

当天气预报成为“作战参谋”

■ 王奕阳 林浩军 黄旭杨

“今天有雨，记得带伞。”在日常生活中，出门前查看天气预报，已经成为许多人的生活习惯。而在军事领域，气象保障的意义早已超越生活范畴，成为影响战场胜负的关键因素。

与民用天气预报相比，军事天气预报要求更高，不仅需要分析不同天气条件对作战的具体影响，如大气折射率对雷达探测的干扰情况、云层高度对战机防空的掩护效能、沙尘暴对导弹制导精度的削弱程度等，还要给出相应的应对措施。换句话说，天气预报已经成为辅助战场指挥决策的“作战参谋”。

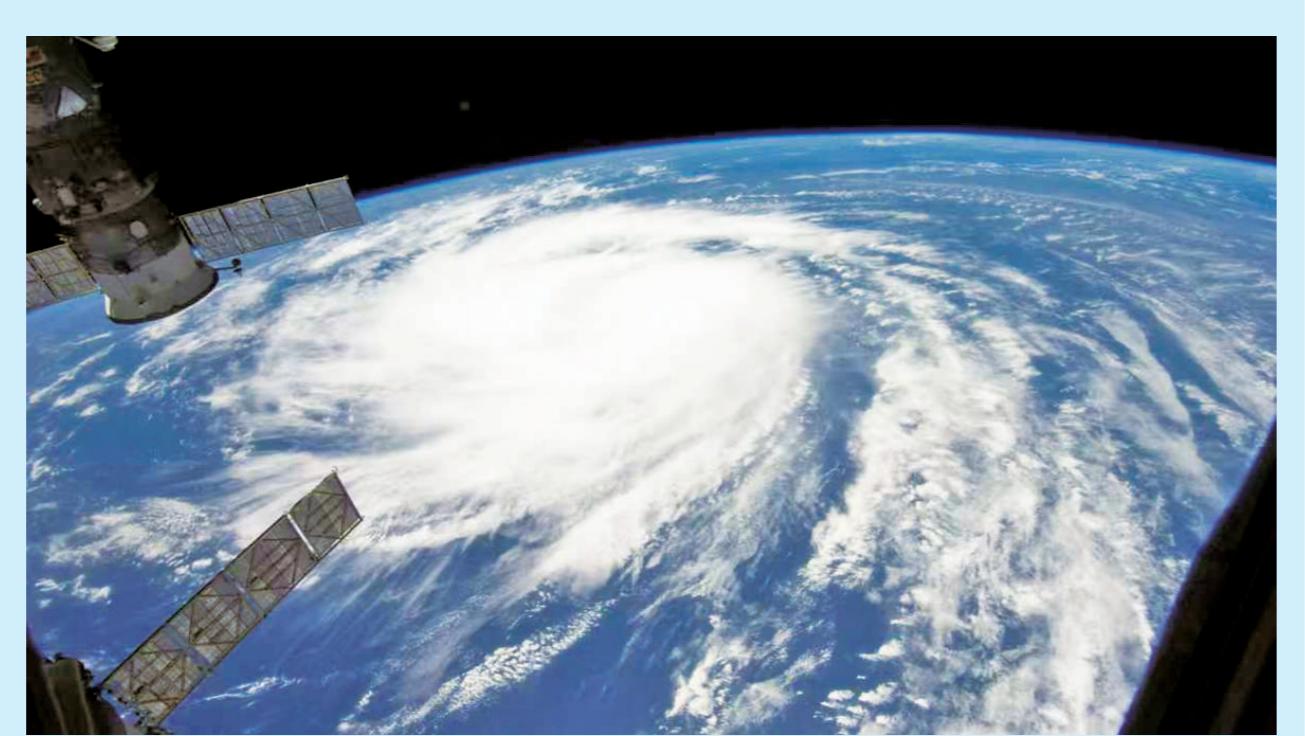
立体化监测网络提供全面气象信息

随着现代战争不断朝信息化、智能化演进，战场气象信息的获取方式从依赖地面观测点，发展到如今融合地表、空中和太空探测手段的立体化、智能化监测网络，以更好地获取全面精准的气象信息。

作为战场气象的“地面哨兵”，地基监测主要依靠部署在各处的地面观测点，对战场环境的基础气象要素进行持续监测。例如，北约推动部署的自动化气象站，配备无人机、气象气球等新型探测设备，可高效获取战场关键区域的温度、湿度、气压、风力等地面气象信息。这些部署于前沿阵地、边防要点的地面观测站，通过提供实时、连续的战场气象信息，构成整个监测体系的基础。

