



气象前沿资讯

Meteorological Frontier Newsletter

2026年第1期（总第4期）

上海市气象学会

2026年4月

编者语

科技赋能气象，智慧洞悉风云。本期《气象前沿资讯》聚焦上海及国内外气象科学与技术创新的最新进展，力求为读者呈现近期气象科技发展前沿动态。

“上海气象科技”集中展示了上海科研团队在热带气旋、卫星遥感、AI 应用及城市气象等领域的最新成果。复旦大学穆穆院士团队将变分-条件非线性最优扰动方法引入 FuXi 模型，开展基于 AI 模型的台风路径集合预报研究，不仅为 AI 模型中的不确定性量化提供了新思路，也为从 AI 模型中挖掘可预报性来源与物理机制提供了新的可能。上海台风研究所汤胜茗研究员等人通过整合风廓线雷达观测网络数据，对影响我国的台风展开深入分析，获取了 2 万多组对流层低层观测数据，填补了我国在台风低空风场大范围、连续观测数据方面的长期空白。上海台风研究所余晖研究员等人与上海师范大学合作，提出了一种基于分解式集成学习的热带气旋卫星云图短临预报模型，实现对热带气旋云图演变过程的多尺度分解预测。华东师范大学刘延安副教授开发了一套可实现卫星数据实时接收的气象卫星直播系统，可缩短数据延迟时间，为灾害管理、航空等关键应用领域提供了及时的信息支持。

“国际顶刊精选”围绕 AI 模型、数值预报、城市气象、台风、极端天气、低空经济、远洋导航等热点方向，从可解释 AI 框架在地球系统模拟中的应用，到全球首个气溶胶 AI 预报模型 AI-GAMFS，再到深度学习方法提升强降水预报精度，研究趋势正朝着物理模型与数据驱动协同发展的方向演进。

“国际研究动向”紧盯全球业务化进展与技术革新，跟踪 WMO、NOAA、ECMWF 等气象权威机构与英伟达、Tomorrow.io 等科技力量的最新布局，关注气象无人机、微型卫星雷达、量子增强灾害预警等前沿技术突破。

“权威机构报告”汇集 WMO、NOAA、中国气象局发布的最新报告。2025 年全球气温维持高位，极端事件频发；我国呈现暖湿特征，高温、降水、台风等关键指标刷新纪录。

本期内容呈现了上海及国内外气象科研与业务发展的最新动态，欢迎各位读者提出宝贵意见和建议。



您的建议
至关重要
感谢支持

目 录

CONTENTS

上海气象科技	1
1. 中国热带气旋降水空间不均匀性减弱	1
2. 从稀疏观测中重建热带气旋的三维结构	2
3. 机器学习方法重建精细尺度三维风场	3
4. 基于静止卫星红外云图的台风最大风速半径反演及数据集	4
5. 基于全国风廓线雷达网，系统“解码”台风低空风场结构	5
6. 基于 U-Net 深度学习的台风诱发降水识别方法	6
7. “大禹”云分析系统：基于静止卫星的高分辨云物理特性集合反演	7
8. “大禹”云分析系统：基于傅里叶神经算子方法的云物理属性短临预报	9
9. 利用分解式集成学习框架实现热带气旋卫星云图短临预报	10
10. 增长型初始扰动分布最优估计及其在台风路径集合预报中的应用	11
11. 流依赖与四维更新混合同化框架改善登陆台风分析及预报	12
12. 城市冠层和海陆差异对登陆台风边界层结构的协同影响机制	13
13. FuXi-Air 多模态大模型实现城市级空气质量高精度快速预报	14
14. 量化建筑与绿地形态在不同城市功能区对地表温度的非线性影响	15
15. 可实现卫星数据实时接收的气象卫星直播系统	16
国际顶刊精选	17
1. 基于无人机飞行动力学进行风场估算	17
2. Global-ABLWind：全球大气边界层风速廓线数据集	18
3. 用于地球系统模拟器的可解释 AI 框架	19
4. 深度学习提升短期强降水预报精度	20
5. 机器学习天气预报模型中的北半球中纬度气旋强度偏差	21
6. 全球首个气溶胶 AI 预报模型 AI-GAMFS	22

7. 基于航点序列模型预测控制的船舶气象航线研究	24
8. 城市天气发生器的夜间边界层高度：分析与动态模拟	25
9. 不同纬度的城市湿热风险由局地气候类型所决定	26
10. 复合干旱与高温事件的驱动因素	27
11. 新气候灾害指标揭示欧洲极端高温事件增加十倍	28
12. 东亚极端天气的数据驱动型预报：业务化应用的可行性	29
13. 多层网络视角应对多米诺式气候临界点风险	30
14. 气候变化背景下的极端事件与保险业	31
15. 气候变化经济成本的量化框架和气候模型	32
16. AI 在大气与海洋科学中的应用：进展、挑战与未来之路	33
17. 综述：气象无人机的技术发展与应用	34

国际研究动向..... 35

1. WMO 发布国家可再生能源图集编制技术指南	35
2. WWRP 牵头开展北半球冬季极端天气协同观测试验	35
3. 美国《天气法案》：AI 与新一代雷达助力 NOAA 现代化	36
4. NOAA 与 Exosens 合作开发大气廓线应用	37
5. NCAR 发布高分辨率地球系统模拟数据集	37
6. NCAR 新研究迈出空间天气预警第一步	38
7. NASA 研发 CloudCube 微型多频段雷达	38
8. 欧盟 EO4EU 项目：AI 解锁地球观测数据潜力	39
9. 欧洲“目的地地球”计划第三阶段启动	40
10. 英国气象局推出全新两周概率预报系统	41
11. 新加坡启动新计划以应对天气对航空业的影响	41
12. 英伟达推出 AI 天气预报 Earth-2 开源模型	42
13. 英伟达：从观测中学习精确的风暴尺度演变	43
14. 英伟达推出新一代加速计算平台 推动地球到太空的 AI 应用	44
15. Tomorrow.io 宣布推出 DeepSky：全球首个 AI 原生气象传感星座	44
16. Sinansys 公司验证量子增强极端天气智能技术	45
17. 小型卫星传感器有望变革天气预报	46

权威机构报告..... 47

1. WMO：《全球气候状况报告（2025）》	47
2. NOAA：《2025 年科学报告》	47
3. CMA：《中国气候公报（2025 年）》	48
4. CMA：《2025 年中国风能太阳能资源年景公报》	48

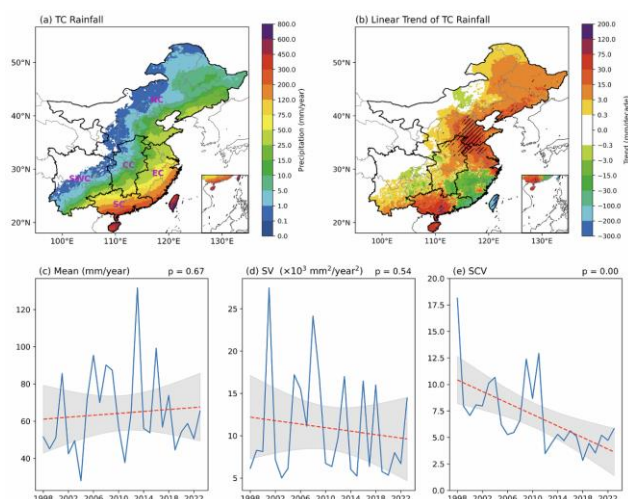
上海气象科技

1. 中国热带气旋降水空间不均匀性减弱

热带气旋降雨影响日益加剧，凸显了理解其空间分布区域差异的必要性。广东海洋大学与上海台风研究所黄昕博士开展合作，利用 1998—2023 年间的高分辨率卫星降水数据，分析了中国热带气旋降水空间不均匀性的变化特征。

结果显示，热带气旋降水的空间不均匀性显著下降约 65%，这表明历史上热带气旋降雨丰沛的地区降水量减少，而降雨稀少的地区雨量有所增加。从区域分布来看，这一下降主要受到华东地区区域因素调控，高降雨区与低降雨区之间的相反趋势显著缩小了空间差异。相比之下，华北地区的热带气旋降水显著增加，其区域内部不均匀性上升，但区域间不均匀性下降，两者在很大程度上相互抵消。其他区域的影响较小或不显著。华东和华北地区热带气旋降雨的这种空间重组，与近几十年来热带气旋活动向北迁移密切相关，其驱动因素包括登陆台湾和福建的台风减少，以及台风向华东和华北内陆的深入程度增加。

这些发现揭示了热带气旋降水模式的重构，并强调了热带气旋相关水文气候影响的区域性差异日益加剧，为中国灾害风险评估及区域气候适应策略提供了新的见解。



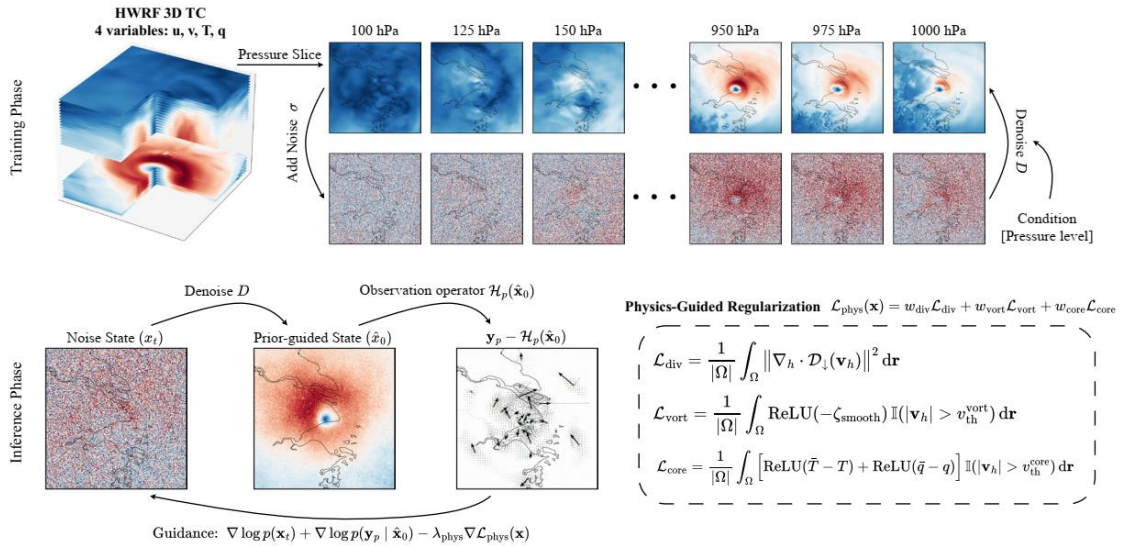
来源文献：Dong Huang, Shengyuan Liu, Xin Huang, et al. Decrease in the spatial inhomogeneity of tropical cyclone rainfall in China. *Environmental Research Letters* (JCR Q1), 2026, 21(2): 024006.

2. 从稀疏观测中重建热带气旋的三维结构

热带气旋的三维结构对于理解其增强过程以及评估相关风险至关重要。然而，观测数据仍然十分稀疏，尤其是完整的动力和热力学变量数据。下投式探空仪被视为能提供高质量垂直廓线的最佳现场观测手段之一，但其空间分布极为稀疏。

自然资源部第二海洋研究所、上海交通大学海洋学院杨劲松以及上海台风研究所牛泽毅博士等中外科研人员联合开展研究，在《Nature》子刊《*npj Climate and Atmospheric Science*》发表成果。研究构建了一个物理引导的生成式 AI 框架，能够从稀疏的下投式探空仪观测数据中重建完整的热带气旋三维场，包括风速、温度和湿度等参数。研究的核心方法是采用基于评分的扩散模型，先在全球气候模拟数据上进行预训练，随后针对高分辨率业务分析场进行微调，以学习热带气旋结构的先验知识。

通过将该生成式先验与基于评分的后验采样算法相结合，并施加散度、涡度以及热力学一致性等物理约束，研究获得了物理上一致的热带气旋三维重建结果。系统性观测系统模拟试验以及大量实际业务个例的结果表明，新方法能够重建完整的热带气旋三维动力和热力学结构，为从稀疏的现场观测数据中重建高维大气状态提供了一条数据的路径。



来源文献：Han X, Li X, Niu Z, et al. Physics-guided score-based diffusion for 3D reconstruction of tropical cyclones from sparse observations. *npj Climate and Atmospheric Science* (JCR Q1), 2026 . Doi: 10.1038/s41612-026-01413-9.

3. 机器学习方法重建精细尺度三维风场

复旦大学人工智能创新与产业研究院林晨森团队联合南京市气象局气象台等机构发表研究，创新性地将计算流体力学（CFD）与深度学习相结合，让 AI “理解”地形对风场的作用，实现了复杂地形区域高分辨率三维风场的秒级重建。

现有天气预报模型的分辨率多在公里级，难以捕捉地形对风场的“微观改造”，坡面加速、山谷绕流、流动分离等现象，恰恰发生在数十米至数百米的尺度上。传统 CFD 模拟虽能刻画这些细节，但单次数小时的计算耗时，让其与实时预测无缘。“这就像试图在一张模糊的地图上辨认街道的细节。”如何突破“公里级”瓶颈，在精度与效率之间找到平衡，一直是微气象与风工程领域的核心难题。

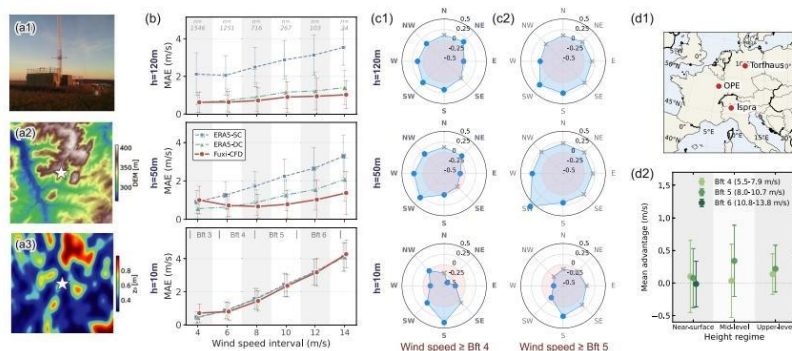
面对这一挑战，研究团队开发了 FuXi-CFD 模型。其核心思路是：让高分辨率风场数据成为 AI 的“物理老师”。团队开展大规模 CFD 模拟，构建高质量的训练数据集，使 AI 模型能够学习大尺度风场与复杂地形共同作用下的气流响应规律——这不仅是数据拟合，更是对物理一致性的理解。经过训练的 FuXi-CFD，不仅能精准预测水平风速，还能推断垂直风速及湍流等关键物理量，完整重建三维风场结构。效率的提升堪称颠覆：传统 CFD 数小时的计算，被压缩至秒级完成。为验证模型的“真功夫”，团队在多个独立复杂地形区域开展测试，并将预测结果与实测风塔数据对比。结果显示，FuXi-CFD 在不同地形、不同高度条件下均展现出优异的

跨区域泛化能力。

这项成果的落地想象空间广阔。在风能领域，精细三维风场可助力更精准

的风机选址与发电量评估；在低空经济中，可为无人机、飞行汽车提供局地风场“导航”，提升飞行安全；在应急场景下，也能为山地火灾蔓延模拟、污染物扩散分析等提供关键输入。

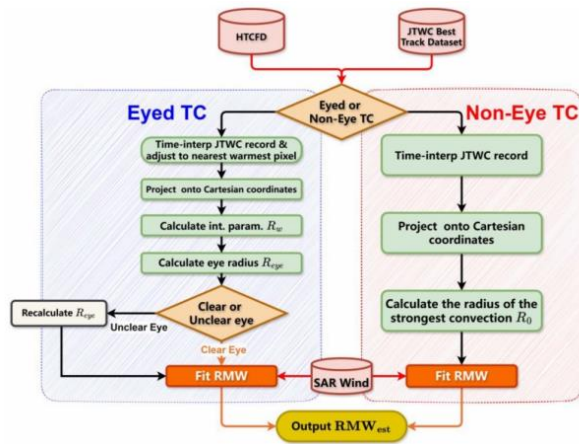
来源文献：Lin, C., Tie, R., Yi, S. et al. Reconstructing fine-scale 3D wind fields with terrain-informed machine learning. *Nature Communications* (JCR Q1), 2026, 17: 3713.



4. 基于静止卫星红外云图的台风最大风速半径反演及数据集

近期，南京气象科技创新研究院和上海台风研究所余晖研究员合作，提出了一种利用静止卫星红外云图反演台风最大风速半径（RMW）的新方法，并对外公布了 30 分钟高频次、高精度的 RMW 数据集。

团队聚焦 2016—2024 年西北太平洋地区的台风，以合成孔径雷达（SAR）风场产品作为真实值进行质量控制，筛选出 110 个有眼和 121 个无眼台风样本。算法采用分类反演策略，有眼台风细分为清晰眼和非清晰眼：清晰眼直接提取眼区半径；非清晰眼引入迭代优化机制，动态调整等温线阈值计算眼区半径。无眼台风则引入“最强对流半径（R0）”作为代理变量，设置自适应环宽和双重阈值约束，智能识别内核区对流特征，实现 RMW 稳健反演。



团队测试了算法在国产风云四号（FY-4）卫星上的泛化能力。相比日本 Himawari-8/9，FY-4A/B 存在星下点经度偏西、分辨率略粗等不足，个别样本反演差异较大，但整体精度相差不大，说明算法无跨平台兼容性问题。预计 2025 年底发射的 FY-4C 性能已超过 Himawari-8/9，未来可完全依赖国产卫星实时监测台风内核结构。

针对业务中台风中心定位不确定性的影响，团队分析了 SAR 风场中心、联合台风预警中心（JTWC）最佳路径、CMA 最佳路径及 CMA BABJ 实时预报定位数据。结果表明，最佳路径资料可获得较高精度；而基于 CMA BABJ 实时定位的反演结果虽精度略低，但算法对实时定位误差保持稳健，仍能获得可信的 RMW 估计值。该特性表明算法对一线业务场景适用性强，极具推广价值。

来源文献：Chen, T., Zhuge, X., Yu, H., et al. Retrieving Tropical Cyclone Radius of Maximum Wind From Geostationary Satellite Infrared Imagery With SAR Observations as Ground Truth. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* (JCR Q1), 2026, 19:11411-11426.

