

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

《国家科学院院刊》

火星热带地区近地表臭氧层增强的证据

西班牙国家研究委员会物理化学研究所的 Alfonso Saiz-Lopez 团队给出了火星热带地区近地表臭氧层增强的证据。相关研究成果近日发表于美国《国家科学院院刊》。

研究团队利用美国“火星 2020”任务在火星地表获得的臭氧观测结果，与既往地基及轨道观测相互印证。测量数据采集于杰泽罗撞击坑当地正午时分，在远日点期间获得的平均臭氧柱浓度为 3.8±2.3 微米－大气柱，该数值不在火星北半球夏季的不确定性范围内。

此次获取的柱浓度数据与先前轨道器和地基望远镜的观测结果一致。约 90% 的臭氧集中在 20 公里以下大气层，而远日点期间的高空臭氧层对总柱浓度贡献微弱。这一高度以下的臭氧浓度水平达到模型预测值的 3 至 4 倍，对当前火星低层大气化学与成分的认知形成挑战。可能的解释是，气溶胶减少了臭氧的分解路径，或火星近地表大气中存在未知的活性化学过程。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1073/pnas.2511744122>

《自然－地球科学》

研究揭示南极冰洞内海底融化的驱动因素

美国加利福尼亚大学欧文分校的 Mattia Poinelli 团队提出海洋亚中尺度可作为南极冰洞内海底融化的驱动因素。相关研究成果近日发表于《自然－地球科学》。

位于西南极洲阿蒙森海海域的思韦茨冰川与松岛冰川，其冰损失总量占整个南极洲冰损失的 1/3 以上。受复杂的海－气－冰相互作用影响，这两条冰川正处于加速退缩状态。冰下空腔，即冰川底部被海水填充、冰体以冰架形式漂浮的区域，尤其容易受到暖水入侵的影响。但由于其地理位置偏远，且缺乏能够解析小尺度冰－海相互作用的数值模型，相关研究仍严重不足。

研究团队发现，海洋亚中尺度特征(1~10 公里规模)在开阔海域形成后，会向思韦茨冰川方向传播，侵入其冰下空腔并从底部融化冰川。利用 200 米分辨率的冰－海数值模型并结合冰下观测数据，研究组发现亚中尺度运动在阿蒙森海海域全年普遍存在。研究结果表明，该区域 1/5 的冰下融化变异由亚中尺度过程贡献，揭示了亚中尺度运动与冰下融化之间存在正反馈循环。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41561-025-01831-z>

高分辨率气候模拟精确评估未来极端降水

美国得克萨斯农工大学的常平(音)团队揭示了未来极端降水被中尺度水汽辐合增强。相关研究成果近日发表于《自然－地球科学》。

极端降水事件由复杂的多尺度大气动力相互作用驱动，并由有效水分推动。科学家预计它们将随着气候变化而加剧，对人类社区和生态系统构成威胁。然而，目前的低分辨率气候模拟难以准确描述关键的极端降水产生现象，限制了人们准确和可靠地预测未来的能力。

研究团队提出了一个具有 10 至 25 公里分辨率、用改进的中尺度对流系统表示的气候模拟集合，以评估每日极端降水的未来变化及其驱动因素。与 100 公里分辨率模拟相比，他们的高分辨率模拟更真实地捕捉了历史时期观测到的每日极端降水的空间分布和强度。在未来高二氧化碳排放的情景中，到 2100 年，由于中尺度水汽辐合增加，陆地上的日极端降水可能增加约 41%。在低分辨率模式中，这种对极端降水的动力贡献的影响被低估了。这些结果凸显了高分辨率气候模拟在限制未来极端事件和为更有效的气候风险评估和适应战略提供信息方面的关键作用。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41561-025-01859-1>

《细胞》

科学家开发解释非编码变体的功能基因组新图谱

荷兰伊拉斯姆斯大学的 Tahsin Stefan Barakat 团队开发出了用于解释非编码变体的功能基因组图谱 BRAIN-MAGNET。相关研究成果近日发表于《细胞》。

