

文章编号: 1006-6616 (2010) 01-0044-07

东昆仑闹仓坚沟组流纹质凝灰岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义

吴芳¹, 张绪教², 张永清³, 张耀玲¹

(1. 中国地质科学院 地质力学研究所, 北京 100081;

2. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083;

3. 天津地质矿产研究所, 天津 300170)

摘要:应用激光烧蚀多接收器电感耦合等离子体质谱(LA-MC-ICP MS)方法对东昆仑秀沟盆地闹仓坚沟组火山岩样品进行了锆石 U-Pb 定年研究。流纹质凝灰岩(DG25-4)中锆石的阴极发光图像具有振荡环带结构,属于典型的岩浆锆石。15个岩浆锆石²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄集中在239~249 Ma 之间,²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均值为 243.5 ± 1.7 Ma,它记录了火山岩的形成年龄,说明该地区闹仓坚沟组形成于中三叠世早期。这一研究还在闹仓坚沟组火山岩中发现了早古生代和元古宇继承锆石,提供了昆南地体可能存在元古宇基底的信息。

关键词:闹仓坚沟组;凝灰岩;U-Pb 年龄;中三叠世;东昆仑造山带

中图分类号: P597

文献标识码: A

东昆仑造山带位于青藏高原北部,是中国几大陆块的交汇部位,地质构造复杂,疑难地层众多。近年来在此进行了系统的野外地质调查、遥感解译和年代学研究,取得了一批新的科研成果^[1~7],为探讨该区构造演化提供了新的依据。闹仓坚沟组是东昆仑造山带内分布范围较广的岩石地层单位,青海省地质矿产局在进行地层清理时重新定义了闹仓坚沟组的涵义^[8],并认为闹仓坚沟组为穿时的岩石地层单位,总的时代为早三叠世早期—中三叠世早期。本文为了进一步精确测定东昆仑秀沟盆地北侧闹仓坚沟组形成时代,在闹仓坚沟组火山岩夹层中采集了紫红色流纹质含角砾凝灰岩样品进行锆石 U-Pb 定年研究,确证该地区闹仓坚沟组形成于中三叠世早期。

1 区域地质背景与样品位置

东昆仑造山带由东昆仑北缘逆冲断层、昆中断裂和昆南—阿里玛卿断裂所分隔的东昆仑北地体和东昆仑南地体组成(见图1)^[9]。东昆仑北地体以出露古老变质岩为特征,主要由高角闪岩相—麻粒岩相变质的古元古界金水口群和浅变质的中元古界冰沟群浅海、滨海相碎屑岩和碳酸盐岩所组成,经历了早古生代造山作用^[10],上部被志留—泥盆纪磨拉石建造不

