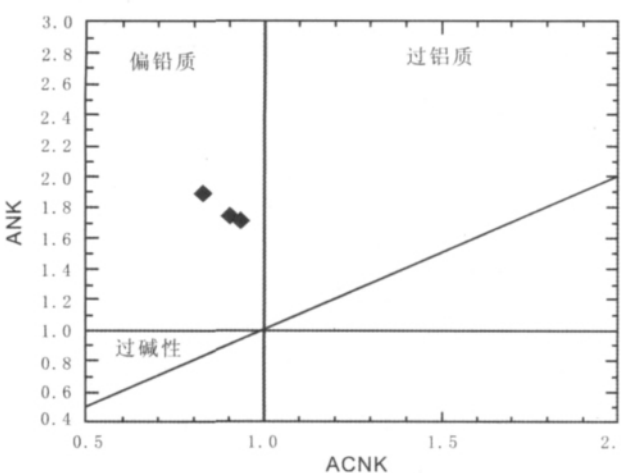


图 4 毛伊勒吐岩体的 ANK-ACNK 图解
Fig. 4 ANK-ACNK diagram of the Maoyiletu rock body

3.2 微量元素特征

毛伊勒吐岩体的石英闪长岩微量元素分析结果见表 3。

从表 3 中可以看出,该岩体的微量元素含量与地壳平均值比较,Cu、Zr、Ta、Nb、Zn 等较低,个别样品比地壳平均值高;而 Rb、Y、U、Th、Mo 等元素较高,其中一个样品的 Mo 元素含量高出地壳平均值的 200 多倍。

在微量元素蛛网图上(图 5)可以清楚的看出,石英闪长岩的微量元素与大洋中脊花岗岩比较,Sr、 K_2O 、Rb、Th、Ce 呈富集型,Nb、Ta、Sm 与其相当,而 Zr、Hf、Y、Yb 呈亏损型.其微量元素蛛网图总体型式与火山弧花岗岩的型式相当,其形成可能与火山弧构造环境有关。

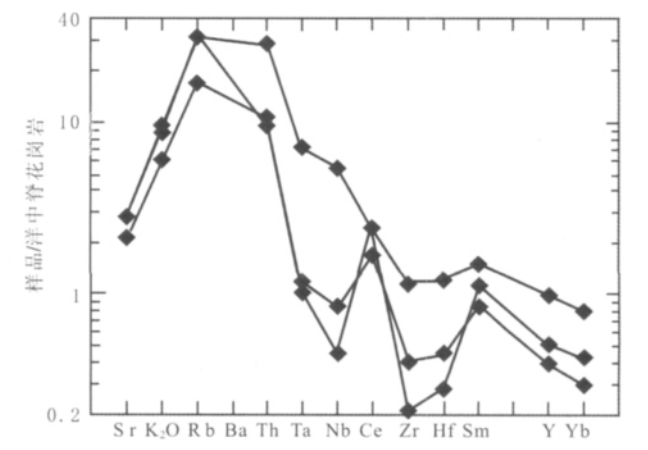


图 5 毛伊勒吐岩体微量元素蛛网图
Fig. 5 Trace element spider diagram of the Maoyiletu rock body

3.3 稀土元素特征

毛伊勒吐岩体的石英闪长岩稀土元素全分析结果列于表 4 中。

从表 4 中可以看出,该岩体的稀土元素总量中等, δEu 值在 0.41~0.94 之间,说明具有 Eu 负异常,轻、重稀土元素的比值在 4.13~2.15 之间,表明轻稀土富集,而重稀土相对亏损 $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}}$ 比值 1.86~3.22 $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 比值 1.54~2.15,说明该石英闪长岩的轻、重稀土元素分馏程度都比较好.稀土元素配分曲线见图 5。

从图 6 中可以看出,本区石英闪长岩的稀土配分曲线呈右倾型,表明岩石的轻稀土富集,而重稀土相对亏损;具有 Eu 的负异常,其中 1 个样品的 Eu 负异常比较明显,其余 2 个样品的 Eu 负异常不明显.轻稀土元素的相对富集,暗示该岩体在侵入时捕获了中酸性火山岩的成分。

4 毛伊勒吐岩体的形成环境

表 3 毛伊勒吐岩体的微量元素分析结果

Table 3 Trance element analysis result of the Maoyiletu rock body

样品号	Rb	Sr	Ta	Nb	Hf	Zr	Y	Th	U	Cu	Pb	Zn	Mo
P ₇ yq1	67.87	492.23	0.72	4.50	2.56	72.34	35.68	8.68	3.28	17.54	29.60	62.95	240.51
P ₇ yq9	129.55	651.41	0.83	8.49	4.06	136.56	27.73	7.71	1.98	10.75	16.42	52.55	1.55
P ₇ yq11	125.26	641.11	5.09	54.57	10.89	388.99	68.53	23.28	8.44	13.17	72.65	113.50	1.76
地壳平均值	61.00	503.00	2.50	13.00	4.70	210.00	14.00	5.70	1.30	47.00	16.00	83.00	1.10

分析单位:国土资源部长春矿产资源监督检测中心.含量单位:10⁻⁶(质量分数).