遗传变异的全基因组评估正在成为遗传学的常规，但对常见和罕见疾病中非编码单核苷酸变异的功能解释仍然是一个主要挑战。

研究团队将染色质免疫沉淀与自转录活性调控区测序结合，对人类大脑发育细胞模型中的非编码调控元件(NCRE)进行功能性注释。这为神经干细胞提供了基因调控的见解，并证明 NCRE 已经在胚胎干细胞中启动，用于后期的神经活动。基于该功能基因组图谱，研究团队开发了 BRAIN-MAGNET——一种以大脑为主题的人工智能方法，用于分析基因组中的 NCRE 突变靶点。这是一个功能验证的卷积神经网络，可以从 DNA 序列组成预测 NCRE 活性，并识别 NCRE 功能所需的核苷酸。NCRE 图谱和 BRAIN-MAGNET 可能有助于识别以前未被识别的增强子疾病。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.10.029>

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

科学家合作描绘微生物保护综合路线图

本报讯 在国际应用微生物学会(AMI)主席 Jack Gilbert 带领下，科研人员合作设计出首个保护微生物生命的综合路线图。11 月 20 日，相关研究成果发表于《可持续微生物学》。

今年 7 月，世界自然保护联盟(IUCN)在其物种生存委员会下正式设立了微生物保护专家组(MCSG)。该小组由 Gilbert 与国际微生物生态学学会(ISME)的 Raquel Peixoto 共同主持工作。

“这是首个致力于守护微生物多样性的全球联盟，旨在保障构成‘看不见的 99% 的生命’的微生物获得应有地位，确保人们认识到微生物对地球生态、气候和卫生系统至关重要。” Gilbert 说，“这重新定义了保护的内涵——从拯救单一物种转向守护隐形生命网络。它还让我们清晰洞察可支持保护行动的微生物工具，使我们能运用微生物学应对世界上最严峻的挑战。”

过去两年间，MCSG 创始成员召集了 30 余个国家的微生物学家、生态学家、法律专家及原住民知识传承者，共同制定了首个微生物保护路线图，勾勒出五大核心要素。一是评估，即为微生物群落和生物库制定与 IUCN 濒危物种红色名录兼容的指标。二是规划，即为微生物干预构建伦理和经济框架。三是行动，即开展微生物解决方案的试点修复项目。四是网络，即联结全球科学家、菌种保存者等。五是传播与政策，即

微生物是土壤肥力、碳循环、海洋生产力和动植物健康的核心要素。尽管如此，它们因鲜少出现在保护政策中。Gilbert 指出，忽视微生物多样性将削弱气候韧性、降低粮食安全及生态系统修复成效。“MCSG 通过将微生物学直接嵌入 IUCN 的保护机制填补了这一空白，即运用 I-U CN 濒危物种红色名录标准、生态系统评估及修复计划，使微生物在政策层面而不仅仅在科学领域获得可见性。” Gilbert 说。

开展公众传播和政策宣传活动。初期工作由戈登与贝蒂·摩尔基金会资助，并得到 AMI 与 ISME 的实物支持。第一阶段工作的重点是绘制微生物热点分布图、建立保护指数体系，并将现有微生物生物库连接到一个协调运作的全球档案库。Gilbert 说：“当 IUCN 批准 MCSG 作为一个官方专家组存在，标志着全球保护工作首次正式延伸至微生物领域，这具有里程碑意义。”

MCSG 近期的目标包括在 2027 年前建立首个微生物红色名录框架；绘制土壤、海洋及宿主相关系统中的全球微生物热点分布图；测试保护策略，如微生物生物修复、珊瑚益生菌和土壤碳恢复等；确保在 2030 年前将微生物指标与动植物指标一起纳入 IUCN 和联合国生物多样性目标体系。另一关键任务是提升公众素养，使其认识到微生物是生态系统与人类健康的基础。同时，路线图强调数字孪生与人工智能工具



