

拉基裂缝喷发，1783-1784

作者：

克勒曼·凯特琳 (KLEEMAN Katrin)，德国慕尼黑大学 (LMU Munich en Allemagne) 雷切尔卡森中心 (Rachel Carson Center du) 博士生。



1783 年，一场神秘的干雾笼罩着欧洲大陆，整个夏天都有血红色的日落，许多人说闻到了硫酸的气味并出现了呼吸困难和眼睛疼痛的症状。欧洲人没有意识到这是冰岛发生的灾难性事件所导致的。全年还记录了许多其他现象，包括地震和异常频繁的雷暴，导致 1783 年被称为奇异之年，令人敬畏之年。是什么造成了这些现象？这些现象之间有联系吗？

1. 冰岛——冰与火的国度

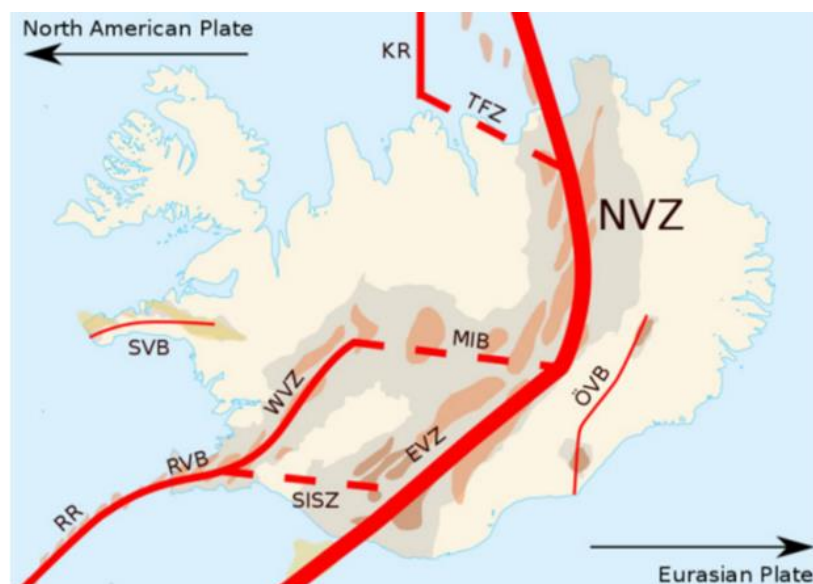


图 1. 冰岛位于两个构造板块上。大西洋中部海岭的位置在这里用一条粗红线标出。主要的火山带也被标示出来。[来源: Pshedelisto (添加断层线), Chris.urs-o (冰岛概述) [CC BY-SA (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)]]

1783 年 6 月 8 日，故事开始了。在冰岛东南部的高地上，一座火山爆发了。一条 27 公里长的裂缝撕开了地面，喷发开始了，并一直持续到 1784 年 2 月 7 日。

冰岛常被称为“冰与火”之地。它是许多火山的家园，由于它位于北大西洋，并且靠近北极圈，所以有几座冰川。从地质学上讲，冰岛非常年轻。它形成于 2400 万年前，主要有两种地质现象：首先，它位于分离板块边界，也被称为构造板块边界，因为大西洋中部的洋脊在这里形成了新的地壳。冰岛同时位于欧亚板块和北美板块上（图 1），每年以大约两厘米的速度增长，东西各增长一厘米。其次，它位于地幔柱的顶部，也被称为热点：大量温度较高、密度较低的地幔物质从地幔上升到地表，在那里产生火山活动。

