东准噶尔贝勒库都克铝质 A 型花岗岩岩石化学特征

杨高学[1]，李永军[1]，司国辉[2]，吴宏恩[3]，张永智[3]，金　朝[1]

（1. 长安大学地球科学与资源学院，西安　710054；
2. 陕西西安地质矿产勘查开发院，西安　710100；
3. 新疆维吾尔自治区有色地质矿产勘查院，乌鲁木齐　830000）

摘要：新疆东准噶尔卡拉麦里地区是一个重要的锡成矿带，分布有多种类型花岗岩，其中黑云母花岗岩长期以来被认为是 S 型花岗岩。研究表明：贝勒库都克黑云母花岗岩具有高硅、低铝、贫钙镁、富碱的特征，FeO_t/MgO 值高，明显不同于典型的 I 型和 S 型花岗岩，属于典型的铝质 A 型花岗岩。这些黑云母花岗岩不是直接来源于亏损地幔，而更可能是源自地幔且被深埋的年轻地壳物质部分熔融和结晶分异作用的产物。花岗岩微量元素构造判别图显示它们是一种后碰撞花岗岩，标志晚石炭世卡拉麦里地区造山作用的结束和板内构造演化的开始。

关键词：地球化学；铝质 A 型花岗岩；地质意义；贝勒库都克；东准噶尔
中图分类号：P591　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1674-2850(2009)05-0920-7

Chemical feature and tectonic significance of the Beilekuduke aluminous A-type granite in Kalamaili area, East Junggar

YANG Gaoxue[1], LI Yongjun[1], SI Guohui[2], WU Hongen[3], ZHANG Yongzhi[3], JIN Zhao[1]

(1. *College of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an* 710054, *China*;
2. *Institute of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Xi'an* 710100, *China*;
3. *Xinjiang Institute of Geological Exploration for Nonferrous Resources, Urumqi* 830000, *China*)

Abstract: The research area is a tin metallogenic belt in Kalamaili region, East Junggar, Xinjiang, which is distributed with many types of granites, wherein the Beilekuduke biotite granites there have been perceived as S-type for a long period. The preliminary research showed that the biotite granites were actually typical aluminous A-type granites obviously different from the typical I-type and S-type characterized by high silicon content, low aluminum content, depleted calcium and magnesium, abundant alkali, and high FeO_t/MgO. The biotite granites were not directly derived from depleted mantle, but were probably the products of partial melting and crystallization differentiation of deep-buried young crustal materials derived from the mantle. Trace elements in granite tectonic discriminant diagram showed that they were a kind of post-collisional granite, symbolizing the end of orogenesis and the beginning of plate tectonic evolution of the Late Carboniferous Kalamaili district.

Key words: geochemistry; aluminous A-type granite; geology significance; Beilekuduke; East Junggar

0　引言

A 型花岗岩是当前岩石学和地球化学研究的热点课题之一，它并不反映岩石的物质来源，而是强调岩石形成时的岩浆条件（碱性、贫水）和构造背景（非造山）[1]。铝质 A 型花岗岩[2~3]在矿物学特征上不含碱性暗色矿物，在地球化学特征上也与分异的 I 型或 S 型花岗岩有某些重叠[4]，因此铝质 A 型花岗岩的鉴别有一定的困难，往往需要多方面的证据。但铝质 A 型花岗岩的研究又十分必要，它不仅是研究壳—幔相互作用、岩石圈板块演化等地球动力学问题的重要窗口，往往还是钼、锡和锆等矿矿

