

皖东滁州盆地晚中生代火山岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义

马 芳¹, 薛怀民²

(1. 北京大学 地球与空间科学学院, 北京 100871; 2. 中国地质科学院 地质研究所, 北京 100037)

摘 要: 滁州盆地是长江中下游地区晚中生代发育的一系列断陷型火山岩盆地中的一个, 但与其他在早中生代拗陷基础上发育起来的“继承式”火山岩盆地不同, 它直接叠置在大别山造山带之上, 盆地基底岩石的时代较老, 属新元古代-早古生代地层。盆地内的火山岩主要为一套中酸性偏碱性的粗安质和粗面英安质岩石, 属高钾钙碱性系列, 地球化学特征上明显不同于长江中下游地区大多数盆地中火山岩所表现出的橄榄玄粗岩系列的特点(如宁芜盆地、庐枞盆地、溧水盆地、怀宁盆地)。应用 SHRIMP 锆石 U-Pb 法测得滁州盆地黄山坝组粗安岩的锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 128 ± 1 Ma。该年龄与长江中下游地区其他盆地中火山岩-潜火山岩的形成时代类似, 表明整个长江中下游地区的火山活动是在很短的时间内发生的。滁州盆地内的火山岩具有比长江中下游其他盆地中火山岩低得多的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值, 而类似于大别山造山带内晚中生代的花岗岩类侵入体, 指示其成因可能主要与古老下地壳物质的部分熔融有关。

关键词: 火山岩, 高 K 钙碱性系列, SHRIMP 锆石 U-Pb 定年, 滁州盆地, 大别山造山带

中图分类号: P588.14; P597+.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2011)05-0924-11

SHRIMP zircon U-Pb age of late Mesozoic volcanic rocks from the Chuzhou basin, eastern Anhui Province, and its geological significance

MA Fang¹ and XUE Huai-min²

(1. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 2. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: The Chuzhou basin, one of the several late Mesozoic volcanic basins developed in the middle and lower reaches of the Yangtze River, is the only basin directly superimposed upon the Dabie orogenic belt, with relatively old basement composed of Neoproterozoic-lower Paleozoic strata. The volcanic rocks in the Chuzhou basin are mainly intermediate-acidic trachyandesite and trachydacite, which belong to high-K cal-alkaline series and greatly differ from most late Mesozoic volcanic basins in the middle and lower reaches of the Yangtze River such as Ningwu basin, Luzong basin, Lishui basin and Huaining basin which belong to the shoshonitic series in geochemistry. In this study, the authors used zircon SHRIMP U-Pb technique to perform accurate dating of a trachyandesitic sample from the Huangshiba Formation in the Chuzhou basin, which yielded an emplacement age of 128 ± 1 Ma. This age is similar to the emplacement ages of volcanic/sub-volcanic rocks in other late Mesozoic volcanic basins, suggesting that the whole volcanism in the middle and lower reaches of the Yangtze River were developed in a very short period of time. The volcanic rocks in the Chuzhou basin have remarkably lower $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$

收稿日期: 2011-06-15; 修订日期: 2011-07-06

基金项目: 深部探测技术与实验研究专项(SinoProbe-05-05); 中国地质调查局地质调查项目(1212010711814); 地质矿产调查评价专项资助项目(1212011121116)

作者简介: 马 芳(1975-), 女, 地球化学专业, E-mail: mafran1234@sina.com

values than those in other volcanic basins but are similar to those of the late Mesozoic granitoid intrusive bodies in the Dabie orogen, indicating that their parent magma might have been mainly derived from partial melting of "old" lower crust.

Key words: volcanic rock; high-K calc-alkaline series; SHRIMP zircon U-Pb dating; Chuzhou basin; Dabie orogen

长江中下游地区在晚中生代(早白垩世)发育了一系列断陷型的火山岩盆地,自西而东依次为金牛盆地、怀宁盆地、庐枞盆地、繁昌盆地、滁州盆地、宁芜盆地、溧水盆地和溧阳盆地(图 1a),滁州盆地是其中规模最小的一个,研究程度相对较低。但与长江中下游地区其他火山岩盆地均是在早中生代拗陷基础上发育起来的“继承式”火山岩盆地不同,滁州盆地直接叠置在大别山造山带与苏鲁造山带之间张八岭隆起带之上(图 1b),盆地的基底为新元古代-早古生代地层。该盆地与邻近的庐枞盆地和宁芜盆地内的中生代火山岩在岩石地球化学特征上存在着很大的差异。对比研究不同盆地内火山岩的特征,对于了解扬子克拉通东部晚中生代火山作用的动力学机

制、示踪扬子克拉通基底的性质,乃至探讨晚中生代发生在中国东部岩石圈减薄的机制等都具有重要的意义。本文在总结已有的有关滁州盆地火山岩研究资料的基础上,主要报道了一组精确的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄,并通过与长江中下游其他盆地内晚中生代火山岩和大别山造山带内晚中生代花岗岩类侵入岩的对比,探讨了滁州盆地内岩浆的起源。

