

史上第二大海啸 怎样达到481米?

2025年8月10日清晨,在美国阿拉斯加州东南部的特雷西阿姆峡湾,一场大规模滑坡引发了有记录以来的第二大海啸,掀起的巨浪飙升至481米的高度。这般滔天巨浪是如何形成的?背后究竟隐藏着哪些不为人知的秘密?2026年5月,国际著名学术期刊《科学》发表了一项关于这场特大型滑坡海啸的研究成果。

突如其来的超级海啸

特雷西阿姆峡湾地处美国阿拉斯加州东南部,长约50千米,宽约1.3千米,水深达380多米,两岸崖壁陡峭险峻,地势落差极大,区域内冰川广布,属于典型的高纬度滨海冰川地貌。狭长、陡峭而封闭的地形使得这里的原生态自然环境保存较好,因此成为地球上最热门的冰川观光地之一,每年吸引数千艘游轮前来观光。

而在灾难发生的这个清晨,特雷西阿姆峡湾先是发生了一起超大规模山体滑坡,总体积超过6400万立方米的岩石瞬间冲入峡湾,然后造成水体剧烈扰动,激发出初始浪高近100米、传播速度超过70米/秒的超级海啸,掀起的巨浪直冲对岸山坡,达到最高处约481米的位置。

幸运的是,此次灾害发生在当地时间清晨5时26分,游船尚未进入峡湾核心区域,而且事发时峡湾内有大雾,船只主动减速并远离冰川前缘,因此与一场世界级灾难擦肩而过,未造成人员伤亡和重大财产损失。据目击者称,5时45分,一群在50公里外露营的皮划艇玩家醒来时,发现大水冲了营地,帐篷、皮划艇以及大量装备被巨浪卷走。

此次滑坡发生前没有任何征兆吗?事实上,在滑坡前几天,地震台站监测到当地出现过微弱地震活动,而在滑坡发生前24小时内,微地震活动已经开始明显增强,事发前6小时微地震频次呈指数级增长,震动间隔缩短至30~60秒,在滑坡前1~2小时出现频次衰减并转为岩体持续性缓慢滑移信号,这就预示着一场大规模滑坡已经逐渐启动了。

《科学》公布的研究成果显示,科学家综合高分辨率卫星遥感、地震波形反演、海啸数值模拟、现场调查与目击者证据等多源数据,还原了特雷西阿姆峡湾海啸事件从孕育、触发、发生到

远场传播的全过程,对研究滑坡诱发海啸的成因机理具有重要科学意义,对全球极地与高山峡谷区灾害风险评估也有重要参考价值。

滑坡海啸威力更惊人

海啸是沿海国家和地区常见的一种自然灾害。它在广阔的大洋中传播时不易被察觉,可是当它传播到海岸上时,就会把能量集中起来,瞬间形成高度超过10米的巨浪,就像一堵巨大的水墙扑面而来,以排山倒海之势涌上陆地,在滨海地区造成巨大的生命财产损失。据科学家统计,全世界大约80%的海啸都发生在太平洋海域,日本、智利以及夏威夷都是遭受海啸侵袭最频繁的地方。

海底地震是诱发海啸的主要因素。当海底发生较大规模的地震时,造成断层垂直位移,如上盘抬升或下盘沉降,导致海水整体波动,形成长周期波浪。这些波浪在深海传播时幅面小、速度极快,接近海岸时因水深变浅,波高骤增,形成毁灭性巨浪。例如,2025年7月30日,俄罗斯堪察加东岸远海发生里氏8.7级地震,震源深度仅10千米,此次地震引发太平洋越洋海啸,俄罗斯、美国、日本以及中国均监测到海啸波。因浅源地震接近地表,能量释放集中,破坏力最强;相比之下,深源地震虽震级可能更大,但能量随深度衰减,破坏性较低。

海底火山爆发引起的海水剧烈扰动,也会诱发海啸。2022年1月14至15日,南太平洋岛国汤加的洪阿哈阿帕伊岛海底火山猛烈喷发,引发了大规模海啸,不仅导致汤加全境85%的人口受到影响,就连远在一万多千米之外的智利北部海岸,也遭受两米多高的巨浪袭击,部分市区出现海水倒灌。

此外,海底或海岸滑坡也可能引发海啸。地质学家研究发现,公元前6200年左右,在挪威大陆架边缘海域曾经发生过一次超级海底滑坡——斯托雷加

滑坡,大约有3000立方千米的沉积物滑入海底,在北大西洋引起一场规模巨大的海啸,导致附近诸多岛屿和滨海地带被淹没。人类历史上有记录以来的最大海啸,发生于1958年美国阿拉斯加利图亚湾,一场7.8级地震造成近千米高的山体发生滑坡,体积约3000万立方米的岩体坠于海中,激起巨浪冲向对岸山坡,最高冲至山上530米处,令人匪夷所思。

有时候,滑坡海啸的规模甚至比地震海啸更大,这主要是由于形成机制与地形环境不同造成的。山体崩塌入水属于瞬间猛烈冲击,能量爆发集中急促,尤其在狭长封闭的峡湾环境中,海浪能量无法向四周散开,只能在岸线反射、地形聚焦作用下不断增强,弯道、凹岸都会抬高浪高,进一步加剧灾害强度,极易形成数百米高的超级浪头。

