



顾亚宁，中国地震局地质研究所活动火山研究室在读硕士研究生。2016年获上海师范大学地理信息科学学士学位，目前开展利用无人机和 ArcGIS 软件进行五大连池老黑山地区熔岩流流动过程的恢复工作，参与中国地震局地质研究所活动火山研究室参与火山网站建设、运维，以及中国大陆重点火山区地质调查和数据库建设设计与研究工作。

# 火山财富

顾亚宁

## 概述

火山是地球上十分美丽壮观且令人震撼的地貌形态，它是由火山喷发作用将地球深部物质喷出地表，并堆积所形成的具有特殊结构和形态的山体。地壳之下 100 ~ 150 千米处，有一个“液态区”，存在着高温、高压的岩浆，其主要是含气体挥发成份的熔融状硅酸盐物质。岩浆一旦从地壳薄弱处冲出地表，就形成了火山。

火山是地球内部剧烈运动的一种表现形式，是人们窥探地球内部组成、演化和变动的一个窗口。火山活动与人类的生存、生活和生产活动息息相关，火山活动是创造自然财富的重要源泉，许多矿产资源的形成都与火山活动有关。

## 火山财富

火山从岩浆活动到喷发再到休眠，一直是把双刃剑，一方面它会带来火山碎屑流、火山灰、

熔岩流、火山泥石流、火山地震与山体滑坡等地质灾害，另一方面它也能给人类生产生活带来许许多多的便利和财富。比如形成丰富的旅游资源、地热能源、火山材料资源等（图 1）。除此之外，还会对生态和地质研究起到一些积极的影响。



图1 火山的3类财富

### (一) 旅游资源

#### 1. 简介

火山旅游资源是通过发现、发掘、发挥、改善和提高等技术过程能够成为旅游吸引物并变成旅游产品的各种火山资源和火山文化。其中火山

资源是指与火山作用有关的资源，火山文化是指人类利用火山资源所创造的物质和精神财富以及行为方式的总和。火山旅游资源包括火山地质地貌、火山矿产与能源、火山区水体景观、火山区生物群落、火山喷发、火山物质文化、火山精神文化和火山行为文化（表1）。

## 2. 火山旅游资源及相关景点

火山地貌包括火山口、火山锥、火山弹、柱状节理、熔岩隧道、炭化木、低平火口湖、各种熔岩流等。著名的有爱尔兰巨人岬的多边形玄武岩岩石柱群、中国海口的七十二熔岩洞、日本富士山火山锥、西班牙的兰萨若特火山岛、意

表1 火山旅游资源表

火山旅游资源	火山喷发	各种类型火山喷发（熔岩喷发、火山灰爆发等）
	火山地质地貌	火成岩（玄武岩、安山岩、流纹岩等） 地质剖面（地层、火山结构剖面等） 节理构造（柱状节理、横节理等） 火山弹、火山砾、火山灰 火山渣、浮岩 火山玻璃（黑耀岩、松质岩） 火山锥（熔岩锥、碎屑锥、混合锥、多重火山锥、玛珥、塌陷破火口等）和火山穹隆 火山颈（火山遭侵蚀后遗留下的熔岩通道部分） 火山口 熔岩高原 熔岩台地 各种熔岩流（绳状、壳状、叠瓦状、枕状、熔岩被等） 熔岩隧洞 熔岩海岸 火山喷发灾害遗迹、遗址（火山泥石流、火山滑坡、人文灾害遗址、碳化木林、硅化木林等）
	火山矿产与能源	黄金、银、铁、硫磺、金刚石等金属和非金属矿 火成岩（玄武岩、安山岩、流纹岩）、石材 火山灰土、凝灰岩土、火成岩风化土 火山泉水、矿泉水 火山区深部高温热水、热气
	火山区水体和生物景观	火山泉（温泉、矿泉、间歇泉）火山口湖 熔岩堰塞湖 玄武岩河床瀑布 火山区动物 火山区植被
火山文化	物质文化	火山民居 火山石器（石制生产、生活、祭祀等用具） 火山区历史文物 火山监测预防系统 火山工艺品
	精神文化	火山区宗教信仰 火山区文学艺术（民间传说、民间文学等） 火山科普文化
	行为文化	火山区特色餐饮 火山区民间节日 火山区生活习俗

