

西天山昭苏阿登套地区大哈拉军山组火山岩 LA – ICP – MS 锆石 U – Pb 年龄及其意义

周煜杰¹, 李永军^{1,2}, 杨高学^{1,2}, 林广春^{1,2}, 王祚鹏¹, 李甘雨¹

(1. 长安大学地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054;

2. 国土资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室, 陕西 西安 710054)

摘 要:西天山昭苏阿登套山地区广泛出露大哈拉军山组火山-沉积体系, 形成时代分歧很大。阿登套山大哈拉军山组火山岩主要由玄武岩、安山岩、英安岩、流纹岩及其一系列紫色、灰色、紫红色火山碎屑岩组成, 笔者选取流纹质火山角砾岩进行 LA – ICP – MS 锆石 U – Pb 定年, 结果表明锆石年龄为 $(344.4 \pm 6.1) \text{ Ma}$, 结合锆石的矿物学特征 CL 图像特点及其地质资料, 初步得到结论: 阿登套山地区大哈拉军山组形成时代不晚于早石炭世, 这不仅准确约束了该区大哈拉军山组火山地层的形成时代, 也为研究西天山岩浆作用及构造演化提供了新的年代学证据。

关键词: LA – ICP – MS 锆石 U – Pb 定年; 大哈拉军山组; 昭苏阿登套地区; 西天山

中图分类号: P588.14; P597.3

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2017)04-0001-08

Zircon U – Pb Dating of Volcanic Rocks from Dahalajunshan Formation in Adengtao Area of Zhaosu County, West Tianshan and its Geological Implications

ZHOU Yujie¹, LI Yongjun^{1,2}, YANG Gaoxue^{1,2}, LIN Guangchun^{1,2}, WANG Zuopeng¹, LI Ganyu¹

(1. School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Key Laboratory for the Study of Focused Magmatism and Giant Ore Deposits, MLR, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Dahalajunshan Formation volcanic-sedimentary rocks are widespread in Adengtao area of Zhaosu County, West Tianshan, and there is great disparity in its age identification. The volcanic rocks in the Dahalajunshan Formation of Adengtao area are composed of basalt, andesite, dacite, rhyolite and series of relevant purple, grey, mauve volcanoclastic rocks. Zircon LA – ICP – MS dating has been used to determine the formation age of rhyolitic volcanic breccia. The results show that the age of zircon was $(344.4 \pm 6.1) \text{ Ma}$. Combining with the CL image features of zircons as well as the geological data, the following conclusions have been reached: the Dahalajunshan Formation was formed not later than early Carboniferous in Adengtao area, West Tianshan. The findings have accurately constrained the period of volcanic strata in this area, which provides new chronological evidence for volcanic magmatism and tectonic evolution of West Tianshan.

Keywords: zircon LA – ICP – MS U – Pb dating; Dahalajunshan Formation; Adengtao area in Zhaosu County; West Tianshan

收稿日期: 2017-08-08; 修回日期: 2017-08-22

基金项目: 中国地质调查局“新疆昭苏县-特克斯县乌尊布拉克一带 1:5 万三幅区域地质调查”(T16-1-LQ02)

作者简介: 周煜杰(1994-), 男, 甘肃定西人, 硕士研究生, 矿产普查与勘探专业。E-mail: 1035265756@qq.com

中亚造山带是当今世界上最大的增生型造山带之一(张国伟等,2006;肖文交等,2008;WINDLEY et al.,2007),西天山位于中亚造山带的西南缘(JAHN et al.,2000),作为其重要的组成部分备受国内外地质学家的关注。在新疆西天山地区,广泛分布着一套由玄武岩、玄武安山岩、流纹岩、粗面岩、粗面安山岩及中酸性凝灰岩组成的大哈拉军山组火山岩(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1993),而西天山地区石炭纪主要层位大哈拉军山组火山岩的发现,对西天山造山带洋陆转换和演化规律具有重要意义。长期以来,前人对大哈拉军山组火山岩的岩石类型、地球化学、同位素年代学等方面作了详细研究并取得了一系列成果,普遍认为其火山-沉积体系形成于晚泥盆世—早石炭世(李注苍等,2006;白建科等,2015;张芳荣等,2009;刘友梅等,1994;朱永峰等,2006;翟伟等,2006;李继磊等,2010;朱永峰,2010;茹艳娇等,2012),且在伊宁地块呈现出由南北两侧向内部岩浆活动越来越年轻的规律性变化。笔者对西天山昭苏阿登套地区一带的大哈拉军山组火山岩进行了年代学研究,结合伊宁地块其他研究资料,为大哈拉军山组的形成时代提供了新的佐证。

