

浙闽赣中生代火山地质若干基本问题

王中杰 杨琴芳 阮宏宏 黄光昭 尹家衡 邱永泉*

(南京地质矿产研究所)

内容提要 本文是应用火山构造—岩相法对浙、闽、赣这一特大型火山岩区, 进行区域性综合研究的尝试。除阐明了所用基本方法的根据、实质等要点外; 首次从旋回角度系统探讨本区统一旋回地层的划分, 火山构造类型、构造格局与火山杂岩的特征及其时空分布与演化等重大基础地质问题, 提出与传统认识不同的看法。

关键词 火山地质学; 火山旋回; 火山构造; 浙、闽、赣地区。

浙、闽、赣中生代陆相火山岩区, 是中国东部中、新生代构造火山带的组成部分, 隶属太平洋西缘构造域。深入研究该区, 对于提高全球大陆边缘地质的研究程度和为矿产普查提供依据, 具有重要意义。

六十年来, 对该区侏罗白垩纪火山岩系所进行的工作, 积累了许多重要资料, 为研究本区火山地质奠定了基础。但由于长期沿用以建立生物地层体系为主导的工作途径, 忽视火山作用及火山构造研究, 致使该区若干重大基础地质问题, 未能取得比较符合实际的认识与进展。

当代对火山岩区的研究趋势表明, 火山岩区研究水平的提高, 在很大程度上取决于对火山岩本身特点认识的深度和研究途径的合理性。本文试就“六五”期间在该区工作中, 我们所采用的基本方法与思路和对该区若干火山地质问题取得的新认识作一简介, 供交流讨论。不妥之处, 请批评指正。

一、基本工作途径

在多年实践探索中, 我们认为, 采用以建立岩相—旋回地层体系为核心的火山构造—岩相法或旋回法, 是陆相火山岩区较为合理的研究途径和行之有效的工作方法。

(一) 火山岩区主要特征分析

对火山岩区或火山岩本身特点的认识和理解, 是确定火山岩区合理研究途径的重要根据。

* 专题组成员尚有: 陶奎元、谢家莹、谢芳贵、王占宇、王美星、陈瑞年

1. 火山活动具有鲜明的阶段性。火山产物的旋回、岩相、韵律性特征正是这一阶段性的具体表现。火山地层的划分只有建立以“旋回”为基本地层单位的岩相—旋回地层体系,才能合理有效的恢复火山活动历史。

2. 火山构造是火山岩区的基本构造单元,火山产物与火山构造形迹在时空分布与成因上具有一致性。火山岩区地质构造的总体特征是由不同时期形成的具有一定岩石组合与相序特征,并与一定火山构造型式相联系的火山产物或旋回,在空间上堆砌、迭置及其演化的结果。因此,火山岩区必须将火山产物(地层、岩相、岩石等)与构造形迹作为一个地质整体,通过旋回划分同时进行研究,而不能采取沉积岩区那种先地层后构造和以地层学为主的研究顺序和方法。否则,必然出现地层划分与火山旋回、构造格局不相协调的现象。

3. 火山活动的不均衡性和与生物演化的不同步,使火山产物具有多变性、等时性与穿时性特征。也就是说,在大体相同的时期内,不同地区火山地层在旋回与层次多少、岩相岩石组合、代表的时间间隔以及生物化石的赋存状况等均是不完全相同的。这是以往主要根据岩性和古生物标志以及据此建立的多数带有地区性、含义跨度过小的地层“组”划分对比地层时,因不适应这些特点、以至不能合理有效地对火山地层进行划分对比的主要原因。只有根据综合标志划分火山地层,通过旋回的总体特征进行跨区对比,才能消除这些不均衡因素,建立合理的地层层序。

4. 火山岩区不整合与间断具有多样性、复杂性,即使是重要的不整合现象也常是火山活动本身不同阶段或阶段性的表现,不是地壳构造运动的直接产物;加之等时性与穿时性原因,它们通常只能作为划分岩相和旋回的依据,而不能与构造运动一一对应或作为时代划分的根据。

5. 火山活动过程中频繁发生的垂直升降运动及其导致的喷发、沉陷及复活隆起作用,是三种最活跃的作用机制。它们有规律的交替和转化,形成各种岩相产物与不同型式的火山构造形迹,推动着火山岩区的发育和演化。加深对它们的理解,是应用古地理方法恢复和认识古火山构造及其演变历史的基础和纽带。

(二) 火山构造—岩相法的实质

上述各点表明,火山岩区工作的关键和实质就在于确定火山产物的来源,尽力找出喷发中心。只有将看来是杂乱无章的火山产物与各自的喷发中心或火山构造及其体系联系起来,首先通过岩石成分与组构的研究,划分岩石类型;然后依岩石类型或组合及其产出状态等,划分火山岩相;再根据岩相组合与相序特征及其对于一定火山构造的关系,恢复火山构造、划分火山旋回;最后以古生物与同位素年龄资料确定火山旋回或岩系的时代。

火山构造—岩相法属古地理方法范畴。它需要通过不同比例尺的填图加以实施,并配合其他方法对火山岩区进行综合研究;应用旋回方法,在大型火山岩区建立区域地层体系时,需首先剖析各种区域火山构造单元,并分别建立地层层序,然后再通过合理的跨区对比,方能建立全区的地层层序。

(三) 关于火山岩相及火山构造分类

在采用火山构造—岩相法对火山岩区进行综合研究时,首先必须拟定合理的火山岩相及火山构造分类方案。

火山岩相划分

火山活动过程中,随着不同演化阶段的交替,各种岩相就会按照一定的时间先后和排列次序堆积形成,显示出特有的“时序”与“相序”。以往的岩相划分,未能反映这一固有的特征;分类中缺少广泛发育的复合岩相类型,致使存在不能直接用于划分火山地层、恢复火山构造的致命弱点。

