

院士谈减轻自然灾害

YUAN SHI TAN JIAN QING ZI RAN ZAI HAI

火山灾害

VOLCANO DISASTER

陈颢 著



地震出版社

院士谈减轻自然灾害

YUAN SHI TAN JIAN QING ZI RAN ZAI HAI

火山灾害

VOLCANO DISASTER

陈颀 著



地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

火山灾害 / 陈颢著. -- 北京 : 地震出版社, 2018.5

ISBN 978-7-5028-4954-2

I. ①火… II. ①陈… III. ①火山灾害 — 普及读物
IV. ① P317.9-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 044894 号

地震版 XM4142

火山灾害

陈 颢 著

责任编辑 : 董 青

责任校对 : 樊 钰

出版发行 : 地震出版社

北京市海淀区民族大学南路 9 号

邮编 : 100081

发行部 : 68423031 68467993

传真 : 88421706

门市部 : 68467991

传真 : 68467991

总编室 : 68462709 68423029

传真 : 68455221

<http://www.dzpress.com.cn>

经销 : 全国各地新华书店

印刷 : 北京地大彩印有限公司

版 (印) 次 : 2018 年 5 月第一版 2018 年 5 月第一次印刷

开本 : 787 × 1092 1/16

字数 : 97 千字

印张 : 4.25

书号 : ISBN 978-7-5028-4954-2/P(5657)

定价 : 58.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

C 目录 Contents

什么是火山.....	1
火山的形状	1
喷火的山	6
喷发的方式	8
喷出的物质	10
火山的大小	13
火山的喷发.....	14
岩浆 (Magma) 是如何形成的	16
岩石熔化形成岩浆的条件	18
发生在汇聚板块边界的火山——太平洋火圈	19
发生在发散板块边界的火山——大洋中脊	22
大洋中的火山	23
火山的危害.....	24
严重的灾害	26
维苏威 (Vesuvius) 火山	28
圣海伦斯 (St. Helens) 火山	30
皮纳托博 (Pinatubo) 火山	32
埃亚菲亚德拉 (Eyjafjaalla) 火山	35

