

DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2019.25.S1.011

# 西南天山柯坪地区萨尔干基性岩脉 U-Pb 年代学及地球化学特征

霍海龙<sup>1</sup>, 陈正乐<sup>1,2</sup>, 陈贵民<sup>3</sup>, 张青<sup>1</sup>, 韩凤彬<sup>1</sup>, 张文高<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 东华理工大学地球科学学院, 江西 南昌 330013;

3. 新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第六地质大队, 新疆 哈密 839000)

**摘要:** 柯坪地区发育一套沿走滑断层侵位的萨尔干基性岩脉, 其产出于西南天山造山带与塔里木克拉通的接触部位, 具有重要的意义。文章通过对萨尔干基性岩脉样品进行锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学、岩石地球化学分析, 探讨西南天山中新世代陆内造山作用过程。结果表明, 萨尔干基性岩脉的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为  $(49.14 \pm 0.8)$  Ma, 表明该套岩石形成于始新世。地球化学表明该套岩石形成于与青藏高原碰撞远程效应相关的构造背景。

**关键词:** 西南天山; 柯坪; U-Pb 年代学; 萨尔干地区; 基性岩

**中图分类号:** P588.124; P597.3

**文献标识码:** A

## THE U-PB GEOCHRONOLOGY AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SAERGAN MAFIC ROCKS IN THE KEPING AREA, SOUTHWEST TIANSHAN, CHINA

HUO Hailong<sup>1</sup>, CHEN Zhengle<sup>1,2</sup>, CHEN Guimin<sup>3</sup>, ZHANG Qing<sup>1</sup>, HAN Fengbin<sup>1</sup>, ZHANG Wengao<sup>1</sup>

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;

2. School of Earth Science, East China University of Technology, Nanchang 330013, Jiangxi, China;

3. No. 6 Geological Survey Team, Bureau of Xinjiang Geology and Mineral Resources Development, Hami 839000, Xinjiang, China)

**Abstract:** There is a set of mafic rocks developed along the Saergan strike-slip faults in the Keping area, which is of great significance to understanding the internal relations between the southwest Tianshan orogenic belt and the Tarim Craton. The zircon U-Pb geochronology and geochemical analysis of the Saergan Mafic rocks are used to investigate the effect of the Cenozoic intracontinental orogeny process of the Southwest Tianshan orogenic belt. The zircon LA-ICP-MS U-Pb age of the Saergan mafic rock is  $49.14 \pm 0.8$  Ma, indicating that the mafic rocks were formed in Eocene. Geochemistry data shows that the rocks have an important relationship with the remote effects of the collision between the Indian plate and the Eurasian plate.

**Key words:** southwest Tianshan; Keping; U-Pb chronology; Saergan area; mafic rocks

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (U1403292, 41502085, 41472196)。国家科技支撑计划项目 (2015BAB05B04)

**作者简介:** 霍海龙 (1988-), 男, 在读博士, 构造地质学专业, 主要从事区域构造研究。E-mail: huohailong2012@163.com

**通讯作者:** 陈正乐 (1967-), 男, 博士, 研究员, 主要从事区域构造、矿田构造研究。E-mail: chenzhengle@263.net

**引用格式:** 霍海龙, 陈正乐, 陈贵民, 等. 西南天山柯坪地区萨尔干基性岩脉 U-Pb 年代学及地球化学特征 [J]. 地质力学学报, 2019, 25 (S1): 060-065 DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2019.25.S1.011

HUO Hailong, CHEN Zhengle, CHEN Guimin, et al. The U-Pb geochronology and geochemical characteristics of the Saergan mafic rocks in the Keping area, southwest Tianshan, China [J]. Journal of Geomechanics, 2019, 25 (S1): 060-065 DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2019.25.S1.011

