

“铁打”的人，在“第三极”干最“硬核”的事

■本报记者 冯丽妃

“他们青藏高原原的人啊，都是铁打的。”2024 年 9 月，从西藏那曲双湖县赶往普若岗日冰原的路上，中国科学院院士、北京大学教授朱彤向《中国科学报》记者感慨道。

最近热映的电影《遥远的普若岗日》，让公众得以一窥这片冰原的神秘，天蓝如洗、纯净辽阔。但这里更是人类生理极限的试炼场——平均海拔约 6100 米，含氧量不足平原的 40%，8 级大风是家常便饭，50 多条冰川在此汇聚，构成了地球南北极之外的世界第三大冰原。

普通人待上一天，便可能出现头痛、恶心、呼吸困难等高原反应。而作为第二次青藏高原综合科学考察研究（以下简称第二次青藏科考）的主体单位，中国科学院青藏高原研究所（以下简称青藏高原所）的科考队员们，却在这里一待就是 3 个多月——从 2024 年 7 月底到 11 月初，气温从零下四五摄氏度骤降至零下二十多摄氏度。他们徒步穿越冰川，观察、记录、采集样本，在冰川顶部支起帐篷钻取冰芯，展开一场又一场的“酣战”。

这，只是第二次青藏科考的一个缩影。

“十四五”期间，此次科考面向青藏高原生态保护与可持续发展的重大国家需求，统筹十大任务、70 余个专题，组织超过 3000 个科考分队次，从基础科学探索到应用技术攻关，再到政策咨询支撑，交出了一系列沉甸甸的“答卷”。“这次科考让我们实现了从‘跟跑’到‘领跑’的历史性跨越。”第二次青藏科考队长、中国科学院院士姚檀栋如是说。

一项豪迈的事业

2017 年 8 月，在青藏高原所牵头下，第二次青藏科考正式启动。这场前所未有的科学行动，汇聚了全国 222 家科研院所和高校的逾 7000 名科研人员，开展跨学科、跨领域、跨区域的协同攻关。

8 年间，科考队累计组织 3000 多个分队、3 万余人次深入青藏高原腹地，创下多项历史纪录。

2022 年 5 月，13 名科考队员成功登顶珠峰，完成“巅峰使命”任务。这是青藏高原科考上具有划时代意义的一刻——队员们在海拔 8830 米处架设了全球海拔最高的自动气象站；首次利用高精度雷达测量珠峰顶部冰雪厚度；创造了浮空艇环视观测的最高海拔 9050 米的世界纪录；首次获取珠峰北坡海拔 6500 米至 8848 米的高分辨率梯度雪冰样品和冰芯；首次完成对东绒布冰川的高分辨率“全面体检”……一系列突破在地球之巅树立起中国科考的新标杆。

2024 年 11 月，在重大标志性任务“守护‘水塔’——‘一原两湖三江’”中，科考队再创纪录：在海拔 6100 米的普若岗日冰原，成功钻取长达 324 米的山地冰芯，刷新全球最长山地冰芯纪录。

成绩背后，有中国科学院科考队员们坚韧不拔的身影。

冰芯，是解读青藏高原气候变迁的“时间密码”。作为冰雪样品采集负责人，青藏高原所研究员徐柏青和队员们经常在极寒的夜晚工作。因为阳光照射会导致钻头卡顿和冰芯融化，钻探时气温越低越好。他们为此不得不过着昼夜颠倒的生活——夜晚打钻，白天补觉。然而高原强光穿透帐篷，白天只能迷迷



科考队员们在 5200 米珠峰大本营。 青藏高原所供图

迷糊糊睡两三个小时。

恶劣天气、钻头卡顿、冰层异常……每一个环节都可能让数日努力付诸东流。青藏高原所研究员邬光剑至今仍记得，“巅峰使命”中，队员克服重重困难抵达海拔 6500 米的钻探点安营扎寨，一阵狂风瞬间掀翻帐篷，将所有准备工作毁于一旦。有的队员忍不住落泪，平复心情后挖雪坑掩埋设备，暂时撤退。次日，他们负重攀上冰原，从灰再来。