天基监测居于整个监测网络顶端，主要负责大范围天气监视与全球气象数据采集。美国依赖“国防气象卫星计划”(DMSP)和正在推进的“光电/红外天气系统”(EWS)等专用军事气象卫星，可实现对全球任意区域气象环境的持续监视。这些卫星可提供关键的云图、海况、空间天气等情报信息，为长期气候预测和重大军事行动提供气象支持。

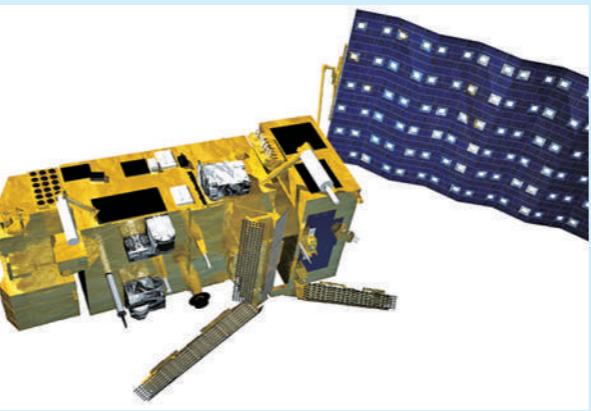
作为以上两种监测手段的补充，空基监测利用探空气球、载人飞机或无人机，将传感器带入从地面到大气层不同高度，实现对大气在垂直结构上的精细探测。这种方式能够有效监测低空风切变、湍流等对航空作战影响重大的危



2014年10月，“贡萨洛”飓风横扫位于北大西洋西部的百慕大群岛，这是气象卫星从太空拍摄的“贡萨洛”飓风云图。



美国空军特种作战气象小组人员正在训练释放气象气球。



Meteosat卫星是欧洲最先进的地球同步气象卫星，配备闪电成像仪等，用于探测、监视和跟踪闪电。

险气象。

立体化监测网络不仅需要多平台协同观测，而且依赖将各平台数据深度融合处理的“神经网络”和高效通信链路，确保“地一空一天”数据能够实时、可靠地传输至指挥中心。俄罗斯海军的水文气象保障系统、综合利用卫星、岸基雷达、舰载传感器和飞机等多种平台，对海洋环境进行立体监测，即使系统中的个别平台遭到破坏或出现故障，整个系统仍能通过其余平台的数据维持气象感知能力。

智能化数值预报系统改变气象保障模式

通过探测得到大量一手气象信息后，如何对其进行有效利用，将其转化为任务规划、装备运用乃至战术选择的重要参考情报，有赖于数值天气预报和人工智能的应用。

数值天气预报是现代天气预报的核心技术，与过去依靠统计学和经验分析的天气预报方式不同，数值天气预报背后是一套基于物理定律的精密计算过程：通过把大气运动遵循的物理规律转化成一系列复杂的数学方程，再借助超级计算机进行求解，从而推演出未来一段时间内的天气变化。

在军事应用场景下，数值天气预报呈现出专业化、精细化适配趋势。一些国家正在开发专为特定战区和任务使用的高分辨率区域模型，将精度优化至公里级甚至更高，并引入与武器装备使用密切相关的特殊参数，如大气折射率、海水温度和盐度剖面等，从而更好地满足诸如隐形战机突防、超低空飞行、精确制导武器打击以及无人机集群行动等作战需求。这些作战行动对于微尺度下的气象条件有着近乎苛刻的适应要求。

人工智能的核心优势在于能够对海量气象数据进行深度分析和挖掘。相比以往的数字模型，人工智能模型在预测

突发性、灾害性天气(如短时强降水、雷暴大风、低空风切变)方面，拥有更高的准确率和更长的预警时间，并能将气象预测结果直接用于辅助战术决策。

通过融合来自卫星、雷达、地面观测站、无人机乃至武器平台自身的多源实时数据，人工智能系统能够进行动态的战术环境分析与评估。例如，在无人机集群作战规划中，人工智能系统可以综合分析未来数小时战场空域的云层分布、风向/风速变化、湍流概率等信息，自动生成有效规避敌方探测和恶劣天气威胁的最优航线。当无人机编队在执行任务途中遭遇突发风切变或晴空湍流时，人工智能系统凭借强化学习算法，可在秒级甚至毫秒级内为每架无人机重新计算安全的飞行参数，或调整队形配置，确保任务顺利进行。

