

运用火山地质学理论研究竹田头火山机构

谢家莹^①, 蓝善先, 张德宝,

周 茂, 赵 宇, 许乃政

(南京地质矿产研究所, 江苏南京 210016)

摘 要:系采用火山活动旋回—火山构造—火山地层—岩性、岩相一体化思路对浙东谷来地区的竹田头复活破火山机构进行地质填图的一些认识,主要有如下五点:1. 采用火山旋回—火山构造—火山地层—岩性、岩相一体化思路在火山岩区进行地质填图,取得了很好的地质效果;2. 区域火山地层层序的厘定,首先应在同一旋回的火山机构内,测制剖面,厘定火山地层层序,而后把不同旋回火山机构内的地层层序叠置,建立区域综合地层层序,在此基础上,确定岩石地层单位和填图单元;3. 划分岩相,建立相序,是推演古火山演化历史,建立演化模式的有效途径;4. 线形构造与环形火山构造组合形成的线—环构造格局,是火山岩区地质构造的重要特征;5. 在火山岩区用火山地层组—段—岩性填制的地质图,实质上是一种实际材料图,只有以火山旋回—火山构造—火山地层—岩相为内容的火山岩相构造图,才能正确反映火山岩区的地质构造特点,揭示火山岩的成因,追溯古火山演化历史,恢复古火山面貌。

关键词:中生代火山岩;复活破火山;岩相;相序;火山构造;火山岩相构造图;竹田头;浙江

中图分类号:P317,P588.14 **文献标识码:**A

1 火山岩区地质填图的思路

在火山岩区工作首先遇到的是火山地层。火山地层是火山活动的产物,是火山物质从火山口或裂隙口喷发出来经运移侵位堆积形成的,火山地层的许多地质现象与火山口有着千丝万缕的联系。我们应当根据许多地质现象的综合分析,以达到追根求源圈定火山喷发中心和火山机构的目的。火山机构实质上是火山地层及其组成的构造形迹时空组合地质体,是火山活动方式的全息记录,它们的发生、发展到终结即为一个火山活动旋回,所以,火山活动旋回—火山构造—火山地层—火山岩相、岩性在时、空和成因上具有一致性,这是指导我们在火山岩区进行地质填图的重要理论依据。根据这个思路,在工作开始时应首先选择同旋回有代表性的火山机构或火山喷发区为单元,测制地层剖面,厘定火山地层层序,将不同旋回的火山地层依次叠置,建立工作区综合火山地层层序。

^① 收稿日期:1999-07-30

第一作者简介:谢家莹(1936-),男,江苏溧阳人,大学,研究员,长期从事火山地质、岩石学、岩石化学研究。

2 在火山机构范围内建立地层层序,确定岩石地层单位和填图单元

1996~1998 年间,作者承担了浙江省三界、谷来两幅 1:50000 区域地质调查任务。工作开始,在收集、综合分析测区已有资料^①的基础上,进行了半个多月的实地踏勘;并结合 1:100000 卫片解译资料,编制了 1:50000 地质草图,初步圈定了竹田头火山机构。随着地质填图工作的进行,在竹田头火山机构范围内,选择了地层出露好、构造简单、层序清楚的西坑—袁家岭;沈家湾—桃岭;叶大山—裘村;杨宅—止路坞—岙口等地测制地层剖面。厘定了竹田头火山机构由下到上的火山—沉积地层层序(表 1)。

表 1 竹田头复活破火山地层单位及填图单元划分表

Table. 1 The volcanic stratigraphy units and mapping units of Zhutiantou revived caldera

