

中华人民共和国地质矿产部

地 质 专 报

— 区域地质第30号

中国东南大陆
中生代火山旋回火山构造
及其控矿意义

尹家衡 阮宏宏 谢家莹

(南京地质矿产研究所)

冯宗帜

(福建省地矿局)

俞云文

(浙江省地矿厅)

地 质 出 版 社

(京)新登字085号

内 容 提 要

本书反映了近年来中国东南大陆地区火山地质研究的最新成果。书中运用古生物化石组合、同位素地质年龄及构造旋回与火山活动旋回对比等综合资料,并结合基底构造、矿化分布等研究成果,对本区中生代火山活动旋回进行了划分与区域对比;提出了古火山构造类型、级别划分方案,并对各级火山构造进行了解剖;对区域火山构造基本特征以及火山旋回与火山构造的控矿意义进行了总结,提出了找矿方向的一些新看法;对本区中生代火山岩形成的大地构造环境、各旋回火山活动的不同构造控制条件也作了分析与总结。

本书对地质勘探、科研、教学等单位的地质人员均有实际应用及参考价值。

中华人民共和国地质矿产部 地质专报
区域地质第30号
中国东南大陆中生代火山旋回火山构造
及其控矿意义
尹家衡 阮宏宏 谢家莹
(南京地质矿产研究所)
冯宗帜 俞云文
(福建省地矿局)(浙江省地矿厅)

责任编辑:李上男

地质出版社出版发行
(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷
(北京海淀区学院路29号)
新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:9.75 字数:222000
1991年12月北京第一版·1991年12月北京第一次印刷
印数:1—900册 定价:6.65元
ISBN 7-116-00920-5/P·783

序

《中国东南大陆中生代火山旋回火山构造及其控矿意义研究》是地矿部“七五”重点科技攻关项目《中国东南沿海火山地质及矿产研究》的一个专题。其主要任务是在“六五”及以前的有关研究成果的基础上，经过进一步工作较全面地加以综合研究并论证火山岩系的时代，提出火山活动旋回的划分对比方案，并对全区火山构造及其空间分布、与区域构造的关系加以阐明，同时编制区内中生代火山岩相构造图（比例尺1:100万）在此基础上，探讨火山作用、火山构造与有关矿床形成之间的关系。本书就是在《研究》报告的基础上撰写而成的。

我国东南沿海一带是中生代陆相火山岩广泛发育的地区，虽然经过多年研究，但还缺少对全区火山从岩性特征、喷发旋回、喷发机制、不同级次的火山构造及其区域地质构造背景以及成矿作用等方面的全面综合研究和论述。本书首次在这方面做出了较全面的概括和总结，充实了我国火山地质方面的文献，在基础地质和指导找矿方面都有重要意义。

东南沿海中生代火山岩在其岩石学、地球化学、岩浆活动期次、时代及其与同时代花岗岩之间的关系、大地构造背景等方面都有其特点，也只有在不断深入研究和较全面地综合概括，才能将其与环太平洋带中的其它中—新生代火山岩分布区进行对比和深入探讨有关的重大地质问题。本书提供的重要资料和对一些问题的看法，将会引起国内外同行们对各有关问题做进一步的讨论和深入研究。

在此，谨向参加这项专题研究的同志们祝贺和致敬，并希望他们能在今后的工作中取得更多的重要成绩。

张炳熹
1991年1月

前 言

本书主要根据地质矿产部“七五”重点科技攻关项目“中国东南沿海火山地质及矿产研究”所属“火山旋回、火山构造及其控矿意义研究”专题及部分兄弟专题成果，参照评审委员会意见，经作者进一步精简加工编写而成。专题研究工作起始于1986年9月，结束于1990年4月。专题参加单位是南京地质矿产研究所（专题负责单位）、浙江省地矿厅、福建省地矿局、广东省地矿局；专题组研究人员有尹家衡（专题负责人）、阮宏宏、冯宗帜、俞云文、朱白朗、丁保良、吴志勤、谢家莹、巫怀仁、蓝善先、汪迎苹、方炳兴、梁钧球、岑汝河、潘洪彪等。

本书先按章节分工编写初稿，经集体讨论修改后，由尹家衡、阮宏宏统编。编者的分工是：前言、第一章、第三章第一节、第六节、第七节、第六章、结语由尹家衡编写；第二章由谢家莹编写；第三章第二节由俞云文、阮宏宏编写；第三章第三节、第五节由冯宗帜编写；第三章第四节由阮宏宏编写；第四章由尹家衡、阮宏宏、冯宗帜、俞云文编写；第五章由尹家衡、谢家莹、阮宏宏编写。

