

# 阿拉善北大山岩带海西期中酸性岩 $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地球化学特征

赖新荣<sup>1,2)</sup>, 江思宏<sup>1)</sup>, 邱小平<sup>2)</sup>, 刘妍<sup>1)</sup>, 胡朋<sup>1)</sup>, 张万益<sup>1)</sup>

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037; 2) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

**内容提要:**阿拉善北大山岩带位于阿拉善地块南缘, 恩格尔乌苏缝合带以南。该岩带产出大量的海西期岩浆岩, 包括基性-超基性岩、石英闪长岩、石英二长岩、石英正长岩及钾长花岗岩等一系列岩体。本文对该岩带的石英闪长岩及石英二长岩进行 $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ 测年, 获得的坪年龄分别为 $277.0 \pm 3.8\text{Ma}$ 、 $275.0 \pm 4\text{Ma}$ , 系早二叠世侵入产物。元素地球化学研究表明, 石英闪长岩具有高 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Mg}^\#$ , 低 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 、 $\Sigma\text{REE}$ , 表明其偏向于幔源的特点。石英二长岩具有高 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 、 $\Sigma\text{REE}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 低 $\text{CaO}$ 、 $\text{Mg}^\#$ , 表明其偏向于壳源的特点。结合微量元素分析与大地构造环境条件, 得出了该期石英闪长岩与石英二长岩产出环境为二叠纪活动大陆边缘。

**关键词:**阿拉善; 北大山岩带; 中酸性岩; 构造环境; 活动大陆边缘

阿拉善北大山岩带海西期的构造地质环境, 周良仁(1996)认为是“大陆型裂谷”, 张振法(1997)认为该地区属于“巴丹吉林台坳”, 王廷印等(1994)认为“雅布赖-巴音诺日公火山-深成岩带, …位于查干础鲁-霍尔森蛇绿混杂岩带之南…”, 向西可能延伸到北大山”。北大山岩带的研究程度相对较低, 本文基于此目的, 通过地球化学方法, 查证该地区在海西期的地质环境。在研究区北东方向( $46^\circ$ ,  $246\text{km}$ )的恩格尔乌苏发现的蛇绿混杂岩(王廷印等, 1992, 1993; 吴泰然等, 1992), 对本文的研究具有重要的借鉴意义。

毕竟一个地区在不同的地质历史时期, 会有不同的地球动力学环境, 其构造性质也就不同。虽然该区发现了碱性玄武岩以及“双峰式”岩浆岩组合(周良仁, 1996), 但是本文在该地区发现了钙碱性玄武岩(另文发表)及中性的石英闪长岩, 并且测试了样品的年龄, 这对该地区海西期地质构造环境, 将有一个更加清晰的认识。

## 1 地质背景

研究区位于阿拉善地块南缘, 在构造位置上属于巴丹吉林断裂以南的雅布赖-巴音诺日公晚古生代大陆弧(王廷印等, 1993, 1994)。区域上从南到北的断裂分别为: 巴丹吉林断裂、恩格尔乌苏断裂(缝

合带)、雅干断裂。其中恩格尔乌苏缝合带是塔里木板块与华北板块的最终缝合带(王廷印等, 1992, 1993; 吴泰然等, 1992), 巴丹吉林断裂属于弧后盆地的缝合带(吴泰然等, 1992; Wu, He, Zhang, 1998)(如图1)。巴丹吉林断裂在王廷印等(1994)的分类中是查干础鲁-霍尔森蛇绿混杂岩带。

区域上沉积大量的石炭系砂岩、砾岩、火山熔岩、火山角砾岩; 二叠系的砂岩、砾岩、火山凝灰岩、火山角砾岩。出露的最古老的地层是前震旦系的变质岩, 缺失奥陶系至泥盆系的地层。石炭系与二叠系为不整合接触。缺失三叠系至侏罗系地层。

岩浆岩出露广泛, 有加里东晚期侵入岩、海西期侵入岩以及喷出岩。以海西期侵入岩为主, 包括基性-超基性岩、闪长岩、石英二长岩、花岗岩、钾长花岗岩等一系列侵入岩。其中基性-超基性岩(另文发表)具有低总稀土含量, 分异差, 高相容元素的特点。其主要成分和微量元素的分析结果, 接近于原始地幔物质的特征, 可能属于地幔物质高度熔融的产物。流纹岩、英安斑岩、石英斑岩亦有出露。代表该地区在海西期广泛而强烈的岩浆活动。

## 2 样品采集及分析方法

### 2.1 样品采集

本文的所有样品均采自阿拉善右旗卡休他他地

本文由国土资源大调查项目(编号 200310200001-01)资助的成果。

收稿日期: 2006-09-11; 改回日期: 2006-12-20; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 赖新荣, 男, 1983年生。矿产普查与勘探专业, 在读硕士。010-68999078; Email: lai-xinrong@hotmail.com。

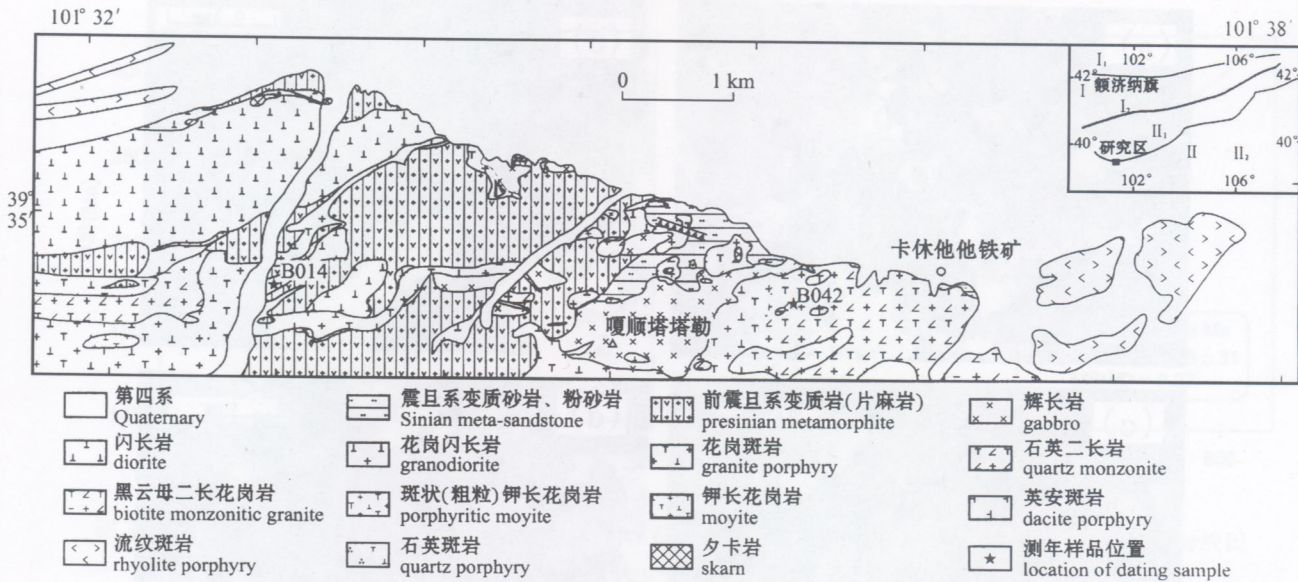


图 1 卡休他他矿区地质简图及构造位置图

Fig. 1 Brief diagram of Kaxituta mining field and tectonic location

I—塔里木板块, I<sub>1</sub>—呼和浩特早古生代洋内弧, I<sub>2</sub>—珠斯楞-杭乌拉早古生代被动陆缘区; II—华北板块; II<sub>1</sub>—宗乃山-沙拉扎山晚古生代陆壳基底火山弧; II<sub>2</sub>—雅布赖-巴音诺日公晚古生代大陆弧

I—Tarim plate; I<sub>1</sub>—Huhetaoergai Eopaleozoic oceanic arc; I<sub>2</sub>—Zhusileng-Hangwula Eopaleozoic passive continental margin; II—North China plate; II<sub>1</sub>—Zongnaishan-Shalazashan late paleozoic continental crust basic volcanic arc; II<sub>2</sub>—Yabulai-Bayinnuorigong late paleozoic continental arc

区,该区属于沙漠干旱地区,无地表径流,植被稀少,风化类型主要为物理风化。由于缺少水的参与,岩石较为新鲜。

如图 2 图版所示,石英二长岩(图 2a)整体上含暗色矿物(黑云母、角闪石)比较少,主要的矿物为斜长石、钾长石、石英。而石英闪长岩(图 2e)则明显含有较多的暗色矿物,矿物的颗粒也较石英二长岩中的矿物颗粒粒度要小。石英二长岩样品还有磁铁矿(图 2b)、褐帘石(图 2f)等副矿物。两类岩石的角闪石(图 2c 为石英二长岩、图 2g 为石英闪长岩)也显示了略微的不同,石英二长岩内的角闪石的结晶粒度要比石英闪长岩的大一些。图 2d 为石英二长岩中的斜长石,根据其环带特征及干涉色,应该为中长石;图 2h 为石英闪长岩中的斜长石,依据其板状的外形及干涉色,应为倍长石。根据镜下观察,这些样品还是比较新鲜的,矿物基本没有蚀变,因此可以满足测年与测试分析的需要。