不仅如此,滑坡海啸还容易引发海水长时间持续震荡,灾害影响更持久。科学家研究发现,特雷西阿姆峡湾滑坡发生时,震动威力堪比一场5.4级地震,产生的地震波动传遍全世界,全球监测台站都能捕捉到。引发海啸之后,峡湾内的海水不停地来回晃动,产生了周期约66秒的长周期地震信号,并持续了足足36个小时才慢慢平息消退。

灾害链的连锁反应

海啸并非普通大风掀起的海浪,源头来自地球内部与地表地质变动,因此人们将它归属海洋地质灾害范畴,区别于气象灾害。尽管这看似与气候因素无直接关联,但特雷西阿姆峡湾海啸事件证实,这场极端地质灾害背后的罪魁祸首,与全球气候变化息息相关。

诱发特雷西阿姆峡湾海啸的山体滑坡,位于南索耶冰川末端。调查数据显示,该冰川近百年来持续退缩,1948至2000年,平均每年厚度减薄4米;此后冰川消融明显加快,2000至2013年,年均厚度减薄17至19米;2013至2022年,年均厚度减薄

11至14米。冰川消退后,山体失去侧向挤压力与应力束缚,产生冰川卸荷效应,原有地质应力平衡彻底失衡。尽管山体基岩为坚硬的片麻岩、片岩等,但节理裂隙发育,由于受到长期冻融与风化作用,山体裂隙加速扩展,岩体结构不断弱化,逐渐形成体积庞大的不稳定岩体,并最终失去稳定性而发生滑坡。因此,冰川退缩是此次滑坡海啸的主要原因,这不仅是一次极端地质事件,更是一条由气候变化驱动灾害链。

所谓灾害链,就是一种灾害启动另一种灾害的现象,是由原生灾害、次生灾害、衍生灾害等组合串联而成的连锁反应,前一种灾害会改变环境条件、破坏稳定状态,成为后一种灾害的诱因,导致风险不断放大、影响范围持续扩大、破坏力显著增强。特雷西阿姆峡湾海啸,其实就是一条从气候异常到冰川变化,再到地质破坏,最终形成水文灾害的完整链条,传导过程跨越大气圈、岩石圈和水圈。其中,第一环是气候变暖驱动冰川快速退缩,第二环是冰川退缩引发山体卸荷失稳,第三环是山体滑坡入水激发超级海啸。

尽管特雷西阿姆峡湾海啸并没有造成人员伤亡,但它向我们传递了一个很重要的预警信号:未来由气候变化诱发的滑坡海啸会越来越多。长期以来,人们严重低估了这类海啸可能带来的风险,在格陵兰岛、挪威、加拿大、智利、新西兰等地,冰川退缩区都可能面临着滑坡海啸的威胁,传统以地震海啸为核心的预警体系恐难以应对这一威胁。特别是在全球气候变化的大背景下,冰川退缩、冻土退化、雪线上升正在大规模改变山体稳定条件,加剧链式灾害风险,气候变化正逐渐成为地质灾害的主要驱动因素。因此,我们有必要构建空天地一体化的监测预警网络,努力从源头上发现灾害征兆,并及时阻断灾害链,这样才能在不断加剧的灾害风险面前,守住安全底线。

马志飞



特雷西阿姆峡湾山体滑坡发生三天后的现场航拍图。左侧部分为滑坡现场,右侧为南索耶冰川。

该怎样应对 急剧萎缩的 山地冰川

冰川被誉为“白色宝藏”和“固体水库”,储存了地球上约70%的淡水,远超湖泊、河流和地下水的总量,在调节全球气候和保护生物多样性方面发挥着不可替代的作用。然而,随着气候变暖,全球冰川正以惊人的速度消融,对生态系统和水资源安全构成严峻挑战。

两极冰川关乎地球命运,而遍布全球的山地冰川则是气候变化直观的“警示标”。在气候持续变暖的危机下,这些看似沉默而稳固的“警示标”正以不可逆的方式发生改变。

山地冰川以固态形式储存降水,并在气温升高的季节逐步释放融水,调节河流径流,维系下游饮用水、农业灌溉和水力发电的稳定。近年来,全球山地冰川和积雪消融速度明显加快。气候变暖已成为驱动山地冰川退缩的主导因素之一,部分区域的冰川正经历“加速消融期”。

近几十年来,至少有600座冰川消失。2025年报告指出,全球冰川冰损失正在呈指数级增长。2000年至2023年间,中欧和高加索地区的山地冰川分别损失了39%和35%的冰。预计在未来20年内,欧洲阿尔卑斯山脉和亚热带安第斯山脉可能有50%的冰川消失。

科学界普遍认为,即便立即采取强有力的减排行动,部分冰川损失已难以避免。但将全球升温控制在较低水平,仍能显著降低冰川消失的规模与速度,减轻水资源短缺和灾害风险,为下游地区争取宝贵的适应时间。这也是《巴黎协定》强调减排紧迫性的核心原因之一。

在变化已然发生的现实下,风险管理成为冰川保护的重要一环。多国加强了对冰川和冰湖的监测,通过遥感技术、自动气象站和现场巡查,对潜在的冰湖溃决风险进行评估和预警。

综合