低成本打击——臭鼬工厂验证有人/无人编队作战的关键技术

VISTA 试验机模拟一架 UCAV，验证了先进飞行器控制的自主权。

| 温杰

8 月底，洛马公司臭鼬工厂负责领导低成本可消耗飞机（LCAA）研制团队的项目经理乔·波科拉在接受美国《航空周刊》采访时首次透露，臭鼬工厂已经设计出多种可消耗无人机方案，将为作战人员提供一种价格低廉、可选择重复使用的解决方案，可以与作战空间内其他的空中、地面和太空内的系统并肩作战的一系列无人机。特别值得注意的是，波科拉表示，臭鼬工厂正在研制一种低成本无人机，有望作为“忠诚僚机”（Loyal Wingman），与 F-35 战斗机协同作战。

全新作战概念

实际上，洛马公司在今年 4 月 10 日曾经首次对外公布了在有人 / 无人编队技术验证试飞中取得的一些最新进展。臭鼬工厂和美国空军研究实验室（AFRL）通过为期两年的潜心研究，突破了现役 F-16 战斗机改装为无人战斗机（UCAV）的关键技术，使其不仅可以在无人驾驶状态下完全自主地与长机组成编队，而且还能够动态地响应不断变化的战场环境，自动应对性能故障、航线偏离和通信中断等意外情况。

近年来，美国国防部针对“亚太再平衡”中可能发生的潜在军事冲突，大力研究与发展集群式机器人技术，其下属的战略能力办公室与美国海军航空系统司令部合作，通过“集群”无人机飞行试验，证明了上百架微型无人机具备集体决策、适应性编队飞行和自我修复等一些高级的群体行为，标志着在自主系统领域取得了极大进展。

然而，AFRL 并不认同从生物学引入的“集群”术语，因为这个术语无法完全描述美国空军正在从事的相关技术研究所覆盖的应用范畴。为此，AFRL 采用了“分布式协作系统”一词来反映“如何将平台的决策和能力提高到一个新的水平”。这一术语表明，作战平台不仅可以保持自身能力顺利完成任务，而且可以与编队中的其他平台协同作战，重要的是，这些平台不管是由飞行员驾驶的战斗机，还是无人驾驶的作战平台，都能有效地执行被赋予的作战任务。

作为分布式协作系统研究的第一步，AFRL 首先有针对性地着手实施了“忠诚僚机”计划。“忠诚僚机”概念是将第五代战斗机与无人驾驶的第四代战斗机组合搭配成一个编队，借助五代机的作战网络节点角色，充分发挥四代机机动性好和火力充足的优势，从而大大增强二者在空战中的杀伤力。这种作战理念是希望在大多数危险环境下，一架 UCAV 可以在一架战斗机前面扮演突防角色，承担发现、摧毁目标的任务，从而有效保证第五代战斗机远离危险境地，避免遭受到来自对手的致命反击。

2015 年夏天，AFRL 正式启动了“忠诚僚机”概念研究，开始向航空工业部门发布了一份需求信息。这份需求信息要求，各种自主技术应该可以有效地增强美国空军未来在对抗和拒止环境下的作战行动和能力，而且这些技术还能够无缝地将有人驾驶战斗机与具备自主作战能力的 UCAV 实现有效的集成，可以作为一个编队协同作战，提高作战效能。

启动验证试飞

根据“忠诚僚机”计划的目标，臭鼬工厂针对有人 / 无人编队需要解决的各种问题，尝试通过飞行试验来验证一些关键技术。臭鼬工厂希望在验证试飞中实现三个主要目标：一是基于任务优先次序和现役装备，能够自主规划并执行空对地打击任务；二是在空对地打击任务过程中，能够动态响应不断变化的威胁环境，同时自动地应对性能故障、航线偏离和通信中断等意外情况；三是充分满足美国空军开放式任务系统（OMS）软件集成环境的要求，允许快速集成多个供应商开发的软件模块；

