

中国东南大陆火山地质及矿产

陆志刚 陶奎元 谢家莹 等著
谢舜克 王文斌 陈鹤年

地质出版社

中国东南大陆火山地质及矿产

陆志刚 陶奎元 谢家莹
谢舜克 王文斌 陈鹤年 等著
袁慰顺 岳书仓 薛怀明

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

以当代火山地质学理论为指导,结合板块地体构造分析,采用火山旋回-岩相-构造一体化研究途径,对陆缘板内火山作用进行详细解析,是本书的基本思路。

本书详尽论述了中国东南大陆的如下特征:裂解-增生特征;火山活动在华夏与下扬子亚板块碰撞后叠置在不同基底构造单元之上;基底构造和建造性质的差异导致岩浆作用具分区性;据不同旋回火山岩层序、岩相、喷发机制恢复重建的区域古火山构造显示线形与环形构造交织的格局;距今175—75Ma期间的火山-侵入活动呈现平行及垂直于火山岩带而递变、收缩的时空双向迁移;火山岩系早期为高钾钙碱性系列的英安岩-流纹岩组合,晚期为钾质玄武岩-流纹岩双峰式火山岩组合;岩浆起源于中下地壳,存在高位岩浆房分异;岩浆作用的动力机制归结为地幔上涌、地壳减薄及伴随剪切断裂体系的张陷作用引发大规模火山-侵入活动;金、银、锡及叶蜡石、珍珠岩、萤石、高岭土等矿床定位与成因类型受基底构造、火山构造、岩浆活动的分区性所制约。中国东南大陆沿海火山岩带属具陆缘与板内过渡性、陆上断陷-剪切拉张型火山岩带,显示出它在环太平洋诸火山岩带中的特殊性。

本书是250余位科技工作者5年辛勤劳动的成果,是一部资料丰富、理论与实践并重的专著,可供地质勘查、科研、教学工作参考、借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

中国东南大陆火山地质及矿产/陆志刚等著.-北京:地质出版社,
1997.2
ISBN 7-116-02293-7

I. 中… II. 陆… III. ①火山岩-研究-中国,东南地区 ②火山成因
矿床-简介-中国,东南地区 IV. P588.14

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第20130号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:孙旭荣 谭惠静

*

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:28.25 插页:5 字数:695000

1997年2月北京第一版 1997年2月北京第一次印刷

印数1—450册 定价:50.00元

ISBN 7-116-02293-7
P·1720

前 言

中国东南大陆沿海，广泛分布着中生代火山岩，它们沿海岸线呈北东向带状延伸达1200km，覆盖面积达150000km²，约占基岩出露面积的3/5。区内陆相火山岩系类型繁多，产有众多与火山-侵入杂岩及基底变质杂岩有关的不同成因类型的铜、金、银、铅、锌、锡等金属矿床和高岭土、沸石、膨润土、叶蜡石等非金属矿床，具有相当大的找矿潜力。这一火山岩带不仅是西太平洋亚洲大陆边缘火山岩带、构造-岩浆-成矿带的重要组成部分，而且在整个环太平洋中、新生代火山岩带中具有独特位置。它对我国以至东亚的大陆地壳发育史和成矿特点的研究，以及对找矿实践都具有重要的意义。

1986—1991年，南京地质矿产研究所作为负责单位，组织浙、闽、粤三省地质矿产局（厅）、中国地质科学院有关研究所及有关高等院校11个部门的250余位科技工作者，承担了地质矿产部“七五”重点科技攻关项目《中国东南沿海火山地质与矿产》的研究任务。研究工作涉及的范围为中国东南沿海火山岩带的主体部分浙、闽、粤地区火山岩系。研究内容包括：火山岩系基底构造格局与火山-侵入活动的关系；火山活动旋回、火山岩相和火山构造特征；火山-侵入杂岩的时、空演化及其对区域成矿作用的制约性；围绕金、银、铅、锌、锡等金属及高岭土、叶蜡石、珍珠岩、萤石等非金属矿床的形成条件与富集规律，采用多学科手段，在典型地区深入研究的基础上，建立构造-岩浆-成矿作用模式，力求在预测主要金属与非金属矿产远景地区和提高区域地质、火山地质研究程度方面取得重要进展，并对火山岩地区工作方法起立典范示范作用。

