

火山岩地区 区域地质调查方法指南

区域地质矿产地质司



地质出版社

火山岩地区区域地质调查方法指南

区域地质矿产地质司

地质出版社

内 容 简 介

本书是在总结我国三十多年来,对火山岩地区区域地质调查工作方法的经验基础上进行编写的,引用了十九个省、市、自治区有关火山岩地区的地质资料,以及中外有关火山岩科研的成果。在内容和实例上,以陆相火山岩为主,海相火山岩为辅;以国内为主,国外为辅,吸收了有关火山喷发物产出状态和堆积方式等较新的观点,重点地对火山岩相、火山机构的鉴别与恢复、火山地层及火山作用等作了详细地论述,特别是对“双重制图法”的关键部分作了详细的阐述。书中反映了大量区域地质调查资料和野外调查、制图方法,以及室内综合整理的要求,归纳了火山岩地区地质构造的特征和典型地区的实例。从现有技术水平出发,结合当前国内外发展的趋势,提出了更进一步的要求。

全书共有7章,约30万字,即绪论、火山岩岩石调查、火山岩相调查、古火山机构的调查与恢复、火山地层调查、火山矿产调查、火山岩地区的地质制图与报告的编写。插图126张,表10个,照片20个,并附有火山岩地区一比二十万、一比五万比例尺地质图及火山岩相构造图4张。全书图文并茂,提出了适合我国火山岩地区地质特征的区调方法,对区域地质调查工作具有重要的指导意义,同时对从事火山岩地区的普查勘探、科研和教学也都具有参考价值。

火山岩地区区域地质调查方法指南

区域地质矿产地质司

责任编辑: 屠静轩

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本: $850 \times 1168^{1/32}$; 印张 $9^{15/16}$ 字数: 256,000

1987年6月北京第一版·1987年6月北京第一次印刷

印数: 1—3,000册 国内定价: 7.00元

统一书号: 13038·新401(简)

(附图一袋)

前 言

在我国不同时代的火山岩广泛分布，并赋存有丰富的矿产。

七十年代以来，随着近代地质科学领域中火山地质学理论的重大发展和测试技术的进步，我国火山岩区的地质矿产调查工作不断深入，取得明显的进展。一批具有重要经济价值、与火山岩有关的矿产陆续被发现，为更好地满足国民经济各方面的需要开拓了广阔的前景。

为了进一步加强火山岩区中、大比例尺区域地质调查（以下简称区调）工作，全面提高火山岩区地质研究程度和找矿效果，积极采用新的地质理论和方法，研究和建立一套符合我国地质特点的新的区域地质调查方法，使区调工作提高到一个新的水平是十分必要的。为此，原地质部区测局组织有关省局开展了火山岩区的区调方法研究。1981年9月，在福建省漳州市召开了全国性的“火山岩区区调工作方法经验交流会议”。1983年5月地质矿产部区域地质矿产地质司组织福建、浙江、安徽、甘肃四省地矿局区调队，编写了《火山岩区区域地质调查方法指南》（以下简称指南），于1984年12月完成。

《指南》是我国第一部全面阐述火山岩区区域地质调查方法的指南。它引用了十九个省、自治区、直辖市的地质资料，广泛吸收了国内外有关火山地质理论和科学研究的成果，总结了我国三十多年来火山岩区区调工作的经验，是广大火山地质工作者劳动的结晶。

《指南》较好地反映了近代火山地质学的有关理论，系统地阐明了我国火山岩区中、大比例尺区域地质调查的内容、工作方法、工作程序及资料综合整理、图件编制和报告编写要求等，较详细地介绍了岩相—地层学填图方法（习称“双重制图法”），并

列举了大量的我国实例。它不仅对区调工作有重要的指导意义，同时对火山岩区的普查勘探、科学研究、教学等也具有一定的实用价值。

《指南》充分强调，必须十分重视和加强对火山岩岩石、岩相、火山构造和地层的研究（特别是火山岩相与古火山机构的鉴别和恢复），注意有关矿产与火山构造关系的研究，以便正确认识火山岩的基本地质特征和火山活动的规律性，为区域矿产远景评价提供可靠的基础资料。《指南》的出版，标志着我国火山岩区的区域地质调查工作已达到一个新的水平，必将会对地质找矿事业作出新的贡献。