年代地层单位			岩石地层单元及填图单元					岩相岩性特征	火山构造
界	系	统	旋回	组	段	代号	厚度(m)		
中生界	白垩系	下统	馆头—朝川旋回	朝川组		K ₁ c	>412	沉积相:紫红色砂岩、粉砂岩、粉砂泥岩等	谷来火山构造洼地
				馆头组		K ₁ g	116~325	沉积相:砂砾岩、砂岩、泥岩、页岩、碳质页岩等 喷溢相:流纹岩 火山碎屑流相:熔结凝灰岩 爆发空落相:晶屑凝灰岩	
	侏罗系	上统	西山头—九里坪旋回	九里坪组	上段	J _{3j} ²	119	喷溢相:流纹岩	竹田头复活破火山
					下段	J _{3j} ¹	167	爆发空落相:集块岩、角砾岩、凝灰角砾岩、角砾凝灰岩	
				茶湾组	上段	J _{3c} ³	>490	火山碎屑流相:熔结角砾岩 喷发沉积相:沉凝灰岩 喷溢相:安山岩 爆发空落相:角砾岩、凝灰角砾岩、含集块角砾岩、晶屑凝灰岩等 沉积相:砂岩	
					中段	J _{3c} ²	75	爆发空落相:集块角砾熔岩、凝灰角砾岩、晶屑凝灰岩等	
					下段	J _{3c} ¹	175.2	喷溢相:安山岩 喷发沉积相:沉凝灰岩 沉积相:岩屑砂岩、砂岩、泥岩等	
				西山头组	上段	J _{3x} ³	>280	爆发空落相:凝灰角砾岩、晶屑凝灰岩夹砂岩等	
					中段	J _{3x} ²	64~675	喷溢相:安山岩	
					下段	J _{3x} ¹	>1320	沸溢相:凝灰熔岩 喷发沉积相:沉凝灰岩 火山碎屑流相:熔结凝灰岩、弱熔结角砾岩 爆发空落相:凝灰岩 沉积相:砂岩、粉砂岩等	
				大爽—高坞旋回	高坞组	J _{3d}	900~2219	沸溢相:凝灰熔岩	
					大爽组	J _{3d}	>2632	各种岩相(略)	

