


矿山地质环境灾害调查监测评估预防与矿山
土地复垦及地质环境治理项目质量验收
检查评价手册





本手册不单独定价销售，随光盘附赠

主编 王 敏

第

三

卷

新
学
社
PDG

得以幸免，但被封堵住钻不出来。因此，抢救队员应该对每栋倒塌体进行分析研究，探寻被埋压在下面的活人。

(6) 探寻踪迹。在搜寻过程中，抢救人员进入倒塌堆中，在其中穿行、爬过时，要注意遇险人爬过的痕迹及血痕，有可能找到已受伤或精疲力尽的遇难者。

(7) 在倒塌堆内听外面非常清楚，但外面的人听里面的动静却十分困难，这就要卧地贴耳细听，边敲边听。有时你敲他也敲，内外就联系上了。

(8) 即使已经知道瓦砾堆下有人，判定确切的方位也十分困难，借助训练有素的狗可以解决这个问题，有些瓦砾堆下的不规则缝隙，人爬行困难，狗却可以通过。利用狗寻找被埋压的人，在1985年墨西哥地震中，就发挥了很好的作用。

(四) 救人技术

1. 一般的技术知识

以5~10人为一组，救助邻居逐步扩大，邻居相互是“知情者”，易于确定埋压人位置。组与组要相呼应，能互救支援。

救人先确定头部，以最轻快的动作，使伤员头先露外，迅速清理口、鼻中尘土，逐渐暴露胸腹。挖到伤员时，不可用利器刨挖；不可拉扯，防止脊椎拉伤致残。窒息者应及时进行人工呼吸急救。

上有重物的支撑体，不可鲁莽行事，要注意保护支撑物、体。

被压埋人一时不能救出者，要先鼓励镇静等待，要通风、送水和送食品，要有人探望，待机械援救。

吊车起吊物要平稳、轻吊，防止支撑物倒塌或者吊物砸下的意外再伤害。

被救出人员要查明伤情，及时治疗。伤员要注意运送方式适当。如流血多者，先输血，饥饿性虚脱者，先输葡萄糖液。

要注意余震的再伤害。

要注意准确适度用机械援救。

2. 特殊的援救

进入瓦砾堆内寻找被救者，要步步注意加固通道支撑物，修“路”与搜寻相结合。

用机械凿开侧墙豁口进入可能被埋压者的空间。

在瓦砾堆上开凿竖井，到一个深度水平面搜寻。

救援人员进入时要带手电、风钻、风镐、搬运袋，等等。

夜间要用汽车灯、火把等等照明进行操作。

震灾是突发的，人的活动是随机的，应急避险又是各式各样的，建筑物的破坏也是十分复杂的，因此被埋压者各种各样的孔隙空间，救援者要多分析，头脑要清，动作要轻，注意自身安全，注意保护被救者的再意外伤害。

（五）救援人员的个人防护

作业人员要轮流分组作业，防止过度疲劳或者减少触尸时间。

作业人员要戴口罩、安全帽、护目镜、厚橡皮手套。穿防护服、扎橡胶围裙、穿高筒胶靴、扎紧袖口、裤脚，防止意外割伤或者尸液刺激损伤。要配戴安全带、电工刀、钳子、手电筒等。

