

内蒙古东乌珠穆沁旗京格斯台 碱性花岗岩年龄及意义

张玉清 许立权 康小龙 宝音乌力吉

(内蒙古自治区地质调查院, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要:东乌珠穆沁旗京格斯台碱性花岗岩出露于中蒙边界附近的京格斯台地区, 1:20 万区域地质调查归之于华力西晚期($K\gamma_4^{3(2)}$)和印支期(γ_5^1)侵入体, 是兴蒙造山带南带碱性花岗岩的一部分。该岩石具高硅、富碱、准铝、贫镁钙的特点, SiO_2 含量为 74.80%~78.74%, $K_2O > Na_2O$, 全碱含量大于 8.0%, 属于过碱性和碱性花岗岩类(PAG)。岩石稀土总量偏低, 轻重稀土元素分馏程度不明显, $(La/Yb)_N$ 值 0.898.84~5.168, δEu 为 0.07~0.89, 钕强烈亏损。为后造山伸展环境下的产物。采用单颗粒锆石 U-Pb 同位素稀释法测定京格斯台碱性花岗岩的年龄, $^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄加权平均值为 $(284.8 \pm 1.1)Ma$, 为早二叠世岩浆活动的产物。

关键词:碱性花岗岩; A 型; 后造山; 锆石 U-Pb 年龄; 东乌珠穆沁旗京格斯台

中图分类号: P588.12 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2009)05-0988-08

研究区位于中蒙边界的东乌旗境内, 北距国界线约 20 km。大地构造归属兴蒙造山带的中部, 属巨型中亚造山带的东部, 其中具正 $\epsilon Nd(t)$ 值花岗岩的成因备受地质学者的关注^[1,2]。带内发育两条 A 型碱性花岗岩带(图 1), 构成全球出露面积最大的碱性花岗岩区域, 其中北带从蒙古到俄罗斯外贝加尔东, 以正长岩占主导; 南带从新疆北部经南蒙古直至内蒙古, 形成时代从晚石炭世到早三叠世^[3]。近年来, 随着二连—东乌旗地区 5 幅 1:25 万区域地质调查的开展, 在东乌旗京格斯台等地发现一套含霓石钠闪石的碱性花岗岩, 呈北东向带状分布。该岩体在 1:20 万区调报告中被置于华力西期($K\gamma_4^{3(2)}$)和燕山期(γ_5^1), 同时被划分为不同的成因类型^[1,2,3,4], 笔者对这套碱性花岗岩的岩石化学、地球化学及年代等进行详细研究, 对其形成的大地构造背景和侵入时代提供证据。

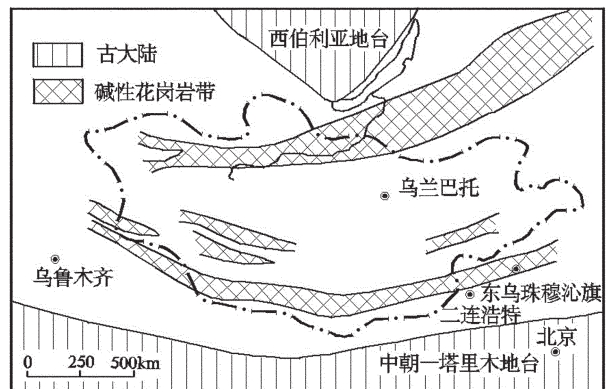


图 1 中亚—东亚部分晚古生代—三叠纪碱性花岗岩带分布略图^[1]

Fig.1 Distribution of Late Paleozoic-Triassic alkaline granitic belts in part of Central and East Asia

1 京格斯台碱性花岗岩的地质特征与岩石学特征

京格斯台碱性花岗岩与晚古生界宝力高庙组呈

收稿日期: 2008-11-18; 改回日期: 2009-04-30

基金项目: 中国地质调查局二连地区五幅 1:25 万区域地质调查项目(200413000012)资助。

作者简介: 张玉清, 男, 1965 年生, 高级工程师, 主要从事区域地质和矿产地质调查与研究; E-mail: zhangyqm@yahoo.com.cn。

① 内蒙古自治区地质局. 区域地质调查报告 1:20 万乌力吉特敖包幅、白音图嘎幅, 1979。

② 内蒙古自治区地质局. 区域地质调查报告 1:20 万白音吉日嘎拉大队幅、白音乌拉幅, 1980。

③ 内蒙古自治区地质局. 区域地质调查报告 1:20 万布林郭勒幅、吉尔嘎郎图幅, 1978。

侵入接触,与早二叠世正长花岗岩呈断层接触,侵入到中下奥陶统铜山组(O_{1-2f})中,其他侵入体间多呈侵入接触,个别地段为断层接触。区域上多被中生界角度不整合覆盖(图 2),呈大小不等的长轴状岩基、岩株状产出,北东向断续展布。区域上延伸较远,向西向北均延入蒙古人民共和国。

该碱性花岗岩体节理十分发育,以层状节理最为显著,北西向倾斜,倾角 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。岩体外貌呈层叠状,球状风化强烈,构成险峻而壮观的北方石林地貌。

碱性花岗岩呈肉红色或砖红色,风化表面为黄褐色,具中粒花岗结构,块状构造。主要矿物组成:正长石($55\%\sim 70\%$),不规则粒状或半自形宽板状,具卡氏双晶,部分发生了泥化,部分颗粒见有少量钠长石分解条纹,粒度多在 $3.0\sim 4.0\text{ mm}$;石英($25\%\sim 35\%$),

