

# “忠诚僚机”式有人/无人机协同作战概念 与任务管理技术研究

吴捷, 胡盛华, 乔莎莎, 区昊辰

(中国航空无线电电子研究所, 上海 200233)

[摘要] “忠诚僚机”式作战概念定义了有人机与无人机协同作战的新理念, 颠覆了传统作战模式。在有人/无人机协同作战过程中, 有人机以指挥者的角色, 对作战任务进行分解、分配与管理。实现有人/无人机编队之间在时间、空间上的协同与配合, 而无人机在有人机的指挥下完成侦察与打击等任务。

[关键词] 忠诚僚机; 协同作战; 任务管理; 任务分解; 任务分配

[中图分类号] V271

[文献标识码] A

[文章编号] 1006-141X(2021)02-0027-05

## Research on Combat Concept and Mission Management Technique of “Loyal wingman” Manned/Unmanned Aerial Vehicle Collaborative

WU Jie, HU Sheng-hua, QIAO Sha-sha, OU Hao-cheng

(China National Aeronautical Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200241, China)

**Abstract:** The combat concept of “Loyal wingman” defined a new concept of manned/unmanned aerial vehicle collaborative combat, and overturned the traditional mode of combat. Manned aerial vehicle decomposed, allocated and managed the combat mission in the role of commander during manned/unmanned aerial vehicle collaborative combat. When manned/unmanned aerial vehicle formations realized the coordination and cooperation in time and space, unmanned aerial vehicle can complete the reconnaissance and strike task under the command of manned aerial vehicle.

**Key words:** loyalwingman; collaborative combat; mission management; mission decomposition; task allocation

有人/无人机协同作战是指在信息化、网络化和体系对抗环境下, 有人操作航空作战平台与无人航空作战平台联合编组, 实施协同探测、协同电子对抗以及协同攻击等作战方式。

当前国内外各研究机构均对有人无人协同发展趋势、关键技术、作战运用进行了大量研究。从美国“忠诚僚机”、“女武神”等典型有人无人协同项目的推

进情况可以得出美军未来将着力发展有人无人协同作战领域<sup>[1]</sup>。国内中科院陈杰院士也给出了有人/无人系统相互协同面临的科学问题和挑战<sup>[2]</sup>。此外在有人无人协同作战任务分配<sup>[3]</sup>、任务规划<sup>[4]</sup>、作战运用<sup>[5]</sup>等关键技术也有相应的研究。

收稿日期: 2020-05-18

引用格式: 吴捷, 胡盛华, 乔莎莎, 区昊辰. “忠诚僚机”式有人/无人机协同作战概念与任务管理技术研究[J]. 航空电子技术, 2021, 52(2): 27-31.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

## 1 “忠诚僚机”概念下的有人无人协同

### 1.1 “忠诚僚机”概念

2015 年, 美国空军提出了基于“有人机/无人机组编技术”的“忠诚僚机”概念, 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, 从而大大增强两者在空战中的致命杀伤能力。这种作战理念是希望在大多数危险环境下, 一架无人机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, 避免遭到来自对手的致命反击。发布的计划要求中, 还提出无人机挂载更多的武器来完成对空、对地打击任务这一需求, 与“武库机”概念相呼应。

实施“忠诚僚机”作战模式的关键一环是四代机 F-16 战斗机的改装, 如图 1 所示。早在 20 世纪 90 年代后期, 洛克希德·马丁公司针对美国空军的训练和测试需求, 开始着手研究将 F-16 战斗机改装为全尺寸靶机的技术, 在保留有人驾驶战斗机的所有功能的基础上, 增加不超过 136 kg 的遥控和通信设备, 将 F-16 改装为有人/无人的双重角色战斗机, 并于 2013 年 9 月完成 QF-16 靶机自主起飞测试。QF-16 还具备很大的潜力, 作为一架无人驾驶飞机, 可以凭借着更快的速度及时飞抵目标上空。因此, 以 QF-16 为基础的改进型无人机 MQ-16, 可突击到敌方防空火力下, 为紧随其后的战斗机和攻击机扫清障碍。



图 1 F-35 与 QF-16 伴飞

就发展目标来看, 作战型“忠诚僚机”除了会采用经过改装的现役有人驾驶战斗机, 还另考虑采用一种低成本可消耗的无人战斗机, 比如代号为

“XQ-58”的 Valkyrie (“女武神”), 具备类似战斗机的机动性能和武器投放能力。“忠诚僚机”的概念还可以应用到其他型号的有人机与无人机的作战任务样式中, 如图 2 所示。