研究火山的意义36

 旅游资源36

 农业资源42

 矿产资源44

 科学价值——地球深部的探针46

中国的火山..... 50

 长白山天池火山52

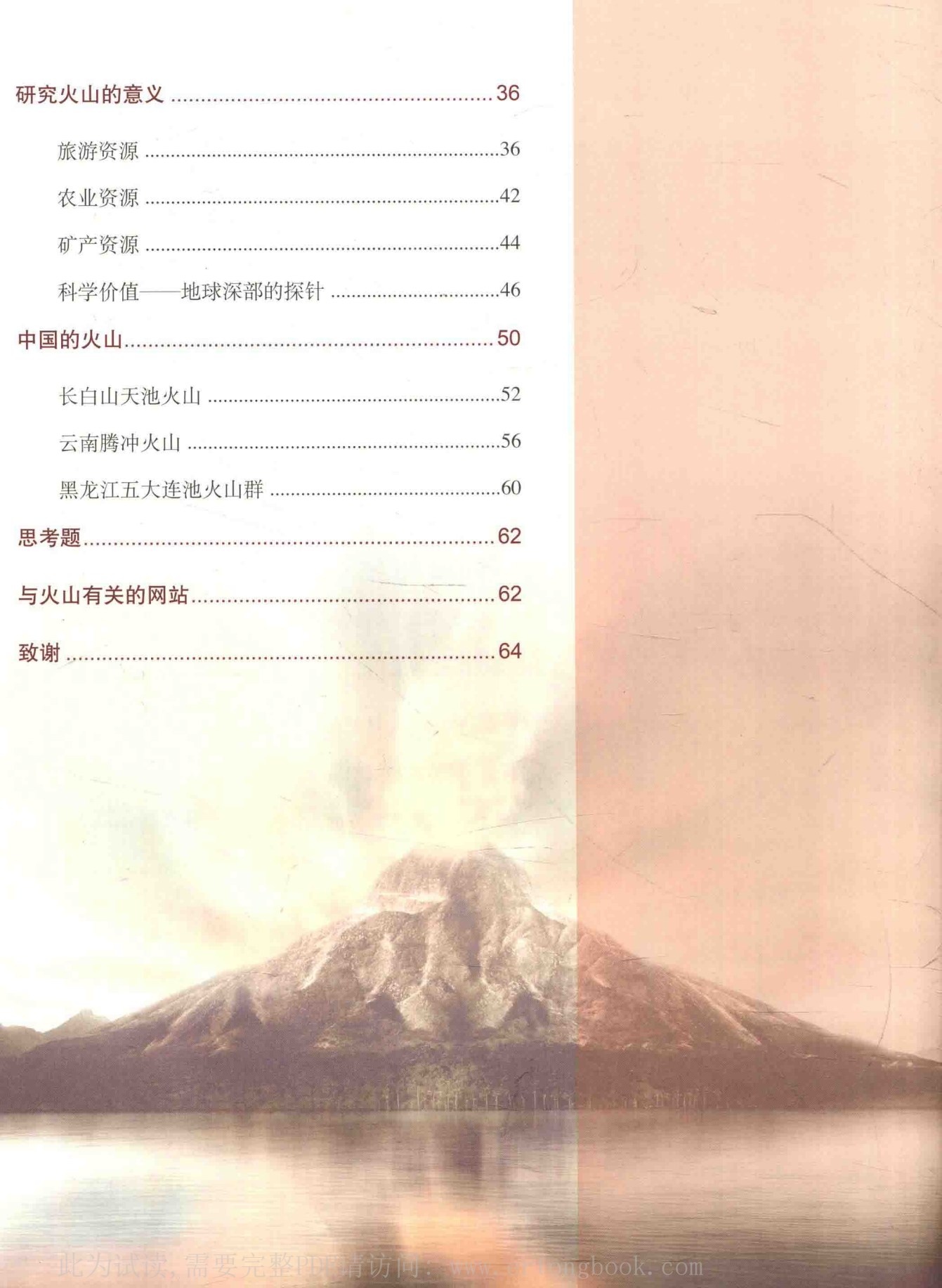
 云南腾冲火山56

 黑龙江五大连池火山群60

思考题..... 62

与火山有关的网站..... 62

致谢 64



什么是火山

■ 火山的形状

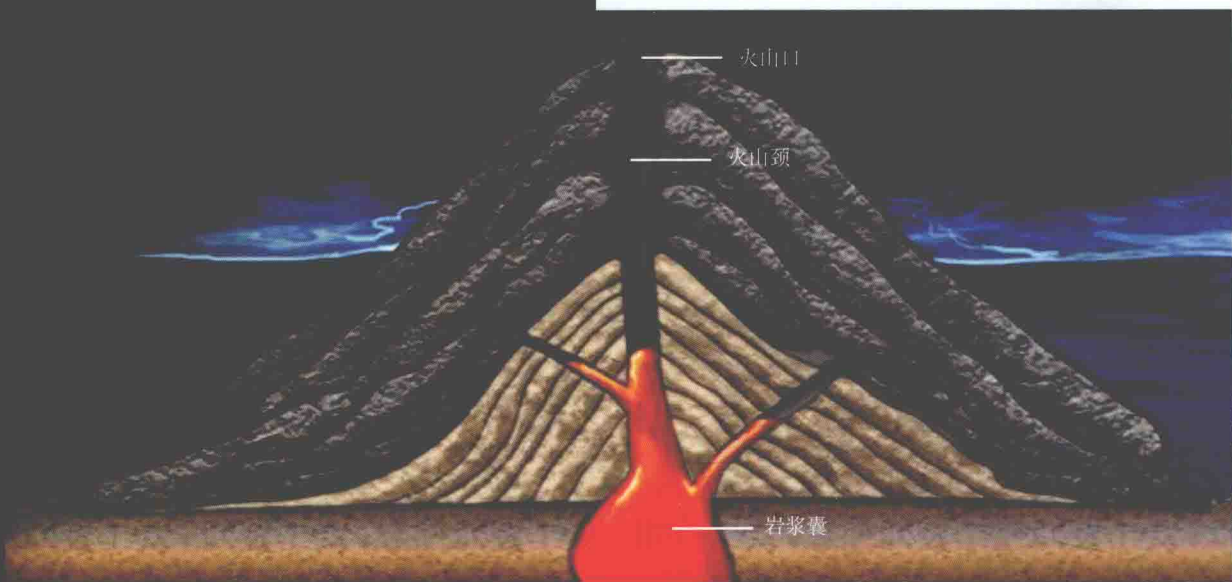
火山是地下岩浆喷出地表形成的锥状、盾状及其他形状的山丘。和一般的连绵不断的山脉形状不同，火山大多是孤立的圆锥形的，它是由火山喷发时喷出的熔岩、火山灰和碎石落下后堆积而成的。在一般情况下，自由落下的熔岩、火山灰和碎石堆积成圆锥形火山。下图给出了日本富士山典型的圆锥形外貌。中国的火山，如长白山和腾冲火山，也都具有孤立的

