

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

浙江中生代火山岩时代厘定和问题讨论

——兼评 Lapierre 等关于浙江中生代火山活动时代的论述

陶奎元 邢光福 杨祝良 毛建仁 赵宇 许乃政

中国地质科学院南京地质矿产研究所火山地质矿产研究中心, 210016

内容提要 浙江中生代火山岩的时代长期以来存在不同意见,主要分歧为浙东磨石山群和浙西建德群时代究竟是晚侏罗世、早白垩世、抑或晚白垩世。Lapierre 等(1997)的一文中据两条 Rb-Sr 等时线年龄,给出了如下论断:浙西火山活动(建德群)时代为 124 Ma,划归为第一幕第一次岩浆事件;浙东(磨石山群)时代为 97 Ma,划归为第一幕第二次岩浆事件,而第二幕岩浆事件(指永康群)时代 < 97 Ma。本文就 Lapierre 等文中 124 Ma 和 97 Ma 两个年龄的地质意义、幕次划分以及浙西与浙东火山岩时代对比作出评论,并厘定浙江中生代火山岩时代归属,提出:①浙江中生代火山活动时代为 132~83 Ma;②浙西建德群与浙东磨石山群火山岩并不存在上下关系,地质接触关系、古生物组合和大量同位素定年数据都不支持 Lapierre 等的浙西与浙东火山活动幕次的对比方案;③ 110~100 Ma 为早期高钾钙碱性英安岩—流纹岩(伴生闪长岩—花岗闪长岩)向晚期玄武岩—流纹岩(伴生钾长花岗岩—碱性花岗岩)过渡的转折期。

关键词 中生代 火山活动时代 浙江

浙江省中生代火山岩分布面积达 40000 km² 余,是西太平洋亚洲大陆边缘中国东南沿海火山岩带的重要组成部分。关于该区中生代火山岩的时代,部分古生物学家和同位素年代学家存在不同意见,其焦点是,分布面积最广泛的建德群(浙西)和磨石山群(浙东)究竟属晚侏罗世还是早白垩世(俞国华等,1966;顾知微,1980;尹家衡等,1985;Tao et al., 1986;翁世劼等,1987;陶奎元等,1988a, 1988b;李坤英等,1988, 1989;浙江省地质矿产厅,1989;叶伯丹,1989;丁保良等,1989;俞云文等,1991, 1994;Tao et al., 1996;Lapierre et al., 1997)。最近颇有兴趣地读到法国学者 Lapierre 等于《TECTONOPHYSICS》上发表的“浙江中生代长英质岛弧岩浆作用和大陆橄榄拉斑玄武岩及其与中国东南部构造活动的关系”一文(以下简称“L 文”),该文将浙西建德群归属为早白垩世(K₁),浙东磨石山群归属为晚白垩世(K₂)。众所周知,正确确定火山活动的时代,是讨论火山活动、岩浆作用与大地构造动力学、乃至深部作用过程的基础。近 10 多年来国内外学者在东南沿海火山岩区开展了大量火山地质学、岩石学与地球化学、地层学等方面的研究,特别是获得了一大批同位素年代学资料(尹家衡等,1985;陶奎元等,1988b;李坤英等,1989;俞云文等,1991;陈江峰,1992;Tao et al., 1996;谢家莹等,1996;俞国华等,1996;陆志刚等,1997;张铭杰等,1999),从而使我们有可能会对浙江中生代火山岩时代作出厘定,并对“L 文”提出的关于浙江中生代火山活动时代、幕次划分、浙西与浙东火山活动是否存在先后关系等问题作出评论。

1 “L 文”对浙江省中生代火山活动时代的确定

在“L 文”中,主要依据两个 Rb-Sr 等时线年龄,将浙江省中生代火山活动划分为二幕三次火山岩浆事件:第一幕第一次岩浆事件时代为 124 Ma(早白垩世),发育于浙西,构成等时线的样品采自浙西桐庐火山构造洼地中央侵入体横村埠岩体(样品 Z9, Z10, Z10b);第一幕第二次岩浆事件时代为 97 Ma,构成等时线的样品采自浙东大面积分布的磨石山群内不同岩石地层单元(样品 Z10, Z32, Z34, Z47, Z55, Z66, Z69, Z74, Z75, Z76)(Lapierre et al., 1997);第二幕岩浆事件(指永康群)时代 <97 Ma。

