

探寻海洋持续“高烧”的深层“病因”

■本报记者 赵广立 刁雯蕙

前不久刚以通讯作者身份在《科学》发表了文章的曾振中，脑袋里仍有一堆的“问号”。

不是论文有什么问题。作为南方科技大学从事地球系统过程与全球变化领域研究的教授，他和宁波东方理工大学等机构的合作者，共同聚焦近年来备受关注的气候事件——2023 年以来持续出现的海洋极端高温。在论文中，他们不仅报道了 2023 年席卷全球的海洋升温事件，还尝试摸清海洋“发高烧”的深层“病因”。

面对这些异常，曾振中总忍不住左思右想。但大多数时候他只是“瞎猜”，甚至“想不通”。

“我们就像一个海边捡贝壳的小孩，有太多未知。”论文发表后，他在朋友圈写道。在他看来，他们对 2023 年极端高温的探究“只是抛砖引玉”，就像打开了新认知的窗口，“还有很多问题亟待解决”。

观测到刷新纪录的海洋热浪

时间拨回到 2023 年初。科学家预测当年仅为一个“中等强度厄尔尼诺年”，普遍认为全球温度不会太高。但到了 4 月，曾振中嗅到了异样。

“全球海洋温度在不断升高！”这年 4 月，一位美国学者在南方科技大学交流时展示的一组海洋温度数据显示，3 月以来海洋温度异常变暖。这引起了曾振中的高度关注。

海洋就像是地球的能量池和调节器，一旦升温甚至“发烧”，整个地球系统都会被波及。

于是，曾振中等人开始每天关注全球海洋温度的走向。他们通过不间断地记录，发

现北大西洋和西南太平洋分别发生了 276 年一遇和 141 年一遇的极端升温事件，其强度和持续时间远超历史同期。

宁波东方理工大学与南方科技大学联合指导博士后董天云告诉《中国科学报》，自 2023 年 3 月开始，他们绘制的海洋温度变化曲线不断爬升，且每天的海温都在刷新有观测记录以来的最高值，“这意味着历史上没有任何一天这么热过”。

2023 年全年，他们记录的全球平均海洋热浪（持续的海温异常增暖事件）的持续时间为 120 天，平均强度达 1.3℃，发生海洋热浪的覆盖面积超过 96%，远高于过去 40 年的平均水平。

“2023 年多区域海洋热浪事件同期爆发，反映出气候系统正经历显著且复杂的变化过程。”曾振中表示。

在一次学术活动中，他与宁波东方理工大学助理教授陈云天讨论起这一异常现象，后者在感兴趣的同时也表示了担忧。海洋温度上升带来的影响不容小觑，不仅关乎气候变化，对海洋生态环境、能源设施、渔业等多方面都会产生冲击。

他们不愿袖手旁观，决定做点什么。

情况搞清楚了

董天云说，他们绘制出 2023 年这场异常持久且剧烈的海洋“高烧”曲线图后，想着尽快投稿报告这起事件。但《科学》审稿人显然对他们的研究有更多的期待，“希望团队对 2023 年海洋热浪事件形成的物理机制做出解析”。

此时已是 2024 年 10 月。接到审稿意见时，曾振中正在国外出差，他连夜召集团队成员开会研讨如何增加新分析以回答审稿

人的问题。

作为论文第一作者，董天云肩上的压力最大。描述海洋热浪事件形成的物理机制，面临着“多圈层耦合、多尺度叠加、多因素非线性作用”的复杂性问题等挑战，这是海洋气候学和物理海洋学领域的难题。而精准解析机制依赖多源、高分辨率、长时序的观测与模拟数据。

好在压力并没在她身上持续多久，他们注意到美国国家航空航天局和麻省理工学院等机构更新了全球大洋环流数据同化模式系统的数据集 ECCO2，恰好弥补了团队在高分辨率数据方面的不足。

