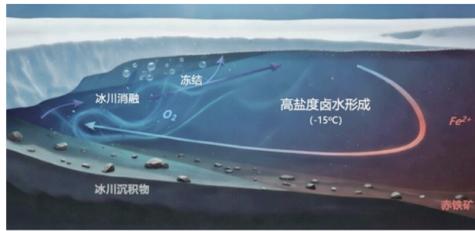


发现·进展

中国科学院地质与地球物理研究所等 为“雪球地球”冰期 海洋温度提供定量证据



“雪球地球”时期冰架底部高盐度卤水池的形成及其中的铁氧化沉淀过程。中国科学院地质与地球物理研究所供图

本报讯(记者冯丽妃)中国科学院地质与地球物理研究所领衔的国际团队,创新性地利用铁同位素作为“古温度计”,首次给出约7亿年前的“雪球地球”冰期海洋温度的直接定量证据。研究发现,当时局部海洋温度可低至约-15℃,同时盐度远超现代海水。相关研究成果近日发表于《自然-通讯》。

约7.2亿至6.35亿年前,地球曾两度陷入持续时间长达数百万年之久的全球冰封期,整个地球表面从极地到赤道均被冰层覆盖,海洋也被冻结,被称为“雪球地球”。与现在表层平均温度约17℃的海洋不同,此前的研究推测,“雪球地球”时期的海洋一定冷得离谱,但并不清楚到底有多冷。

研究团队通过分析远古“铁建造”中的铁同位素破解了这一难题。铁建造是现代钢铁冶炼的主要矿石,是一类由富铁层和富硅层交替组成的古老沉积岩。研究人员发现,约7亿年前的“雪球地球”时期铁建造的铁同位素值比地质历史上的任何时期都“系统性偏正”,指示极低温环境。基于温度与同位素分馏的关系,团队推算出“雪球地球”期间铁建造形成环境的温度约为-15℃±7℃。这一温度比现代最寒冷的深海还要低近20℃。

研究认为,这种极端环境可能形成于巨大冰架底部。类比现代南极的“冰架”循环,冰架融冻过程可排出盐分,在底层形成低温、高盐卤水池。

该成果首次为“雪球地球”极寒海洋环境提供了定量证据,揭示全球冰封背景下仍可能存在特殊微环境。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-67155-z>

湘湖实验室生物技术研究院等 成功创制“爆米花”味番茄

本报讯(记者李晨)湘湖实验室生物技术研究院研究团队与合作者利用CRISPR/Cas9基因编辑技术,首次成功创制出具有“爆米花”特征香味的番茄新种质,为番茄风味改良提供了全新的策略和遗传资源。相关研究成果近日在线发表于《农业科学学报(英文)》。

番茄是全球种植最广、消费最多的果蔬之一,其风味和营养品质一直是消费者关注的核心。2-AP是“爆米花”香气的主要贡献物质。在香米中,BADH2基因的功能受损导致2-AP含量升高,从而产生“爆米花”香气。这一机制在高粱、谷子和花生等多种作物中均存在。然而,番茄中的BADH2是否具有相同的功能,此前尚不明确。

研究团队首先在番茄基因组中鉴定出两个BADH家族基因SIBADH1和SIBADH2,并在番茄栽培品种中分别/同时敲除了SIBADH1和SIBADH2。研究发现,单独敲除SIBADH2可使番茄叶片和果实产生明显的“爆米花”香气,并且2-AP含量显著上升。同时敲除SIBADH1和SIBADH2的双突变体,其2-AP含量在叶片和果实中均比SIBADH2单突变体高出4倍以上。这些香气突变体在开花时间、株高、单果重、可溶性糖和有机酸等主要农艺性状上与野生型没有显著差异,实现了“风味改良不减产”的目标。

该研究在番茄中揭示了SIBADH2基因控制2-AP生物合成的主导作用,并通过多基因编辑策略,成功将香米中的“爆米花”香气性状导入番茄,创制了全球首例具有该特征香味的栽培番茄材料。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1016/j.jia.2026.01.033>

同济大学 新策略助力 高效提取“白色石油”

本报讯(见习记者江庆龄)同济大学教授张亚雷、褚华强团队提出了“驱动”策略,通过在锂提取电极材料内部设计纳米级“缓冲带”,破解电极材料在“一呼”“一吸”间因体积膨胀而带来的粉化难题,实现锂资源的持续高效提取。相关研究成果近日发表于美国《国家科学院院刊》。

锂被称为新能源产业发展的“白色石油”,其资源的稳定供应对国家能源安全至关重要。电化学盐湖提锂是开发我国丰富盐湖锂资源的前瞻性技术。但在实际应用中,锂提取电极材料会因离子反复脱嵌引发晶格结构“呼吸”效应,导致体积持续胀缩,最终引起内部应力集中和结构粉化,严重制约锂资源提取的效率与循环寿命。