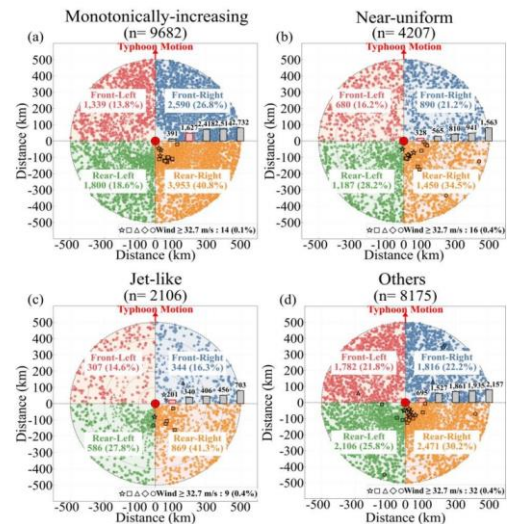
5. 基于全国风廓线雷达网，系统“解码”台风低空风场结构

近日，上海台风研究所汤胜茗研究员、李玉辉博士、余晖研究员在《Nature》子刊《*npj Climate and Atmospheric Science*》发表重要研究成果，系统揭示数千米高空台风风场的时空演变特征。该研究首次整合我国 186 部风廓线雷达组成的观测网络，针对 2020—2024 年间影响我国的 45 个台风展开深入分析，获取了 24170 组直达 2 km 高空的对流层低层观测数据，填补了我国在台风低空风场大范围、连续观测数据方面的长期空白。相关成果不仅为低空空域安全运行提供关键支撑，也可作为工程抗风设计、风电场选址及台风灾害风险评估提供科学参考。

研究结果表明，台风低空平均风廓线呈现出显著的多样性，主要可归纳为四类形态：单调递增型、近均匀型、急流型及其他型。从统计占比来看，单调递增型最为普遍，占比高达 40.06%；近均匀型与急流型次之，分别占 17.41%和 8.71%；剩余的 33.82%则归为其他复杂形态。

空间分布特征显示，四类风廓线形态在径向距离和方位上表现出显著差异：单调递增型在距台风中心 100~200km 的外围区密度最高，近均匀型与急流型则集中于 100 km 以内的内核区；所有类型均在台风移动方向的右后象限出现频率最高，左前象限最低。进一步分析表明，单调递增型与急流型多见于“风速高、尺度小”的较强台风，而近均匀型更多对应“风速低、尺度大”的较弱台风。此外，极端大风（100 m 风速 $\geq 32.7\text{m/s}$ ）主要出现于台风中心右后侧 200 km 以内的近海岸带，广东沿海记录最为突出。基于对常用风廓线模型的拟合效果评估，本研究发现对于单调递增型风廓线，幂指数律与对数律均表现出较高的拟合精度（ $R^2 > 0.68$ ）；对于近均匀型风廓线，尽管现有模型整体拟合效果一般，但幂指数律仍略优于对数律；而在急流型风廓线中，Vickery 模型则全面优于 Snaiki-Wu 模型。这一结果证实在复杂的台风天气条件下，并不存在单一通用的风廓线模型。

来源文献：Tang S, Li Y, Yu H. A nationwide radar network reveals typhoon wind profile characteristics in the lower troposphere over China. *npj Climate and Atmospheric Science* (JCR Q1), 2026. Doi: 10.1038/s41612-026-01404-w.



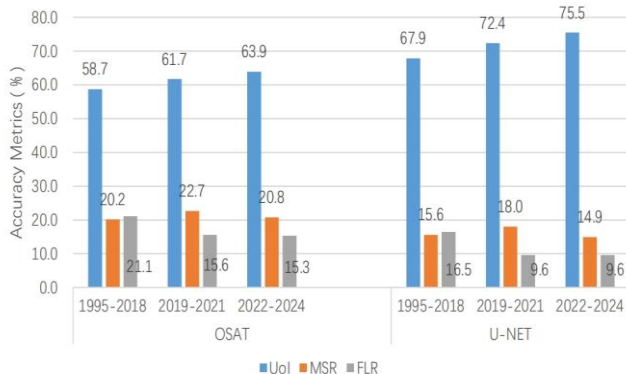
6. 基于 U-Net 深度学习的台风诱发降水识别方法

近日，上海台风研究所万日金副研究员团队发表成果，首次将 U-Net 卷积神经网络系统应用于台风降水分离，提出 OUNT(Objective U-Net-based Technique) 方法。该方法无需固定参数，可端到端自动输出，在独立测试期识别精度 (IoU，重合率) 达 75.5%，较传统客观天气图分析法(OSAT)提升 11.6 个百分点。

研究以 2023 年超强台风“杜苏芮”为例，OSAT 以台风中心画同心圆来圈定降水，而 OUNT 成功识别出了这条“S”形雨带，表现远优于传统方法。OUNT 三大核心技术：多源输入融合；动态降水掩膜；最优输入组合。

研究对比了训练期、验证期和独立测试期的模型识别精度。独立测试期 OUNT 的 IoU 比 OSAT 高出 11.6 个百分点，误报率和漏报率都有明显下降。这表明深度学习模型能从位势高度和台风路径中自动提取有效的降水判别特征。值得注意的是，两个方法的精度时变趋势一致：IoU 随时间升高，早期误报率高于漏报率，后期漏报率反超——作者认为这并非模型退步，而是反映了专家标注数据质量的改进——早期专家偏保守，只将非常确定的台风降水标为正例，导致模型易“误报”；后期采用集体会商，标注更全面，模型更多出现“漏报”。在 2022 年台风“轩岚诺”案例中，OUNT 识别出两个被专家原本忽略的台风降水格点（位于长江口附近），事后天气图分析证实其正确性。这说明 OUNT 具备辅助人工质检的能力。日累积降水标签丢失了不同时段、不同系统贡献的细节。热带风暴“马力斯”案例显示：前半天受切变线影响，后半天受台风影响，模型因学习到“环流需全天持续耦合”的隐式规则而漏报。未来需要 3 小时甚至 1 小时高时频数据集。该方法将辅助《热带气旋年鉴》业务编制，推动台风降水分析从“经验驱动”迈向“数据与专家知识协同驱动”的新阶段。

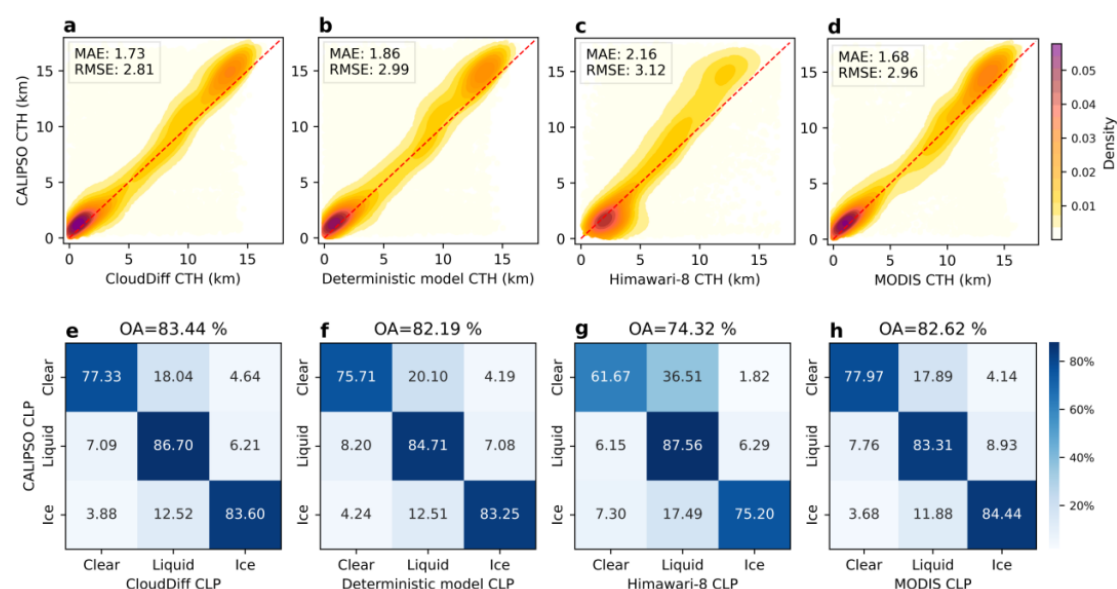
来源文献：Wan R, Chen C, Bai L, et al. A High-Accuracy U-Net Deep Learning Method for Identifying typhoon-induced precipitation. *Artificial Intelligence for the Earth Systems*, 2026, e250079.



7. “大禹”云分析系统：基于静止卫星的高分辨云物理特性集合反演

云在地球水循环和能量循环中发挥着关键作用，准确表征云的物理特性，对提升数值模拟能力和天气预报水平具有重要意义。机器学习方法已被广泛应用于云物理特性反演，但现有大多数方法为确定性反演，难以量化结果背后的不确定性。近年来，生成式机器学习在自然语言处理、图像生成等领域取得了突破性进展；特别是在天气预报领域，该类算法通过实现集合预报成功量化了预测不确定性，这为云遥感反演技术的发展提供了新的契机。

近期，复旦大学大气与海洋系张峰教授及其合作者提出了一种基于生成扩散模型的云物理特性反演新方法—CloudDiff。该方法基于生成扩散模型，利用 Himawari-8 先进成像仪的热红外亮温通道信息，实现了 1 km、10 分钟高时空分辨率的全天时云参数反演。与现有的确定性反演方法不同，CloudDiff 能够从潜在概率分布中生成多个可能样本，从而提供多种合理的反演结果。这一特性不仅实现了对反演结果不确定性的有效量化，也使得模型在处理台风等复杂极端天气时具有好的鲁棒性与可信度。通过对比实验发现，随着生成样本数量的增加，反演误差呈现显著下降趋势。当样本数达到 30 个时，集合平均结果的反演误差趋于稳定：云光学厚度（COT）、云粒子有效半径（CER）及云顶高度（CTH）的均方根误差分别为 12.43、8.83 μm 和 2.32 km，云相态（CLP）的总体识别准确率达到 85%。相较于确定性模型，CloudDiff 的集合平均结果在各项统计指标上均表现出优势。结果表明，基于生成式人工智能的集合平均策略能够有效提升遥感反演精度。



与 CALIPSO 卫星激光雷达云产品相比, CloudDiff 的云顶高度反演结果与 CALIPSO 云产品具有较好一致性, 平均误差为 1.73 km, 均方根误差 (RMSE) 为 2.81 km; 在云相态识别中, 模型能够较好地地区分晴空、液态云与冰云类别, 显示出该算法在精细化云物理特性反演方面的优势。

为了验证模型在极端天气条件下的应用潜力, CloudDiff 被应用于 2021 年台风“烟花”(In-Fa) 过程来进行分析。在台风发展的旺盛阶段, CloudDiff 生成的 1 km 分辨率云属性场不仅有效重建了台风眼及眼墙区域的精细结构, 不同生成样本均能较为完整地表征台风形态特征, 并保持清晰的纹理细节。此外, CloudDiff 还可利用集合样本标准差定量表征反演参数的空间不确定性分布, 为极端天气系统的监测与预报提供了新的视角。

该方法已成功拓展至全天时多层云微物理特性反演, 课题组进一步研发了 Overlap-CloudDiff 模型。评估结果表明, 与主动遥感观测相比, 该模型对上层冰云和下层水云 COT 反演的 RMSE 分别为 2.78 和 11.76, 均优于 XGB-IR 模型(2.79 和 12.83)。值得注意的是, 扩散模型显著改善了光学厚云反演不敏感的问题: 相较于 XGB-IR 模型较低的回归斜率 (Slope: 0.11) 及其在厚云区的性能饱和, 扩散模型的 Slope 达到 0.28, 有效提高了热红外通道对光学厚度较大的 ($COT > 10$) 云的反演能力, 云有效粒子半径的反演结果也展现出类似的结论。综上, 扩散模型在多层云反演中表现较好, 有效提升了热红外通道对下层水云的反演能力。目前, CloudDiff 模型和 Overlap-CloudDiff 模型均已经集成于“大禹”云分析系统 (DaYu-CLAS)。

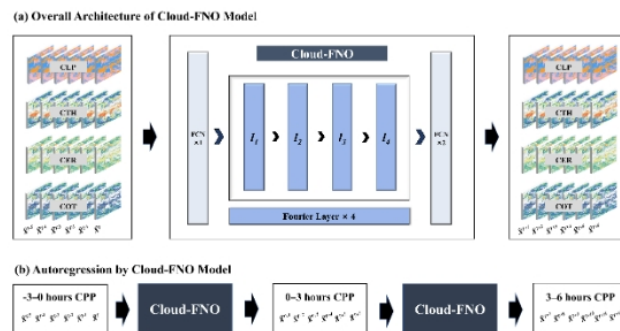
该方法具有良好的可扩展性, 未来可推广至其他静止气象卫星平台, 并为解决对流系统临近预报、台风监测预报以及基于集合平均的云数据同化等涉及复杂不确定性的科学难题, 提供了新的解决路径。

来源文献: Xiao Haixia, Zhang Feng, Wang Lingxiao, et al. High-resolution ensemble retrieval of cloud properties for all-day based on geostationary satellite. *npj Climate and Atmospheric Science* (JCR Q1), 2025, 8: 386.

Li Jingwei, Pan Baoxiang, Zhang Feng, et al. Probabilistic Retrieval of All-Day Overlapping Cloud Microphysical Properties. *Advances in Atmospheric Sciences* (JCR Q1), 2026, 43(6): 1256-1269.

8. “大禹”云分析系统：基于傅里叶神经算子方法的云物理属性短临预报

数值天气预报模式对云物理属性的预报存在较大的不确定性；而传统统计方法难以捕捉云系复杂的非线性变化，现有基于人工智能技术的云预报模型，也多聚焦于云量变化，缺乏对于云物理属性动态演变的关注。为此，复旦大学大气与海洋科学系张峰教授及其合作者将傅里叶神经算子（FNO）方法应用于云物理属性短期预报领域，依托自主研发的 Himawari-8 静止卫星 AHI 成像仪全天时云产品资料，构建出适用于云物理属性短期临近预报的 Cloud-FNO 模型。该模型进一步集成至团队研发的“大禹”云分析系统（DaYu-CLAS）中，为该系统增添的云物理属性短临预报能力。



该模型融合了深度学习的非线性拟合能力与傅里叶变换的频域分析优势，通过多任务学习框架与自回归策略，实现了 6 小时内逐 30 分钟、5 km 空间分辨率的云相态（CLP）、云顶高度（CTH）、云粒子有效半径（CER）和云光学厚度（COT）短临预报。独立测试集的评估结果显示，Cloud-FNO 模型的预报结果在其 6 小时内预报的 CLP 平均识别准确率超过 74%，CTH、CER 和 COT 平均均方根误差分别为 2.28km、6.52 μm 和 9.01，展现出优异且稳定的预报能力。此外，以极轨卫星 MODIS 官方产品为基准的对比测试结果进一步证实，Cloud-FNO 模型 6 小时内的预报精度显著优于当前先进的视频预测（Cloud-SimVP）模型的云预报结果，说明其具备可靠的短临预报性能。

在 2017 年 3 月 22 日的强对流天气过程中，该模型 6 小时的 CLP 平均识别准确率仍可达 76%，CTH、CER 和 COT 平均均方根误差为 2.15 km、6.18 μm 、9.25，各项预报指标与测试集的结果相当，且能够精准捕捉赤道（10°S 附近）和中高纬度（40°N 和 40°S 附近）等地区冰云、10 km 以上高云以及厚云等云团的快速移动和云物理属性变化特征，有效应对极端天气下云系快速演变的预报挑战。

来源文献：Zhang F, Hong X, Zhao Z, et al. Short - Term Forecasting of Cloud Physical Properties Based on Fourier Neural Operator Method. *Geophysical Research Letters* (JCR Q1), 2026, 53(8): e2025GL119553.

9. 利用分解式集成学习框架实现热带气旋卫星云图短临预报

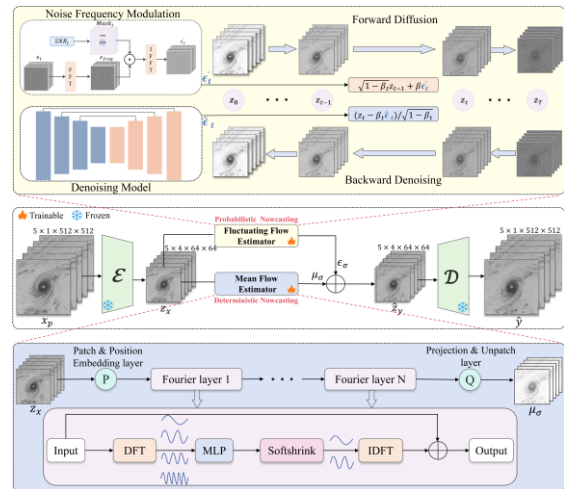
近期,上海台风研究所余晖研究员等人与上海师范大学合作提出了一种基于分解式集成学习的热带气旋卫星云图短临预报模型 TCSat-Diff。模型首先利用变分自编码器(VAE)将历史热带气旋卫星云图序列压缩为高信息密度的潜空间表征,并将其未来演变过程视作确定性较强的大尺度平均趋势与随机性更强的小尺度扰动的叠加。其中,大尺度演变趋势由均方差损失训练的自适应傅里叶神经算子(AFNO)预测,小尺度随机扰动由条件潜空间扩散模型(CLDM)建模。两者相互协同、优势互补,实现对热带气旋云图演变过程的多尺度分解预测。

为了提升模型的表征能力,研究团队在 CLDM 中引入了两项关键创新。其一,针对标准高斯噪声频谱的均匀分布与模型去噪过程中频谱偏好之间的错配问题,提出了信噪比引导的噪声频率调制模块。该模块根据不同去噪阶段的信噪比水平,动态调控噪声在频谱域的能量分配,从而引导模型沿先整体轮廓、后局地细节的路径实现渐进式重建。其二,引入时频响应模块,与上述噪声频率调制模块形成协同机制。该模块在去噪过程中随阶段变化自适应地重分配特征的频域能量,以响应目标噪声的频域能量分布变化并提升重建质量。

基于西北太平洋区域 1099 个热带气旋的 5 小时短临预报实验结果表明, TCSat-Diff 在统计精度与结构细节刻画两方面均表现出色,且能稳定捕获结构复杂且快速演变个例的关键云系特征。与多种深度学习基线模型相比, TCSat-Diff 的预测整体偏差显著降低,

证明其出色的预报能力。在区域泛化能力测试中, TCSat-Diff 在南太平洋 480 个热带气旋个例上仍保持较高的预测精度与细节保真度,体现出良好的跨区域泛化能力,表明该框架具备面向全球业务应用的可迁移性与推广潜力。

来源文献: Huang, S., Yu, H., Zhao, Q., et al. Decomposed Nowcasting of Tropical Cyclone Satellite Cloud Imagery via Deterministic-Probabilistic Ensemble Learning. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* (JCR Q1), 2026, 64: 1-15.



