

424992

火山岩

HUO SHAN YAN

32

李石 王彤 编著

地质出版社

火 山 岩

李 石 王 彤 编著

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书从岩浆和火山的基本概念入手,系统阐述了火山岩的矿物特征、结构构造、产状岩相、分类命名,并较详细地论述了各类火山岩的主要特征;此外,对火山岩共生组合、火山成矿作用、火山岩化学成分和火山玻璃的研究方法以及其他有关的若干问题也都作了一些介绍。

本书适用于从事地质研究和岩矿鉴定的技术人员,也可作为高等院校岩石、矿床和地球化学等专业的教学参考书。

火 山 岩

李 石 王 彤 编著

•

地质部书刊编辑室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

•

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 14⁷/₈ 字数: 350,000

1981年9月北京第一版·1981年9月北京第一次印刷

印数1—3,080册·定价3.00元

统一书号: 15038·新064

前 言

火山是地球深部通向地表的门窗，火山岩则是地下岩浆喷至地表的直接见证。随着人们对地球研究的深化，势必对火山岩的研究产生了兴趣。同时，由于火山岩地区矿产资源的不断发现和火山成矿理论的迅速兴起，从而相应地对火山岩的研究也日益引起了人们的重视。因此，近十多年来，有关研究火山岩的文献资料大量出现，极大地丰富了火山岩岩石学的内容。但尽管如此，这些文献资料毕竟是分散的、不系统的，而比较完整的专著不多。鉴于上述原因，促使作者尝试编著本书，以管窥之见，总结和介绍火山岩的基本特征和研究现状，以对提高我国火山岩的研究水平，为我国广大火山岩地区普查找矿工作迅速发展的形势需要尽一点绵薄之力。

本书侧重岩石学研究，对火山岩岩石学各主要内容均有阐述。既重实际资料，也重基础理论。书中对一些火山岩名词作了必要的查证和推敲。译名原则上参照了科学出版社出版的《英汉综合地质学词汇》(1973)。在火山岩分类和命名方面，除评述了国内外一些主要文献外，同时也提出了笔者自己的意见，是否恰当？有待实践检验。编著时尽量以六十年代以后的文献资料为基础，力求反映近十多年来火山岩的研究水平。

本书主要对象是火山岩地区从事地质研究和岩矿鉴定的技术人员。也可作为高等院校岩石、矿床和地球化学等专业的教学参考书。

初稿77年完成后，承蒙武汉地质学院邱家骧副教授审阅，并提了不少宝贵意见。78年在修改定稿时，又得到湖北省地质实验室领导的鼓励和支持，特在此一并表示感谢。

本书是利用业余时间写成的。由于工作条件和笔者水平有限，因此书中不当之处难免，敬希读者批评指正。

作者1980.5

目 录

前 言	
第一章 岩浆和火山概述	1
第一节 岩浆	1
第二节 火山	6
第二章 火山岩矿物特征	16
第三章 火山岩结构和构造	33
第一节 结构和构造的概念	33
第二节 火山岩主要结构	34
第三节 火山岩主要构造	41
第四章 火山岩的产状、相和期	48
第一节 火山岩的产状	48
第二节 火山岩的相	52
第三节 火山岩的期	55
第五章 火山岩的分类和命名	58
第一节 概述	58
第二节 火山岩大类的划分	58
第三节 介绍几种火山熔岩的分类和命名方法	59
第四节 对火山熔岩分类和命名的意见	68
第六章 超基性熔岩	72
第一节 苦橄岩	72
第二节 金伯利岩	77
第三节 其他几种超基性熔岩	89
第四节 几种主要超基性熔岩的区别	93
第七章 玄武岩	95
第八章 安山岩	118
第九章 英安岩	128
第十章 流纹岩	133
第十一章 粗面岩	145
第十二章 响岩	153
第十三章 似长石熔岩	160
第十四章 非硅酸盐熔岩	164
第十五章 火山碎屑岩	167
第一节 基本概念	167
第二节 火山碎屑物的特征及其类型	168
第三节 火山碎屑岩的分类和命名	172
第四节 主要火山碎屑岩类、岩性鉴别特征	178

第十六章 次火山岩	183
第一节 次火山岩概述	183
第二节 次火山岩与其相似岩石的区别标志	187
第十七章 火山岩共生组合	189
第十八章 关于火山成矿作用	197
第十九章 火山岩岩石化学和火山玻璃研究方法	202
第一节 火山岩岩石化学研究方法	202
第二节 根据火山玻璃的折光率、比重来确定火山岩的种属和成分	211
第二十章 有关研究火山岩的几个问题	216
第一节 层、韵律和旋迴(组)的划分	216
第二节 古火山机构的恢复	219
第三节 岩相分析和爆发系数确定	225
第四节 区分陆相和海相火山岩系的标志	227
主要参考文献	228

第一章 岩浆和火山概述

第一节 岩 浆

岩浆 (magma)——这个词最早来源于希腊,原意是指一种象“稀饭”或“浆糊”一样的东西。对于岩浆这个词,过去论述的人很多,但是它的确切含意,到目前各界的认识还没有完全统一。一般认为,岩浆是指产于地下深处某一特定的地质环境中的一种成分相当复杂的熔融物质。费尔斯曼曾对岩浆下过这样一个定义,他说:“岩浆是由大量物质混合而成的一种错综复杂的熔融体,它埋藏在不可到达的地下深处,里面有熔融状态的常见元素,如硅、铝、钙、铁、镁、钠和钾,同时还有氧和氢(在一定温度时可以变成水)。另外,在熔融的岩浆中还有少量杂质元素存在。这种复杂的熔融体主要是硅酸盐和一些氧化物和硫化物。”费尔斯曼这个定义继承并发展了当年(1932)格劳特对岩浆的论述,基本反映了岩浆的客观事实。