首先，臭鼬工厂在 2015 年实施了“突袭者 I”（Have Raider I）阶段的飞行试验，主要集中于验证先进飞行器控制的自主权。负责“忠诚僚机”计划的肖恩·惠特科姆表示，希望能在无人机平台本身上实现任务规划，而不是将这种能力一直固定在地面站上。飞行试验由美国空军试飞员学校（TFS）和卡尔斯潘公司承担，利用集成了自主飞行控制模块的 VISTA 试验机模拟一架 UCAV，同时利用一架 F-16 Block50 战斗机作为长机。

测试过程中，研制人员分别从飞行器的角度和从长机向无人机下达指令的角度，测试了不同类型的指挥和控制模式，逐步增加 UCAV 的自主权。其中，长机飞行员可以选择预先计划的任务，也可以通过 F-16 战斗机直接操纵 UCAV。UCAV 可以根据战术任务飞行，执行了作战损伤评估，验证了自主编队飞行、航线跟随、重新加入编队和空中防撞。

未来 F-35A 与无人驾驶 F-16 之间形成高低搭配。

在此基础上，臭鼬工厂在 2017 年 3 月又着手实施了“突袭者 Ⅱ”（Have Raider Ⅱ）阶段的飞行试验，重点集中在“从作战管理角度定义自主权”，即验证 VISTA 试验机的自主任务规划能力。作为一架僚机，VISTA 试验机必须根据操作人员提供的优先级来优化对地攻击任务，以实现总体任务目标。

为了提供最大的灵活性和实现先进的自主能力，VISTA 试验机采用了 OMS 架构，可以快速地将新的软件模块嵌入到系统中。臭鼬工厂按照 OMS 软件标准，将一个附加的辅助处理器集成到 VISTA 试验机上，以承载自主作战管理算法。辅助处理器与 VISTA 试验机飞行控制计算机之间采用了通信网关，允许自主任务规划系统与“突袭者 I”阶段增加的各种先进飞行器控制功能协同工作。

与此同时，臭鼬工厂还评估了自主作战管理系统的动态再规划能力。研制人员正在探索适应性任务执行能力，即 UCAV 在发现一个突然出现的地面威胁时，会自动地重新规划任务，以尽量避免暴露于威胁中，同时仍然能实现任务目标。

洛马公司曾经提出过 F-16DR 无人战斗机方案。

测试关键技术

对于长机与 UCAV 之间的指挥与控制信息，“突袭者 Ⅱ”测试阶段采用了符合 OMS 标准的无人指挥与控制优先权（UCI）通信协议，最初设想用于实现无人机控制的标准化。臭鼬工厂着手研究了一种第五代驾驶舱的驾驶员与飞行器接口，可以将相对简单的驾驶员意图编译成可以独立于无人机的 UCI 信息，从而传达给无人驾驶的僚机。

目前，臭鼬工厂正在评估从触摸屏到语音识别等多种不同方案，既保证转换飞行员意图的有效性，也用于减少驾驶员在判别方面的工作负荷。在人为因素研究中，飞行员反馈认为，总体来说，编队中的僚机在自主性方面是积极的，使其能够指挥一架僚机，而不会显著增加自己的判别负荷。同时，飞行员还谨慎地表示，一切还在试验之中，并且继续不断改进。

第二阶段的飞行测试还考虑到自主管理通信中断和其他一些偶然事件。相关的测试项目关注于意外情况，如无人驾驶飞行器在任务关键时刻失去通信。此时，任务应急管理系统如何接管飞行控制，按照事先计划执行，并在通信链路再次连通后，可以重新加入网络。验证试飞还关注了在消耗掉一种特定的武器类型后，无人机系统将如何重新规划整个任务来实现目标。