他形粒状,粒径 $2.0\sim 5.0\text{ mm}$;霓石($>10\%$),他形粒状及柱状, $0.5\sim 1.0\text{ mm}$,大部分蚀变成褐铁矿,仅有少量残留,负延性,具蓝绿色-淡黄绿色多色性, $c \wedge NP' = 13^{\circ}$;钠闪石(1% 左右), $0.2\sim 1.0\text{ mm}$ 的柱状,具深蓝色-蓝色多色性。同时见有晚期细粒状钠长石呈犬牙状分布于粗大正长石晶体的边缘,但含量很少,不足 1% 。

锆石呈浅黄色,透明状,金刚光泽,性脆,硬度大于 5,紫外灯下发荧光。部分锆石晶体中含浅黄色粒状、质点状、针、柱状包体。锆石长轴 $0.08\sim 0.45\text{ mm}$,长宽比多数为 $2:1$,部分 $2:1.5$,由 $\{111\}$ 、 $\{110\}$ 组成四方双锥柱体,自形程度高。副矿物有钛磁铁矿(853.5 g/t)、钛铁矿(48 g/t)、钽石(74.6 g/t)、萤石(24.6 g/t)、锆石(26.9 g/t)及微量磷灰石。

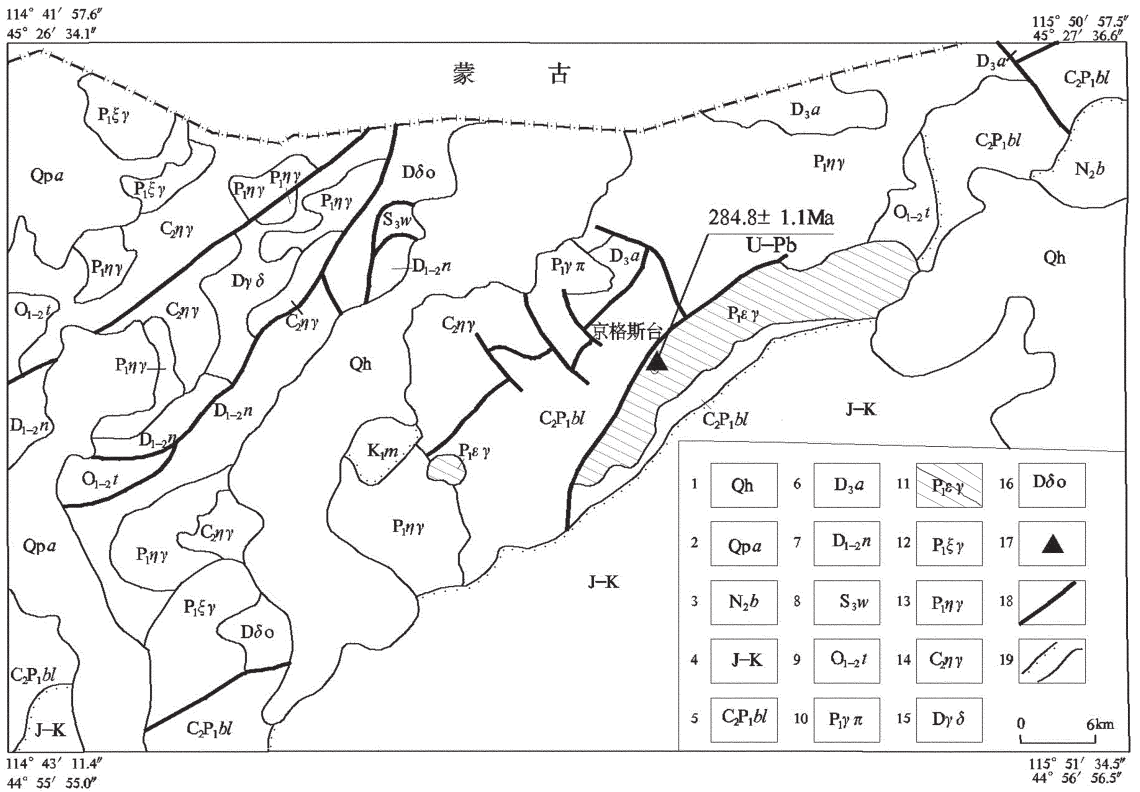


图 2 京格斯台地区地质简图

- 1—第四系;2—阿巴嘎组;3—宝格达乌拉组;4—侏罗系-白垩系;5—宝力高庙组;6—安格爾音乌拉组;
- 7—泥鰍河组;8—卧都河组;9—铜山组;10—早二叠世花岗岩斑岩;11—早二叠世碱性花岗岩;12—早二叠世正长花岗岩;
- 13—早二叠世二长花岗岩;14—晚石炭世二长花岗岩;15—泥盆纪花岗岩闪岩;16—泥盆纪石英闪岩;
- 17—同位素样品位置;18—断层;19—实测不整合接触界线及地质界线

Fig.2 Geological sketch map of Jinggesitai area

- 1-Quaternary; 2-Abagaqi Formation; 3-Baogedawula Formation; 4-Jurassic-Cretaceous; 5-Baoligaomiao Formation;
- 6-Aigeerynwula Formation; 7-Niqiuhe Formation; 8-Woduhe Formation; 9-Tongshan Formation;
- 10-Early Permian granite porphyry; 11-Early Permian alkali-granite; 12-Early Permian syenogranite; 13-Early Permian monzogranite;
- 14-Late Carboniferous monzogranite; 15-Devonian granodiorite; 16-Devonian quartz diorite;
- 17-Location of isotopic sample; 18-Fault; 19-Measured unconformity and geological boundary