“L 文”对浙江中生代火山活动时代的确定及幕次划分,引起笔者对该区火山活动时代问题的再思考:① 浙江中生代火山活动时代究竟是晚侏罗世—早白垩世(J_3-K_1),还是早白垩世(K_1),抑或早白垩世—晚白垩世(K_1-K_2),其中大面积分布的磨石山群火山岩时代是晚侏罗世(J_3)、早白垩世(K_1)还是晚白垩世(K_2)? ② 124 Ma 的年龄在浙西中生代火山活动年代学上意义是什么? ③ 于浙东磨石山群内不同岩石地层单元所采样品(甚至还包括一个浙西横村埠岩体的样品 Z10)求得的全岩 Rb-Sr 等时线年龄(97 Ma),能否代表浙东大面积分布的火山岩之时代? ④ 浙西与浙东是否如“L 文”所述有明显早晚关系? 浙西与浙东中生代火山岩时代对比和幕次或期次如何划分才比较合理? 笔者拟就此作一简略讨论。

2 浙西(建德群)火山活动时代问题

“L 文”中,年龄为 124 Ma 的 Rb-Sr 等时线样品采自桐庐火山构造洼地横村埠岩体。该洼地中由下而上依次出露内陆湖盆相粉砂岩(104~149 m)—空落凝灰岩(12~38 m)—火山灰流相熔结凝灰岩(334~524 m)—侵入相英安质碎斑熔岩。这套火山岩在地层学上归属为建德群劳村组和黄尖组(尹家衡等, 1985; 浙江省地质矿产厅, 1989; 俞国华等, 1996; Tao et al., 1996)。构成等时线的样品中, Z9、Z10 为横村埠石英二长岩(“L 文”中称为微正长斑岩); Z10b 为该岩体中的闪长质同源包体,另有挑选自 Z9 的单矿物(黑云母、钾长石和斜长石),因而 124 Ma 应为横村埠岩体侵位时代。该岩体年代与邻区寿昌火山构造洼地各岩石地层单元时代统一对比列于表 1 中。

由表 1 可知,浙西中生代火山活动时代为 130~117 Ma,归属为早白垩世,其中劳村组为 130~128 Ma,黄尖组为 129~127 Ma,寿昌组为 124~121 Ma,横山组为 117 Ma。“L 文”报道的侵入于黄尖组的横村埠岩体年龄为 124 Ma,它相当于黄尖组火山岩喷发时代的上限,严格地说并不能代表浙西第一幕第一次火山活动的时代。

3 浙东(磨石山群)火山活动时代问题

浙东系指江山—绍兴断裂带以南的广大地区,其晚中生代火山岩区是在断陷基础上由众多破火山、火山穹隆相互叠置而形成的一个面式分布的火山带(谢家莹等, 1996; 陆志刚等, 1997),在火山地层学上其下部称为磨石山群(由 5 个岩石地层单元组成);上部称为永康群(由 2~3 个岩石地层单元组成)。早期的磨石山群为高钾钙碱性英安岩—流纹岩组合,偶见安山岩、玄武岩;晚期的永康群为高钾玄武岩—流纹岩双峰式火山岩组合(Tao et al., 1996; 谢家莹等, 1996; 陆志刚等, 1997)。“L 文”中年龄为 97 Ma 的 Rb-Sr 等时线样品采自磨石山群中 4 个岩石地层单元,分属以下 3 个相距甚远的火山(图 1):① 浙中诸暨芙蓉山破火山早期岩石地层

表 1 浙西横村埠岩体与寿昌火山构造洼地火山岩时代对比

Table 1 Age comparison between Hengcunbu plutonic body and volcanic rocks from Shouchang volcano-tectonic depression in western Zhejiang