山湾大山火山喷发—侵入穹窿、桥头、上安山火山喷发中心

① 浙江省地矿厅区域地质调查大队,诸暨幅 1:20 万区域地质调查报告,1975

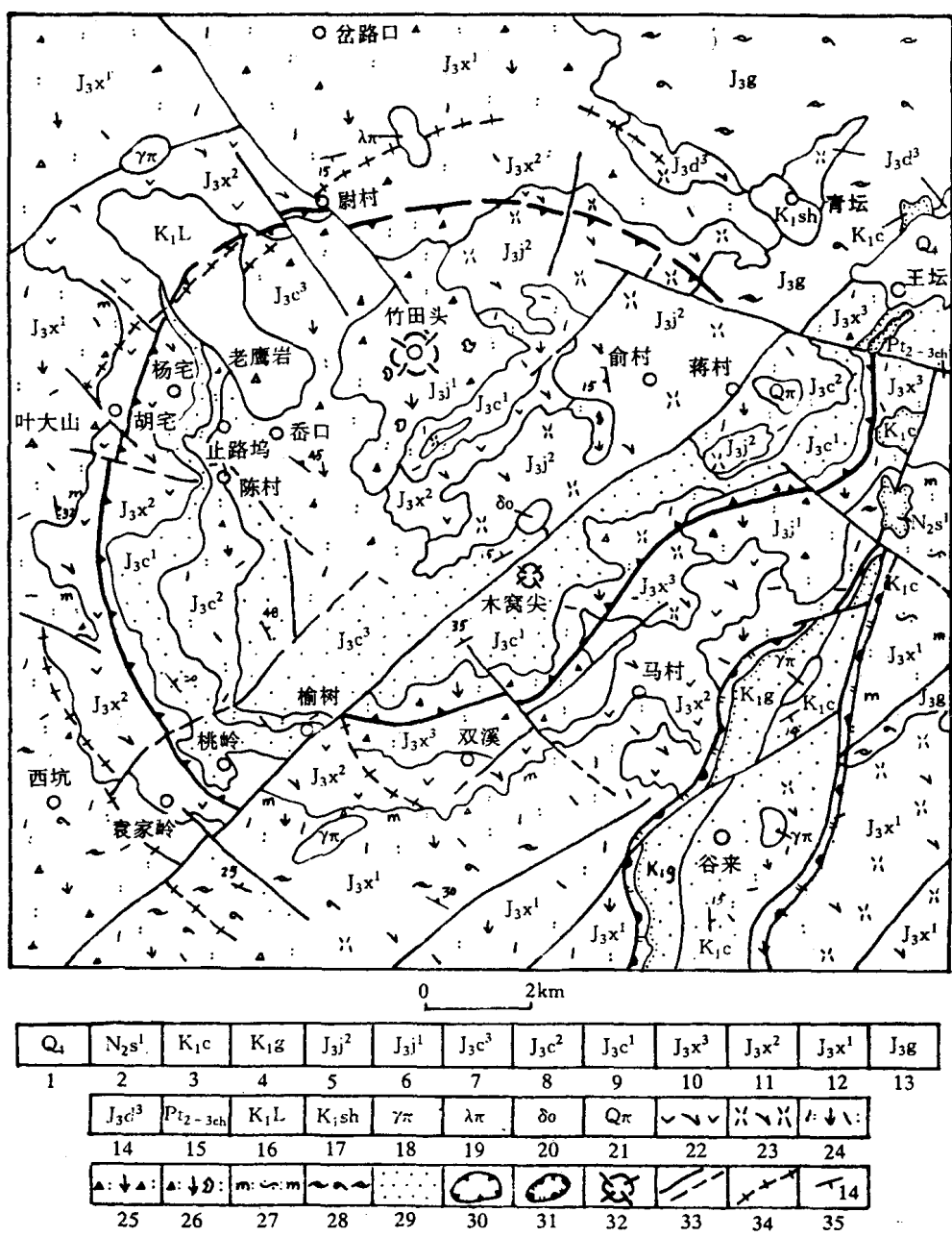


图 1 竹田头复活破火山机构地质略图

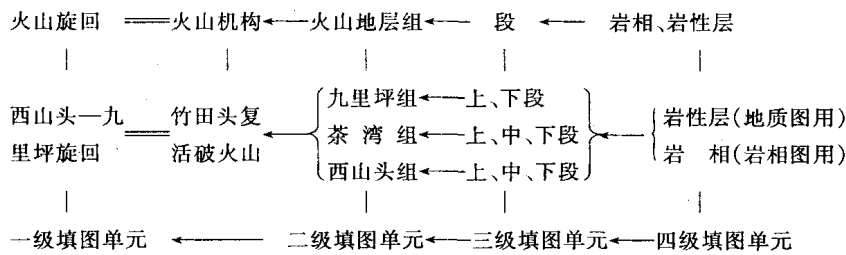
Fig. 1 Geological map of Zhutiantou revived caldera mechanism

1—第四系;2—峨边组;3—朝川组;4—馆头组;5—6—九里坪组上、下段;7—9—茶湾组上、中、下段;10—12—西山头组上、中、下段;13—高坞组;14—大爽组上段;15—陈蔡群;16—老鹰岩单元石英斑岩;17—狮子头单元石英斑岩;18—花岗斑岩;19—流纹斑岩;20—石英闪长岩;21—石英斑岩;22—23—喷溢相安山岩,流纹岩;24—26—爆发空落相晶屑凝灰岩,凝灰角砾岩,角砾岩等;27—火山碎屑流相熔结凝灰岩;28—沸溢相凝灰熔岩;29—沉积相碎屑岩;30—破火山口边界;31—火山构造洼地;32—火山喷发中心;33—推测实测断裂;34—遥感解译断裂;35—地层产状

划分了火山地层组一段一岩相岩性等单元,对组成竹田头火山机构的火山地层(西山头组、茶湾组、九里坪组)进一步划分出 8 个岩性段和 8 种岩相类型(表 2),建立了以组一段为单元、以岩相、岩性为内容的 8 个三级填图单元(表 2)。填制的竹田头火山机构地质图(图 1),清楚地反映出组成竹田头火山机构的火山—沉积地层空间展布特征和线形构造与环形构造组成的线—环构造格局。

