

美军无人机发展现状及趋势

汪浩洋 杨梅枝

摘 要 伴随着无人系统的广泛运用,军用无人机在美军作战体系中的地位越发重要。介绍了当今美国军用无人机的研发新背景和战场新要求。在此基础上,总结了当今美国现役微型和大中型军用无人机的配装数量、飞行高度、巡航速度、净重量、续航时间、动力装置等性能参数,并针对性地介绍了美国正在研发的 MQ-8C、MQ-9B、X-47B 三种最新型无人机的研制情况。结合美军军用无人机的发展现状,归纳了军用无人机的未来发展趋势。

关键词 军用无人机 自主性 互适应性

引 言

自从 1964 年美国首次在越南战争中使用火蜂无人机以来,从海湾战场、科索沃战场到伊拉克战场、叙利亚战场,军用无人机(UAV)在监视与侦察、特定目标追踪、战斗毁伤评估、火力支援等作战任务中发挥了越来越重要的作用。近年来,随着与无人驾驶飞行器(简称无人机)相关的各类技术不断更新完善,军用无人机产业得到突破式发展,逐步成为运用广泛、产品众多的军工产业。美国真实之声(Teal Group)的公开数据显示,目前全球军用无人机产值约为 28 亿美元,预计到 2025 年将增长到 94 亿美元。截止 2019 年,至少有 48 个国家在军事领域使用了 150 种不同的无人机,其大小涵盖从蜂鸟大小的大黄蜂微型无人机到重达 6 803 kg 的 RQ-4 全球鹰无人机。

现美国拥有世界上最多的无人机研究人员,也是最大的无人机生产国和使用国,是第一个在战场环境中使用军用无人机的国家,无人机研究及生产水平稳居世界第一。充分研究美军无人机的发展现状,并分析未来美军无人机发展趋势,对于促进我

军无人机的研究与发展具有重要意义。

1 美国军用无人机发展背景

1.1 武器研发成本的大幅上升

1984 年,洛马公司前负责人诺姆·奥古斯丁指出,美国国防开支呈线性增长,而美军飞机成本则呈指数增长,美军未来能够采购的飞机数量必然持续减少,诺姆·奥古斯丁定律反映出高昂的武器装备系统与有限的军费开支之间的巨大矛盾。2016 年,美国军费占世界军费支出接近于 40%,已超过中国等其它 8 国军费之和,2019 年美国国防军费预算高达 7 160 亿美元。如此高额的军费面对日趋复杂的武器装备系统和指数级爆炸的技术研发费用仍显得捉襟见肘,美军不得不逐步缩减各类武器装备的采购数量。起初,美军希望通过质量取代数量,通过研发具备多功能的通用武器系统,减少对武器系统的数量需求,结果导致武器系统的研发周期更长,研发费用更高,例如 F-22 战斗机的研制费用为 200 亿美元, B-2B 轰炸机的研制费用为 246 亿美元。随后,美军转变研发方向,提出蜂群作战理论,通过将复杂任务进行逐步分解,形成由多种单一作战任务构建的作战体系,通过对单一任务的优化组合协同完成复杂作战任务,这就将复杂武器系统需求转变为简化武器系统需求,缩短研究周期,降低研发成本。

相比于研发周期漫长、成本高昂的载人飞行器,军用无人机凭借其生产成本低廉、零人员伤亡、机动能力高和平台适应性强等优势,受到美军青睐。例如,在 25 km 以上的高空,由于空气稀薄和环境寒

本文 2019-09-27 收到,汪浩洋、杨梅枝分别系火箭军工程大学硕士生、教授

冷,载人飞行器的配置要求十分苛刻,人员和装备成本昂贵,飞行器的有效载荷相对较低。而军用无人机则容易克服恶劣的高空环境,装备配置要求较低,生产成本仅为数万到数十万美元左右。

1.2 应对非常规任务的迫切需要

苏联解体后,美国面临大规模对称常规战争威胁的可能性大大降低,恐怖主义成为美国的主要威胁之一,美军的战场环境和作战任务发生了根本性转变。一方面,反恐战争的战场环境复杂多样,单靠人造卫星系统、有人驾驶侦察机等常规侦察手段,无法满足作战情报需求。军用无人机具有目标小,反侦察能力强,受气候条件限制少,昼夜可用等特点,可通过长期在超低空或超高空盘旋等方式全天候监视战场,不间断地提供准确有效情报,弥补常规侦察手段的间隙,满足美军的巨大情报需求。另一方面,反恐作战任务不同于常规作战任务,恐怖分子常混杂于普通群众之中,很难分辨,并时刻具有制造恐怖袭击的能力。美军随即运用无人系统进行侦察打击任务,但一般的无人系统如机器人、无人坦克等普遍是由单架(辆)执行作战任务。随着恐怖袭击方式及手段的不断升级,例如自杀汽车炸弹袭击陆军营地、自杀小艇袭击海军港口等恐怖袭击频率不断增加,单架(辆)无人系统可以完成的作战或者保障任务越发有限。美军迫切需要能够集群操作指挥的蜂群无人系统来保护各类军事设备,并给予恐怖分子有力打击。在这种情况下,利用新型材料和先进通信技术发展微型化、集群化无人机,成为了美军的优先选项。