表 2

火山构造类型、级别划分

Table. 2 The division of volcanic structure type and volcanic size

级 别		成因 与 规模	基 本 类 型		实 例
代号	名 称				
I	构造—火山带	本 项	构造—火山带（及亚带）		中国东部构造——火山带南带（区） 浙闽赣粤构造——火山带（区）
II	火山活动带		火山活动带（及亚带）		浙闽粤东部沿海火山活动带 苏南—浙西—赣东北—闽西火山活动带
III	火山喷发区（带）		线型	喷发带及亚带	信江—东乡—相山
			面型	喷发区及亚区（大型火山构造组合体）	天台—仙居复杂构造组合体 永泰—德化巨型组合体
IV	火山—构造成因构造（直径一般大于30公里）		负向	火山沉陷构造（及其组合体）	庐枞、嵯县、三门、小岭、九里坪、文成、望州山、石牛山、相山
				火山构造洼地	桐庐、寿昌、上杭、铅山
				火山沉积洼地	天台、金衢、信江
V	火口构造（直径一般小于10公里）	正向	火山隆起构造		括苍山、尤溪—古田、龙泉—丽水
			火山通道构造	中 心 型	浙江西岗头、下曹、竹山、西山头、五通桥；安徽黄山寨、柳峰山，女儿坑
		裂 隙 型		深水甲山、寿昌狮头山、福建闵清	
		破火山口构造（及其组合体）		安徽七家山、浮山，浙江上井、大雷尖、白竹山、黄尖山、白岩下，江苏娘娘山，福建东山，马鞍山	
		火山穹隆构造	喷出穹隆	庐枞灵屏山；	
			侵入穹隆	浙江括苍山、黄坦、北漳，福建凤迹、石竹坪、凤竹	
			复活穹隆		
火山锥构造（及火山群）主要指产状外倾的近代穹状锥状火山		江苏天山、浙江八面山（？）、山西大同、五大莲池			
隐爆角砾岩构造		浙江五部			

我们将火山岩相与火山作用阶段联系起来,拟编了一个区域火山岩相划分方案(表1)。此方案不仅恢复各岩相的“时序”与“相序”关系;还建立“火山相系”等以反映不同作用阶段主要岩相特征的复合岩相类型;概括在不同喷发性状条件下可能形成的各种基本岩相类型和亚类。可直接划分火山地层和恢复火山构造。

火山构造分类

为系统研究火山构造,恢复构造格局,结合我国实际情况和我们对不同构造类型的理解,提出一个火山构造分级分类方案(表2)。该方案主要根据成因、规模及形态等综合标志,将火山构造划分为五个级别及十四种基本类型。

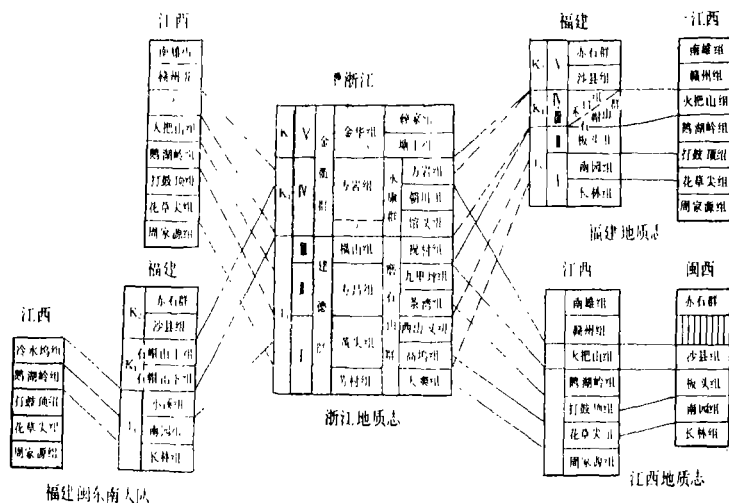
二、中生代火山岩系的划分

本区火山岩系的划分,认识颇不统一,即使目前若干接近一致的认识及其建立的以“组”为基本地层单位,以“寿昌”、“馆头”、“衢江”生物群为主要划分依据,由 J_3 、 K_1 与 K_2 组成的生物地层体系中(表3),也还存在若干重大的层序、划分与对比问题。如塘上、赖家组与朝川、方岩组的层序问题;寿昌组与馆头组的划分问题;东西跨区对比问题等。这些问题不仅影响全区正常地层层序的建立,还长期掩盖着本区若干基本特征的揭示。我们认为,解决这些问题的关键,在于对若干传统方法与观念的变革。

表 3

传统地层划分对比表

Table. 3 Traditional division and correlation of Stratigraphic



(一) 火山旋回划分意见

应用旋回方法建立岩相—旋回地层体系。以“旋回”为基本地层单位,“岩相”为填图单位,还可视比例尺的不同再详细划分。

火山旋回是指在一定火山活动时期内,由不同作用阶段形成的具有一定岩相组合与相序特征,并与一定火山构造型式相联系的火山产物的总和。划分旋回的基本准则是:

(1)岩相组合与相序标志;(2)火山构造标志;(3)岩石及地球化学特征标志;(4)不整合标志;(5)古生物组合标志;(6)同位素年龄标志。

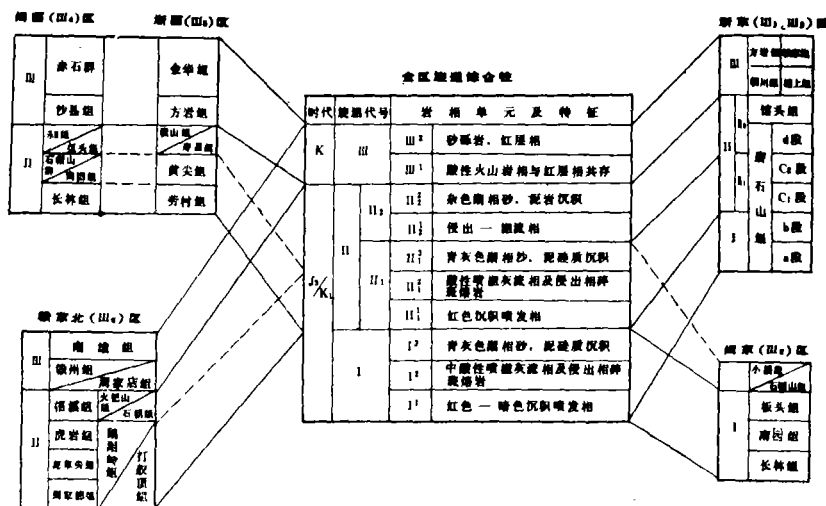
几年来,以野外实际工作为基础,重新厘定了原有地层层序,在建立各地区旋回地层的基础上,通过跨区对比建立了浙、闽、赣全区统一的岩相—旋回地层体系,将本区侏罗白垩纪火山岩系划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ等三个旋回及十个岩相单元。现将各省常用地层名称组成的各地层分区地层柱与全区综合地层柱对比于表4。

表 4

各地层分区及全区旋回划分对比表

Table. 4

Cycle division of each region



（二）各旋回的基本特征

第Ⅰ旋回：分布于本区东部Ⅲ₁、Ⅲ₂、Ⅲ₃区，占火山岩总面积的1/4，平均累积厚度2400米，不整合于前火山岩系之上。主要由英安流纹质火山岩组成，分三个岩相单元，下部火山红层相或红层相，夹安山岩、玄武岩；中部熔结凝灰岩，凝灰熔岩构成喷溢相，该岩相中心常有侵出相碎斑熔岩及花岗质火山侵入相、次火山相发育；上部湖成沉积相仅闽东地区发育。该旋回以发育火山隆起等正向构造为特征，构成本区山脉主体，基本不富含特征性生物化石，同位素年龄值区间为120—140Ma（参见图1）。

第Ⅱ旋回：全区均有分布，面积约占1/2，厚度约4000米，不整合于前火山岩系或Ⅰ旋回之上。总体上具三元结构，下部火山红层相，有时夹中基性岩；中部灰流型熔结凝灰岩及流纹岩、石英粗面岩组成喷溢相，上部灰色为主的细碎屑湖相沉积。浙东地区上部沉积岩相因夹有具有固定层位的侵入相流纹岩，呈五元结构，有两个亚旋回，闽东地区上部沉积相不发育，具二元结构。此外，各地中部喷溢相发育也有差异，其岩相岩石组合类型常有“灰流型”、“韵律状灰流型”、“熔岩—灰流复合型”、“灰流—侵入斑岩复合型”等。该旋回主要形成负向火山构造，在本区东部呈面型分布，发育等轴状火山沉陷构造，西部地区以形成火山构造洼地为主。该旋回属穿时性地层，富含“寿昌”与“馆头”两类生物群，同位素年龄区间为100—130Ma。

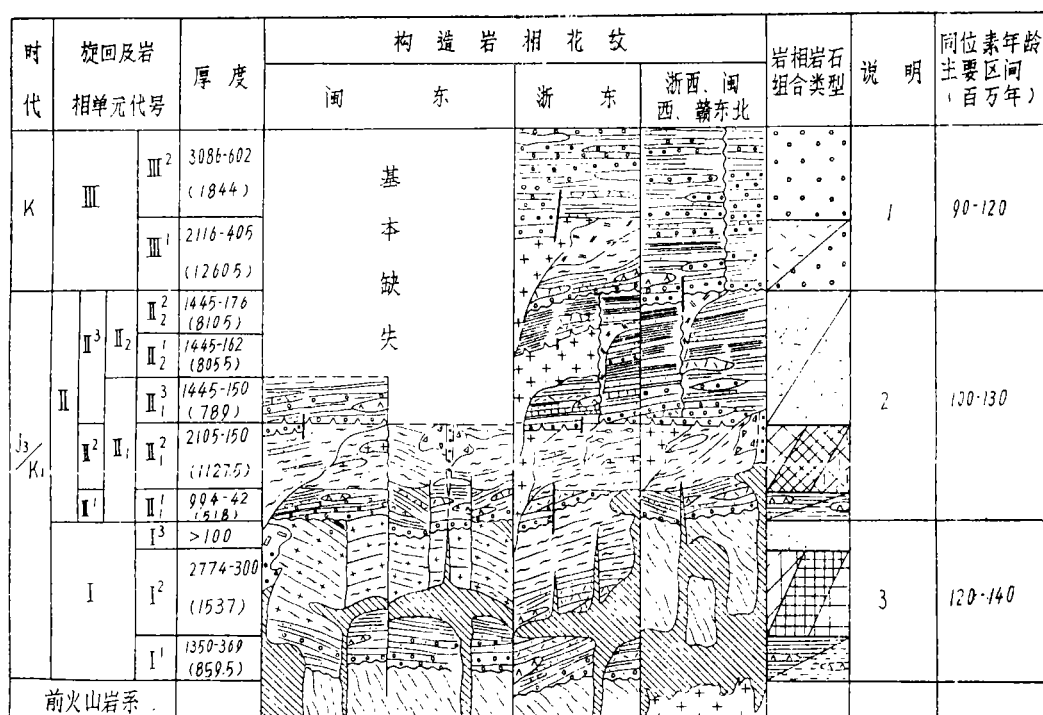


图1 浙闽赣中生代火山旋回综合构造柱状剖面图

Fig. 1 The comprehensive structure columnar section of Mesozoic cycle Zhejiang Fujian and Jianxi