收稿日期: 2009-12-04

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(1212010711510)资助。

作者简介: 吴芳(1980-),女,工程师,主要研究第四纪地质与环境地质。E-mail: wu_fang@126.com。

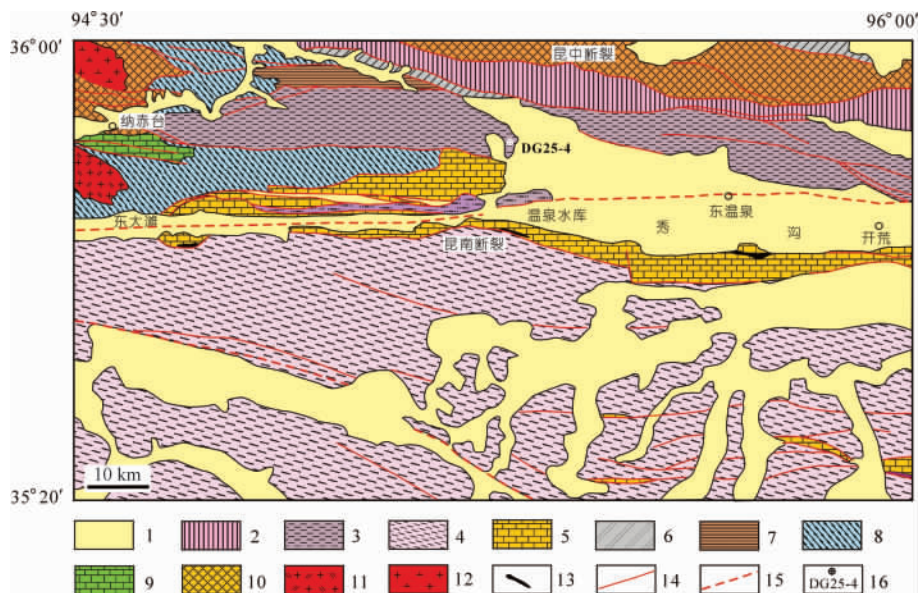


图 1 东昆仑秀沟盆地一带地质略图及样品位置

Fig. 1 Geological map around Xiugou Basin showing location of samples

1. 新生界; 2. 上三叠统八宝山组; 3. 中三叠统闹仓坚沟组; 4. 三叠系巴颜喀拉山群; 5. 二叠系;
6. 石炭系; 7. 志留—泥盆系牦牛山组; 8. 奥陶—志留系纳赤台群; 9. 寒武系沙松乌拉组;
10. 中元古界万宝沟群; 11. 早侏罗世二长花岗岩; 12. 早泥盆世花岗岩闪长岩;
13. 蛇绿岩; 14. 主要断层; 15. 活动断层; 16. 样品位置及编号

整合覆盖; 早古生代及三叠纪岛弧花岗岩侵入其中。东昆仑南地体下部由中元古界万宝沟群和奥陶—志留系纳赤台群浅变质碎屑岩、火山岩和碳酸盐岩组成, 志留—泥盆系牦牛山组磨拉石建造、中三叠统闹仓坚沟组和上三叠统八宝山组火山—碎屑岩系不整合在前泥盆系之上。

样品采集地流纹质凝灰岩厚约 20 m, 向南西倾斜, 北侧为灰绿色砂岩, 其顶部和南侧局部为渐新世雅西措组砂砾岩所覆盖 (见图 2a)。测年样品 (DG25-4) 为流纹质含角砾凝灰岩, 具有凝灰结构、块状构造 (见图 2b)。岩石由 2 mm 以下的晶屑 (占比 20%)、岩屑 (占比 40%)、玻屑 (占比 20%) 等凝灰物组成, 2 mm 以上火山角砾次之 (占比约 20%)。

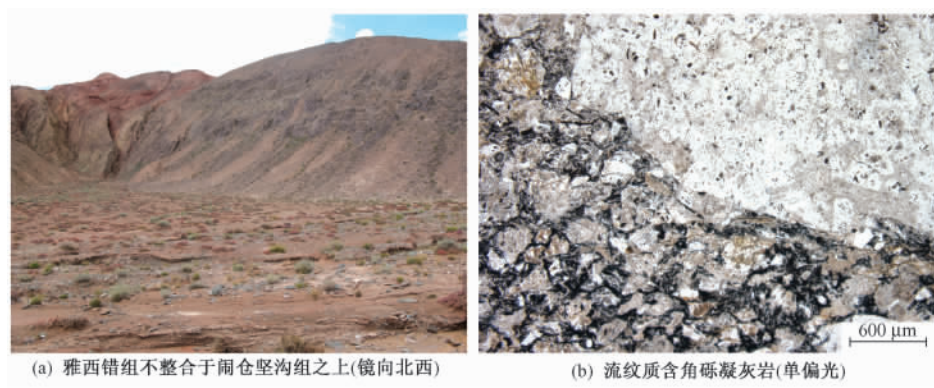


图 2 闹仓坚沟组流纹质凝灰岩露头与凝灰岩显微结构

Fig. 2 Tuff occurrences of Naocangjiangou Formation and microtexture of the tuff

晶屑由杂乱分布的棱角—它形粒状石英、斜长石和钾长石构成,大小 0.1~0.7 mm。其中斜长石具弱绢云母化和高岭土化,钾长石轻高岭土化;岩屑为刚性不规则团块状及(半)塑性似火焰状和撕裂状流纹岩,大小以 0.3~2.0 mm 的凝灰物为主,2~4 mm 的火山角砾次之,内具微嵌晶结构、霏细结构和球粒结构等,半塑性岩屑多具绿泥石化;玻屑隐约见弧面棱角状外形,已脱玻为霏细—微粒状长英质,弱绿泥石化和碳酸盐化。

2 分析方法

锆石按常规方法分选,最后在双目镜下挑纯。将分选锆石用双面胶粘在载玻片上,罩上 PVC 环,然后将环氧树脂和固化剂进行充分混合后注入 PVC 环中,待树脂充分固化后将样品从靶从载玻片上剥离,并对其进行打磨和刨光,然后对靶上样品进行显微镜下的反射光和透射光照相以及阴极发光 (CL) 照相。

