

2017年军用无人机装备技术发展回眸

程龙¹, 罗烈², 柴建忠²

1. 复杂航空系统仿真重点实验室, 北京 100076

2. 中国航空工业第一飞机设计研究院, 西安 710089

摘要 回顾了2017年国际上军用无人机在新研型号、改进改型、任务系统和创新技术等领域的发展热点。分析表明, 2017年无人机发展呈现多样化任务需求牵引无人机研发持续升温、多型无人系统研制与改型取得进展、先进机载系统研发为无人机提质增效、颠覆性创新技术突破为无人机应用开疆拓土等特点, 随着人工智能、无人集群、高超声速等技术的进步, 无人机在未来将更加融入现有装备体系, 带来新的作战模式和作战理念。

关键词 无人机; 任务需求; 任务系统; 颠覆性技术

2017年, 无人机系统平台、机载产品以及创新技术在全球军用、民用和军民共用领域持续发展, 成为各国航空航天工业的重要研发热点。除一些无人机型号首飞和交付列装外, 还主要表现在两个方面: 一是处于研发阶段的多数型号、机载产品及其相关技术持续得到推进; 二是新涌现多样化的任务, 牵引出更多的型号需求和技术开发。本文从新的任务需求牵引、无人机平台研发、机载任务系统开发、相关技术攻关4个方面, 对2017年军用无人机的研发热点做一盘点。

1 多样化任务需求牵引无人机研发持续升温

军事任务需求是牵引武器装备发展的动力源泉。2017年, 随着无人机技术的持续发展, 除了传统的情报、侦察、监视及察打一体等任务继续提出更高要求外, 还涌现出无人机研发的典型拓域性热门需求, 包括空中加油、空中运输、海上监视、助推段反导及低成本

可消耗型武器平台等。

1.1 空中加油

空中加油是飞机实现空中能量补给的重要手段, 是作战飞机效能提升的倍增器。无人技术和空中加油技术的结合, 是下一代空中加油技术的重点发展方向。美国作为世界无人机技术水平最高且应用最广的国家。在2015年, 由诺斯罗普·格鲁曼公司的X-47B无人机已完成了无人自主空中加油的可行性验证。2017年10月, 美国海军向工业部门发布了MQ-25A“黄貂鱼”无人加油机最终的招标书(RFP), 并要求固化为满足航母舰载机适配性和空中加油需要, 用来替代美国海军传统的效率低下、安全性不高的伙伴加油方式, 缓解F/A-18E/F“超级大黄蜂”有人驾驶舰载机作为伙伴加油机所消耗的飞行时间, 提升作战效能。基本要求是在距离航母500海里处外供油量达到6.8 t(1.5万磅), 使战斗机有效打击范围增加300~400海里^[1]。波音公司、通用原子航空系统公司、洛克希德·马丁公司

收稿日期: 2018-01-18; 修回日期: 2018-01-28

作者简介: 程龙, 工程师, 研究方向为飞机总体、空中加油/受油、空中力量作战应用、无人机系统、浮空器, 电子信箱: todee@126.com

引用格式: 程龙, 罗烈, 柴建忠. 2017年军用无人机装备技术发展回眸[J]. 科技导报, 2018, 36(4): 69-84; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.04.012