作业时，互相密切配合，随时注意余震，相互照应。

作业完毕要注意消毒、认真清洗，特别是触及尸体后。

（六）营救中应注意的问题

营救中也是要十分小心谨慎的，既要快，又要稳。

首先，挖掘时要分清哪些是支撑物，哪些是压埋阻挡物，应当保护支撑物，清除压埋阻挡物，这样才能保护被压埋者赖以生存的空间不遭覆压。

吊起重物时，注意平稳轻吊，不要造成偏压或撞击，以免使下面的支撑空间失去平衡，造成被救对象受伤。

清除压埋物及钻凿、分割时，不要造成粉尘飞扬使被救者窒息。如果废墟下面空间较大，可让被救者暂躲在远处；如无条件躲避，可采取洒水息尘的办法。

暂时无力救出遇难人时，要对废墟下面的空间设法通风，由送饮食，静待时机进行营救，此期间要经常有人守望，注意防护，以免受强余震的威胁。

可利用近年来发展和推广的近人爆破（戊烷烧剂爆破）新技术，使混凝土或岩石碎裂崩解，避免造成强烈的冲击波。用此种爆破方法，可将覆压的遇难者顺利地救出。

被压埋者脱离废墟时，首先对其作初步检查。如果是饥饿性虚脱，要打葡萄糖针剂；如果是受伤流血过多，需要输血；如果脊椎骨折，则要注意用硬板担架抬送。总之，在现场就要对伤员进行检查、包扎、消毒、急救，然后再运往医院详查治疗。

八、地震灾情速报和评估

灾区境内发生破坏性地震，造成建筑物破坏和人员伤亡灾情后，震区各级人民政府和行业主管部门，必须立即采取一切快速有效的手段，了解辖区内的灾情，在一小时内向上级人民政府和地震部门报告初步了解的灾情，并进一步详细调查，继续上报汇总灾情资料，做好进行灾情评估的准备工作。

灾情上报内容主要是指地震发生后造成的下列影响：

(一) 人口影响

人员伤亡数量, 受灾人口、成灾人口及震后人民生活状况等。

(二) 经济影响

- (1) 民用建筑物倒塌、破坏、损坏的数量及资产价值数额;
- (2) 供电、供水、通信等生命线工程和公路、铁路、重要桥梁的破坏、损坏数量及资产价值数额;
- (3) 工矿企业生产设施和辅助生产设施的破坏程度, 破坏数量及资产价值数额;
- (4) 电视塔, 水塔等重要设项工程的破坏程度、数量及资产价值;
- (5) 水库、电厂、机场、高压输电铁塔、大型变电站等重大工程破坏、损坏情况及资产价值数额;
- (6) 大家畜伤亡数量及价值数额;
- (7) 家庭财产损失数量, 企业停产损失程度、数量, 企业恢复重建所需资金的投入量。

(三) 次生灾害影响

由地震引起水灾、火灾及油气管道破裂, 有毒、有害物质泄漏造成的损失与伤亡。

(四) 社会影响

地震对社会安定和社会生产情况产生的综合影响。

(五) 环境影响

地震后地表发生的滑坡、地裂缝、砂土液化等。灾区地震局在地震发生一小时内, 组织并派出地震灾情评估队伍, 及时赶赴地震现场开展工作。地震灾情评估由地震部门会同有关行业部门进行。

地震灾情上报, 应当在各级人民政府领导下, 由地震部门会同各行业主管部门共同进行。市、县(区)人民政府负责建立乡(镇)、村(居委会)灾情速报网; 各行业主管部门负责建立本系统内企业、事业单位灾情速报。各级灾情速报网必须责任落实到人。

火山地质环境监测技术与预防处理对策

地球具有明显的圈层结构，从地表向地心由地壳、地幔和地核三部分组成。莫霍面以下地幔上部由于压力大、密度高，局部呈熔融状态。在地球内动力作用下，地幔物质不断运动，当岩浆中气体成分游离出来使内压力增大到一定极限时，岩浆就顺地壳裂隙或薄弱地带喷出地表，形成火山喷发。火山活动是岩浆活动的一种形式，也是地球内能和热量释放的途径之一。

火山喷发是一种危害严重的地质灾害。从公元 1000 年以来，全球已有几十万人直接或间接死于火山喷发。20 世纪 80 年代是自 1902 年以来火山灾难最严重的时期，这一时期因火山喷发而死亡的人数相当于过去 70 年的总和。大规模的火山喷发还对人类赖以生存的自然环境造成不可估量的破坏和影响。目前，占全球近 1/10 的人口生活于有潜在喷发危险的火山阴影之下，而世界上大部分最危险的火山都处于人口稠密的发展中国家。火山喷发的危险性和减轻火山灾害的迫切性与重要性已引起世界各国的关注。“国际减轻自然灾害十年”把减轻火山喷发造成的灾害列为一项主要内容。美国、日本、意大利、俄罗斯、印尼、菲律宾等都相继开展了包括减轻火山灾害在内的多学科综合火山学研究工作，火山喷发预测预报和减轻火山灾害工作取得了显著进展。