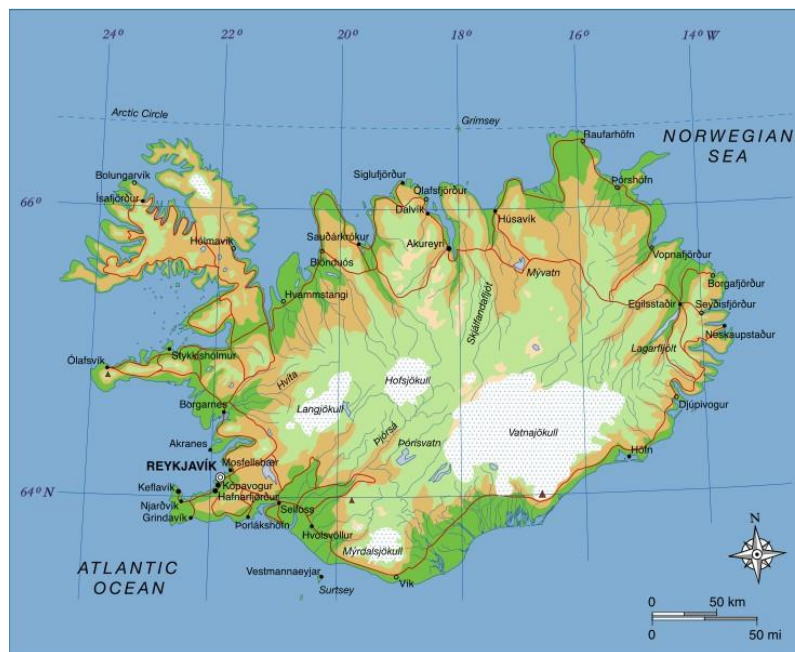


图 2. 冰岛和拉基裂缝的位置，在 Vatnajökull 的西南方向用红线表示。[来源: Max Naylor[公共领域]]

冰岛被划分为不同的火山带，这些火山带占冰岛陆地面积的三分之一（图 1）。更进一步地，它又被划分为 30 个火山系，有大量不同的火山类型。拉基裂缝喷发位于一个名为 Grímsvötn 的火山系中。Grímsvötn 是冰岛最活跃的火山系，由

位于 Vatnajökull 冰盾下的同名中央火山提供能量。该火山系中的火山平均每 2-7 年喷发一次[1]。



图 3. 冰岛南部 Skaftá 河的三角洲。[来源： Bjoertvedt [CC BY-SA]] (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>)]

这次火山喷发产生了 14.7 立方千米的熔岩[2]。该事件由十次喷发事件组成，每一次都以强烈的地震开始，接着是爆炸活动，从而产生一个新的裂缝段。整个裂缝由大约 140 个火山口、喷口和西南-东北走向的锥形体组成，一直延伸到冰岛最大的冰川：Vatnajökull 冰原（图 2）。此次喷发产生的熔岩覆盖总面积达 599 平方公里[3]。

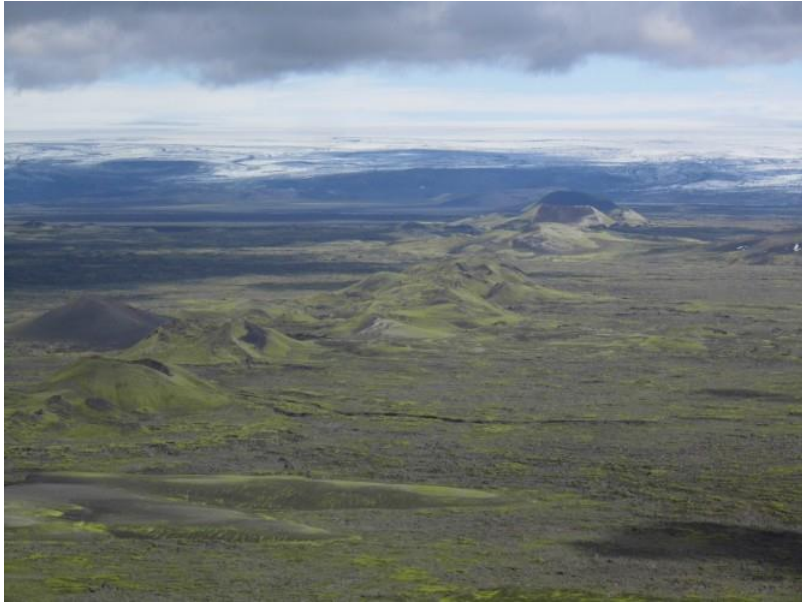


图 4. 从拉基山上，可以看到拉基裂缝的东北部分。在远处，可以看到冰岛最大的冰川 Vatnajökull。[来源：图片© 克勒曼·凯特琳]

该裂缝位于海拔 600 米左右，而沿海地区要更低。Kirkjubæjarklaustur 是东南沿海地区的一个定居点，位于海拔 35 至 40 米的地方。因此，大量熔岩自然而然地向海岸平原流动。大部分熔岩是通过河床流动的，主要是通过 Skaftá 和 Hversfljót 这两条从 Vatnajökull 流向大西洋的冰川河。Skaftá（图 3）并没有水，取而代之的是熔岩[4]。