和诺斯罗普·格鲁门公司等4家公司参与竞争,目前波音公司和通用原子航空系统公司各自公布了其竞标方案^[2-3](图1)。



(a) 波音公司方案

(b) 通用原子航空系统公司方案

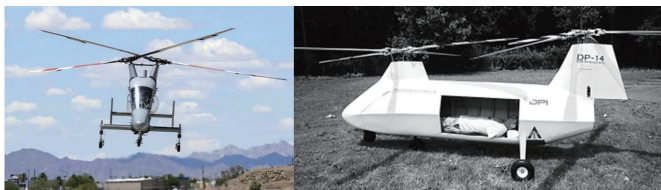
图1 美国海军MQ-25A“黄貂鱼”无人加油机竞标方案

Fig. 1 Bidding concepts for US Navy MQ-25A unmanned tanker

1.2 前线战场支援

空中支援无人化可有效提升战场补给和救援的效率,也可适应更为恶劣的战场环境。2017年5月,美国陆军表示正在探索联合战术自动补给系统(JTARS),目标是寻求中型货运无人机,能够为士兵运送御寒设备、睡袋及紧急补给的水瓶和血瓶等,以更轻便、更灵活地部署部队,从而减轻士兵的负担。基本要求是运输距离20~100 km,载重136~363 kg。陆军计划在K-Max重型货运无人直升机(图2(a))基础上更进一步,打造更灵活、去中心化的能力。此外,在物流、边远地区物资补给、医疗后送等方面,也对运输无人机提出了需求。

另外,美国陆军正在测试由美国蜻蜓图像公司研制的DP-14“鹰”式双旋翼无人机(图2(b)),旨在寻求在陆、海、空多种作战环境下运输伤亡士兵的新技术。“鹰”式双旋翼无人机外形类似缩小版的CH-47“支奴干”直升机,体积小、重量轻,可以由厢式货车运输,经过30 min准备就能起飞,能够在结冰道路、崎岖地面、摇晃的舰船、待耕的农田以及15°斜坡上起降,甚至可以在最小面积为6.7 m×6.7 m的区域着陆。其巡航速度



(a) 美军现役的K-Max
无人直升机

(b) “鹰”式双旋翼无人机

图2 用于战场补给和救援的无人机

Fig. 2 Transport UAV for battle supply and rescue

为83 km/h,飞行高度可达4500 m,能够运输195 kg的货物飞行2.4 h。内部有效载荷舱长1.8 m,宽0.5 m,容积为0.65 m³,可以把一名受伤的士兵从前线战场运送到附近的救护站^[4]。

1.3 助推段导弹防御

为了具备更多的助推段弹道导弹防御手段,美国导弹防御局(MDA)在前期基于波音747-400飞机改装的YAL-1机载激光验证机基础之上,启动了可用于高空无人机的低功率激光验证机(LPLD)项目。2017年10月开始,先后授予洛克希德·马丁公司、通用原子公司、波音防务/空间与安全集团分别价值940万、890万和1000万美元的合同,用于开展LPLD项目第一阶段工作^[5]。该项目拟研制一台低功率激光样机,重点是开发远距离波束稳定性能力,能够将激光集中在弹道导弹大小的目标上,以及解决激光功率及孔径的问题,将低功率激光器集成到无人机上并进行测试,希望在2020年进行飞行测试,在2021年测试波束稳定性。LPLD虽然不会具备拦截助推段导弹的能力,但将为后续目标更为远大的定向能项目奠定基础,将用来了解运用高空飞机进行助推段拦截这一作战概念,以及远距离完成激光束瞄准并保持持续瞄准的需求。



图3 通用原子能公司的捕食者C型无人机
搭载机载激光样机方案

Fig. 3 GE Aviation's LPLD concept of Predator C UAV

1.4 海上广域监视

为应对潜在对手数量不断增加的且性能更先进的各型潜艇,特别是核潜艇和AIP常规潜艇,美国海军感受到越来越大的反潜作战压力,恰巧美国海军两代大型反潜巡逻机P-8A“海神”和P-3C“猎户座”即将进行更新换代。近几年,美国海军一直将研发和采购新一代反潜装备,尤其是可以在海上长时间执行任务的无人反潜装备作为重点项目。为此,除了各型水面反潜

无人艇和潜航器之外,美国海军现在也急需研制和采购一款大型长航时反潜无人机,作为P-8A“海神”反潜巡逻机的有力补充,并与MQ-4C“人鱼海神”配合使用。

2017年,美国通用原子航空系统公司宣布,该公司旗下的MQ-9“死神”中空长航时无人机已经在美国海军的演习中,初步验证了其具备执行长时间反潜巡逻以及监视水面目标的能力^[6]。从目前发展情况来看,美国海军是利用现有的MQ-9“死神”中空长航时无人机加挂反潜装备。未来,也不排除通用原子航空系统公司重启曾经竞标失败的“水手”无人机项目,以更好的满足美国海军的要求。“水手”无人机经由“捕食者”B无人机大幅改进和升级后,续航时间、实用升限以及有效载荷等参数都有显著提高,可以携带更多的声呐浮标,以及用于对海面目标进行搜索和跟踪的“山猫”多模式雷达、光电传感器等。

