

预测火星沙尘暴，中国科学家造了颗“数字球”

■本报记者 高雅丽

在火星表面，一场足以覆盖整个星球的沙尘暴正在酝酿。对于在这里工作的探测设备而言，这样的极端天气无异于一场生存挑战。

随着天问一号任务的成功实施与天问三号火星采样返回任务的稳步推进，中国火星探测已迈入全新阶段，对火星气象环境，尤其是沙尘循环的认知需求日益迫切。为此，首个中国自主研发的火星大气环流模式 GoMars 应运而生。这项突破，不仅填补了我国在火星数值模拟领域长期存在的自主模式空白，更为未来我国火星探测任务提供了关键的气象保障。相关研究近日发表于《大气科学进展》。

搭建一颗“数字火星”

1971年，人类首个火星探测器“水手9号”到达火星轨道，发现这里正在上演全球性沙尘暴。火星沙尘暴可以从一个区域开始，在数周内蔓延至整个星球，使火星表面完全笼罩在沙尘中，并持续数月之久。

在火星探测中，每一架探测器的着陆、每一辆火星车的移动，都极度依赖对环境的准确研判。火星的沙尘循环系统在塑造日常天气的同时，在长期气候变化中也扮演着核心角色。其中，“随机”爆发的全球性沙尘暴，是典型的极端天气事件，也是引发火星气候出现显著年际变率的主要驱动力。

长期以来，火星大气数值模拟领域几乎是欧美国家的“主场”。我国一直缺乏自主的火星大气模式。2021年起，在“天问三号”关键技术攻关项目、国家自然科学基金、国家重点基础研究设施“地球系统数值模拟装置”、中国科学院大气物理研究所(以下简称“大气所”)“十四五”基础科研项目等的联合资助下，大

气所科研团队接下了这项从“零”开始的任务。“构建一个行星尺度的大气环流模式，复杂性不亚于在虚拟空间中创造一颗星球。火星大气稀薄，重力环境特殊，最开始几乎无从下手，地球大气模式的框架也无法直接套用。”大气所研究员董理说。

最初几个月里，董理和博士生刘帅几乎整天泡在办公室里，从最基本的物理方程出发，一行代码、一个模块地搭建模型雏形，在个人电脑上进行低分辨率的原理性验证。然而，大气环流模拟是高性能计算的典型应用。随着模型复杂度提升，算力需求急剧增长。

“以1度分辨率为例，目前使用240个国产CPU核心模拟一个火星年需要约8个小时，因此开展火星沙尘循环模拟需要充足的计算资源支撑。”董理回忆道。通过持续争取，团队在国家重大科技基础设施“地球系统数值模拟装置”上获得了专属计算资源，并以“GoMars”命名计算队列。

大气所研究员王斌说：“这标志着项目从个人探索正式迈入大规模科学计算阶段，为后续深度模拟奠定了基础。”

在模型中“孕育”沙尘暴

火星气候模拟领域有一个公认的世界难题——模拟火星沙尘循环的年际变率。

“模拟火星的平均气候状态相对容易，但要让它‘自发地’产生全球性沙尘暴，尤其是以合理的频率和强度产生，是学界几十年来一直未能破解的难题。”刘帅解释道。之前的许多模型要么无法产生全球性沙尘暴，要么产生的频率和强度与观测不符。

为此，刘帅进行了两方面的关键创新。首先，通过借鉴地球沙尘模拟经验并结合火星观测理论，对地表起沙通量施加了物理上合理的约束，设计了一套适合火星特殊环境的起沙参数化方案，避免模拟崩塌或失真。其次，在模式的边界层物理过程中，增加沙尘的湍流混合过程。

“这一改进至关重要，使得沙尘不仅能被水平风输送，还能通过湍流垂直交换被更有效地抬升，这是现实中沙尘发展至高耸尘卷并可能触发大规模反馈的关键。”刘帅说。

在漫长的调试与等待阶段，团队进行了海量敏感性试验，同时调整各种参数组合。GoMars已经在超级计算机上连续运行了数月，模拟了超过100个火星年的气候变化。然而，模型中的火星年复一年地平静，没有出现期待的沙尘暴。“那时我们几乎要放弃了，怀疑自己的物理方案是否存在根本性缺陷。”刘帅回忆道。

2024年10月的一个深夜，转机出现了。当时，刘帅像往常一样检查模型运行结果，发现 GoMars 的沙尘指数开始急剧飙升，模拟出的火星地面气压年循环曲线与上世纪70年代美国“维京号”探测器在火星表面实测的数据曲线几乎完美重叠。“当两条曲线严丝合缝地对上时，心中的大石头终于落地。”刘帅说。