1 地质背景

西天山伊宁地块位于中国天山造山带的西部,

是准噶尔板块与塔里木板块交汇的地区,夹于中天山北缘断裂和南部那拉提断裂之间,呈楔形向东尖灭(车自成等,1994;肖序常等,1992)。南北各有古生代碰撞造山带(高俊等,2009)。大哈拉军山组在伊宁地块广泛出露,其原始定名是新疆维吾尔自治区地质矿产局区测大队一分队郑鸿炳等在昭苏幅(K-44-10)进行1:20万区域地质调查时,在大哈拉军山一带创名。原始定义为一套系红色-灰绿色中酸性熔岩、火山碎屑岩、砂岩、砾岩夹少量灰岩(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1978)。

研究区位于昭苏—特克斯东南部的阿登套地区(图1a),构造位置位于伊宁微板块,主要出露地层为早石炭世大哈拉军山组玄武安山岩、安山岩、英安岩和流纹岩以及对应的火山碎屑岩,出露较厚,上覆地层阿克沙克组的碎屑岩,未见其下伏地层。区内各时代地层多以断层接触,大哈拉军山组呈NE—SW向展布,其上覆地层阿克沙克组与大哈拉军山组呈角度不整合或断层接触(图1b),宏观上地形特征为负地形,该组在研究区的喷发韵律较明显,其喷溢相和爆发相交替出现,岩性有晶屑凝灰岩、岩屑凝灰岩、流纹质晶屑岩屑凝灰岩、流纹岩、流纹斑岩、安山岩等。

2 样品及其分析方法

样品采自大哈拉军山组流纹质火山角砾岩中,

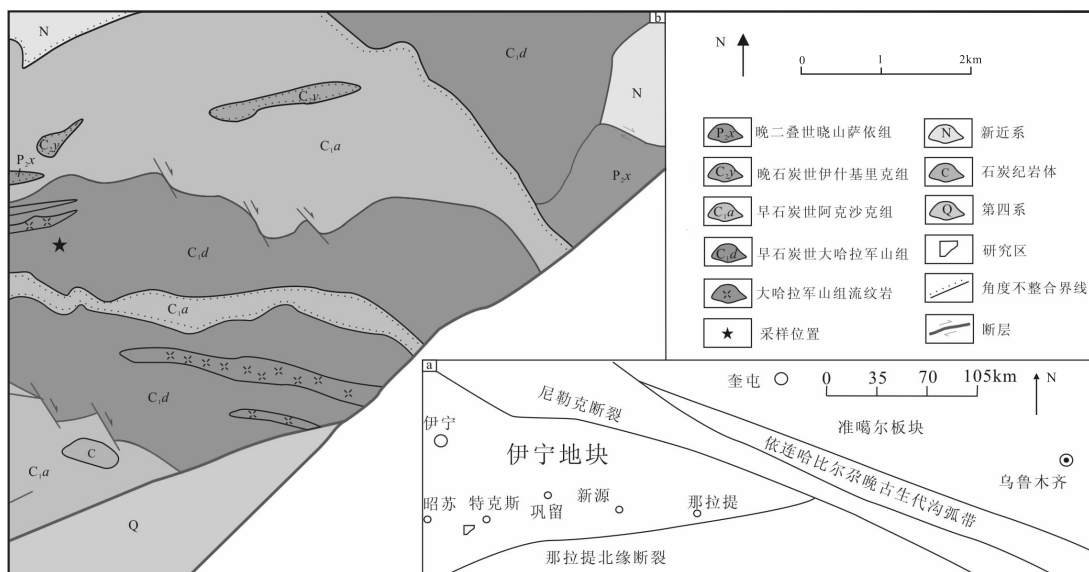


图1 (a)西天山阿登套山大地构造位置及(b)地质简图(根据最新1:5万区域地质调查)

Fig. 1 (a) Tectonic setting and (b) geological map of the Adengtao Mountain, Western Tianshan