据介绍，臭鼬工厂也考虑了非语音提示的想法。通常情况下，战斗机飞行员进入无线电沉默时，会使用一种翼尖闪烁灯光的方式，指示僚机改变位置。为此，臭鼬工厂将这一信息传递方式编入程序，因此 UACV 将会理解其中的策略，并根据任务阶段来执行相应的操作，例如，从攻击战术到战斗编队形成。对于飞行测试来说，作为长机的 F-16 战斗机做出俯仰、滚转和偏航角度等机动，都可以通过数据链传输给 VISTA 试验机，因此后者仿佛可以“看到”翼尖闪烁，并理解这个指令。

臭鼬工厂有一个小型合同集中于优化“忠诚的僚机”计划的发展框架，AFRL 计划从 2018 财年开始的一系列验证试飞，同时改装出一架无人驾驶的 F-16 战斗机，预计 2022 年在真实条件下完成一次有人 / 无人编队的对地打击试验。

着眼降低成本

可以看出，美国空军通过“忠诚僚机”计划，已经为 F-16 战斗机设计和研制一种人工智能模块，力求在未来战争中实现最新装备的 F-35A 战斗机与无人驾驶的 F-16 战斗机之间形成高低搭配，从而有效地摧毁空中和地面的目标。然而，从发展目标来看，作战型“忠诚僚机”有可能不会采用经过改装的现役有人驾驶战斗机，而是考虑采用一种消耗型 UCAV，具备类似战斗机的机动性能和武器投放能力。

正是在这种思路下，AFRL 着眼降低作战成本，秘密启动了“低成本打击验证”（LCASD）计划，设定了单机成本低于 300 万美元的目标要求。2015 年 7 月，名不见经传的克拉托斯防务与安全解决方案公司（简称克拉托斯公司）凭借着独特的设计方案，赢得了 LCASD 计划的验证合同。尽管错失了参与 LCASD 计划的机会，但洛马公司看到了自行研制的无人驾驶平台仍然有机会赢得多个潜在机会。

2016 年 3 月 30 日，时任美国国防部副部长罗伯特·沃克在《华盛顿时报》举行的一个论坛上发表了一次公开演讲，指出有人 / 无人编队是未来发展方向，这才刚刚开始，期望无人驾驶的僚机能在自主军用车辆正式上路之前率先投入使用。他还特别指出，“忠诚僚机”概念可能体现在其他的战斗机与无人机之间，其中一些已经服役，另一些仍然还处在设计中。

目前，臭鼬工厂已经设计出可选择的可重复使用机身，结合了“突袭者”项目所验证的技术。这些设计方案将利用多种先进的制造技术和不同的材料来降低成本，以满足美国空军设定的低成本目标。近日，臭鼬工厂公开展示了一种采用光滑机身、中等后掠翼和 V 形尾翼的高亚声速无人机设计方案。

从想象图中可以看出，这种隐身无人机采用一台后置式涡扇发动机和机身上方的埋入式进气口。想象图中并未展示发动机的尾喷口，大概是为了避免泄漏敏感的隐身特征。显然，无人机设计有一个内部有效载荷舱，可以携带武器或传感器。臭鼬工厂没有透露无人机是否设计有可以从常规跑道起飞和着陆的起落架，或者是采用助推器火箭发射和降落伞回收设备。据介绍，这种无人机可以单独执行任务，也能作为战斗机和无人机组成的大型打击群的一部分，通过无线电数据链自主地协作。该机的任务航程超过了 4020 千米。

美国空军现役 F-16 战斗机为快速改装为 UCAV 提供了条件。

洛马公司推出新的卫星平台型谱

随着军事和商业用户在卫星规格和轨道上寻求更多选择，洛克希德·马丁公司推出了一个新的卫星平台型谱，整合了该公司此前研发的定制化卫星平台。

9 月 19 日，在美国空军协会航空航天与网络年度会议上，洛马航天系统公司战略与业务发展副总裁凯·西尔斯（Kay Sears）介绍了这份新的型谱，并表示：“通过为不同尺寸（从几厘米到 9 米多）的卫星平台研制的通用部件，洛马期望能以更低价格更快地提供产品。”她说：“提高通用性好处很多。由此，卫星建造将更便宜、更快速且更可靠。”