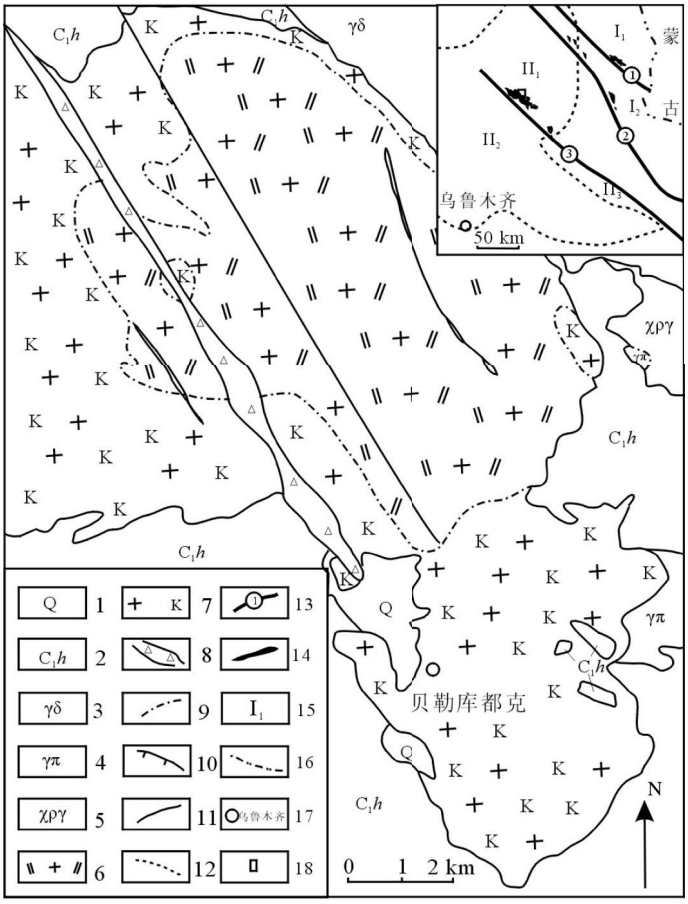
作者简介：杨高学（1980—），男，博士研究生，主要研究方向：区域地质调查和岩石地球化学
通信联系人：李永军，教授，主要研究方向：区域地质矿产调查和岩石地球化学. E-mail: yongjunl@chd.edu.cn

化的母岩，它的岩石成因与伴生矿化的形成模式关系非常密切。

东准噶尔是巨型中亚造山带的一部分，也是中亚—兴蒙巨型构造成矿域的重要组成部分，构造上位于西伯利亚板块与哈萨克斯坦—准噶尔板块的结合部位，是一个构造背景极为复杂、岩浆活动极其强烈的地区。该区分布有3条富碱花岗岩带，从北向南依次沿额尔齐斯—玛因鄂博断裂、乌伦古大断裂和卡拉麦里大断裂呈北西向展布[5~6]。对北带和中带的富碱花岗岩已有详细研究，并提出了地壳岩石部分熔融、幔源岩浆高度分异等不同的成岩模型[5, 7]。但是对卡拉麦里富碱花岗岩的研究却显得较为薄弱，归纳起来，主要有以下两个不足：1）缺乏系统的岩石化学研究；2）前人较重视萨惹什克北和黄羊山碱性A型花岗岩的研究，而少见专题研究大面积分布且与锡成矿关系密切的黑云母花岗岩。选取贝勒库都克黑云母花岗岩体作为研究对象，在报道岩石化学特征的同时，探讨其构造意义。

1 地质概况

新疆东准噶尔卡拉麦里地区位于野马泉和准噶尔两个陆块之间，是东准噶尔古生代造山带的一部分。一条北西向延伸的蛇绿岩带沿卡拉麦里深大断裂断续分布，其形成时代为早泥盆世，可能是小洋盆的洋壳残片[8~9]。区内出露的地层以泥盆纪和石炭纪的凝灰质粉砂岩、火山碎屑岩为主，卡拉麦里深大断裂的南部零星分布有少量志留纪的地层。花岗岩类岩浆活动在该区大规模发育，存在与金、铜成矿系列有关的钙碱性花岗岩和与锡成矿系列有关的富碱花岗岩两类花岗岩[10~11]，岩石类型包括花岗闪长岩、黑云母花岗岩、角闪石花岗岩和碱性花岗岩等。其中，富碱花岗岩类出露面积约1 100 km^2，由不同期次、大小不等的岩体组成，如萨惹什克北、黄羊山碱性花岗岩体，苏吉泉、贝勒库都克等黑云母花岗岩体（如图1所示）。它们多为岩枝状小岩体（少数呈岩基状），具有超酸、高碱和高度分异的特点，同位素年龄介于248～338 Ma之间[12]。区内苏吉泉黑云母花岗岩体除与锡成作用有关矿外，其内部还产出一中型石墨矿床。



注：1—第四系；2—石炭系黑山头组；3—花岗闪长岩；4—花岗斑岩；5—碱长花岗岩；6—二长花岗岩；7—正长花岗岩；8—破碎带；9—脉动接触关系；10—超动接触关系；11—侵入接触关系；12—构造带界线；13—断裂及编号；14—花岗岩带；15—构造区；16—国界；17—地名；18—研究区。构造带：Ⅰ$_1$—阿尔泰构造带；Ⅰ$_2$—阿尔曼太构造带；Ⅱ$_1$—卡拉麦里构造带；Ⅱ$_2$—准噶尔盆地；Ⅱ$_3$—将军庙构造带；断裂：①—额尔齐斯断裂；②—阿尔曼太断裂；③—卡拉麦里断裂