这场火山喷发有很多名字：它的**冰岛名字是 Skaftareldar**，这是因为火山爆发发生在冰岛的 Skaftarfellssysla 地区，并且用熔岩覆盖了 Skaftá。火山口群也被称为 Lakagígar，意思是拉基火山口。拉基这个名字来自于拉基山，这座大约位于裂缝中间的火山的成因并不是 1783 年的喷发（图 4）。在英语中，这次喷发大多被称为拉基裂缝喷发。“拉基”一词是挪威地质学家阿蒙德·赫尔兰在火山喷发近一百年后提出的，之所以选择这个词，也是因为它简洁易读。有时，它也被称为**拉基火山喷发**。

2. 火山喷发的过程及其对冰岛的影响

这些熔岩威胁着许多冰岛人以及他们的动物和财产。少数教堂和农庄成为熔岩的受害者。而冰岛人能够在熔岩到达之前撤离。一位非常著名的当地编年史家 **Jón Steingrímsson** 记录了 Kirkjubæjarklaustur 发生

的事件，以及他从远处观察到的高地上发生的事情。他也是当地的一名牧师，以自传和描述这些事件的“关于火的论文”而闻名，人们称之为“火牧师”。1783年7月20日，当他开始做弥撒时，岩浆爬到了离他在 Kirkjubæjarklaustur 的教堂只有几米远的地方。他的布道被称为“火的布道”，在布道结束后，教区居民惊讶地发现岩浆还停留在弥撒开始时它所在的位置。在他的教区居民看来，Steingrímsson 阻止了熔岩吞没教堂。

火山喷发也产生了大量的气体和火山灰。这些气体，尤其是氟，污染了田野、草地和池塘。1783年至1785年间，50%的牛、79%的羊和76%的马死亡，池塘里的鱼和其他动物也受到了类似的影响[5]。在冰岛，火山爆发也因其后果而被铭记：**雾霾中的饥荒**，或称 Móðuharðindin。当时冰岛人的饮食以肉和鱼为主，所以这次火山爆发的后果是灾难性的。到1785年，**大约20%的冰岛人死亡**，多是由于饥饿、营养不良或疾病。冰岛处于**丹麦的贸易垄断**之下，这意味着只有某些丹麦商人被允许在冰岛各地的特定贸易网点与冰岛进行贸易。通常，这些商人在春天到达，在夏末或初秋离开。火山爆发的消息于1783年9月初传到哥本哈根，因此，丹麦国王克里斯蒂安七世决定派一个小组去冰岛调查火山爆发造成的损失。然而，由于恶劣的天气条件，调查人员直到1784年春天才到达。直到1810年左右，冰岛的人口才恢复到1783年前的水平[6]。

3. 对冰岛以外世界的影响

3.1 天空中异常的天气现象和信号

这次火山喷发的特别之处在于它的影响远远超出了冰岛的边界。这些气体通过喷射流被输送到欧洲，在那里它变成了一种**带有硫磺气味的干雾**。同时代的欧洲人没有意识到冰岛在这段时间发生了火山爆发，产生了这种不寻常的干雾。1783年夏天最令人担忧的特征可能是日出日落时太阳的**“血红色”**。和今天大城市的雾霾现象很相似，恒星和行星在地平线上较低的地方就看不见了。

2010年，当 Eyjafjallajökull 火山爆发时，世界想起了冰岛的火山活动及其几乎全球性的后果：火山灰和气体通过喷射流从冰岛飘向欧

洲，导致国际航班停飞数天。甚至在国际航空业出现之前，冰岛的火山爆发就已经给外部世界带来了麻烦。



图 5. 1783 年 11 月 21 日，从帕西的本杰明·富兰克林露台上看到的景色。这是蒙哥尔菲埃热气球的第一次无人驾驶的旅程。《富兰克林先生的土地》由一位匿名雕刻师完成，巴黎：勒瓦切兹：1783 年。[来源：法国国家图书馆，FOL-IB-1（公共领域）。]

1783 年 6 月初，法国安诺的两兄弟演示了热气球的首次飞行（图 5）。为了纪念他们，雅克和埃蒂安·蒙戈尔菲耶将这项新发明命名为 **Montgolfière**。飞向天空的竞赛开始了：这只气球不会是 1783 年法国升上天空的最后一只。其他发明家，如安妮-简·罗伯特，尼古拉斯-路易斯·罗伯特和雅克·查尔斯都在研究氢气球[7]。虽然“**气球热潮**”[8]流行

