

巴里坤一带博尔根德岩体岩石地球化学及年代学研究

邓昌生 徐岩 翟杰

陕西地矿研究院有限公司 陕西咸阳 712000

摘要: 巴里坤一带博尔根德花岗闪长岩体位于天山东缘, 岩性为花岗闪长岩和黑云母花岗岩等。通过主微量元素, 博尔根德岩体总体具高钾钙碱性和准铝质-弱过铝质的特征, 其具有俯冲带相关的大陆或岛弧岩浆地球化学特征, 成因与东天山洋所代表的早古生代古亚洲洋向北的俯冲作用有关。通过锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学方法, 对 2 件样品精确定年, 其 U-Pb 年龄分别为 $451.8 \pm 3.4\text{Ma}$ 和 $445.7 \pm 1.9\text{Ma}$, 表明该岩体形成时代应为晚奥陶世, 为该地区晚奥陶纪造山带演化提供了花岗岩证据。

关键词: 巴里坤; 博尔根德; 地球化学; 锆石; LA-ICP-MS U-Pb; 年代学

Petrogeochemistry and chronology of the Borgend pluton in Barkol area

Changsheng Deng Yan Xu Jie Zhai

Shaanxi Geological and Mining Research Institute Ltd. Xianyang, Shaanxi 712000

Abstract: The Borgend granodiorite pluton in the Barkol area of China is located on the eastern edge of the Tianshan Mountains and consists of granodiorite and biotite granite. Based on its major and trace element geochemistry, the Borgend pluton is characterized by high-K calc-alkaline and peraluminous to weakly peraluminous features that are associated with a subduction zone-related continental or island arc magmatic geochemical signature. The formation of the pluton is related to northward subduction of the Early Paleozoic Paleo-Asian Ocean, represented by the East Tianshan Ocean. Zircon LA-ICP-MS U-Pb dating was used to determine the precise ages of two samples, with ages of $451.8 \pm 3.4\text{ Ma}$ and $445.7 \pm 1.9\text{ Ma}$, respectively, indicating that the pluton was formed during the Late Ordovician period, providing evidence of granitic activity during the Late Ordovician tectonic evolution of the area.

Keywords: Barkol; Borgend; Geochemistry; Zircon; LA-ICP-MS U-Pb; chronology

前言

研究区在地理位置上, 南部位于天山东段北麓, 北部属准噶尔盆地东缘。在大地构造背景上, 属哈萨克斯坦—准噶尔板块, 南北跨越天山造山带和东准噶尔造山带两大造山系统, 并且经历了早古生代和晚古生代两大构造演化阶段, 博尔根德岩体露与研究区的博尔根德一带, 岩体呈等轴状、纺锤状、近椭圆状的岩基、岩株产出, 具主动侵位的特征, 空间上总体呈近南北向展布。与下泥盆统大南湖组的一套酸性火山岩角砾岩不整合接触。

一、地质特征

博尔根德岩体位于东准格尔哈密市巴里坤县境内, 大红柳峡村居民点南侧 1 公里处, 岩体主体岩性由花岗闪长岩和黑云母花岗岩组成, 二者无明显界线, 矿物组成、粒度均呈现渐变过渡的特征, 为涌动侵入接触关系, 局部发育面积较小的浅肉红色中粗粒二长花岗岩, 呈岩枝或岩滴涌动侵入于黑云母花岗岩之中, 各类岩石之间在野外露头区别不是很明显, 岩性间为逐渐过渡。岩体自身没有变形, 仅见绿泥石化、绿帘石化蚀变, 发育大量

的石英二长闪长岩脉侵入花岗闪长岩和黑云母花岗岩之中, 脉体走向约 5° , 与区域构造线一致。在黑云母花岗岩中多发育包体和节理, 其中包体成分为细粒斑状石英二长岩, 形态多为椭圆状、不规则长条状分布, 大小为 $3\text{cm} \times 1\text{cm} \sim 6\text{cm} \times 5\text{cm}$, 长轴走向约 345° , 节理产状为 $201^\circ \angle 41^\circ$ 。

