

宁芜地区娘娘山组火山岩 Rb-Sr 同位素 定年及其意义

闫峻¹⁾, 俞永飞¹⁾, 陈江峰²⁾

1) 合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥, 230009;

2) 中国科学技术大学地球与空间科学学院, 合肥, 230026

内容提要: 应用 Rb-Sr 同位素体系对宁芜盆地娘娘山组火山岩进行年代学分析, 样品的全岩—钾长石—斜长石—黑云母的 Rb-Sr 同位素比值拟合良好的直线, 矿物内部等时线年龄为 133.1 ± 3.2 Ma (MSWD = 0.096), 代表了娘娘山组火山岩的形成年龄, 该年龄值与下伏的龙王山组、大王山组火山岩的形成年龄相近。年代学对比表明, 庐枞盆地和宁芜盆地火山岩是集中在 130 Ma 前后较短的时间范围内形成的, 指示了长江中下游地区在 130 Ma 左右可能处于拉张的峰期阶段。

关键词: 娘娘山组; Rb-Sr 同位素; 年龄; 火山岩; 宁芜

长江中下游地区是我国最早开展同位素地质年代学研究的地区之一。但是由于时代和技术的局限, 早年数据的精度较低, 存在方法等方面的问题, 如很多数据是用现已不再采用的 K-Ar 体积法测定的, 还有选用不合适的样品, 如全岩等。虽然本地区中生代火山岩分布很广, 但高质量的数据不多。目前, 高精度的 Ar-Ar 年龄和锆石 U-Pb 年龄给出的年龄值变化范围较小, Wang and McDougall (1980) 测定了宁芜地区第一阶段(相当于龙王山组和大王山组)的 2 个火山岩样品, 一个黑云母辉石安山岩中黑云母的 K-Ar 年龄为 130.1 ± 1.2 Ma, 一个粗面安山岩中黑云母的 ⁴⁰Ar-³⁹Ar 坪年龄为 129.2 ± 0.4 Ma。Wang and McDougall (1980) 测定的庐枞地区砖桥组黑云母粗面安山岩和浮山组粗面岩中黑云母的 ⁴⁰Ar-³⁹Ar 坪年龄和 K-Ar 年龄分别为 130.1 ± 0.4 Ma 和 129.1 ± 1.2 Ma。张旗等(2003)报道了宁芜地区龙王山组和大王山组安粗岩中锆石的 SHRIMP U-Pb 年龄分别为 131 ± 4 Ma 和 127 ± 3 Ma。陈江峰等(2005)根据地质描述确切、样品选择得当、分析方法可靠等原则, 详细分析了前人的年代学资料, 指出宁芜火山盆地与庐枞盆地的火山岩形成于同一时代, 基本上都是在 130 Ma 前后相当短暂的地质时间内喷发形成的。

已有的宁芜盆地姑山组和娘娘山组火山岩的年代学数据仅有 K-Ar 年龄, 分别为 114 ~ 91 Ma (叶水泉, 2000) 和 106 ~ 91 Ma (宁芜研究项目编写小组, 1978), 和龙王山组、大王山组的年龄相差较大。为了进一步精确厘定宁芜盆地火山岩的形成年龄, 我们选择娘娘山组火山岩进行 Rb-Sr 年代学的研究。

1 地质背景和样品描述

宁芜火山盆地位于南京市(宁)和芜湖市(芜)之间, 呈 NNE 向展布, 长约 60 km, 宽约 20 km, 火山岩出露面积约 1000 km² (图 1)。该盆地发育在南华纪—震旦纪以来的拗陷带中, 属于继承式的中生代陆相盆地。出露的地层为上三叠统黄马青群, 下侏罗统象山群和上侏罗统西横山组, 有少量上白垩统浦口组及古近纪—新近纪的砂砾岩覆盖在火山岩之上。宁芜火山盆地以龙王山组(占 20%)和大王山组(占 75%)为主(徐志刚等, 1999), 姑山组和娘娘山组很少(不到 5%)。龙王山组下部主要由浅灰色的沉凝灰岩、粉砂质泥岩、火山集块岩等组成, 上部以熔岩为主, 主要为歪长粗面岩、橄榄安粗岩和角闪石安粗岩, 夹火山角砾岩。大王山组厚达 3000 多米, 下部以辉石安粗岩为主, 含一些火山集块岩、角砾岩、凝灰岩、沉凝灰岩、凝灰质粉砂岩; 中部为紫红

