



万园，中国地震局地质研究所《地震地质》编辑部负责人，博士，中国地震学会编辑委员会副主任。2012年获中国地震局地质研究所构造地质学专业博士学位，研究方向为火山泥石流。近年来主持中国地震局行业专项《中国主要活动火山喷发序列研究与灾害预测中的火山泥石流灾害》子专题一项，参与国家自然科学基金和中国地震局地质研究所基本科研业务专项等课题多项。发表学术论文13篇，其中SCI1篇，EI2篇。

人与火山共处

万园

引言

自古以来，火山作为地球上神秘的自然现象和景观，伴随着人类的发展，它狂躁时给人类带来无比的痛苦，平静时哺育着它的子民和展现它诡异的美丽。据统计，地球陆地上约有500余座活火山，海底更是分布着数以万计的火山口，而火山遗迹和休眠火山更是遍布全球（图1）。在火山脚下，生活着全球约十分之一的人口，他们以火山生存，逐渐适应，改变和利用着身边的火山。

全球每年平均约有50余座火山喷发，虽强度和规模不等，但常常给人类生活带来不便，甚至造成人员的伤亡。然而，人类对它更多的是爱，是追逐与探索，当炙热熔岩在你脚边慢慢流淌之时，你能感受到地球母亲的温暖（图2左）；当喷发柱腾空而起，直入云霄之时，仰视它的你会感叹大自然的力量如此之巨（图2右）；而它的喷发

产物形成的肥沃土壤，成为火山居民赖以生存的土地，哺育着它的子民。人与火山经过数千年的共处，逐渐掌握了它的习性，今天在科学的监测下和谐发展与共存。

本文通过火山资料的收集，重点关注火山与人类的共处，展现给大家一幅火山与人类在“战争与和平”中共处的画面。既包括肆虐火山喷发伤害影响着人类，也包括人类在美丽火山遗迹中休闲与探索。

神秘火山，旅游与探索的胜地

火山是地球奥秘探索中的重要部分。自公元79年，布里尼叔侄对维苏威火山的喷发进行了详细的考察描述，开始了人类对于神秘火山的不断探索。火山也在不同文化中被赋予了各种神话传说，如夏威夷的火山女神贝蕾太太、罗马神话中