一、岩浆的物态

关于岩浆的物态问题,长期以来,许多地质学家和岩石学家一直争论不休,至今仍然存在分歧。例如,尼格里认为岩浆是一种独立的高温分子溶液;库兹涅佐夫认为岩浆是固体相(晶体)和液体相的混合物;而卢奇茨基则认为岩浆通常是一种液体相和气体相组成的硅酸盐熔浆。事实上,这些学者对岩浆物态的认识并不全面,因为岩浆的物态不是固定不变的。在岩浆形成之后直到岩浆冷凝成岩之前,岩浆本身经历着一系列演变发展的过程,在这过程的每一个阶段,岩浆的物态将发生变化。开始主要是液体相(熔融体),当结晶作用开始之后,岩浆中逐渐析出一些晶体,这时岩浆中液体相与固体(晶体)相共存,再往后期演变,岩浆中挥发物质越来越趋于富集,形成气体相,这阶段的岩浆就有液体相、固体相和气体相三相共同组成了。因此,笼统的说是固定的某一种或某几种物态是不符合岩浆演变发展过程中的实际情况的。

处于地下深处的岩浆,由于上覆岩层的负荷或造山运动的影响,使它遭受很大的压力,致使有大量挥发物质保留在岩浆中。其主要成分是水蒸汽,其次是 CO_2 、 SO_2 、 HCl 、 H_2S 等气体。这些挥发物质的存在,可由岩浆结晶形成的各种岩石的化学分析结果来证实。在一些岩浆迅速冷却形成的火山玻璃质岩石(如象松脂岩)中,其含水量可超过10%。半晶质或全晶质的岩浆岩,尽管成岩已有大量挥发物质从岩浆中逸出,但仍然含有一定的数量,如表1—1所示。岩浆中这些挥发物质的存在可使岩浆其他一系列成分的熔点降低,还可促使某些矿物相从岩浆中析出,而且还能使矿物结晶形态更趋完整。同样有意义的是,挥发物质可使岩浆中其他成分的溶解度增高,如岩浆中有 CO_2 存在时,那么 CaO 的溶解度就升高,这样,挥发物质可以影响岩浆结晶的顺序。

表 1-1 各类岩石含水重量 (%)

(据华盛顿、戴里)

花 岗 岩	0.69	流 纹 岩	1.54
正 长 岩	0.72	粗 面 岩	1.09
霞石正长岩	1.38	响 岩	1.79
闪 长 岩	1.12	安 山 岩	1.20
辉 长 岩	1.10	玄 武 岩	1.60

二、岩浆的温度

关于岩浆的温度，没有一个固定的数值。从人们观察到的火山熔岩流来看，温度范围通常是800—1200℃。但在有些熔岩流中（如夏威夷基拉韦厄）温度低至600℃时，熔岩流仍然能缓慢流动。根据拉森在许多情况下的判断，认为岩浆温度为870—1250℃。然而舍列尔和鲍文的资料表明，无论在地下深处的什么地方，岩浆的温度一般达不到1170℃，而在许多情况下，岩浆的温度不超过870℃。当岩浆喷出地表时，温度就会增高。据布拉得（Bullard 1962）记载，1916—1918年意大利维苏威火山熔岩的温度范围是1015—1040℃。墨西哥帕里柯丁火山熔岩的最高温度为1135℃。贾科布森（Jakobsson）等人于1973年初测量了冰岛南岸赫曼火山爆发时喷出的熔浆，其温度范围是1030—1100℃。至于流出地表的岩浆最表面的温度，据卢奇茨基资料可达1300℃，而根据布拉得的估计最高可达1480℃。这样高的温度，主要是由于岩浆最表面与外界空气接触，发生氧化反应而引起的。不能认为处于地下深处的岩浆都具有这样高的温度。事实上，在熔岩流表面以下一米左右的地方，岩浆的温度通常是720—850℃。

岩浆的冷却速度非常缓慢，例如，1968年夏威夷基拉韦厄火山喷出的岩浆，当表面已固结为硬壳时，壳下未固结的岩浆温度仍高达1160℃。又如根据贾格尔（Jaeger 1957）估计，一个700米厚的玄武岩浆，在850℃下完全结晶成岩需9000年。戴里（1933）在综合许多资料的基础上估计了喷出地表的岩浆从1100℃降至750℃时需要的时间是：

一米厚的岩浆	12天
十米厚的岩浆	3年
一百米厚的岩浆	30年

三、岩浆的粘度

岩浆的粘度对岩浆的流动作用或结晶作用起着重要的作用。岩浆粘度大，流动性就小，而在岩浆结晶时有着重要意义的扩散作用进行得也就越慢。

岩浆的粘度主要决定于岩浆的成分。硅、铝含量高的岩浆粘度较大，硅、铝低而铁、镁高的岩浆粘度就较小。例如由玄武岩浆到流纹岩浆 SiO_2 含量不断增高，相应的岩浆粘度也逐渐增大（图1—1）。挥发物质的存在对岩浆的粘度影响极大。它能使岩浆的粘度变小，流动性增大。如酸性岩浆，粘度本来很大，当它含有大量挥发物质时，这种岩浆同样会具

有很大的流动性（如花岗岩晚期伟晶岩的形成）。相反，如果粘度较小，流动性较大的岩浆（如安山岩岩浆），一旦失去了挥发分，就能变成粘度很大的物质。另外岩浆中晶体的含量也会使岩浆的粘度发生变化。一般说来，当晶体增多时，岩浆的粘度也相应增大。再次，温度与压力对岩浆粘度的影响同样较大。同一成分的岩浆，当压力相同时，随着温度的升高，粘度就会降低。而当岩浆的温度固定时，粘度则随压力的增加而增大。