全书共约三十万字，分为七章，即：绪论；火山岩岩石调查；火山岩相调查；古火山机构的调查与恢复；火山地层调查；火山矿产调查；火山岩地区的地质制图与报告的编写。其中有插图126幅、表10张、照片20张，并附有一比二十万和一比五万地质图（详图）、火山岩相构造图各二幅。《指南》可供广大区调技术人员和在火山岩区从事普查勘探、科研的人员以及地质院校师生参考。

编写组牵头单位是福建省地质矿产局，他们做了出色的工作。编写组组长福建区调队潘清霖，副组长为浙江区调队朱佩璋，成员有福建区调队朱福生、韦德光、席清宇，浙江区调队宋显耀，安徽区调队潘国强和甘肃区调队胡守智。技术顾问是中国地质科学院地质研究所李兆熊、南京地质矿产研究所翁世劫。他们对文稿进行了通篇审订。各章执笔人为：第一章潘清霖，第二章宋显耀，第三章朱佩璋，第四章韦德光，第五章潘国强，第六章席清宇，第七章朱福生。海相火山岩由胡守智供稿。潘国强、潘清霖统稿。附图由韦德光、朱福生编制。图件清绘福建区调队绘图组。周维屏、郑恒有、陈克强、王振民、田玉莹、简人初进行了组织和指导。

张炳燊、边效普、邱家骧、方如恒、鲍亦岗对《指南》进行了评审。地质出版社、冶金部地质研究所、二机部三所、北京大

学、有关省、自治区、直辖市地质矿产局区调队、地质队以及地质院校和科研等单位均给以热情支持，提供了不少宝贵意见，在此一并表示感谢。

地质矿产部区域地质矿产地质司

一九八四年十二月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 火山与火山作用	(1)
一、岩浆	(2)
二、火山作用方式	(5)
三、火山的分类及其喷发类型	(6)
(一) 火山的分类	(6)
(二) 火山喷发类型	(7)
四、火山活动的环境	(8)
(一) 海洋环境	(9)
(二) 大陆边缘与岛弧环境	(9)
(三) 大陆环境	(10)
五、火山作用与成矿	(10)
第二节 中国火山岩时、空分布概况	(12)
第二章 火山岩岩石调查	(14)
第一节 火山岩的分类和命名	(14)
一、熔岩的分类和命名	(14)
二、火山碎屑岩的分类和命名	(26)
第二节 岩石的野外观察和室内鉴定研究	(31)
一、火山岩的野外观察	(31)
二、火山岩的室内鉴定和研究	(35)
第三节 岩石化学和地球化学资料整理与分析	(38)
一、标准矿物计算中应注意的问题	(38)
二、确定火山岩的岩石系列、组合	(43)
三、火山岩岩石化学数据资料的整理和利用	(50)
四、火山岩微量、痕量元素和同位素地球化学资料的整理和利用	(62)

第三章 火山岩相调查	(76)
第一节 岩相类型与鉴别标志	(76)
一、爆发相.....	(76)
二、喷溢相.....	(83)
三、侵出相.....	(88)
四、喷发—沉积相.....	(91)
五、火山通道相.....	(95)
六、潜火山相.....	(97)
第二节 火山岩相调查	(104)
一、岩相划分与调查方法.....	(105)
二、火山岩相的空间分析.....	(109)
三、火山岩相的时间分析.....	(110)
四、火山机构与类型的确定.....	(111)
第四章 古火山机构的调查与恢复	(112)
第一节 火山机构的分类	(112)
一、火山、火山机构和火山构造.....	(112)
二、火山构造划分简介.....	(113)
三、火山机构的分类.....	(114)
(一) III、IV级火山构造的特征与分类.....	(114)
(二) 火山机构的分类.....	(116)
第二节 古火山机构类型的特征及实例	(119)
一、中心式火山机构的实例.....	(119)
(一) 盾状火山.....	(119)
(二) 层状火山.....	(120)
(三) 破火山.....	(126)
(四) 锥状火山.....	(130)
(五) 穹状火山.....	(131)
(六) 中心式古火山机构的特征及其类型识别.....	(137)
二、裂隙式火山机构的实例.....	(139)
三、几个已知现代海底火山机构.....	(143)
第三节 古火山机构调查与恢复的内容和方法	(143)
一、古火山机构调查的内容与方法.....	(143)