二、地球化学特征

博尔根德岩体中花岗闪长岩和黑云母花岗岩分别采集了 7 件和 8 件全岩样品。

花岗闪长岩样品 SiO_2 含量介于 62.43%~65.77% 之间, 平均值为 63.55%; 显低于黑云母二长花岗岩, 后者 SiO_2 含量介于 69.50%~71.50% 之间, 平均值为 70.19%, Na_2O 含量为 3.32%~4.75%, K_2O 含量为 1.73%~3.47%, 二者均具相对富钠贫钾的特征, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 为 1.17~1.72; , 在 AR-SiO₂ 图解 (图 1) 上, 碱度率 AR 变化于 1.75~3.04 之间, 显示由花岗闪长岩到黑云母花岗岩逐渐递增的趋势, 从钙碱性演化到碱性, 花岗闪长岩样品均落入钙碱性范围内, 而黑云母花岗岩样品落入碱性区域。在 A/

CNK-A/NK 图解上 (图 1), 铝饱和指数 (A/CNK) 值花岗闪长岩小于 1 (0.91 ~ 1.00), 显示准铝质的特征, 而黑云母花岗岩 A/CNK 值介于 0.97 ~ 1.10 之间, 平均为 1.03, 显示弱过铝质, 花岗闪长岩岩样品全部落于弱过

铝质区域内, 而黑云母花岗岩落于弱过铝质区域内。综上分析可以看出, 博尔根德岩体总体具高钾钙碱性和准铝质 - 弱过铝质的特征。

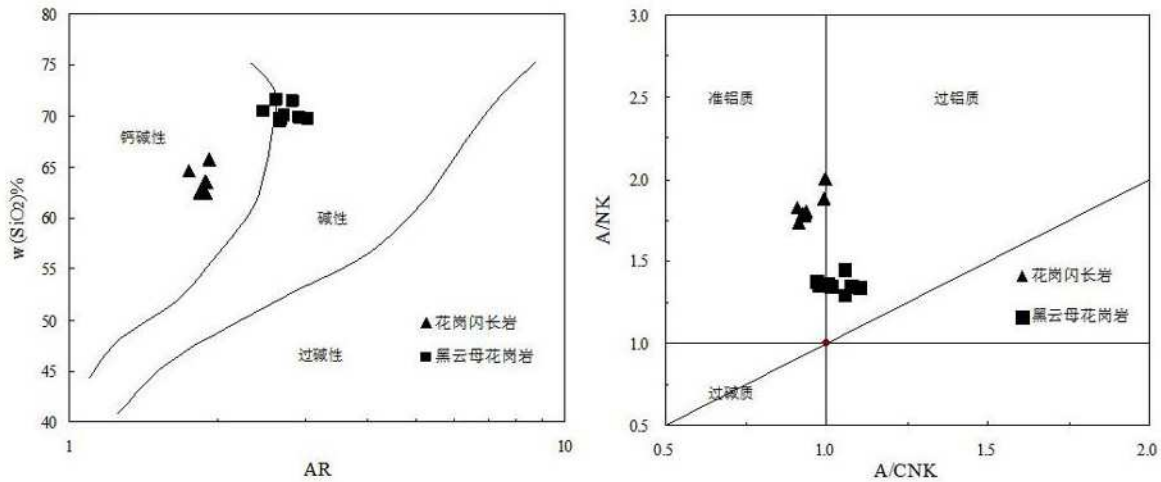


图 1 博尔根德岩体 AR-SiO₂ 图解 (左) 博尔根德岩体 A/CNK-A/NK 图解 (右)

博尔根德岩体中稀土元素总量 Σ REE 分别为 $121.18 \times 10^{-6} \sim 137.11 \times 10^{-6}$ 和 $84.29 \times 10^{-6} \sim 113.32 \times 10^{-6}$, 且轻、重稀土元素比值 (Σ LREE/ Σ HREE) 为 4.04~8.10, $(La/Yb)_N = 3.35 \sim 7.72$, 具轻稀土元素 (LREE) 富集及重稀土元素 (HREE) 相对亏损的特征。在球粒陨石标准化稀土元素配分模式图显示, 均具有相似的配分模式, 表现为轻稀土曲线右倾而重稀土相对平坦的特点。 $\delta Eu = 0.68 \sim 0.93$, 显示微弱的铕负异常, 黑云母花岗岩更明显, 表明随着原始岩浆的演化过程中从花。

