

·区调成果·

福建省中生代古火山构造基本特征

冯宗帜

(福建省区调队)

福建位于我国东海之滨,环太平洋西部古火山带内,中生代火山岩极为发育,尤以晚侏罗—早白垩世最为强烈,它们不仅规模庞大,且表现为由弱到强到弱的多次喷发。在闽东呈大面积分布,闽西则以单个盆地形式出现,面积约四万平方公里,占全省总面积的三分之一。

新中国成立后,我们对中生代火山岩进行了较系统的工作,特别是经过1:20万区域地质调查,于火山岩区采用地层和岩浆岩相结合的双重制图方法,在基本搞清火山岩地层层序基础上,发现了一系列古火山机体构造,初步掌握了火山活动的一些规律,并发现了一批与火山作用有关的矿产地,为在火山岩区找矿提供了基础地质资料。

本文将简要介绍中生代火山岩地层,着重叙述古火山构造,并初步探讨火山构造与区域构造的关系。试求对了解这一地区的火山作用的特点有所帮助。

一、中生代火山岩地层的划分

在中生代前,福建从前震旦纪—早古生代长期处于地槽阶段,形成了巨厚的碎屑岩、硅质岩、碳酸盐岩类复理石建造。到了晚古生代福建一部分处于隆起区,一部分处于拗陷区,在拗陷区形成一套滨海—浅海碎屑岩和碳酸盐岩沉积。石炭纪时则有少量中酸性火山喷发,并有花岗岩侵入。进入中生代侏罗—白垩纪时,在相当于晚古生代隆起区发生断裂拗陷,形成一系列山间盆地和拗陷带。有巨厚的碎屑岩沉积和大量火山喷发,并有大规模花岗岩侵入。到了白垩纪沿断裂形成一系列红色断陷盆地。并仍有相当强的火山喷发和花岗岩侵入。进入新生代,早第三纪福建境内主要处于隆起,仅继白垩纪红色盆地有少量砂砾岩堆积和少量酸性火山喷发。到了晚第三纪沿海和内地断陷盆地又开始了基性火山喷发和砂页岩沉积。

在上述地质构造背景下形成的中生代火山岩,是一套中酸性的火山岩,基性火山岩仅有少量分布。据地层不整合接触关系,沉积喷发旋回,岩浆演化,同位素年龄及古生物特征,划分有下列地层单位(表1)。

二、火山活动形成的岩相

福建中生代火山活动强烈,岩相发育较全,目前已查明有如下七种。(表2)

表 1 中新世代火山岩地层划分简表

系	统	群	组	段	代号	厚度(m)	主要岩性	主要化石	同位素年龄 (百万年)
上第三系	上统	佛皇群			Nf	153.1	玄武岩及砂页岩	<i>Liquidambar europaeum</i> , <i>Fissistigma</i> sp., <i>Magnolia miocenica</i> , <i>Trapa</i> sp., <i>Loropetalum chinensis</i> 等	
下第三系	上统	赤石群			K ₁ -Ech	381.9 ~2246	以砾岩、砂砾岩为主, 偶见砂页岩和凝灰熔岩夹层		
白垩系	下统	石帽山群	沙层组		K ₁ s	271.6 ~1913	钙泥质粉砂岩为主, 偶夹凝灰岩	以 <i>Frenelopsis</i> 为主, 并有 <i>Brachyphyllum obesum</i> , <i>Pagiophyllum</i> sp.	106.8~107.9
侏罗系	上统	板头溪组	小	上段	J ₃ b ¹ J ₃ x ^b	220 585 1732	为灰色流纹岩和凝灰熔岩夹粉砂岩	<i>Mesoclupea</i> cf. <i>showchangensis</i> , <i>Ferganoconcha</i> sp., <i>Probaicalia vitimensis</i> , <i>Brachyphyllum obesum</i> , <i>Yanjiestheria sinensis</i> , <i>Frenelopsis</i> sp. (<i>J₃b</i>), <i>Ptilophyllum</i> cf. <i>boreale</i> , <i>Cupressinocladus gracilis</i> , <i>Brachyphyllum obesum</i> , <i>Ferganoconcha</i> sp., <i>Frenelopsis</i> sp., <i>Parachupea</i> sp., <i>Emphemeropsis trisetalis</i> (<i>J₃x</i>)	124.8~130
侏罗系	下统	板头溪组	大	下段	K ₁ sh ₁ ^a	95.3 ~1646	紫红色砂砾岩和粉砂岩夹灰色砂页岩	<i>Frenelopsis</i> sp., <i>F. parceramosa</i> , <i>Yanjiestheria</i> sp., <i>Orthestheria</i> cf. <i>intermedia</i> .	113.2

表 1 (续)

系	统	群	组	段	代号	厚度(m)	主要岩性	主 要 化 石	同位素年龄 (百万年)
侏 罗 系	上 统	南 园 组		三	J ₃ ^{nc}	101 ~2451	深灰色流纹英安质凝灰熔岩、英安岩、凝灰岩	<i>Ptilophyllum boreale</i>	124.8~130
				二	J ₃ ^{nb}	55 ~2585	灰—灰绿色流纹质凝灰熔岩及凝灰岩、流纹岩夹凝灰岩和砂页岩	<i>Cupressinocladus gracilis</i> , <i>Brachyphyllum obesum</i> , <i>Zamiophyllum buchianum</i> , cf. <i>Monjurosuchus</i> sp.,	
				一	J ₃ ^{no}	40 ~1828	灰色安山岩, 英安岩夹火山角砾岩		
中 统	长 林 组				J ₃ ^c	75 ~3400	灰—灰绿色凝灰质砂砾岩和粉砂岩夹凝灰岩和页岩	<i>Ferganoconcha</i> cf. <i>subcentralis</i> , <i>F. cf. sibirica</i> , <i>Mesoclupea</i> sp., <i>Yanjietheria</i> cf. <i>sinensis</i> , <i>Y. chekiangensis</i> , <i>Orithetheria intermedia</i> , <i>Onychiopsis</i> sp., <i>Cupressinocladus gracilis</i> , <i>C. elegans</i> , <i>Ptilophyllum boreale</i>	
					J ₂ ^z	1355	杂色砂岩夹少量凝灰质粉砂岩。	以大量的 <i>Tutuella</i> , <i>Pseudocardium</i> 为特征, 并有 <i>Cuneopsis</i> 和 <i>Pisidium fujianensis</i> 等特征分子。	
下 统	梨 山 组				J ₁ ^l	1014	砂岩、细砂岩、粉砂岩, 偶夹凝灰质粉砂岩、层凝灰岩、凝灰岩, 含可采煤2~5层	属 <i>Coniopteris</i> — <i>phoenicopsis</i> 组合主要分子有: <i>Coniopteris hymenophylloides</i> , <i>Phoenicopsis angustifolia</i> , <i>Otozamites bengalensis</i> O. minor, <i>Czekanowskia</i> sp. 及 <i>Sibir-econcha</i> sp.	
					J ₁ ^l	1014	砂岩、细砂岩、粉砂岩, 偶夹凝灰质粉砂岩、层凝灰岩、凝灰岩, 含可采煤2~5层	属 <i>Coniopteris</i> — <i>phoenicopsis</i> 组合主要分子有: <i>Coniopteris hymenophylloides</i> , <i>Phoenicopsis angustifolia</i> , <i>Otozamites bengalensis</i> O. minor, <i>Czekanowskia</i> sp. 及 <i>Sibir-econcha</i> sp.	
三 叠 系	上 统	文 袁 山 组	焦 坑 组		T ₃ ^w , T ₃ ^j	133 1085 1162	细砂岩、粉砂岩、含砾石英砂岩夹安山岩、凝灰岩	<i>Ptilozamites chinensis</i> , <i>Goeppertella</i> sp., <i>Anthropophyopsis crassinervis</i> 及 <i>Bakevellidoes hekiensis</i> , <i>Jiangxiella datianensis</i>	
					T ₃ ^d	680	中细粉砂岩、粉砂岩为主		

