

## “小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

《自然－气候变化》  
美国企业广泛修改自我报告的排放量

美国哈佛商学院的 Ethan Rouen 团队发现美国大公司广泛修改了自我报告的排放量。相关研究成果近日发表于《自然－气候变化》。

企业是全球温室气体排放的重要贡献者，利益相关者要求企业公开透明披露潜在的气候影响。然而，人们对自报排放数据的一致性和可靠性表示担忧。

研究团队分析了过去 10 年美国主要公司的企业社会责任报告，发现 58% 的上市公司自我报告的排放量后来进行了修订，这一比率 10 年来一直保持不变。企业更有可能低估而不是夸大排放量，而且低估的排放量是夸大排放量的两倍多。诸如承诺和测量方法的变化等因素不能解释修订的原因。此外，数据提供者似乎也没有统一纠正这些修订。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41558-025-02494-9>

《科学》  
德鲁德权重可表征量子气体中的输运

奥地利量子科学与技术中心的 Frederik Moller 团队实现了通过测量德鲁德权重表征量子气体中的输运。相关研究成果近日发表于《科学》。输运性质定义了材料作为绝缘体、金属或超导体的特性。德鲁德权重作为一个基本参数，量化了电荷载流子的弹道输运。

研究团队测量了一维限制的相互作用玻色原子超冷气体的德鲁德权重，通过施加恒定外力以及连接两个预先制备于不同平衡态的子系统，表征由此产生的原子流和能量流。他们证明了即使存在相互作用和有限温度，仍能实现无耗散输运。这表明，守恒量在最低阶流体力学描述下发生了弹道输运。

该方法为表征强关联量子物质的输运特性提供了稳定、透明的框架，在理论尚未完善的领域同样适用。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1126/science.ad8327>

更多内容详见科学网小柯机器人频道：  
<http://paper.sciencenet.cn/Alnews/>

## 在高温大棚里，种出“不怕热”的水稻

（上接第 1 版）

对林鸿宣、阙义等人来说，发表论文更多是出于提供理论基础、为同行提供研究思路的目的。他们更希望将自己找到的基因最终变成新品种，解决更多人的温饱问题。

因此，这项研究并未止步于解决科学问题。团队基于发现的新基因开展遗传设计，并专门搭建了模拟高温的田间大棚进行试验。这个试验持续了 31 天，大棚里每天的平均温度超过 38 摄氏度，最高温达 46 摄氏度。结果显示，*DGK7* 和 *MdPDE1* 单基因改良的水稻株系均比对照株系增产 50% 至 60%，而 *TT2* 协同 *DGK7* 的双基因改良株系比对照株系产量提升约 1 倍，且稻米的“颜值”和口感均比对照组好。

更重要的是，在正常条件下，改良株系的表现并不会受到影响。这意味着，面对无法预测的高温天气，农民依然有希望丰收。同时，育种专家能够通过控制改良的基因数量，像调节音量一样精准设计“梯度耐热”品种，以适应不同地区的气候需求。

“由于 *TT2*、*DGK7* 和 *MdPDE1* 在植物中都非常保守，这项研究也为水稻、小麦、玉米等主粮作物的耐热育种改良提供了理论依据与基因资源，有广阔的应用前景。”林鸿宣表示，“希望今后能利用这些基因进行后续的育种改良等工作。”

相关论文信息：  
<http://doi.org/10.1016/j.cell.2025.11.003>

## 63 摄氏度下仍可生长

# 单细胞变形虫打破真核生物存活纪录

本报讯 科学家发现了一种可以在 63 摄氏度下存活的单细胞变形虫，创造了真核生物的耐热纪录。这项研究 11 月 24 日以预印本形式公布于 bioRxiv。

这种变形虫能够在足以杀死所有其他已知复杂生命的高温下茁壮成长，复杂生命通常指细胞内含细胞核和内部结构的生物体。这一发现挑战了以往的观点，即包括所有动植物在内的真核生物无法适应细菌和其他无细胞核生物所能耐受的极端条件。

美国雪城大学的 Angela Oliverio 表示：“我们必须彻底重新思考真核细胞到底能承受什么样的极端条件。”

Oliverio 与该校的 Beryl Rappaport 在美国加州北部喀斯喀特山脉拉森火山国家公园发现了这种生物。他们将它命名为 *Incendiamoeba cascadenis*，意为“来自喀斯喀特的火变形虫”。