花岗闪长岩至黑云母花岗岩斜长石分离结晶作用增强原始地幔标准化的微量元素蛛网图, 样品均具有相似的配分曲线模式, 富集大离子亲石元素 (LILE, 如 K、Rb、Ba) 和轻稀土元素 (LREE), 而亏损高场强元素 (HFSE, 如 Nb、Ta 和 Ti) 及 P, 总体表现出与俯冲带相关的大陆或岛弧岩浆相似的地球化学特征。

三、锆石 U-Pb 同位素年代学及归属

本次研究对对库卡苏岩体中的花岗闪长岩和黑云母花岗岩两件样品进行了锆石测年分析, 实验方法主要运用锆石 LA-ICP-MS U-Pb 测年。

样品 D0543-5TW 岩性为花岗闪长岩, 用于同位素测年的单颗粒锆石均无色、透明, 多为柱状且晶形较好, 阴极发光显示这些锆石的韵律环带清楚, 锆石的 Th/U 比值介于 0.33 ~ 0.96 之间, 具岩浆锆石的特征。本次共分析了 20 个点, 获得有效测点共有 16 个。在锆石的 U-Pb 谐和曲线图中, 均位于 U-Pb 谐和线上或其附近的一个很小的区域内, 其加权平均年龄为 451.8 ± 3.4 Ma (MSWD=0.6) (图 2), 代表了花岗闪长岩的侵位年龄, 时代为晚奥陶世。

样品 KKS-1 岩性为黑云母花岗岩, 用于同位素测年的单颗粒锆石均无色、透明, 多为柱状且晶形较好,

阴极发光显示这些锆石的韵律环带清楚, 锆石的 Th/U 比值介于 0.35 ~ 1.09 之间, 具岩浆锆石的特征。本次共分析了 24 个点, 共获得有效测点 21 个。在锆石的 U-Pb 谐和曲线图中, 均位于 U-Pb 谐和线上或其附近的一个很小的区域内, 表面年龄变化于 441 Ma ~ 450 Ma, 其加权平均年龄为 445.7 ± 1.9 Ma (MSWD=0.51) (图 2), 代表了黑云母花岗岩的侵位年龄, 时代为晚奥陶世。

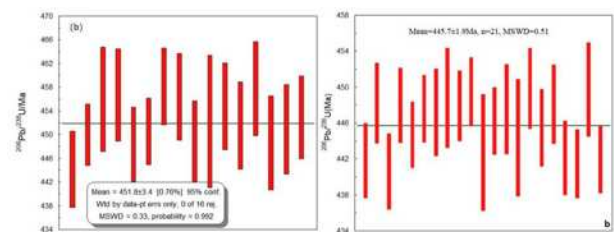


图 2 9D0543-5TW 锆石 U-Pb 加权平均年龄图 (左) KKS-1TW 锆石 U-Pb 加权平均年龄图 (右)

从上述可以看出, 本次工作获得博尔根德序列中的花岗闪长岩和黑云母花岗岩两件样品锆石 U-Pb 年龄为 451.8 ± 3.4 Ma 和 445.7 ± 1.9 Ma, 表明该岩体形成时代应为晚奥陶世。

四、构造环境分析

岩石地球化学特征显示, 晚奥陶世博尔根德岩体属高钾钙碱性、准铝质的 I 型花岗岩类。在稀土元素配分曲线上表现为轻稀土富集的右倾型特征, 出现弱的铕负异常。在微量元素配分曲线上富集大离子亲石元素 (LILE, 如 K、Rb、Ba), 亏损等高场强元素 (HFSE: Nb、Ta、Ti) 及 P, 表现出与俯冲有关的岛弧岩浆岩的地球化学特征。所有样品具相对较高 Al₂O₃ 含量 (13.89%~16.45%) 及较低的 TiO₂ 含量 (0.35%~0.82%) 和 Yb 含量 ($2.098 \times 10^{-6} \sim 4.25 \times 10^{-6}$), 指示其与俯冲带有