四、岩浆的成分

岩浆的化学成分可以间接用其本身凝结而成的岩石的化学成分来加以推断。它们主要是硅、铝、铁、镁、钙、钠、钾以及钛、锰、磷，还有就是氧、

氢和少量二氧化碳。这里应该指出，岩浆的成分是十分复杂的，远不止上述这些元素。但遗憾的是它的精确成分到目前为止我们还不能准确知道，因为我们不可能获得挥发物质一点没有损失的处于地下深处的岩浆。当岩浆凝结转变成岩石时，岩浆中已有大量挥发物质失去，岩浆的成分与由它自身凝结转变而成的岩石成分已大不相同。因此，从化学的观点来讲，即使我们把岩浆凝结而成的岩石重新熔化了，我们也不可能得到构成此种岩石的同样成分的岩浆。现代火山活动时，虽然勇敢的火山工作者可直接取到喷出地表的流动着的岩浆，但由于这些岩浆冒出地面时减低了压力，不少挥发物质已从岩浆中逸出，所以它的成分仍然不能真正代表存在于地下深处的岩浆的成分。

从岩浆冷凝结晶的矿物成分来看，它们主要是长石（或似长石）、石英、云母、闪石、辉石和橄榄石等矿物。由此可知，岩浆成分无疑是以硅酸盐为主的。但是，随着人们的不断实践，非硅酸盐岩浆在近几十年中也不断被发现，如碳酸盐岩浆、磷酸盐岩浆以及铁质岩浆等。

五、岩浆的成因

岩浆形成于地下深处这是无疑的。但并不是说所有地下深处都有岩浆存在。另外，从时间上来看，也不是无论什么时候都有岩浆产生。因此岩浆不会是永恒的，由来就有的。列别金斯基指出：“岩浆活动在时间上发展的全部实际资料表明，岩浆不是由来就有，不是经常存在的，而是在构造运动的一定阶段周期性产生的。”

有些人认为岩浆的种类是有限的，即一种、二种或三种，也就是所谓一元论、二元论

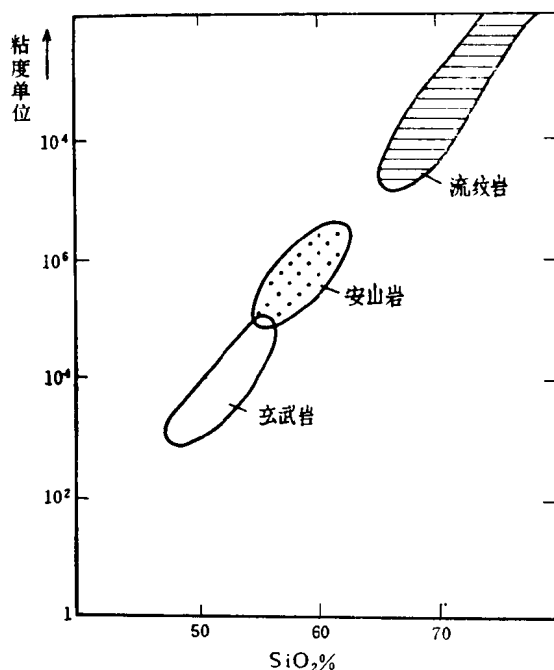


图 1—1 岩浆粘度与SiO₂含量关系图
(据弗林特和斯金纳1974)

或三元论。根据现代地球物理资料来看，随着地下深度的增加，不仅有物质成分变化，而且更重要的是物质状态的变化，甚至有元素的转化及原子变态等现象发生。更何况在长久的地质时代中，地下深处一直是处在发展和变化之中。这些事实表明岩浆“有限论”的观点是值得怀疑的。

岩浆岩和岩浆的异源性及其成因的异因性的研究材料说明，尽管物质成分上大体相同的岩浆，它们既不是同时生成、同一来源或同一成因，也不是同一深度、同一空间的产物。因此岩浆应该是多次产生和多种来源的。但这并不是说岩浆是可以随时随地任意产生的。岩浆的形成和活动是地壳发展运动中的一种物质运动形式，它服从于地壳发展过程的规律，是有阶段有条件的。

至于岩浆的成因，说法较多，但主要有两种：一种认为在地壳的局部地方，由放射性元素蜕变使温度增高，岩石发生熔化形成岩浆；另一种认为由于地壳某一部分的压力减小，降低了这部分物质的熔点，固体物质转化为熔体即形成岩浆。前一种观点形成很早，目前已失去很多人的支持。相反，后一种观点却越来越被人们所重视了。

根据萨伯丁 (S. T. Subbotin 1970) 研究的最新资料，可知岩浆的产生与地幔物质的相变，多形和电子转换引起的构造运动有关。现将地壳下陷与岩浆形成的图式假定如下：

1. 地球旋转速度的改变和一定内生和外生作用一样，产生附加的地球动力和热弹性应力。

2. 附加应力（正的）会增加垂直应力，结果，在地幔有些地区，热动力条件达到临界值。临界条件促使相变和其他变化，并伴随着物质体积的减小。由于重力影响，这种作用过程又引起上层地幔层向下移动。

3. 下陷移动开始阶段，如壳下地幔层向下移动，由于地壳层的强度，会在地壳与地幔层之间形成一压力较低的地带（图1—2a）。低压力又引起物质熔融温度的降低，使温度界限增高；最少的高熔融成分或整个地幔物质受到熔融，因此出现岩浆巢。依据热力条件和地幔物质的不均匀组成，一个岩浆巢可不直接在地壳下，而发生在地幔的较低的深处。

4. 更进一步的作用，包括深部地幔物质的压缩，是由于更大规模物质的相变和其它变化，使上地幔层发生新的下陷，接着使地壳强度不足以支持上部岩层。于是地壳某区破裂塌陷，并产生洼地。

