



## 特别关注

近期，关于协同作战无人机发展的新消息接连不断。

美国空军推动的YFQ-42A、YFQ-44A两款半自主协同作战无人机分别于8月、10月首飞；英、意、日三国于11月宣布将联合推动六代机与无人作战僚机研发，要求后者具备一定的自主协同作战能力；澳大利亚皇家空军的MQ-28A

“幽灵蝙蝠”忠诚僚机已展开飞行试验，验证与F-35战斗机和E-7A预警机的协同作战能力；俄罗斯也在检验1架无人机携带多架小型无人机“母子”协同远程作战的可行性。

那么，什么是协同作战无人机？当前该类飞行器有哪些特点？今后会朝哪个方向发展？请看本期解读。

## 协同作战无人机——

## 多国竞相发展 争夺“智”胜高地

■ 张 璞 柴水萍

## 各国研发水平不一

协同作战无人机，通常被认为是能够与有人机或其他作战平台协同执行任务的无人驾驶飞行器。简单来说，它能通过自主控制、智能算法、通信链路和任务规划系统等，与有人机形成作战编组，共同完成侦察、打击、电子战、防空压制等任务。

当前，虽然许多国家都在发展这种无人机，但研发进度、水平有明显差异。

如果参照当前智能汽车使用的分级标准对协同作战无人机进行分类，从低到高依次为L1基础、L2初级、L3中级、L4高级、L5高阶5个等级，分别可称作功能级、任务级、协作级、指导级、智慧级。

总体来看，大多数国家的协同作战无人机处于功能级和任务级层面，一些军事强国研发的少数协同作战无人机处于协作级和指导级阶段，智慧级尚无国家达到。

功能级是当下主体。这一级协同作战无人机通常指一些融入了一定智能技术的现役无人机，能实现诸如快速信息处理、数据分析、自动起降、自杀式攻击等功能，可以为有人机提供目标指示、情报信息和破除障碍等支持，实现了有限的“智能辅助”，但总体上还是“离不开人”。比如美国融入智能感知技术的MQ-9察打一体无人机，俄罗斯融入机器视觉功能的“柳叶刀-3”自杀式无人机，以色列融入智能、静音和防窃听技术的高级版“哨兵”G2无人机，伊朗“沙赫德”系列自杀式无人机等均属于该范畴。

任务级发展迅猛。该级协同作战无人机在智能模块加持下，大部分功能实现了自主，诸如自主导航、自主目标识别与追踪、自动实施地形分析与实时航线规划、GPS降级条件下自主攻击/蜂群打击/起降巡航等，虽然某种程度上仍离不开操作员的控制和明确指示，但可动态调整、应对比较复杂的任务场景。该级无人机发展较为迅速，比如美国神盾智能防务技术公司推出的V-BAT(MQ-35A)垂直起降无人机、俄罗斯可协同苏-57作战的S-70“猎人”无人机、澳大利亚皇家空军装备的MQ-28A“幽灵蝙蝠”忠诚僚机、土耳其融入智能计算技术的TB2T-AI无人机等。美国的“小精灵”、欧盟的“欧洲蜂群”、俄罗斯的“迪克申”无人机蜂巢系统等蜂群无人机，可以异构编组作战，也属于这一级别。

协作级涉猎者少。该级协同作战无人机一般会运用智能体技术，增配“智驾”系统，可与有人机甚至无人机实现深度交互，具备一定的半自主飞行、初级自主决策、复杂场景自适应和去中心化分布编组能力，基本上无需专门的操控员。目前，只有少数国家迈入了该级协同作战无人机的大门。美空军正在试验的XQ-58A、UTAP-22、MQ-20、X-62A第一代协同作战无人机，通用原子航空系统公司推出的“开局”系列无人机等具有一定代表性。这些机型基于模块化、低成本、开放式架构设计以及人工智能等技术的突破，在自主性方面强于普通“忠诚僚机”。

指导级正在探索。该级协同作战无人机融入了更为先进的智能算法、深度学习、自主编程和泛在组网等创新技术，或将实现“半自主+”运作，不仅能根据战场态势实现动态任务自主规划，还可为有人机或指挥员提供可参考的战术建议或决策方案。目前，美空军推动的XQ-67A、YFQ-42A、YFQ-44A以及海军舰载版协同作战无人机等是其雏形。以美国F-47为代表的下一代战机或将实现对此级别的“一控多”，该级别协同作战无人机也可能具备自主控制数十架蜂群无人机实施跨域集群作战的能力。

智慧级是未来方向。该级协同作战无人机相当于拥有“具身智能”，能做到全程“无人值守”，可自主飞行、智能协同且“懂战略、懂战术、懂决策”，不仅实现OODA全程自闭环，还可与有人