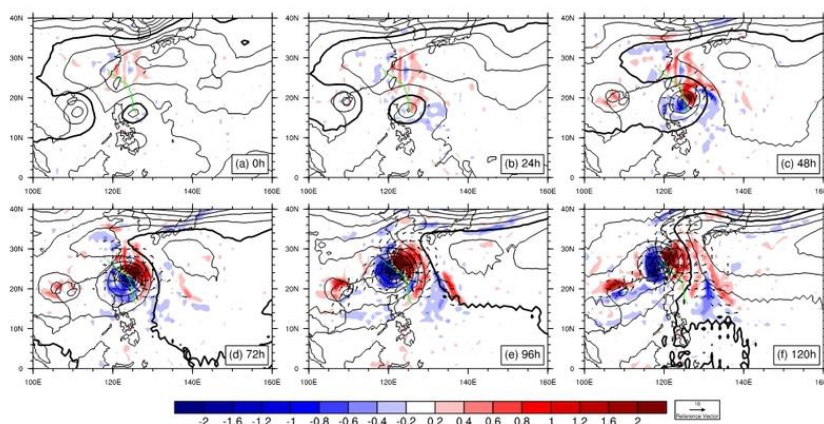
10. 增长型初始扰动分布最优估计及其在台风路径集合预报中的应用

集合预报是实现天气与气候概率预报的重要手段。相较于动力集合预报，当前多数 AI 集合预报方法更侧重于直接学习未来状态的概率分布，而对初始误差如何增长并影响预报结果这一关键问题关注不足。

复旦大学大气与海洋科学系穆穆院士团队将变分-条件非线性最优扰动 (VI-CNOP) 方法引入 FuXi 模型中，围绕 2024 年西北太平洋多个高影响台风个例，开展 AI 模型中的台风路径集合预报研究。该方法通过求解一个带有物理约束的非线性优化问题，估计给定初始场的“增长型初始误差”最优分布，从而构造更具代表性的集合成员，用于刻画台风路径预报中的不确定性。与随机扰动、柏林噪声、奇异向量和非线性奇异向量等方法的对比结果表明，基于 VI-CNOP 构造的集合成员能够在 FuXi 模型中获得更合理的离散度，集合平均路径也整体优于控制预报和其他初始扰动方法，说明在 AI 模型中引入具有物理结构的初始扰动，能够有效提升台风路径集合预报技巧。

除统计技巧提升外，该研究还揭示了 AI 模型中初始扰动演变的物理机制。

以台风“格美”为例，VI-CNOP 方法生成的最优初始扰动可对应两类显著不同的路径偏移：一类使台风路径偏北，另一类使其偏南。进一步诊断表



明，这些初始扰动在演变过程中会激发明显的温度异常、风场异常以及位涡异常，并影响西太平洋副热带高压的强度和空间范围，进而调制台风路径的不确定性。

研究不仅为 AI 模型中的不确定性量化提供了新的思路，也为从 AI 模型中挖掘可预报性来源与物理机制提供了新的可能。未来，该研究思路还有望推广到更多天气气候现象中，用于识别关键初始误差结构，并进一步服务于目标观测、资料同化和智能集合预报系统的构建。

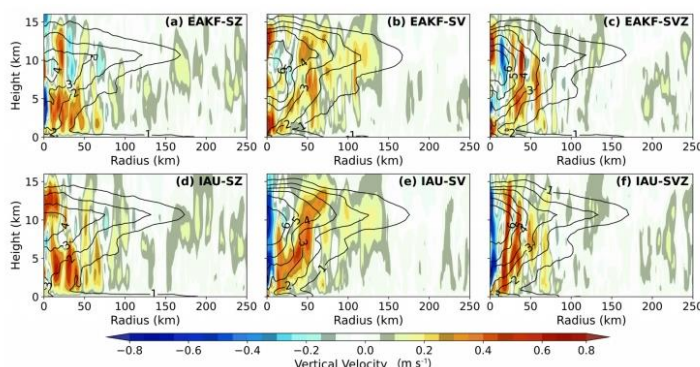
来源文献：Qin B, Dai G, Mu M, et al. Physics-informed ensemble forecasts in data-driven models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* (JCR Q2), 2026 (Early Online).

11.流依赖与四维更新混合同化框架改善登陆台风分析及预报

台风登陆阶段，多源观测资料同化能够显著改善台风内核结构分析和短时预报效果，但传统“间歇式”分析更新往往会在分析时刻引入动力失衡，激发初始化震荡，削弱后续预报稳定性。上海台风研究所黄伟研究员团队以 2024 年登陆上海的台风“贝碧嘉”为例，系统评估了集合调整卡尔曼滤波（EAKF）与四维增量分析更新相结合的混合同化框架（EAKF-IAU）在多源资料同化中的应用效果。结果表明，混合同化框架通过在同化时间窗内连续、渐进地施加分析增量，能够有效抑制虚假高频振荡，改善台风内核热动力结构，并提升路径、强度及强降水的短时预报能力。

与传统 EAKF 相比，EAKF-IAU 混合同化框架在保持观测信息的吸收效率同时，更有利于维持集合系统的合理离散度，减缓高频同化导致的集合快速收敛，从而提升后续分析和预报的稳定性。更重要的是，混合同化框架显著减弱了分析时刻附近的高频振荡，其噪声幅度较 EAKF 降低一个数量级，表明其能够有效抑制间歇式更新引发的冲击式调整和不平衡噪声。

EAKF-IAU 混合同化框架更有利于恢复并维持台风内核的协调物理结构。该框架能够促进眼区形成更清晰的下沉气流柱，增强眼墙与眼区之间的次级环流，并提高暖心结构的强度及其垂直一致性。在低层，混合同化框架还使水汽核心分布更加紧凑、轴对称性更强，海平面气压场与湿核中心的空间配置更加协调。这表明，该框架不仅改善了单个气象要素的分析结果，也提升了动力场、热力场和水汽场之间的整体一致性，使分析场更接近真实登陆台风的内核结构特征。这项研究表明，对于快速演变的登陆台风过程，预报改进并不单纯取决于同化观测信息的多少，更关键在于能否以协调且物理一致的方式，将观测约束有效融入模式初始场及后续演变过程。



来源文献：Huo, Z. Y., W. Huang, G. J. Ye, et al. Radar Data Assimilation with EnKF-IAU: Impacts on dynamical structure and short-term prediction of landfalling Typhoon Bebinca (2024). *Advances in Atmospheric Sciences* (JCR Q1), 2026, 43(6):1226-1242.

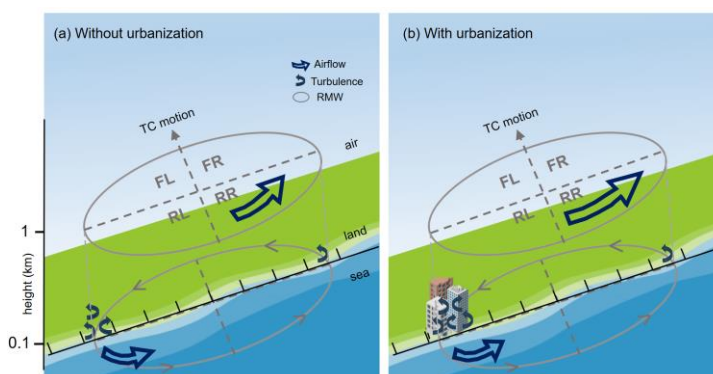
12.城市冠层和海陆差异对登陆台风边界层结构的协同影响机制

近日，上海台风研究所敖翔宇高工和余晖研究员与亚太台风研究中心、清华大学等单位开展合作，利用高分辨率中尺度模式耦合多层城市冠层模型，结合最新全球城市形态数据集（GloUCP），以2019年登陆我国长三角地区的“利奇马”台风为典型个例，揭示了城市群与海陆差异对登陆台风边界层结构的协同影响机制。研究证实，城市建筑形态对近地面风速具有显著的调控作用。观测与模拟均显示，近地面风速与建筑表面积比呈显著负相关，而与平均建筑高度的相关性较弱。这一发现为城市冠层模式拖曳效应参数化提供了重要的定量依据。

城市化虽不改变台风的整体涡旋结构，但略微加速登陆后台风的强度衰减。相较于无城市情景，长三角城市群的存在使台风近地面最大风速略有降低，最低海平面气压小幅升高，同时使台风最大风速半径拓宽10-15公里，改变了台风风场的空间分布格局。

城市化虽不改变台风的整体涡旋结构，但略微加速登陆后台风的强度衰减。相较于无城市情景，长三角城市群的存在使台风近地面最大风速略有降低，最低海平面气压小幅升高，同时使台风最大风速半径拓宽10~15 km，改变了台风风场的空间分布格局。

研究还量化了城市化对台风边界层湍流特征的影响。在台风登陆过程中，城市区域的湍流动能比非城市区域高出约3倍，边界层加深约50%。该研究突破以往研究大多采用理想化城市模拟的局限，基于真实城市群的精细建筑形态数据，量化了城市冠层与登陆台风的多尺度相互作用，为理解沿海城市区域的台风风灾形成机制提供了新的视角，为沿海城市防灾减灾与城市冠层模式改进提供了重要科学支撑。

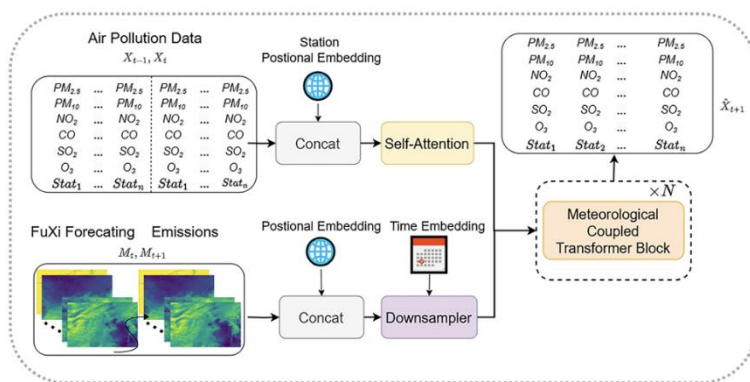


来源文献：Ao, X., R. F. Rogers, H.-C. Liu, et al. Effects of urban canopy on kinematic and boundary layer structures of the landfalling Typhoon Lekima (2019). *Urban Climate* (JCR Q1), 2026, 66: 102859.

13.FuXi-Air 多模态大模型实现城市级空气质量高精度快速预报

准确的空气质量预报对公众健康保护与污染减排策略至关重要。然而，传统基于物理化学方程的数值模式面临计算成本高、运行缓慢的挑战，且模型对气象前置条件的误差极为敏感，缺乏动态同化实时观测数据的能力，难以在快速变化的城市环境中实现高效的实时响应。为突破这一瓶颈，复旦大学环境科学与工程系张艳教授团队联合上海科学智能研究院、上海市环境监测中心等联合开展研究，构建了气象-排放-污染物深度耦合的多模态空气质量预报大模型—FuXi-Air，可与伏羲气象大模型无缝联接，快速实现空气污染预报预警。

模型基于 Transformer 核心架构，利用自注意力机制提取不同监测站点间的空间依赖关系，并通过交叉注意力机制，将高分辨率的气象预报数据、排放清单与站点观测数据进行动态融合。这一设计有效模拟了气象条件对污染物传输和污染源的综合影响，提升了模型表征复杂污染过程的能力。



在北京、上海和深圳三个特大城市的验证中，FuXi-Air 能够在 25~30s 内完成多站点、六种主要空气污染物（O₃、NO₂、PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、CO）未来 72 小时、小时级分辨率的预测计算。预测结果表明，模型误差保持在较低水平，其中 O₃ 预报性能最佳，其最佳预测性能（MRE）稳定在 31.27%~34.12%之间。同时，模型展现出捕捉城市异质性污染特征的能力，例如在受局地排放主导的城市，其 PM_{2.5} 平均均方根误差（RMSE）仅为 9.68 μg/m³，较受区域传输影响显著的城市降幅达 64.5%。

研究指出，通过系统的消融实验证实，多源数据的有效融合是提升预报精度的关键。模式性能也在北京和深圳进行了模拟验证，模型能够较好地捕捉上海、北京和深圳不同城市的污染形成机制差异，展现出良好的泛化能力。

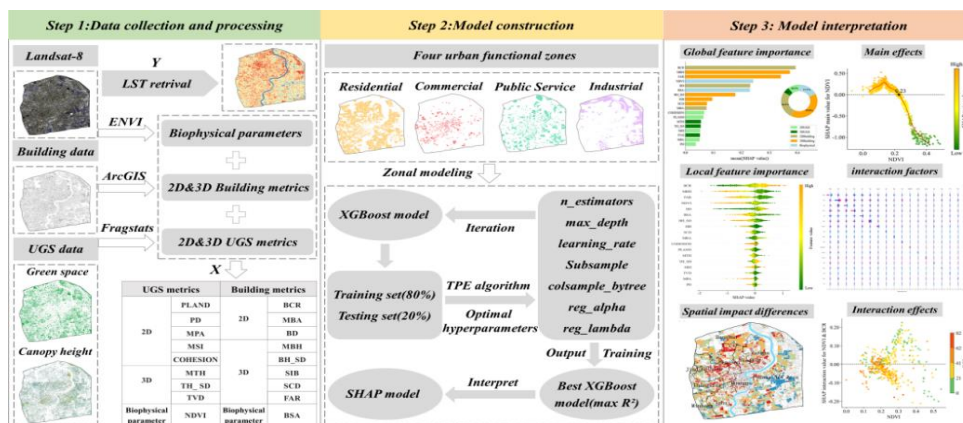
来源文献: Geng Z, Fan X, Lu X, et al. FuXi-Air: air quality forecasting based on emission-meteorology-pollutant multimodal machine learning. *npj Clean Air* (CAS Q1), 2026, 2: 21.

14. 量化建筑与绿地形态在不同城市功能区对地表温度的非线性影响

全球变暖和快速城市化加剧了城市热环境的恶化及其负面效应。城市空间格局作为调节热环境的重要抓手，其与地表温度的关系已成为学术界关注的热点。尽管已有诸多探讨，但从城市功能区视角出发，定量揭示建筑与绿地二维/三维形态对地表温度的综合效应及非线性交互作用的研究仍较为缺乏。

为此，上海师范大学环境与地理科学学院周锐副教授团队以上海市为例，融合多源地理空间数据，运用可解释机器学习方法，系统剖析了不同功能区中建筑与绿地形态对地表温度的影响机制与交互效应，研究结果旨在为改善城市热环境的建筑和绿地格局优化与规划设计提供科学依据和决策支持。研究重点回答以下三个科学问题：（1）不同城市功能区的地表温度是否存在系统性差异？（2）哪些建筑和绿地形态指标是影响各功能区地表温度的主导因素？（3）这些因素是否存在显著的非线性阈值和交互效应？

研究主要发现如下：（1）地表温度表现出明显的功能区差异。生物物理参数和建筑形态对地表温度的影响占比较大，主导因素在不同功能区中既有显著差异，也存在一定共性规律。（2）在不同城市功能区内，主导因素对地表温度的影响呈现明显的空间异质性和阈值效应。建筑覆盖率和归一化植被指数分别是最主要的增温和降温因子。（3）建筑和绿地形态指标对不同功能区地表温度的影响存在明显的交互作用。



来源文献: Haiyan Luo, Rui Zhou, Chunlin Li, et al. Quantifying the nonlinear interactions of 2D/3D building and green space morphology on land surface temperature across different urban functional zones. *Sustainable Cities and Society* (JCR Q1), 2026, 138: 107175.

15. 可实现卫星数据实时接收的气象卫星直播系统

近期，华东师范大学地理科学学院刘延安副教授与合作者，展示了一套可实现卫星数据实时接收的气象卫星直播系统。传统的卫星数据收集依赖于集中式地面站网络，通过区域数据处理中心对观测数据进行下行传输与中继转发。而直播（DB）系统能够直接接收卫星数据，由此缩短数据延迟时间，为灾害管理、农业、航空等关键应用领域提供及时有效的信息支持。

通过应用社区卫星处理软件包（CSPP），DB 系统的效率得到了进一步提升。CSPP 采用模块化设计，能支持包括风暴追踪、环境变化评估在内的多种应用场景。研究人员指出，直播系统与社区化处理工具的结合，能够帮



助地方主管部门与研究人员更快地做出基于数据的决策。这种技术整合，可确保在气象与环境条件瞬息万变的情况下，进一步提升备灾能力与应急响应效率。

研究探讨了 NOAA 联合极轨卫星系统（JPSS）与 EUMETSAT 极轨气象卫星系列（MetOp）的应用方式，并重点阐述了它们在区域气象与环境监测方面作出的贡献。研究论证了将上述卫星资产与 DB 系统技术、NOAA CSPP 相结合，并辅以持续的运作与相关教育培训工作，能够为气象预报和环境监测工作提供有力支撑。研究还重点介绍了这套技术体系在大上海地区的特色区域应用案例，展现了这一端到端基础设施如何助力社会与商业领域，应对极端天气与环境变化带来的长期影响。

研究人员指出，上述各项技术组件协同配合，构成了一套无缝衔接的端到端实时地球观测框架，可为提升社会抗风险能力、保护生态环境，以及应对日趋复杂的气象与气候挑战的备灾工作，提供有力支撑。

来源文献：Liu Yanan, Hung-Lung Huang. Low-Earth-Orbiting Meteorological Satellite Direct Broadcast System with Regional Real-Time Operation and Low-Latency Application. *Bulletin of the American Meteorological Society* (JCR Q1), 2025, 106(9): E1823- E1833.

