

将给世界带来“无夏之年”甚至影响拉尼娜形成？

或仅影响局部气候，汤加火山爆发效应有待观察

魏科

北京时间1月15日中午12点10分前后，在南太平洋岛国汤加洪阿哈阿帕伊岛附近发生了一次猛烈的普林尼式火山爆发。根据风云四号B星500米分辨率监测数据，该岛火山喷发出大量火山灰云，并形成直径达到500千米的伞形上冲云团，在火山灰云团周围形成明显的冲击波。此后，火山喷发引发的海啸迅速袭击了汤加王国首都所在的塔布岛，随后又抵达斐济、瓦努阿图，当晚10点左右日本也发布了海啸预警。中国沿海海域于16日凌晨监测到海啸波。

虽然目前还没有得出明确的等级，但种种迹象表明，这场火山喷发的强度很可能达到了VEI5级上限，是本世纪迄今为止最大的火山爆发。然而，从目前喷发输入到大气中的喷发物质量来看，如果后续没有更强的爆发，此次火山爆发对全球气候的影响可能较为有限，不可能像网上流传的那样，引起“无夏之年”。

不可否认，此次汤加火山爆发确实在全世界产生了巨大影响：不仅在海洋和大气中引起较强的冲击波，环太平洋地区均发布了海啸预警，新西兰、澳大利亚和万里之遥的日本、美国西海岸等地都观测到了明显的涨潮，中国、美国、欧洲和南美洲等地也都观测到了气压的小幅波动。

受影响最严重的当然是火山爆发地，火山爆发引起的火积云直冲云霄，摩擦引起强烈的闪电，海啸袭击汤加、

斐济、瓦努阿图等地，汤加海底电缆断裂，和外界所有联系中断，整个国家在互联网世界中消失。巨大的爆炸声甚至传到800公里外的斐济和2000公里外的新西兰北岛。

此次火山活动是一座海底火山，位于活跃的汤加-克马克群岛火山弧上。过去100年，此处经历过多次海底火山爆发，火山喷发使得岛屿高度多次变化。上一次火山喷发(2014年)形成一个新岛，此次喷发之后，新岛从海面上消失。

火山爆发会对全球气候造成影响，主要与火山爆发进入平流层的硫酸盐量有关。在20世纪最主要的几次火山爆发中，1963年的阿贡火山喷发了约800万吨二氧化硫进入平流层；1982年爆发的埃尔奇琼火山喷发了约700万吨二氧化硫进入平流层；1991年的皮纳图博火山爆发，约有2000万吨二氧化硫进入平流层。这三次火山爆发都在全球温度序列里留下了印记，降温幅度分别为约-0.2℃、约-0.2℃和约-0.5℃，持续时间为1至2年。

目前，用于评估火山爆发强度的火山爆发指数(VEI)并不是根据进入平流层的硫酸盐量来判定的，因此并不能完全反映其对全球气候的影响。尽管一般来讲VEI数值越大，喷发进入平流层的二氧化硫越多，但根据火山爆发方式、喷出物质、火山爆发位置、火山爆发时天气情况的不同，进入到平流层的二氧化硫经常有巨大差别。

例如，1980年5月18日美国圣海伦火山爆发。这是一次VEI5级的火山爆

Table with 5 columns: VEI, 形容, 喷发体积(km³), 喷发柱高度(km), 相当于地震震级. Rows 1-8.

