

博格达造山带东段沙沟库都克闪长岩锆石 U-Pb 年代学、地球化学及地质意义

汪晓伟^{1,2)}, 崔方磊^{1,2)}, 孙吉明¹⁾, 朱小辉¹⁾, 白建科¹⁾, 朱涛¹⁾

1) 中国地质调查局西安地质调查中心, 西安, 710054;

2) 长安大学地球科学与资源学研, 西安, 710054

博格达造山带位于吐哈盆地和准噶尔盆地之间, 西起乌鲁木齐, 东与卡拉麦里-哈尔里克造山带相连, 是天山造山带的重要组成部分。长期以来人们对博格达造山带晚古生代构造属性的认识存在较大分歧, 有学者认为博格达造山带是在石炭纪裂谷基础上经闭合-挤压造山形成, 还有学者认为是晚古生代岛弧通过板块碰撞而造山的。本文通过对博格达地区沙沟库都克闪长岩进行岩石学、岩石地球化学及年代学的综合研究, 分析该岩体的构造属性和形成时代, 以期为进一步了解博格达造山带石炭纪构造岩浆演化过程提供线索。

沙沟库都克闪长岩位于博格达造山带东段巴里坤一带, 岩体露头新鲜, 呈灰色-深灰色, 自形-半自形粒状结构, 块状构造, 主要组成矿物为更长石(65%~70%)、角闪石(25%~28%)、石英(2%~3%)以及少量的黑云母(1%~2%), 副矿物主要为榍石、磁铁矿、磷灰石、锆石等。该闪长岩体侵位于下石炭统七角井组中, 对其进行了 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年和岩石地球化学的测试。样品中的锆石具有较好的晶型, 可见典型的岩浆震荡环带结构, 为典型的岩浆成因锆石, 锆石 LA-ICP-MS 定年结果为 $341.9 \pm 1.3\text{Ma}$ (MSWD=0.15), 表明其为早石炭世晚期岩浆侵入活动的产物。岩石地球化学资料显示该闪长岩体 SiO_2 含量介于 53.59%~64.00% 之间, 平均为 59.37%; Al_2O_3 含量 (16.26%~17.04%) 较高, 岩石铝饱和度 $A/\text{CNK}=0.85\sim 0.92$, $A/\text{NK}=1.28\sim 2.59$; Na_2O 和 K_2O 含量均较高, 分别为 3.07%~5.86% 和 1.21%~2.89%, 全碱含量中等 ($\text{ALK}=4.42\%\sim 8.67\%$) 且相对富钠

($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}=1.93\sim 2.65$); TiO_2 (0.85%~1.21%)、 MgO (1.45%~4.69%)、 MnO (0.07%~0.15%) 和 P_2O_5 (0.23%~0.29%) 含量较低, 主量元素特征显示沙沟库都克闪长岩体为准铝质钙碱性系列岩石。岩石具有较低的稀土元素总量 ($84.15 \times 10^{-6} \sim 126.04 \times 10^{-6}$), 轻重稀土分异明显, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 为 4.17~5.70, $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 为 3.47~5.46, $(\text{Ce}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 为 3.07~4.34, 较弱的 Eu 负异, δEu 为 0.79~0.88 (平均为 0.84)。在球粒陨石标准化稀土元素配分模式图上具右倾负斜率稀土配分模式。微量元素方面, 岩体以富集大离子亲石元素 (如 K、Cs、Rb、Ba、Th、U 等), 亏损高场强元素 (如 Nb、Ta、P、Ti 等) 为特征, 与研究区内晚石炭世双峰式火山岩中的源于下地壳物质部分熔融形成的中酸性火山岩十分相似, 均具有陆内裂谷岩浆活动的特点。

实验岩石学已经证明, 地壳中基性岩类 (玄武质成分) 的部分熔融可以产生化学成分偏中性的准铝质的花岗岩类, 而地壳中碎屑沉积岩类的部分熔融通常产生化学成分偏酸性的过铝质花岗岩类。沙沟库都克闪长岩从岩石地球化学成分来看, SiO_2 含量介于 53.59%~64.00% 之间, 平均为 59.37%, 贫钙、镁、铁, 为准铝质钙碱性系列岩石。通过微量元素在地质样品中的分配的研究, 可以制约岩石的成因过程, 岩体 HREE 相对于 LREE 明显亏损, 具有较低的 Yb/Lu (6.19~6.57) 和 Dy/Yb (1.72~1.90) 比值, 表明其源区残留相主要为石榴石+角闪石, Eu 具有弱的负异常, δEu 为 0.79~0.88, 平均为 0.84, 区别于幔源型花岗岩。大陆地壳最具独特的成分特征是

注: 本文为国家自然科学基金资助项目 (编号 41202077) 和中国地质调查局地质调查项目 (编号 1212011220649) 的成果。

收稿日期: 2014-11-27; 改回日期: 2014-01-30; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 汪晓伟, 男, 1988 年生, 博士, 矿物学、岩石学、矿床学专业。Email: wxw04121555@163.com。

