兵器广角

近年来，随着无人机，尤其是小微型无人机战力的显著跃升，如何最大化其作战效能成为各国探索的焦点。无人机母机——这一被称为“空中蜂巢”的新型作战平台，正引发多国竞相布局研究。

无人机母机，多指能够搭载、投放、管控、回收其他无人机的空中无人平台。当然，也有一些研究者把具有类似功能的有人平台列入“无人机母机”范畴。但对大多数国家来说，无人机母机指的是具有此类功能的空中无人平台。

当前，无人机母机发展现状如何？打造可靠的“空中蜂巢”面临哪些难关？它将如何重塑未来空战格局？请看本期解读。

无人机母机：制胜未来战场的“空中蜂巢”

■刘 凡 刘 含

竞相布局：路径各异，殊途同归

据外媒报道，美国、土耳其、乌克兰、新加坡等国家正加紧推进无人机母机的改进、试验等工作，力图抢占这一新兴领域的技术优势。这场围绕“空中蜂巢”的军事竞赛已然升温。

然而，伴随各国技术储备与作战需求的分化，无人机母机的发展路径也呈现出鲜明差异。

放眼全球，多旋翼与固定翼设计两条主流技术路线并行发展。新加坡的DefendTex D155和乌克兰的Gara Neith选择了旋翼构型，它们身形灵巧，凭借垂直起降的本领，能在城市街巷、复杂地形等逼仄环境中穿梭自如，部署快速而灵活；与之形成鲜明对比的是土耳其的Aksungur和美国的MQ-20“复仇者”，这些固定翼构型的无人机母机，则依靠更远的航程、更大的载荷和更久的巡航时间，专注于将“蜂群”投送到更遥远、更广阔的战场深处。旋翼的灵动与固定翼的持久，正勾勒出未来“空中蜂巢”的两种可能发展路径。

驱动这些“蜂巢”诞生的力量各不相同。具有技术先发优势的美国选择“高举高打”，利用隐身的MQ-20A“复仇者”作为空中母机，成功演示了小型无人机发射、回收、再部署的复杂流程，深入探索无人机母机发展的前沿方向。土耳其则展现出“体系集成”的智慧，他们依托成熟的国产无人机产业链，让Aksungur察打一体平台挂上多用途“小蜂”进行飞行测试，探索协同作战的潜力。乌克兰奉行“实用至上”，通过对成熟平台的快速改装，接连推出Gara Neith和Dovbush T10等型号，以低成本和快速度将“蜂巢”概念推向战场前线。

无论起点如何不同，一个清晰的趋势正在显现：各国研发均致力于提升无人机母机的体系融合能力，推动其从单纯的运载平台向多功能空中节点转型。新加坡武装部队在演习中测试DefendTex D155，验证其投放能力的同时，完成了与陆军数字指挥体系的初步融合。土耳其的测试也表明，无人机母机具备作为空中协同节点、指挥控制不同类型子机执行多样化任务的潜力。无人机母机正在从单一“运输平台”，向集运载、指控、通信中继于一体的“空中枢纽”加速转型。

图①：乌克兰Gara Neith无人机；图②：新加坡DefendTex D155无人机；图③：美国MQ-1C无人机母机释放子机。 制图：杨 磊

门槛重重：核心突破，道阻且长

尽管无人机母机发展前景广阔，但其真正成为成熟可靠的“空中蜂巢”，面临多重严峻的技术与战术挑战，核心能力突破绝非坦途。

首当其冲的是生存效费比的尖锐矛盾。母机的核心价值在于延伸子机的作战半径，但作为搭载平台，其一旦被击落，连带损失将十分惨重。这就要求母机必须具备可隐身、长航时、强电子对抗等高端生存能力，然而这些性能的叠加会急剧推高成本并挤占宝贵的载荷空间。以美军MQ-20A为例，其单机成本即超千万美元，若搭载数十枚巡飞弹执行任务，单次出击的总价值堪比一架轻型战斗机。更现实的警示来自战场。在2023年中东某次实战测试中，某型母机因未能有效规避便携式防空导弹威胁而被迫放弃任务，深刻暴露出高端生存能力与低成本消耗战术之间的深层冲突。如何平衡“金贵母机”与“廉价子机”之间的效费比，成为设计者面临的首要难题。