圆锥形的火山形状。

火山熔岩的黏稠度不高的时候，熔岩流可以快速流动很长的距离，形成的火山形状多为圆锥形。但在板块碰撞带的火山喷出的熔岩特别黏稠，流动缓慢，可能会堵住火山口，压力不断增加，直到发生爆炸性喷发，破坏了原来的火山锥，这时形成的火山口会偏离山体的形状。

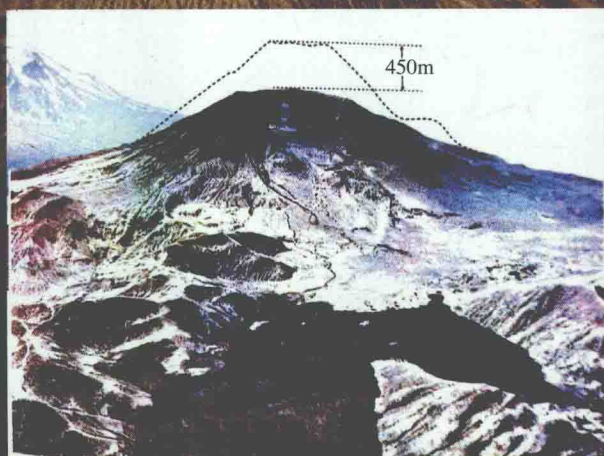
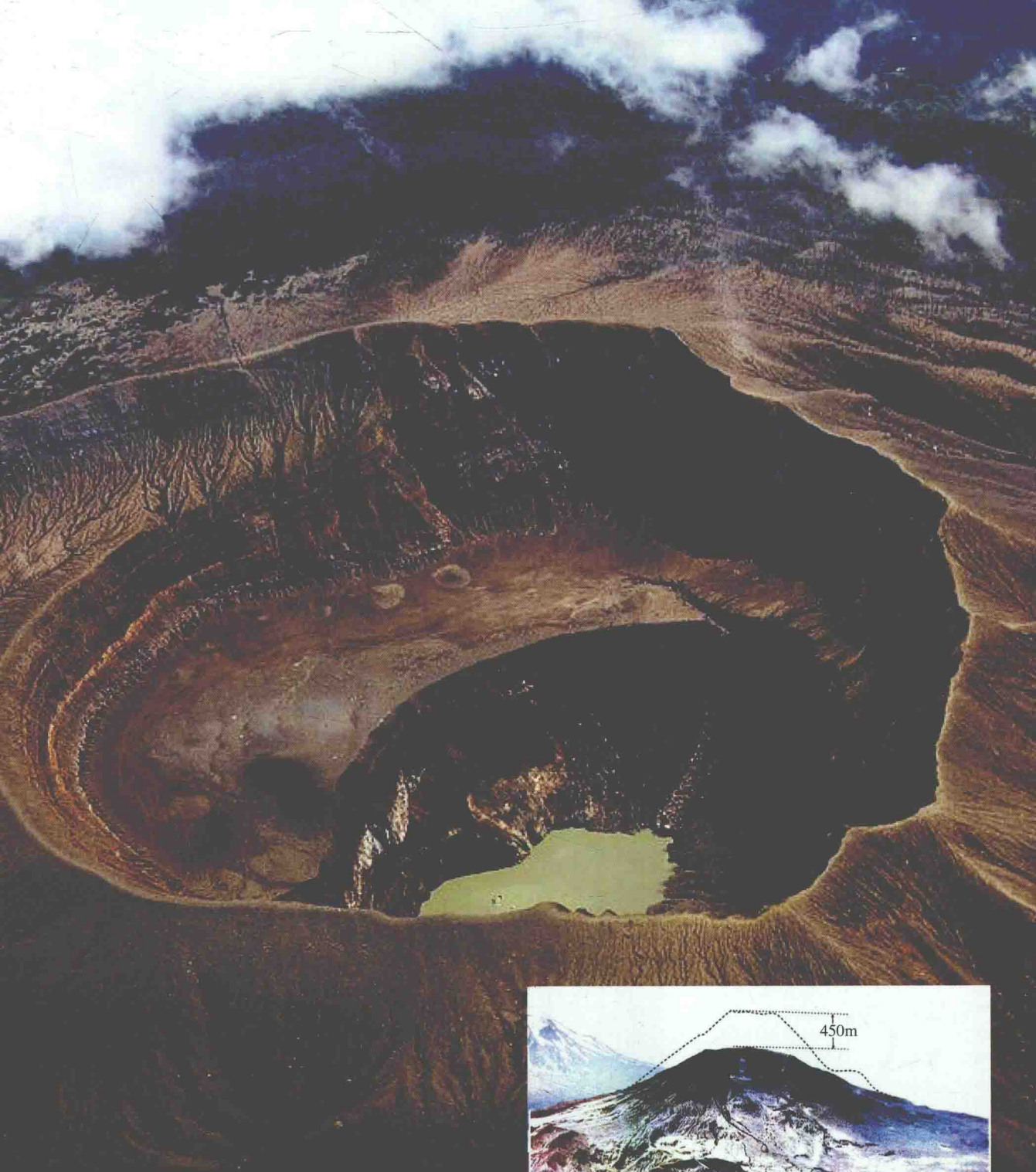
火山大多是孤立的圆锥形。日本富士山（火山）具有典型的圆锥形外貌，海拔3 776m。有文字记载的喷发包括延历喷发（日本延历十九一二十一年）和公元864年（日本贞观六年）的喷发。最后一次喷发是在1707年（日本宝永四年），当时喷发的浓烟高达10km的平流层，在当时的江户（即东京）落下的火山灰有4cm厚。富士山附近现在仍不断观测到许多小地震活动，今后仍存在喷发的可能性（资料来源：NASA）