从数据中挖掘机理，正是陈云天、董天云等人擅长的事。拿到数据后，研究团队立即着手整合 ECCO2 高分辨率日尺度海洋深层的数据资料，开展混合层热收支分析，并对短波辐射、混合层变化、海洋平流和上升流等“热力－动力”过程在不同海域的相对贡献进行量化，首次厘清了全球四大关键海区热浪的不同驱动机制。

在精准的数据分析之下，情况很快搞清楚了。北大西洋云量减少、混合层变浅，短波辐射增强和纬向平流促成了海洋热浪的持续发展；西南太平洋海洋经向输送增强加之云量减少，导致海表变暖；北太平洋短波辐射增强与潜热损失减少共同作用，叠加变浅的混合层，致使海面迅速变暖；热带东太平洋厄尔尼诺驱动的经向、纬向平流及上升流的变化，共同加剧了该区域的海洋增暖。

曾振中告诉《中国科学报》，这些海域的海洋热浪情况，再一次印证了海洋与大气系统的能量交换是一个耦合非线性过程，其中存在复杂的动态变化因素，而全球变暖，“加剧了这一过程”。



近日，贵州省农业农村厅组织专家团队，对黔西南州兴义市万峰林街道乐立村的“宁香梗 9 号”高产示范田进行现场测产。经严格验收，该示范田亩产干谷达 833.63 公斤，较 2024 年同地块增产 1.46%，超额完成 800 公斤 / 亩的预期目标。

“宁香梗 9 号”由中国工程院院士、南京农业大学教授万建民团队选育，曾蝉联两届全国优质稻品种食味品质鉴评金奖，2023 年被农业农村部认定为超级稻品种，并连续两年入选国家水稻主导品种名录，2025 年被列为贵州省重点推广主栽品种。

图为测产现场。

本报记者李晨报道 南京农业大学供图

IASP2025 年世界大会在京开幕

本报讯(记者沈春蕾、田瑞颖)9 月 17 日，国际科技园及创新区域协会(IASP) 2025 年世界大会在北京开幕。大会以“追求卓越——创新集群助力高质量发展”为主题，由 IASP 和北京市人民政府共同主办。来自 97 个国家和地区的科技园代表、专家学者、企业家约 800 人参会，共同探讨创新集群如何引领未来高质量发展之路。

开幕式上，北京市科委、中关村管委会负责人发布 IASP2025 北京中关村《国际科技园创新合作倡议》，提出建设“创新园区、绿色园区、智慧园区、人文园区、开放园区”，呼吁全球科技园区共同构建协同创新网络，促进科技成果转化，培育高水平创新人才，推动绿色和可持续发展。这是 IASP 世界大会首次发出倡议，凝聚了国际科技园区广泛共识，提出了科技园区未来发展方向。

大会将围绕开放创新生态系统、城市发展、经济发展、未来发展趋势、技术与产业五大领域，举办 4 次全体会议和 15 场

从“保生存”到“优生存” 首部中国学者牵头制定的放疗领域国际指南发布

■本报记者 朱汉斌 通讯员 赵现延

近日，中国科学院院士、中山大学肿瘤防治中心教授马骏团队牵头，联合全球 17 个国家和地区的 50 位顶尖专家制定的《鼻咽癌放疗靶区勾画国际指南及图谱》(以下简称《指南》)正式发布，并同步发表于《柳叶刀－肿瘤学》。这是首部由中国学者主导的放疗领域国际指南。

“《指南》精心编撰，分为原发灶与颈部两大篇章。它的发布，意味着中国学者在鼻咽癌诊疗领域成为国际标准制定者，有望为全球患者带来更精准、个性化的治疗，推动鼻咽癌的诊治实现从‘保生存’到‘优生存’的跨越。”马骏在接受《中国科学报》采访时表示。

美国放射肿瘤学会国际指南协调员 Lisa Bradfield 认为，《指南》完成得非常出色，是放疗治疗领域的里程碑，为全球鼻咽癌的临床实践树立了新标杆。

诊疗困境：靶区勾画难题待解

鼻咽癌是发生在鼻咽部的一种癌变，主要是由 EB 病毒、环境、饮食和遗传等因素引起。作为一种具有独特地域分布特征的恶性肿瘤，鼻咽癌高发于中国，新发病例占全球的 47%。