第一节 火山与火山活动

一、火山的类型

根据火山活动的状况，火山可分为死火山、休眠火山和活火山三种类型。在地质历

史时期有过活动，而在人类历史中没有活动的火山称为死火山，它对人类不会造成危害。在人类历史时期曾经有过活动，近代长期没有活动的火山称休眠火山。现在仍在活动或周期性活动的火山称活火山，它对人类具有极大的危害性，是人类研究最多的一种火山。

火山喷发的时间长短不一，短的只有几个月，甚至几天；长的可达数年、数十年甚至数百年。火山喷发的规模和危害程度也不相同，喷发酸性熔岩（如流纹岩）的火山，因熔岩粘性大、气体含量高、爆发力强，常喷出大量气体、熔岩、火山碎屑物和火山灰；这种火山称为爆炸式火山。它破坏性大，对人类危害严重。喷发基性熔岩（如玄武岩）为主的火山，熔岩粘性小、温度高，气体和熔岩流常慢慢逸出，很少产生火山碎屑物，称宁静式火山。这种火山对人类危害相对较小。

二、火山喷发样式

对火山喷发进行严格分类难度很大。在绝大多数喷发事件中，活动类型和火山喷出物的性质都在变化，有时是逐渐的（几周、几个月或几年），有时每隔一天甚至一小时就发生变化。尽管如此，根据喷发样式、喷出物种类以及火山堆积物和火山地形可把火山喷发分为中心式喷发和和裂隙式喷发两大类和若干亚类，其中中心式喷发的亚类裂隙式要多（表 5-2-1，图 5-2-1）。

中心式喷发和裂隙式喷发的明显区别是前者多为爆炸式火山，后者多为宁静式火山。爆炸式火山如 1980 年华盛顿州的圣海伦斯（Mount St. Helens）火山喷发、1982 年墨西哥的埃尔奇乔恩（El Chichon）火山喷发和 1991 年菲律宾的皮纳图博（Pinatubo）火山喷发，它们均造成严重的生命和财产损失。宁静式火山喷发比猛烈的爆炸式喷发相对安全，美国夏威夷群岛的火山喷发多为宁静式。

三、火山喷发物

爆炸式火山喷发时，首先喷出黑色气体烟柱；然后喷出大量围岩碎块及熔岩物质，降落在火山周围地区；最后冒出灼热的熔岩，并沿山坡向下流动。火山喷发停止后还会有残余气体喷出和温泉涌现。而宁静式火山很少喷出烟柱与碎屑，只溢出灼热的熔岩流。

（一）气体喷发物

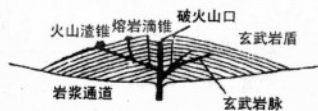
气体喷发物中，水-气比例很大，约占 60%~90%；其他成分主要有 H_2S 、 SO_2 、 CO_2 、 HF 、 HCl 、 $NaCl$ 、 NH_4Cl 等。它们可形成各种矿产而为人类所利用，同时也经常对自然环境造成一定的破坏。

