

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

大别造山带核部桃园寨火山岩锆石 U-Pb 定年及其地质意义

刘敦一¹⁾ 汤加富²⁾ 周存亭²⁾ 高天山²⁾ 沈荷生²⁾ 杨 淳¹⁾

1) 中国地质科学院地质研究所,北京,100037; 2) 安徽省区域地质调查所,合肥,230011

内容提要 应用 U-Pb 和二次离子探针(法国产 SIMS 1270)U-Pb 法对大别造山带核部桃园寨火山岩中的锆石进行了年龄测定,给出其形成年龄为 136~129 Ma。这一研究表明,大别造山带核部存在晚侏罗世—早白垩世火山活动和火山盆地,也说明在这一时期,该区的构造环境与北淮阳地区相似。据现残存的火山地貌和标高,及相邻的北淮阳地区的中生代火山盆地及火山沉积物的厚度,推测其剥蚀深度约 3000 m。

关键词 大别造山带 桃园寨火山岩 锆石 U-Pb 定年

在大别造山带核部,是否残存有中生代火山岩,不仅是对造山带隆升时限和剥蚀深度的限定,而且对阐明其构造属性与地质演化具有重要地质意义。对此,笔者等曾进行过调查和探索(汤家富等,1995a;管运财等,1995)。随后,通过 1:5 万区域地质调查,在岳西县菖蒲发现产于浅变质岩层中呈脉状的英安质角砾熔岩(路玉林等,1995),在岳西县西侧桃园寨发现呈带状分布的火山岩及残存火山机构(钱存超等,1998;周存亭等,1998)。随后,笔者对火山岩进行了锆石 U-Pb 定年研究,现综合有关资料将年龄测试结果简介如下。

1 地质背景与样品

桃园寨火山岩呈北西向,长约 7 km,宽约 1~2 km 的带状展布于岳西县西侧沙村附近、海拔约 1200 m 的高山地带。南距五河—菖蒲超高压变质带及新发现的新元古代浅变质岩(汤家富等,1995b)约 10 km,且大致呈平行展布,相当于董树文等(1993)所划分的南北大别交界处的北侧。该火山岩主要由石英安山质晶屑凝灰熔岩、晶屑集块角砾凝灰熔岩、英安质晶屑凝灰熔岩、晶屑角砾凝灰熔岩及石英安山质晶屑凝灰岩等组成。火山角砾岩中有大量的,大小不等、形态各异的二长片麻岩、斜长片麻岩、变粒岩及少量辉长岩角砾。片麻岩中见有呈脉状

产出的次火山熔岩。火山岩被燕山期飞旗寨二长花岗岩侵入和包裹,在接触带处二长花岗岩中有大小不等的火山岩俘虏体。通过填图,发现自下而上,由晶屑集块角砾凝灰熔岩→晶屑凝灰熔岩→石英安山质凝灰岩等所组成的火山韵律;由大量集块熔岩和较多粗大斑晶熔岩及残存地貌特征所确定火山通道(图 1)。

桃园寨火山岩的主要化学成分为:SiO₂63.44%~65.15%、Na₂O 3.53%~4.10%、K₂O 2.73%~3.67%,属英安类岩石。里特曼指数(σ)为 1.8~2.7,相当于钙碱性火山岩。稀土配分曲线为缓右倾斜,无明显 Eu 负异常, $\Sigma\text{REE}=175\times 10^{-6}\sim 256\times 10^{-6}$,中等富集,与北淮阳地区晚侏罗世毛坦厂旋回英安类火山岩的地球化学特征一致(钱存超等,1998;周存亭等,1998)。

样品取自该火山岩带中部扁担撬破火山通道西侧(图 1)的石英安山质晶屑凝灰熔岩中。该熔岩晶屑由斜长石(3%~4%)、钾长石(1%)组成,呈不规则状,大小为 0.3~0.7 mm。基质由长石、石英、黑云母等雏晶组成,颗粒均匀,一般为 0.05~0.15 mm。岩石新鲜,被粉碎后,选出的锆石,呈浅棕色和无色透明,晶面晶棱完好,长宽比在 1.5~4.0 之间,为典型火山成因的锆石。在镜下挑选无色透明、粒径较大的锆石晶体进行 U-Pb 定年。同时在锆石群

