

4月10日,中国科学院地质与地球物理研究所研究员刘丽军和同事在国际学术期刊《科学》上在线发表了关于超级火山的最新研究成果。

提到火山,相信每个人都不陌生。夏威夷的岩浆流淌、长白山的壮美天池、富士山的皑皑白雪,都是地球赐予人类的壮美奇观。但风景背后,火山其实是地球上最具破坏力的地质力量之一。

尤其是超级火山,它的一次喷发,足以改变全球气候、影响生物圈的命运,甚至在地球历史上,多次和生物大灭绝事件紧密相连。

威力惊人的超级火山是怎么形成的?

超级火山喷发会带来全球性影响

火山喷发是有严格等级划分的。按照喷发的固体物质体积,科学家将火山喷发从0级到8级分成九个等级,相邻两级的威力相差整整10倍。

0级喷发的体积不到1万立方米,就像最近夏威夷火山的喷发,规模很小,对人类几乎没有威胁,大家甚至可以近距离拍摄、观赏。但到了8级,也就是人们所说的超级火山,喷发体积不少于1000立方千米。这个量级意味着什么?足以填满7200万个标准游泳池。

人类有记录以来最强的坦博拉火山喷发,喷出了约150立方千米的物质,仅仅是7级,就造成了全球无夏之年,超过7万人死于饥荒。可想而知,8级超级火山一旦喷发,带来的是全球性、不可逆的巨大影响。

中国的长白山,在公元946年左右发生过一次千年大喷发,规模就已经接近8级。7万年前印尼多巴火山的超级喷发,更是让人类几近灭绝。2.5亿年前二叠纪末期的西伯利亚超级火山喷发,直接让地球上超过90%的海洋物种彻底消失。

这些威力惊人的超级火山,到底是怎么形成的?

经过几代科学家的努力,人类慢慢发现,答案不在地表,不在浅层地壳,而在脚下数百甚至上千公里的地球内部。

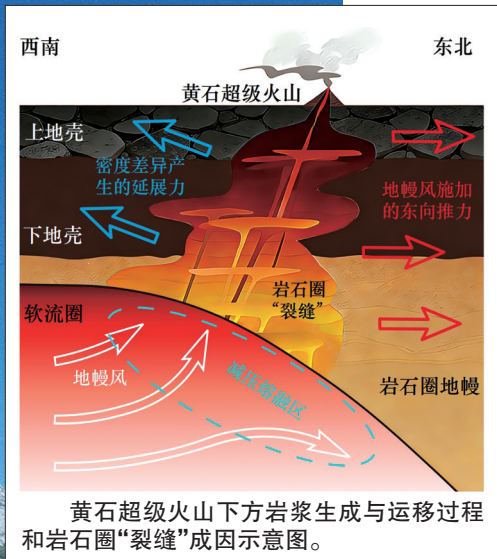
很多人以为,地球内部就是坚硬不动的石头,其实完全不是这样。地球是一个充满活力的星球,不仅地表的地貌、气候在不断变化,地下深处也一直在缓慢而持续地运动。

地球内部的温度,会随着深度不断升高,岩石在高温下会像糖浆一样慢慢流动,温度降低又会变得坚硬。基于这个特点,人们把地球表层到数百公里深处又冷又硬的部分叫作岩石圈;它下方高温、可以缓慢流动的部分,就是软流圈。

通过分析超级火山喷发的岩浆化学成分,已经确定大部分超级火山的岩浆,都起源于软流圈物质的熔融。那么,问题来了:第一,软流圈为什么会大规模熔融?第二,这些岩浆怎么穿



2024年7月14日正在喷发的印度尼西亚东努沙登加拉省勒沃托比-拉基拉基火山。



黄石超级火山下方岩浆生成与运移过程和岩石圈“裂缝”成因示意图。

透坚硬的岩石圈到达地表?

为了找到答案,刘丽军和同事选择了全世界最受关注的超级火山——北美黄石火山作为研究对象,用计算机做三维建模,模拟地下软流圈的流动和岩石圈的变形,一点点揭开它的秘密。

在很长一段时间里,科学界对黄石火山有一套固定的解释。大家认为,黄石是地幔柱在地上的表现。

地幔柱就像一根从地核顶部垂直上升的热烟囱,把高温物质带到软流圈,加热岩石形成大量岩浆,岩浆像沸水的气泡一样往上涌,在地壳里形成一个巨大的液态岩浆房,压力不断积累,最终撑破岩石,发生超级喷发。

这个模型简单直观,也被写进了很多教科书和纪录片里。

但刘丽军和同事的最新研究结果,完全推翻了这个传统认知。

他们发现,黄石下方确实有高温地幔,可根本不存在一个充满熔体的巨型岩浆房。真实的地下结构,更像一张蜘蛛网,是细密分布的岩浆脉络,从地壳一直倾斜向下连通到软流圈顶部。这也就意味着,传统的液态岩浆房和地幔柱模型,并不符合黄石地下的真实情况。

2

地幔风孕育出黄石超级火山

既然不是地幔柱,那黄石的岩浆到底来自哪里?又是怎么运移到地表的?经过反复模拟和分析,刘丽军和同事找到了一个完全意想不到的答案:一股来自地球深处的“地幔风”。

在北美中东部地下一千多公里的深处,有一块又冷又重的古老地幔区域,叫法拉龙残余板块。它是上亿年前古老大洋板块俯冲进入地幔形成的,一直在缓慢下沉。

它下沉的过程,就像一只巨手向下拖拽,带动上方的地幔发生大范围汇聚流动,连千里之外黄石下方的软流圈,都被整体拉扯着向东移动。这个原理和空气流动形成风一模一样,所以被形象地称之为“地幔风”。

这股看不见的地幔风,吹到黄石下方时,遇到了一堵“墙”。

黄石西部的岩石圈很薄,只有60公里左右,可到了黄石正下方,岩石圈突然增厚到上百公里。浅部的地幔风被挡住,深部的地幔风依旧向东流动,一堵一拉之间,这片区域的压力急剧降低。

就像高原上水的沸点会降低一样,地幔岩石在压力降低时,熔点也会大幅下降,从而大规模熔融,产生海量岩浆。

这个过程叫作减压熔融,以往人们只知道它通常发生于持续扩张的大洋中脊下方。而这

一次,刘丽军和同事第一次用计算证明,稳定的大陆下方也能出现这样的现象。

岩浆怎么穿过坚硬的岩石圈?答案还是地幔风。

这股向东的地幔风,给深部岩石圈施加了向东的推力,而黄石西侧岩石圈更薄、密度更小,又产生了向上和向西的延展力。一推一拉,就像两只手反方向撕开一张纸,黄石下方的岩石圈被硬生生撕开一个倾斜向上的“裂缝”。

这道裂缝,由无数微小裂隙连接而成,形成了天然的虹吸通道,让深部岩浆可以持续不断地向上爬升,进入地壳,为超级火山提供稳定补给。

也就是说,从岩浆诞生,到穿越岩石圈,再到慢慢聚集成山,黄石超级火山的每一步,都是被这股地幔风一手孕育出来的。

这是刘丽军研究团队最核心的发现,也是地球科学对超级火山成因的全新解读。

这项研究最让人兴奋的地方,不只是解释了黄石一座火山。刘丽军和同事相信,这套“地幔风”形成机制,完全可以推广到全球其他超级火山,比如长白山、多巴火山等。

未来,刘丽军研究团队会继续用定量研究的方法,一步步揭开更多超级火山的秘密。

(据新华社北京4月27日电) 图据新华社