(一) 地质调查的内容与方法.....	(143)
(二) 遥感技术在古火山机构调查中的应用.....	(148)
(三) 地球物理、地球化学方法的调查与内容.....	(150)
二、古火山机构恢复的基本内容与方法.....	(150)
(一) 五大连池火山概况及其对恢复古火山的启示.....	(151)
(二) 古火山机构的恢复.....	(153)
第四节 火山岩相构造图的编制.....	(164)
一、岩相图的编制.....	(164)
二、火山岩相构造图的编制.....	(165)
第五章 火山地层的调查	(168)
第一节 火山地层的特点及结构类型.....	(168)
一、火山地层的特点.....	(168)
二、火山地层的结构类型.....	(170)
第二节 火山地层单位及划分.....	(171)
一、火山地层的地质单位.....	(171)
二、火山地层的划分.....	(173)
(一) 火山岩层的划分.....	(173)
(二) 地质单位的划分.....	(177)
三、火山喷发韵律与旋回的划分.....	(178)
(一) 喷发韵律的划分.....	(178)
(二) 喷发旋回的划分.....	(181)
第三节 火山地层调查中的若干问题.....	(182)
一、火山地层剖面的选择.....	(182)
二、火山岩层的厚度.....	(184)
三、火山岩层的产状测量.....	(186)
四、火山岩地区角度不整合的鉴别.....	(188)
五、火山地层与火山岩相调查的结合.....	(189)
六、火山地层的综合研究.....	(192)
第四节 火山地层的对比.....	(194)
一、火山地层对比的含义及条件.....	(194)
二、火山地层对比的方法.....	(195)
(一) 标志层的对比.....	(195)

(二) 古生物组合的对比·····	(196)
(三) 喷发旋迴的对比·····	(196)
(四) 构造运动界面的对比·····	(197)
(五) 同位素年龄的对比·····	(199)
(六) 古地磁对比·····	(201)
(七) 矿物学、岩石学与地球化学对比·····	(202)
(八) 放射性对比·····	(203)
(九) 人工地震对比·····	(203)
第五节 区域火山地层综合柱状图的编制·····	(203)
第六章 火山矿产调查·····	(208)
第一节 火山岩地区矿产的一般特征·····	(208)
一、火山成矿作用·····	(209)
二、关于火山矿床分类的介绍·····	(220)
(一) 与岩浆作用有关的矿床成矿系列——程裕洪等 (1983)·····	(232)
(二) 火山成因铁矿分类——地质科学院矿床研究所 (1979)·····	(232)
(三) 与火山作用有关的矿床分类——南京大学胡受奚等 (1982)·····	(232)
(四) 火山成因矿床分类——李文达 (1976)·····	(234)
(五) 火山成因矿床分类——岳书仓 (1972—1979)·····	(235)
(六) 火山矿床成因分类——杨应选 (1980)·····	(236)
(七) 火山岩型铀矿床分类——北京第三研究所 (1979)·····	(237)
第二节 火山矿产资源的野外调查·····	(237)
一、火山矿产资源调查的要求及基本方法·····	(238)
(一) 调查要求·····	(238)
(二) 调查的基本方法·····	(238)
二、成矿条件的调查研究·····	(239)
(一) 含矿层位及其喷发旋迴特点·····	(239)
(二) 含矿围岩岩性及岩石化学成分·····	(240)
(三) 矿化与蚀变·····	(241)
(四) 矿化与火山机构·····	(242)