采样位置(经纬度坐标 $N=43^{\circ}00'49.89''$, $E=81^{\circ}18'37.36''$), 采样点宏观露头较好(图 2), 样品岩石由火山角砾、岩屑和火山尘组成。火山角砾呈棱角状, 粒径 $2\sim 8\text{ mm}$, 成分有粗面岩、凝灰岩等约占 85%,

岩屑粒径 $<2\sim 0.05\text{ mm}$, 成分同火山角砾, 约占 10%; 火山尘蚀变重结晶为隐晶状长英质及隐晶帘石集合体, 约占 5%, 微量磁铁矿呈粒状, 粒径约 $0.1\sim 0.6\text{ mm}$ 。



图 2 大哈拉军山组火山岩宏观露头照片

Fig. 2 Macroscopic photos of the volcanic rocks of the Dahalajunshan Formation

样品首先由廊坊市诚信地质服务有限公司使用常规重液浮选和电磁分离的方法挑选出锆石, 在双目显微镜下挑选出晶形和透明度较好的代表性锆石制成环氧树脂样品靶, 磨蚀和抛光样品靶使锆石出露近中心部位。然后在光学显微镜下对其进行透射光、反射光照相, 再在阴极发光(CL)扫描电镜下进行阴极发光显微照相。

激光剥蚀电感耦合等离子体质谱(LA-ICP-MS)原位微区 U-Pb 同位素地质定年在西安地调中心实验测试中心测试完成。采集新鲜的岩石样品, 将试样破碎至过 $60\sim 150$ 目筛, 采用重液法和磁法分离重砂, 在双目镜下挑出锆石单矿物颗粒备用, 再制备样品靶、抛光和镀金; 然后拍摄阴极发光图像、透射光图像和反射光图像, 选取分析点位, 避开包裹体和裂隙, 并且保证点位直径大于 $32\text{ }\mu\text{m}$ 。

3 测试结果

昭苏阿登套地区流纹质火山角砾岩中的锆石阴极发光图像显示(图 3), 大多数锆石呈自形的长柱状, 均具有清晰的震荡环带, 个别稍有破碎呈短柱状, 长宽比为 $2:1\sim 3:1$, Th 含量为 $73\times 10^{-6}\sim 329\times 10^{-6}$, U 含量为 $172\times 10^{-6}\sim 472\times 10^{-6}$, Th/U 值为 $0.42\sim 0.69$ (表 1); 阴极发光图显示大部

分锆石均具有清晰地内部结构和典型的岩浆震荡环带以及明暗相间的条带结构的特征, 属于岩浆结晶产物(吴元保等, 2004; COMPSTON et al., 1992; PIDGEON et al., 1998), 且阴极发光强度比较均一。采样锆石 19 个测点相对比较集中, 所有数据点均落在谐和线附近, 可信度达到 95%, 可作为定年的参考年龄(图 4a); 直方图中表示的年龄为 $(344.4\pm 6.1)\text{ Ma}$, $\text{MSWD}=0.15$, 数据可信度高达 95%, 误差小, 可精确表示火山岩形成年龄(图 4b)为早石炭世晚期。

4 分析与讨论

西天山阿登套地区广泛分布有大哈拉军山组火山-沉积体系, 由玄武岩、安山岩、粗面安山岩、流纹岩、基性-中酸性火山碎屑岩组成(新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局, 1993)。如引言部分讨论, 随着近年来国内外专家对大哈拉军山组的年代学研究, 认为大哈拉军山组的形成时代为晚泥盆—晚石炭世。例如, 阿吾拉勒山一带大哈拉军山组火山岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 337 Ma ; LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄 342 Ma (李注苍等, 2006; 白建科等, 2015); 乌孙山一带大哈拉军山组火山岩 U-Pb 锆石年龄为 353 Ma 和 344 Ma (张芳荣等, 2009); 特

克斯县林场大哈拉军山组火山岩辉石⁴⁰Ar-³⁹Ar等时线年龄 326 Ma(刘友梅等,1994);新源县南玄武岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 355 Ma(朱永峰等,2006);特克斯科桑溶洞火山岩锆石 U-Pb 年龄为 356 Ma(朱永峰等,2010);阿希金床赋矿围岩—大哈拉军山组火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 361 Ma(翟伟等,2006);阿登套地区钾长花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 354 Ma(李继磊等,2010)。综合前人年龄数据分析发现其年龄跨度较大,伊宁地块南缘的火山岩形成年龄在 326~