图1 贝勒库都克岩体分布图（据1∶50 000资料❶）

Fig. 1 Geological sketch showing the distribution of the Beilekuduke granite in East Jungar (after 1∶50 000 geological map❶)

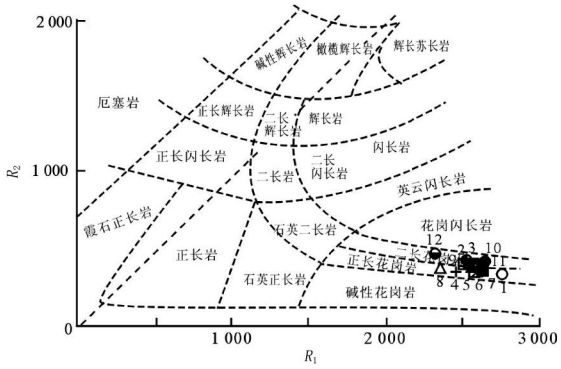
❶ 新疆青河、奇台县红柳沟—苏吉泉一带1∶50 000区域地质矿产调查（项目编号：QD200508）

2 岩石学特征

贝勒库都克黑云母花岗岩体是卡拉麦里富碱花岗岩带最靠西的一个富碱岩体，北邻库布苏南花岗闪长岩体，南东为黄羊山碱性花岗岩体，南邻卡拉麦里缝合带，呈岩株状产出，侵入到泥盆纪的碎屑岩建造中。岩体以黑云母花岗岩为主，黑云母花岗岩具中一细粒花岗结构、斑状结构、文象结构等，块状构造的主要矿物组成为碱性长石（35%～65%）、石英（20%～30%）、斜长石（10%～35%）及黑云母（1%～5%），次要矿物有角闪石，副矿物有磁铁矿、锆石及磷灰石等。碱性长石以正条纹长石为主；斜长石为更长石（An=22～27），普遍发育聚片双晶；黑云母常常包裹锆石等副矿物，在其内部形成多色晕圈，部分黑云母已蚀变成绿泥石、绢云母。

3 岩石化学组成

所研究样品的岩石化学分析结果及有关参数如附表所示。利用岩石化学计算并进行 R_1-R_2 投图解定名，大多数样品的投图定名与薄片定名吻合，如图 2 所示。R_1 和 R_2 为阳离子数，$R_1 = 1\,000[4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)]$，$R_2 = 1\,000[6Ca+2Mg+A1]$. 由附表可以看出：贝勒库都克花岗岩的岩石化学成分变化较大，随着 SiO_2 含量逐渐减少（76.67%～72.70%），TiO_2，Al_2O_3，CaO 和 MnO 含量递增（TiO_2 = 0.03%～0.27%，Al_2O_3 = 11.91%～13.30%，CaO=0.39%～1.11%，MnO=0.02%～0.05%），MgO 和 FeO 含量稳定（MgO = 0.02%～0.29%，FeO= 1.70%～2.99%），Na_2O 和 K_2O 基本接近，Na_2O+K_2O 平均值为 8.72%，总体上具有高硅、低铝、贫钙镁、富碱的特征，与福建沿海 A 型花岗岩[13]及澳大利亚 A 型花岗岩[14]特征基本一致，而不同于天山花岗岩[15]和中国花岗岩[16]。



注：其中序号和附表一致，以下图例同

图 2 贝勒库都克岩体 R_1-R_2 岩石分类图解[18～20]

Fig. 2 The R_1-R_2 diagram of the Beilekuduke granite[18～20]