历时5年工作期间，浙江、福建、广东省地矿局（厅）及其所属有关地质队，在联合攻关中给予了有力支持和密切协作；项目技术指导张炳熹院士、李文达教授在学术思想和技术路线等方面给予了全面指导。中国科学院院士涂光炽、宋叔和、王鸿祯，中国地质科学院院长陈毓川教授以及有关地勘、教学单位专家组成的成果评审委员会精心审阅了项目研究报告全文，提出了宝贵意见，并对成果给予了充分肯定和高度评价。本项目所属专题研究成果大部分已撰写成论文编入《中国东南沿海火山地质与矿产论文集》（共二辑），已由地质出版社出版。本书则根据项目最终成果编写，按基底构造、火山地质、金属矿产及非金属矿产等方面分为十九章，各章之间既相互联系又相对独立。编写工作的执笔分工为：前言—陆志刚；绪论—陶奎元；第一、二章—谢舜克；第三章—谢舜克、刘平山；第四章—谢舜克；第五、六章—谢家莹；第七章—陶奎元；第八章—陆志刚；第九章—毛建仁；第十章—薛怀民；第十一、十二章—王文斌；第十三章—岳书仓；第十四章—王文斌；第十五、十六章—陈鹤年；第十七章—韩文彬；第十八章—袁慰顺、张智亮；第十九章—陶奎元；英文摘要—陆志刚。全书最后由陆志刚、陶奎元统纂定稿。南京地矿所及项目各参加单位的实验室承担了大量分析测试工作；全书插图由臧玉英、庞文吉清绘。

在此，作者向浙江、福建、广东地矿局及有关队、各位评审员以及为本书的出版在各方面给予支持和帮助的单位和个人表示衷心感谢。

目 录

绪 论	(1)
第一节 中国东南大陆火山带在环太平洋火山带中的位置	(1)
第二节 环太平洋火山带研究现状及发展趋势	(3)
第三节 中国东南大陆火山带在亚洲东部构造格局中的时空位置及构造属性问题	(5)
第四节 本区火山地质与矿产研究简史、现状和问题	(7)
第五节 本项目取得的主要进展	(8)
第一章 火山岩系基底杂岩的时代、建造与成因信息	(17)
第一节 东南大陆基底变质杂岩 Sm-Nd 法年代学研究	(20)
第二节 中国东南基底变质杂岩的划分对比意见	(26)
第三节 东南大陆基底杂岩的成因及地壳演化中的意义	(29)
第四节 关于中国东南大陆基底杂岩的时代及其性质的几点看法	(46)
第二章 重要断裂构造带、断裂变质带的性质与地质意义	(47)
第一节 萍乡-象山(绍-江)韧性剪切带的构造特征	(47)
第二节 长乐-南澳热动变质带特征	(50)
第三节 莲花山断裂变质带特征	(60)
第三章 地球物理场与基底构造推断	(73)
第一节 东南大陆地区地球物理场总貌	(73)
第二节 钱塘地区地球物理及其地质意义	(82)
第三节 遂昌-龙岩区地球物理特征及其地质意义	(84)
第四节 粤东南地球物理特征及其地质意义	(87)
第五节 象山-诏安沿海地带地球物理特征及其地质意义	(88)
第四章 基底构造格局及演化	(91)
第一节 中国东南基底构造格局	(91)
第二节 中国东南大陆中生代火山喷出前的古地理环境	(98)
第三节 中国东南大陆主要断裂构造	(103)
第五章 中生代火山岩系地层划分-旋回、时代与迁移性	(111)
第一节 火山岩系、火山活动旋回的划分	(111)
第二节 中生代构造-岩浆活动分区性	(116)
第三节 火山活动旋回的基本特征	(118)
第四节 火山活动旋回时代归属	(122)
第五节 火山活动时、空演化基本规律	(125)
第六章 火山岩相、模式与喷发特性	(127)
第一节 火山岩相与岩石分类	(127)

第二节	岩相岩石学特征与相模式	(129)
第三节	火山岩相时、空分布特征	(145)
第七章	火山构造及其演化	(148)
第一节	火山构造分类与术语	(148)
第二节	破火山特征与演化	(151)
第三节	火山构造洼地	(156)
第四节	巨型环形火山构造	(160)
第五节	区域火山构造的基本格局	(163)
第八章	火山岩地球化学特征及其时空演变	(165)
第一节	岩石化学特征	(165)
第二节	微量元素及稀土元素特征	(171)
第三节	同位素地球化学	(179)
第四节	时、空演化	(188)
第五节	本区火山岩可能的成因类型	(195)
第九章	侵入岩与火山岩时空关系与成因类型	(198)
第一节	火山岩与侵入岩时序划分及侵入岩的岩石类型	(198)
第二节	侵入岩的成因类型	(200)
第三节	火山岩和侵入岩时空成因联系依据	(206)
第四节	火山岩与侵入岩的时空关系	(214)
第十章	岩浆作用及其动力学机制	(218)
第一节	岩浆起源与源区性质的探讨	(218)
第二节	岩浆的分异演化与岩浆房中的成分梯度	(227)
第三节	岩浆作用的构造环境	(237)
第四节	岩浆作用的动力学模式	(239)
第十一章	金矿床的成矿作用	(242)
第一节	矿床地质特征	(242)
第二节	成矿地球化学特征	(249)
第十二章	银矿床的成矿作用	(257)
第一节	矿床地质特征	(257)
第二节	成矿地球化学特征	(264)
第十三章	锡、多金属矿床成矿作用	(272)
第一节	矿床地质特征	(272)
第二节	成矿地球化学特征	(280)
第三节	锡矿床的成矿作用	(286)
第十四章	区域成矿规律及成矿预测	(288)
第一节	区域成矿规律	(288)
第二节	区域成矿地质条件	(292)
第三节	区域成矿作用和成矿模式	(297)
第四节	找矿标志与成矿预测	(298)

