

深度观察



图①：风云三号H星效果图。

跨越山海，气象人工智能方案在40多个国家试用

每天，地球各个角落，都可能在经历极端天气。

在阿富汗，一场强对流来袭，局地伴有冰雹；在乌干达，接连两场强对流突袭，伴随局地短时强降雨……

强对流天气尺度小、突发性强、生命史短、影响大，是气象预报的世界性难题。依靠中国气象人工智能，阿富汗、乌干达均提前捕捉到信号，迅速发布预警，为转移群众、减少损失提供支撑。

这些走出国门的中国气象人工智能，有一个共同的名字“妈祖”。

“妈祖”是中国气象局响应联合国倡议推出的全民早期预警方案，缩写“MAZU”有着严谨的科学内涵——M(Multi—hazard，多灾种)、A(Alert，预警)、Z(Zero—gap，零差距)、U(Universal，普惠)。

“妈祖”通过建设云端早期预警平台助力各国应对气候变化挑战。平台上每种人工智能都是一个“工具箱”，针对不同国家需求，提供定制化“工具箱”，实现各类气象风险监测、预警、发布、响应全链条“一站式”解决。

在巴基斯坦，冰湖溃决洪水、季风爆发、暴雨等气象灾害多发，中国气象局和巴基斯坦有关部门联合建设巴基斯坦云端早期预警系统，为这三类灾害性天气定制预报预警。2025年10月，定制化系统实现本地部署应用。

“通过这套系统，我们能够使用人工智能等先进技术和更多的模型来开展天气预报。”巴基斯坦气象局专家巴扎尔·奇玛表示。

“围绕蒙古国常见气象灾害，如大风、暴雨、沙尘和白灾，‘妈祖’接入风云2H气象卫星的积雪数据，设计了 workflow 提示词，用当地语言生成避险指引，实用性很强。”蒙古国国家气象与环境监测局预报员阿尔坦苏布德·博尔德说。

蒙古国应用的气象人工智能由上海市气象局牵头研发，名为“妈祖”城市多灾种早期预警智能体(MAZU—Urban)。智能体集成了风险评估、监测预报、预警传播、应急响应“四大支柱”工具。2025年10月，中方技术骨干配合蒙方完成智能体本地部署工作，并开展相关技术培训。最近，根据蒙古国航空气象服务，乌兰巴托城市内涝影响预报等需求，中蒙气象部门着手提升“工具箱”的普适性。

在老挝，中国气象人工智能定制了一揽子多语种预警信息发布服务方案。“这是一个很好的预警信息发布平台，将帮助老挝社会、经济部门更好地应对洪水、干旱等灾害。”老挝气象水文局副局长维恩赛·马尼翁说。

如今，“妈祖”平台上的“工具箱”越来越多，2024年6月中国气象局发布的“风清”“风顺”人工智能气象预报系统，已全部接入“妈祖”云端早期预警平台。

服务场景越来越广泛，有云端版、基础版、专业版、旗舰版、城市早期预警版、农业早期预警版等，适配多种气象灾害和城市、农业等各类气象风险场景。

“目前，‘妈祖’已经在巴基斯坦、埃塞俄比亚、所罗门群岛、吉布提、蒙古国5个国家实现落地部署与实时应用，在亚洲、非洲、大洋洲的43个国家和地区开展在线试用。”中国气象局国际合作司司长曾沁介绍。

中国气象局坚持“妈祖”人工智能模型开源、平台共享、数据开放。世界各国都可以直接在云端使用人工智能模型，也可以和我国气象部门合作部署落地各类版本。

随着气象人工智能“走出去”的不仅是硬技术，我国还通过培训班、访问学者等软措施，同步帮助各国培养专业人才，实现合作共建。

2025年夏天，埃塞俄比亚气象局遥感与气候处处长勒塔·贝克勒·吉迪，来到中国气象局交流学习。未来，她将与中国同事一起研发针对热浪等灾害性天气的人工智能预报模型。

2025年夏天，埃塞俄比亚气象局遥感与气候处处长勒塔·贝克勒·吉迪，来到中国参加培训，并与中国气象团队合作，开发出埃塞俄比亚雨季预测模型，准确率达到65%以上。

预计2025年至2027年，中国气象局还将在早期预警、风险评估、气候变化等领域，为发展中国家提供2000人次以上的短期培训，100人

妈祖出海记

次相关专业的本硕博奖学金，资助50名长期访问学者。

中国气象人工智能正将先进的技术转化为全球可感、可用的减灾实效，中国方案跨越山海，成为筑牢全球早期预警屏障的重要力量，助力世界各国建设更加美好的家园。

攻克“痛点”，开拓气象人工智能“出海”之路

气象人工智能“走出去”的一小步，是我国气象科技发展的一大步。

人工智能是当今世界最具颠覆性的先进技术之一，掌握人工智能技术，是气象科技发展的需要。然而，自主研发人工智能模型，要攻克诸多技术难点，尤其是气象业务“痛点”：对极端天气“视而不见”——