锆石 Pb、U 和 Th 同位素分析在天津地质矿产研究所同位素实验室的激光烧蚀多接收器电感耦合等离子体质谱仪 (LA-MC-ICP MS) 系统上完成。多接收器电感耦合等离子体质谱仪为 Thermo Fisher 公司制造的 Neptune, 离子光学通路采用能量聚焦和质量聚焦的双聚焦设计,并采用动态变焦 (ZOOM) 使质量色散达到 17%。仪器配有 9 个法拉第杯接受器和 4 个离子计数器接受器。激光器为美国 ESI 公司生产的 UP193-FX ArF 准分子激光器,激光波长 193 nm,脉冲宽度 5 ns,束斑直径为 2~150 μm 可调,脉冲频率 1~200 Hz 连续可调。本次测试根据锆石 CL 图像和透射光及反射光照片,利用 193 nm 激光器对锆石进行剥蚀,设置的剥蚀坑直径为 35 μm ,激光能量密度为 13~14 J/cm^2 ,频率为 8~10 Hz,激光剥蚀物质以 He 为载气送入 Neptune,利用动态变焦扩大色散同时接受质量数相差很大的 U-Pb 同位素,从而进行锆石 U-Pb 同位素原位测定。以 TEMORA 作为外部锆石年龄标样,利用 NIST612 玻璃标样作为外标计算锆石样品的 Pb、U、Th 含量。采用中国地质大学 (武汉) 研发的 ICP MS Data Cal 程序和 Ludwig 的 Isoplot 程序进行数据处理,由于不能测定 ^{208}Pb 含量,数据处理时通过 ^{208}Pb 校正法对普通铅进行校正。详细的实验流程见文献 [1],测试数据误差均为 1 σ 。

3 结果与解释

样品 DG25-4 中锆石具有典型的岩浆锆石韵律环带结构 (见图 3),多呈锥柱状晶体,自形程度高,具有高 Th/U 比值;锆石阴极发光 (CL) 图像灰暗,可见振荡环带式阴极发光结构,属岩浆锆石。部分锆石颗粒含有无韵律环带结构的继承锆石核 (图 3 中 5、10 和 15 点),核部锆石具有较低的 Th/U 比值 (0.09~0.24),具岩浆锆石的形态特征和地球化学特征。

共对该样品 21 粒锆石进行了 21 点分析,其中 6 个分析点为核部继承锆石,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄分别为 413~941 Ma (见表 1、图 4a),解释为继承锆石的结晶年龄;其余 15 个分析点在一致曲线图中成群分布 (见图 4b),给出 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 的加权年龄平均值为 243.5 ± 1.7 Ma。这些锆石均为韵律环带结构的岩浆锆石。因此,该年龄被解释为岩浆锆石的结晶年龄,代表了流纹质凝灰岩的喷发年龄。

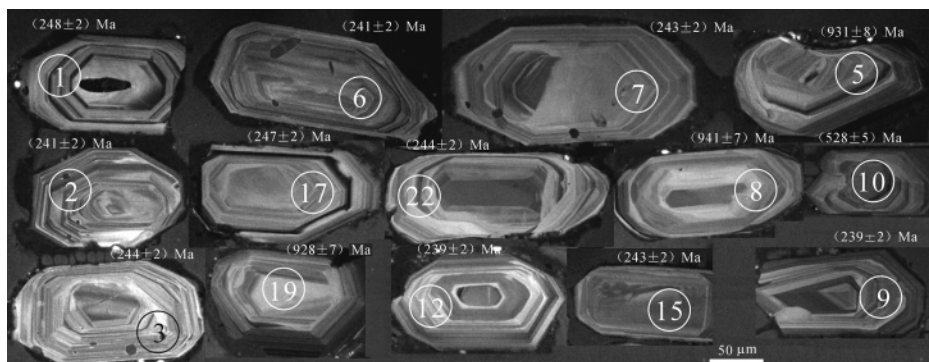


图 3 闹仓坚沟组流纹质凝灰岩锆石 CL 图像

Fig. 3 CL images of zircons from rhyolitic tuffs in Naocangjiagou Formation

表 1 凝灰岩锆石 LA-MC-ICP MS U-Pb 同位素年龄测定结果

Table 1 LA-MC-ICP MS U-Pb data for zircons from the tuffs in Naocangjiagou Formation