表 2 竹田头复活破火山机构填图单元划分

Tabel.2 The division of mapping units of Zhutiantou revived caldera mechanism



填图质量的好坏和能否有效控制地质体等与填图单元的多少密切相关,在同样的地质条件下,填图单元多而合理,填出的地质图质量就高,图面结构更美观合理。

3 划分岩相类型,建立相序,推演古火山演化历史,建立演化模式

3.1 岩相类型划分及相序

火山岩相是火山地层的组成单元,也就是说火山地层是由不同类型的岩相组成的。一种火山岩相代表了一种火山喷发类型,不同的火山岩相代表了不同的火山喷发类型,如喷溢相熔岩代表了火山喷溢作用的产物;火山碎屑流相熔结火山碎屑岩类岩石代表了普林尼型喷发柱式火山爆发作用的产物;正常火山碎屑岩代表了火山爆发作用的产物,砂岩、砾岩、粉砂岩、泥岩等沉积相,反映了火山活动的停息等等。这就是说,火山岩相与火山喷发类型具时、空成因一致性。火山岩相是火山喷发类型及其产物的真实记录,是火山作用产物最本质、最重要的地质实体。

火山岩相不仅反映火山喷发类型,也反映了火山喷发产物的搬运方式、成岩环境以及它们距火山口的距离等特点,它的厚度、物质组分、碎屑粒度、结构构造、熔结程度等在纵横方向上都会有规律性变化。总结岩相特征及变化规律,建立相模式,是岩相研究的重要内容^[1]。根据上述理由,将组成竹田头火山机构的火山地层划分为八种岩相类型(表 3),并按照地层层序建立了岩相及相序柱状图(图 2)。

3.2 根据火山岩浆产物特征,推演古火山演化历史

古火山喷发的壮观景象,人们是无法看到的。但是,根据火山机构堆积的火山地层层序与岩相类型、相序的综合分析,就可以追溯古火山喷发的类型及喷发景观,并根据岩相及相序推演古火山演化历史,恢复古火山面貌,建立演化模式。

竹田头复活破火山机构是区域西山头—九里坪火山活动旋回的产物,时代为晚侏罗世晚期,组成的火山地层从下到上为西山头组—茶湾组—九里坪组;火山—沉积地层总体以竹田头—木窝尖为中心围斜内倾,平面上呈椭圆形,面积约 350 km²。围绕火山机构中心,环

表 3 竹田头复活破火山岩相类型

Table 3 Facies type of Zhutiantou revived caldera

岩相类型	岩类——岩石	火山喷发类型(方式) 或岩浆侵位方式
火山岩相类型	喷溢相	熔岩类——安山岩,流纹岩
	爆发空落相	正常火山碎屑岩类—集块岩、凝灰角砾岩、角砾凝灰岩、凝灰岩、晶屑凝灰岩
	火山碎屑流相	熔结火山碎屑岩类—熔结凝灰岩、弱熔结角砾岩、灰云凝灰岩、涌流凝灰岩
	沸溢相	碎屑熔岩类—凝灰熔岩、
	喷发沉积相	沉积火山碎屑岩、火山碎屑沉积岩—沉凝灰岩、凝灰质岩石
侵入岩相类型	潜火山相	潜火山岩类—石英斑岩、流纹斑岩、霏细岩、花岗斑岩、石英正长岩
	侵入相	火山侵入岩类—石英斑岩
湖盆水域沉积	沉积相	沉积碎屑岩类—砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩、页岩等

状水系和环状断裂十分发育,卫片显示十分明显。可以作为识别和圈定竹田头火山机构的标志层是西山头组中段喷溢相安山岩,厚约 360 m,空间上呈马蹄形围斜内倾分布,其上为茶湾组地层覆盖。

根据组成竹田头火山机构的地层层序—岩性、岩相和相序特征及其时、空分布格局,推演形成竹田头复活破火山机构的岩浆作用阶段及古火山演化历史和演化模式(表 4、图 3)。

(1)火山机构整体沉陷—喷发阶段

初始沉陷的火山湖盆面积较大,以沉积作用与火山喷发作用交替进行为特征。形成的主要岩相岩性是:沉积相和喷发沉积相凝灰质砂岩、粉砂岩、沉凝灰岩等。爆发空落相凝灰岩,晶屑凝灰岩;沸溢相凝灰熔岩;火山碎屑流相熔结凝灰岩,弱熔结角砾岩等,总厚>1320 m,主要分布于火山机构的下部,呈围斜内倾分布。中期为大规模火山喷溢作用,形成厚约 360 m 的溢流相安山岩,呈马蹄状围斜内倾分布,是圈定火山机构的重要标志层。晚期为局部小规模火山爆发,可能属侧火山喷发作用,在火山机构的南东部形成爆发空落相凝灰岩、凝灰角砾岩、内夹沉积相砂岩、砂砾岩等,厚度>280 m。

