聚焦外军新域新质

低空无人攻防作战快速迭代

■许芳铭



①

瞭望台

在近年来的局部冲突中，低空空域成为无人装备运用最广泛、战法迭代最迅速的领域之一。与传统高空长航时无人侦察打击体系不同，低空无人作战力量以小型化、低成本、可消耗平台为主体，依托超低空贴地飞行规避雷达探测，在复杂城市与山地环境中实现“发现即打击”的即时火力响应。这种作战方式不仅降低了空中力量的使用门槛，更改变了传统防空以“高空高速”为重点的防御逻辑。这一趋势迫使各国加快无人作战能力建设布局，意图在未来低空博弈中占据主动。

作战价值不断凸显

当前，低空无人作战装备已形成从小型FPV穿越机到中型察打一体无人机、从巡飞弹到具备一定自主能力的智能攻击平台的完整谱系，作战高度覆盖0至1000米低空，打击范围从数公里战术前沿延伸至千公里级战略纵深。

经过实战打磨，低空无人平台彻底脱离侦察辅助的定位，成为贯穿战术到战略层级的常态化作战单元。在战术层面，微型与小型低空无人机直接嵌入步兵班组作战链条，替代部分传统直瞄火力与曲射火力，可对装甲车辆、野战工事等实施精准打击，有效提升班组杀伤半径与反应速度。俄乌冲突中，FPV无人机已成为双方步兵制式杀伤武器，大量坦克、装甲车辆遭攻顶打击丧失作战能力。在战役层面，中型察打一体无人机与巡飞弹在100至500米低空承担战场压制、后勤阻断等任务，且传统雷达难以稳定跟踪，成为地面攻防的重要火力补充。美以伊冲突中，伊朗持续投入“沙赫德”巡飞弹，对美以军事目标实施消耗打击。在战略层面，长航时无人平台依托超低空航线规划，可突破传统前线防御网，对敌后关键目标实施精确打击。当前，俄乌双方都大量投入航程数百公里的无人机袭击对方纵深关键基础设施等高价值目标。

与此同时，低空无人力量作战样式逐步成熟。一是班组级规模化运用。俄乌战场上，双方步兵普遍使用FPV穿越机进行侦察，在发现目标后引导火力小组实施打击，将传统需跨多级协调、耗时数小时的流程缩短至分秒级。二是全链条渗透突防。与以往从交战区发射远程无人机不同，乌军“蛛网行动”依托民用物流网络将无人机零部件秘密运输至俄境内，待时机成熟后抵近组装并对多个战略目标发起突袭。这种行动样式实现了打击起点的大幅前移，打破以边境线为基础的前置攻防逻辑。三是蜂群饱和压制。多波次、多方向无人集群攻击可快速耗尽对手防空弹药、饱和火力通道，传统防空系统难以有效反应。

当前，低空无人作战范式的演进深刻影响军事力量变革和军事理念更新。作战流程的基层化整合，赋予单兵与班组前所未有的战术自主性；低空无人装备泛在化迫使各国将防御边界从边境线大幅后缩至城市纵深，国防部署从线性防御转向“全域防护”；“数百美元级消耗品挑战百万美元级防御系统”的成本倒挂格局，也使长期防御在经济上变得不可持续。