第三节 矿产图的编制	(245)
一、矿产图编制方法与内容.....	(245)
二、成矿条件与成矿特征分析.....	(247)
第七章 火山岩地区的地质制图方法与报告编写	(250)
第一节 火山岩地区地质填图方法	(250)
第二节 火山岩地区区调中应考虑的一些问题	(255)
一、工作程序与内容.....	(255)
(一) 搜集资料及设计编写阶段.....	(255)
(二) 地质矿产调查阶段.....	(255)
(三) 加深研究阶段.....	(255)
(四) 综合整理及报告编写阶段.....	(256)
二、地质填图.....	(256)
(一) 统一地质术语及标准.....	(256)
(二) 填图单位的确定.....	(257)
(三) 填图路线的布置.....	(259)
(四) 地质连图.....	(261)
(五) 重视调查不同火山岩岩石的产状.....	(265)
(六) 注意与火山作用有关的蚀变、矿化现象的调查	(266)
三、加深研究工作.....	(267)
(一) 火山机构(或喷发中心)的图面分析和专题调查	(267)
(二) 岩相的调查.....	(272)
四、样品采集及其结果应用的注意事项.....	(273)
第三节 综合方法的应用	(276)
一、遥感地质.....	(276)
(一) 解译工作方法及要求.....	(276)
(二) 卫星象片解译.....	(277)
(三) 航空象片解译.....	(279)
二、地球物理方法.....	(280)
(一) 磁法测量.....	(280)

(二) 重力 测量.....	(282)
(三) 电法 测量.....	(283)
(四) 放射 性测量.....	(283)
三、地球 化学测量.....	(283)
四、数学 地质方法.....	(284)
第四节 地质图的 编制及报 告编写.....	(284)
一、地 质图 编制.....	(284)
二、地 质矿 产报 告的 编写.....	(287)
(一) 地 质报 告.....	(287)
(二) 矿 产报 告.....	(288)
照片说明及图版.....	(289)
参 考 文 献.....	(298)

第一章 绪 论

在我国幅员辽阔的国土上，从太古代至现代的各个地质历史上，都曾发生过强度不等的火山活动，堆积了厚度各异的火山岩系，并伴随产生了多种金属、非金属矿产和其它自然资源。自七十年代以来，我国火山岩地区的区域地质调查工作（以下简称区调）有了一个较大的发展，随着火山岩地区区调工作经验的积累和国外经验的引进，在工作方法和成果方面都取得了较明显的进展，福建、浙江两省区调队首先在火山岩地区采用火山岩石学和地层学相结合的制图方法（习称“双重制图法”），使火山岩地区的区调工作达到了一个新的水平。它是目前正确认识和合理地反映火山地质特征的一种较好方法。近十年来，这种方法逐步得到推广，并在实践中不断充实和完善。总结我国火山岩地区区调工作方法之所以有较大改进的经验，主要之点在于：从事火山岩地区区调的每个地质工作者，都要具有火山地质学的观点，从火山活动特征出发，深入地进行岩石学、岩相学、火山构造学和火山地层学的调查，并采用合理的制图程序和方法。本书是在总结我国火山岩地区区调方法的基础上进行编写的，书中搜集了全国十九个省、市（自治区）的资料。根据我国火山岩地区工作程度的实际情况，以陆相中、新生代火山岩地区为重点，并尽可能地兼顾到海相火山岩地区的某些特点。

第一节 火山与火山作用

火山作用是地球诸种内动力作用之一，它在地球表面亦有表现，即形成火山，故火山和火山作用是研究地球动力学的一个重要分支。人们认识火山活动已有悠久的历史，二千多年前在《山

海经》中，记述我国西部山岳有一种“炎火之山”(相当于新疆于田火山)。明崇祯12年(1639年)《徐霞客游记》对云南腾冲之火山温泉产硫磺进行考察，描述温泉“沸泡大如弹丸，百枚齐跃而有声，……其口之上，则硫磺环染之。”而清朝吴振臣《宁古塔记略》中，对公元1720年间黑龙江省五大连池火烧山与老黑山(照片1)的火山喷发情况描绘得更为详细：“于康熙五十九年(1720年)六、七月间，忽然烟火冲天，其声如雷，昼夜不绝，声闻五、六十里。其飞出者皆黑石、硫磺之类，经年不断，竟成一山，直至城廓，热气逼人三十余里，只可登山而望……”。^①此外，我国新疆维吾尔自治区于田县卡尔达西层状火山，于1951年5月27日喷发，由中酸性熔岩和火山碎屑岩组成，火山锥呈截头圆锥形，锥体高145米(锥顶海拔4900米)，坡度平均32°，锥顶直径175米，火山口呈圆筒状，深56米。