表 5-2-1

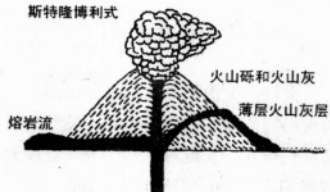
火山喷发样式

喷发样式	特 征	地形或喷出物	实 例
夏威夷式	玄武岩岩浆从破火山口侧壁裂隙内流出, 火山碎屑物粒径较小, 喷泉式, 非爆炸式	盾火山, 破火山口, 熔岩管, 喷出锥, 熔岩流	莫纳洛瓦 基拉韦厄
斯特隆博利式	炽热的火山弹、火山灰和火山砾以温和的爆炸式喷发, 有喷气活动, 熔岩从侧壁裂隙流出	喷出锥, 火山渣锥	斯特隆博利 Paricutin
武尔卡诺式	形成粘稠的、富含 SiO_2 的岩浆, 由火山灰和火山砾碎屑组成浓黑的喷发云, 有时出现火山碎屑流	形成细粒火山碎屑和玻璃质 熔岩环绕的浮石锥	武尔卡诺 Barcena
珀莱山式	形成粘稠的、富含 SiO_2 的岩浆, 猛烈的破坏性喷发和灼热的碎屑物崩落	四壁陡峭的穹窿 短而厚的熔岩堆	珀莱山 Santiaguito
普林西尼式	异常强烈的连续气体爆炸, 富含 SiO_2 的岩浆, 大量的火山碎屑, 破火山口的相对海拔高	复合火山(层状火山)	维苏威 科拉克托 皮纳图博
Surtsey 式	上升的岩浆与地下水或海水接触而发生强烈的爆炸式喷发	火山灰锥 火山渣锥	Surtsey 塔式
蒸气-爆炸式	非常强烈的爆炸, 无新鲜岩浆喷出, 仅有与蒸气混合的固体岩石碎块; 起源于地下深处与地下水与热的岩石相接触	穹窿 坍塌的破火山口 炽热的火山泥流	维苏威 别齐米安纳亚 圣海伦斯山
与中心火山口相关的裂隙式	由局部或区域应力作用于锥火山或盾火山而形成, 喷发的特征和岩浆的成分可变	放射性裂缝, 火山口呈线形排列	拉基 赫克拉
高原玄武岩式	喷出物数量最大, 形成流动的玄武岩熔岩	广阔的玄武岩岩席 复合盾火山低地	哥伦比亚高原 德干高原
海底喷发式	沿洋中脊或“热点”喷发, 或与海底扩张有关, 流动的玄武岩岩浆	枕状熔岩, 玻璃质熔岩 海底宽大裂隙系统	大西洋中脊 东太平洋隆起

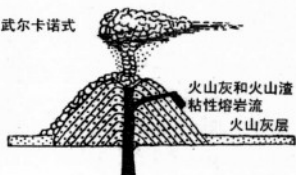
夏威夷式



斯特隆博利式



武尔卡诺式



珀莱山式



高原玄武岩式

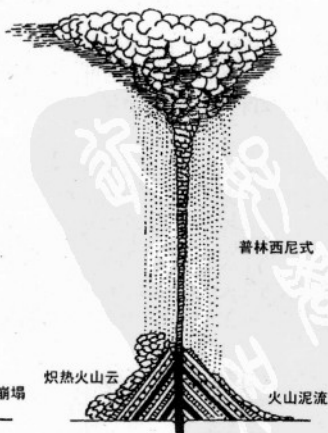
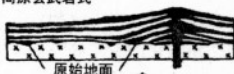


图 5-2-1 火山喷发样式图

(二) 火山碎屑流

大规模火山喷发期间沿火山侧面斜坡快速向下运动的炽热高速的火山碎屑物质流称为火山碎屑流，或称熔岩流。基性熔岩流可形成熔岩条带、熔岩被或熔岩锥。熔岩条带呈狭长带状，长度可达数十公里。熔岩被可由几平方公里到上万平方公里，如印度德干高原玄武岩被面积达 $6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。熔岩堆多呈短而厚的穹窿状。

碎屑流物质通常是粘稠的、富含气体而且炽热。这是火山灾害中最具毁灭性的一种形式。有关火山碎屑流的历史记载表明，它们可从火山口流到 100km 外或更远的地方，流动速度可以达到每小时 700km 以上。火山碎屑流可能是由火山口顶部附近热熔物质的重力或爆炸坍塌而引起的，并形成由岩块、火山砾、火山灰和热气交织的粘稠混合物。地质学家称这种缺乏分选的堆积物为熔结凝灰岩。火山碎屑流也可能是由喷发柱部分或连续的塌落引起的。例如，1980 年圣海伦斯火山喷发期间，由喷发柱塌落形成的温度高达 850°C 火山碎屑流沿山体北侧向下运移了 8km，并覆盖了大约 15 km^2 的地方。