本书的编著工作得到地矿部东部火山岩项目办公室，南京地矿所科技处，浙江、广东、福建省地矿（厅）局及其所属区调队等单位的指导和大力支持；各项测试及图件清绘工作由南京地矿所实验室、同位素地质组、绘图室、磨片室及北京高能物理研究所等单位承担；在本书的编著过程中还得到了张炳熹、李文达教授（项目顾问），陆志刚、倪若水、陶奎元研究员的指导和吴岩、黄光昭、鞠魁祥、毛建仁、郑济林、赵曙良、程其芬、魏乃颐、苏郁香等同志的大力帮助。在此谨向上述单位及个人表示衷心感谢。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 地质工作简史	1
第二节 研究现状及存在的问题	1
第三节 本次工作的主要成果	2
第二章 火山岩系基底及中生代构造-岩浆活动区	3
第一节 火山岩系基底地质特征	3
一、主要构造单元及其特征	3
二、构造-岩浆活动	4
三、基底褶皱-断裂构造格架	4
四、基底地球物理场特征和中深部构造环境	5
第二节 中生代构造-岩浆活动区及其特征	6
一、浙东闽东构造-岩浆活动区	6
二、浙西赣东北构造-岩浆活动区	8
三、闽西赣东构造-岩浆活动区	8
四、粤东构造-岩浆活动区	8
第三章 火山旋回	10
第一节 概述	10
一、基本概念与旋回划分原则	10
二、火山旋回划分概述	10
第二节 浙东构造-岩浆活动亚区	11
一、第一旋回	11
二、第二旋回	16
三、第三旋回	20
四、第四旋回	23
第三节 闽东构造-岩浆活动亚区	24
一、第一旋回	25
二、第二旋回	28
三、第三旋回	29
四、第四旋回	32
第四节 浙西-赣东北构造-岩浆活动区	33
一、第一旋回	34
二、第二旋回	40
三、第三旋回	42
四、第四旋回	42
第五节 闽西-赣东构造-岩浆活动区	43
一、第一旋回	43

二、第二旋回	47
三、第三旋回	48
四、第四旋回	50
第六节 粤东构造-岩浆活动区	51
一、第一旋回	51
二、第二旋回	56
三、第三旋回	60
四、第四旋回	63
第七节 火山旋回区域对比及时代归属	66
一、火山旋回区域对比分析	66
二、火山旋回时代归属讨论	70
三、火山旋回时空演化基本规律	76
第四章 火山构造	78
第一节 定义及分类	78
第二节 各级火山构造及实例	79
一、Ⅲ级火山构造	79
二、Ⅱ级火山构造	90
三、Ⅰ级火山构造	99
第三节 区内火山构造基本特征	104
第五章 火山旋回、火山构造的控矿意义	112
第一节 火山旋回与矿产的关系	112
一、金属矿产	112
二、非金属矿产	114
三、硼矿化	115
第二节 火山构造的控矿意义	118
一、火山构造控矿的一般规律	118
二、矿产在火山机构内的赋存部位	119
三、火山机构发展演化阶段成矿作用及矿产配置模式	122
第三节 找矿方向	125
第六章 中生代火山岩形成的大地构造环境	126
第一节 火山岩的分布与迁移	126
第二节 岩浆活动与板块运动	128
第三节 构造应力场与板块运动	132
结语	134
主要参考文献	138
英文摘要	140

Contents

Chaper I Introduction	1
1.1 A historical note of geological works	1
1.2 Studing status and problem	1
1.3 Main achievements	2
Chaper II Pre-volcanic basement and Mesozoic tectonomagmatic regions	3
2.1 Geological characteristics of pre-volcanic basement	3
2.1.1 Major tectonic units and its features	3
2.1.2 Tectonomagmatic activities	4
2.1.3 Basement fold-fault framework	4
2.1.4 Feature of basement geophysical field and setting of middle-deep structures	5
2.2 Mesozoic tectonomagmatic regions and their characteristics	6
2.2.1 East Zhejiang-East Fujian tectonomagmatic region	6
2.2.2 West Zhejiang-Northeast Jiangxi tectonomagmatic region	8
2.2.3 West Fujian-East Jiangxi tectonomagmatic region.....	8
2.2.4 East Guangdong tectonomagmatic region	8
Chaper III Volcanic cycles	10
3.1 Outline	10
3.1.1 Basic concept and principle for dividing volcanic cycles.....	10
3.1.2 Division of volcanic cycles	10
3.2 East Zhejiang tectonomagmatic subregion	11
3.2.1 Cycle I	11
3.2.2 Cycle II	16
3.2.3 Cycle III	20
3.2.4 Cycle IV	23
3.3 East Fujian tectonomagmatic subregion	24
3.3.1 Cycle I	25
3.3.2 Cycle II	28
3.3.3 Cycle III	29
3.3.4 Cycle IV	32
3.4 West Zhejiang-Northeast Jiangxi tectonomagmatic region	33
3.4.1 Cycle I	34
3.4.2 Cycle II	40
3.4.3 Cycle III	42
3.4.4 Cycle IV	42