岩体中的 K_2O 含量大于 Na_2O，分别为 Na_2O（3.48%～4.47%），K_2O（4.22%～5.13%），且 K_2O/Na_2O 为 0.94～1.43，平均值为 1.24；氧化指数平均值为 0.94，反映岩体定位较浅，形成于相对氧化的介质环境；MnO 平均为 0.03%，明显低于典型 A 型花岗岩的平均值 0.06%；FeO_t/MgO 值高（10.70～85.32），均高于分异的 S 型和 I 型花岗岩；Na_2O+K_2O/Al_2O_3=0.85～0.95，碱度率（alkali rate，AR)=3.90～5.12，在 SiO_2-AR 图（如图 3 所示）中全部落入碱性岩区，但标准矿物中未见 Ne，Lc，Ac，Ns 等碱性标准矿物，反映出该岩体岩石的碱质并不过剩，A/NK-A/CNK 图（如图 4 所示）中全部落入准铝质区，显示贝勒库都克花岗岩属于准铝质碱性花岗岩类型。花岗岩的分异指数（differentiation index，DI）较高（88.10～94.62），平均为 92.42；固结指数（Solidation index，SI）较低（0.21～2.47），平均为 1.05；长英指数（felsic index，FL）和镁铁指数（mafic index，MF）都较高，平均值分别为 92.50，95.42，随着岩浆分离结晶作用的进行，镁铁组分最早从岩浆中分离，残余熔体的成分越来越富集低熔的组分（长英质成分），而 Mg、Fe 质越来越少，Mg 比 Fe 减少得更快。如果岩浆分离结晶作用程度高，镁铁指数就大，长英指数也大，另外，部分样品的 CIPW 计算标准矿物中出现 Ac 和 Ns，这些均表明岩体具有高度分异和富碱的特点。

4 源岩分析

利用岩石化学分析数据进行有关源岩成因判别，在 A/MF-C/MF 图（如图 5 所示）中，样品投到变泥岩部分熔融和变杂砂岩部分熔融重叠区域，在 K_2O-SiO_2 图（如图 6 所示）中，样品无一例外地投在大

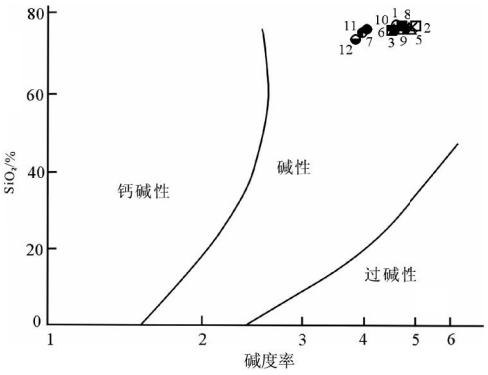


图 3 贝勒库都克岩体 SiO_2-AR 图解[19]
Fig. 3 The SiO_2-AR diagram of the Beilekuduke granite[19]

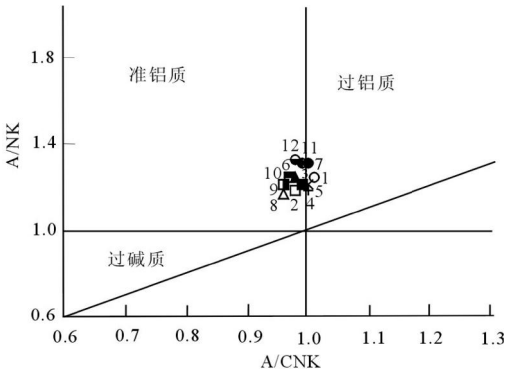
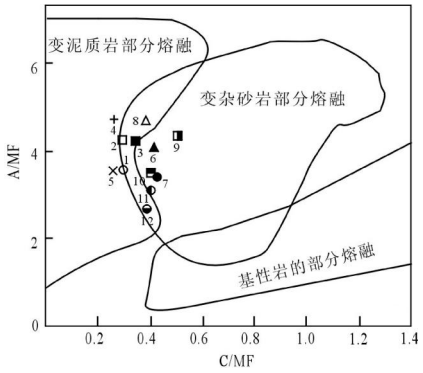


图 4 贝勒库都克岩体 A/NK-A/CNK 图解
Fig. 4 The A/NK-A/CNK diagram of the Beilekuduke granite



注：A/FM=Al_2O_3/(MgO+FeOt)；C/FM=CaO/(MgO+FeOt)（均为分子比）

图 5 贝勒库都克岩体 A/MF-C/MF 图[18~20]
Fig. 5 The A/MF-C/MF diagram of the Beilekuduke granite[18~20]

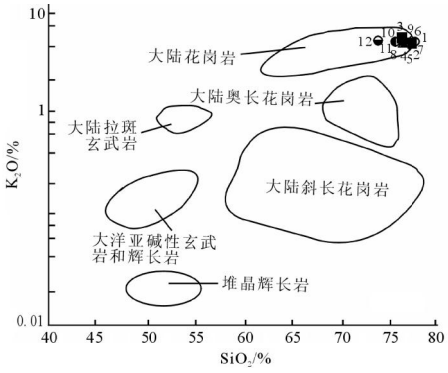
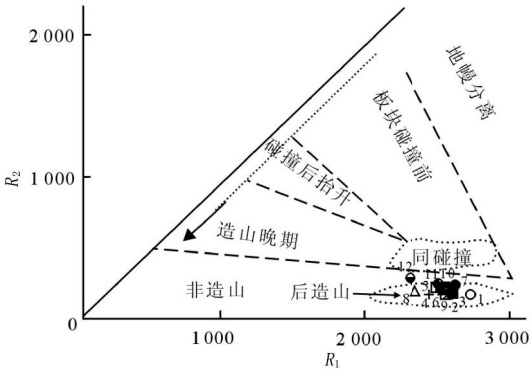