2.2 样品分析方法

主元素分析采用 X 荧光光谱仪, Ba、Co、Cu、Ni、Sc、Sr、Zn 分析采用 ICP-AES, 其他元素(包括稀土元素)分析采用 ICP-MS, 分析测试工作是由国家地质测试实验中心完成。测试精度: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 FeO 的 RSD<10%, 其它主元素的 RSD<2%~8%; 微量元素和稀土元素的 RSD<10%。

<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 同位素测年是在中国地质科学院地质研究所同位素实验室进行的。测年对象是石英二长岩中的黑云母单矿物及石英闪长岩中的角闪石单矿物。<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 同位素测年的详细实验流程参见陈文等(2002)和 chen et al. (2002)。

3 分析结果

3.1 <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 同位素测年结果

3.1.1 石英闪长岩

从 400℃ 到 1450℃, 对嘎顺塔塔勒石英闪长岩体中的角闪石样品进行了 14 个阶段的加热分析(表 1), 所获数据构成一条未受明显热扰动的<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 年龄谱线(图 3a)。在年龄图谱的左边(图 3a)出现了 6 个异常数据: 281±11Ma、176.4±3.6Ma、187.3±2.4Ma、188.1±2.4Ma、180.9±1.9Ma、171.7±2.8Ma, 但其占总量的比例很小, 其余大部分(95.6%的<sup>39</sup>Ar 累积)非常平坦, 有效谱年龄为 278.0±2.0Ma(2σ)。根据参与积分年龄计算的 8 个点所获等时线年龄为 277.0±3.8Ma(2σ)(图 3b), MSWD=0.27, 表示了数据分布非常均匀。<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar 初始比值为 306±31(2σ), 在误差范围内接近于尼尔值(295.5), 表明样品中没有过剩的 Ar 存在。等时线年龄与坪年龄在误差范围内完全一致, 说明嘎顺塔塔勒石英闪长岩体中角闪石样品<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar

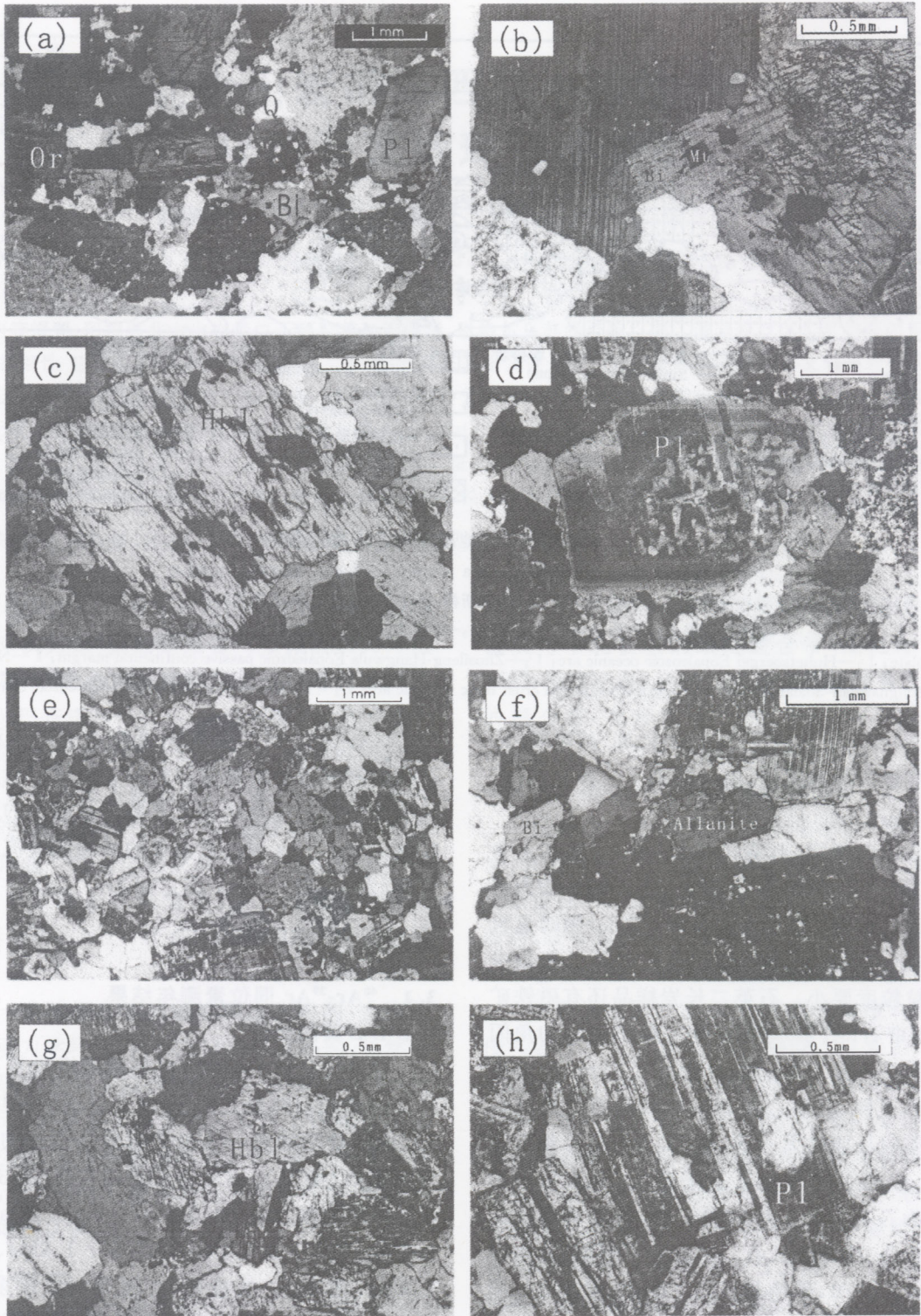


图 2 石英闪长岩及石英二长岩的镜下特征

Fig. 2 Micrographs of quartz diorite and quartz monzonite

(a)—石英二长岩 6.3×2.5(+); (b)—石英二长岩中的磁铁矿、黑云母 6.3×4(+); (c)—石英二长岩中的角闪石 6.3×6.3(+); (d)—石英二长岩中的中长石 6.3×2.5(+); (e)—石英闪长岩 6.3×2.5(+); (f)—石英二长岩中的褐帘石与黑云母 6.3×4(+); (g)—石英闪长岩中的角闪石 6.3×6.3(+); (h)—石英闪长岩中的倍长石 6.3×6.3(+); Q—石英; Or—钾长石; Bi—黑云母; Pl—斜长石; Hbl—角闪石; Mt—磁铁矿; Allanite—褐帘石

(a)—Quartz monzonite 6.3×2.5(+); (b)—magnetite and biotite in quartz monzonite 6.3×4(+); (c)—hornblende in quartz monzonite 6.3×6.3(+); (d)—oligoclase in quartz monzonite 6.3×2.5(+); (e)—quartz diorite 6.3×2.5(+); (f)—allanite and biotite in quartz monzonite 6.3×4(+); (g)—hornblende in quartz diorite 6.3×6.3(+); (h)—bytownite in quartz diorite 6.3×6.3(+); Q—quartz; Or—orthoclase; Bi—biotite; Pl—plagioclase; Hbl—hornblende; Mt—magnetite

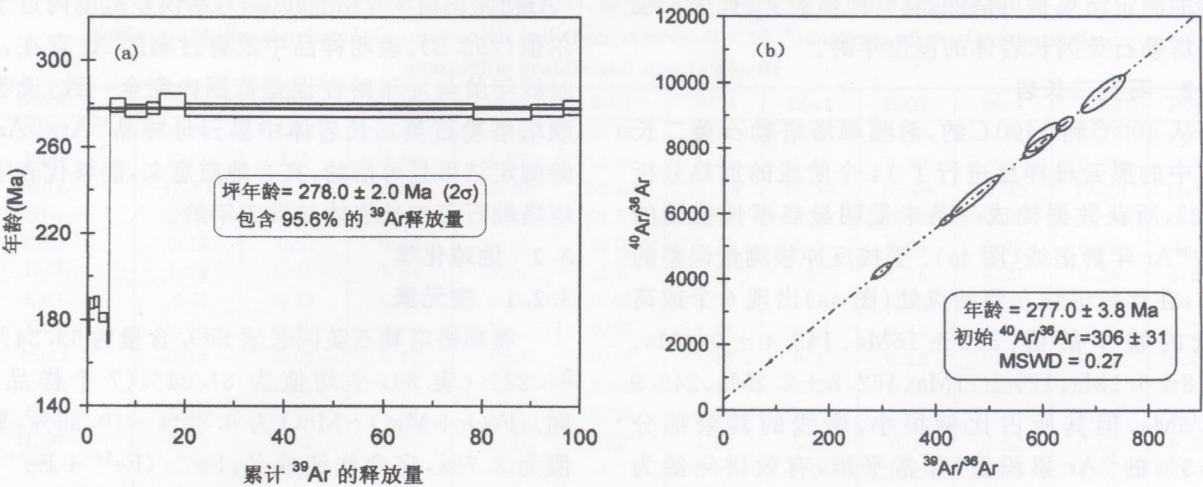


图 3 嘎顺塔塔勒石英闪长岩体中角闪石的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 阶段升温年龄谱图和<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar-<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 同位素等时线图  
Fig. 3 <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar stepwise heating age spectra and <sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar vs. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar isochron of hornblende separated from Gashuntatale quartz diorite

