

浙东南沿海中生代 火山—侵入杂岩

杜杨松 王德滋 陈克荣 著

地质出版社

浙东南沿海中生代 火山—侵入杂岩

杜杨松 王德滋 陈克荣 著

地质出版社

内 容 提 要

本书是国内外第一部有关酸性、中酸性火山—侵入杂岩研究的综合性专著。作者从区域构造和火山构造以及火山活动产物的时空分布入手,通过比较深入全面地剖析火山碎屑流和涌浪堆积的特点以及较系统地对比全区岩浆作用产物的各类特征,结合成岩模拟实验,初步阐明了本区火山活动的一般规律,论证了“三位一体”的火山—侵入杂岩的存在,提出了火山碎屑涌浪堆积的一般鉴别标志和火山碎屑岩结构类型的概念,讨论了熔结凝灰岩中若干结构的成因以及浙闽沿海地区中生代大地构造背景的性质,并对火山碎屑流和涌浪堆积的综合成因模式以及火山—侵入杂岩的岩浆作用模式,作了较为深入的分析和探讨。

本书可供岩石、构造、矿床和地球化学等专业的生产、科研人员以及有关院校师生参考。

浙东南沿海中生代火山—侵入杂岩

杜杨松 王德滋 陈克荣 著

*

责任编辑:王 曙

地质出版社出版发行

(北京和平里)

中国地质大学印刷厂印刷

(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: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: 9.75 · 字数: 221000

1989 年 11 月北京第一版 · 1989 年 11 月北京第一次印刷

印数: 1—1400 册 · 国内定价: 4.50 元

ISBN 7-116-00578-1/P · 490

前 言

在整个环太平洋地区,广泛分布着中生代火山岩,特别是大量的火山碎屑流和涌浪堆积以及相应的侵入岩,它们构成了环太平洋中生代火山—侵入杂岩带。研究火山—侵入杂岩,特别是其中的火山碎屑流堆积,对于研究诸如岩浆分异作用、对流作用、混合作用、不混熔作用和岩浆喷发及侵入机制等基础理论问题,对于研究构造作用、岩浆作用和成矿作用的关系,以及恢复岩浆活动历史,恢复古火山机构,进而找寻有关矿产等,都具有十分重要的意义。同时,火山—侵入杂岩中的深源岩石包体,是了解地壳乃至上地幔物质成分及物化条件的窗口。因此,广大地质科学工作者早就对其予以很大重视。

对火山碎屑流的研究,可以上溯到上个世纪中叶。Fritsch 和 Reiss (1968) 通过对 Canary 群岛 Tenerife 岛上火山碎屑流堆积的研究,提出了“条纹斑杂岩”(eutaxite)的概念。此后,许多地质工作者对火山碎屑流分别进行了实地观测、野外地质考察、岩相学研究以及模拟实验,提出了一些新的概念、鉴别标志和成因解释。到了 60 年代初, Ross 和 Smith (1961) 在前人研究的基础上,提出了“火山灰流模式”。Chapin 和 Elston (1979) 通过比较全面系统的研究,完善和发展了“火山灰流模式”。Fisher 和 Schmincke (1984) 集火山碎屑流研究之大成,提出了“火山喷发柱崩塌说”。与此同时,一些地质工作者还对有关的火山构造、火山碎屑岩分类以及火山岩(火山碎屑岩)与浅成岩和侵入岩的关系等课题进行了探讨。

我国在这方面的研究起步较晚。赵宗溥于 1959 年首先在浙江寿昌发现流纹质熔结凝灰岩,并将其定名为“熔灰岩”。此后,部分地质工作者对我国东部地区熔结凝灰岩的岩相特征、岩石学特征和成因机理以及岩石分类等都进行了广泛的讨论。近年来,王德滋等根据对华南若干典型火山岩盆地的剖析,将其中的火山岩、次火山岩和火山深成岩联系起来,提出了火山—侵入杂岩的概念,并对火山—侵入杂岩的特征及与成矿的关系进行了卓有成效的研究。

然而,值得指出的是,火山—侵入杂岩的形成与火山构造及整个区域构造的发展关系如何?火山碎屑流和涌浪堆积的特征和成因与整个火山碎屑流的发展、演化关系如何?构成火山—侵入杂岩的火山岩、次火山岩和火山深成岩是如何相互关联的?其岩浆作用机制如何?这些问题在国内外尚无比较完整系统的研究,有关资料亦比较零散。本书试图就这些问题进行比较全面系统的分析和探讨。

全书共分五章。第一章论述火山构造的分布格局。第二章论述火山碎屑流和涌浪堆积的特征和成因模式。第三章论述火山—侵入杂岩的特征和演化。第四章为火山—侵入杂岩的实验研究。第五章论述火山—侵入杂岩的成因模式。

本书的内容均由著者们集体讨论确定。全书由杜杨松执笔,王德滋最后改定。

本项研究工作,得到南京大学地球科学系周新民教授,刘昌实、沈渭洲、林承毅副教授,北京中国地质大学周珣若教授,浙江区调队俞云文高级工程师,桂林岩溶研究所茹锦文副研究员以及美国加州大学 Fisher 教授等的指导、协作和帮助。同时还得到浙江温州

地质队张崇良工程师和浙江区调队董岩翔工程师的热情帮助。我系 85 级研究生陈小明和 82 级大学生袁明、郑焕斌参加了部分野外工作。作者在写作过程中，收集和引用了大量浙江区调队、宁波地质队和温州地质队以及许多其它单位和研究人员的有关资料。研究工作中的有关分析测试承蒙南京大学现代分析中心、北京地质大学分析中心、湖北省地矿局中心室以及南京地矿所等单位完成。本书定稿过程中，承蒙董申葆教授、邱家骧教授、李兆鼎研究员、邓晋福教授、周新民教授、李文达研究员、王联魁研究员、鄂莫岚研究员、梅厚钧研究员、李秉伦研究员和吴利仁研究员等审阅全文或详细摘要，并提出宝贵的修改意见。笔者在此一并致谢！