368 Ma,超过了 40 Ma,表明其喷发时代从晚泥盆开始。而伊宁地块内部的大哈拉军山组火山岩形成年龄在 337~344 Ma,属于早石炭世晚期,说明伊宁地块从南北边缘向内部的火山岩浆活动越来越年轻。到目前为止,学者对大哈拉军山组的形成的构造环境也有较大争议,一是形成于岛弧或大陆边缘弧环境(翟伟等,2006;龙灵利等,2008;李永军等,2010;朱永峰等,2010),二是形成于板内裂谷环境(车自成等,1996;顾连兴等,2001;程春华等 2010;陈丹玲等,2001),三是形成于活动陆缘弧后拉张环境(钱青

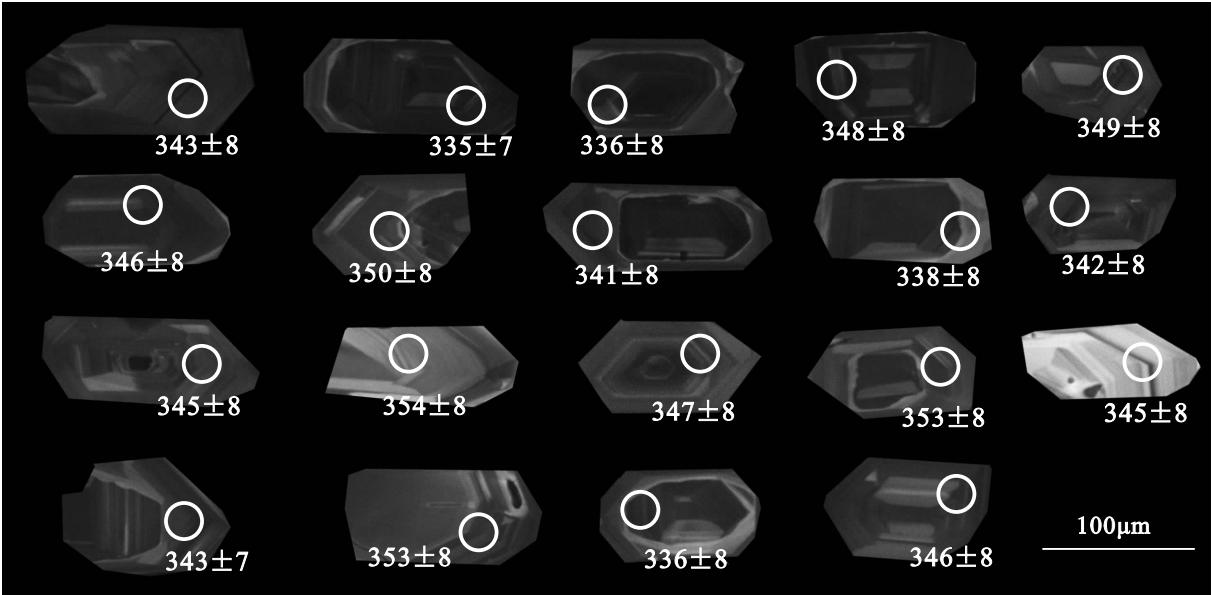


图 3 大哈拉军山组流纹质火山角砾岩锆石 CL 图像

Fig. 3 CL images of zircons from rhyolitic volcanic breccias in Dahalajunshan Formation