测点	含量 / ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)		Th/U	同位素原子比率						表面年龄 / Ma					
	Pb	U		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ
1. 1	13	318	0.43	0.0392	0.0003	0.2861	0.0055	0.0530	0.0009	248	2	255	5	328	40
2. 1	19	478	0.43	0.0382	0.0003	0.2812	0.0037	0.0534	0.0007	241	2	252	3	348	29
3. 1	16	395	0.44	0.0385	0.0003	0.2896	0.0056	0.0545	0.0009	244	2	258	5	393	39
4. 1	24	612	0.38	0.0382	0.0003	0.2793	0.0036	0.0530	0.0007	242	2	250	3	330	28
5. 1	59	390	0.18	0.1553	0.0013	1.4844	0.0181	0.0693	0.0008	931	8	924	11	908	24
6. 1	12	305	0.42	0.0380	0.0003	0.2770	0.0062	0.0528	0.0011	241	2	248	6	320	48
7. 1	21	535	0.32	0.0385	0.0003	0.2715	0.0036	0.0512	0.0007	243	2	244	3	250	30
8. 1	26	165	0.24	0.1572	0.0012	1.5788	0.0215	0.0728	0.0010	941	7	962	13	1009	28
9. 1	24	639	0.35	0.0378	0.0003	0.2640	0.0035	0.0506	0.0007	239	2	238	3	222	30
10. 1	35	410	0.24	0.0853	0.0008	0.6941	0.0128	0.0590	0.0007	528	5	535	10	567	26
11. 1	16	225	0.24	0.0676	0.0006	0.5254	0.0085	0.0563	0.0007	422	3	429	7	466	28
12. 1	17	422	0.48	0.0377	0.0003	0.2559	0.0035	0.0492	0.0007	239	2	231	3	157	31
13. 1	27	654	0.47	0.0393	0.0003	0.2852	0.0037	0.0526	0.0007	249	2	255	3	311	29
15. 1	17	378	0.65	0.0384	0.0004	0.2754	0.0123	0.0520	0.0009	243	2	247	11	284	40
16. 1	11	282	0.36	0.0385	0.0003	0.2732	0.0046	0.0515	0.0009	243	2	245	4	263	39
17. 1	13	314	0.39	0.0391	0.0003	0.2881	0.0041	0.0535	0.0008	247	2	257	4	350	32
18. 1	15	379	0.28	0.0387	0.0003	0.2820	0.0041	0.0529	0.0007	244	2	252	4	325	31
19. 1	82	560	0.09	0.1548	0.0012	1.5057	0.0183	0.0705	0.0008	928	7	933	11	944	24
20. 1	17	422	0.38	0.0391	0.0003	0.2857	0.0065	0.0530	0.0012	247	2	255	6	331	52
21. 1	12	185	0.26	0.0662	0.0005	0.4910	0.0069	0.0538	0.0007	413	3	406	6	361	31
22. 1	10	250	0.34	0.0386	0.0003	0.2823	0.0103	0.0531	0.0013	244	2	252	9	332	57

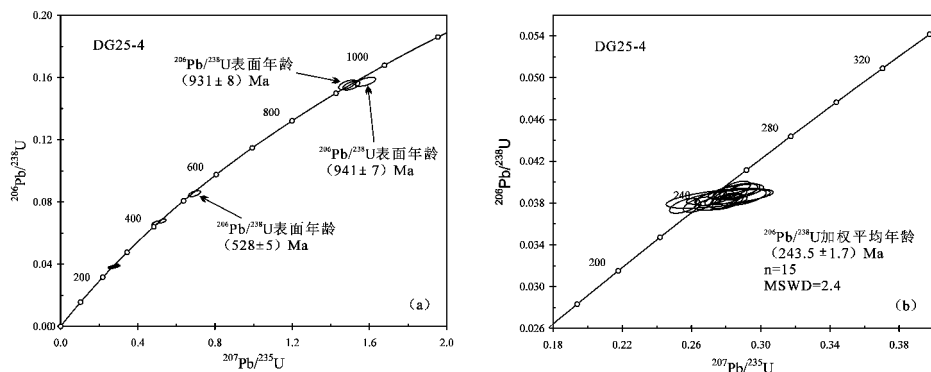


图4 闹仓坚沟组流纹质凝灰岩锆石 U-Pb 年龄谐和曲线图

Fig. 4 Zircon U-Pb concordian diagrams of the rhyolitic tuffs from Naocangjiangou Formation