一只戴着脚环的赛鸽。

图片来源：Suriya Silsaksom/Alamy

的运动。

接下来，研究团队通过一种细胞活动的基因标记测量方法，分析了鸽子大脑中神经元的激活模式。通过将暴露于磁场的鸽子大脑活动图谱与未暴露于磁场中的对照组进行比较，研究人员发现，在接收前庭系统输入信息的大脑区域和有助于整合各种感觉刺激的大脑区域，存在与磁场相关的神经元活动。这一结果将鸽子内置“罗盘”范围缩小到了前庭系统。

那么，鸽子大脑神经元究竟是如何感知磁场的？

早在 1882 年，法国动物学家 Camille Viguier 就提出，生物体内的导电物质会对磁场作出反应，从而产生电流，这赋予了动物磁感受能力。而在此前的研究中，Keays 从鲨鱼和鳗的生物物理学原理获得启发，探寻了磁感受分子机制。

鲨鱼和鳗拥有感知微弱电场的器官，这有助于它们捕食。Keays 等人发现，这些动物表达

了一种对神经元电活动变化敏感的蛋白质。该蛋白质经过了 10 个氨基酸长度的插入修饰，使其能够感知由磁场产生的电流。

“那么鸽子是否也具有这种能力？答案是肯定的。”Keays 说，2019 年，他和合作者发现，鸽子的基因组中也存在类似的变异。

在新研究中，Keays 团队对鸽子前庭系统细胞进行了单细胞转录组测序，以寻找参与探测电流的分子，最终发现对电磁变化敏感的蛋白质普遍存在。因此，当鸽子点头时，其内耳中的环状结构能够为大脑提供磁场 x、y、z 向量信息。

Keays 团队让鸽子在黑暗中暴露于磁场，重复了上述实验。实验结果表明，鸽子大脑接收磁场刺激并不需要光线。Keays 说，这似乎与基于视网膜的磁感受模型相矛盾。不过他补充道，有些动物的磁感受器官不止一种。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.aea6425>

科学此刻

锁定鸽子脑内“罗盘”

鸽子是自带“导航”系统的长途飞行高手。在一项近日发表于《科学》的研究中，德国慕尼黑大学的研究团队通过绘制鸽子大脑图谱，并对鸽子内耳细胞进行单细胞转录组测序，证明了内耳是鸟类的磁感受作用器官。

研究人员表示，鸽子通过内耳中的微小电流来感知地球磁场。这种内置“罗盘”或许有助于解释一些动物是如何实现长途导航的。

研究表明，包括海龟、鲱鱼、旅鸫在内的许多动物都能感知磁场的方向和强度，尽管相关机制和证据存在争议。

关于鸟类如何感知磁场，目前有两种主流假说。一种假说认为，鸟类视网膜细胞中存在量子物理效应，使它们能够“看到”磁场。而另一种假说则认为，鸟喙中的微小氧化铁颗粒像微型指南针一样发挥导航作用。

然而，研究人员对于动物感知磁信息的具体大脑区域、感觉神经元如何产生电磁变化敏感性知之甚少。2011 年，有研究表明，磁场会触发鸽子的前庭系统。该系统使脊椎动物能够感知加速度(包括重力)，有助保持平衡。该系统由 3 个相互垂直的充满液体的环组成，能够将加速度分解为 x、y、z 向量，从而向大脑传递加速度方向信息。

慕尼黑大学的神经科学家 David Keays 团队设计了一个实验，以揭示鸽子大脑如何对磁场作出反应。他们让鸽子暴露在比地球磁场稍强的磁场中一个多小时。鸽子的头部被固定住，磁场持续旋转，以模拟鸽子头部相对于地球磁

在太空暴露 283 天，它竟然还能萌发

本报讯 2022 年 3 月 4 日，宇航员将两万个小立碗藓孢子锁在国际空间站外，让它们在严酷的太空环境中暴露了 283 天。之后，他们回收了这些孢子，并通过美国太空探索技术公司(SpaceX)的太空舱送回地球。令人惊讶的是，科学家成功使这些孢子萌发。相关研究成果近日发表于《交叉科学》。