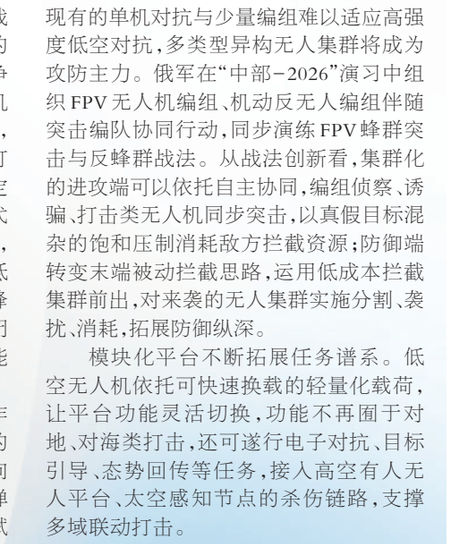
多国布局竞相提速

当前，很多国家基于自身工业基础、战场环境和战略需求，加快无人力量建设布局，走出各具特色的发展路径。

技术牵引低空战力跃升。以美国为代表的技术强国，依托在人工智能、芯片算法等领域的积累，重点构建体系化、智能化的低空无人作战能力。美军的无人化作战思路并非单一平台竞争，而是通过统一的软件架构与数据标准，将分散的低空无人平台整合为作战网络节点，实现低空探测、跟踪、打击与评估的全链路贯通。今年，美军在一次演习中，验证了“黑鹰”直升机作为空中机动指挥节点发射并控制多架联网无人机的能力，进一步推动低空无人平台接入联合全域指挥控制网络。此类发展路线的优势在于技术天花板高、体系弹性强，能够在强对抗电磁环境下保持低空作战的持续性与可靠性。

战场需求倒逼装备与战术迭代。俄罗斯、乌克兰、以色列、伊朗等国立足实战经验，走出一条“以战促改、边打边建”的发展路径。俄军为适配大规模地面战争需求，重点推进低空巡飞弹与FPV穿越机的量产列装。乌克兰以军民融合的方式，将民用级低空无人机改装为战场主力打击手段，借助数字化开源架构实现软件定义作战功能，结合前线反馈完成快速迭代升级。伊朗则走数量优先的低成本路线，依托相对成熟的工业能力大规模生产低端自杀式无人机，通过代理人网络实施蜂群突防。这些国家需求导向明确、反馈闭环短，装备与战法贴合低空实战环境，能够在短期内形成大规模成建制战斗力。

值得关注的是，在当前的低空无人作战领域，技术先导与实战迭代呈现明显的融合趋势。一方面，技术先导国家开始向低端消耗型装备延伸，美军加速采购“弹簧刀”巡飞弹等低成本精确打击弹药，试图以规模可控的消耗品补充高端低空装备体系。另一方面，实战经验丰富的国家也在向智能化方向升级，乌克兰“黑马”AI模块已装备数十支前线部队，使低空无人机在GPS拒止和强电磁干扰环境下仍能自主完成目标跟踪与打击。



②

战争形态持续演进

随着作战样式的持续迭代和智能科技的深度赋能，未来低空无人作战的演进方向逐步清晰，可从以下几个方面观察。

算法对抗成为低空博弈的核心。低空遮蔽条件多、电磁波复杂，适用于中高空的指挥控制链路在此难以发挥效能，智能算法成为破解低空作战难题、争夺低空制权的关键。经过智能赋能的低空无人机可在导航信号受抑、通信中断条件下自主导航、甄别目标，寻找防空薄弱地带实施自主突防。这预示着未来军事优势将更依赖于复杂低空环境下算法识别、响应的稳定性。

“以群制群”成为低空攻防重要样式。现有的单机对抗与少量编组难以适应高强度低空对抗，多类型异构无人集群将成为攻防主力。俄军在“中部-2026”演习中组织FPV无人机编组、机动反无人编组伴随突击编队协同行动，同步演练FPV蜂群突击与反蜂群战法。从战法创新看，集群化的进攻端可以依托自主协同，编组侦察、诱骗、打击类无人机同步突击，以真假目标混杂的饱和压制消耗敌方拦截资源；防御端转变末端被动拦截思路，运用低成本拦截集群前出，对来袭的无人集群实施分割、袭扰、消耗，拓展防御纵深。

模块化平台不断拓展任务谱系。低空无人机依托可快速换载的轻量化载荷，让平台功能灵活切换，功能不再囿于对地、对海类打击，还可遂行电子对抗、目标引导、态势回传等任务，接入高空有人无人平台、太空感知节点的杀伤链路，支撑多域联动打击。