以此为契机，团队展开了更精细的优化。最终，在长达50个火星年(约100个地球年)的超长期模拟中，GoMars不仅稳定再现了火星沙尘的年循环和季节迁移，更成功模拟出了全球性沙尘暴的自然爆发。在日循环尺度上，模拟的尘卷风起沙通量峰值出现时间与美国“火星探路者”号探测器的实测记录相

符。此外，GoMars 准确模拟出火星亚马孙地区作为尘卷风活动热点的强烈起沙现象，与观测识别结果一致。

在缺乏直接观测数据的情况下，研究进一步将 GoMars 模拟的近地表风应力起沙通量与国际上先进的 MarsWRF 等火星大气环流模式进行对比，结果显示二者在季节变化与空间分布上具有良好一致性。

打造“火星天气预报系统”

火星，这颗曾经拥有厚重大气层和液态水海洋的星球，如何在数十亿年间变成今天的寒冷荒漠？GoMars的研究为解答这一问题提供了线索。

模拟显示，全球性沙尘暴在火星大气逃逸过程中可能扮演了“加速器”的角色。当沙尘充满大气时，它们吸收太阳辐射，导致高层大气温度升高，从而加速气体分子的热逃逸。

“这一发现对地球气候研究具有重要启示。虽然地球目前不会经历火星那样的全球性沙尘暴，但火星的气候变迁提醒我们，行星气候系统是复杂且脆弱的，一旦越过某个临界点，就可能发生不可逆转的变化。”王斌说。

随着 GoMars 核心模型的成功验证，团队开始规划下一步发展路线。“未来的火星天气预报可能需要精确到小时级别，预报内容包括风速、风向、温度、沙尘浓度、辐射水平等多个要素。”董理展望道，“行星探索是全人类的事业，我们希望 GoMars 不仅能为中国的火星探索服务，也能为国际行星科学研究作出贡献。”

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1007/s00376-025-5190-2>

中国农业科学院草原研究所

稻田害虫将“低毒”农药变成“高毒隐患”

本报讯 (记者 李晨) 中国农业科学院草原研究所草原生物灾害监测预警与绿色防控团队揭示了传统“低毒”农药醚菊酯潜在的生态风险。



害虫代谢将醚菊酯转化为高毒 $\alpha\text{-CO}$ ，放大稻田水域的潜在生态风险。

中国农业科学院供图

本报讯(见习记者江庆龄)近日，上海海洋大学教授杨先乐主编的《水生动物医学图谱大全》正式发布。编纂工作于2009年启动，团队系统梳理了水生动物医学的基础理论与病害防控技术，最终汇编成《上篇·水生动物医学基础》《下篇·水生动物病害各论(鱼类)》《下篇·水生动物病害各论(其他)》《附篇·水生动物生物学和解剖特征、水产养殖水色、后记、主要参考文献以及索引》四册。

其中，《上篇》共分五章，分别从病原学、免疫学、药物学、病理学和流行病学及疾病控制等方面进行阐述；《下篇》共分二册八章，覆盖鱼类疾病、虾蟹类疾病、贝类疾病、棘皮动物疾病、两栖爬行类疾病、其他水生动物(植物)疾病、非病原性疾病以及寄生等；《附篇》共二章，主要介绍了水生动物生物学与解剖特征和水产养殖水色，并编辑了各章节涉及的主要参考文献等。

中国科学院院士、中国科学院水生生物研究所研究员桂建芳为《水生动物医学图谱大全》作序。桂建芳认为，水产动物病害是严重威胁我国水产养殖健康发展的一个痛点，水生动物医学学科是水产养殖病害控制理论与实践相结合的重要保证，但教材和相关辅助资料的缺失一直阻碍着该学科的发展。

《水生动物医学图谱大全》通过直观的图像和精练的解说，系统涵盖水生动物病害特征、诊断方法及防控技术，助力水产病害防控从传统经验向科学化、系统化转变。

东亚史前猎猫化石“上新”

本报讯(见习记者蒲雅杰)猎猫科是食肉目中最早专化于捕食大型猎物的类群之一，其化石目前主要发现于欧洲和北美洲。东亚地区的猎猫化石种类较少且大多保存破碎，导致学界对东亚地区猎猫的演化认知非常有限。