5. 地壳下陷地区（洼地）开始受到由下面通过破裂而上来的岩浆熔体（图1—2b），以及化学成因的或陆源的沉积物所充填。

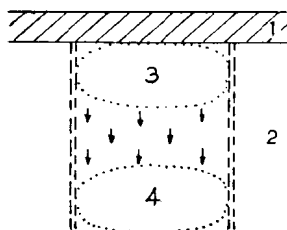


图 1—2a

（据萨伯丁）

1—地壳，2—地幔，3—岩浆巢的去压和起源，4—压缩

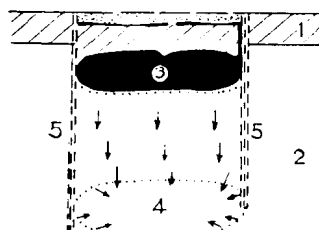


图 1—2b

（同1—2a）

1—地壳，2—地幔，3—岩浆熔体，4—压缩，5—断层

6. 由于地球旋转速度有着不同大小的变化, 内生和外生作用随着时间变化, 所以, 附加地球动力和热弹性应力不可避免地改变其状态。这个现象会引起压缩作用的停止, 相反的作用便取代了, 这就是地幔物质的扩张。以上情况说明沉积作用的不连续性质, 以及已经积聚的岩系的部分侵蚀。

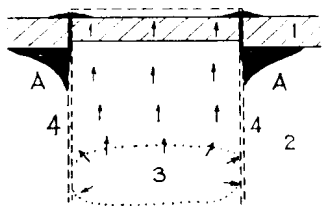


图 1—3

(据萨伯丁)

1—地壳; 2—地幔; 3—膨胀; 4—断层

形成地壳隆起的图解可以用同样的方法绘制出来(图1—3), 但是具有应力和运动的相反方式, 即地幔物质不是收缩而是膨胀。还有, 显然在上升带内对岩浆巢有利的条件都排除了。这类条件(减压条件)可能在上升带以外, 即地幔上升地区边缘的深断裂以外地区出现, 这也就是图1—3中A的部位。但是在这种情况下形

成的岩浆巢要比下陷时所形成的岩浆巢小得多。

另外, 根据现代板块构造学说, 认为岩浆的产生可能与板块运动密切相关。例如, 当大洋岩石圈板块沿贝尼奥夫带(消减带)俯冲至大陆岩石圈板块下面时, 一方面有大量水分带入贝尼奥夫带, 促使岩石熔点降低; 另一方面由于摩擦作用又会产生高热, 这就容易使岩石发生熔融, 从而形成岩浆(图1—4)。但是到底在什么深度发生熔融? 目前尚缺乏

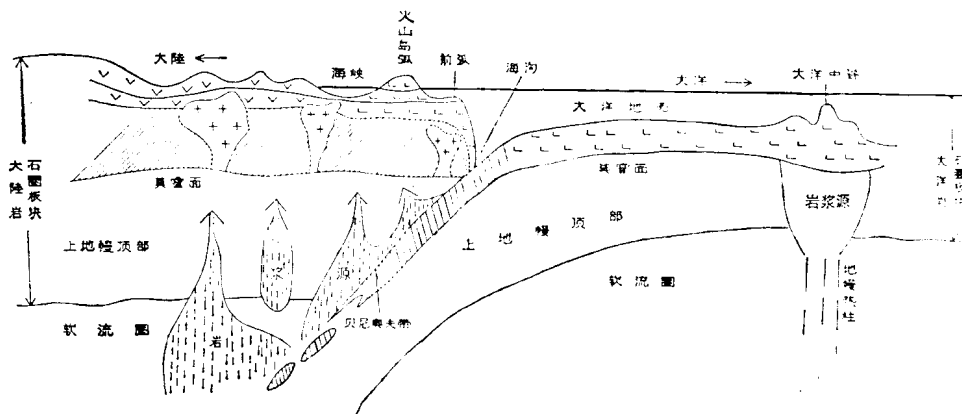


图 1—4 板块构造与岩浆生成的关系

(示意)

统一认识。在有大量水存在的条件下, 据奥克斯伯(Oxburgh, 1970)等人所作的贝尼奥夫带地热模式, 只要在该带20公里深处, 岩石就开始熔蚀。但是按托克索兹(Toksoz 1971)等人的地热模式, 岩石将在贝尼奥夫带80公里深度左右才开始熔融。由此可知, 同样两个地热模式试验, 结果却相差很大。由于干式岩石高温高压熔融试验可以看到, 不同成分的岩石有不同的P-T固相线(图1—5), 如果有水参加的情况下, P-T固相线又将发生不规则变化(图1—6)。从图1—5和图1—6上可以清楚看出, 同一种岩石(如花岗岩)在无水饱和水的情况下, 两者的P-T固相线显然不同。有人还做过这样的试验, 即同一种岩石在不同的水分压(P_{H_2O})条件下具有不同的P-T固相线。因此要想确切知道贝尼奥夫带上形成岩浆的深度是有困难的, 因为它不仅仅决定于地热梯度一种因素, 同时与位于贝尼奥夫带附近的上下岩石圈板块的成分以及水加入的多少有一定关系。

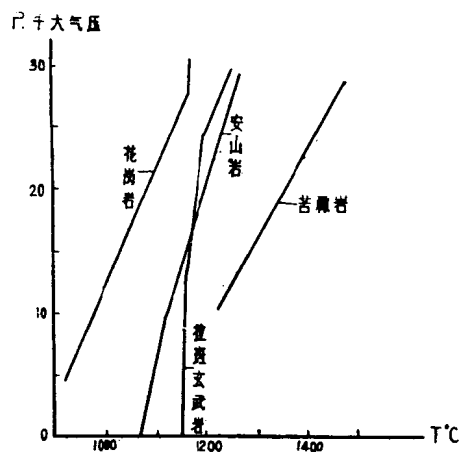


图 1—5 无水条件下, 不同岩石的P-T固相线
(据希塔洛夫1975)