1 地质背景

1.1 构造背景与盆地下伏构造层

滁州盆地位于安徽省东部张八岭隆起带的东侧。该隆起带是连接大别造山带和苏鲁造山带之间

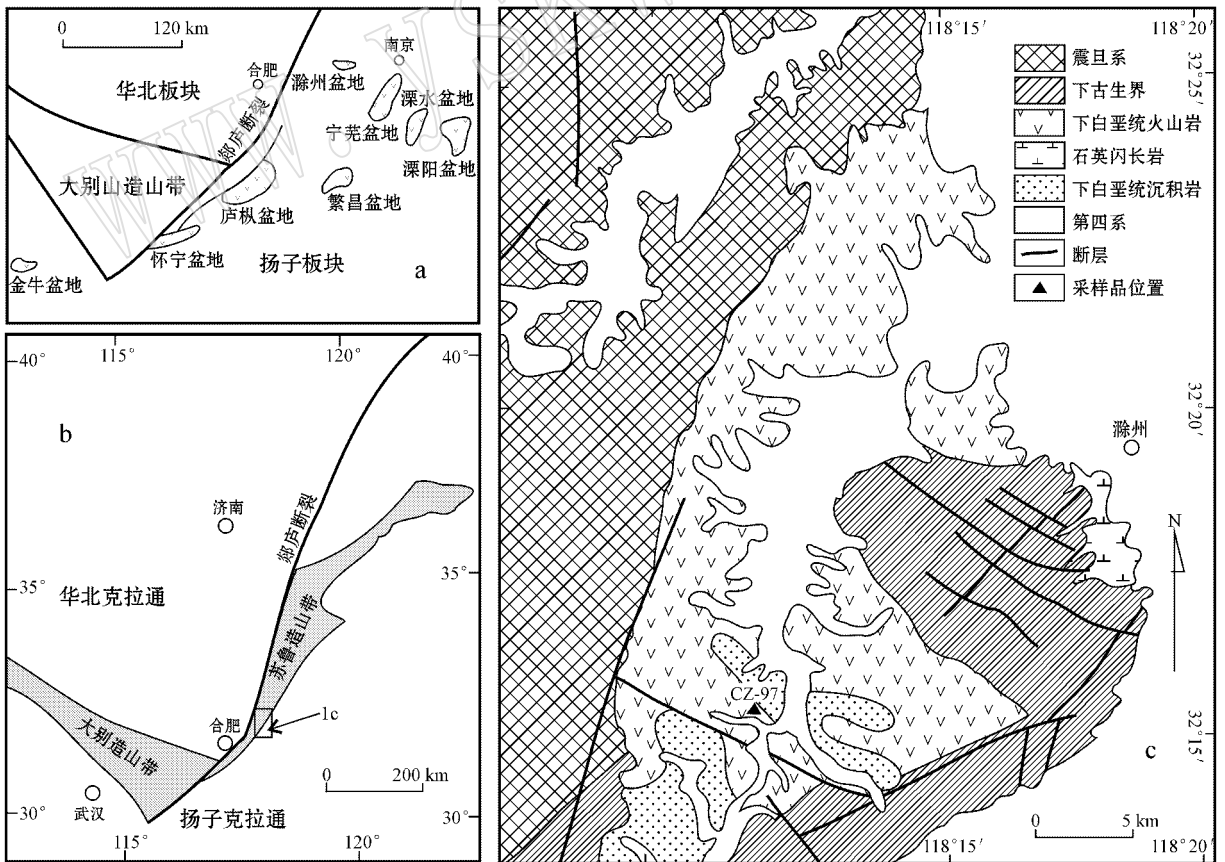


图 1 滁州火山岩盆地地质简图

Fig. 1 Simplified geological map of Chuzhou volcanic basin

的一套变质岩出露区,其分布严格受郟庐断裂带的控制,代表着扬子克拉通与华北克拉通之间的构造边界。普遍认为,张八岭隆起带及其以东地区属于扬子克拉通,而其西侧则为华北克拉通。据此,滁州火山岩盆地的基底应具有扬子克拉通的性质。但与长江中下游地区其他盆地内晚中生代火山岩的直接基底为早中生代陆相碎屑岩不同,滁州盆地内火山岩下伏基底的形成时代较老,其中盆地西部直接覆盖在新元古代晚期的灯影组之上,而盆地南部和东部则不整合于早古生代的地层之上(图 1c)。

滁州盆地所处的扬子克拉通东部(下扬子地区)中生代以前的构造层包括克拉通基底和震旦纪以来的沉积盖层两部分。其中克拉通基底不仅包含中新元古代的浅变质褶皱基底,可能还包含太古宙—古元古代的深变质结晶基底。虽然扬子克拉通范围内太古宙岩石目前仅见于湖北省宜昌附近的崆岭地区(如 Gao *et al.*, 1999; Qiu *et al.*, 2000; Zhang *et al.*, 2006; 高山等, 2001),但一些火山岩中捕获的锆石、岩浆岩/变质岩中的锆石继承核、沉积岩中碎屑锆石的 U-Pb 年龄以及显生宙花岗岩类侵入岩(及中酸性火山岩)普遍具有约 1.8~2.2 Ga 的 Nd 同位素模式年龄似乎都暗示,扬子克拉通内广泛存在着太古宙尤其是古元古代的基底(如 Zheng *et al.*, 2006; 张旗等, 2003; 郑永飞等, 2007)。但大量资料证明,约 700~825 Ma 的新元古代扬子克拉通经历过一次最强烈的构造-岩浆-热事件,形成了大量的岩浆岩(如 Ames, 1996; Rowley *et al.*, 1997; Xue *et al.*, 1997; Hacker *et al.*, 1998; Zheng *et al.*, 2004; Wu *et al.*, 2006; Xue *et al.*, 2006; 李献华, 1999; 李献华等, 2001; 薛怀民等, 2002)。扬子克拉通上的沉积盖层主要是震旦纪到中三叠世在较稳定的陆表海环境下沉积的一套巨厚的陆源碎屑岩和碳酸盐,厚度达 8~10 km。另外,在大别山造山带的前陆拗陷带内,局部沉积着一套(晚三叠世—中侏罗世)巨厚的陆相碎屑岩。

1.2 火山地质

滁州火山岩盆地受平行于郟庐断裂的次级断裂控制,长轴呈北北东向平行于断裂带延伸。该盆地是长江中下游地区晚中生代发育的一系列火山岩盆地中规模最小的一个,面积仅约 100 km² 左右。盆地内的中生代火山岩层厚度较薄,其分布明显受到古地形的制约,总体表现为自西向东厚度变薄。根据岩性变化可划分为 3 次火山喷发韵律,每个韵律

几乎都是以爆发式喷发形成的火山角砾岩或角砾凝灰岩开始,以溢流相的熔岩结束(齐进英, 1982)。在火山活动的末期有潜火山岩和浅成侵入岩侵位,成分主要为石英闪长玢岩。

1.3 岩石化学和地球化学特征

滁州盆地内火山岩为一套中酸性岩类,在 TAS 图解上主要位于粗安岩和粗面英安岩区域,少数落在粗面英安岩与英安岩交界附近(图 2a)。在 K₂O-SiO₂ 关系图上,滁州盆地内的火山岩大多属于高钾钙碱性系列,少数进入到中钾钙碱性区域(图 2b),与邻近的宁芜盆地(薛怀民等, 1989; 王元龙等, 2001)以及同处郟庐断裂旁的庐枞盆地(杨荣勇等, 1993; 孙冶东等, 1994; 刘洪等, 2002; 谢智等, 2007; 薛怀民等, 2010a, 2010b; Wang *et al.*, 2006)和怀宁盆地(薛怀民等, 待刊)内的火山岩(属典型的橄榄玄粗岩系列)明显不同。

2 样品与分析方法

2.1 样品描述

样品 CZ-97(采样位置为 N32°15.194', E118°12.209')为粗安岩,该样品的全岩化学成分见表 1。样品为斑状结构,斑晶主要为斜长石,有少量暗色矿物角闪石。基质为玻晶交织结构,由细小的斜长石和玻璃质构成。

2.2 锆石形貌

滁州盆地内粗安岩的锆石呈自形柱状,长/宽比一般 1/2 到 1/3。锆石晶体内部发育有密集的震荡生长环带(图 3),少数锆石晶体的内部还见有继承锆石的残留。

2.3 分析方法

全岩成分是在北京国家地质测试分析中心分析的,其中主元素用 X 荧光光谱法(XRF)完成,所用仪器为日本理学 3080,误差 < 0.5%;微量元素 Zr、Sr、Ba、Zn、Rb 和 Nb 也是用 X 荧光光谱法完成,所用仪器为 Rigaku-2100,误差分别为 Ba=5%,其他元素 < 3%。稀土元素及 V、Cr、Ni、Co、Cu、Pb、U、Th、Ta 和 Hf 用 TJA-PQ-ExCell 等离子体光谱仪分析,误差 < 5%。Sm-Nd 和 Rb-Sr 同位素是在中国科学院地质与地球物理研究所同位素实验室分析的,分析流程及实验条件与 Cohen 等(1988)、Chavagnac 和 Jahn(1996)及 Jahn 等(1996)所描述的类似。