注:本文为地质行业基金(编号 959632)和安徽省地质矿产局资助成果。

收稿日期:2001-02-15;改回日期:2001-11-10;责任编辑:刘淑春。

作者简介:刘敦一,男,1937年生。1960年毕业于云南大学物理系。现任中国地质科学院地质研究所研究员,国土资源部同位素地质开放研究室主任,北京离子探针中心和地质所同位素地质研究室主任。长期从事同位素地质学研究。通讯地址:100037,中国地质科学院地质研究所。

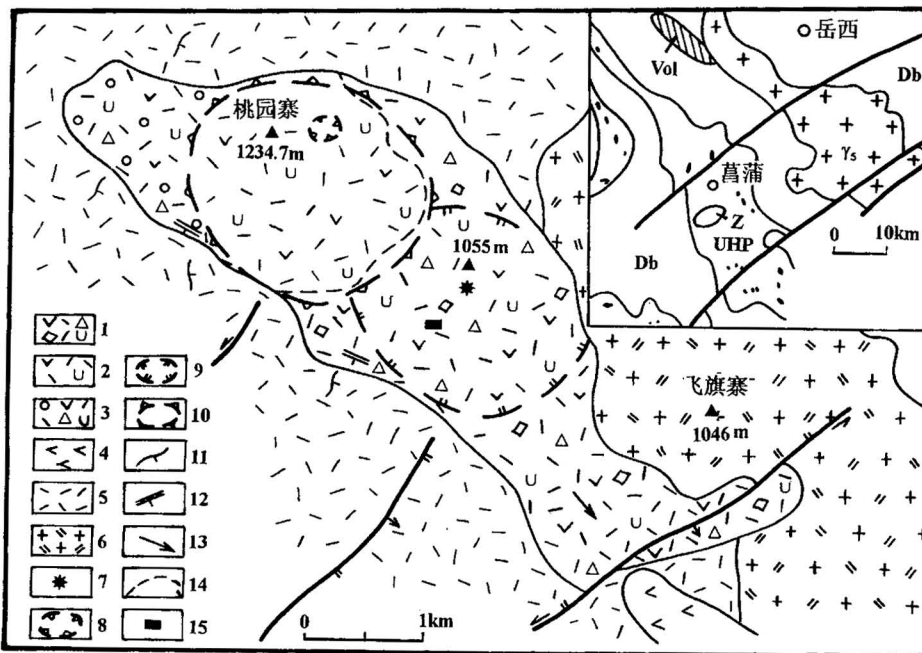


图1 桃园寨中生代火山岩分布示意图及取样点位置图

Fig. 1 Geological map of the Taoyuanzhai area, showing the distribution of Mesozoic volcanic rocks and sampling site

1—含角砾英安质晶屑凝灰熔岩; 2—英安质晶屑凝灰熔岩; 3—石英安山质晶屑凝灰熔岩; 4—角闪岩; 5—片麻岩; 6—二长花岗岩; 7—火山通道; 8—推测喷发中心; 9—破火山口; 10—推测锥状火山; 11—片麻理; 12—挤压片理; 13—熔岩流方向; 14—火山岩岩相界线; 15—采样点; UHP—高压、超高压变质带; Db—大别杂岩; γ_5 —中生代花岗岩; Z—震旦纪浅变质岩系; Vol—火山岩分布区

1—Breccia-bearing dacitic crystal tufflava; 2—dacitic crystal tufflava; 3—quartz andesitic crystal tufflava; 4—amphibolite; 5—gneiss; 6—two feldspar granite; 7—volcanic tunnel; 8—speculated crater; 9—caldera; 10—speculated volcanic cone; 11—gneissic cleavage; 12—compressive cleavage; 13—direction of lava; 14—boundary of volcanic phase; 15—sampling site; UHP—ultrahigh high pressure metamorphic belt; Db—Dabie complex; γ_5 —Mesozoic volcanic rocks; Z—Sinian light metamorphic series; Vol—volcanic rocks