图 6 贝勒库都克岩体 K_2O-SiO_2 图[18~20]
Fig. 6 The K_2O-SiO_2 diagram of the Beilekuduke granite[18~20]

陆花岗岩区，表明该岩体的源岩成分较单一，结合野外见到岩体中有大量地层顶蚀残留体以及捕虏体等地质事实分析，其可能来源于由洋壳和岛弧建造组成的年轻地壳，这些年轻地壳在晚古生代的构造演化过程中很可能被埋深于下地壳[17]，其经过后期的构造—岩浆热事件形成贝勒库都克 A 型花岗岩。

5 构造意义

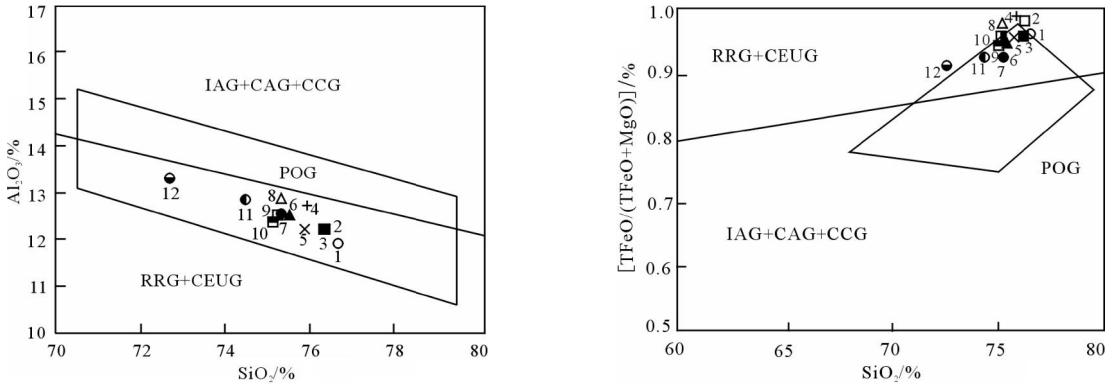
在 R_1-R_2 构造环境图解上（如图 7 所示）的投点全部位于后造山区域，如图 8 所示。大部分投点明显亲 POG 而疏 IAG+CAG+CCG 和 RRG+CEUG，结合上述各类图解和有关参数分析，该岩体为后造山花岗岩类。



注：R_1，R_2 值参见图 2

图 7 贝勒库都克岩体 R_1-R_2 构造环境图[18]
Fig. 7 The R_1-R_2 tectonic environment diagram of the Beilekuduke granite[18]

洪大卫等[22]将 A 型花岗岩分为 AA 型和 PA 型，并认为 AA 型花岗岩与俯冲、碰撞作用无关，而 PA 型花岗岩的生成系紧跟在板块俯冲和碰撞作用之后，标志着造山作用的结束。贝勒库都克花岗岩全部落后造山区（如图 8 所示），说明了它们是在后造山的张性环境中侵位的，其形成标志着造山作用的结束和板内构造演化的开始。结合前人对卡拉麦里蛇绿岩的研究[8~9]，可以认为东准噶尔卡拉麦里地



注：IAG—岛弧；CAG—大陆弧；CCG—碰撞带；POG—后造山；RRG—与裂谷有关；CEUG—与大陆的造陆抬升有关

图 8　贝勒库都克岩体构造环境图解[18~21]

Fig. 8　The tectonic environment diagram of the Beilekuduke granite[18~21]

区晚古生代构造——岩浆演化过程大致如下：泥盆纪，卡拉麦里有限洋盆形成并持续向两侧的早石炭世，两侧的陆块相连，卡拉麦里有限洋盆关闭并转变为陆间残余海盆；晚石炭世，碰撞造山作用结束，由被深埋的洋壳和岛弧建造组成的年轻地壳（可能还含有少量陆间残余海盆沉积物）经过部分熔融和结晶分异作用产生大面积分布的富碱花岗岩，幔源岩浆活动如底垫作用[23]可能为此提供了热源；从晚石炭世末期开始，全区进入板内演化阶段。

[参考文献] (References)

[1] LOISELLE M C, WONES D R. Characteristics and origin of anorogenic granites[J]. Geological Society of America, 1979, 11: 468.