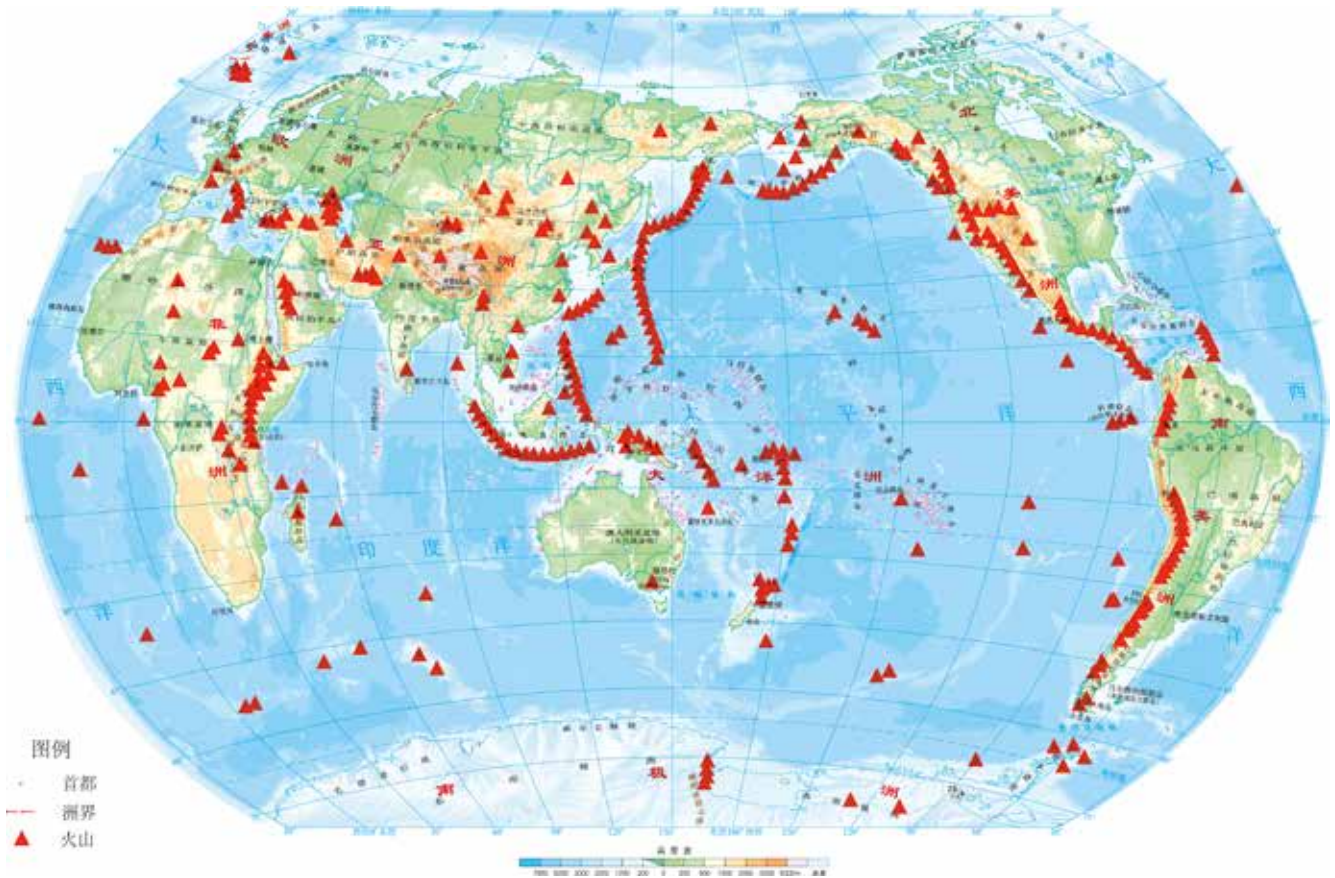


图1 世界火山分布图（底图来自国家测绘地理信息局）



图2 溢流式炙热熔岩的流动和爆炸式喷发的喷发柱

的乌干等。如今，由于对神秘火山知识的追求、火山震撼的喷发景象和美丽的火山遗迹遐想，使大多数火山区成为了自然公园，是人类学习与休闲度假的胜地。

说到火山探索和旅游，相信大家都知道两个世界著名的火山公园，他们分别是美国的夏威夷火山公园和黄石公园。这两个地区均为火山活跃地带，地下炙热的岩浆不断向

外释放着热量。夏威夷火山公园位于太平洋中，是由热点形成的一系列火山岛，火山喷发在这里从未停止过，特别是在2018年5月3日，火山女神贝蕾太太所居住的基拉维厄火山（Kilauea volcano）大规模喷发，炙热的熔岩在地表蜿蜒流动，甚为壮观，吸引来自世界各地的游客不远万里前去参观，亲身感受那沸腾的熔岩，并纷纷与那熔岩合影，以此



图3 黄石火山老诚实泉与野生动物群



图4 长白山天池火山景色与游人如织的景区照片

纪念。黄石火山是位于美国中部怀俄明州的一座超级火山，其南北长约 72km，东西宽约 55km，是由 210 万年前的越桔梅岭、130 万年前的亨利福克和 64 万年前的熔岩溪三次超级火山喷发所形成的。黄石公园内存在数万个不同类型的温泉，有间歇泉、热泉、热泥潭和火山喷气孔等。肥沃的土壤使这里植被茂密，空气清新，成为各种野生动物生活的乐园(图 3)。秀丽的风景每年吸引大批的游客到这里休闲度假，感受火山的神秘。

我国也存在众多知名的火山，如长白山天池火山、五大连池火山、琼北火山等，这些也都是著名的旅游胜地。长白山天池火山位于吉林省东部的中朝边境线上，是我国境内保存最为完整的新生代多成因复合火山，其著名的千年大喷发(公元 946 年)喷出的火山灰飘落到日本海、阿留申群岛等，影响全球。2002—2006 年的火山扰动事件(火山地震增多，地表形变异常等)引起世界火山学家的注目，使其成为了一座具有潜在喷发危险的活火山。然而，天池火山爆炸喷发所形成的火山口积水形成美丽的火山口湖，每年数百万游客慕