图 2 “忠诚僚机”计划中的无人机

无论是四代机无人机化的改型 (QF-16), 还是 XQ-58, 都“植入”了人工智能方法, 具备协同飞行和自动防撞能力、基于任务优先级和可用资源的自主规划能力, 配备新型传感器和有效载荷, 可在有人机控制下执行探测攻击等任务, 甚至可在复杂性不断提升的环境中自主应对威胁环境的变化。

### 1.2 “忠诚僚机”作战场景

基于 QF-16 的特点以及无人机作战框架来看, 美“忠诚僚机”可能的作战场景如下:

(1) 有人机 (F-35) 作为长机, 指挥四架无人机僚机 (QF-16);

(2) 长机为忠诚僚机分配独立的目标, 分别实施打击;

(3) 无人机僚机在有人机前方扮演突防的角色, 执行目标搜索、跟踪、打击等任务;

(4) 有人机在敌方防空火力之外进行指挥控制, 降低有人机威胁。

从作战效能上来看, “忠诚僚机”的作战概念将有人五代机与无人四代机组合搭配成作战编队, 借助五代机的作战网络节点角色, 能够充分发挥四代机机动性好、火力充足的优势, 从而加强二者在空战中的杀伤力。

## 2 有人/无人机协同作战中的任务管理技术

近年来, 国内在有人/无人协同方面有很多研究, 但目前还都在理论研究阶段, 演示验证计划尚在筹备开展中。

在有人 / 无人机编队作战中, 无人机以“忠诚”僚机的姿态负责高危前突任务, 而有人机则承担了编队指挥的角色, 在作战任务过程中作战任务进行分配和统筹管理, 实现对作战任务的分解、分配、管理与监控等, 达到编队之间在时间、空间上的协同与配合。

有人 / 无人机协同的任务管理包括三个方面: (1) 任务分解, 即将编队作战任务按照时间、空间关系分解为子任务序列, 便于有人机在任务过程中对编队任务状态的分时、独立管理; (2) 任务管理, 即根据任务过程和实时态势管理子任务序列, 在必要时发起重规划作战任务的请求; (3) 任务分配, 即在各子任务序列中以任务效能最大化为目标优化资源配置。

2.1 基于战术模板的任务分解技术

任务分解的目的, 是将作战任务计划分解为相对独立的子任务序列, 实现任务层面的协同。

一般任务分解方法有基于合同网的分解方法、Agent 多智能体的分解方法等。但这些方法适用于复杂任务、集群任务等大样本空间的任务分解, 而战术编队的任务样式和编队组成较为简单, 对实时性要求较高, 因此, 借鉴战斗机机动飞行动作库的思想, 采用战术样式模板库的方法来实现战术编队级作战任务的快速分解, 同时可以将专家知识应用到其中。

有人、无人编队领受作战任务后, 基于战术样式模板按照任务目标、目标特性、编队组成等在战术样式模板库中选择匹配最佳的战术样式模板, 然后根据态势信息将模板中的各表单项目实例化, 确定各子任务的时间、空间约束, 生成子任务, 分解过程如图 3 所示。

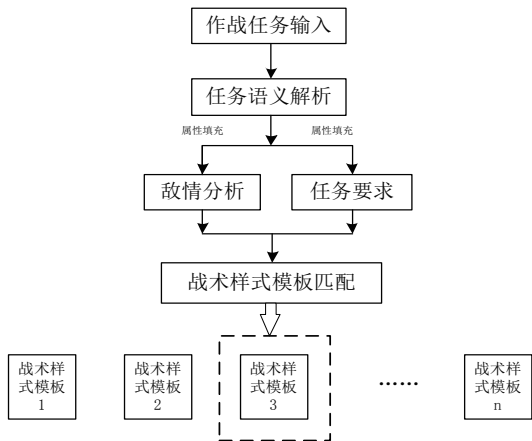


图 3 基于战术样式模板的任务分解

表 1 战术样式模板

编号	模板 1		资源		1 架有人机 +4 架无人机	
类型	对地搜索攻击		目标		敌防空体系	
编队级指挥	序号	阶段	起始时间	终止时间	编队	队形
	1	编队巡航	00:00	10:00	编队 1	菱形编队 -4
	2	协同探测	10:00	20:00	编队 1	菱形编队 -4
	4	协同干扰	30:00	40:00	编队 1	菱形编队 -4
	5	协同攻击	35:00	50:00	编队 1	菱形编队 -4
	6	编队返航	50:00	90:00	编队 1	菱形编队 -4