表 1 嘎顺塔塔勒石英闪长岩体角闪石<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 阶段升温分析数据(J=0.012576,w=300mg)  
Table 1 <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar incremental heating analytical data on hornblende separated from the Gashuntatale quartz diorite

| t(℃) | ( <sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>m</sub> | ( <sup>36</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>m</sub> | ( <sup>37</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>m</sub> | ( <sup>38</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>m</sub> | F       | <sup>39</sup> Ar<br>(×10 <sup>-14</sup> mol) | <sup>39</sup> Ar<br>(Cum.)(%) | 年龄(Ma) | ±1σ<br>(Ma) |
|------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|-------------------------------|--------|-------------|
| 400  | 21.9806                                            | 0.0312                                             | 8.1266                                             | 0.0715                                             | 13.427  | 17                                           | 0.11                          | 281    | 11          |
| 500  | 11.9877                                            | 0.0132                                             | 1.035                                              | 0.0672                                             | 8.1678  | 50.17                                        | 0.43                          | 176.4  | 3.6         |
| 600  | 11.8338                                            | 0.0108                                             | 0.7003                                             | 0.0611                                             | 8.702   | 149.87                                       | 1.38                          | 187.3  | 2.4         |
| 700  | 11.7773                                            | 0.0105                                             | 0.8417                                             | 0.0484                                             | 8.7377  | 162.42                                       | 2.41                          | 188.1  | 2.4         |
| 800  | 10.757                                             | 0.0082                                             | 0.7439                                             | 0.0325                                             | 8.3852  | 267.88                                       | 4.11                          | 180.9  | 1.9         |
| 900  | 11.1976                                            | 0.0113                                             | 0.9776                                             | 0.0299                                             | 7.9421  | 48.2                                         | 4.42                          | 171.7  | 2.8         |
| 1000 | 15.0097                                            | 0.0058                                             | 0.3485                                             | 0.0162                                             | 13.3168 | 486.9                                        | 7.51                          | 279.3  | 3.1         |
| 1080 | 13.8887                                            | 0.0025                                             | 0.2993                                             | 0.0149                                             | 13.1826 | 681.71                                       | 11.85                         | 276.7  | 2.8         |
| 1150 | 13.8673                                            | 0.0023                                             | 0.6631                                             | 0.0156                                             | 13.2437 | 435.82                                       | 14.62                         | 277.9  | 2.7         |
| 1220 | 13.9066                                            | 0.002                                              | 1.4223                                             | 0.0154                                             | 13.4245 | 807.37                                       | 19.75                         | 281.4  | 3.2         |
| 1300 | 13.5973                                            | 0.003                                              | 6.1424                                             | 0.0242                                             | 13.1984 | 9176.98                                      | 78.06                         | 277    | 3           |
| 1350 | 13.5011                                            | 0.0027                                             | 5.4891                                             | 0.0239                                             | 13.1416 | 1856.36                                      | 89.86                         | 275.9  | 2.9         |
| 1400 | 13.6219                                            | 0.0034                                             | 7.3057                                             | 0.0275                                             | 13.1953 | 1043.07                                      | 96.49                         | 277    | 2.8         |
| 1450 | 14.1339                                            | 0.006                                              | 11.1065                                            | 0.0301                                             | 13.2662 | 552.3                                        | 100                           | 278.3  | 3.3         |

注:表中下标 m 代表样品中测定的同位素比值;测试单位:中国地质科学院地质研究所氩-氦同位素实验室。测试仪器:MM-1200B 质谱仪。

表 2 嘎顺塔塔勒石英二长岩体中黑云母<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 阶段升温分析数据(J=0.012488,w=50mg)  
Table 2 <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar incremental heating analytical data on biotite separated from Gashuntatale monzonitic granite

| t(℃) | ( <sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>m</sub> | ( <sup>36</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>m</sub> | ( <sup>37</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>m</sub> | ( <sup>38</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>m</sub> | F       | <sup>39</sup> Ar<br>(×10 <sup>-14</sup> mol) | <sup>39</sup> Ar<br>(Cum.)(%) | 年龄(Ma) | ±1σ<br>(Ma) |
|------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|-------------------------------|--------|-------------|
| 400  | 23.332                                             | 0.0292                                             | 4.882                                              | 0.0907                                             | 15.1026 | 8.22                                         | 0.03                          | 312    | 16          |
| 500  | 16.6431                                            | 0.0331                                             | 0.7177                                             | 0.049                                              | 6.916   | 24.81                                        | 0.13                          | 149.4  | 9.4         |
| 600  | 13.4829                                            | 0.0215                                             | 0.4913                                             | 0.0379                                             | 7.1769  | 59.69                                        | 0.36                          | 154.8  | 6.1         |
| 700  | 18.3249                                            | 0.0422                                             | 1.1637                                             | 0.034                                              | 5.9266  | 20.76                                        | 0.45                          | 129    | 11          |
| 800  | 11.5648                                            | 0.0135                                             | 0.0703                                             | 0.0176                                             | 7.563   | 351.81                                       | 1.83                          | 162.8  | 2.2         |
| 900  | 14.1627                                            | 0.0077                                             | 0.0316                                             | 0.0157                                             | 11.8976 | 730.23                                       | 4.7                           | 249.9  | 2.5         |
| 960  | 13.7298                                            | 0.0024                                             | 0.0094                                             | 0.0163                                             | 13.0258 | 1764.58                                      | 11.64                         | 271.9  | 3.4         |
| 1010 | 13.2964                                            | 0.0006                                             | 0.005                                              | 0.0144                                             | 13.1254 | 3307.75                                      | 24.66                         | 273.8  | 3           |
| 1060 | 13.226                                             | 0.0003                                             | 0.0054                                             | 0.0136                                             | 13.1386 | 3046.9                                       | 36.64                         | 274.1  | 3.1         |
| 1110 | 13.2677                                            | 0.0003                                             | 0.0078                                             | 0.0136                                             | 13.1832 | 3867.66                                      | 51.86                         | 274.9  | 2.9         |
| 1160 | 13.4632                                            | 0.0005                                             | 0.0208                                             | 0.0139                                             | 13.312  | 1703.9                                       | 58.56                         | 277.4  | 2.7         |
| 1260 | 13.3971                                            | 0.0002                                             | 0.0137                                             | 0.0134                                             | 13.3216 | 4894.29                                      | 77.81                         | 277.6  | 2.8         |
| 1320 | 13.4071                                            | 0.0004                                             | 0.1208                                             | 0.016                                              | 13.2797 | 5483.91                                      | 99.39                         | 276.8  | 2.9         |
| 1400 | 15.7084                                            | 0.0106                                             | 8.5135                                             | 0.0199                                             | 13.2562 | 155.56                                       | 100                           | 276.4  | 5.3         |

注:表中下标 m 代表样品中测定的同位素比值;测试单位:中国地质科学院地质研究所氩-氦同位素实验室。测试仪器:MM-1200B 质谱仪。

年龄的测定结果是可信的,具有地质意义,代表了嘎顺塔塔勒石英闪长岩体的侵位年龄。

3.1.2 石英二长岩

从 400℃到 1400℃的,对嘎顺塔塔勒石英二长岩体中的黑云母样品进行了 14 个阶段的加热分析(表 2),所获数据构成一条未受明显热事件扰动的<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 年龄谱线(图 4a)。受核反冲核测量误差的影响,在年龄谱线左侧始点处(图 4a)出现 6 个或高或低的视年龄值:312±16Ma、149.4±9.4Ma、154.8±6.1Ma、129±11Ma、162.8±2.2Ma、249.9±2.5Ma,但其所占比例很小,谱线的其余部分(95.3%的<sup>39</sup>Ar 累积量)非常平坦,有效谱年龄为 275.5±2.2Ma(2σ)(图 4a)。根据参与积分年龄计算的 8 个点所得的等时线年龄为 275.0±4Ma(2σ)(图 4b),MSWD=0.38,反映数据分布很均匀。<sup>40</sup>Ar/

<sup>36</sup>Ar 初始比值为 278±86(2σ),在误差范围内近于尼尔值(295.5),表明样品中没有过剩的 Ar 存在。等时线年龄与坪年龄在误差范围内完全一致,说明嘎顺塔塔勒石英二长岩体中黑云母样品<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年龄测定结果是可信的,具有地质意义,能够代表嘎顺塔塔勒石英二长岩体的形成年龄。

3.2 地球化学

3.2.1 主元素

嘎顺塔塔勒石英闪长岩 SiO<sub>2</sub> 含量为 59.34%~64.22%(表 3),平均值为 61.04%(7 个样品,下同);FeOt+MgO+MnO 为 6.89%~10.36%,平均值为 8.7%,富含铁镁成分;Fe<sup>3+</sup>/(Fe<sup>3+</sup>+Fe<sup>2+</sup>)为 0.28~0.50,平均值为 0.41,表明全铁中以二价的铁离子为主。FeO/(FeO+MgO)为 0.67~0.69,平均值为 0.68,数值分布很集中,表明样品来自同一