2 岩体年代

2.1 样品采集、处理

样品选自远离裂隙、变形相对较弱的地段(样重 20 kg, 编号 3TW5129-1)。全岩样品经内蒙古自治区地质调查院岩矿鉴定室粉碎, 在分选出来的锆石中选取纯净透明、无裂纹和包体、未退晶质化的颗粒进行 U-Pb 年龄测定。

锆石 U-Pb 年龄采用同位素稀释法测定, 锆石的溶解和 U、Pb 的分离在超净化学实验室中进行, 采用的稀释剂为 $^{206}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 混合稀释剂。锆石清洗后在加了钢套的聚四氟乙烯闷罐中用纯化的 HF 溶解、蒸干后, 用硅胶-磷酸溶液与样品的 U、Pb 混合后加在同一单铯带上, 在 VG354 型热离子质谱仪上用高灵敏度 Daly 检测器进行铀-铅同位素测定。所有铀-铅同位素数据均进行了质量歧视效应和系统误差校正, 误差以 2σ 表示。实验室全流程 Pb 空白为 0.05 ng, U 空白为 0.002 ng。实验数据用 PBDAT 和 ISOPLOT 程序计算处理。

2.2 测试结果

京格斯台碱性花岗岩 3TW5129-1 中两粒不同晶形锆石 U-Pb 同位素测试结果(表 1)表明, 两粒锆石均落在谐和线上(图 3), 样品中放射成因铅没有扩散、丢失^[5,7]。其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值与 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 的年龄值基本一致, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值为 $(284.8\pm 1.1)\text{Ma}$ 。结合区域地质资料分析, 岩石形成后未遭受明显后期构造-热事件影响, 这一年龄值

是可信的^[8], 为锆石结晶年龄。因锆石结晶温度为 700°C 左右, 高于全岩的固结温度^[9]。亦可将上述年龄作为碱性花岗岩的结晶年龄, 即该岩体属早二叠世的产物。该年龄值与洪大卫等在该带上碱性花岗岩中获得的全岩 Sm-Nd 同位素结果(白音乌拉岩体 286 Ma, 祖横得楞岩体 284 Ma, 276 Ma, 扎那乌拉岩体 277 Ma)基本一致^[1,2]。

3 岩石地球化学特征

3.1 主量元素

京格斯台地区碱性花岗岩 SiO_2 含量为 74.80%~78.74%(表 2), 在 Q-A-P 图解(图解略)中一部分样品落入正长花岗岩区, 另一部分样品落入碱长花岗岩区, 其中 1、9、11、12 号样品正好落在 Q-A 线上。 Al_2O_3 含量 9.77%~12.82%, 数据比较集中, 主要在 11%~12%, 在 $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 图解中所有样品均落在过铝区和准铝的过渡区。 K_2O 含量为 4.28%~5.26%, 在 $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ 图解中所有样品均落入高钾区。 Na_2O 为在 2.78%~4.73%, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 绝大部分 < 1 , 只有 GS3007 一个样的值 > 1 , 为 1.04。 CaO 含量很低, 为 0~0.58%; MgO 的含量也不高, 绝大部分 $< 1.0\%$ 。铁含量低, Fe_2O_3 为 0.35%~2.83%, 主要集中在 1.0%~2.0%; FeO 为 0.15%~1.50%, 绝大部分在 0.5% 左右; A/CNK 为 0.95~1.08, < 1.1 。 $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ (分子比)主要集中在 0.9~11.14。反映该碱性花岗岩具高硅、富碱、准铝、贫铁镁钙的特征, 属造山期后 A 型花岗岩类中的碱

表 1 京格斯台碱性花岗岩锆石 U-Pb 同位素分析结果
Table 1 Single-zircon U-Pb analytical result of Jinggesitai alkali-granite

| 点 号 | 样品 锆石类型 及特征 | 重量 (μg) | 浓度 | | 普通铅含 量(μg) | 同位素原子比率 | | | | | 表面年龄/Ma | | |
|--------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | U ($\mu\text{g/g}$) | Pb ($\mu\text{g/g}$) | | ^{206}Pb | ^{208}Pb | ^{206}Pb | ^{207}Pb | ^{207}Pb | ^{206}Pb | ^{207}Pb | ^{207}Pb |
| | | | | | | ^{204}Pb | ^{206}Pb | ^{238}U | ^{235}U | ^{206}Pb | ^{238}U | ^{235}U | ^{206}Pb |
| 1 | 棕黄色透明柱 状较自形晶体 | 39 | 565 | 47 | 0.430 | 92 | 0.1093 | 0.04508 | 0.3190 | 0.0513 | 284.2 | 281.1 | 255.3 |
| | | | | | | | | (43) | (402) | (61) | | | |
| 2 | 黄色半透明短 柱状透明半自 形晶体 | 50 | 414 | 28 | 0.280 | 151 | 0.1095 | 0.04518 | 0.3188 | 0.0512 | 284.9 | 281.0 | 249.0 |
| | | | | | | | | (19) | (190) | (29) | | | |

注: $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 已对实验空白($\text{Pb}=0.050\text{ ng}, \text{U}=0.002\text{ ng}$)及稀释剂作了校正, 其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素, 括号内数字为(2σ)绝对误差, 例如 0.04518(19)表示 $0.04518\pm 0.00019(2\sigma)$ 。1-2 号点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值: $(284.8\pm 1.1)\text{Ma}$ 。由天津地质矿产研究所实验测试室李惠民校核(2006 年)。