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号 40772040)和国家重点基础研究发展计划项目(编号 20006CB403508)的成果。

收稿日期: 2008-04-30; 改回日期: 2008-09-08; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 男, 1966 年生。博士, 教授。主要从事岩石地球化学的研究工作。通讯地址: 230009, 安徽省合肥市屯溪路 193 号, 合肥工业大学资源与环境工程学院; Email: jyan-hut@163.com。

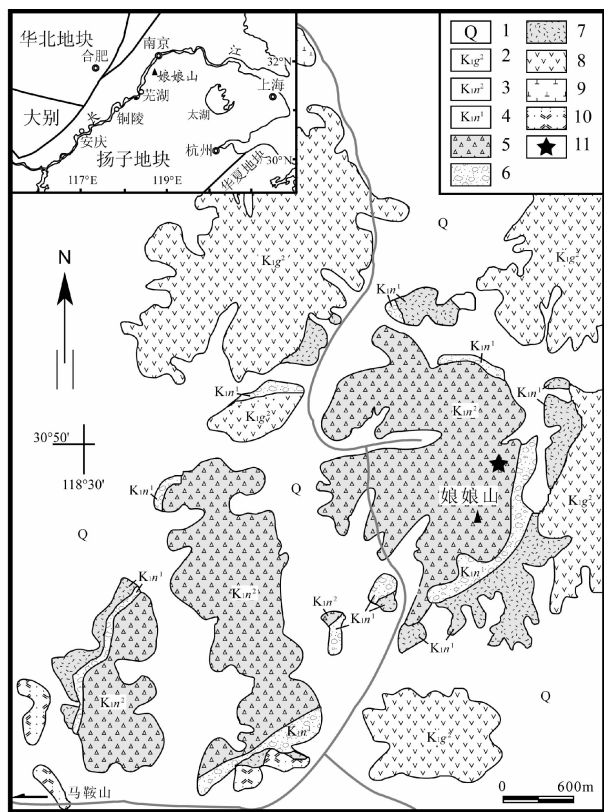


图1 宁芜盆地娘娘山火山口地质简图(据1:5万地质图改绘)

Fig. 1 Geological sketch of the Niangniangshan crater in the Ningwu (Nanjing—Wuhu) volcanic basin (modified after 1:50000 Geological map)

1—第四系;2—娘娘山组上段;3—娘娘山组下段;4—姑山组上段;5—黝方石响岩质熔结凝灰岩;6—黝方石响岩质熔结角砾岩;7—集块岩、火山角砾岩夹假白榴石响岩、凝灰岩;8—粗安岩、安山岩夹凝灰岩;9—石英二长岩;10—黝方霓辉正长岩;11—采样点。

1—Quaternary System; 2—upper part of the Niangniangshan Formation; 3—lower part of the Niangniangshan Formation; 4—upper part of the Gushan Formation; 5—nosean phonolitic ignimbrite; 6—nosean phonolitic welded breccia; 7—agglomerate and volcanic breccia interlaying pseudoleucite phonolite and tuff; 8—trachyandisite and andisite interlaying tuff; 9—quartz monzonite; 10—noselite aegirine syenite; 11—sample location

色的安山岩,局部见有凝灰质粉砂岩透镜体;上部主要为灰红色、浅灰色粗面岩和粗面质熔结凝灰岩。姑山组分布范围小,上部为灰黑色安山岩和英安岩,下部为火山碎屑岩和沉积岩。娘娘山组仅见于盆地西测的娘娘山一带,下部主要为集块岩、黝方石响岩质熔结角砾岩、黝方石响岩、正长岩及熔结凝灰岩;上部为响岩质熔结角砾岩和蓝方石响岩等。本次用于定年的样品采自娘娘山组下部的黝方石响岩(样品号:02M477)。