火山中心有火山口，它的下面有岩浆囊，火山颈是地下深处熔融状态的岩浆喷出地面的通道，喷出的火山物质落到地面上，形成了火山锥

航拍的萨尔瓦多的Santa Ana 火山口。大量物质由火山口喷发出来后，火山口下方物质亏损，发生塌陷，喷发结束后，火山口形成巨大的漏斗。长年积水后，形成火山口湖



1980年美国圣海伦斯（St. Helens）火山
原高2 949.5m，喷发过程使火山口下降了
450m（也有报道下降了400m左右）



(a) 美国圣海伦斯 (St. Helens) 火山口



(b) 中国云南腾冲火山口



(d) 非洲玛珥湖 (Maar) 火山口



(c) 中国海南海口火山口



(e) 中国北海涠洲岛火山口 (news.makepolo.com)

一些火山口的形状



恶魔塔位于美国怀俄明州大平原区，原本是一座火山颈，1 500万年前喷发后，火山颈中充满了冷却凝固的火成岩，当时火山侵入岩的火山颈露出地表仅很少的高度，但因火成岩强度高，而沉积岩强度低，周围沉积岩长期剥蚀，这残留的火山颈现在高达264m，直径约300m，恶魔塔由垂直向的形状一致的许多岩柱组成，这与泥巴干裂时出现多边形裂缝的现象相似（图片来源：视觉中国 www.vcg.com）



（f）埃塞俄比亚的厄塔·阿雷火山附近的熔岩湖——世界最壮观的熔岩湖之一

■ 喷火的山

火山虽然名叫“火山”，其实是没有火的。火山喷发不是山在燃烧，而是高热的岩浆从地下涌出来造成的现象。岩浆冲出地面的时候，温度很高，像火一样红，夜间还能映红烟云，辉煌夺目，远处看去以为看到了熊熊的火光腾空而上，这就是火山喷发，而喷出的岩浆在地面上冷凝后，就形成了火山。

火山 (Volcano) 一词源于意大利西南部一岛屿 Vulcano，意为“锻冶之神的烟囱”。另一种关于“火山”一词的来源：西方以罗马神话中火神伏尔甘 (Vulcan) 的名字称呼地下冒火的现象。

火山按活动的情况可以分成三类：

活火山 (Active Volcano)：指现在还有喷发能力的火山；

死火山 (Extinct Volcano)：指史前曾发生过喷发，但有人类历史以来一直未活动的火山；

休眠火山 (Dormant Volcano)：有史以来曾经喷发过，但长期处于静止状态的火山。没有喷发活动的活火山也称休眠火山。

这种火山分类是一种模糊的分类，火山的“活”或“死”是相对的。有一些几万年来没有喷发过的“死”火山，由于地球内部的运动而重新发生喷发，变成了“活”火山。目前全世界尚无统一的确定火山“死”“活”的科学标准，各个国家的历史记录有长有短，火山活跃程度也有所不同。中国比较普遍的认识是将1万年以来有过喷发的火山叫做活火山，而日本火山活动十分频繁，则将2 000年来有过喷发活动的火山称为活火山。

实际上，在火山下面是否存在活动的岩浆系统，应该成为判断火山活动的客观标准。目前世界各国的科学家正在朝这个方向努力。

如果地下的岩石由于温度升高或压力降低而发生熔化，则岩石的体积必定会增加。体积增大，和周围岩石相比，熔化的岩石密度变小，在浮力作用下向上运动。体积的增大，引起周围的围岩发生破裂，形成许多裂纹，岩浆沿裂纹上升，降压，形成越来越多的岩浆。正是这种上升过程产生的降压作用，上升的岩石熔化且黏滞性越来越小，最后就是火山喷发。大多数喷发的物质