火山喷发是一种极其壮观的地质现象，常能引起地震、塌陷、山崩、海啸、暴雨、山洪等活动，同时伴有喷气、喷硫和金属矿化现象。如美国华盛顿州圣海伦斯火山，在休眠123年之后，于1980年重新爆发，仅5月18日喷出的火山灰及熔岩体积即近10亿立方米，使高度2903米的火山崩掉200米，冲击波穿透几十公里云层，爆发的蘑菇状烟柱高达14—32公里(照片2)，堆积的浮石和灰末流的温度达600—875℃，火山尘随气流扩散到4000公里以外的地方，距火口5—10公里处，火山灰最厚达114米。1980年12月火山活动减弱，在破火口内生成交丘，穹丘高约137米，长595米，宽488米，地表以下几英尺处，温度高达800℃左右。在火山斜坡与破火口区附近出现一系列喷气孔，喷出的气体主要为H₂O，其次为CO₂、H₂、H₂S、SO₂，等等。

一、岩浆

火山活动过程中，地下深处的岩浆物质被带至地表，并以熔岩或火山碎屑物的形式堆积下来。岩浆多数是一种炽热的溶解

^① 黑龙江省地质学会、黑龙江省地质矿产局，五大连池火山与矿水，1983.6

了多种挥发性组分的硅酸盐熔融体，但也有少量为碳酸盐、硫化物或氧化物的熔融体。它来自地幔或地壳深部。这些深部的母源岩石在温度、压力体系发生改变，达到部分熔融的条件时，便可产生岩浆熔体。这种温度、压力体系的改变因素很多，如俯冲洋壳的脱水、俯冲洋壳在摩擦和相撞中释放热能，受俯冲影响或下冲板片（under plating）影响下的局部升温，裂隙作用（裂谷）下的减压，以及上地幔内部对流等。它们所提供的热能，挥发组分和热流体各不相同，从而在部分熔融下出现的岩浆成分也就极为多样，这就是现代的多元岩浆假说。地壳中分布较广泛的是玄武岩、安山岩和流纹岩，除了相应的玄武质岩浆、安山质岩浆、流纹质（花岗岩质）岩浆外，还有其它独立的岩浆，如超基性岩浆和碳酸盐岩浆等。此外，还认为玄武质的原始岩浆不止一种，即有拉斑玄武质岩浆、碱性橄榄玄武质岩浆和高铝玄武质岩浆，它们是否每一种都成为独立的岩浆存在，至今仍有争论。

岩浆形成后在上升迁移过程中，本身有分异和分馏等作用，还可同化部分围岩，受到被捕虏围岩物质的混染，在不同挥发组分，不同温度压力，不同冷却速度的影响下，它们的结晶和分异历史相互有别。这些变异既与它们的母源有关，更重要的受到地表——浅部作用控制，这些因素是相对比较容易认识和再造的。

火山岩的化学分析表明，岩浆的化学成分主要为二氧化硅，次为铝、铁、镁、钙、钠、钾、钛和锰的氧化物，少量的金属硫化物和氧化物以及水和各种挥发组分等，还含有Li、V、Cr、Co、Ni、Cu、Zn、Rb、Sr、Y、Zr、Nb、Ba、Ta、Th和V等多种微量元素。它们的比值如K/Rb、K/Th、Rb/Sr、Nb/Ta和Th/U等以及稀土元素丰度的分布型式，对讨论岩浆起源及岩浆演化、分异和结晶过程，有着重要的意义。

对火山喷出的气体物质的分析表明，岩浆中还有大量的挥发分（气体），主要为 H_2O 和 CO_2 ，还有 SO_2 、HF、HCl、 H_2S 、 NH_3 、 NH_4 （近地表时的赋存方式）等。挥发分含量在岩浆中一般不超过6%，其中 H_2O 约占60—90%。当处于地下深处的高温

高压条件下，挥发分溶于岩浆中，由于挥发分的存在，可以降低岩浆的粘度及矿物的熔点，还可改变硅酸盐熔体内矿物相平衡和共结点（面）的位置。更有意义的是，随着分离结晶的进行，残余岩浆便越来越富含水和挥发分。在一定条件下，挥发分能携带成矿金属元素或其它化合物，在适宜的温度、压力、pH、Eh条件下外逸，使其中金属元素沉淀形成各种气成—热液矿床。