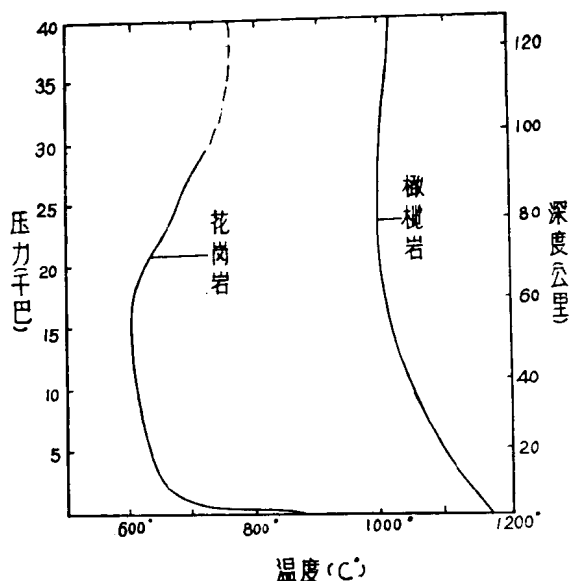


图 1—6 有水条件下, 不同岩石的P-T固相线
(据 Wyllie, 1971)

第二节 火 山

火山 (Volcano) 这个词来源于意大利, 原意是“火神”的意思。它本来是意大利黎帕里 (Lipari) 群岛中一个山岛的名字。在这个山岛上很早就出现过火山, 当时由于意大利人以为世界上除了他们那里有火山之外别处都没有了, 所以他们最早就用这个山岛的名字来命名火山。后来由于意大利有了这个名字, 因此便把它引用到世界各地的火山上去。

火山是地下深处的岩浆, 在一定的地质条件下沿地壳裂隙或通道上升至地表并喷出地面的地质生成物。当岩浆沿地壳裂隙或通道上升接近地表时, 由于外界压力的减小, 引起岩浆中挥发物质迅速逸散, 因而向上产生大量热气体, 通过逐渐聚积膨胀, 使热气体压力骤然增大, 最后突破地面缺口, 大量热气体挟带着碎屑物质喷射出来, 这就是火山喷发的开始。

一、火山现象

发生在火山喷发之前, 或与火山喷发相伴生以及火山喷发之后的一切现象都称为火山现象。这种现象出现的时间长短不一, 短的几个月, 甚至几天, 长的不仅可达数年, 而且可达数十年甚至数百年。地下的轰隆声, 地壳的震动以及山崩、水溢等现象往往是火山喷发的预兆。如阿拉斯加的加得曼火山喷发前几天, 人们就感到过强烈的地震。1912年6月6日, 这个火山喷发时, 曾发生巨大的响声, 这种响声在一千二百公里以外都可以清楚听

到。又如，1883年8月，印度尼西亚的喀拉喀托火山喷发前，苏门答腊和爪哇沿海一带发生了强烈地震，激起的海浪高达三十米以上。再如，1902年5月，马提尼克岛上的培雷火山强烈喷发前，不仅感到有地震，而且发现井里的水有明显的溢涨或退缩现象，几天以后，强烈的喷发就开始了。

火山强烈喷发，喷出的气体可形成巨大的烟柱，冲向天空，高度可达数公里甚至数十公里。这种烟柱通常有两种，一种是较纯的水蒸汽，呈现白色。如1822年意大利维苏威火山喷发时，在火山上空升起一根巨大的蒸汽柱，高达一万三千米（图1—7），这根巨柱在

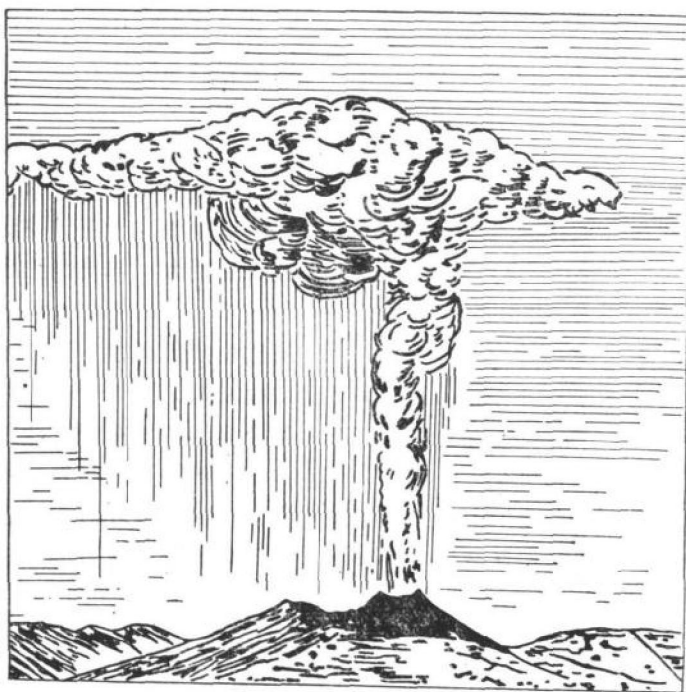


图 1—7 1822年维苏威火山喷出的蒸汽柱，高达13000米。形态似笠松
（扎华里茨卡雅）

二十小时内一直保持着这样的高度。另一种由水蒸汽和碎屑物质（火山灰为主）组成，呈现灰黑色。如1980年5月18日，美国华盛顿州波特兰东北的圣海伦斯火山爆发，喷出的蒸汽和碎屑物质混合成浓烟直上重霄高达六万英尺（图1—8）。浓烟在空中随风扩散，使北美洲的许多地区一片黑暗，白昼也得开着路灯。