岩石地层单元	样品名称	定年方法	年龄(Ma)
横山组	凝灰岩中钾长石	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等时线	117.4 ± 1.2
寿昌组	中段流纹质凝灰岩中钾长石	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等时线	121.6 ± 2.9
	中段流纹质凝灰岩	全岩 Rb-Sr 等时线	121.7 ± 2.7
	中段流纹质凝灰岩中锆石	U-Pb 一致曲线下交点	124.3 ± 2.3
桐庐	横村埠岩体侵入黄尖组的石英二长岩全岩与单矿物	全岩与单矿物 Rb-Sr 等时线	124 (Lapierre et al., 1997)
黄尖组	英安质熔结凝灰岩中斜长石	K-Ar 法	127.4 ± 3.0
	流纹岩中黑云母	K-Ar 法	127.6 ± 1.5
	流纹岩	全岩 Rb-Sr 等时线	127.9 ± 4.0
	凝灰岩中锆石	U-Pb 一致曲线下交点	129.5 ± 2.6
劳村组	凝灰岩中黑云母	K-Ar 法	128.8 ± 3.0
	流纹质凝灰岩及其中钾长石、黑云母	全岩与单矿物 Rb-Sr 等时线	130.0 ± 3.0

注:表中数据引自陶奎元等,1988b;李坤英等,1988,1989;叶伯丹,1989.

单元大爽组安山岩(Z74,Z76)与其中玄武岩脉(Z75 图 1 中未标出)。同一破火山内高坞组流纹质熔结凝灰岩 Rb-Sr 等时线年龄为 127.4 ± 11.2 Ma,侵入其中的花岗闪长岩年龄为 126.7 ± 1.6 Ma(俞云文等,1991)。^② 浙东沿海乐清大荆石坦(又称大山)西山头组(主要为熔结凝灰岩)内一个火山颈相流纹岩(流纹质碎斑熔岩)(Z66,Z69)。该地区西山头组 Rb-Sr 等时线年龄为 128.0 ± 3.4 Ma^①。^③ 乐清雁荡山破火山复活期流纹岩(Z47),其层位叠置在西山头组之上,归属于九里坪组或永康群的小平田组,包含这一层流纹岩在内的 Rb-Sr 等时线年龄为 121 Ma^①;雁荡山破火山内的石英正长岩(“L 文”称之为微正长斑岩,Z55)的 Rb-Sr 等时线年龄为 113 Ma^①。^④ 浙东宁波火山构造洼地内的永康群馆头组玄坛地玄武岩(Z32,Z34),全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 104 Ma(俞云文,1994)。

笔者对“L 文”将 97 Ma 作为浙东大面积分布的火山岩的代表性时代颇有疑问:

(1) 由图 1 中所示的相距约 300 km 以上的芙蓉山、雁荡山及宁波玄坛地这 3 处火山喷发的、来自不同岩石地层单元内的岩石(其中还夹杂着一个桐庐横村埠岩体样品 Z10)组成一条全岩 Rb-Sr 等时线是否合理? 因为构成一条等时线的样品必须都满足同源、同时形成,并自结晶以来保持同位素体系封闭这 3 个最基本的条件。“L 文”中认为:列为第一幕第一次事件的流纹岩和微正长斑岩具有相近的($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i 值(0.7081~0.7089),因而它们可能为同源的;安山岩较低的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值可以用地壳混染来解释,上述岩石在 Rb-Sr 等时线图上全岩数据点表现为线性排列以及流纹岩样品较高的放射性同位素组成特征等,可以消除由于初始 Sr 同位素比值可能不均匀而产生的潜在影响。同时该文作者还指出,即使排除两个安山岩样品(Z74,Z76),其等时线年龄仍变化不大(97 ± 2 Ma, ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i = 0.70870 $\pm$ 0.00015),由此认为流纹岩、微正长斑岩和安山岩是同时就位的,就位时代为 97 Ma,代表了浙东大面积火山活动的时代,并据此将浙东火山岩列为第一幕第二次岩浆事件。对此,笔者认为,3 个相距甚远的火山喷发的岩浆应分别来自 3 个不同的岩浆房,在时代尚未确定之前,无法断定它们是否属于同源岩浆。退一步说,即使大范围内的长英质火山岩都大致同时起源于性质相同或相近的源区,由于具体

① 浙江省区域地质调查大队. 1996. 大荆幅区域地质调查报告.