2.2 基于任务树的任务管理

为了实现各子任务之间的协同, 需要有人机来进行统筹调度与管理。比如在协同搜索子任务执行过程中, 当到达搜索子任务结束时间要求, 但未完全发现所有情报目标, 此时是继续执行搜索任务还是开始执行下一子任务, 就需要指挥员来进行决策。为了减少指挥员负荷, 采用基于任务树的管理方法, 提供子任务之间调度管理的决策。

各子任务之间除了时间、空间上的约束关系外, 还有逻辑关系。在任务分解结果中体现出子任务之间时间、空间关系, 而逻辑关系则需要从任务场景的细化过程中获得。基于典型作战想定的任务树管理的逻辑如图 4 所示, 驱动任务管理的事件如表 2 所示。

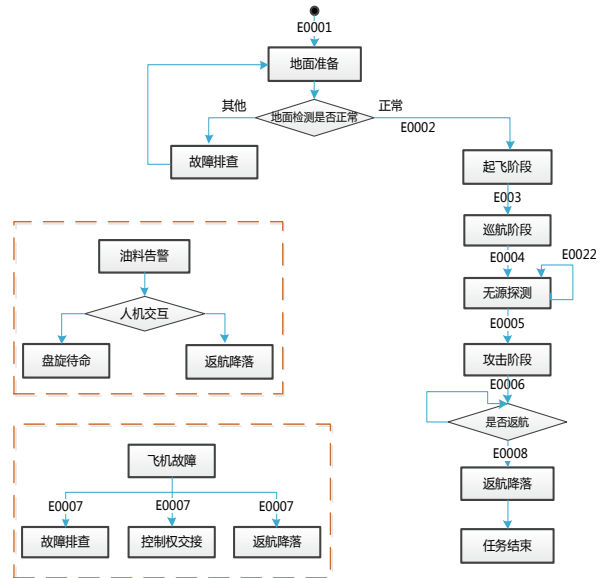


图 4 任务管理逻辑图



表 2 任务管理事件表

编号	事件描述
E0001	下达任务
E0002	地面准备完成
E0003	到达协同探测任务空域并且达到协同探测起始时间
E0004	协同探测任务阶段发现所有目标
E0005	完成任务区域探测, 但未发现全部目标
E0006	摧毁敌方目标
E0007	编队平台 / 武器出现故障
E0008	允许返航
E0009	有人 / 无人机故障且不影响飞行安全的故障
E0010	.....

此外, 以下态势事件也会影响任务运行逻辑:

(1) 当有人 / 无人机协同编队中任意一架飞机发出油量告警时编队立刻终止任务, 返航;

(2) 当有人机和无人机地面站完成无人机控制权交接后, 若有人机与无人机数据链路受地形、敌方干扰等因素影响而无法保持通讯, 且在预定时间未恢复编队通讯, 此时失联无人机自动进行返航, 整个编队剩余飞机也同时实施返航;

(3) 当编队中任意一架飞机遭受敌方火力攻击而损失后, 整个编队剩余飞机立刻终止任务, 实施安全脱离返航。

### 2.3 基于效能的任务分配

在各子任务执行中, 为发挥编队协同的最大效能, 需要合理分配和利用编队传感器与武器资源。针对不同阶段或类型的任务 (搜索任务、定位任务、干扰任务、攻击任务等), 建立任务效能的评价指标, 如图 5 所示。对不同方法、参数计算的任务分配方案进行效能评估, 并将任务分配方案及量化的评估结果提供给有人机指挥员, 指挥员可以根据任务目标或意图来进行决策。

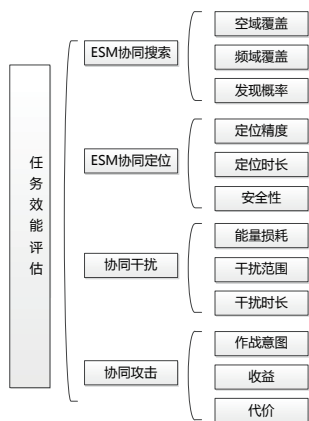


图 5 任务效能评价指标

比如在协同搜索任务中, 根据任务要求、雷达与电子支援措施 (ESM: Electronic Support Measures) 传感器资源、敌方目标特性等建立 ESM 协同搜索能力模型, 分别给出在空域覆盖能力最优、频域覆盖能力最优、发现概率最优以及综合能力最优的 ESM 协同探测任务分配决策结果, 提供给指挥员, 指挥员可以根据作者意图、实时态势等进行决策, 选择适用的决策方案, 来指挥相应的飞机平台以要求的 ESM 工作模式和队形与搜索路径要求来执行协同搜索任务。