锆石按常规方法分选,并在双目镜下仔细挑纯。

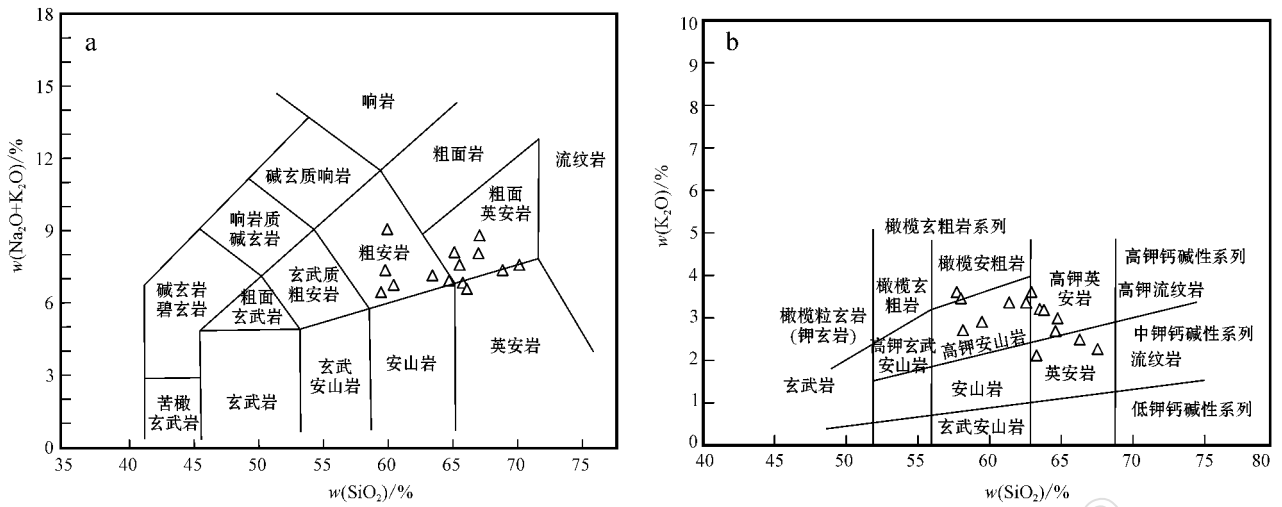


图 2 滁州盆地内代表性火山岩样品的 TAS 分类图 (a 据 Le Bas 等, 1986) 和 K₂O-SiO₂ 分类图 (b 据 Peccerillo & Taylor, 1976)

Fig. 2 TAS (a, after Le Bas *et al.*, 1986) and K₂O-SiO₂ (b, after Peccerillo & Taylor, 1976) classification diagrams of representative volcanic rock samples from Chuzhou basin

资料来源 本文; 齐进英 (1982); 谢成龙等 (2009)

Sources of data: this paper; Qi Jinying, 1982; Xie Chenglong *et al.*, 2009

表 1 滁州盆地粗安岩的常量 (w_B/%) 和微量元素 (w_B/10⁻⁶) 含量及 Sm-Nd 和 Rb-Sr 同位素组成

Table 1 Major elements (w_B/%), trace elements (w_B/10⁻⁶) and Nd-Sr isotopic compositions of trachyandesite sample from

Chuzhou basin

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	CO ₂	总量	Na ₂ O+K ₂ O	Na ₂ O/K ₂ O
63.75	0.58	15.22	4.77	0.09	0.06	3.27	3.48	3.72	3.21	0.24	1.38	0.30	100.07	6.93	1.16
Rb	Sr	Ba	Zr	Hf	Th	U	Nb	Ta	Y	Ga	V	Sc	Cr	Co	Ni
33.8	1120	1396	132	3.20	3.50	0.81	4.90	0.44	15.6	19.5	34.7	11.1	151	18.6	83.3
La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	(La/Yb) _N	Eu/Eu*
26.7	48.5	5.42	21.0	3.92	0.99	3.08	0.43	2.51	0.51	1.50	0.22	1.45	0.22	12.44	0.84
⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	I _{Sr}		¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	εNd(t)		T _{DM} /Ga		t/Ma					
0.1171	0.705981	0.705760		0.1089	0.511829	-14.35		1.92		128					

将锆石与一片 RSES 参考样 SL13 及数粒 TEMORA 置于环氧树脂中, 然后磨至约一半, 使锆石内部暴露, 再镀上黄金膜。定年测试是在中国地质科学院北京离子探针中心虚拟网络实验室利用澳大利亚 Curtin 理工大学的 SHRIMP II 离子探针仪完成的。分析点的选择首先根据已磨至一半的锆石反射和透射照片进行初选, 再与阴极发光照片反复对比, 力求避开内部矿物包裹体。仪器条件和数据采集参见 Williams (1998) 的有关描述。靶径约 25~30 μm, 数据通过 5 个循环收集。二次离子流强度约为 4.5 nA, 质量分辨率约 5 000。应用 RSES 参考锆石 TEMORA (417 Ma) 进行元素间的分馏校正, Pb-U 校正公式采用 Pb/U = A(UO/U) (Claoue-Long *et*

al., 1995)。用 ²⁰⁴Pb 校正普通 Pb。应用另一 RSES 参考样 SL13 年龄为 572 Ma, U 含量为 238 × 10⁻⁶ 标定所测锆石的 U、Th 和 Pb 含量。数据处理应用 Ludwig (2001) 的 Isoplot 程序。

3 分析结果

本次研究共对 16 颗锆石进行了 U-Pb 定年, 它们的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄比较集中, 介于 123.1~134.4 Ma 之间 (表 2), 且都位于 ²⁰⁶Pb/²³⁸U - ²⁰⁷Pb/²³⁵U 谐和线上或其附近, ²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 128 ± 1 Ma (图 4)。该年龄应代表滁州盆地内中生代火山岩的形成时代。

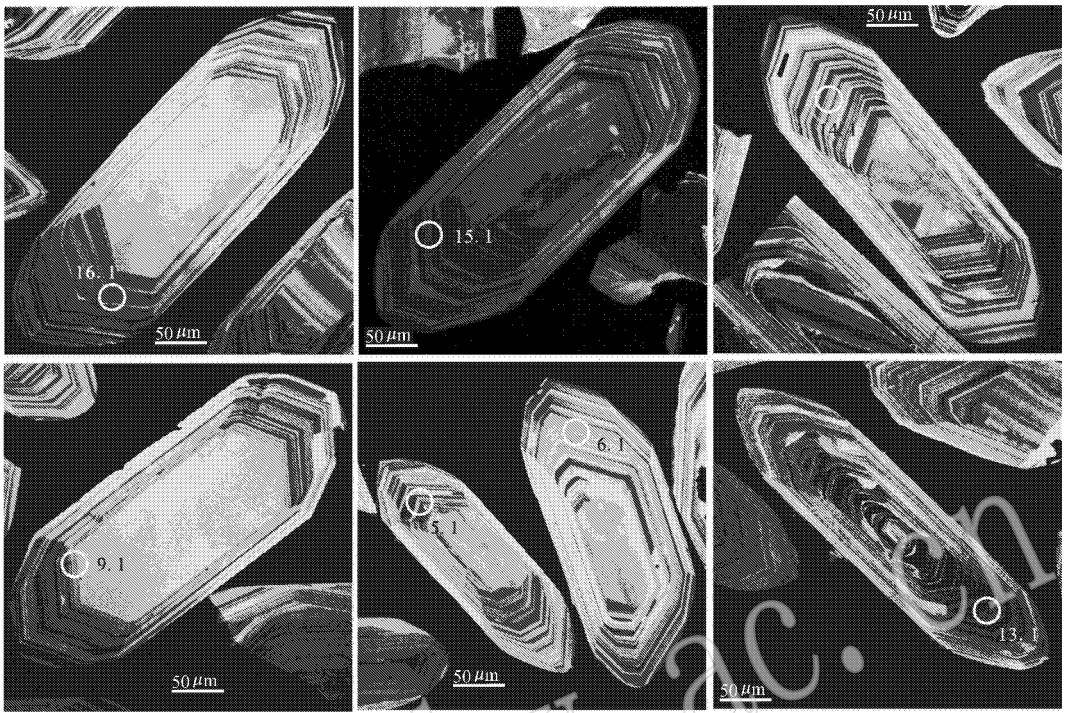


图 3 滁州盆地内粗安岩中锆石的阴极发光照片(CL)