3.5 West Fujian-East Jiangxi tectonomagmatic region	43
3.5.1 Cycle I	43
3.5.2 Cycle II	47
3.5.3 Cycle III	48
3.5.4 Cycle IV	50
3.6 East Guangdong tectonomagmatic region	51
3.6.1 Cycle I	51
3.6.2 Cycle II	56
3.6.3 Cycle III	60
3.6.4 Cycle IV	63
3.7 Regional correlation and geological age of volcanic cycle.....	66
3.7.1 Regional correlation and analysis of volcanic cycles.....	66
3.7.2 Discussion on geological age of volcanic cycles	70
3.7.3 Time-space evolution of volcanic cycles	76
Chaper IV Volcanic structures	78
4.1 Difinition and classification	78
4.2 Different orders of volcanic structures and examples	79
4.2.1 Third order volcanic structure	79
4.2.2 Second order volcanic structure.....	90
4.2.3 First order volcanic structure	99
4.3 Main features of regional volcanic structures.....	104
Chaper V Ore-controlling significance of volcanic cycle and stru-	
 cture	112
5.1 Relationship between volcanic cycle and mineral resources	112
5.1.1 Metallic ore	112
5.1.2 Nonmetallic ore	114
5.1.3 Boron mineralization	115
5.2 Ore-controlling significance of volcanic structures	118
5.2.1 General patterns	118
5.2.2 Ore occurrence in volcanic apparatus	119
5.2.3 Summarized model of mineralization in accordance with development	
of volcanic structures	122
5.3 Perspective prospecting	125
Chaper VI Tectonic setting of Mesozoic volcanism	126
6.1 Distribution and migration of volcanic rocks	126
6.2 Magmatic activities and plate movement	128
6.3 Tectonic stress field and plate movement	132
Summary	134
Main references	138
English abstract	140

第一章 绪论

中国东南大陆地区包括浙江省、福建省、广东省东部及江西省的一部分，北以鄱阳湖北岸—泾县—朗溪—溧阳一线为界，与长江中下游地区中生代火山岩区相接，南至香港—澳门一线，西以九江—南昌—吉安—赣州—韶关—四会一线为界，南北长约1100km，东西宽约400km，总面积约44万km²。

第一节 地质工作简史

本区为国内火山岩研究较早的地区，地质研究程度相对较高。早在1927年，刘季辰、赵亚曾等人就曾对浙江西部的建德、寿昌等地的中生代火山岩地层进行了调查；随后，何作霖、叶良辅（1928）、舒文博（1930）、朱庭祐（1930）、吴磊伯、李铭德（1947）等先后在浙西和浙东沿海一带进行过中生代火山—沉积岩系的调查。30年代初期，侯德封、王曰伦、王恒升、李春昱、张兆瑾等人就曾对福建火山岩进行过研究，并建立了“兜岭火山岩”（白垩纪）等名称。1927年，李学清对广东三水粗面岩进行过研究；1932年，乐森珥、姚文光等人在“广东韩江流域地质矿产要略”一文中，就对粤东丰顺、梅县一带的中生代火山岩有过论述；李春昱（1932）对粤东中生代火山岩也进行过研究。但总的说，从20至40年代，本区的地质研究工作是间断和零星的，且大都着重于火山地层学研究。

解放后的40年来，浙江、福建、广东、江西等省地矿局在本区做了大量地质工作，现已完成了全区1:20万区域地质调查工作，并在有找矿远景区段进行了1:5万的地质填图工作，找到了许多矿产；各省地质志亦相继完成，总结了几十年来的地质工作成果，编制了不同比例尺的地质图、构造图、矿产图等，这些成果为在本区进一步深入研究奠定了良好基础。同时，还有许多科研单位、学者、大专院校在本区进行过地质调研工作。“六五”期间（1980—1985），南京地矿所在相继完成了长江中下游地区的庐枞、宁芜、溧水等中生代火山岩盆地研究后，又对本区中生代火山地质（陶奎元、翁世劫、王中杰、丁保良等）及火山矿产（李文达、芮行健、陈鹤年等）进行了研究，并做了初步的系统总结，对本区中生代火山地质及矿产的一些基本地质问题提出了看法。南京大学地质系对浙江、江西等地的火山岩、福建的晶洞花岗岩等的研究，李春昱等（1961）对浙闽中生代火山—沉积岩系的研究，吴利仁等（1984）对华东及其邻区中、新生代火山岩的研究，从柏林、张德全等对本区火山岩岩石化学的研究，孙善平、罗正华、包永年、李强、刘昌实、孙鼐、吴磊伯、朱白朗等对区内某一地区火山岩的研究，施实、胡光华、王东方、李坤英、黄辉、徐步台等对本区火山岩同位素地质的研究等等，都从不同角度对本区的火山地质、火山—侵入杂岩、同位素地质、火山地层以及金属、非金属矿产等方面提出了各自的看法，促进了本区火山地质及矿产研究工作的深入和提高。

第二节 研究现状及存在的问题

本区火山旋回、火山构造的研究现状，可反映在下述几个方面：

1. 根据火山岩分布特点及其与区域构造关系,前人已对东南沿海火山岩带(区)作了初步划分。以江山—绍兴—政和—大埔—惠东—一线为界,将本区火山岩分为东西两带,东带包括浙东、闽东、粤东南三部分,火山岩呈大面积连片分布;西带包括浙西、赣·东北、闽西、赣东南、粤东北等地区,火山岩呈不连续的小片出露。上述划分方案多从火山岩在地表分布的多少考虑,而对形成火山喷发的构造—岩浆活动机制及基底构造、矿化特征等内在联系方面,则考虑不够,从而影响了划分岩带、岩区的准确性与合理性。

2. 对中生代火山活动旋回的划分与对比、火山岩时代归属、火山活动时空迁移演化规律等问题,已作了一定的研究工作。但由于侧重点及依据不同(如有人以岩石地层单元为主,有人以生物地层单元为主,有人以同位素地质年龄为主等),以致对上述问题,特别是旋回划分及时代归属的认识还存在较大分歧。