大利维苏威火山区的庞贝古城（图2）、中国长白山天池火山炭化木、中国广东湛江市和德国艾菲尔地区的低平火口湖和中国五大连池地区的熔岩流景观等。

火山矿产旅游资源主要是火山温泉、火山矿泉和火山石材，其他大部分用于开发旅游工艺品。日本对于火山温泉的开发和研究是世界领先的（图3），以山野温泉为主题，打造了独特的温泉文化；五大连池地区的冷矿泉同样闻名遐迩；火山土壤一般用于火山农业观光。

火山区水体景观可用于旅游观光和体育旅游，著名的有美国黄石公园的五彩池和间歇泉、巴西和阿根廷交界地区的伊瓜苏瀑布以及我国吉林的长白山天池和黑龙江的镜泊湖。火山生物群落因受火山活动影响，尤其是火山喷发的影响，而表现出更频繁的迁徙和新生性，由此大多数火山区都有一些独特的动物或奇花异草，一般用于参观游览、保健疗养、体育运动、科学研究和科普教育，比较著名的有坦桑尼亚的乞力马扎罗山和夏威夷火山国家公园。

火山的喷发是火山区别于其他山体的根本标志，火山喷发是最为壮观、最为神奇的地质现象之一。著名的有冰岛火山的溢流式喷发、夏威夷火山的宁静式喷发、意大利埃特纳火山的中心式喷发。为了能让更多的人切身感受到火山喷发的壮观和神奇，模拟火山喷发日渐火热，其中著名的人工火山喷发有美国拉斯维加斯海市蜃楼大酒店和我国的深圳之窗公园。

火山文化是火山地区最具有特色的旅游资源，著名的有美国的夏威夷、西班牙兰萨若特岛等火山地区利用火山区地热烘烤食物极具表演性和观赏性。夏威夷人的草裙舞表演也享有盛名。韩国济州岛的“石头爷爷”寓意深刻，颇受游客青睐。此外，以火山科普为主题的火山博物馆，也日益成为火山旅游的热点。

长白山景区是一个典型的火山生态区，也是重要且高热度的火山景点。横亘在中朝两国边界的长白山，不仅拥有全世界海拔最高的火山湖——天池，而且独享世界上保存最完整的典型温带山地自然综合体。长白山火山几经喷发、休眠，火山喷发物堆积在火山口周围，形成以天池为中心的火山锥体，经多年强烈的风蚀作用、寒冬风化作用、流水侵蚀作用等，形成了门类齐全的地貌类型和绚丽多姿的垂直景观带，塑造了长白山古老而美丽的山体。长白山原始森林茂密，素有长白林海之称，除此之外，还有罕见的高山湿地和高山苔原景观。据统计，目前长白山共有野生植物 2500 多种，野生动



图2 庞贝古城

物 1500 多种，包括国家一级保护动物东北虎、国家一级保护动物梅花鹿、国家二级保护动物水獭、国家一级保护植物紫杉（东北红豆杉）、国家三级保护植物长白山红景天和国家级保护植物草苳蓉等。长白山另一生态奇观就是被誉为“万水之源”的水系奇观，除了美不胜收的瀑布景观，冰天雪地里的温泉和镶嵌在长白山山巅的火山湖天池，其塑造的独特的长白山火山区水系生态圈也是举世闻名的。

在旅游资源之外，火山还会对生态方面（主要是植被、土母质、地形、水文、气候和生物多样性）有着直接或间接的影响。伴随着火山活动，火山区会形成千姿百态的自然景观和多样的生态环境。而地质遗迹资源是重要的、珍贵的世界自然遗产。拥有地质遗迹资源的地域，其文化和自然遗产也是人类和世界遗产的精华，并且具有景观典型性和资源垄断性，以及十分重要的资源价值和科研价值。

开发利用火山旅游资源和火山旅游的趋势将生态旅游和文旅有机结合，成为火山生态文化旅游。所谓火山生态文化旅游，就是以火山资源及其环境所构成的火山生态为对象的，以满足火山生态体验和火山文化感受为需求的，以促进火山生态保护和火山文化传承的可持续发展的旅游形式。

## （二）地热能源

### 1. 简介

地球是一个庞大的热库，蕴藏着巨大的热能。地热是来自地球内部核裂变产生的一种能量资源，这种热量渗出地表，就可能形成地热田。

由于构造原因，地球表面的热流量分布不均，形成了地热异常，如果再具备盖层、储层、导热、导水等地质条件，就可以进行地热资源的开发利用。火山地热是与火山活动有关的地下热能，火山爆发是地球内部热能在地表的最强烈显示。除此之外，温泉、沸泉、间歇泉、水热爆炸、水热蚀变等均为地热在地表的显示。

