

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

王银喜^{1,2)} 顾连兴^{2,3)} 张遵忠^{2,3)} 张开均^{2,4)}
李惠民^{1,2)} 吴昌志^{2,3)} 杨杰东^{1,2)}

1) 南京大学现代分析中心, 江苏 南京, 210093 ; 2) 南京大学内生金属矿床成矿作用国家重点实验室, 江苏 南京, 210093 ; 3) 南京大学地球科学系, 江苏 南京, 210093 ;
4) 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州, 510640

摘 要 博格达造山带位于准噶尔和吐鲁番-哈密两个前寒武纪地块之间, 是晚古生代的大陆裂谷。经研究, 博格达大石头-色皮口地区的流纹岩 Rb-Sr 同位素年龄为 307.1 ± 1.3 Ma, 表明博格达地区火山活动由早石炭世持续到晚石炭世。该年龄可视为博格达裂谷闭合和区域隆起之后造山阶段产物的形成年龄。该区流纹岩其源区物质主要来自于亏损地幔或是由玄武岩浆演化经分离结晶作用形成的。流纹岩这一特征是十分罕见的。

关键词 大石头-色皮口流纹岩 Rb-Sr 地质年代学 Sr 同位素地球化学 裂谷闭合和区域隆起

Isotopic Chronologic Evidence of Bogda Rift Closure and Regional Uplift and Its Geological Significance

WANG Yinxi^{1,2)} GU Lianxing^{2,3)} ZHANG Zunzhong^{2,3)} ZHANG Kaijun^{3,4)}
LI Huimin^{1,2)} WU Changzhi^{2,3)} YANG Jiedong^{1,2)}

1) Center of Modern Analysis, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu, 210093 ; 2) State Key Laboratory of Mineral Deposit Research, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu, 210093 ; 3) Department of Earth Science, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu, 210093 ;
4) Guangzhou Institute of Geochemistry, Laboratory of Marginal Sea Geology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong, 510640

Abstract The Bogda Mountain, with Junggar basin on the north and Turpan-Hami basin on the south, is a part of the East Tianshan Mountains. The Rb-Sr isotope age and the $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ ratio of ten rhyolite samples from the Dashitou-Sepigou belt are 307.1 ± 1.3 Ma and 0.703296 ± 32 , respectively. The age data indicate that the volcanic activities of Bogda area lasted from Early and Middle Carboniferous to Late Carboniferous, and also imply that the age can be regarded as the age of Bogda rift closure and regional uplift. Sr isotopes of the rhyolites suggest that the volcanic rocks were chiefly derived from the depleted mantle source. Such a characteristic of rhyolites is very rarely seen.

Key words Dashitou-Sepikou rhyolites Rb-Sr age Sr isotopic geochemistry Bogda rift closure and regional uplift

东天山博格达陆内碰撞造山带花岗岩侵入活动和火山岩地质和元素地球化学研究成果认为博格达造山带是大陆裂谷(顾连兴等, 2000, 2001a, 2001b)。博格达裂谷与东非大裂谷(Wilson, 1989)在构造地质成因方面有类似的地方, 但在地球化学特征方面存在着较大的差异^①(Davies 等, 1987)。关于东天

山博格达火山岩的成岩时代以往主要依靠地层古生物学来确定(肖世录等, 1985), 其成因研究主要依靠地质学与元素地球化学(周济元等, 1994), 缺乏系统的博格达裂谷闭合和区域隆升之后造山阶段的产物同位素年龄资料和同位素地球化学信息。本文将报道大石头-色皮口地区的火山岩 Rb-Sr 同位素年龄

本文为国家自然科学基金项目(编号: 40472042, 40072075)、国家重点基础研究发展规划项目(编号: 2001CB409802)、国家“九五”攻关 305 项目(编号: 96-915-05-03-01)和中国百人人才计划(CAS Hundred Talents Project)合作研究成果, 并得到南京大学开放测试基金(编号: 0303Y302-2004)资助。

第一作者: 王银喜, 男, 1955 年生, 副教授, 同位素地球化学专业, E-mail: wyxnu@sohu.com

① 王银喜, 顾连兴, 张遵忠等. 博格达裂谷火山岩地质年代学与地球化学特征(待发表).