1.3 民用无人机的快速发展

无人机是计算机智能技术、导航技术和航空技术发展一定程度后的结合体,这些技术均为典型的军民两用技术。美国长期遵循军民一体化战略,始终把军民两用技术作为军民一体化的基点,通过将部分国家实验室委托民间企业来管理,积极推行军转民技术投资计划,为民用研究提供经验和指导,例如国防预先研究计划局(DARPA)。在这种情况下,美国民用无人机领域逐步形成无人机+行业应用的产业模式,在森林防火、线路巡查、应急通信、搜索救援、气象监视、交通疏导、农林作业、水文观测、矿产勘探等领域产生了显著的经济效益。

飞航导弹 2020年第2期

随着无人机应用领域的全面拓展,无人机消费出现井喷式增长,谷歌(Google)、英特尔(Intel)、通用电气、高通等不少美国巨头纷纷开始投资无人机行业,预计到2020年,全球将有超过500家无人机公司,年销量超过400万架,全球民用无人机市场空间达千亿美元。

庞大的产业规模,促使美国民用无人机发展迅猛,部分技术和产品成为美国军用无人机采购的全新选择。例如,美国SAIC公司将原本民用的运输者496(Ultraspport 496)型无人机加以改进,使其可以携带68 kg负载,滞空时间由原本的2.5 h延长至9 h,巡航速度最高可达166 km/h,同时保留了原本机型具备的造价便宜(5万美元)和操作简单的特点,不仅节省了大量的研究与生产费用,也满足了军方无人机需求。美军已正式采购该机,并命名为警觉者502(Vigilante 502),专用于寻找生化武器踪迹。

2 美国军用无人机发展现状

2.1 美军现役军用无人机

随着无人机的不断发展,军用无人机不再仅执行情报收集、长期监视和侦察任务,能够完成的任务类型已扩展到电子攻击、火力打击、破坏敌方网络节点或通信中继等领域。美国现役军用无人机,不仅技术先进,并且种类繁多,但配备数量较多的机型主要包括RQ-41大乌鸦、RQ-42A黄蜂、RQ-20美洲狮、RQ-6A警卫、MQ-4C灰鹰、MQ-9收割者、RQ-7影子和RQ-4全球鹰,其中前四种为微型无人机,后四种为大中型无人机。主要性能参数如表1所示。

2.2 美军在研军用无人机

美军研制新型军用无人机的方式主要分为两种,一种是立足于现有的军用无人机型号进行改良和升级,提高无人机的作战性能,例如MQ-8C无人机和MQ-9B无人机。另一种是根据新型战场环境和军事需求进行研发,例如X-47B无人机。

MQ-8C火力侦察兵无人机。MQ-8C火力侦察兵无人机由诺格公司研制,将主要装备美国海军,其前身是MQ-8B垂直起降战术无人机。MQ-8C无人机基于贝尔407直升机的设计方式,可装载光

表 1 美军现役无人机数据表

机型	配装数量/架	飞行高度/m	巡航速度/km·h ⁻¹	净重/kg	续航时间/h	动力装置
RQ-41 大乌鸦	7 362	4 572	96	1.9	1.5	简易电动马达
RQ-42A 黄蜂	990	1 000	65	0.43	1.5	锂离子电池
RQ-20 美洲狮	1 137	7 000	83	5.6	2	双叶螺旋桨发动机
RQ-6A 警卫	306	5 000	130	8.39	2	双活塞发动机
MQ-4C 灰鹰	246	7 260	280	1 633	36	重油发动机
MQ-9 收割者	126	15 000	460	2 223	15	涡轮螺旋桨发动机
RQ-7 影子	491	4 570	130	84	7	转子发动机
RQ-4 全球鹰	33	18 000	635	6 781	42	涡轮风扇发动机

电/红外传感器、合成孔径雷达以及激光测距仪，并携带海尔法导弹、70 mm 多头蛇(Hydra) 火箭弹等战术级武器。MQ-8B 无人直升机部署期间发生过多次坠机事件，MQ-8C 无人机比 MQ-8B 更大，续航能力和有效载荷能力分别是 MQ-8B 的 2 倍和 3 倍，美国海军航空系统司令部多任务战术无人系统办公室(PMA-266 项目办) 主任杰夫·道奇表示正在用 MQ-8C 替代旧式的 MQ-8B 无人机。