放射治疗作为鼻咽癌的根治性治疗手段，照射范围(靶区)的精准确定是治疗成功的关键。然而，这一关键环节面临着诸多难题。若照射范围过小，肿瘤细胞易复发，患者需承受二次治疗之苦和更高健康风险；若范围过大，则可能误伤脑干、颞叶等重要器官，引发头痛、记

忆力下降，严重影响患者生活质量。

更为棘手的是，鼻咽癌初治时往往不适合手术，这使得医生难以获取术后大体病理标本，无法通过病理分析精准评估肿瘤侵犯范围。这一难题导致全球各医疗中心在鼻咽癌放疗靶区勾画上标准不一，差异显著。这不仅严重影响了治疗效果，也阻碍了鼻咽癌放疗领域的整体进步。因此，制定基于循证医学证据且兼顾区域医疗资源差异的国际临床指南，统一治疗规范、提升照射精准度、改善患者治疗效果和生活质量，成为全球医学界的迫切需求。

“历经 25 个月、185 次邮件沟通、8 轮核心成员会议、5 次全体会议、两轮全体委员投票，我们最终确定了《指南》推荐内容。”马骏团队成员、中山大学肿瘤防治中心教授唐玲琰告诉《中国科学报》，《指南》的制定遵循了美国放射肿瘤学会推荐的国际标准化指南制定流程，凝聚了全球医学专家的智慧与心血。

全球协作：破解八大关键难题

中山大学肿瘤防治中心教授孙颖介绍，《指南》解决了鼻咽癌放疗靶区勾画中存在的八大关键问题：鼻咽肿瘤照射范围的外扩策略、化疗后鼻咽肿瘤照射范围的勾画、鼻咽预防照射范围的勾画、转移淋巴结照射范围的外扩策略、化疗后淋巴结照射范围的勾画、未达转移诊断标准的淋巴结照射范围的勾画、颈部预防照射范围的个体化勾画、颈部分区解剖边界的修正原则。

基于鼻咽癌局部侵犯及颈部淋巴结转

移规律，《指南》系统性提出了个体化放射治疗照射范围的建议，并充分考虑了不同临床分期及侵犯范围对照射范围设计的影响。这一创新举措能够在保证治疗效果的同时，显著降低对正常组织如腮腺、甲状腺、咽缩肌、颞叶、中耳等重要器官的照射剂量，从而减少口干、甲状腺功能减退、吞咽困难、放射性脑病、听力下降等常见放疗相关毒副作用，显著提升患者的生活质量，让患者在治疗过程中少受痛苦，更好恢复健康。

考虑到社会经济发展及医疗资源的不平衡，专家团队广泛纳入不同地区、不同医生的实践策略，同时在《指南》制定过程中充分参考患者代表的意见，确保临床实践贴合患者实际需求。

为保证《指南》能够在全球范围内广泛实施，团队创新性提供了 193 幅鼻咽部及颈部高分辨率、多序列影像融合且标注关键结构的勾画图谱。该图谱系统详细演示了规范化的照射范围勾画，为临床医生提供了直观和可操作的视觉指引，作为日常临床工作的实用工具，进一步保证了不同医疗中心放射治疗范围的准确性和一致性，让全球各地的医生都能更好掌握和应用《指南》。

中国引领：从跟跑到国际领跑

目前我国大多数肿瘤的诊疗主要参考国外权威指南。在鼻咽癌领域，近 20 年来，马骏团队围绕鼻咽癌治疗的“增效减毒”开展了一系列深入研究，取得多项重大突破。同时构建“基础研究－临床转化－标准制定”一体化体

