

在 10 万张照片中“遇见”4.5 亿年前最古老轮藻化石

■本报见习记者 李媛

近日,《自然－植物》在线发表了西北大学地质学系副教授刘丽静团队的重大研究成果。该团队在中国塔里木盆地和鄂尔多斯盆地的奥陶纪海相地层中,发现了距今约 4.5 亿年的轮藻门化石,这是目前全球已知最古老的轮藻化石记录。

这一发现将轮藻门化石的地质记录从晚志留世提前到晚奥陶世,将其起源时间向前推进了约 2800 万年,为“陆地植物起源于奥陶纪轮藻门”的推论提供了关键性化石证据。

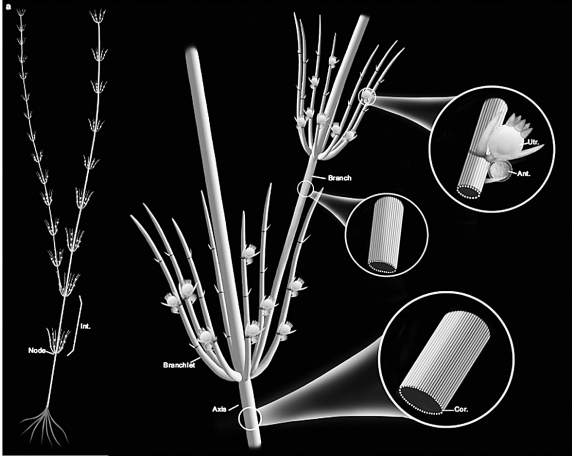
填补关键化石空白

陆地植物(又称有胚植物)的起源影响了地球生物圈、岩石圈和大气圈,极大改变了地球表面环境,是地球演化历史上重要的生物演化事件。基于形态、解剖、生理和基因特征的研究认识,植物学界形成了一个共识性的假说——陆地植物起源于淡水藻类轮藻门。

最新分子钟研究认为,陆地植物在寒武纪最早至早奥陶世期间起源于轮藻门。但是,目前最早的陆地植物化石一般认为是中奥陶世达瑞威尔期出现有规则四分体结构的隐孢子,或者代表了陆地植物减数孢子先于孢子体形成。然而,目前最早的双星藻纲化石记录来自中泥盆世,而最确切、最古老的轮藻门化石记录来自晚志留世陆相地层的轮藻纲化石。因此,晚志留世之前轮藻门化石记录的缺乏,阻碍了人们对陆地植物是否在奥陶纪期间从轮藻门演化而来的认识。

该研究首次发现来自塔里木盆地晚奥陶世早期(凯迪早期)以及鄂尔多斯晚奥陶世早期(凯迪中期)的海相碳酸盐岩地层中的海生轮藻钙质叶状体化石。

令人惊讶的是,此次在塔里木盆地发现



基于化石和现代轮藻纲构建的奇迹塔里木轮藻复原图。刘茜 / 绘

的具有轮藻纲叶状体关键特征的正模标本,化石保存状态堪称奇迹,主轴上有轮生小枝,且有节与节间的分化,节间上覆盖有纵向排列的皮层细胞,小枝也具有皮层细胞。“正因如此,我们团队把它骄傲地命名为奇迹塔里木轮藻。”刘丽静说。

此外,团队还发现了稀少的可能是覆盖藏卵器的外壳化石,它们的叶状体和现生轮藻非常接近,表明轮藻叶状体演化非常保守。同时,由于其皮层细胞更多,缺乏复杂的外壳和钙化藏卵器等特征,被认为是轮藻纲的基干类群。

根据红藻门、绿藻门、轮藻门中 6 个纲,以及有胚植物各门类共 13 个类群 62 个性状特征的系统发育分析,团队首次综合前人关于形态、解剖、基因的发现对其开展了系统发育分析,进一步确认了陆地植物与轮藻

门的演化关系。

该发现首次表明在凯迪早期之前已经出现了从轮藻门向陆地植物演化过程中关键的形态创新,如多细胞分枝、卵式生殖等,这为陆地植物于奥陶纪起源于轮藻门的推论提供了关键化石证据。