体中随机取出一些颗粒,进行二次离子探针质谱 U-Th-Pb 微区原位定年测定。

2 测年方法与结果

2.1 U-Pb 法及分析结果

本文采用 Krogh(1973)所建立的锆石 U-Pb 定年方法。被测锆石经仔细清洗后置于氟塑料坩锅中,加入适量 ^{235}U - ^{205}Pb 混合稀释剂,在密封的条件下用 HF 溶解,溶解后的锆石样品用 3NHCl 提取(不经离子柱交换)直接交 MAT-262 型热离子发射质谱计分析锆石中的 U、Pb 同位素。采用单带源磷酸-硅胶发射剂,对 NBS981 Pb 同位素标准样的分析结果表明, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 值的精度优于 0.04%,同位素歧视小于 0.1%/AUM。U-Pb 年龄结果计算采用 Ludwig 的“ISOPLT”软件,年龄结果均以 95%置信度表示,采用的衰变常数为: $\lambda^{238}\text{U}=1.55\times 10^{-10}$, $\lambda^{235}\text{U}=9.85\times 10^{-10}$ 。

对挑选出的 5 组锆石进行了测定,测定的同位

素比值和 U、Pb 含量见表 1。所获 5 个数据很好地排列在一条不一致直线上(图 2)。其中有 4 个点落在该直线与一致曲线的下交点附近,5 号点则远离下交点。从表 1 可以看出,第 5 号点的各表面年龄值均明显高于其他 4 组,笔者分别对包括第 5 号点和舍去第 5 号点进行了不一致图解年龄结果的计算,发现两者结果十分相近,5 个点(包含第 5 号点)的下交点年龄为 129.1 ± 1.6 Ma,而 4 个点(不含第 5 号点)则为 127.1 ± 1.2 Ma,两者没有实质上的差别。说明第 5 号点的锆石与其他锆石属同源同时代锆石,因此本文采用 5 个点所计算的结果。由于所有数据点均远离上交点,故上交点年龄 1860 ± 68 Ma 没有确定的地质意义。

本文锆石微区原位 U-Th-Pb 定年是在法国科研中心南希岩石学地球化学研究中心的 SIMS1270 二次离子探针质谱上进行。一次离子为氧离子,聚焦后的氧离子束撞击在样品靶上的待测锆石晶体产生二次离子。二次离子经聚焦加速和质量分析后,由

表 1 锆石 U-Pb 分析结果表

Table 1 U-Pb data of zircons

序号	粒度 (μm)	样量 (mg)	放射成因铅含量 (×10 ⁻⁶)	铀含量 (×10 ⁻⁶)	放射性成因铅含量 (×10 ⁻⁶)				同位素原子比			表面年龄值 (Ma)		
					²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb	²⁰⁸ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb
1	≤50	9.50	7.999	300.9	1800	5.804	0.3246	1.870	0.172323 ±64	0.0224533 ±41	0.055662 ±27	161.4 ±0.1	143.1 ±0.1	439±1
2	≥50	16.00	6.907	256.6	3300	5.094	0.2978	1.515	0.18538 ±15	0.023111 ±10	0.058175 ±60	172.7 ±0.1	147.3 ±0.1	536±2
3	≥97	17.79	7.728	270.8	2700	5.493	0.3227	1.463	0.19031 ±7	0.0236075 ±43	0.058468 ±22	176.9 ±0.1	150.4 ±0.1	547±1
4	≥121	13.69	7.756	266.4	2000	5.940	0.3780	1.438	0.22664 ±9	0.0259539 ±58	0.063335 ±29	207.4 ±0.1	165.2 ±0.1	719±1
5	≥152	2.69	13.08	251.0	1000	10.13	0.9375	2.013	0.5962 ±10	0.046968 ±50	0.09206 ±10	474.8 ±0.6	295.9 ±0.3	1469±2