以上形成的火山—沉积地层称之为西山头组(J_{3x}),复盖在高坞组地层之上,在火山机构的下部周边围斜内倾分布。以中期喷溢相安山岩为界,将西山头组分为上、中、下三个岩性段,由岩相或岩性层组成三个填图单元(见表 2)。

(2)破火山口沉陷—喷发交替阶段

在前阶段大规模火山喷发之后,岩浆房被抽空,其顶部发生塌陷,形成破火山口湖盆环境。堆积了厚约 175 m 的沉积相岩屑砂岩、砂岩夹少量沉凝灰岩和沉凝灰角砾岩;之后破火山口湖盆处于迅速回返,发生了强烈的火山爆发作用,形成了集块岩,集块角砾岩,凝灰角砾岩、角砾凝灰岩、晶屑凝灰岩等堆积,厚约 75 m。从火山地层的角砾块度看,火山爆发强度由开始的强烈爆发,而后逐渐减弱至熄灭;晚期的破火山口湖盆处于动荡势态,沉积作用与火山喷发作用交替进行,形成了沉积相砂岩与爆发空落相含集块角砾岩、凝灰角砾岩、角砾凝灰岩、晶玻凝灰岩,火山碎屑流相含绿色角砾弱熔结凝灰岩,喷溢相安山岩等互层堆积。火山产物厚>490 m,火山—沉积地层总厚>740 m,称为茶湾组。分布在竹田头破火山机构的中央部

> 490m, 火山—沉积地层总厚>740m, 称为茶湾组。分布在竹田头破火山机构的中央部位。总体产状较平缓, 以中部的爆发相为界, 分为上、中、下三个岩性段, 由岩相、岩性层组成三个填图单元。

表 4 竹田头复活破火山演化阶段与火山喷发类型—岩相类型—火山地层段—组图式表

Table.4 The relations between evolution and eruption
type - facies - stratigraphical stage formation of Zhutiantou revived caldera

火山机构演化阶段	火山喷发类型	岩相类型	火山地层段—组	
破火山复活喷发	32—火山喷溢作用	喷溢相(119m)	J _{3j} ²	九里坪组(J _{3j})
	31—火山爆发作用	爆发空落相(167m)	J _{3j} ¹	
破火山沉陷—喷发	30—火山爆发作用	爆发空落相(>120m)	J _{3c} ³	茶湾组(J _{3c})
	29—破火山口湖盆沉积作用	沉积相(42.1m)		
	28—普林尼型喷发柱式喷发作用	火山碎屑流相(98m)		
	27—破火山口湖盆沉积作用	沉积相(68.7m)		
	26—火山爆发作用	爆发空落相(107.9m)		
	25—火山喷发—沉积作用	喷发沉积相(43.8m)		
	24—破火山口湖盆沉积作用	沉积相(34.2m)		
	23—火山喷溢作用	溢流相(22.2m)		
	22—破火山口湖盆沉积作用	沉积相(140.7m)		
	21—火山喷溢作用	溢流相(34.8m)		
	20—破火山口湖盆沉积作用	沉积相(17.4m)		
	19—火山爆发作用	爆发空落相(9.6m)		
	18—破火山口湖盆沉积作用	沉积相(63.8m)		
	17—火山爆发作用	爆发空落相(12.6m)		
	16—破火山口湖盆沉积作用	沉积相(83.9m)		
	15—火山爆发作用	爆发空落相(75.1m)	J _{3c} ²	
	14—火山喷发—沉积作用	喷发沉积相(57.7m)	J _{3c} ¹	
	13—破火山口湖盆沉积作用	沉积相(10.0m)		
	12—火山喷溢作用	溢流相(8.4m)		
	11—火山喷发—沉积作用	喷发沉积相(69.6m)		
整体沉陷—大规模喷发	10—破火山口湖盆沉积作用	沉积相(31.49m)	J _{3x} ³	西山头组(J _{3x})
	(在火山机构南东部火山喷发—	爆发空落相夹沉积岩)		
	9—火山喷溢作用	喷溢相(360m)		
	8—普林尼型喷发柱式喷发作用	火山碎屑流相(235.1m)	J _{3x} ²	
	7—火山爆发作用;	爆发空落相(502m)	J _{3x} ¹	
	6—普林尼型喷发柱式喷发作用	火山碎屑流相(153.2m)		
	5—喷发—沉积作用	喷发沉积相(9.1m)		
	4—火山爆发作用	爆发空落相(36.5m)		
	3—沸溢喷发作用	沸溢相(418.3m)		
	2—普林尼型喷发柱式喷发作用	火山碎屑流相(8.9m)		
	1—火山爆发作用	爆发空落相(64.1m)		
	西山头组下段下部	沉积相		
(在图幅外)				