表 2 京格斯台碱性花岗岩岩石化学分析结果(10⁻²)
Table 2 Chemical composition of Jinggesitai alkali-granite (10⁻²)

| 序号 | 样号 | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | FeO | MnO | MgO | Na ₂ O | CaO | K ₂ O | P ₂ O ₅ | 烧失量 | 总量 | A/CNK | Na ₂ O/ K ₂ O | KN/A |
|----|----------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|-------|-------------------|------|------------------|-------------------------------|------|--------|-------|--|------|
| 1 | P7-11 | 75.12 | 0.02 | 12.18 | 2.51 | 0.57 | 0.06 | 1.27 | 3.84 | 0.00 | 4.58 | 0.16 | 0.95 | 101.26 | 1.08 | 0.84 | 0.93 |
| 2 | P7-13 | 75.12 | 0.30 | 12.48 | 1.89 | 0.66 | 0.06 | 0.22 | 3.52 | 0.57 | 4.50 | 0.16 | 1.18 | 100.66 | 1.07 | 0.78 | 0.85 |
| 3 | P7-16 | 75.45 | 0.10 | 12.78 | 1.72 | 0.49 | 0.00 | 0.27 | 3.62 | 0.40 | 4.84 | 0.06 | 0.85 | 100.58 | 1.07 | 0.75 | 0.88 |
| 4 | P7-20 | 76.41 | 0.30 | 12.17 | 1.96 | 0.41 | 0.02 | 0.16 | 3.30 | 0.33 | 4.84 | 0.06 | 0.85 | 100.81 | 1.08 | 0.68 | 0.88 |
| 5 | P7-3 | 75.07 | 0.10 | 11.16 | 2.83 | 0.57 | 0.10 | 0.35 | 3.52 | 0.07 | 5.10 | 0.16 | 1.16 | 99.69 | 0.98 | 0.69 | 1.01 |
| 6 | GS2331 | 76.89 | 0.02 | 11.82 | 1.21 | 0.98 | 0.02 | 0.19 | 3.62 | 0.29 | 4.46 | 0.06 | 1.01 | 100.57 | 1.05 | 0.81 | 0.91 |
| 7 | GS100-1 | 76.41 | 0.04 | 12.82 | 1.18 | 0.25 | 0.02 | 0.25 | 2.78 | 0.57 | 5.26 | 0.26 | 1.23 | 101.07 | 1.13 | 0.53 | 0.80 |
| 8 | GS3233-1 | 77.22 | 0.13 | 12.16 | 1.45 | 0.18 | 0.033 | 0.27 | 3.9 | 0.55 | 4.96 | 0.025 | 0.12 | 101.0 | 0.95 | 0.79 | 0.97 |
| 9 | GS8063 | 78.74 | 0.12 | 9.77 | 1.25 | 0.15 | 0.036 | 0.19 | 3.35 | 0.36 | 5.16 | 0.028 | 0.22 | 99.37 | 0.83 | 0.65 | 1.14 |
| 10 | GS5129-1 | 76.17 | 0.12 | 11.98 | 0.35 | 1.51 | 0.40 | 0.10 | 3.59 | 0.58 | 4.43 | 0.055 | 0.65 | 99.94 | 1.02 | 0.81 | 0.89 |
| 11 | GS3007 | 74.80 | 0.27 | 12.58 | 1.78 | 0.64 | 0.086 | 0.13 | 4.73 | 0.20 | 4.54 | 0.064 | 0.68 | 100.50 | 0.96 | 1.04 | 1.01 |
| 12 | GS2023 | 77.65 | 0.25 | 11.04 | 1.91 | 0.27 | 0.052 | 0.057 | 3.96 | 0.08 | 4.28 | 0.045 | 0.36 | 99.95 | 0.98 | 0.93 | 1.01 |

注:序号 1~5 来源于 1:20 万区域地质调查报告白音吉日嘎拉大队、白音乌拉幅(1980);6~7 来源于 1:20 万区域地质调查报告乌力吉特敖包白音图嘎幅(1979);8~12 由地质矿产部内蒙古自治区中心实验室在原子吸收分光光度计日立 508 YX-01 下测试(2005)。

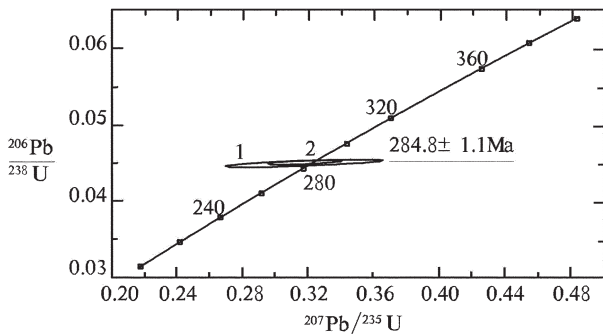


图 3 京格斯台碱性花岗岩锆石 U-Pb 同位素年龄谱和图

Fig.3 Zircon U-Pb concordia diagram of alkali-granite in Jinggesitai

长—碱性花岗岩亚类^[10,11],相当于 Barbarin(1999)岩石分类中过碱性和碱性花岗岩类(PAG)^[12]。

岩石成分与大地构造环境有着密切关系,这一点为大多数地质学家所接受^[13-17],许多学者从不同的角度提出了大量有效的构造环境判别图解。在 R1-R2 多阳离子构造环境判别图解中(图 4),大部分样品落入高“非造山的”花岗岩区(相当的岩石为碱性和过碱性岩石),部分样品落入“造山期后的”花岗岩区。在 Maniar 等(1989)的 4 组图解中(图 5),所有样