第十五章	次生石英岩型非金属矿床的成矿作用与成矿模式	(309)
第一节	矿床基本地质特征概述	(309)
第二节	控制成矿作用的主要地质因素	(310)
第三节	主要矿石矿物的生成与转化	(314)
第四节	成矿作用地球化学	(316)
第五节	成矿物理化学条件	(322)
第六节	成矿机理与成矿作用的地质地球化学模式	(329)
第十六章	酸性火山玻璃岩有关非金属矿床的成矿作用与成矿模式	(332)
第一节	矿床成因分类概述	(332)
第二节	控制成矿作用的主要地质因素	(333)
第三节	蚀变矿物的生成与转化	(337)
第四节	成矿物理化学条件	(341)
第五节	成矿物质与成矿溶液来源问题的讨论	(344)
第六节	成矿机理和成矿模式	(345)
第十七章	萤石矿床的成矿作用与成矿模式	(348)
第一节	控制成矿作用的主要地质因素	(348)
第二节	成矿作用地球化学	(351)
第三节	成矿物理化学条件	(361)
第四节	成矿机制和成矿模式	(366)
第十八章	高岭土矿床成因类型、形成条件与应用方向	(369)
第一节	高岭土矿床的成因类型	(369)
第二节	高岭土的成矿作用与成矿条件	(373)
第三节	高岭土矿物学	(382)
第四节	不同成因高岭土的工艺性能及其应用领域	(391)
第十九章	中国东南大陆火山带构造-岩浆-成矿独特性	(396)
第一节	火山活动与迁移方向的独特性	(396)
第二节	区域火山岩系列的独特性	(397)
第三节	火山带构造应力状态的独特性	(402)
第四节	岩浆起源的独特性	(403)
第五节	区域火山构造的独特性	(404)
第六节	火山带基底的独特性	(405)
第七节	火山活动深部构造独特性	(407)
第八节	区域矿床分布独特性	(408)
第九节	火山带构造-岩浆-成矿模式独特性	(409)
参考文献		(412)
英文摘要		(421)
照片说明及照片图版		(429)

CONTENTS

Introduction	(1)
1. Location of southeast China continent volcanic belt in Circum-Pacific volcanic belt	(1)
2. Present state and tendency of study on Circum-Pacific volcanic belt ...	(3)
3. Time-space location and tectonic character of southeast China continent volcanic belt in east Asian tectonic background	(5)
4. Brief history, present state and problems of study on volcanic geology and mineral resources of the area	(7)
5. Main achievements	(8)
Chapter 1 Stratigraphic time, formation and genetic information of basement complex of volcanic rock series in Southeast China continent	(17)
1. Sm-Nd isotope age of basement metamorphic complex	(20)
2. Division and comparison of basement metamorphic complex	(26)
3. Genesis of basement metamorphic complex and its significance in crustal evolution	(29)
4. Some views on geological age and property of basement metamorphic complex	(46)
Chapter 2 Properties and geological significances of main fracture tectonic belts and fracture metamorphic belts	(47)
1. Tectonic characters of Pingxiang-Xiangshan (Shaoxing-Jiangshan) ductile shear belt	(47)
2. Changle-Nan'ao thermodynamic metamorphic belt	(50)
3. Lianhuashan fracture metamorphic belt	(60)
Chapter 3 Geon and inference of basement tectonics	(73)
1. General view about geon of Southeast China continent	(73)
2. Geon of Qiantang region and its geological significances	(82)
3. Geophysical characters and their geological significances of Suichang-Longyan region	(84)
4. Geophysical characters and their geological significances of Southeast Guangdong	(87)
5. Geophysical characteristics and their geological significances of Xiangshan-Zhaoan coastal belt	(88)
Chapter 4 Pattern and evolution of basement tectonics of Southeast China continent	(91)

