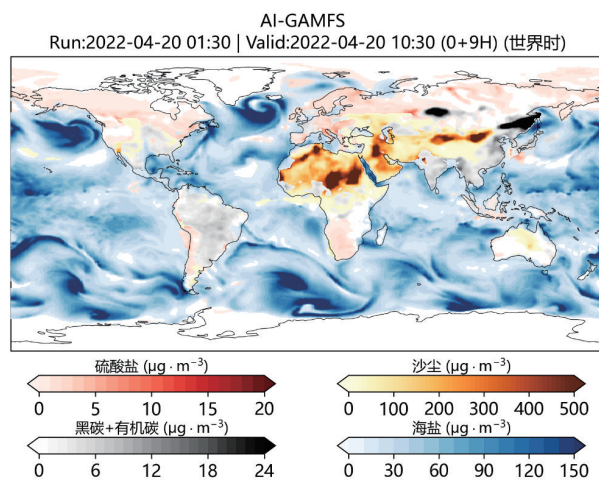




全球首个气溶胶—气象耦合预报AI大模型(AI-GAMFS)

(图片来源:中国气象局官网)

往直接关系到预警的提前量和防控的主动性。长期以来,全球气溶胶预报主要依赖复杂的物理数值模式:要同时计算颗粒物的排放、输送、化学转化和沉降过程,既“费算力”,也容易受参数化方案和初始场误差影响。

中国气象科学研究院车慧正、张小曳等联合国内外团队,推出全球首个气溶胶—气象耦合人工智能预报系统AI-GAMFS,标志着气溶胶预报开始从“超算驱动”加速迈向“AI驱动”。2026年3月5日,相关研究成果发表于《Nature》。

传统物理模式的核心逻辑是“还原论”,即将大气过程分解为无数物理方程。而AI-GAMFS体现了“系统论”的思想,利用神经网络将悬浮颗粒物与大气的热力、动力要素作为一个整体进行非线性建模。模型的骨干网络将大气状态视为一个连续的3D时空张量。这种设计允许模型同时处理全球尺度的大气环流规律和局部尺度的污染演变特征。

与传统模式将气溶胶与气象要素分开计算不同,AI-GAMFS实现了气溶胶—气象因子的深度耦合预报。模型分析了包括温度、风速、气压、湿度、降水等在内的42~44种核心气象变量,以及12种气溶胶组分变量。这种动态关联机制能够更精准地模拟气

溶胶的生命周期。例如,模型通过学习发现,特定湿度环境会加速二次硫酸盐的生成,而降水强度的非线性变化直接决定了气溶胶的湿沉降效率。

深度学习模型在进行自回归迭代预报(即用前一时刻的输出作为下一时刻的输入)时,往往会面临严重的误差累积问题,导致预报时效越长,精度下降越快。为解决这一难题,AI-GAMFS团队提出了一种创新的“接力预报策略”(Relay Forecasting Strategy)。团队训练了4个具有不同预报步长(3、6、9、12 h)的基准模型。在进行5天(120 h)的滚动预报时,系统会优先调用大步长模型进行跳跃式计算,从而显著减少了迭代次数。AI-GAMFS的成功,最终建立在“大数据”与“大算力”的深度融合之上。模型的训练采用涵盖1980—2022年共计42年的全球气溶胶再分析资料(主要基于MERRA-2数据集),总计包含超过120000个时次的大气状态。这些数据记录了过去数十年间

全球范围内发生的各类典型环境气象事件,包括大规模火山爆发、超强沙尘暴以及跨洲际的野火烟尘输送过程。

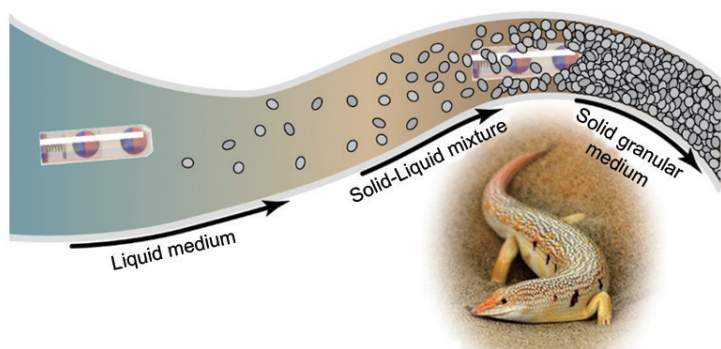
虽然模型的训练过程极其耗能——在8台NVIDIA L40 GPU上连续训练了10天——但其推理效率展示了AI预报的绝对优势。在业务运行阶段,AI-GAMFS在单张显卡(如L40)上仅需39~60 s即可生成一套完整的全球5天预报产品。相比之下,传统的物理模式在同分辨率下通常需要使用数百个计算节点的集群工作数小时。