在普若岗日冰原，因为气候变暖导致冰川上部的冰层物理性质发生了重大变化，徐柏青和队员们“一连卡了 3 个钻头在冰里”，不得不一次次找新的地方重新开孔，最终创下了 324 米的山地冰芯纪录。

湖泊考察同样惊心动魄。青藏高原所研究员朱立平带领团队为高原湖泊“做体检”——测量水深、水质、储水量，提取湖底沉积岩芯。一次作业中突遇巨浪，小船呈 45 度角“切”浪前行。“学生在船头拼命舀水，我在船尾掌舵，就怕发动机熄火。”他回忆说，回到岸边时，全员衣物湿透，如同刚从水中捞出一样。

“你见过凌晨 4 点的珠峰吗？我见过。”青藏高原所研究员杨威首次登上海拔 7000 米，面对高寒缺氧，他心中涌动的不是畏惧，而是对这片土地的敬畏与自豪。

这样的故事还有很多。中国科学院地质与地球物理研究所研究员秦克章行走在喜马拉雅山区，勘察金属矿床；中国

科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员邓涛行走在古遗址中，寻找化石证据还原远古时期动物与人类的生活场景；中国科学院西双版纳热带植物园研究员杨永平穿梭于森林草原之间，观察记录高原珍稀植物、建立档案……8 年间，科考队员在野外与实验室间反复切换，中秋、国庆乃至春节，都常常在帐篷中度过。

“冰川事业是一项豪迈的事业，是勇敢者的事业。”姚檀栋回忆，他的博士生导师、我国现代冰川科学的开拓者施雅风曾这样勉励他。“这句话，是对我们所有青藏高原科考人的一种鼓励，把青藏高原科考当作豪迈的事业来干。”

破译“青藏密码”，交出“应用答卷”

青藏高原，被称为“地球第三极”和“亚洲水塔”，孕育亚洲 10 多条大江大河，是全球最独特的地质、地理、资源、生态单元。

我国自 20 世纪 50 年代起开展了多次珠峰科考活动。20 世纪 70 年代的第一次大规模青藏科考，全面完成了 260 万平方公里的考察，取得了举世瞩目的成就。

随着全球变暖，青藏高原地区呈现出海拔越高、升温幅度越大的特征。“如果说第一次青藏科考是一次‘摸底’的发现之旅，第二次青藏科考则是‘看变化、找规律、寻对策’的探索之路。”姚

檀栋说，第二次青藏科考始终面向国家重大战略需求，聚焦“大问题”，解决“真问题”，不仅推动了地球系统科学前沿突破，形成了应用成效显著的成果体系，也使中国在青藏高原研究领域的整体影响力位居国际前列。

国产装备自主创新成为科考“利器”。由中国科学院空天信息创新研究院自主研发的“极目一号”系留浮空艇就是其中之一，科研团队围绕复合艇体材料、硬式充气口、供电系统设计等技术，申请专利 60 余件，逐步建立起 100% 国产化的自主可控技术体系，创造了海拔 9050 米的大气科学观测海拔世界纪录。

通过综合运用系留浮空艇、无人机、水下机器人、直升机等先进手段，科考队初步建成了“山水林田湖草沙冰”一体化保护与系统化治理的地球系统科考平台。“这是我们目前最先进的科考平台，大气圈、冰冻圈、水圈、生态圈、岩石圈、人类圈等所有圈层的变化过程，可以在同一时间被完整记录和关联分析。”姚檀栋介绍。

基于此，第二次青藏科考原创成果持续涌现：探明亚洲水塔储水量保持动态增长，总量相当于黄河 200 年径流总量；发现新物种超 3000 个，一批被认为灭绝或濒危的珍稀物种被重新发现，填补了第一次青藏科考在微生物领域的空白；证实青藏高原人类活动最早可能追溯至 19 万年前；明确青藏高原生态系统整体趋好，退化态势得到根本遏制……这些新成果在不同层面破译“青藏密码”，持续刷新全球认知。