这是洛马公司首次让卫星平台共享通用部件，以形成一个卫星平台型谱。目前认定的该类部件已超过 280 个。西尔斯说，这项工作花了 5 年时间，耗资约 3 亿美元。每个平台的核心构件将在多个部件上与其它平台保持通用性，包括推进、反作用轮、常平架、功率调节、太阳能电池阵、电池技术、热控制及软件和航空电子设备。

西尔斯表示，这样的部件通用性将使公司更有效地利用其供应链。洛马的软件系统还将使每个平台可以更快速地重新配置，具体取决于特定任务需要或卫星类型。

新型谱中规格最小的是 LM 50 系列灵活微纳卫星平台。该系列平台重量为 10 千克至 100 千克，正与纳米卫星制造商 Terran Orbital 合作开发。西尔斯表示，Terran Orbital 公司提供了洛马缺乏的先进的微纳卫星技术和操作经验。洛克希德·马丁风险投资公司 6 月份公布了一项对 Terran Orbital 数额不明的“战略投资”。

西尔斯还指出，美国空军可能会对纳米卫星技术和操作测试感兴趣。

重量在 140 千克和 800 千克之间的 LM 400 系列平台是洛马传统小型卫星平台的升级版，增加了推进力，能够执行近地轨道、地球静止轨道甚至是行星际任务。西尔斯表示，基于 3D 打印和其他生产能力的改进，洛克希德最快可以在下单后 24 个月内交付卫星。

LM 1000 系列是洛马针对中型任务推出的最新平台型号。重量在 275 千克和 2200 千克之间，是为多轨道或星际任务而打造的。该系列与较大的 LM 2100 系列具有很大的通用性，以降低成本，并承载更高功率的有效载荷，如遥感有效载荷。

LM 2100 系列是型谱中最大的卫星平台，重达 2300 千克。该公司称，它是 A2100 平台的现代化版本，共有 26 项改进，增强了动力和灵活性，如霍尔（Hall）推进器和多用途太阳能电池阵列。

洛马航天系统公司执行副总裁里克·安布罗斯（Rick Ambrose）在一份有关新卫星平台型谱的声明中表示：“我们现在有一个适配每项任务的系列，完全兼容地面站、有效载荷和软件应用程序的端到端功能。”

西尔斯表示，作为卫星平台的一部分，洛马还提供了一个采用通用程序架构的改进的集成地面系统，使其可以在不同轨道上运行多个卫星阵列。她还说，这些地面系统正在吸引客户的极大关注，尤其是空军。（景木南 田甜）

美国海军发布MQ-25无人加油系统终版招标书

10 月 10 日，美国海军航空系统司令部发言人表示，海军已向洛马、波音、诺格、通用原子公司发布 MQ-25“黄貂鱼”舰载无人空中加油系统终版招标书，并计划于 2018 年 9 月授出工程和制造研发阶段合同。海军并未公开终版招标书内容，但美国海军航空兵司令官迈克·休梅克中将于 2017 年 9 月表示，MQ-25A 无人机可负载 15000 磅（13.6 吨）燃油从航母甲板起飞，在距航母 500 海里（926 千米）位置为有人战斗机加油，使战斗机有效打击范围增加 300 ~ 400 海里（555~740 千米）。

目前，通用原子公司首次对外公布其完整版 MQ-25 无人机竞标模型。从模型看，无人机采用常规布局，机翼、机身、平尾与该公司“复仇者”（Avenger）有共同的设计特征，均采用涡扇发动机和 V 形垂尾；采用标准的道格拉斯 D-704 伙伴加油吊舱；无人机将装备 MQ-1“捕食者”（Predator）和 MQ-9“死神”（Reaper）无人机的光电相机；采用与 S-3“维京”（Viking）反潜机相似的嵌入机身式的起落架；在飞行甲板上调运采用机组人员手势。除满足海军设定的舰机适配性要求外，通用原子公司竞标方案还融入余度设计，方便未来升级。（孙明月 于宪钊）