Fig. 3 CL images of zircons from trachyandesite, Chuzhou basin

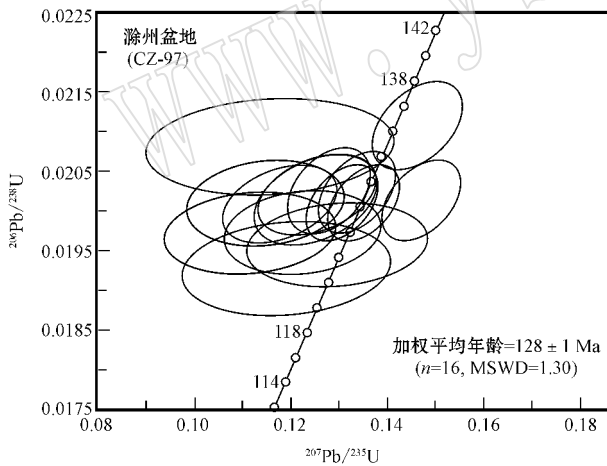


图 4 滁州盆地内粗安岩中锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} - ^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和图

Fig. 4 Concordia diagram showing SHRIMP analytical points for zircons from trachyandesite, Chuzhou basin

4 讨论

4.1 与其他盆地内火山作用时代的对比

有关滁州盆地内中生代火山岩的形成时代,谢成龙等(2007)曾用 LA-ICP-MS 法测得其中锆石的

U-Pb 年龄介于 132~116 Ma 之间,本文测得这套火山岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 128 ± 1 Ma,属于早白垩世。

近几年,陆续有了一些长江中下游地区中生代火山岩盆地内高精度的年龄资料发表,其中对于宁芜盆地,张旗等(2003)曾测得盆地内火山活动早期形成的龙王山组和大王山组的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分别为 131 ± 4 Ma 和 127 ± 3 Ma;侯可军等(2010)测得大王山组粗安岩和姑山组英安岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄分别为 130.3 ± 0.9 Ma 和 128.2 ± 1.3 Ma;闫峻等(2009)测得该盆地最晚期形成的娘娘山组火山岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 130.6 ± 1.1 Ma。另外,对于宁芜盆地内与成矿有关(大王山组)潜火山岩,不同学者分别用 SHRIMP 和 LA-ICP-MS 法测得的锆石 U-Pb 年龄介于 128~131 Ma 之间(范裕等,2010;侯可军等,2010;薛怀民等,2010b)。

对于庐枞盆地,周涛发等(2008)测得其中 4 个旋回火山岩(龙门院组、砖桥组、双庙组和浮山组)的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄分别为 134.8 ± 1.8 、 134.1 ± 1.6 、 130.5 ± 0.8 和 127.1 ± 1.2 Ma,与早期发表的部分 K-Ar 法年龄或 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄

表 2 滁州盆地内粗安岩的锆石 U-Pb SHRIMP 分析结果
Table 2 SHRIMP analytical results of zircons from volcanic rocks in Chuzhou basin

分析点	$f^{206}\text{Pb}/\%$		$w_B/10^{-6}$		$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		t/Ma		不谐和性		比值					
	U	Th	U	Th	$^{206}\text{Pb}^*$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$\pm 1\sigma$	/ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm \%$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm \%$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm \%$	
1.1	1.27	62	230	62	4.2	0.28	132.9	2.5	377	105	21	140	0.0403	14.6	0.12	14.8	0.0208	1.9
2.1	-0.29	75	365	75	6.6	0.21	134.4	2.3	211	89	150	36	0.0503	3.9	0.15	4.2	0.0211	1.7
3.1	0.33	71	290	71	5.1	0.25	129.3	2.2	104	116	7	1684	0.0459	4.3	0.13	4.6	0.0203	1.7
4.1	0.00	87	357	87	6.2	0.25	128.5	2.2	327	71	125	61	0.0530	3.1	0.15	3.6	0.0201	1.7
5.1	1.23	100	475	100	8.2	0.22	126.0	2.2	265	76	20	144	0.0410	10.4	0.11	10.6	0.0197	1.7
6.1	0.85	84	299	84	5.1	0.29	126.0	2.2	209	107	13	326	0.0450	8.6	0.12	8.8	0.0197	1.8
7.1	0.37	94	494	94	8.6	0.20	128.3	2.1	92	105	124	-39	.0479	4.4	0.13	4.7	0.0201	1.7
8.1	0.75	78	287	78	4.8	0.28	123.1	2.5	291	100	19	277	0.0447	11.9	0.12	12.1	0.0193	2.0
9.1	0.72	230	554	230	9.6	0.43	128.0	2.1	175	170	7	173	0.0429	6.8	0.12	7.0	0.0201	1.7
10.1	0.73	48	234	48	4.1	0.21	128.9	2.3	7	178	109	2023	0.0459	7.4	0.13	7.6	0.0202	1.8
11.1	0.88	72	288	72	5.0	0.26	128.5	2.3	-49	163	105	362	0.0451	6.7	0.13	6.9	0.0201	1.8
12.1	0.40	103	322	103	5.4	0.33	125.0	2.2	98	221	113	14	0.0480	9.3	0.13	9.5	0.0196	1.8
13.1	0.33	106	578	106	10.1	0.19	129.2	2.1	99	86	115	8	0.0480	3.6	0.13	4.0	0.0202	1.7
14.1	0.38	100	580	100	10.1	0.18	128.4	2.1	136	76	114	5	0.0487	3.3	0.14	3.6	0.0201	1.6
15.1	1.34	88	338	88	5.9	0.27	128.4	2.2	-282	224	90	146	0.0411	8.8	0.11	9.0	0.0201	1.8
16.1	0.50	91	361	91	6.3	0.26	129.1	2.7	-6	96	124	2256	0.0459	4.0	0.13	4.5	0.0202	2.1

注：误差为 1σ , Pb^* 为放射性成因 Pb, $f^{206}/\%$ 为普通 Pb 占全 Pb 的百分比。

范围内类似(Wang & McDougall, 1980; 刘洪等, 2002)。另外,对于庐枞盆地内的潜火山岩/浅成侵入岩,近来也有大量的年龄资料发表,它们的侵位时代主要介于 127~134 Ma 之间(周涛发等, 2007, 2010; 范裕等, 2008; 薛怀民等, 2010b; 张乐骏等, 2010; 曾键年等, 2010),与火山喷发的时代类似。

至于长江中下游的其他火山岩盆地,袁峰等(2010)测得繁昌盆地内中分村组粗安岩、赤沙组黑云母粗安斑岩、蝌蚪山组流纹岩及山梁山组黑云母粗面岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄分别为 134.4 ± 2.9 、 131.3 ± 1.8 、 130.8 ± 2.2 和 128.1 ± 3.1 Ma, 闫峻等(2009)测得该盆地中蝌蚪山组火山的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 130.7 ± 1.1 Ma, 禹尧等(2009)测得溧水盆地龙王山组粗面岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 128.7 ± 1.8 Ma, 谢桂青等(2006)测得鄂东南金牛盆地中大寺组英安岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 128 ± 3 Ma。最近笔者对区内多个盆地内的火山岩进行了 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年(尚未发表资料),其中溧水盆地大王山组的形成年龄为 127.1 ± 1.2 Ma, 溧阳盆地大王山组的形成年龄为 129.1 ± 1.1 Ma, 怀宁盆地江镇组的形成年龄为 129.4 ± 1.6 Ma。由此可见,长江中下游地区晚中生代众多火山岩盆地中岩浆活动的时间非常类似,持续的时间很短(≤ 6 Ma)。