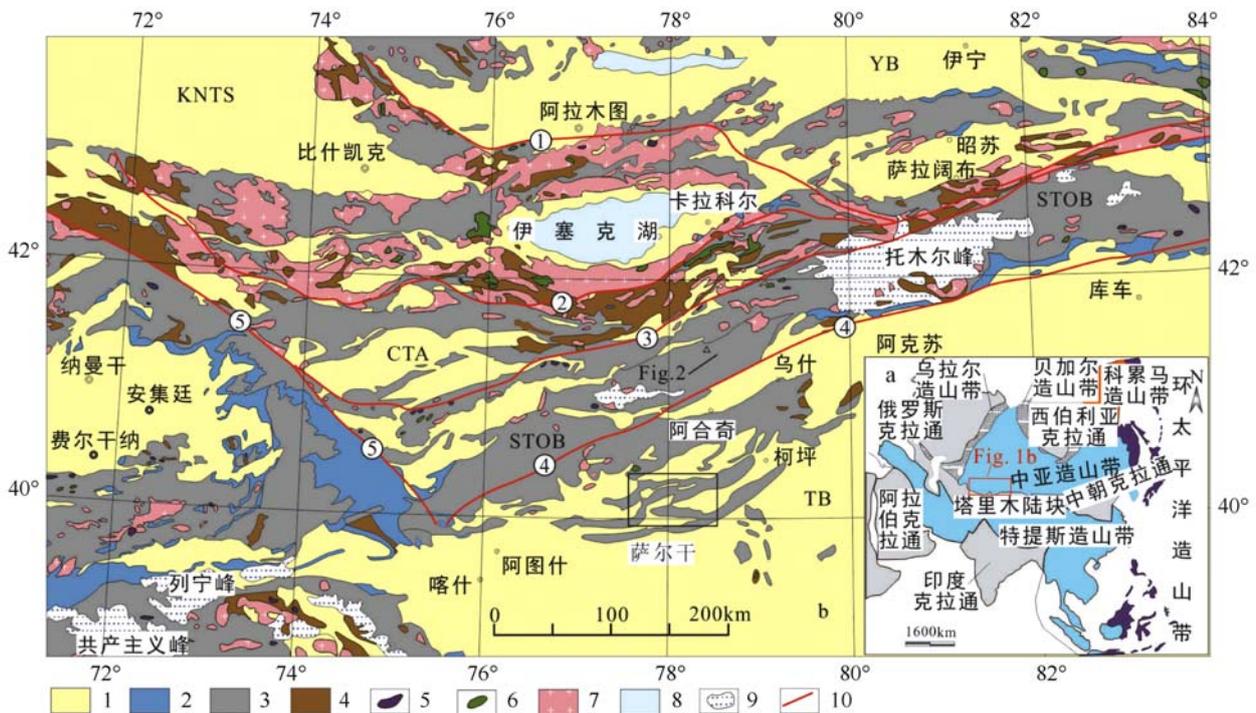
中国境内的西南天山造山带位于中亚造山带的西南缘, 记录了塔里木板块与西伯利亚板块最终拼合的地质信息<sup>[1-3]</sup>, 因此对西南天山构造演化的研究对解析欧亚大陆拼合及显生宙大陆生长过程起着决定性作用<sup>[4-6]</sup>。中生代以来, 受印度板块与欧亚板块碰撞远程效应的影响, 西南天山造山带发育强烈的陆内变形, 对先期构造进行了强烈地改造作用, 形成了典型的陆内盆-山体系<sup>[7]</sup>。在增生与改造过程中伴随多期次、大规模的成矿作用过程, 形成了“中亚成矿域”<sup>[8-10]</sup>。因此中生代陆内构造变形以及相应的岩浆作用等问题显得至关重要。研究主要集中于西南天山柯坪地区中生代岩浆作用过程, 并探讨其动力学机制。