图 1 MQ-8C 火力侦察兵无人机

MQ-9B 守护者无人机。美军最新军事预算显示，将划拨 24 亿美元用于研究、升级和采购无人驾驶航空系统，其中耗资最大的项目是向 MQ-9B 研发项目提供 12 亿美元。MQ-9B 由美军现役 MQ-9 收割者无人机改进而来，有军用和民用两种规格，可通过增添多种任务模块，衍生出空中守护者和海上守护者等型号。所有版本的 MQ-9B 守护者无人机，最大飞行高度可达 12. 192 km，最大平飞速度 389 km/h，续航时间 40 h，巡逻半径超过 7 000 km，非常适合对大面积海域或空域进行巡逻。美国通用

原子公司宣称，MQ-9B 将极大地增强美军的海洋态势感知能力。



图 2 MQ-9B 守护者无人机

X-47B 无人机。X-47B 无人机是美国历时 4 年，耗资 6.36 亿美元研制成功的最新型无人机，也是世界上第一种喷气式舰载无人机。X-47B 的最大特点是能直接从航空母舰上起飞，其航程是 F-35 战机的近 2 倍。X-47B 外形与 B-2 型隐身轰炸机极其相似，采用无尾翼设计，隐身性能极高，两个内置弹舱各可以容纳一枚 907 kg 的联合直接攻击弹药 (JDAM)，并有自主空中加油能力。同美军各类现役战机相比，X-47B 滞空时间更长，其 1 500 km 的作战半径，既可以使航母战斗群处于更安全的位置，也可以更深入内陆执行打击任务。美军第七舰队司令布斯科克称，研制中的美军 X-47B 型海基无人驾驶轰炸机将成为该舰队的杀手锏。

飞航导弹 2020 年第 2 期



图3 X-47B 无人机

2.3 美军军用无人机的技术瓶颈

尽管军用无人机开始承担越来越多的作战任务,但在伊拉克战争中,美军无人机仅承担约3%的全部空中摄像任务,绝大多数侦察任务依然通过卫星和载人飞机等手段完成。在叙利亚战争中,无人机侦察比例上升至约10%,尚未成为承担侦察任务的主要手段。这主要是由于军用无人机依旧存在互适应性不强、自主性不高、推进和电力系统滞后以及训练模式落后等缺陷。

1) 互适应性不强。一方面是指无人机各系统之间相互协调能力有限,另一方面是指无人系统与有人系统之间无法实现无缝衔接,高效配合,其主要原因是美军军用无人机大多采用封闭式系统。互适应性不足使得有人系统和无人系统联合作战能力不足,军用无人机分队整合时间较长,各个系统之间的协同能力不足,后勤保障要求较多,使用成本较高,无法充分发挥无人机的战争潜力。

2) 自主性不高。军用无人机的自主性不高,使广泛使用无人系统的美军面临沉重的人力负担。美军公布的数据显示,截止2017年,美军无人机驾驶员的缺口高达1000人以上。面对有限的人力资源,提升军用无人机的自主性,减少作战决策周期,降低信息通信需求,向全面智能化发展成为了必然选择。但军用无人机实现高度自主性面临着以下挑战:一是实现更高的自主能力需要更多投资;二是如何验证和鉴定军用无人机的高度自主性值得信任;三是如何在军用无人机的高度自主性和人权道德之间进行选择。资料显示,2010年以来,已有6000人死于美军无人机空袭,平均每消灭1个恐

怖分子,就需付出40条无辜生命。

3) 推进和电力系统滞后。军用无人机在战场上的卓越表现,使军方希望它们能够在单次巡航中工作更久,并承担更多的军事任务,这对推进和电力系统提出了挑战。现美军军用无人机以常规内燃动力、电池和混合动力为主,主要存在体积较大、续航时间较短等缺陷。因此,美军各军种和行业实验室正重点寻找能够改进推进系统和电力装置的高效方案,以满足全方位的军事需求。

4) 训练模式落后。军用无人机训练对于设施设备和人员素质均有极高要求,并且训练中很容易造成无人机的损坏。现美军无人机驾驶员训练多数基于实际操作,这种训练成本高昂,耗时较长,导致仅有三分之一的美国空军无人机驾驶员完成了所需训练。例如,美国空军拥有大约1000名专门操纵无人机的驾驶员,每年却只能承担180人的训练任务。基于这种情况,人工智能公司鸚鵡螺(Psiber-netix)开发了一种模糊逻辑人工智能(ALPHA),并声称ALPHA很容易在模拟空战中击败训练有素的飞行员,但这一AI尚未正式部署在任何军事系统中。

3 美国无人机发展趋势

无人机以其持久性、高效性、任务灵活性及信息获取等特点,提高了部队联合作战能力,并激发出新型作战样式,成为美军未来战场中不可或缺的一支力量。为抢占军用无人机领域的制高点,美国正不遗余力地研制满足未来战场需求的新型无人机,主要体现出以下几种趋势。