研究团队成员之一、日本北海道大学的 Tomonichi Fujita 表示，苔藓是最早的陆地植物之一，能在南极洲、火山地带和沙漠等严酷环境中定植。

“我们想知道苔藓孢子能否在暴露于外太空后存活下来。”Fujita 说。

在上述实验中，留在地球上的对照组孢子

的萌发率为 97%，暴露于太空但屏蔽了破坏性紫外线辐射的孢子具有相同的萌发率。

最令人惊讶的是，超过 80% 完全暴露于太空、经受真空、极端温度、微重力、紫外线和宇宙辐射考验的孢子仍然具有活力，并长成正常的植株。根据这些实验结果，研究团队预测，部分孢子有可能在太空中保持活力长达 15 年。

“打开样本就像解锁一个生物时间胶囊，生命体在太空中存活下来，并恢复了功能。”Fujita 说。

在将孢子部署到太空前，研究人员在模拟条件下测试发现，其他生命阶段的苔藓在紫外线辐射、冷冻、加热、高盐度、脱水等条件

科学快讯

(选自 *Science* 杂志, 2025 年 11 月 20 日出版)

水凝胶拓展晶体管维度

晶体管是现代电子学的基础，传统上为刚性、平面和二维(2D)结构，这限制了其与生物系统的柔软、不规则、三维(3D)性质的集成。

研究团队研发了一种 3D 半导体，集成了有机电子学、软物质和电化学技术。这些 3D 半导体以水凝胶的形式实现了毫米级的调控厚度，同时实现了柔软性和生物相容性。调控厚度的这一突破通过模板化的双网络水凝胶系统实现，研究人员证明了这些 3D 半导体能够制造模拟真实神经元连接的 3D 空间互穿晶体管。该研究填补了 2D 电子学和 3D 生命系统之间的差距，为生物混合传感和神经形态计算等高级生物电子系统研发开辟了新途径。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adx4514>

里德堡修饰助力扩展玻色-哈伯德模型

量子多体系统中不同长度尺度的竞争导致关联动力学和非局域有序等现象出现。为了在一个基于晶格的巡回量子模拟器中研究上述现象，学界提出使用里德堡态的非谐振光学耦合来引入可调谐的扩展相互作用，这称为里德堡修饰。

研究人员利用上述方法构建了一个有效的一维扩展玻色-哈伯德模型。利用自研量子气体显微镜，研究人员探测了扩展范围排斥性束缚对和“硬棒”结构的非平衡关联动力学。接近平衡时，在绝热扩展相互作用下，研究人员观察到密度有序现象。

该研究结果为实现光控扩展相互作用的量子多体系统奠定了基础。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adq7082>

阴离子结合法实现 对映选择性光氧化还原催化

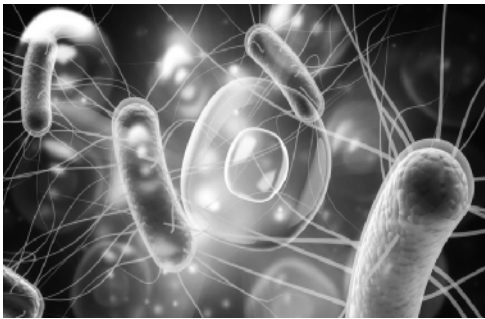
光氧化还原催化已成为合成化学中的一种变革性策略，通过生成高活性的自由基中间体，可实现各种有价值的化学反应。

手性反阴离子与阳离子自由基中间体配对，为控制各种反应性环境下的绝对立体化学提供了一种潜在通用工具。然而，离子对效应对光诱导过程效率和自由基离子对反应性的影响，严重限制了可有效参与的手性阴离子范围。

研究团队揭示了中性手性小分子氢键供体与阳离子自由基中间体的反阴离子结合，可通过离子对和其他非共价相互作用实现对映选择性。

研究人员将上述策略应用于富电子烯烃底物的四类不同的环加成反应，成功制备了 99% 对映体过量的 4 个新手性中心的环状产物。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adz3362>