表 3 京格斯台碱性花岗岩稀土元素含量(10⁻⁶)及特征参数
Table 3 REE contents and parameters of alkali-granite in Jinggesitai

| 样号 | XT5129-1 | XT3007 | XT2023 | XT3233-1 | XT8063 |
|----------------------|----------|--------|--------|----------|--------|
| La | 18.3 | 47.6 | 25.9 | 10.7 | 12.6 |
| Ce | 64.0 | 90.2 | 52.7 | 44.3 | 98.4 |
| Pr | 5.41 | 11.0 | 6.3 | 4.07 | 4.25 |
| Nd | 19.4 | 44.2 | 25.4 | 15.9 | 16.1 |
| Sm | 5.58 | 7.22 | 5.53 | 4.14 | 3.3 |
| Eu | 0.12 | 0.52 | 0.91 | 0.24 | 0.1 |
| Gd | 5.0 | 7.52 | 7.37 | 4.42 | 3.47 |
| Tb | 0.98 | 1.1 | 1.16 | 1.02 | 0.58 |
| Dy | 6.09 | 6.43 | 7.83 | 7.91 | 3.78 |
| Ho | 1.31 | 1.59 | 1.85 | 1.77 | 0.79 |
| Er | 4.03 | 4.82 | 5.58 | 6.25 | 2.66 |
| Tm | 0.71 | 0.95 | 1.06 | 1.19 | 0.5 |
| Yb | 4.67 | 6.21 | 6.61 | 8.03 | 3.48 |
| Lu | 0.71 | 1.14 | 1.12 | 1.26 | 0.6 |
| Y | 27.6 | 36.3 | 42.8 | 52.2 | 18.0 |
| ΣREE | 163.91 | 266.8 | 192.12 | 163.4 | 168.61 |
| LREE/HREE | 4.8 | 6.75 | 3.58 | 2.49 | 8.5 |
| (La/Yb) _N | 2.642 | 5.168 | 2.642 | 0.898 | 2.441 |
| (Gd/Yb) _N | 0.864 | 0.977 | 0.9 | 0.444 | 0.805 |
| δ Eu | 0.07 | 0.21 | 0.44 | 0.57 | 0.09 |

注:由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所测试,分析方法为等离子体质谱法(ICP-MS),2005。

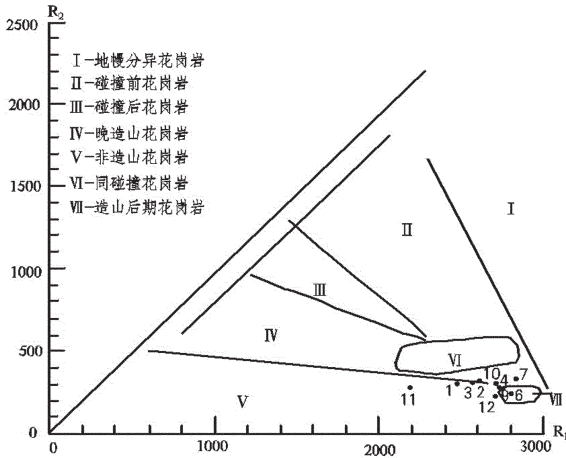


图4 京格斯台地区碱性花岗岩 R1-R2 图解(Batchelor,1985)
Fig.4 R1-R2 diagram of alkali-granite in Jingsesitai area (after Batchelor, 1985)

点几乎全部落入后造山花岗岩区,表明该花岗岩带形成于后造山构造环境中。

3.2 稀土元素和微量元素

京格斯台碱性花岗岩稀土总量较低(表3),介于 $163.40 \times 10^{-6} \sim 266.80 \times 10^{-6}$; 反映轻重稀土元素分馏程度的 $(La/Yb)_N$ 值较低,为 $0.898.84 \sim 5.168$,与 LREE/HREE 值较低 ($2.49 \sim 8.50$) 是一致的。 δEu 为 $0.07 \sim 0.57$,大多数小于 0.5 ,该花岗岩为晚期演化阶段形成的偏碱性花岗岩,这类花岗岩是由完全的分异结晶作用形成的^[18]。钬异常明显,随岩浆演化, Si_2O 增加而 δEu 减小,即钬亏损加强,呈现出明显的钬负异常。Y 的含量较高,为 $18.00 \times 10^{-6} \sim 42.80 \times 10^{-6}$ 。反映重稀土元素之间分馏程度的 $(Gd/Yb)_N$ 值为 $0.444 \sim 1.286$,平均 1.00 左右。稀土元素配分曲线呈低缓右倾的“海鸥”型(V型)(图6)。以上特征显