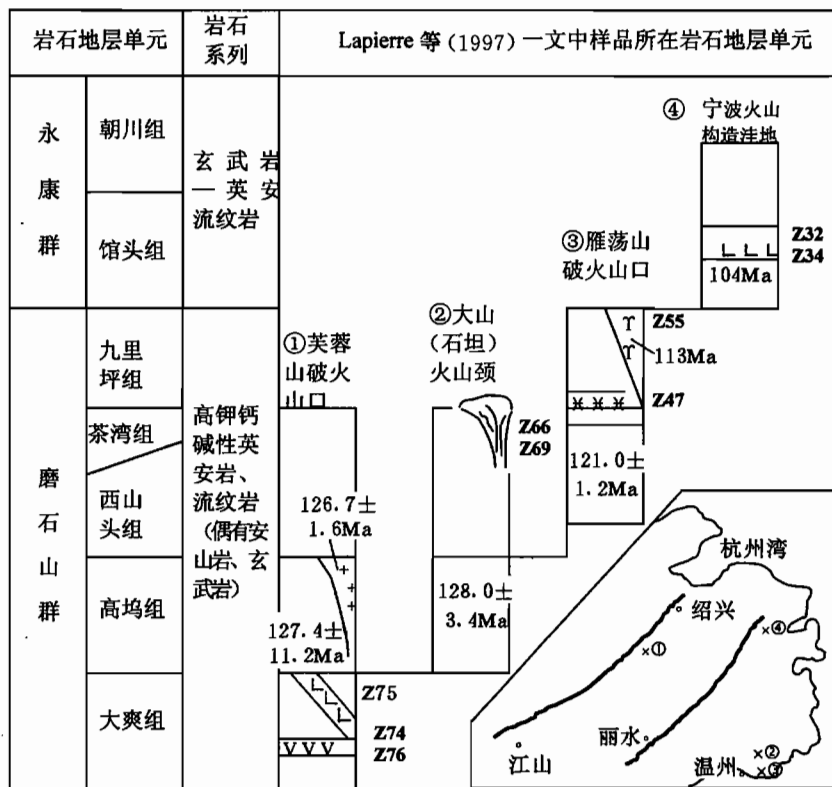


图 1 “L 文”中年龄为 97 Ma 的 Rb-Sr 等时线样品位置

Fig. 1 Sample positions for the Rb-Sr isochron with an age of 97 Ma of Lapierre's paper

(图内年龄数据由 Rb-Sr 等时线法测定,引自俞云文等,1991;浙江省区域地质调查大队,1996;

×为“L 文”中的采样位置)

(Age data in this diagram are determined by Rb-Sr isochron method and from Yu Yunwen et al. 1991;

Zhejiang Regional Geological Survey, 1996; × represents the sampling sites of Lapierre's paper)

地质条件的差异,也难以保证这 3 个岩浆房具有完全相同的同位素封闭体系。此外,已有研究表明,浙东地区的中生代安山岩极有可能是玄武岩和流纹岩岩浆混合的产物,而玄武岩和流纹岩一般认为分别起源于地幔和地壳(周金城等,1994;邢光福等,1998,1999;陈荣等,1999),因而用这样 3 种可能分属不同成因的岩石来求等时线是很成问题的,更不用说上述等时线样品除 Z10 来自桐庐横村埠岩体外,其余样品分别采自区域上 3 个具明显上下层位关系的不同岩石地层单元,严格地说它们并不是同时形成的。总之,从同位素年代学基本原理来说,“L 文”的年龄为 97 Ma 的 Rb-Sr 等时线是难以成立的。

(2) 关于浙东大面积分布的火山岩已经有一批同位素年龄数据发表(表 2),其中磨石山群火山岩时代为 132~101 Ma,侵入于该群的岩体年龄均在 127~97 Ma 之间,两者相当接近。由此笔者认为浙东大面积分布的高钾钙碱性英安岩—流纹岩时代为 $130 \pm 5 \sim 101$ Ma,而分布最广的高坞组、西山头组火山岩时代集中在 128~121 Ma,因而“L 文”中的年龄数据 97 Ma(归属晚白垩世),是不能代表浙东大规模火山活动时代的。