(三) 火山碎屑物

火山喷发时射出的岩石碎块称为火山碎屑物，主要有火山灰、火山渣和火山弹。火山喷发碎屑是所有在空中形成的火山碎屑物的总称，包括新固化的岩浆和老的破裂岩石的碎块。直接从中落到地面的单个碎屑物以及在空中作为流动热物质一部分向远处传送的碎屑物都属于火山喷发碎屑。丰富的火山喷发碎屑物质是猛烈的爆炸式喷发的重要特点。

爆炸式喷发的强烈程度与熔融岩浆中溶解的气体含量有关。当上升的岩浆到达地面时，由于压力迅速减小，炽热稠密的气体发生膨胀，从而导致火山碎屑混合物向空中猛烈地射出。这种灼热的混合物在火山口上方较冷的空气中迅速上升而形成喷发柱，高度可达十几到数十公里。各种大小不等的火山碎屑和灰尘在重力作用下到达一定高度时转而下降并散落在火山口周围。较细的火山灰云达到大气圈平流层后，在大气环流的作用下发生漂移，使火山喷发碎屑可以扩散到几百公里甚至上千公里远的地方。

四、火山的空间分布

火山活动主要与上地幔物质运动有关，同时也与地壳运动和地质构造有关。地幔是玄武岩岩浆和安山岩岩浆的发源地。火山喷发大多发生于大洋中脊或板块俯冲带，但也有位于板块中央而远离任何板块边缘的火山活动，如夏威夷火山群。这些火山形成于地幔中被称为“热点”的玄武岩岩浆深部发源地之上（图 5-2-2）。

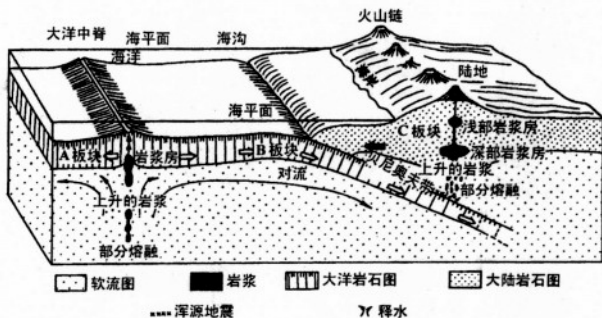


图 5-2-2 火山喷发形成机制图

(一) 全球火山分布

火山主要分布在地壳厚度薄、构造活动剧烈的地区。目前，全世界死火山约有 2000 余座，活火山 850 座。从总体看，它们的分布有一定的规律性。

1. 环太平洋火山带

呈环带状分布，太平洋东岸自南至北有安第斯山脉、中美、北美西部的科迪勒拉山脉、阿拉斯加；太平洋西岸自北而南有阿留申群岛、堪察加半岛、千岛群岛、日本群岛、中国的台湾岛、菲律宾群岛、印度尼西亚诸岛、新西兰岛，直到南极洲（图 5-2-3）。环太平洋火山带是世界上最大的火山带，分布有 400 多座活火山。

环绕太平洋的火山形成所谓的“火链”，地质学家还称之为“安山岩线”。许多世界上活动最强、爆炸最猛烈的火山都分布在环太平洋火山带上，如皮纳图博火山（菲律宾）、Unzen 火山和富士山（日本）、科拉克托和坦博拉（印度尼西亚）以及 Spurr 火山（美国阿拉斯加）。

2. 地中海火山带

呈东西带状分布，自西向东主要有伊比利亚半岛、意大利、希腊、土耳其、高加索、伊朗、喜马拉雅山，经孟加拉湾向东与环太平洋火山带西支交汇。著名的火山有公元 79 年喷发的意大利利维苏威火山和 1669 年喷发的西西里埃特纳火山。