样品02M477为黝方石响岩,灰白色,熔结角砾结构,假流纹构造,由角砾和凝灰质组成。角砾含量55%~60%,成分为黝方石响岩、粗安岩,少量钾长石和斜长石,角砾呈棱角一次棱角状及塑性条带状、透镜状。塑性角砾大致定向分布,构成假流纹构造,角砾大小2~14 mm。凝灰质物质由粒径小于2 mm的岩屑、晶屑和火山尘组成。岩屑成分特征同角砾,晶屑为钾长石、斜长石、蚀变黝方石,少量单斜辉石和黑云母,呈棱角状。斜长石的 $An = 32$,为中长石。黝方石已全部被绢云母、碳酸盐、沸石等取代,仅保留六边形的晶体假像,部分颗粒具熔蚀外形。火山灰充填在碎屑间,已重结晶为隐晶质。

2 分析方法

将样品破碎、淘洗、重液分离和电磁分选后,在双目镜下手工挑选出纯的未蚀变的单矿物斜长石、钾长石和黑云母。将全岩和单矿物分别在玛瑙碾钵中碾碎至小于80目用于Rb-Sr同位素分析。Rb、Sr含量和Sr同位素比值分析在中国科学技术大学地球物质循环实验室完成。分析流程参见文献(Foland and Allen, 1991)。质谱测定在Finnigan/MAT262多接收质谱计上完成。Sr同位素组成采用 $n(^{86}\text{Sr})/n(^{88}\text{Sr}) = 0.119400$ 标准化,采用瑞利律进行同位素质量分馏校正。Rb的空白小于1 ng, Sr的空白小于2 ng。标准样品BCR1的元素含量测定值为 $\text{Rb} = 47.04 \pm 0.10 \mu\text{g/g}$, $\text{Sr} = 330.7 \pm 2.0 \mu\text{g/g}$,同位素比值为 $n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr}) = 0.705006 \pm 0.000027$,在误差范围内与推荐值($\text{Rb} = 47.2 \pm 0.6 \mu\text{g/g}$, $\text{Sr} = 330 \pm 5 \mu\text{g/g}$, $n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr}) = 0.704980 \pm 0.000013$; Gladney et al., 1990)一致。

3 结果与讨论

样品的同位素分析结果见表1。用Ludwig(1999)提供的ISOPLLOT程序进行Rb-Sr等时线年龄计算,计算中输入的 $n(^{87}\text{Rb})/n(^{86}\text{Sr})$ 误差为1.0%, $n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr})$ 误差为0.04%,年龄误差以 2σ 给出(图2)。娘娘山火山岩的4个分析数据(全岩—钾长石—斜长石—黑云母)拟合良好的直线,其等时线年龄为 $133.1 \pm 3.2 \text{Ma}$,初始 $n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr}) = 0.70581 \pm 0.00017$ (MSWD = 0.096; 图2)。