数据来源：自然资源部中国地质调查局

发，造成57人死亡，然而进入平流层的二氧化硫量仅为100万吨左右，对全球气温的影响微不足道，在全球平均的温度序列里根本检测不出。而同样是VEI5级火山的埃尔奇琼火山则喷发了约700万吨的二氧化硫进入平流层，导致全球降温约0.2℃。

因此，以笔者判断，火山爆发要对全球平均气温造成可观测和识别的影响，其喷发进入平流层的二氧化硫量至少需要达到200万吨以上。

火山爆发一般会持续比较长的时间。此次汤加海底火山的活动从2021年12月底开始，目前还处于活跃状态，后续是否还会有更大规模的爆发，还需要进一步监测。从最新卫星监测数据来

看，此次汤加火山爆发喷发出的火山灰最高达到约28千米，这已经到了平流层的中下层。根据估算，大概有40万吨二氧化硫进入平流层——这一数值距离对全球气候有所影响，还有非常大的差距。因此，如果该火山后期没有更大规模的喷发，则可判断，此次火山活动暂不可能影响全球气温。

值得注意的是，大规模火山爆发的气候影响不仅仅局限于全球温度，也会对热带海温分布状态有所影响，还可能通过遥相关产生其他的环流影响，这还需要进一步的深入评估。气候事件本身是在各种复杂因素的共同作用下形成，因此汤加海底火山爆发是否会对拉尼娜等气候事件产生影响，尚不能轻下断言。



图源：汤加地质调查局

超级火山爆发真给地球带来过“极寒”

魏科

尽管汤加火山爆发的“气候冲击波”可能不及人们想象中的那么大，但在人类历史上，的确曾有大型火山爆发给地球带来了“无夏之年”，甚至引发了小冰期。比如，1815年印度尼西亚松巴哇岛上的坦博拉火山爆发，达到创纪录的VEI7级，导致1816年真的“无夏”。公元535或536年，一座万里之外、目前也不知道何处的超级火山突然爆发，导致此后几年全球几乎同时开启了灾难模式。而1991年菲律宾皮纳图博火山爆发则使第二年全球地表温度降低了约0.5℃。

7.5万年前多巴火山带来灾难：将地球带入冰期，引发食物链巨变

距今约7.5万年前，印尼苏门答腊岛的多巴超级火山爆发，人类生存遇到严重挑战。这次火山爆发达到了超大规模的VEI8级。

经过了7.5万年，当年形成的火山口现在看来依然规模巨大——如今的多巴湖即是当年形成的火山口，南北长达100千米，东西长达35千米。据估计，此次火山爆发共喷发出了2800立方千米的物质。

这次超级火山喷发是1991年菲律宾皮纳图博火山(VEI6级)爆发强度的100倍。地质资料分析，火山灰的沉积范围向西一直到印度次大陆和阿拉伯海，向东北方向直到1500至1800千米外的中国南海。

火山影响气候主要是通过火山喷发的二氧化硫。火山喷发的二氧化硫气体直达平流层，较短时间(一两个月)内即会形成硫酸气溶胶，随着平流层环流输送到全球各处。由于平流层环流较为稳定，所以硫酸影响会持续更长时间(一年以上)，通过阻挡太阳辐射，引起近地面温度降低。

多巴火山喷发的火山硫酸盐气溶胶进入平流层后，阻挡和削弱了到达地球表面的太阳辐射，使得全球温度骤降(中高纬度降温可能达到10℃-15℃以上)。这种强度的降温很可能促发“冰雪-太阳辐射”的正反馈机制，即“温度降低-冰雪发展-反射率增加-入射辐射减少-温度进一步降低”，从而形成长期影响。对于人类生存而言，最致命的可能不是低温，而是原先食物链的彻底崩溃。

这次火山活动很有可能引起了一次新的冰期。在格陵兰岛的冰芯资料里，人们发现了此次火山的沉降物，随之有长达千年的低温期。有研究认为，此次超强火山爆发甚至改变了地球上各种生命的进程。当时，全球人口数可能降到了有史以来的最低值(1万-3万)。人类演化差点被推到了灭绝的边缘。这次多巴火山爆发也引发了全球生物灾难，使得北半球四分之三的植物死亡，在热带雨林和季风区形成严重干旱，引起植被衰退。

然而，德国马普气象研究所研究认为，这次火山活动并没有对人类生存形



英国画家约瑟夫·玛罗德·威廉·透纳在其画作The Chichester Canal(1828)中，真实记录下了当时他记忆中1816年的天空——在火山气溶胶的影响下，天空是橙色和红色的。