印尼爪哇岛的火山在2006年的一次喷发（美国《时代》周刊评选出来的2006年度最佳图片之一）



会落在火山口的附近，形成圆锥状的火山，细小的火山灰可以被风吹到火山口附近几十千米的地方。极微小的火山喷出的粉尘能够进入大气层，随着对流风甚至可以飞到全世界的每个地方。

地下熔化的岩石叫做岩浆，当岩浆喷出地面后叫做熔岩。在地下几十千米深处，岩浆中含有大量的地壳中的元素，在上升过程中岩浆慢慢变冷，元素组合生成各种矿物，进一步上升和变冷，岩浆或者在地下固化形成深层的火成岩，或者喷出地面，固化形成地球表面的喷出岩。在地下固化的深层的

火成岩由于冷却得慢，所以结晶完全，结晶的晶粒也较大。而喷出地面固化形成地球表面的火成岩，冷却极快，结晶不完全，岩石中有许多玻璃状（非结晶）的物质，或结晶晶粒较小。



(a)



(b)

中国吉林伊通东尖山火山（a）喷发在很久以前（测年数据约1 000万年），属于死火山（中国山西大同的火山群也属于死火山）；菲律宾的皮纳托博（Pinatubo）火山2006年喷发，意大利的维苏威火山（b）1944年喷发过，它们属于活火山，但近年没有喷发记录，也称休眠火山

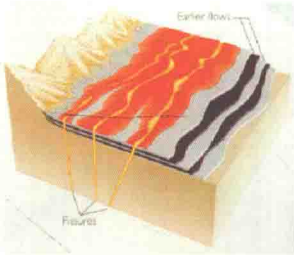
■ 喷发的方式

由于岩浆性质不同，喷发的火山物质也随之不同。化学成分、含有的气体以及温度等，均会影响岩浆喷发的方式，因而造就出迥异的地貌与火山类型。温度低的岩浆硅酸含量高，所以黏稠且流动缓慢。若是气体含量高，则岩浆在上升至地面时将产生猛烈的喷发，岩浆、气体、岩石碎块和火山灰等以接近声速的速度喷上天空30~50km的高度。相反地，假使岩浆硅酸含量低，上升过程气体逐渐流失，则喷发时仅仅会以熔岩的形式慢慢流出，其岩浆喷出地面往往比较平静，岩浆流静静地从火山口向四周流出。

火山喷发可按其猛烈程度分为爆发性和非爆发性两种。大部分爆发性火山喷发属于气体驱动的喷发。因为地球深部压力很大，所以大量的气体都溶解在岩浆之中。当岩浆向地面运动时，随着周围压力减小，加入水或其他挥发性物质将以气泡形式分离出来，这些气泡在数量和体积上累积得越来越多，帮助岩浆沿裂纹或其他通道更快地向地面运动。这时，含气泡的岩浆变成了含岩



火山喷发方式之一——中心喷发，如圣海伦斯火山（来源：D.A. Clague (USGS)）

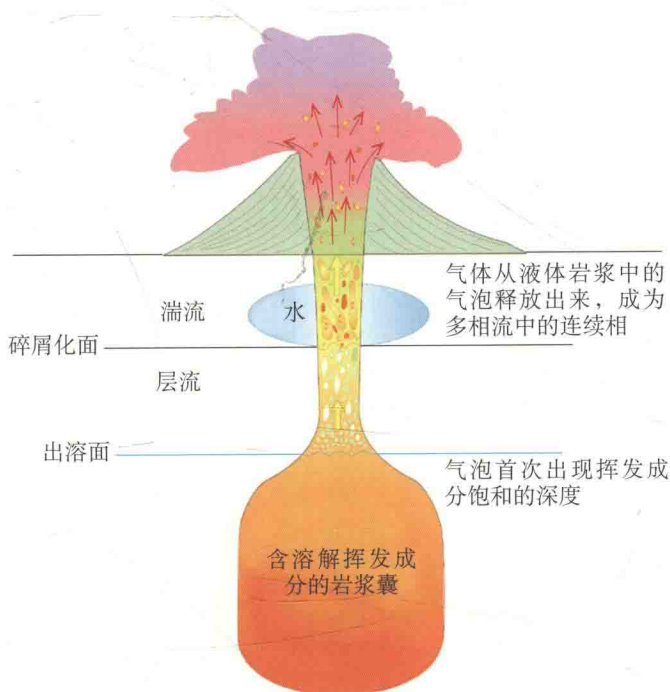


火山喷发方式之二——裂隙式喷发，如夏威夷群岛上的Manua Loa火山1984年5月的一次喷发（来源：D.A. Clague (USGS)）



浆的气泡，气泡把岩浆分隔成几块，沿火山颈向上运动。当岩浆出露地面的瞬间，气泡内高压的迅速膨胀使得气体的流速骤增，含岩浆气体以一个“大气柱”形式率先冲出地面，直入云霄，火山于是就喷发了。岩浆气体的喷发速度可以与声速相当，这样，就造成了火山爆发性的猛烈喷发。