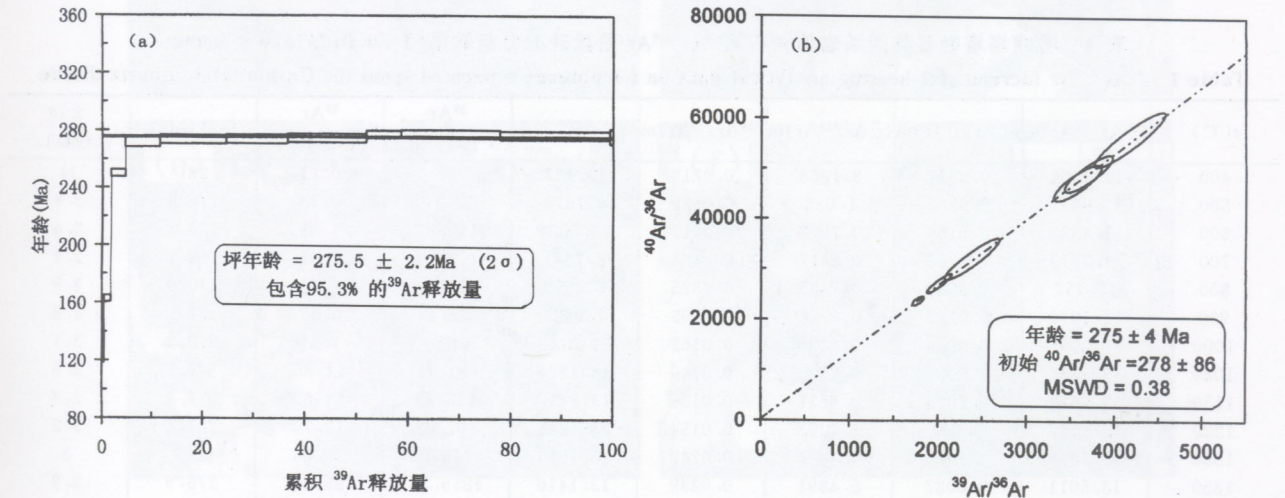


图 4 嘎顺塔塔勒石英二长岩中黑云母的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 阶段升温年龄谱图和<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar-<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 同位素等时线图  
Fig. 4 <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar stepwise heating age spectra and <sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar vs. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar isochron of biotite separated from Gashuntatale quartz monzonite

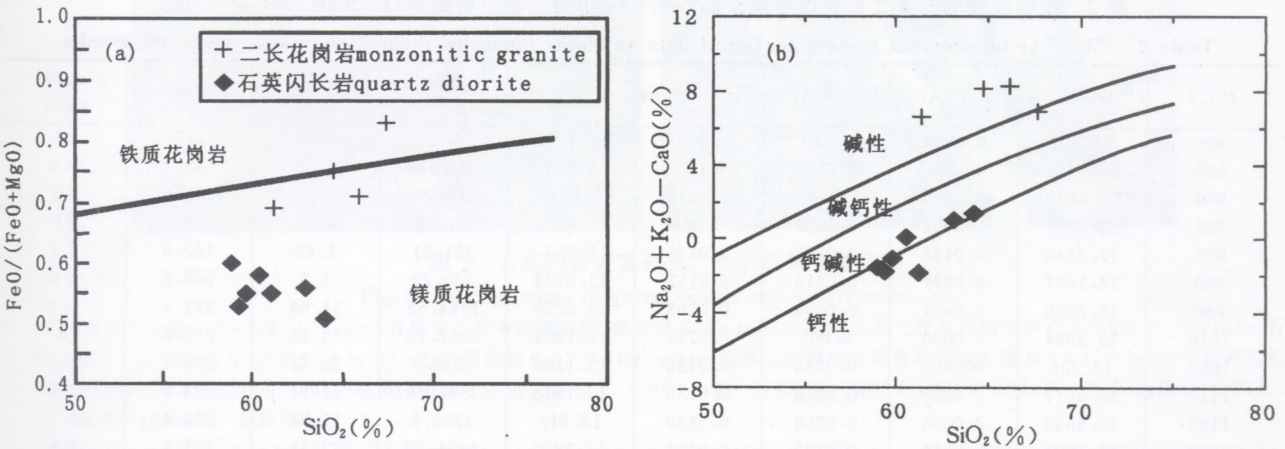


图 5 铁质花岗岩与镁质花岗岩判别图,修正的碱-钙指数图;(a)——(据 Miyashiro,1970);(b)——(据 Peacock,1931;Frost,2001)  
Fig. 5 Discrimination of ferric granite and magnesian granite,Modified alkali-lime index;  
(a)——(after Miyashiro,1970); (b)——(after Peacock,1931;Frost,2001)

表 3 嘎顺塔塔勒岩体样品主元素(%)、稀土元素及微量元素( $\times 10^{-6}$ )测试结果

Table 3 Major elements(%),rare earth and trace elements( $\times 10^{-6}$ )analyses of the Gashuntatale monzonitic granite and quartz diorite