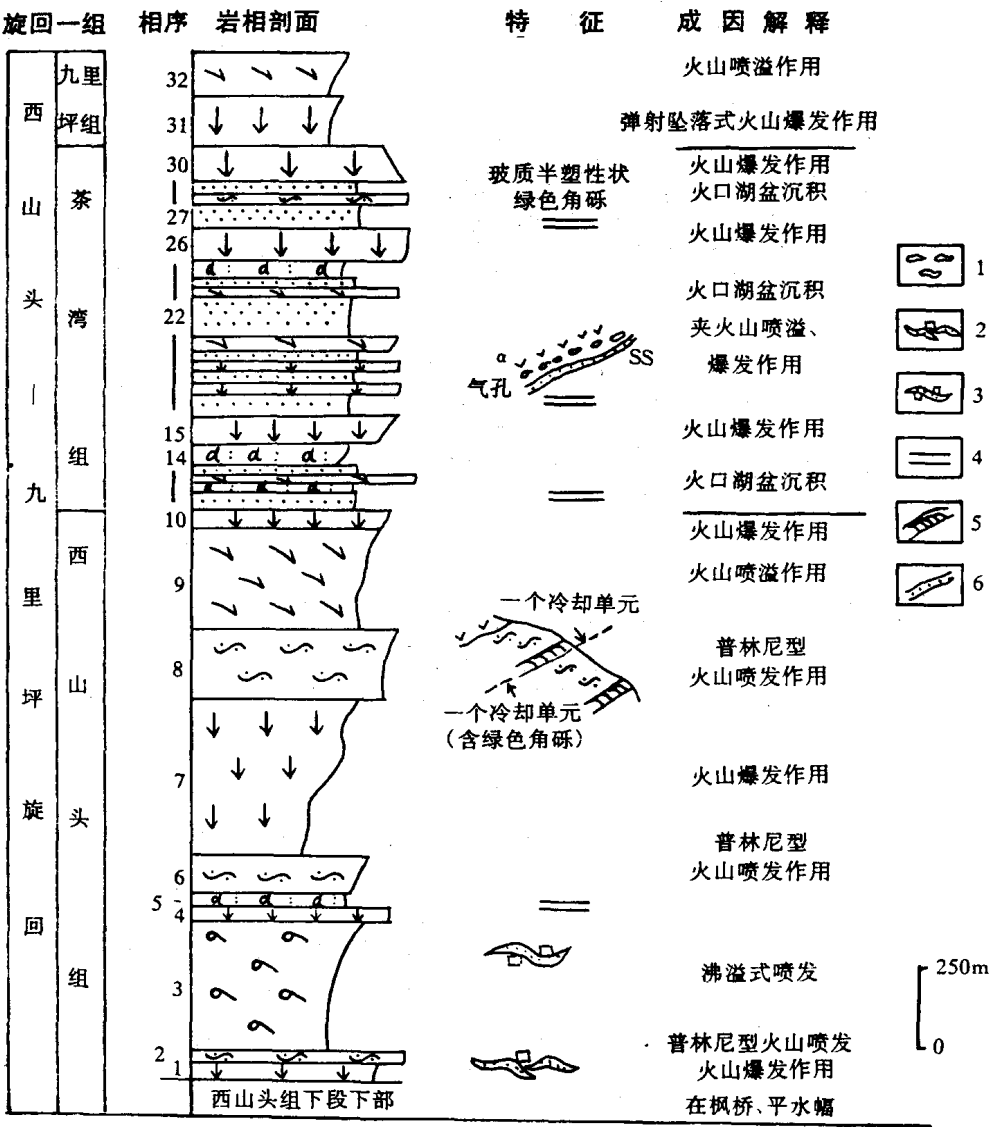


图 2 竹田头复活破火山机构岩相、相序柱状图

Fig. 2 Facies and sequence columnar section of Zhutiantou revived caldera
1-气孔;2-浆屑;3-熔离塑性体;4-层理构造;5-涌流凝灰岩;6-砂岩

