

太行神仙山髫髻山组火山岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义

许 博¹, 刘 阳^{1,2}

1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 中国冶金地质总局 矿产资源研究院, 北京 100025

摘 要:太行山中北段发育大量燕山期中-酸性火山岩,其中位于太行山北段的涞源县神仙山地区的断陷盆地正是其中一期构造-岩浆活动形成的逆冲推覆残片。本文报道了研究区内广泛出露的髫髻山组安山质角砾凝灰岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 131 ± 2 Ma。该年龄对太行山地区的髫髻山组火山岩进行了时限上的厘定并限定了太行山北段北西向拉张断裂构造系统的发育时间。本研究为太行山中生代岩浆活动研究提供了新的依据。

关 键 词:太行山;髫髻山组;SHRIMP U-Pb 年龄

中图分类号:P597⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2802(2012)03-0257-04

SHRIMP U-Pb Dating and Its Geological Implications for Zircon in the Tiaojishan Group Volcanic Rocks of the Shenxian Mountain in the Taihang Aera

XU Bo¹, LIU Yang^{1,2}

1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Institute of Mineral Resources Research, China Metallurgical Geology Bureau, Beijing 100025, China

Abstract: The Yanshanian neutral-acidic volcanic rocks are widely spread in the north-middle section of the Taihang Mt. The faulted basin in the Laiyuan county, Shenxianshan region, north section of the Taihang Mt is geologically considered as the thrust nappe of one stage tectono-magmatic event. This paper reported that the zircon SHRIMP U-Pb dating result for the andesitic breccia tuff in the Tiaojishan group is 131 ± 2 Ma, which constrains the forming age of the Tiaojishan group and the timing of NW extensional structure in the north section of the Taihang Mt. This study provided new information for the Mesozoic magmatic events in the Taihang Mt.

Key words: Taihang mountains; Tiaojishan group; SHRIMP; U-Pb data

华北地区在中生代经历了强烈的燕山期构造-岩浆活动,且伴有多种类型的较强成矿作用^[1~4]。太行山地区的中生代地质演化研究一直吸引众多学者,并且在其构造运动、岩浆演化、成矿作用和地球化学等方面取得了大量研究成果^[5~7]。研究区内多为北北东向的拆离断层,与中生代华北地区复杂构造作用导致的北西向推覆作用有关。而位于涞源县神仙山地区的断陷盆地正是表现其伸展作用结果,为一逆冲推覆运动的残片。髫髻山组火山岩代表了燕山期大规模火山喷发的开始,也代表了中国东部乃至东亚环太平洋构造域发展阶段的开始^[8]。前人对燕山地区髫髻山组火山岩进行了大量的定年研究工作^[9~13],但其年龄范围(137 ~ 188 Ma)还存在

较大差异,制约了对其喷发时限的厘定。本文选取神仙山地区中生代髫髻山组火山岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄的测试结果,对太行山地区该期构造-岩浆活动的时间给予限定,并探讨其区域地质意义。

1 区域地质背景

研究区位于太行山中北段(见图1),属华北板块西北部($38^{\circ}57' \sim 39^{\circ}06'N, 114^{\circ}22' \sim 114^{\circ}31'E$)。在大地构造背景上,该区位于华北盆地西北地区,中生代以来岩石圈减薄、地幔源区性质发生变化,岩浆和构造运动强烈。这一活动形成规模较大的环太平洋构造-岩浆带以及地体增生带,并且形成大量且种类

繁多的内生金属和非金属成矿带和油气盆地带^[1,14]。

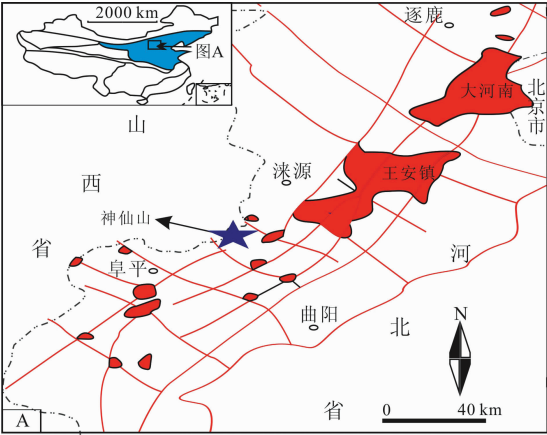


图 1 研究区区域位置图^[15]

Fig. 1 Regional map for the study area^[15]