### 1 区域地质背景

柯坪地区主要位于塔里木盆地缘, 构造位置属于西南天山与塔里木陆块的接触部位。受印度

板块与欧亚板块碰撞远程效应的影响, 柯坪地区发育大规模的弧形逆冲推覆构造系统, 在横向上由多条由北向南逆冲推覆的单斜山或推覆体构成, 在推覆构造系统中发育一系列与区域构造线近垂直的走滑(撕裂)断裂系统(图 1)<sup>[6]</sup>。已有学者对于推覆构造几何学、运动学、地壳缩短以及构造演化过程进行了大量的研究工作, 并对区域的构造演化形成较全面的认识<sup>[6]</sup>。但是对于区域逆冲推覆构造的形成时代, 以及其与印度—欧亚大陆碰撞远程效应的成因联系仍存在较大的争议。

在柯坪的萨尔干地区(图 2), 沿北东向(走向近 30°)的走滑断层(成因上属于撕裂断层)中发育一套基性岩脉, 对该套岩脉的研究对于探讨西南天山与塔里木盆地的耦合关系, 以及对青藏高原隆升远程效应的约束具有重要的意义。在此背景下, 本次研究工作对基性岩脉进行了锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学以及岩石地球化学分析, 以期探讨西南天山新生代陆内造山作用过程。



1—新生代地层; 2—中生代地层; 3—古生代地层; 4—前寒武纪地层; 5—蛇绿混杂岩; 6—超基性-基性侵入岩;  
 7—花岗岩; 8—湖泊; 9—冰川; 10—断层;  
 ①—扎拉依尔—奈曼缝合带; ②—尼古拉耶夫线—那拉提缝合带; ③—南中天山缝合带; ④—塔里木北缘断裂带;  
 ⑤—塔拉斯—费尔干纳走滑断裂带;  
 KNTS—吉尔吉斯斯坦北天山; YB—伊犁地块; TB—塔里木陆块; CTA—中天山复合弧地体; STOB—西南天山造山带  
 a—中亚造山带构造简图; b—西南天山及其邻区地质图<sup>[1-3]</sup>

图 1 西南天山造山带地质图

Fig. 1 Tectonic sketch map of the southwest Tianshan orogen

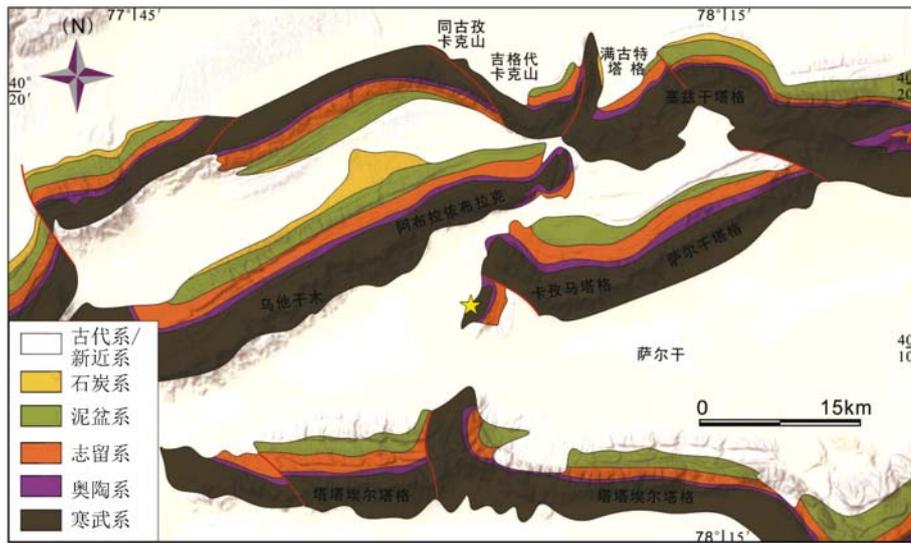


图2 萨尔干地区地质简图 (星号为采样位置)

Fig. 2 Simplified structural map of the Saergan area (The asterisk is the sampling location)