表 4 毛伊勒吐岩体稀土元素分析结果

Table 4 REE analysis result of the Maoyiletu rock body

样品号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	REE	LREE/HREE	(La/Sm) _N	(Gd/Yb) _N	δEu
P _{7yq1}	48.34	87.61	11.97	46.94	10.06	2.52	8.42	1.46	6.83	1.33	3.95	0.55	3.42	0.44	233.84	7.86	3.10	2.04	0.81
P _{7yq9}	29.93	59.51	8.32	33.65	7.71	2.21	6.27	1.11	5.32	0.99	7.92	0.43	2.41	0.35	161.28	7.08	3.22	2.15	0.94
P _{7yq11}	38.60	83.99	12.59	47.97	13.42	2.31	12.01	2.65	14.34	2.76	3.07	1.19	6.46	0.81	247.02	4.13	1.86	1.54	0.41

分析单位:国土资源部长春矿产资源监督检测中心. 含量单位:10⁻⁶(质量分数).

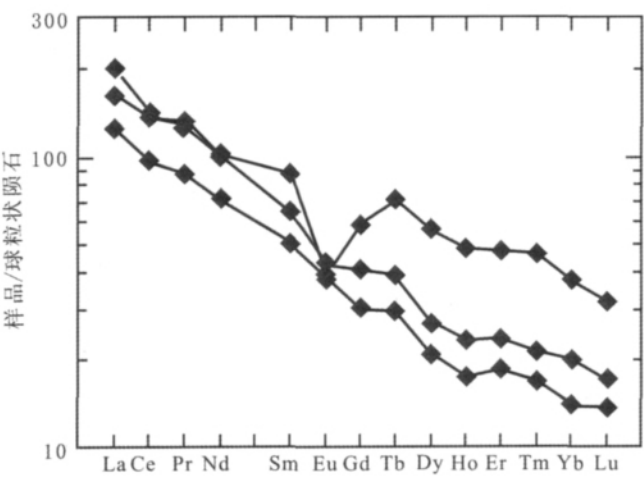


图 6 毛伊勒吐岩体稀土元素配分模式图

Fig. 6 REE distribution pattern of the Maoyiletu rock body

研究区内的石英闪长岩侵入于晚侏罗世火山岩地层中,又被后期的花岗斑岩和二长斑岩侵入,本工作区内未见早、中侏罗世地层.在 Rb-Y+Nb 和 Nb-Y 图解中(图 7),本区的石英闪长岩投影点落入火山弧和同碰撞花岗岩区内,说明该石英闪长岩的形成与火山弧构造环境有关;在 R1-R2 图解中(图 8),本区的石英闪长岩投影点落入 3 和 2 区内,为板块碰撞后隆起期构造环境.区内无早、中侏罗世的沉积和火山活动的记录,说明该时期本区处于地壳稳定抬升时期.而伴随着

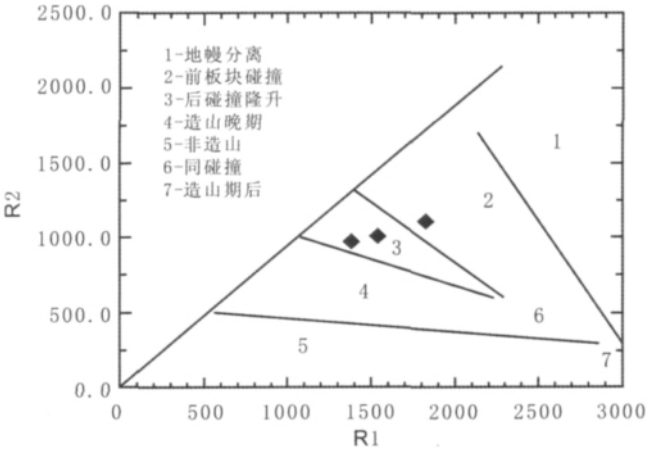


图 8 毛伊勒吐岩体的 R1-R2 图解

(据 R.A.Batchelor 等,1985)

Fig. 8 R1-R2 diagram of the Maoyiletu rock body

(after R.A. Batchelor et al., 1985)

晚侏罗世火山活动的开始,该石英闪长岩侵入,形成目前的岩体.但该岩体又被后期的花岗斑岩和二长斑岩侵入而遭到破坏.因此认为本区的石英闪长岩是板块碰撞后地壳抬升时期的产物.