研究区内广泛出露的髻髻山组火山岩由安山质集块岩、安山岩、英安质角砾凝灰岩和熔结角砾凝灰岩组成。亮甲山组为中厚层亮晶灰岩，三山子组为白云岩，冶里组为厚层灰岩。

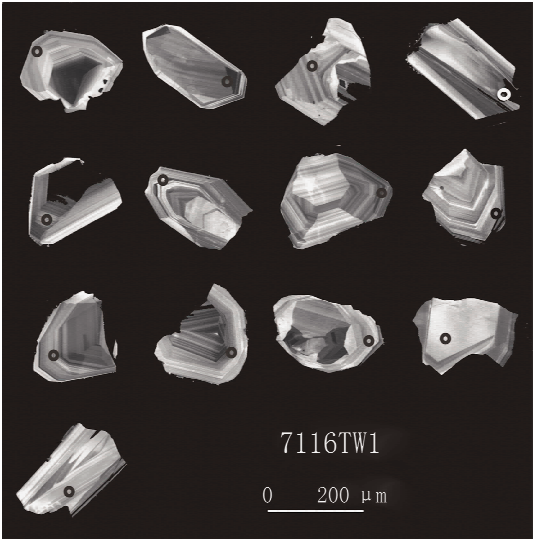
该区主要发育 NE 向、NNE 向构造和 EW 向断裂，且在奥陶系的灰岩中发育一顺层推覆滑动构造带。滑动面北倾，倾角大约 10°~20°，并且局部切穿地层。该构造为中生代大规模地质运动的一个组成部分。野外观察表明，神仙山地区为一断陷盆地，发育顺层滑动推覆构造带。

2 采样及试验方法

2.1 锆石样品的制备

本文选取神仙山地区的样品(7116)，为髻髻山组安山质角砾凝灰岩。样品经过破碎后，采用重选和磁选法挑选出锆石。利用双目显微镜进行手工再次挑选，选择样品裂纹与包裹体较少、晶形较完整、透明度较高的颗粒。将样品平放于圆柱形环氧树脂靶上，凝固后打磨、抛光，随后样品进行透射光与反射光照相，将样品排列方向和显微镜水平方向一致

有利于视域移动，避免遗漏，再用阴极发光 (CL) 图像进行分析(图 2)。



黑色圆点为激光剥蚀位置

The black points are positions of the laser ablation points

图 2 样品阴极发光图

Fig. 2 Cathodoluminescence images of zircons

2.2 锆石定年

使用北京离子探针中心的 SHRIMP- II 型离子探针锆石定年。使用二次离子垂直样品表面溅射来限定元素分馏，同时利用标准锆石 TEM (t = 417 Ma) 进行校正。标准斯里兰卡锆石 SL13 (U = 238 × 10⁻⁶, t = 572 Ma) 用于校正 U、Th、Pb 元素的含量测定。详细处理流程见文献[16,17]。年龄测定数据列于表 1，U-Pb 年龄谐和图及²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄列于图 3。

2.3 年代学数据结果

由表 1 可知，本次共测的 13 个数据点，除去 7116TW1-7 号点的结果，得到 12 个数据点的²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 131 ± 2 Ma (2σ)。锆石

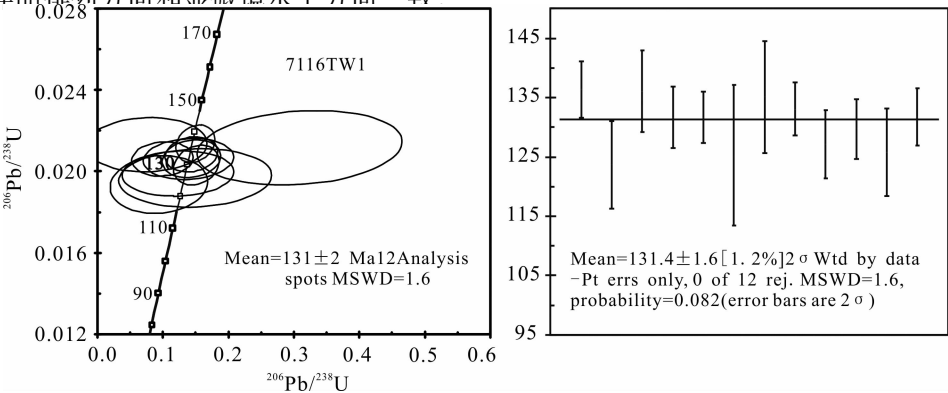


图 3 样品 7116 等时线图

Fig. 3 SHRIMP U-Pb Zircon concordia diagram of the Tiaojiashan andesitic breccia tuff