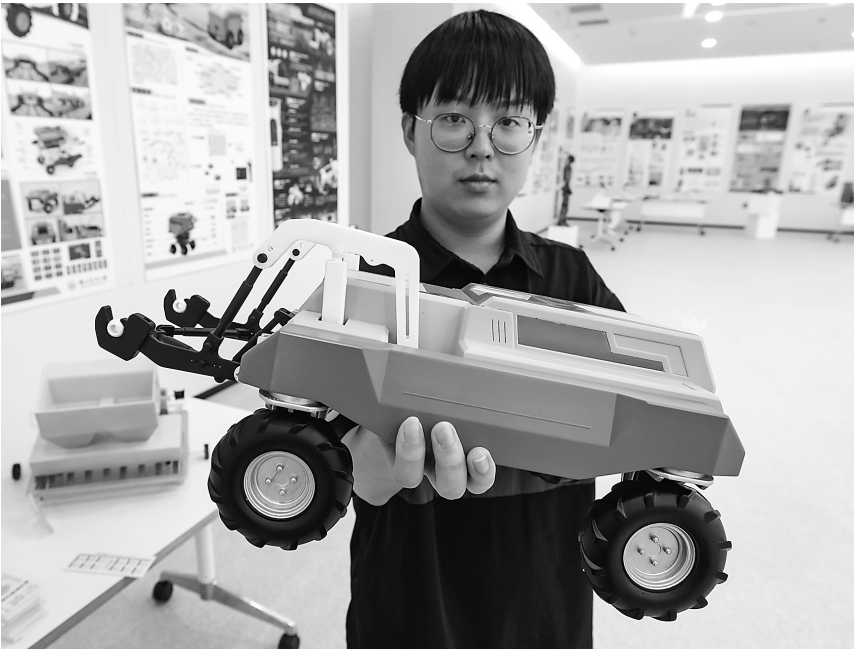
此前,轮藻化石一直是中生代以来湖相地层划分和对比的重要依据,且现生轮藻纲一般生长在淡水或微咸水,因此,轮藻化石一般被认为是来自陆地湖泊河流相环境的。奇迹塔里木轮藻的发现改变了以上的固有认知,表明轮藻纲在晚奥陶世凯迪期之前就已经演化出来,且它们中的某些分子在晚奥陶世是可以完全适应海洋环境的。

从“偶然发现”到“重要突破”

刘丽静与奇迹塔里木轮藻的缘分起源于 2010 年。那时,她在中国科学院地质与地球物理研究所读博,在导师吴亚生的指导下对来自塔里木盆地和鄂尔多斯盆地奥陶系碳酸盐中的钙质红藻、绿藻和钙化蓝细菌化石进行系统研究。工作中,她在薄片里发现了大量“串珠状”破碎化石,但当时认知有限,未能深入研究。

2010 至 2013 年间,刘丽静在显微镜下对来自塔里木盆地和鄂尔多斯盆地奥陶系的一万多张碳酸盐薄片进行观察和记录,将那些浩如烟海的藻类化石一一进行系统的拍照,留下了 10 万张珍贵照片。这为后面与轮藻化石的“真正相遇”奠定了基础。

2019 年,刘丽静成为西北大学地质学系



中科创星在全国首发科技创新债券

本报讯(记者沈春蕾)6月16日,中科创星科技投资有限公司(以下简称中科创星)在中国银行间债券市场发行“2025年度第一期定向科技创新债券——25创星PPN001(以下简称科创债)”。科创债发行规模4亿元,期限5+5年,中科创星成为全国首个成功发行科创债的民营股权投资机构。

本次发行由浦发银行担任牵头主承销商,由中国银行、中信银行和成都银行担任联席主承销商,票面利率2.10%,全场认购倍数3.58倍。资金将用于新一代信息技术、人工智能、半导体等“硬科技”领域基金的出资及置换,壮大“耐心资本”。