研究团队另辟蹊径,摒弃传统的材料外部“刷漆加固”思路,通过在内部“搭建弹性骨架”,从根源上解决此问题。研究团队利用热力学中的熵增疏水效应,驱动前驱体自组装调控材料微观生长,构建出具有有序梯度层间通道的多层核壳结构。这种特殊的几何构型在材料内部形成纳米级“应变缓冲带”,既能有效容纳晶格膨胀,实现内部应力均质化,又能构建锂离子传输的高速通道。实验结果表明,优化后的电极材料在模拟盐湖卤水中实现了高选择性、高容量与长循环稳定性的多重突破。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1073/pnas.2525797123>

戴帽乌叶猴为何长得像隔壁邻居?

■本报记者 李媛 通讯员 李琛

哺乳动物中,常常存在长得像A类群,在遗传上却与B类群关系更近的物种,比如黔金丝猴、草原狒狒等,这便是生物学中的“混合性状”。混合性状不仅混淆了传统形态分类的边界,也给系统发育关系的准确构建带来挑战。

如何确认具有混合性状的物种所属类群、为什么会发生这样的混合性状,这究竟意味着什么……学术界曾围绕这些问题展开广泛讨论。

西北大学生命科学学院院长类行为与进化发育研究团队经过数十年探索,以“戴帽乌叶猴种组”为研究对象展开深入研究,发现“不完全谱系分选”是驱动叶猴亚科灵长类在辐射演化中形成混合性状的主要机制。该研究同时揭示了物种在快速分化过程中,表型与基因型如何以“镶嵌”模式相互关联,从而为理解灵长类表型多样性的起源提供了新视角。相关研究成果近日以封面文章形式发表于美国《国家科学院院刊》。

“戴帽乌叶猴”身世之谜

关于灵长类动物,有一桩困扰科学家多年的悬案。生活在喜马拉雅山东麓的濒危物种——戴帽乌叶猴种组,虽然名义上属于乌叶猴属,长相却十分“叛逆”,其体形更大、毛色更浅,和隔壁的长尾叶猴属惊人地相似。

“我们选取戴帽乌叶猴种组作为研究对象。它是研究混合性状演化机制的天然模型,揭开其进化身世之谜在物种演化史上具有重要意义。”论文通讯作者、西北大学教授齐晓光说。

有科学家曾推测,戴帽乌叶猴之所以长得像长尾叶猴,是因为两者发生了杂交。为了验证这一点,研究团队组装了乌叶猴的高质量基因组。分析结果显示,杂交成种的假设并不成立,并证实了戴帽乌叶猴种组的系统发育位置应归属于乌叶猴属。

存在杂交,为什么戴帽乌叶猴和长尾叶猴还会有相似的特征?



S. entellus 普通长尾叶猴 T. shorridgei 肖氏戴帽乌叶猴 T. francoisii 黑叶猴 T. germaini 印支银乌叶猴 T. crepusculus 印支灰叶猴

研究团队供图

“这涉及一个演化概念——不完全谱系分选。”齐晓光说,研究数据表明,不完全谱系分选影响了戴帽乌叶猴全基因组8.9%的区域。

“简单来说,这就像是祖先留下了一个巨大的基因盲盒。当祖先物种快速分化成不同的后代时,一些古老的基因变异被随机地分配给了不同的子种。戴帽乌叶猴和长尾叶猴虽然分家了,但它们都凑巧继承了祖先同一套让体形变大的古老基因。而其他乌叶猴亲戚,则继承了另一套基因。”

原来这不是一场跨物种的联姻,而是一次来自远古祖先的不完全谱系分选。

发现“大骨头”基因

“我们进一步从这8.9%的区域中,找到了77个受不完全谱系分选影响的关键基因。对这些基因进行功能注释分析后发现,它们的功能显著富集于骨骼发育相关通路。这意味着,那次古老的随机遗传事件,很可能直接“雕刻”了戴帽乌叶猴物种的骨骼形态,最终塑造了它与长尾叶猴属相似的体形

与颅骨形态。”论文第一作者、西北大学博士生郭艳清说。

研究团队在基因组层面发现,不完全谱系分选影响了一系列在功能结构域发生氨基酸替换的基因。其中,FGFBP1和FOXO1等与骨骼发育密切相关的关键基因,为探究戴帽乌叶猴混合表型的形成提供了具体的分子线索。

在进一步的细胞体外功能实验中,研究团队分别构建了代表戴帽乌叶猴型和其他乌叶猴属物种型的质粒,并将其导入人源颌骨髓间充质干细胞进行功能比较。结果表明,戴帽乌叶猴型的FGFBP1蛋白能够更有效结合并保护成骨关键因子FGF2,防止其被降解,从而增强了成骨细胞标志基因的表达,最终塑造了其长尾叶猴属相似的体形与颅骨形态。