起来，但这些“飞行的球体”并不是那一年占据天空和人们想象力的唯一不寻常现象。

在整个 1783 年--这个**奇异之年，令人敬畏之年**，发生了几次异常的天气现象。其中，一股散发着硫酸味的干雾持续了数周，在 6 月 16 日前后，欧洲大部分地区及周边都有感应。即使远在加拿大的拉布拉多，叙利亚，黎巴嫩地区，甚至中国边境的阿尔泰山脉都能看到这种干雾。[9]它的密度各不相同，来自西北的风似乎增强了它，而来自南方的风分散了它。1783 年的夏天，这个时代的欧洲人在独自**推测雾的来源**。

干燥的雾主要是由火山喷发时释放的**二氧化硫（SO₂）**造成的，据悉，这些气体已经达到了 9-12 公里的高度。在冰岛上空，对流层顶大约在 8-11 千米的高度。大气层的下层叫做对流层，上层叫做平流层。一般来说，如果火山气体只到达对流层，它们会在几周内被冲刷掉，对气候没有长期影响。如果火山气体到达平流层，它们将在大气中停留更长的时间，并对气候产生持续的影响，或许长达三年。研究拉基裂缝喷发的科学家们对于拉基火山喷发产生的大部分气体是否能够到达平流层存在分歧。一旦二氧化硫到达对流层，它就通过极地急流被输送到欧洲，在这里，二氧化硫与水分发生化学反应，产生硫酸（H₂SO₄）。在**欧洲上空，是一种不寻常的反气旋天气模式**，这种准静止的高压单元，将拉基气体向下输送到地面，在那里形成了一种带有硫磺气味的干雾[10]。

此外，1783 年的夏天，欧洲北部、西部和中部都很热。这是特别不寻常的，因为通常情况下，在一次大型火山喷发后，气温会下降。这次热浪很可能与这个高压单元有关[11]。

这种干雾是奇特的、持久的，可能对欧洲大陆的**植被和人类健康产生了一些负面影响**。据说，在植物的叶子上形成了一种粘性物质，叫做“**蜜露**”。特别是在 6 月 24 日至 25 日前后，荷兰和德国西北部的植物几乎在一夜之间受到了严重影响。一些**植物枯萎**了，树叶变了颜色，或者树木上的叶子完全掉落，但并非所有物种都受到了相同的影响。同时人们观察到金属上的化学反应，金属结构生锈或变绿。干雾对那些患有**呼吸道或心脏疾病**的人打击最大。在一些地区，人们总抱怨眼睛疼。英国和法国的一些研究分析了高温、干雾或其他几个因素是否共同导致了

人口死亡率高于通常水平。目前还不清楚到底是雾造成了这种死亡率的提高，还是另一种与之无关的因素。

其他同时期的报告反对这种**制造恐慌**的行为：来自最年长社区成员的报告和对更古老编年史的仔细研究表明，类似的事件在过去也发生过，而且紧随其后的总是丰收的年份，表示这没有什么可担心的。事实上，**1783 年的葡萄产量**似乎取得了**格外成功**的丰收，很可能是得益于非常温暖的夏季。

夏天还出现了大量**严重的雷暴**，随之而来的是频繁的闪电，许多人因此丧生。当雷雨来临的时候，人们**敲教堂钟来改变暴风云的路线**，这种做法无疑帮助了一些人（法语中的风暴钟楼）。1783 年夏天的最新发明避雷针及其迅速普及，导致许多地区通过法律废除了这种做法[12]。

3.2 对反常天气原因的猜测



图 6. 1783 年 2 月 5 日的地震。地震造成了墨西拿（前景）和雷焦卡拉布里亚（背景）的严重破坏，成千上万的居民死伤。[来源：公共区域]

对 1783 年异常天气的解释有很多版本：

到目前为止，对于雾存在最流行的解释是，似乎全年发生了**多次地震**：1783 年 2 月和 3 月，西西里岛和卡拉布里亚发生了 5 次强烈地震，

造成约 3 万人伤亡（图 6）[13]。在 1783 年夏天，还有其他地震发生：7 月 6 日，法国部分地区发生地震，弗朗什孔泰大区、汝拉、勃艮第和日内瓦都有震感。这次地震没有造成太大的破坏，但它发生在干雾密集且分布广泛的时候。8 月 7 日至 8 日夜间，法国北部、亚琛和马斯特里赫特之间也发生了地震。7 月 30 日，黎巴嫩的黎波里又发生了一次大地震[14]。许多同时代的人认为他们生活在一个“**地下革命**”的时代，并有报道称，1783 年 5 月，冰岛海岸附近的渔民发现了一座“**新出现的燃烧岛屿**”。据说这个岛一直在冒烟，被浮石包围着，漂浮在海面上，阻碍了海上旅行。这个岛被称为 Nyey（“新岛”），在夏天被新闻大肆渲染，但当欧洲大陆听说拉基裂缝喷发时，却几乎被遗忘了[15]。