目 录

第一章 浙东南沿海地区火山构造的基本特征.....	1
第一节 火山岩和侵入岩的时空分布.....	2
一 火山岩和侵入岩的空间分布.....	2
二 火山岩和侵入岩的时代	9
三 火山活动旋回的划分	12
第二节 火山构造的圈定及其分布特点.....	15
一 火山构造的圈定.....	15
(一) 北雁荡山复活穹起火山洼地	15
1 地质填图、全息卫片解译和地球物理研究	15
2 地球资源卫星 CCTMss 磁带计算机处理及其结果的解译和验证	17
(二) 南雁荡山火山洼地	19
(三) 四明山复活穹起火山洼地	20
二 本区火山构造的分布特点及有关问题讨论.....	21
(一) 镇海—永嘉断裂的性质	21
(二) 本区火山构造的分布特点	22
(三) 有关问题讨论	22
1 线环复合的火山构造带与酸性—中酸性岩浆作用	22
2 本区火山构造演化历史	23
第二章 火山碎屑流与涌浪堆积.....	25
第一节 涌浪型熔结凝灰岩及相关火山碎屑流堆积.....	27
一 岩相组合及其特点.....	27
二 岩相学特征.....	32
1 浆屑熔岩	32
2 涌浪型熔结凝灰岩	33
3 层凝灰岩	34
三 扫描电镜形貌学.....	35
四 岩石化学和地球化学特征.....	38
第二节 灰流型熔结凝灰岩及相关火山碎屑流堆积.....	38
一 岩相组合及其特点.....	38
二 岩相学特征.....	40
1 凝灰岩	40
2 灰流型熔结凝灰岩	41
三 扫描电镜形貌学.....	42
四 岩石化学和地球化学特征.....	45

第三节	次火山型熔结凝灰岩	45
一	宏观地质特征	45
二	岩相学特征	46
三	扫描电镜形貌学	48
四	岩石化学和地球化学特征	51
第四节	三类熔结凝灰岩的特征对比和总结	51
第五节	火山碎屑流和涌浪堆积有关问题讨论	53
一	熔结凝灰岩中所谓“脱玻结构”讨论	53
二	火山碎屑涌浪堆积的特征和鉴别标志	56
(一)	火山碎屑涌浪堆积的特征	56
(二)	火山碎屑涌浪堆积的鉴别标志	58
三	层凝灰岩与沉凝灰岩	58
四	火山碎屑岩的结构类型及其分类命名	59
五	火山碎屑流和涌浪堆积的岩相模式	61
第三章	火山岩与侵入岩的综合对比——火山—侵入杂岩确立的依据及其演化特点	64
第一节	本区侵入岩的一般特征	64
一	火山深成岩	65
二	次火山岩	69
第二节	火山岩与侵入岩的综合对比	72
一	空间分布	73
二	时间关系	74
三	物质成分对比	76
(一)	岩相学特征	76
(二)	岩石化学	77
(三)	稀土元素	82
(四)	微量元素	86
(五)	稳定同位素	87
第三节	讨论	88
一	关于“三位一体”的环状火山—侵入杂岩与复合串珠状火山—侵入杂岩带	88
二	关于火山—侵入杂岩的“倒钩型”演化问题	91
第四章	火山—侵入杂岩形成条件的实验模拟	92
第一节	实验目的及实验设计方案	92
第二节	实验装置及实验过程	92
第三节	实验结果及其处理	93
一	样品熔融温度的测定	93
(一)	样品熔融温度与化学成分的相关关系	93
(二)	粘度计算	97

二	样品熔融实验	99
三	过冷结晶实验	100
	(一) 实验条件及样品分布	100
	(二) 岩相学鉴定	100
	(三) X射线粉晶衍射鉴定	103
	(四) 电子探针成分分析	104
第四节	岩石学意义讨论	106
第五章	火山—侵入杂岩的成因模式	110
第一节	火山—侵入杂岩形成的构造背景	110
第二节	火山—侵入杂岩的物质来源	113
	一 基性岩岩石包体的启示	113
	(一) 基性岩岩石包体的岩相学	114
	(二) 基性岩岩石包体的岩石化学	115
	(三) 基性岩岩石包体的稀土元素地球化学	117
	二 同位素地球化学	118
第三节	形成火山—侵入杂岩的岩浆作用机制	120
	一 火山—侵入杂岩有关特征所反映的问题	120
	(一) 酸性与弱碱性岩岩石包体	120
	(二) 岩石化学和地球化学特征	124
	二 火山—侵入杂岩形成的物理化学条件	124
	(一) 火山岩和次火山岩的形成条件	124
	(二) 火山深成岩的形成条件	127
	三 火山—侵入杂岩的形成过程及其检验	127
	(一) 火山—侵入杂岩的形成过程	127
	(二) 带状岩浆房形成过程的检验	128
	(三) 弱碱性岩浆与酸性岩浆混合过程的检验	129
第四节	火山—侵入杂岩的成因模式	130
结论		131
参考文献		133
英文摘要		141