### 3 仿真验证

为了进一步对任务管理技术的合理性和正确性进行验证, 构建了一套任务管理系统及其仿真系统用于实现战场态势推演、装备节点仿真以及目标激励仿真等内容。通过将典型任务场景进行实例化仿真, 以战场态势变迁作为任务管理系统的信息输入, 驱动任务管理系统进行任务的管理与决策分析, 仿真系统能够根据任务管理系统分配和规划的结果驱动相应装备节点执行相应任务, 实现完整作战任务环路仿真和验证, 任务管理系统及其仿真环境界面如图 6 所示。

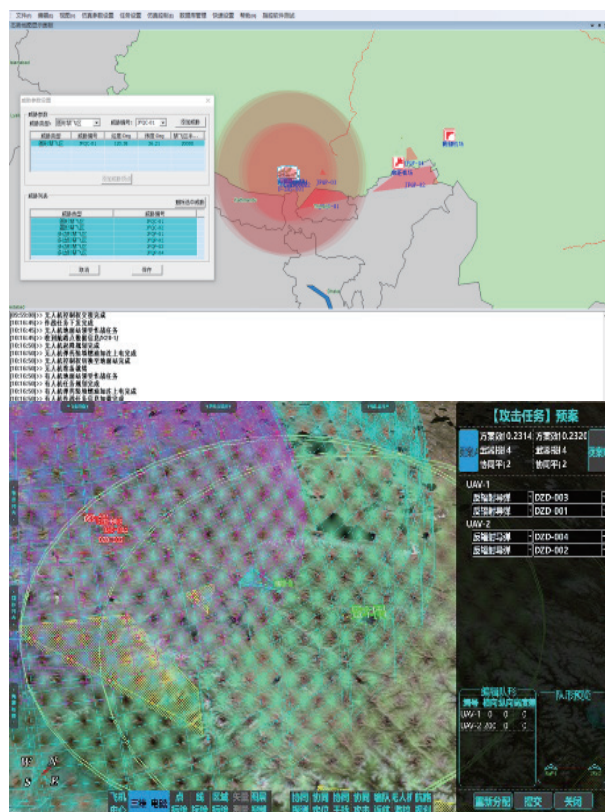


图 6 任务管理系统及其仿真环境界面

任务管理系统在仿真过程中能够面向不同的任务目标给出不同指标下的任务预案,指挥员只需要根据实际的态势情况选择预案或调整修订预案,任务系统根据指挥员选择或修订后的预案自动调整航路、控制传感器和武器执行相应任务。相对于传统作战分析决策过程,应用任务管理系统自主开展作战任务分析和评估,指挥员能够高效开展任务决策,缩短OODA环路,实现有人无人协同作战效能的有效提升。

#### 4 结束语

目前国内有人无人协同任务管理技术理论算法研究方面已取得了较大的进展,本文主要结合典型有人无人协同任务想定,开展任务管理相关技术研究,并开发相关验证环境对任务管理技术进行仿真验证,对未来开展型号应用具有一定指导意义。未来对于实际作战应用仍然需要考虑战术战法、战场态势变化、交战规则等因素对任务管理的影响。此外有人机和无人机间的链路带宽、信息延迟、战场电磁干扰等不确定性也是影响有人无人协同作战效能的重要方面。后续将进一步构建完整的有人无人协同任务管理技术仿真验证环境,一方面对任务管理技术的关键算法进行充分验证,另一方面增加各影响因素仿真,验证任务管理技术相关算法的鲁棒性和有效性。

#### 参考文献

- [1] 申超,李磊,吴洋,刘都群.美国空中有人/无人自主协同作战能力发展研究[J].战术导弹技术,2018,(1):16-21.
- [2] 陈杰.有人/无人系统自主协同的关键科学问题[J].中国科学:信息科学,2018,48(9):1270-1274.
- [3] 陈凌松,冀四梅,郭梅.有/无人机协同作战任务分配方法研究[J].飞航导弹,2015,(7):36-38.
- [4] 夏令儒,孙首群.多无人机协同任务规划[J].电子科技,2018,31(1):4-8.
- [5] 孙晓闻.无人/有人机协同探测/作战应用研究[J].中国电子科学研究院学报,2014,(4):5-8.
- [6] 杨学锋,辛冀,孙强.反潜直升机作战任务分解和攻潜技术指标研究[J].直升机技术,2017,(1):39-44.