极端天气如雷暴大风、冰雹，生命周期短、突发性强，在海量气象数据中占比小。常规人工智能模型擅长捕捉统计均值，极端天气的数据在统计中被“削峰填谷”，因此模型对极端天气往往“视而不见”。此外，人工智能学习的是历史经验，历史上没有出现过的极端天气，人工智能模型就报不出来。

怎么让人工智能模型更接近“看见”极端天气？国家气象中心副主任代刊介绍，国家气象中心研究团队摒弃了通用的黑盒训练模式，面向强对流等极端天气这一预报难点，专门研发了时空演变特征捕捉算法。通过独创的样本加权与特征增强技术，引导模型重点学习极端天气发生前后的关键演变信息，使其在识别

天气系统从初生、发展到消亡的全生命周期特征方面，逐步接近资深预报员的经验判断水平。相关研究显著提升了人工智能对极端天气的感知与识别能力，在一定程度上改善了“报不准”的问题，但对极端天气“报不出”这一根本性挑战仍在持续攻关之中。

生成式人工智能会出现“幻觉”——生成式人工智能模型有时会凭空生成一些虚假的天气预报，这些天气预报看起来像真实的天气图景，实际上违背了气象学常识或大气运动的物理规律。

如何剔除这些“幻觉”？国家气象中心研究团队采用物理与数据双驱动的技术路线，



将大气动力学方程和物理约束机制深度嵌入神经网络。这样，既保留了人工智能强大的非线性拟合能力，又确保了预报结果符合大气运动规律，大幅提升了预报的可解释性和科学性。

上海人工智能气象应用创新中心人工智能天气预报团队提出“确定式+概率式”级联方案。“我们先用确定性模型‘画’出中大尺度降水趋势，再让生成式模型聚焦小尺度极端天气事件。此外，设计基于概率匹配的学习方法，让模型重点关注历史案例中的‘异常点’。”团队负责人曹原介绍，在这些策略的共同作用下，那些曾被视为“噪声”的极端天气数据，成为训练的“黄金样本”，也抑制了人工智能“幻觉”产生。

“数字鸿沟”、模型落地应用难——当“妈祖”走向全球，数据壁垒、标准差异、算力基础等挑战接踵而至。

“应对这些挑战，需要加强通用化与可迁移模型的研发，并通过联合研发、开放合作和能力建设提升合作方的业务基础。”代刊说。

在网络建设薄弱国家和地区，城市多灾种早期预警智能体采用数据裁切压缩算法将传输量大幅减少，从而有效提升传输效率。“我们没有简单依赖网络条件的改善，而是从数据处理和传输机制入手，主动开展技术优化。”上海市气象信息与技术支持中心、城市多灾种早期预警中心主任赵洋说。

为充分尊重并保护各国的气象数据主权，中国气象局坚持采取“算法出海，本地调试”的模式。

气象人工智能模型的研发不仅仅是代码的升级，更是一场对大气科学认知的深度重构。唯有超越模式算法、回归事物本身，才能找到气象人工智能跨越式发展之路。

跨越“鸿沟”，气象人工智能还要转化为预报员手中的利器。国家气象中心通过SWAN3.0“智效平台”，将复杂的人工智能推理结果转化为直观、可操作的决策依据，直接嵌入一线预报员的工作流中，并触发递进式服务、高级别“叫应”机制、部门联动机制等。

很快，这些宝贵的中国经验将通过“妈祖”上“云”出海。中国气象局2025年10月发布的“风和”气象服务人工智能模型，即将接入“妈祖”云平台。“风和”拥有强大的气象专业任务解决能力，能为各国提供定制化服务方案，推动预警转化为防灾减灾行动方案。

中国气象科技，正持续弥合技术鸿沟，普惠全球。



胸怀天下，“妈祖”展现中国实力中国理念

为何“妈祖”中国方案能走向全球？从气象部门应对台风“剑鱼”的过程中，能窥见答案。

2025年8月23日上午，台风“剑鱼”在南海中部生成。由于南海海温相对较高，“剑鱼”快速增强为强台风，带来狂风暴雨。

“剑鱼”生消变化，早已被我国世界最大的气象观测网捕捉。风云气象卫星不停在天上快扫，开展多要素三维立体监测，以分钟级速度生

成资料；气象雷达“抓到”回波，迅速形成雷达图；海上观测站实时监测，传回观测资料……

中央气象台加密会商，利用卫星云图、雷达图、观测站资料等，分析台风云系的特征及变化，用数值模式进行计算，用人工智能补充，开展集合预报台风路径订正，最后算出“剑鱼”的24小时移动路径预报结果。