国际顶刊精选

1. 基于无人机飞行动力学进行风场估算

精确的风场观测对大气和环境科学至关重要，但在保持设备灵活性的同时实现高时空分辨率的观测仍面临挑战。南方科技大学的最新研究，开发并验证了一种基于无人机飞行动力学来估算水平风速与风向的方法，并通过可控风墙实验，建立了无人机姿态（如横滚角、俯仰角和偏航角）与风速之间的关系。

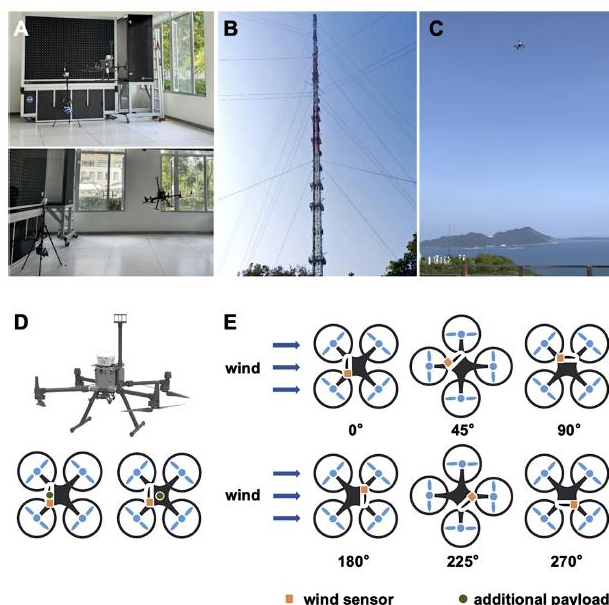
由于所部署无人机的内置飞行控制系统和非对称机身结构，这种关系会随着相对风向（相对于无人机朝向）和载荷配置的不同而发生显著变化，研究指出，在实际应用中需要针对无人机平台进行校准。

研究将这种基于姿态的方法与经过校准的机载超声波风速仪的测量结果进行了比较。基于传感器的方法在悬停和低速垂直飞行时具有较好的精度，但在较高垂直速度（ $>2\text{ m/s}$ ）下，由于旋翼引起的气流干扰，其性能会下降。相比之下，基于姿态的方法在所有飞行状态下均保持了稳健的精度。研究团队进一步构建了融合

姿态数据、飞行动力学参数与环境变量的森林机器学习模型，以提供高精度的风场估算结果。与气象塔观测数据进行对比，验证了该机器学习方法的可靠性。

研究提出的无需额外传感器、计算高效的高分辨率风场数据获取框架，通过解决影响估算精度的关键性、平台特定因素，新方法增强了无人机环境监测、大气研究以及在新兴低空经济中安全评估方面的应用潜力。

来源文献：Chen D, Su W, Jiang S, et al. Wind estimation based on flight dynamics of unmanned aerial vehicle: influencing variables and its environmental application. *Atmospheric Chemistry and Physics* (JCR Q1), 2026, 26(5): 3607-3620.

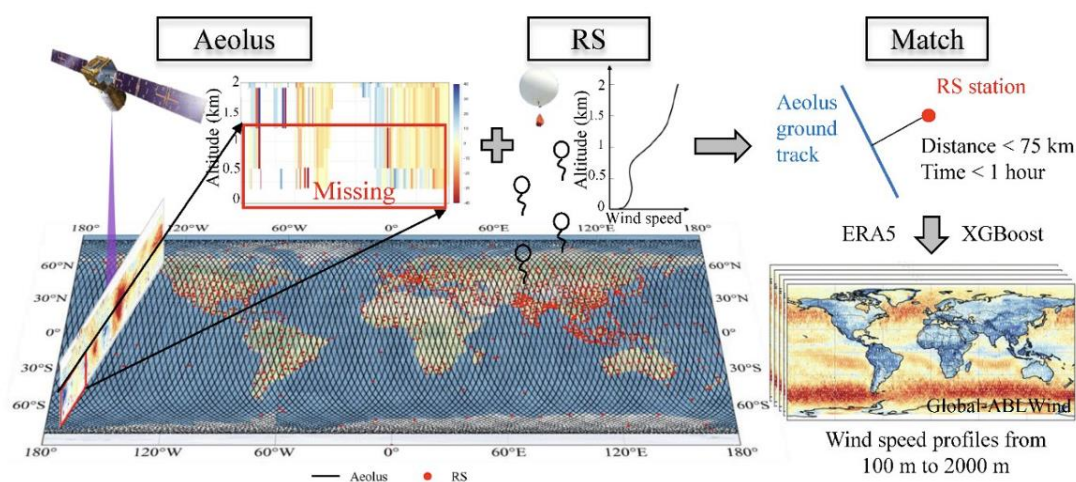


2. Global-ABLWind: 全球大气边界层风速廓线数据集

大气边界层内获得精确的风速廓线对于理解大气过程、气候变化以及风能评估至关重要。然而，现有的全球边界层风速产品要么缺乏足够的垂直分辨率，要么精度不足，限制了其解析整个边界层内风场结构的能力。

武汉大学研究人员提出了一个基于物理约束的机器学习框架，通过将物理上可解释的偏差校正机制与来自 Aeolus L2C 观测产品的动力约束相结合，来重建连续的边界层风速廓线。新方法能够以 100 m 的垂直分辨率，在整个边界层（0~2 km）内重建高精度的风速廓线，克服了现有产品在精度和垂直分辨率之间需要权衡的问题。基于探空观测的独立验证表明，该方法在所有边界层高度上都实现了高精度。其总体相关系数（ R ）为 0.92，均方根误差（RMSE）为 1.94 m/s，优于原始的 Aeolus L2C 产品（ $R=0.90$ ， $RMSE=2.23$ m/s）。

研究人员将所提出的框架应用于整个 Aeolus 任务期（2020 年 7 月—2023 年 4 月），生成了名为 Global-ABLWind 的全球高分辨率大气边界层风速廓线数据集。该数据集提供了 100 m 垂直分辨率的风速廓线，具有更高的精度、连续的边界层覆盖范围，并在全球尺度上减少了数据缺失。该数据集可通过 <https://doi.org/10.5281/zenodo.18286457> 免费获取，为边界层风研究及与风相关的环境应用提供了重要的遥感资源。



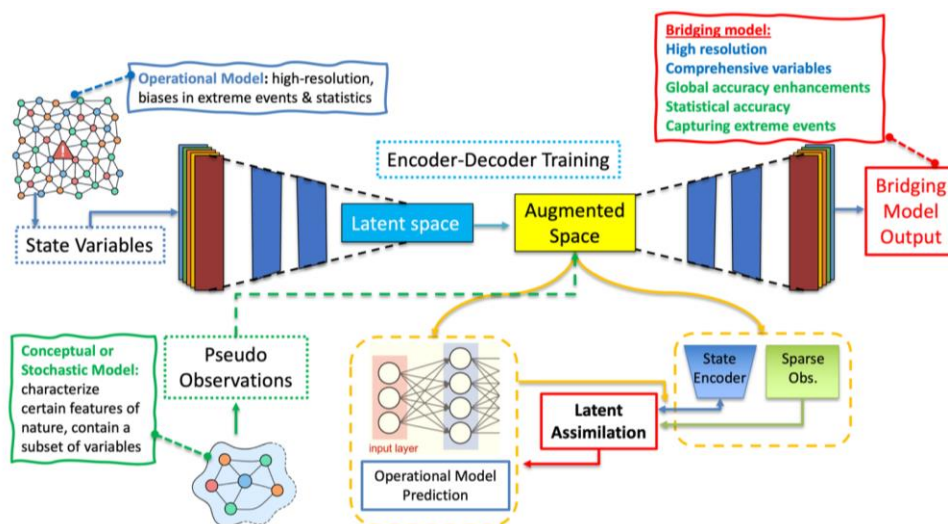
来源文献: Tong Z, Liu B, Ma X, et al. Global-ABLWind: a global atmospheric boundary layer wind speed profile dataset derived from Aeolus and surface ancillary information. *Earth System Science Data* (JCR Q1), 2026. Doi: 10.5194/essd-2026-73.

3. 用于地球系统模拟器的可解释 AI 框架

计算机模型是理解地球系统不可或缺的工具。尽管高分辨率的业务模式取得了诸多成就，但它们仍存在持续性的偏差，特别是在模拟极端事件和统计分布方面。相比之下，粗粒度的理想化模型能够分离出基本过程，并通过精确校准，在表征特定的动力学和统计学特征方面表现出色。然而，不同类型的模型仍然受到学科界限的阻隔。

通过利用不同复杂度模型的互补优势，美国威斯康星大学麦迪逊分校和法国巴黎理工学院研究人员联合开发了一个用于地球系统模拟器的可解释 AI 框架。该框架通过重新配置的隐式资料同化技术在模型层级之间建立了连接，该技术特别适合利用理想化模型的稀疏输出。由此产生的“连接模型”继承了业务化模型的高分辨率和全面变量，同时通过理想化模型提供的针对性改进实现了全局精度的提升。至关重要是，AI 机制为这些改进提供了清晰的理论依据，超越了黑箱校正，在一个计算高效的框架中实现了具有物理洞察力的理解，从而支持有效的物理辅助数字孪生和不确定性量化。

研究利用统计上精确的理想化模型，显著纠正了 CMIP6 模拟中厄尔尼诺时空模式的偏差，从而展示了该框架的强大能力。这项工作也强调了推进理想化模型发展以及促进模型社群之间交流的重要性。



来源文献: Behnoudfar P, Moser C, Bocquet M, et al. Bridging idealized and operational models: an explainable AI framework for Earth system emulators. *npj Climate and Atmospheric Science* (JCR Q1), 2026, 65.

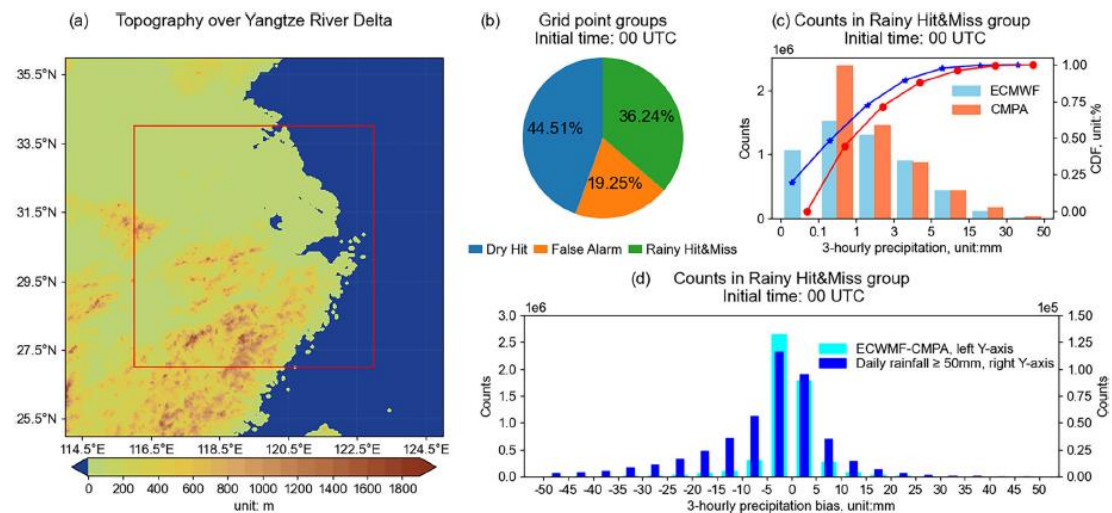
4. 深度学习提升短期强降水预报精度

当前，提升短期强降水预报的精度仍然是一项挑战。近年来，基于深度学习的方法被越来越多地用于对数值天气预报模式输出的降水预报进行后处理，但其性能受到降水非零-长尾分布特性的制约。主流研究尝试通过重新设计损失函数或构建混合模型来解决这一问题，但难以兼顾简洁性与可迁移性。

浙江省气象局智能网格团队联合国家气象中心、浙江大学等机构，提出一种简单且多区域验证有效的方案。研究发现，在强降水事件中，数值天气预报模式预报与观测之间的偏差近似服从高斯分布。基于此，研究训练了一个多任务 U-Net 模型，以降水偏差作为预测目标。

在长江三角洲地区的验证中，该偏差目标方法将 36 小时时效的暴雨 TS 评分¹由 0.194 提升至 0.237，增幅达 22%。偏差目标法有效补偿了原始预报对强降水的漏报缺陷，在华南、西南等四个子区域的独立测试中，TS 评分提升 23%~32%。

研究证实，以预报偏差替代观测降水作为训练目标，可在不显著增加模型复杂度的前提下，系统性增强深度学习对短期强降水的后处理能力。研究揭示了在基于深度学习的后处理方法中，目标选择的关键作用，并为推进强降水预报提供了一条简单而有效的技术路径。



文献来源: Tang T, Shen W, Fu J, et al. Bias-targeted deep learning enhances short-range heavy rainfall forecasts. *npj Climate and Atmospheric Science* (JCR Q1), 2026, 78. Doi: 10.1038/s41612-026-01366-z.

¹ TS 评分 (Threat Score, 威胁评分) 是衡量预报准确性的重要指标。通过比较预报与观测结果计算得分, 数值越高表示预报越准确。

5. 机器学习天气预报模型中的北半球中纬度气旋强度偏差

中纬度气旋引发的强风灾害对公共安全与经济活动具有重大影响，其路径与强度的准确预报是防灾减灾的关键依据。近年来，以 Pangu-Weather、GraphCast 为代表的机器学习气象预报（MLWP）模型在均方根误差等全局评估指标上展现出超越传统数值预报的潜力，但这类指标难以反映模型对特定天气系统物理特征的刻画能力。

英国雷丁大学和剑桥大学联合开展的研究，采用基于特征的评估方法，系统评估了数值天气预报模型与 MLWP 模型在预报中纬度气旋风场方面的性能。研究对 2023 年 10 月至 2024 年 3 月北半球七个 MLWP 模型的超千个中纬度气旋进行了系统性追踪与验证。研究结果显示，在 10 天预报时效内，MLWP 模型的中纬度气旋路径的预测精度与 ECMWF 综合预报系统（IFS）相当，部分模型在 4~8 天时效上甚至略优。然而，所有 MLWP 模型均表现出系统性强度偏差：在 10 天预报时效上，中心海平面气压较分析场平均偏高达 5 hPa 以上，而 IFS 预报则无此偏差。即使在较短的预报时效内，所有 MLWP 模型的近地面 10 m 峰值风速也普遍低于观测值，风速低估幅度达 1~1.5 m/s。相比之下，IFS 在 10 m 风速预报方面没有表现出偏差。

研究指出，这些差异突显了当前 MLWP 模型在捕捉诸如峰值风速等重要高影响天气特征方面的局限性。仅凭全局评估指标不足以全面衡量 AI 气象模型的业务适用性，特征级诊断应成为模型研发与检验的必要环节。

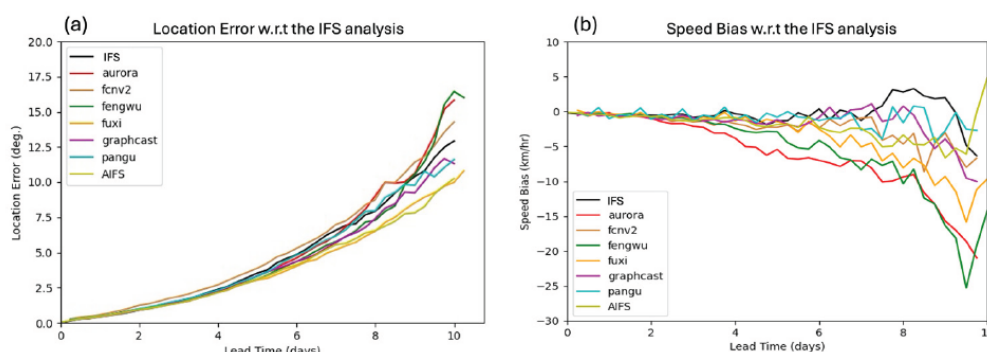


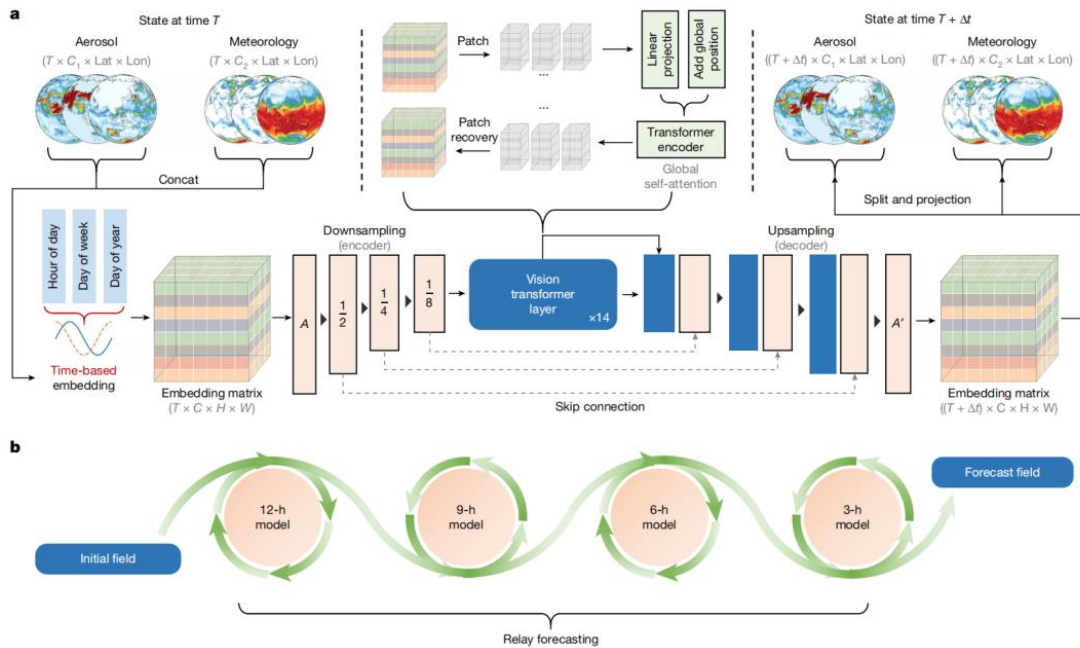
FIG. 2. NH cyclone track location error with respect to the IFS analysis as a function of forecast lead time (days). (a) Track location error ($^{\circ}$) and (b) cyclone propagation speed bias (km h^{-1}). Note that the geodesic distance can be converted to kilometers using $1^{\circ} \approx 111 \text{ km}$.