火山喷发时，有时整个火山顶被浓云笼罩着，而且常常伴随着暴风雨发生，同时产生规模巨大的泥流。另外，在火山口能抛出一些炽热的岩石碎块，这是原来盖层或稍先凝结的熔岩被上升热气体压力冲破带出来的。夜间能够很好地看到它们的飞行，好象红色的灯火一样。至于火山灰即小于2毫米的火山碎屑物质被火山气体挟带着从火山口喷出那更是常见。它们在空中象连绵的雨点一样，大面积稠密降落，有时可在很大的范围内铺盖成层。层的厚度可达几米、几十米，有时甚至百米以上。这些火山灰在空中散布时，常可将日光全部遮盖，使火山喷发地区的白天变成黑夜，这种现象在1854年堪察加半岛的舍魏路

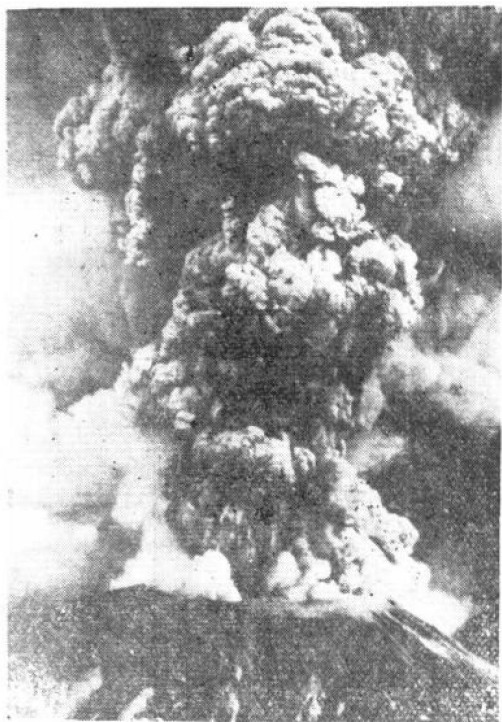


图 1—8 1980年5月美国华盛顿州波特兰东北的圣海伦斯火山

奇火山喷发时就曾出现过。那时候，大量的火山灰在天空中飘游，分布在火山口周围50公里的地方，使那一带白天完全和夜晚一样。更细的火山灰可以随风飘扬到离火山口很远的地方，如1883年喀拉喀托火山喷出来的火山灰，曾飞渡太平洋，直飘到北美洲，并且几乎将整个日本天空盖住，使日本白天全无日光。据弗洛达维茨记载，喀拉喀托那次火山喷出来的最小火山灰曾散布到10万公里之远处。

火山喷发时，对地面动植物，人类以及各种建筑物的破坏是极大的。它喷出气体，扩散开来可以毁灭人群和动植物。喷出的熔岩流或岩石碎块对地面的侵袭，其毁灭性更大。即使是细小的火山灰，当它稠密降落时，能将人群，动植物或各种建筑物统统埋葬掉。如公元79年，维苏威火山喷发时（图1—9），庞贝和赫拉古农姆两个美丽的城市因完全被泥流和火山灰覆盖而全部毁灭。另外，象1902年12月16

日，培雷火山喷发时，位于火山山麓之旁海岸上的繁华的圣彼耳城，仅在几分钟内就被燃烧着的黑色云团完全毁灭，房屋烧焦了，两万八千名居民都窒息，并且被火葬了。

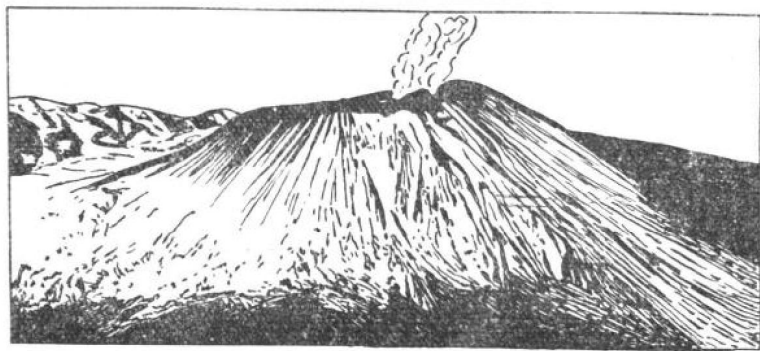


图 1—9 公元79年曾经埋没庞贝等城市的维苏威火山
(据《地理知识》74年第二期)

二、火山物质

火山喷发的物质是很巨大的。一次喷出的物质一般就可达几个立方公里，有的多达几十甚至几百立方公里。如1835年中美洲科谢格维诺火山一次喷出物质就达50立方公里，而

1815年4月5日松巴哇岛的塔姆博拉火山，一次喷出的物质更多，至少有100—150立方公里，多的估计达318立方公里。释放能量达 8.4×10^{26} 尔格，相当于1975年我国辽南地震释放能量的一万倍。一个火山经过多次喷发活动，其喷出物质多的可达几千立方公里。如堪察加半岛的克留契夫火山，经过大约五千年七百多次的喷发，喷出熔岩的总体积达三千四百多立方公里。至于火山喷发出来的气体数量是难以估计的，因为它很少有人精确测量。但根据阿拉斯加著名的“万烟谷”的火山喷气，推测每年逸出一百二十五万吨氯化氢和二十万吨氟化氢，至于逸出的水蒸汽的数量，那更是可观，每年竟达6623万吨之多！