表2 火山岩相划分表

岩 相	主 要 岩 石	分 布
爆 发 相	各种粒级悬殊的火山碎屑岩、集块岩、火山角砾岩、火山弹、熔结凝灰岩、凝灰岩	近火山口分布大块度碎屑物，远离火山口堆积较细小碎屑物
喷 溢 相	各种熔岩及凝灰熔岩	火山机体附近及外围
侵 出 相	酸性熔岩（流纹岩、英安岩、粒状碎斑熔岩）	在火山口处呈岩柱、岩钟、岩穹产出
火山通道相	充填在火山通道中各种岩石，包括各种熔岩、熔结角砾岩、火山角砾岩、集块岩等	火山通道中
次火山相	各种斑岩和玢岩	火山机体中或周围呈环状、半环状、放射状分布
火山侵入相	与火山岩同源的规模不等的侵入体	火山机体或破火山口范围内，于火山通道之下一定深度，呈岩珠、岩盘、岩筒产出，周围有一系列辐射状岩脉、岩墙所围绕，它是火山活动晚期产生的最新侵入体
喷发沉积相	各种块度火山喷发物与正常沉积的沉积岩或火山碎屑沉积岩占绝对优势，夹少量火山碎屑岩及熔岩	通常在远离火山口地区

三、古火山构造

本文所称的古火山构造有广义和狭义两种，狭义的是指在一定时间和一定空间布范分范围内，由火山作用所形成的各种产物（即包括喷出地面上的喷发物、又包括地表以下一定深度内的与火山作用有关的各种侵入杂岩体、岩脉、岩墙、隐爆物和与火山作用有关产生的一系列断裂构造及围岩蚀变）所构成的火山机体构造。广义的是指由火山活动形成的火

表3 火山构造级别划分表

火山构造级别	火 山 构 造 名 称
I	环太平洋古火山带
II	浙闽粤火山活动带
III	火山喷发带、火山基底隆起带
IV	火山喷发区（盆地）火山环状组合体
V	破火山口、火山穹窿（马蹄形式火山穹窿、锥形山式火山穹窿）线形火山机体、岩钟式火山机体、重迭式火山机体、喷发中心
VI	中心式火山通道、线形火山通道、隐爆角砾岩构造

山机体, 以及控制这种火山活动的基底构造总和。根据上述含义结合大地构造单元划分, 火山基底保存程度, 区域构造、深部构造及火山岩的分布特征, 火山作用方式和火山机体形态及空间分布规律, 我们将福建分布的火山岩, 划分有下列火山构造(表3)。并编制了火山构造岩相图(图1)

(一) 环太平洋古火山带(超级火山构造)

是指在太平洋周围的大陆边缘形成的中生代火山岩带。福建处于环太平洋火山带西部的外带, 主要为中生代火山岩。

(二) 浙闽粤火山活动带

位于环太平洋古火山带西部的外带, 它迭加在华南褶皱系和东南沿海褶皱系之上分布在浙江、福建、广东、江西的中生代火山岩带。福建位于该火山活动带的中段, 主要为中酸性火山岩。

(三) III级火山构造, 包括火山喷发带和火山基底隆起带

1. 火山喷发带

系指在一定时期, 受一定构造控制, 沿一定方向有一系列火山喷发形成的火山岩带。其中有一系列的火山机体(喷发中心)、火山喷发区(盆地)组成串珠状、带状展布的火山喷发带。例如中生代, 由于太平洋板块对大陆板块俯冲, 导致福建境内发生强烈的火山喷发, 因而形成了一系列北东向、北西向及东西向火山喷发带(表4)。每一喷发带都作一定方向展布, 由一系列的喷发区(盆地)、火山机体(喷发中心)组成, 并作有规律的分布。例如第Ⅳ带(柘荣—云霄金坑晚侏罗世火山喷发带), 位于福建东部, 于寿宁—南靖五更寮及长乐—诏安火山基底隆起带之间, 与闽东燕山断陷带一致。北起柘荣, 向西南

表4 火山喷发带名称及编号

北东向火山喷发带	I	浦城九牧—宁化安远	东西向火山喷发带	XI	光泽漆家边—浦城观前
	II	松溪花桥—武平龙井		XII	邵武—福鼎
	III	寿宁—南靖梅林		XIII	泰宁新桥—霞浦柏洋
	IV	柘荣—云霄金坑		XIV	将乐大源—罗源新沃
	V	平潭—福清东瀚		XV	连城赖源—永泰云山
	VI	金门—漳浦深土		XVI	上杭矾头—莱田笏石
北西向火山喷发带	VII	浦城观前—罗源新沃		XVII	平和崎山—龙海镇海
	VIII	光泽漆家边—平潭			
	IX	宁化安远—南安			
	X	上杭—云霄			

经罗源、福州、漳州至云霄金坑一带, 平行海岸线分布。由南园组和小溪组的中酸性火山岩组成, 并呈北东向连续展布, 其中包括有若干个北东向分布的火山喷发区和20多个火山机体或喷发中心, 组成三个北东向串珠状排列的古火山带, 显示有三条控制古火山喷发的

基底断裂。

2. 火山基底隆起带

系指两个喷发带之间的火山基底隆起地带，在带中火山喷发之前的基底地层成连续或

表 5 火山基底隆起带名称及编号

火山 基底 隆起 带	I	浦城—长汀—濯田
	II	政和—东平—永定—洪山
	III	寿宁—南阳—南靖—五更寮
	IV	长乐—东山

断续带状出露。据此，我们将福建火山岩分布区划分有四个北东火山基底隆起带（表5）。例如，寿宁—南靖—五更寮火山基底隆起带，它位于Ⅲ、Ⅳ号北东向火山喷发带之间，两者呈平行分布。隆起带北东段出露前震旦系片岩，中段连续或断续出露前震旦系片岩和部分晚古生代地层，西南段连续或断续出露三叠—早侏罗世地层。其中燕