第一章 浙东南沿海地区火山构造的基本特征

中国东南火山—侵入杂岩区，是中国东部中、新生代火山—侵入杂岩带的组成部分，后者又隶属于整个环太平洋火山—侵入杂岩带。作为中国东南火山—侵入杂岩区的有机组成部分(图1)，浙东南沿海地区东、北两面濒临东海，西面延至丽水—余姚断裂一线，南与福建接壤，构造上属于浙、闽、粤中、新生代活动大陆边缘。

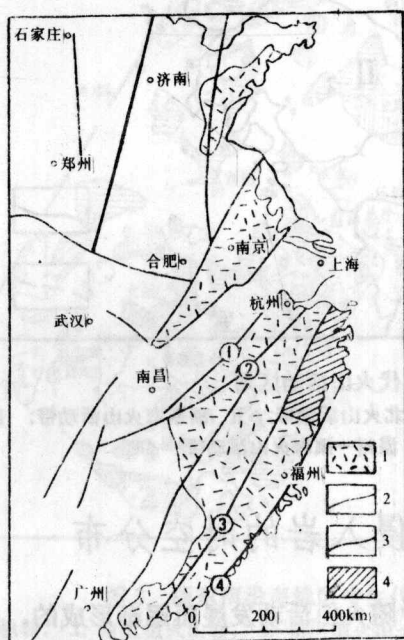


图1 中国东南部中新生代火山—侵入杂岩分布略图

1. 火山—侵入杂岩
2. 地质界线
3. 断裂
 - ① 赣东北断裂
 - ② 绍兴—江山—信江断裂
 - ③ 余姚—丽水—政和一海丰断裂
 - ④ 长乐—南澳断裂
4. 工作区

根据基底构造及基底地层出露情况、地球化学场(包括有关矿产)和地球物理场特征、火山构造特点及其分布特征、火山活动形式、强度、迁移特征、火山岩地层分布以及火山岩成分、岩相特征等方面的差异(浙江省地质矿产局, 1989), 可将整个浙江地区的中生代火山—侵入杂岩区划分为浙东南和浙西北两个火山活动带(以江山—绍兴断裂为界), 而浙东南火山活动带又可进一步分为龙泉—上虞火山活动亚带和温州—镇海火山活动亚带(以丽水—余姚断裂为界, 图2)。其中作者所研究的就是温州—镇海火山活动亚带。

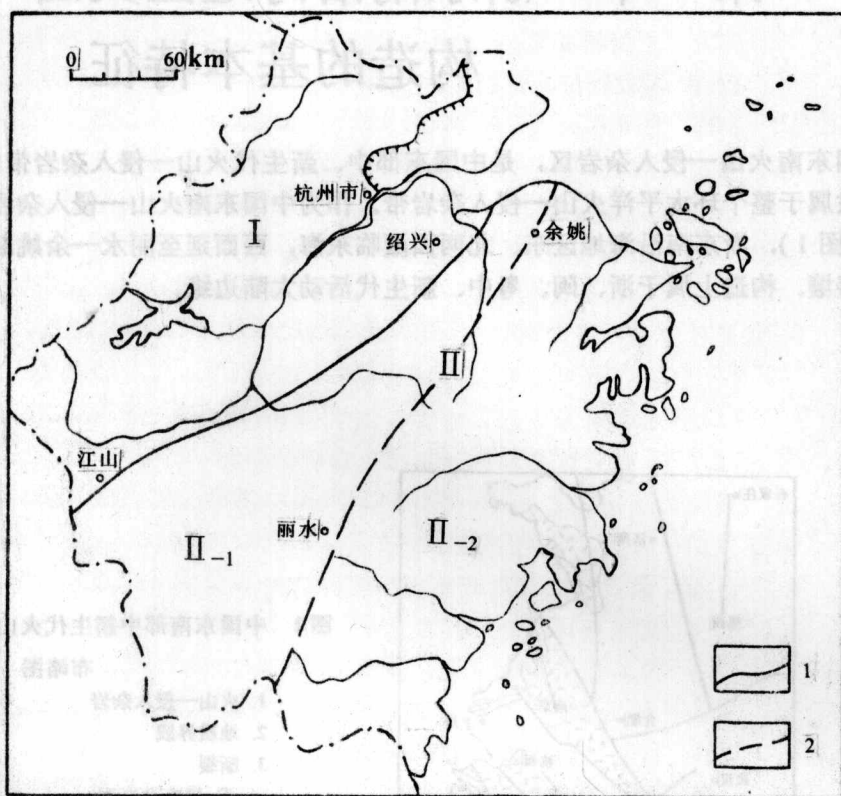


图2 浙江省中生代火山活动区划

1. 火山活动带界线；2. 火山活动亚带界线；I. 浙西北火山活动带；II. 浙东南火山活动带；II-1. 龙泉—上虞火山活动亚带；II-2. 温州—镇海火山活动带

第一节 火山岩和侵入岩的时空分布

众所周知，火山构造是在火山活动过程中随火山活动发展而逐渐形成的，并由火山活动产物表征的各种构造。火山活动产物的分布、配置特点直接反映出火山构造的特征。因此，要研究火山构造，首先必须研究火山活动产物——火山岩和侵入岩的分布特征。

一 火山岩和侵入岩的空间分布

研究区内中生代火山活动十分强烈，火山活动产物分布十分广泛。除第四纪覆盖区外，区内出露的几乎全都是火山岩、火山—沉积岩和侵入岩(图3)。为了比较全面地了解区内中生代火山岩地层的分布特征，笔者重点考察了北雁荡山地区，对南雁荡山地区和四明山地区也进行了必要的考察。同时，在综合前人研究成果的基础上，结合自己考察所得的实际资料，对各有关火山岩地层的特征分别进行了初步总结。