(3)破火口复活一再喷发阶段

破火口湖盆环境结束,火山喷发作用主要沿着原来的火山通道发生爆发作用和喷溢作用。前者形成爆发空落相巨集块岩,集块角砾岩,凝灰角砾岩、角砾凝灰岩等堆积。主要分布在竹田头地区;后者为火山喷溢作用,火山口在木窝尖附近,形成喷溢相流纹岩堆积。由于古地貌影响,从火山口喷溢出来的熔岩流沿 NE 向低洼地流动侵位,形成由木窝尖向 NE 延伸的舌状流纹岩体。火山地层总厚>280 m,分为上、下两个岩性段,下段由爆发相岩石组成,上段为喷溢相流纹岩。这套地层称九里坪组,位于竹田头破火山机构的中央,叠置在茶湾组上。

综上所述,竹田头火山机构类型应为复活破火山,经历了三个阶段,先后发生过 20 次火山喷发活动,并形成相应火山岩相堆积,其演化模式如图 3。

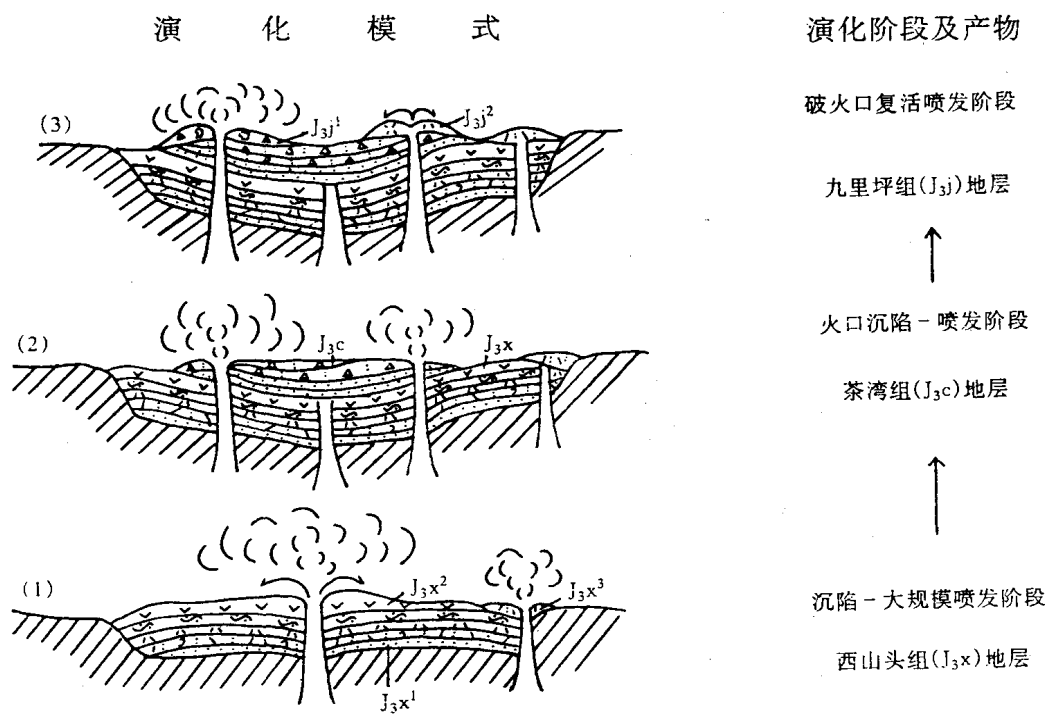


图3 竹田头复活破火山演化阶段及其相应产物(火山地层组)

Fig.3 The evolution stage and productions (volcanic stratigraphy) of Zhutiantou revived caldera