Nb、Ta 负异常, 岩体 Nb/Ta 比值较低 (11.00~14.44, 平均为 12.86), Nb 的亏损同时还伴随着 Nb/Ta 比值下降, 这表明 Nb/Ta 这一对互代元素已开始分馏, 反映岩浆作用过程中 Nb 和 Ta 曾发生较明显的分馏, Nb 趋向亏损而 Ta 相对富集, 是一种典型的壳源的成因类型。岩体微量元素 Cr (10.00×10^{-6} ~ 607.00×10^{-6} , 平均为 216.60×10^{-6})、Ni (7.49×10^{-6} ~ 202.00×10^{-6} , 平均为 68.19×10^{-6}) 含量较低, La/Nb 值 (2.41~15.19, 平均为 7.38) 较高, 和大陆下地壳非常接近 (Cr $\approx 215.00 \times 10^{-6}$ 、Ni $\approx 88.00 \times 10^{-6}$), 明显不同于地幔来源的岩浆 (La/Nb ≈ 0.96)。且在 (La/Yb)_N- δ Eu 图解中, 该闪长岩样品投影点主要落在壳型范围, 部分沿壳幔分界线分布, 结合 La/Sm-La 图解可以得出沙沟库都克闪长岩可能为下地壳基性岩类 (玄武质成分) 部分熔融形成, 源区可能存在石榴子石+角闪石残留体。

如前所述, 对于东天山博格达造山带晚古生代的构造属性的认识素有裂谷和岛弧之分, 近年来, 越来越多的研究成果表明博格达造山带石炭纪的构造属性更倾向于裂谷环境 (顾连兴等, 2001a; 王银喜等, 2005, 2006; 王金荣等, 2010)。博格达石炭纪大陆裂谷始于早石炭世 (七角井地区双峰式火山岩, 340~342Ma) (王银喜等, 2005, 2006), 结束于晚石炭世晚期 (流纹岩 Rb-Sr 等时线年龄为 296 Ma), 早二叠世为裂谷闭合造山作用, 早二叠世末进入后造山伸展的演化阶段 (卡拉岗组流纹岩 Rb-Sr 等时线年龄为 278Ma) (王金荣等, 2010)。这与本文闪长岩地球化学特征指示其形成于陆内裂谷的结论相一致。由此可见, 博格达造山带前身早石炭世裂谷演化过程中尽管以双峰式火山岩作用为特征 (顾连兴等, 2001a; 田黎萍等, 2010), 但仍然存在少量的同时期的花岗质岩浆侵入活动, 其形成机制与博格达晚石炭世双峰式火山岩中的中酸性火山岩相类似 (王金荣等, 2010)。综合区域地质背景及岩石地球化学特征可知, 沙沟库都克闪长岩应源于下地壳物质 (源岩为底侵的玄武质岩石) 受到地幔玄武岩浆的底侵并对其加热发生部分

熔融, 显然这种持续不断的底侵需要在持续的大陆拉张背景下才得以实现, 博格达裂谷作用就可以满足这些条件。新疆北部地区属中亚造山带在中国大陆的重要组成部分, 其古生代是以洋盆俯冲、闭合、陆块碰撞造山为特点的主造山期, 记录了古亚洲洋形成闭合的演化过程。在天山大部分地区, 广泛出露了一套石炭纪火山岩, 但其构造属性倾向于俯冲流体参与下的弧岩浆作用的产物 (侯广顺等, 2006; 朱永峰等, 2006), 与研究区石炭纪裂谷岩浆作用有所不同。结合区域地质背景及前人资料表明, 博格达造山带早石炭世沙沟库都克闪长岩形成的地球动力学机制可能与石炭纪卡拉麦里蛇绿岩带或康古尔塔格-黄山深断裂所代表的古大洋消减引起的陆内拉张作用有关。

参 考 文 献 / References

- 顾连兴, 胡受奚, 于春水, 赵明, 吴昌志, 李宏宇. 2001a. 博格达陆内碰撞造山带挤压-拉张构造转折期的侵入活动. 岩石学报, 17(2): 187~198.
- 侯广顺, 唐红峰, 刘丛强. 2006. 东天山觉罗塔格构造带晚古生代火山岩地球化学特征及意义. 岩石学报, 22(5): 1167~1177.
- 田黎萍, 王金荣, 汤中立, 于曼, 王怀涛, 赵志雄, 汤中立. 2010. 新疆博格达山东段早石炭世火山岩地球化学特征及其构造意义. 兰州大学学报, 46(4): 30~41.
- 王金荣, 李泰德, 田黎萍, 于曼, 王怀涛, 赵志雄, 汤中立. 2010. 新疆博格达造山带东段晚古生代构造-岩浆演化过程: 火山岩组合及其地球化学证据. 岩石学报, 26(4): 1103~1111.
- 王银喜, 顾连兴, 张遵忠, 吴昌志, 张开均, 李慧民, 杨杰东. 2006. 博格达裂谷双峰式火山岩地质年代学与 Nd-Sr-Pb 同位素地球化学特征. 岩石学报, 22(5): 1215~1224.
- 王银喜, 顾连兴, 张遵忠, 张开均, 李慧民, 吴昌志, 杨杰东. 2005. 博格达裂谷闭合和区域隆起的同位素年代学证据及地质意义. 地球学报, 26(增刊): 102~104.
- 朱永峰, 周晶, 郭旋. 2006. 西天山石炭纪火山岩岩石学及 Sr-Nd 同位素地球化学研究. 岩石学报, 22(5): 1341~1350.