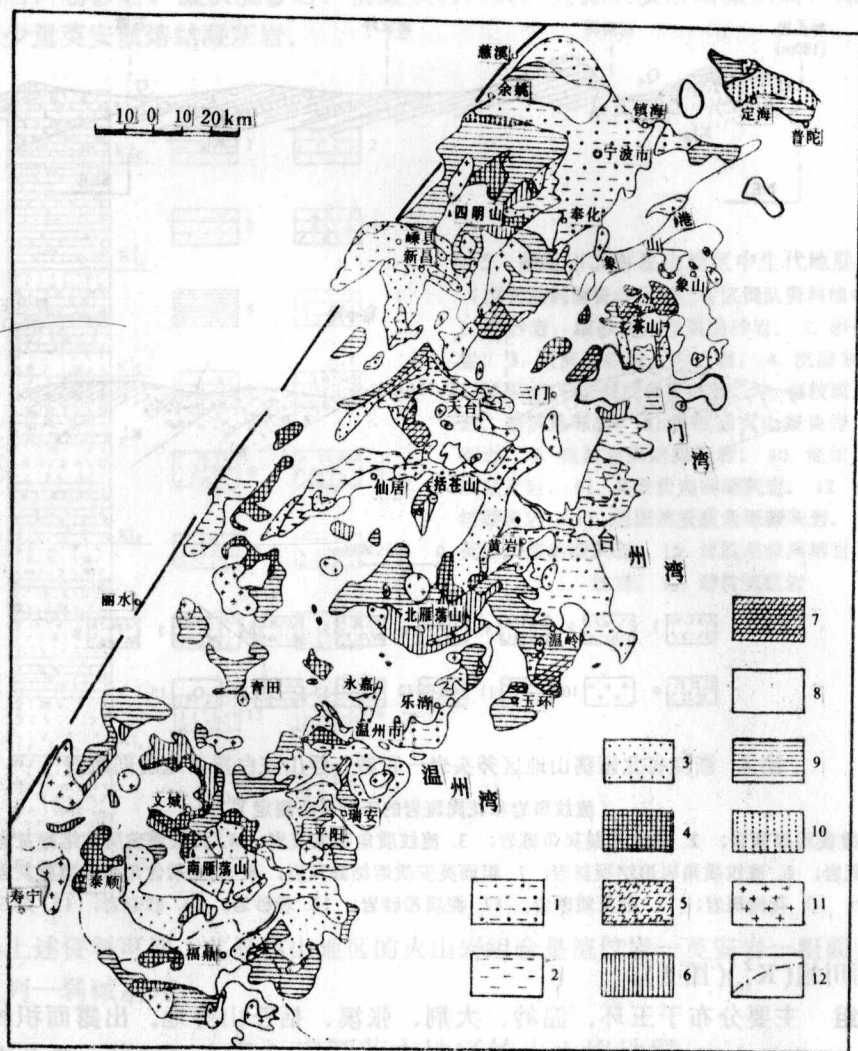


图3 浙东南沿海地区中生代火山岩和侵入岩分布略图

1. 第四系沉积物；2. 塘上组火山岩；3. 朝川组火山—沉积岩；4. 馆头组火山—沉积岩；5. 祝村组火山岩；6. 九里坪组火山岩；7. 茶湾组火山—沉积岩；8. 西山头组火山岩；9. 高坞组火山岩；10. 大爽组火山岩；11. 侵入岩；12. 省界

(一) 北雁荡山地区的火山岩地层

北雁荡山地区①的火山岩地层厚度巨大，岩性组合相当复杂。图4所示即是该区有代表性的地层剖面之一。根据岩层间的沉积间断、岩性组合及其特征的变化等，结合其它火山岩地层剖面的资料(浙江省地质矿产局，1989)，可将本区火山岩地层划分为六个组。从老到新依次为高坞组(K_{1g}^I)、西山头组(K_{1x}^I)、茶湾组(K_{1c}^I)、九里坪组(K_{1j}^I)、馆头组

①笔者所谓的北雁荡山地区系指由台州湾—临海—仙居—横溪—温州—温州湾所围的广大区域。

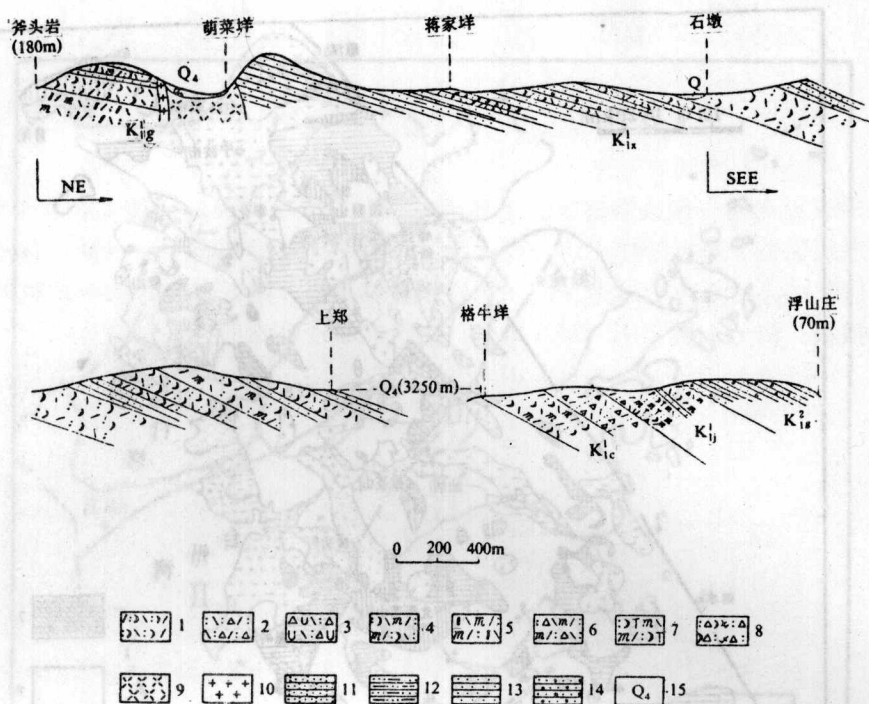


图4 浙江省北雁荡山地区斧头岩—石墩—浮山庄白垩系地层剖面图

(流纹斑岩和花岗斑岩的年龄没有测定)