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所副研究员江左琪、研究员王世骐联合福建省英良石材自然历史博物馆等单位学者，报道了一种全新猎猫科物种——宋氏饕餮猎猫(*Taeniuravus songi*)，填补了猎猫科在欧亚大陆东部化石记录的空白。相关研究成果近日发表于英国《皇家学会会刊B辑》。

该猎猫标本发现于中国宁夏的清水营组地层，时代属于早渐新世晚期或晚渐新世早期，是猎猫亚科中最年轻的成员之一。研究团队指出，宋氏饕餮猎猫的齿列结构暗示了其独特的捕杀方式，是一种全新的猎猫科生态型——“蹴狗型”猎猫。其犬齿后方紧邻着功能强大的前臼齿，这种结构不利于深刺，却非常适合进行强有力的撕裂，因此它可能依靠强壮的头骨和牙齿进行撕扯，而非剑齿虎类的精准刺击，与现代鬣狗



饕餮猎猫

宋岳峰/绘

的捕杀策略类似。

系统发育分析结果显示，宋氏饕餮猎猫属于猎猫亚科，与欧洲和北美的猎猫和恐猎猫关系最为密切。这一发现加

强了欧亚大陆与北美之间猎猫科成员的古生物地理联系。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1098/rspb.2025.1686>

语言能否影响感知？破解百年难题有新线索

■本报记者 李惠钰

人们常说“眼见为实，耳听为虚”，但眼前所见真的不受语言暗示影响吗？

“语言能否影响感知”这一疑问，在心理学、语言学乃至哲学领域争论了上百年。支持者坚信，语言为人类划定了理解世界的边界，而反对者认为，视觉、听觉等感知系统独立于语言运行，不受影响。

过去，这一问题悬而未决，是因为在人类成长过程中，语言与视觉几乎总是“纠缠”在一起，很难把一个人脑中的“语言系统”拿掉，单看其“视觉系统”如何运作，导致难以在实验中加以区分。如今，人工智能(AI)的发展为这一经典难题带来了新契机。

北京大学、北京师范大学、山西医科大学第一医院的研究人员发现，语言不仅塑造人类思维，也可能在潜移默化中改变人类“看世界”的方式。他们结合AI模型与健康人群及脑卒中患者的脑影像数据，为上述心理学核心问题提供了新证据，也展示了AI与脑科学相互启发的研究范式。相关研究成果12月15日发表于《自然—人类行为》。

AI模型与脑损伤患者的“跨界实验”

“AI模型就像一个可控的‘数字实验室’，我们可以人为决定它是否学习语言，再观察不同学习经历是否导致‘看世界’方式的差异。”论文共同通讯作者、北京大学心理与认知科学学院和人工智能研究院助理教授朱毅介绍。

研究团队比较了两类AI模型：一类只学

习过图像(纯视觉模型)，另一类同时学习过图像和文字(视觉+语言模型)。随后，他们将这两类模型的内部表征与人类大脑视觉皮层在4组健康人群中的活动模式进行比对。结果显示，视觉+语言模型与人脑视觉皮层的活动模式更为相似，尤其集中在左半球——人类语言加工的主导区域。更令人惊讶的是，这一模式在使用手语的聋人中同样存在，说明语言经验，无论是口语还是手语，都在视觉加工中留下系统性印记。

“简单来说，被语言‘指导’过的AI视觉模型，看世界的方式更接近人脑。”论文共同第一作者、北京大学博士生陈昊翔说。

然而，AI模型与人脑的相似性并不能直接证明语言在其中起了因果作用。为此，团队将目光转向了一个特殊群体——脑卒中患者。脑卒中常会损伤连接语言区与视觉区的白质纤维通路，为科学家提供了一项“天然对照实验”。

论文共同通讯作者、山西医科大学教授王效春告诉《中国科学报》，在功能磁共振的任务研究中，国外通常只有几个病人参与，而该研究从五六十名甚至更多患者中进行筛选，最终纳入33位有效患者。

王效春表示，患者的筛选标准极其苛刻，因为团队需要的不是普通的脑梗患者，而是“特定部位”受损的患者——连接通路断了，但视觉皮层本身完好。这就像在千万块“拼图”中寻找特定的那一块。

在研究过程中，脑卒中患者的数据获取极具挑战性。患者普遍存在注意力有限、体力

不足的情况，要在狭窄的磁共振仪里保持静止20分钟以上十分困难。研究团队反复优化实验设计，使任务既能让患者理解，又能有效激活视觉皮层。同时，由于每位患者的病灶位置不同，团队需要手工标注病灶、一人一策定制分析方案，并进行严格数据筛选。“这不仅是科学研究，更是精细的手艺活。”王效春说。