1. Pattern of basement tectonics	(91)
2. Palaeogeographic conditions before Mesozoic volcanism	(98)
3. Main fracture tectonics	(103)
Chapter 5 Stratigraphic division of Mesozoic volcanic rock series and time-space migration of volcanic activity cycles	(111)
1. Division of volcanic rock series and volcanic activity cycles	(111)
2. Division of tectonomagmatic regions	(116)
3. Essential characteristics of volcanic activity cycles	(118)
4. Time attribution of volcanic activity cycles	(122)
5. Essential regularities of time-space evolution of volcanic activity cycles	(125)
Chapter 6 Characters of volcanic facies, model and eruption	(127)
1. Classification of volcanic facies and rocks	(127)
2. Facies-petrologic characteristics and facies models	(129)
3. Characteristics of time-space distribution of volcanic facies	(145)
Chapter 7 Characteristics and evolution of volcanic structures	(148)
1. Classification and terminology of volcanic structures	(148)
2. Characteristics and evolution of calderas	(151)
3. Volcano-tectonic depressions	(156)
4. Huge circular volcanic structures	(160)
5. Essential regional pattern of volcanic structures	(163)
Chapter 8 Geochemical characteristics of volcanic rocks and their time-space evolution	(165)
1. Petrochemical characteristics	(165)
2. Geochemistry of trace elements and REE	(171)
3. Isotope geochemistry	(179)
4. Time-space evolution	(188)
5. Possible genetic types of volcanic rocks	(195)
Chapter 9 Time-space relation and genetic types of intrusive and volcanic rocks	(198)
1. Time sequence of intrusive and volcanic rocks and petrologic types of intrusive rocks	(198)
2. Genetic types of intrusive rocks	(200)
3. Evidences for genetic relation of intrusive and volcanic rocks	(206)
4. Time-space relation of intrusive and volcanic rocks	(214)
Chapter 10 Magmatism and its dynamic mechanism	(218)
1. Approach to origin and source of magma	(218)
2. Differentiation evolution of magma and compositional gradient in magmatic chamber	(227)

4. Minerogenetic mechanism and model	(366)
Chapter 18 Genetic types, mineralizing conditions and application of kaoline deposits	(369)
1. Genetic types of kaoline deposits	(369)
2. Mineralization and mineralizing conditions of kaoline	(373)
3. Mineralogy of kaoline	(382)
4. Technological properties and application sphere of kaoline of different geneses	(391)
Chapter 19 Uniqueness of tectonism-magmatism-mineralization of Southeast China continent	(396)
1. Uniqueness of volcanic activity and its migration direction	(396)
2. Uniqueness of regional volcanic rock series	(397)
3. Uniqueness of stress state in volcanic belt	(402)
4. Uniqueness in magma's origin	(403)
5. Uniqueness in regional volcanic structure	(404)
6. Uniqueness of volcanic belt's basement	(405)
7. Uniqueness of volcanic deep structure	(407)
8. Uniqueness of regional deposits' distribution	(408)
9. Uniqueness in volcanic belt's tectonism-magmatism-mineralization	(409)
References	(412)
Abstract in English	(421)
Photos and their explanation	(429)

绪 论

中国东南大陆浙江、福建、广东三省，广泛分布的中生代火山岩，沿海岸线展布长达1200余公里，并向内侧江西省延伸达500km左右。火山岩总面积约150000km²。该区中生代火山岩呈带状分布，并具有特定的地质位置，称之为中国东南大陆火山带。本项目研究地区浙江、福建、广东火山岩区正是中国东南大陆火山带的主体部分。

第一节 中国东南大陆火山带在环太平洋火山带中的位置

中国东部属于环太平洋构造体系，被称为中国东部滨太平洋构造域（黄汲清，1977，1980）、中国东部环太平洋陆缘构造域（王鸿祯，1982）。中国东部环太平洋构造域的西界为大兴安岭-太行山-武陵山重力梯级带。这一纵贯中国大陆的重力梯级带不仅是地壳厚度陡变带，而且是上地幔高密度带，两侧的地壳和上地幔结构明显不同。中国东南大陆火山带就处在这一环太平洋构造域的东南端，为全球性环太平洋火山带的组成部分。

环太平洋火山带由以下几种类型的火山带组成。

1. 与海沟俯冲带有关的年青岛弧火山带

该带以发育在西太平洋的岛弧系为典型，自勘察加半岛经千岛群岛、琉球群岛、斐济至汤加，构成火山岛链。岛弧火山带平行于一系列深海、深源地震带，与大陆之间被边缘海盆所隔。火山带一般宽度为50km，距海沟几十公里。火山岩属岛弧拉斑岩系，主要为玄武岩及玄武安山岩，由消减的岩石圈上地幔派生。富含Mg、Cr、Ni的玻质古铜安山岩（boninites）被认为是前缘弧区的重要岩浆产物。火山带的构造位置、规模、大洋岩石圈基底和消减增生柱以及层火山的发育是这一类型火山带的重要标志。