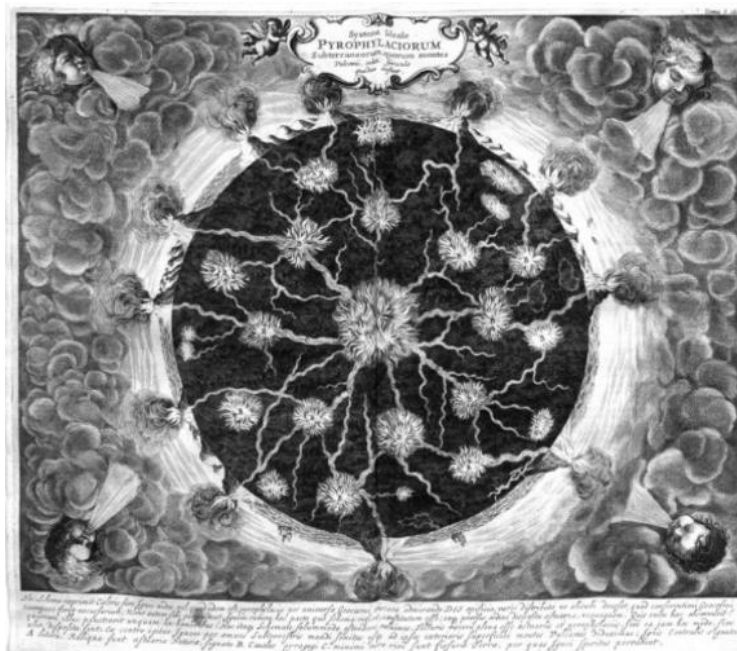


图 7. 地球上的火运河地图（地下火焰兵），作者认为它连接了世界上所有的火山。这张地图来自 1668 年亚大纳西斯·科切的《地下城》[来源：公共领域]

所有这些关于地震的报道都证实了“地下革命”将冰岛、卡拉布里亚和黎巴嫩的“剧变”相互联系在一起的观点。人们认为，世界各地的火山是由地下运河连接起来的（图 7）。还有报道称，就在卡拉布里亚发生第一次地震之前，出现了干雾，因此，人们开始担心，这种干雾可能是一场大地震来临的前兆。把地震和干雾联系起来的想法可能还得益于这样一个事实：当干雾在意大利南部仍然可见时，卡拉布里亚和西西里岛发生了数百次余震。

还有报道称，德国三个不同地区爆发了“喷火山”：最著名的是图林根州的格莱希堡。这些报告对火山喷发过程的描述惊人地准确。但这些解释是试图描述当地干燥雾的起源，还是传播恐惧的巧妙恶作剧，这是有争议的[16]。后来，当人们参观了这些地区后，才意识到死火山并没有莫名其妙地复活，这些报道就被撤销了。不过，火山爆发的想法与上面提到的地下革命理论非常吻合。



图 8. 亨利·鲁宾逊，“对流星的精确描述” 如 1783 年 8 月 18 日在英格兰诺丁汉郡的温索普所见。[来源：亨利·罗宾逊/大英博物馆受托人。这张照片是大英博物馆的在线收藏。（CC BY-NC-SA 4.0）。]

1783 年 8 月 18 日，另一种现象让人们抬头仰望天空：在爱尔兰、苏格兰、英格兰、法国、比利时和荷兰都可以看到一颗非常明亮、持续时间非常长、被称为“1783 年大流星”的流星（图 8）。当时，流星的 地外起源还没有被广泛接受：流星和彗星之间没有明确的区别。流星被认为是由大气中的水蒸气或上层大气中的电流产生的，类似于极光现象。[17]当时在巴黎的美国大使、博物学家和发明家本杰明·富兰克林推测，或许是“这些巨大的燃烧球体的尾部”产生了干雾。