表 1 SHRIMP 年龄测试数据表
Table 1 SHRIMP U-Pb isotopic age data

测点号	²⁰⁶ Pb _c (%)	U (×10 ⁻⁶)	Th (×10 ⁻⁶)	²⁰⁶ Pb* (×10 ⁻⁶)	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb* ²⁰⁶ Pb*	±%	²⁰⁷ Pb* ²³⁵ U	±%	²⁰⁶ Pb* ²³⁸ U	±%	errcorr	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	Age
7116TW1	1.18	415	411	7.72	1.02	.0505	8.0	0.15	8.2	.0214	1.8	.214	136.4	±2.4
7116TW2	7.27	179	101	3.22	0.58	.0349	32.4	0.09	32.5	.0194	3.0	.092	123.9	±3.7
7116TW3	5.15	259	169	5.00	0.68	.255	50.2	0.08	50.2	.0214	25	.050	136.2	±3.4
7116TW4	228	623	561	11.3	0.93	.0487	20.3	0.14	20.4	.0206	20	.097	131.7	±2.6
7116TW5	2.85	958	1057	17.5	1.14	.0347	19.3	0.10	19.3	.0206	1.7	.086	131.8	±2.2
7116TW6	1.37	244	189	4.73	0.80	.0560	10.5	0.17	10.7	.0222	21	.198	141.7	±3.0
7116TW7	1264	183	72	3.52	0.41					.0197	4.7		125.7	±5.8
7116TW8	5.31	129	67	2.47	0.54	.1054	20.5	0.31	20.8	.0212	3.5	.168	135.3	±4.7
7116TW9	214	784	638	14.4	0.84	.0497	11.4	0.14	11.5	.0209	1.7	.147	133.1	±2.2
7116TW10	5.35	279	198	5.05	0.73	.0446	28.5	0.12	28.6	.0199	23	.079	127.3	±2.8
7116TW11	277	350	223	6.29	0.66	.0536	9.2	0.15	9.4	.0203	20	.207	129.8	±2.5
7116TW12	5.52	218	86	3.90	0.41	.0548	31.9	0.15	32.0	.0197	29	.091	125.9	±3.7
7116TW13	206	630	429	11.4	0.70	.0502	12.6	0.14	12.7	.0207	1.8	.144	131.8	±2.4

的 U 含量为 128.5 ~ 957.9 × 10⁻⁶, Th 含量为 67.3 ~ 1057.4 × 10⁻⁶, 相应的 Th/U 比值为 0.4 ~ 1.1, 且所测锆石颗粒具典型生长环带, 这都表明其为岩浆锆石。本文所获年龄可以代表髻髻山组岩浆活动的时间, 该年龄为 131 ± 2 Ma。(图 3)。

3 讨论与结论

一些学者认为燕山期火山岩形成于活动陆缘环境, 与太平洋板块的俯冲有关, 属于挤压相对较强、拉张相对较弱的构造环境。但是, 中生代的俯冲带大致位于海参崴 - 朝鲜一带^[18], 其距离太行山超过 300 km, 被认为已经超过西太平洋俯冲的最大距离^[19]。因此, 太平洋板块的俯冲对于太行山的直接影响较弱, 本文研究的髻髻山组火山岩可能形成于陆内造山环境。

太行山中北段的东岭台组火山岩是由于燕山运动形成, 显示该区在晚侏罗世 - 早白垩世处于拉张状态^[20]。神仙山地区发育断陷盆地以及碱性侵入岩显示该区也处于类似的拉张环境^[21]。本文所测定的髻髻山组火山岩形成于 131 ± 2 Ma, 与袁洪林等^[10]测定获得的北京西山髻髻山组上部火山岩的锆石 U-Pb 年龄为 137.1 ± 4.5 Ma 较为一致, 表明燕山地区和太行山地区髻髻山组火山岩形成于早白垩世。神仙山地区髻髻山组火山岩的形成与断陷盆地的形成成因上有密切联系, 因而为该区发生伸展的时限提供了新的证据。

太行山地区在中生代发生收缩构造变形, 导致了克拉通岩石圈存在浅层的破坏, 同时也为深部发生的拆沉作用和其浅部的伸展变形创造了条件^[4]。太行山北部的收缩变形构造样式主要为发育逆冲推覆构造。中生代的收缩变形导致剧烈的地壳加厚, 华北克拉通失稳并且遭到破坏。在收缩变形后, 太

行山地区又发育了大量的伸展构造, 形成了类似神仙山地区的断陷盆地。因此, 本文为该区伸展构造的发育时间提供了较为精确的限定。

参考文献 (References):