当岩浆上升到地面并喷发时，由于压力的降低，几乎所有的溶解气体都释放出来。如果岩浆的黏滞性很小，溶解气体很容易从岩浆中跑出去，岩浆一边上升，气体一边释放，



在爆炸式火山喷发中，岩浆向上喷出经过出溶面和碎屑化面之后，可以声速喷出大量熔岩碎屑和各种气体，形成喷发柱（根据 McNutt, 1996修改）

快到达地面时，气体几乎跑完了。反之，如岩浆的黏滞性很大，气体不容易从岩浆中跑出去，直到岩浆到达地面时，周围的压力突然减少，气体一瞬间都从岩浆中跑了出去。这时岩浆的喷发往往十分猛烈，气体带着岩浆、石块可以冲上几千米的天空。为了了解这种猛烈喷发的现象，我们可以做一个日常生活中的实验。打开一瓶可口可乐，用拇指紧紧按住瓶口，这时不断地摇晃瓶子，瓶子中的液体中溶有大量的二氧化碳气体，然后突然放开拇指，这时，液体中的二氧化碳瞬间释放了出来，带着许多液体，一起从瓶口冲了出来。这个实验与火山的猛烈喷发十分相似。当火山猛烈喷发时，气体从岩浆中跑出去的过程中，岩浆也迅速冷却，形成了多孔的一种岩石，叫做浮石（或泡沫岩）（Pumice），由于泡沫岩的孔洞太多，所以泡沫岩密度很小，比水还要小，放在水里，可以漂起来。依据在喷发过的火山附近能否找到泡沫岩，就能判断火山喷发的猛烈程度。



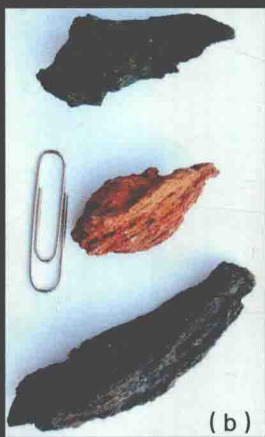
泡沫岩是一种很轻的多孔火成岩，它形成于火山的猛烈喷发过程。在一个喷发过的火山附近，能否找到泡沫岩，就可以知道火山喷发的猛烈程度。此图是中国长白山产的浮石照片（单位刻度：cm）

■ 喷出的物质

火山喷出物质主要有三种：熔岩流（冷却后生成火成岩）、火山泥石流和火山灰。



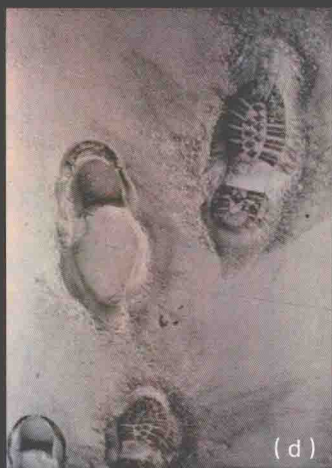
(a)



(b)