关的岛弧环境。在 De La Roche 等 (1980) R_1 - R_2 多阳离子参数构造判别图解 (图 3) 中, 样品都集中分布于板块碰撞前消减地区花岗岩区域和同碰撞花岗岩区域内, 在微量元素 Rb/10-Hf-Ta \times 3 图解 (图 3) 上, 样品均落入火山弧花岗岩区, 显示晚奥陶世博尔根德序列形成与岛弧有关的构造环境。韩宝福认为, 仅仅依靠花岗岩类构造环境的地球化学判别图解会得出似是而非的结

果, 强调时空分布特征及区域地质构造的全面分析可能是厘定花岗岩类构造环境最重要的依据, 考虑到区域上与晚奥陶世相伴产生的上奥陶统大柳沟组为一套火山-沉积岩组合, 可以判定博尔根德岩体应形成于活动大陆边缘岛弧环境, 其成因与南侧东天山洋所代表的的早古生代古亚洲洋向北的俯冲作用有关。

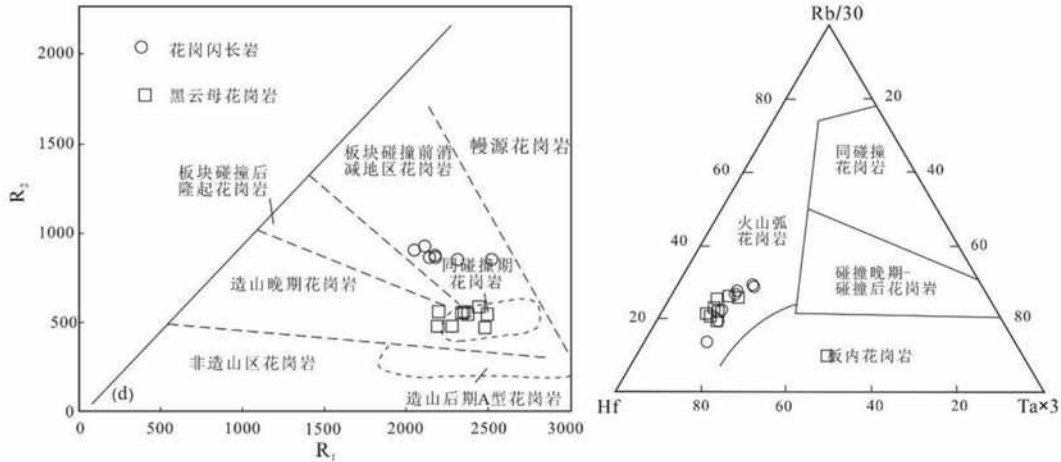


图 3 R_1 - R_2 图解 (左) Rb/30-Hf-Ta \times 3 图解 (右)

五、结论

5.1 博尔根德岩体总体具高钾钙碱性和准铝质-弱过铝质的特征, 其具有俯冲带相关的大陆或岛弧岩浆地球化学特征, 成因与东天山洋所代表的的早古生代古亚洲洋向北的俯冲作用有关。

5.2 通过锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学方法, 获得 U-Pb 年龄分别为 $451.8 \pm 3.4\text{Ma}$ 和 $445.7 \pm 1.9\text{Ma}$, 表明该岩体形成时代应为晚奥陶世。

5.3 博尔根德岩体应形成于活动大陆边缘岛弧环境, 其成因与南侧东天山洋所代表的的早古生代古亚洲洋向北的俯冲作用有关。

参考文献:

- [1] 蔡文俊. 准噶尔东北缘板块构造初步研究. 见: 中国北方板块构造论文集, 第 1 集, 北京: 地质出版社, 1986. 1 ~ 26.
- [2] 陈建林, 郭原生, 付善明. 花岗岩研究进展—ISMA 花岗岩类分类综述 [J]. 甘肃地质学报, 2004, 13(1): 67-73.
- [3] 顾连兴, 张遵忠, 吴昌志等. 关于东天山花岗岩与陆壳垂向增生的若干认识 [J]. 岩石学报, 2006, 022(5): 1103-1120.