表 2 浙东磨石山群火山岩及伴生的侵入岩同位素年龄

Table 2 Isotopic ages of Moshishan Group volcanics and associated plutonic rocks in eastern Zhejiang

岩石地层单元	火山岩样品地点、岩石名称及时代	伴生的岩体名称及时代
小平田组/九里坪组 ^①	13 天台九里坪流纹岩: 101.3 Ma(Ar-Ar) 12 乐清雁荡山流纹岩及碎斑熔岩: 121.0±1.2 Ma(Rb-Sr)	12 侵位于雁荡山流纹质火山岩中的石英正长岩: 113 Ma(Rb-Sr)
茶湾组	以沉积岩为主,尚无年代数据	
西山头组 (128~121 Ma)	11 山头郑熔结凝灰岩: 124.6±4.3 Ma(Rb-Sr) 10 仙居上张熔结凝灰岩: 124.4±2.9 Ma(黑云母 K-Ar) 9 天台九里坪英安质熔结凝灰岩: 121.4±2.2 Ma(黑云母 K-Ar) 8 乐清大荆白溪英安质熔结凝灰岩: 122 Ma(Rb-Sr) 7 乐清大荆五峰山熔结凝灰岩: 126.9±2.1 Ma(Rb-Sr) 6 湖塘岗流纹质凝灰岩: 128 Ma(Rb-Sr) 5 湖塘岗英安质凝灰岩: 130 Ma(Rb-Sr)	11 天台大岭口石英斑岩: 120.7±8.0 Ma 10 梁弄石英闪长岩: 100.7 Ma(Ar-Ar), 101 Ma(Ar-Ar) 9 山头郑花岗岩闪长岩: 112.9±1.9 Ma, 108 Ma(Ar-Ar) 8 青田黑云母花岗岩: 115.2 Ma(黑云母 K-Ar) 7 龙王堂钾长花岗岩: 109.3 Ma(Ar-Ar) 6 半山钾长花岗岩: 97.5±2.4 Ma(Rb-Sr) 5 缙云前村钾长花岗岩: 101.0±3 Ma(Rb-Sr)
高坞组 (132~121 Ma)	4 天台流纹质熔结凝灰岩: 122.0±3 Ma(Rb-Sr) 121.0±1.6 Ma(钾长石 K-Ar) 121.5±1.4 Ma(黑云母 Ar-Ar) 3 临海黄坦流纹质碎斑熔岩: 127.0±18.3 Ma(Rb-Sr) 2 诸暨芙蓉山熔结凝灰岩: 127.4±8.6 Ma(Rb-Sr) 1 临海括苍山流纹质碎斑熔岩: 132.1±6.3 Ma(Rb-Sr)	4 洪公石英正长岩: 124.4±3 Ma(Ar-Ar) 3 侵入其中的花岗岩闪长岩: 124.4±4.3 Ma(Rb-Sr) 2 侵入其中的花岗岩闪长岩: 126.7±1.6 Ma(Rb-Sr) 1 侵入其中的花岗岩闪长岩: 127.3±11.1 Ma(Rb-Sr)

注:① 雁荡山流纹质熔岩与碎斑熔岩目前尚有不同意见:一种是归为九里坪组;另一种是归为永康群小平田组。火山岩 13 号数据为台湾大学李奇隅未发表数据;其余年龄数据引自李坤英等,1989;俞文文等,1991;陈江锋,1992;谢家莹等,1996;浙江省区域地质调查大队,1996;Tao et al., 1996;陆志刚等 1997。