文献来源：Dacre H F, Charlton-Perez A J, Driscoll S, et al. Northern hemisphere midlatitude cyclone intensity biases in machine learning weather prediction models. *Bulletin of the American Meteorological Society* (JCR Q1), 2026, 107(1): E208-E221.

6. 全球首个气溶胶 AI 预报模型 AI-GAMFS

近日,中国气象科学研究院(CAMS)联合国内外多家研究机构,在《Nature》发布全球首个气溶胶-气象耦合 AI 预报模型 AI-GAMFS。该模型可在 1 分钟内实现全球范围 5 天、逐 3 小时的业务化预报,预报变量涵盖沙尘、硫酸盐、黑碳、有机碳、海盐等气溶胶关键组分的光学特性、地面浓度及相关气象要素。

基于全球多个气溶胶光学与化学组分观测网资料的独立评估表明, AI-GAMFS 在气溶胶光学厚度(AOD)及沙尘组分预报上,性能优于 CAMS 及多个国际先进的区域沙尘物理模型;与 NASA 戈达德地球观测系统前向处理 GEOS-FP 相比,其对全球 AOD 预报误差更低,沙尘预报能力相当,并对美国和中国近地面关键气溶胶组分浓度的预报实现了更精准的刻画。这一突破性成果标志着机器学习推动气溶胶预报能力迈上新台阶,也为沙尘暴、野火、雾-霾等全球气溶胶污染事件的精准预警提供了有力支撑。



AI-GAMFS 通过集成全局注意力机制、时空编码模块及接力预报策略等关键技术,精准刻画了气溶胶与气象之间复杂的非线性相互作用,显著提升了对高维环境气象数据的特征提取能力。模型基于 42 年全球 12 万时次的气溶胶再分析资料训练,以 GEOS-FP 分析场作为初始场进行预报。在预报效率方面, AI-GAMFS 优势显著: 每日可完成 8 次滚动预报,单张 GPU 卡每次推理仅需 39s (以 L40 为例); 模型输出涵盖 54 个预报变量,空间分辨率达 50 km,实现了全球气溶胶-气象耦合智能预报的高效业务化运行。

基于全球气溶胶自动观测网（AERONET）和中国气象局气溶胶遥感观测网（CARSNET）的独立观测评估，业务化运行的 AI-GAMFS 在 5 天逐 3 小时的全球 AOD 及沙尘光学厚度（DUAOD）预报上优于 CAMS：在全球范围内，61.6% 的 AERONET 站点上 AOD 预报误差更低，86.0% 的站点上 DUAOD 预报误差更低；中国区域 CARSNET 验证中，模型在 63.3% 的预报时效内相关系数更高，61.5% 的站点上均方根误差（RMSE）更低。

在亚洲沙尘暴预报关键领域，AI-GAMFS 与 CAMS 及亚洲沙尘暴预警咨询评估系统下的多个区域物理模型对比同样表现优异：以气溶胶再分析为基准，72 小时沙尘地面质量浓度误差较主流区域物理模型降低 34.4%~74.1%。

基于全球多个气溶胶地面组分浓度观测网络的独立评估，业务化运行的 AI-GAMFS 在气溶胶关键组分的近地面浓度预报上同样展现出显著优势。以美国 IMPROVE 和 EPA-CSN 网络为基准，AI-GAMFS 在 5 天预报时效内对黑碳、有机碳及硫酸盐的 RMSE 较 GEOS-FP 分别降低 64.4%~86.2%、74.5%~88.3% 和 42.2%~61.0%，其中黑碳和有机碳的改进在美国西部野火频发区尤为突出，硫酸盐的改进则集中于人为排放主导的东部地区。基于中国气象局大气成分观测网（CAWNET）的评估进一步证实，AI-GAMFS 在中国区域对黑碳、有机碳和硫酸盐的地面浓度预报全面优于 GEOS-FP：黑碳在 62.5%~72.5% 的站点上 RMSE 更低，有机碳与硫酸盐在多数站点上也展现出类似优势。

当前，AI-GAMFS 已在多个业务平台实现落地应用并取得积极成效：响应全民早期预警中国方案“妈祖（MAZU）”，接入云端国际早期预警平台“MAZU-Cloud”，推广应用至中央气象台及陕西、宁夏、内蒙古等全国 10 余个省（自治区）气象部门，并于近期通过中国气象局天气预报科技成果中试基地的业务准入。在 2025—2026 年，AI-GAMFS 已在多次环境气象预报会商和沙尘天气过程复盘发挥了关键作用。

来源文献：Ke Gui, Xiaoye Zhang, Huizheng Che, et al. Advancing operational global aerosol forecasting with machine learning. *Nature* (JCR Q1), 2026, 651: 658-665.

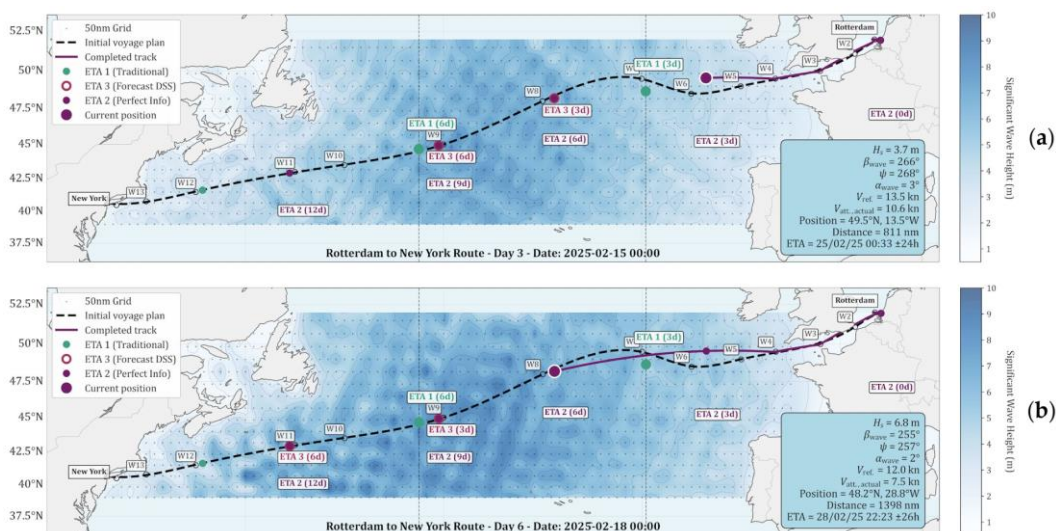
7. 基于航点序列模型预测控制的船舶气象航线研究

传统船舶气象航线大多依赖确定性的的大圆航线或静态规划,难以有效应对气象预报固有的不确定性。克罗地亚里耶卡大学的最新研究,提出了一种基于航点序列的模型预测控制方法,用于预报不确定性条件下的船舶能效气象航线规划。所提出的滚动时域框架将基于神经网络的船舶性能模型与集合天气预报相结合,从而能够在保证燃油效率、航行安全等目标的同时实现实时航线调整。

其核心在于构建一个滚动时域优化架构:以 6 小时为控制步长、24 小时为预测窗口,每 6 小时利用更新的集合预报进行一次重新优化。目标函数采用加权多目标设计,优先考虑燃油消耗、安全因素和航迹平滑度,并引入指数衰减因子以量化随预报时效增加的不确定性。该框架将规划的航线离散化为一系列航点,并在每个控制步长内优化航向角度和离散航速选项。

利用 21 个横跨大西洋的航线场景以及实际后报气象数据进行的验证表明,该方法能够将到达时间的不确定性从离港时的上百小时降低至抵港前的数小时。结果显示,相较于假定静水恒速的传统计划,该方法可动态调整航速以规避恶劣海况,在牺牲少量绝对航速的情况下显著提升商业调度的可靠性。

该研究有效弥补了高维随机优化与工程实用性之间的差距,为海运脱碳背景下的智能决策支持系统提供了一种具备工程落地潜力的控制范式,对提升低空经济关联的海运物流链韧性具有重要参考价值。



来源文献: Marjanović M, Prpić-Oršić J, Valčić M. Waypoint-sequencing model predictive control for ship weather routing under forecast uncertainty. *Journal of Marine Science and Engineering* (JCR Q2), 2026, 14(2): 118

8. 城市天气发生器的夜间边界层高度：分析与动态模拟

城市天气发生器² (UWG) 是一种用于预测城市热岛强度的轻量级仿真工具。UWG 的一个局限性在于，它需要将夜间城市边界层高度作为输入参数，而这一物理量随时间变化，且人们对其知之甚少。为了克服这一局限，法国里昂大学研究人员在 UWG 中引入了一个夜间城市边界层高度的动态模型，并详细分析了该模型实施后的效果。

对基础 UWG 模型的初步分析显示，其存在与夜间城市边界层高度相关的异常行为。当夜间城市边界层高度较低时，会出现虚假波动；而当该高度较高时，气温预测结果与城市布局特征脱节，这使得该模型不适用于评估城市降温策略的效果。

新提出的动态夜间城市边界层模型将气温预测重新与城市布局特征联系起来，并调节了城市边界层的热行为，从而避免了虚假波动。该模型预测出的夜间城市边界层高度值能够优化 UWG 的预测精度，但与实际观测到的夜间城市边界层高度相比，这些预测值仍然明显偏低。研究还指出，农村地区的热逆温强度在驱动城市热岛强度随时间变化的机制中起着至关重要的作用。

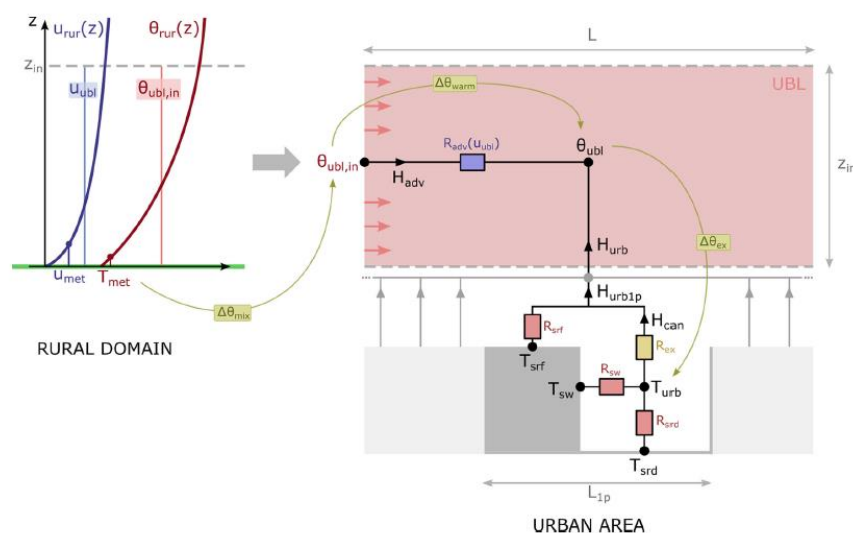


Fig. 1. Schematic of the urban weather generator model for nighttime urban air temperature prediction

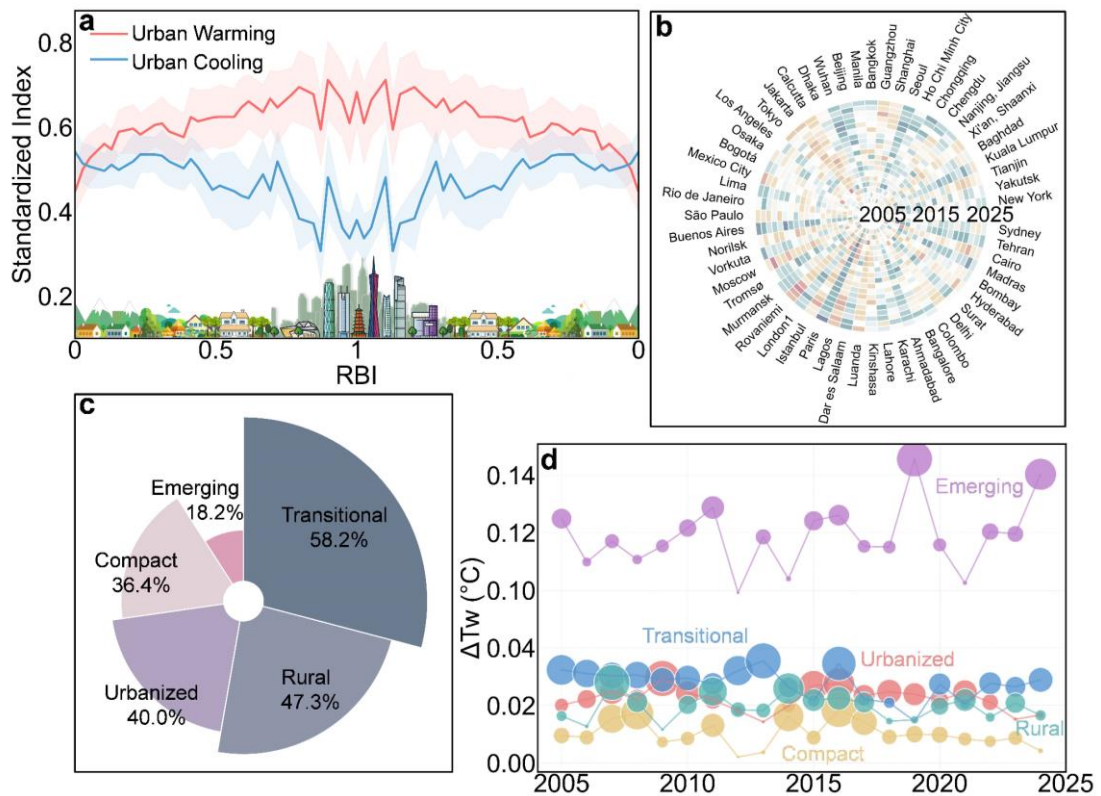
来源文献: David D. Nighttime urban boundary layer height in the urban weather generator: Analysis and dynamic modelling. *Urban Climate* (JCR Q1), 2026, 65: 102797.

² 天气发生器 (weather generator) 是一种可以生成任意长度天气序列数据的程序，它服务于地表过程模型程序，生产出多种多样的气象数据序列供地表过程模型使用。

9. 不同纬度的城市湿热风险由局地气候类型所决定

全球超过一半的人口居住在城市，城市热岛效应已引起广泛关注。然而，城市化引起的湿球温度变化及其对健康的潜在影响仍缺乏系统性的研究。

北京师范大学研究人员利用高分辨率再分析数据，分析了 2005—2024 年间全球 56 个代表性城市的湿球温度模式的时空演变及其驱动因素。研究发现，自 2020 年以来，全球城市中的湿球温度显著上升，且其对城市化和局地气候条件的响应存在空间差异。雅加达和曼谷等热带沿海城市的湿球温度相对稳定且较高，温暖潮湿的气候在很大程度上抵消了城市热岛效应。相比之下，内陆城市则表现出明显的空间梯度变化。中低纬度的都市区域比高纬度地区表现出更高的空间非均匀性。机制分析表明，湿球温度对气温和相对湿度的不同响应决定了城市化的影响。在 2023—2024 年期间，极端高温的强度达到前所未有的水平，给人们的健康带来了严重威胁。



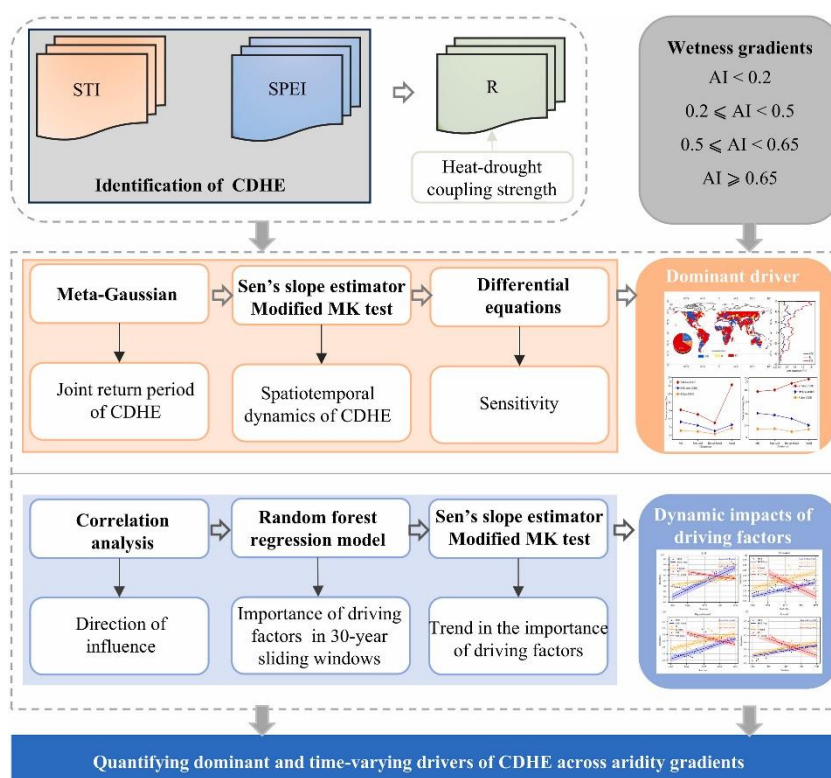
来源文献: Xu L, Zhang Q, Tang S, et al. Divergent latitude-specific urban humid heat risks are regulated by local climate types. *Communications Earth & Environment* (JCR Q1), 2026. Doi: 10.1038/s43247-026-03437-8.