1. 流纹质玻屑凝灰岩; 2. 流纹质凝灰角砾岩; 3. 流纹质角砾凝灰岩; 4. 流纹质玻屑熔结凝灰岩; 5. 流纹质晶屑熔结凝灰岩; 6. 流纹质角砾熔结凝灰岩; 7. 粗面英安质熔结凝灰岩; 8. 英安质含角砾玻屑凝灰岩; 9. 流纹斑岩; 10. 花岗斑岩; 11. 凝灰质砂岩; 12. 泥质粉砂岩; 13. 粉砂岩; 14. 砂砾岩; 15. 第四系

(K_{1g}^2)和朝川组(K_{1c}^2)(图5)。

高坞组 主要分布于玉环、温岭、大荆、张溪、括苍山等地。出露面积约 120km^2 ，厚约 550m。岩性主要为流纹质或流纹英安质熔结凝灰岩、晶屑熔岩，偶夹流纹质凝灰岩。

西山头组 分布几乎遍及全区。出露面积约 5100km^2 ，厚约 1060m。岩性主要为流纹质和粗面英安质熔结凝灰岩、流纹质凝灰岩、凝灰角砾岩夹凝灰质砂岩、沉凝灰岩和粉砂岩等。

茶湾组 主要分布在楚门一带。出露面积约 100km^2 ，厚约 825m。岩性主要为沉凝灰岩、凝灰质砂岩、砂砾岩，其次为流纹质凝灰岩、角砾岩和粗面英安质熔结凝灰岩。

九里坪组 主要分布在北雁荡山和括苍山一带。出露面积约为 700km^2 ，厚约 520m。岩性主要为流纹岩、流纹质熔结凝灰岩、凝灰岩、角砾凝灰岩、层凝灰岩和浆屑熔岩等。

馆头组 主要分布在宁溪、碧莲一带。出露面积约为 150km^2 ，厚约 550m。岩性主要为砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、凝灰质粉砂岩，间夹流纹质凝灰岩、流纹岩。

朝川组 主要分布在宁溪至临海一带。出露面积约为 450km²，厚约 360m。岩性主要为砂砾岩、粉砂岩、凝灰质砂岩、沉凝灰岩，其次为流纹质熔结凝灰岩、凝灰角砾岩、凝灰岩和少量英安质熔结凝灰岩。

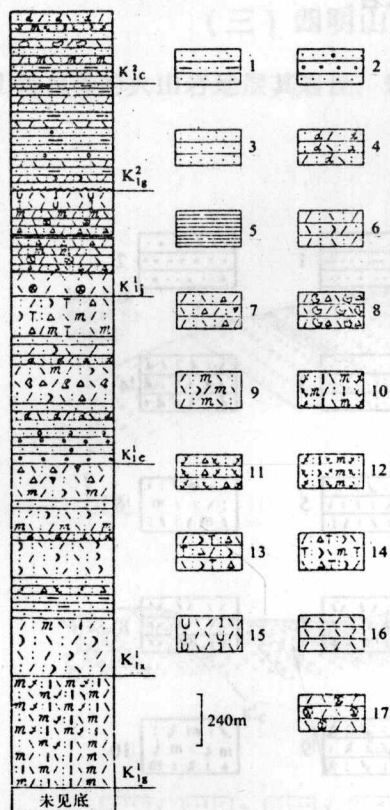


图5 浙江省北雁荡山地区中生代地层柱状图

(据实测剖面资料及浙江省区调队资料编制)

1. 粉砂岩、细砂岩、泥质粉砂岩；2. 砂砾岩、砾岩；3. 凝灰质砂岩、粉砂岩；4. 沉凝灰岩；5. 层凝灰岩；6. 流纹质凝灰岩；7. 流纹质角砾凝灰岩、凝灰角砾岩；8. 流纹质火山集块岩、集块角砾岩；9. 流纹质熔结凝灰岩；10. 流纹英安质熔结凝灰岩；11. 英安质角砾凝灰岩；12. 英安质熔结凝灰岩；13. 粗面英安质角砾凝灰岩；14. 粗面英安质熔结凝灰岩；15. 流纹质浆屑岩；16. 流纹岩；17. 球粒流纹岩

综合上述资料可知，北雁荡山地区的火山岩组合是流纹岩—英安岩—粗面英安岩，属于钙碱系列—弱碱系列。

(二) 南雁荡山地区的火山岩地层

根据有关资料①及作者的考察结果，南雁荡山地区②的火山岩地层同样可以分为高坞组(K_{1g}¹)、西山头组(K_{1x}¹)、茶湾组(K_{1c}¹)、九里坪组(K_{1p}¹)、馆头组(K_{1g}²)和朝川组(K_{1c}²)等六个组(图6)。