4 讨论与结论

闹仓坚沟组区域上主要分布于花石峡乡、塔妥煤矿沟、希里可特、埃肯雅玛托、巴扎尔巴义沙耶、加夫沙尔它土、哈布次尔山一带，为一套碳酸盐岩、碎屑岩，局部夹火山岩的地层序列，有研究者认为闹仓坚沟组为一穿时的岩石地层单位，沉积时限为早三叠世晚期—中三叠世早期^[12]。

本次研究获得的秀沟盆地闹仓坚沟组下部层位火山岩锆石 U-Pb 年龄为 243.5 ± 1.7 Ma，它们记录了火山岩的形成年龄，表明秀沟地区火山岩是中三叠世早期喷发的，与青海区调队在开荒北一带采集到的双壳 *Bakevella costata*、*Myophoria Uulgaris*、*Eumorphotis buhaheensis* 等和腕足 *Mentzelia sp.*、*Aulaucothyris sp.*、*Pseudospiriferina sp.* 等中三叠世安尼期常见分子所确定的时代是一致的。

闹仓坚沟组火山岩中捕获的继承锆石，提供了昆南地体基底的信息。继承锆石主要为早古生代和元古宙，说明东昆仑南地体基底与扬子板块具有较强的亲缘关系，而不同于有较多太古宙基底物质的华北克拉通板块。柴达木—东昆仑地体和祁连山地体变质基底是晋宁期 9 ~ 10 亿年罗迪尼亚超大陆形成时发育起来的观点^[13]支持这一认识。

参 考 文 献

- [1] 倪晋宇, 胡道功, 周春景. 东昆仑造山带纳赤台群形成的大地构造环境探讨 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (1): 11 ~ 20.
NI Jin-yu, HU Dao-gong, ZHOU Chun-jing. Discussion on tectonic environment of Naij Tal Group, East Kunlun Orogenic Belt [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (1): 11 ~ 20.
- [2] 周春景, 胡道功, Barosh P J, 等. 东昆仑三道湾流纹英安斑岩锆石 U-Pb 年龄及地质意义 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (1): 28 ~ 35.
ZHOU Chun-jing, HU Dao-gong, Barosh P J, et al. Zircon U-Pb dating of the rhyolite-dcite porphyry in the Sandaowan of east Kunlun MTS and its geological significance [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (1): 28 ~ 35.
- [3] 陆露, 胡道功, 张永清, 等. 昆中断裂带同构造花岗斑岩锆石 U-Pb 年龄及构造意义 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (1): 36 ~ 43.
LU Lu, HU Dao-gong, ZHANG Yong-qing, et al. Ziron U-Pb age for syntectoin granitic porphyry and its teceonic

