

无人机系统关键技术及其发展趋势研究

樊琼剑¹ 王凤仙¹ 邢泽会²

(1. 空军航空大学, 吉林 长春 130022; 2. 93057 部队, 吉林 吉林 132000)

摘要: 简要分析了无人机系统作战能力变化和新作战模式下几个关键技术发展问题。从战场环境变化对无人机系统技术发展影响入手, 结合目前美军无人机系统装备的发展现状, 重点分析和预测了无人机系统的几个关键技术发展, 包括自主控制、数据链等技术。

关键词: 无人机系统; 作战能力; 网络中心战; 关键技术

Research on the Key Technologies and Development Trend of UASs

Fan Qiongjian¹ Wang Fengxian¹ Lei Zehui²

(1. Aviation University of Air Force, Changchun 130022, China;
2. 93057 troop of PLA, Changchun 132000, China)

Abstract: The technologies development for the new operational mode and combat capability change of UASs are analyzed briefly. Form the operational environment change on the impact of technology development, and combining with the present development of U. S. UAS equipment, and then the development trend of several technologies of UAS are analyzed and forecasted, such as autonomous control technology, data-link technology.

Key words: UAS; combat capability; network centric warfare; key technology

引言

目前, 以美国为主的军事强国正全方位快速发展军用无人机系统 (Unmanned Aircraft System, UAS) 技术, 不断扩大装备数量, 并提升其作战影响力度。同时无人机参与的世界局部战争的典型战例也在告诉我们, 武器装备的作战效能好坏很大程度上取决于装备的高技术含量程度。本文将分析国外现有 UAS 各技术特性, 找出加速推进 UAS 技术发展的关键因素。

1 无人机发展中作战能力变化和新性能要求

最早发展起来的无人机是检验新型导弹性能的靶标机, 只须按照预定航路飞行, 技术含量很低。第一次真正有效实施作战任务的无人机是以色列的“侦察兵”“猛犬”无人机, 在 1982 年著名的贝卡谷地战役中收集叙利亚的火力配置和战场情况, 取得了引起世界震惊的辉煌战果, 不仅开启了新一轮无人机技术发展高峰, 也相应扩大了无人机任务范畴。

到了 20 世纪末, 无人机的发展进入了一个崭新的时代。长航时无人机、攻击无人机等多功能多用途的新型机种不断涌现。如 1999 年科索沃战争参战的“捕食者”A 等 7 种无人机, 对战争实施了侦察监视、目标指示、搜索救援、通信中继。2001 年阿富汗战争中, “捕食者”A 与 F-15 协同作战, 无人机发射导弹击毙基地成员, 不仅开创了无人机对地攻击任务, 也开启了无人机与有人机协同作战的空战新模式。

进入到 21 世纪, 由于电子技术等快速发展, “海、陆、空、天、电、赛博”六维空间的作战网络体

系逐渐形成，这更强调参战力量系统集成和作战行动的整体联动，无人机作为网络中心战的重要节点，其性能将出现新要求：一是应同时是传感器、信号发射及通信结构的部署平台，为机动部队提供可移动的网络覆盖；二是应具有持久和高精度侦察、监视能力，以及对目标的识别、跟踪和快速定位能力，为在多维战场实现快速态势感知和高度信息共享提供支持；三是应具有强大的信息处理和分发能力，依靠其实现传感器、武器系统和指控网络的互联、互通和防御体系的无缝集成；四是应具有较强的电子干扰能力，迷惑敌方的电子设备；五是应能够兼顾战场毁伤评估任务，通过网络中不同层次无人机的配合，提高毁伤评估效果。一旦以上新技术性能得到满足，全新空战格局无疑将正式开启。

2 美军无人机系统的现状分析

目前，美军无论是无人机系统装备的种类、数量和质量都处于全球领先地位，分析其技术特性，也就得到现在 UAS 技术的共性。美军无人机系统主要分为五大系列（见表 1），主要性能特点表现如下。

表 1 美军主要 UAS 分类

序号	类型	代表型号
1	小型战术无人机，执行侦察、干扰、诱骗任务	“大乌鸦”“扫描鹰”等
2	中空长航时无人机，执行察打、中继、搜救任务	“捕食者”A/B、“猎人”等
3	高空长航时无人机，用于战略侦察、预警、中继、作战等任务	“全球鹰”、“捕食者”C、X-47B、RQ-180 等
4	空天无人飞行器，用于临近空间对抗、运输等任务	X-51A、X-37B、SR-72 等
5	浮空器，用于侦察、战区监视、通信等任务	自由飞行和系留飞艇