山早期侵入岩体呈串珠状、带状分布于其中，形成了北东向基底地层出露带。

（四）Ⅳ级火山构造，包括有火山环状组合体和火山喷发区（盆地）

1. 火山喷发区（盆地）

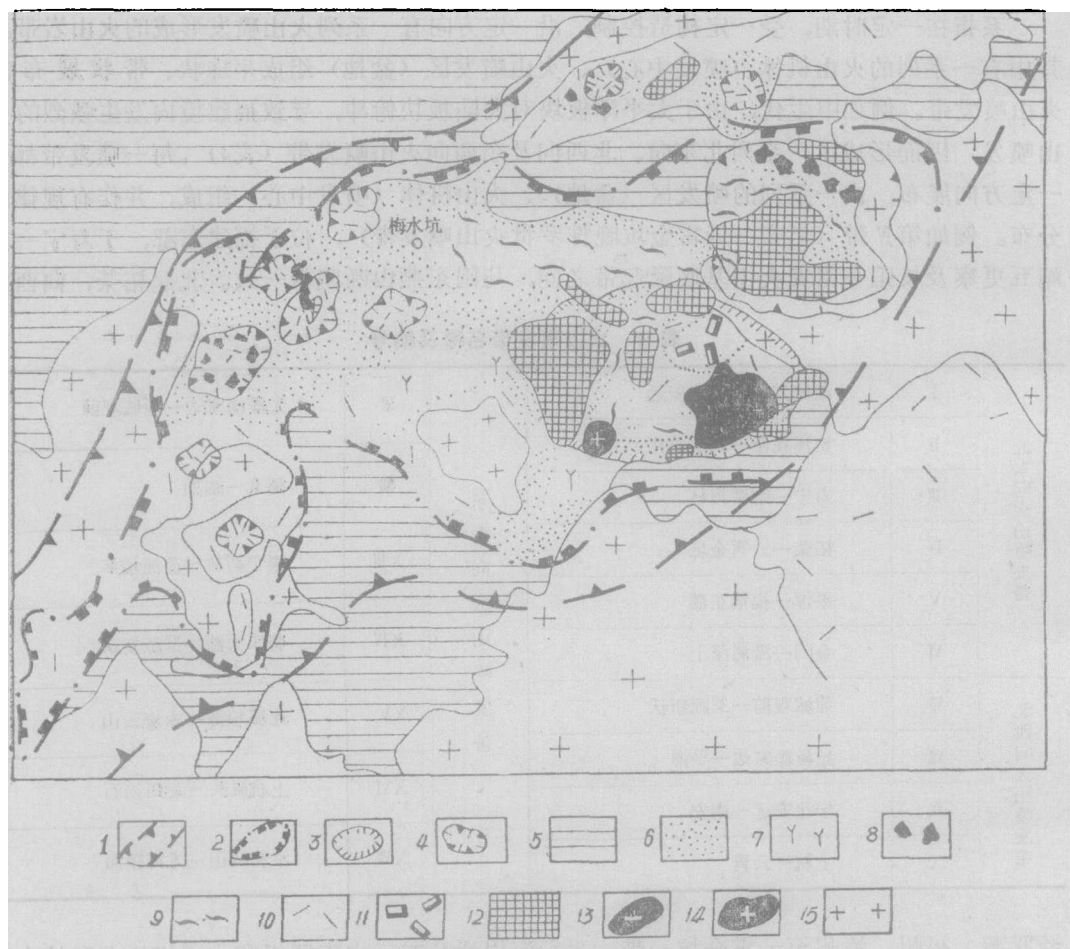


图 2 漳平梅水坑火山喷发区火山构造略图

1. 火山喷发带 2. 晚侏罗世火山喷发区 3. 破火山口 4. 火山喷发中心 5. 上侏罗统前地层 6. 凝灰岩 7. 中酸性凝灰熔岩 8. 火山集块岩 9. 熔结凝灰岩 10. 流纹岩 11. 粒状碎斑熔岩 12. 花岗斑岩 13. 中酸性深成侵入体 14. 酸性深成侵入体 15. 花岗岩

系指在火山喷发带内分布的喷发作用相似、时代相近的单个火山岩分布区或火山喷发盆地。一般包括有一至数个火山机体。例如,漳平梅水坑火山喷发区(图2),位于寿宁—南靖梅林北东向晚侏罗世火山喷发带内,四周为老地层所局限,平面上呈椭圆形,长轴作北东向延伸。其中有八个喷发中心和一个破火山口。

2. 火山环状组合体,是指由一些火山机体及其有关构造组合成环状的火山活动区。即其中之火山机体、火山侵入体和次火山岩体组成1~2个以上的环,并有环状、放射状断裂伴生,自然地构成一个环状组合体。形态多呈椭圆形、圆形,面积往往可达数百至上千平方公里。例如,云霄金坑火山环状组合体,平面上呈近似圆形,直径约30公里,面积达550平方公里,其中之火山机体、火山侵入体和次火山岩体都呈环状分布,并伴有环状、辐射状断裂出现,自然地组合成一个环状火山活动区。又如德化戴云山地区出现的巨型环状构造,也可能属于此例,该环状构造在卫片上反应明显,平面上呈椭圆形,北东向展布,面积达数千平方公里以上。在1/50万地质图及火山构造岩相图上可以看出,顺着巨型环带边缘有不同期次侵入岩体,次火山岩体组成串珠状环链,从而构成一个完整的环带。其中有若干个大小不等的火山机体,组成若干个环带构造。这种环带构造与卫片上反映的环形影相基本一致。从现有资料分析,戴云山地区的巨型环状构造处于北东向政和—一大埔、长乐—诏安大断裂,以及北西向浦城—宁德、永安—泉州大断裂之间,而福安—南靖北东向大断裂带及浦城—永泰南北向断裂带横贯其中。它是多组断裂交汇应力最集中的地区,是火山活动最有利的场所。在晚侏罗世,该地区产生了强烈的火山喷发,形成了一系列呈环状分布的火山机体及大面积出露的中酸性火山岩,后来在原火山活动中心(石牛山)产生沉陷或塌陷成盆地。至早白垩世,在接受了陆源碎屑物及火山碎屑物沉积之后,在原来火山活动中心附近火山又重新复活,形成了新的火山机体—石牛山破火山口。它是在长期的火山作用下,形成的巨型火山环状组合体。

(五) V级火山构造(即火山机体构造)

1. 破火山口构造,系指一个或数个火山多次喷发,导致火山顶部塌陷形成的洼地。一般发育有环状、半环状、辐射状断裂及岩墙、岩脉和侵入杂岩体,形态上多呈圆形或椭圆形,范围一般较大,直径数公里至几十公里,岩层产状近于水平或向内倾斜,往往包括一至数个火山口。例如石牛山破火山口构造(图3),呈椭圆形,直径20~30公里,面积约600平方公里,由早白垩世石帽山群中酸性火山岩组成。岩层产状向内倾斜,倾角10~30度,各岩相带呈环状、半环状分布,边缘为喷发沉积相之火山碎屑沉积岩,往内为爆发相之凝灰岩及喷溢相之凝灰熔岩,中心部位是侵出相的粒状碎斑熔岩及次火山相之花岗斑岩。其中还发育有极为特征的环状、放射状断裂及岩墙、岩脉。中心部位的粒状碎斑熔岩构成高耸的山峰,水系由此向西外奔流。

2. 火山穹窿构造,系指火山喷发形成的呈围斜产状的火山机体构造。根据现代表现形式可分二个亚类:

(1) 马蹄形式火山穹窿构造,例如平和崎坑火山穹窿构造(图4),呈椭圆形,面积约30平方公里,地貌上构成向北东开口马蹄形环形山,形似土箕。它由南园组中酸性火山岩组成,核部为一中央侵入体(花岗闪长岩),围绕中央侵入体呈环状分布着喷溢相英安质凝灰熔岩、斜长流纹岩、爆发相熔结角砾岩,凝灰岩以及围岩蚀变等,岩层产状呈围斜