中科创星将在科创债发行过程中,探索运用科创债风险分担工具这一新型政策性支持工具,由中债信用增进投资股份有限公司提供全额担保,西安担保集团有限公司下属的西安投融资担保有限公司提供反担保,开创“央地合作”新模式,进一步强化风险控制,确保债券发行的安全性。

中科创星成立于2013年,聚焦科研院所和高校、助力科研院所与高校的优秀科技成果转化,为科技创业者提供投资孵化及融资解决方案。截至今年6月,中科创星在管基金规模超过120亿元,已投资孵化超过530家“硬科技”企业。

一所一人一事

李可：听懂海洋生命的“暗语”

■本报记者 廖洋 通讯员 刘飞扬

清晨的海岸,浪花拍打着礁石,海风夹杂着咸湿的气息,李可带着学生蹲伏在海滩上。他们穿着防水靴,手持小刀和软毛刷,仔细寻找海星的栖息迹象。李可轻柔地用刷子将海星从岩面拨下来,学生则迅速将其放入海水桶中。这片天然的“实验场”打开了海洋化学生态研究的一道门。

在中国科学院烟台海岸带研究所(以下简称海岸带所),十余年来,研究员李可潜心海洋化学生态研究,用化学的眼睛看懂生物的行为逻辑。她的研究成果为深入解析水生生物形态、生理、行为及进化、生态功能奠定了坚实基础。

她是破解鱼类洄游密码的“解码者”,是抵御入侵物种的“化学卫士”。李可对《中国科学报》说:“探索自然之美,揭示科学奥秘,其乐无穷。”

听懂海洋生物的“隐形语言”

2019年初春,李可在美国密歇根州立大学任助理教授,参与的科研项目经费充足,前景广阔。而在地球另一端的祖国,时常传来海岸带赤潮频发、外来物种肆虐的消息。她常想,若能将这些环境友好的生态策略带回国内,该有多好。

一次海外人才重点项目招才宣讲会上,海岸带所抛出建设海洋化学生态学技术平台的宏伟蓝图。所里急需既懂天然产物化学,又熟悉行为生态学的复合型人才。李可敏锐地意识到,这正是自己多年潜心研究的方向,也是国家最需要的技术突破口。她决定回国加入海岸带所。

回国后的数月间,李可就建立起一个涵盖信息素鉴定、定量分析、行为研究、多

组学及基因表达的综合技术平台。她的研究方向是海洋化学生态学及信息素调控,这正是我国沿海生态安全的大难题。李可的目标则是通过解析水下“化学通信”机制,解码水生生物间的“隐形语言”,实现对有害物种的精准诱捕与生态修复。

而在研究过程中,鱼类报警信息素含量极低、极易降解,在液相色谱－质谱图上几乎看不到任何可用信号。为啃下这一“难啃的骨头”,李可在实验室搭建百升级循环流动系统,将活鱼放入观察舱,不断将周边水体泵入预先装填特殊吸附剂的柱子中,又将柱子置于低温环境中夜间吸附,以避免信息素在室温下分解。经过数十次夜以继日的试验,她带领团队终于将吸附剂配方和流速调至最佳状态,萃取效率提高近百倍。

团队通过分子信号研究,揭示了信息素调节水生动物集体行为的作用机制,为解析水下生态系统化学通信网络提供了关键线索。该模型助力学界深入探讨鱼类面对捕食威胁时的防御启动机制。

“这些分子就是海洋生物的隐形语言。”李可解释说,“信息素在生物体间传递着关键信息,它们让人们人们对隐藏在波涛之下的生态奥秘有了更直观的认识。”

用信息素请“星”入瓮

近年来,海星成了“麻烦”。原本分布稳定的棘皮动物,在多地突然暴发,严重破坏生态系统。传统消除手段收效甚微,急需创新科学治理方案。

李可再次将目光投向“化学通信”这一“语言”。她提出,如果能破解海星在环境中释放的化学信号,尤其是影响其觅食和聚

集行为的信息素,或许能“用它们的语言对付它们”。

李可进一步提出“信息素诱捕”策略,通过模拟这些化学信号实现精准诱捕,从而有效控制入侵海星的数量。该技术在初步试验时即显示了出色成效,也为未来应对其他物种入侵奠定了坚实的基础。