## 2 萨尔干基性岩脉地球化学特征

### 2.1 主量元素

萨尔干基性岩脉  $\text{SiO}_2$  含量变化于 43.61% ~ 45.51%，其中  $\text{MgO}$  含量介于 3.05% ~ 10.79%， $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量 13.00% ~ 18.32%， $\text{CaO}$  含量 6.79% ~ 9.75%，全碱含量  $\text{ALK} (\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})$  为 5.90% ~ 9.79%。在 TAS 图解中，萨尔干基性岩脉样品主要投到了辉长岩以及二长闪长岩中区域。样品的铝饱和指数 ( $A/\text{CNK}$ ) 为 0.50 ~ 0.70，具有偏铝质特征 (图 3)。

### 2.2 稀土、微量元素特征

萨尔干基性岩脉的 REE 配分曲线具有 LREE 富集的右倾型配分模式，其中的  $\text{LREE}/\text{HREE} = 8.74 \sim 10.96$ ， $(\text{La}/\text{Yb})_N = 15.00 \sim 19.19$ ， $(\text{La}/\text{Sm})_N = 3.47 \sim 4.31$ ，显示 LREE 和 HREE 之间的分馏作用较为明显 (图 4a)。样品显示无 Eu 异常 ( $\delta\text{Eu} = 1.01 \sim 1.03$ )，表明斜长石分离结晶作用不明显。

萨尔干基性岩脉的微量元素洋中脊玄武岩标准化蛛网图中，大离子亲石元素 Ba、La 相对富集，P 相对亏损，样品的  $\text{Th}/\text{Ta}$  比值为 1.01 ~ 1.08 (图 4b)。稀土配分、微量元素蛛网图显示岩浆岩具有大陆碱性岩浆岩的特点，与岛弧、大洋中脊等构造环境具有较大区别。在构造判

别图解中显示其具有造山带与板内稳定构造区派生的岩浆岩的特征，且更靠近板内稳定构造区，表明其可能来源于板内稳定构造区岩浆作用的产物。

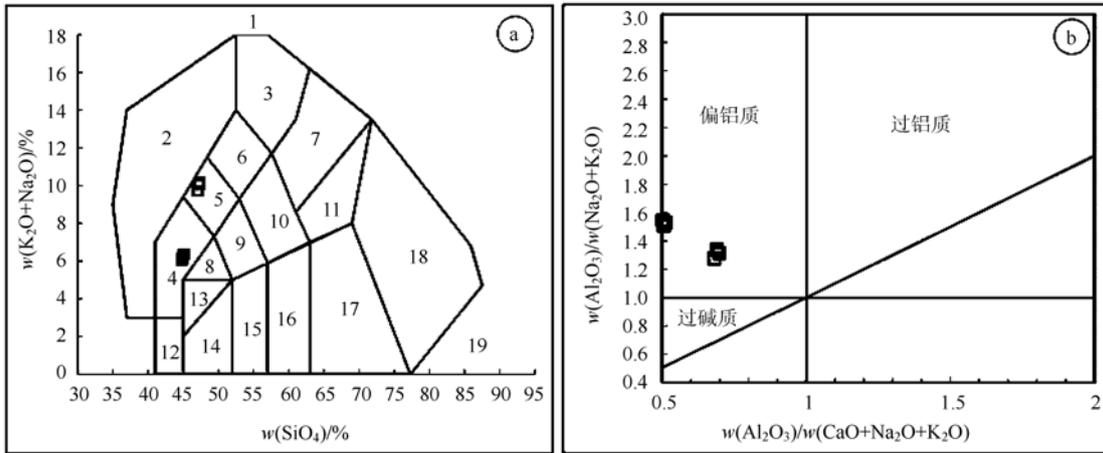
## 3 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学