3. 火山构造及其空间格局的研究得到不断重视。各省地矿局及科研单位在火山岩区的区域调查及综合研究工作中,相继开展了火山构造的研究,对部分典型的火山构造,如福建凤迹破火山、崎坑火山穹隆、浙江桐庐火山—构造洼地、寿昌火山—构造洼地等构造进行了深入研究与剖析。部分省、区还编制了较大范围的火山岩相构造图。但以往这类图件的编制工作主要建立在卫片目视判读基础上,辅以个别点上较详细的工作,因而推断程度较大。另外,火山构造分类方案虽有多种,但由于不同作者观点各异,所用术语与定义又不相同,因而分类相当混乱。

4. 对火山旋回、火山构造与成矿作用的关系已作了初步总结。以往工作中,对火山地层、火山旋回的含矿性、火山岩相、火山岩岩性、火山岩岩石化学变异与成矿关系、火山构造的控矿及容矿作用等均进行了一定的工作。1985年在杭州召开的全国火山岩、次火山岩成矿作用学术讨论会,基本上反映了以陆相为主的火山地质及有关矿床的研究现状。但对区域成矿规律,特别是火山旋回与构造的控矿意义研究还不够深入,一些具有找矿远景的矿种,如Au、Ag、Sn、U及B等,均待进一步详细工作。

第三节 本次工作的主要成果

通过对东南大陆中生代火山旋回、火山构造及其与矿产的关系等方面的研究,取得的主要成果有:

1. 对本区中生代火山活动旋回进行了划分,并提出了较为合理的区域对比方案;对各火山活动旋回的时空分布特征、火山岩系生物地层及同位素地质年龄均进一步做了工作;对各火山活动旋回的时代归属问题提出了新看法。

2. 在解剖重点火山构造的基础上,结合本区实际情况,提出了火山构造类型、级别的划分方案;对区域火山构造的基本特征作了总结。

3. 对火山旋回、火山构造的控矿意义进行了初步总结,并提出了找矿方向上的一些新看法。

4. 从中生代全球宏观构造格局出发,结合岩石化学、地球化学等资料,对本区中生代火山岩形成的大地构造环境及控制各旋回火山活动的不同构造条件作了分析。

第二章 火山岩系基底及中生代构造-岩浆活动区

中国东南大陆中生代火山-侵入杂岩带是环太平洋构造-岩浆成矿带的重要组成部分之一。它纵跨扬子准地台和华南褶皱区两个一级大地构造单元，各构造单元经历了不同的地质发展与演化，到印支运动后，全区褶皱上升，发展成为一个统一的整体陆块——中国东南大陆区。

第一节 火山岩系基底地质特征

中国东南大陆区从前震旦纪到三叠纪，历时约1600Ma，经历了晋宁-加里东、海西-印支等时期的构造-岩浆活动，火山岩系的基底由扬子准地台和华南褶皱区两个一级大地构造单元组成。

一、主要构造单元及其特征

(一) 扬子准地台

扬子准地台包括苏北中新断陷、下扬子台坳、皖南-浙西台褶带、江南台隆四个二级构造单元，其中前两个属长江中下游地区中生代火山岩区，不属本研究区范围。

1. 江南台隆

江南台隆由元古界上溪群等一套巨厚浅变质的浅海相类复理石建造组成，并构成NEE向紧密褶皱基底。晋宁运动后，成为一个长期相对隆起剥蚀的古陆区，加里东运动后隆起范围向两侧扩大；晚古生代时，古陆又发生解体，南部和北部沉积了泥盆纪-三叠纪的海相、海陆交互相碳酸盐岩、碎屑岩及含煤建造；印支运动后褶皱抬升，形成NE向盖层褶皱-断裂构造。

2. 皖南-浙西台褶带

该带是围绕着江南台隆分布的边缘坳陷带，其中沉积了震旦纪-志留纪冒地槽型类复理石建造；加里东运动全区褶皱抬升；晚古生代仅在杭州-建德凹陷区沉积有碎屑岩、碳酸盐岩等；印支运动又使其褶皱抬升，形成NE向平缓复向斜和复背斜及走向断裂构造。至此，扬子准地台形成整体性大陆块体。

(二) 华南褶皱区

华南褶皱区包括了会稽山-武夷山隆起、永安-梅县-安远坳陷、浙闽粤沿海断陷和象山-南澳断隆带等二级构造单元。

1. 会稽山-武夷山隆起

该隆起包括了赣中、浙中、闽西北等地区，由震旦纪、早元古代等巨厚地槽相复理石、类复理石建造以及硅铁质、笔石建造组成。前者内夹海相火山岩、火山碎屑岩。加里东运动使其褶皱回返，形成NE向紧密褶皱的地背斜和地向斜构造，并有大规模花岗岩侵

入并伴有混合岩化作用。晚古生代仅在南部、西南部有泥盆纪—中三叠世的滨浅海相碳酸盐岩建造和海陆交互相、陆相碎屑岩建造。印支运动使其发生强烈褶皱，形成 NE 向宽缓盖层褶皱和断裂。在东部的浙江余姚—福建建瓯一带，出露了元古界陈蔡群、建瓯群等一套中深变质—浅变质岩石及混合岩等强烈变形的古老基底地层。