可以说，数值天气预报与人工智能的协同发展和优势互补，正在改变军事气象保障模式，使其从单一的气象信息提供者，转变为影响指挥决策的智能化

参与因素。

气象干预技术孕育非对称打击手段

在预测和分析气象数据的基础上，科学家们进一步提出更大胆的设想：应对乃至干预气象环境。

气象干预技术，常被称为“气象武器”，是通过人为手段影响或改变局部天气，以制造利于己方、阻碍或破坏敌方的战场环境，是军事气象技术领域最具争议性的分支。气象干预技术是将自然力量转化为潜在的作战要素，其应用从早期的战术掩护手段，逐渐发展为具备战略威慑潜力的非对称打击手段。

二战期间英军曾燃烧航空燃油为机场消雾，保障飞机正常起降。越南战争期间美军出动数万架次飞机，在“胡志明小道”等补给线上空投放了大量催雨剂，人为延长雨季，导致洪水泛滥、道路中断，迟滞了越南军队的后勤运输。这些都是气象干预技术在战役层面的应用效果。

更具破坏潜力的是引导或影响大型气象系统。例如，对成熟的台风系统施加人工干预，向其云层内播撒碘化银等催化剂，有可能改变其内部能量结构，达到微调其路径或强度的目的。澳大利亚国立大学研究人员通过计算机模拟发现，在台风形成初期，通过投放特定类型和浓度的气溶胶颗粒，可以扰乱台风的能量积累过程，进而限制其强度发展。美国曾进行代号“黛比”的台风引导试验，通过飞机播撒催化剂，使台风风速减弱并发生路径偏移。虽然其控制精度远未达到完全可控的程度，但将台风引向特定区域的设想，理论上能对沿海地区造成毁灭性打击，展示了气象干预可能蕴含的战略意义。

还有一些气象武器处于概念探索阶段，如地震武器。其源于观察到地下核试验可能触发周边地区地震活动，因而设想通过特定方式释放地壳能量诱发地震。目前，这类概念武器绝大多数停留在早期探索和极有限的实验阶段，实际军事应用的可行性极低。

鉴于气象武器的难预测性与自然极端天气的不确定性，对其防御和反制变得极其困难，应对方式也并非传统意义上的直接拦截，而在于建立覆盖全域的气象预警监测网络，减少恶劣气象环境对军事行动带来的影响和破坏。另外，虽然无法完全阻止有害的气象活动，但精准的早期识别和预警能为关键基础设施防护、军事部署调整和民众疏散争取宝贵时间，最大限度地减轻其破坏程度。

军事气象技术从最初的辅助保障手段，发展成为集感知、预报、干预于一体的关键作战能力，真正承担起“作战参谋”的职能。目前，军事气象技术正朝着智能化、精细化方向加速演进，并将持续影响和改变战争形态。

前沿技术

磁共振探雷器可提升扫雷效率30%



扫雷人员测试新型手持式探雷器。

据外媒报道，澳大利亚一家公司研发出一款新型手持式探雷器。据称，这款探雷器起初是为矿业勘探开发的磁共振传感设备，经过改进后用于人道主义扫雷。目前，安哥拉的扫雷人员正在对其进行测试。

新型探雷器采用非接触式地面穿透磁共振传感技术，具有分子级探测、特异性识别和强抗干扰能力。它能通过发射低频无线电脉冲，激发爆炸物分子中的原子核自旋并接收其信号，识别特定爆炸物。另外，它还能区分不同爆炸物的独特分子结构，且不受土壤矿化或金属碎片影响。相比之下，传统的金属探测器不具备这些功能。

新型探雷器操作便捷，只要经过简单培训，扫雷人员就能掌握其使用方法，并快速投入扫雷工作，可使扫雷效率提升30%以上。

新型人造肌肉可承受4000倍自重物体



新型人造肌肉可灵活改变软硬程度(示意图)。

近日，韩国蔚山科技大学研究团队研发出一种新型人造肌肉，可灵活改变软硬程度，受到外界关注。

目前的人造肌肉或“柔软无力”，或“坚硬难伸展”，限制其使用场景。新型人造肌肉采用“隐形骨架+弹性外衣”结构，可在“柔软灵活”和“坚硬有力”之间灵活切换，在刚性状态下可承受相当于自身重量4000倍的物体，在软化状态下能拉伸至原来长度的12倍，收缩应力是人体肌肉的2倍以上，大大拓展了人造肌肉的适用范围。