1.5 低成本可消耗型武器平台

随着多国将下一代无人机纳入能力发展路线图,可代替昂贵无人机执行任务的低成本、可消耗无人机的需求被正式提出。美军为应对该需求,提出了“低成本可消耗打击无人机演示验证”(LCASD)项目,该项目旨在探索改变空军力量组合的可能性及相关作战概念,项目的关注点是在成本、性能以及飞机的可消耗性之间实现平衡。

2017年9月6日,美国防高级研究计划局(DARPA)战略技术办公室(STO)以视频形式在网上发布了“飞行导弹列车”(FMR)概念^[7](图4)。该概念是一型可在F-16和F/A-18战斗机机翼下方挂载的低成本、可消耗的小型无人机,可至少携带1枚(或2枚)AIM-120先进中程空空导弹打击超视距目标。DARPA计划提供37.5万美元经费于2018年进行原型开发和试验,要求FMR无人机造价低廉,可实现快速、大量和按需生产,能够应对大规模交战的临时需求。



图4 飞行导弹导轨(FMR)示意
Fig.4 Concept of Flying Missile Rail

结合美空军之前公布的“忠诚僚机”、“第五代空中靶机”(5GAT)、QF-16无人靶机等项目^[8],以及国防部近来重提的“武库机”概念,不难看出美国正在布局一个与“低成本可消耗”无人机概念有关的能力集,并为之匹配灵活的采办和制造概念。未来几年,随着无人机集群技术的成熟,无人机蜂群将升空与有人驾驶战斗机协同作战,每架无人机以及有人战斗机自身携带的小型无人机均可配备导弹,所有的战斗机和无人机都能够与后方携带更多导弹无人机的“武库机”通信,最终形成一支装备更加精良、致命性更强的力量,打击距离更远的目标,使参战的飞行员数量进一步减少,且成本更加低廉。

2 多型无人系统研制与改型取得进展

2.1 无人作战飞机

无人作战飞机仍然是全球各军事大国争相研发的重点。2017年,专用的无人作战飞机平台,包括对地攻击类和制空作战类,均有相关型号/项目在持续研发,英国、法国合作的“未来航空作战系统(FCAS)”项目(取代英国的“塔拉尼斯”和法国的“神经元”)(图5)开启中期阶段研制工作,俄罗斯的“鳐鱼”项目稳步推进,美国低成本的XQ-222“女战神”战术无人机^[9](图6)预计2018年初首飞。另外,从无人机平台的技术途径来看,将现有的有人机、无人机或靶机改型成无人作战飞



图5 英法“未来作战航空系统”效果图
Fig. 5 UK-France Future Combat Air System(FCAS)



图6 美国XQ-222无人作战飞机效果图
Fig. 6 US XQ-222 Unmanned Combat Air Vehicle(UCAV)

机,也正在成为一种重要途径,如F-16战斗机改无人僚机QF-16、BQM-167A靶机改UTAP-22“灰鲭鲨”无人攻击机^[9](图7)等,这些型号都完成了改装并进行了试飞验证。



图7 BQM-167A靶机改UTAP-22无人战斗机

Fig. 7 UTAP-22 UCAV based on BQM-167A target drone

2.2 高超音速无人机

美国已具备下一代高超声速无人验证机研制技术条件。“天下武功,唯快不破”,SR-71高空高速有人驾驶侦察机自投入使用以来,从未有被击落的案例。随着SR-71侦察机的退役,美国空军将其替代机型定位为无人版的高空高超音速侦察机,命名为SR-72无人侦察机^[10](图8),由美国洛克希德·马丁公司秘密研制。2017年6月,在美国航空航天学会(AIAA)上,洛克希德·马丁公司副总裁、先进技术发展项目(即著名的“臭鼬工厂”)总经理罗博·维斯宣布,该公司具备SR-72高超声速飞机缩比验证机研制的条件,该机将是一款集打击、侦察于一体的高超音速无人机,采用具备超燃冲压工作模式的可变循环式发动机,最大飞行速度可达6马赫、飞行高度达30 km。