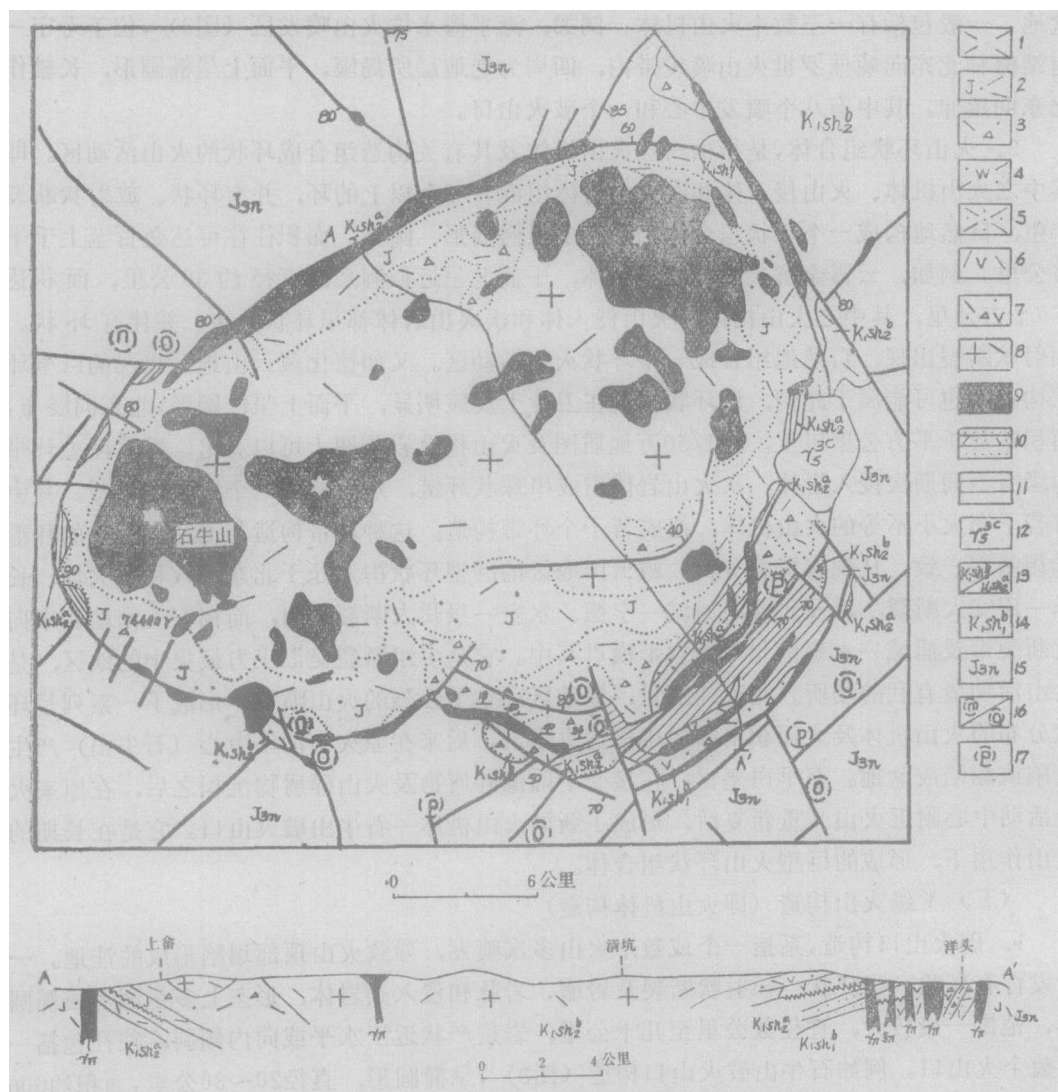


图 3 德化石牛山早白垩世破火山口岩性岩相地质图

1. 流纹岩 2. 流纹质晶屑凝灰熔岩 3. 流纹质含角砾熔岩 4. 熔结凝灰岩 5. 凝灰岩 6. 英安岩 7. 英安质角砾凝灰岩 8. 酸性粒状碎斑熔岩 9. 次火山岩主要为花岗斑岩及石英二长斑岩等 10. 粉砂岩、凝灰质粉砂岩等 11. 火山喷发沉积相、沉积层 12. 燕山晚期钾长花岗岩 13. 下白垩统石帽山群上组上、下段 14. 下白垩统石帽山群下组上段 15. 上侏罗统南园组 16. 黄铁矿化硅化 17. 叶腊石化

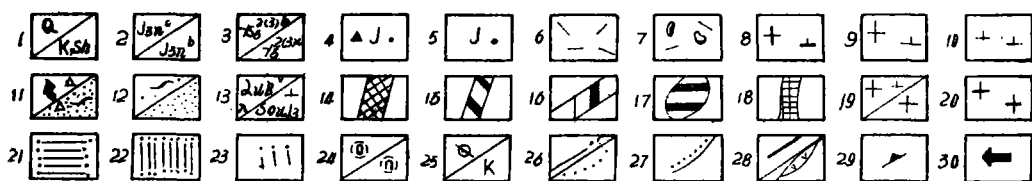
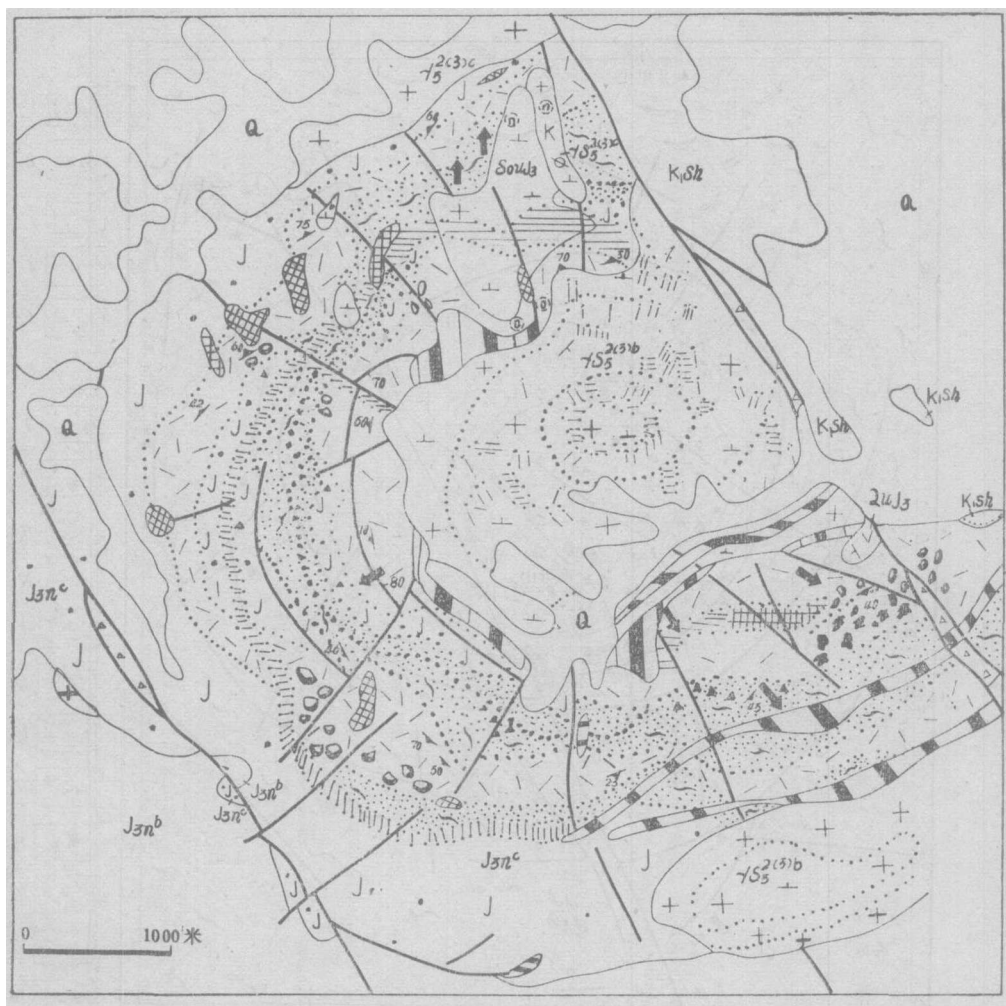


图 4 平和崎坑晚侏罗世火山穹窿岩性岩相地质图

1. 第四纪石帽山群 2. 南园组第三段、第二段 3. 燕山早期第二、三次侵入岩 4. 流纹英安质含角砾晶屑凝灰熔岩 5. 流纹英安质晶屑凝灰熔岩 6. 斜长流纹岩 7. 角砾(集块)流纹岩 8. 似斑状中粒花岗岩 闪长岩 9. 中粒花岗岩闪长岩 10. 中细粒花岗岩闪长岩 11. 火山集块岩、熔结角砾岩 12. 熔结凝灰岩, 凝灰岩 13. 次英安玢岩、次石英闪长玢岩 14. 次花岗岩闪长斑岩 15. 石英正长斑岩 16. 钾长花岗岩斑岩 17. 花岗岩斑岩 18. 闪长岩 19. 花岗岩闪长岩, 花岗岩 20. 花岗岩斑岩 21. 黄铁矿化绢英岩蚀变带 22. 黄铁矿化硅化蚀变带 23. 黄铁矿化绢英岩化裂隙蚀变脉 24. 硅化、黄铁矿化 25. 绿帘石英钾化 26. 地质界线、岩相界线 27. 不整合界线 28. 断裂、断裂破碎带 29. 流面产状 30. 熔岩流动方向