新型人造肌肉有望用于开发多功能人形机器人和可穿戴设备。使用其制造的柔性外骨骼设备，可以让士兵兼顾机动性与更强的负重能力。新型人造肌肉还可用于制造可折叠起重装置和防护装甲等，革新战场保障与防护模式。

全球最大军用运输机将可装载多架战机



“凤行者”与C-5、C-17对比(概念图)。

据外媒报道，美国一家公司计划研发一款名为“风行者”的新一代军用运输机。该公司宣称，这将是全球最大的运输机。从公布的概念图看，其尺寸和内部容积可能远超美军现役运输机。

“风行者”军用运输机长108米、翼展80米、高24米，巡航速度0.6马赫(约740千米/小时)，货舱容积超过6800立方米，相当于C-5“银河”运输机货舱容积的7倍、C-17重型运输机的12倍，可容纳6架CH-47直升机，或4架CV-22倾转旋翼机或4架F-35战斗机等。

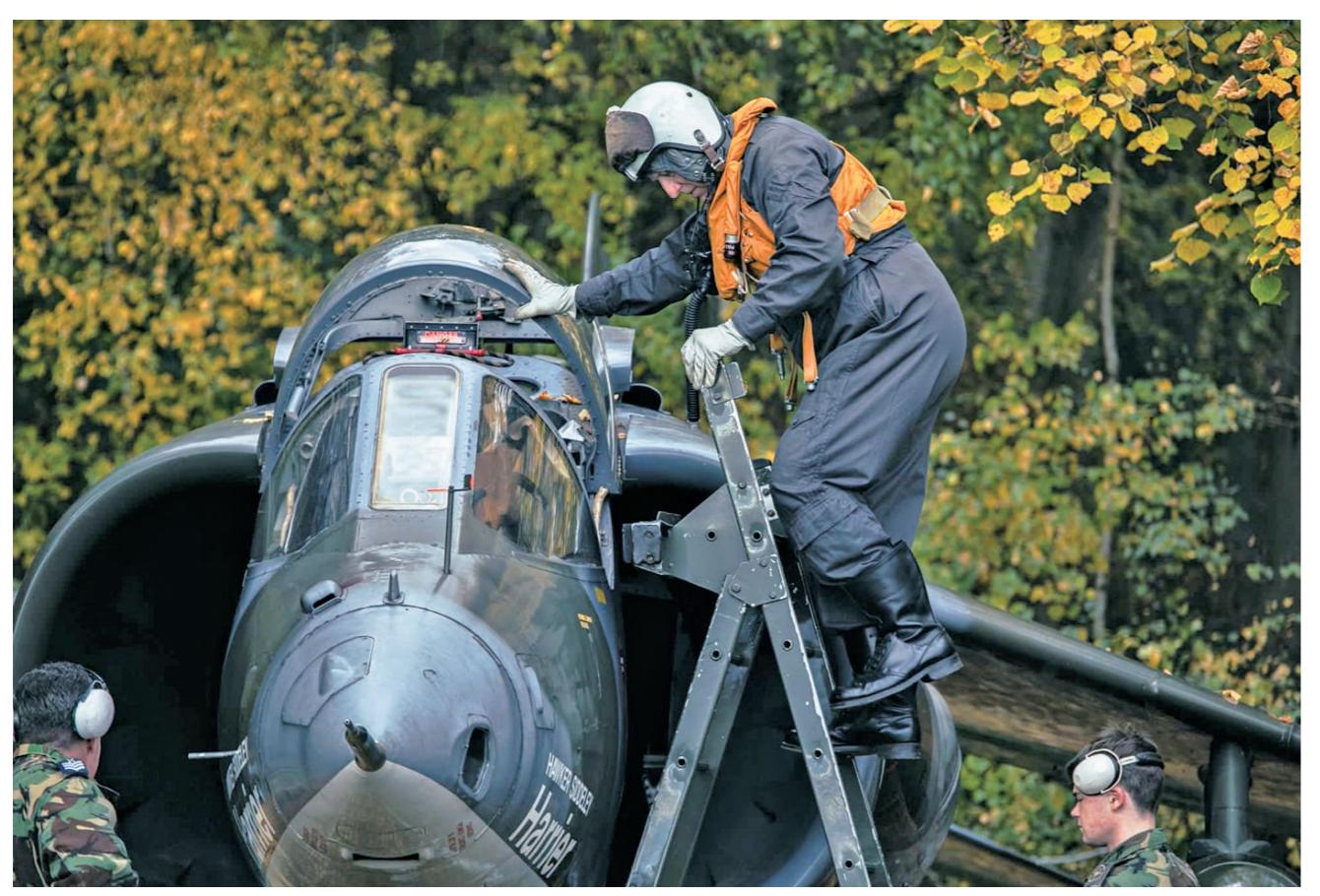
“风行者”军用运输机采用滚装方式装卸货物，可与地面运输基础设施兼容，货物无需拆卸即可装运。该机起降时所需跑道较短，还能在野战机场使用，支持弹性战斗部署。不过，“风行者”军用运输机的有效载荷量仅72吨，航程2000千米，远低于美军现役运输机。该公司称该机注重扩大机舱内部装载空间，而非有效载荷量。