第Ⅲ旋回：该旋回除闽东地区外，各区均有出露，面积占1/4，厚度约3000米，不整合于前期旋回或基底岩系之上。发育红色建造，浙东以火山型为主，由中酸性灰流型熔结凝灰岩及流纹岩组成，局部见石英粗面岩，旋回早期夹中基性岩；西部各区以沉积型为主；浙中区具有火山型与沉积型两种结构。该旋回主要形成拉长状火山沉积洼地为主，沿区域构造方向展布，迭置于前期旋回形成的火山构造或基底地层之上，或充填于其他等轴状构造的间隙中。生物组合具穿时性特征，早期产有K₁或“馆头”生物群的某些种属，晚期富含“衢江”生物组合，同位素年龄值为90—120Ma。

(三) 主要的新看法

由表3与表4对比可知，我们的划分与传统认识不同的看法主要有：

1. 塘上、赖家组与朝川、方岩组两套红层相产物，不具有上下层位关系，而是同一旋回或层位产物，均归属本文第Ⅲ旋回。

2. 闽东石帽山组与小溪组不存在上下层序关系，应属同一旋回，其层位大体与浙东西山头组相当。

3. 据祝村、叶大山、水车等地“祝村组”分别相当西山头—茶湾组（或馆头组）、茶湾—九里坪组、馆头组层位，其建组依据不足。

4. 据实地观察，汤川、闽清、福清宏路等地原长林组地层层位不在南园组之下而位于其上，这类“长林组”应与该区原沉积型“板头组”相当。该区应存在独立的沉积

型板头组层位, 其与小溪组(或称火山型板头组)层位并不相当, 前者在下属第Ⅰ旋回, 后者在上属第Ⅱ旋回。

5. 关于东西跨区对比问题: 本区以往主要根据生物和岩性岩相标志或地层“组”进行跨区对比, 由于地层单位跨度小、对比标志局限, 不能适应火山地层多变性、等时性等特点, 造成目前将“建德群”与“磨石山群”对比、闽西长林、南园组与闽东长林、南园组对比, 以及将原打鼓顶、鹅湖岭组置于周家源、花草尖组之上等一系列不合理的对比、层序关系。

事实上, 由于火山地层的复杂性, 在跨区对比中只有扩大地层单位的跨度, 根据综合标志和旋回的总体特征进行对比, 方能避免误差。如图2所示, 在建德群与磨石山群对比中, 由于两个“群”的地层“组”数不同, 浙东磨石山群的五个组或六个岩相单元与浙西建德群的三个组或岩相单元又存在两两相似的状况。因此, 如果不作旋回分析, 各“组”之间是无法对比的。以往仅仅根据两“群”均属“寿昌”生物组合和某些“组”在岩性上的相似性, 将其笼统对比, 由于认识不一, 还出现两种不同对比方案(图2中①、②)。从岩相组合、火山构造、生物群特征、不整合等综合标志分析, 磨石山群包括Ⅰ、Ⅱ两个旋回, 浙西建德群及三个组仅相当磨石山群之第Ⅱ旋回。(第③种意见)。因此以往对比之不合理, 正是掩盖了东、西地区火山活动发育演化上这一本来固有的差异性, 致使长期不能揭示本区火山活动由东向西迁移演化的基本特征。

根据同样理由, 将闽西之长林、南园及板头组与闽东小溪组或石帽山组对比; 将江西地质志中视打鼓顶组、鹅湖岭组位于周家源、花草尖组之上的层位关系, 改变成平行关系, 并均归属本区第Ⅱ旋回。

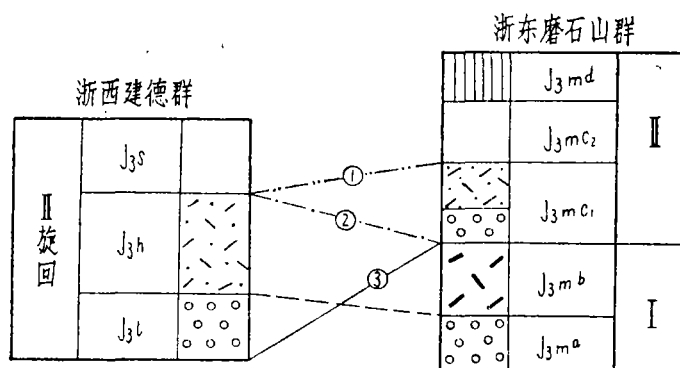


图2 浙东与浙西对比方案图解

Fig. 2 The stratigraphic comparison of east to west Zhejiang

6. 关于馆头组与下伏地层的关系、划分及本区 J_3 与 K_1 的分界问题: 根据“馆头”与“寿昌”两类生物群, 划分馆头与寿昌组或相当 K_1 与 J_3 两套地层; 馆头组与下伏地层呈区域不整合接触; 该组或其相当层位的底界是本区 K_1 与 J_3 不同时代地层的分界等认识, 一直是驾驭本区地层划分的传统观念与作法。