火山喷出的物质有气态、液态和固态三种。在气态物质中，主要是水蒸汽，约占70%左右。其次是 CO_2 、 H_2S 、 SO_2 以及N和H，还有各种硫化物、氯化物或其他少量的氟化物、砷化物等。这些气体从火山口或火山山坡的裂隙中喷出，有时在火山喷发前很久就开始冒气，直到火山喷发结束后相当长的时间内，还在不断地向外冒出，这种现象叫做喷气活动。喷气的通道按气体成分和温度高低可以再分为水汽喷气孔、硫质喷气孔、碳酸喷气孔三种。气体中含有大量水蒸汽为水汽喷气孔的特征，除此它还含有许多卤族元素气体，温度范围是180—900℃。硫质喷气孔以喷出 SO_2 和 H_2S 为主要成分，温度范围为100—180℃。碳酸喷气孔以二氧化碳为主要成分，温度一般低于100℃。从某些火山活动的例子似乎可以看出这样的规律：离喷发中心越远或随着火山活动的减弱，则由水汽喷气孔逐渐过渡为硫质喷气孔，最后是碳酸喷气孔。有时火山复活以前，喷气特征会发生相反现象，这便可以判断喷发活动又可能即将到来。

火山气体物质在喷出时，可使通道周围岩石发生蚀变或矿化作用，如阿拉斯加的加得曼火山，在喷气过程中通道附近就生成了大量的硫化铅、硫化锌、硫化铜以及硫化铁。

火山喷发的液体物质主要是熔岩流。根据 SiO_2 的含量可以粗略分为基性、中性和酸性若干种，前者 SiO_2 含量低（<53%），粘度小，流动性大，有人测得其流速最大可达30公里/小时，因此它可流得很远。如冰岛斯卡普塔尔火山1783年喷发的基性熔岩流长达80公里以上。这种基性熔岩流凝固的岩石常形成波状表面，并可占据很大的面积。如印度半岛第三纪基性熔岩（德干玄武岩）的面积达60万平方公里。同时由于熔岩流粘度小，流动性大，因此常常沿山的陡坡急速奔流，形成各种形态的熔岩瀑布，如夏威夷基拉韦厄火山（图1—10）。酸性熔岩流， Si_2O 含量高（>63%），粘度大，流动性差，因此容易形成小的岩流，长度一般几十米至几公里。这种熔岩流在流动过程中冷却，表面形成逐渐变厚的外壳，壳内的熔岩流冷却很慢，这种熔岩流不可能铺得很广阔，常常形成小岩丘。中性熔岩流的特点介于基性熔岩流和酸性熔岩流之间。

从一次火山喷发的全过程来

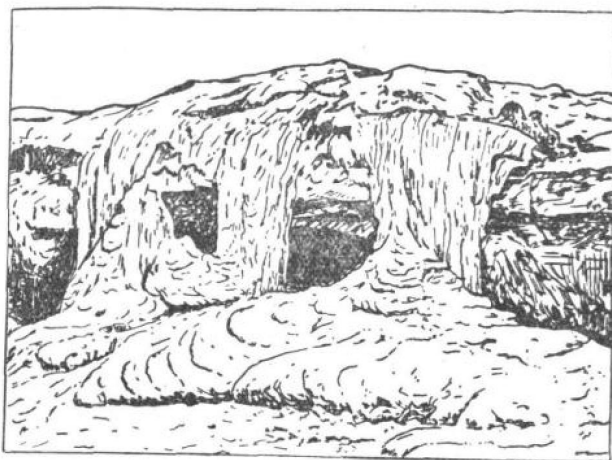


图 1—10 夏威夷基拉韦厄火山的熔岩瀑布
(据霍尔姆斯)

看，不少火山似乎具有这样的规律：喷出最早阶段是没有发生什么同化混染作用的基性熔岩流，到火山喷发晚期（衰弱期），则就会有较为酸性的熔岩流喷出，这是由于上升的基性岩浆（玄武岩浆）与硅铝层地壳的同化混染作用越到后来越明显的缘故。但是应该指出，这样的规律并不是绝对的，有时情况恰好相反，开始喷出的岩浆比较酸性，后来反而向基性演化了。同时也可见到，在一次喷发过程中，从早到晚岩浆性质基本保持不变的情况。

火山喷发的固体物质主要是指粘度很大的熔岩被高压气体冲击撕裂成碎屑，抛出地面又从空中降落堆积而形成的火山碎屑物，一般说来有这么几种：比较小的火山碎屑（ < 2 毫米），称火山灰，较大的形态不规则的火山碎屑（ ≥ 2 毫米）称火山角砾，再大一些的（ ≥ 100 毫米）火山碎屑称火山集块，其中常见有各种形态的火山弹。其次，火山喷发的固体物质还指各种凝固的岩石碎屑。这些碎屑一种是原来非火山岩盖层被上升岩浆的气体压力所冲破的产物，另一种可能是火山早期或以前喷发的熔岩凝固后又被新的喷发作用所冲破的各种火山岩碎屑（其中包括火山集块、火山弹、火山角砾或火山灰等）。再还可以有这样一些碎屑：即岩浆从深部带上来的岩石碎块，或岩浆把通道围岩的碎块也带上来。因此，火山喷出的固体物质种类是相当复杂的，不同的岩浆或不同的地质环境有不同的固体喷发物质。

从火山喷发活动的过程来看，除气体物质之外，常常先喷出的是固态碎屑物质，然后才喷出液态熔岩，两者的间隔时间有时很长，如维苏威火山，公元79年喷发以后很久一直没有喷出液态熔岩，几乎都是固态碎屑物质。第一次喷出液态熔岩的可靠记载是1036年，间隔近千年之久。固态碎屑物质是喷发强烈的产物，液态熔岩是处于平静喷发期的标志。最后是熔岩堵塞火山口，喷发告一段落。即由喷发期转入间歇期，这时剩余岩浆可沿火山喷发造成的裂隙贯入，形成各种岩脉。