注:所有误差均为 2σ。

表 2 TW9701 锆石样品及 G91500 标准锆石样品 SIMS1270 分析结果

Table 2 SIMS 1270 U-Pb data of zircons from TW9701 and G91500 standard

样品号	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	普通铅修正后比值			修正后 Pb/U 比值		表观年龄 (Ma)	
		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb
G91500-1	0.00003	0.07534	1.05667	0.3971	0.1803	1.8726	1068.5	1077.5
G91500-2	0.00005	0.07557	1.02733	0.3864	0.1780	1.8303	1056.1	1056.8
G91500-3	0.00002	0.07441	1.05092	0.3745	0.1782	1.8285	1057.3	1052.5
TW9701-1	0.00018	0.06374	0.24099	0.2430	0.1244	1.0929	755.6	732.9
TW9701-2	0.00014	0.04782	0.25300	0.0404	0.0207	0.1363	131.9	90.4
TW9701-3	0.00005	0.04825	0.20936	0.0409	0.0212	0.1412	135.4	111.6
TW9701-4	0.00007	0.04799	0.25116	0.0424	0.0218	0.1442	139.9	99.0
G91500-4	0.00003	0.07408	0.10015	0.3719	0.1802	1.8401	1067.8	1043.6
TW9701-5	0.00028	0.04593	0.19634	0.0394	0.0204	0.1294	130.4	
TW9701-6	0.00011	0.04654	0.25263	0.0399	0.0213	0.1367	135.8	26.6
TW9701-7	0.00006	0.04787	0.27338	0.0416	0.0218	0.1436	138.8	92.7
TW9701-8	0.00008	0.04880	0.30490	0.0436	0.0221	0.1488	141.0	138.2
TW9701-9	0.00012	0.04735	0.24262	0.0403	0.0212	0.1386	135.5	66.7
TW9701-10	0.00006	0.04879	0.23726	0.0418	0.0215	0.1444	136.9	138.0
G91500-5	0.00002	0.07486	0.10795	0.3825	0.1839	1.8982	1088.2	1064.8
G91500-6	0.00005	0.07451	0.10480	0.4014	0.1785	1.8343	1059.0	1055.3
G91500-7	0.00004	0.07238	0.10420	0.4102	0.1845	1.8413	1091.6	996.6
G91500-8	0.00009	0.07037	0.10678	0.4226	0.1867	1.8118	1103.7	939.0
G91500-9	0.00005	0.07490	0.10360	0.4109	0.1786	1.8447	1059.5	1065.8
G91500-10	0.00006	0.06992	0.10437	0.4218	0.1832	1.7666	1084.6	926.1
G91500-11	0.00009	0.07419	0.10569	0.4113	0.1769	1.8099	1050.3	1046.5
G91500-12	0.00009	0.07324	0.10471	0.4268	0.1813	1.8311	1074.2	1020.6
G91500-13	0.00007	0.07440	0.10302	0.4261	0.1787	1.8327	1059.6	1020.6

离子接收器接受并放大测量,从而实现样品中 U、Th、Pb 的同位素测定。锆石中 U、Pb 含量的计算,采用锆石中存在的 Pb/U : UO/U 之间的线性关系的规律。SIMS 1270 在锆石定年中采用的标准锆石为 G91500,其年龄为 1065.4 Ma。在样品分析前后和中间均插入若干组标准锆石的分析。

2.2 锆石微区原位 U-Th-Pb 定年方法和分析结果

应用 SIMS1270 对样品 TW9701 中的 10 粒锆石进行了晶体微区,原位 U-Th-Pb 同位素分析,结果见表 2。在所有分析的 10 个点中,除第 1 点的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄约为 756 Ma 以外,其余 9 点的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 及 ²⁰⁷Pb/²³⁵U 年龄分布在 129.3~140.1 Ma 之间,算术平均值为 136.1±2.5 Ma。在和谐线图中(图 3),9 个分析点均分布在一致曲线附近,但无法