“这次科考创建了新的科考范式。”中国科学院院士、中国科学院昆明植物研究所研究员孙航表示，以生物多样性研究为例，科考首次实现了物种数字化、网格化精准调查，构建的生物多样性数据库涵盖图片、地理信息、遗传资源、物种特征格局及用途等全维度信息，为实现人工智能融入青藏高原植物多样性研究奠定了重要基础。

（下转第 2 版）



近日，首届净月机器人冰雪趣味赛在吉林长春净月潭景区举行。这是国内首个深度融合“冰雪文化+机器人科技+校企合作”的冬季赛事，设置雪橇运输、雪球投掷、爬型竞速、迷你滑雪等项目，25 支高校与企业联合队伍参加，全方位检验机器人在冰雪条件下的稳定性和控制能力。

图为机器人坐在爬型上挥动雪杖，在冰面上奋力滑行。

图片来源：张瑶 / 中新社 / 视觉中国



格陵兰岛是进行气候研究的重要场所。 图片来源：Lukasz Larsson Warzecha

Axford 表示，数十年来，美国从与格陵兰岛的和平合作中获益良多，气候变化方面的科学认知水平因此有了极大提升。“我希望科学家能向国会发出呼吁，阐明这种合作关系何其珍贵。”（文乐乐）

特朗普盯上格陵兰岛，科学家签名抗议



本报讯 近日，美国白宫表示，该国总统特朗普及其团队正在讨论“一系列选项”以得到格陵兰岛，其中包括“动用美国军队”。据《自然》报道，1 月 9 日，一群科学家面向所有在该岛开展过研究的美国科研人员，起草了一份名为《美国科学家声援格陵兰岛声明》的公开信，目前已获得超 200 人签名。

格陵兰岛位于北美洲东北部，是世界第一大岛。该岛是丹麦自治领地，有

高度自治权，国防和外交事务由丹麦政府掌管。

格陵兰岛长期以来是许多领域的研究焦点。比如，北极地区的气温上升速度是全球其他地区的数倍，而格陵兰岛对这类气候科学研究至关重要。

格陵兰冰盖过去几十年间的变化速度惊人。由于对海平面乃至洋流的潜在影响，其变化既产生局部效应，也引发全球影响。因此该地区不仅对气候变化极为敏感，更是深刻影响全球气候系统的一部分。

“科学界对格陵兰岛的关注度极高，众多研究人员愿意签署这份声明便是明证。”公开信起草者之一、美国西北

大学的 Yarrow Axford 说。作为一名古气候学家，Axford 研究格陵兰岛上的湖泊沉积物，致力于重建历史气候图景。

“在格陵兰岛工作是我整个科研生涯中最宝贵的经历之一。这得益于当地人民的热情接纳。格陵兰岛的机构和社区与外国科学家携手合作，我们理应心怀感激。至少，我们可以发声支持。”Axford 说。

Axford 指出，不仅是科学家，美国许多民众也对特朗普针对格陵兰岛的言论感到非常不满。“我们希望通过此举实现两大目标：第一，让格陵兰岛的同事和朋友知道，此刻我们心系他们、与他们同在；第二，敦促美国的各位同仁发声。”

扛牢时代新使命 再向盐湖赴征程

■王建萍

党的二十届四中全会立足基本实现社会主义现代化的关键节点，将科技创新提升至国家发展全局的核心位置，明确提出“加快高水平科技自立自强，引领发展新质生产力”的战略任务，为新时代科研事业发展锚定航向，也为中国科学院青海盐湖研究所（以下简称青海盐湖所）指明了战略坐标。作为扎根青海、深耕盐湖的国家战略科技力量，青海盐湖所深刻把握“国之大者”，将学习贯彻党的二十届四中全会精神与服务世界级盐湖产业基地建设战略紧密结合，以“党建红”引领“科技蓝”，在破解核心技术瓶颈、激活人才创新活力、深化开放合作中勇担使命，为中国式现代化注入坚实盐湖力量。