图8 SR-72高超音速无人侦察机想象图

Fig. 8 SR-72 hyper-sonic reconnaissance UAV

2.3 察打一体无人机

2017年全球多款察打一体无人机完成研制或持续开展飞行试验。

美国通用原子航空系统公司研制的“捕食者”系列无人机的最新型——“复仇者”增程型无人机^[11](图9)持续开展试飞。该机于2016年10月完成首飞,该改型无人机除进一步延长续航时间、增加任务载荷外,还具有较强的隐身能力。

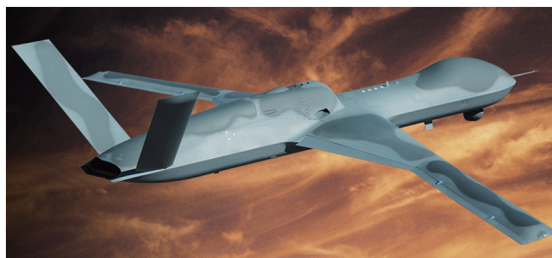


图9 “复仇者”增程型无人机

Fig. 9 “Avenger” ER(Extended Range) UAV

2017年2月,由中国航空工业研制的翼龙II多用途无人机(图10)成功首飞,翼龙II是中国首款装配涡轮螺旋桨发动机的无人机,具备高性价比、长航时、多用途、好使用等多重显著特征,它的成功研制,标志中国成为继美国之后具备新一代察打一体无人机研制能力的国家。



图10 翼龙II多用途无人机

Fig.10 WingLong-2 multi-role UAV

2017年7月,中国最大的武装无人机“彩虹5”量产型首飞,并完成了高空、高速和AR-1B武器试射,标志着自2016年珠海航展上首次亮相后,中国自主研发的中高端大型察打一体无人机“彩虹5”正式进入批量生产阶段,为后续产品交付和合同签订奠定了良好基础。

2.4 高空长航时无人机

国内外高空长航时无人机不断挑战新的飞行高度和续航时间。

高空长航时无人机自诞生以来,其关键优势之一是耐久性,业界一直在研究无人机的低阻力气动、高效推进、高效能源以及轻质结构和系统,以便把无人机的续航时间从数小时延长到数天甚至数周。高空长航时无人机按动力能源不同,分常规能源无人机和太阳能无人机。太阳能无人机以其能源优势,通常可以飞行时间更长。

2017年10月,由美国香草飞机公司研发的VA001无人机(图11)完成了长航时续航飞行测试。VA001无人机计划飞行7天,但是由于风暴影响留空时间只达到121.4 h,超过5天。该无人机重216 kg,设计飞行10天^[12]。VA001无人机的关键特征是类似于滑翔机的机翼和高效活塞发动机。这种无人机将会在大型战役或小型战术任务中增强现役有人和无人系统的能力,同时相比续航时间30~40 h的大型无人机,具备经济可承受性和易于操作的特点。



图11 美国VA001无人机

Fig. 11 US VA001 UAV

俄罗斯需要在北极地区保障舰艇和军事基地的不间断通信,需要对北冰洋海上航道进行监控,“猫头鹰”无人机^[13]完全有能力解决这些问题。俄罗斯国防部将列装一种取名为“猫头鹰”的“高空伪卫星”型无人机(图12)。这种无人机将利用太阳能供电和气流,在遥远的大洋和北极地区上空保持不间断巡航,并可发送控制信号和与极圈外舰艇及军事设施进行通信。据称这种巨型的无人器可以替代昂贵的低轨侦察和通信卫星。