核心技术瓶颈的突破更是道阻且长，其中空中自主回收技术是当前公认的最大难点。2021年，美国国防高级研究计划局的“小精灵”项目历经多次失败，才在高度理想的试验条件下，由C-130运输机首次成功回收一架X-61“小精灵”无人机。然而，实战环境中的复杂电磁干扰、剧烈气象变化以及子机可能出现的战损状态，将会导致回收的成功率急剧下降。从这个角度来看，能在高强度对抗环境下稳定运行的可靠空中回收系统尚未问世。此外，强对抗环境下大规模无人机集群的自主协同管控，同样是世界范围内亟待攻克的技术难关。比如，集群内部在强电磁干扰环境中的可靠通信、动态战场态势下的实时任务分配、基于人工智能的集群级自主决策等关键技术，均存在显著瓶颈。如何有效防止集群在复杂对抗中出现失控、误击友方目标或协同混乱等风险，仍缺乏成熟可靠的解决方案。

作战体系层面的适配性挑战同样不容忽视。无人机母机带来的分布式、智能化作战新模式，迫切需要与现有的指挥控制系统、情报侦察网络以及火力打击链条实现深度融合。然而，各国现行的作战条令、战术行动规范以及人员训练体系，主要围绕传统有人驾驶平台或单一无人机平台构建。因此，亟须发展一套专门适配无人机母机作战特点的战术理论、操作流程和协同规范，并系统性地培养具备相应专业技能的指挥员和操作员，才能将这种新质作战力量有效转化为战场战斗力。

在技术攻坚与体系适配之外，大规模自主无人机集群投入实战引发的安全与伦理风险，尚未得到充分重视和有效应对。通信链路中断或核心人工智能控制系统故障，可能导致无人机集群误击民用设施或人员，造成非预期的附带损伤，甚至引发人道主义危机和国际舆论压力。当前，国际社会对于自主武器系统及大规模无人机集群作战的运用规则、责任界定以及法律约束框架，仍处于滞后阶段。建立全球认可的有效技术安全管控机制，明确划定此类作战手段的伦理边界与法律红线，是世界各国共同面临的紧迫课题。

潜力无限：重塑规则，前景可期

随着核心技术难关的持续攻关与实战测试验证的深入，无人机母机的作战潜力正加速从蓝图走向现实，或将深刻改写未来空战的规则图谱。

首要变革在于对传统防空对抗模式的彻底颠覆。执行传统的防空压制或对地打击任务时，无论是有人战机还是察打一体无人机，往往需要冒险突入敌方防空火力圈内，承受极高的战损风险。而无人机母机的出现，使得战场态势发生转变——它可以在敌方防空火力圈的安全距离外，从容地投放搭载不同载荷的小型无人机，构建起一个分布式、高密度、多方向的空中打击网络。这种全新模式，既确保了母机平台远离高危区域，降低了体系节点的损失风险，又能通过低成本小型无人机集群，以不对称的消耗战方式，打击敌方的高价值资源。这或将成为未来压制敌方防空系统、实施纵深打击的重要战术手段。

无人机母机的另一项关键价值，在于它能大幅拓展小型无人飞行器的作战边界。小型无人机、FPV巡飞弹、微型无人机等虽然具备成本低廉、机动灵活、隐蔽性强等显著优势，但其固有的航程短、滞空时间有限、抗电子干扰能力脆弱等短板，严重制约了其战场应用范围和持续性。无人机母机如同一个强大的空中“加油站”和“信号塔”，可为这些前沿作战节点提供持续稳定的信号中继支持，延伸其实际控制半径，有效解决复杂地形或强电磁环境下的通信中断难题。更为关键的是，一旦空中自主回收技术取得突破性进展并走向成熟，未来的无人机母机平台将能够对小型无人机进行空中“捕捉”、快速补给以及再部署，赋予小型无人机前所未有的“多次往返作战”能力。这将彻底打破其单次航程与使用次数的限制，使其从一次性消耗品转变为可重复使用的战术利器。