产出，并发育有放射状、环状、半环状断裂及次火山岩脉和岩墙，水系也呈放射状及环状汇集于凹地中，后转向东南流去。

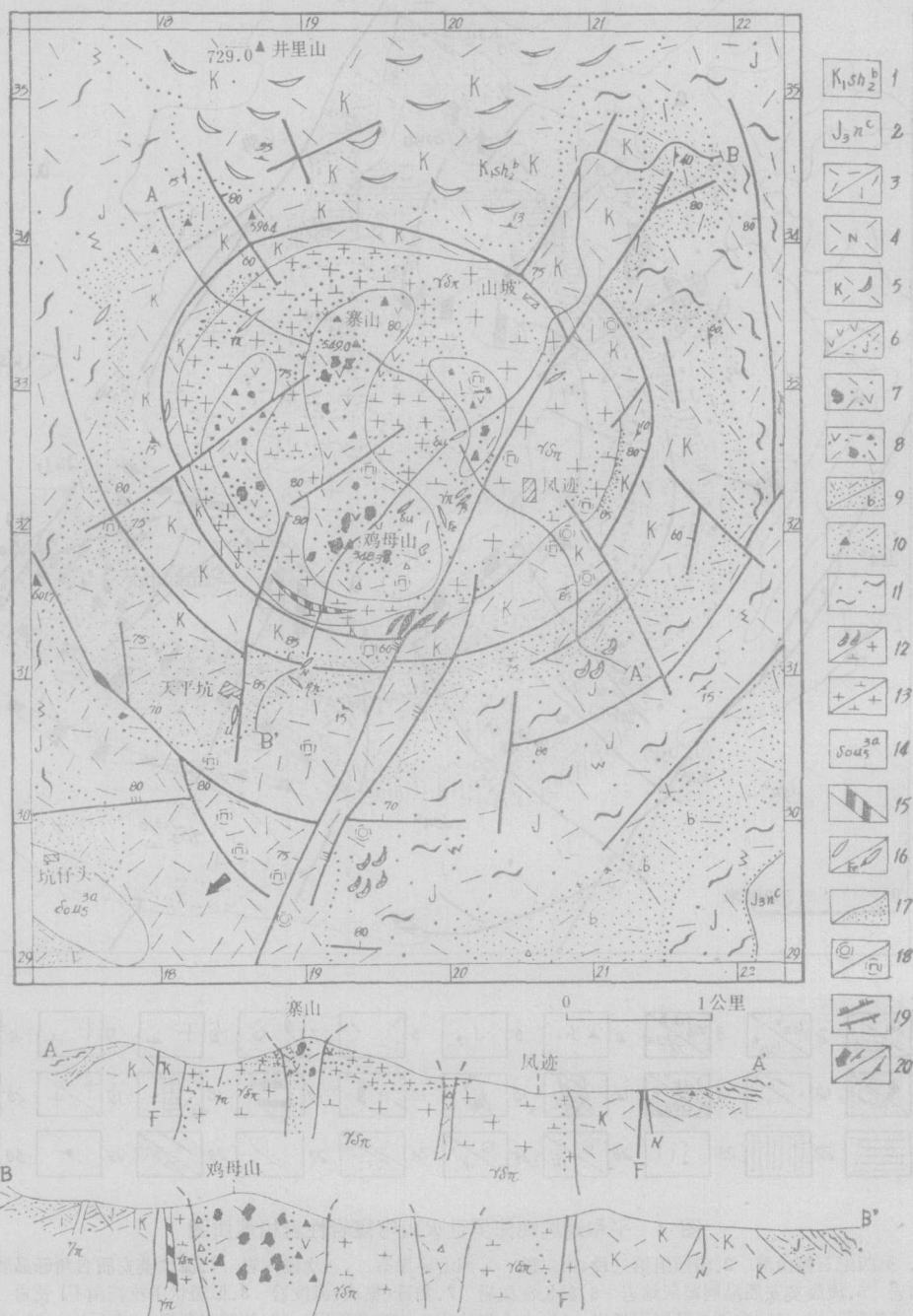


图 5 福清风迹古火山机体岩性岩相地质图

1. 石帽山群上组上段 2. 南园组第三段 3. 流纹岩、钾长流纹岩 4. 斜长流纹岩 5. 含长英质条带钾长流纹岩 6. 英安岩、晶屑凝灰熔岩 7. 8火山颈相 7 流纹英安质熔岩集块岩 8. 流纹英安质含集块熔岩角砾岩 9. 晶屑凝灰岩、玻屑凝灰岩 10. 含角砾(晶屑)凝灰岩 11. 晶屑熔结凝灰岩 12. 火山弹, 似斑状细粒花岗闪长岩 13. 花岗闪长斑岩, 霏细状花岗闪长斑岩 14. 石英闪长斑岩 15. 花岗斑岩 16. $\eta\pi$ -长石斑岩 脉 Su-闪长玢岩脉, B-辉绿斑岩, N-基性岩脉, Fe-铁矿脉, u-铀矿脉 17. 角岩化 18. 硅化、黄铁矿化 19. 压性断层, 张性断层 20. 熔岩原生流动方向及流面产状, 侵入接触面产状

(2) 锥形山式火山穹窿构造, 例如福清风迹火山穹窿构造(图5), 它产于北东向及北西向断裂交汇处, 由早白垩世石帽山群中酸性火山岩组成, 平面上呈圆形, 直径6~7公里, 地貌上为一圆形的环形山, 环形山内为一环形沟, 而在其中心(核部)为侵出相及火山颈相岩石组成的锥形山。各岩相带围绕核部呈环状、半环状分布。火山口内(核部)为火山颈相熔岩角砾(集块)岩及侵出相花岗闪长斑岩。在火山颈相中保存有很多火山作用形迹, 如沸腾孔等。侵出相岩石则具有明显的水平分带和垂直分带, 深带为花岗闪长岩、中带为花岗闪长斑岩、浅带为霏细状花岗闪长斑岩、侵出带为英安岩, 它们之间呈渐变过渡关系。火山口周围分布的是早期喷溢相流纹岩、爆发相熔结凝灰岩, 而火山口南北两侧