用于同位素分析的单矿物没有蚀变现象,良好的线性表明,岩石形成以后矿物的Rb-Sr同位素体系保持了封闭,没有受到后期事件的影响,等时线年

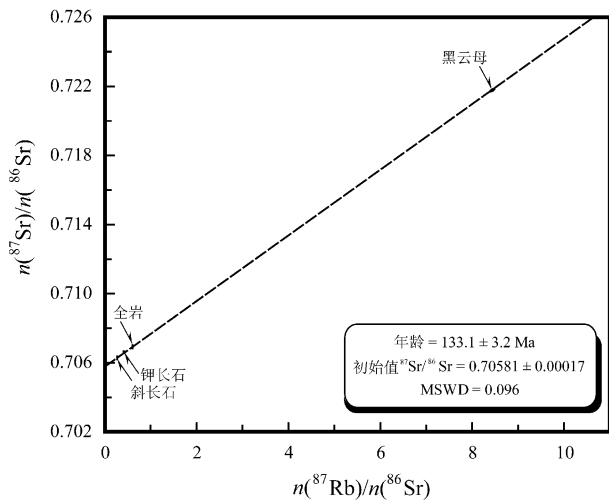


图 2 娘娘山火山岩的 Rb-Sr 等时线图

Fig. 2 Rb-Sr isochrone for the volcanic rock from Niangniangshan Formation

龄较为可靠,代表了岩浆的喷发年龄,为早白垩世。该年龄值和上世纪 70 年代的娘娘山组火山岩 K-Ar 同位素年龄值 (106 ~ 91 Ma; 宁芜研究项目编写小组,1978) 相差很大。样品的岩相学观察显示,黝方石发生了强烈的绢云母化、碳酸盐化和沸石化。虽然黝方石主要含 Na, 但 K 作为类质同像置换取代 Na 是广泛存在的,黝方石中 K 的含量在全岩 K-Ar 同位素体系定年中有着不可忽略的影响,况且, K 元素在地表环境下的活动性大,容易在后期的蚀变过程中发生迁移。因此,早先全岩 K-Ar 同位素测年的结果并不可靠,蚀变很容易造成 K 的活动或 Ar 的丢失,致使测定的年龄值偏低。

根据野外地层接触关系,娘娘山组火山岩的喷发在龙王山组、大王山组和姑山组之后。Wang and McDougall (1980) 测定了宁芜地区第一阶段 (相当于龙王山组和大王山组) 的 2 个火山岩样品,一个黑云母辉石安山岩中黑云母的 K-Ar 年龄为 130.1 ± 1.2 Ma, 一个粗面安山岩中黑云母的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为 129.2 ± 0.4 Ma, 两个年龄时间在误差范围内一致,表明龙王山组和大王山组火山岩都是集中在 130 Ma 左右形成的。张旗等 (2003) 报道的本地区龙王山组和大王山组安粗岩中锆石的 SHRIMP U-

Pb 年龄分别为 131 ± 4 Ma 和 127 ± 3 Ma, 龙王山组和大王山组的年龄在误差范围内和本次测定的娘娘山组一致。由于火山岩是快速结晶的产物,不同同位素体系封闭温度的差别对同位素定年的影响非常小,只要没有后期事件的影响而处于平衡状态,各种同位素体系的定年结果应该一致。龙王山组和大王山组锆石 U-Pb 年龄在误差范围内也是一致的,可以解释为两组火山岩的喷发时间间隔很短,以至于同位素定年方法无法区分。而娘娘山组火山岩的定年结果也无法区分出与下伏火山岩喷发时间的间隔,较为合理的解释是从龙王山组火山岩到娘娘山组火山岩都是在很短时间范围内形成的,集中在 130 Ma 左右,都是早白垩世火山活动的产物。

位于江北的庐枞火山盆地自下而上分别由龙门院组、砖桥组、双庙组和浮山组火山岩组成。其中,龙门院组以玄武粗安质火山岩为主,砖桥组以粗面玄武岩为主,双庙组以粗面玄武岩为主,而浮山组则以粗面岩占绝对优势,最上部还出现少量含假白榴石的粗面岩。其岩石类型和喷发旋回和宁芜火山盆地都具有可对比性。前人对庐枞盆地火山岩的年代学研究结果列于表 2。Wang and McDougall (1980) 和 McKee (1988) 先后测定了庐枞火山盆地火山岩的年龄,他们用的主要是 K-Ar 法,少数样品是用 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 测的,由于火山岩喷出地表后一定冷却迅速,所以可以认为这些年龄代表了岩浆喷出时代。但 K-Ar 年龄没有能力区分后期蚀变

表 1 娘娘山火山岩样品 (02M477) 的 Rb-Sr 同位素测定结果
Table 1 Rb-Sr isotopic data of the volcanic rock (02M477) from Niangniangshan formation