然而, 从火山活动的特点及旋回角度分析, 上述认识的合理性值得探讨。如图3所示, 本区浙西劳村—黄尖组、浙东西山头组、闽西长林—南园组、赣东北打鼓顶—鹅湖

岭组、或周家源—虎岩组等火山相层位之上，常有一套湖相沉积岩系发育，其层位归属主要有四种类型：第一种，属寿昌组层位，如茶湾、板头、石溪组等；第二种，属馆头组层位，如永康馆头、临海东塍剖面等；第三种，相当寿昌—馆头组层位（在同一连续的沉积岩相地层中，产有“寿昌”与“馆头”两类生物群的种属，其赋存部位虽有大体上、下位置，但无确切宏观分界），如火把山组、原小溪寺组、小岭组、丽水老竹、永安吉山剖面等；第四种，具茶湾—九里坪—馆头组组合，如天台九里坪，宁海水车剖面等（闽东小溪组和石帽山组之上多缺失该沉积岩系，属第⑤种类型）。上述各种地层结构具有相似的岩相组合；通常构成各种负向火山构造；与下伏Ⅰ旋回或前火山岩系地层呈不整合关系，其上又常被相当于本文第Ⅲ旋回地层不整合覆盖；生物组合上除第①、⑤类以富含“寿昌”生物群为主外，均以下部产“寿昌”组合化石、上部富含“馆头”组合为特征。因此它们是具有穿时特征的同—旋回产物，即本文第Ⅱ旋回。

根据穿时性特征、馆头组或其相当层位与下伏地层接触关系及其性质的分析，我们认为，本区馆头组或其相当层位与下伏地层不存在区域性不整合；本区 K_1 与 J_3 地层之间不存在明显分界，两者呈过渡关系；应用“馆头”与“寿昌”两类生物群，划分该两组地层或相当的 K_1 或 J_3 两套地层的传统作法，存在明显不合理性和与火山活动本身特点的不适应性。

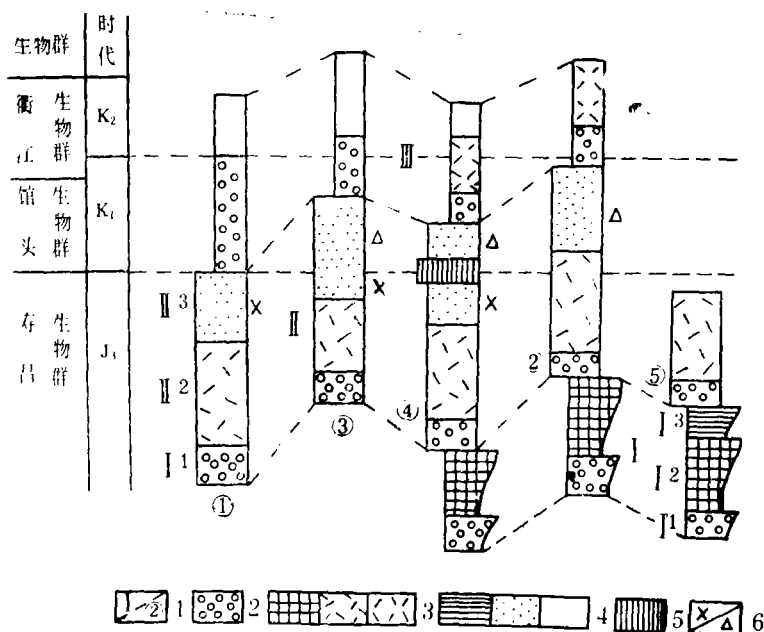


图3 火山旋回与时代、生物群关系图

Fig. 3 The relationship of volcanic cycle and age palaeontology

1—旋回及地层结构类型代号；2—旋回早期火山红层相；

3—Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ旋回火山相；4—各旋回晚期沉积相；

5—侵入溢流相流纹岩（原九里坪组）；6—“寿昌”、“馆头”生物化石组合代号

7. 本区火山岩的时代问题：目前看法尚不统一，部分古生物工作者主张时代应以 J_3-K_1 为主，叶肢介等及同位素地质工作者认为以白垩纪为主。

根据本区生物群的研究现状和同位素年龄数据的总体趋势(90—140Ma),我们认为本区火山活动时代以暂归属 J_3-K 为宜。本文第Ⅰ、Ⅱ旋回归属 J_3-K_1 ,第Ⅲ旋回归属 K_1-K_2 。

8. 本区火山活动的迁移趋势问题:根据以往对该区地层的划分对比认识和某些同位素年龄数据等,传统看法认为,本区火山活动具有西老东新或由西向东迁移演化的趋势。然而,我们从旋回地层的划分对比及其时空分布与发育状况的分析,却得出了相反的结论。如前所述,本区Ⅰ旋回主要分布于东部浙东、闽东地区,而广大西部地区未见发育。其总厚度约2000余米,分布面积约占火山岩总面积的1/4;Ⅱ旋回广布全区,但在闽东地区分布局限,浙东地区呈面型分布,西部地区也较为发育。其总厚度约4000余米,面积约占1/2;Ⅲ旋回在闽东地区基本缺失,浙东地区最发育并以火山型为主,西部各区则以沉积型为主。旋回总厚度约3000米,出露面积约占1/4(参见图1)。由此可见,本区火山活动应开始于本区东部或东南部,随着时间的推移、旋回的更替,火山活动及其产物逐步向西或西北方向波及和迁移;同时,火山活动的规模、强度等也发生由大到小、由局部到全区和由弱—强—减弱的演化;火山构造型式、岩石化学与地球化学特征也随之按照一定的规律交替和变化(详见下文)。因此,本区火山地层实际是东老西新,火山活动似应从东南和南向西北和北的方向迁移演化。

9. 本区火山地层(旋回)发育的基本特征初步可归纳下列各点:

(1) 具有明显的阶段性与旋回性特征。

(2) 不同旋回火山地层与一定型式的火山构造类型相联系,构成本区火山杂岩系下、中、上三个不同火山构造体系或构造层。

(3) 具明显的不均衡性特征(地层分区根据)。

(4) 具穿时性与等时性特征。

(5) 具有一定的时空迁移演化趋势。

实践证明,对火山地层进行统一划分对比、建立以“旋回”为基本单位的岩相—旋回地层体系,是行之有效的。这对我国中生代陆相火山地层的研究与划分,是一种新的途径和方法。

三、中生代构造格局综述

浙、闽、赣中生代火山岩区是中国东部构造火山带的南带,北侧以江南深断裂与沿长江、郧庐等火山岩区(中带)分界。近于NE向展布,长千余公里,宽300—400公里,呈镶边构造迭置于扬子准地台、华南加里东褶皱系等不同大地构造单元之上,内部结构十分复杂,成为中国大陆东部中(新)生代活化的主要标志。

(一) 主要构造格局分析

印支运动使该区成为稳定地台区。进入中生代后,来自库拉—太平洋板块和联接特提斯—印度板块与库拉—太平洋板块近于东西走向的洋中脊体系,由南和东南方向的双重压应力,使本区发生挤压、拉张裂隙活动与断块升降为主的构造活化。使原有褶皱、断裂体系形变加剧和再次活动,产生总体上与北东向构造体系相协调的隆起区、裂隙区以及线型与弧型断裂;并导致该区规模宏大的火山、侵入活动。多次挤压隆起与拉张裂陷

的交替,形成本区多期次、多旋回火山活动。

火山岩成岩方式的特殊性,使火山产物围绕喷发中心分布并构成火山构造;不同级别与类型的火山构造或火山活动中心在空间布局的规律应与火山活动时期发育、活动的断裂构造体系相一致。所谓构造格局是指火山岩区内,火山构造的特征及其组合方式、空间分布规律与态势,以及控制它们的构造体系的总和或其总体特征与面貌。本区显示出由一系列与武夷隆起边界形态大体平行的弧形构造体系和与其轴向近于一致的 NE 向断裂构造体系及其沿着这一复合体系分布的,由不同时期、级别与类型和不同组合方式的火山构造,相互迭置、镶嵌,彼此连接、套迭所构成的复杂图案。它既有弧型、线型轮廓,又具有环状、串珠状、等轴状的明显特征,与区域构造体系既有一定成因联系,但又不尽协调,总体上呈现了火山岩区特有的带状、环状、镶嵌状的地质构造。

(二) 构造分区及其特征

本区不同火山岩区在旋回发育程度、火山构造类型、地层结构、岩石组合及成矿作用等常有差别。据此,本区可划出两个Ⅱ级火山活动带(区)和六个Ⅲ级火山喷发区(带)。兹简述如下。

1. 浙闽粤东部沿海火山活动带(Ⅱ₁)

该带处于江绍断裂及政和—大浦断裂以东浙东、浙中、闽东、粤东等沿海地区,长约1000公里,宽约120公里,简称东带。是本区火山活动最早和最齐全的地区、发育三个火山旋回,呈面型分布;英安—流纹岩组合为主,钙碱性系列,火山岩中常伴生大量花岗质侵入岩类;带内火山构造发育,类型齐全、结构复杂,以环状、等轴状正向构造及火山沉陷、破火山口等负向构造为主,但也发育线状和不规则状火山构造洼地及沉积洼地构造,显示环状、套迭状、镶嵌状特征;有天台—仙居、龙泉—丽水、温州—福鼎、闽清—福清—德化、安溪—漳州等巨型火山构造组合体和巨型环状构造,是本区主要火山活动区或活动中心;与火山活动有关的矿产有钨、锡、钼、铅、锌、金、银以及叶腊石、萤石、高岭土等。又可分出三个Ⅲ级火山喷发区:浙东区(Ⅲ₁)、闽东区(Ⅲ₂)、浙中区(Ⅲ₃)。

2. 浙闽西—赣粤北火山活动带(Ⅱ₂)

该带位于东带以西,叠置于扬子准地台南侧及华南褶皱系之武夷隆起之上,包括浙西、闽西、赣东北、赣南及粤北等地,简称西带。长约1000公里、宽约100—200公里,发育Ⅱ、Ⅲ旋回,火山岩系呈孤立盆地分布;以中酸性灰流型熔结凝灰岩、石英粗面岩为主,时有碎斑熔岩等发育,属英安岩—流纹岩组合、钙碱性系列;火山构造以形成拉长状火山构造洼地、火山沉积洼地为主,并明显受NE、NEE向区域构造控制,具线状、带状特征;矿产以铅、锌、银、铀、铜等为主,尤其盛产铀矿。分为三个Ⅲ级火山喷发区(带),即浙西区(Ⅲ₄)、闽西区(Ⅲ₅)及赣东北区(Ⅲ₆)。

(三) 火山构造基本特征

本区火山构造类型齐全,结构复杂,保存尚好,Ⅴ级火口构造有破火山口、火山通道、火山残丘及火山穹隆构造,Ⅳ级构造包括火山沉陷、火山构造洼地、火山沉积洼地、火山隆起等基本类型,现将本区火山构造发育的基本状况综述如下。

1. 火山构造数量多、类型多样,成因与结构复杂。

数量:发育数量之多是有少有的。卫片初步判读有600余处,经实际工作鉴别和推断

的近200处,其中包括火口构造近百处,Ⅳ级构造67处,大型火山构造组合体5处。

形态:平面形态有圆、椭圆、三角形、长条形及不规则状;剖面形态呈盆状、穹状、管状、喇叭状等。

规模:发育不同级别与规模的火山构造型式,各类大型火山构造组合体,直径达80—100公里,面积为数千至上万平方公里;Ⅳ级构造直径通常为30—50公里,面积为数百至上千平方公里;Ⅴ级火口构造,直径为5—10公里,面积为数十或近百平方公里,小者不足1平方公里。