画作The Harbor of Dieppe(1826)中呈现的正常晚霞。

成真正的挑战。同时，印度等地的考古资料揭示，在此地层附近，旧石器时代的人类活动保持了继承性和稳定性，并没有明显的断代历史。这表明，此事件前后，在此生活的人类活动并未受到太大影响。

另外，尽管中高纬度可能出现了温度巨降，以及物种种群、食物链的巨变，但生活在中东和欧洲的尼安德特人一直生活到了3万年前，生活在阿尔泰山脉和西伯利亚附近的丹尼索瓦人也生活到了5万年前，生活在印度尼西亚的弗洛里斯人则熬到了1.2万年前。

所以，多巴火山的这次超级喷发最大的可能性是形成了冰期，并改变了一些地区的食物链结构，给当时人类其他的兄弟姐妹带来了极大挑战：有些种群甚至发生了崩溃和灭绝，有的被迫迁徙或者改变生活方式后日益衰落。等到我们的先祖走出非洲时，其他的族群根本无法与之竞争。

1815年印尼坦博拉火山爆发：带来“无夏之年”和“饥荒之年”

1815年4月5日至15日，印度尼西亚松巴哇岛上坦博拉火山爆发，这次火山达到创纪录的VEI7级，几乎是过去2000年里最大规模的火山活动。据记载，这次火山爆发前，坦博拉火山高度为4100米，火山爆发后只剩2850米，形成了直径6000多米、深700米的巨大火山口。

在这次喷发中，火山灰柱高达45千米(达到平流层高层)。火山灰完全遮蔽



了天空，大气中火山灰随风顺漂浮，150千米之外火山灰有1米厚，300千米之外有25厘米，到了1000千米之外还有5厘米的火山灰。据记载，一周之后，距离火山几百千米以外的瓜哇岛上空，依然漆黑一片，几乎伸手不见五指。

虽然这次火山爆发能量仅为多巴火山超级喷发的1/10左右，但仍造成了次年(1816年)欧美的异常寒冷，被称作“无夏之年”或“饥荒之年”，因寒冷和饥饿死亡的人数超过20万。

寒冷使得当年作物收成基本无望，德国的食品价格飙涨：1815年，一蒲式耳(在美国相当于35.23升)燕麦价格折合现在约为1.55美元，1816年飙升到了12.85美元。那一年，从英国到爱尔兰和威尔士，四处都是受灾的难民和乞丐，死亡人数估计超过20万人。

坦博拉火山喷发的影响，还可以从当年的艺术作品中窥见。当火山喷发出来的硫酸盐气溶胶笼罩整个平流层时，天空的朝霞和晚霞异常漂亮，红色和橙色

的天空随时都在，不论是刮风下雨，早晚一定都看得到，甚至在大雨之后更加清晰。这被称作dry fog，无法被雨水所清洗，因为下雨是在对流层，而那层火山硫酸盐气溶胶则是在更高的平流层。

英国画家约瑟夫·玛罗德·威廉·透纳用画笔真实记录下了当时他眼中的天空——在火山气溶胶影响下，天空是橙色和红色的。喜欢看晚霞的人在1816年看了整整一年红色天空。而没有火山影响的正常晚霞，是可以看到蓝色天空的。

有人受此启发，分析了过去400年里西方主要的画作，量化分析每幅画的红蓝色对比，这一指数与过去400年的尘封指数相关系数达到0.83。这说明，艺术家在创作中不约而同地反映了实际的天空颜色——大气光学厚度在正常时候为背景值0.05，但在坦博拉火山爆发的1815年和1883年喀拉喀托火山爆发时则能达到0.6。

(作者系中国科学院大气物理研究所副研究员)



图/视觉中国

相关链接

火山喷发类型有哪些？

1 玄武岩泛流喷发

喷发以玄武岩为主，流动方向近于平行，厚度及成分较为稳定，产状平缓，常形成熔岩高原。因为玄武岩流动性大，熔岩喷出量大，少有爆发相，在地形平坦处似洪水泛滥，到处流溢，分布面积广，又称“玄武岩泛流喷发”。