（作者单位：军事科学院）

图①：德国“矢量”侦察无人机。

图②：一名乌克兰军人向一架疑似FPV攻击无人机开火。

图③：美军测试以色列研制的“长钉萤火虫”巡飞弹。

图④：美军低慢小无人机综合防御系统。

本版图片均为资料图片



③



④

评论区

透视低空无人杀伤链下沉趋势

■徐长帅　冯晓宇

技术上的进步一旦进入军事领域，便不再温顺地服从指挥官的意志，而是反过来重塑作战方式本身。低空无人作战再次印证了这一逻辑：它不需要等待装备的更新周期，也不需要经过层层论证的编制调整，而是在班排一级的战术边缘，悄然改写着“谁应该担起及时响应并下令开火职责”这个指挥命题。

传统军事行动中，从目标发现到火力打击的完整决策或行动链需跨越多级指挥协调，流程往往长达数小时。低空无人机的广泛应用赋予一线作战单元实时感知与攻击决策等关键能力，不仅使指挥权大幅下沉，更让“OODA”循环被压缩至分秒级，基层战术单元得以根据战场态势自主响应。当前，多国正在系统性适应小型无人机带来的杀伤链下沉趋势，试图建立更加灵活分散的战术体系。据媒体报道，美海军陆战队将无人机定义为“建制化火力资产”，使步兵班能够独立完成侦察、目标引导与打击的连贯动作。俄军“东方”集群在顿涅茨克方向3至5人的渗透班组携带便携无人机，配合实时校正射击，在避免装甲目标暴露的同时，人员伤亡和装备损耗不到传统打法的三分之一。

交战权限向战术边缘下放，根本原因在于杀伤链的时间尺度，超出了当前层级制指挥结构的处理能力。在无人机赋能的前线杀伤链中，侦察、决策与打击几乎同步发生。当一线单兵能在数分钟内完成从目标发现到火力毁伤的杀伤链时，战场优势的天平正不可逆地向“OODA”循环更快一方倾斜，时间成了比火力更稀缺的战术资源。

这一趋势呈现出一种组织形态追随技术形态的强制性。乌克兰以Delta系统为核心的“横向杀伤网”揭示了这一机制的关键：作战目标被发布到共享态势图层后，只要目标位于本单位责任区内，并且已预先下放交战权限给基层指挥员，具备条件的打击单元即可直接采取行动。打击权限不是沿着指挥层级往下走，而是在网络边缘等待条件触发。由此产生的战术效果，远超传统连、排乃至班组级单位的权限与能力范畴。更重要的是，基层单元不再仅是执行节点，而是成为能够独立完成侦察、打击、评估全流程的自主杀伤节点。当这样的节点被大量复制并互联，战争的组织图景便从“层级指挥的集合”转向“分布式杀伤网络的自我组织”。

当然，这一趋势并非没有代价。交战权限的分布式预置，同时伴随天然的脆弱性。据报道，俄军“克拉苏哈-4”等电子战系统能够在35千米半径内切断FPV无人机的指挥通信链路，使操作员失去对无人机的控制。面对体系完备的电子战与防空网，小型无人机的突防成功率会明显下降。去中心化网络和边缘自主虽然在一定程度上缓解了这一问题，但也只是把对抗的焦点从“链路是否通畅”转移到“边缘节点的自主算法是否足够稳定”。

必须指出的是，杀伤链的建制化下沉，不是把无人机配发到班组就自动完成的；交战权限的分布式预置，也不等于把决策责任简单地推给最末端的作战单元。真正的建制化下沉，在于让班组的判断被指挥体系信任，让边缘的决策被制度性承接，让“集中指挥”与“分散执行”之间的平衡在新型战争时间结构中找到支点。

（作者单位：空军研究院）

乌军无人作战经验加速向多国扩散

■王东阳

焦点CT

日前，美国一份刊物刊发了“联合决心26-07”演习美军参演人员的复盘文章。文章称乌军第412无人系统部队“复仇女神”分队在演习中给美陆军参演部队造成“严重损失”。这一演习初期，乌无人机造成的损失约占美陆军第3装甲旅总损失的70%，美军调整行动方式后这一比例降至30%以下。这场演习折射出乌军低空无人力量建设运用的新特点，集中体现为编成专业化、战术体系化、迭代常态化。