一是中空中速无人机普遍采用大展弦比和 V 形尾翼的结构布局。前者可以在相同条件下产生更多升力，而后者集成了方向/升降舵功能，可提升隐身性能，同时大仰角可控性好，但操稳性会有所降低，为此“捕食者”系列无人机（见图 1、图 2）保留了一个向下的方向舵来辅助操纵飞机。

二是机体材料组成中复合材料增加，如“捕食者”A 无人机机身采用碳、石英纤维等混合材料，翼肋部分为碳和玻璃纤维加上铝制材料，由此节省出的重量空间可加装其他设备。

三是动力装置几乎涵盖有人机动力系统，如活塞、涡桨、涡喷和涡扇发动机，以及超燃冲压发动机等。

四是隐身性能逐步提升，如 X-47B（见图 3）采用无尾飞翼布局、机背进气道、内置弹舱设计，尾喷口采取遮蔽式处理，并做了内置式涵道弯曲、缩小处理，不仅降低喷口温度，也降低了被探测威胁，在雷达屏幕上显示的尺寸不超过一只麻雀。同样设计的还有英国“雷神”（见图 4）、法国“神经元”（见图 5）和俄罗斯“电鳐”（见图 6）。

五是自主技术仍旧面临诸多问题。现有无人系统都是基于人-机联合认知系统，其所有作战运用也是在取得绝对制空权的条件下实施，未来战场将面临各种威胁、人为干扰和网络攻击等挑战，为此需要更强大的自主控制能力来支撑无人机作战需求。



图 1 “捕食者” A



图 2 “捕食者” B

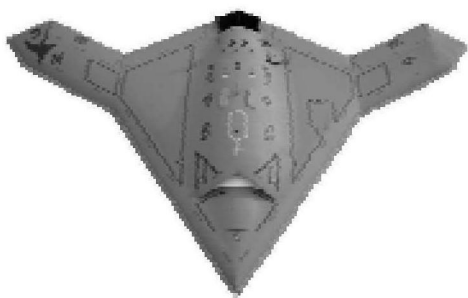


图3 X-47B

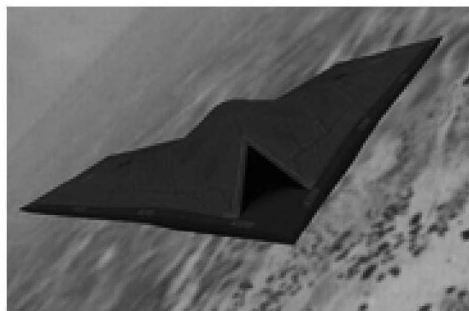


图4 “雷神”



图5 “神经元”



图6 “电鳐”

3 无人机系统关键技术的发展重点和预测

对比新作战模式对无人机性能要求和美军无人机装备性能现状, 不难发现当今 UAS 需要大力推进发展以下六大技术。

3.1 自主技术

信息处理速度方面的技术飞跃使得无人机的自主程度更高, 只有当处理器具有与人一样的思考速度、存储能力和环境适应能力, 才能完全取代飞行员的功能。而制约无人机达到高级别自主能力的因素主要为 3 个: 计算机技术 (运算速度)、通信技术 (带宽和速度)、人工智能技术 (认知能力、理论模型和计算方法等)。

目前, 自主技术的研制焦点集中在可靠的自主起飞/着陆、容错飞行控制系统、飞行中任务管理、协同作战、分布式数据融合以及自动目标识别/交战等。

3.2 数据链技术

数据链是无人机系统的主要组成部分之一, 是连接无人机平台和地面控制站的信息桥梁。针对未来作战模式特点, UAS 将与其他军兵种武器系统进行联网联合作战。要实现响应指控、通信、战斗一体化战场管理, 数据链必须朝着通用化、微型化和高速化方向发展, 也就是说要在兼容现有通信技术的基础上, 开发新的频率资源, 提高数据传输速率, 改进网络结构, 增大系统信息容量, 提高抗干扰和抗截获能力, 不断提升数据分发能力, 从战术数据终端向联合信息分发系统演变; 在与各种指挥控制系统及武器系统链接的同时, 实现与战略网的互通。