YFQ-42A半自主协同作战无人机。



MQ-28A“幽灵蝙蝠”忠诚僚机。

系统无缝衔接并深度融入联合作战体系，随时为有人机提供定制化解解决方案。该级别协同作战无人机尚处于概念探索阶段，各国还没有专门的项目来体现，但代表着协同作战无人机的未来发展方向。

## 协同方式多种多样

尽管协同作战无人机是近10年来提出的新概念，对其技术状态和使用现状的判定标准不尽相同，但不可否认的一点是，当前，不少无人机已经以不同协同方式出现在战场或试验场上。

其中，较为典型的协同方式有三类。

低阶智能蜂群无人机“群防群攻”。当前，蜂群无人机的应用虽处于低级阶段，但在一些战场上已经呈现出协同的威力。俄乌冲突中，乌克兰规模化运用廉价无人机实施“蜂网行动”，并利用反无人机蜂群构筑“无人机墙”抵御来袭无人机，就体现出这一点。

以色列控制无人机蜂群借助“薰衣草”智能面部识别系统及一些智能

提供支撑。如此，协同作战无人机才有可能在激烈对抗环境里生存下来并发挥应有作用。

从简单的“智能算”到具有高端决策力。智能算法是实现无人机自主协同的核心，“大脑”算力越强，无人机就越聪明，越能“听”懂指令，越会灵活运用战术战法。未来的协同作战无人机将能快速在战与不战之间做出抉择，也能为有人平台提供最佳解决方案和决策咨询。要实现这一点，就需要进一步提升分布式数据融合、多目标接续识别、动态毫秒级决策能力，并针对不同作战场景预设自主决策机制、明确任务优先时序、设定容错性规则及敏捷可行的空中作战指令，同步通过智能算法和精准控制促使无人机真正实现具身智能的“知行合一”。

从初期的“以一控一”到分布式的“以一控多”。未来无人机的协同作战，最理想的协同关系可能类似《光环》游戏中“1个士官长+N个科塔娜”的协同关系，也可能类似《星际迷航》电影中“1个博格女王+X或X个博格人”的指战模式，抑或是“蜂后+蜂群”的蜂巢思维与群体自适应模式，并有望实现协同再协同、分布再分布、组合再组合，从而真正做到按需组队、接力协同。这就要更多元的作战模型、可移植的集体意识、更强大的涌现智能算法、更高阶的人机/机自主编组技术融入其中……如此，才能通过革命性的技术创新与能力叠加，推动协同作战无人机向更高阶演变，在未来战争中扮演更重要的角色。

当然，协同作战无人机的发展当前仍不可避免地受到数字工程、智能制造、供应链成熟度和保障力等多重因素的影响，如果能够实现低成本、可消耗、能复用，那么协同作战无人机或将改写未来空战兵力构成，甚至引发新一轮军事革命。

## 或将改写空战模式

从发展趋势来看，协同作战无人机今后必定会逐步从“遥控”转向“自主”、由注重“单一编组”向“分布式集群”协同演进。它将不再是简单的“眼睛”“射手”，而会变身为“智能战友”，主要体现在以下三个方面。

从当下的“自主飞”到自适应复杂环境。当前，一些协同作战无人机的自主飞行已不是问题，但未来战场对协同作战无人机的要求将更高。未来的协同作战无人机要在复杂环境下自主规划、动态调整、高速自组网，甚至在人为控制失效、预设战术失灵、导航授时失能时，像“人”一样灵活处置相关情况。这就需要研发人员不断推动低延迟自主感知、先进韧性通信以及量子传感等技术的突破和融合，需要更强的无人机“智驾”系统、无人作战任务包、深度机器学习和认知能力

本版供图：阳 明



◆“狼”系列导弹中的“红狼”导弹。



◆“狼”系列导弹中的“绿狼”导弹。

今年7月，美国L3哈里斯技术公司宣布推出可从陆海空多种平台上发射的“狼”系列高亚声速导弹（以下简称“狼”系列导弹）。据称，该系列导弹已进行40多次飞行测试，计划在今年底进入生产阶段。

从该公司公布的相关信息来看，该导弹融合了巡飞弹、无人机、巡航导弹和有动力滑翔炸弹的飞行特征。换句话说，这种导弹有点“四不像”。

“狼”系列导弹中的“红狼”导弹类似通常所说的巡飞弹。“红狼”导弹拥有一个多功能战斗部，能够打击陆地或海上目标。当前的“狼”系列导弹中，还包括“绿狼”导弹。“绿狼”导弹的外形虽然与“红狼”几乎相同，弹长约2米，弹径约400毫米，但“绿狼”导弹的功能与巡飞弹相去甚远，其战斗部换成了具备截获、探测、识别和定位敌方目标电子信号能力的电子战模块，不仅可用于应对敌方的防空系统，还可引导“红狼”导弹实施攻击并评估打击效果。从这个层面来看，“绿狼”导弹更像实施电子战的无人机。