2. 与海沟俯冲带有关的微大陆岛弧火山带

微大陆是指大陆裂解后被年青得多的洋壳所包围的孤立小型陆块。微大陆上发育的火山带与年青的岛弧火山带在构造背景上有一定的差异。R. A. F. Cas划分出微大陆岛弧火山带，如日本、新西兰、印度尼西亚等。微大陆弧区地壳厚度比岛弧大得多（15—30km），更富硅铝质。火山岩从基性到中性、酸性变化，钙碱性岩数量增加。横切岛弧方向火山岩的变化是从近海沟的拉斑玄武岩到钙碱性火山岩至碱性火山岩，至距海沟最远处出现橄榄玄粗质火山岩。火山带宽度仅几十公里，随时间向海沟方向或背离海沟迁移，由于外溢熔结凝灰岩而加宽火山带。火山类型有层火山，也有熔结凝灰岩与破火山，有时有水下喷发。沉积物由陆相变到海相。火山带显著的构造特征是地堑、沉陷盆地与火山带共生。Surgimura和Uyeda（1973）认为，印度尼西亚、新西兰与拉张有关的构造运动具走滑的趋势，一些盆地呈撕裂状。新西兰陶波火山带是弧间盆地的陆上引张带（Karig，1970）。日本列岛的火山带实际上是两种构造环境的产物。其一是大陆裂解之前的白垩纪及老第三纪火山带——西南日本内带，具大陆性质，属亚洲大陆边缘火山带；另一是裂解定位以后的新第三纪及近代火山带——西南日本外带，具岛弧性质。

3. 与海沟俯冲带有关的大陆边缘火山带

此带以东太平洋安第斯山脉、喀斯喀特山脉为典型。其地壳为大陆硅铝质,厚度为30—70km。火山岩以钙碱性系列为主体,包括高铝玄武岩、安山岩到流纹岩,各地段岩石类型差别较大,但总体上以安山岩为主。火山带相对较窄(几十公里),由于不同时代火山活动迁移而形成跨时代较宽的火山带。火山带平行于复杂变形的弧前增生柱。前弧区沉积由陆相到海相;弧后沉积为陆相。

安第斯山钙碱性火山岩由 Jakes 和 White (1972) 命名为安第斯型钙碱性火山岩而被广泛应用。

安第斯火山带实际上由3个火山带组成:①北带,5°N—2°S 的哥伦比亚、厄瓜多尔,以玄武安山岩为主,有少量中酸性火山碎屑流和空落凝灰岩。白垩纪到始新世为低钾拉斑玄武岩-钙碱性岩组合。渐新世到中新世为钙碱性侵入岩。②中带,16°—28°S 的秘鲁到智利北部以及玻利维亚,早期为陆上和水上喷发(卡利马火山岩),其西部是低钾拉斑玄武岩(卡斯马),东部主要是英安岩、流纹岩(丘林组);中期古新世(卡利普火山岩),下部为基性—中性熔岩与火山碎屑岩,上部为酸性火山碎屑岩,并以熔结凝灰岩为主,熔岩与熔结凝灰岩比例为1.3:1;晚期又有玄武岩、英安岩、流纹岩喷发。③南带,33°—46°S 的智利中偏南部,为玄武岩、安山岩、英安岩钙碱性系列岩石,是纳兹卡板块俯冲到南美大陆板块之下的产物。上述3个火山带距海沟140—250km。

与火山带伴生有侏罗纪到新生代的I型花岗岩,北带沿海岸发育有M型花岗岩,中带南部和西部发育有晚古生代S型花岗岩(W·S·皮切尔)。

4. 美国西部盆岭山脉省宽阔的大陆裂谷火山带

美国西部大约有三分之一地区为新生代火山岩所覆盖,主要集中在盆岭山脉省、里奥-格朗德裂谷和喀斯喀特地区(Lipman, 1977)。火山岩系列为玄武岩-流纹岩双峰式火山岩,但也有安山岩,具有从拉斑玄武岩-钙碱性火山岩-碱性火山岩的完整系列。酸性火山岩中发育大量熔结凝灰岩和破火山,如著名的圣胡安破火山组合。火山带处于地堑式盆地内。岩浆活动发生在大陆硅铝质地壳的背景下(厚度小于30km),并沿基底正断裂分布,具高的热流值。美国西部花岗岩基广泛发育,如半岛山脉岩基、内华达山脉岩基。靠大陆内部在空间上有A型花岗岩与演化程度高的I型花岗岩伴生,北段至加拿大西部有海岸山脉岩基。

美国西部盆岭山脉省宽阔的大陆裂谷火山带的主要标志是宽达几百公里的双峰式火山岩,伴生I-A型花岗岩(包括碱性流纹岩)及众多的受构造控制的沉积盆地(R. A. F. Cas)。

5. 亚洲大陆东缘火山带

亚洲大陆东部,自楚科奇半岛经锡霍特山脉到朝鲜半岛,向南经中国东南直至越南,延伸约12000km,跨越不同构造单元,为一巨型火山带。自北至南依次有:

(1) 鄂霍茨克-楚科奇火山带

此火山带自楚科奇半岛向西南至乌斯基海湾,绵延3000km,宽100—300km,面积约为500000km²。其中玄武岩占334000km³、安山岩占394000km³、酸性熔结凝灰岩占279000km³、双峰式火山岩占48000km³,基性岩:中性岩:酸性岩为33:39:38。火山活动时代为早白垩世到第三纪。