[1] 邓晋福, 赵国春, 赵海玲. 中国东部燕山期火成岩构造组合与造山深部过程[J]. 地质论评, 2000, 46(1): 41 - 48.
Deng Jinfu, Zhao Guochun, Zhao Hailing. Deep processes of Mesozoic Yanshanian lithosphere thinning in North China[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 46(1): 41 - 48. (in Chinese with English abstract)

[2] 陈斌, 田伟, 翟明国, 荒川洋二. 太行山和华北其它地区中生代岩浆作用的锆石 U-Pb 年代学和地球化学特征及其岩浆成因和地球动力学意义[J]. 岩石学报, 2005, 21(1): 13 - 24.
Chen Bin, Tian Wei, Zhai Mingguo, Arakawa Yoji. Zircon U-Pb geochronology and geochemistry of the Mesozoic magmatism in the Taihang Mountains and other places of the North China craton, with implications for petrogenesis and geodynamic setting [J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 21(1): 13 - 24. (in Chinese with English abstract)

[3] 罗照华, 魏阳, 辛后田, 柯珊, 李文韬, 李德东, 黄金香. 太行山中生代板内造山作用与华北大陆岩石圈巨大减薄[J]. 地学前缘, 2006, (6): 52 - 63.
Luo Zhaohua, Wei Yang, Xin Houtian, Ke Shan, Li Wentao, Li Dedong, Huang Jinxiang. The Mesozoic intraplate orogeny of the Taihang Mountains and the thinning of the continental lithosphere in North China[J]. Earth Science Frontiers, 2006, (6): 52 - 63. (in Chinese with English abstract)

[4] 张长厚, 李程明, 邓洪菱, 刘阳, 刘磊, 魏波, 李寒滨, 刘孜. 燕山-太行山北段中生代收缩变形与华北克拉通破坏[J]. 中国科学: 地球科学, 2011, 54: 798 - 822.
Zhang Changhou, Li Chengming, Deng Honling, Liu Yang, Liu Lei, Wei Bo, Li Hanbin, Liu Zi. Mesozoic contraction deformation in the Yanshan and northern Taihang mountains and its implications to the destruction of the North China Craton[J]. Sci. China Earth Sci., 2011, 54: 798 - 822. (in Chinese with English abstract)