样号	Rb ($\mu\text{g/g}$)	Sr ($\mu\text{g/g}$)	$n(^{87}\text{Rb})/n(^{86}\text{Sr})$	$n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr})$	2σ
02M477	150.6	715.1	0.606	0.706923	16
钾长石	127.7	913.8	0.404	0.706620	15
斜长石	10.66	115.5	0.267	0.706289	16
黑云母	263.4	90.47	8.436	0.721765	160

表 2 庐枞盆地火山岩年龄
Table 2 Isotopic dating of the volcanic rocks from Luzong volcanic basin

岩体	测定对象	年龄 (Ma)	方法	资料来源
龙门园组	角闪石	127.6 ± 3.6	K-Ar	McKee, 1988
砖桥组上部	黑云母	123.4 ± 3.6	K-Ar	McKee, 1988
砖桥组下部	黑云母	125.7 ± 4.0	K-Ar	McKee, 1988
双庙组	安山岩	130.1 ± 0.4	K-Ar	McKee, 1988
浮山组	黑云母	126.1 ± 4.0	K-Ar	McKee, 1988
砖桥组	黑云母	130.1 ± 0.4	Ar-Ar	Wang et al., 1980
浮山组	黑云母	129.1 ± 1.2	K-Ar	Wang et al., 1980

的可能影响,所以在有 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 坪年龄的情况下,后者更精确一些。Wang and McDougall(1980)给出庐枞地区砖桥组黑云母粗面安山岩和浮山组粗面岩中黑云母的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 坪年龄和 K-Ar 年龄分别为 $130.1 \pm 0.4 \text{ Ma}$ 和 $129.1 \pm 1.2 \text{ Ma}$, 在误差范围内一致。McKee(1988)的数据的误差较大,其中较好的一个数据也给出了双庙组火山岩 $130.1 \pm 0.4 \text{ Ma}$ 的年龄,和 Wang and McDougall(1980)的定年结果非常一致。显然,Wang and McDougall(1980)的数据较精确,更可信。上述结果表明至少砖桥组至浮山组火山岩之间没有显著的年龄间隔,这一结果和宁芜盆地火山岩的喷发时代和喷发持续时间特点非常相似,都是在 130 Ma 左右时期集中喷发的产物。

长江中下游地区位于扬子地块的北缘,许多学者认为本地区中生代位于与古太平洋板块俯冲作用有关的活动大陆边缘的构造背景(吴利仁等,1982;陶奎元等,1988;邓晋福,1992),但 A 型花岗岩、高钾钙碱性岩石以及过钾质岩石的发育说明本地区晚中生代时期的大地构造背景更可能是板内拉张(Li, 2000)。拉张导致了软流圈的上涌和玄武岩浆的底侵,伴随着壳幔相互作用和可能的岩石圈下部的拆沉,诱发了岩石圈地幔和下地壳的部分熔融,产生了沿长江呈夹心饼干式分布的晚中生代岩浆活动(Xu et al., 2002; Wang et al., 2006; 闫峻等,2006)。过去认为本地区晚中生代岩浆活动的年代学格架是 $140-90 \text{ Ma}$ (邢凤鸣和徐祥,1999),这容易导致本地区燕山晚期板内拉张、软流圈上涌、玄武岩浆底侵、壳幔相互作用、岩石圈地幔的置换等动力学过程持续时间在 50 Ma 以上的结论。宁芜火山盆地和庐枞火山盆地的火山岩集中在 130 Ma 前后形成,娘娘山组火山岩为过钾质岩石(邢凤鸣和徐祥,1999),为典型拉张环境下的产物,表明本地区的板内拉张峰期以及伴随的一系列深部动力学过程集中在 130 Ma 前后,且该动力学过程的持续时间可能较短。

4 结论

宁芜盆地娘娘山组过钾质火山岩的 Rb-Sr 矿物内部等时线年龄为 $133.1 \pm 3.2 \text{ Ma}$, 为早白垩世喷发的产物,其形成年龄和其下伏的龙王山组、大王山组火山岩接近,和庐枞盆地砖桥组、浮山组火山岩的形成年龄也很接近,表明庐枞盆地和宁芜盆地火山岩是集中在 130 Ma 前后较短的时间范围内形成的。