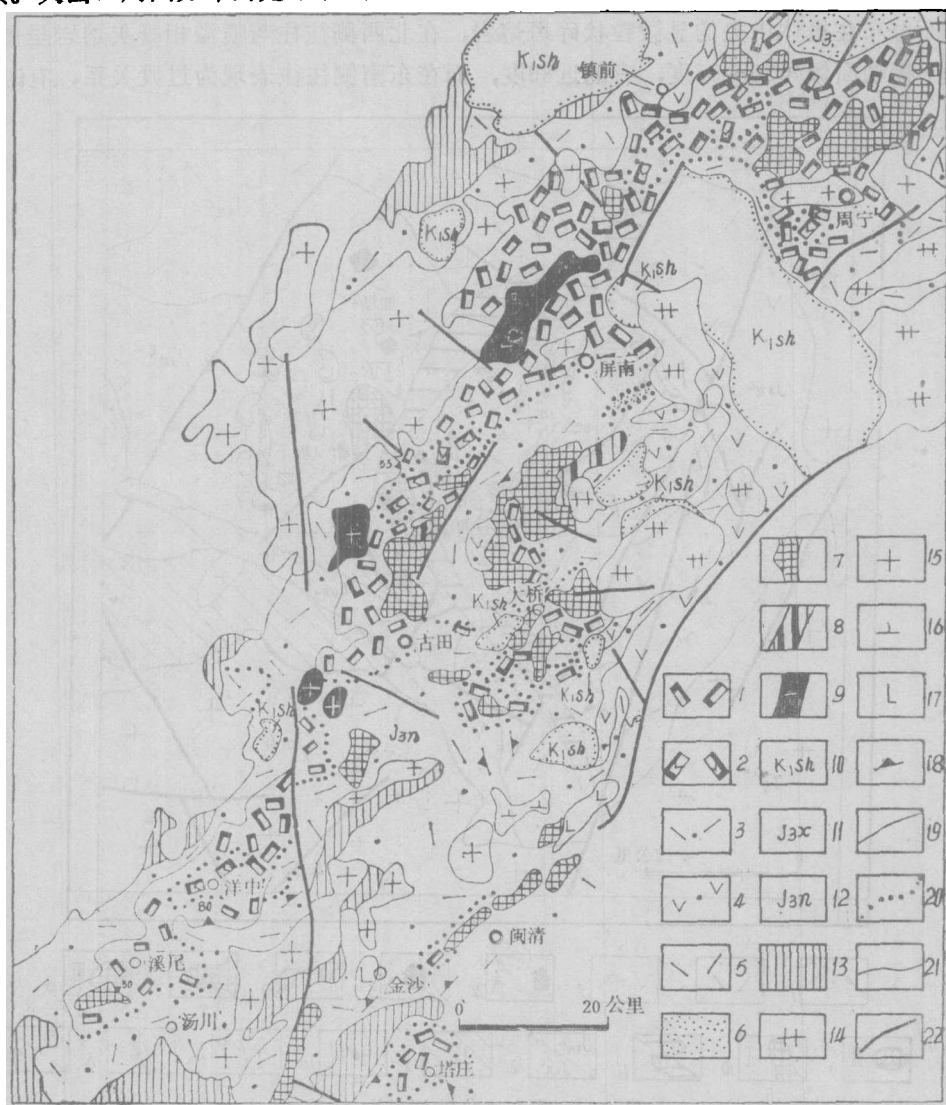


图6 古田—尤溪溪尾晚侏罗世线形火山构造地质略图

1. 酸性粒状碎斑熔岩 2. 中酸性(含角闪石)粒状碎斑熔岩 3. 流纹质晶屑凝灰熔岩 4. 英安质晶屑凝灰熔岩
5. 流纹岩 6. 凝灰岩 7. 次花岗斑岩 8. 次正长岩斑 9. 火山深成侵入岩体 10. 石帽山群 11. 小溪组
12. 南园组 13. 长林组 14. 燕山晚期花岗岩 15. 燕山早期花岗岩 16. 燕山早期花岗闪长岩 17. 燕山早期
闪长岩 18. 流面产状 19. 地质界线 20. 岩相界线 21. 侵入接触面产状 22. 断裂

为晚期喷溢的呈扇形展布的流纹岩。岩层产状呈围斜产出。并发育有环状,放射状断裂。航磁及化探异常也都呈环状分布,水系呈环状、放射状汇集于凹地中,向东南流去。是一个剥蚀较浅,形态较完美的火山机体。

(3) 线形火山机体。系指呈裂隙式喷发形成的长条状火山机体构造。例如古田—尤溪溪尾线形火山机体构造(图6),它由晚侏罗世中酸性火山岩组成,作北东向展布,与政和大埔断裂带平行,中央为沿通道侵出的显微粒状碎斑熔岩,构成了一条长达175公里,宽3~15公里的熔岩垅,它可能是由一系列小的熔岩穹丘组成的。机体中之喷溢相、次火山相及火山侵入相,也都作北东带状展布,同时发育有北东向的走向断层及北西向的横张断层。而分布在机体中央的显微粒状碎斑熔岩,在北西侧往往与喷溢相凝灰熔岩呈侵入接触关系,接触面倾角30~55度,有的近80度,而在东南侧往往表现为过渡关系,有时又被其

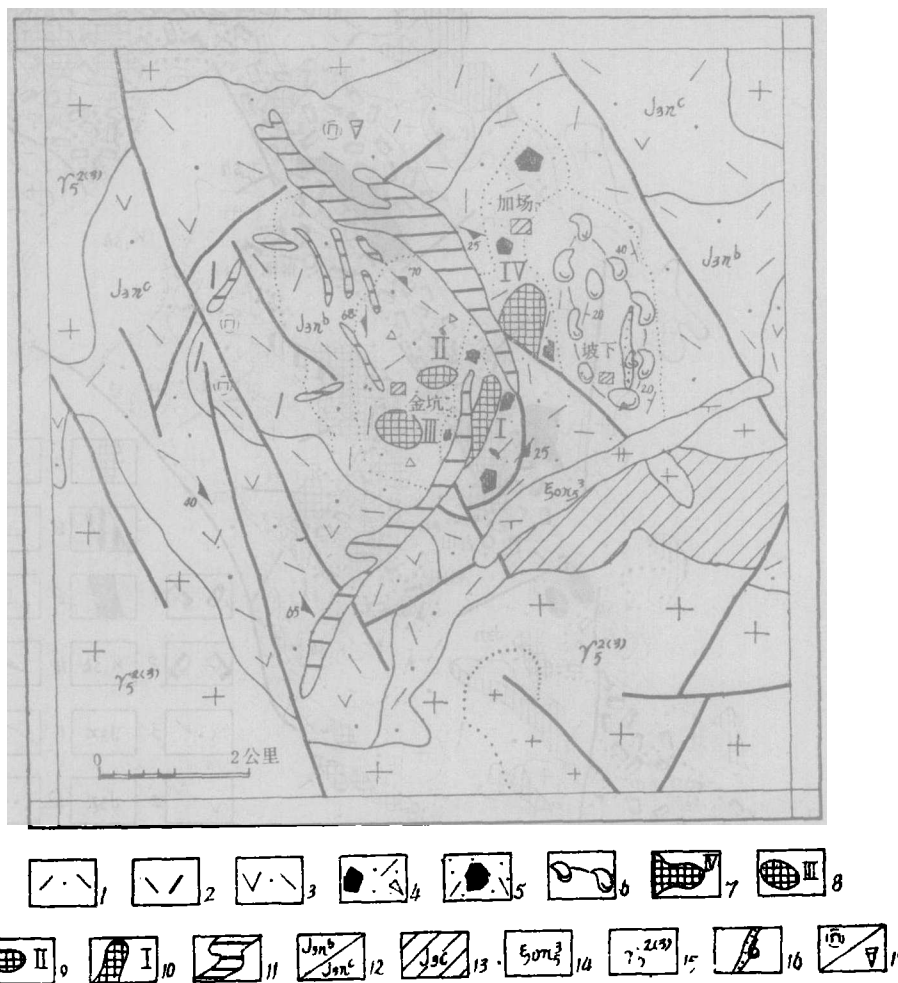


图7 云霄金坑晚侏罗世中心式火山口

1. 流纹质凝灰熔岩及凝灰岩 2. 流纹斑岩 3. 英安质晶屑凝灰熔岩 4. 角砾熔岩、熔岩角砾岩、熔岩集块岩
5. 火山集块岩 6. 火山湖相堆积之含火山碎屑集块岩 7. 流纹岩火山颈 8. 含角砾英安斑岩火山颈 9. 含角砾石英斑岩火山颈
10. 含角砾斜长流纹岩火山颈 11. 次花岗斑岩、岩墙岩脉 12. 上侏罗统南园组第二三段 13. 上侏罗统长林组沉积岩
14. 石英正长斑岩 15. 黑云母花岗岩、花岗闪长岩 16. 动物化石产地及沉积岩夹层 17. 黄铁矿化、明矾石化