图 9. 参加巴黎条约的美国代表团：约翰·杰伊、约翰·亚当斯、本杰明·富兰克林、亨利·劳伦斯和威廉·邓波尔·富兰克林（由本杰明·韦斯特描述）。英国代表团拒绝摆姿势，这就是为什么这幅画从未完成的原因。[来源： Benjamin West[公共区域]]

本杰明·富兰克林在 1784 年 5 月进一步推测，干雾与 1783 和 1784 年极其寒冷的冬天之间也有联系。冬天异常寒冷，不仅欧洲如此，北美也是如此。在 1784 年的 2 月和 3 月，欧洲有一场大雪，导致中欧和西欧的几条河流发生了严重的洪水。在德国，1784 年 2 月下旬的水位产生了一些地区有史以来最高或第二高的记录[18]。在北美，冬天异常漫长，积雪丰富，甚至冻结了新奥尔良的密西西比河，在墨西哥湾形成了浮冰[19]。严酷的冬季条件使得安纳波利斯很难召集足够多的国会议员，以达到批准结束美国独立战争的《巴黎条约》的法定人数（图 9）。尽管达到法定人数，条约被批准，也很难找到一条跨越大西洋的通道，把它带到巴黎，与英国批准的条约交换[20]。

虽然关于干雾起源的争论主要是受到启蒙运动的启发和对理性解释的渴望，但也涉及一些宗教争论。

3.3 关于干雾和冰岛火山活动之间联系的猜测

一些当代博物学家认为冰岛的干雾和火山爆发之间存在联系。当他们在 1783 年 9 月上旬至中旬的新闻中得知奈伊火山或 Skaptárfellsysla 地区的火山喷发时，大多数人认为夏季的异常天气现象可能与这次火山

喷发有关。第一个提出这种想法的是法国博物学家雅克·安托万·莫尔奇·德·蒙特勒顿，他于 1783 年 8 月 7 日在蒙彼利埃皇家科学学会上发表了他的发现。德国博物学家、哥本哈根大学物理学教授克里斯蒂安·戈特利布·克拉岑斯坦也将他所熟悉的冰岛火山活动与干雾联系起来。瑞士博物学家 H.格林也得出了类似的结论，他的发现于 1783 年 11 月 5 日发表在《新苏黎世报》上。同样是瑞士博物学家的约翰·鲁道夫·冯·萨利斯·马斯林斯在 1783 年 11 月中旬的《Der Sammler: Eine gemeinnützige Wochenschrift für Büntgen》中发表了他的发现。比利时植物学家和男爵尤金·德·波德尔发表了一篇文章，讲述了他在 1784 年初在布鲁塞尔所做的观察。

1784 年 5 月，本杰明·富兰克林提出干雾可能是流星造成的，他还提出冰岛的火山（奈伊火山或赫克拉火山）可能是罪魁祸首[21]。然而，在很长一段时间内，所有这些猜测都只是猜测。

4. 寻找干雾的起源

当冰岛火山喷发的消息传到丹麦时，关于干雾的谜团并没有被解开。直到 1794 年，冰岛博物学家和医生斯韦恩·帕尔森才在高地上发现了拉基裂缝。帕尔森在他的手稿中描述了他的发现，他将其寄到了哥本哈根，但由于经济原因一直没有发表。1879 年，冰岛地质学家索瓦迪尔·索洛德森在哥本哈根皇家图书馆偶然发现了这份手稿，并于 1879 年出版了其中的一部分。挪威地质学家阿蒙德·赫尔兰也对此很感兴趣，在索洛德森的建议下，他于 1881 年参观了拉基裂缝，他还绘制了火山口和熔岩区的地图。索洛德森于 1894 年访问了这个裂缝[22]。

1883 年，另一次火山爆发成为全球新闻：在荷属东印度群岛，一座名为喀拉喀托的火山发出了有史以来最大的噪音，喷出大量气体和火山灰，并引发了海啸。据估计，火山爆发已造成 3.5 万人死亡。尽管喀拉喀托火山离欧洲很远，但由于电报的出现，火山喷发的消息传播得很快[23]。

这次大型火山喷发激发了几位科学家采取行动，他们从世界各地的专业和业余气象观察员那里收集信息。他们第一次意识到火山喷发可以对远离火山的天空和天气现象产生影响。1883 年喀拉喀托火山爆发后，