4 浙西与浙东中生代火山岩时代对比

“L 文”给出的概念是:第一幕第一次事件发生在浙西(124 Ma,早白垩世);第一幕第二次事件发生在浙东(97 Ma,晚白垩世)。这样浙西建德群与浙东磨石山群为上下关系,浙东火山活动(第一幕第二次)比浙西(第一幕第一次)滞后 27 Ma。笔者必须指出,除上述大量同位素定年资料与此不符外,另据 1:20 万和 1:5 万地质填图和笔者对江绍断裂带两侧火山岩的研究,浙西建德群和浙东磨石山群在地层学上并不存在上下关系,两者古生物组合也没有明显差别(浙江省地质矿产厅,1989;丁保良等,1989;谢家莹等,1996;陆志刚等,1997),且在江山—绍兴断裂带东北端的诸暨与绍兴一带建德群与磨石山群直接相连,所以可以说“L 文”将浙西建德群和浙东磨石山群火山活动分属两次岩浆事件是缺乏宏观地质依据的。最后,根据表 2 和浙西与浙东中生代火山岩时代对比图(图 2),笔者给出以下主要结论:

(1) 浙东中生代火山岩时代为 130~83 Ma, 即从早白垩世到晚白垩世, 不是“L 文”中所论属晚白垩世, 当然浙东也不存在晚侏罗世火山岩。

(2) 浙西和浙东火山岩是几乎同时形成的, 大面积分布的浙西建德群劳村组、黄尖组 and 浙

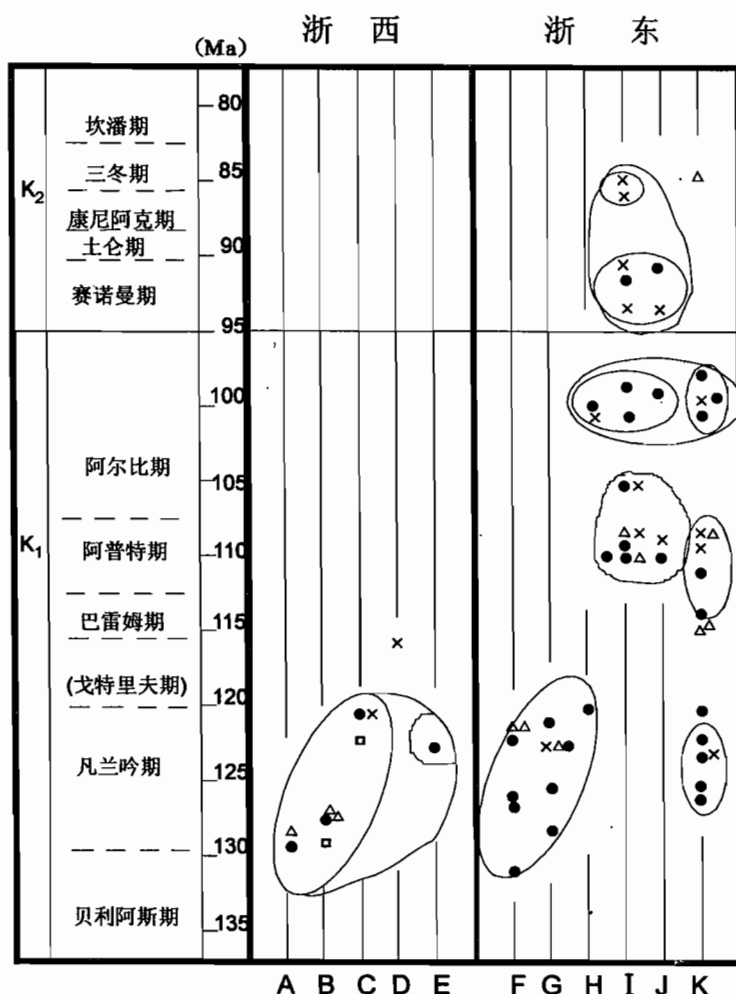


图 2 浙西与浙东中生代火山岩时代对比图

Fig. 2 Age comparison between western Zhejiang and eastern Zhejiang Mesozoic volcanic rocks

浙西建德群: A—劳村组, B—黄尖组, C—寿昌组, D—横山组, E—桐庐横村埠岩体(“L”文); 浙东磨石山群: F—高坞组, G—西山头组, H—九里坪组, I—永康群、天台群, J—在台群, K—侵入岩; ●—Rb-Sr 等时线年龄; △—单矿物钾氩法年龄; □—锆石 U-Pb 法年龄; ×— $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄; 年表按 IUGS 1989 Global Stratigraphic Chart by J. W. Cowie and M. G. Bassett. 本图所用年龄数据据陶奎元等, 1988b; 李坤英等, 1988, 1989; 叶伯丹, 1989; 俞云文等, 1991; 陈江峰, 1992; 谢家莹等, 1996; Tao et al., 1996; 陆志刚等, 1997.