中之次花岗斑岩侵入，或呈过渡关系。

4. 复式火山机体。是指保存较完整多管道、多次喷发的中心式火山机体，例如云霄金坑古火山机体（图7），它由南园组火山岩组成，各岩相带多呈环状、半环状展布，并发育有环状、半环状、放射状断裂，以及岩墙、岩脉，其中见有四个火山颈，是一个多管道的中心式火山机体。

5. 重迭式火山机体（或称复合火山构造）。系指两种不同类型的火山构造复合出现在一起，形成复杂的火山构造。例如：政和东坑重迭式火山机体，开始形成一个破火山口，边缘发育有环状、放射状断裂及一些岩墙、岩脉，产状向内倾斜，呈破火山口形式出现。但后来又有火山活动，喷出的熔岩覆盖在破火山口中心，又形成典型的火山穹窿构造，熔岩产状围绕穹窿核部呈围斜产出，核部次火山岩发育，一些岩墙、岩脉自穹窿核部向四面八方伸出，水系也都呈放射状，显示了穹窿构造特征。这种火山构造的重迭，称重迭式火山构造。

6. 岩钟式火山机体。是指其火山口（火山通道）由侵出岩钟组成的中心式火山机体。如平和福里石火山机体，它由晚侏罗世火山岩组成，该机体中央（火山口）为灰色流纹岩岩钟构成高达833.4米的锥形山，沟谷水系以此为中心呈放射状展布，岩钟本身具有明显的环带状分布特征，中心为灰色流纹岩，周边呈环带分布着熔岩角砾岩（角砾成份90%以上都是流纹岩）。流面产状西部、北部向外倾斜，东部、东北部向内倾，岩钟顶部产状接近水平，各岩性岩相带以此为中心呈环状分布，发育有环状、放射状断裂。并在岩钟的内外接触带形成环状绢云母蚀变带。在机体西750米处，有由火山活动后期产生侧喷形成的付火山口一次生石英岩化火山角砾岩筒，其中赋存钼铍矿。

7. 火山喷发中心。本文所称的喷发中心，是指火口（通道）位置尚未查明的古火山机体。即对该机体的岩相、火山构造面貌已有初步的了解，但通道具体位置还未确定，火山构造类型不明，若经进一步调查研究后，它可能相当于上述火山构造类型的其中之一种。

（六）VI级火山构造（即火山通道构造）

1. 中心式火山通道构造。系指中心式火山喷发形成的岩浆由原地通往地表的通道构造，即火山口和火山颈构造。一般位于火山机体中心部位，放射状断裂汇集处，平面上呈圆形或椭圆形，剖面上呈漏斗状或筒状。例如，龙海牛头山新第三纪火山口（图8），由玄武岩组成，平面上呈椭圆形，剖面上呈上大下小的漏斗状，通道中有三次充填物，第一次充填物为含橄榄岩团块的玄武岩，第二次充填物为具放射状柱状节理的粗玄岩，第三次充填物为含角砾的粗玄岩，分布于最中心部位。

2. 线形火山通道构造。是指长条状的火山通道构造。其特征与中心式火山通道相同。主要是岩相呈带状展布，顺着展布方向，岩性、岩相及厚度变化小，垂直其展布方向变化急剧，有与通道平行的次火山岩脉、岩墙。通道相中的熔岩流动构造顺一个方向展布。如前述古田一尤溪溪尾线形火山机体中的火山通道是由粒状碎斑熔岩组成的。

3. 隐爆角砾岩构造。系指地下火山爆发形成的角砾状地质体。一般产在浅成—超浅成侵入体和次火山岩体中，平面形态呈等轴状或椭圆形，剖面上呈筒状或漏斗状，接触带多呈港湾状，角砾成分复杂，不仅有围岩角砾，且往往有来自地下不同深处异地成分的碎屑

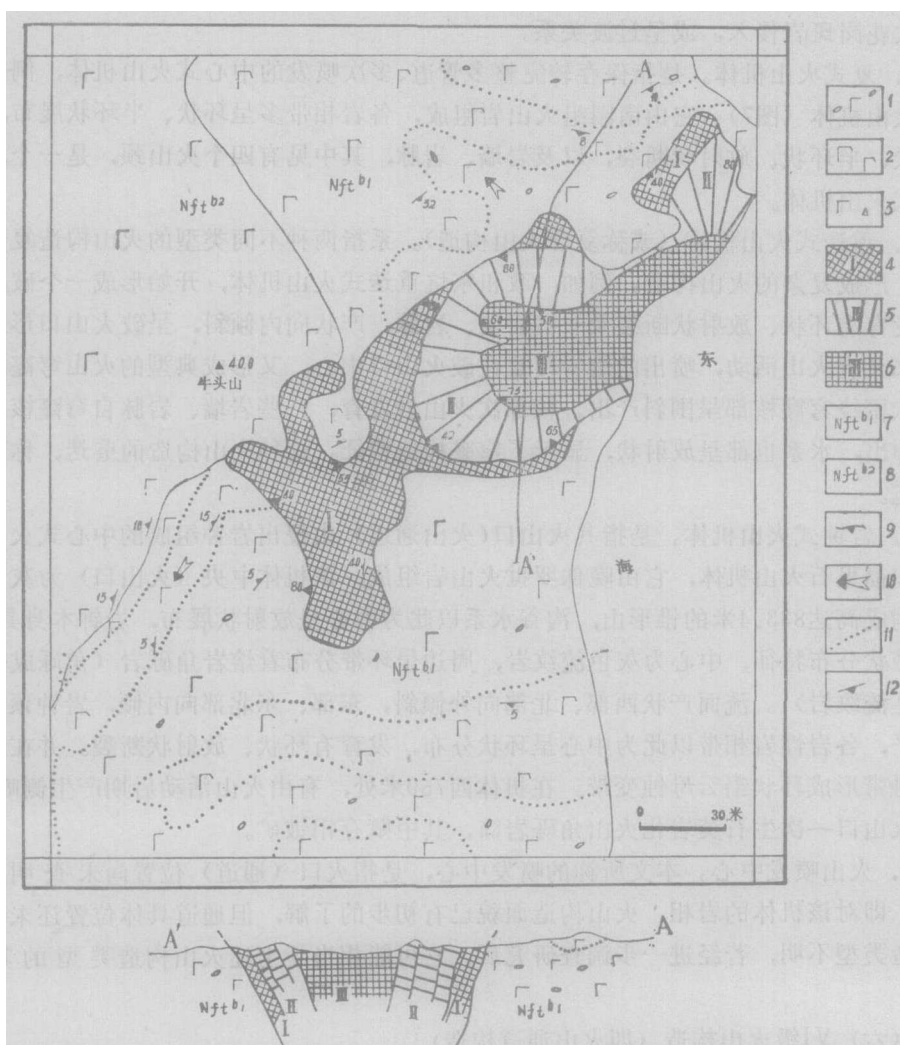


图 8 龙海牛头山上第三系佛昙群火山口岩性岩相地质图

1. 气孔杏仁状玄武岩 2. 粗玄武岩 3. 块状玄武岩 4. 第一次充填含微榄岩团块玄武岩火山颈 5. 第二次充填具柱状节理粗玄武岩火山颈 6. 第三次充填粗玄武岩火山颈 7. 上第三系佛昙群早期喷溢玄武岩 8. 上第三系佛昙群晚期喷溢玄武岩 9. 侵入接触面产状 10. 熔岩流向 11. 岩性界线 12. 岩流产状

物。胶结物与角砾成分相同，以细碎屑或岩粉出现。如宁德九曲岭所见隐爆角砾岩构造，它是产在闪长岩体中，并伴有铜矿化。

五、火山构造与区域构造的关系

在福建新生代火山岩区分布的不同类型的火山构造显示有如下规律

1. 火山喷发的形式有中心式喷发及裂隙式喷发两种。中心式喷发火山机体平面上呈圆形、椭圆形、长轴多呈北东向。火山喷发物多呈环状，半环状展布，并发育有环状、放射状断裂及岩墙、岩脉。裂隙式喷发其火山通道及喷发物呈长条状带状展布。