欧洲和北美看到了斑斓的日落和鲜艳的天空。因此,在 19 世纪 80 年代,拉基裂缝爆发和 1783 年夏天奇怪的雾霾之间的点终于被联系起来了 [24]。

5. 如今的拉基裂缝



图 10. 一张来自拉基裂缝中心的照片。[来源: Chmee2/Valtameri [CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)]]

如今,冰岛是一个独立的国家,人口大约是 1783 年的 7 倍。冰岛在许多衡量生活质量、幸福和平等的指标上表现出色。冰岛已经不再是 250 年前那个边缘国家了。在过去一段时间里,冰岛已经成为一个深受欢迎的旅游圣地,每年接待的游客数量都创下了纪录。这当然会有一些环境后果。

Vatnajökull 国家公园成立于 2008 年，现在也**包含了拉基裂缝**（图 10）。冰岛旅游业的**增长**也导致越来越多的游客来到拉基裂缝。拉基裂缝很难到达。从 Kirkjubæjarklaustur 乘坐四轮公共汽车来回需要 8 个小时。虽然距离村庄只有 50 公里，但穿过崎岖不平的土路（被称为 F 路）很花费时间。此外，这趟旅程还需要涉水过河[25]。



图 11. 1783-1784 年火山喷发形成的熔岩上的苔藓。[来源： Onioram [CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>)]]

遗憾的是，并不是所有的游客都尊重自然，有些人留下垃圾，有些人并不走指定的道路。在 Skaftáreldahraun 的拉基熔岩区，一种**非常娇嫩的苔藓**正在生长，将拉基裂缝周围的山丘涂成郁郁葱葱的浅绿色（图 11）。由于海拔和高纬度，这种苔藓非常敏感，需要几十年才能生长。如果它被踩到，它就会变成棕色并死去。有一些警示标志来教育游客，并在环保主义者志愿者的努力下，游客可以踩在木制小路上[26]。

大型洪水熔岩事件例如拉基裂缝，喷发的重现时间为**300-1000年**。然而，在冰岛，下一次火山爆发并不会太远：平均意义上，**冰岛每 3-5 年就会有一次火山喷发**。如今，冰岛对火山进行了仔细的监控，并警告当地人和游客一旦火山爆发的威胁迫在眉睫，就必须撤离。了解冰岛火山爆发对欧洲和北半球的影响是非常重要的，可以让我们在未来采取相应的行动。

6. 要记住的信息

1783 年拉基裂缝喷发表明，火山喷发会对远离火山的地区产生影响。

有时，这些影响可能是相当持久的，甚至扰乱天气模式，导致极端天气。

小冰期的这一极端事件显示出当代人是如何应对突然而极端的天气变化的，在全球变暖的今天和将来，这些教训可能会非常有用。

参考资料和注释

封面图片。从拉基山上看冰岛拉基裂谷的西南部 [来源：照片©克勒曼·凯特琳。（经许可使用）。]

- [1] 索达森，索瓦多，赛尔夫，斯蒂芬。《冰岛》。爱丁堡：但尼丁，2014。
- [2] 索达森，索瓦多，赛尔夫，斯蒂芬。“1783-1785 年的拉基（斯卡夫塔尔大火）和格里姆火山爆发。”《火山简报》55（1993），233-263。
- [3] 索达森，索瓦多，赛尔夫，斯蒂芬。“1783-1784 年拉基火山喷发的大气和环境影响：回顾和重新评估。”《地球物理学报》108（2003）。
- [4] Steingrímsson, Jón. 地球之火。拉基火山爆发（1783-1784 年） Keneva Kunz 译，25-26。Reykjavík: 冰岛大学出版社和北欧火山研究所，1998。
- [5] 奥本海默，克莱夫。《震撼世界的火山爆发》。剑桥：剑桥大学出版社，2011。
- [6] 维西，丹尼尔·E。《人口、农业和饥荒：冰岛，1784-1785》《人类生态学》第 19 期。3（1991）： 323-350.1810: 49000 居民；1815: 50000 居民。（2019 年 4 月 19 日

生效)