拉森火山国家公园以冒泡的酸性湖泊和炽热的地热池而闻名，但该变形虫却来自一条 pH 中性的“热溪流”。Rappaport 说：“这是你能在拉森发现的最不起眼的地热特征。”

研究人员最初在显微镜下观察了从这条溪流提取的水样，认为其中没有生命迹象。然而，在用营养物质培养后，他们发现一种变形虫能够在 57 摄氏度下生长——这正处于溪流的温度范围内。

随后，研究人员逐步提高温度，并突破了此前真核生物 60 摄氏度的耐热纪录。结果显示，该变形虫在 63 摄氏度时仍能分裂繁殖，在 64 摄氏度下仍能活动。即使在 70 摄氏度的高温下，这种细胞也能形成休眠的“包裹”，并在温度降低后重新激活。

相比之下，一些最耐热的细菌和古菌能承受更高的温度。古菌 *Methanopyrus kandleri* 保持

着目前已知任何生命形式的耐热纪录——122 摄氏度。而真核生物的耐热纪录此前由几种真菌和红藻保持，人类和其他哺乳动物细胞的耐热上限则在 43 摄氏度左右。

美国马里兰大学帕克分校的 Julia Van Etten 表示，这种变形虫的发现凸显了在全球范围内搜寻新生物的重大收获。“研究团队发现了我们从未想过的一件真核生物能够做到的事情。那么，其他还有什么呢？”

Oliverio 补充说，科学家对能够承受极端条件的真核生物的关注有限，这可能为探索地外生命和生物技术提供重要线索。“我们只调查了一条溪流，也许我们非常幸运，那里没有其他东西了，但可能真的不是这样。”（赵婉婷）

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1101/2025.11.24.690213>



一种耐高温变形虫存在于美国拉森火山国家公园的温泉中。 图片来源: Kelly Vandellen

## 科学此刻

### 珊瑚礁曾加剧全球变暖

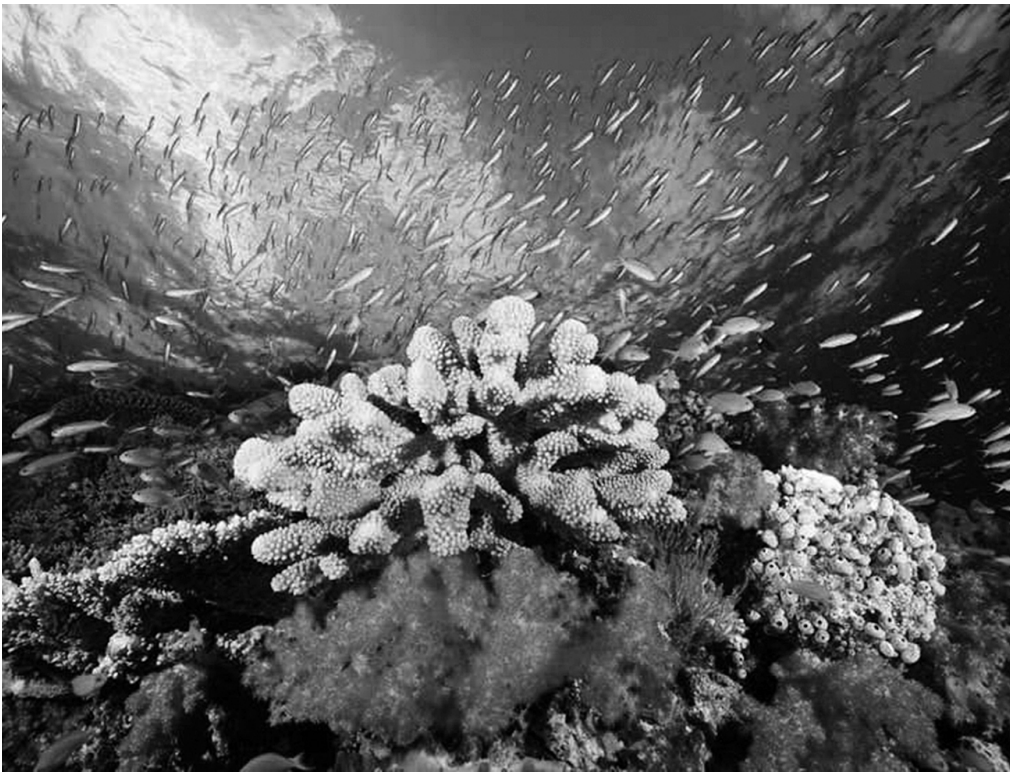
珊瑚礁曾在地球气候变化中发挥了关键作用，但并不是你想象的那样。美国《国家科学院院刊》近日发表的一项研究显示，过去 2.5 亿年里，珊瑚礁生长达到顶峰的时期恰好与海洋温度大幅上升的时期相吻合。