在力量编成上，乌军无人作战能力建设重视专业化，并在基层广泛配属，参演的第412无人系统部队“复仇女神”分队是其缩影。2024年6月，乌军率先组建独立的无人系统部队，统筹空中、地面和海上无人力量建设，同时在营、旅层级广泛配属无人机分队。第412无人系统部队最初以独立营形式组建，2024年编入乌军无人系统部队后扩编为团，持续扩充兵员和装备。该部队装备涵盖FPV无人机、重型多旋翼轰炸与布雷无人机、固定翼无人机和拦截无人机，多层次装备谱系可对地面、空中和海上目标实施战术至战役级纵深打击，在与俄军交战中积累了丰富经验。

在战术运用上，乌军无人机已不限于空中侦察或单次攻击，而是深度参与目标发现、跟踪、火力引导和效果评估等环节，并与炮兵等其他战术力量协同，形成“发现即打击”的作战链条。在“联合决心26-07”演习中，乌军操作员以侦察无人机捕捉美军重型装甲车辆行进时的尘土和红外特征，攻击无人机随即跟进，同时把目标信息提供给后续火力；大量无人机持续监视，压缩了对手隐蔽、集结和机动的空间。这些做法源于乌军战场经验。在与俄军的对抗中，乌军逐步形成了几种较成熟的战法，将无人机运用到作战链条的多个环节：一是分层编组，侦察无人机发现目标，攻击无人机跟进，中继无人机延伸控制距离；二是纵深监控，以多型无人机在前沿纵深形成持续监视和打击区域；三是小型分队机动，操作分队发射后迅速转移，规避对方反制。

在技术迭代上，乌军持续适应复杂电磁环境，将光纤控制、末端智能制导等技术加快应用于一线战场。乌方称，2026年上半年乌国防部新编入列的无人机系统达413种，更新节奏明显加快。下一步重点是蜂群自主协同，力争使前线无人机普遍配备机器视觉和人工智能，由少数操作员指挥多架无人机，并与地面机器人、传感器配合，推动前沿由人员值守向无人化转变。

值得关注的是，“联合决心26-07”等演习不仅检验了乌军无人力量建设情况，也推动其战场经验被美国和其他北约国家吸收借鉴。美军已把低成本单程攻击无人机用于对伊朗的“史诗狂怒”行动中，今年8月又宣布筹建多域攻击无人机特遣部队。相关动向反映出无人系统正更深地融入美军及其盟友的训练和作战体系。随着相关经验在前沿部署、联合演训和实战行动中持续积累，无人作战力量应用更为广泛、迭代更趋迅速，或将导致军事竞争加剧，增加地区冲突风险。

（作者单位：军事科学院）

认知小站

低空制权

低空制权是在无人作战广泛运用之下产生的新制权形态，强调对近地空域内无人平台的行动边界与打击效能形成主导权。由于低空空域受地形遮蔽等影响显著，需要依托侦察感知、电磁压制、火力拦截、诱捕欺骗等多种手段协同实现管控。低空制权的争夺一般会先于地面攻防展开，是支撑地面行动的重要条件。

无人机线

无人机线是以多架无人机组网为支撑、沿前沿一线配置的警戒拦截配系，是无人作战中一种典型的前沿布势样式。组网的各个无人机按照任务分工进行补位和接力轮换值守，对责任空域实施实时严密监控，发现目标后可快速引导火力打击或直接接战。这种部署是争夺低空制权、构设低空封锁的重要手段。

“死亡地带”

低空攻防语境下的“死亡地带”，是指由低空无人侦察打击行动形成的持续性火力压制区域。该区域的覆盖范围主要由无人平台的有效打击半径决定，通常在防线前方延伸约十几公里。防御方无需在区域内布置重兵，利用地形遮蔽和低空探测盲区实施精准伏击，即可形成持久拒止效果。

资料整理：许芳铭

版式设计：胡云艳