[2] EBY G N. The A-type gran itoids: a review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenisis[J]. Lithos, 1990, 26: 115～134.

[3] KING P L, WHITE A J R, CHAPPELL B W, et al. Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachlan fold belt, Southeastern Australia[J]. J. Petrol, 1997, 38(3): 371～391.

[4] WHALEN J B, CURRIE K L, CHAPPELL B W. A-type granites: geochemical characteristics, dirimination and petrogenesis[J]. Contrib. Mineral. Petrol., 1987, 95(4): 407～419.

[5] 忻建刚，袁奎荣，刘家远. 新疆东准噶尔北部碱性花岗岩的特征、成因及构造意义[J]. 大地构造与成矿学，1995，19 (3)：214～226.
XIN J G, YUAN K R, LIU J Y. The alkali granites and their genesis and tectonic significance in the north area of the east Junggar, Xinjiang[J]. Geotectonica et Metallogenia, 1995, 19(3): 214～226. (in Chinese)

[6] 刘家远，喻亨祥，吴郭泉. 新疆东准噶尔两类碱性花岗岩及其地质意义[J]. 矿物岩石地球化学通报，1999，18 (2)：21～26.
LIU J Y, YU H X , WU G Q. Two kinds of alkaline granites in eastern Junggar, Xinjiang and their geological significance[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 1999, 18(2): 21～26. (in Chinese)

[7] 韩宝福，王式洗，孙元林，等. 新疆乌伦古河碱性花岗岩 Nd 同位素特征及其对显生宙地壳生长的意义[J]. 科学通报，1997，42 (17)：1829～1832.
HAN B F, WANG S X, SUN Y L, et al. Nd isotopic characteristics of Ulungur River alkaline granites from Xinjiang and its significance for Phanerozoic crustal growth[J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42(17): 1829～1832. (in Chinese)

[8] 李锦轶. 新疆东准噶尔蛇绿岩的基本特征和侵位历史[J]. 岩石学报，1995，11 (增)：73～84.
LI J Y. Main characteristics and emplacement processes of the east Junggar ophiolites, Xinjiang, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 1995, 11(Suppl.): 73～84.

[9] 李锦轶，肖序常，汤耀庆，等. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区晚古生代板块构造的基本特征[J]. 地质论评，1990，36 (4)：305～316.

LI J Y, XIAO X C, TANG Y Q, et al. Main characteristics of late paleozoic plate tectonics in the southern part of east Junggar, Xinjiang[J]. Geological Review, 1990, 36(4): 305～316. (in Chinese)

[10] 毕承思，沈湘元，徐庆生，等. 新疆贝勒库都克锡矿带含锡花岗岩地质特征[J]. 岩石矿物学杂志，1993，12 (3)：213～223.
BI C S, SHEN X Y, XU Q S, et al. Geological characteristics of stanniferous granites in the Beilekuduk tin metallogenic belt, Xinjiang[J]. Acta Petrologica et Mineralngiea, 1993, 12(3): 213～223. (in Chinese)

[11] 刘家远，喻亨祥，吴郭泉. 新疆北部卡拉麦里富碱花岗岩带的碱性花岗岩与锡矿[J]. 有色金属矿产与勘查，1997，6 (3)：129～135.
LIU J Y, YU H X, WU G Q. Alkali granites and tin deposits of the Kalamali area, northern Xinjiang[J]. Geological Exploration For Non-Ferrous Metals, 1997, 6(3): 129～135. (in Chinese)

[12] 喻亨祥，吴郭泉，刘家远. 新疆东准噶尔地区两类花岗岩与两个成矿系列[J]. 大地构造与成矿学，1998，22 (2)：119～121，123～127.
YU H X, WU G Q, LIU J Y. The two ore-forming metals series closely related to the two granitoid series in eastern Junggar, Xinjiang[J]. Geotectonica et Metallogenia, 1998, 22(2): 119～121, 123～127. (in Chinese)

[13] 邱检生，王德滋，蟹泽聪史，等. 福建沿海铝质A型花岗岩的地球化学及岩石成因[J]. 地球化学，2000，29 (4)：313～321.
QIU J S, WANG D Z, SATOSHI K, et al. Geochemistry and petrogenesis of aluminous A-type granites in the coastal area of Fujian Province[J]. Geochimica, 2000, 29(4): 313～321. (in Chinese)

[14] WHALEN J B, CURRIE K L, CHAPPELL BW. A-type granites: geochemical characteristics, dirimination and petrogenesis[J]. Contrib. Mineral. Petrol., 1987, 95(4): 407～419.