Jiande Group of western Zhejiang: A—Laocun Formation, B—Huangjian Formation, C—Shouchang Formation, D—Hengshan Formation, E—Hengcunbu intrusive, Tonglu (Lapierre et al., 1997); Moshishan Group of eastern Zhejiang: F—Gaowu Formation, G—Xishantou Formation, H—Jiuliping Formation, I—Yongkang Group, Tiantai Group, J—Zaitai Group, K—intrusive; ●—Rb-Sr isochron age; △—K-Ar age of single mineral; □—U-Pb age of zircon; ×— $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age; The Chronological table after IUGS 1989 Global Stratigraphic Chart by J. W. Cowie and M. G. Bassett. The age data used in this figure are from Tao Kuiyuan et al., 1988b; Li Kunying et al., 1988, 1989; Ye Bodan, 1989; Yu Yunwen et al., 1991; Chen Jiangfeng, 1992; Xie Jiaying et al., 1996; Tao Kuiyuan et al., 1996; Lu Zhigang et al., 1997.

东磨石山群高坞组、西山头组火山岩时代均主要集中在 130~121 Ma 之间,并不存在“L 文”中强调的两者具先后关系。

(3) 110~100 Ma 是早期高钾钙碱性英安岩—流纹岩(偶含安山岩并伴生闪长岩—花岗闪长岩)与晚期玄武岩—流纹岩(伴生钾长花岗岩和碱性花岗岩)这两个构造岩浆事件转折的时期。