对现代熔岩测量表明，岩浆的温度通常在750—1200℃之间，据统计各种熔岩喷出时的测量温度和估算的数值，基性熔岩温度较高（如玄武岩1025—1225℃），酸性熔岩温度较低（如流纹岩735—890℃）。由于受到强烈氧化和放热效应，地表所测的熔岩流的表层温度一般较岩浆实际温度偏高，故不能完全代表深部岩浆的实际温度。此外，还可以用地质温度计方法和熔融实验的方法，对岩浆的温度进行研究。一般认为岩浆的结晶温度不高于1170℃，许多情况下可能要低得多。

岩浆的粘度对其流动性或结晶作用起着重要的作用，其粘度大，则流动性就小。而岩浆的粘度又与岩浆的成分、温度、压力及挥发分含量等因素有关。对硅酸盐熔体的研究认为，金属元素Na、K、Ca、Mg、Fe等在熔体内以各种阳离子形式出现，Si成为硅氧四面体，并与Al组成各种络阴离子，有岛状、链状、架状等。随着每一个硅氧四面体与相邻四面体氧角顶之间连接数目的增多，硅、氧所组成的凝聚态的络阴离子团的体积便增大，岩浆流动性减小，粘度增大。所以，基性岩浆粘度较小，流动较快，而酸性岩浆粘度大，流动较慢。温度和压力也影响粘度，温度升高，粘度减小，温度降低，粘度增大；压力增大，粘度增大，压力减小，粘度降低。当岩浆上升接近地表时，挥发分随压力降低而溶解度明显降低，由液相转化为气相，使岩浆发生“沸腾”，产生大量气体，造成强大的、使岩浆上升的蒸气压力，如果蒸气压力大于上覆围岩的负荷压力，岩浆就冲破顶板，以火山形式喷出地表，或爆炸产生火山碎屑物质，或以熔岩形成缓缓溢流，堆积在火山口四周，组成各种不同形式的火山机构。

二、火山作用方式

岩浆在地下深处，具有一定的温度和压力，同时承受着上覆围岩的静压负荷，一旦平衡受到破坏，出现局部压力下降时，就要向压力降低的方向运移，沿着薄弱带上升。如侵入到上地壳内部即为侵入作用；如喷出地表，即为火山作用。所以，火山作用是岩浆作用的一部分，是岩浆经通道运移至近地表，或喷出地表的地质作用。它既包括火山的喷发作用，又包括与火山喷发有联系的浅成和超浅成侵入作用；此外，与其有关的火山沉积作用及成矿作用，也是其组成部分。

火山作用是联结地下与地表的一种重要的地质作用，具有双重性。即火山碎屑的堆积方式和含有数量不等的陆源碎屑甚至生物碎屑，具有沉积作用的特征；在地面以下之岩颈和潜(次)火山岩(以下简称潜火山岩)与围岩呈穿切关系，具有侵入作用的特点。

随着岩浆的成分、挥发分的含量，以及物质输导至地表的方式不同，就造成了不同类型的火山喷发。岩浆由通道溢出地表，就形成喷溢。而当富含挥发分的岩浆，上升接近地表时，由于外压力骤降，大量气体出溶，体积膨胀，即发生爆炸，形成爆发。火山碎屑和烟、灰直冲云霄，或由高能量气体推动下，火山碎屑贴着斜坡流动，形成各种类型和不同粒级的火山碎屑物堆积。当飘浮的火山灰、尘和火山碎屑物，由于重力经雨、雪降落和搬运沉积于洼地、湖泊和盆地内，便形成喷发-沉积物。在火山活动的晚期，熔浆补给不足，粘度较大，熔岩受挤压突出在火山通道出口处的上面或附近，形成各种侵出的穹丘。当岩浆上升的压力小于上覆岩石的负荷时，即停留在地下较浅处，沿层间空隙或构造裂隙充填，或沿火山机构之环状、放射状及锥状裂隙充填，或侵入围岩，形成岩体、岩脉或岩床等各种产状的潜火山岩体。它具有火山岩的外貌，又有侵入的产状，可以产生于火山活动的各个阶段，但主要在晚期。在喷溢时有含矿熔浆的溢出，或在间歇时有气液的喷出，或在潜火山体中等，常形成具有工业价值的矿床。