2. 火山机体和喷发盆地往往出现在两组或三组断裂的交汇处，它们平面上多呈串珠状带状定向排列，形成十分清楚的火山喷发带。

3. 火山喷发带在空间上分带明显，呈一定方向展布，且有近乎等距分布特点。尤以北东向火山喷发带，它平行于海岸线展布，从西北至东南大约以50~100公里间隔分布五个北东方向火山喷发带，大致以90~150公里间隔分布有四条北西向火山喷发带，大致于30~90公里分布有七条东西向火山喷发带。

4. 上述火山喷发带与福建主要北东向深大断裂及北西向、东西向断裂带分布基本一致。表现了火山喷发受断裂控制的特点。

5. 主要的北东向火山喷发带与燕山早期花岗岩体带呈相间出露。火山喷发带与中生代断陷带相吻合。而花岗岩体带则分布在火山基底隆起带上，即与中生代断隆或隆起带基本一致。这一规律表明它们是有成因联系的。

6. 火山喷发由内地向沿海逐渐加强，火山活动时代逐渐变新。并有由西南向北东扩展，规模增大之趋势。

7. 根据岩石化学资料^①，本区中生代火山岩属钙碱性系列的岩石，并具有下列特点：

(1) 南园组—石帽山群火山岩，钙碱指数在54~56之间，里特曼指数 δ 值在1.29~5.12之间变化，而南园组平均值为2.35，石帽山群平均值为2.61，表明具有同源性及其相同成因和岩浆由酸性向偏碱性演化特征。

(2) 火山岩化学成分在戈蒂里—里特曼指数图解上的投影点集中于B区，且集中在日本岛弧火山岩平均成分投影线右边，表明本区火山岩形成的大地构造环境与岛弧钙碱性火山岩不同，具大陆边缘型火山岩特点。

(3) 由沿海向内陆钾硅指数值(K_2O/SiO_2)，由低逐渐升高(图9)，氧化钾含量由少增多(表6)。

表6 北东向火山喷发带 K_2O 含量对比表*

岩类	喷发带 含量	I	II	III	IV	V
酸性岩类 (J_3n)		5.08	5.32	4.77	4.58	
酸性熔岩 (J_3n)		4.84	5.12	4.87	4.52	
中酸性熔岩 (J_3n)		5.68	6.51	4.35	3.84	3.65

* 表内 K_2O 含量为平均值

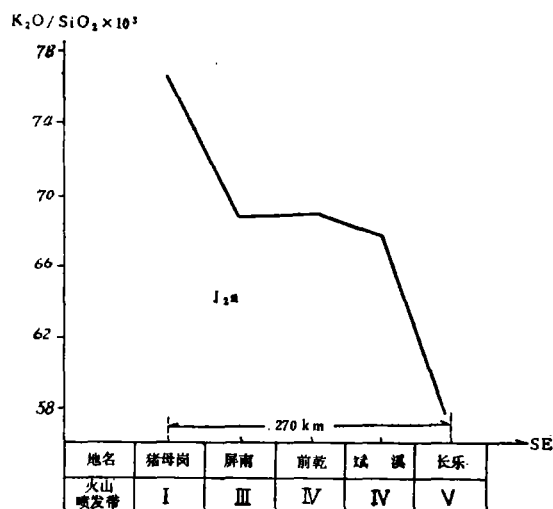


图9 福建省晚侏罗世南园组火山岩的 K_2O/SiO_2 变化曲线图

① 张维权，1979年，《福建中生代火山岩岩石化学初探》，福建省地质科学论文汇编。

8. 变质作用由内陆向沿海逐步增强, 形成了福建沿海引人注目的典型的中生代低压型区域变质带。

9. 从目前已搜集到的东南沿海中生代火山岩同位素年龄及 $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 初始比值资料^[1,5]及最近分析成果, 可以看出: 同位素年龄值及 $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 值变化不大。在浙江省建德和金华地区分布的酸性火山岩, 铷锶同位素地质年龄为130~140百万年, $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 初始比值为0.7089~0.7121, 在福建尤溪洋中分布的粒状碎斑熔岩年龄为124.8百万年, $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 初始比值为0.71408^①, 马祖岛分布的流纹英安岩为 92.6 ± 20 百万年, $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 初始比值为 0.70802 ± 0.00004 , 它们明显高于地幔来源火山岩, 结合前述岩石化学特征来看, 福建大面积分布的中酸性火山岩的岩浆, 主要来源于硅铝壳深熔作用, 同时有地幔物质参与。

从上述火山构造及其内在规律表明, 火山构造与区域构造有密切的成因联系。也就是说, 福建分布的中新生代火山岩是在一定的地壳构造发展阶段基础上, 在中生代, 特别是晚侏罗世以来, 由于燕山运动影响和太平洋板块对大陆板块俯冲, 致使福建大陆边缘受到挤压, 产生一系列的北东向和北西向深大断裂, 并使原来北东、北西、东西及南北向断裂复活起来。这时在毕乌夫带附近产生的强大地幔热流、流体和一部分地幔物质上升, 导致大陆边缘硅铝层中下部发生广泛重熔, 生成中酸性岩浆, 首先沿着北东向及北西向断裂带交汇处产生中心式喷发, 后火山活动逐渐增强, 规模增大, 沿断裂带产生裂隙式、中心式的喷发, 形成了一系列串珠状展布的火山机体、火山喷发盆地等, 并组成一系列的北东向、北西向、东西向火山喷发带。它们自西北向东南逐渐增强, 规模也越来越大, 这就形成了引人注目的浙闽粤中新生代火山岩带。

本文是一比二十万区测和专题调查成果的初步总结, 在工作中得到了李根坤同志的热情指导, 并在火山岩组同志们协助下完成, 图件由队绘图组完成, 在此表示感谢。

主要参考文献 (略)

① 1981年, 中国科学院地质所, 胡华光分析成果。

BASIC CHARACTERISTICS OF MESO-CENOZOIC PALEOVOLCANIC STRUCTURES IN FUJIAN PROVINCE

Feng Zongzhi

(Regional Geological Surveying Party of Fujian Province)

Abstract

Fujian province lies within the circum-Pacific paleovolcanic belt, in the middle section of the Zhejiang-Fujian-Guangdong volcanic mobile belt. There, Mesozoic volcanic rocks, particularly those of Late Jurassic to Early Cretaceous ages, are very well developed. In Late Jurassic to Early Cretaceous times the volcanic activity reached a climax, so the extrusives of these ages cover one-third of the area of the whole province. Rocks are dominated by intermediate-acid volcanic rocks, which possess the characteristics of the continental margin calc-alkaline rock series. There are mainly two types of volcanic eruption, the fissure type and the central type. The volcanic rock facies formed may be classified into explosive facies, effusive facies, viscous lava extrusion facies, volcanic vent facies, subvolcanic facies, volcanic-intrusive facies and eruptive-sedimentary facies. The volcanic structures are divided into six orders. Order I is the circum-Pacific volcanic belt, order II is the Zhejiang-Fujian-Guangdong volcanic mobile belt, order III includes zones of volcanic eruption and volcanic basement uplift zones, order IV comprises areas (basins) of volcanic eruption and volcanic ring associations, order V includes calderas, domes, linear volcanoes, cone-in-cone volcanoes, composite volcanoes and cupolas, and order VI includes central-type and fissure-type volcanic vents and cryptoexplosive breccia structure. The paper also preliminarily discusses the relations between volcanic structures and regional structures.

图1 福建省火山构造岩相图