高坞组 主要分布在矾山、平阳、瑞安、瞿溪、岙口等地。出露面积约 800km²，厚约 690m。岩性主要为流纹质熔结凝灰岩、凝灰岩。

西山头组 分布几乎遍及全区。出露面积约为 4900km²，厚约 655m。岩性主要为流纹质—英安质熔结凝灰岩、凝灰岩，间夹凝灰质粉砂岩和沉凝灰岩等。

①浙江省温州地质大队区调分队，文城幅、三门幅、马屿幅 1:5万区域地质调查报告，浙江省地质矿产局，1987。

②笔者所谓的南雁荡山地区是指温州湾—温州—青田—白岩—泰顺—管阳—秦屿所围的广大区域。

茶湾组 主要分布在出口。出露面积约 50km²，厚约 85m。岩性主要为粉砂岩、粉砂质泥岩、凝灰质粉砂岩和沉凝灰岩，间夹流纹质凝灰岩。

九里坪组 主要分布于玉壶、梅垌等地。出露面积约 350km²，厚约 310m。岩性主要为流纹岩，局部为角砾熔岩和流纹质熔结凝灰岩。

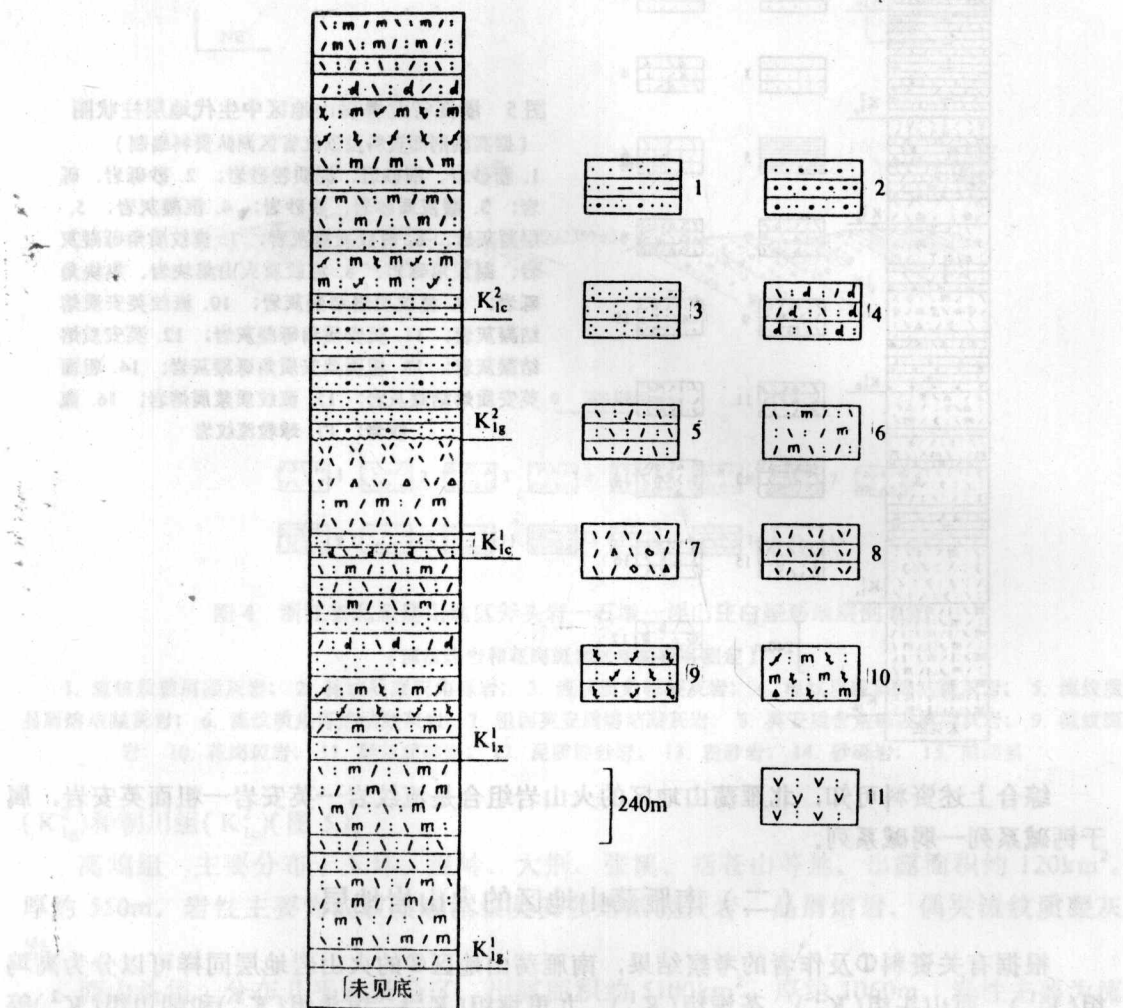


图 6 浙江省南雁荡山地区中生代地层柱状图

(主要据温州地质大队区调分队的资料编制)

1. 粉砂岩、粉砂质泥岩、砂岩、含砾砂岩；2. 砂砾岩、砾岩；3. 凝灰质粉砂岩、砂岩；4. 沉凝灰岩；5. 流纹质凝灰岩；6. 流纹质熔结凝灰岩；7. 流纹质含集块角砾熔岩；8. 流纹岩；9. 英安质凝灰岩；10. 英安质熔结凝灰岩、英安质熔结角砾凝灰岩；11. 安山质凝灰岩

馆头组 主要分布于泰顺、文城、柘荣等地。出露面积约 450km²，厚约 400m。岩性主要为砂砾岩、砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩，间夹凝灰质粉砂岩。

朝川组 主要分布于文城、南雁荡山、矾山等地。出露面积约为 1500km²，厚约 1000m。岩性主要为流纹质—英安质熔结凝灰岩、凝灰岩、安山质凝灰熔岩、流纹岩，间