(2) 东锡霍特-阿林火山带

该带沿日本海与鞑靼海延伸 1000 余公里,平均宽度达 30—90km,处在地幔隆起带,地壳厚度平均为 25km。火山带基底为古生界—中生界,其中亚普第一阿尔必期为古岛弧火山-沉积层,叠置其上的火山岩厚度大,中基性火山岩相对发育,而叠置在古基底上的火山岩厚度薄,且以酸性火山岩为主。火山活动时代为晚白垩世到第三纪。

(3) 南朝鲜-西南日本火山带

南朝鲜南端庆尚盆地,其底部为洛东组陆源碎屑岩与煤系,其上部为晚白垩世新尔岩组中性-酸性火山岩。西南日本内带晚白垩世—老第三纪火山岩为陆上火山岩。晚白垩世早期火山岩为安山岩 (125—90Ma),晚白垩世晚期火山岩为流纹岩,分布最广,如浓飞流纹岩,老第三纪火山岩为流纹质火山岩。

中国东南大陆火山带为亚洲大陆东缘火山带的组成部分。亚洲大陆东缘火山带的上述 4 个组成部分具有一定的共性:①火山岩时代主要为晚中生代—老第三纪,各带火山活动起始与结束时代有差异,总体上由大陆内侧向大陆沿海迁移,相应火山活动强度由大陆向沿海减弱;②火山带总体上沿海岸线展布,呈 NE-NNE 向,与亚洲古构造体系交切,且向大陆内侧延伸较大;③以钙碱性火山岩为主,并有双峰式火山岩,流纹岩,特别是熔结凝灰岩所占比例较大;④处于地幔隆起、地壳减薄的深部构造环境。

然而这些共性只是轮廓性的。各火山带地壳、地幔在横向和纵向上的不均一性以及所处构造部位的差异,使得它们具各自的特点。前苏联学者于 1984 年出版的《东亚火山带》一书,主要论述了鄂霍茨克-楚科奇、锡霍特-阿林火山带火山岩的地层、时代、岩石与岩石化学、火山带基底及火山活动的地动力条件。该书有关中国东南大陆火山带的内容主要为 50 年代的资料,所以,《东亚火山带》实际上论述的是前苏联东部火山带。

中国东南大陆火山带为环太平洋火山带的组成部分,与其它火山带比较至少存在 4 个方面的差异:①时代早,175Ma 已经为陆上火山带;结束早,80Ma 以后火山活动基本停息;②火山带向大陆内部延伸大,由现代海岸线向内陆江西延伸约 500km;③酸性岩所占比例大,安山岩甚少且不构成独立的旋回;④火山岩基底为大陆性地壳。

因此,深化研究中国东南大陆火山带具有特殊的意义。

第二节 环太平洋火山带研究现状及发展趋势

环太平洋火山带的地质与构造-岩浆-成矿作用的研究受到地质界的广泛重视,其发展的总趋势是:

1. 运用近代火山学的新理论研究新生代以及部分地区晚中生代火山作用,并取得了比较突出的进展

①提出蒸汽爆发的概念及理论,扩大了火山爆发的含义。岩浆爆发与蒸汽爆发构成两个端元,其中存在蒸汽岩浆爆发过渡类型,其产物为基底涌流堆积 (base surge deposits)。

②火山碎屑流 (Ignimbrite) 的形成机制与定位方式的研究得到深化,提出冷却单元、流动单元的主线的模式 (R. V. Fisher, A. L. Smith, R. S. J. Sparks)。

③由研究单个破火山转向对破火山群及破火山深部的研究。美国圣胡安破火山群被认为是当代火山地质研究程度较高地区的代表 (Steven, Lipman 等)。

④从对火山岩的逐层地球化学研究引出对岩浆房梯度及高位岩浆房作用机制的研究。这被认为是火山岩研究的前沿课题。近 5 年这方面的文献共发表 154 篇。

2. 从近代火山和火山岩系列与板块构造关系来研究古火山的大地构造环境

运用玄武岩、流纹岩及花岗岩的地球化学特征来判别构造环境 (J. A. Pearce), 近几年又提出判别岩浆岩构造环境的综合标志 (R. A. F. Cas) 或专家系统 (J. A. Pearce)。而 S. M. Wickham 对用花岗岩的地球化学特征来判别大地构造环境提出了疑问, 认为岩浆的类型应取决于原来地壳的组成, 与大地构造环境无必然的联系。

岩石系列与构造环境的关系并不像原先认为的那样单一或肯定, 有一些新的问题被提出来。诸如同一个构造环境发现有几个不同的岩石系列, 这些不同的系列在空间上叠加成分带; 同一岩石系列出现在不同的构造环境。P. Jakes 研究了波希米亚地块火山岩之后, 提出拉斑质和低钾钙碱性岩石可在板内和岛弧环境中产出, 钙碱性岩也不仅限于岛弧或大陆边缘, 在板内也有分布。因此, 探索不同构造环境下的钙碱性火山岩的差异性成为当前课题。