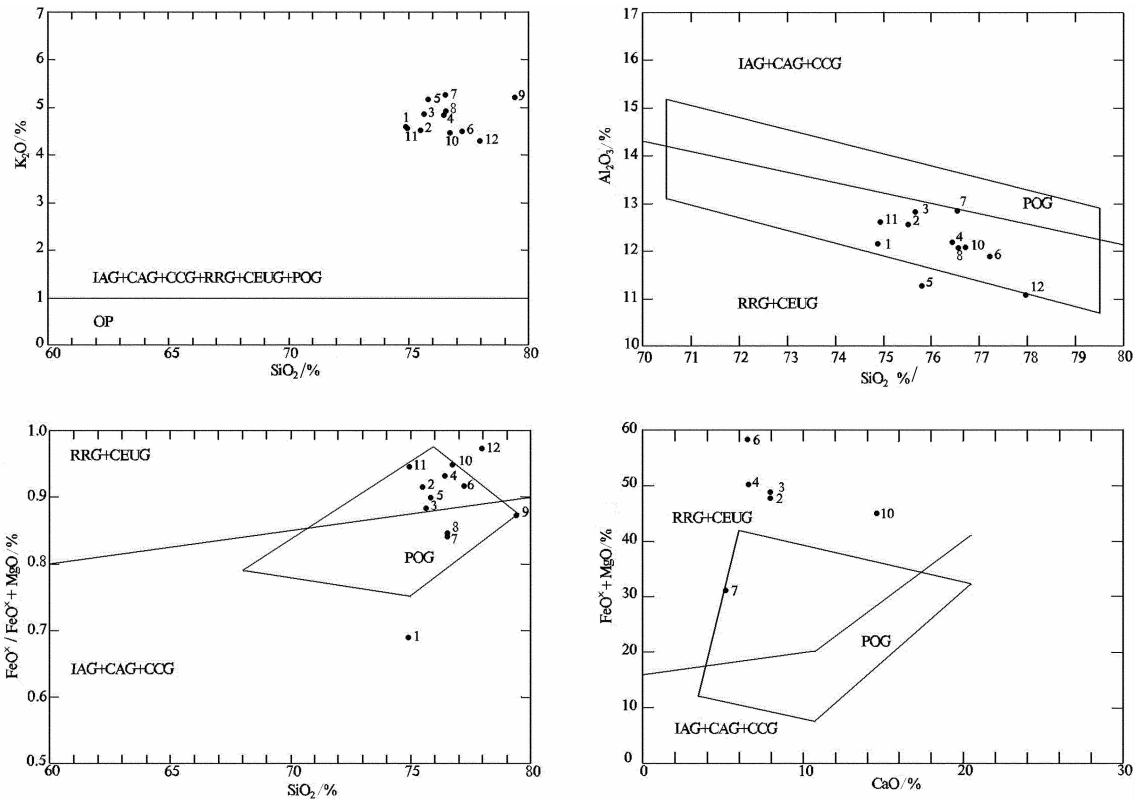


图5 花岗岩构造环境判别图解(据 Maniar et al.,1989)

IAG—岛弧花岗岩类;CAG—大陆弧花岗岩类;CCG—大陆碰撞花岗岩类;POG—后造山花岗岩类;RRG—与裂谷有关的花岗岩类;CEUG—与大陆的造陆抬升有关的花岗岩类;OP—大洋斜长花岗岩

Fig.5 Discriminant diagram for tectonic setting of granites (after Maniar et al., 1989)

IAG—Island arc granitoids; CAG—Continental arc granitoids; CCG—Continental collision granitoids; POG—Post-orogenic granitoids; RRG—Rift-related granitoids; CEUG—Continental epirogenic uplift granitoids; OP—Oceanic plagiogranites

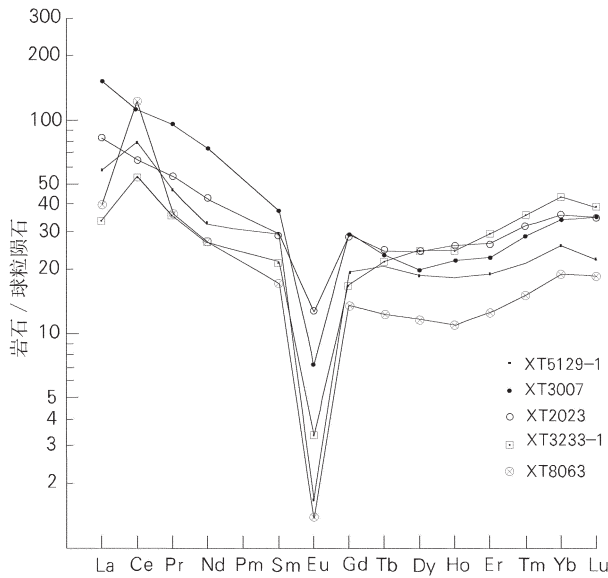


图 6 京格斯台地区碱性花岗岩稀土配分型式
Fig.6 Chondrite-normalized REE patterns of alkali-granite in Jinggesitai area

示轻重稀土分馏不明显、铕强烈亏损的特点。上述稀土元素特征与重熔型花岗岩一致,表明该类花岗岩可能是由上地壳经不同程度熔融形成的^[18,19]。

4 讨论

研究花岗岩形成的物质来源、成因机制、源岩年龄及演化过程等可直接获得地球演化的信息。许保良等^[10]认为在 A 型花岗岩中可识别出亏损、原始、富集幔源和壳幔、壳源等多种物源类型。洪大卫等^[11]研究表明,兴蒙造山带花岗岩具正 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值和较低的 t_{DM} 值,显示出幔源的特征。

结合研究区周边地质情况,与碱性花岗岩配套出露有碱长花岗岩、正长花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩等,经 1:25 万区域地质调查研究表明,早二叠世的这些侵入体稀土含量及其稀土配分曲线与笔者所讨论的碱性花岗岩十分接近,说明这些岩石在岩浆演化过程中具有同源性。它们可能来自同一个岩浆母岩区。而上述正长花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩的岩石化学特征,岩石学特征等均表现为“1”型及“S”型花岗岩特征^①。由此可见,其物质来源并不是单一的壳源或幔源,应该是二者的混染物,只是各

自贡献的多少不同而已。鲍庆中等^[20]在锡林浩特东北部前进场中粒似斑状黑云二长花岗岩和达青黑云母二长花岗岩中获得锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分别为 (280.8 ± 3.6) Ma 和 (281.5 ± 0.5) Ma,也说明在早二叠世区域上存在一次酸性岩浆侵入的高峰。

5 结论

(1) 京格斯台地区碱性花岗岩呈北东向带状断续分布,形成年龄为 284.8 Ma 左右(单颗粒锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 权重平均值),为早二叠世岩浆活动的产物。

(2) 岩石具高硅、富碱、低铝、贫铁镁钙的特点,岩石学、岩石化学特征表明该碱性花岗岩属 Barbarin 岩石分类方案中的过碱性和碱性花岗岩类(PAG)。岩石系列为 A 型花岗岩^[10], $\text{SiO}_2 > 70\%$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 大于 8.0%,进一步归于碱长-碱性花岗岩亚类。

(3) 在 Maniar 等(1989)的 4 组图解中,所有样点几乎全部落在后造山花岗岩区,属陆内造山作用(伸展构造环境)的产物^[21]。

(4) 该碱性花岗岩的确认,为研究兴蒙造山带地壳演化提供了新的佐证。

致谢: 本文研究得到内蒙古自治区地质调查院二连地区 5 幅 1:25 万区域地质调查项目大力支持。文中引用了内蒙古自治区地质矿产局、内蒙古自治区地质调查院等多家单位的区调成果,文章得到了审稿专家的精心审阅并提出了宝贵的意见,在此一并表示感谢!