样品 S2-9 共完成 19 点分析，锆石晶体长约 160 ~ 200  $\mu\text{m}$ ，宽约 50 ~ 100  $\mu\text{m}$ ，长宽比为 1.2:1 ~ 3.0:1，振荡环带不明显 (图 5)，而分析点的  $\text{Th}/\text{U}$  均大于 0.1，属于岩浆锆石<sup>[13]</sup>。获得的年龄介于 45 ~ 52 Ma 之间，加权平均年龄值为  $(49.14 \pm 0.8) \text{ Ma}$  ( $n = 19$ ,  $\text{MSWD} = 2.0$ )，代表了样品中锆石的结晶年龄 (图 5)。

## 4 基性岩脉形成时代及构造属性

此次研究在萨尔干基性岩脉中得到的锆石 U-Pb 年龄介于 45 ~ 52 Ma 之间，加权平均年龄值为  $(49.14 \pm 0.8) \text{ Ma}$  ( $n = 19$ ,  $\text{MSWD} = 2.0$ )，锆石的形态为典型的基性岩中锆石，其年龄可以代表基性岩脉的结晶年龄，表明萨尔干基性岩脉侵入于始新世。

以往对柯坪塔格推覆构造的研究表明，包括萨尔干塔格在内的柯坪塔格推覆构造以薄皮推覆构造的形式逆冲于塔里木盆地之上，而未发育大

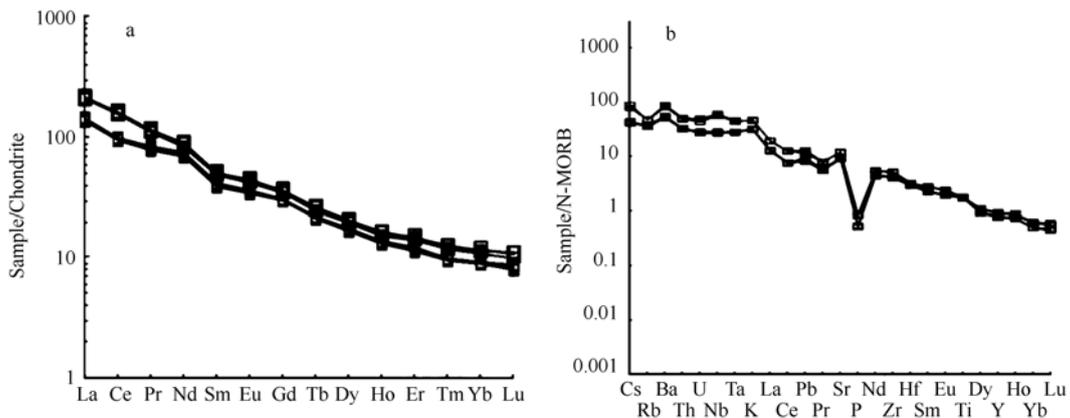


1—霓方钠岩/磷霞岩/粗白榴岩; 2—副长深成岩; 3—似长石正长岩; 4—似长石辉长岩; 5—似长石二长闪长岩; 6—似长石二长正长岩; 7—正长岩; 8—二长辉长岩; 9—二长闪长岩; 10—二长岩; 11—石英二长岩; 12—橄榄辉长岩; 13—碱性辉长岩; 14—非碱性辉长岩; 15—辉长闪长岩; 16—闪长岩; 17—花岗闪长岩; 18—花岗岩; 19—石英岩

a—岩石分类判别 (TAS) 图解; b—A/CNK-A/NK 图解; c— $\log\sigma$ - $\log\tau$  图解

图 3 萨尔干基性岩脉岩石判别图解<sup>[11]</sup>

Fig. 3 The rock identification diagram of the Saergan mafic rocks<sup>[11]</sup>



a—基性岩脉的稀土元素球粒陨石配分曲线图; b—基性岩脉微量元素 N-型洋中脊玄武岩标准化图解

图 4 萨尔干基性岩脉稀土球粒陨石标准化和微量元素洋中脊玄武岩标准化图解<sup>[12]</sup>

Fig. 4 The chondrite-normalized REE and N-MORB-normalized trace-element spider patterns of the Saergan mafic rocks<sup>[12]</sup>