成因:有受环状断裂控制的火山沉陷等,也有受区域线型断裂制约的拉长状、带状构造;既有主要由火山作用形成的破火山口、火山通道构造,又有受多种作用联合制约的火山构造洼地、沉积洼地等构造;尚有与复活作用有关的火山隆起等正向构造。

结构:不同火山构造类型具有不同岩相组合及结构特征,即使是同一类型,由于各地发育保存状况,喷发性状的差异,在结构、岩相岩石组合类型上也常有区别。

2. 火山构造具有多期、多旋回特点。

发育三个时期的火山构造,它们在火山构造类型、物质成分、结构、空间分布上各有特点。

3. 火山构造形成时的喷发方式以中心式和裂隙中心式为主,喷发类型比较复杂。Ⅴ级火口构造的形态、内部结构及火山产物分布状况等特征表明,中心式喷发是本区火山活动的基本喷发方式。从火口构造在更大级别火山构造单元中的分布状况看,沿环状、线状构成的裂隙—中心式喷发,并自边缘向中心迁移演化是本区火山活动主要的喷发组合方式,也是各类区域火山构造单元基本的形成与演化方式。从岩相岩石组合类型分析,具有熔岩型、碎屑型、复合型及侵出型等四种喷发类型。

4. 在空间分布与排列组合方式上具有多样性、复杂性和规律性。

各类构造的组合方式也颇为复杂。其主要组合方式有套迭状、叠置状、镶嵌状、环状、串珠状、填隙状、带状、切割状等。正是由于这种排列组合方式的多样性特点,使本区火山构造格局显示与区域构造既相联系又不尽协调的,主要以带状、环状、镶嵌状为特点的复杂构造图案。

5. 具有较明显的地形地貌标志与物化探标志。

具盆状、环状、脊状,火山漏斗,火山壁垒等典型火山地形地貌景观,在卫片中显示也十分清晰。不同正、负向火山构造常分别处于重力高或重力低值区,在航磁等值线图中表现为等轴状、环状异常区,如括苍山、望州山等。

四、火山杂岩的若干特征

岩石类型十分复杂,由不同成分、多种成因、不同类型和多相、多旋回火山杂岩组成。

1. 火山杂岩系总体上属钙碱性系列,各类中酸性熔结凝灰岩、流纹岩、凝灰熔岩、碎斑熔岩及少量石英粗面岩是本区主要岩石种属,通常构成各火山旋回和主要喷发相的主体,与其伴生的尚有与其成份相近的次火山岩、侵入岩,少量中基性安山岩、玄武岩类以及具有成因联系的火山沉积岩、沉积岩类。各类岩石在不同火山旋回、岩相和

火山构造中以一定的组合与相序分布,从而使本区火山杂岩系成为一套由不同旋回、岩石类型、岩相组合及火山构造式组成的既有区别又相互联系的地质综合体。

2. 本区各旋回岩石化学成分在AFM图解中均落入钙碱性岩区;在岩石化学分类图解中,为一连续的点阵区,其中流纹岩类占65—68%,英安岩类占24—31%,安山岩、玄武岩类占4—7%,其岩石组合主要为英安岩—流纹岩组合。这与本区侵入岩中花岗岩类占90%以上的情况相一致,显示本区火山杂岩系具有以流纹岩—花岗岩套为主体的明显特征。此外,本区流纹岩类化学平均成分中, SiO_2 73.91%、 Na_2O 3.09%、 K_2O 4.81%、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 1.58%,属高硅高钾流纹岩。

3. 岩石微量元素中,Rb 158—195 ppm, Sr 179—128 ppm Ba 771—543 ppm; Rb/Sr 0.6—3, K/Ba 35—130, K/Rb 180—225, Ba/Sr 3.58—4.62。以同酸度值与岛弧TH、CA系列比较,Rb、Sr、Ba偏高,Ba/Sr、Rb/Sr 比值大,K/Rb偏小。

4. 岩石稀土元素含量丰度较高,中酸性火山岩类 ΣREE 180—250 ppm (处于澳大利亚页岩丰度范围) LREE/HREE 9—14, δEu 0.4—0.6,稀土元素分布模式属右倾斜富集型,铈亏损明显。各旋回稀土元素分布模式相似,构成一组大致平行的束状曲线,表明具有相似的成因。

5. 火山岩 $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 初始比值为0.7084—0.7201,多数在0.708—0.710之间;据有关资料本区花岗岩等侵入岩类 $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 比值为0.705—0.715,显示了它们与火山岩成因上的一致性。

6. 由早期旋回至晚期旋回或由东部向西部,岩石化学成分中 SiO_2 、 K_2O 、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 等趋于增加, Na_2O 减少;随 SiO_2 增加,Rb、Ba/Sr、Rb/Sr、K/Ba比值增加,Sr、Ba减少;稀土元素 ΣREE 、LREE/HREE、 δEu 随 SiO_2 的增加呈负相关性。

7. 赣南地区、浙江天台及福建永泰等地,在同一剖面中发育玄武岩与流纹岩类交互产出的现象(其间缺少过渡的中性岩类)。据此,不少研究者认为本区发育双模式火山岩。但应该指出:其一,上述具有双模式火山岩结构的剖面仅在个别地段见及。即使在同一火山构造单元中,分布也极不稳定,且玄武岩与流纹岩的规模比例相差悬殊;其二,本区各旋回早期或下部层序中,常间夹有安山岩或安山质碎屑岩,有时同时产有玄武岩;其三,全区岩石化学成分及其投影图解中,玄武岩、安山岩、英安岩及流纹岩构成一连续变化的点阵区,其间并无缺失中性安山岩成分的现象。因此,就全区或旋回而言,本区是否发育双模式火山活动,值得进一步研究。