对于包括长江中下游地区在内的整个中国东部晚中生代岩浆作用,目前多认为形成于我国大陆东部晚中生代-新生代软流圈上涌和岩石圈减薄的动力学背景下(邓晋福等, 1994; 张宏福等, 2005; 路凤香等, 2006; 郑建平等, 2006; 周新华, 2006; 薛怀民等, 2009; Xu *et al.*, 2000; Xu, 2001; Gao *et al.*, 2004; Wu *et al.*, 2005),减薄机制主要包括拆沉模式和热侵蚀模式两种观点,前者强调岩石圈重物质的“突发性”下沉,后者则强调软流圈轻物质“逐渐地”上涌。基于整个长江中下游地区的火山-潜火山岩是在很短的时间内形成的,意味着“突发性”机械拆沉可能是区内岩石圈减薄的主要机制。

4.2 岩浆成因

对于滁州盆地内中生代火山岩的岩浆成因,谢成龙等(2009)认为,岩浆源区属于华北克拉通,是由EMI型富集地幔部分熔融形成的岩浆与古老的华北下地壳部分熔融形成的岩浆混合的结果,并认为随着喷发作用的进行,岩浆中古老下地壳端员所占比例增加。基于滁州盆地虽然位于扬子克拉通与华

北克拉通的构造边界附近,但盆地是叠置在扬子克拉通之上,并且盆地内的火山岩中缺少类似于华北克拉通岩石年龄(太古宙或古元古代)的捕获锆石或锆石继承核,笔者认为,滁州盆地内中生代火山岩的岩浆源区应为扬子克拉通。

但与长江中下游地区其他盆地晚中生代的火山岩相比,滁州盆地内中生代火山岩具有低得多的 $\epsilon Nd(t)$ 值,而类似于大别山造山带内晚中生代花岗岩类侵入体的 $\epsilon Nd(t)$ 值(图5)。它们的 Nd 同位素模式年龄为 ~ 2.0 Ga 左右,指示它们可能主要是由古元古代的扬子克拉通下地壳物质部分熔融形成的,明显不同于邻近的其他火山岩盆地(如宁芜盆地、庐枞盆地、溧水盆地、怀宁盆地)主要是由富集的扬子克拉通岩石圈地幔部分熔融形成的橄榄玄粗岩系列岩石。

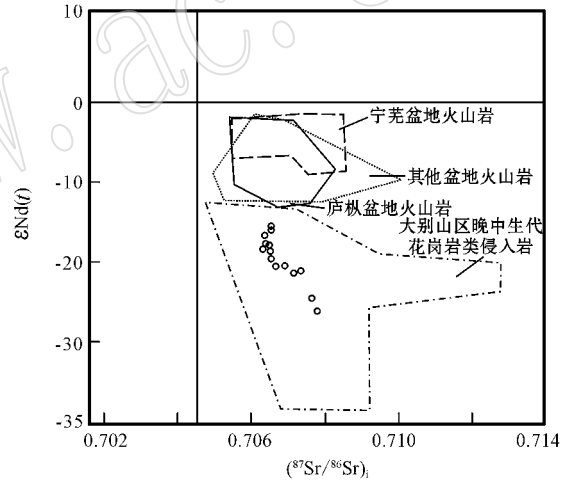


图5 滁州盆地火山岩的 $\epsilon Nd(t)$ -($^{87}Sr/^{86}Sr$) 关系图
Fig. 5 Diagram of $\epsilon Nd(t)$ -($^{87}Sr/^{86}Sr$) for volcanic rocks in Chuzhou basin

资料来源:本文;汪强等,2000;魏春景等,2000;葛宁洁等,2001;刘洪等,2002;李超文等,2004;徐晓军等,2005;谢智等,2007;闫峻等,2005;谢桂青等,2006;赵新福等,2007;周红升等,2009;谢成龙等,2009;薛怀民等,2010a; Ma *et al.*, 1998; Chen J F *et al.*, 2001; Chen B *et al.*, 2002; Zhang *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2006

Sources of data: this paper; Wang Qiang *et al.*, 2000; Wei Chun-jing *et al.*, 2000; Ge Ningjie *et al.*, 2001; Liu Hong *et al.*, 2002; Li Chaowen *et al.*, 2004; Xu Xiaojun *et al.*, 2005; Xie Zhi *et al.*, 2007; Yan Jun *et al.*, 2005; Xie Guiqing *et al.*, 2006; Zhao Xinfu *et al.*, 2007; Zhou Hongsheng *et al.*, 2009; Xie Chenglong *et al.*, 2009; Xue Huaimin *et al.*, 2010a; Ma *et al.*, 1998; Chen J F *et al.*, 2001; Chen B *et al.*, 2002; Zhang *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2006

5 结论

(1) 滁州盆地内火山岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb

年龄为 128 ± 1 Ma, 与长江中下游地区其他盆地中火山岩/潜火山岩的形成时代类似;

(2) 滁州盆地内的火山岩具有比长江中下游其他盆地内火山岩低得多的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值, 主要是由古元古代的扬子克拉通下地壳物质部分熔融形成的。