[15] 新疆维吾尔自治区地质矿产局区域地质调查大队. 天山花岗岩地质[M]. 北京：地质出版社，1985.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Geology of granitioids in Tianshan region[M]. Beijing: Geology Press, 1985. (in Chinese)

[16] 中国科学院地球化学研究所. 华南花岗岩类的地球化学[M]. 北京：科学出版社，1979.
Institute of Geochemistry Chinese Academy of Sciences. Geochemistry of granitioids in South China region[M]. Beijing: Science Press, 1979. (in Chinese)

[17] CHEN B, JAHN B M. Genesis of post-collisional granitoids and basement nature of the Junggar Terrane, NW China: Nd-Sr isotope and trace element evidence[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2004, 23(5): 691～703.

[18] de LA R H, LETEEEIER J, GRANDCLAUDE P, et al. A classification of volcanic and plutonic rocks using R_1-R_2 diagrams and major element analyses. Its relationships and current nomemclature[J]. Chem. Geol., 1980, 29: 183～210.

[19] 肖庆辉，邓晋福，马大铨，等. 花岗岩研究思维与方法[M]. 北京：地质出版社，2002.
XIAO Q H, DENG J F, MA D Q, et al. The ways of investigation on granitoids[M]. Beijing: Geology Publishing House, 2002. (in Chinese)

[20] 高秉章，洪大为，郑基俭，等. 花岗岩类区1∶50 000区域地质填图方法指南[M]. 武汉：中国地质大学出版社，1991.
GAO B Z, HONG D W, ZHENG J J, et al. A guide to the method of the 1∶50 000 regional geological survey in granitoids rocks[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1991. (in Chinese)

[21] MANIAR P D, PICCOLI P M. Tectonic discrimination of granitoids[J]. Geol. Soc. Am. Bull., 1989, 101 (5): 635～643.

[22] 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，1995，25 (4)：418～426.
HONG D W, WANG S G, HAN B F, et al. Tectonic environments classify and discrimniation sign of Alkali granites[J]. Science in China (Series B), 1995, 25(4): 418～426. (in Chinese)

[23] 韩宝福，何国琦，王式洗. 后碰撞幔源岩浆活动、底垫作用及准噶尔盆地基底的性质[J]. 中国科学 (D辑)，1999，29 (1)：16～21.
HAN B F, HE G Q, WANG S X. Post collisional mantlederived magmatism, underplating and basement nature of the Junggar terrane[J]. Science in China (Series D), 1999, 29(1): 16～21. (in Chinese)

附表　新疆东准噶尔卡拉麦里地区贝勒库都克岩体岩石化学数据及相关参数

Attached table　Chemical data and relative parameters of Beilekuduke Granite of Karamaili area in East Junggar, Xinjiang