“问号”还有很多

在将最新的数据分析结果提交给《科学》编辑部后，董天云不久就收到了文章被顺利接收的消息。同时，研究团队准备顺藤摸瓜，探究地球气候系统科学更多的规律。

一个显而易见的问题是，他们这项成果暴露了传统气候预测模型在突发性气候事件预测方面的“盲区”。传统气候模型还灵吗？如果传统气候模型“失灵”，新的理论模型应该怎么建立？海洋热浪事件是否能成为预警地球气候系统临界转变的重要信号？

更让曾振中耿耿于怀的是，为什么自 2023 年起，全球气候变化骤然加速？最初的扰动从何而来？都有哪些正反馈机制在悄悄发挥作用？

曾振中告诉《中国科学报》，如果能明确或找出驱动全球海洋热浪的关键正反馈机制，也许就能显著提升预测能力，进而在防灾减灾、生态保护等方面采取更有效的行动。

然而，面对复杂的地球系统，人们已知的只是冰山一角。地球气候系统是否已迈入一种全新状态？未来能否呈现非线性、不可逆的发展轨迹？有太多的未知，等待人类去解锁。

“这些疑问，亟须我们深化地球系统科学研究，以更全面理解并有效应对气候变化的严峻挑战。”曾振中说，地球系统科学的特点也注定了不能靠单一团队作战，更需要全球多学科团队紧密合作，进行更深入的研究。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adr0910>

发现·进展

西安交通大学

发现唇腭裂遗传新模型

本报讯(见习记者李媛)西安交通大学科研团队全面描绘了中国非综合征型唇腭裂散发病例的罕见变异遗传结构，鉴定了多个新致病基因，并首次提出了非综合征型唇腭裂的上位性双基因拮抗遗传模型。该研究不仅拓展了非综合征型唇腭裂的病因学认知，也为复杂发育性疾病的发病机制研究提供了新思路。相关研究成果近日发表于《先进科学》。

非综合征型唇腭裂是口腔颌面部最常见的先天性发育畸形，严重影响患者的外貌、口颌功能及心理健康。该疾病由遗传因素、环境因素及其相互作用共同导致。然而，目前已知的致病基因仅能解释其部分遗传效应。

为进一步揭示非综合征型唇腭裂的罕见变异遗传结构，研究团队对来自中国西部地区的 214 例非综合征型唇腭裂患者进行了外显子组测序，鉴定出大量与唇腭裂发生相关的候选变异，为未来的研究提供了丰富资源，包括位于 80 个基因的 127 个“致病 / 可能致病”变异，其中有 11 个并不包含在已报道的 418 个唇腭裂基因中，为新的唇腭裂致病候选基因。此外，进一步的生物信息学分析不仅证实了非综合征型唇腭裂的等位基因异质性和遗传异质性，也提示影响唇腭裂相关信号通路的遗传变异更可能是唇腭裂的致病变异，应优先进行功能验证。

研究团队首次提出非综合征型唇腭裂的“上位性双基因拮抗遗传模型”：不同基因的两个突变在同一信号通路中产生拮抗作用，从而共同决定最终表型。这一机制不同于传统的“双基因共致病”模式，即两个等位基因协同导致疾病发生，为包括非综合征型唇腭裂在内的复杂发育性疾病提供了全新遗传学解释框架。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1002/adv.202412073>



上位性拮抗遗传模型艺术图。
西安交通大学供图

中国科学院大连化学物理研究所研究员金盛烨、研究员田文明团队在有机共晶材料中直接观测到电荷转移(CT)激子突破纳米极限的远距离输运现象，提出并论证了三重态辅助的 CT 激子远距离输运新机制。相关研究成果近日发表于《自然－通讯》。

在有机光电器件中，激子会在电子给体和受体界面处部分解离，形成 CT 激子。作为束缚激子与自由载流子的中间态，CT 激子不仅与异质界面处的 CT 与分离过程密切相关，其迁移过程也直接影响器件中载流子的传输效率。然而，受到 CT 激子寿命和迁移率的限制，其迁移距离通常只有几十纳米。