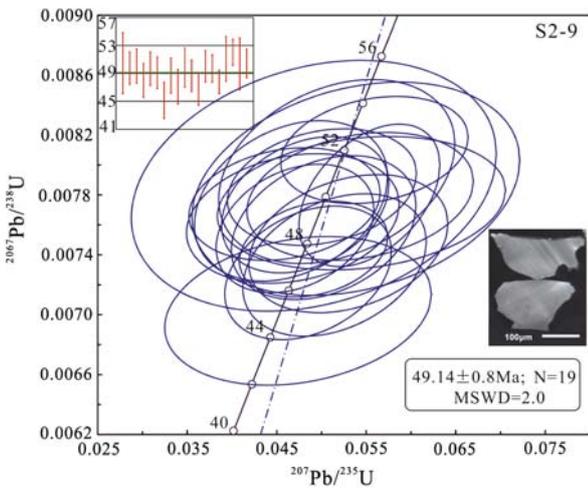


图5 萨尔干基性岩脉锆石 CL 图像及锆石 U-Pb 同位素谐和与加权平均年龄图

Fig. 5 CL images, and U-Pb concordia diagram for zircon samples of the Saergan mafic rocks.

规模走滑断层，而柯坪塔格内部的萨尔干断裂为协调断层（又称撕裂断层）<sup>[6]</sup>。在西南天山托云盆地发育一套的新生代玄武岩形成时代为始新世

(48.1 Ma)，与文中萨尔干基性脉岩的时代一致<sup>[14-15]</sup>。其岩浆主要来源于与洋岛玄武岩类似的富集地幔<sup>[15-16]</sup>。而文中萨尔干基性岩脉也主要落在洋岛玄武岩（OIB）区域中，因此，萨尔干基性岩的岩浆来源于与洋岛玄武岩类似的富集地幔（图6）。

新生代以来，受欧亚大陆与印度板块碰撞的影响，柯坪逆冲推覆系统发育，并沿深部归并与统一的基底滑脱面上，因此为深部岩浆的上侵提供良好的通道，而萨尔干基性脉岩主要发育于萨尔干断裂带内部，则是在这一背景下形成的，而萨尔干基性脉岩的形成时代则有助于限定柯坪推覆构造的启动时限。

### 5 结论

(1) 在萨尔干基性岩脉的锆石 U-Pb 年龄介于 45 ~ 52 Ma 之间，加权平均年龄值为 (49.14 ± 0.8) Ma (n = 19, MSWD = 2.0)，代表基性岩脉的结晶年龄，表明萨尔干基性岩脉侵位于始新世。