3. 大西洋海底火山带

呈南北带状分布，北起格陵兰岛，经冰岛、亚速尔群岛、直至圣赫勒拿岛。该火山带火山活动较强烈，有活火山 60 座。

4. 东非火山带

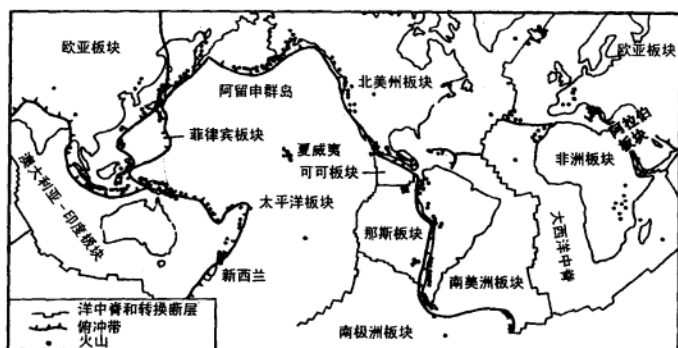


图 5-2-3 全球火山带分布示意图

沿东非大裂谷呈南北带状分布，从尼亚萨兰湖，向北经坦葛尼喀湖至维多利亚湖。

(二) 中国火山分布

到目前为止，我国已发现的火山锥约 660 座，其中绝大部分是第四纪死火山，近代还活动的火山很少。我国的火山分布也具有较明显的地带性。

1. 东北环蒙古高原区域

包括黑龙江、吉林、内蒙古和晋北等地，已发现的死火山锥数目较多，仅大同地区就有 20 余座。著名的火山有五大连池火山群等。

2. 西南青藏高原区域

主要包括新疆南部昆仑山、西藏、云南等。著名的火山有云南腾冲火山群。

3. 东部环太平洋西岸区域

北起长白山，经山东、河南、江苏、台湾、雷州半岛等地向南一直到海南岛，成为环太平洋火山链的一部分。

第二节 火山喷发灾害效应与资源效应

火山喷发对人类赖以生存的地球环境的影响可产生两种效应，即灾害效应和资源效应。从灾害角度讲，火山喷发可引起地震、海啸、火山碎屑流、气候异常变化等灾害。

大规模的火山喷发不仅造成巨大的经济损失，还可能使数以万计的人员伤亡。

7.1 万年前，苏门答腊岛上的多巴火山喷发几乎使人类遭到灭顶之灾。那次火山喷发估计向大气层喷出了 800km^3 的火山灰，印度大部分地区落下了厚厚的一层火山灰，北半球超过 1/3 的地区持续几个星期笼罩在黑暗之中。

纽约大学地质学家迈克尔·兰皮诺说，滞留在大气层中的反射光线的硫粒子造成了长达 6 年的冬季效应，高纬度地区的夏季温度下降了 6.1°C ，北半球很可能有 3/4 的植物死亡。伊利诺伊大学考古学家斯坦·安布罗斯认为，多巴火山喷发后造成多年的冬季效应，5 万 - 10 万年前人口以及物种遗传变化的急剧减少便是由多巴火山喷发造成的。他认为，由于延续多年的冬季效应，导致越来越多的积雪在夏季不能融化，从而把更多的照射到地球表面的阳光反射回去，造成地表气温更低，其结果是出现了长达千年的冰期。

在过去 2000 年中，由火山喷发而造成的死亡人数已有 100 多万人。几百年来，每个世纪都有约 10 万人丧生于火山喷发，经济损失约 10 亿美元（1991 年价格）按目前的价值计算，在 20 世纪的前 80 年里，火山喷发造成的损失估计达 100 亿美元。表 5-2-2 列举了自公元 1800 年以来 18 次造成千人以上死亡的火山喷发事件。大规模的火山喷发还对人类赖以生存的自然环境造成不可估量的破坏和影响。目前，全球近 1/10 的人口生活在有潜在火山喷发危险的阴影之下，而世界上大部分最危险的火山多处于人口稠密的发展中国家。