2017年5月,由中国航天科技集团十一院研制的彩虹4太阳能无人机成功完成2万 m以上高空飞行试验^[14]。彩虹太阳能无人机的核心关键技术和设备全部

实现国产化,此次成功试飞,标志着中国成为继美国、英国之后全球第3个掌握临近空间太阳能无人机技术的国家。

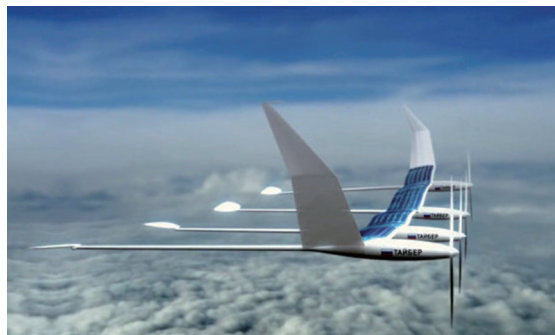


图12 俄罗斯“猫头鹰”太阳能无人机

Fig. 12 Russia “Owl” solar energy UAV

彩虹太阳能无人机翼展45 m,留空时间大于24 h,升限超过20 km。未来具备“准卫星”的特征,作为空中平台,提供持久的数据中继和通信,部分替代通信卫星功能,实现区域全覆盖的不间断态势感知、中继通信服务。还可广泛应用于军民融合领域,包括重大自然灾害预警、常态化海域监管、应急抢险救灾、反恐维稳等公益事业领域。彩虹太阳能无人机项目有效助推了高强度轻质石墨烯新材料、新型太阳能电池、新型储能手段等技术和产品的发展。

2.5 空天无人机

美国持续开展空天轨道无人飞行器测试。

X-37B空天战斗机(图13)是由美国波音公司研制的无人且可重复使用的太空飞机,由火箭发射进入太空,是第1架既能在地球卫星轨道上飞行、又能进入大气层的航空器,同时结束任务后还能自动返回地面,为可回收飞船技术进行风险降低、实验及作战概念开发,被认为是未来太空战斗机的雏形。X-37B长8.8 m,高2.9 m,起飞重量约5 t,尾部有两扇竖尾翼,其在~100 km的临近空间飞行速度最高可达25马赫^[15],飞行过程中所有功能自动运行,无需地面遥控,常规军用雷达技术无法捕捉。2017年5月,X-37B成功完成了第4架次轨道测试返回地面。2017年9月,使用SpaceX公司的“猎鹰9”运载火箭成功完成第5次发射。

X-37B各方面技术的日臻成熟,将再次吹响新一轮太空军备竞赛的号角,使得本应安宁平静的太空变得不再太平,未来战争模式也将从地面、空中扩展至太

空。目前,由于多方面条件的限制,空中与太空作战尚未进行深度融合,X-37B一旦投入实战,将促使天空和太空战场进一步融合,这对其他国家现有的防空能力是一个巨大的冲击。

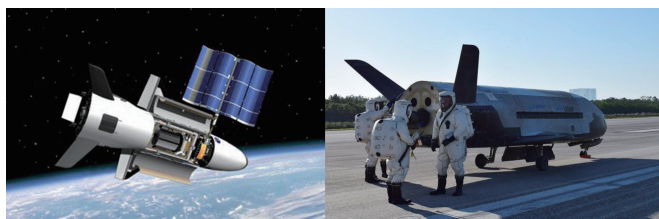


图 13 美国 X-37B OTV-4 验证机
Fig. 13 US X-37B OTV-4 demonstrator UAV

2.6 倾转旋翼无人机

倾转变模态飞行控制技术的成熟促进了各种新概念倾转旋翼无人系统的研发。

2017年3月初,美国极光飞行科学公司(简称极光公司)成功地完成了XV-24A缩比验证机^[6](图14)的飞行测试,验证了非常规的气动构型和复杂的飞行控制系统,标志着创新的同步式电力驱动系统第1次成功地用于飞机推进系统,有望将飞机的飞行速度和直升机的垂直起降能力集于一身,突破当前飞行器的性能限制。该机是继贝尔公司/波音公司的V-22“鱼鹰”倾转旋翼运输机和空中贸易者公司的UV-23“侦察兵”短距起降侦察机之后,美国国防部资助发展的一种全新的VTOL飞行器。该系统由高度集成的分布式涵道风扇与混合动力驱动系统组成,使验证机具备革命性盘旋效率和高速前飞速度的潜力。