名而来，当地经济也因此繁荣发展起来(图 4)。

如今，火山已成为人类重要的旅游目的地，欣赏它的美景，感受地球的神秘力量，处处可见火山区内人潮涌动，并且逐渐越来越火热，火山成为人类探索和依赖自然的重要组成部分。

平静时哺育着子民

火山风光给天涯海角之人赠予了震撼场景与休闲胜地，而生活在火山脚下，天天与火山朝夕相处的居民更是接受着它的哺育。首先，火山喷发所形成的喷发物与风化产物富含植物生长所需的各种营养成分，使土壤肥沃，如果火山爆发能给农田盖上一层火山灰，对农民来说，这真是“喜从天降”，一次免费的施肥。火山爆发虽然会短时间毁坏森林，破坏环境，但同时也让一些地区重获生机，孕育出各种新的植物供养着万物。如富士山地区的火山土壤适合种植桑树，使养蚕业发达。维苏威火山地区盛产葡萄，红酒很好。即使是远落深海的极

细粒火山灰尘，也为海洋低等生物提供了养分，进而又补给了海洋中高级生物链。

同时，由于火山岩孔隙具有良好的过滤性，并富含多种重碳酸盐和钾、钠、钙、镁四种主量元素，以及钡、锡、氟、硅、锶、铁、铬、锌、钴、钼、硒、镍十余种微量元素，这些盐份和离子比例与人体所需基本一致，能很好补充人体必需的微量元素，满足人体健康的需要。因此，目前众多火山区均成为了优质矿泉水的供应之地，不仅当地居民享受着优质水源，同时也建立一系列矿泉水公司，为当地经济带来发展，如长白山火山区的恒大冰泉，龙岗火山区的农夫山泉，五大连池的“火山仙泉”系列矿泉水。

在火山喷发活动过程中及喷发之后的热液作用，可以产生多种重要的矿产，矿产的开发为火山脚下居民提供大量的就业机会，同时也为当地经济发展带来支撑。如海底火山喷发的玄武岩，常可形成规模巨大的铁矿和铜矿。另外，我们熟知的钻石、红蓝宝石的形成也和火山有关。玄武岩熔炼后可形成“铸石”“岩棉”，具有坚硬耐磨、耐酸、耐碱、不导电和保温性等优良属性，可成为各种板材、器具等制作的原材料。

爆燥时予人的烦恼

火山与人的和平相处，给人类带来了幸福。然而，当火山爆燥时，却使居住在火山周围的居民生活在极度恐惧之中。如公元 79 年的庞贝古城，一夜之间整个城市埋葬在火山碎屑流之下，无人逃脱，在考古中发现很多人都是在睡梦中死去的。2018 年 5 月开始喷发活动的夏威夷基拉维厄火山，喷发的熔岩温度高达 1400℃，所经之处，一切化为灰烬。房屋、道路、桥梁等工程设施被毁灭，如果人畜来不及转移疏散，也将被熔岩流所吞噬(图 5)。巨大的灾害性给人类生

存带来了巨大的威胁。

另外，细颗粒的火山灰常造成区域性的影响，给人类生活带来不便。如 2010 年冰岛火山的喷发活动，使人再次领教了火山爆发的威力。这次遍布欧洲的影响是由冰岛第五大冰川埃亚菲亚德拉冰盖下的一座海拔 1666 米的火山喷发所造成，由于喷发出的熔岩与水作用，形成了大量微小的颗粒，这些颗粒在风的影响下吹向了欧洲大陆。而目前大型客机的涡轮发动机燃油温度是 1400℃，被吸入发动机的火山灰颗粒可以瞬间融化，粘附在涡轮叶片上，可能造成发动机熄火。在此背景下，穿越此区域的航线飞机全面停航，导致几百万



图5 火山碎屑流淹没房屋(上)和火山熔岩流吞噬汽车(下)