以及 Sr 同位素组成特征,对其成因演化和构造属性进行新的探讨,以利于今后与典型的东非大裂谷在地质和地理学方面进行立体交叉全方位的比较。

1 地区概况与火山岩特征

博格达造山带位于中国东天山准噶尔盆地与吐鲁番-哈密盆地间,其西端止于乌鲁木齐,东端与红柳峡-苏吉喧与克拉麦里造山带相接(图 1),全长约 600 km。东部的七角井-高泉地区,下石炭统塔普捷尔泉组(C_1t),七角井组(C_1q)及中石炭统柳树沟组(C_2l)火山岩出露完整。七角井组为海相火山岩建造,块状或枕状玄武岩与流纹岩互层,并夹有少量的凝灰质砂岩及页岩。双峰式火山岩主要出露在七角井地区的刺梅沟处,该剖面上玄武岩与流纹岩的比例大约为 7:1,其构成为双峰式火山岩。在博格达山的西边天池—祁家沟地区为柳树沟组和其上的祁家沟组为中石炭统,分别为海相碎屑岩-火山岩建造和海相碎屑岩-碳酸盐建造。东边的大石头-色皮口主要为上石炭统为奥尔吐组,以火山-沉积岩为代表。该套火山-沉积岩包括前人所划分的扬布拉克组,沙马尔沙依组和缪林托凯陶组,为陆相环境下的产物。博格达造山带海相火山-沉积岩系的褶皱主

要发生于中晚石炭世,其后又发生了广泛的岩浆侵入活动。侵入岩主要是辉绿岩类,并有少量中性岩和花岗岩类。在大石头-色皮口一带还有偏酸性火山岩的分布。经研究,在大石头-色皮口一带分布着一套晚石炭世陆相钙碱性火山岩,其中流纹岩和英安岩占 90% 以上,仅含极少量的玄武粗安岩、玄武安山岩和粗面安山岩(顾连兴等,2001a)。

2 分析方法

本文对采自博格达大石头样品中的同位素分析均由笔者在南京大学现代分析中心由英国制造的 VG354 多接收质谱计上完成。实验测定美国 NBS 987 Sr 同位素标准以 $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ 为 0.1194 为标准化值,测得 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 $0.710224 \pm 8, n = 10$ 。Sr 全流程本底分别为 $3 \times 10^{-9} \text{g}$ 。计算 $\epsilon_{\text{Sr}}(t)$ 过程中, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{UR}}$ 为 0.7045, $(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})_{\text{UR}}$ 为 0.0827(Jacobsen 等,1984)。年龄计算采用国际通用的 Ludwig(1998)研制的 ISOPLOT 计算程序。在等时线年龄计算中,样品 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{S}$ 比值分别为 1%, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 误差采用 0.005% (表 1)。详细的化学制备,质谱测定方法以及各类标准样品测定结果可见有关报道(王银喜等,1988)。

表 1 大石头-色皮口一带流纹岩 Rb-Sr 年龄和同位素数据
Table 1 Rb-Sr age and isotope composition of the rhyolite in the Dashitou-Sepikou belt

样号	岩性	采地/岩体 年龄	$\text{Rb}/\times 10^{-6}$	$\text{Sr}/\times 10^{-6}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (测定)	$\epsilon_{\text{Sr}}(t)$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (初始)
B5	流纹岩	大石头-色皮口 Rb-Sr 年龄:	148.7	129.6	3.354	0.718102 ± 11	-9.1	0.703496
B39	流纹岩		34.79	457.8	0.2292	0.704301 ± 9	-12	0.703303
B40	流纹岩		50.02	213.5	0.6671	0.706205 ± 12	-12	0.703300
X-161	流纹岩	$t = 307.1 \pm$	153.4	96.21	4.875	0.724536 ± 6	-12	0.703307
X-163	流纹岩	1.3 Ma;	136.1	90.34	4.501	0.722914 ± 9	-12	0.703314
X-164	流纹岩	MSWD=0.74	149.9	109.8	4.036	0.720894 ± 11	-11	0.703319
X-165	流纹岩	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	148.2	94.56	4.620	0.723545 ± 8	-10	0.703426
X-166	流纹岩	$i = 0.703296$	160.5	118.7	3.857	0.720186 ± 8	-11	0.703390
X-376	流纹岩	± 32	145.7	126.3	3.427	0.718260 ± 14	-11	0.703336
X-377	流纹岩		148.1	106.2	4.116	0.721213 ± 9	-12	0.703289