夹沉凝灰岩、凝灰质砂岩、凝灰质粉砂岩、砾岩和粉砂岩等。

综合上述资料可知，南雁荡山地区的火山岩组合是流纹岩—英安岩—安山岩，属于钙碱系列。

(三) 四明山地区的火山岩地层

四明山地区①的火山岩地层其岩性、岩相、厚度变化都比较大。图 7 是该区中的一个

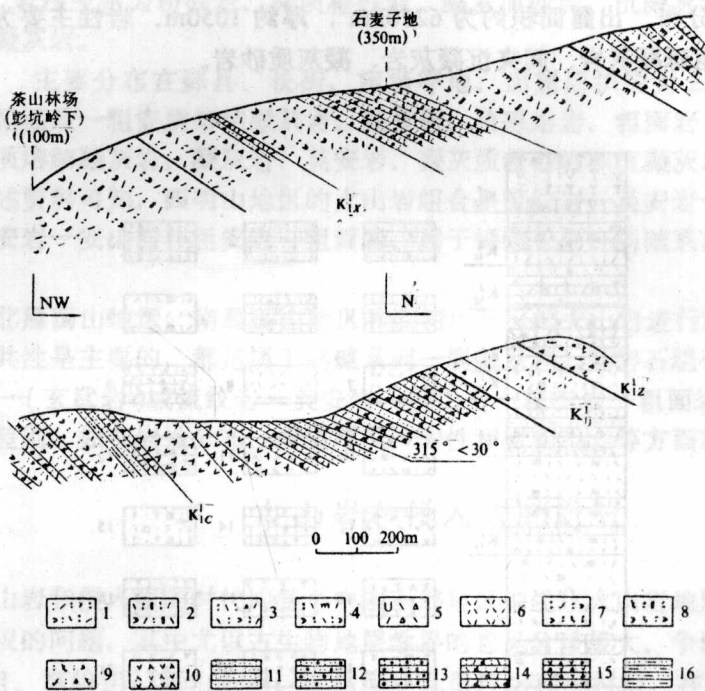


图 7 浙江省茶山地区茶山林场—石麦子地白垩系地层剖面图
(据实测资料编制)

1. 流纹质玻屑凝灰岩； 2. 流纹质晶屑玻屑凝灰岩； 3. 流纹质角砾玻屑凝灰岩； 4. 流纹质玻屑熔结凝灰岩； 5. 流纹质角砾熔岩； 6. 流纹岩； 7. 英安质玻屑凝灰岩； 8. 英安质玻屑晶屑凝灰岩； 9. 英安质凝灰角砾岩； 10. 安山粉岩； 11. 凝灰质粉砂岩； 12. 凝灰质含砾砂岩； 13. 凝灰质砾岩； 14. 沉凝灰岩； 15. 沉安山质角砾岩； 16. 粉砂质泥岩

典型地层剖面。综合各地层剖面资料，并参考有关单位的大量资料②，可将四明山地区的火山岩地层分为九个组，从老到新依次为大爽组(K_{1d}^1)、高坞组(K_{1g}^1)、西山头组(K_{1x}^1)、

①笔者所谓的四明山地区系指崔家岙—镇海—余姚—丰惠—嵊县—新昌—天台—三门—三门湾一线所围的广大区域。
②浙江省地质矿产局宁波地质大队，嵊酒幅、定海幅、宁波幅、沈家门幅、余姚幅1:20万区域地质调查报告，浙江省地质矿产局，1980。

茶湾组(K_{1c}^1)九里坪组(K_{1j}^1)、祝村组(K_{1z}^1)、馆头组(K_{1g}^2)、朝川组(K_{1c}^2)和塘上组(K_{1t}^2) (图8)。

大夷组 主要分布在陆埠一带, 出露面积约 50km^2 , 厚约 700m 。岩性主要为流纹质熔结凝灰岩、凝灰岩、角砾凝灰岩、间夹沉凝灰岩、凝灰质粉砂岩等, 有时尚夹有流纹质—玄武质熔岩。

高坞组 主要分布在四明山周围地区和大堰—西店一带。出露面积约为 1500km^2 , 厚约 2150m 。岩性主要为流纹质—英安质熔结凝灰岩、凝灰岩, 偶夹沉凝灰岩。

西山头组 分布几乎遍及镇海—奉化—天台以东地区。另在奉化西侧、大堰西侧—华顶山一带也有分布。出露面积约为 6270km^2 , 厚约 1050m 。岩性主要为流纹质熔结凝灰岩、凝灰岩、角砾凝灰岩、间夹沉凝灰岩、凝灰质砂岩。

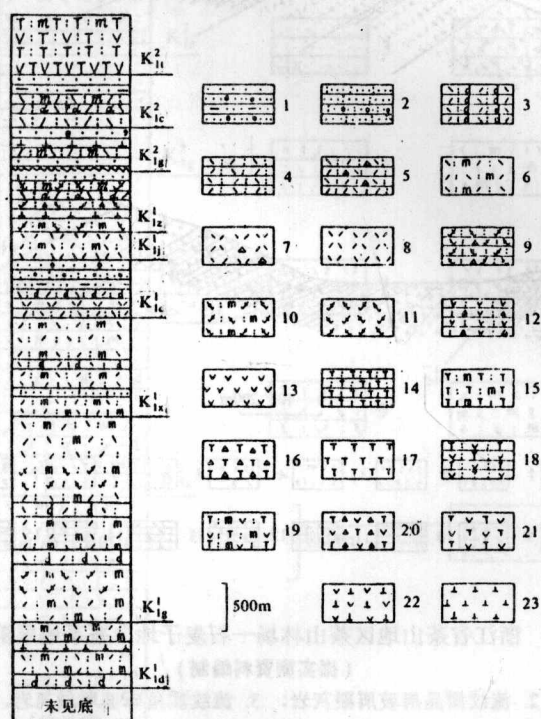


图8 浙江省四明山地区中生代火山岩地层柱状图

(主要据宁波地质大队区测资料编制)