表 5-2-2 公元 1800 年以来死亡千人以上的火山灾害

火山	国家	年份	人员死亡的直接原因			
			碎屑物喷发	泥流	海啸	饥荒
马尤恩	菲律宾	1814	1 200			
坦博拉	印度尼西亚	1815	12 000			80 000
伽伦甘哥	印度尼西亚	1822	1 500	4 000		
马尤恩	菲律宾	1825		1 500		
阿乌	印度尼西亚	1826		3 000		
科托帕希	厄瓜多尔	1877		1 000		
科拉克托	印度尼西亚	1883			36 417	
阿乌	印度尼西亚	1856		3 000		
阿乌	印度尼西亚	1892		1 532		
苏弗里埃尔	圣文森特	1902	1 565			
珀莱山	马提尼克	1902	29 999			
圣珀丽山	危地马拉	1902	6 000			

火山	国家	年份	人员死亡的直接原因			
			碎屑物喷发	泥流	海啸	饥荒
塔尔	菲律宾	1911	1 332			
克卢特	印度尼西亚	1919		5 510		
默拉皮	印度尼西亚	1930	1 300			
拉明顿	巴布亚新几内亚	1951	2 942			
阿贡	印度尼西亚	1963	1 900			
埃尔希琼	墨西哥	1982	2 000			
鲁伊斯	哥伦比亚	1985		23 000		

一、火山喷发灾害

火山喷发灾害可分为原生灾害和次生灾害两种类型（表 5-2-3）。但任何一次火山喷发都可能产生多重灾害。如 1980 年美国圣海伦斯火山（Mount St. Helens）喷发时，产生了碎屑流、涌浪、气爆和尘粒等灾害。火山喷发的原生灾害与喷发物质的性质密切相关，如喷发酸性熔岩的火山主要以火山碎屑流、地震、喷发物降落、有毒气体逸散等灾害为主。次生灾害中，火山泥流、火山影响（振动波和放电）、酸雨、洪水、气候变化和地面变形等虽然比较普遍，但其破坏程度较低。就人员伤亡而言，海啸和因喷发引起的饥荒与疾病对人类造成的灾难非常巨大。

表 5-2-3 火山喷发的环境效应

灾害效应		资源效应
原生灾害	次生灾害	
火山地震灾害	气候效应	矿产资源
熔岩流灾害	火山喷发物滑坡	景观资源
火山碎屑流灾害	次生碎屑流、火山泥流	地热
水汽爆炸	洪水、海啸	矿泉
有毒气体逸散	酸雨	宝石
火山喷发物降落	大气冲击波	
侧翼定向爆炸	喷发后饥荒与疾病	
地面运动	地面变形	

(一) 火山熔岩流灾害

大多数火山都产生一些熔岩，但大规模的熔岩流是静火山的特征，如夏威夷的火山。熔岩流对人类的危害程度主要取决于熔岩流的规模、流速、火山口外壁斜坡坡度和熔岩流的粘滞性。熔岩流的规模越大、流速越快、火山斜坡坡度越陡、熔岩流流体的粘滞性越小，所造成的灾害就越严重。当它们是由裂缝中急剧喷发而不是从火山口中心喷发时，熔岩的流动性则取决于其化学组成，尤其是 SiO_2 的含量。液态的熔岩具有很高的流动性，在陡峭的斜坡上低粘滞性的熔岩流能够以大约 15m/s 的速率沿山坡向下流动。

据记载，与熔岩流相关的最大灾难发生在冰岛。

1783年冰岛的拉基(Laki)火山喷发，沿24km长的裂隙带同时喷出无数的“熔岩喷泉”，时间长达5个多月。向裂缝一侧熔岩流流出64km，向另一侧流出48km。熔岩覆盖面积达565km²，涌出的熔岩体积估计在 $12.3 \times 10^9\text{m}^3$ 左右。这是有史以来最大的熔岩流，也是最可怕的一次熔岩流。它漫过14个农庄，使另外30多个农庄遭到了重创。这次火山活动尽管直接造成的人员伤亡较少，但给当地的居民造成了严重的灾难：熔岩流摧毁了房屋和农作物，烧死了牲畜，覆盖了田野；并使占当时冰岛人口总数22%的人在随后的饥荒中死亡。1944年6月墨西哥帕里库廷火山毁灭了帕里库廷村和圣胡安·德帕兰格里库提诺市，有500余人葬身于熔岩流，昔日繁华的城市只剩下教堂的尖顶尚未被熔岩流淹没。