南京大学沈渭洲教授和浙江省地质矿产厅汪庆华、俞云文高级工程师提供了宝贵资料和建设性意见,在此一并表示诚挚谢意。

参 考 文 献

- 陈江峰. 1992. 浙东南某些中生代侵入岩体⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄测定. 岩石学报, 3: 37~44.
- 陈荣, 周金城. 1999. 浙东早白垩世复合岩流和岩墙中蕴含的壳幔作用信息. 地质论评, 1999, 45(增刊): 784~795.
- 丁保良, 兰善先, 汪迎平. 1989. 浙闽赣地区非海相侏罗—白垩纪火山、沉积地层及古生物群. 南京: 江苏科技出版社.
- 顾知微. 1980. 浙东侏罗系和白垩系研究: 浙皖中生代火山—沉积岩地层的划分与对比. 北京: 科学出版社.
- 李坤英, 王小平, 沈加林. 1988. 浙东建德群的时代归属问题. 地质论评, 34(6): 485~495.
- 李坤英, 沈加林, 王小平. 1989. 浙闽赣中生代陆相火山岩同位素年代学问题. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 5(增刊): 81~136.
- 陆志刚, 陶奎元, 谢家莹等. 1997. 中国东南大陆火山地质及矿产. 北京: 地质出版社.
- 陶奎元, 薛怀民. 1988a. 中国东南沿海与西南日本内带中生代火山活动时代旋回和迁移问题的讨论. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 9(1): 1~22.
- 陶奎元, 谢家莹, 阮宏宏等. 1988b. 中国东南沿海中生代火山作用的基本特征. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 9(4): 12~30.
- 翁世劫, 孔庆寿, 黄海. 1987. 浙闽赣粤中生代晚期火山地质. 地质专报 12 号, 北京: 地质出版社.
- 谢家莹, 陶奎元, 尹家衡等. 1996. 中国东南大陆中生代火山地质与火山—侵入杂岩. 北京: 地质出版社.
- 邢光福, 陶奎元. 1998. 在壳幔作用过程中 Sr 含量对岩浆岩 Sr 同位素组成的影响. 火山地质与矿产, 19(1): 24~33.
- 邢光福, 杨祝良, 薛怀民, 赵宇, 陶奎元. 1999. 浙东白垩纪双峰式火山岩 Sr、Nd 同位素组成及其成因意义. 地质论评, 45(增刊): 796~804.
- 尹家衡, 王占宇, 陶奎元. 1985. 桐庐火山—构造洼地基本特征及演化. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 6(4): 1~15.
- 叶伯丹. 1989. 侏罗纪—白垩纪界限年龄研究. 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊, 14: 1~22.
- 俞国华, 方炳兴, 马国平. 1996. 浙江省岩石地层(全国地层多重划分对比研究之 33). 武汉: 中国地质大学出版社, 136~174.
- 俞云文, 董尧鸿, 何仲朗. 1991. 浙江芙蓉山破火山地质与找矿远景. 南京地质矿产研究所所刊, (增刊): 101~196.
- 俞云文. 1994. 浙江早白垩世晚期火山活动与火山—沉积岩系地层划分. 浙江地质, 10(2): 13~23.
- 张铭杰, 王先彬, 刘刚, 李立武. 1999. 中国东部新生代碱性玄武岩及幔源捕虏体中的流体组成. 地质学报, 73(2): 162~166.
- 浙江省地质矿产厅. 1989. 浙江省区域地质志. 北京: 地质出版社.
- 周金城, 张海进, 俞云文. 1994. 浙江新昌早白垩世复合岩流中的岩浆混合作用. 岩石学报, 10(3): 236~247.
- Lapierre H, Jahn B M, Charvet J, Yu Y W. 1997. Mesozoic felsic arc magmatism and continental olivine tholeiites in Zhejiang Province and their relationship with the tectonic activity in southeastern China. Tectonophysics, 274: 321~338.
- Tao K Y, Nakajima T, Xue H M. 1986. Comparative study on the volcanology-geochemistry of Mesozoic volcanics along the coastal margin of southeast China and in the inner zone of southwest Japan. Proceedings Symp. Geol. Continental Margins, Nanjing Univ (abstr.). 128~138.
- Tao K Y, Wang Q H, Xie J Y et al. 1996. Volcanic geology and mineral resources in Jiangsu and Zhejiang provinces. The 30th International Geol. Congr. (Beijing, China) Field Trip Guide, Geological Publishing House, 7/8: 50~55.

作 者 简 介

陶奎元, 男, 1934 年生. 1956 年毕业于北京地质学院. 现为南京地质矿产研究所研究员, 博士生导师, 长期从事火山岩地质学与岩石学、中国东南大陆火山地质与矿产的研究. 通讯地址: 210026, 南京市中山东路 534 号, 南京地质矿产研究所.

Determination of and Discussion on the Ages of Mesozoic Volcanic Rocks in Zhejiang

—Comments on the argumentation of Lapierre et al.

Tao Kuiyuan Xing Guangfu Yang Zhuliang Mao Jianren Zhao Yu Xu Naizheng

Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing, 210016

Abstract

The ages of Mesozoic volcanic rocks in Zhejiang Province have been controversial for a long time. The major divergence lies in whether they belong to the late Jurassic, early Cretaceous or late Cretaceous. Lapierre et al. (1997) concluded on the basis of two Rb-Sr isochron ages that the Jiande Group volcanism (124 Ma) in western Zhejiang should be grouped into the first magmatic event of Episode I, the Moshishan Group volcanism (97 Ma) in eastern Zhejiang into the second magmatic event of Episode I, and the Yongkang Group volcanism (<97 Ma) in eastern Zhejiang into Episode II. Based on plentiful isotopic dating data and geological studies, the authors, in this paper, discuss the geological meanings of the two isotopic ages given by Lapierre et al., and conclude: ① Mesozoic volcanic activities in Zhejiang are most frequent in 130~83 Ma, that is, from the early to late Cretaceous but not the late Jurassic; ② The Jiande and Moshishan groups are nearly in the same period and not in an upper—lower stratigraphic relationship with each other; ③ The period of 110~100 Ma is a transitional stage from the early high-K calc-alkaline dacite—rhyolite (associated with diorite—granodiorite) to the late basalt—rhyolite (associated with K-feldspar granite—alkali granite).

Key words: Mesozoic; ages of volcanics activities; Zhejiang Province