10.复合干旱与高温事件的驱动因素

复合干旱与高温事件因其对社会经济系统和生态系统的加剧性负面影响而备受关注。然而，驱动其发生和演变的机制仍不清楚，尤其是从动态、长期的视角来看。

中国科学院地理科学与资源研究所开发了一个创新的动态框架，该框架整合了元高斯模型、微分方程和随机森林回归，旨在系统地表征复合干旱与高温事件，归因关键驱动因素，并识别区域差异。结果表明，1960—2022年间，全球复合干旱与高温事件的频率和强度均显著增加。归因分析表明，高温是复合干旱与高温事件的主要驱动因素，其次是干旱状况及其相互作用。值得注意的是，研究结果揭示了气候变

暖背景下复合干旱与高温事件驱动因素的动态转变：高温的影响减弱，而干旱状况及其相互作用逐渐成为主要因素。此外，研究还发现驱动机制在干旱区与湿润区之间存在明显差异。在干旱地区，复合干旱



与高温事件对于干旱状况的变化更为敏感，而在湿润地区，高温则起主导作用。

研究通过阐明复合干旱与高温事件的区域驱动机制和气候影响，增进了对其动态的理解。这些发现为改进预测模型和为适应性管理策略提供信息提供了关键见解。

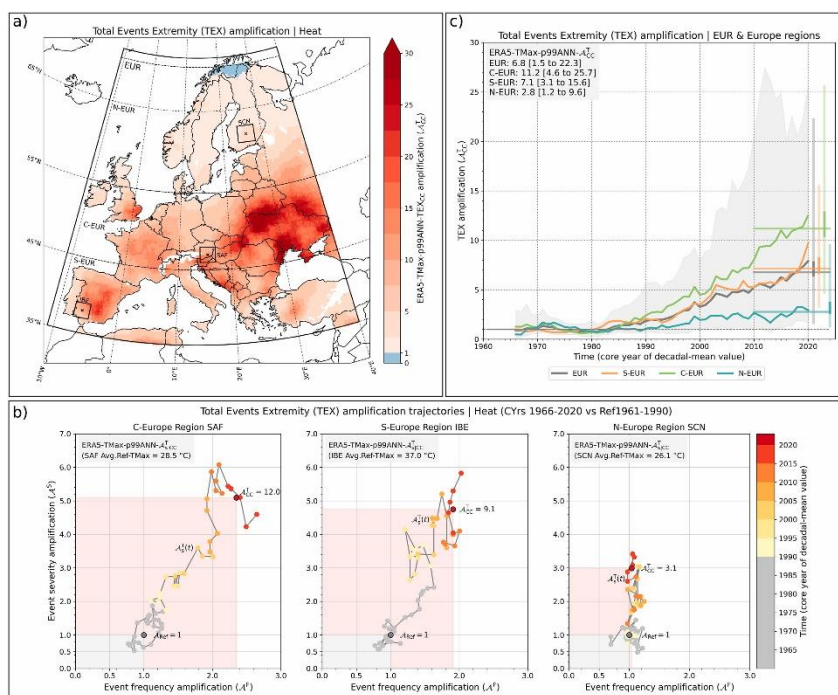
来源文献: Shuang Zhou, Shaohong Wu, Jiangbo Gao, et al. What drives the compound drought and heat events? A dynamic perspective. *Weather and Climate Extremes* (JCR Q1), 2026, 51: 100863.

11.新气候灾害指标揭示欧洲极端高温事件增加十倍

热浪等极端天气与气候事件是全球范围内对人类社会及生态系统构成重大威胁的关键气候灾害。在任何地区，气候变化都可能以复杂方式改变这些事件的特征，因此，对此类事件的极端程度进行严格且全面的量化仍然是一项挑战，这也阻碍了其在气候变化影响、归因研究、法律诉讼等领域的应用。

奥地利格拉茨大学研究人员提出一种新的“阈值超出量”指标，能够系统追踪事件频率、持续时间、强度、影响范围以及时间特征（如逐日暴露时长和季节性变化）的变化，既可作为独立指标，也可部分组合使用（例如事件平均严重程度），还可综合计算为“事件极端性总量”

（Total Events Extremity, TEX）。基于 1961—2024 年的日温度数据



集，研究人员将新指标应用于地方至国家（以奥地利为例）以及整个欧洲的极端高温事件，并通过实际应用展示了这一指标的实用性。将近期（2010—2024 年）与参考期（1961—1990 年）进行比较，研究发现奥地利及中欧、南欧大部分地区极端高温事件的 TEX 增大约 10 倍（范围为 5~25 倍）。这种增幅远超自然变率，为人为气候变化提供了明确证据。

研究人员表示，新指标能够在任何地点可靠地追踪任意由阈值定义的气候灾害，可广泛用于热浪、洪水、干旱等极端事件的气候影响分析、极端事件归因研究以及量化人为因素在灾害极端程度占比等多方面的研究。

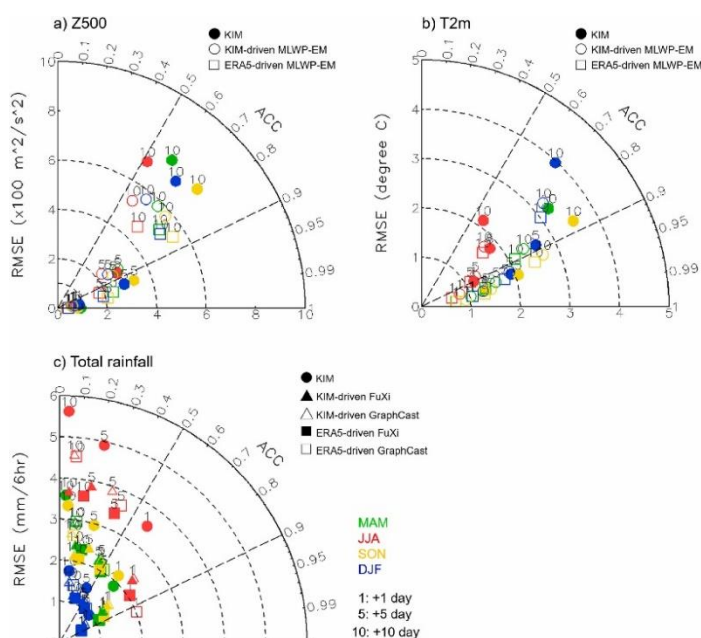
来源文献：Kirchengast G, Haas S J, Fuchsberger J, et al. A new class of climate hazard metrics and its demonstration: revealing a ten-fold increase of extreme heat over Europe. *Weather and Climate Extremes* (JCR Q1), 2026, 51: 100855.

12.东亚极端天气的数据驱动型预报：业务化应用的可行性

准确的中期天气预报对于防灾减灾和资源管理至关重要。传统上，中期天气预报主要通过数值天气预报（NWP）模式实现，但这类模式的业务运行成本较高。近年来，基于机器学习的天气预报（MLWP）领域取得进展，为提升预报效率提供了一种有前景的替代方案。

韩国首尔大学研究人员评估了四种最先进的 MLWP 模型（FengWu、FuXi、GraphCast 和 PanguWeather）及其集合平均（MLWP-EM）的预报能力。这些模型均以韩国综合模型（KIM）的业务分析场和 ERA5 再分析资料作为初始场。研究重点聚焦于东亚地区极端天气事件（如 2023 年的强降水、台风、热浪和寒潮）

提前 10 天的预报效果。当使用 KIM 业务分析场进行初始化时，MLWP 模型在预报 500 hPa 位势高度和 2 m 气温方面，其表现与 KIM 业务预报相当或更优。即使在降水预报方面，MLWP 模型（尤其是 GraphCast）在短期预报时效（1—3 天）内也优于 KIM 业务预报，但对于强降水事件（ ≥ 30 mm/6h），其预报



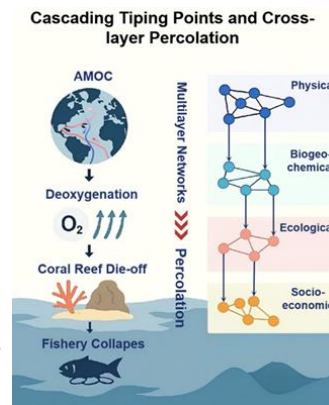
能力显著下降。采用 MLWP-EM 模型后，预报技巧进一步提升。个例分析表明，在极端温度预报方面，基于 KIM 初始化的 MLWP-EM 模型表现优于 KIM 业务预报，但在强降水和台风事件中会低估降水量。当 MLWP 模型使用 ERA5 再分析资料进行初始化时，整体预报技巧有所提高，这凸显了初始条件在 MLWP 中的重要性。结果展示了采用业务分析场进行初始化的 MLWP-EM 在中期预报业务中的应用潜力，同时也揭示了在准确表征极端降水方面仍存在挑战。

来源文献：Seok-Geun Oh, Young-Jun Bae, Seok-Woo Son, et al. Data-driven forecasts of extreme weather in East Asia: feasibility of operational use. *Weather and Climate Extremes* (JCR Q1), 2026, 52: 100875.

13. 多层网络视角应对多米诺式气候临界点风险

近期，中国科学院大气物理研究所孟君副研究员与清华大学陈德亮教授在《*National Science Review*》发表观点文章，系统探讨了气候临界点之间可能存在的级联触发机制，并从复杂系统科学视角提出理解全球气候风险的新框架。

在全球变暖持续加剧的背景下，地球系统正逐步逼近多个关键阈值。研究指出，冰冻圈、生物圈、海洋环流等关键子系统均可能存在临界点，一旦越过，系统可能发生突变性甚至不可逆的状态跃迁。更为重要的是，这些临界点往往并非孤立存在，而是通过物理过程、生物地球化学循环及人类活动相互耦合，可能引发跨圈层、跨尺度的级联失稳效应，从而显著放大全球气候风险。



文章指出，气候临界转变可被视为多稳态系统中的相变过程，其演化特征与分岔理论、临界现象及集体行为密切相关。在此基础上，作者引入渗流理论与多层网络方法，构建了刻画临界扰动在不同地球子系统之间传播的统一概念框架。

研究特别强调海洋系统在气候级联风险中的核心作用。海洋并非单一连续介质，而是由物理层、生物地球化学层、生态层及社会经济层构成的多层复杂系统。这类跨层级的非线性过程构成了全球变化研究中亟需关注的系统性风险源。

论文进一步指出，尽管近年来在气候临界点预警信号、网络遥相关分析以及AI辅助诊断方面已取得重要进展，但当前研究仍以“事后诊断”为主，对真实地球系统中临界级联过程的刻画仍存在明显不足。真正理解临界级联过程，亟需方法论层面的交叉创新，即在统一理论框架下融合非线性动力学、复杂网络、统计物理与气候科学，而非对不同学科工具的简单叠加。

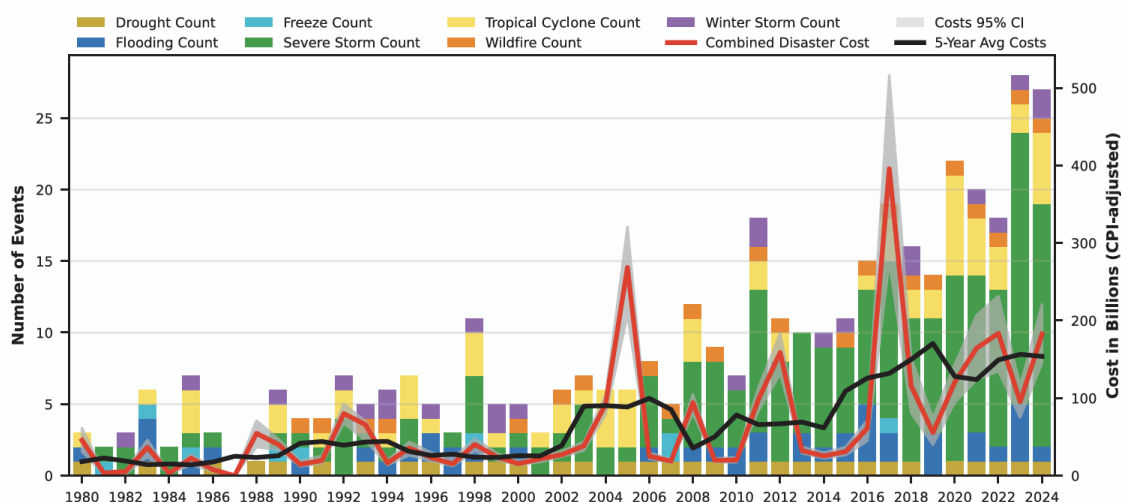
作者进一步指出，推进此类交叉研究不仅是科学问题本身的要求，也离不开制度层面的支持。当前科研评价与资助体系仍以学科划分为主，学科壁垒在一定程度上呈现加深趋势，这不利于复杂系统类问题的深入突破。文章呼吁在科研资助与组织模式上给予交叉研究更具包容性和前瞻性的支持，为系统性气候风险研究提供长期稳定的发展环境。

来源文献：Jun Meng, Deliang Chen. The domino effect of climate tipping points: a multidisciplinary perspective on global risks. *National Science Review* (JCR Q1), 2026, nwag042.

14. 气候变化背景下的极端事件与保险业

受社会经济暴露度的增长以及气候变化影响下的灾害加剧共同推动，全球极端天气造成的损失正在不断增加。这一趋势在保险和再保险行业尤为显著，强对流风暴、洪水、野火和热带气旋正带来前所未有的、不断叠加的财务负担。核心挑战在于，传统的巨灾模型高度依赖历史事件统计数据，而这些统计数据可能已无法反映当前或正在形成的气候状态。与此同时，虽然全球气候模式模拟能提供长期预测，但其时空分辨率目前仍过于粗糙，无法满足风险定价、偿付能力评估和地方适应规划的需求。

美国北伊利诺伊大学研究人员提出将高分辨率降尺度、集合模拟与巨灾风险分析进行整合以弥合这一差距。高分辨率降尺度方法能够解析局地尺度的灾害物理过程（例如与野火、极端降雨、热带气旋和冰雹相关的过程），而这些过程在全球气候模式中基本无法解析。大型集合模拟提供了对灾害在内部变率和不同强迫路径下敏感性的概率理解，这些信息与保险行业量化尾部风险的需求契合。此外，大气科学家、气候模拟专家与行业从业者之间需要更紧密的合作，以确保模型假设、不确定性和数据需求达成共识。强对流风暴是美国保险市场中增长最快的灾害类型，研究将其作为科学进展与行业需求快速交汇的典型案例加以阐述。研究还提出了政策启示，以助力提升气候适应型风险管理能力，并缩小全球保障缺口。



来源文献：Vittorio A Gensini. Extreme events and the insurance industry in a changing climate. *Environmental Research Letters* (JCR Q1), 2026, 21(7): 071001.

15. 气候变化经济成本的量化框架和气候模型

《Nature》最新发表一篇经济学论文，研究表明，过去二氧化碳排放在未来的经济成本，可能至少是同一排放量已产生成本的 10 倍。科学家提供了一种衡量损失和损害的方法，可用于量化二氧化碳排放者造成的负债。

气候变化对人类产生了重大负面影响，而受害最大的人群往往仅造成极小部分的历史排放量。这些影响促进了政治和法律层面的努力，旨在将损害与具体的排放行为挂钩。

美国斯坦福大学研究人员提出了一个量化框架，基于对气温升高与经济产出（主要基于 GDP）之间关联的估算，以及一套能够将排放变化转化为变暖变化的气候模型，旨在将单独排放与全球及地方损害联系起来。由此估算的二氧化碳排放造成的损失与损害，可通过 3 个组成部分计算得出：过去二氧化碳排放已发生的历史损害、预计将由这些历史排放引发的未来损害、预计由当前或未来排放引发的未来损害。

研究人员估算，1990 年排放的 1 吨二氧化碳到 2020 年已造成 180 美元的全球累计损失，但到 2100 年还将造成额外的 1840 美元损失。他们探讨了不同地区特定排放者造成的损失实例，估计自 1990 年以来，美国的排放已在全球范围内造成 10 万亿美元的损失，包括印度的 5000 亿美元和巴西的 3300 亿美元。欧洲各国在此期间的排放量已造成超过 6 万亿美元的全球损失。研究人员还计算出，过去 10 年间每年一次长途飞行，到 2100 年将导致约 2.5 万美元的损失。

研究人员认为，计算出的损失额并不一定意味着二氧化碳排放者“欠”受影响地区多少赔偿，因为赔偿是一个道德和法律问题。然而，界定与气候变化相关的损失和损害，有助于限制未来损害，包括使排放者对其排放所致损害承担责任。尽管碳移除策略可能有潜力减少此类“债务”，但研究认为，这些策略仅在排放发生时实施才能取得良好效果。

来源文献：Burke M, Zahid M, Diffenbaugh N S, et al. Quantifying climate loss and damage consistent with a social cost of carbon. *Nature* (JCR Q1), 2026, 651: 959–966.