“风行者”军用运输机预计将于2030年投入使用，该计划的可行性受到关注。

(子渊)

林间之“鹤”

■ 虹 摄



左图中，一名英国飞行员身穿老式连体飞行服和橙色救生衣，爬上锈迹斑斑的登机梯，准备进入一架“鹤”式GR.MK3短距/垂直起降攻击机座舱。飞机后方黄绿相间的树叶，显示出这是位于森林中的一处野战机场。

这张照片拍摄于2022年英国航空摄影协会与英国空军威特林遗产中心共同举办的战争重演活动上，再现了20世纪70年代英国空军“鹤”式攻击机在野战机场部署的情景。

“鹤”式攻击机是世界上第一款实用型短距/垂直起降战机，其研制初衷是在核战爆发、机场被毁的情况下，确保能够从停车场或林间空地起飞执行任务。该机采用一台“飞马”涡扇喷气发动机，喷口可以向下偏转，使战机能够像直升机一样垂直起降。“鹤”式攻击机于1966年8月首飞后，陆续又发展出“鹤”“海鹤”“鹤II”等系列型号，装备英国空军和海军等。

20世纪70年代，英国空军将主要用于对地攻击的“鹤”式GR.MK3攻击机部署在欧洲本土。工程人员在茂密的森林中修建了大量野战机场，这些野战机场的停机坪用伪装网遮盖，加上浓密的树荫掩护，很难通过航空侦察发现。“鹤”式攻击机在这里完成弹药挂载、油料加注等作业，一切准备就绪后滑向林间空地，以垂直起飞方式迅速升空飞走。

早期的“鹤”式攻击机在不挂载副油箱的情况下，作战半径不足100千米，可挂载的炸弹和火箭弹数量也有限，因此主要执行近距离支援任务。这些攻

击机平时部署在军用机场上，战时则进驻野战机场，避免被“一锅端”。野战机场通常位于前线后方数十千米处，机场内预先储备了可供数架攻击机使用的油料、弹药等物资，保障战机的基本作战需求。野战机场外围还有少量警戒部队，配备便携式防空导弹，用于拦截、驱赶敌方侦察机、攻击机等，为机场提供掩护。

“鹤”式攻击机的野战部署主要是为了应对核战爆发初期的紧急态势，凭借独特的短距/垂直起降能力，从林间隐蔽出击，最大程度杀伤敌军，稳固前线战局。不过，“鹤”式攻击机的飞行性能和攻击能力相对较弱，面对防空导弹的猛烈打击，在对地攻击作战中幸存下来的可能性很低。另外，野战机场距离前线很近，处于敌方火力范围内，一旦暴露位置将会被夷为平地。当第一道防线被突破后，剩余的“鹤”式攻击机将撤退到第二防线后，依托那里的野战机场继续作战。

整个冷战期间，英国在欧洲本土部署了3个“鹤”式攻击机中队，其维护费用比常规战斗机中队高出15%，英国人认为“鹤”式攻击机的作战优势足以抵消这一不足。如今时过境迁，陆基攻击机拥有更远的航程和更大的作战半径，能够从千里之外起飞执行作战任务，无需将战机部署在敌方火力射程之内。林间“鹤”的身影，已经消失在历史的天空。

图文兵戈