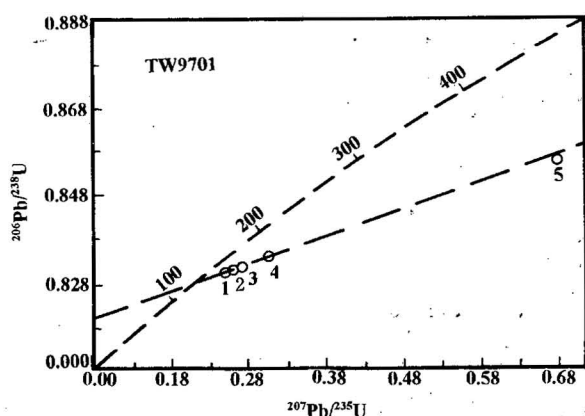


图2 TW9701 锆石 U-Pb 和谐图

Fig. 2 U-Pb concordia diagram of zircons from TW9701

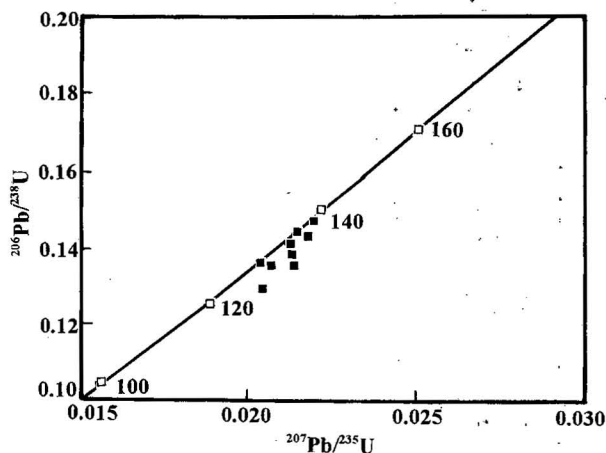


图3 锆石二次离子探针质谱 SIMS 1270 分析结果和谐图

Fig. 3 U-Pb concordia diagram of zircons from TW9701, showing the SIMS 1270 data

拟合成一条很好的直线。因此采用 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄的平均值 136.1 ± 2.5 Ma 较为合理。

以上结果表明,两种测年方法所得结果非常接近,分别为 129 ± 1.6 Ma 和 136.1 ± 2.5 Ma。根据锆石特征及定年结果,笔者认为桃园寨火山事件发生在 $136 \sim 129$ Ma 之前,即晚侏罗世未到早白垩世间。

3 地质意义

大别造山带核部,在 $136 \sim 129$ Ma 前有陆相火山活动和火山盆地。据现残存的火山地貌和标高,并考虑相邻北淮阳地区晚侏罗世到早白垩世火山活动

所形成的火山—沉积物平均厚约 2500 m,推测其剥蚀深度约 3000 m。这与白马尖复式杂岩体内天河尖和马家河超单元侵入体被抬升约 3000~5000 m 的推论相吻合(管运财等,1997),且应发生于早白垩世后。

据桃园寨火山岩的岩性、地球化学特征及形成时代与北淮阳地区晚侏罗世毛坦厂旋回火山岩的一致性,表明两处火山岩同形成于拉张构造环境,且可能属同一构造岩浆演化序列。这对探讨区域岩浆演化规律提供了有价值的信息(程裕淇等,2000;简平等,2000;葛宁洁等,2001)。

法国研究中心南希岩石学、地球化学研究中心为样品分析提供 SIMS1270 仪器及实验室,法国 Cameca 公司 M. Schuhmacher 博士为笔者在 SIMS1270 获得这些数据给予了技术上和各方面的支持。常印佛院士,在笔者进行野外调研和成文过程中给予了指导。管运财、戴圣潜、钱存超高级工程师及王永敏总工程师对本文的工作给予了支持和帮助。在此一并致谢。

参 考 文 献

- 程裕淇,刘敦一,Williams I S,简平,庄育勋,高天山. 2000. 大别山碧溪岭深色榴辉岩和片麻状花岗质岩石 SHRIMP 分析——晋宁期高压—超高压变质作用同位素年代学依据. 地质学报, 74(3):193~205.
- 董树文,孙先如,张勇,等. 1993. 大别山碰撞造山带基本结构. 科学通报, 38(6):542~545.
- 葛宁洁,李惠玉,秦礼萍,侯振辉,柏林. 2001. 大别山麻粒岩和 TTG 片麻岩的 Sr、Nd、Pb 同位素地球化学. 地质学报, 75(3):379~384.
- 管运财,高天山,吴海权. 1995. 大别山地区(安徽)中生代花岗岩类岩体特征与形成机制. 安徽地质, 5(3):20~28.
- 管运财,吴海泉. 1997. 白马尖超单元组合特征及其成因机制. 安徽地质, 2(2):26~34.
- 简平,刘敦一,杨巍然,Williams I S. 2000. 大别山西部河南罗山熊店加里东期榴辉岩锆石特征及 SHRIMP 分析结果. 地质学报, 74(3):259~264.
- 路玉林,钱存超,周存亭. 1995. 安徽岳西脉状英安质角砾熔岩的发现、特征及意义. 安徽地质, 6(4):42~46.
- 钱存超,贾十军. 1998. 安徽大别山腹地中生代火山岩的发现及其地质意义. 安徽地质, 8(1):28~31.
- 汤加富,荆延仁,侯明金,等. 1995a. 安徽大别山—张八岭地区新的构造格局与非板块碰撞造山过程. 安徽地质, 5(3):1~11.
- 汤加富,钱存超,高天山. 1995b. 大别山区榴辉岩带中浅变质火山—碎屑岩层组合的发现及其地质意义. 安徽地质, 5(2):29~36.
- 周存亭,高天山,沈荷生,等. 1998. 大别山腹地桃园寨中生代火山机构的厘定及其地质意义. 中国区域地质, 17(3):236~240.