锚定科技自立自强，以主业主攻筑牢战略支撑

党的二十届四中全会强调“加强原始创新和关键核心技术攻关”，为盐湖科技破解发展难题提供了根本遵循。当前，盐湖中赋存钾、锂、镁、硼、铷、铯、溴、碘、铀等多种重要资源，其中我国很多关键矿产资源的对外依存度高达 50% 以上，且盐湖资源综合利用效率偏低、绿色分离提纯技术存在短板，尤其在钾锂高效提取、镁氯协同利用等领域面临瓶颈，直接影响国家粮食安全与新能源产业稳定。青海盐湖所以筹建盐湖资源绿色高值利用重点实验室为契机，主动对接国家战略需求与顺应全球能源转型趋势，发起“盐湖科技会战”，构建“资源—能源—高原”三源融合创新路径。

青海盐湖所党委充分发挥把方向、管大局、保落实作用，牵头制定攻坚实施方案，组建跨学科智囊团队，在关键核心技术难题上集智攻坚，高质量推进“盐湖难利用钾锂资源强化提取与高效分离”专项落实落地。在膜耦合提锂过程强化、盐湖区水盐循环机理等关键领域取得系列突破，依托“资源禀赋适配型”绿色萃取技术建成世界首条 6000 吨/年沉锂母液回收线，锂回收率提升超 20%，成本降低 30%，助力企业新增利润 5.18 亿元。这种“理论突破—技术研发—产业化”的全链条模式，生动践行了“推动科技创新和产业创新深度融合”的要求，为世界级盐湖产业基地建设提供硬核支撑。

践行开放发展理念，以全球合作提升国际话语权

党的二十届四中全会提出“提升国家创新体系整体效能”“扩大高水平对外开放”，与共建“一带一路”高质量发展要求一脉相承。盐湖资源作为全球性战略资源，其开发利用已成为国际合作的重要载体。青海盐湖所以本土核心技术为根基，锚定全球盐湖资源开发合作机遇，通过技术输出、标准共建打造盐湖科技国际合作标杆，助力提升我国在全球盐湖产业话语权。

青海盐湖所党委统筹国内国际

两个大局，主动对接“一带一路”倡议，依托盐湖钾肥生产、盐湖提锂领域的技术优势，与老挝、玻利维亚、阿根廷等 10 余个国家的科研机构建立长期合作关系，技术服务覆盖沿线国家 15 个盐湖项目。其中，高效浮选新技术为老挝钾矿开发提供了“中国样板”。目前，青海盐湖所正积极申报中国—老挝钾盐资源绿色高效开发“一带一路”联合实验室，通过人才交流、科技合作，持续提升我国在全球盐湖资源开发领域的科技引领力和产业高值利用能力，让盐湖科技成为“一带一路”高质量发展的重要支撑。

筑牢党建引领根脉，以深度融合护航高质量发展

党的二十届四中全会强调“坚持和加强党的全面领导”，这是科技创新不偏航、不走样的根本保证。青海盐湖所将党的领导贯穿管党治党全过程，构建“党建引领、业务融合、精神聚力”发展格局，引领科研事业高质量发展。

青海盐湖所党委严格落实“第一议题”制度，深学细悟党的二十届四中全会精神与习近平总书记关于盐湖产业及科技创新的重要论述，把党的政治建设贯穿科研全过程，将重大科研项目立项、重点实验室建设等核心议题纳入党委前置研究范围，确保科研方向始终契合国家战略。持续推进“四强”党支部创建，打造“盐湖党建红”品牌，以“突击队+临时党支部”双载体推动党建科研深度融合：以老科学家命名的科技攻关突击队勇闯“无人区”，在废旧锂离子电池回收等领域实现技术突破与产业化，多名队员获省级创新驱动奖、中国科学院优秀共产党员称号，树牢盐湖“尖刀连”冲锋旗；“第二次青藏科考”临时党支部累计野外工作 900 余天，深入“生命禁区”科考 500 余天，行程超 20 万公里，采集样品上万份，建立中国盐湖资源与环境科学数据库，是“临时党支部帐篷扎在哪里，党旗就在哪里高高飘扬”的生动写照。