图 14 XV-24A 缩比验证机
Fig. 14 XV-24A scaled demonstrator UAV

俄罗斯直升机公司首次展示了其研制的RHV-30型倾转旋翼无人机的试验样机(图15),其最大起飞重量30 kg,这种试验样机可携带5 kg载荷或物资在100 km范围内执行飞行任务。项目研制始于2016年3

月,目前已完成第1阶段试验。计划2017年内开始第2阶段试验,检验无人机带任务载荷在各种飞行模式下的飞行状况。预计2018年底开始量产。用于地面设施远距离监控和诊断、偏远地区小型物资运输等。



图 15 RHV-30型倾转旋翼无人机
Fig. 15 RHV-30 tilt-wing UAV

俄罗斯Kronshtadt集团展示了其“Фрегат”(Frigate)系列在研的一种直升式倾转旋翼无人机的模型(图16)的模型。该项目旨在演示验证研制这种飞行器的可行性,下一步的全尺寸飞行器的起飞重量预计为7 t,垂直起降和固定翼模式起飞时其有效载荷分别可达1000 kg和1700 kg,无人机升限可达8000 m,续航时间达到10 h,最大航程达到5000 km,最大飞行速度可达700 km/h,主要用于空中侦察和货物运输。目前该项目正在为全尺寸飞行器遴选发动机,其中一个备选方案是米-8直升机使用的TB7-117型发动机。

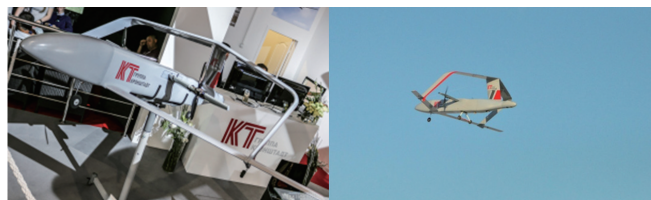


图 16 Фрегат系列直升式倾转旋翼无人机模型
Fig. 16 Frigate series vertical tilt-wing UAV model

2017年7月7日,韩国航空航天研究院(KARI)在1艘行驶中的船上开展了倾转旋翼无人机TR-60(图17)的自主起降试验^[7]。TR-60由KARI和大韩航空联合开发,翼展3 m,重210 kg,配装1台55马力转子发动机,最高飞行速度500 km/h,是在TR-100倾转旋翼无人机基础上继续发展的量产型。TR-100是继1988年贝尔“鹰眼”(与TR-100尺寸相似)之后第2款无人倾转旋翼机,而TR-60是第1款实现自主起降的无人倾转旋翼机。



图 17 韩国 TR-60 倾转旋翼无人机
Fig. 17 South Korea TR-60 tilt-wing UAV

2.7 无人直升机

直升机无人驾驶一直是各国直升机领域研发的热点,2017年多国在无人直升机领域取得成果。

2017年俄罗斯国防部开展了3型混合动力无人机试验,1种是三旋翼优化气动布局无人机 Colibri S1,另2种是无人直升飞机 Colibri S2 和 Colibri M(亦称推力换向式飞行器,convertiplane)。Colibri S1 航程为 40 km,最大飞行速度 70 km/h,携带 1 kg 有效载荷可留空 1 h。Colibri S2 是 Colibri S1 的发展型,采用带旋翼的直升飞机布局,飞行速度预计可达 75 km/h,航程可达 100 km。Colibri M 是计划在 2017 年底向军方推出的中型无人直升飞机,此型无人机将配备内燃式发动机,可携带 10 kg 有效载荷以 120 km/h 速度飞行 200 km。莫斯科航空学院“探索者”设计局研制成用于电子战和火力攻击的“渡鸦 777-1”(Ворон 777-1)型垂直起降式无人机。目前已通过相关试验,可望于 2018—2019 年交付订户。“渡鸦 777-1”无人机的动力装置采用约 30 马力的活塞式发动机和 X 型旋翼,最大起飞重量约 90 kg(含有效载荷 50 kg),最大续航时间为 4 h,升限 5.5 km。