美国国家科学院院士、乔治亚理工大学教授 Mark Hey 指出:“她的方法将分子细节和生态功能完美衔接,为我们深入解读海洋化学通信打开了全新视角。”

“化学生态学的魅力在于理解‘生命的语言’。”李可凭借深厚的跨学科背景,精通多组学研究、行为实验设计及统计分析,开发了水生生物信息素分离鉴定新技术及代谢组学与生物活性相结合的新方法。

利用色谱质谱联用技术,她开发了多种高效、快速、灵敏的分析测试方法,能够对水体、动物组织和体液中的性激素、雌激素、神经传导化合物、甾体类衍生物以及环境污染物进行精准定量测定。这一系列技术突破,使得复杂环境中化学信号的检测和解析成为可能,为监测生态变化和评估环境风险提供了科学依据。李可迄今已发表 SCI 论文 100 余篇,并荣获“国家海外高层次人才”“山东省青年泰山学者”等多项殊荣。

“只有脚踩淤泥、手触海水,才能真正把握海岸带生态的脉搏。”李可说。

育人正如传“灯”

李可常说,科研是一场长跑,而一位好导师,就是陪你一起跑的人。

“我一路走来,最大的财富就是遇到了几位品格高尚、学术严谨的好老师,他们信任并

古生物学科教师。在为研究生课程准备课件时,她偶然注意到文献里报道的中生代湖相碳酸盐轮藻茎化石,与曾经见到过的奥陶纪“环形串珠”形态化石相似。于是,刘丽静一查看曾经拍下的照片,发现这些化石应该是“轮藻茎”的横切面。更令人兴奋的是,其中一张照片显示了该“轮藻茎”主轴的纵切面拥有节与节间的分化,节间上可见纵向排列的皮层细胞,这些特征是化石可以鉴定为轮藻的最有力证据。那一刻,她确信发现了目前已知最早的轮藻化石。

之后,刘丽静查看了鄂尔多斯盆地奥陶系海相碳酸盐岩石照片记录,发现了少量相似的破碎“轮藻茎”化石。原来早在奥陶纪,轮藻门已经在热带浅海上广泛生长——她意识到,她发现了地球的一个重要秘密。

经过前期的积累与探索,刘丽静与美国田纳西大学教授、钙藻专家 Robert Riding 和中国科学院地质与地球物理研究所副研究员周锡强深入交流,经 Riding 推荐,国际陆地植物起源领域著名专家 Charlie Wellman 又对论文中存在的问题提出了建议。之后,她与来自西北大学早期生命团队及多家单位的合作者突破研究瓶颈,完成了这项跨学科的创新性研究。

该研究是由中国科学院院士、西北大学地质学系教授舒德干领衔的西北大学早期生命与环境创新研究团队继其在寒武纪动物门类起源和演化领域取得一系列高水平研究成果以来,首次在奥陶纪藻类与植物演化领域取得重要成果。

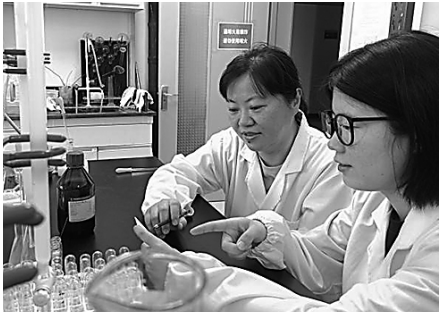
“未来,我们将继续探索早期生命演化的奥秘,为地球生命史拼图填补更多空白。”刘丽静表示。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41477-025-02003-y>

6月17日,在南京农业大学工学院第20届工业设计专业本科毕业设计展上,水下船体清洁智能机器人、笼养鸡巡检机器人结构、玉米秸秆还田一体机造型设计等59件作品吸引了大学生前来参观。