- significance in the middle Kunlun fault belt [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (1): 36 ~ 43.
- [4] 张紫程, 张绪教, 高万里, 等. 东昆仑左行韧性剪切带形成时代的锆石 U-Pb 年龄证据 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (1): 51 ~ 58.
- ZHANG Zi-cheng, ZHANG Xu-jiao, GAO Wan-li, et al. Evidence of zircon U-Pb ages for the formation time of the east Kunlun left-lateral ductile shear belt [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (1): 51 ~ 58.
- [5] 张耀玲, 张绪教, 胡道功, 等. 东昆仑造山带纳赤台群流纹岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (1): 21 ~ 27, 50.
- ZHANG Yao-ling, ZHANG Xu-jiao, HU Dao-gong, et al. SHRIMP-based zircon U-Pb ages for rhyolite of the Naij Tal Group in the east Kunlun orogenic belt [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (1): 21 ~ 27, 50.
- [6] 薛腊梅, 赵希涛, 张耀玲, 等. 遥感技术在东昆仑新生代地质填图中的应用 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (1): 70 ~ 77.
- XUE La-mei, ZHAO Xi-tao, ZHANG Yao-ling, et al. Application of remote sensing technique in the east Kunlun Cenozoic geological mapping [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (1): 70 ~ 77.
- [7] 高万里, 张绪教, 王志刚, 等. 基于 ASTER 遥感图像的东昆仑造山带岩性信息提取研究 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (1): 59 ~ 69.
- GAO Wan-li, ZHANG Xu-jiao, WANG Zhi-gang, et al. ASTER remote sensing image-based lithologic information extraction of the east Kunlun orogenic belt [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (1): 59 ~ 69.
- [8] 青海省地质矿产局. 青海省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 142 ~ 172.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province. Stratigraphy (lithostratic) of Qinghai Province [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 142 ~ 172.
- [9] 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 造山的高原——青藏高原地体的拼合、碰撞造山及隆升机制 [J]. 北京: 地质出版社, 2007. 1 ~ 458.
- XU Zhi-qin, YANG Jing-sui, LI Hai-bing, et al. Orogenic plateau: Terrane amalgamation, collision and uplift in the Qinghai-Tibet Plateau [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007. 1 ~ 458.
- [10] 李荣社, 计文化, 赵振明, 等. 昆仑早古生代造山带研究进展 [J]. 地质通报, 2007, 26 (4): 373 ~ 381.
- LI Rong-she, JI Wen-hua, ZHAO Zhen-ming, et al. Progress in the study of the Early Paleozoic Kunlun orogenic belt [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26 (4): 373 ~ 381.
- [11] 李怀坤, 耿建珍, 郝爽, 等. 用激光烧蚀多接收器等离子体质谱仪 (LA-MC-ICP MS) 测定锆石 U-Pb 同位素年龄 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2009, 28 (增刊): 77.
- LI Huai-kun, GENG Jian-zhen, HAO Shuang, et al. Research on the dating zircon U-Pb age by LA-MC-ICP MS [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2009, 28 (Supp.): 77.
- [12] 张雪亭, 杨生德. 青海省区域地质概论 [M]. 北京: 地质出版社, 2007. 54 ~ 72.
- ZHANG Xue-ting, YANG Sheng-de. The regional geology of Qinghai Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007. 54 ~ 72.
- [13] Wan Y S, Yang J S, Xu Z Q, et al. Geochemical characteristics of the Maxianshan Complex and Xinglongshan Group in the eastern segment of the Qilian orogenic belt [J]. Journal of the Geological Society of China, 2000, 43 (1): 52 ~ 68.

ZIRCON U-Pb AGES FOR RHYOLITIC TUFFS OF THE NAOCANGJIANGOU FORMATION IN THE EAST KULUN OROGENIC BELT AND THEIR IMPLICATION

WU Fang¹, ZHANG Xu-jiao², ZHANG Yong-qing³, ZHANG Yao-ling¹

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

2. College of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China)

Abstract: By using La-Mc-ICPMS method, accurate zircon U-Pb dating has been made for volcanic rock samples from the Naocangjiangou Formation in the Xiugou basin of the East Kunlun orogenic belt. The zircons from the rhyolitic tuff (sample DG25-4) showed oscillatory growth rings in its cathode-luminescence image, indicating a typically magmatic origin. The $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ surface ages of 15 magmatic zircons are concentrated in the range of 239–249 Ma, averaging 243.5 ± 1.7 Ma, which records the forming age of those volcanic rocks, that is, the Naocangjiangou Formation was formed in the early Middle Triassic. Early Paleozoic and Proterozoic zircons were also found in volcanic rocks of the formation, suggesting the possible presence of Proterozoic basement in the Kunlun southern terrain.

Key words: Naocangjiangou Formation; tuffs; U-Pb age; Middle Triassic; East Kunlun orogenic belt

(上接第 27 页)

SHRIMP ZIRCON U-Pb AGES OF RHYOLITE FROM THE NAIJ TAL GROUP IN THE EAST KULUN OROGENIC BELT

ZHANG Yao-ling^{1,2}, ZHANG Xu-jiao¹, HU Dao-gong², SHI Yu-ruo³, LU Lu²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100081, China;

3. Beijing Center of Ion Microprobe, Beijing 100037, China)

Abstract: The Naij Tal Group is a major lithostratigraphic unit with a complex composition in the East Kunlun Paleozoic orogenic belt, and there has long been debate on its formation time. The average SHRIMP zircon $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age of 450.4 ± 4.3 Ma has been obtained for 15 rhyolite samples collected from the Shihuichang Formation of the Naij Tal Group south of Gelmu. It was interpreted as the age of a volcanic activity, so the Shihuichang Formation of the Naij Tal Group can be considered to form in the Late Ordovician.

Key Word: Naij Tal Group; zircon U-Pb age; Late Ordovician; eastern Kunlun orogenic belt