| sample                                                  | B014  | B016  | B048   | B049  | B051  | B054  | B044   | B033   | B042   | B043   | B045  |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Na <sub>2</sub> O                                       | 3.14  | 2.86  | 2.64   | 3.46  | 3.16  | 3.11  | 3.02   | 3.18   | 4.18   | 4.19   | 4.72  |
| MgO                                                     | 2.93  | 2.2   | 2.96   | 2.79  | 2.6   | 3.35  | 2.45   | 0.56   | 0.6    | 0.46   | 0.99  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                          | 17.61 | 15.69 | 16.25  | 16.87 | 16.67 | 16.58 | 15.74  | 15.04  | 17.63  | 17.75  | 18.88 |
| SiO <sub>2</sub>                                        | 59.34 | 64.22 | 61.25  | 59.79 | 60.59 | 58.93 | 63.17  | 67.69  | 64.71  | 66.18  | 61.4  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                           | 0.14  | 0.1   | 0.13   | 0.14  | 0.16  | 0.17  | 0.1    | 0.09   | 0.09   | 0.08   | 0.14  |
| K <sub>2</sub> O                                        | 1.79  | 3.31  | 1.94   | 1.69  | 2.6   | 1.91  | 3      | 5.76   | 6.27   | 6.28   | 5.29  |
| CaO                                                     | 6.7   | 4.78  | 6.39   | 6.19  | 5.66  | 6.56  | 5      | 2.03   | 2.31   | 2.18   | 3.4   |
| TiO <sub>2</sub>                                        | 0.65  | 0.49  | 0.67   | 0.61  | 0.65  | 0.78  | 0.54   | 0.45   | 0.4    | 0.3    | 0.53  |
| MnO                                                     | 0.13  | 0.09  | 0.12   | 0.12  | 0.12  | 0.15  | 0.1    | 0.12   | 0.06   | 0.04   | 0.06  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                          | 3.2   | 2.58  | 3.04   | 2.84  | 2.52  | 2.13  | 2.13   | 1.63   | 1.21   | 0.84   | 1.48  |
| FeO                                                     | 3.33  | 2.28  | 3.57   | 3.39  | 3.56  | 4.94  | 3.11   | 2.64   | 1.81   | 1.13   | 2.19  |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>                           | 1.02  | 0.82  | 1.06   | 1.1   | 1.2   | 0.92  | 0.78   | 0.7    | 0.52   | 0.52   | 0.56  |
| CO <sub>2</sub>                                         | 0.04  | 0.21  | 0.12   | 0.32  | 0.5   | 0.23  | 0.25   | 0.2    | 0.14   | 0.07   | 0.3   |
| FeOt+MgO+MnO                                            | 9.27  | 6.89  | 9.39   | 8.86  | 8.55  | 10.36 | 7.58   | 4.79   | 3.56   | 2.39   | 4.57  |
| Fe <sup>3+</sup> /(Fe <sup>3+</sup> +Fe <sup>2+</sup> ) | 0.46  | 0.5   | 0.43   | 0.43  | 0.39  | 0.28  | 0.38   | 0.36   | 0.38   | 0.4    | 0.38  |
| FeO/(FeO+MgO)                                           | 0.53  | 0.51  | 0.56   | 0.55  | 0.55  | 0.58  | 0.6    | 0.83   | 0.75   | 0.71   | 0.69  |
| ASI                                                     | 1.33  | 1.24  | 1.32   | 1.28  | 1.27  | 1.26  | 1.23   | 1.13   | 1.12   | 1.13   | 1.14  |
| Mg <sup>#</sup>                                         | 61    | 63    | 60     | 60    | 57    | 55    | 59     | 0.28   | 0.37   | 0.42   | 0.45  |
| $\sigma$                                                | 1.49  | 1.79  | 1.15   | 1.58  | 1.89  | 1.58  | 1.8    | 3.24   | 5.03   | 4.73   | 5.45  |
| K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                      | 0.57  | 1.16  | 0.73   | 0.49  | 0.82  | 0.61  | 0.99   | 1.81   | 1.5    | 1.5    | 1.12  |
| Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O                      | 4.93  | 6.17  | 4.58   | 5.15  | 5.76  | 5.02  | 6.02   | 8.94   | 10.45  | 10.47  | 10.01 |
| 鉴定名称                                                    | 闪长岩   | 花岗闪长岩 | 石英闪长岩  | 石英闪长岩 | 花岗闪长岩 | 石英闪长岩 | 花岗闪长岩  | 石英二长岩  | 石英二长岩  | 石英二长岩  | 石英二长岩 |
| SIMA 分类                                                 | I     | I     | I      | I     | I     | I     | I      | S      | S      | S      | S     |
| Barbarin 分类                                             | ACG   | ACG   | ACG    | ACG   | ACG   | ACG   | ACG    | KCG    | KCG    | KCG    | KCG   |
| La                                                      | 15.8  | 18.7  | 20.9   | 15.4  | 17.8  | 19.3  | 18.4   | 55.4   | 125    | 103    | 77    |
| Ce                                                      | 29.3  | 36.1  | 39.7   | 31.6  | 31.1  | 33.8  | 40     | 96.1   | 206    | 193    | 145   |
| Pr                                                      | 3.42  | 4.23  | 4.51   | 3.86  | 3.5   | 3.72  | 4.81   | 10.1   | 17.7   | 14.1   | 12.7  |
| Nd                                                      | 13.6  | 17.3  | 18     | 16.3  | 14.1  | 14.8  | 20.8   | 37.5   | 58.4   | 44.4   | 44.2  |
| Sm                                                      | 2.95  | 3.89  | 3.82   | 3.61  | 2.84  | 3.06  | 4.63   | 6.21   | 7.45   | 4.87   | 6.61  |
| Eu                                                      | 0.92  | 0.88  | 0.97   | 0.94  | 0.94  | 0.95  | 1.05   | 1.82   | 1.89   | 2.05   | 2.02  |
| Gd                                                      | 2.83  | 3.64  | 3.73   | 3.55  | 2.67  | 2.88  | 4.16   | 5.57   | 6.67   | 4.29   | 5.74  |
| Tb                                                      | 0.46  | 0.6   | 0.6    | 0.58  | 0.44  | 0.47  | 0.69   | 0.83   | 0.8    | 0.46   | 0.77  |
| Dy                                                      | 2.67  | 3.62  | 3.56   | 3.54  | 2.56  | 2.73  | 4.1    | 4.44   | 3.66   | 1.79   | 3.77  |
| Ho                                                      | 0.53  | 0.73  | 0.71   | 0.7   | 0.5   | 0.55  | 0.81   | 0.88   | 0.68   | 0.32   | 0.69  |
| Er                                                      | 1.63  | 2.28  | 2.18   | 2.12  | 1.54  | 1.65  | 2.39   | 2.69   | 2.07   | 1.09   | 2.03  |
| Tm                                                      | 0.23  | 0.32  | 0.31   | 0.31  | 0.22  | 0.24  | 0.34   | 0.38   | 0.27   | 0.14   | 0.26  |
| Yb                                                      | 1.59  | 2.28  | 2.1    | 2.06  | 1.53  | 1.66  | 2.26   | 2.6    | 1.81   | 1.01   | 1.66  |
| Lu                                                      | 0.25  | 0.36  | 0.33   | 0.32  | 0.24  | 0.26  | 0.34   | 0.42   | 0.29   | 0.17   | 0.25  |
| (La/Yb) <sub>N</sub>                                    | 6.75  | 5.57  | 6.76   | 5.08  | 7.9   | 7.9   | 5.53   | 14.47  | 46.91  | 69.28  | 31.51 |
| $\sigma$ Eu                                             | 0.97  | 0.71  | 0.72   | 0.78  | 0.8   | 1.04  | 0.97   | 0.94   | 0.81   | 1.36   | 0.99  |
| $\Sigma$ REE                                            | 76.18 | 94.93 | 101.42 | 84.89 | 79.98 | 86.07 | 104.78 | 224.94 | 432.69 | 370.69 | 302.7 |
| Y                                                       | 15.7  | 21.8  | 20.8   | 20    | 14.5  | 15.9  | 23.5   | 24.2   | 19     | 9.55   | 18.8  |
| Hf                                                      | 3.09  | 4.34  | 4.07   | 3.37  | 3.35  | 2.94  | 3.76   | 10.7   | 10.1   | 8.59   | 8.93  |
| Zr                                                      | 119   | 155   | 151    | 126   | 128   | 112   | 140    | 547    | 468    | 413    | 416   |
| Zr/Hf                                                   | 38.51 | 35.71 | 37.23  | 37.1  | 37.39 | 38.21 | 38.1   | 51.12  | 46.34  | 48.08  | 46.58 |
| Sc                                                      | 17.4  | 15.6  | 20.6   | 16.9  | 12.9  | 16.3  | 15.5   | 14.2   | 8.51   | 2.06   | 7.77  |
| Co                                                      | 17.9  | 13.2  | 17.8   | 15.7  | 14.6  | 17.1  | 13.6   | 3.12   | 3.74   | 2.54   | 5.63  |
| Ni                                                      | 7.29  | 5.23  | 6.51   | 6.17  | 6.15  | 7.4   | 6      | 3.55   | 3.3    | 2.67   | 5.31  |
| Cu                                                      | 30.6  | 35.6  | 33.1   | 13.2  | 14.2  | 97.7  | 15.7   | 6.4    | 5.42   | 9.78   | 7.13  |
| Ga                                                      | 18.3  | 16    | 16.8   | 17.9  | 17.8  | 16.5  | 16.7   | 19.9   | 21.8   | 20     | 22.8  |
| Rb                                                      | 71.7  | 117   | 80     | 76.7  | 99.4  | 63.6  | 86.3   | 126    | 121    | 106    | 95.9  |
| Sr                                                      | 437   | 298   | 369    | 387   | 396   | 380   | 319    | 159    | 358    | 401    | 523   |
| Nb                                                      | 6.53  | 8.04  | 7.49   | 7.32  | 8.01  | 6.73  | 9.76   | 14.5   | 12.7   | 7.81   | 11.1  |
| Ba                                                      | 401   | 525   | 430    | 311   | 586   | 370   | 610    | 1142   | 1692   | 1981   | 1913  |
| Ta                                                      | 0.5   | 0.77  | 0.6    | 0.6   | 0.75  | 0.61  | 0.67   | 1      | 0.94   | 0.56   | 0.54  |
| Pb                                                      | 14    | 22.1  | 11.1   | 14.5  | 16.1  | 19.5  | 19.3   | 44.3   | 32.3   | 32.4   | 27.3  |
| Th                                                      | 6.9   | 13.1  | 9.94   | 8.14  | 8.59  | 7.16  | 6.59   | 10.8   | 20.4   | 16.5   | 12.3  |
| U                                                       | 1.03  | 2.01  | 1.32   | 1.36  | 1.08  | 1.23  | 1.07   | 1.19   | 1.2    | 1.16   | 1.19  |
| (Pb/U) <sub>N</sub>                                     | 1.84  | 1.49  | 1.14   | 1.44  | 2.02  | 2.15  | 2.44   | 5.04   | 3.64   | 3.78   | 3.1   |

期岩浆。 $Mg^\#$  为 55~63, 作为闪长岩, 是较富集镁的。 $A/CNK > 1.1$ , 属于过铝质, 这与岩石样品中含有较多的黑云母有关。在 TAS 分类(图略)中, 大部分样品落入安山岩区域, 少量落入英安岩区域。

依据里特曼指数  $\sigma < 1.9$ , 以及图 5b 的碱性指数图, 可以得出石英闪长岩属于钙性-钙碱性系列。 $K_2O/Na_2O$  多数样品小于 1, 碱含量  $K_2O+Na_2O$  在 4.93%~6.02%, 含量比较低。按照 SIMA 分类, 该石英闪长岩属于 I 型花岗岩, 按照 Barbarin(1999) 分类, 属于 ACG(富角闪石钙碱性花岗岩), 按照 Forst(2001) 的分类, 属于镁质钙性过铝质花岗岩-镁质钙碱性过铝质花岗岩。此类岩石与科迪勒拉岩基的主体部分分类一致。各项参数表明, 该石英闪长岩体可能为地幔演化产物。

嘎顺塔塔勒石英二长岩体  $SiO_2$  含量为 61.4%~67.69%(表 3), 平均值为 65.0%(4 个样品, 下同);  $FeO+MgO+MnO$  为 2.39%~4.79%, 平均值为 3.83%, 贫铁镁成分;  $Fe^{3+}/(Fe^{3+}+Fe^{2+})$  为 0.36~0.40, 平均值为 0.38, 表明全铁中以二价的铁离子为主。 $FeO/(FeO+MgO)$  为 0.69~0.83, 平均值为 0.74, 依据图 5a 的判别, 跨越了判别线。 $Mg^\#$  为 28~45, 从镁质到铁质, 数据较离散。 $A/CNK$  指数大于 1.1, 属于过铝质岩, 这与岩石样品中含有的黑云母有关, 但明显过铝的程度没有石英闪长岩大, 这在镜下表现为黑云母的含量上明显的差别(图 1a 与图 1e)。在 TAS 分类中, 样品落入粗面岩区域。

依据里特曼指数  $\sigma$  为 3.24~5.25, 以及图 5b 的碱性指数图, 可以得出石英闪长岩属于碱钙性-碱性系列。 $K_2O/Na_2O > 1$ , 碱含量  $K_2O+Na_2O$  在 8.94%~10.47%, 含量比较高。按照 SIMA 分类, 该石英二长岩属于 S 型花岗岩, 按照 Barbarin(1999) 分类, 属于 KCG(富钾的钙碱性花岗岩), 按照 Forst(2001) 的分类, 属于镁质钙碱钙性过铝质花岗岩。每一种分类方案对此处的石英二长岩都不是十分的吻合。但基本都表达了其岩浆来源为壳幔物质混合的特点。并非简单的地壳重熔成因。