在更高层级的联合作战层面，无人机母机凭借其长航时续航能力、强大的机载算力以及灵活的多任务载荷适配特性，天然适合担当跨域作战的空中信息枢纽与控制节点。在陆、海、空、天、电多维融合的联合作战体系中，无人机母机能够同时扮演空中情报融合分发枢纽、近实时的战场指挥控制中枢以及高可靠通信中继站等多重角色。通过其构建的广域感知网络和高速数据链，实现大范围高精度的战场态势实时感知、跨军兵种的情报高效共享以及关键作战指令的可靠通联，从而在联合作战体系中发挥承上启下、贯通全域的战略性支撑作用。

无人机母机及其所承载的“蜂群”作战概念，正深刻推动着空中力量运用向分布式、智能化、网络化的新质作战范式演进。其发展进程与突破方向，对未来战争形态的影响深远，值得持续关注。

兵器控

品味有故事的兵器

■本期观察：马 駉 李 丽 邢家蕾

当前，智能化无人作战装备快速迭代，自杀式无人机（又称巡飞弹）凭借部署灵活、隐蔽突防、效费比突出等特点，成为各国陆海军战术打击体系的新质力量。随着动力、制导与抗干扰技术逐步成熟，多款型号经实战检验快速列装。本期“兵器控”，介绍3款各具代表性的自杀式无人机。

长时巡飞 自主寻的

以色列“哈洛普”

自杀式无人机遂行纵深压制任务，核心能力在于长航时待机与多模式自主打击。以色列航空工业公司研发的“哈洛普”，是其中的经典型号。

该型机脱胎于“哈比”反辐射无人机，采用鸭翼加三角翼布局，机长约2.5米，翼展3米，起飞重量135至160千克，搭载活塞螺旋桨发动机，最大航程约1000公里，可在目标空域持续巡飞6至9小时，足以深入纵深执行防空压制任务。制导方面，该机既可通过被动反辐射导引头自主追踪敌方雷达辐射源，也可通过光电/红外导引头结合“人在回路”模式，由操作员确认目标后实施俯冲打击，命中精度小于1米。

在纳卡冲突等实战中，该型机曾多次精准摧毁敌方防空雷达、导弹发射车等目标，验证了实战效能。但其造价相对较高，且依赖数据链实现人工干预，在强电磁对抗环境下的作战稳定性仍有提升空间。

人在回路 精准打击

俄罗斯“柳叶刀-3”

与“哈洛普”侧重长航时自主作战不同，俄罗斯卡拉什尼科夫集团旗下ZALA公司研发的“柳叶刀-3”，以低成本、精准化的前线远程打击为核心定位。

该型机采用前后双X型弹翼布局，电动螺旋桨推进，最大起飞重量约12千克，巡航速度80至110公里/小时，俯冲攻击时速度可达约300公里/小时，最大控制半径约40公里，续航时间30至40分钟。机头搭载高清光电/红外导引头，操作员可在后方通过数据链实时获取战场画面，全程操控战机搜索、锁定、打击目标，适配前线反坦克、反火炮等精准打击任务。战斗部方面，基础型配备约3千克聚能破甲或高爆破片战斗部，改进型可增至5千克，足以毁伤装甲车辆、野战工事与有生力量。

该型机已在俄乌冲突中大量投入实战，战果显著。受限于尺寸与电动动力，其航程与战斗部威力仍有局限，且抗电磁干扰能力有待进一步增强。

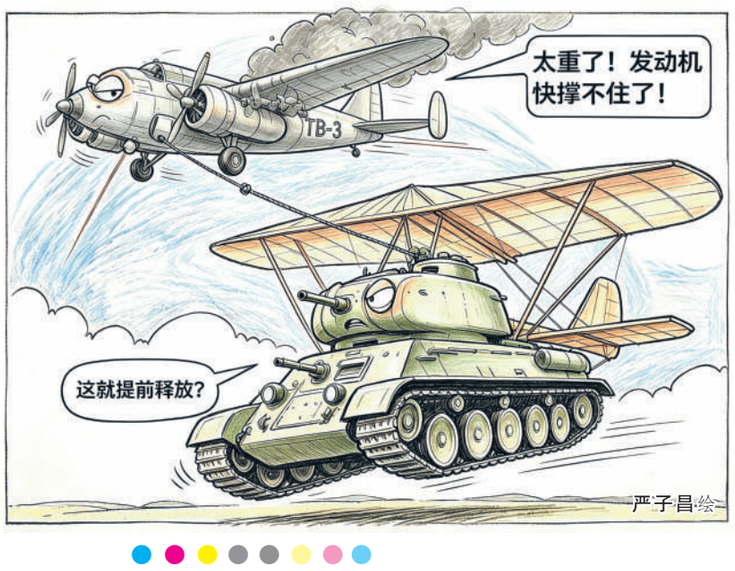
单兵便携 即时响应

美国“弹簧刀-300”