研究结果表明，患者语言+视觉通路受损越严重，其视觉脑区活动越像“纯视觉模型”，越不像“视觉+语言模型”。当语言+视觉通路被破坏，语言对视觉的调节作用也随之消失，成为“语言调节视觉”的直接证据。

这一发现提示语言与视觉之间的功能联系具有方向性，而不是仅反映共激活。“脑损伤患者的数据是无价的。他们让我们看到了语言通过与视觉皮层连接的神经通路调控视觉功能的必要性。”论文共同第一作者、山西医科大学实验师刘攀说。

AI与脑科学“相互赋能”的新模式

这一跨学科研究展示了AI与脑科学“相互赋能”的新模式。

传统脑科学通过各种手段记录神经活动，揭示大脑结构与功能的对应，但难以精确刻画这些神经活动“计算”的信息内容。AI模型的引入，使研究人员能够在可控制的“数字化认知实验室”中模拟人脑的学习与表征过程，从而探究语言如何塑造感知。

此前已有研究使用AI对大脑建模，但往往停留在相关性层面。在这项研究中，脑损伤

患者的参与为模型提供了罕见的因果验证。当大脑的语言+视觉通路被自然“切断”时，AI模型所预测的模式确实出现在人脑中。

论文共同通讯作者、北京大学心理与认知科学学院和人工智能研究院教授毕彦超说：“我们用AI模型理解大脑，而脑损伤患者的脑活动又反过来验证了模型的机制。这让AI与脑科学第一次真正闭合成一个实验循环，形成了脑科学研究的新范式。未来AI会越来越大地帮助脑科学研究，帮助我们探索大脑的奥秘、帮助更多的患者。”

朱毅表示，这项研究的意义不仅在于用AI帮人们理解大脑，更在于为未来AI的前沿探索与发展提供了方向。

“我们发现，语言在大脑视觉系统中扮演了组织和调节的角色。”朱毅说，“这启发我们思考：真正的智能，也许需要像人脑一样，让语言去统筹感知、记忆和推理，而不是简单地并列处理多种模态。”

毕彦超进一步指出：“脑科学与AI不是两条平行线，而是一面镜子。我们借助AI理解人脑，也让人脑的认知实验研究为AI发展照亮方向。”

这项研究揭示了语言在跨模态信息整合中的神经机制，为AI的未来发展提供了重要启示。当AI具备类似人脑的“语言调控能力”，能够在视觉、语义与情境之间建立共通的语义坐标时，它才可能实现从“识别世界”到“理解世界”的跨越。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41562-025-02357-5>

中国科学院新疆理化技术研究所

创制高性能环保复合纱线

本报讯(记者赵宇彤)中国科学院新疆理化技术研究所研究员马鹏程团队研制出一种兼具优异可编织性与多功能特性的玄武岩纤维+棉纤维复合纱线，为纺织产业绿色转型与高性能材料创新提供了可靠技术方案。相关研究成果近日发表于《复合材料通讯》。

纺织业是全球资源消耗与环境污染的主要行业之一。据统计，大约85%的纺织品最终被填埋，其生产过程产生的温室气体占全球总量的5%-10%，且伴随大量水资源消耗与化学污染物排放。为响应联合国可持续发展目标、推动绿色材料与清洁生产，研究团队将玄武岩纤维与天然棉纤维复合，采用“一步加捻”技术，并配套使用自主研发的全天然基浆料，开发出高性能且环境友好的新型复合纱线。

该技术通过棉纤维的柔顺性与天然浆料的成膜作用，有效破解了玄武岩纤维脆性大、难纺织的行业共性难题。该技术使用的上浆料以壳聚糖、椰子油等天然材料为主体，不仅环境友好，还能显著提升纱线的综合性能。测试结果显示，复合纱线的强度远高于普通棉纱。以其织造的面料具备超疏水特性，对多种液体具有出色抗渗透能力；紫外线防护系数达265.3，远超日常防护标准；对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抑菌率达到99.1%和97.1%。此外，织物热稳定性显著增强，初始热分解温度较普通棉织物提升约40℃。

该材料在特种防护服装、高性能运动装备、户外功能服饰等领域展现出广阔应用前景。研究团队已通过工业级设备完成纱线制备、上浆处理与织造全流程验证，证明了规模化生产的可行性，为后续产业化奠定了基础。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.coco.2025.102633>