### 3.2.2 稀土元素

石英闪长岩的稀土总量在  $(76.18 \sim 104.78) \times 10^{-6}$ , 平均  $90 \times 10^{-6}$ , 稀土总含量较低。 $(La/Yb)_N$  为 5.08~7.90, 分异不是很大。 $\delta Eu$  为 0.72~1.04, 总体上属于弱的负 Eu 异常。而石英二长岩的稀土总量为  $(224.94 \sim 432.69) \times 10^{-9}$ , 稀土总量比石英闪长岩高;  $(La/Yb)_N$  为 14.47~69.28, 稀土分异较

强;  $\delta Eu$  为 0.81~1.36, 数据较发散。稀土数据标准化配分模式如图 6。从图 6 可以看出, 将这些样品数据分为两类, 是比较合理的。这两类样品的差异就在于轻稀土的富集程度上, 很明显石英二长岩的岩浆源比石英闪长岩的岩浆源演化更加成熟。

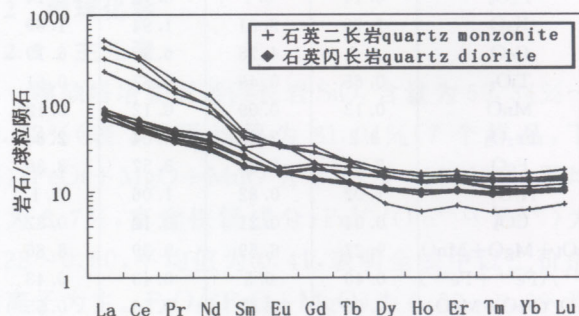


图 6 嘎顺塔塔勒石英二长岩及石英闪长岩球粒陨石标准化稀土分配模式

Fig. 6 Chondrite-normalized rare element distribution pattern for the Gashuntatale quartz monzonite and quartz diorite

### 3.2.3 微量元素

如图 7 所示, 石英闪长岩与石英二长岩在蛛网图中也表现了它们的不同特征, 石英二长岩明显比石英闪长岩富集 Ba、La、Ce、Pr、Nd、Hf、Zr 等元素。Ba 属于亲石分散元素, 主要与 K+类质同像(牟保磊, 1999), 会随着岩浆的演化而富集。在石英二长岩中, 由于含有较多量的  $K_2O$ , 所以其 Ba 的含量明显比石英闪长岩的高。La、Ce、Pr、Nd 是轻稀土元素, 在岩浆演化进程中不断的富集, 所以在石英二长岩中的含量明显比石英闪长岩中高。Hf、Zr 属于亲石元素, 在岩浆演化的进程中也是不断富集的,  $Zr/Hf$  是不断下降的(牟保磊, 1999); 但是在此处, 石英二长岩的 Hf、Zr 含量  $(8.59 \sim 10.07) \times 10^{-9}$ ,  $(413 \sim 547) \times 10^{-9}$  比石英闪长岩  $(2.94 \sim 4.34) \times 10^{-9}$ ,  $(112 \sim 155) \times 10^{-9}$  的高, 石英二长岩的  $Zr/Hf$  值  $(46.34 \sim 51.12)$  也比石英闪长岩  $(35.71 \sim 38.51)$  的高, 不符合同源岩浆演化规则, 这表明石英二长岩与石英闪长岩不属于同一岩浆房演化序列。

依据 Pearce(1984) 提出的花岗岩微量元素构造判别图(图 8), 可以得出虽然这两种花岗岩属于不同的演化序列, 但同属于一个构造环境的产物-VAG(火山弧花岗岩)。对于大地构造环境, 另一个证据就是 Pb/U 比值, Kelley(2005) 认为俯冲的大洋板片在脱水的过程中会同时失去 Pb、U, 那么在大陆

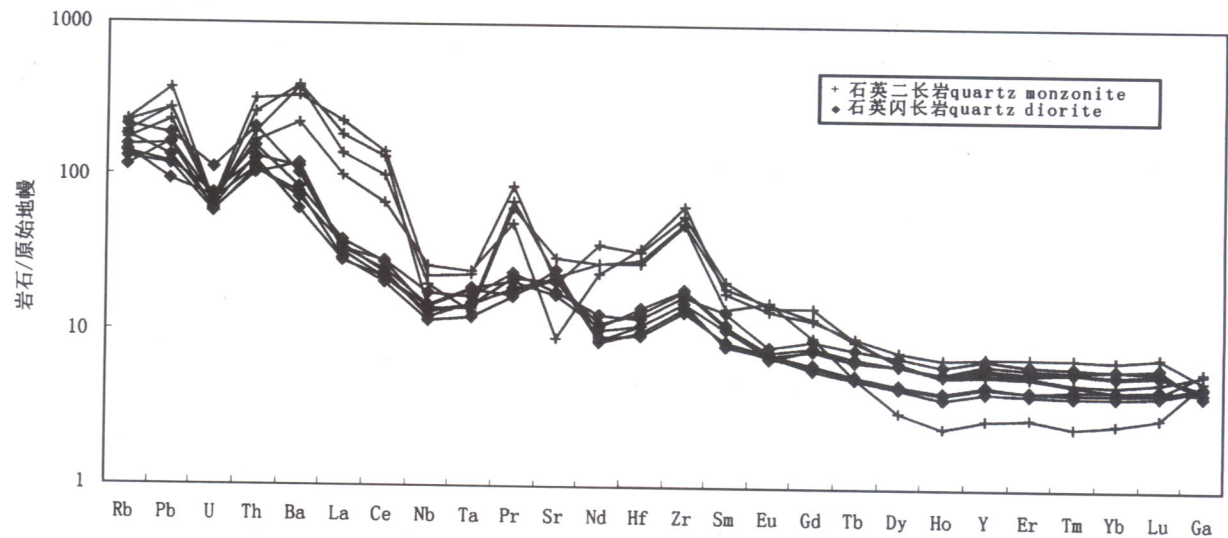


图 7 嘎顺塔塔勒石英二长岩与石英闪长岩的原始地幔标准化微量元素蛛网图(据 Hofmann,1988)

Fig. 7 Primitive mantle-normalized trace element spider diagram for the Gashuntatale quartz monzonite and quartz diorite (after Hofmann, 1988)

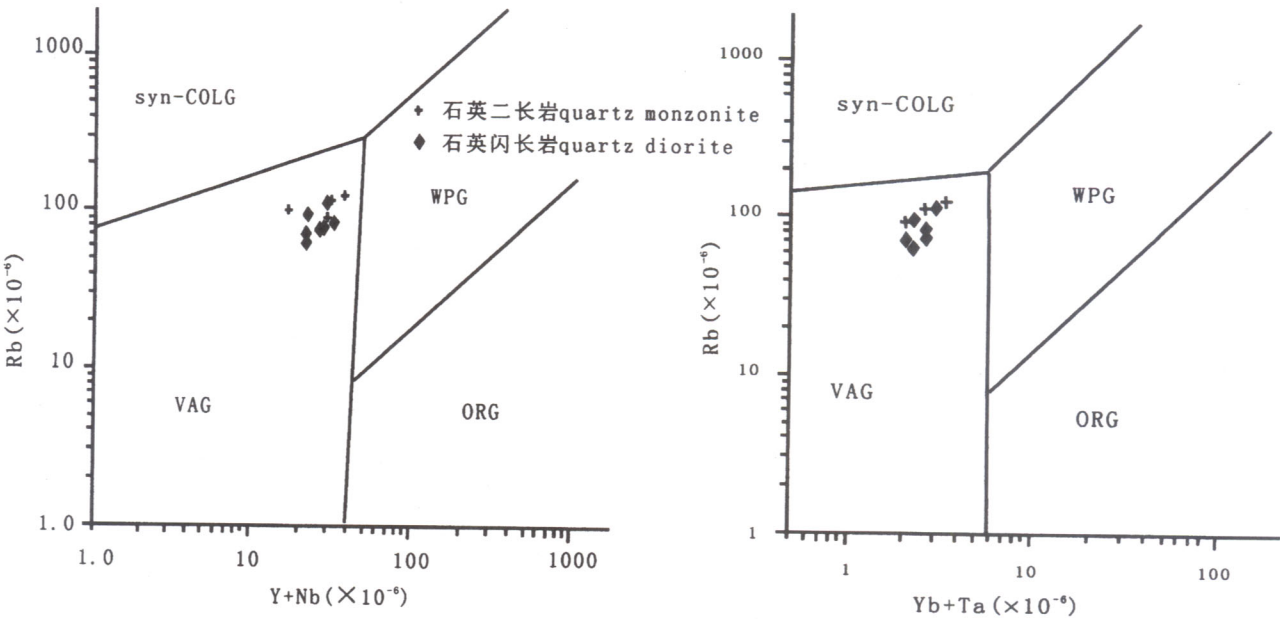


图 8 微量元素构造判别图(据 Pearce,1984;Forster,1997)

Fig. 8 Tectonic discrimination by trace element (after Pearce,1984; Forster,1997)