### 2. 地热资源的分布及著名热田

地热资源大部分分布在板块之间的地震—火山带及其附近地区。环太平洋地带有美国盖瑟尔斯、长谷、罗斯福，墨西哥塞罗、普列托，新西兰怀腊开，中国台湾马槽，日本松川、大岳等许多著名的地热田。地中海—喜马拉雅地带有世界第一座地热发电站——意大利拉德瑞罗小型地热电站和中国著名的西藏羊八井和云南腾冲地热田。大西洋中脊地带有冰岛的克拉弗拉、纳马菲亚尔和亚速尔群岛等一些地热田。红海—亚丁湾—东非裂谷地带有吉布提、埃塞俄比

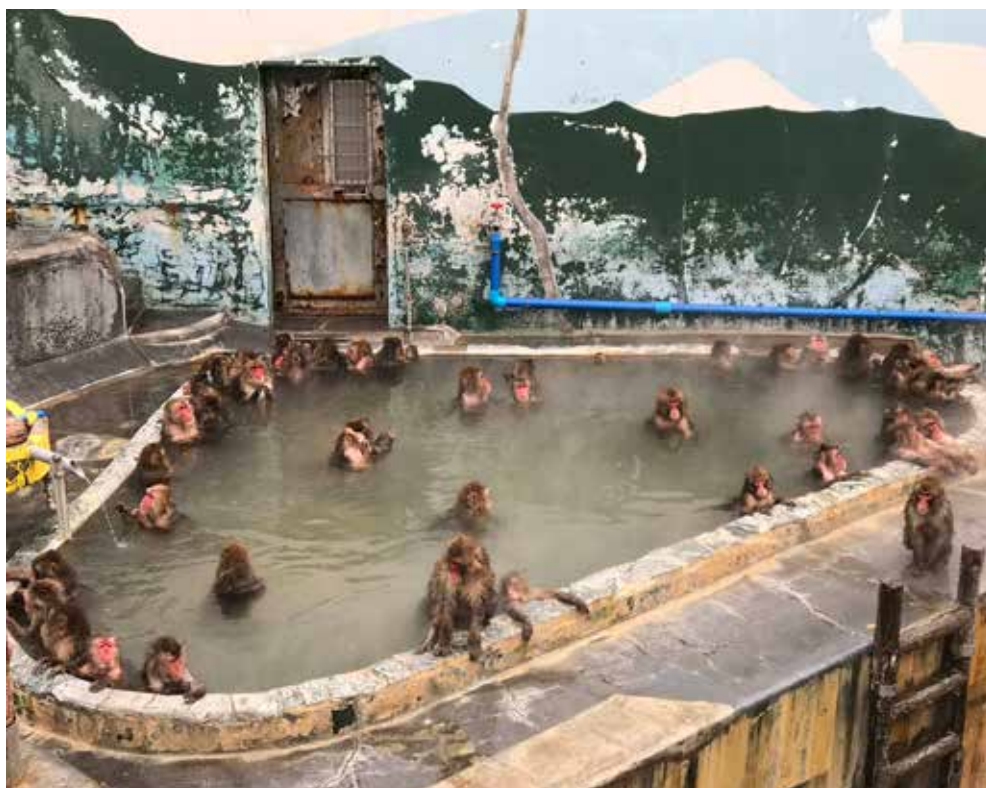


图3 北海道汤之川温泉

最频繁的国家之一，也是地热发电站建立最早和规模最大的地区之一。其主要活火山和地热田位于陶波火山带上，已经开发的有怀拉基、布罗德兰兹、罗托卡瓦、卡维劳、奥哈基、莫凯等地热田。其中新西兰最大的地热田——怀拉基地热田位于新西兰北岛中央火山带中部偏南、陶波湖北东约16km处，地热流体温度达260℃，有高温地热井100多眼，其中60多眼用于发电，井深一般介于600~1200m。怀拉基地热电站是世界上第一座利用湿蒸汽发电的地热电站，也是仅次于意大利拉德瑞罗地热电站的世界第二个

亚、肯尼亚等地的地热田。除了在板块边界部位形成地壳高热流区而出现高温地热田外，在板块内部靠近板块边界部位，在一定地质条件下也可形成相对的高热流区，如中国东部的胶东半岛、辽东半岛、华北平原及东南沿海等地。其热流值达到1.7~2.0热流单位，大于大陆平均热流值1.46热流单位。

### 3. 地热利用——以新西兰和冰岛为例

世界各国对地热能源都有不同程度的利用（表2）。新西兰、冰岛等一些多火山国家，地热资源丰富，对地热资源的利用技术较早，并建有大量的地热电站。新西兰地处太平洋板块西南缘与印度洋板块的缝合线上，是世界上火山活动