在竹田头复活破火山发展演化的中晚期,有大量潜火山岩侵入,其展布方向主要为 NE 和 NW 向,少量为 SN 和 EW 向,岩性主要为花岗斑岩、石英斑岩、流纹斑岩、霏细岩以及石英正长岩等。其中石英斑岩柱状节理十分发育。侵入岩仅有一 NW 向展布的石英斑岩体,面积约 7.9 km²。

竹田头复活破火山形成之后,受 NE 和 NW 向断裂构造破坏,火山机构形态发生改变。NE 向断裂使火山机构南部抬升,并向 NE 方向移动;NW 向断裂使火山机构北西部抬升,在地貌上形成南西高,东北低的势态,后经风化剥蚀,形成现存的火山机构形态和地貌景观。

4 线—环构造格局

在竹田头复活破火山机构发育环形火山构造和 NE、NW 及 SN 向的线形构造(见图 1)。火山岩区这种特有线—环构造格局,反映了区域地质发展过程中线型断裂构造与火山岩浆作用间的内在成因联系。表明火山喷发很可能沿着 NE、NW 向断裂交汇处发生,形成后又受断裂切割。

在图 1 的东南角,还存在一个早白垩世馆头—朝川旋回(表 1)形成的谷来火山构造洼地,它切割叠置在竹田头复活破火山机构之上。这种切割叠置关系表明:①前者晚于后者,为不同火山活动旋回的产物;②由此可知,同一火山活动旋回形成的火山机构,空间上应为平行展布,空间上不可能构成叠置关系,这也是区别不同火山活动旋回的重要依据。

5 火山岩相构造图及其地质意义

火山构造构成火山岩区地质构造格架。在此基础上,以火山岩相为内容的火山岩相构造图反映火山构造及各种岩相空间分布、产状及相互关系,是古火山活动历史和古火山构造面貌的再生和缩影。它是在地质图的基础上,根据火山机构和火山地层—岩相、岩性一致性原则进行编制的。它所反映的地质内容与地质图一样,不同的是以岩相为单元取代岩性层。以火山地层组—岩性层所表示的地质图,只能反映火山地层的岩石成分及其空间分布格局,不能反映火山作用的特点及岩石的成因,从本质上讲,它仍属于一种实际材料图。只有以火山构造为骨架,把作为填图单元的火山地层组—岩相内容赋予火山岩相构造图,才能真正反映火山作用的特点及其岩石的成因意义。

综上所述,运用火山旋回—火山构造—火山地层—岩相、岩性一体化思路填制竹田头复活破火山构造的实践证明,是可行的,效果也是很好的,它所反映的地质内容丰富,特别是火山地层的地质内容得到了充分的反映,更具有科学性和实用性。

本文在我所陶奎元研究员指导下完成,在此表示感谢。

参考文献

- [1] 谢家莹,尹家衡,陶奎元等.中国东南大陆中生代火山地质及火山—侵入杂岩[M].北京:地质出版社,1996.

The study on revived caldera using volcanology

XIE Jia - ying, LAN Shan - xian, ZHANG De - bao
ZHOU Mao, ZHAO Yu, XU Nai - zhen

(The Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, China)

Abstract

The Zhutiantou revived caldera, Gulai, east Zhejiang, were mapped by volcanic active cycle - volcanic structure - volcanic stratigraphy - rock facies and lithology to get five conclusions: 1. This methods is good for geological mapping in volcanic area to get better results; 2. The stratigraphical units and mapping units were determined by determining volcanic mechanism section in the same cycle and overlapping sequences with different cycles; 3. Dividing facies and setting up sequence are useful to infer the evolutions of old volcano and the patten of the evolutions; 4. line - ring structure pattern is a important feature in volcanic rocks area; 5. The geological maps mapped before by volcanic stratigraphy formation - stage - lithology are reality material maps. Only volcanic structure - facies map mapped by volcanic cycle - volcanic structure - volcanic stratigraphy - rock facies reflects exactly structure feature of volcanies area and the origin of volcanics and evolution of old volcanos to revive old volcanos.

Key word: Mesozoic volcanics; revived caldera; facies sequence; volcanic facies structure map; Zhutiantou Zhejiang