3. 环太平洋火山带的岩浆作用与构造环境仍然是当代研究的热点

近几年, 不少观点得到了更新和完善。1982 年由 R. S. Thorpe 主编出版了《安山岩-造山安山岩及有关岩石》一书。该书从多个角度对造山安山岩组合作了系统的论述。全书共分十个部分, 主要内容是: 造山安山岩火山作用环境的简要介绍及近几十年内有关问题的演变; 从岩石学和矿物学的角度来描述造山火山岩的有关概念及其分类; 各主要造山火山岩区的特征; 不同火山岩区 (中生代—新生代) 火山岩的时空差异及与区域构造的关系; 安山岩火山特征及其产物; 安山岩火山作用与侵入活动之间的关系; 破坏性板块边缘岩浆的化学及同位素特征; 从太古宙火山岩、东北非和阿拉伯半岛晚元古代火山作用以及大不列颠岛早古生代加里东造山带的火山作用来论述安山岩火山作用在地质历史时期的特征; 最后强调了安山质火山作用在大陆生长、大规模地球化学旋回、火山气体的喷发以及矿床的形成过程中的重要作用。1984 年出版的流纹岩与花岗岩专辑, 其中相当多的篇幅为环太平洋地区的研究成果。

从第 28 届国际地质大会提交的论文来看, 这方面的研究程度在不断深化, 提出了一些新的认识。B. Coira 认为中安第斯阿根廷的 Puna (22° — 26° S), 大规模英安质、流纹质熔结凝灰岩是幔源基性岩浆的侵入导致大陆壳熔融形成的, 强调了地壳组分, 突破了安山岩分异的观点。V. A. Rsfamas, 研究了 22° — 39° S 安第斯山地区的岩浆带, 认为存在晚前寒武纪到现代的岩浆活动带, 岩浆带与俯冲作用有关, 并运用地体的碰撞、增生和侧向位移来解释其成因。晚二叠世到侏罗纪的岩浆岩则与 Pangea 西南边缘大范围的地壳熔融有关。S. M. Wickam 和 A. L. Grunder 研究了美国西部内华达州的酸性岩浆作用, 明确认为早期岩套为玄武岩或安山岩-流纹岩, 其间缺失 SiO_2 为 66.5%—72.0% 的岩石, 晚期岩套为英安岩或流纹岩, 主要由熔岩岩穹与火山灰流组成, 并指出它们起源于地壳。

这些观点表明, 简单的俯冲模式或一个统一的安山岩成因模式正在受到挑战。环太平洋大陆边缘构造方面研究的重要进展是以构造-地层地体的观点来建立环太平洋大陆边缘的新的构造格局。人们逐渐注意到大陆边缘的解体, 北美大陆地体拼合并向西漂移, 东亚大陆岛弧向东裂解。

4. 环太平洋贵金属矿床的发现与成矿理论新的进展

近几年, 建立了热泉型成矿模式、深部热对流循环成矿模式。普遍认为, 以火山中心

热液系统成因模式进行勘探是有益的(智利地质与导矿服务局局长在1987年矿床模式工作会议上的讲话)。R·H·西利托指出近地表矿床、浅成矿床、现代活动的地热系统等与各种火山地貌(实际上为火山类型)和各种火山作用之间关系,归纳出层火山、岩流-岩穹复合体、破火山和火山洼地-爆发角砾岩筒与可能的矿床类型的理想模式。Burhnam、石原舜三等发表过类似的文章。E·A·拉德凯维奇主编了环太平洋金属矿床成矿规律图。

第28届国际地质大会将矿床分布模式(distribution model)、矿床作为判别大地构造的标志列为导向性专题,反映了当代区域成矿研究的方向。低温浅成热液矿床与斑岩型矿床的联系,为当前力求探索的一个新课题。

5. 前苏联东部火山带研究的新进展

近几年,加强了基础地质与成矿作用之间关系的探索,侧重于古火山恢复、时代与区域对比、火山带的基底性质、火山作用之前的推覆体、岩浆作用的地动力条件等方面。继1984年出版《东亚火山带》一书之后,又于1989年出版《锡霍特-阿林火山带南部岩浆作用与火山构造》一书,该书大体反映了前苏联东部火山带的研究现状。

环太平洋几个重要的火山带中,前苏联出版了上述两本专著,关于安第斯火山带则有以安山岩为主题的论文集和有关于美国西部地区黄玉流纹岩专著。各火山带的研究都在不断地深化。然而,全面而又系统地总结一个大型火山带的专著则少见。有关反映整个火山带的图件中有鄂霍茨克-楚科奇1:1500000构造-建造图,和美国科罗拉多火山岩地质图,其它火山带尚未有表示火山构造、岩相、旋回与岩浆岩成因类型的综合性图件。