典型事件：1783年冰岛拉基火山喷发

2 夏威夷式喷发

很少发生爆炸，常常从山顶火山口和山腰裂隙溢出相当数量的玄武质熔岩流，岩浆粘度高，流动性大，表现为比较安静的溢流，气体释放量可多可少。当岩浆到达地表时，常会形成熔岩喷泉，可高达300米以上，也有少量的火山渣和火山灰。这种喷发基本不会造成人员伤亡，但会毁坏农田村庄。

典型事件：1924年基拉韦厄火山喷发，1975年冒纳罗亚火山喷发

3 斯通博利型喷发

源自20世纪初早期意大利语。最典型的是意大利的斯通博利火山，位于西西里风神岛，经常有火山喷发活动。其喷发特征是或多或少定期中等强度喷发，喷出炽热熔岩粘性比夏威夷式偏大，伴随白色蒸汽云。这种喷发会韵律性喷出白热的火山渣、火山砾和火山弹，爆炸较为温和。

典型事件：意大利斯通博利火山、墨西哥帕利库廷火山、苏联克留契夫火山

4 武尔卡诺型喷发

这种类型喷发比斯通博利式火山熔岩粘更大，呈熔浆状，喷发较为猛烈。不喷发时，熔岩在火山口上形成较厚的固结外壳，气体在固结的外壳下聚集。当气体压力增大时，火山会发生猛烈的爆炸，有时足以摧毁一部分火山锥，炸开阻塞物，形成“面包皮状火山弹”，和火山渣一起喷出，同时伴随“菜花状”喷发云。

典型事件：位于地中海西西里岛附近的武尔卡诺岛火山

5 培雷式喷发

名字起源于西印度群岛马提尼克岛培雷火山1902年的喷发，当时毁灭了圣皮埃尔城，死亡人数超过3万。这种喷发产生高粘度岩浆，爆发特别强烈，最明显的特征是产生炽热的火山灰云。这是一种高温度气体，全是炽热的火山灰微粒，就象活动的乳浊液，密度大，当它沿山坡向下移动时，足以产生象飓风一样的效果。培雷式喷发除了从火山口中流出粘稠的熔岩外，其它地方没有熔岩流出。

典型事件：1835年科西纳火山喷发，1951年拉明顿火山喷发，1982年埃尔奇琼火山喷发

6 普林尼式喷发

岩浆粘度高、爆发强烈，火山碎屑物高达90%以上，其中固岩碎屑占10%至25%。喷出物以流纹质与粗面质浮岩、火山灰为主，分布较广，伴有少量熔岩流或火山灰流。由于爆发强烈及岩浆物质大量抛出，普林尼式喷发常形成锥形崩塌的破火山口。

典型事件：公元79年维苏威火山爆发，1783年日本浅间火山喷发，1980年美国圣海伦斯火山爆发

7 超武尔卡诺型喷发

又称超火山型爆发，几乎是无岩浆物质的爆发式喷发。由于只有喷发物质而无熔岩，因此喷发物质是在冷却状态下喷发的，偶尔在炽热状态下喷出。其特点是出现大量的基底火山碎屑。超武尔卡诺型喷发喷出的物质体积大小变化很大，从巨型岩块到火山灰均有。碎屑通常是棱角状和尖棱角状，无火山弹和熔渣。

典型事件：1888年日本磐梯山喷发

8 苏特塞式喷发

火山活动的前半期，在浅海海底的火山口反复爆发式喷发，当玄武质岩浆与海水接触时又发生爆炸，产生大量细颗粒物(火山灰)。这种由岩浆-水蒸气-水蒸气-岩浆爆发的类型与陆上的斯通博利型喷发不一样。

典型事件：1963至1967年冰岛南部苏特塞火山岛形成

资料来源：自然资源部中国地质调查局