References

- Cheng Yuqi, Liu Dunyi, Williams I S, Jian Ping, Zhuang Yuxun, Gao Tianshan. 2000. SHRIMP U-Pb dating of zircons of a dark-coloured eclogite and garnet-bearing gneissic-granitic rock from Bixiling, eastern Dabie area——isotope chronological evidence of Neoproterozoic HP-UHP metamorphism. *Acta Geologica Sinica*, 74(3):193~205 (in Chinese with English abstract).
- Ge Ninjie, Li Huiyu, Qin Liping, Hou Zhenhui, Bo lin. 2001. Sr, Nd and Pb isotope geochemistry of granulites and TTG gneisses from the North Dabie Mountains. *Acta Geologica Sinica*, 75(3):379~384 (in Chinese with English abstract).
- Guan Yuncai, Gao Tianshan, Wu Haiquan, 1995. The features and formation mechanism of the Mesozoic granitoid intrusion, the Dabie Mt. *Geology of Anhui*, 5(3):20~28 (in Chinese).
- Guan Yuncai, Wu Haiquan. 1997. The Baimajian super-unit association characteristics and its genitic mechanism. *Geology of Anhui*, 7(2):26~35 (in Chinese).
- Jian Ping, Liu Dunyi, Yang Weiran, Williams I S. 2000. Petrographical study of zircons and SHRIMP dating of the Caledonian Xionadian eclogite, Northwestern Dabie Mountains. *Acta Geologica Sinica*, 74(3):269~164 (in Chinese with English abstract).
- Krogh T E. 1973. A low-contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37: 485~489.
- Lu Yulin, Qian Cunchao, Zhou Cunting. 1995. The discovery of veined dacite brecciated lava in Yuexi, Anhui and its implications. *Geology of Anhui*, 6(4):41~46 (in Chinese).
- Tang Jiafu, Jin Yanren, Hou Mingjin, et al. 1995a. New tectonic framework of the Dabie—Zhanbaling area and non-plate-collision orogenesis. *Geology of Anhui*, 5(3):1~12(in Chinese).
- Tang Jiafu, Qian Cunchao, Gao Tianshan. 1995b. The discovery of mid-and-epi-metamorphic volcanic—volcanic-clastic rock bed association in eclogite belt and its geologic implication, the Dabie Mt. Area. *Geology of Anhui*, 5(2):29~36(in Chinese).

U-Pb Zircon Dating and Its Geological Significance of the Taoyuanzhai Volcanic Rock, Central Dabie Organic Belt

LIU Dunyi¹⁾, TANG Jiafu²⁾, ZHOU Chunting²⁾, GAO Tianshan²⁾, SHEN Hesheng²⁾, YANG Chun¹⁾

1) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*

2) *Annuli Institute of Geologic Survey, Hefei, 230001*

Abstract

Zircons from the Taoyuanzhai volcanic rock, central Dabie orogenic belt, Anhui Province, are dated using conventional and SIMS (1270) U-Pb methods. The eruption age is given at 129~136 Ma, suggesting a Late Jurassic—Cretaceous volcanic event, as well as a volcanic basin in the area. It is also suggested that the tectonic environment was probably similar to that of the North Huaiyang in the north. According to the residual volcanic topology, the height above sea and comparison to the thickness of volcanic sediments of the adjacent North Huaiyang Mesozoic volcanic basin, the erosion is estimated at about 3000 m in depth.

Key words: Dabie organic belt; Taoyuanzhai volcanic rocks; U-Pb dating