

悲鸣中的冰河

——加速消融的藏东南海洋性冰川

□ 文图 / 罗伦 谢威 李杨 严杰 陈亮 白攀

第一作者简介 罗伦，
高级工程师，主要从事
自然资源要素耦合观测
与研究工作。

2019年8月18日，一场特殊而庄重的“葬礼”在冰岛举行。政府官员、科学家、环保人士以及当地居民齐聚一堂，共同缅怀自2014年起便失去生命，即将消融殆尽的奥克约库尔（Okjökull）冰川。这座拥有700多年历史的自然奇观，近一百多年不断萎缩，在1890年时其面积约16平方千米，到2014年，其重量已不足以压迫并推动下



部的冰层移动，被无奈地宣告“死亡”。截至 2019 年，其面积已急剧缩减至仅剩 0.7 平方千米，令人痛惜。

我国是一个拥有众多山地冰川的国家，冰川多达 48 000 条。同样处于全球气候变暖的大背景下，这些冰川的命运受到各方关注。据研究显示，过去半个世纪以来，我国已有约 6 000 条冰川面临与奥克约库尔冰川相同的命运，即将消逝于这个世界。目前，仅有 5.5% 的冰川处于相对稳定状态，主要分布于青藏高原西北部地区。而绝大部分冰川，尤其是藏东南地区的海洋性冰川，正处于持

续退缩的严峻态势之中。

今天，我们将聚焦这一悲鸣中的主角之一——藏东南海洋性冰川。近几十年来，它一直在无声地诉说着自己的变迁与沉沦，成为全球气候变化下不可忽视的警示案例。

海洋性冰川的形成

之所以称“海洋性冰川”，是因为这类冰川发育的水热条件深受降水丰富且气温相对较高的海洋性气候影响。海洋性冰川融化和积累的过程较为频繁和剧烈，有较低的雪线高度及较高的冰川运动速度，冰川的消融期较长，冰川表面多冰井，冰内和冰下河道发育，对气候变化极其敏感。在我国，根据第二次冰川编目数据，这类冰川的面积约为 1.3 万平方千米，占冰川总面积的 22%，其大小相当于两个上海市的面积。

每年 6—9 月，印度洋季风裹挟着丰富的暖湿气流，沿着雅鲁藏布江的水汽通道，浩浩荡荡地涌入藏东南地区。地形的抬升作用使得这里成为青藏高原降水最为丰沛的区域。在高海拔地带，降水以雪花形式轻轻飘落。这些终年不化的积雪，在重力与重结晶作用的成冰机制下，经历了由粒雪到粒状冰的奇妙转变，最终塑造成冰川的壮观景致。正因为如此，藏东南地区得以成为我国海洋性冰川的发源地，展现了大自然的神乎其技与无尽魅力。

海洋性冰川变化现状与原因

相较于 20 世纪 80 年代，藏东南地区的海洋性冰川面积已经缩减了超 1/4，呈现退缩趋势。特别是察隅河流域的阿扎冰川，其退缩情况尤为严重。1917—2018 年，阿扎冰川共退缩了 3.6 千米，年均退缩速度达到 36 米。2005—2018 年，其退缩速度更是惊人地翻倍，平均每年退缩量高达 64 米。

帕隆藏布江源头的帕隆 12 号冰川，在过去的 20 多年里，面积急剧减少了超过 50%，平均每年减薄 1.6 米。按照这样的速度，科学家预计，未来 20 年内，帕隆 12 号冰川将步奥克约库尔冰川的后尘，彻底消失。

作为气候变化的直观反映，冰川对气温波动极为敏感。根据最新观测研究，近几十年来，青藏高原的气温以全球升温



► 藏东南易贡藏布流域依嘎冰川



＞ 雅隆冰川退缩后形成的冰湖

平均水平两倍的速度迅速攀升。藏东南地区同样被卷入这一升温趋势，无疑加快了该地区冰川的消融速度。

尽管藏东南地区被誉为青藏高原上降水最充沛的宝地，但遗憾的是，该地区近几十年降水呈现减少趋势。这一现象表明，与青藏高原整体正经历的暖湿化气候趋势截然不同，藏东南地区正步入一个暖干化的气候格局。在此背景下，冰川消融现象日益加剧，而水源补给却日渐匮乏。因此，海洋性冰川不断遭受物质损失，其末端不断后退，面积持续萎缩，仿佛在大自然中发出无尽的悲鸣。

此外，南亚地区长期受到气溶胶污染排放影响。每年印度季风不仅为青藏高原带来丰富降水，还夹杂着大量黑碳气溶胶一同袭来。这些黑碳气溶胶沉降在冰川表面，使原本纯净的蓝色冰川染上了不该有的污点。它们就像微小的热量捕手，降低了冰川的反照率，增强了冰川表面的吸热能力。这种现象对冰川来说无异于雪上加霜，进一步加速了冰川的消融过程，据估算，其对冰川消融量的影响可达 15%。

海洋性冰川消融带来的利与弊

藏东南海洋性冰川的退缩对我们产生了双重影响。

冰川作为重要的固体水资源，冰川消融会释放出大量的淡水资源。特别是在当前极端气候事件频发的背景下，区域干旱风险增加，这些冰川融水在干旱时期为下游地区生产、生活和生态用水提供了宝贵的淡水资源。同时，由于海洋性冰川发育区域水热气候条件优越，冰川退缩后，先锋植物迅速扎根。根据树木年轮研究可知，一般 10 年左右这些海洋性冰川退化的区域就会有树木生长，进而演替为森林，增加了区域森林覆盖率。