的旅客在机场滞留长达一周，处在焦虑和望眼欲穿的等待之中。而对于航空公司来说，初步测算每天损失高达 1.48 亿欧元，这给国际航空业以重创。

科学监测下的和谐发展

火山，让人又爱又恐惧，爱它的美丽与无私的馈赠，怕它肆虐时的毁灭性。随着对火山研究深入，人类逐渐认识了火山喷发的活动机理与过程，火山学者通过科学的监测，时时掌握着火山的活动状态。如今众多火山已在科学的监测之下，与人类和谐相处。对于具有极大潜在喷发危险的活火山，科学家利用地震、形变和气体地球化学等监测手段，保卫着居住在周围的居民（图 6）。

地震手段监测是科学家将地震检波器布设在火山周围，当地下岩浆有任何的活动引起岩石微小破碎时，科学家可通过传递出的地震破碎信号来计算出岩浆位置，判断岩浆的活动状态。同样，形变学监测地表的运动状态，当深部岩浆上移时引起地表的隆起与运动，通过精密水准、GPS、InSAR 和 LiDAR 等方法记录到这些位移并科学计算，了解岩浆体积变化等。而对于气体地球化学监测，则是通过采集岩浆房逸散出的气体来获取岩浆房信息，是直接针对岩浆内信息的监测方法。总之，当岩浆有上移喷发可能时，科学家可以通过多种手段探测到，并及时发布喷发危险预警，提醒生活在周围的居民提高警惕，防范火山的喷发。

结束语

火山是地球运动的产物，它塑造了我们美丽的地球，是地球上一种重要的地质作用和自然现象。火山喷发威胁着人类的生存，但同时给人类带来丰盛的“礼物”，如肥沃的土壤、奇特的火山地貌和丰富的矿产资源，这些馈赠已成为居住在火山周围居民重要的经济支撑。人要做到与火山的和平共处，

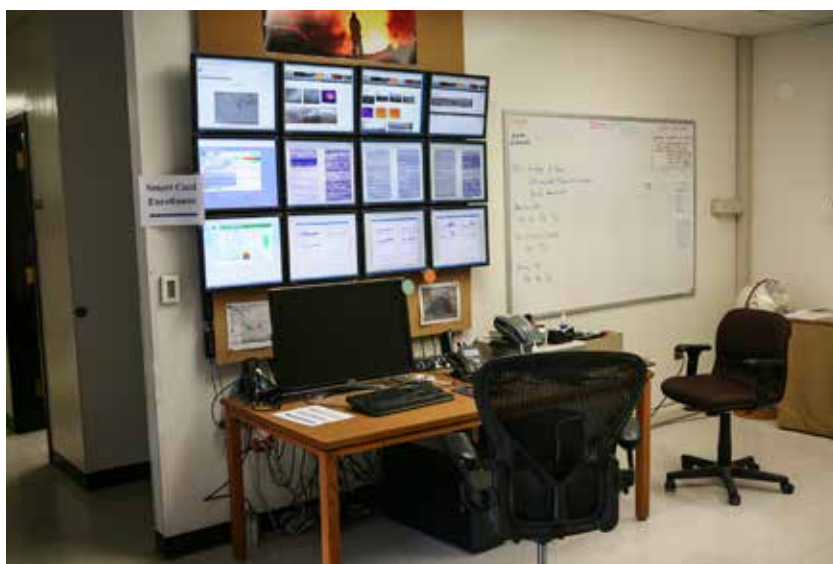


图6 夏威夷火山的火山监测系统
火山地震监测（上）；多手段火山监测集成系统（下）

最重要的一点就是要了解身边的火山。尤其是对于那些高风险的火山，事先要准备好详细的火山灾害区划图。当危机来临时，人们要知道“在适当的时间里处于适当的位置”，也就做到了尽享大自然带给我们的资源，同时又保障了自己处于不败之地。而随着监测科学技术的不断发展，让人类更好地理解火山活动，更加准确地判断地下岩浆位置和活动状态，为火山灾害的预测与预警提供支持。因此，在未来的岁月中，人类更加努力地认识火山、监测火山和更好地利用和保护我们的火山。📖

本文由中央级公益性科研院所基本科研业务专项（IGCEA1603）和国家自然科学基金（41872254）共同资助