3 大石头-色皮口一带流纹岩 Rb-Sr 同位素年龄

大石头-色皮口地区流纹岩 Rb-Sr 年龄为 $306.7 \pm 2.3 \text{ Ma}$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.703296 \pm 32$, MSWD=0.74, 同位素年龄显示大石头-色皮口地区火山喷发时代为晚石炭世并与古生物学地层学资料一致(顾连兴等,2001a)。Rb-Sr 同位素等时线年龄代表流纹岩岩石结晶时代,进而进一步证明博格达火山活动持续到晚石炭世并代表着由挤压到拉张这

个地球动力学环境的重大转折时期。尽管这套火山岩与下-中石炭统海相地层均为断层接触,但据其晚石炭世化石组合和陆相喷发环境,似可视之为裂谷闭合和区域隆升之后造山阶段的产物(顾连兴等,2001b)。由此大石头-色皮口地区流纹岩同位素等时线年龄代表了裂谷闭合和区域隆升之后造山阶段的时期。

4 流纹岩 Sr 同位素特征

大石头-色皮口地区流纹岩岩石 $\epsilon_{\text{Sr}}(t)$ 值为

-9.0~-12,等时线年龄⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始值分别为0.703296±32 根据初始比值一致性来看,反映样品来自相同源区并具有 Sr 同位素均一化的源区特征,与某些洋中脊玄武岩(MORB)⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比值(0.7022~0.7032)的上限值较为接近,又与某些大洋岛屿玄武岩⁸⁷Sr/⁸⁶Sr(0.703~0.706)的下限值相一致。总之从 Sr 同位素角度看流纹岩 $\epsilon_{\text{Sr}}(t)$ 值均为负值,因此可讲该类岩石来自于⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比值强烈亏损的地幔源区。低⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始值反映了流纹岩则是由原始玄武岩浆经分离结晶作用形成。其机理为亏损的地幔通过底辟上升,造成上地幔上部岩石部分熔融,引起了玄武岩浆的底侵,由于这种原始岩浆在次生岩浆层内发生橄榄石和钛氧化物的分离结晶,便形成该区橄榄拉斑玄武岩和少量的石英拉斑玄武岩。而与此伴生的流纹岩则是玄武岩浆经分离结晶作用形成。

5 结论

(1)博格达大石头-色皮口地区的流纹岩 Rb-Sr 同位素年龄为 306.7±2.3 Ma,表明博格达地区火山活动由早石炭世持续到晚石炭世。该年龄代表裂谷闭合和区域隆升之后造山阶段的时代。

(2)Sr 同位素地球化学研究指示流纹岩源区物质主要来自于亏损地幔或是由玄武岩浆演化或分离结晶作用形成的。

参考文献

顾连兴,胡受奚,于春水等. 2000a. 东天山博格达造山带石炭纪火山岩及其形成地质环境. 岩石学报,16(3) 305~316.

顾连兴,胡受奚,于春水等. 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.

顾连兴,胡受奚,于春水. 2001b. 论博格达俯冲撕裂型裂谷的形成与演化. 岩石学报,17(4) 585~597.

王银喜,杨杰东,陶仙聪等. 1988. 化石、矿物和岩石样品的 Sm-Nd 同位素实验方法研究及其应用. 南京大学学报(自然科学版),21(2) 297~308.

肖世录,张志民. 1985. 新疆天山上古生界. 新疆地质,3(3) 1~14.

周济元,茅燕石,黄志勋. 1997. 东天山古大陆边缘火山地质. 成都:成都科技大学出版社,1~280.

Jacobsen S B, Wasserbury G J. 1984. Sm-Nd isotopic evolution of chondrites and achondrites. II. Earth Planet. Sci. Lett.,67:137~150.

Wilson W. 1989. Igneous petrogenesis. Unwin Hyman, London, 327~373.

Davies G R, macdonald R. 1987. Crustal influences in the petrogenesis of the Naivasha basalt-comendite complex: combined trace element and Sr-Nd-Pb isotope constraints. J. Petrol., 28:1009~1031.