三、火山分类

关于火山的分类，分歧意见不大。按照火山目前活动的情况可将火山分成三类：

1. 活火山

指火山正处于活动旺盛时间，它经常地或周期性发生喷发活动。如堪察加半岛的克留契夫火山，夏威夷群岛的基拉韦厄火山等。世界上的活火山很多，据统计，四百多年来已知的活火山有522处，它们的分布很有规律，主要分布在三个地带：

（1）太平洋边缘（有322个），如安第斯山、墨西哥、西印度群岛、阿拉斯加、阿留申群岛、堪察加半岛、千岛群岛、日本、菲律宾群岛、印度尼西亚群岛、新西兰等，构成所谓太平洋“火环”（图1—11）被人们称为“火山王国”的萨尔瓦多就位于这个“火环”之中。

（2）大西洋火山带，从北向南大致分布于加迈因岛、亚速尔群岛、佛得角群岛和阿森松群岛等岛屿。在这一带中，以被人们称为“冰火之地”的冰岛，其活火山最为著名。1973年1月，在冰岛以南的大西洋中，由于火山喷发又诞生了一个新的岛屿。

（3）地中海及非洲火山带，前者以意大利半岛和西西里岛为主，其中最有名的是维苏威火山。后者集中在东非裂谷（断裂带）。1977年1月7日又发生喷发的著名的尼腊贡戈火山就位于大裂谷之中。

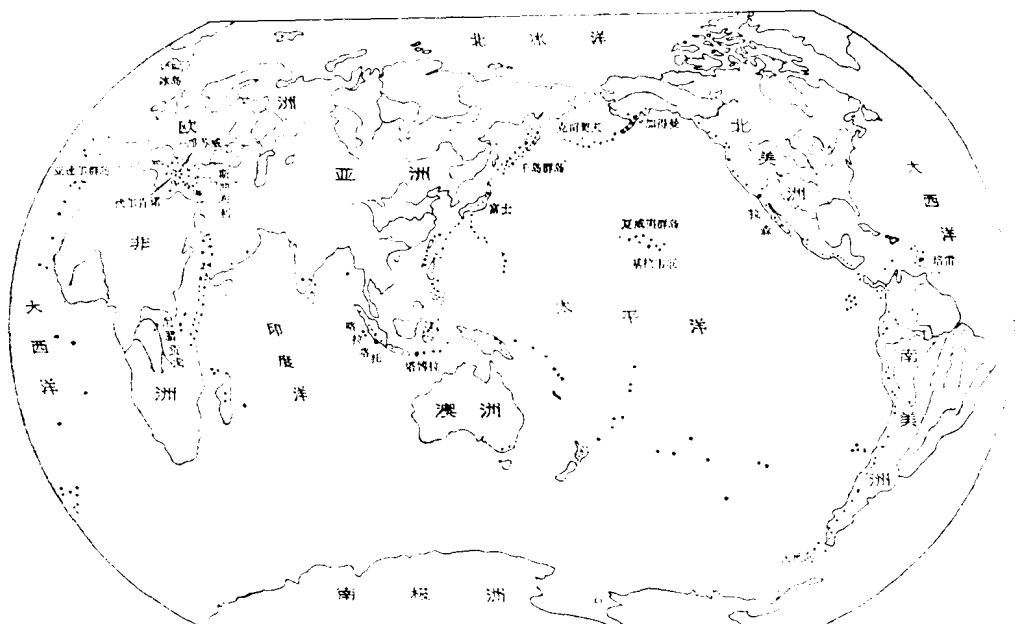


图 1-11 世界活火山分布图

(据奥勃鲁契夫, 经修改)

我国台湾省位于太平洋“火环”中, 近期火山活动以大屯火山群的主峰七星山最有名。其它省份的活火山很少, 仅在1951年昆仑山西段新疆于田喷发过一次。

2. 死火山

指在人类历史以前的地质时代曾发生过喷发, 但后来一直未见有火山活动, 并且原来的火山通道或火山物质遭到强烈破坏或剥蚀。如克里米亚, 山西大同, 南京方山等。

3. 休眠火山

这一般指比较年轻的火山, 在人类历史记载中曾经喷发过, 以后长期宁静, 但它们还保存着自己原来的形态, 因此决不能保证它们今后不再恢复自己的活动。如我国东北白头山的天池, 它曾多次喷发, 最近两次是1597年和1702年, 目前虽然没有喷发, 但山坡上还有一些深不见底的喷气孔, 不断喷出高温气体, 因此不能说它是死火山, 只能认为它目前处于休眠状态。

上述这种火山分类完全是为了简便起见, 实际上到底什么样的程度采用什么适当的名称, 至今还是议论不一。因为火山和其它自然现象一样, 是不断发展演变的。这三类火山之间并没有严格的界线, 对于死火山或休眠火山不能认为一成不变。如日本的箱根火山, 一向总称它是死火山, 但在大涌谷内目前还有喷气孔, 似乎又可称活火山或休眠火山。另外很早以前的死火山, 一旦喷发又可变成活火山。如意大利的维苏威火山, 原来是个死火山, 人们都安心地在山坡上耕作葡萄园, 可是在公元79年突然发生大破裂, 至今成为世界著名的活火山。又如阿拉斯加的加得曼火山, 从很古的时候起就一直处于静止状态, 但在1912年却又突然喷发了。

火山喷发的情况是多种多样的, 因此有不少人试图将世界上各种不同的火山喷发划成几个类型, 以便于对比研究。最早提出火山喷发类型的是斯科洛普 (Scrope 1825), 他将