这一“大骨头”基因的发现,让谜团终于被解开——不是戴帽乌叶猴长错了,而是它们快速分化时,祖先的基因多样性像一副没有洗匀的牌,被随机传递了下来。正是这些嵌在基因组深处的古老印记,让它的形态特征一度“误导”了分类学家。

“演化并不总是一棵分叉清晰的树,有时它更像是一张错综复杂的网。”齐晓光说,“这项研究不仅为戴帽乌叶猴找到了真正的归属,更提醒我们外表有时会骗人。看似趋同的特征,可能既不是因为亲缘关系近,也不是因为杂交,而是远古祖先留给不同后代的一份共同遗产。”

团队研究成果的发表结束了学术界长期以来关于戴帽乌叶猴种组物种系统发育关系的争论,也为物种演化史绘制了更为清晰的框架。

美国国家科学院院士、宾夕法尼亚州立大学阿瑟顿讲席教授尼娜·G·雅布隆斯基第一时间向团队发来邮件:“我研究这些支系的形态学特征已有多十年,一直为观察到的物种间形态性状混杂的现象深感困惑……如今,这些谜题大多有了答案!我猜想,同一时期在该区域演化的许多其他哺乳类支系,大概率也存在这一现象。这片区域的历史生物地理格局,实在是复杂至极,又极具研究价值。”

相关论文信息: <https://doi.org/10.1073/pnas.2524833123>

“天关”卫星捕捉黑洞“进食”现场

本报讯(记者甘晓)近期,《科学通报》封面文章报道了我国“天关”卫星(EP)的一项新发现。该卫星在巡天观测中意外捕获一个异常明亮且急剧变化的X射线源“EP250702a”。经全球多台望远镜联合观测与深入分析,科学家首次提出,这很可能是一个中等质量黑洞撕裂并吞噬一颗白矮星的过程。这也是人类首次捕捉到如此极端的黑洞“进食”现场。

2025年7月2日,“天关”卫星搭载的宽视场X射线望远镜WXT(“万星瞳”)在巡天中发现了一个剧烈光变的X射线暂现源。随后,“天关”的后随望远镜FXT(“风行天”)对目标进行了一个多月的精确定位跟踪,完整记录下其亮度在20天内降至原来的十分之一的剧烈演化过程。

科学家发现,现有单一的天文事件模型难以圆满解释这一现象。对此,研究团队综合多波段数据,排除了中心超大质量黑洞的可能;其极高峰值光度、超快衰减时标及喷流特征,强烈指向一个中等质量黑洞对一颗高密度白矮星的潮汐撕裂。理论表明,唯有中等质量黑洞的潮汐力,才能在直接吞没的情况下将致密的白矮星彻底撕碎,从而引发如此短暂而剧烈的能量释放。

专家认为,EP250702a的发现不仅有助于揭示中等质量黑洞这一长期“失踪”的黑洞族群,也为研究黑洞生长、致密天体的最终命运等打开了全新的突破口。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1016/j.scib.2025.12.050>



“天关”卫星捕获EP250702a事件艺术图。图片来源:国家天文台天关卫星科学中心

全球风光水发电预测报告发布——

跨学科合作让新能源发展“心中有数”

■本报记者 高雅丽

在全球变暖、极端天气频发的背景下,气象要素的不可预测性让风光水发电的规划、运营与交易充满挑战,如何让新能源发展从“靠天吃饭”变为“心中有数”?

近日,中国气象局国家气候中心与全球能源互联网发展合作组织联合发布《全球风光水发电能力年景预测2026》(以下简称报告)。报告显示,全球2026年风电平均可发电小时数约为2310小时,风电发电能力将增加6%;光伏平均可发电小时数约为1340小时,光伏发电能力将增加约25%;水电发电能力相比2025年总体“稳中有升”,将增长约7%。

中国风电平均可发电小时数为2100小时,总发电能力将提高约2%;光伏平均可发电小时数为1320小时,总发电能力将提高约25%;预计全年西北地区来水将增多,西南来水可能减少。

“提前给出天气和气候的变化信息,直接关系到每一个人的用电安全,更是国家能源决策的重要依据。”国家气候中心主任巢清尘指出。今年的报告不仅优化了算法,提升了精度,还首次将水电纳入全球年度预测体系,完成了从“风光”到“风光水”三位一体的关键拓展。

跨学科合作精准“预见”发电量

气候预测和每个人的用电安全有什么关系?巢清尘举例,预测到夏季持续高温干旱,电网可提前安排火电备用或省间电力互济,防止因空调负荷激增或水电出力不足导致停电;预测到寒潮大风,可优化风电并网方案,避免频率波动。对社会用户而言,这意味着更稳定的电力供应和更低的突发停电