References

- Ames L, Zhou G and Xiong B. 1996. Geochronology and isotopic character of ultrahigh-pressure metamorphism with implications for collision of the Sino-Korean and Yangtze Cratons, central China [J]. *Tectonics*, 15: 472~489.
- Chavagnac V and Jahn B M. 1996. Coesite-bearing eclogites from the Bixiling Complex, Dabie Mountains, China: Sm-Nd ages, geochemical characteristics and tectonic implications [J]. *Chemical Geology*, 133: 29~51.
- Chen B, Jahn B M and Wei C J. 2002. Petrogenesis of Mesozoic granitoids in the Dabie UHP complex, Central China: trace element and Nd-Sr isotope evidence [J]. *Lithos*, 60: 67~88.
- Chen J F, Yan J and Xie Z. 2001. Nd and Sr isotopic compositions of igneous rocks from the Lower Yangtze region in Eastern China: constraints on Sources [J]. *Phys. Chem. Earth*, 26: 719~731.
- Claoue-Long J C, Compston W, Roberts J, et al. 1995. Two Carboniferous ages: a comparison of SHRIMP zircon dating with conventional zircon ages and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analysis [A]. Berggren W A, Kent D V, Aubry M P, et al. *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation* [C]. SEPM Special Publication, 5: 3~31.
- Cohen A S, O'Nions R K, Siegenthaler R, et al. 1988. Chronology of the pressure-temperature history recorded by a granulite terrain [J]. *Contribution to Mineral and Petrology*, 98: 303~311.
- Deng Jinfu, Mo Xuanxue, Zhao Hailing, et al. 1994. Lithosphere root/de-rooting and activation of the east China continent [J]. *Geoscience*, 8: 349~356 (in Chinese with English abstract).
- Fan Yu, Zhou Taofa, Yuan Feng, et al. 2008. LA-ICP MS zircon U-Pb ages of the A-type granites in the Lu-Zong (Lujiang-Zongyang) area and their geological significance [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 24(8): 1715~1724 (in Chinese with English abstract).
- Fan Yu, Zhou Taofa, Yuan Feng, et al. 2010. Geochronology of the diorite porphyrites in Ning-Wu basin and their metallogenic significance [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(9): 2715~2728 (in Chinese with English abstract).
- Gao S, Ling W L, Qiu Y M, et al. 1999. Contrasting geochemical and Sm-Nd isotopic compositions of Archean metasediments from the Kongling high-grade terrain of the Yangtze craton: Evidence for cratonic evolution and redistribution of Re during crustal anatexis [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 63(13/14): 2071~2088.
- Gao S, Rudnick R L, Yuan H L, et al. 2004. Recycling lower continental crust in the North China craton [J]. *Nature*, 432: 892~897.
- Ge Ningjie, Li Huiyu, Hou Zhenhui, et al. 2001. Nd-Sr isotope geochemistry of the Baimajian granite in the Dabie orogen [J]. *Geological Review*, 47(2): 184~187 (in Chinese with English abstract).
- Hacker B R, Retschbacher L, Webb L, et al. 1998. U/Pb zircon ages constrain the architecture of the ultrahigh-pressure Qinling-Dabie orogen, China [J]. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 161: 215~230.
- Hou Kejun and Yuan Shunda. 2010. Zircon U-Pb age and Hf isotopic composition of the volcanic and sub-volcanic rocks in the Ningwu basin and their geological implication [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(3): 888~902 (in Chinese with English abstract).
- Jahn B M, Cornicher J, Cong B, et al. 1996. Ultrahigh ϵ_{Nd} eclogites from an UHP metamorphic terrane of China [J]. *Chemical Geology*, 127: 61~79.
- Le Bas M, Le Maitre R W, Streckeisen A, et al. 1986. A chemical classification of volcanic rocks based total alkali-silica diagram [J]. *Journal of Petrology*, 27: 745~750.
- Li Chaowen, Guo Feng and Li Xiaoyong. 2004. Petrogenesis and geodynamic implications of Late Mesozoic mafic volcanic rocks from the Lishui Basin of the Lower Yangtze region [J]. *Geochimica*, 33(4): 361~371 (in Chinese with English abstract).
- Li Xianhua. 1999. U-Pb zircon ages of granites from northern Guangxi and their tectonic significance [J]. *Geochimica*, 28(1): 1~9 (in Chinese with English abstract).
- Li Xianhua, Li Zhengxiang, Ge Wenchun, et al. 2001. U-Pb zircon ages of the Neoproterozoic granitoids in south China and their tectonic implication [J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 20(4): 271~273 (in Chinese with English abstract).
- Liu Hong, Qiu Jiansheng, Luo Qinghua, et al. 2002. Petrogenesis of the Mesozoic potash-rich volcanic rocks in the Luzong basin, Anhui Province: Geochemical constraints [J]. *Geochimica*, 31(2): 129~140 (in Chinese with English abstract).
- Lu Fengxiang, Zheng Jianping, Shao Ji'an, et al. 2006. Asthenospheric upwelling and lithospheric thinning in late Cretaceous-Cenozoic in eastern North China [J]. *Earth Sci. Front.*, 13: 87~92 (in Chinese with English abstract).
- Ludwig K R. 2001. Users manual for Isoplot/Ex (rev. 2.49): A geochronological toolkit for Microsoft Excel [A]. Berkeley Geochronology Center, Special Publication [C]. 1a: 1~55.
- Ma C Q, Li Z C, Ehlers C, et al. 1998. A post-collisional magmatic plumbing system: Mesozoic granitoid plutons from the Dabieshan high-pressure and ultrahigh-pressure metamorphic zone, east-central China [J]. *Lithos*, 45: 431~456.
- Peccerillo A and Taylor S R. 1976. Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey [J]. *Contribution to Mineralogy & Petrology*, 58: 68~81.
- Qi Jinying. 1982. Petrochemistry of Mesozoic volcanic rocks in the Chu County, Anhui province and the characteristics of plagioclase [J]. *Scientia Geologica Sinica*, (2): 152~161 (in Chinese with English abstract).

- Qiu Y M, Gao S, McNaughton N J, *et al.* 2000. First evidence of ≥ 3.2 Ga continental crust in the Yangtze craton of South China and its implications for Archean crustal evolution and Phanerozoic tectonics[J]. *Geology*, 28: 11~14.
- Rowley D B, Xue F, Tucker R D, *et al.* 1997. Ages of ultrahigh pressure metamorphism and protolith orthogneisses from the eastern Dabie Shan: U/Pb zircon Geochronology[J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 151: 191~203.
- Sun Yedong, Yang Rongyong, Ren Qijiang, *et al.* 1994. Discussion on the characteristics and tectonic setting of the Mesozoic volcanic sequences in Lujiang Zongyong area[J]. *Acta Petrol. Sinica*, 10(1): 94~103 (in Chinese with English abstract).
- Wang Qiang, Wang Renjing, Qiu Jiexiang, *et al.* 2000. Petrogenesis of Jiuzihe granites in the core of Dabie Mountains[J]. *Geochimica*, 29(2): 120~131 (in Chinese with English abstract).
- Wang Q, Wyman D A, Xu J F, *et al.* 2006. Petrogenesis of Cretaceous adakitic and shoshonitic igneous rocks in the Luzong area, Anhui Province (eastern China): Implications for geodynamics and Cu-Au mineralization[J]. *Lithos*, 89(3/4): 424~446.
- Wang S S and McDougall I. 1980. K-Ar and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages on Mesozoic volcanic rocks from the Lower Yangtze volcanic zone, south-eastern China[J]. *J. Geol. Soc. Aus.*, 27: 121~128.
- Wang Yuanlong, Zhang Qi and Wang Yan. 2001. Geochemical characteristics and geodynamic significance of volcanic rocks in Ningwu area, Jiangsu province, eastern China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 17(4): 565~575 (in Chinese with English abstract).
- Wei Chunjing, Zhang Lifei and Wang Shiguang. 2000. Mesozoic high-K granitic rocks and its geological implication of Dabie mountains, Anhui province[J]. *Science in China (Ser. D)*, 30(4): 355~363 (in Chinese).
- Williams I S. 1998. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In: Mickibben M A, Shanks III W C, and Ridley W I eds. Applications of micro analytical techniques to understanding mineralizing processes[J]. *Reviews of Economic Geology*, 7: 1~35.
- Wu F Y, Lin J Q and Wilde S A. 2005. Nature and significance of the Early Cretaceous giant igneous event in eastern China[J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 233: 103~119.
- Wu R X, Zheng Y F, Wu Y B, *et al.* 2006. Reworking of juvenile crust: element and isotope evidence from Neoproterozoic granodiorite in South China[J]. *Precambrian Res.*, 146: 179~21.
- Xie Chenglong, Zhu Guang, Niu Manlan, *et al.* 2007. LA-ICP MS zircon U-Pb ages of the Mesozoic volcanic rocks from Chuzhou area and their tectonic significances[J]. *Geological Review*, 53(5): 642~655 (in Chinese with English abstract).
- Xie Chenglong, Zhu Guang, Niu Manlan, *et al.* 2009. Geochemistry of late Mesozoic volcanic rocks Chuzhou area and its implication for the lithospheric thinning beneath the Tan-Lu fault zone[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(1): 92~108 (in Chinese with English abstract).
- Xie Zhi, Li Quanzhong, Chen Jiangfeng, *et al.* 2007. The geochemical characteristics of the early-Cretaceous volcanics in Luzong region and their source significances[J]. *Geological Journal of China Universities*, 13(2): 235~249 (in Chinese with English abstract).
- Xu Xiaojun, Zhao Zifu, Zheng Yongfei, *et al.* 2005. Element and isotope geochemistry of Mesozoic intermediate-felsic rocks at Tianzhushan in the Dabie orogen[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 21(3): 607~622 (in Chinese with English abstract).
- Xu X S, O'Reilly S Y, Griffin W L, *et al.* 2000. Genesis of young lithospheric mantle in Southeastern China: an LAM-ICPMS trace element study[J]. *J. Petrol.*, 41: 111~148.
- Xu Y G. 2001. Thermo-tectonic destruction of the Achaean lithospheric keel beneath the Sino-Korean craton in China: evidence, timing and mechanism[J]. *Phys. Chem. Earth*, 26: 747~757.
- Xue F, Rowley D B, Tucker R D, *et al.* 1997. U-Pb zircon ages of granitoid rocks in the North Dabie complex, eastern Dabie Shan, China[J]. *J. Geol.*, 105: 744~753.
- Xue Huaimin, Dong Shuwen and Jian Ping. 2006. Zircon U-Pb SHRIMP ages of weakly to unmetamorphosed granitoids of the Yangtze basement outcrop in Dabieshan, central China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27: 779~787.
- Xue Huaimin, Dong Shuwen and Liu Xiaochun. 2002. U/Pb Zircon dating of granitic gneisses in eastern Dabie mountains, central China[J]. *Chinese Journal of Geology*, 37(2): 165~174 (in Chinese with English abstract).
- Xue Huaimin, Dong Shuwen and Ma Fang. 2010a. Shoshonitic volcanic rocks in the Luzong basin, Anhui Province (eastern China): geochemical and isotopic constraints on Cretaceous lithospheric thinning of the lower Yangtze region[J]. *Chinese Journal of Geology*, 84(5): 664~681 (in Chinese with English abstract).
- Xue Huaimin, Dong Shuwen and Ma Fang. 2010b. Zircon U-Pb SHRIMP ages of sub-volcanic bodies related with porphyritic Fe-deposits in the Luzong and Ningwu basins, Middle and lower Yangtze River reaches, central China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(9): 2653~2664 (in Chinese with English abstract).
- Xue Huaimin and Tao Kuiyuan. 1989. New view of the Mesozoic volcanic sequences in Ningwu[J]. *Jiangsu Geology*, (4): 9~14 (in Chinese with English abstract).
- Xue Huaimin, Wang Yinggeng, Ma Fang, *et al.* 2009. Zircon U-Pb SHRIMP ages of the Taiping (calc-alkaline)-Huangshan (alkaline) composite intrusion: Constraints on Mesozoic lithospheric thinning of the southeastern Yangtze craton, China[J]. *Science in China (Series D)*, 52: 1679~1870.
- Yan Jun, Chen Jiangfeng, Xie Zhi, *et al.* 2005. Geochemistry of Late Mesozoic basalts from Kedoushan in the middle and Lower Yangtze regions: Constraints of characteristics and evolution of the lithospheric mantle[J]. *Geochimica*, 34(5): 455~469 (in Chinese with English abstract).
- Yan Jun, Liu Haiquan, Song Chuanzhong, *et al.* 2009. Zircon U-Pb geochronology of the volcanic rocks from Fanchang-Ningwu volcanic basins in the Lower Yangtze region and its geological implications[J]. *Chinese Science Bulletin*, 54(12): 1716~1724 (in Chinese).