- [7] 吉莱斯皮, 理查德。1783-1786 年法国和英国的热气球。“浮空学和冒险主义”。ISIS 75, 第 2 期 (1984): 249-268。
- [8] 1783 年 11 月 7 日, 约瑟夫·班克斯在给本杰明·富兰克林的信中使用了“狂躁症”一词。宾夕法尼亚大学范佩尔图书馆, 第八, 第 35 页。
- [9] Stothers, 理查德。“1783 年的大干雾”《气候变化》, 第 32 期。1 (1996): 79-89。
- [10] 索达森, 索瓦多和斯蒂芬·赛尔夫。“1783 年欧洲拉基硫酸气溶胶云的实时观测, 由荷兰弗兰克尔的 S. P. 范·斯温登教授记录。” Jökull 50 (2011): 65-72。
- [11] 赞布里, 布莱恩, 艾伦·罗博克, 迈克尔·J·米尔斯, 安雅·施密特。“模拟 1783-1784 年冰岛拉基火山爆发, 气候影响一部分。” JGR 大气 2019。
- [12] 霍切德, 奥利弗, “星云星云: 1783 年夏的干雾与德意志帝国引进避雷针”《美国哲学学会汇刊》第 99 期。5 (2009): 45-70。
- [13] 克勒曼, 凯特琳。“生活在地下革命的时代: 1783 年卡拉布里亚地震序列。” 环境与社会门户, 阿卡迪亚 (2019 夏季)。第 30。雷切尔·卡森环境与社会中心。
- [14] Demarée, Gaston R. 和 Astrid E. J. Ogilvie。“贝瑟斯岛: 气候、环境和人类维度冰岛拉基加火山爆发 (1783-1784) 的影响。”《历史与气候: 未来的回忆》R. D. 琼斯等编辑。219-246。纽约: 施普林格, 2001。
- [15] 克勒曼, 凯特琳。“生活在地下革命的时代: 1783 年卡拉布里亚地震序列” 阿卡迪亚: 环境历史的探索”, 夏季卷 2019, 即将出版。
- [16] 格拉坦, 约翰, 大卫·D·吉尔伯森和 A·迪尔, “我们亲爱的德国的喷发火山: 1783 年格莱希伯格火山低强度喷发的文献证据?” 《地质灾害的考古学》[伦敦地质学会, 特刊]171 (2000): 307-15。
- [17] 山毛榉, 马丁。“1783 年 8 月 18 日的大流星”《英国天文协会学报》第 99 期。3 (1989): 130-134。
- [18] 佩恩、理查德·J。《公元后 1783 年第四季度的流星和对环境变化的感知》西北地理 11 号 1 (2011): 19-28。
- [19] 布拉迪尔, 鲁道夫, 加斯顿 R. 德玛瑞, 马赛厄斯·多伊奇, 等。“1783/1784 年冬季欧洲洪水: 小冰期极端事件的情景”《理论与应用气候学》1-2 (2010): 163-189。德玛瑞, 加斯顿 R。“1784 年 2 月发生在比利时及其周边地区的灾难性洪水——霜雪、河冰和洪水的小冰河时代事件。”《水文科学学报》, 第 51 期。5 (2006): 878-898。
- [20] 陆德伦、大卫·M。早期美国冬天 (1604 - 1820), 第一卷和第二卷。美国气象学会: 兰开斯特出版社, 1968。
- [21] 德怀特·L·史密斯, “外交信使乔赛亚·哈马尔”。宾夕法尼亚历史与传记杂志 87.4 (1963): 420-430。
- [22] 德玛瑞, 加斯顿 R 和阿斯特丽德·E·J·欧吉维。“Iakagigar 岛的火山爆发或‘奇迹年 1783’。这是比利时及其盟友非凡的一年。” 环境历史研究和参考书目。比利时-法国北部-中非, Isabelle aprmentier 编辑的。第二届 RBel 会议记录, 那慕尔, 2016 年。
- [23] 海兰, 阿蒙。拉基斯陨石坑和熔岩流。克里斯蒂安尼亚: Trykt i Centraltrykkeriet, 1886 年。托罗森, Th。“1783 年冰岛火山喷发” Geografisk Tidsskrift 1879。
- [24] 温彻斯特, 西蒙。喀拉喀托火山。世界爆炸日, 1883 年 8 月 27 日。伦敦: 维京, 2003。
- [25] 西蒙斯、乔治等人。《喀拉喀托火山喷发及其后续现象》。伦敦: 哈里森父子, 1888 年。

[26] 计划你的拉基之旅

[27] 克勒曼, 凯特琳。”小心台阶! 冰岛 Vatnajökull 国家公园的苔藓保护。”《看到森林》, 2016 年 10 月 18 日。

译者: 高旻幸

编审: 赵红教授

责任编辑: 胡玉娇