珊瑚礁是二氧化碳的制造者，因为温室气体是形成碳酸钙的副产品，而碳酸钙构成了珊瑚的骨架。某些种类的浮游生物也会用碳酸钙制造外壳，当它们死亡时，这种矿物质就被埋在海底。当大面积浅海区域被珊瑚覆盖时，原本可能被深海浮游生物吸收的钙离子和碳酸盐离子就不再可用了。

澳大利亚悉尼大学的 Tristan Salles 和同事通过整合板块构造重建、气候模拟和流入海洋的沉积物变化，模拟了过去 2.5 亿年间浅水珊瑚和深海浮游生物的相互作用。

结果表明，当板块构造和地貌导致出现大面积浅海大陆架时，珊瑚和浮游生物之间的平衡就会被打破，而浅海大陆架是造礁珊瑚的理想栖息地。当珊瑚礁面积减少时，海洋中的钙和碱性就会增加，浮游生物的产量也会提高，更多的碳酸盐被埋在深海，这有助于降低二氧化碳水平并使温度下降。

研究人员发现，过去 2.5 亿年里，碳循环



珊瑚用碳酸钙构建骨骼，并在此过程中释放二氧化碳。 图片来源: Reinhard Dirscherl/Alamy

曾在 3 个主要时期受到严重破坏。这些事件分别发生在中三叠纪、中侏罗纪和晚白垩纪，涉及大量珊瑚礁，它们消耗了大量碳酸钙，导致海洋温度大幅上升。

Salles 表示，当浅水珊瑚礁和深海浮游生物之间的平衡被打破时，可能需要数十万到数百万年才能重新建立平衡。“因此，即使这个系统能够从一场巨大的危机中恢复过来，也需要很长一段时间。”

Salles 说，积极的一面是，如果浮游生物的营养物质因爆发而失控，那么珊瑚则能够吸收多余的营养物质来建造珊瑚礁。

现在，人类排放的二氧化碳正以前所未有的速度导致全球变暖和海洋酸化，而这正在杀死珊瑚和浮游生物。Salles 说，后果尚不清楚，但很可能带来生态灾难。

澳大利亚国立大学的 Alexander Skeels 表示，这项研究表明“生命与气候之间存在紧密交织的反馈循环”。人们通常认为物种进化是为了适应地球的气候，而气候是由“不可改变的物理和化学过程”支配的。

“然而，我们越来越多地看到生物直接影响气候的例子，从而形成了一个协同进化的反馈循环。”Skeels 说，“不仅是珊瑚，还有更古老的微生物群落，如叠层石，在调节大气碳含量方面发挥了关键作用。”

“我们知道碳会使气候变暖，正如今天正在发生的事情那样，而珊瑚礁可能在非常漫长的时间尺度上促进了这一过程，从而解释了冷暖交替的现象。”Skeels 说。（李木子）

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2516468122>

### 卫星光污染影响宇宙观测

本报讯 一项分析显示，今后 10 年，部分低地球轨道观测的影像可能因卫星光污染而受到影响。科学家指出，天文学研究需要将绕地卫星的光污染降至最低。该研究 12 月 4 日发表于《自然》。

目前的绕地卫星数量已增至 1.5 万颗。在卫星绕轨过程中，同享这片太空的空基观测装置，如美国宇航局(NASA)的詹姆斯·韦布空间望远镜可能会捕获卫星反射的光线，这导致影像完全无法用于研究目的。

在这项研究中，NASA 艾姆斯研究中心的 Alejandro Borlaff 和同事模拟了位于 800 千米轨道的、包括韦布在内的 4 个空间望远镜随卫星数量增长的视野变化。根据一个计划发射卫星的数据库，研究人员预计未来将有 56 万颗在轨运行卫星，这可能将污染 39.6% 的韦布空间望远镜影像，以及其他 3 个望远镜 96% 的影像。