2. 永安-梅县-安远拗陷

该拗陷包括闽西南、赣南及粤东北一部分，最老基底为震旦系浅海相碎屑岩建造。晚古生代以来本区为相对稳定的沉降区，沉积了泥盆纪—三叠纪的浅海—滨海相、海陆交互相陆台型碎屑岩、碳酸盐岩、含煤建造。印支运动使本区大部分褶皱抬升，形成 NE 向开阔复背斜、复向斜盖层构造。但边缘局部凹陷内仍有海水保留，继续沉积了三叠纪一早、中侏罗世的海相、海陆交互相碎屑岩含煤建造，局部夹有凝灰岩。

3. 浙闽粤沿海断陷带和象山-南澳断隆带

该构造带分布于余姚—丽水—大埔—海丰断裂以东地区，属加里东褶皱带组成的陆台。晚古生代陆台内局部地区，如温州—临海拗陷带内，形成地台内槽型沉积的鹤溪群，后经海西运动褶皱变质。象山—南澳一线以东为断隆带，出现加里东前古老基底地层。

二、构造-岩浆活动

本区前中生代岩浆活动较频繁，但总的看，规模小、强度低，一般分为两个构造-岩浆活动期。

1. 晋宁—加里东构造-岩浆活动期

前震旦纪的岩浆活动表现为：浙江双溪坞群内有安山岩、英安岩、流纹岩、细碧-角斑岩，骆家门组内有细碧-角斑岩，上墅组内有安山岩、英安岩、流纹岩等；福建麻源群内有中酸性火山岩、火山碎屑岩和基性火山岩。侵入岩以混合岩化花岗岩类最发育，另有少量基性、超基性侵入岩。

震旦纪的岩浆活动，在浙江仅见少量火山碎屑岩；在福建龙北溪群内有细碧-角斑岩、中酸性熔岩、火山碎屑岩；广东云开群和鹰扬关群内夹有细碧-角斑岩。

加里东时期的岩浆活动产物少见，仅见有少量沉火山碎屑岩，如广东连滩群内有沉火山碎屑岩，但侵入岩比较发育，主要为混合花岗岩以及晚期在南岭地区发育的各种花岗岩。

2. 海西—印支构造-岩浆活动期

该期的岩浆活动反映在浙江鹤溪群内有少量火山碎屑岩；福建石炭系林地组内有安山玄武岩、安山质火山碎屑岩，黄龙组内有中酸性火山碎屑岩；广东泥盆系丁湖群内有流纹岩，石炭系内有流纹岩、安山岩、凝灰岩。

三、基底褶皱-断裂构造格架

各构造单元基底褶皱-断裂构造方向不完全相同，大致可分为五组：

1. **NE**向褶皱-断裂构造组：主要分布于扬子准地台，如建德-杭州断裂、德兴-上海断裂等。

2. **NNE**向褶皱-断裂构造组：主要分布于华南褶皱区，如余姚-丽水-大埔-莲花山断裂、镇海-温州-柘荣-安溪-南靖-陆丰断裂、长乐-南澳断裂、崇安-泰宁-古城断裂、邵武-河源断裂等。

3. **EW**向断裂构造组：如扬子准地台区的临安-杭州断裂。本组断裂在华南褶皱区南部地区比较发育，如九峰断裂、大东山-贵东断裂、佛岗-河源-丰顺-潮安断裂、肇庆-广

州-海丰-惠东断裂等。

4. NW 向断裂构造组：主要发育于浙、闽、粤沿海一带，如上杭-云霄断裂、松溪-罗源断裂、仙游-建宁断裂、温州-金华断裂等。

5. SN向断裂组：一般为断续出现，连续性差。

另外还有两条作为构造单元分界的断裂：一条是九江-南昌-吉安-赣州-韶关-四会断裂带，呈NNE向展布，是中国东南大陆中生代火山岩区的西界；另一条是绍兴-江山-广丰-抚州断裂带，呈NE向展布，是扬子准地台与华南褶皱区的分界线。

上述断裂是长期活动的基底深断裂或大断裂，其中NE—NNE、NW、EW 三组断裂系对中生代火山活动和成矿起控制作用。

四、基底地球物理场特征和中深部构造环境

浙、闽、粤等省物探研究资料表明，区内火山岩系基底地质有如下特点：

1. 从平均布格重力异常图看出：沿海为近于平行的NE向重力梯级带，至南、北两端变为近EW向重力梯级带，其外侧为重力高异常带，内侧的中部（浙西南、闽西、粤北）为呈NE走向的似长方形重力低值区，其中浙西南和粤北呈EW向，而闽西则呈SN向，反映了深部地壳密度分布特征。经计算所得地壳厚度变化：沿海为幔隆带，地壳变薄，其中浙江为27km，福建为31km，向NW内陆方向地壳增厚。就浙江省南北方向看，浙北地壳薄，为28.5km，浙南地壳厚，为33km。地幔界面起伏可能是导致地壳构造运动和岩浆活动的原因之一。

2. 根据区域重力、磁场特征综合分析，基底构造显示了分区的特点：广东早期EW向构造发育，而后转为NE向构造，组成广东基底构造格架；浙、闽以NE、NW及EW向构造发育为特点，形成NE分带、NW分段的菱形断块状基底构造格架。