最频繁的国家之一，也是地热发电站建立最早和规模最大的地区之一。自1958年建成以来，已成功运行60年，总装机容量约180MW，年总发电量达1505GW·h。

冰岛由于地处火山活动频繁地带，可开发的地热能为450亿千瓦时，地热能年发电量可达72亿千瓦时，那里的人民很好地利用了这一资源，虽然开发的仅占其中的7%，但已经给当地人民带来了很多效益。其中，雷克雅未克周围的3座地热电站为15万冰岛人提供热水和电力，而整个冰岛有85%的居民都通过地热取暖。地热资源干净卫生，大大减少了石油等能源进口。自1975年后，冰岛空气质量大为改善。冰岛在长期利用地热过程中，摸索出一套科学高效的阶梯利用技术，即从地热井中抽出高温热水和蒸汽，经分离后用高温蒸汽进行发电；用高温热水将低温地表水加热至80℃左右后输入市区，供居民住宅、游泳池等采暖使用；通过热交换器冷却后的地热水含有大量对人体有益的矿物质，则用于温泉疗养区的洗浴保健；此后的地热水温度依然较高，经处理后用于绿色温室种植、养殖业供暖。

表2 2014年世界主要地热能利用分布

国家	地热利用量（单位：MW）
美国	3525
菲律宾	1915
印度尼西亚	1380
墨西哥	1005
新西兰	970
意大利	940
冰岛	660
肯尼亚	600
日本	540

随着社会发展，人们的生活观念、环境、能源等都在发生变化，矿物燃料高峰时代逐渐消弱。而储存于地下的地热能是一种清洁能源，可再生能源，不受气候条件影响，既可以作为基本负荷能，也可以作为峰值负荷能使用。而且从开

发成本上看，相比于其他可再生能源更有发展潜力。

### (三) 火山材料

#### 1. 简介

火山材料具有很多独特的物理性质，加上成本相对便宜，因此是建筑和制造业的理想选择。世界上几乎到处都有火山岩，每年约有  $6 \sim 8\text{km}^3$  的新火山物质喷发，在近  $2\text{km}^3$  的地面物质中，80% 是火山碎屑流、岩屑崩落和火山灰等颗粒物质。

#### 2. 火山材料的用途

火山灰和火山黏土是许多工业材料的常见添加剂：浮石是很好的磨料；火山黏土可以用作润滑剂和添加剂；火山灰能在很大程度上提高该区域的土地肥力（图4）。膨润土（图5）是一种灰白色的蒙脱石黏土，是由火山岩风化形成的。它是一种硅酸盐类物质，它能吸收水分，并具有基本的交换性质。膨润土有多种用途，包括铸造、动物饲料、钻井泥浆、吸收剂、工业和特种用途。浮石是一种多孔、富含气泡的低密度火山玻璃。由于它的低密度很容易处理，于是容易分解成更细的颗粒从而被广泛地用作磨料，包括砂纸、砂轮、“洗牛仔裤的石头”“熔岩”手皂等。

珍珠岩和火山渣被用于道路建设和建筑材料的生产（如混凝土和火山渣块）。珍珠岩是一种高度水化的火山玻璃，一般用作轻粒料，但也有一些特殊用途。它可以替代轻质墙面石膏中的沙子，也可以用于陶瓷产品、填料和过滤器。珍珠岩由于其高裂缝密度和高表面积，有通气 and 保水的双重能力，这是植物根系正常运作所必需的。火山渣主要用于混凝土和火山渣块的制造。在道路建设中，高强度、高绝缘性能的柔性路基是道路建设的重要组成部分。此外，按特定尺寸分类的火