图为大学生展示其设计的“电驱动移动作业平台”作品。

中新社记者决波 / 摄
图片来源:视觉中国



李可(左)在指导实验。海岸带所供图

鼓励我。”从硕士到博士后,每一段学术旅程,都有老老师在关键节点上为她点一盏“灯”。

成为导师后,李可将“回馈”和“传承”放在心上,将温暖传递给年轻学生。短短几年,2名学生荣获中国科学院“三好学生”称号,6名学生参与国家重点研发项目。

有一次,一位硕士生在撰写英文论文摘要过程中暴露出中文写作逻辑问题——动机先行、背景随后,违背了“先亮观点、再铺证据”的规范。李可在批注里写下“别怕推翻重来,先了解规则,再表达自己”。随后,她专门组织了一次论文写作细节训练营,带着学生逐段解析顶刊论文摘要的结构逻辑。她想让学生不仅学会“怎么写”,更知道“为什么这么写”。

博士生李亚茜的毕业论文临近答辩,论文已经进入最后修改阶段。但李可发现,其论文中结果图的标注略显模糊,便提醒学生“图例要经得起同行放大十倍地看”。尽管离答辩只剩一周,李可仍陪着李亚茜对一张张图重新标注,甚至为了改一页图例,带学生重跑了分析软件。有一晚,她们凌晨才离开实验室,李可只说了一句:“别急着交差,我们要对每一个数据负责。”

“做科研就像在海边捡贝壳,重复拾起又放下,简单的工作重复化,在重复中发现不简单,为了离自然的真相再近一点,要不断寻找想要的答案。”李可说。

发现·进展

中国科学院合肥物质研究院等

证实强磁场可同时调控超快退磁速度和效率

本报讯(记者王敏)中国科学院合肥物质研究院强磁场科学中心研究员盛志高与荷兰拉德堡德大学教授 A.V. kimel 团队等合作,依托稳态强磁场实验装置,在二维范德瓦尔斯铁磁体铁锆碲中借助强磁场下的时间分辨磁光克尔技术,实现了强磁场对激光诱导超快退磁效应的调控,发现强磁场既能加快退磁速度,又能抑制退磁效率。近日,该成果在线发表于《国家科学评论》。

1996 年,人们发现激光脉冲能诱导铁磁体自旋,在飞秒级时间尺度上实现了超快退磁效应。这一发现开辟了超快自旋动力学研究的新领域,为开发超高速磁存储和逻辑器件奠定了基础。超快退磁过程包含了电子自旋、晶格振动和电荷载流子之间的复杂耦合作用,是多种能量传递通道竞争的结果。在不同耦合作用条件下可能出现飞秒级快过程,也可能出现皮秒级慢过程。如果能抑制/调控慢过程,有望将自旋相关数据处理速度提升至飞秒量级,或将彻底改变信息存储与处理的范式。因此,超快退磁的调控与机制研究一直是自旋电子学领域的核心议题之一。

相对于温度、压力等其他外场因素,磁场能直接作用于物质中的自旋角动量是调控自旋的有效手段。然而,除了极少数的实验观察和理论预测外,绝大多数超快退磁研究都是在远低于 1 特斯拉的磁场中进行的。磁场这一重要调控自由度被长期忽略,关于超快退磁的磁控效应与机理也尚未进行系统研究。

该工作中,研究团队首次证实了磁场对超快退磁过程的速度、效率具有双重调控作用。团队还发现,7 特斯拉磁场可使退磁时间加速 60%,同时将退磁效率抑制 34%。基于对温度依赖特性的分析,团队在三温度模型框架内提出了基于自旋熵变化的磁调控机制。该模型具有普适性,不依赖于材料的电子结构和磁性结构特性。另外,这一磁场双调控效应在 200 开尔文左右的高温区更为明显,这有利于未来的器件应用。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1093/nsr/nwaf185>