3.1 增强无人机互适应性

现代战争中,战争的界限越来越模糊,需要共享信息、数据、传感器的无人系统平台越来越多,可以预见无人系统的多样性将在未来呈指数增长。传统无人机系统往往采用加密信道和专有接口,是典型的封闭系统,这不利于各类系统之间的相互连接,形成合力。美军军用无人机正探索采用开放式系统结构,包括一系列相关原则、步骤和做法,以达到作战系统性能整体优化的目的。

3.2 提升无人机自主性

随着无人机系统的广泛运用与美军有限人力

资源之间矛盾的逐渐加剧,提升无人机自主性成为了破局关键。同时,充分发挥无人机在未来战场中的战争潜力,也需要通过人工智能、机器训练和自主学习等技术,使无人机能够在复杂多变的环境中具有足够的感知能力和判断能力。人工智能技术的突破性发展也为无人机在高动态环境中同时整合处理大量数据提供了可行途径。可以发现美军的新型军用无人机越来越趋向于无需外部控制,遵循预先规则和策略,通过自主选择实现人为导向的目标。

3.3 优化无人机动力装置

美国在《无人机系统路线图(2005—2030)》中指出,“推进技术和处理器技术是无人机的两大关键技术”。现美军无人机中小型无人机动力以常规内燃机动力、电池和混合动力为主要方式,但随着蜂群理论的提出,军用无人机开始向着微型化发展,对无人机动力装置提出了更高要求。美军空军科学研究办公室和密执安大学均正在开展以太阳能等可再生能源作为动力的无人机项目,尝试通过新型材料、能量传输和能量存储等技术上的融合与突破,为无人机提供更长巡航时间。这种以可再生能源作为动力的无人机,可以更少地依赖后勤补给系统,更加符合未来战场的要求。

4 结束语

美军拥有当今世界上最成熟的军用无人机产业,且大多数型号的军用无人机能够在真实的战场环境中得到充分检验,这为美军军用无人机的进一步发展提供了良好的实践平台。可以预想到,随着人工智能、深度学习等相关技术的逐步成熟,美军军用无人机的各类性能参数必然会得以进一步发展。届时,美军军用无人机的作战能力、保障能力、侦察能力将得到大幅提升,并成为美军未来作战体系中不可或缺的重要组成部分,从而成为美军的战斗力倍增器。

参考文献

- [1] 张文昌. 中国无人机让世界见识“中国造”. 中国青年报, 2017-11-23
- [2] 姚思浩. 无人机的发展现状与趋势. 电子制作, 2018(1)
- [3] Vachtsevanos G J, Valavanis K P. Handbook of unmanned aerial vehicles. Military and Civilian Unmanned Aircraft, 2015(7)
- [4] 燕清锋, 肖宇波, 杨建明. 美军无人机蜂群作战探析. 飞航导弹, 2017(10)
- [5] 门金柱, 王建国. 美军航母舰载无人机发展目标的调整及分析. 飞航导弹, 2016(12)

(上接第39页)

对于美国构建全球陆/海灵活部署、根据威胁等级灵活选择的战略反导体系具有重要意义,其全球5处部署将改变欧洲以及亚太现有战略平衡。此外,针对美国的反导作战体系,应研究与之相抗衡的作战体系,并在此基础上开展武器装备的研制,为实现体系对抗下的未来战争打下坚实基础。

参考文献

- [1] SM-3 Block IIA makes successful intercept of ballistic missile. <https://www.upi.com/Defense-News/2018/12/11/SM-3-Block-IIA-makes-successful-intercept-of-ballistic-missile/3201544538734/>, 2018-12
- [2] SM-3 Block IIA test successfully intercept ballistic missile. <http://mil-embedded.com/news/sm-3-block-ii-a-test-successfully-intercept-ballistic-missile>, 2018-12

- [3] 张肇瑞, 张瑞萍. 美国陆基“宙斯盾”系统成功进行首次拦截试验. 中国航天, 2016(2)
- [4] 陈丽, 薛慧. 陆基宙斯盾系统反导能力研究. 飞航导弹, 2019(4)
- [5] 张良. 陆基宙斯盾: 弹道导弹新猎手. 生命与灾害, 2016(2)
- [6] 顾伟. 美国“陆基宙斯盾”堵住俄罗斯“核枪眼”. 坦克装甲车辆, 2016(7)
- [7] 殷杰. 日本为何急于引进陆基“宙斯盾”系统. 坦克装甲车辆, 2018(1)
- [8] 郭衍莹. 日本引进陆基“宙斯盾”的步步杀机. 中国国防报, 2018-01-09
- [9] 谢谔. “宙斯盾”的扩张: 亚太地区战区弹道导弹防御新方案. 现代军事, 2017(4)