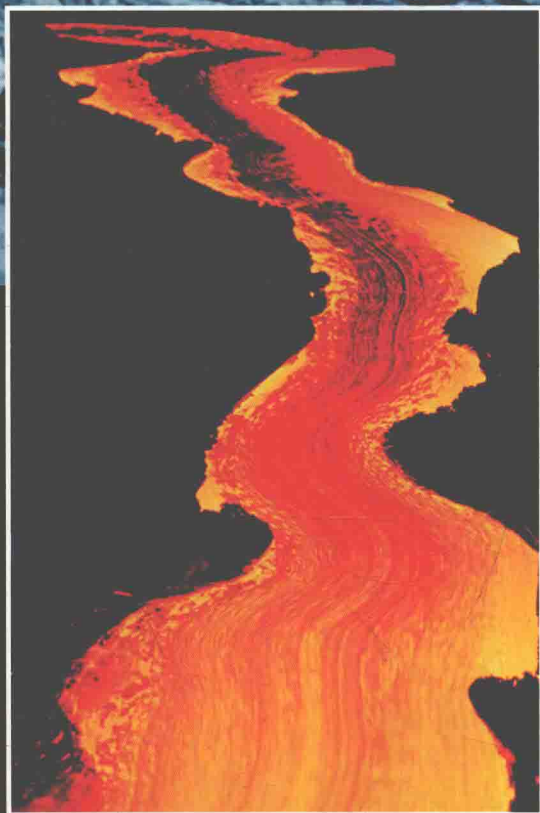
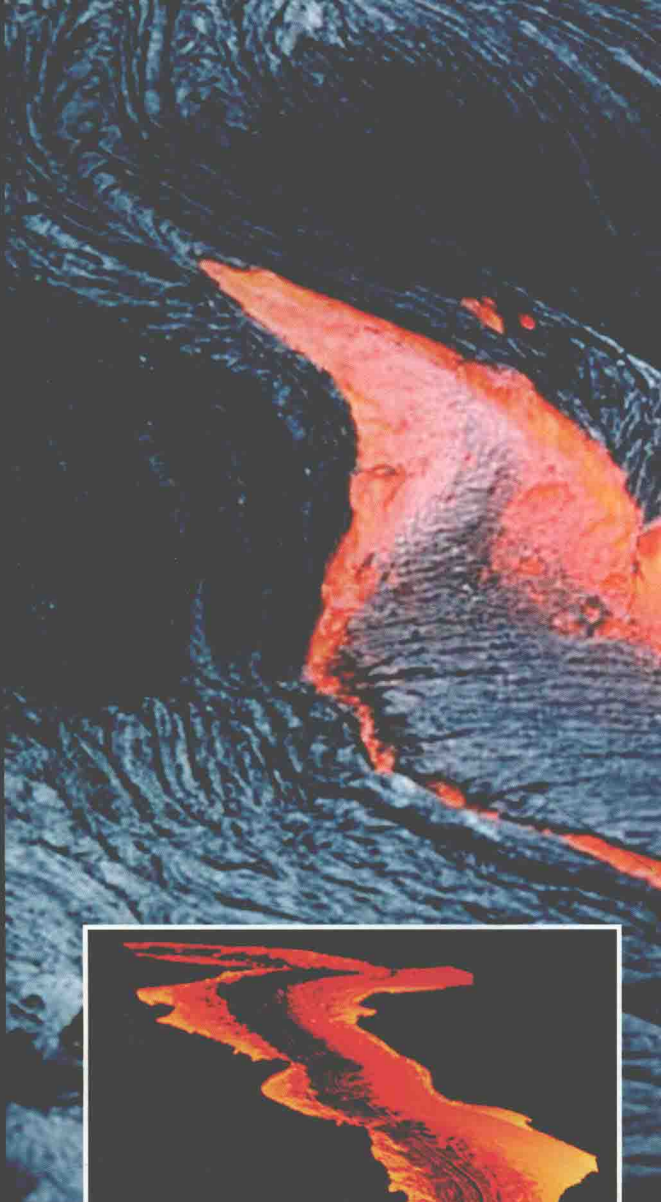


(c)