1. 粉砂岩、砂岩、砂砾岩; 2. 凝灰质砂岩、砂砾岩; 3. 沉凝灰岩; 4. 流纹质凝灰岩; 5. 流纹质角砾凝灰岩; 6. 流纹质熔结凝灰岩; 7. 流纹质角砾凝灰岩; 8. 流纹岩; 9. 英安质凝灰岩、凝灰角砾岩; 10. 英安质熔结凝灰岩; 11. 英安岩; 12. 安山质凝灰角砾岩; 13. 安山玢岩; 14. 粗面质凝灰岩; 15. 粗面质熔结凝灰岩; 16. 粗面质角砾熔岩; 17. 粗面岩; 18. 粗安质凝灰岩; 19. 粗安质熔结凝灰岩; 20. 粗安质角砾凝灰岩; 21. 粗安岩; 22. 安玄武岩; 23. 玄武岩

茶湾组 主要分布在茶山、泗洲头、沙柳和华顶山。出露面积约为 350km^2 , 厚约 600m 。岩性主要为砂砾岩、砂岩、粉砂质泥岩、硅质岩等, 其次为凝灰质砂砾岩、沉凝灰岩以及流纹质凝灰岩、英安质熔结凝灰岩、凝灰岩和安山玢岩等。

九里坪组 主要分布在鄞县鹿山、北庄等地。出露面积约为 60km^2 ，厚约 300m 。岩性主要为流纹岩、霏细岩和流纹质角砾熔岩，间夹流纹质熔结凝灰岩、凝灰岩。

祝村组 主要分布在西周。出露面积约为 40km^2 ，厚约 650m 。岩性主要为英安质熔结凝灰岩、凝灰角砾岩，间夹沉凝灰岩、凝灰质砂岩以及安山质角砾凝灰岩和玄武岩。

馆头组 主要分布在桑州、桥头、亭下、梁弄等地。出露面积约为 280km^2 ，厚约 450m 。岩性主要为砂砾岩、砂岩、粉砂质泥岩、凝灰质砂岩和沉凝灰岩，其次为流纹质—英安质熔结凝灰岩、凝灰岩，间夹玄武岩、安玄岩。

朝川组 主要分布在嵛县、新昌、鄞县、亭下、沥洋等地。出露面积约为 700km^2 ，厚约 550m 。岩性主要为粉砂岩、泥质粉砂岩、凝灰质砂岩、沉凝灰岩，其次为流纹质熔结凝灰岩、凝灰岩。

塘上组 主要分布在鄞县、长街、定塘等地。出露面积约为 250km^2 ，厚约 650m 。岩性主要为粗面质—粗安质熔结凝灰岩、凝灰岩、角砾熔岩、粗面岩、粗安岩，其次为流纹质—英安质熔结凝灰岩、凝灰岩、英安岩、凝灰质粉砂岩和沉凝灰岩。

综合上述资料可知，四明山地区的火山岩组合是流纹岩—英安岩—安山岩—玄武岩或流纹岩—英安岩—安山岩—粗安岩—粗面岩，属于钙碱系列—弱碱系列。

将前述北雁荡山地区、南雁荡山地区和四明山地区的火山岩进行对比(表1)，可以发现，它们的共性是主要的，都是属于钙碱系列—弱碱系列，其岩石组合都是流纹岩—英安岩—安山岩—(玄武岩)或流纹岩—英安岩—安山岩—粗安岩—粗面岩。但同时它们之间也存在一些差别。如在岩性分布、岩层厚度、岩性和岩相组合等方面就略有不同。

二 火山岩和侵入岩的时代

本区火山岩和侵入岩的时代同整个中国东部地区中生代火山岩地层的时代一样，一直是一个有争议的问题，其中尤以古生物地层学界的意见分歧最大。争论的焦点是磨石山群(包括大爽组、高坞组、西山头组、茶湾组、九里坪组和祝村组，在浙西称建德群)的时代归属问题。软体动物、鱼类和叶肢介研究者认为其属晚侏罗世，而爬行动物、昆虫、介形虫、植物、孢粉及轮藻等门类研究者认为其属早白垩世(顾知微，1962、1980、1983；王思恩等，1985；郝诒纯等，1982；郝诒纯等，1986)。近年来，随着同位素年龄测定技术的发展，特别是 Rb—Sr 法、K—Ar 稀释法、 ^{39}Ar — ^{40}Ar 坪年龄和等时线法、 ^{40}K — ^{40}Ar 等时线法和 U—Pb 一致曲线法等新方法的发展，许多研究者分别用不同方法对不同地区的这套火山岩地层进行了年龄测定工作，积累了较为丰富的资料(John Bor—Ming et al., 1976；中国科学院地质研究所同位素地质室，1976；施实，1979；刘鸿允等，1981；胡华光等，1982；李坤英等，1982；李坤英等，1987；李坤英等，1989)①。有些研究者在比较系统地测定各典型火山岩剖面火山岩年龄的基础上，从同位素年龄的角度出发，对该火山岩地层的形成时代作了有意义的探讨(李坤英等，1982；李坤英等，1987；李坤英等，1989)。笔者拟根据自己的资料和所收集到的大量有关资料，对本区火山岩和侵入岩的时代进行讨论。

① 董传万，浙江东南部青田地区两类花岗岩的特征及成因 南京大学研究生毕业论文 1988