目前,AI-GAMFS已完成从科研攻关到业务落地的全链条闭环,在中央气象台及陕西、宁夏等10余个省(自治区)气象部门实现落地应用。面对未来气候变化背景下可能出现的新型极端事件,AI模型如何保持物理一致性、避免“统计上合理但物理上失真”的结果,仍是后续发展的重点。

(综合:新华网、《Nature》、中国气象局、《科技日报》)

沙漠游龙传授微型机器人“真功夫”

微型机器人技术作为当代工程学、材料科学与生物医学的交叉前沿,正向着小型化、集成化与无绳化方向演进。然而,随着系统尺寸缩减至毫米乃至微米量级,研究人员面临着一个不可逾越的物理障碍——尺度效应(scaling effect)。尺度效应导致机器人的物理输出,如出力、力矩等,随尺寸减小呈指数级衰减。



RoboIMP 的工作示意

(图片来源:《Science Advances》)

长期以来,磁驱动(magnetic actuation)因其卓越的无线控制能力和非侵入式特性,被视为微型机器人最理想的能量传输方式之一。但传统的磁性微型机器人主要依赖静磁吸引力或磁扭矩产生运动,这类驱动力在面临高阻力多相介质(如固液混合物、固体颗粒介质)时显得捉襟见肘。

香港城市大学张甲晨团队与香港中文大学张立团队从大自然中寻找灵感,受到砂鱼蜥(*Scincusscincus*)在沙漠中“游弋”行为的启发,研发出一种名为 RoboIMP 的新型撞击驱动(impact-driven)无线微型机器人。在仅有毫米大小的身体里,RoboIMP 爆发出了高达 3 N 的撞击力——这相当于自身质量的 300 多倍,且其瞬时输出力比传统磁控微型机器人提升了数 10 倍。2026 年 2 月 27 日,相关研究成果发表于《Science Advances》。

砂鱼蜥能以惊人的速度在沙漠沙层下“游动”,本质上它并不是在挖掘,而是通过高频震荡身体,让周围的沙粒发生“流化(fluidization)”,从而降低了阻力。

RoboIMP 模仿这种生物机制,在行进中高频往复振荡:当

外部旋转磁场周期性作用时,磁体在吸引和排斥的状态间持续切换,磁势能与弹性势能通过循环累积与释放,最终转化为高速碰撞外壳的动能输出。此外,结合轴向旋转,RoboIMP 使周围的固液混合物或颗粒介质阻力瞬间降低了 13 倍。这种从“静态穿透”向“动态渗透”的范式转变,大幅降低了微型机器人的推进能耗。

(来源:《Science Advances》)

光照让分子量子比特“连线”

在量子信息科学的愿景中,构建可扩展、可控且具有高相干性的量子硬件是核心挑战。基于化学合成的分子量子比特凭借其底层组装的灵活性、原子级的结构重复性以及高度可调的自旋哈密顿量,正逐渐成为量子计算、传感和转导领域的新锐力量。

意大利佛罗伦萨大学 Roberta Sessoli 与美国西北大学 Michael R. Wasielewski 等合作团队,提出了一种全新的“光活化”逻辑,通过光脉冲在飞秒尺度内开启原本独立的分子量子比特间的相互作用,为构建超快、可控的分

子量子逻辑门开辟了新路径。2026 年 3 月 6 日,相关研究成果发表于《Journal of the American Chemical Society》。

实现量子纠缠的关键在于如何选择性地激活比特间的相互作用。目前大多数分子架构依赖于中心自旋之间微弱且永久存在的偶极耦合或超交换作用。然而,永久耦合会导致受控多体动力学的复杂化,阻碍量子门的精确实现。

科研界曾提出多种外部刺激方案(如氧化还原、自旋交叉转变为外部场),把“连接”和“断开”分开处理,但往往受限于切换动力学慢。光驱动机制由于其超快响应和非接触性,成为一种极具吸引力的替代方案。这次的工作首次在基于过渡金属(氧钒)的复杂三聚体系统中演示了这一概念。

该三聚体由 2 个氧钒卟啉单元和 1 个中央卟啉桥组成。在静息状态下,分子的 3 个部分互不打扰,量子比特可以独立稳定地存储信息。而一旦一道特定的激光闪过,分子中央的“发色团”桥梁会在不到一万亿分之一秒(亚皮秒)内转化为高能磁性状态,瞬间将两侧的量子比特“焊接”在一起,形成紧密的五重态耦合。

更值得关注的是,该体系中光激发产生的自旋极化信号在室温下仍可被探测到,说明这类分子体系在抗热扰动方面展现出一定潜力,也使其在量子传感、分子自旋电子学等方向更具吸引力。

(来源:《Journal of the American Chemical Society》)