3.3 动力技术

由于不再受限于人类的生理极限, 未来无人作战飞机最大过载将可能达到 15 ~ 20, 更高的速度和更大的机动性意味着更高的生存性, 而这需要高效动力系统来保证, 因此动力关键技术将以低油耗、大过载、高隐身、自适应控制、长寿命等为发展重点, 主要包括: 低油耗的冲压发动机组合技术, 适应高空、

高速的涡扇发动机技术, 推力矢量及其调控技术, 隐身、高效、防畸变进气道的综合优化设计技术, 可靠的空中自动点火/起动技术、特殊燃料技术等。

3.4 任务载荷

任务载荷是指安装在无人机上用于完成特定任务的设备或产品, 主要包括五大类型: 传感器 (光电、雷达、信号、气象、生化)、中继 (通信、导航)、武器系统、货物 (传单、补给品), 以及它们的组合。一般来说任务载荷将占到无人机总重的 10% ~ 20%。无人机可携带的任务载荷种类、功能在很大程度上决定了无人机的应用价值, 如果采用标准化、模块化的任务载荷, 以及通用的信息处理设备, 使一架无人机能满足一个或一系列任务的需要, 将更能适应多变的战场环境。

3.5 生存性和可靠性

无人机的生存能力取决于其速度和低可观测性。不同类型无人机生存性重点并不相同: 低空无人机主要威胁是地面近程防空火力, 其生存性考虑重点是声、可见光和红外探测; 中高空无人机威胁来自地空导弹和作战飞机, 其生存性考虑重点是雷达探测。为此隐身设计时需要考虑发动机进/出口的设计、内置式武器吊舱、无缝复合材料蒙皮、雷达吸波结构与材料等, 以降低 IR/RF 信号特征。声信号一般采用消声电子推进系统来降低。

无人机可靠性主要靠冗余备份等技术手段解决, 但受安全标准以及经济成本等因素限制, 未来需要通过整体优化, 以及采用成熟的分系统、设备和组件加以解决, 以保证高端无人机的平均无故障时间有望与商业喷气式飞机相当。

3.6 地面控制站

无人机系统的一个重要组成单元就是地面控制站 (Ground Control Station, GCS)。GCS 应具备任务的规划、管理和执行能力。对于无人机飞行操控员来说, GCS 人机界面设计尤为重要。因为长时间对无人机飞行状态和数据的高度关注, 会造成操控人员的疲倦和失误, 从近十年无人机飞行事故的主要因素来看, 就有人为因素。对于该问题应该“以人中心”进行设计, 保持人的高度情景感知, 对人与自动化资源做合理分配, 并增设智能辅助决策系统, 这将大大降低人为差错。另外, 未来作战样式也要求 GCS 具备“互联、互通、互操作”功能, 以便能够控制多架多类型无人机, 节省成本, 提高作战效率。

4 结束语

综上所述, 信息化是当前与未来作战的发展趋势, 争取信息优势反映到作战因素的各个层面, 从情报信息的获取、传递, 到全球攻击、精确打击, UAS 在作战中所具有的独特优势, 使其得到了更广泛的实战应用, 反过来又加快了 UAS 的更新换代。随着计算机、通信、信息融合和人工智能等技术的飞速发展, 制约 UAS 发展的技术将会逐渐解决。可以预见, 在网络中心战的框架指引下, 无人机实现“零伤亡、非接触、远程控制、精确打击”的作战行动将不再是一句空话。

参考文献

- [1] 刘力, 马岑睿, 袁东等. 无人机系统发展与作战使用研究 [J]. 飞航导弹, 2011 (12): 38 - 41.
- [2] 池亚军, 薛兴林. 战场环境与信息化战争 [M]. 北京: 国防大学出版社, 2010: 1 - 121.
- [3] 姜长生. 无人机侦察/打击一体化的关键技术 [J]. 电光与控制, 2011, 18 (2): 1 - 7.
- [4] 周丰, 李敏勇. 网络中心战的体系结构特征 [J]. 舰船电子工程, 2004, 24 (1): 25 - 27.
- [5] 韩冰. 战术无人机的任务载荷与发展分析 [J]. 舰船电子工程, 2007, 27 (3): 31 - 45.
- [6] 周焱. 无人机地面站发展综述 [J]. 航空电子技术, 2010, 41 (1): 1 - 6.

作者简介

樊琼剑（1973—），女，博士，副教授，研究方向：飞行控制。

Tel: 17743102218

E-mail: 442536989@qq.com

王凤仙（1972—），女，硕士，讲师，研究方向：自动控制。

邢泽会（1970—），男，本科，工程师，研究方向：随动控制。