预报结果显示，“剑鱼”将在海南岛沿海擦过或登陆，2025年8月25日登陆越南。

中央气象台第一时间与越南国家水文气象总局预报中心沟通，进行联合会商，并同步在云端气象早期预警系统、国际气象早期预警业务支撑平台等发布预报信息，供东南亚国家气象



水文部门参考使用。

高水平科技自立自强、高水平业务能力和高水平人才，支撑全球观测、全球预报、全球服务，为气象人工智能“破浪出海”提供了条件。

今天，地球上每一次风霜雨雪天气过程，尤其是台风、暴雨等极端天气，我国气象部门均能观测、预报、服务。

这得益于我国加快推进气象科技能力现代化，气象卫星、天气雷达、数值预报、气象人工智能和大数据能力不断夯实，气象观测、预报各环节“咬合式”发展，综合实力不断提升。

作为气象“芯片”的数值预报模式，我国已实现完全自主可控。我国自主研发的人工智能气象模型，与欧美发达国家的模型共同领跑人工智能技术气象应用。

看看这些人工智能的优越性能：计算10公里格点的全球预报模式，数值预报要2小时才能出结果，而“风清”半小时就出结果，达到国际主流模型水平；一场伴随大风、小冰雹、短时强降雨的强对流天气，对传统预报来说是难题，而“风雷”提前1小时捕捉到信号；在2025年汛期预报中，“风顺”提前1个月把握住了我国主要



记者手记

为全球气象预警贡献中国智慧

李红梅

台风、洪涝、干旱……在全球气候变暖背景下，极端天气在全球各地多发频发。应对气候变化，既要开展城市、农业、水利、生态系统等领域韧性建设，也要加快建立完善气象监测、预报、服务体系，提升早期预警能力，守护人们生命、财产安全，减少损失。

气候变化已成为人类共同的挑战，没有任何国家能够独善其身。应对气候变化，我国拥有科技实力，也探索了宝贵的早期预警经验，被世界气象组织称为发展中国家的典范。响应联合国全民早期预警倡议，我国通过“妈祖”方案向世界共享先进的技术、经验和机制，用中国方案助力各国提升早期预警能力，应对气候变化挑战。

雨带的分布特征，超过世界领先的欧洲中心现有数值预报模式水平……

这些技术先进的气象人工智能模型，在“妈祖”技术底座云端平台上向全世界开源，为全球提供服务。

硬核的科技实力，独具特色的中国早期预警经验，成为“妈祖”走向世界的底气。

中国气象人工智能正在走向全球。在2024年9月举行的中非合作论坛北京峰会上，建设气象早期预警平台等被纳入中非携手推进现代化十大伙伴行动；

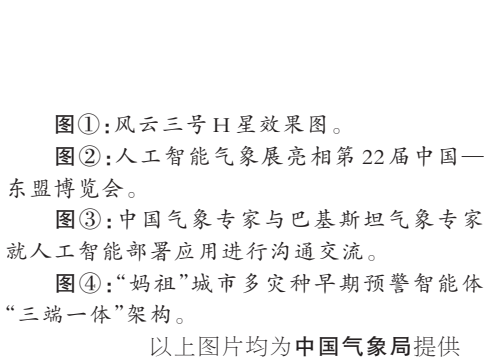
2024年11月，在《联合国气候变化框架公约》第二十九次缔约方大会上，中国发布《早期预警促进气候变化适应中国行动方案（2025—2027）》，明确将助力提升发展中国家早期预警和适应气候变化能力等；

在2025年8月举行的第七届中国—阿拉伯国家博览会上，中国气象局与阿拉伯国家达成三项合作举措，分别与阿联酋、约旦、埃及开展合作，研发气象人工智能模型等；

在2025年9月举行的第四届中国—东盟气象合作论坛上，中国气象局首次启动中国—东盟气象人工智能模型应用联合创新行动，与东盟国家共同构建区域人工智能气象预报模型体系；

最近，由中国气象局牵头实施的世界气象组织首个全球人工智能示范项目，正在联合国内外20余个气象部门、科研机构以及全球科技巨头企业共同推进，中国实践成为全球气候治理的重要参考……

“妈祖精神与早期预警的核心价值高度契合，体现了救助、亲民、智慧的内涵。”曾沁说，气象部门将以推动构建人类命运共同体的使命感，通过“妈祖”方案向全球气候治理贡献中国智慧、中国方案，携手各国共建全民早期预警网络，共同应对气候变化挑战，建设更加安全、更加美好的地球家园。



本版责编：蒋雪鸿  
版式设计：张芳曼