研究人员指出，一个潜在解决办法是在低于望远镜运行的轨道部署卫星，但这些低轨卫星的碳排放可能会影响地球的臭氧层。（赵熙熙）

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09759-5>

## 西班牙严防非洲猪瘟病毒进入商业养猪场

据新华社电 西班牙农业、渔业和食品大臣路易斯·普拉纳斯 12 月 1 日就该国山区近日出现的非洲猪瘟病例表示，要严防非洲猪瘟病毒进入商业养猪场。

西班牙政府当天召开紧急会议，通报加泰罗尼亚地区非洲猪瘟病例情况。普拉纳斯在会上呼吁社会各界保持冷静，强调非洲猪瘟不会影响人类健康；与此同时，必须严格依照防控规定防止病毒进入商业养猪场，以避免对西班牙农业和相关产品出口造成更大冲击。

这是该国自 1994 年以来首次确认出现非洲猪瘟这一动物传染病。目前，已有多个国家和地区对西班牙猪肉及相关产品采取暂停进口或临时限制措施。（孟鼎博）

# 迈向地球系统科学:深度理解人与地球共同演化

（上接第 1 版）

这一概念在过去 20 多年间持续催化科学范式的转型。在认识论层面,“人类世”框架消解了“自然背景”与“人类扰动”的二元对立,将地球系统重构为人地(海)系统协同演化的耦合实体。这一本体论转向直接驱动了 ESS 的形成与发展——其核心强调自然过程与人类活动之间的相互作用、反馈过程与非线性的耦合效应。在治理实践层面,“人类世”逻辑孕育了“行星边界”(Planetary Boundaries)理论框架与“未来地球”(Future Earth)国际科学计划,确立了将地球系统稳定性作为可持续发展先决条件的共识。

ESS 与传统地球科学的根本分野恰在于此——并非简单地“把社会科学加进去”,而是要求在地球系统模型架构与理论建构上内化人类社会系统的决定性作用,在科学模型中引入社会经济过程、制度因素与文化反馈。这一认知转型对处于快速工业化与生态约束交织进程中的中国,尤其具有现实方法论意义。

### 中国路径

过去 30 年间,ESS 的形成与发展深受国际科研计划与全球治理机制的推动。以世界气候研究计划(WCRP)、国际地圈-生物圈计划(IGBP)、全球环境变化人文因素计划(I-HDP) 和国际生物多样性计划(DIVERSITAS)为代表的“全球变化四大计划”共同奠定了 ESS 的整体框架;而政府间气候变化专门委员会(IPCC)则通过系统化评估,使气候、生态与社会系统的耦合过程成为全球科研和政策议程的核心议题。中国在上述计划中一

直发挥重要作用,如深度参与 IPCC 评估报告撰写、在未来地球等国际平台承担关键任务,并以东亚季风、青藏高原等独特区域研究为全球 ESS 贡献了不可替代的科学认知与观测体系。这些国际合作共同推动了 ESS 从认识地球系统运作转向服务全球可持续发展的科学范式跃迁。

在中国科学界,推动 ESS 本土化范式构建已成为跨学科科学者的共识,其战略定位是确立 ESS 为中国可持续发展研究的核心框架。这一共识的实质内涵体现为 3 个方面。

第一,以区域独特性贡献全球系统认知——聚焦东亚季风动力学、青藏高原多圈层相互作用、干旱区社会-生态系统脆弱性、海岸带复杂系统临界过程等关键科学问题,构建具有区域过程辨识度的观测网络与数值模拟协同体系,为全球 ESS 提供研究新范式。

第二,推动社会-生态系统协同演化研究——将人口动态、经济转型、制度变革及文化反馈机制融入地球系统模型,实现人文社会科学与自然科学在范式层面的深度耦合。

第三,服务国家重大战略与全球治理议程——ESS 已超越纯粹学术前沿,成为“双碳”目标路径优化、生态文明建设制度设计、“一带一路”绿色发展议程的智力支撑体系。其核心愿景在于,使未来的 ESS 从解释地球自然过程,成为为人类社会在行星边界约束下探索可持续发展路径提供变革性方案。这实质上确立了 ESS 发展的“中国范式”,即立足发展中国家转型实践,为全球环境治理和可持续发展提供系统思维与区域经验相结合的科学范式。