一项新的全球倡议首次将微生物多样性纳入保护规划核心内容。图片来源：Shutterstock

的重要性，这些技术可预测微生物群落对环境变化的响应机制。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1093/sumbio/qvaf024>

美国计划建立综合人工智能平台

据新华社电 美国总统特朗普 11 月 24 日签署一项行政令，计划利用美国的国家实验室等资源建立一个综合人工智能平台，旨在“加速人工智能在变革性科学发现中的应用”。白宫称这一任务在紧迫性和雄心上可以与曼哈顿计划相媲美。

根据白宫网站发布的文件，特朗普下令启动“创世纪任务”。该任务将建立一个综合人工智能平台，整合美国的科学家、企业、知名大学以及现有的研究基础设施、数据存储库等资源，利用联邦科学数据集来训练科学基础模型并创建智能体，以人工智能加速创新和发现，帮助解决本世纪最有挑战性的问题。

该行政令称，“创世纪任务”将加强国家安全，提高劳动生产率，成倍提高纳税人在研发方面的投资回报，“进一步巩固美国的技术主导地位 and 全球战略领导地位”。

据美媒报道，白宫科技政策办公室主任迈克·克拉齐奥在媒体电话会上表示，这项举措重在调度联邦科技资源，有望加快制药、能源和工程等领域的科研突破速度。

最新监测数据显示 南极臭氧空洞大幅缩小

据新华社电 美国国家海洋和大气管理局、美国国家航空航天局的新报告显示，南极上空臭氧空洞大幅缩小，今年最大面积比 2006 年测得的最大面积要小约 30%。这表明对消耗臭氧的化学物质的管控正有效推动臭氧层逐步恢复。

从 1979 年开始，科学家们开始利用卫星追踪南极的臭氧水平，上述两个机构利用这些数据长期监测南极臭氧空洞的情况。最新监测发现，在 2025 年臭氧消耗季的高峰期，即 9 月 7 日至 10 月 13 日期间，南极臭氧空洞的平均面积约为 1871 万平方公里。南极臭氧空洞在 9 月 9 日达到了今年单日最大面积(约 2286 万平方公里)，比 2006 年测得的最大面积要小约 30%。

国际社会于 1987 年达成《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》，该议定书要求逐步淘汰使用氯氟烃等消耗臭氧的化学物质。

美国国家海洋和大气管理局、美国国家航空航天局的科学家表示，今年的监测结果显示，上述议定书及其后续修改所确立的控制措施正推动臭氧层逐渐恢复。随着世界各国用危害性较小的替代品取代臭氧消耗物质，这一恢复进程有望在本世纪晚些时候完全实现。

“正如预测的那样，我们看到了臭氧空洞面积跟 21 世纪初数据相比的缩小趋势。”美国国家航空航天天局臭氧研究团队领导者、来自马里兰大学的资深科学家保罗·纽曼说，如果南极平流层中的氯等消耗臭氧的化学物质水平仍像 25 年前那么高，那么今年观测到的臭氧空洞将比现在在大将近 260 万平方公里。

(华义)

形成月球的撞击物忒伊亚起源于太阳系内部

月球由一颗名为忒伊亚的行星体与原始地球的巨大撞击形成。此前，研究人员并不清楚忒伊亚是在太阳系内部还是外部形成的。

为此，研究团队测量了月球样品、陆地岩石和陨石(代表忒伊亚和原始地球可能形成时的同位素库)中的铁同位素组成。地球和月球的铁同位素组成与质量无关，难以区分，两者都定义了陨石测量范围的一端。

研究人员将该结果与其他元素的分析结果结合，对忒伊亚和原始地球进行了质量平衡计算。结果发现，忒伊亚的全部物质和地球上的大部分其他组成物质都来自太阳系内部。该计算结果表明，忒伊亚可能形成于比地球更靠近太阳的位置。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.ada0623>
(未玖编译)