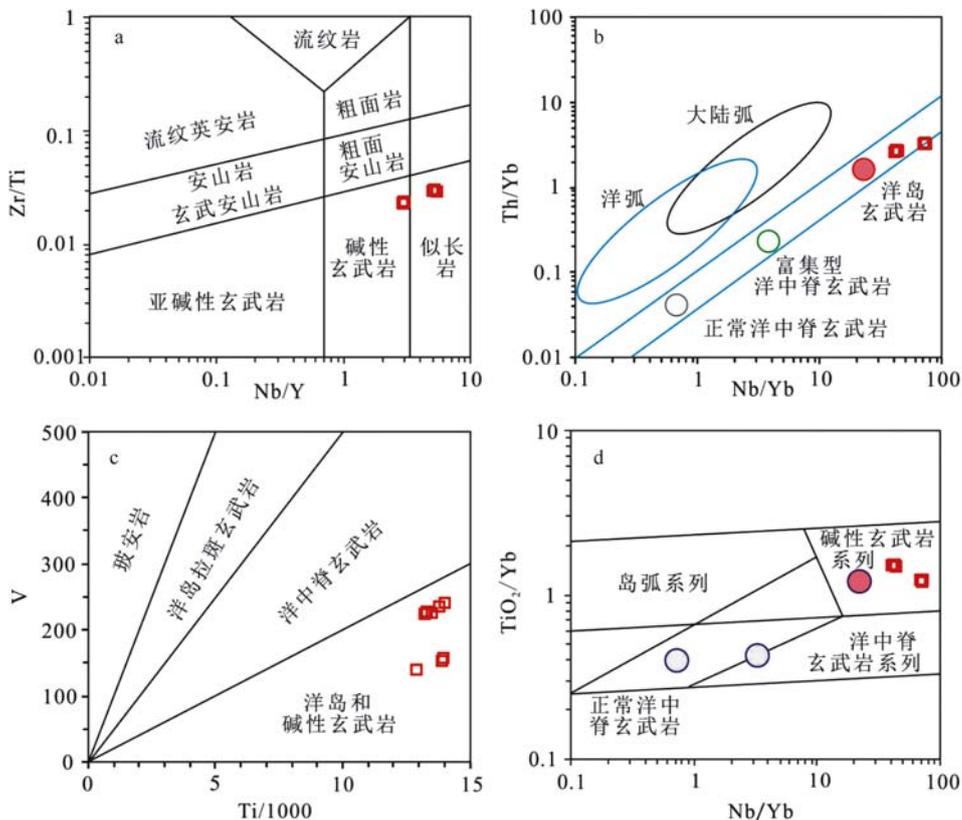


图6 萨尔干基性岩脉构造判别图解<sup>[16]</sup>

Fig. 6 Various tectonic discrimination diagrams of the Saergan mafic rocks<sup>[16]</sup>

(2) 萨尔干基性脉岩的岩浆主要来源于富集地幔, 主要发育于欧亚大陆与印度板块碰撞影响的远程效应的背景, 限定了柯坪推覆构造的启动时限。

**致谢:** 野外工作得到新疆自然资源与生态环境研究中心的大力帮助, 锆石年代学测定得到中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室唐艳文、戴智慧老师的帮助, 岩石地球化学测试分析在国家测试中心完成, 在此一并表示感谢。