与前两型侧重战役、战术级打击不同，美国航空环境公司研发的“弹簧刀-300”自杀式无人机，定位为班排级单兵便携精确打击装备，主打快速部署与即时火力支援。

该型机尺寸小巧，体长不足0.5米，全重约2.5千克，折叠后收纳于发射筒内，单个士兵即可背负携行。采用压缩气体弹射发射，发射准备时间不到2分钟，声光特征微弱，隐蔽性强。机上搭载高清光电传感器与小型破片战斗部，威力相当于一发40毫米榴弹，巡航速度约100公里/小时，续航时间约15分钟，有效操控距离约10公里，理论最大航程约20公里，可对暴露人员、轻型车辆等实施精准打击。操作终端轻量化简易化，士兵经短期培训即可掌握，能够为前线分队提供随叫随到的精确火力支援。

受限于体积重量，该型机战斗部威力有限，且续航与航程相对较短，难以执行纵深打击任务。



浅谈“飞行坦克”

■严子昌 魏 龙

“飞行坦克”一词，常被军迷用来比喻机动性超群的坦克，或能借助地形短暂“腾空”开火的坦克。但最贴近字面意义的，当属历史上真正尝试为坦克插上翅膀的苏联A-40项目——一款由滑翔翼加持、能在空中飞行的坦克。

为坦克赋予飞行能力的概念，源于空降作战方式的演进。二战时期，德、英、美等国致力于发展重型滑翔机来运载坦克。苏联因缺乏重型滑翔机技术，独辟蹊径，选择了直接为轻型坦克加装可拆卸滑翔翼的方案，目标是实现“人车一体”空投、落地即战。1941年，在苏德战争爆发的压力下，苏联空军委托著名设计师安东诺夫启动了A-40“飞行坦克”项目。

A-40的核心设计是将一辆T-60轻型坦克作为主体，为其配备巨大的木质双翼滑翔结构，形似早期双翼飞机。其独特之处在于，乘员可坐在坦克内一同飞行。在空中，A-40需由TB-3重型轰炸机拖曳飞行。设计人员甚至尝试利用坦克自身的部件进行辅助操控：通过转动炮塔来影响方向舵，借助火炮俯仰带动副翼调整姿态。着陆前，坦克发动机需提前启动，驱动履带高速旋转，以缓冲接地冲击，提高着陆安全性。

然而，理想与现实差距巨大。1942年进行的唯一一次关键试飞就暴露了致命缺陷。拖曳A-40的TB-3轰炸机动力不足，无法将沉重的组合体提升到足够高度和速度。飞行中，TB-3的发动机很快过热，为避免双双坠毁，试飞员被迫在低空、低速且远未达到预定航程的情况下提前释放A-40。凭借滑翔翼，A-40由谢尔盖·阿诺欣操控安全着陆，但整个系统的笨重和低效显露无遗。后续为增加航程的“减重”方案又导致其落地后战斗力锐减，失去实战价值。最终，该项目被取消。

几乎同期，英国则走通了另一条路。他们成功研制出哈米尔卡重型滑翔机，专门用于装载“领主”空降坦克，但受限于滑翔机脆弱性和坦克性能，战果有限。历史上，除A-40外，其他国家也有类似“飞行坦克”的构想，但多因难以解决结构强度、飞行稳定性、重心控制等技术难题而停留在图纸阶段。

可以说，A-40“飞行坦克”是特定历史条件下的一次极具想象力却受困于技术瓶颈的大胆尝试。它代表了早期“人车同降、快速作战”的空降理念。虽然这些探索随着大型军用运输机的成熟而终止，但它们为开辟空降重装备的发展路径提供了宝贵经验。

如今，“飞行坦克”一词更多是对陆上高机动性装甲力量的赞誉，而真正的重装备远程快速投送，已由现代大型运输机高效实现。

兵器趣事