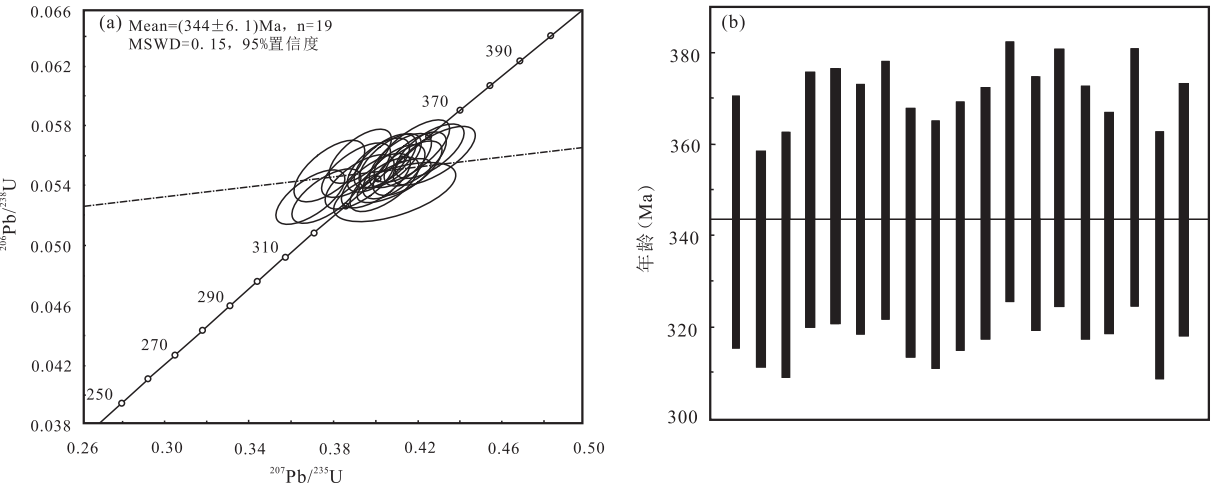


图 4 大哈拉军山组流纹质火山角砾岩样品锆石 U-Pb 年龄谐和图

Fig. 4 U-Pb Concordia diagram of zircons of rhyolitic volcanic breccias sample from Dahalajunshan Formation

表 1 大哈拉军山组流纹质火山角砾岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素分析结果表
Tab. 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb data for rhyolitic volcanic breccias of Dahalajunshan Formation

样品编号	同位素比值										同位素年龄(Ma)				同位素含量(10 ⁻⁶)	
	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		²⁰⁸ Pb/ ²³² Th		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁸ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	
	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ
1	0.051 2	0.001 63	0.385 76	0.012 39	0.054 63	0.001 28	0.013 73	0.000 93	250	35	331	9	343	8	276	19
2	0.051 18	0.001 47	0.376 47	0.011 02	0.053 33	0.001 22	0.014 69	0.000 73	249	31	324	8	335	7	295	15
3	0.050 14	0.001 56	0.369 65	0.011 6	0.053 44	0.001 24	0.016 7	0.000 91	201	35	319	9	336	8	335	18
4	0.051 13	0.001 64	0.391 41	0.012 66	0.055 49	0.001 29	0.014 94	0.000 99	247	36	335	9	348	8	300	20
5	0.051 79	0.001 4	0.397 35	0.011 02	0.055 61	0.001 25	0.013 96	0.000 64	276	29	340	8	349	8	280	13
6	0.049 64	0.001 52	0.377 68	0.011 66	0.055 14	0.001 26	0.013 61	0.000 81	178	34	325	9	346	8	273	16
7	0.050 78	0.001 33	0.391 42	0.010 53	0.055 87	0.001 25	0.014 59	0.000 6	231	28	335	8	350	8	293	12
8	0.051 76	0.001 52	0.388 36	0.011 54	0.054 38	0.001 23	0.013 74	0.000 77	275	32	333	8	341	8	276	15
9	0.053 92	0.001 65	0.400 84	0.012 36	0.053 88	0.001 23	0.016 13	0.000 89	368	33	342	9	338	8	323	18
10	0.050 36	0.001 77	0.378 01	0.013 23	0.054 41	0.001 26	0.016 8	0.001 2	212	41	326	10	342	8	337	24
11	0.052 66	0.001 79	0.398 91	0.013 51	0.054 91	0.001 27	0.012 36	0.001	314	38	341	10	345	8	248	20
12	0.053 53	0.001 52	0.417 22	0.011 95	0.056 51	0.001 25	0.016 69	0.000 84	351	30	354	9	354	8	335	17
13	0.052 22	0.001 51	0.398	0.011 59	0.055 27	0.001 23	0.015 95	0.000 81	295	31	340	8	347	8	320	16
14	0.055 19	0.001 53	0.427 77	0.012 04	0.056 21	0.001 24	0.016 64	0.000 8	420	29	362	9	353	8	334	16
15	0.052 3	0.001 62	0.396 57	0.012 28	0.054 99	0.001 23	0.016 38	0.001 01	299	34	339	9	345	8	328	20
16	0.054 17	0.001 48	0.408 06	0.011 3	0.054 64	0.001 2	0.014 41	0.000 74	378	29	347	8	343	7	289	15
17	0.053 52	0.001 93	0.414 86	0.014 75	0.056 27	0.001 3	0.014 36	0.001 15	351	41	352	11	353	8	288	23
18	0.055 63	0.002 82	0.410 05	0.020 24	0.053 5	0.001 37	0.016 71	0.002 04	438	65	349	15	336	8	335	41
19	0.053 36	0.002 02	0.405 4	0.015 11	0.055 15	0.001 28	0.014 01	0.001 17	344	45	346	11	346	8	281	23