另外,在 2017 年的圣彼得堡国际海军沙龙展上,俄罗斯直升机公司(Вертолеты России)展出了几款无人直升机。俄罗斯直升机公司展出了一款用于北极地区的冰情侦察 VRT300 无人直升机系统,机上可选装侧视雷达或陀螺稳定光电观察系统,执行冰情及地面观察以及北极海上航路导航等任务。目前该型无人直升机正处于地面试验阶段,飞行试验定于 2018—2019 年进行。Радар ММС 公司展示了一款 БПВ-500 多用途无人直升机,该型无人直升机采用同轴式布局,旋翼直径为 6 m,起飞重量 500 kg,续航时间 8 h,可携带雷达、无线电侦收等多种传感器和武器弹药。

2017 年 10 月,以色列飞机工业公司(IAI)完成了

“空中跳跃者”无人直升机(图 18)及自动战术系统的概念演示验证。“空中跳跃者”是在小型有人直升机的基础上进行改装,可用于为地面部队难以到达的地方提供快速后勤物资补给。该无人机的载荷为 100~180 kg,航时 2 h,最大飞行速度 120 km/h。自动战术系统保证无人机能全天候、独立、精确地运行,可用于战场的后勤设备运输。

2017 年 5 月,极光飞行科技公司已经完成了电动垂直起降飞机(图 19)1:4 缩比验证机的飞行,这是该公司为 Uber Elevate 城市空中交通网络开发的飞机。



图 18 以色列飞机工业公司研制的“空中跳跃者”无人直升机
Fig. 18 IAI's "Air Jumper" unmanned helicopter



图 19 电动垂直起降飞机 1:4 缩比验证机
Fig. 19 Electric power driven vertical 1:4 scaled demonstrator

2.8 单兵无人机

单兵无人机具有重量轻、体积小、隐蔽性好、机动灵活等特点,适合城市、丛林、山地等复杂环境以及特殊条件下的特种部队和小分队作战,也可在未来战争中执行低空侦察、通信、电子干扰等任务。

俄罗斯 Zala Aero Group 公司在第 13 届阿布扎比国际防务展上展示了 Zala 421-08T 小型无人机(图 20),该型无人机已通过初步试验,可能被纳入俄军第 2 代“武士”(Ратник)单兵装备。这种无人机重量轻,起飞重量 2.5 kg,可以 1 人携带至起飞点,手抛或弹射式放飞,伞降或撞网回收,主要用于地面和海面观察、地面

设施损毁勘察以及战场实时目标指示等,是执行隐蔽性任务不可替代的装备。



图20 Zala 421-08T小型单兵无人机

Fig. 20 Zala 421-08T small UAV for soldiers

2017年7月,美国陆军实验室(ARL)测试了一款空中可变形无人机(图21),其将在未来战场为士兵带来诸多优势。该无人机重量刚刚超过0.5磅,长度将小于10英寸,通过倾转旋翼即可像直升机一样悬停,又可像飞机一样飞行。未来,这种无人机将配装给地面徒步士兵,并使用视觉技术来实现很强的环境感知能力,可以侦测出墙等障碍物、避免碰撞、快速理解周围环境、选择如何降落,并搜集态势感知信息。



图21 可变形的单兵无人机

Fig. 21 Transformable UAV for soldiers

2.9 靶机

靶机作为空中机动目标模拟器用于检验对空武器系统的战术、技术性能及作战部队的训练与演习,其需要不断发展或改进,以反应目标运动与光电特性^[18]。

美国空军正在将退役的F-16战机改造成可开展有人和无人任务的QF-16全尺寸靶机(FSAT)(图22),以拓展其在飞行员培训方面的能力。QF-16全尺寸靶机是美空军用于培训飞行员掌握新武器、战术和技术的