图4 刚果火山为农民带来了肥沃的土壤

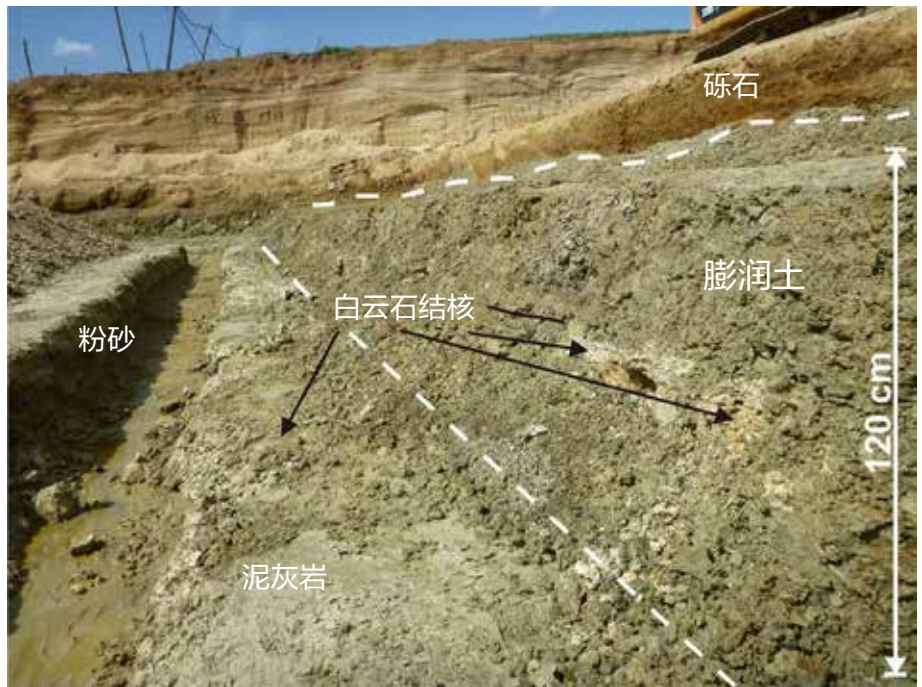


图5 膨润土，相当不引人注目，夹在泥灰岩（下面的沙子单元的一部分）和砾石之间

山渣也成为白蚁等掘进型害虫的有效屏障。

火山岩由于其稳定性、强度、颜色、可利用性和耐风化性等特点，在世界范围内得到广泛应用。它的用途从简单的被用作花园墙到巴洛克式的大教堂，再到现代的摩天大楼，不一而足。块状火山岩是一种很好的建筑材料，因为熔岩和火成岩具有很高的强度和良好的保温性能。这种石头在欧洲和英国都被用作纪念碑和教堂。



图6 罗托鲁瓦——坐落在一堆活火山顶上的硫磺城市



图7 橄榄石是矿物橄榄石的宝石级品种，其化学成分包括铁和镁，而铁元素正是橄榄石黄绿色色彩的成因

除了大量的硫磺（图6）外，火山岩石中还会有各种各样有价值的矿物。火山岩常常产生半宝石。橄榄石（图7）在玄武岩中很常见，辉石岩也是如此。更奇异的矿物可以在熔岩中找到，例如在德国中部的粗面岩中发现一种稀有的辉石矿物，在墨西哥和美国西南部的流纹岩中发现黄玉。火山玻璃也可以被熔化和塑造成合成的“宝石”。作为储存矿产的地层，火山岩及其周边地区除了金伯利岩外还会有金、银和钼的产出；同样，由于多气孔的特质，火山活动引起的背斜和向斜，会有油气的储存。

火山喷发物还会有地质方面的意义，主要是和地球动力学、大地构造学、深部地质学和矿床学有着较为深刻的联系和指示。火山岩浆来自地幔和地壳，是岩石圈内部各层圈相互作用的产物，它带来岩石圈物质的直接信息，人们视之为

天然的深钻和岩石圈的探针；火山活动常常带来有用的成矿物质和热源，从而形成与火山有关的金属、非金属宝玉石和自然景观资源；火山学也是有关矿床成因研究的基础，众所周知，现代火山地热成矿作用为人类认识乃至探测古火山低温浅成热液矿床——斑岩型矿床提供了重要借鉴。

火山材料在历史上一直为人类所使用。在全球范围内，火山喷发的速度或多或少是稳定的，因此，新的火山爆发总是会补充火山的原料。除了火山爆发带来的兴奋、敬畏和科学价值外，在很大程度上，火山将继续为维持现代生活的工业需求提供原材料。

## 结 语

火山财富主要体现在地热能源、火山喷出物资源、旅游资源三个方面。旅游资源主要是以火山为核心的景区开发和所形成的独特的火山文化，以及对于生态方面的意义；地热能源主要是供暖、温泉养区和地热电站的应用；火山材料资源主要是各种矿产资源和肥料制作、建筑石材等各种工业材料以及和地质学尤其是地球动力学、大地构造学、深部地质学和矿床学等科学方面的联系和指示。

火山喷发带来人类许多地质灾害和次生灾害的同时，也能给人类生产生活带来许许多多的便利和财富。📖

本文由中央级公益性科研院所基本科研业务专项（IGCEA1603）资助