第三节 中国东南大陆火山带在亚洲东部 构造格局中的时空位置及构造属性问题

与环太平洋其它火山带就地质位置而言,中国东南大陆火山带处在欧亚大陆板块的东南端。该区为亚洲大陆造山带与太平洋造山带的叠加部位,且受到特提斯造山带的影响。该区晚侏罗世到白垩纪的火山活动,正是处在亚洲大陆经若干陆块聚合并最终形成大陆之后,新生代西太平洋沟-弧-盆体系形成之前,这样一个构造变革时期。

从亚洲大地构造图(黄汲清、李春昱、任纪舜、刘忠光等)可以看出亚洲东部及邻区海域的构造格架。从北向南依次有下列主要前寒武纪板块及围绕地块的显生宙造山带:

西伯利亚板块 其中阿尔丹地块岩石最老年龄为4000—3500Ma

.....蒙古造山带

中朝板块 其中最老绿岩年龄为3670Ma

.....秦岭造山带

扬子板块 陆核最老年龄为2860Ma

.....华南造山带

印度支那板块 其中越南陆壳基底最老年龄为2300Ma

这些板块或陆块以及西太平洋的微大陆是冈瓦纳古陆分裂向北移动,不同时期拼合、会聚的产物。中国东南大陆火山带主要叠加在“扬子板块”之上,而这一板块是由下扬子亚板块与华夏亚板块斜向拼合而成。因此,本区的火山岩叠置在下扬子亚板块的南缘和华夏

亚板块之上。

大陆联合之后进入太平洋构造运动,在中国东部表现为燕山运动,主要的地质事件是:①中、新生代盆地的形成,大体上由西向东,盆地时代由老变新,规模由大到小;②火山喷发与侵入活动广泛发育,其中火山喷发形成东部几个重要的中生代火山带,如叠置在中朝板块之上的大兴安岭、燕辽火山带,叠置在下扬子板块之上的下扬子火山带和中国东南大陆火山带(主要叠置在华夏亚板块之上);③北北东向构造体系的形成以及它与东西向构造的叠加。

中国东南大陆火山带隶属于环太平洋火山带,对它的构造属性有几种不同的看法。自板块构造理论引进与研究以来,相当多的文献将中国东南大陆火山带归属为太平洋板块向亚洲大陆俯冲的直接产物,并将中国东南大陆火山带晚侏罗世到白垩纪的钙碱性火山岩与安第斯新生代钙碱性岩对比,认为是安第斯型的钙碱性系列。先后曾提出长乐-南澳变质带、海域40m等深线或台湾东部为俯冲带的位置。而相反的观点则将中国东南大陆火山带归属为大陆板内、大陆内部裂谷、活化的大陆边缘等的火山带。

对中国东南大陆火山带的构造属性这个问题的不同论述,与其说是观点不同,不如说是对许多重要事实存在认识程度上的差异。因此各自所依据的事实均有待于澄清。这些问题是:

①区域火山活动时代为175—80(75)Ma,这一时期中国东部边缘或邻区海域是否存在俯冲带的构造-岩石组合?除80—90Ma台湾存在俯冲带岩石组合之外(对此也有不同的看法),刘忠光等在重建亚洲东部构造图中指出了180Ma、130Ma、90Ma、50Ma古太平洋板块-法拉龙板块、伊萨纳基板块、太平洋板块与亚洲板块构造格局,划出了这4个时期俯冲带的位置,相应将亚洲大陆边缘地区180—50Ma火山岩划为广泛的岛弧火山岩。随后,张子孟与刘忠光(1988)等指出亚洲东部中生代时期除那丹哈达岭和台湾存在俯冲带组合外,其它地区并不存在。就研究区而言,几条重要断裂变质带性质如何,是否与古太平洋板块俯冲有联系,火山岩所叠置的基底是陆壳还是洋壳,火山喷发之前的古地理环境等问题都有待解决。

②本区中生代火山岩(钙碱性)能否与新生代安第斯山火山岩对比,是否可归属为破坏性板块边缘安第斯型钙碱性火山岩;火山活动以及侵入活动是否存在迁移性,这种迁移性与古太平洋板块俯冲方向是否具相关性;岩浆起源是否为俯冲带上的上地幔楔安山岩模式,源区是洋壳还是古老陆壳基底;构造应力场是挤压或拉张裂解还是既非典型挤压也非典型拉张;应力环境随时代变迁情况如何;区域成矿系列和矿床分带是否与东太平洋大陆边缘成矿系列和分带类似。

③在西太平洋沟-弧-盆体系形成之前,大陆架,现在的东海、黄海以及台湾海峡与大陆的地质是否可以对比;中生代时期是否为联合古大陆。

上列问题直接关系到中国东南大陆火山带的构造属性和形成火山带的构造动力机制,特别是第二方面,则是研究火山地质、火山侵入杂岩必须澄清的问题。这不仅是研究区域成矿背景必不可少的,而且也将有助于讨论火山带的构造属性。