参考文献(References):

- [1] 洪大卫, 王式光, 谢锡林, 等. 兴蒙造山带正 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值花岗岩的成因和大陆地壳生长[J]. 地学前缘, 2000, 7 (2): 441-456.
Hong Dawei, Wang Shiguang, Xie Xilin, et al. Genesis of positive $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ granitoids in the Da Hing gan MTS-Mongolia orogenic belt and growth continental crust[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7 (2): 441-456(in Chinese with English abstract).
- [2] 邵济安, 洪大卫, 张履桥. 内蒙古火成岩 Sr-Nd 同位素特征及成因[J]. 地质通报, 2002, 21(12): 817-822.
Shao Jian, Hong Dawei, Zhang Lvqiao. Genesis of Sr-Nd isotopic characteristics of igneous rocks in Inner Mongolia[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21 (12): 817-822(in Chinese with English abstract).
- [3] 洪大卫, 王式光, 黄怀曾. 中国北部边疆古生代-三叠纪碱性花岗岩

① 内蒙古自治区地质调查院. 1:25 万巴音乌拉幅、吉尔嘎郎图幅、阿巴嘎旗幅区域地质调查报告(归档资料), 2008.

- 岩带及其地球动力学意义 [C]//李云彤主编. 中国北方花岗岩及其成矿作用论文集. 北京:地质出版社, 1991:40-48.
- Hong Dawei, Wang Shiguang, Huang Huaizen. Beijing: The Paleozoic-Triassic alkali-granite belt in the border area of northern China and its geodynamics significance [C]// Li Yuntong (ed.), Collection of papers on the granites in northern China and their metallogenesis. Geological Publishing House, 1991:40-48 (in Chinese with English abstract).
- [4] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1991:435-439.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Inner Mongol Autonomous Region. Regional Geology of Inner Mongol Autonomous Region [M]. Wuhan:China University of Geosciences Press, 1991:435-439(in Chinese with English abstract).
- [5] 张玉清, 王弢, 贾和义, 等. 内蒙古中部大青山北西乌兰不浪紫苏斜长麻粒岩锆石 U-Pb 年龄[J]. 中国地质, 2003, 30(4):394-399.
- Zhang Yuqing, Wang Tao, Jia Heyi, et al. U-Pb ages of zircons from the Xi U1anbulang hypersthene-plagioclase granulite in the north Daqing Mountains, central Inner Mongolia [J]. Geology in China, 2003, 30(4):394-399(in Chinese with English abstract).
- [6] 张宗清. 同位素年代学方法的应用和限制 [C]//张炳熹, 洪大卫, 吴宣志. 岩石圈研究的现代方法. 北京:原子能出版社, 1996:186-199.
- Zhang Zongqing. Application and limitation of isotopic age dating [C]//Zhang Bingxi, Hong Dawei, Wu Xuanzhi (eds.). Modern Methods of Lithosphere Research. Beijing:Atomic Energy Press, 1996:186-199(in Chinese with English abstract).
- [7] 蔡剑辉, 阎国翰, 牟保磊, 等. 辽宁盖县梁屯-矿洞沟碱性正长岩杂岩体的 U-Pb 和 Sm-Nd 年龄及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2002, 18(3):349-354.
- Cai Janhui, Yan Guohan, Mou Baolei, et al. U-Pb and Sm-Nd isotopic ages of alkaline syenite complex body in Liangtun-kuangdongguo, Gaixian County, Liaoning Province, China and geological significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 2002, 18 (3): 349-354(in Chinese with English abstract).
- [8] 涂荫玖, 杨晓勇, 郑永飞, 等. 皖东南黄片麻岩的锆石 U-Pb 年龄 [J]. 岩石学报, 2001, 17(1):157-160.
- Tu Yinjiu, Yang Xiaoyong, Zheng Yongfei, et al. U-Pb dating of zircon from gneiss at Nanhuang in east Anhui [J]. Acta Petrologica Sinica, 2001, 17(1):157-160(in Chinese with English abstract).
- [9] 毛建仁, 陶奎元, 李寄岫, 等. 闽西南地区中生代花岗闪长质岩石的特征及其构造演化[J]. 岩石矿物学杂志, 2002, 21(2):134-142.
- Mao Jianren, Tao Kuiyuan, Li Jiyu, et al. Characteristics of Mesozoic granodioritic rocks in southwestern Fujian and their tectonic evolution[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2002, 21(2): 134-142(in Chinese with English abstract).
- [10] 许保良, 阎国翰, 张臣, 等. A 型花岗岩的岩石学亚类及其物质来源[J]. 地学前缘, 1998, 5(3):113-124.
- Xu Baoliang, Yan Guohan, Zhang Chen, et al. Petrological subdivision and source material of A-type granites [J]. Earth Science Frontiers, 1998, 5(3):113-124 (in Chinese with English abstract).
- [11] 高秉璋, 洪大卫, 郑基俭, 等. 花岗岩类区 1:5 万区域地质填图方法指南[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1991:20-37.
- Gao Bingzhang, Hong Dawei, Zheng Jijian, et al. A Guide to the Method of the 1:50000 regional Geological Survey in Igneous granite areas [M]. Wuhan:China University of Geosciences Press, 1991:20-37 (in Chinese with English abstract).
- [12] 楼亚儿, 杜杨松. 花岗质岩石成因分类研究述评 [J]. 地学前缘, 2003, 10(3):269-275.
- Lou Yaer, Du Yangsong. A review of petrogenetic classification of granitoids [J]. Earth Science Frontiers, 2003, 10 (3):269-275 (in Chinese with English abstract).
- [13] 邓晋福, 赵国春, 赵海玲, 等. 中国东部中生代火成岩构造组合与造山-深部过程[J]. 地质论评, 2000, 46(1):1-8.
- Deng Jinfu, Zhao Guochun, Zhao Hailing, et al. Yanshanian igneous petro-tectonic assemblage and orogenic-deep process in East China [J]. Geological Review, 2000, 46:41-48 (in Chinese with English abstract).
- [14] 罗照华, 邓晋福, 韩秀卿. 太行山造山岩浆活动及其造山过程反演[M]. 北京:地质出版社, 1999:427-439.
- Luo Zhaohua, Deng Jinfu, Han Xiuqing. Characteristics of Magmatic Activities and Orogenic Process of Taihangshan Intraplate Orogen[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999: 427-439 (in Chinese with English abstract).
- [15] 洪大卫. 花岗岩研究的最新进展及发展趋势 [J]. 地学前缘, 1994, (1/2):79-85.
- Hong Dawei. The most new progress of granitic researches and its trend of development [J]. Earth Science Frontiers, 1994, (1/2):79-85(in Chinese with English abstract).
- [16] 洪大卫, 黄怀曾, 肖宣君, 等. 内蒙中部二叠纪碱性花岗岩及其地球动力学意义[J]. 地质学报, 1994, 68(3):219-230.
- Hong Dawei, Huang Huaizeng, Xiao Yijun, et al. Permian alkaline granites in central Inner Mongolia and their geodynamic significance [J]. Acta Geologica Sinica, 1994, 68 (3): 219-230(in Chinese with English abstract).
- [17] 高山, 金振民. 拆沉作用(Delamination)及其壳-幔演化动力学意义[J]. 地质科技情报, 1997, 16(1):1-8.
- Gao Shan, Jin Zhenmin. Delamination and its geodynamical significance for the crust-mantle evolution [J]. Geological Science and Technology Information, 1997, 16 (1):1-8 (in Chinese with English abstract).
- [18] 王中刚, 于学元, 赵振华. 稀土元素地球化学[M]. 北京:科学出版社, 1989:133-212.
- Wang Zhonggang, Yu Xueyuan, Zhao Zhenhua. Geochemistry of Rare Earth Elements[M]. Beijing: Science Press, 1989:133-212(in Chinese with English abstract).
- [19] 李昌年. 火成岩微量元素地球化学[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1992:1-195.
- Li Changnian. Petrology of Trace Element of Igneous[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1992:1-195 (in Chinese