总之,本区以中酸性为主的火山岩与广泛分布的花岗岩类,其成分相似、时空分布紧密伴生,显示了它们是一套具有成因联系的火山—侵入杂岩序列。从上述岩石化学、稀土元素以及锶、氧同位素特征等提供的信息表明,本区火山杂岩具有较多的壳源成因性质,其主要原始岩浆可能是地壳重熔形成的中酸性英安质或流纹英安质岩浆。

主要参考文献

- [1] 顾知微, 1980, 浙皖中生代火山沉积岩地层的划分及对比, 科学出版社
- [2] 吴利仁等, 1984, 华东及邻区中、新生代火山岩, 科学出版社
- [3] 王中杰, 1980, 庐枞火山沉陷, 南京地质矿产研究所所刊, 第三卷第一号

- [4] 王中杰, 1984, 浙闽赣中生代火山岩系划分与对比的一种途径, 全国中酸性火山岩、次火山岩与成矿作用学术会议论文摘要汇编。
- [5] 王中杰, 1984, 一个火山构造分类方案简介, 同[3]
- [6] 浙江、福建、江西省地质志(初稿), 1984。
- [7] Г.М. 弗列姆德等, 1979, 东老爷岭火山带火山构造的类型、成因和成矿专属性, 国外地质科技资料选集, 第13集。
- [8] М.И. пустапов等, 1983, 破火山口的成因分类, 地质科技动态, 第12期。

A NEW APPROACH OF THE RESEARCH OF MESOZOIC VOLCANIC GEOLOGY OF ZHEJIANG, FUJIAN AND JIANGXI PROVINCES, SOUTHEAST CHINA

Wang Zhongjie*

(IGMR. Nanjing)

Abstract

The volcanic activities in the Zhejiagn-Fujian-Jiangxi provinces, southeast China, reveal cyclicity. Their petrogenetic provinces can be determined by lithological stratigraphy of cyclic units. In the present paper the authors proposed a series of criteria to determine the cyclic unit, i. e. lithological assemblage, volcanics structure, rock-type, contact between different lithologic strata, palaeontological and isotopic dating. Mapping has been done chiefly by structure and lithology study to establish lithological sequence of the large volcanic structural unit at first, then correlate them with that of different districts. According to this procedure, we divided the whole Jurassic to Cretaceous volcanic sequences into three major cycles and ten lithological units (table 1).

In this division scheme, we revise the previously supposed division of sequence of Tbnqshang group, Leijia group, Chaochuan group, Fangnian group and redivied the Shouchang group and Guantou group, and made a much more broad correlation between the east and west district. All our works modified and corrected some of the traditional idea, and resolved some of long disputed problems of the discussed region.

In the present paper, the authors emphasized the cyclicity, isochronism, diachronism, the imbalance development and the connection between the cycle and volcanic structure type. The whole rock sequence are com-

* Huang Guangzhao Dao Kuiyuanq Xie Jiarong Yin Jiaheng Xie Fanggui Yang Jinfang Ruan Honghong Wang Zhanyu Wang Meixin Chen Ruinian Qu Yongquan Took part in this work.

posed of three tectonic stratigraphic unit. The age of volcanic activity become older from west to east, and took place in a span of 90 to 140 Ma.

The tectonic-volcanic belt in Zhejiang-Fujian-Jiangxi provinces occurred as a mosaic superposed zone on different tectonic units. They show a series of arcuate structural zone subparallel to the Wuyi uplift and NE fault-systems, composed of different cycles and volcanic assemblage types, forming a complex pattern.

There are more than one hundred of diversified types of volcanic structures in 5 orders: the tectonic volcanic belt, volcanic activity zone, explosive area, volcano-originated structure, volcanic craters, and more than 10 basic units: volcanic domes, volcanic subsidences, volcanic structural depressions, volcanic sedimentary depressions, calderas, volcanic vents, etc. They occur in various scales and with different dissection degrees. They reveal either central or fissure eruption characters, sometimes symbolized by geomorphological features.

Rock type of the discussed area are quite complicated. Intermediate acidic ignimbrite, rhyolite, tuffaceous lava, cataphenocyst lava, quartz trachyte are the major components. They are often accompanied by minor granitoids and intermediate to acidic igneous and volcanic sediments. Rock types and their eruptive facies occur as a sequenceal assemblage forming the whole volcanic complex mass.

Chemically the volcanic complex belong to the calc-alkaline series. Rhyolite is about 65-68% in volume, dacite 24-31%, andesite-basalt 4-7%, so dacite-rhyolite assemblage are predominant. Rhyolite has SiO_2 73.9, Na_2O 3.09, K_2O 4.81 and belonging to high silica-high potassium variety.

Rare earth element of these intermediate-acidic volcanic complex, has REE 180-250 ppm, LREE/HREE 9-14, δEu 0.4-0.6, Rb 158-195, Sr 128-179, Ba 543-771 ppm, and $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 0.7084-0.7201 for eruptive rocks and 0.706-0.715 for intrusives. It tells us that quite a lot of crustal material has been assimilated in the original magma, most probably the chief magma origin was anatexis of the crust.

There existed a general trend that SiO_2 , K_2O , $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ tends to increase from SE to NW, but Na_2O decrease from SE to NW. Together with the increasing tendency of SiO_2 , Rb, Ba/Sr, Rb/Sr, the K/Ba also increase, but Sr and Ba decrease. REE, LREE/HREE, δEu show a negative correlation.

Key words: Mesozoic Volcanology, volcanic cyclicity, volcanic structure, Zhejiang-Fujian-Jiangxi provinces.