同时，青海盐湖所深挖老一辈盐湖科技工作者攻坚事迹，开展“传承盐湖精神 使命担当有我”主题党日活

动，依托“盐湖精神”教育基地、党建课堂、党建公众号等平台，讲好科研攻关故事、传播重大成果，厚植“我需要盐湖、盐湖需要我”的家国情怀，凝聚“赶帮比超”的干事热情，为抢占盐湖科技制高点凝聚强大精神力量。

面向“十四五”，青海盐湖所将认真学习贯彻党的二十届四中全会精神，继续传承“扎根高原、奉献盐湖”的优良传统，在盐湖科技“无人区”勇闯敢试，在关键核心技术领域攻坚克难。以党委引领把方向、人才队伍强支撑、开放合作拓格局、科技创新促发展，为国家战略需求提供坚实保障，为区域高质量发展贡献盐湖智慧，为强国建设、民族复兴伟业注入源源不断的盐湖力量！

（作者系中国科学院青海盐湖研究所党委副书记、副所长）

学习贯彻党的二十届四中全会精神

科研人员揭示 5.8 亿年前海洋氧化的周期性机制

本报讯（记者李思辉 通讯员刘琳）中国地质大学（武汉）教授陈中强团队联合英国埃克塞特大学、南京大学团队，通过数值模拟方法，首次系统揭示了约 5.8 亿年前地球海洋氧化过程的非线性特征，指出全球海洋曾经历剧烈而规律的周期性“氧化脉冲”。这一发现增进了人们对早期地球环境演变模式的理解。相关研究发表于《自然—地学》。

研究成功构建并应用了“自持振荡”数值模型。团队创新性地模拟了埃迪卡拉纪中期的“磷—氧—碳”生物地球化学循环，将 5.79 亿年前的加斯科尔斯冰期与其前后的全球性增氧事件进行直接动力学关联。模型结果表明，当时的地球系统处于一种不稳定状态，能够在缺氧与富氧两个稳态之间发生周期性振荡，周期约为 500 万年，且在约 2000 万年内至少规律性地发生了 3 次。

研究将这一过程形象地比喻为“跷跷板”机制：在富氧阶段，关键营养元素磷被锁在海底沉积物中，抑制了后续的初级产氧；氧气水平的下降又导致磷被重新释放回海水，为下一轮生物繁荣和产氧激增准备了“燃料”，从而驱动系统进入下一个循环。这种由系统内部反馈驱动的“自持振荡”，首次通过数值模拟在该关键地质时期得到清晰揭示和验证。

研究的实证基础来自澳大利亚西北部依甘组的岩石记录。团队从这些岩层中提取了碳、铀等同位素数据，发现了清晰且同步的碳埋升信号模式。这一指标显示了海洋生产力变化与氧化状态的紧密耦合关系。

数值模拟的成功之处在于，它不仅能解释研究人员观测到的同位素信号，而且预测并重现了这种周期性波动的内在逻辑。模型结果与地质记录高度吻合，证实了“氧气脉冲”并非随机事件，而是当时地球系统内在不稳定性必然表现。

该研究首次为早期复杂生命的爆发提供了动态环境背景框架。模型显示的 3 次氧气脉冲高峰期，与全球最早一批复杂多细胞生物群的繁盛期高度吻合，如我国的蓝田生物群、瓮安生物群等。这表明，地球系统自身的周期性振荡，而非缓慢的线性增氧，为生命复杂化创造了关键的“机会窗口”。

陈中强介绍，“自持振荡”数值模型框架不仅是对特定地质事件的重建，更构建了一个理解复杂地球系统行为的通用框架。这一视角不仅有助于解读地球历史中的重大转变，也为认识当代地球系统演变提供重要启示。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41561-025-01883-1>