3. 从剩余布格重力异常及航磁异常分析，浙闽东部发现有数个巨型环状构造，内环重力低，外环重力高，航磁上延1km，显示中心为负磁异常，周围为放射状或串珠状正磁异常，反映了巨型环状火山构造和深部侵入的巨型花岗岩岩基或岩浆库的存在。同时还发现沿海幔隆带有一隐伏的基性岩带存在，它们可能是上部火山岩盆地内喷发的玄武岩浆的根部。

4. 据重磁资料及永平工业爆破资料分析，本区地壳结构具有成层分布特征。其中闽东南及浙东沿海为五层结构，自地表向深部依次为：①火山沉积岩及花岗岩（4.39km），②前震旦系变质岩及少量古生界地层（9.20km），③低速层，可能是构造滑脱的破碎地带（2.76km），④安山-玄武质岩层（6.99km），⑤下地壳玄武质岩层（6.41km）；浙西和赣北地区为四层结构：①沉积层（1.69—2.15km），②花岗岩层（5.4km，浙西缺）、前震旦系变质岩和古生界沉积岩（5.59—15.9km，赣北缺古生界），③安山-玄武质岩层（11.88km，赣北缺），④下地壳玄武质岩层（9.52—14.2km）；赣南和闽北区为三层结构：①沉积层（0.5—1.36km），②由花岗质岩石组成的上地壳（17.77—20.9km），③由玄武质岩石组成的下地壳（约10km）。地壳结构不同，对岩浆活动及成分特征有一定影响。

5. 中生代火山岩覆盖在不同时代的基底地层之上，采用磁性块体顶、底埋深之差计算的火山岩厚约2—3km。

6. 综合遥感地质、物探资料以及区域构造资料，可以看出：环形火山构造叠置与线型构造交织所组成的线环构造格局是本区区域构造格局的重要特点。

第二节 中生代构造-岩浆活动区及其特征

自印支运动后, 本区褶皱抬升, 发展成为一个统一的整体陆块, 后经剥蚀形成准平原。中生代燕山运动开始, 本区又进入了一个崭新的地质发展阶段, 发生了强烈的断块活动, 原先的断裂又继续活动, 并产生了一些新的 NE、NW 向断裂。与此同时, 发生了规模巨大的火山喷发和岩浆侵入, 火山岩覆盖在由不同构造单元组成的基底地层之上。火山活动的浙闽粤沿海地区最强烈, 在余姚-丽水-政和-大埔-莲花山断裂以东, 几乎覆盖了全部基岩地层; 向 NW 大陆内部, 火山活动逐渐减弱, 由于断块作用, 火山岩的分布多呈孤立盆地状。侵入岩在区内大面积出露, 由北向南增多, 尤以粤东地区出露更广, 与中生代火山岩共同组成举世瞩目的中国东南大陆中生代火山-侵入杂岩带, 该带即是本书的研究对象。

中生代构造-岩浆活动是在不同基底构造单元之上, 受同一构造动力机制作用而发生、发展的。因此, 在区域范围内, 火山岩的系列、组合、类型、地球化学特征等具有许多共同性和相似性。但是, 发生在 40 万 km² 多的大面积范围内的中生代火山活动, 在时间、规模、强度、火山喷发方式、火山地层结构以及岩石化学、地球化学特征等方面, 又存在着明显的差异性。导致差异性的原因, 除构造环境、岩浆源区性质等内在因素外, 不同的基底构造背景亦是重要因素。因此, 必须根据基底地质构造背景和火山-侵入杂岩特征作进一步分区研究, 以寻求火山活动及其产物的时空演化规律。

区内对中生代火山活动起有分区控制作用的基底深大断裂有:

1. 江山-绍兴深断裂 (I): 这是一条自晋宁-加里东以来长期活动的深断裂带, 它不仅是扬子准地台与华南褶皱区两个一级构造单元的分界线, 而且对浙江、江西北部中生代火山活动具有分区控制作用, 使断裂两侧的火山活动具有明显的差异。

2. 政和-大埔大断裂 (II): 位于武夷山隆起东缘, 总体呈 NNE 向, 至政和附近转为 NNW 向, 明显地控制着福建省东西两区的中生代火山活动。断裂西侧为武夷山隆起, 火山岩出露面积少, 呈孤立盆地状沿 NE 向分布, 侵入岩为中生代第一套 S 型花岗岩类; 断裂以东, 基底断陷, 火山岩大面积覆盖, 基底地层仅零星出露, 沿断裂带有大量碎斑熔岩侵入, 反映了火山通道的存在。侵入岩为中生代第二套、第三套的 I、A 型花岗岩类。

3. 大东山-贵东深断裂和武平-云霄深断裂 (III): 位于福建与广东两省交界的大东山-贵东-武平-云霄一线, 总体呈 EW 向, 到武平转为 NW 向, 使粤东与福建的火山活动具有明显的不同。

以上述三条基底深大断裂为界, 全区可划分为四个构造-岩浆活动区 (图 2-1)。

一、浙东闽东构造-岩浆活动区

浙东闽东构造-岩浆活动区 (简称 A 区) 位于江山-绍兴深断裂和政和-大埔大断裂以东地区, 根据火山岩类型、岩相、火山构造、火山岩分布和出露情况, 以及剥蚀程度, 可进一步分为浙东亚区 (A₁) 和闽东亚区 (A₂)。本区火山岩系基底由晋宁-加里东构造层组成, 局部有陆台型沉积的海西-印支构造层。由于余姚-丽水断裂的影响, 断裂西侧抬升, 在仙霞岭、会稽山一带出露了部分元古界变质岩。 NNE 与 NW 向区域性断裂对火山活动起控制作用。