- Yang Rongyong, Ren Qijiang, Xu Zhaowen, *et al.* 1993. The magma source of Bajiatan volcanic-intrusive complex in the Lujiang-Zongyang area, Anhui province [J]. *Geochimica*, 2: 197~206 (in Chinese with English abstract).
- Yu Yao and Xu Xisheng. 2009. Cretaceous alkali-rich magmatism in the middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. *Earth Science*, 34(1): 105~116 (in Chinese with English abstract).
- Yuan Feng, Zhou Taofa, Fan Yu, *et al.* 2010. LA-ICPMS U-Pb ages of zircons from Mesozoic volcanic rocks and their significance in Fanchang basin, Anhui Province, China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(9): 2805~2817 (in Chinese with English abstract).
- Zeng Jiannian, Qin Yongjun, Guo Kunyi, *et al.* 2010. Zircon U-Pb Dating of Ore-bearing magmatic rocks and its constraint on the formation time of the ore deposits in Luzong basin, Anhui Province [J]. *Acta Geologica Sinica*, 84(4): 466~478 (in Chinese with English abstract).
- Zhang H F, Gao S, Zhong Z Q, *et al.* 2002. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of Cretaceous granitoids: Constraints on tectonic framework and crustal structure of the Dabieshan ultra-high-pressure metamorphic belt, China [J]. *Chem. Geol.*, 186: 281~299.
- Zhang Hongfu, Zhou Xinhua, Fan Weiming, *et al.* 2005. Nature, composition, enrichment processes and its mechanism of the Mesozoic lithospheric mantle beneath the southeastern North China Craton [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 21(4): 1271~1280 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Lejun, Zhou Taofa, Fan Yu, *et al.* 2010. Dating of copper mineralization in Jingbian deposit and its prospecting significance in Luzong basin, Anhui Province [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(9): 2729~2738 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Qi, Jian Ping, Liu Dunyi, *et al.* 2003. SHRIMP dating of volcanic rocks from Ningwu area and its geological implications [J]. *Science in China (Series D: Earth Sciences)*, 46(8): 830~837 (in Chinese).
- Zhang S B, Zheng Y F, Fu Y B, *et al.* 2006. Zircon isotope evidence for ≥ 3.5 Ga continental crust in the Yangtze craton of China [J]. *Precambrian Res.*, 146: 16~34.
- Zhao Xinfu, Li Jianwei, Ma Changqian, *et al.* 2007. geochronology and geochemistry of the Gubei granodiorite, north Huaiyang: Implications for Mesozoic transition of the Dabie orogen [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23: 1392~1402 (in Chinese with English abstract).
- Zheng J P, Griffin W L, O'Reilly S Y, *et al.* 2006. Windswept Archean basement beneath the Yangtze craton [J]. *Geology*, 34: 417~420.
- Zheng Jianping, Lu Fengxiang, Griffin W L, *et al.* 2006. Lithospheric thinning accompanying mantle lateral spreading, erosion and replacement beneath the eastern part of North China: evidence from peridotite [J]. *Earth Sci. Front.*, 13: 77~85 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Y F, Wu Y B, Chen F K, *et al.* 2004. Zircon U-Pb and oxygen isotope evidence for a large-scale ^{18}O depletion event in igneous rocks during the Neoproterozoic [J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 68: 4145~4165.
- Zhou Hongsheng, Ma Changqian and Chen Ling. 2009. Petrogenesis and tectonic implication of Yanzigang alkali pluton in the Dabie orogenic belt: Constraints from the zircon U-Pb ages and geochemistry [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(5): 1079~1091 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Taofa, Fan Yu, Yuan Feng, *et al.* 2010. Temporal-spatial framework of magmatic intrusions in Luzong volcanic basin in East China and their constrain to mineralization [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(9): 2694~2714 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Taofa, Song Mingyi, Fan Yu, *et al.* 2007. Chronology of the Bajiatan intrusion in the Luzong basin, Anhui, and its significance [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(10): 2379~2386 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Xinhua. 2006. Major transformation of subcontinental lithosphere beneath eastern China in the Cenozoic-Mesozoic: review and prospect [J]. *Earth Sci. Front.*, 13: 50~64 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 邓晋福, 莫宣学, 赵海玲, 等. 1994. 中国东部岩石圈去根/去根作用与大陆“活化” [J]. *现代地质*, 8: 349~356.
- 范裕, 周涛发, 袁峰, 等. 2010. 宁芜盆地闪长玢岩的形成时代及对成矿的指示意义 [J]. *岩石学报*, 26(9): 2715~2728.
- 范裕, 周涛发, 袁峰, 等. 2008. 安徽庐江-枞阳地区 A 型盆花岗岩的 LA-ICPMS 定年及其地质意义 [J]. *岩石学报*, 24(8): 1715~1724.
- 高山, Qiu Y, 凌文黎, 等. 2001. 崆岭高级变质地体单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究——扬子克拉通 >3.2 Ga 陆壳物质的发现 [J]. *中国科学(D)*, 31(1): 27~35.
- 葛宁洁, 李惠玉, 侯振辉, 等. 2001. 大别造山带白马尖花岗岩体的铍同位素地球化学研究 [J]. *地质论评*, 47(2): 184~187.
- 侯可军, 袁顺达. 2010. 宁芜盆地火山-次火山岩的锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素组成及其地质意义 [J]. *岩石学报*, 26(3): 888~902.
- 李超文, 郭锋, 李晓勇. 2004. 溧水盆地晚中生代基性火山岩成因与深部动力学过程探讨 [J]. *地球化学*, 33(4): 361~371.
- 李献华. 1999. 广西北部新元古代花岗岩锆石 U-Pb 年代学及其构造意义 [J]. *地球化学*, 28(1): 1~9.
- 李献华, 李正祥, 葛文春, 等. 2001. 华南新元古代花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及其构造意义 [J]. *矿物岩石地球化学通报*, 20(4): 271~273.
- 刘洪, 邱检生, 罗清华, 等. 2002. 安徽庐枞中生代富钾火山岩成因的地球化学制约 [J]. *地球化学*, 31(2): 129~140.
- 路凤香, 郑建平, 邵济安, 等. 2006. 华北东部中生代晚期-新生代软流圈上涌与岩石圈减薄 [J]. *地学前缘*, 13(2): 87~92.
- 齐进英. 1982. 安徽滁县中生代火山岩岩石化学及斜长石特征 [J]. *地质科学*, (2): 152~161.
- 孙治东, 杨荣勇, 任启江, 等. 1994. 安徽庐枞中生代火山岩系的特征及其形成的构造背景 [J]. *岩石学报*, 10(1): 94~103.