### 中国 ESS 的发展

基于国际前沿趋势与本土实践需求,中国 ESS 的深化发展急需从 4 个战略维度协同推进。

一是构建多圈层-多尺度观测-数据-模型闭环体系。建立覆盖大气、海洋、陆地、生态、冰冻圈及人类活动的综合立体观测网络,深度整合卫星遥感、地基-空基平台、物联网传感与人工智能驱动的数据同化技术,形成“要素监测-过程识别-机制模拟-预测预警”的全链条能力,为人地耦合过程的定量解析奠定科学基石。

二是实现当前主要针对自然过程的地球系统模式与社会系统的双向耦合。社会系统不仅仅包括实体部分,还应包括制度、法律等意识形态部分,需突破传统气候-生态模式的单一驱动框架,将社会经济、能源转型路径、治理体系演化动态及行为反馈机制内嵌为地球系统模式的内生模块,构建能够模拟“自然-社会-经济”协同演化与非线性复杂过程的耦合平台,为气候适应、碳中和路径及可持续发展目标提供动态决策支持。

三是重塑跨学科人才培养与组织范式。在有条件的高校与科研机构设立建制化的“地球系统科学院”或“全球可持续发展学院”,乃至进一步考虑设立“中国可持续发展大学”或与联合国合作创办“联合国可持续发展大学”,系统性打破学科壁垒,设计涵盖地球科学、社会科学及人文科学的复合型课程体系,培养具备系统思维与政策理解能力的复合型人才。

四是加强国际合作与全球治理贡献能力建设。在未来地球计划等国际计划中发挥核心

科学引领作用,积极主导跨国观测网络建设、数据共享标准制定与联合模拟实验设计,通过推介基于中国区域实践的理论创新与技术方案,提升在全球气候治理与可持续发展政策议程中的科学影响力与政策贡献度。

### 从科学到行动:ESS 服务可持续未来

ESS 的终极价值不仅体现在认知范式的革新,更在于其对于治理实践的基础性支撑。直面全球变暖、生物多样性丧失、环境退化与极端事件频发的复合风险,中国 ESS 研究可以在四大领域中为可持续未来作出更大贡献。

第一,气候变暖风险评估与适应科学。构建气候预测、暴露度量化与脆弱性诊断的整合框架,为区域气候风险治理提供从情景模拟到政策响应的闭环支撑。

第二,碳循环与碳中和路径优化。超越自然碳汇的单一维度,系统解析能源结构转型、技术创新机制与消费行为变迁对碳-气候系统的级联反馈机制,识别碳中和转型的非线性约束与突破点。

第三,生态系统服务与人类福祉耦合。应用复杂系统方法,揭示不同时空尺度下的生态系统利用、保护和修复系统方案,维护人类的粮食安全、资源安全、生态安全、公共健康与气候韧性(恢复力)的协同/权衡关系,探索人与自然和谐共生的可持续发展及生态文明建设路径。

第四,地缘环境科学与南南合作。依托 ESS 框架构建“一带一路”共建国家共享的环境-发展数据库,通过开展国际合作为发展中国家应对生态环境问题提供科技支撑,通过科学外

交与联合评估机制,推动基于证据的绿色发展议程与公平气候治理。

ESS 理应成为可持续发展和生态文明建设的理论支柱与方法论基石。其系统思维与耦合视角能够突破学科壁垒,揭示地球物理、化学和生物过程与社会-制度变迁之间的互馈机制,为实现“人与自然和谐共生”的中国式现代化提供可操作的科学路径与变革治理方案。

### 迈向“以人为本”的新地球科学

ESS 并非传统地球科学的延伸,而是一场科学范式变革。它要求以人地(海)系统整体思维重构人居地球运行逻辑——不再将各圈层视为孤立实体,而是解析其跨圈层、跨尺度非线性互馈与临界转变机制;以自然-社会-经济耦合框架重铸人类世定位——将人类活动内化为地球系统的双向内生驱动而非外部扰动;以行星边界约束重塑科学使命——使研究目标从自然系统本身转向为人类可持续发展提供可操作的安全路径。

在 21 世纪全球科学治理新格局中,中国 ESS 的发展路径须实现双重超越:既要扎根于东亚区域特殊的人地耦合过程,如季风-经济高强度协同演化、高速发展的沿海经济带与海岸带的快速协同演化,构建基于本土实际的新理论范式;也要加强全球视野,在未来地球计划、IPCC 等全球议程中实现从参与者向引领者的转变,提供基于中国实践的智慧与方案。唯其如此,ESS 方能从学术前沿升华为引领人类文明转型、实现人与自然和谐共生的核心知识体系。