16.AI 在大气与海洋科学中的应用：进展、挑战与未来之路

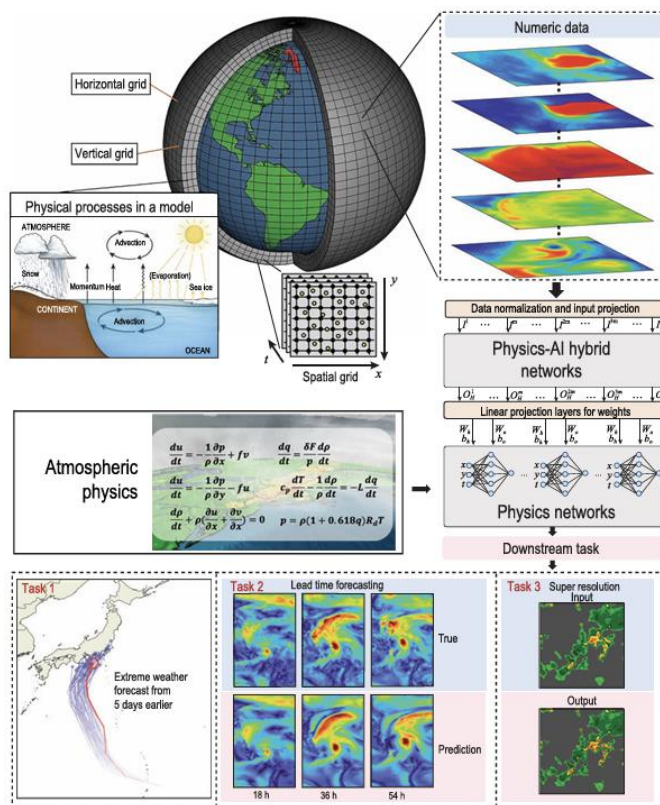
由南京信息工程大学罗京佳教授领衔，联合来自中国、韩国、德国、美国 and 澳大利亚的 45 位跨学科专家在《*National Science Review*》发表了重磅综述，系统性地梳理了 AI 在气象与海洋科学中的最新应用进展，深刻剖析了当前面临的挑战，并为构建下一代“物理一致、可信赖”的地球系统智能科学勾勒了未来蓝图。

过去一个世纪，大气与海洋科学主要依赖观测、理论分析和数值模拟。然而，传统数值模式在应对海量异构数据、次网格过程参数化以及高昂计算成本时面临长期瓶颈。文章系统性地指出：AI 已超越“工具”范畴，正引发地球科学领域的“范式转变”。AI 不仅能在几分钟内完成传统模式数小时的天气预测，更在极端事件监测、资料同化、气候预测等方面展现出颠覆性潜力，标志着理解和预测地球的方式进入了全新阶段。

尽管 AI 技术展现出强大潜力，但复杂 AI 模型的“黑箱”特性仍需高度重视。复杂 AI 模型的决策逻辑难以解释，不仅影响科学信任的建立，也不利于从预测结果中提取物理机制。

综述认为，最具前景的发展路径是构建物理-AI 融合建模框架，这一方法将 AI 的数据驱动能力与物理定律的基础约束相结合，既确保模型的泛化能力与因果一致性，又通过 AI 弥补物理模型在复杂过程描述上的不足，实现优势互补。

来源文献：Jing-Jia Luo, Jiangjiang Xia, Baoxiang Pan, et al. AI for atmosphere-ocean sciences: advancements, challenges, and ways forward. *National Science Review* (JCR Q1), 2026, nwag063.

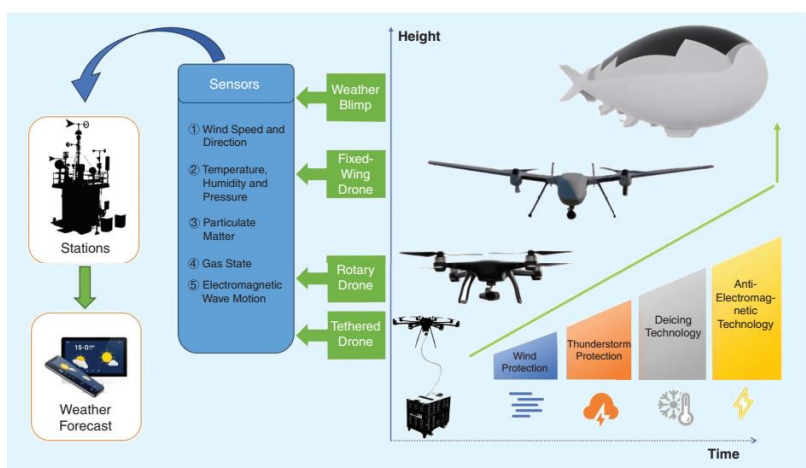


17.综述：气象无人机的技术发展与应用

全球气候变化加剧与极端天气频发，对气象监测的精度与时效提出了更高要求。气象无人机（Meteorological Unmanned Aerial Vehicles, MUAV）凭借高分辨率、三维机动性和环境适应性，为突破时空壁垒提供了变革性方案。南京工业大学研究人员发表综述论文，系统梳理了 MUAV 在平台、传感器、数据传输、极端环境防护以及智慧城市应用等方面的技术进展与未来方向。

研究指出，不同类型的 MUAV 平台在特定监测场景中展现出互补性优势：固定翼无人机凭借高升阻比与长航时特性，适用于大范围台风追踪与边界层观测，但其转弯半径大、低速飞行时测量误差偏高，仍是技术瓶颈；旋翼无人机依托垂直起降与厘米级悬停能力，在边界层精细化探测中具有不可替代的作用；系留无人机则通过地面供电方式，可实现 72 小时连续监测。此外，MUAV 传感技术的集成与精度提升显著提高了数据的可靠性，先进通信技术的融合有效克服了复杂环境下的传输瓶颈，极端环境防护技术的发展直接拓展了无人机的作业边界。

综述指出，MUAV 未来发展将不再局限于单一技术的提升，而是围绕“平台-载荷-通信-防护”全链条的协同进化。关键突破方向包括：复杂湍流环境下的空气动力学-功率耦合优化；低温高湿条件下的高效除冰材料与系统；高频段电磁干扰的有效屏蔽；以及数字孪生与 AI 算法的深度融合。



来源文献：Rui Liu, Shen Xue, Siyu Liu, et al. Technological development and application of meteorological unmanned aerial vehicles: A review. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine* (JCR Q1), 2026. Doi: 10.1109/MGRS.2026.3663580.

国际研究动向

1. WMO 发布国家可再生能源图集编制技术指南

近期 WMO 发布《风能、太阳能和水能国家可再生能源图集——WMO 实施指南》，协助各国绘制可再生能源资源图。该指南为国家气象水文机构提供全面的科学框架，使其能与能源部门及其他利益相关方共同编制国家可再生能源图集。

指南的制定源于 2022—2023 年 WMO 全球能源调查发现的关键缺口：许多国家缺乏有效能源规划所需的高分辨率基础数据。指南整合了再分析数据、地面观测、卫星产品及未来气候预测，运用人工智能统计降尺度等先进数据驱动方法，将多元气候数据转化为可决策行动方案，旨在确保科学能够转化为更完善的长期能源规划。WMO 设定了雄心勃勃的目标，力争在 2030 年前为所有成员国提供高分辨率的国家可再生能源图集。

通过将气象数据转化为决策所需知识，该指南协助各国保障能源供应，并在气候变化背景下加速向可再生资源转型。其核心特征在于聚焦高空间分辨率（4 km 或更小），从而更精准评估地方及区域层面的可再生能源资源。

指南还为以下实践提供框架：数据采集与预处理、统计降尺度方法、本地观测数据整合、气候预测（CMIP6）的应用、图集成果解读以用于政策和规划。

WMO 正向所有国家开放 Python 代码及培训资料，支持各国自主维护更新本国图集。此举对弥合成员国间能力差距至关重要。该方法已在克罗地亚、古巴、智利、马拉维、坦桑尼亚联合共和国和哥斯达黎加等国成功试点。

（来源：<https://wmo.int/media/news/wmo-supports-members-mapping-national-renewable-energy-resources>）

2. WWRP 牵头开展北半球冬季极端天气协同观测试验

世界天气研究计划（WWRP）牵头协调 5 项重大冬季联合观测试验，这些试验于 2026 年 1—2 月开展，以提升对北半球冬季极端天气的预报能力。这些野外试验包括 AR Recon（大气河勘测）、NAWDIC（北大西洋波导、干侵入以及下游影响行动）、NURTURE（北美上游特征解析及对流层顶不确定性勘测试验）、

PONEX（极夜试验）和 SAFARI（海-气交换与大气河形成）。全部基于 THORPEX（全球观测系统研究与可预报性试验）的科学基础，并将结合现代机载观测、卫星资料与 AI 预报技术。

该协调工作还联合了世界气候研究计划（WCRP）全球降水试验、欧洲空间局（ESA）、ECMWF 及欧洲气象服务网络（EUMETNET）等多方机构。试验重点是研究非绝热过程及其与大气动力学的相互作用，尤其关注卫星资料稀疏区域，并在其他地区开展机载与卫星观测比对。

通过统筹北极、中纬度及副热带天气系统的协同观测，这些试验将有助于解决关于气团生命周期、北半球观测覆盖空白、以及数值模式局限等关键问题。

（来源：<https://public.wmo.int/media/news/wwrp-leads-coordination-of-five-major-2026-winter-field-experiments>）

3. 美国《天气法案》：AI 与新一代雷达助力 NOAA 现代化

3 月 4 日，美国参议院商业委员会一致通过《2026 年天气研究与预报创新再授权法案》，将超过 17 项两党提案整合为一个立法方案，从根本上更新了 NOAA 制定和提供天气预报的方式。

该法案指示 NOAA 将 AI 整合至其预报业务中，以提高恶劣天气预警的准确性和速度。这是国会首次就美国气象业务体系中系统性采用 AI 下达重大指令，推动其从试点项目迈向实际业务部署。

该法案还扩大了 NOAA 的商业数据计划，为私营气象数据提供商和科技公司向国家预报基础设施提供数据开辟了新途径。对于从事环境传感和气象技术的小型企业而言，这将开启一条重要的新合同渠道。

针对 NOAA 老化的雷达网络，该法案指示 NOAA 在 2040 年前设计并部署新一代气象雷达技术。在此期间，NOAA 被授权使用第三方数据和服务来填补当前覆盖缺口。

该法案还将一系列项目纳入法律或予以重新授权，包括：火灾气象服务项目、国家中尺度观测网项目、飓风预报改进项目、国家综合干旱信息系统、大气河流预报、海啸预警现代化项目等。

（来源：<https://grantedai.com/news/weather-act-noaa-ai-radar-modernization-2026>）

4. NOAA 与 Exosens 合作开发大气廓线应用

近期, Exosens 公司与 NOAA 签署合作协议, 将利用其 Assist II 大气探测仪开发新型大气廓线应用技术。

根据协议, 将重点开发新型气象应用和算法以生成大气廓线。合作第一阶段, 于 2026 年初在美国气象局 (NWS) 测试站点部署 Assist II 设备。该仪器将在现场运行约 10 个月, 用于验证运行应用及新软件功能, 包括将 TROPoe 大气廓线能力集成至 Assist II 系统。

Exosens 介绍, 此次合作旨在拓展 NOAA 的业务功能, 包括提升大气模式所需的云底探测能力, 还将支持开发针对 CO、O₃、CH₄ 及氮氧化物等气体的新型廓线算法, 增强痕量气体廓线分析能力。

(来源: <https://www.meteorologicaltechnologyinternational.com/news/digital-applications/exosens-partners-with-noaa-to-develop-atmospheric-profiling-applications.html>)

5. NCAR 发布高分辨率地球系统模拟数据集

借助美国两台顶尖超级计算机的强大算力, 美国得克萨斯农工大学与 NCAR 的科学家团队, 共同构建了一套前所未有的高分辨率地球系统模拟数据集。该数据集向全球科学界免费开放, 为深入了解气候变率以及未来气候变化对特定区域的影响提供了宝贵机遇。

该项目名为 MESACLIP, 通过多次高分辨率运行 (即集合模拟), 能够捕捉地球气候系统固有的自然波动。这个庞大的数据集容量超过 6PB, 为科学家们提供了覆盖 4500 年 (涵盖过去、现在和未来气候) 的模拟数据宝库, 可用于开展各类试验研究。

为探究更高精度下的地球气候图景, 研究团队采用了国际领先的地球系统模式——NCAR 开发的通用地球系统模式 (CESM)。历时三年, 团队实现了大气 25 km、海洋 3~10 km 的高分辨率模拟。

研究团队表示, 初步成果已为认识地球气候系统变化提供了全新视角, 帮助科研人员回答一系列具有重大社会意义的关键科学问题。团队发表在《自然·地球科学》的研究显示, 本世纪全球陆面日极端降水量可能增加 41%, 美国东南部

增幅可能更高。部分原因与小尺度风场有关，例如上升气流增强从而为强风暴提供能量，这些过程在低分辨率模式中均无法体现。

尽管高分辨率模拟优势显著，但仍存在局限。例如，对 ENSO 的部分特性，模拟效果仍不理想。为此，MESACLIP 团队计划开展新一轮模拟，进一步深化对地球系统的认识。新试验将采用 CESM3 模式——该模式将于今年晚些时候发布，是 NCAR 旗舰模式的最强版本。同时，科研团队也期待全球其他机构利用各自气候模式开展同类高分辨率模拟，以便开展结果比对与相互验证。

（来源：<https://news.ucar.edu/133056/new-computer-simulations-reveal-earth-system-unprecedented-detail>）

6. NCAR 新研究迈出空间天气预警第一步

NCAR 与美国西南研究院（SwRI）联合开发出一种新工具，迈出了将空间天气预报能力从仅提前数小时提升至提前数周的关键一步。这一提前预警可帮助相关机构与行业减轻对 GPS、电网、航天员安全等方面的影响。

该团队最新发表的研究重点介绍了名为 PINNBARDS（基于 PINN 的活动区域分布模拟器）工具，它能够连接太阳活动区表面观测与太阳深部磁动力学过程。PINNBARDS 框架推动了新一代融合物理机理与 AI 的预报技术，以更好地理解 and 预判极端空间天气。该工具有望大幅延长预报提前量，对保护卫星、通信基础设施及未来人类太空探索至关重要。

NCAR 研究人员表示，“PINNBARDS 重构的太阳内部状态可为太阳磁场演化的正向模拟提供初始条件，从而提前数周预测可能产生强耀斑的活动区出现的时间与位置。”

（来源：<https://news.ucar.edu/133059/new-research-takes-first-step-toward-advance-warnings-space-weather>）

7. NASA 研发 CloudCube 微型多频段雷达

2018 年，NASA 的 RainCube 仪器为商业气象卫星任务铺平了道路。如今，NASA 正以此为基础，开发下一代雷达仪器 CloudCube，旨在显著提升降水和强天气预报能力。

CloudCube 由 NASA 地球科学技术办公室（ESTO）支持研发，核心创新在于采用多频段雷达配置，可通过单一天线同时发射 Ka 波段、W 波段和 G 波段信号。该仪器设计搭载于 ESPA 级小型卫星，将成为首批能够同时利用多路雷达信号探测天气系统的紧凑型雷达仪器之一。这些多尺度观测将使研究人员更便捷地收集动态云系信息，从而提高天气预报和数值模式的准确性。

研究人员表示，目前太空中专门利用主动雷达观测天气的仪器相对较少。现有在轨仪器通常仅在单一频段下运行，例如用于降水廓线探测的 Ka 波段，或用于云粒子测量的 W 波段。迄今为止，尚没有任何 G 波段雷达在太空中运行。这一高频雷达信号对于测量浅层云系的液态水含量具有优势，而液态水含量是天气预报和降水预报的关键变量。

CloudCube 通过多项技术创新，实现在紧凑平台上提供多尺度雷达测量。首先，该仪器配备了多频馈源喇叭，无需为每个信号单独设置天线。其次，CloudCube 采用一种新颖的微型雷达架构，与以往的大气雷达仪器相比，功耗更低、体积更小。这一设计降低了小型卫星搭载高频雷达送入太空的成本，同时不会降低数据质量。

（来源：<https://esto.nasa.gov/new-cloudcube-instrument-pioneers-miniaturized-radar-for-studying-severe-weather/>）

8. 欧盟 EO4EU 项目：AI 解锁地球观测数据潜力

近期，欧盟重大科研项目“面向服务和数据利用的、基于扩展现实用户界面的 AI 增强型地球观测数据生态系统”（EO4EU）正式结束。该项目由“地平线欧洲”计划资助，执行周期为 2022 年 6 月至 2025 年 11 月，汇聚了来自 10 个国家的 19 家机构，由 ECMWF 负责技术协调。

地球观测数据蕴含巨大潜力，但其来源分散、平台各异，给研究人员、政策制定者和企业的高效获取、整合与利用带来了重重阻碍。EO4EU 平台旨在通过构建统一的 AI 增强型云原生系统来消除这些障碍。依托知识图谱、机器学习（ML）及沉浸式界面等先进技术，该系统可简化数据发现、处理与可视化流程。

EO4EU 平台的核心功能包括：（1）基于知识图谱的搜索引擎：便捷访问哥白尼、目的地地球计划、欧洲气象卫星开发组织及哨兵-2 号等异构地球观测数据源。（2）数据处理引擎：支持通过图形界面设计并执行工作流。（3）AI/ML

市场：提供丰富的模型、算法、技术及文档资源。（4）多样化用户界面：涵盖图形界面、命令行、应用程序编程接口及增强/扩展现实界面，实现平台功能与数据交互。

为展现其实际影响与多功能性，EO4EU 在环境、社会及经济领域开展了七个示范案例，涵盖海洋监测、粮食安全、森林生态、土壤侵蚀监测、环境害虫检测、个性化医疗以及民防领域。

EO4EU 正在被纳入目的地地球核心服务平台（DESP），确保其成果的持续可见和长期应用。项目联盟同时探索将 EO4EU 纳入 AI 工厂等新兴框架的机遇，旨在最大化 EO4EU 的影响力，推动地球观测数据在科学、政策和产业领域的更广泛应用与创新。

（来源：<https://www.ecmwf.int/en/newsletter/186/news/conclusion-eo4eu-project>）

9. 欧洲“目的地地球”计划第三阶段启动

2月1日，欧盟委员会正式批准启动“目的地地球”计划（DestinE）第三阶段。该计划旨在构建高精度地球系统数字孪生，通过定制化“假设情景”模拟，探索过去、现在及未来可能出现的气候条件与极端事件，将助力欧洲及各国机构更深入地理解、防范并适应天气气候相关风险。

在第一和第二阶段，ECMWF 与欧洲 100 多家合作机构紧密协作，成功实施了“气候变化适应数字孪生”、“天气诱发极端事件数字孪生”以及“数字孪生引擎”项目。同时，在 AI 能力建设方面也取得重大进展，包括开发针对地球系统组件的 AI 模型。

在 2026 年 6 月—2028 年 6 月实施的第三阶段，ECMWF 及其合作伙伴将着力于运行并持续优化气候与极端事件数字孪生及数字孪生引擎。工作重点还将包括推进第二阶段开发的 AI 模型与解决方案，并将数字孪生数据转化为高质量的 AI 就绪数据集，为欧洲 AI 工厂提供数据支持。

（来源：<https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/news/2026/third-phase-destination-earth-confirmed>）

10.英国气象局推出全新两周概率预报系统

近期，英国气象局宣布推出全新的两周天气预报系统，标志着其预报能力实现重大突破。这一创新举措旨在为公众提供更加详尽、更长时间的天气展望，提升预报的准确性和实用性，以更好地服务于日常规划与安全保障。