- 王强, 王人镜, 邱家骥, 等. 2000. 大别山核部九资河花岗岩体成因[J]. 地球化学, 29(2): 120~131.
- 王元龙, 张旗, 王焰. 2001. 宁芜火山岩的地球化学特征及其意义[J]. 岩石学报, 17(4): 565~57.
- 魏春景, 张立飞, 王式泮. 2000. 安徽省大别山东段中生代高钾花岗岩岩石及其地质意义[J]. 中国科学, 30(4): 355~363.
- 谢成龙, 朱光, 牛漫兰, 等. 2007. 滁州中生代火山岩 LA-ICP MS 锆石 U-Pb 年龄及其构造地质学意义[J]. 地质论评, 53(5): 642~655.
- 谢成龙, 朱光, 牛漫兰, 等. 2009. 滁州火山岩地球化学及其对庐断裂带内岩石圈减薄的指示[J]. 岩石学报, 25(1): 92~108.
- 谢桂青, 毛景文, 李瑞玲, 等. 2006. 长久中下游鄂东南地区大寺组火山岩 SHRIMP 定年及其意义[J]. 科学通报, 51: 2 283~2 291.
- 谢智, 李全忠, 陈江峰, 等. 2007. 庐枞早白垩世火山岩的地球化学特征及其源区意义[J]. 高校地质学报, 13(2): 235~249.
- 徐小军, 赵子福, 郑永飞, 等. 2005. 大别造山带天柱山燕山期中酸性岩岩体元素和同位素地球化学研究[J]. 岩石学报, 21(3): 607~62.
- 薛怀民, 董树文, 刘晓春. 2002. 大别山东部花岗岩片麻岩的锆石 U-Pb 年代学[J]. 地质科学, 37(2): 165~174.
- 薛怀民, 董树文, 马芳. 2010a. 安徽庐枞火山岩盆地橄榄玄粗岩系的地球化学特征及其对下扬子地区晚中生代岩石圈减薄机制的约束[J]. 地质学报, 84(5): 664~681.
- 薛怀民, 董树文, 马芳. 2010b. 长江中下游地区庐(江)-枞(阳)和宁(南京)-芜(湖)盆地内与成矿有关潜火山岩体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄[J]. 岩石学报, 26(9): 2 653~2 664.
- 薛怀民, 陶奎元. 1989. 宁芜地区中生代火山岩系列的新认识及其地质意义[J]. 江苏地质, (4): 9~14.
- 薛怀民, 汪应庚, 汪诚, 等. 2009. 皖南太平-黄山复合岩体的 SHRIMP 年代学: 由钙碱性向碱性转变对扬子克拉通东南部中生代岩石圈减薄时间的约束[J]. 中国科学, 39(7): 979~993.
- 闫峻, 陈江峰, 谢智, 等. 2005. 长江中下游地区蝌蚪山晚中生代玄武岩的地球化学研究: 岩石圈地幔性质与演化的制约[J]. 地球化学, 34(5): 455~469.
- 闫峻, 刘海泉, 宋传中, 等. 2009. 长江中下游繁昌-宁芜火山盆地火山岩锆石 U-Pb 年代学及其地质意义[J]. 科学通报, 54(12): 1 716~1 724.
- 杨荣勇, 任启江, 徐兆文, 等. 1993. 安徽庐枞地区巴家滩火山-侵入体的岩浆来源[J]. 地球化学, 2: 197~206.
- 禹尧, 徐夕生. 2009. 长江中下游地区白垩纪富碱火山岩浆作用[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 34(1): 105~116.
- 袁峰, 周涛发, 范裕, 等. 2010. 安徽繁昌盆地中生代火山岩锆石 LA-ICPMS U-Pb 年龄及其意义[J]. 岩石学报, 26(9): 2 805~2 817.
- 曾键年, 覃永军, 郭坤一, 等. 2010. 安徽庐枞盆地含矿岩浆岩锆石 U-Pb 年龄及其对成矿时限的约束[J]. 地质学报, 84(4): 466~478.
- 张旗, 简平, 刘敦一, 等. 2003. 宁芜火山岩的锆石 SHRIMP 定年及其意义[J]. 中国科学(D), 33: 309~314.
- 张宏福, 周新华, 范蔚茗, 等. 2005. 华北东南部中生代岩石圈地幔性质、组成、富集过程及其形成机理[J]. 岩石学报, 21(4): 1 271~1 280.
- 张乐骏, 周涛发, 范裕, 等. 2010. 安徽庐枞盆地井边铜矿床的成矿时代及其找矿指示意义[J]. 岩石学报, 26(9): 2 729~2 738.
- 赵新福, 李建威, 马昌前, 等. 2007. 北淮阳古碑花岗闪长岩侵位时代及地球化学特征: 对大别山中生代构造体制转换的启示[J]. 岩石学报, 23: 1 392~1 402.
- 郑建平, 路凤香, Griffin W L, 等. 2006. 华北东部橄榄岩与岩石圈减薄中的地幔伸展和侵蚀置换作用[J]. 地学前缘, 13(2): 77~85.
- 郑永飞, 张少兵. 2007. 华南前寒武纪大陆地壳的形成和演化[J]. 科学通报, 52(1): 1~10.
- 周红升, 马昌前, 陈玲. 2009. 大别造山带研子岗碱性岩体成因及其构造意义: 锆石 U-Pb 年龄和地球化学制约[J]. 岩石学报, 25(5): 1 079~1 091.
- 周涛发, 范裕, 袁峰, 等. 2008. 安徽庐枞(庐江-枞阳)盆地火山岩的年代学及其意义[J]. 中国科学, 38(11): 1 342~1 353.
- 周涛发, 范裕, 袁峰, 等. 2010. 庐枞盆地侵入岩的时空格架及其对成矿的制约[J]. 岩石学报, 26(9): 2 694~2 714.
- 周涛发, 宋明义, 范裕, 等. 2007. 安徽庐枞盆地中巴家滩岩体的年代学研究及其意义[J]. 岩石学报, 23(10): 2 379~2 386.
- 周新华. 2006. 中国东部中-新生代岩石圈转型与减薄研究的若干问题[J]. 地学前缘, 13(2): 50~64.