同济大学等

揭示睡眠不足加剧牙周炎机制

本报讯(见习记者江庆龄)同济大学口腔医学院教授孙瑶团队联合复旦大学生命科学院学院副研究员张智团队、河南大学基础医学院教授李霞团队,揭示了“神经－血管－免疫”调控轴在睡眠不足加剧慢性炎症中的核心作用,既为牙周炎治疗提供了新思路,也为慢性炎症性疾病的神经调控机制及其靶向治疗带来新认知,有助于理解睡眠相关神经调控影响全身健康及慢性炎症发病的机制。近日,相关研究成果发表于美国《国家科学院院刊》。

牙周炎是一种常见的慢性炎症性疾病,严重影响患者的生活质量和整体健康。临床研究表明,牙周炎与睡眠不足之间存在关联,但其中的潜在机制仍不清楚。

研究团队发现,每晚睡眠时间少于 4 小时的人群,其牙周炎加重的风险明显增加。在此基础上,研究人员建立了小鼠睡眠限制及牙周炎模型,发现睡眠不足会显著加重牙周炎牙周组织破坏度和牙周局部免疫细胞浸润。

进一步实验表明,支配牙周组织的三叉神经元大部分为 TRPV1 神经元,睡眠不足会增加 TRPV1 神经元的敏感性,导致在牙周炎疾病状态下,TRPV1 神经元合成和释放神经肽 P 物质显著增多。P 物质能够作用于牙周组织的血管内皮细胞,促进牙周组织局部血管扩张以及通透性增加,且使局部的免疫细胞浸润增加,导致牙周炎疾病加重。

此外,研究人员通过化学消融方式去除了三叉神经节的 TRPV1 神经元,发现睡眠不足对牙周炎的影响有所减轻,进而证明 TRPV1 神经元在睡眠不足加重牙周炎疾病中发挥着重要作用。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1073/pnas.2424169122>

华南理工大学

开发可耐 3600℃ 抗氧化陶瓷材料

本报讯(记者朱汉斌)近日,华南理工大学材料科学与工程学院副教授庄磊、研究员褚衍辉团队通过高熵多组元成分设计,结合搭建的激光氧化测试平台,成功开发可耐 3600℃ 高温的抗氧化高熵碳化物(Hf、Ta、Zr、W)C 材料。褚衍辉表示,该新型超高温陶瓷材料在航空航天、新能源等需耐受极端高温的领域具有广阔的应用前景。相关成果发表于《先进材料》。

随着超高速飞行器、往返式轨道飞行器等先进装备的不断发展,迫切需要研发具有卓越耐高温性能的先进材料。在现有已知材料中,能在 2000℃ 以上稳定服役的材料屈指可数,仅部分难熔合金、碳基复合材料、超高温陶瓷可满足需求。

以上 3 类材料中,2000℃ 已逼近难熔合金的耐温极限;碳基复合材料虽然具有更优异的耐温性,如 C/C 复合材料最高可耐 3000℃,但碳材料在 370℃ 有氧环境中便会发生氧化,导致力学性能显著下降;超高温陶瓷是一类熔点大于 3000℃ 的先进陶瓷材料,是目前最有望在超高温有氧环境中稳定服役的材料,但由于其抗氧化温度始终未能突破 3000℃,严重制约了新一代先进空天飞行器热防护系统的开发。

高熵碳化物陶瓷组分是影响其抗氧化性能的关键。为了提升材料相关性能,研究团队首先自主搭建了超高温激光氧化测试平台。随后,以 Hf、Ta、Zr 元素为基础,设计了不同组分的高熵碳化物陶瓷,并测试了在 2400℃ 至 3000℃ 下的抗氧化性能。结果表明(Hf、Ta、Zr、W)C 材料在全温域下具有最低的氧化深度,其氧化动力学在该温度段内均遵循抛物线规律,证明其具有优异的宽温域抗氧化性能。

庄磊表示,研究团队使用激光考核平台进一步测试了该材料在更高温区下的氧化性能,验证了其在最高 3600℃ 下展现出色的抗氧化性能,显著优于已报道的其他超高温材料。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1002/adma.202507254>