火山岩在较短时间内集中喷发,代表了长江中下游地区在 130 Ma 可能处于拉张的峰期阶段。晚中生代本地区板内拉张、软流圈上涌、玄武岩浆底侵和壳幔相互作用等动力学过程和火山岩的形成密切相关。

致谢:感谢钱卉和李全忠在分析测试中的帮助。

参 考 文 献 / References

- 陈江峰, 喻钢, 杨刚, 杨胜洪. 2005. 安徽沿江江南晚中生代岩浆——成矿年代学格架. 安徽地质, 15 (3): 161~169.
- 邓晋福, 叶德隆, 赵海玲. 1992. 下扬子地区火山作用深部过程与盆地形成. 北京: 中国地质大学出版社.
- 宁芜研究项目编写小组. 1978. 宁芜玢岩铁矿. 北京: 地质出版社.
- 陶奎元, 高天均, 陆志刚. 1988. 东南沿海火山岩基底构造及火山侵入作用与成矿关系. 北京: 地质出版社.
- 吴利仁, 齐进英, 王听渡, 张秀棋, 徐永生. 1982. 中国东部中生代火山岩. 地质学报, 56 (3): 223~234.
- 邢凤鸣, 徐祥. 1999. 安徽扬子岩浆岩带与成矿. 合肥: 安徽人民出版社.
- 徐志刚, 盛继福, 孙善平. 1999. 关于“橄榄安粗岩系列(组合)”特征及某些问题的讨论. 地质论评, 45 (增刊): 43~62.
- 闫峻, 陈江峰, 谢智, 杨刚, 喻钢, 钱卉. 2006. 长江中下游地区晚中生代蝌蚪山玄武岩的地球化学研究: 岩石圈地幔性质与演化的制约. 地球化学, 34 (5): 455~469.
- 叶水泉. 2000. 宁芜北段姑山组火山岩系的时代讨论. 江苏地质, 24 (4): 210~214.
- 张旗, 简平, 刘敦一, 王元龙, 钱青, 王焰, 薛怀民. 2003. 宁芜火山岩的锆石 SHRIMP 定年及其意义. 中国科学(D辑), 33 (4): 309~314.
- Foland K A, Allen J C. 1991. Magma sources for Mesozoic anorogenic granites in the White Mountain magma series, New England, USA. Contrib. Mineral. Petrol., 109: 195~211.
- Gladney E S, Jones E A, Nickell E J. 1990. Compilation of elemental concentration data for USGS basalt BCR1. Geostandards Newsletter, XIV (2): 209~273.
- Li Xianhua. 2000. Cretaceous magmatism and lithospheric extension in southeast China. J. Asian Earth Sci., 18: 293~305.
- McKee E H. 1988. K-Ar chronology of the Luohe district, Anhui province, China. Economic Geology, 83: 433~435.
- Wang Qiang, Wyman D A, Xu Jifeng, Zhao Zhenfua, Jian Ping, Xiong Xiaolin, Bao Zhiwei, Li Chaofeng, Bai Zhenghua. 2006. Petrogenesis of Cretaceous adakitic and shoshonitic igneous rocks in the Luzong area, Anhui Province (eastern China): Implications for geodynamics and Cu—Au mineralization. Lithos, 89: 424~446.
- Wang Songshan, McDougall I. 1980. K-Ar and $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ ages on Mesozoic volcanic rocks from the Lower Yangtze Volcanic Zone, southeastern China. J. Geol. Soc. Australia, 27: 121~128.
- Xu Jifeng, Shinjio R, Defant M J, Wang Qiang, Rapp R P. 2002. Origin of Mesozoic adakitic intrusive rocks in the Ningzhen area of east China: partial melting of delaminated lower continental crust? Geology, 12: 1111~1114.