风险。这些直接关系到日常生活、企业生产和公共服务的连续性。

当前,中国已建成全球规模最大、发展最快的可再生能源体系。全球能源互联网发展合作组织驻会副主席刘洋洪表示,2025年中国新增可再生能源装机4.4亿千瓦,占中国新增电力装机的九成,全球新增可再生能源装机的六成以上,成为全球绿色低碳发展的引领者。

然而,将更高精度的气象预报数据转化为更可靠的发电能力预测,是一场跨学科的科学挑战。

国家气候中心副主任刘海波提到,从气象要素到发电能力的转化过程,面临着非线性放大、时空尺度匹配、不确定性度量与传递三大核心难题。例如,风速1%的预报误差经过风机转换后,可能导致输出功率出现3%甚至更大的偏差。

为了破解这些难题,科研团队在风光水资源密集区域布设了包括激光测风雷达、云雷达等在内的先进垂直观测系统,获取高精度的三维数据。与此同时,今年的报告将目前先进的深度学习算法应用于年景预测中。

“我们以中国气象局第三代全球气候模式为基础,融合了前期海温、海冰及大气环流等关键信号的物理约束,对全球气温、降水和风光要素未来一年的预测进行系统性订正。”

国家气候中心气候预测室主任刘芸芸表示,这相当于在传统模型“看到”的大尺度气候图景上,叠加了更细致的物理规律解读和基于大量历史数据的智能修正。“经过订正后的预测产品空间细节更优,显著修正模式原有偏差,均方根误差平均减少50%以上。”刘芸芸说。

报告指出,2026年中国西南水电来水可能减少,西北风电资源或有波动。巢清尘强调:“提前一年预测西南水电减少、西北风电波动,相当于向国家能源管理部门和电网公司发出了‘风险预警’,帮助它们提前安排从其他区域调电、增加备用电源,优化全年发电计划。”

破解水电预测难题

“一滴水可以发六次电。”中国三峡集团科学技术研究院新型电力系统中心主任常勇形象地描述了水电的复杂性,“它要在发电、生态、航运、防洪等不同优先级间取得平衡。”

水电预测的引入是今年报告的一大亮点,也带来了全新的技术挑战。刘芸芸坦言:“水电预测最大的难关是摸清从降水到发电的复杂过程。”

她详细解释了这一复杂性:雨水降下后,一部分被土壤吸收或植物消耗,另一部分汇成径流,受农业灌溉、跨区域调水等人为活动调节,最终才流入水库用于发电。“更复杂的是,在全球变暖背景下,冰川融水的变化成为影响部分流域来水的关键变量,这进一步增加了中长期预测的难度。”

报告采用了“气象-水文耦合模型”,并考虑了“按径流大小分模型训练”等方法,采用人工智能和数据驱动的方式模拟降水、径流与发电之间的复杂非线性关系,从而破解这个难题。

“水电预测还面临另一重由人类决策带来的不确定性——电站的实际发电调度。”刘芸芸补充道,“水电站并非‘有水就发’,运行要服务于电网的实时供需平衡,其他能源的调配

等综合目标,这使得水电站的发电量不仅取决于来水,更受电力市场与调度策略等的影响。”常勇提到,报告的预测能力使水资源管理从“被动应对”转向“主动规划”,有助于实现水电与风光储的优化组合。

赋能全球能源决策

截至2025年底,我国可再生能源装机占比超六成,新型电力系统对气候资源评估、极端灾害预警的需求愈发迫切,气象与能源融合已成为能源安全保障的关键举措。

国家发展改革委能源研究所新能源与可再生能源研究中心副主任郑楠楠提到,近3年我国风光新增装机每年超3亿千瓦,新能源发电的间歇性、随机性让供需平衡难度加大,而中长期预测技术正是解决这一矛盾的关键支撑。

与此同时,报告给出的具体预测数据为全球能源格局提供了科学洞察。“气候预测不仅要指明哪里风光好,更要预警未来月、季、年到几十年哪里遭遇极端天气的概率大,确保巨量建设的清洁能源基地在未来气候条件下依然安全、可靠。”巢清尘指出。

这一愿景的实现需要持续的技术创新与国际合作。巢清尘坦言:“最大的挑战是观测数据的缺乏,全球有不少地区的气象水文观测稀少,并且各国数据标准不一,共享壁垒高,这些会大大限制预测覆盖的范围和精度。”

巢清尘表示,后续将加强气象与能源深度融合,进一步提升预测精度,推动预测成果在更多场景落地,深化跨学科、跨行业的协同创新,深化全球合作与产学研融合,让新能源发展迈向更精准、更高效、更安全的新阶段。