with English abstract).

[20] 鲍庆中, 张长捷, 吴之理, 等. 内蒙古东南部晚古生代裂谷区花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义 [J]. 中国地质, 2007, 34(5):790-798.

Bao Qingzhong, Zhang Changjie, Wu Zhili, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of granitoids in a Late Paleozoic rift area, southeastern Inner Mongolia, and its implications [J]. *Geology in*

China, 2007, 34(5):790-798 (in Chinese with English abstract).

[21] 洪大卫, 王式光, 韩宝福, 等. 碱性花岗岩的构造环境分类及其鉴别标志 [J]. 中国科学 (B 辑), 25(4):418-426.

Hong Dawei, Wang Shiguang, Han Baofu, et al. 1995, Tectonic environment classification of alkali-granite and its discrimination criteria [J]. *Science in China (Series B)* 1995, 25(4):418-426 (in Chinese).

Age dating of alkali granite in Jingsitai area of Dong Ujimqin Banner, Inner Mongolia, and its significance

ZHANG Yu-qing, XU Li-quan, KANG Xiao-long, BAO Yinwuliji

(*Inner Mongolia Institute of Geological Survey, Hohhot 010020, Inner Mongolia, China*)

Abstract: Alkali granites are exposed in Jingsitai area near China-Mongolia border area. The intrusions, which were assigned to Late Hercynian or Indosinian in 1:200000 regional geological survey, constitute a part of the southern belt alkali granites in the Xingmeng orogenic belt. Alkali granites are characterized by high silica, high alkali, quasi-aluminum and low magnesium and calcium. The content of silica varies from 74.80 % to 78.74%, that of K_2O is higher than that of Na_2O , and that of alkali is higher than 8%. The REE content is low, the fractionation between LREE and HREE is not very obvious, $(La/Yb)_N$ values vary from 0.898 to 5.168 and δEu values are in the range of 0.07-0.89. Therefore, the granites belong to PAG and might have been the product of post-orogeny. U-Pb isotopic age dating of the alkali granite is (284.8 ± 1.1) Ma, implying a product of Early Permian magmatism.

Key words: alkali granite; A-type; post orogeny; U-Pb isotopic age dating; Jingsitai area in Dong Ujimqin Banner

About the first author: ZHANG Yu-qing, male, born in 1965, senior engineer, engages in the study of regional geology and mineral resources survey; E-mail: zhangyqnm@yahoo.com.cn.