序号	样品	岩性	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	烧失	总量	碱值	AR	A/CNK	NK/A	OX	DI	SI	FL	MF
			质量分数/%																					
1	06XtWlYq-Ⅳ-20-1	似斑状中粒正长花岗岩	76.67	0.111	11.91	0.039	2.22	0.028	0.087	0.558	3.48	4.60	0.012	0.01	99.73	0.68	4.68	1.02	0.90	0.98	92.67	0.83	93.54	96.29
2	06XtWlYq-Ⅶ-5-1	中细粒黑云母正长花岗岩	76.37	0.062	12.22	0.156	1.84	0.020	0.036	0.468	4.00	4.54	0.004	0.01	99.73	0.70	5.12	0.99	0.94	0.92	94.27	0.34	94.80	98.23
3	06XtWlYq-Ⅶ-3-1	似斑状中细粒正长花岗岩	76.34	0.090	12.21	0.231	1.70	0.022	0.083	0.551	3.90	4.45	0.008	0.16	99.75	0.68	4.79	1.00	0.92	0.88	93.77	0.80	93.81	95.88
4	06XtWlYq-Ⅶ-2-3	细粒黑云母正长花岗岩	75.96	0.027	12.72	0.177	1.70	0.037	0.022	0.390	4.47	4.22	0.003	0.01	99.74	0.68	4.93	1.01	0.94	0.91	94.62	0.21	95.70	98.84
5	06XtWlYq-Ⅳ-9-1	细中粒正长花岗岩	75.88	0.114	12.20	0.153	2.15	0.024	0.104	0.498	3.61	4.88	0.012	0.09	99.72	0.70	5.04	1.01	0.92	0.93	93.09	0.95	94.46	95.68
6	06XtWlYq-Ⅳ-17-1	似斑状细粒二长花岗岩	75.53	0.122	12.51	0.054	1.94	0.029	0.109	0.709	3.69	4.83	0.018	0.18	99.72	0.68	4.63	0.99	0.90	0.97	92.65	1.03	92.32	94.82
7	06XtWlYq-Ⅳ-15-1	似斑状中细粒二长花岗岩	75.34	0.163	12.54	0.099	2.25	0.030	0.184	0.888	3.52	4.64	0.030	0.01	99.69	0.65	4.10	1.01	0.86	0.96	90.76	1.72	90.19	92.74
8	06XtWlYq-Ⅳ-1-3	细粒二长花岗岩一脉	75.33	0.025	12.86	0.077	1.79	0.030	0.040	0.574	4.40	4.57	0.006	0.07	99.77	0.70	5.02	0.97	0.95	0.96	94.25	0.37	93.99	97.90
9	06XtWlYq-Ⅳ-16-1	似斑状细粒二长花岗岩	75.25	0.102	12.51	0.282	1.64	0.026	0.082	0.806	3.60	5.13	0.012	0.30	99.74	0.70	4.81	0.97	0.92	0.85	93.21	0.76	91.55	95.91
10	06XtWlYq-Ⅳ-1-1	似斑状中粒黑云母正长花岗岩	75.15	0.139	12.37	0.093	2.22	0.027	0.134	0.799	3.50	4.94	0.020	0.32	99.71	0.68	4.57	0.98	0.90	0.96	91.76	1.23	91.35	94.52
11	06XtWlYq-Ⅳ-13-1	中粒正长花岗岩	74.49	0.175	12.83	0.114	2.54	0.038	0.208	0.945	3.69	4.60	0.031	0.01	99.67	0.65	4.02	1.00	0.86	0.96	89.91	1.87	89.77	92.73
12	06XtWlYq-Ⅳ-1-4	似斑状中粒黑云母正长花岗岩	72.70	0.268	13.30	0.189	2.99	0.047	0.297	1.110	3.78	4.75	0.050	0.08	99.56	0.64	3.90	0.99	0.85	0.94	88.10	2.47	88.49	91.46
	贝勒库都克碱性花岗岩		75.42	0.122	12.52	0.140	2.08	0.030	0.121	0.690	3.80	4.68	0.020	0.10	99.71	0.68	4.63	1.00	0.91	0.94	92.42	1.05	92.50	95.42
平	福建沿海 A 型花岗岩[13]		77.49	0.110	12.24	1.240	0.16	0.060	0.080	0.640	4.16	4.25	0.040	0.24	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
均	澳大利亚 A 型花岗岩[14]		73.81	0.260	12.40	—	1.58	—	0.200	0.750	4.07	4.65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
值	天山花岗岩[15]		70.44	0.330	14.27	1.640	1.74	0.050	0.820	1.980	3.89	4.00	0.090	0.28	99.85	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	中国花岗岩[16]		70.40	0.320	14.48	1.380	1.77	0.080	0.940	1.930	3.77	3.79	0.180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：碱值＝(Na_2O+K_2O)/Al_2O_3(%)；碱度率 AR＝(Al_2O_3+CaO+(Na_2O+K_2O))/(Al_2O_3+CaO−(Na_2O+K_2O))(%)；铝饱和指数 A/CNK＝Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)（分子比）；NK/A＝(Na_2O+K_2O)/ Al_2O_3(%)；氧化指数 OX＝ FeO/(FeO ＋ Fe_2O_3)(%)；分异指数 DI＝Q+Or+Ab+Ne+Lc+Kp（CIPW 计算数据）；固结指数 SI＝100×MgO/(MgO+Fe_2O_3+FeO+Na_2O+K_2O)(%)；长英指数 FL＝100(Na_2O+K_2O)/(Na_2O+K_2O +CaO)(%)；镁铁指数 MF＝100×(Fe_2O_3＋ FeO)/(Fe_2O_3＋ FeO+MgO)(%)。样品由宜昌地质研究所岩矿测试室用 ICP 原子光谱等方法分析，质量符合 DZ-0130-94 标准