### 参考文献/References

- [ 1 ] ŞENGÖR, A M C, NATALIN B A, BURTMAN V S. Evolution of the Alaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia [J]. *Nature*, 1993, 364 (6435): 299 – 307.
- [ 2 ] KLEMD R, GAO J, LI J L, et al. Metamorphic evolution of (ultra)-high-pressure subduction-related transient crust in the South Tianshan Orogen (Central Asian Orogenic Belt): Geodynamic implications [J]. *Gondwana Research*, 2015, 28 (1): 1 – 25.
- [ 3 ] CHEN Z L, WANG Z X, HAN F B, et al. Late cretaceous-Cenozoic uplift, deformation, and erosion of the SW Tianshan mountains in Kyrgyzstan and Western China [J]. *International Geology Review*, 2017, 60 (8): 1019 – 1037.
- [ 4 ] XIAO W J, WINDLEY B F, ALLEN M B, et al. Paleozoic multiple accretionary and collisional tectonics of the Chinese Tianshan orogenic collage [J]. *Gondwana Research*, 2013, 23 (4): 1316 – 1341.
- [ 5 ] KRÖNER A, WINDLEY B F, BADARCH G, et al. Accretionary growth and crust formation in the Central Asian Orogenic Belt and comparison with the Arabian – Nubian shield [M] // HATCHER R D JR, CARLSON M P, MCBRIDE J H, et al. 4 – D Framework of Continental Crust. Geological Society of America, 2007, 200: 182 – 209.
- [ 6 ] 曲国胜, 李亦纲, 陈杰, 等. 柯坪塔格推覆构造几何学、运动学及其构造演化 [J]. *地学前缘*, 2003, 10 (S1): 142 – 152.
- QU Guosheng, LI Yigang, CHEN Jie, et al. Geometry, kinematics and tectonic evolution of Kepingtage thrust system [J]. *Earth Science Frontiers*, 2003, 10 (S1): 142 – 152. (in Chinese with English abstract)
- [ 7 ] 李忠, 高剑. 构造活动区特征源汇体系及古地理重建: 以塔里木块体北缘记录“泛非”事件的碎屑锆石分析为例 [J]. *古地理学报*, 2016, 18 (3): 424 – 440.
- LI Zhong, GAO Jian. Characteristic source – sink systems and palaeogeographic reconstruction in active tectonic regions: A case research on detrital zircons recording the Pan-African event in northern Tarim Block [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2016, 18 (3): 424 – 440. (in Chinese with English abstract)
- [ 8 ] 肖文交, 舒良树, 高俊, 等. 中亚造山带大陆动力学过程与成矿作用 [J]. *新疆地质*, 2008, 26 (1): 4 – 8.
- XIAO Wenjiao, SHU Liangshu, GAO Jun, et al. Continental dynamics of the central Asian orogenic belt and its metallogeny [J]. *Xinjiang Geology*, 2008, 26 (1): 4 – 8. (in Chinese with English abstract)
- [ 9 ] 陈宣华, 杨农, 叶宝莹, 等. 中亚成矿域多核成矿系统西准噶尔成矿带构造体系特征及其对成矿作用的控制 [J]. *大地构造与成矿学*, 2011, 35 (3): 325 – 338.
- CHEN Xuanhua, YANG Nong, YE Baoying, et al. Tectonic system and its control on metallogenesis in Western Junggar as part of the central Asia multi-core metallogenic system [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2011, 35 (3): 325 – 338. (in Chinese with English abstract)
- [ 10 ] 薛春纪, 赵晓波, 莫宣学. 中亚成矿域斑岩铜金成矿的地质环境问题 [J]. *岩石学报*, 2016, 32 (5): 1249 – 1261.
- XUE Chunji, ZHAO Xiaobo, MO Xuanxue. Problem on porphyry Cu – Au metallogenic environment in Central Asian: an overview [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2016, 32 (5): 1249 – 1261. (in Chinese with English abstract)
- [ 11 ] MIDDLEMOST E A K. Naming materials in the magma/igneous rock System [J]. *Earth – Science Reviews*, 1994, 37 (3 – 4): 215 – 224.
- [ 12 ] SUN S S, MCDONOUGH W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes [J]. Geological Society, London, Special Publications, 1989, 42 (1): 313 – 345.
- [ 13 ] WU Y B, ZHENG Y F. Genesis of zircon and its constraints on interpretation of U – Pb age [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49 (15): 1554 – 1569.
- [ 14 ] 季建清, 韩宝福, 朱美妃, 等. 西天山托云盆地及周边中生代岩浆活动的岩石学、地球化学与年代学研究 [J]. *岩石学报*, 2006, 22 (5): 1324 – 1340.
- JI Jianqing, HAN Baofu, ZHU Meifei, et al. Cretaceous – Paleogene alkaline magmatism in Tuyon basin, southwest Tianshan mountains: geochronology, petrology and geochemistry [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22 (5): 1324 – 1340. (in Chinese with English abstract)
- [ 15 ] 徐学义, 夏林圻, 夏祖春, 等. 西南天山托云地区白垩纪 – 早第三纪玄武岩地球化学及其成因机制 [J]. *地球化学*, 2003, 32 (6): 551 – 560.
- XU Xueyi, XIA Linqi, XIA Zuchun, et al. Geochemistry and genesis of Cretaceous – Paleogene basalts from the Tuoyun Basin, Southwest Tianshan Mountains [J]. *Geochimica*, 2003, 32 (6): 551 – 560. (in Chinese with English abstract)
- [ 16 ] PEARCE J A. Immobile element fingerprinting of Ophiolites [J]. *Elements*, 2014, 10 (2): 101 – 108.