大量海洋性冰川消融也会给我们带来潜在危害。在气候调节方面，冰川退缩后的区域，地表反照率会降低，地表吸热能力增加，周围气温进一步升高，形成正反馈。长此以往，将可能导致区域内生物多样性减少。此外，大量的冰川消融还可能引发一系列自然灾害。当藏东南地区的海洋性冰川消

融退缩后，冰舌前端可能会形成冰湖，而冰川表面也可能出现冰面湖。随着消融持续加剧，这些冰湖的数量、面积以及储水量都将整体呈现上升趋势，增加了冰湖溃决的风险。

不仅如此，冰川的消融还增加了冰崩和泥石流等灾害的风险，对人们的生命财产安全构成威胁。近年来，波密县松饶村的天魔沟多次发生冰崩和泥石流，不仅堵塞了帕隆藏布江，还造成 318 国道中断。2018 年 10 月，雅鲁藏布江的色东普沟冰川发生了严重的冰崩堵江事件，断流时间超过 60 小时，导致雅鲁藏布江水位急剧抬升近 75 米，堰塞回水摧毁了横跨江上的达林村大桥，并淹没了通往加拉村的公路。这些灾害事件给沿岸居民及交通线路造成严重损失。

减缓海洋性冰川消融的策略

在可预见的未来，藏东南海洋性冰川的消融趋势似乎已无法避免。然而，中国科学家们并未坐视不理，他们积极投身科研，致力于探索研究保护海洋性冰川的科学方法，以期减缓海洋性冰川消融的脚步。根据对表面覆盖有表碛的藏东南海洋性冰川研究发现，这些由岩土碎屑或岩石组成的表碛物，当其厚度小于 2 厘米时，会加速冰川的消融过程；而当表碛达到一定厚度，它便能成为一道有效的热量屏障，保护冰川免受消融。科学家们通过对比研究惊喜地发现，藏东南的嘎隆拉 24K 冰川和朱西沟冰川由于表面有一定厚度的表碛层覆盖，其退缩速度明显慢于周边裸露的冰川。就如同以前走街串巷卖冰棍的商贩，他们会在装冰棍的箱



＞ 朱西沟冰川冰面湖



＞ 珠西沟冰川表碛及表碛上生长的树木

子上盖上厚厚的棉被，一定程度上减缓冰棍的融化速率，这层厚厚的表碛如同一床保护冰川的“棉被”，在一定程度上减缓了冰川的消融速度。

得益于对表碛覆盖型冰川的科学研究，科学家们正尝试将这种方法应用于海洋性冰川保护。对达古 17 号海洋性冰川，我国科学家首

次进行了给冰川“盖被子”的实验——利用土织物或特殊材料的膜来覆盖冰川表层。研究结果显示，“盖被子”能有效隔绝热量，使得覆盖区域的冰体消融速度显著降低，减缓冰川消融厚度达 1 米。除了“盖被子”之外，科学家们还探索采用另一种科技手段来保护冰川——人工增雪，新降落的雪花不仅能为冰川提供补给，其高反照率还能有效减缓冰川对热能的吸收，降低冰川的消融速度。目前，我国科学家已经在阿勒泰、廓琼岗日和阿尼玛卿等地成功开展人工增雪科学实验，并取得良好效果，增雪能减缓 50% 左右的冰川消融量，为冰川保护工作带来了希望。



＞ 作者在帕隆 4 号冰川监测冰川径流，远处为帕隆 4 号海洋性冰川



＞ 国道 559 线扎墨公路穿过嘎隆拉 23K 冰川侧碛

但由于我国海洋性冰川众多，普遍分布于高山峡谷，冰面沟壑纵横，再加上人力物力的限制，目前大规模推广上述科学保护冰川的方法还存在困难。在未来气候变暖情景下，预计到 21 世纪末，我国冰川和积雪融水总量在低碳排放和高碳排放两种情况下，相差将达 10 倍。所以如果我们从自身做起，积极践行节能减排和绿色低碳生活方式，是一个切实可行的起点，通过减少温室气体的排放和防止污染物进入大气，我们可以为处于悲鸣中的藏东南海洋性冰川提供一丝喘息之机。与此同时，加强冰川的观测与研究，深入探究其变化机理，探寻切实可行的科学保护方案，制定因地制宜的区域水资源管理政策，通过重视公众教育来提高全社会对冰川保护重要性的认识，都是我们应积极采取的策略。

保护海洋性冰川是一项紧迫而崇高的任务，需要我们每个人参与其中。这项任务的意义不仅关乎冰川的生死存亡，更深远地影响着整个生态系统平衡及人类未来的福祉。历经千年岁月沉淀，这些冰川逐渐雕塑成一幅幅壮美的自然画卷，静

静地诉说着历史的沧桑，守护着亚洲文明的生命之源。

涓涓冰川融水，宛如天地间的精灵，跃动着生命的旋律，流淌着岁月的诗篇。它们不仅滋养了大地，也成为我们与自然和谐共生的纽带。因此，我们必须竭尽全力，守护这些冰川，让藏东南地区的海洋性冰川继续以其独特而重要的生态功能，照耀辉映着“亚洲水塔”。为我们的子孙后代谋取福祉，让这片圣洁之地得以永恒，共同续写人与自然和谐共生新篇章。❏

本文由中国地质调查局“长江源自然资源观测综合观测与监测评价（编号：DD20243127）”和“长江源沱沱河地区生态环境调查评价（编号：DD20220957）”项目联合资助。

第一作者单位 / 中国地质调查局军民融合地质调查中心 生态地质和灾害地质调查室 军事地质科普团队

（本文编辑：何陈临秋）