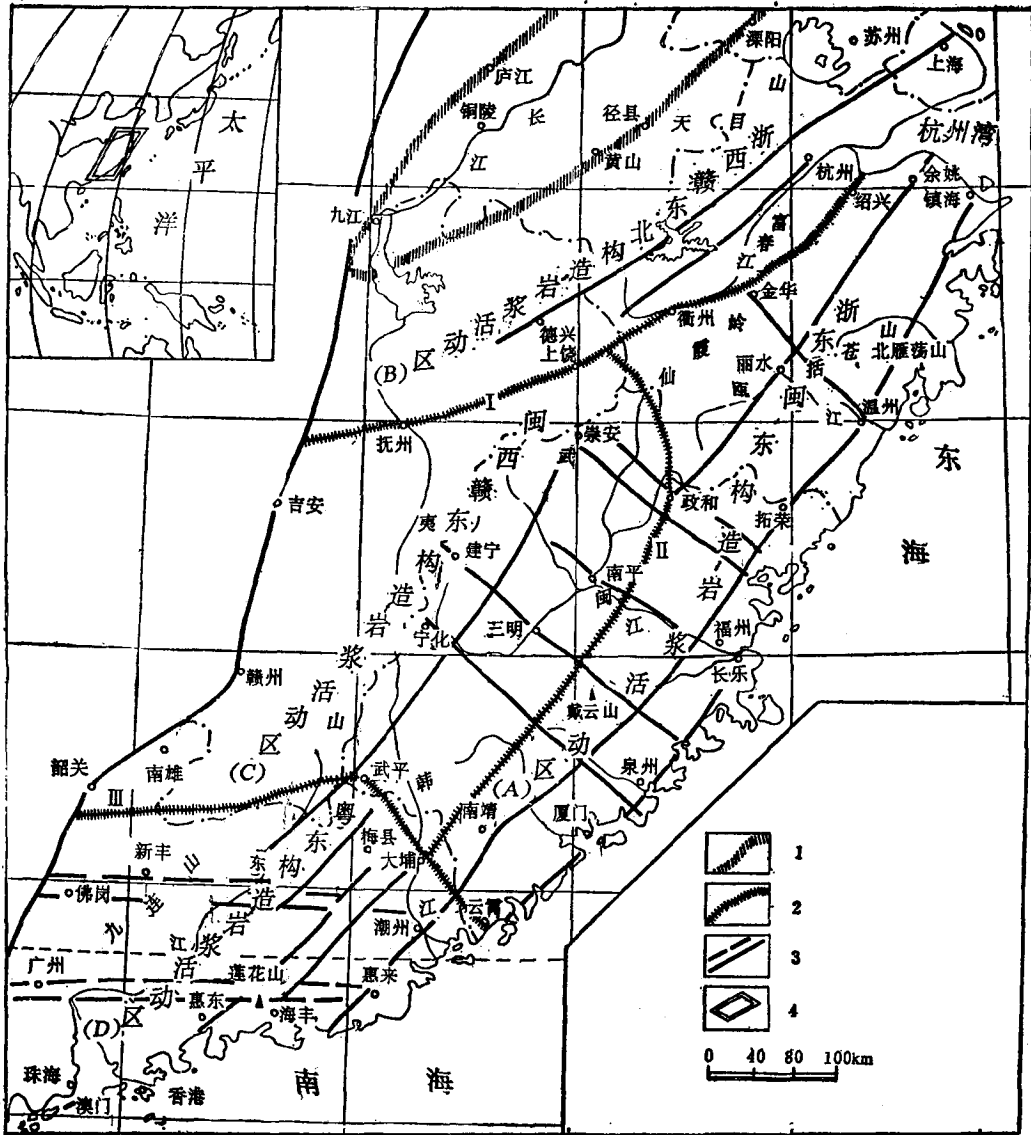


图 2-1 中国东南大陆中生代构造-岩浆活动区

Fig. 2-1 Mesozoic tectono-magmatic activity provinces in the southeast continent of China

1—岩区界线；2—构造-岩浆活动区界线；3—深大断裂；4—工作区范围

火山活动从晚侏罗世开始到白垩纪结束。晚侏罗世火山活动是在挤压后开始松弛的构造应力场环境下发生的，其火山活动产物称下火山岩系，主要受NNE向构造控制，为一套高钾钙碱性酸性岩系列的英安岩-流纹岩组合。白垩纪火山活动是在（弱）拉张构造应力场环境下发生的，其火山活动产物称上火山岩系，受NE与NW向构造复合控制，为高钾钙碱性系列玄武岩-流纹岩双峰式组合和高钾钙碱性酸性岩系列英安流纹岩-流纹岩组合。