Syn-COLG—同碰撞花岗岩;VAG—火山弧花岗岩;WPG—板内花岗岩;ORG—洋中脊花岗岩

Syn-COLG—syn-collision granite;VAG—volcanic arc granite;WPG—within plate granite;ORG—oceanic ridge granite

边缘弧或岛弧的环境形成的岩浆就会富集这些成分,在 Pb、U 之间更加富集 Pb,也正是由于这个脱水富集的过程,保持了大陆地壳与大洋地壳 Pb 的平衡。 $(Pb/U)_N$  原始地幔标准化的比值(石英闪长岩 1.14~2.02,石英二长岩 3.1~5.04),表现了两类岩石在铅富集上的差异。石英闪长岩 Pb 含量较

石英二长岩低,表明石英闪长岩更加偏向于地幔岩浆演化的来源。

4 讨论

研究区位于巴丹吉林断裂以南(王廷印等,1993;吴泰然、何国琦,1992),属于雅布赖-巴音诺日

公晚古生代大陆弧褶皱带(吴泰然、何国琦,1993)。恩格尔乌苏断裂是古亚洲洋的最终缝合线(王廷印等,1993;吴泰然、何国琦,1992;吴泰然、何国琦,1993;WU et al,1998)。王廷印等(1993)在恩格尔乌苏蛇绿岩带块状玄武岩样品中获得的 Rb-Sr 等时线年龄为  $302.2 \pm 51.5\text{Ma}$ ,与本文的年龄数据(石英闪长岩  $278.0 \pm 2.0\text{Ma}$  ( $2\sigma$ ),石英二长岩  $275.5 \pm 2.2\text{Ma}$  ( $2\sigma$ ))在误差范围内一致。这说明在时间上,研究区属于大陆弧环境。

从主元素及微量元素的分析结果看,尽管这两种研究属于不同的演化序列,但在 Pearce(1984)的构造判别图中同时落入了 VAG(火山弧花岗岩)域。说明在同一构造背景下,其岩浆源区上的差别:石英闪长岩可能是地幔岩浆演化的产物,而石英二长岩更多地偏向壳源成分,反映其可能来源较浅,由陆壳重熔形成。当然,更为精确的源区判别,还需要 Nd-Sr-Pb 等同位素的制约。

白云虹等(1985)应用古地磁资料,把塔里木古陆早二叠世极点位置与 M. W. McElhinny (1981)所得的华北古陆晚二叠世极点位置加以对比,发现塔里木古陆与华北古陆在二叠纪时是相互分离的。根据林金录(1985)晚二叠世古地理重建图,塔里木古陆、华北古陆与西伯利亚古陆的碰撞发生在晚二叠世。那么在早二叠世,华北板块与塔里木古陆之间必为洋盆所隔。北天山巴音沟蛇绿岩斜长花岗岩锆石 SHRIMP 年龄(徐学义等,2005)为  $324.8 \pm 7.1\text{Ma}$  ( $2\sigma$ ),阿尔曼泰蛇绿岩锆石 SHRIMP 年龄(肖文交等,2006)为  $503 \pm 7\text{Ma}$  ( $2\sigma$ )。而在古亚洲洋东部,古地磁结果表明华北板块与西伯利亚板块最后拼合是沿蒙古-鄂霍次克带在中生代完成的(Enkin et al.,1992;徐备,2001),该带以南的柯单山蛇绿岩 Sm-Nd 等时线年龄为  $665 \pm 46\text{Ma}$ (陈森煌等,1991),温都尔庙地区的蓝片岩  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  年龄为  $446 \pm 16\text{Ma}$ (唐克东,1992),在贺根山获得蛇绿岩 Sm-Nd 等时线年龄为  $403 \pm 27\text{Ma}$ (包志伟等,1994),在苏尼特左旗推测与俯冲有关的蓝片岩中获得  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  年龄为  $383 \pm 13\text{Ma}$ (徐备等,2001)。这些数据表明塔里木板块与华北板块碰撞的时间晚于西伯利亚板块与塔里木板块碰撞的时间,于晚二叠系拼合(王廷印等,1993)。该地区具有类似于西太平洋多岛海古地理格局(Hall,2002;肖文交等,2006)。张永清等(2002)在巴音诺日公地区发现中三叠世( $235\text{Ma}$ 左右)碰撞后-非造山期的 A 型花岗岩,表明此时该地区已进入了拉张环境。

由于巴丹吉林断裂位于查干础鲁-霍尔森晚古生代弧后盆地,这个晚古生代弧后盆地在北大山的延伸部分应该是阿木尚德-阿尔斯兰一带的晚古生代沉积区。出阿木尚德往东,该晚古生代沉积被淹没于巴丹吉林沙漠之中。地层岩性以火山凝灰岩、火山角砾岩、砂岩、粉砂岩为主,属于典型的边缘海沉积建造。阿尔斯兰二叠系剖面(1:20 万地质调查报告,1977)与陶来东北尚丹剖面(王廷印等,1994)都表现了火山-沉积组合的特征,这表明此二地区在晚古生代构造环境的一致性。

由于此二岩体在时间上几乎同时形成,在空间上有接触关系,在微量元素地球化学行为有相似的特点,暗示了其成因上的联系。可能是由于海西期的构造-岩浆作用,导致地幔物质的上涌,演化形成了石英闪长岩,同时重熔了地壳物质,而形成了石英二长岩。

## 5 结论

本文对该岩带的石英闪长岩及石英二长岩进行  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  测年,获得的坪年龄分别为  $277.0 \pm 3.8\text{Ma}$ 、 $275.0 \pm 4\text{Ma}$ ,系早二叠世侵入产物。元素地球化学研究表明,石英闪长岩具有高  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Mg}^\#$ ,低  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $(\text{La}/\text{Yb})_\text{N}$ 、 $\Sigma\text{REE}$ ,表明其偏向于幔源的特点。石英二长岩具有高  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $(\text{La}/\text{Yb})_\text{N}$ 、 $\Sigma\text{REE}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,低  $\text{CaO}$ 、 $\text{Mg}^\#$ ,表明其偏向于壳源的特点。结合微量元素分析与大地构造环境条件,得出了该期石英闪长岩与石英二长岩产出环境为二叠纪活动大陆边缘。

综上所述,研究区阿尔斯兰-阿木尚德一带是晚古生代弧后盆地,属于查干础鲁-霍尔森晚古生代弧后盆地的西延部分;该带以南的岩浆岩出露区属于雅布赖-巴音诺日公晚古生代大陆弧的西延部分。

这次岩浆事件代表了础鲁-霍尔森弧后盆地洋壳向南消减俯冲,伴随有大规模的钙-碱性岩浆活动,发育了雅布赖大陆边缘弧(王廷印等,1994)。

## 参 考 文 献

- 甘肃地质局. 1976. 1:20 万努尔盖公社幅地质调查报告.
- 包志伟,陈森煌,张植堂. 1994. 内蒙古贺根山地区蛇绿岩稀土元素和同位素研究. 地球化学,23(4):339~349.
- 陈文,刘新宇,张思红. 2002. 连续激光阶段升温  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  地质年代测定方法研究. 地质论评,48(增刊):127~134.
- 陈森煌,刘道荣,包志伟,朱乃娟,毛存孝,朱炳泉. 1991. 华北地台北缘几个超基性岩的侵位年代及其演化. 地球化学,20(2):128~133.