“狼”系列导弹与传统的无人机也有一些相同点，比如拥有弹翼、尾翼、发动机等，如果没有被消耗掉，其还能像一些无人机那样被回收重复使用。传统的无人机发射平台大多相对单一，“狼”系列导弹则被设计为可从陆海空等多种平台上发射，其本质是用来有效打击远程陆上或海上目标的多功能弹药。

“狼”系列导弹空中飞行的中段部分是滑翔飞行，但其发射与飞行末端则是有动力飞行。与有动力滑翔炸弹相比，其有自己独特的飞行特点，而且射程比有动力滑翔炸弹远不少。

“狼”系列导弹也有与巡航导弹类似的低空突防特点，但因为其发射阶段与飞行末端都有动力，因而整体上速度不均且相对较快。

从某种意义上来说，“狼”系列导弹更像是该公司打造的一个通用空中无人平台，就像一个“筐”，能往里装不同的载荷。

不过，这种通用性还没有达到能往“筐”里任意装东西的程度，这也是该公司分别研制出“红狼”和“绿狼”两种平台的原因，两种不同的平台可以分别选装相应类别的载荷。

显然，采用这种“四不像”设计，目的是想集巡飞弹、无人机、巡航导弹、有动力滑翔炸弹的一些优点于一身。从该公司披露的情况看，“狼”系列导弹的确拥有了上述武器弹药的一些特点，如成本较低、射程较远、打击精确、适用多种平台等。

不过，“狼”系列导弹最鲜明的一个

## 这种导弹“四不像”

于童 杨韵潮

特点是可以实现导弹间的自主协同，比如由“绿狼”诱敌，配合“红狼”导弹实施打击。通过定位导航模块与双向数据链等，“狼”系列导弹还具备“人在回路”功能，即能够在飞行中重新规划目标。

L3哈里斯技术公司还在谋求进一步拓展“狼”系列导弹的功能，如在其基础上研发新型诱饵弹，以及实现该导弹与其他武器系统的良好协同。如果这些目标实现，“狼”系列导弹将成为一套功能较为完整的多域作战工具。

凭借上述特点，“狼”系列导弹得到了美军的支持。L3哈里斯技术公司也有意将其打造为一种能在防御严密区域使用的智能弹药，以满足美国国防部对新一代低成本多域武器弹药系统的需求。

正所谓“出水才见两腿泥”，该系列导弹的功能究竟怎样，还需要时间与事实来证明。

## 新装备展台

## 飞机战时如何安全降落

■ 王广会 于航

## 兵器知识

式降落。当然，仅靠俯冲式降落，解决不了所有问题。从具体实施过程来看，这一降落过程需要多种手段来护卫，如在机场部署防空系统、出动武装直升机进行伴随等。

迫降。飞机在战损、通信导航失效、油量不足等紧急情况出现时，可能采用迫降方式。按照降落场地的不同，迫降可分为陆地迫降和水上迫降。如果飞机能够飞抵附近机场，就可以在跑道或机场机动区迫降。陆地迫降的常见场景还有田野、草地等，要求场地平坦、开阔、无障碍物。公路尤其是高速公路因为与机场跑道具有很大相似性，也可作为迫降场地方便使用。当飞机无法找到合适的陆地时，在开阔水域迫降也是一种选择。这种情况下，需要避开波浪和暗礁区域，尽可能地选择便于救援的平静水域。

双机着陆。在战时或高威胁环境下，缩短飞机在跑道上的暴露时间至关重要。双机着陆方式可以在相同时间内降落更多的飞机，显著提高着陆效率。在该着陆方式中，两架飞机通常以密集队形着陆，是一种高风险、高难度的编队飞行科目，对飞行员的技术、机场跑道的长度和宽度等方面有较高要求。当前，一些国家的空军在训练新飞行员时，就把双机着陆作为重要训练内容，以便在战时实现高效降落。

俯冲式降落。这种降落方式源自20世纪80年代。当时，苏联空军运输机为了规避反苏游击队在阿富汗机场两侧使用“毒刺”防空导弹袭击，采用一定时间内快速下降的方式着陆，取得明显效果。因为飞机降落最后阶段有一个突然俯冲的动作，所以这种方式被称为俯冲

式降落。