A区火山岩呈面型分布，直接覆盖在晋宁-加里东构造层之上，在闽东南的长乐-南

澳地区，下火山岩系受到热动力变质作用影响，形成变质程度不等的变质岩。

侵入岩分属两个演化序列。前者为闪长岩→石英闪长岩花岗闪长岩、→黑云母花岗岩；后者为辉石闪长岩、闪长岩→石英闪长岩、石英二长岩、花岗闪长岩→二长花岗岩、花岗岩→碱长花岗岩、晶洞碱长花岗岩→碱性花岗岩→花岗斑岩，成因为 I 型，少量 A 型。

A 区矿产主要有 Ag、Pb、Zn、Au，以及萤石、明矾石、地开石、叶蜡石等。

二、浙西赣东北构造-岩浆活动区

浙西赣东北构造-岩浆活动区（简称 B 区）处于江山-绍兴深断裂 NW 侧的江南台隆东缘的皖南浙西台褶带上。火山岩系基底由晋宁-加里东和华力西-印支构造层组成，火山活动受 NE 向褶皱-断裂构造控制，火山岩分布在沿 NE 向褶皱-断裂构造所形成的 10 多个山间盆地或断陷盆地内。其火山活动规模，强度与 A 区相比已大为逊色。火山活动从晚侏罗世开始，至早白垩世基本结束。晚白垩世以内陆盆地型红色碎屑岩堆积为特色。与 A 区一样，晚侏罗世火山活动是在挤压后开始松弛的构造应力场环境下发生的，其火山活动产物称下火山岩系，岩性特征与 A 区相同，亦为一套高钾钙碱性酸性岩系列的英安一流纹岩组合。早白垩世火山活动已十分微弱，仅出现少量凝灰岩夹层，归入上火山岩系。火山地层结构以沉积型和喷发-沉积型较发育，潜火山岩不发育。

B 区的主要矿产有 Cu、U 以及非金属（硼、膨润土）等。

三、闽西赣东构造-岩浆活动区

闽西赣东构造-岩浆活动区（简称 C 区）位于江山-绍兴深断裂以南、政和-大埔断裂以西地区，相当于武夷山隆起及其边缘地区，在隆起部位出露有晋宁-加里东构造层，其西及南部边缘除晋宁-加里东构造层外，尚有海西-印支构造层。中生代火山活动受 NE 向褶皱-断裂构造所形成的 30 多个山间盆地或断陷盆地控制，火山活动情况与 B 区相似，与 A 区相比则有明显不同。火山活动从晚侏罗世开始至早白垩世基本结束，仅晚白垩世有极其微弱的火山活动，以盆地型红色碎屑岩堆积为主。潜火山岩岩性为二长花岗岩、黑云母花岗岩，属 S 型花岗岩。

C 区主要矿产有 U、Ag、Sn、Be、膨润土、岩盐、萤石以及 Cu 等。

四、粤东构造-岩浆活动区

粤东构造-岩浆活动区（简称 D 区）位于大东山-贵东深断裂和云霄-武平大断裂以南、广州-从化-连平一线以东地区，横跨在基底永安-梅县-安远拗陷和浙闽粤断陷带两个二级构造单元之南端部位上。火山岩系基底由晋宁-加里东构造层和海西-印支构造层组成。印支运动后，粤东地区在原晚古生代拗陷边缘部位仍保留海域环境，继续形成晚三叠-早侏罗世海相-海陆交互的小坪组（T₃）和金鸡群（J₁）沉积，北界可能达福建平和一带。从晚侏罗世开始的中生代火山活动明显受 EW 与 NE 向基底深断裂控制，火山岩在 NE 向莲花山断裂带以东地区分布较广，以西则以盆地形式分布。火山活动从晚侏罗世开始，白垩纪结束。晚侏罗世火山活动产物组成下火山岩系，包括第一、第二两个旋回，为一套高钾钙碱性酸性岩系列的英安一流纹岩组合，局部地方有安山岩和玄武岩-流纹岩双峰式组合。下火山岩系形成以后，在莲花山断裂带地区，发生了强烈的热动力变质作用，使部分下火山岩系遭受了强烈的变质，形成各种变质程度不等的变质岩。D 区火山地层结构以喷发-沉积型和火山型为主。D 区侵入岩发育，岩体规模大，出露面积广，大多为复式岩体，共分三套：第一套主要分布于莲花山断裂以西地区，明显受 EW 向断裂带控

制，形成三条EW向火山-侵入岩带，属于S型，主要岩性有花岗闪长岩、二长花岗岩、黑云母花岗岩、碱性花岗岩。第二套、第三套主要分布在东南沿海地区，属于I型、A型，部分为S-I过渡型。

D区矿产主要有Sn、W，另外有Au以及风化形成的离子吸附型稀土矿。

综上所述，中国东南大陆中生代火山活动既表现出整体性活动特征，火山产物具有许多共同性和相似性，又存在着分区性差异。

燕山运动后，本区处于相对稳定时期，总体构造格架已基本形成。喜马拉雅运动只表现为继承性断块活动，即早先的断裂构造重新活动，沿着活动断裂带形成一些零星的小型火山喷发盆地，主要是玄武岩喷发和小型基性岩侵入。如浙江嵊县组玄武岩、福建佛昙群玄武岩、广东第三纪玄武岩等。同时由于断块的差异性，形成了现今壮观的阶梯状地貌，以及伴随产生的频繁地震活动和星罗棋布的热泉活动。