5 结论

综合分析晚侏罗世毛伊勒吐石英闪长岩野外宏观地质特征、岩石矿物学特征、岩石化学和地球化学特

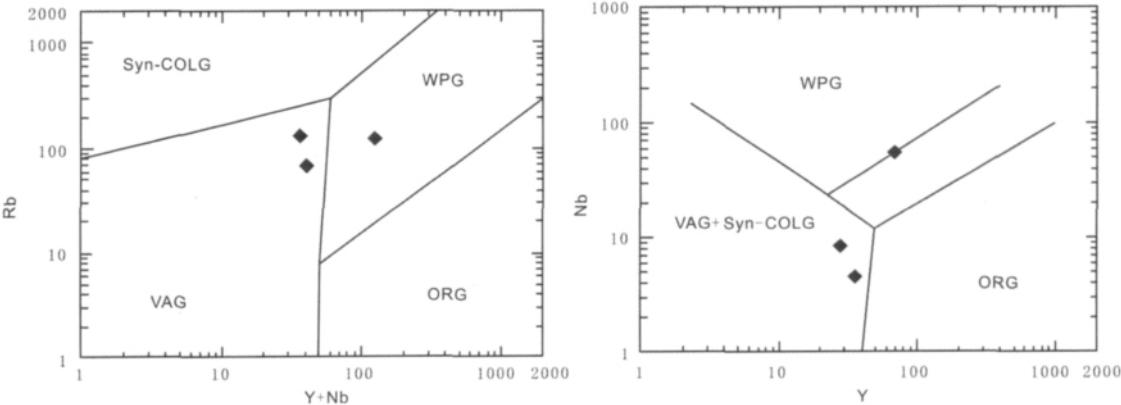


图 7 毛伊勒吐岩体的 Rb-(Y+Nb)和 Nb-Y 图解

Fig. 7 Rb-(Y+Nb) and Nb-Y diagrams of the Maoyiletu rock body

征、同位素资料,得出以下认识(1)毛伊勒吐岩体属于次铝质正常类型钙碱性岩石(2)毛伊勒吐岩体形成时间是 147.97 ± 0.95 Ma(3)毛伊勒吐岩体形成的构造环境为板块碰撞后地壳抬升时期。

参考文献:

- [1] SHAO Ji-an. Continental crust accretion and tectonic magmatic activity at the northern margin of the Sino-Korean Plate[J]. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 1989, 3(1-4): 57—62.
- [2] Tang K, Yan Z. Regional metamorphism and tectonic evolution of the Inner Mongolian suture zone[J]. J Metamorph Geol, 1993, 11: 511—522.
- [3] BAI Deng-hai, ZHANG Li, KONG Xiang-ru. A magnetotelluric study of the Paleozoic collision zone in the east of inner-mongolia (I): Observations and data analysis [J]. Chinese Journal Geophysics, 1993, 36(3): 326—336.
- [4] BAI Deng-hai, ZHANG Li, KONG Xiang-ru. A magnetotelluric study of the Paleozoic collision zone in the east of inner-mongolia (): Two-dimensional modeling [J]. Chinese Journal Geophysics, 1993, 36(3): 773—783.
- [5] 王荃, 刘雪亚, 李锦轶. 中国华夏与安加拉古陆间的板块构造[M]. 北京: 北京大学出版社, 1991: 19—32.
- [6] 祝洪臣, 张炯飞, 权恒. 大兴安岭中生代两期成岩成矿作用的元素、同位素特征及其形成环境[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2005, 22(4): 436—442.
- [7] 赵庆英, 刘正宏, 王天武, 等. 内蒙古宝日拉锦乌拉钠闪石花岗岩特征[J]. 地质与资源, 2009, 3(18): 210—214.
- [8] 沈鸿章. 内蒙古区域地质概要[J]. 中国区域地质, 1988(4): 297—306.
- [9] Wu F Y, Lin J Q, Wilde S A, et al. Nature and significance of the Early Cretaceous giant igneous event in eastern China [J]. Earth Planet Sci Lett, 2005(233): 103—119.
- [10] Meng Q R. What drove late Mesozoic extension of the northern China-Mongolia tract? [J]. Tectonophysics, 2003(369): 155—174.
- [11] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质[M]. 北京: 地质出版社, 1991: 427—439.
- [12] 张德全. 大兴安岭南段不同构造环境中的两类共岗岩[J]. 岩石矿物学杂志, 1993, 12(1): 1—11.
- [13] 林强, 葛文春, 吴福元, 等. 大兴安岭中生代花岗岩类的地球化学[J]. 岩石学报, 2004, 20(3): 403—412.
- [14] 吴福元, 孙德有, 林强. 东北地区显生宙花岗岩的成因和地壳增生[J]. 岩石学报, 1999, 15(2): 181—189.
- [15] 连长云, 尹冰川. 大兴安岭西坡中生代火山岩形成机制[J]. 地质地球化学, 2000, 28(2): 26—37.
- [16] 郭峰, 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.
- [17] 张永北, 孙世华, 本间弘次, 等. 大兴安岭南段林西地区中生代酸性岩类岩浆的混染作用[J]. 岩石学报, 2003, 9(3): 369—384.
- [18] ZHAO Qing-ying, LI Chun-feng, WANG Guo-liang, et al. Characteristics and formation setting of granodiorite in Zhalute County, Inner Mongolia [J]. Global Geology, 2009, 12(3): 156—159.
- [19] Wilson M. Igneous petrogenesis [M]. London: Unwin Hyman, 1989: 466.