等,2006;李继磊等,2010)。有学者研究证明昭苏北部的大哈拉军山组火山岩具有 LILE 富集、HFSE 亏损的特点,但地球化学特征与典型的岛弧玄武岩又有很大的不同,且发育有指示拉张环境的 Fe-Ti 玄武岩,所以认为这是活动大陆边缘弧后拉张环境不同于大陆裂谷、地幔柱(钱青等,2006;李继磊等,2010),这与笔者在研究过程中得到的结论一致,将另撰文讨论。由于大哈拉军山组对西天山的构造演化过程有重要意义,因此在本次研究中,在阿登套地区阿克塔拉一带测制了大哈拉军山组剖面,在查明其岩石组合的基础上采集了流纹质火山角砾岩样品进行年代学研究,初步探讨了其形成年代,进一步佐证了伊宁地块内部的大哈拉军山组火山岩形成年代为早石炭世晚期。

5 结论

西天山阿登套地区大哈拉军山组火山岩主要由玄武岩、安山岩、英安岩、流纹岩及其一系列紫色、灰色、紫红色火山碎屑岩组成,最新的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年结果为 $(344.4 \pm 6.1) \text{ Ma}$,属于早石炭世,这不仅准确约束了大哈拉军山组火山地层的形成时代,也为研究西天山石炭纪火山岩浆作用及其构造演化提供了新的年代学证据。

参考文献(References):

- 白建科,李智佩,徐学义,等.西天山乌孙山地区大哈拉军山组碎屑锆石 U-Pb 定年及其地质意义[J].中国地质,2015,(01):85-96.
- BAI Jianke,LI Zhipei,XU Xueyi,et al. Detrital zircon U-Pb dating of Dahalajunshan Formation in Wusun Mountain-region, western Tianshan, and its geological implications [J]. Geology in China, 2015, (01): 85-96.
- 车自成.论伊犁古裂谷[J].岩石学报,1996,12(3):478-490.
- CHE Zicheng. Review on the Ancient Yili Rift, Xing Jiang, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 1996, 12 (3): 478-490.
- 陈丹玲,刘良,车自成,等.中天山骆驼沟火山岩的地球化学特征及其构造环境[J].岩石学报,2001,17(3):378-384.
- CHEN Danling, LIU Liang, CHE Zicheng, et al. Geochemical characteristics and tectonic implication of Carboniferous volcanites in the Luotuogou area of Middle Tianshan [J]. Acta Petrologica Sinica, 2001, 17(3): 378-384.
- 程春华,张芳荣,余泉,等.西天山乌孙山地区大哈拉军山组火山岩形成的构造背景[J].华东理工大学学报(自然科学版),2010,33(1):22-28.
- CHENG Chunhua, ZHANG Fangrong, YU Quan, et al. The tectonic setting of volcanic rocks for Dahalajunshan Formation in Wusun Mountain region, West Tianshan Mountain [J]. Journal of East China Institute of Technology, 2010, 33(1): 22-28.
- 高俊,钱青,龙灵利,等.西天山的增生造山过程[J].地质通报,2009,28(12):1804-1816.
- GAO Jun, QIAN Qing, LONG Lingli, et al. Accretionary orogenic process of Western Tianshan, China [J]. Geological Bulletin of China, 2009, 28(12): 1804-1816.
- 郭璇,朱永峰.新疆新源县城南石炭纪火山岩岩石学和元素地球化学研究[J].高校地质学报,2006,(01):62-73.
- GUO Xuan, ZHU Yongfeng. Petrological and Geochemical Characteristics of the Carboniferous Volcanic Rocks, South of the Xinyuan County, Xinjiang [J]. Geological Journal of China Universities, 2006, (01): 62-73.
- 顾连兴,胡受奚,于春水,等.论博格达俯冲撕裂型裂谷的形成与演化[J].岩石学报,2001,17(4):585-597.
- GU Lianxing, HU Shouxi, YU Chunshui, et al. Initiation and evolution of the Bogda subduction-torn-type rift [J]. Acta Petrologica Sinica, 2001, 17(4): 585-597.
- 龙灵利,高俊,钱青,等.西天山伊犁地区石炭纪火山岩地球化学特征及构造环境[J].岩石学报,2008,24(4):699-710.
- LONG Lingli, GAO Jun, QIAN Qing, et al. Geochemical characteristics and tectonic settings of Carboniferous volcanic rocks from Yili region western Tianshan [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(4): 699-710.
- 李继磊,钱青,高俊,等.西天山昭苏东南部阿登套地区大哈拉军山组火山岩及花岗岩侵入体的地球化学特征、时代和构造环境[J].岩石学报,2010,26(10):2913-2924.
- LI Jilei, QIAN Qing, GAO Jun, et al. Geochemistry, zircon U-Pb ages and tectonic settings of the Dahalajunshan volcanics and granitic intrusions from the Adengtao area in the Southeast Zhaosu, western Tianshan Mountains [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(10): 2913-2924.
- 李永军,李注苍,佟丽莉,等.论天山古洋盆关闭的地质时限——来自伊宁地块石炭系的新据[J].岩石学报,2010,25(6):2905-2912.
- LI Yongjun, LI Zhucang, TONG Lili, et al. Revisit the constraint on the closure of the Tianshan ancient oceanic ba-