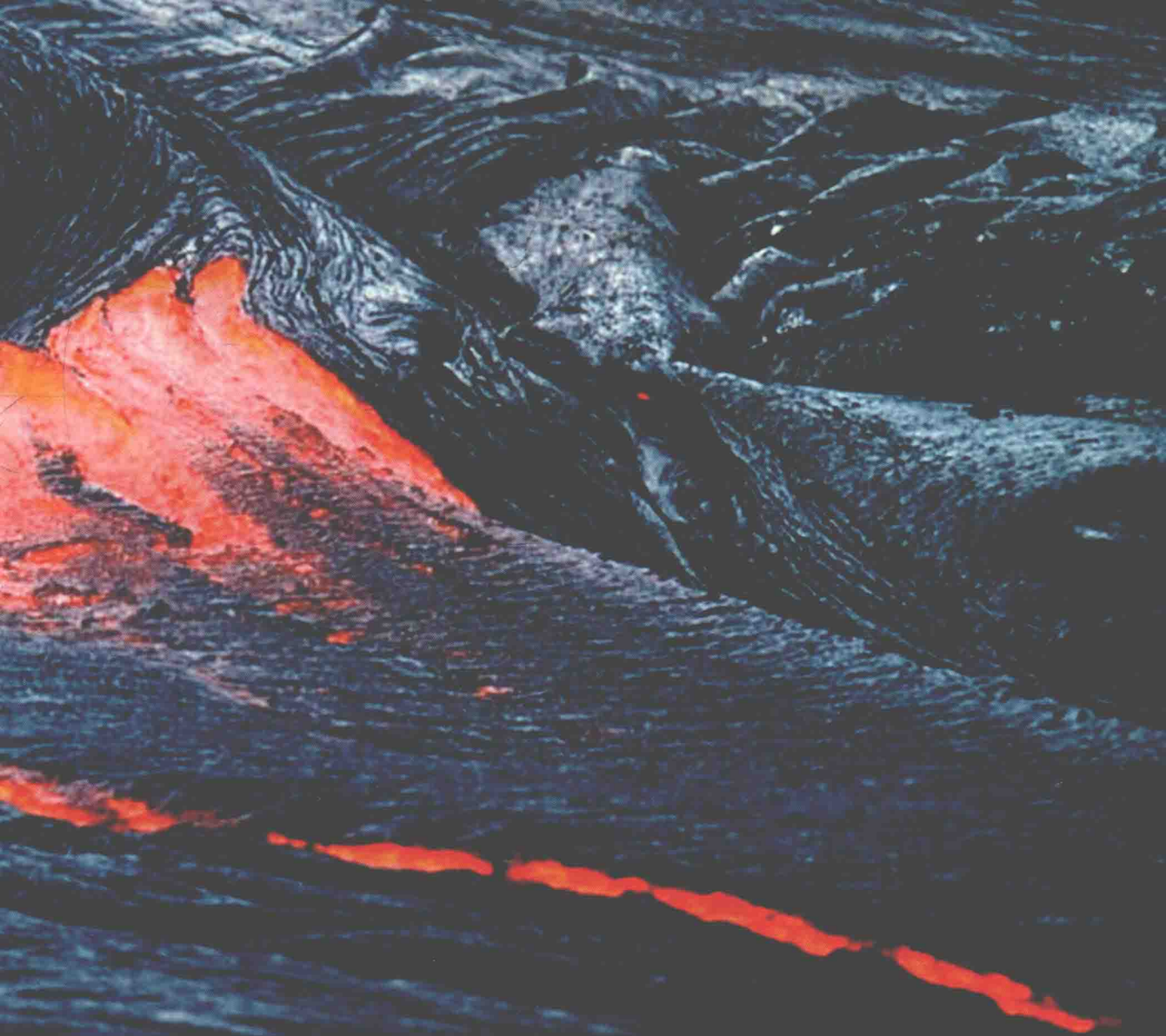


(d)

(a) 火山喷发；(b) 离火山口近处，熔岩流（冷却后生成火成岩）；(c) 火山泥石流；(d) 离火山口远处，火山灰



夜间拍摄的熔岩流照片
(来源：J.D. Griggs, USGS
(13 November 1985))



白天拍摄的熔岩流



© www.kitpicphotoagency.com

科学家在测量熔岩的温度



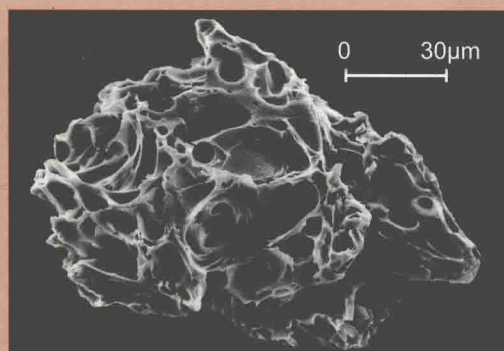
熔岩温度

岩浆颜色	温度/℃
白色	$\geq 1\ 150$
金黄	1 090
橙	900
鲜红	700
暗红	600

火山泥石流的英文“lahar”出自印尼语，指含有大于25%火山物质的泥流（Mudflows）或碎屑流（Debris Flows）。火山泥流的稠度相当于新鲜的湿的混凝土。碎屑流与泥流相比，比较粗，同时黏性较小。两种类型的“流”都包含高浓度的岩石碎屑，使它们具有内在的强度，因而能搬运巨大的砾石、房屋、桥梁，同时在其通过的路径上施加特别强的冲击力。



人们行走在火山灰上（冰岛）



1980年圣海伦斯火山喷发的火山灰颗粒在电子显微镜下（SEM）放大200倍后的形状（来源：A.M. Sarna-Wojcicki, USGS）

（a）火山猛烈喷发阶段，大量物质由火山口喷出；（b）火山持续喷发阶段，火山喷出物质以气体为主；（c）喷发尾声阶段，气体沿火山口附近的大量裂隙喷出；（d）进入休眠阶段，大量物质喷出后，火山口附近地面下降，形成火山湖，火山进入休眠