为实现 CT 激子输运距离的突破，团队聚焦于具有微米级迁移能力的长寿命三重态激子。基于 CT 激子单重态－三重态能级差较小、三重态易发生反系间窜越产生热激活延迟荧光(TADF)的特性，团队创新性提出利用 TADF 构建三重态辅助的 CT 激子远距离输运通道的设想。他们以具有 TADF 特性的二元 CT 共晶为模型材料，利用自主搭建的超宽时域时间分辨发光动力学显微成像系统，直接观测到 CT 激子在微米尺度上的远距离输运现象。进一步的研究表明，在其他类似材料中也存在这种三重态辅助的 CT 激子输运过程，从而验证了该机制的普适性。

该研究不仅为实现 CT 激子的远距离输运开辟了新路径，也为有机光电器件的优化设计提供了新思路。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41467-025-63388-0>

中国科学院大连化学物理研究所

揭示 CT 激子 远距离输运新机制

本报讯(记者孙丹宁)中国科学院大连化学物理研究所研究员金盛烨、研究员田文明团队在有机共晶材料中直接观测到电荷转移(CT)激子突破纳米极限的远距离输运现象，提出并论证了三重态辅助的 CT 激子远距离输运新机制。相关研究成果近日发表于《自然－通讯》。

在有机光电器件中，激子会在电子给体和受体界面处部分解离，形成 CT 激子。作为束缚激子与自由载流子的中间态，CT 激子不仅与异质界面处的 CT 与分离过程密切相关，其迁移过程也直接影响器件中载流子的传输效率。然而，受到 CT 激子寿命和迁移率的限制，其迁移距离通常只有几十纳米。

为实现 CT 激子输运距离的突破，团队聚焦于具有微米级迁移能力的长寿命三重态激子。基于 CT 激子单重态－三重态能级差较小、三重态易发生反系间窜越产生热激活延迟荧光(TADF)的特性，团队创新性提出利用 TADF 构建三重态辅助的 CT 激子远距离输运通道的设想。他们以具有 TADF 特性的二元 CT 共晶为模型材料，利用自主搭建的超宽时域时间分辨发光动力学显微成像系统，直接观测到 CT 激子在微米尺度上的远距离输运现象。进一步的研究表明，在其他类似材料中也存在这种三重态辅助的 CT 激子输运过程，从而验证了该机制的普适性。

该研究不仅为实现 CT 激子的远距离输运开辟了新路径，也为有机光电器件的优化设计提供了新思路。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41467-025-63388-0>

华东理工大学等

实现先进光刻胶 精确可控制备和光刻验证

本报讯(见习记者江庆龄)华东理工大学副教授庄黎伟、美国约翰斯·霍普金斯大学教授迈克尔·萨帕希斯领衔的国际合作团队，提出了一种间歇性旋涂化学液相沉积制备非晶态沸石咪唑酯骨架(aZIF)薄膜的方法，实现了可控的薄膜沉积速率和厚度(几纳米到几百纳米)，并进行了电子束光刻(EBL)和超越极紫外光刻验证。相关研究成果近日发表于《自然－化学工程》。

近年来，aZIF 薄膜被用作先进光刻胶。实现 aZIF 薄膜厚度和组成的大面积、高精度可控制备，对相关领域的先进光刻工艺具有重要意义。

在前期基于超稀释前驱体溶液赋能化学液相沉积法制备 aZIF 薄膜策略的基础上，研究团队提出制备 aZIF 薄膜的新方法。经过系列实验和仿真，研究团队得到了薄膜沉积的本征速率，并揭示了薄膜沉积均匀性的关键影响因素。研究团队利用该化学液相沉积方法，制备了锌 /2- 甲基咪唑、锌 / 苯并咪唑、锌 /4,5- 二氯咪唑和钴 /2- 甲基咪唑等多种 aZIF 薄膜，并对 aZIF 薄膜作为正型光刻胶和负型光刻胶的图案化性能进行了测试。此外，研究团队实验验证了 aZIF 薄膜作为光刻胶在下一代光刻技术中应用的可行性。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s44286-025-00273-z>