- 牟保奎. 1999. 元素地球化学. 北京: 北京大学出版社.
- 唐克东. 1992. 中朝板块北侧褶皱带构造演化及成矿规律. 北京: 北京大学出版社. 1~277.
- 王廷印, 王金荣, 王士政. 1992. 阿拉善北部恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带的发现及其构造意义. 兰州大学学报(自然科学版), 28(2): 194~198.
- 王廷印, 王金荣, 刘金坤, 王士政, 吴家弘. 1993. 华北板块和塔里木板块之关系. 地质学报, 67(4): 287~300.
- 王廷印, 王士政, 王金荣. 1994. 阿拉善地区古生代陆壳的形成和演化. 兰州: 兰州大学出版社, 1~195.
- 吴泰然, 何国琦. 1992. 阿拉善地块北缘的蛇绿混杂岩带及其大地构造意义. 现代地质, 6(4): 286~296.
- 吴泰然, 何国琦. 1993. 内蒙古阿拉善地块北缘的构造单元划分及各单元的基本特征. 地质学报, 67(1): 97~108.
- 林金录. 1985. 华南与华北断块的地极移动曲线, 地震地质, 7(1): 81~83.
- 白云虹, 程国良, 孙青格, 孙宇航, 李永安, 董玉杰, 孙东江. 1985. 新疆塔里木地台晚古生代古地磁极移曲线及其地质构造含义. 地震地质, 7(1): 71~80.
- 肖文交, BF WINDLEY, 阎全人, 秦克章, 陈汉林, 袁超, 孙敏, 李继亮, 孙枢. 2006. 北疆地区阿尔曼太蛇绿岩锆石 SHRIMP 年龄及其大地构造意义. 地质学报, 80(1): 32~37.
- 徐备 J, Charvet 张福勤. 2001. 内蒙古北部苏尼特左旗蓝片岩岩石学和年代学研究. 地质科学, 36(4): 424~434.
- 徐学义, 马中平, 夏林圻, 王彦斌, 李向民, 夏祖春, 王立社. 北天山巴音沟蛇绿岩斜长花岗岩锆石 SHRIMP 测年及其意义. 地质论评, 51(5): 523~527.
- 朱永锋, 孙世华, 毛骞, 赵光. 2004. 内蒙古锡林郭勒杂岩的地球化学研究: 从 Rodinia 聚合到古亚洲洋闭合后碰撞造山的历史记录. 高校地质学报, 10(3): 343~355.
- 张永清, 韩建刚, 胡凤翔. 2002. 内蒙古阿拉善盟巴音诺日公地区中三叠世花岗岩特征及构造意义. 内蒙古地质, 105(04): 15~20.
- 张增杰, 陈衍景, 陈华勇, 鲍景新, 刘玉林. 2003. 天山海西期不同类型花岗岩类岩石化学特征及其地球动力学意义. 矿物岩石, 23(1): 16~25.
- 张振法. 1997. “北山晚华力西地槽褶皱带”(西阿拉善)的性质、归属及有关问题的探讨. 内蒙古地质, 1: 24~40.
- 周良仁. 1996. 阿拉善陆块中的北大山裂谷带. 西北地质, 17(04): 1~11.
- B. Ronald Frost, Calvin G. Barnes, William J. Collins, Richard J. Arculus, David J. Ellis and Carol D. Frost. 2001. A geochemical classification for granite rocks. Journal of petrology 42: 2033~2048.
- Bai Yunhong, Chen Guoliang, Sun Qingge, Sun Yuhang, Li Yongang, Dong Yujie, Sun Dongjiang. 1985. late Paleozoic polar wander path for the Tarim block and tectonic significance. Seismology and Geology 7(1): 71~80(in Chinese with English abstract).
- Bernard Barbarin. 1999. A review of the relationship between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. Lithos, 46: 605~626.
- Bao Z W, Chen S H and Zhang Z T. 1994. Study on REE and Sm-Nd isotopes of Hegenshan ophiolite, inner Mongolia. Geochimica, 23(4): 339~349.
- Chen W, Liu XY and Zhang SH. 2002. Continuous laser stepwise heating  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  dating technique. Geological review, 48(supp.): 127~134(in Chinese with English abstract).
- Chen S H, Liu D R, Bao Z W, Zhu N J, Mao C X and Zhu B Q. 1991. Emplacement ages and evolution of several ultra basic rock belts on the northern margin of the North China platform. Geochimica, 20(2): 128~133.
- Enkin R J, Yang Z Y and Chen Y. 1992. Paleomagnetic constrains on the geodynamic history of the major block of China from the Permian to present. Jour. Geophys. Res., 97: 13953~13989.
- Gansu province geological bureau. 1976. Geological survey report of nuergai community region at a scale of 1:200000(in Chinese).
- H. J. Forster, G Tischendorf, R. B. Trumbull. 1997. An evaluation of the Rb vs. (Y+Nb) discrimination diagram to infer tectonic setting of silicic igneous rocks. Lithos 40: 261~293.
- Hofmann W. 1988. Chemical differentiation of the earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust. Earth and Planetary Science Letter, 90: 297~314.
- Katherine A. Kelley, Terry Plank, Linda Farr, John Ludden, Hubert Staudigel. 2005. Subduction cycling of U, Th, and Pb. Earth and Planetary Science Letters 234: 369~383.
- Lin Jinlu. APW Paths for north and south China block. Seismology and geology, 7(1): 81~83(in Chinese with English abstract).
- McDonough, W. F. and Sun, S.-S. 1995. Composition of the Earth. Chemical Geology 120: 223~253.
- McElhinny, M W, Embleton, B J J, Ma, X H and Zhang, Z K. 1981. Fragmentation of Asia in the Permian. Nature 293: 212~216.
- Mu Baolei. 1999. Element geochemistry. Beijing: Peking University press(in Chinese).
- Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. 1984. Trace element discrimination diagram for tectonic interpretation of granitic rocks. J. Petrol. 25: 956~983.
- Tang K D. 1992. Tectonic evolution and minerogenetic regularities of the fold belt along the northern margin of Sino-Korean plate. Beijing: Peking university press. 1~277(in Chinese).
- Wang Tingyin, Wang Jinrong, Wang Shizheng. 1992. Discovery and tectonic meaning of Enger-Us ophiolite belt. Journal of Lanzhou University( nature science) 28(2): 194~196 (in Chinese with English abstract).
- Wang Tingyin, Wang Jinrong, Liu Jinkun and Wang Shizheng. 1993. Relationship between the north China and Tarim plates. Acta Geologica Sinica(Chinese version) 67(4): 287~300 (in Chinese with English abstract).
- Wang Tingyin, Wang Jinrong, Wang Shizheng. 1994. Formation and evolution of continental crust of Alxa region. Lanzhou: Lanzhou University press(in Chinese).
- Wu Tairan, He Guoqi. 1992. Ophiolitic mélange belts in the northern margin of the Alxa block. Geoscience, journal of graduate school-china university of geosciences 6(3): 186~296 (in Chinese with English abstract).

- Wu Tairan, He Guoqi. 1993. Tectonic units and their fundamental characteristics on the northern margin of the Alxa block. *Acta Geologica Sinica* 67(1): 97~108. (in Chinese with English abstract).
- Wu Tairan, He Guoqi and Zhang Chen. 1998. On palaeozoic tectonics in the Alxa region, Inner Mongolia, China. *Acta Geologica Sinica*, 72(3): 256~263.
- Xiao Wenjiao, B F Windley, Yan Quanren, Qin Kezhang, Chen Hanlin, Yuan Chao, Sun Min, Li Jiliang, Sun Shu. 2006. SHRIMP Zircon Age of the Aermantai Ophiolite in the North Xinjiang Area, China and Its Tectonic Implications. *Acta Geologica Sinica* 80(1): 32~37 (in Chinese with English abstract).
- Xu bei, J. Charvet, Zhang Fuqin. 2001. Primary study on petrology and geochronology of blueschists in Sunitezuoqi, northern inner Mongolia. *Geology science*, 36(4): 424~434.
- Xu Xueyi, Ma Zhongping, Xia Linqi, Wang Yanbin, Li Xiangmin, Xia Zuchun, Wang Lishe. 2001. SHRIMP Dating of Plagiogranite from Bayingou Ophiolite in the Northern Tianshan Mountains. *Geological Review* 51(5): 523~527.
- Zhang Yongqing, Han Jiangang, Hu Fengxiang. 2002. Characteristics and Tectonic Significance of Granites of Middle Triassic in Bayinnuorigong Area, Inner Mongolia. *Geology of Inner Mongolia* 105(04): 15~20 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Zeng jie, Chen Yan jing, Chen Huan yong, Bao Jing xin, Liu Yu lin. 2003. The Petrochemical characteristics of the hercynian granitoids in Tianshan and its geodynamic implication. *Journal of Mineralogy and Petrology* 23(1): 16~25 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Zhenfa. 1997. Approach to Character and Ownership of "Beishan Late Variscian Geosyncline Fold Belt" (the West Alahan Banner). *Geology of Inner Mongolia* 1: 24~40 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Liangren. 1996. Beidashan rift zone in Alxa block. *Northwestern geology*. 17(04): 1~11 (in Chinese).
- Zhu YongFeng, Sun Shihua, Mao Qian, Zhao Guang. 2004. Geochemistry of the Xilingele Complex, Inner Mongolia: A Historic Record from Rodinia Accretion to Continental Collision after Closure of the Paleo-Asian Ocean. *Geological Journal of China Universities* 10(3): 343~355 (in Chinese with English abstract).

## <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar Age and Geochemical Features of Hercynian Intermediate Acidity Rock in Beidashan Rock Belt, Alxa

LAI Xinrong<sup>1,2)</sup>, JIANG Sihong<sup>1)</sup>, QIU Xiaoping<sup>2)</sup>, LIU Yan<sup>1)</sup>, HU Peng<sup>1)</sup>, ZHANG Wanyi<sup>1)</sup>

1) Institute of Mineral Resource, Chinese Academy of Geological Science, Beijing, 100037

2) Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Science, Beijing, 100037

### Abstract

Beidashan rock belt in Alxa located at southern of Alxa block, at south of enger-wsu suture zone. Abundance of Hercynian igneous rock, including mafic-ultramafic rock, quartz diorite, quartz monzonite, quartz syenite and myoite, are yielded. The <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar dating on biotite from the Gashuntatale quartz monzonite yields a plateau age of 275.0±4Ma and hornblende from quartz diorite yields a plateau age of 277.0±3.8Ma, both of which are product of Hercynian magma activity. According to element geochemistry, quartz diorite is characterized by high Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Mg<sup>#</sup> and low K<sub>2</sub>O, (La/Yb)<sub>N</sub>, ΣREE value, indicate its mantle source feature; and the quartz monzonite of study area with a character of high K<sub>2</sub>O, (La/Yb)<sub>N</sub>, ΣREE, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and low CaO, Mg<sup>#</sup> value, indicate its crust affinity. Synthesize trace element geochemistry and tectonic setting, the quartz diorite and quartz monzonite maybe a product of active continental margin.

**Key words:** Beidashan belt in Alxa; intermediate acidity rock; tectonic setting; active continental margin