Rb-Sr Isotopic Dating of Volcanic Rocks from the Niangniangshan Formation in the Nanjing—Wuhu area and Its Geological Implications

YAN Jun¹⁾, YU Yongfei¹⁾, CHEN Jiangfeng²⁾

1) School of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, 230009;

2) School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei, 230026

Abstract: The volcanic rock from the Niangniangshan Formation in the Ningwu (Nanjing—Wuhu) volcanic basin is used for Rb-Sr isotopic dating. The Rb and Sr isotopic ratios of whole rock, K-feldspar, plagioclase and biotite form a good linearity in $n(^{87}\text{Rb})/n(^{86}\text{Sr})$ vs. $n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr})$ space. The isochron age of inner-minerals is 133.1 ± 3.2 Ma (MSWD = 0.096), which represents the formation age of the volcanic rocks from the Niangniangshan formation. This age is consistent in error with that of underlying volcanic rocks of the Longwangshan and the Dawangshan formations. Chronological comparisons indicate that the volcanic rocks from the Luzong (Lujiang—Zongyang) and Ningwu volcanic basins were formed during a short-term around 130 Ma, implying that the extension of the Lower Yangtze region might achieve its maximum at ca 130 Ma.

Key words: Niangniangshan Formation; Rb-Sr isotopes; age; volcanic rock; Ningwu (Nanjing—Wuhu) basin

2007 年度与地质学有关中国主要期刊影响因子表

①	期刊名称	影响因子	①	期刊名称	影响因子	①	期刊名称	影响因子
1	地质科学	4.359	41	地理研究	1.594	208	遥感学报	0.837
2	岩石学报	3.524	43	岩石矿物学杂志	1.548	230	矿物岩石	0.803
3	地球物理学报	2.823	58	编辑学报	1.375	239	石油物探	0.784
7	地理科学	2234	62	地质通报	1.367	248	地震地质	0.763
8	大地构造与成矿学	2.323	67	地球科学进展	1.335	250	岩土工程学报	0.761
9	地学前缘	2.306	73	地球学报	1.278	259	地质与勘探	0.751
10	石油勘探与开发	2.226	77	石油学报	1.244	267	自然科学进展	0.744
11	矿床地质	2.145	84	海洋与湖沼	1.202	273	地质科技情报	0.737
12	地理学报	2.143	88	西北地质	1.175	292	国土资源遥感	0.706
13	地质学报	2.090	95	长安大学学报自然科学版	1.136	296	吉林大学学报地球科学版	0.701
14	中国地质	2.082	98	岩石矿物地球化学通报	1.123	296	岩矿测试	0.701
15	石油与天然气地质	2.017	104	天然气地球科学	1.107	307	中国矿业大学学报	0.691
20	地球物理学进展	1.885	106	地球科学进展	1.103	311	海洋学报	0.685
21	中国科学 D	1.839	106	现代地质	1.103	320	地震学报	0.673
24	石油实验地质	1.828	111	岩石力学与工程学报	1.094	325	地震	0.667
27	古地理学报	1.794	119	工程地质学报	1.075	337	矿物学报	0.653
28	第四纪研究	1.780	121	冰川冻土	1.058	341	贵金属	0.649
29	地质论评	1.773	124	沉积学报	1.053	343	岩土力学	0.645
33	大地测量与地球动力学	1.673	128	地层学杂志	1.037	343	云南大学学报自然科学版	0.645
34	地球化学	1.662	133	石油地球物理勘探	1.023	347	中国岩溶	0.642
35	地球科学	1.657	159	科学通报	0.944	366	自然灾害学报	0.623
36	软件学报	1.644	177	大庆石油地质与开发	0.904	379	海洋地质与第四纪地质	0.616
40	高校地质学报	1.621	193	中南大学学报自然科学版	0.868	387	微体古生物学报	0.610

注:① 本栏数据为在中国科技期刊中的总排名。据:中国科学技术信息研究所, 2008. 中国科技期刊引证报告(2008年版, 核心版). 北京:科学技术文献出版社.