- [5] 牛树银, 许传诗, 高连杰. 太行山变质核杂岩的特征及成因探讨[J]. 河北地质学院学报, 1994, 17(1): 43-53.
Niu Shuyin, Xu Chuanshi, Gao Lianjie. The study of origin and characteristics of the Taihangshan metamorphic core complexes [J]. Journal of Hebei College of Geology, 1994, 17(1): 43-53. (in Chinese with English abstract)
- [6] 陈斌, 刘超群, 田伟. 太行山中生代岩浆作用过程中的壳幔岩浆混合作用: 岩石学和地球化学证据[J]. 地学前缘, 2006, (2): 140-147.
Chen Bin, Liu Chaoqun, Tian Wei. Magma-mixing between mantle- and crustal-derived melts in the process of Mesozoic magmatism, Taihangshan: Constraints from petrology and geochemistry [J]. Earth Science Frontiers, 2006, (2): 140-147. (in Chinese with English abstract)
- [7] 邓晋福, 苏尚国, 刘翠, 赵国春, 赵兴国, 周肃, 肖庆辉, 吴宗絮, 耿科. 太行-燕山-辽西地区燕山期造山过程、岩浆源区与成矿作用[J]. 现代地质, 2007, 2: 222-240.
Deng Jinfu, Su Shangguo, Liu cui, Zhao Guochun, Zhao Xingguo Zhou Su, Xiao Qinghui, Wu Zongxu, Geng Ke. Yanshanian (Jurassic-Cretaceous) orogenic processes, magma sources and metallogenesis as well as coal Formation in the Taihangshan-Yanshan-West Liaoning region [J]. Geology in China, 2007, 2: 222-240. (in Chinese with English abstract)
- [8] 赵越, 徐刚, 张拴宏. 燕山运动与东亚构造体制的转换[J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 319-328.
Zhao Yue, Xu Gang, Zhang Shuanhong. Movement and conversion of tectonic regimes in East Asia [J]. Earth Science Frontiers, 2003, 11(3): 319-328. (in Chinese with English abstract)
- [9] 李伍平, 路凤香, 李献华, 周瑶琪, 孙善平, 李家振, 张大港. 北京西山髻髻山组的地球化学特征与岩浆起源[J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20(2): 123-133.
Li Wuping, Lu Fengxiang, Li Xianhua, Zhou Yaoqi, Sun Shanping, Li Jiazhen, Zhang Dagang. Geochemical features and origin of volcanic rocks of Tiaojishan formation in western hills of Beijing [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2001, 20(2): 123-133. (in Chinese with English abstract)
- [10] 袁洪林, 柳小明, 刘勇胜, 高山, 凌文黎. 北京西山晚中生代火山岩 U-Pb 锆石年代学及地球化学研究[J]. 中国科学(D辑), 2005, 35(9): 821-836.
Yuan Honglin, Liu Xiaoming, Liu Yongsheng, Gao Shan, Ling Wenli. Zircon U-Pb geochronology and geochemistry of the late Mesozoic magmatism in Western Hills of Beijing [J]. Science in China (series D), 2005, 35(9): 821-836. (in Chinese with English abstract)
- [11] 刘健, 赵越, 柳小明. 冀北承德髻髻山组火山岩的时代[J]. 岩石学报, 2006, 22(11): 2617-2630.
Liu Jian, Zhao Yue, Liu Xiaoming. Age of the Tiaojishan Formation volcanics in the Chengde Basin, ChengDe, Northern Hebei province [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(11): 2617-2630. (in Chinese with English abstract)
- [12] 王蕊, 陈斌, 柳小明. 北京西山地区髻髻山组和东岭台组火山岩的地球化学特征与岩浆起源[J]. 高校地质学报, 2007, 13(3): 603-612.
Wang Rui, Chen Bin, Liu Xiaoming. Geochemical characteristics and origin of the Tiaojishan and Donglingtai Formations from Western Hills, Beijing [J]. Geological Journal of China Universities, 2007, 13(3): 603-612. (in Chinese with English abstract)
- [13] 张宏, 王明新, 柳小明. LA-ICP-MS 测年对辽西-冀北髻髻山组火山岩上限年龄的限定[J]. 科学通报, 2008, 53(15): 1815-1824.
Zhang Hong, Wang Mingxin, Liu Xiaoming. LA-ICP-MS age of the Tiaojishan Formation volcanics in LiaoXi-JiBei [J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(15): 1815-1824. (in Chinese with English abstract)
- [14] 罗照华, 邓晋福. 太行山造山带岩浆活动及其造山过程反演[J]. 地球科学, 1997, 22(3): 279-284.
Luo Zhaohua, Deng Jinfu. Characteristics of magmatic activities and orogenic process of Taihangshan interplate orogen [J]. Earth Science, 1997, 22(3): 279-284. (in Chinese with English abstract)
- [15] Zhao G C, Simon A W, Peter A C, Sun M. Archean blocks and their boundaries in the North China Craton: Lithological, geochemical, structural and P-T path constraints and tectonic evolution [J]. Precambrian Research, 2001, 107: 45-73.
- [16] 宋彪, 张玉海, 刘敦一. 微量原位分析仪器 SHRIMP 的产生与锆石同位素地质年代学[J]. 质谱学报, 2002, (1): 58-62.
Song Biao, Zhang Yuhai, Liu Dunyi. Introduction to the naissance of SHRIMP and its contribution to isotope geology [J]. Journal of Chinese Mass Spectrometry Society, 2002, 1: 58-62. (in Chinese with English abstract)
- [17] Ludwig K R. User's manual for Isoplot 3.00, a geochronological toolkit for Microsoft Excel [M]. Berkeley: Geochronological Center Special Publication, 2003: 25-32.
- [18] Maruyama S, Lou J G, Seno T. The evolution of the Pacific Ocean margin [A]. Ben avrahamz mesozoic and cenozoic evolution of Asia [M]. New York: Oxford University Press, 1989: 75-99.
- [19] Doglioni C, Harabaglia P, Merlini S. Orogens and slabs vs their direction of subduction [J]. Earth Science Reviews, 1999, 45: 167-208.
- [20] 李伍平, 路凤香, 孙善平, 李家振. 北京西山东岭台组(J₃d)火山岩的成因及其构造环境探讨[J]. 岩石学报, 2000, 16(3): 345-352.
Li Wuping, Lu Fengxiang, Sun Shanping, Li Jiazhen. Discussion on the origin of volcanic rocks of Donglingtai Formation in Beijing Xishan Mountain and its geological setting [J]. Acta Petrologica Sinica, 2000, 16(3): 345-352. (in Chinese with English abstract)
- [21] 鲍亦刚, 白志民, 葛世伟. 北京燕山期火山地质及火山岩 [M]. 北京: 地质出版社, 1995.
Bao Yigang, Bai Zhimin, Ge Shiwei. Volcanic geology and volcanic rocks in Beijing area during Yanshanian Period [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995. (in Chinese)