- sin; New evidence from Yining block of the Carboniferous [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 25 (6): 2905-2912.
- 李注苍, 李永军, 李景宏, 等. 西天山阿吾拉勒一带大哈拉军山组火山岩地球化学特征及构造环境分析[J]. *新疆地质*, 2006, (02): 120-124.
- LI Zhucang, LI Yongjun, LI Jinghong, et al. Geochemical Characteristics of the Dahalajunshan Formation Volcanic Rocks and their Implications on the tectonic setting in Awulale Area [J]. *Xinjiang Geology*, 2006, (02): 120-124.
- 刘友梅, 杨蔚华, 高计元, 等. 新疆特克斯县林场大哈拉军山组火山岩年代学研究[J]. *地球化学*, 1994, (01): 99-104.
- LIU Youmei, YANG Weihua, GAO Jiuyan, et al. Study on isotopic age of Dahalajunshan Formation in Tekesi forestry of Xinjiang [J]. *Geochimica*, 1994, (01): 99-104.
- 钱青, 高俊, 熊贤明, 等. 西天山昭苏北部石炭纪火山岩的岩石地球化学特征、成因及形成环境[J]. *岩石学报*, 2006, 22(5): 1307-1323.
- QIAN Qing, GAO Jun, XIONG Xianming, et al. Petrogenesis and tectonic settings of Carboniferous volcanic rocks from north Zhaosu, western Tianshan Mountains: constraints from petrology and geochemistry [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(5): 1307-1323.
- 茹艳娇, 徐学义, 李智佩, 等. 西天山乌孙山地区大哈拉军山组火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其构造环境[J]. *地质通报*, 2012, 31(1): 50-62.
- RU Yanjiao, XU Xueyi, LI Zhipai, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb age and tectonic background of the Dahalajunshan Formation volcanic rocks in Wusunshan area, West Tianshan Mountains [J]. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(1): 50-62.
- 吴元保, 郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J]. *科学通报*, 2004, 49(16): 1589-1604.
- WU Yuanbao, ZHEN Yongfei. The genetic mineralogical study of zircon and its limitation on U-Pb age interpretation [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49 (16): 1589-1604.
- 肖文交, 舒良树. 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): 5-8.
- XIAO Wenjiao, SHU Liangshu. Continental dynamics of the Central Asian Orogenic belt and its metallogeny [J]. *Xinjiang Geology*, 2008, 26(1): 5-8.
- 肖序常. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京: 地质出版社, 1992: 1-169.
- XIAO Xuchang. The geotectonic structure of northern Xinjiang and its adjacent area [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992: 1-169.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1:20 万昭苏幅区域地质调查报告[R]. 新疆: 新疆维吾尔自治区地质矿产局, 1978.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. The Report of Regional Geological Survey of Zhaosu Sheet at the Scale of 1:200000 [R]. Xinjiang: Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region, 1978.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993, 1-841.
- Regional geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Bureau of geology and mineral resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993, 1-841.
- 翟伟, 孙晓明, 高俊, 等. 新疆阿希金矿床赋矿围岩—大哈拉军山组火山岩 SHRIMP 锆石年龄及其地质意义[J]. *岩石学报*, 2006, (05): 1399-1404.
- ZHAI Wei, SUN Xiaoming, GAO Jun, et al. SHRIMP dating of zircons from volcanic host rocks of Dahalajunshan Formation in Axi gold deposit, Xinjiang, China, and its geological implications [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(5): 1399-1404.
- 张国伟, 董云鹏, 姚安平. 关于中国大陆动力学与造山带研究的几点思考[J]. *中国地质*, 2002, 29(1): 7-13.
- ZHANG Guowei, DONG Yunpeng, YAO Anping, et al. Some thoughts on the study of continental dynamics and orogenic [J]. *Geology In China*, 2002, 29(1): 7-13.
- 张芳荣, 程春华, 余泉, 等. 西天山乌孙山一带大哈拉军山组火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年[J]. *新疆地质*, 2009, (03): 231-235.
- ZHANG Rongfang, CHEN Chunhua, YU Quan, et al. LA-ICP-MS Zircon U-Pb dating of volcanic rocks from Dahalajunshan Formation, WuSun Mountains in West Tianshan [J]. *Xinjiang Geology*, 2009, (03): 231-235.
- 朱永峰, 周晶, 宋彪, 等. 新疆大哈拉军山组火山岩形成时代问题及其解体方案[J]. *中国地质*, 2006, 33(3): 487-497.
- ZHU Yongfeng, ZHOU Jing, SONG Biao, et al. Age of the Dahalajunshan Formation in Xinjiang and its disintegration [J]. *Geology In China*, 2006, 33(3): 487-497.
- 朱永峰, 安芳, 薛云兴, 等. 西南天山特克斯科桑溶洞火山岩的锆石 U-Pb 年代学研究[J]. *岩石学报*, 2010, 26(8): 2255-2263.