(二) 火山碎屑流灾害

大规模火山喷发期间沿火山侧面斜坡快速向下运动的炽热高速的火山碎屑物质流称为火山碎屑流，这是火山喷发最具毁灭性和最致命的形式。与缓慢运动的熔岩流不同，炽热而快速运动的火山碎屑流可能使尚未来得及跑开的人群惨遭灭顶之灾。

火山碎屑流能量大、流速快，可从火山口流到100km外或更远的地方，流动速度可达700km/h以上。在相当短的时间内，火山碎屑流可摧毁火山口附近方圆几公里甚至上百公里范围内的森林、村庄、桥梁及建筑物等，使火山口附近居民的生命财产安全受到严重威胁。

公元79年8月24日，经过一段时间的前期活动后，维苏威(Vesuvius)火山喷出4km³的浮石、火山灰和岩浆块体；约有一半的旧火山口被毁坏。火山灰柱的高度随着火山能量的增强和减弱而变化。在减弱期，高大的火山灰柱突然坍塌下来，产生沿火山斜坡向下的火山碎屑物流。位于下游10km处的庞贝城(Pompeii)被厚度达3m的火山碎屑流所掩埋，在房间内发现的一些尸体表明他们在死亡之前曾做过几个小时的挣扎；逃到海边的庞贝人也未能从这次劫难中存活下来，死亡总人数约有4000人。离火山较

远的 Stabiae 镇的大部分也被毁坏。庞培古城在历史上消失 1600 多年后才被发现。

几乎没有人能够躲过火山碎屑流的袭击。因火山碎屑流而致死的人数在 20 世纪占火山总死亡人数的 70%。

20 世纪最具破坏性（按死亡人数算）的火山碎屑物流是 1902 年发生在马提尼克的加勒比岛珀莱山（Mount Pelee）火山喷发。在这次喷发中，热火山灰崩塌沿珀莱山侧面以约 160km/h 的速度向下冲去，瞬间就掩埋了圣皮尔（St. Pierre）市，并造成 29000 人死亡。

（三）火山喷发物降落造成的灾害

大规模的火山喷发会使大量的火山碎屑（火山集块、火山角砾、火山弹）及火山灰抛向空中，当这些物质降落时就会掩埋、破坏地面建筑、森林及动植物，甚至危害人的生命（图 5-2-4）。

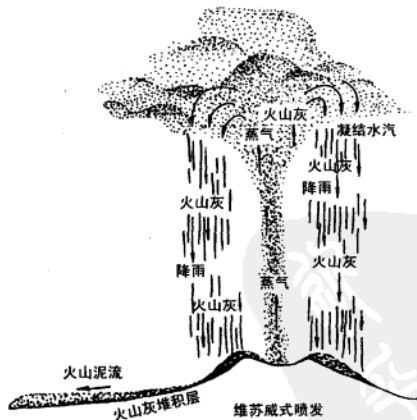


图 5-2-4 维苏威式火山喷发及其环境效应示意图

在 1902 年危地马拉的圣玛丽亚火山喷发中，降落的火山灰堆积厚度达到 200mm，致使许多房屋屋顶塌落，从而造成 6000 多人丧生。

尽管降落的火山灰致人死亡的数量不足因火山喷发死亡人数的 5%，但降落的火山灰对农业具有广泛的影响，大量的火山渣将掩埋或毁坏蔬菜和农作物。即使是降落少量的火山灰或其他残粒都会对饲养的动物造成伤害。如果火山碎屑中含有氟或其他有毒化学物质，牧场和水源可能受到污染。