目前，英国气象局的数字平台提供 7 天天气预报，其中前五日为逐小时预报，后两天为逐 3 小时预报。从未来几个月开始，这一服务将升级为全面的 14 天预报，涵盖降雨量、风速和气温等关键天气要素。

英国气象局近期开展的研究强调了采用基于概率方法进行天气预报的益处，尤其是在长期预报。该方法通过计算特定天气事件（如降雪或降雨）发生的可能性，使用户更清晰地了解潜在结果和风险。

尽管许多第三方天气应用和网站已提供两周以上的预报服务，但英国气象局此前因准确性问题持谨慎态度。新的概率预报系统旨在通过提供解决这一问题，虽然精确度可能较低，但仍被认为对决策具有极高价值。

（来源：<https://britbrief.co.uk/weather/forecast/met-office-launches-new-two-week-weather-forecast-system.html>）

11.新加坡启动新计划以应对天气对航空业的影响

随着天气变化日益影响航班运行、机场容量和航空安全，新加坡正着力提升其航空气象能力并加强区域合作。

新加坡民航局（CAAS）与新加坡国家环境局（NEA）联合推出国家航空气象计划，旨在改进对天气影响影响的预测、减缓和管理，以保障空中交通管制、航空公司和机场运营。该计划汇集航空与气象专家及行业相关方，共同构建研发和运营能力。

此举旨在应对天气原因造成的航班中断事件激增现象。2025 年 1—11 月，樟宜机场因恶劣天气改道的航班达 55 架次，而 2024 年同期仅为 9 架次。全球范围内，严重湍流和对流天气造成的干扰事件同样呈上升趋势。

新计划围绕五个优先领域展开，分别针对影响新加坡及周边地区航空安全的关键天气灾害。

雷电是航空运营面临的主要挑战之一，新加坡是全球雷电最频繁的国家之一。CAAS 和 NEA 将通过增强雷电密度绘图，建立雷电与飞机及基础设施的电磁交互模型，以及采用先进临近预报和分区风险评估等方式来提升雷电预报精度。

湍流是另一个重点领域。2025 年 9 月，新加坡成为首个在《国家航空安全计划（2025 - 2027 年）》中将严重湍流归类为重大飞行风险的国家。相关机构将着力加强湍流预测能力，为航空公司提供更及时、更具可操作性的信息。

对流性天气（包括引发风切变的快速发展雷暴）仍难以预测，且日益成为航班延误和改道的原因。新计划旨在提升对流性天气预报精度，为实时运行决策提供支持。

地面风预报也将得到加强，以协助空中交通管制员更有效地管理跑道方向变更，减少因风向快速变化造成的运力损失。

此外，CAAS 和 NEA 将扩大对飞机尾迹及其气候影响的研究，特别是在亚太地区，该地区数据有限且大气条件与欧洲和北美存在差异。

（来源：<https://www.meteorologicaltechnologyinternational.com/news/transport/singapore-launches-initiative-to-mitigate-weather-impacts-on-aviation.html>）

12. 英伟达推出 AI 天气预报 Earth-2 开源模型

1 月，英伟达推出全新 Earth-2 开源模型、软件库和框架，旨在支持基于 AI 的天气与气候预测，使全球机构更便捷地获得先进的气象 AI 技术。

英伟达称 Earth-2 是全球首个完全开放、加速的软件堆栈，覆盖完整的预报工作流程：从处理观测数据，到生成中期全球预报和短期局部风暴预测。

英伟达表示，Earth-2 的开放特性使科学家、气象机构、开发者、企业和政府能够在其自有基础设施上运行、微调并部署气象 AI 模型。公司将该平台定位为传统物理数值天气预报的低成本、快速替代方案，后者通常需要大量超级计算资源。

Earth-2 堆栈包含预训练模型、推理库和定制工具，旨在减少计算时间的同时保持或提高预报精度。此次新推出的三款开源模型包括：基于 Atlas 新架构的 Earth-2 中期预报模型可支持 70 余项气象变量达 15 天的预测；采用 StormScope 架构的 Earth-2 短临预报模型，利用生成式 AI 技术，实现公里级分辨率的 0~6

小时局地风暴预报；基于 HealDA 架构的 Earth-2 全球数据同化模型，可在 GPU 上数秒内生成预报所需的大气初始条件。

这些模型将与现有 Earth-2 开源组件协同工作，包括用于高分辨率降尺度分析的 CorrDiff 模型，以及提供快速、高精度全球预报的 FourCastNet3 模型。该平台还整合了来自 ECMWF、微软和谷歌等机构的开源模型，并支持通过英伟达开源框架 PhysicsNeMo 进行训练。

（来源：<https://www.meteorologicaltechnologyinternational.com/news/digital-applications/nvidia-launches-open-earth-2-model-family-for-ai-weather-forecasting.html>）

13. 英伟达：从观测中学习精确的风暴尺度演变

精确的短期云和降水预报对于发布强天气预警、保障航空安全和可再生能源运营至关重要。当前该时间尺度的预报主要依赖数值天气模式和外推法，但两者均存在局限性。中尺度数值天气预报模式虽能提供有效预报，但需要专业知识和强大的计算基础设施，限制了其普及性。基于外推法的计算成本低，但其预报精度在 1~2 小时后迅速下降。

这为直接利用地球同步卫星和地面雷达观测数据进行数据驱动的天气预报创造了机会——这些观测数据具有高时空分辨率的特点，能够捕捉中尺度大气演变。

近期，英伟达研究团队推出 Stormscope 系列模型——一种基于 Transformer 架构的生成扩散模型，其训练数据覆盖美国本土高分辨率多波段地球同步卫星图像和地面天气雷达数据。Stormscope 能够生成时间分辨率为 10 分钟、空间分辨率为 6 公里的预报结果，预报时效达 6 小时，可与最先进的中尺度数值天气预报模式相媲美。

Stormscope 生成式架构支持对显式中尺度动力学进行大尺度集合预报，从而实现稳健的不确定性量化。与基于外推法和业务化中尺度数值天气预报模式进行对比评估表明，Stormscope 在 1~6 小时预报时效范围内的确定性及概率性评估指标上均表现领先。通过在观测空间运行，Stormscope 为多模态 AI 驱动临近预报建立了新范式，并可直接应用于业务化预报流程。

该方法具备可扩展性，其计算能力已被证实可适用于更大区域及更高分辨率场景。由于 Stormscope 使用全球可获取的卫星观测数据及雷达数据，它为缺乏

成熟中尺度天气预报系统的海洋区域和国家提供了拓展精确中尺度预报能力的可行路径。

（来源：https://research.nvidia.com/publication/2026-01_learning-accurate-storm-scale-evolution-observations）

14.英伟达推出新一代加速计算平台 推动地球到太空的 AI 应用

3 月，英伟达在 GPU 技术大会上宣布推出其最新一代加速计算平台。该平台专为尺寸、重量与功耗受限的环境设计，为轨道数据中心、地理空间信息收集及自主太空运行提供强大的 AI 算力，实现 AI 应用从地面到太空的无缝部署与运行。该平台包含三大核心组件：

（1）Space-1 Vera Rubin 模块，作为该平台的最新组件，该模块搭载的 Rubin GPU 在太空推理方面提供了超过 25 倍的 AI 计算能力，能够支持大语言模型及先进基础模型在轨运行，从而实现在轨数据分析、自主科学发现并快速生成洞察。

（2）NVIDIA IGX Thor 和 NVIDIA Jetson Orin 平台，该组合专为尺寸、重量和功耗受限的极端环境设计，凭借高能效、高性能的 AI 推理能力，实现在轨边缘计算。其中，Jetson Orin 凭借超紧凑架构与统一计算设备架构，在卫星及太空感知任务中实现实时图像感知与数据处理。

（3）NVIDIA RTX PRO Blackwell 服务器版 GPU，用于在地面端提升地理空间信息的处理能力，通过将地理空间影像处理从传统 CPU 批处理架构迁移至该平台，可使地理空间影像的数据处理效率最高提升 100 倍，确保海量原始像素能够近乎实时地转化为深度洞察，为灾害响应的快速预警、环境监测的自动化分析以及气候预测的精准建模提供核心支撑。

（来源：<https://blogs.nvidia.cn/blog/space-computing/>）

15.Tomorrow.io 宣布推出 DeepSky：全球首个 AI 原生气象传感星座

1 月，天气情报公司 Tomorrow.io 宣布推出 DeepSky，称其为全球首个基于 AI 原生的天基大气与海洋遥感星座，旨在显著提升全球观测密度，以支持新一代天气预报。

随着 AI 在天气预报中的作用日益扩大，Tomorrow.io 指出，当前预报性能的瓶颈主要源于观测数据的可用性与频率，而非计算能力或算法。现代 AI 模型需要密集、高频且多样化的数据输入，而现有卫星基础设施无法持续提供这些数据。

DeepSky 旨在弥补这一差距。该系统采用分布式低地球轨道（pLEO）星座架构，由搭载多种专有传感仪器的卫星组成。该星座设计可实现比传统卫星系统更高的重访率，为全球和区域预报模式提供更快的更新周期，并提升对快速演变及极端天气事件的预测能力。

星座中的每颗卫星都将配备可覆盖广泛波段的电磁频谱的多模态传感设备，用于大气和海洋观测。这种方案将显著提高时空分辨率，同时支持新型传感器的应用——此前由于成本或重访率限制，这类传感器仅限于定制化的科学任务。目前该项目已进入开发阶段，计划分阶段部署实施，更多细节将随着项目推进陆续公布。

（来源：<https://www.meteorologicaltechnologyinternational.com/news/satellites/tomorrow-io-announces-deepsky-ai-native-weather-sensing-constellation.html>）

16.Sinansys 公司验证量子增强极端天气智能技术

1 月，新一代供应链韧性平台 Sinansys 公布了一项全面验证研究的结果，该研究表明，基于量子技术的极端天气智能解决方案，可以帮助高度受气候影响的行业更早预判风险并更进行有效应对。Sinansys 公司与全球量子驱动解决方案领导者 Dynex 紧密合作，共同开发了这一极端天气推理解决方案。

该研究评估了将事件级别的极端天气推理信息集成至供应链风险工作流程中的效果，并通过 Dynex 专有的量子即服务（QaaS）技术在云端量子比特无关（qubit-agnostic）计算平台上大规模模拟各种场景。研究证实将 Dynex 极端天气推理输出整合至 Sinansys 工作流程后，可显著提升对高影响天气事件的早期识别能力，这些事件通常会引发全球供应链的运营、资产和财务中断。利用共同开发的 Dynex QaaS API，Sinansys 对 2025 年美国的 241 起历史极端天气事件进行了评估，涵盖了与物流、制造业、农业、能源和关键基础设施相关的 48 个事件类别。

在验证中，Dynex QaaS 模型在明确的时空匹配标准下，实现了 94.61% 的总体事件级检测准确率。在长达 14 天的提前预警期内，仍保持 90% 以上的观测准确率。其误报率仅为 2.5%，显著提升了决策可靠性并减少了不必要的减灾行动。

（来源：<https://www.einpresswire.com/article/880727287/sinansys-validates-quantum-enhanced-extreme-weather-intelligence-for-asset-intensive-industries>）

17. 小型卫星传感器有望变革天气预报

近期，由 Spire Global 公司与英国卢瑟福·阿普尔顿实验室（RAL）联合开发的高光谱微波探测仪（HyMS），搭载 SpaceX “暮光” 任务成功发射升空。

该传感器体积仅为鞋盒大小，却集成了先进的微波探测技术。其研发工作基于 STFC RAL Space 毫米波技术组的成果，由 Spire Global 公司牵头开展 HyMS 飞行有效载荷的工程研制，将其集成到一颗小型卫星中。

准确的天气预报依赖于对大气温度和湿度的精确测量，但云层遮挡使得从太空进行持续观测面临困难，而微波能够穿透云层采集这些数据。HyMS 设计目标是让这些测量比以往更加频繁且更加精细。

传统气象卫星体积庞大，研发和发射成本高昂。通常每天仅能对同一地点回访一次，这限制了对热带风暴、高影响天气事件的追踪能力。HyMS 不仅具备更高频的分辨率，且体积更小、价格更实惠，为部署多个传感器以实现更频繁的大气采样提供了可行路径。

Spire 计划在未来的一系列卫星中推广 HyMS，并向全球更多机构（包括目前观测数据稀缺的海洋等偏远地区）更频繁地提供这些测量数据。

（来源：<https://www.ukri.org/news/small-satellite-sensor-set-to-transform-weather-forecasting/>）

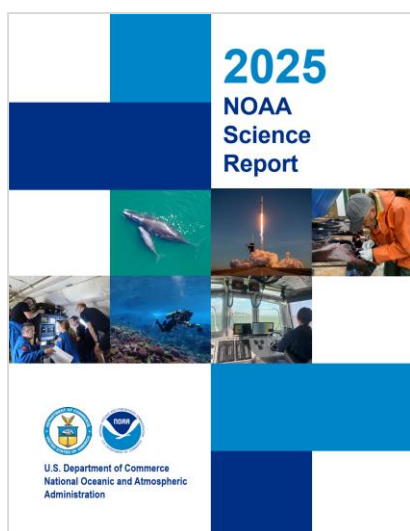
权威机构报告

1. WMO：《全球气候状况报告（2025）》

3 月，WMO 发布报告确认 2015—2025 年是有观测记录以来最热的 11 年，其中 2024 年全球平均气温较工业化前水平升高约 1.55℃，首次突破《巴黎协定》1.5℃ 的温控阈值，2025 年虽回落至 1.43℃，仍位列 1850 年以来最暖年份前三。高温热



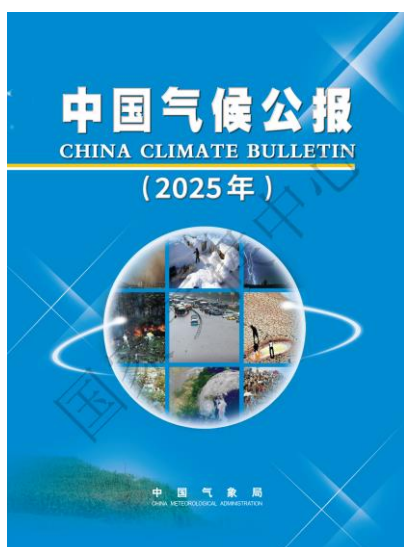
浪、暴雨洪水、热带气旋、干旱、野火等极端事件频发，给人类社会与生态系统带来显著冲击。（来源：<https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/72459>）



2. NOAA：《2025 年科学报告》

2 月，NOAA 发布其年度科学报告，重点展示五项进展：一是发射首颗专用业务卫星 SOLAR-1，加强空间天气预报；二是快速响应洛杉矶山火，采集样本研究火灾对海洋生态的影响；三是测试无人机与轻型探空仪，深入飓风内部采集极端环境数据；四是将卫星影像与 AI 结合，从太空探测濒危的北大西洋露脊鲸位置，助力海洋哺乳动物保护；五是部署太阳能无人航行器，提前检测有害藻华。这些进展有力推动了 NOAA 的研发事业，减轻了灾害天气影响，促进了海洋资源的可持续利用。

（来源：<https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/72459>）



3. CMA: 《中国气候公报（2025 年）》

1 月，中国气象局发布公报，全面分析了 2025 年中国气候基本概况、气候系统监测状况和主要气象灾害及极端天气气候事件，综合评估气候对各行业、环境、人体健康等的影响。

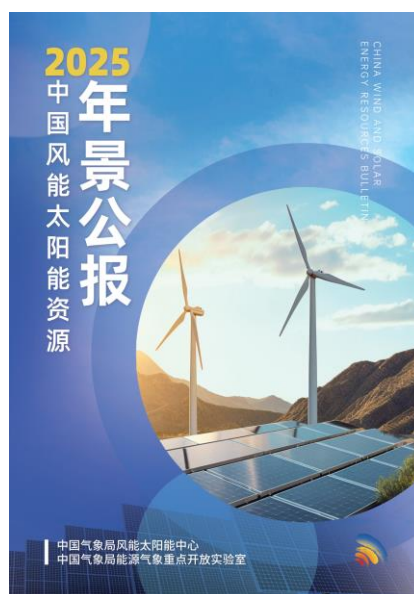
2025 年，我国暖湿气候特征明显，天气形势复杂，极端事件多发强发。主要特征如下：（1）全国年平均气温 10.9°C ，与 2024 年并列为历史最高，高温日数为历史最多；（2）全国平均降水量较常年偏多 4.5%，华北雨季雨量和持续时间均列历史第一、华西秋雨雨量为历史最多；（3）台风生成和登陆个数均偏多，秋台频繁影响华南；（4）气象干旱总体偏轻，但区域性和阶段性特征明显；（5）冷空气过程次数接近常年、但寒潮过程偏多；（6）大风日数为 1991 年以来最多，强对流天气过程次数偏少但局地致灾重；（7）春季沙尘过程次数偏多，首次沙尘天气过程发生晚。（来源：https://www.cma.gov.cn/zfxxgk/gknr/qxbg/202602/t20260212_7605370.html）

4. CMA: 《2025 年中国风能太阳能资源年景公报》

1 月，中国气象局发布公报，基于最新风能太阳能资源数据集，对 2025 年全国风能太阳能资源情况和相对过去 10 年、30 年平均资源量变化情况进行了分析。

为适应当前风电机组大型化发展，更有针对性地支撑风电行业精细化评估需求，《公报》增加了 140 m 高度的风能资源分析。140 m 高度陆地年平均风速约为 5.1 m/s ，年平均风功率密度约为 202.3 W/m^2 。此外，《公报》增加了部分海上风能资源的分析和年景评估，为国家深远海风电开发提供依据。全国部分海上区域 100 m 高度年平均风速约为 7.8 m/s ，140 m 高度年平均风速约为 8 m/s ，风能资源十分丰富。

（来源：https://www.cma.gov.cn/zfxxgk/gknr/qxbg/202602/t20260212_7605357.html）



气象前沿资讯

Meteorological Frontier Newsletter

技术编辑：马雷鸣 谈建国

编 制 组：李婧华 张定媛 高艾祺 张黎黎 马 杰
卞娟娟 曹 钰



气象前沿资讯

Meteorological Frontier Newsletter