ZHU Yongfeng, AN Fang, XUE Yunxing, et al. Zircon U - Pb age for Ke Sang Rong Dong volcanic rocks, South-west Tianshan Mts, Tekes, Xinjiang[J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(8): 2255-2263.

COMPSTON W, WILLIAMS I S, KIRSCHVINK J L, et al. Zircon U - Pb ages for the Early Cambrian time-scale [J]. Journal of the Geological Society, 1992, 149 (2): 171-184.

JAHN B M, WINDLEY B F, NATAL'IN B, et al. Phanerozoic continental growth in Central Asia[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2004, 23: 599-603.

JAHN B M, WU F Y, CHEN B. Granitoids of the Central Asian Orogenic Belt and continental growth in the Phanerozoic[J]. Transactions of the Royal Society of Edinburgh- Earth Sciences, 2000, 91: 181-193.

PIDGEON R T, NEMCHIN A A, HITCHEN G J. Internal structures of zircons from Archaean granites from the Darling Range batholith: implications for zircon stability and the interpretation of zircon U - Pb ages[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1998, 132(3): 288-299.

WINDLEY B F, ALEXEIEV D, XIAO W J, et al. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic belt [J]. Journal of the Geological Society, London, 2007, 164: 31-47.



后生矿床

后生矿床指比地质建造明显晚得多,并且地质构造环境已彻底改变后再再生成的矿床,其成矿时代一般不能用含矿地质建造的时代,而应按后生再造成矿事件的时代确定。

(1)各类岩石建造中矿源受热动力活化再造的矿床。例如,镁质超基性岩后生 Fe - Ni - Co - Au -蛇纹石-石棉-滑石-菱镁矿,火山-沉积岩系或火山-沉积变质岩系后生 Au - Ag - Cu - Pb - Zn 矿,热水沉积岩系或热水沉积变质岩系后生 Au - Ag - Cu - Pb - Zn 矿,碳酸盐岩后生 Pb - Zn - Ag 矿,黑色岩系后生 Au - Ag 矿,沉积岩系后生 Hg - Sb - As 矿。

(2)变质过程变成的矿床。例如,镁质大理岩后生滑石-石棉矿,富碳质岩系变质后生石墨矿,富铝岩系变质后生红柱石、矽线石、蓝晶石或刚玉矿,富硼岩系变质后生硼镁铁矿-硼镁石矿,富锰岩系变质后生蔷薇辉石-锰铝榴石-红帘石矿,硅铁建造超变质后生富 Fe 矿。

(3)地下水常温氧化迁移再还原沉淀富集的矿床。例如,陆相砂岩后生 U 矿。

(中国地质调查局西安地质调查中心 杨合群)