主要飞机。QF-16全尺寸靶机取代了QF-4全尺寸靶机,成为美国战机下一代作战训练和测试飞机,该机为FSAT项目提供第4代战斗机能力,为作战人员建立了真实的、具有挑战性和威胁性的环境。



图22 美国QF-16全尺寸靶机

Fig. 22 US QF-16 full scale target drone

2017年,俄罗斯第558航空修理厂展示了其研制的“神鹰-1”(图23)和“神鹰-2”靶机。这2种无人航空器均配备了内燃式发动机,所携带的设备可模拟不同光电指标和飞行速度的空中目标。“神鹰-1”靶机模拟的信号具有真实空中目标回波的特征,“神鹰-2”则可测定敌防空系统坐标和技术性能,并可模拟战机编队突防。2种靶机起飞重量均为130 kg,有效载荷15 kg,续航时间5 h,最大速度150 km/h,巡航速度130 km/h,飞机式(滑跑)起降。俄罗斯埃尼克斯公司展示了其新研制的E-17型靶机,可在距地面控制站70 km范围内飞行模拟巡航导弹、飞弹、无人机等亚音速机动目标,除弹射起飞外,还可由直升机挂载发射。其有效载荷可携带角反射器、楞勃透镜、红外线曳光管、红外诱饵等。



图23 “神鹰-1”靶机

Fig. 23 “Condor-1” target drone

2.10 其他新概念无人机

随着技术的发展,无人机的进入门槛越来越低,参与研制的单位越来越多,问世的新概念布局无人机也越来越多。2017年9月,英国BAE系统公司和克兰菲尔德大学共同发布了名为自适应无人机(图24)的概念^[19]。这种无人机可根据任务需求在固定翼飞行和旋

翼飞行模式之间进行切换,既具备固定翼飞机的高速性能,又能在旋翼模式下悬停并实现垂直起降。在旋翼模式下,无人机可在战场发射和回收,并停靠在特殊杆上。这种新技术可以使无人机更好地适应不断变化的未来战场情况,以集群应对复杂防空体系,同时还能够在复杂的城市环境中飞行。



图24 BAE系统公司自适应无人机

Fig. 24 BAE's Adaptable UAV

混合起降型无人机也是2017年的热门研究概念。混合型布局可以像普通飞机一样水平飞行,但可以利用其加装的辅助装置实现垂直起飞和降落。与倾转旋翼无人机不同的是,混合起降型无人机由于没有旋转式推进器及其伴随的转换过程,其结构比较简单。

Kronshtadt集团首次公开了“Крон-А30”混合型无人机(图25),该型无人机重30 kg,电动机驱动4副旋翼实现无人机垂直起降,续航时间6 h,可用于航空照相、环境监控等。Skat Systems公司也公布了一种可垂直起降的固定翼无人机——X-27 FG Avatar无人系统。该型无人机装有4部电动机用于实现垂直起降,翼展4.5 m,最大起飞重量为~72 kg(型别不同),在300~7000 m高度范围内平飞速度为70~300 km/h,续航时间9 h(电动机)和27 h(内燃式发动机),作用半径300 km。



图25 Крон-А30混合起降型无人机

Fig. 25 Russia Крон-А30 mixture take-off and landing UAV

2017年俄罗斯无人系统集团公司在航展上首次推出了一型机翼可分离式的 Supercam S450 无人机(图26),其翼展为4.5 m,自重21 kg,续航时间为8 h。无人机创新设计的机翼着陆分离系统,保证在着陆时其机翼可自动脱离机身,便于平稳着陆和简化运输。其有效载荷和蓄电池舱利用单独的降落伞回收。目前该型无人机已顺利通过各种试验,准备量产。



图26 Supercam S450型机翼可分离式无人机

Fig. 26 Russia Supercam S450 separable wing UAV

在航展上,还展出了一型自转旋翼无人机——GY 500 无人机(图27),该机采用自转旋翼技术实现飞行,在飞行过程中依靠前飞过程空气来流持续的气动力使旋翼自转,从而维持旋翼转速并提供全机所需升力。这种无人机结构简单、效费比高、故障率低、安全性高,即使发动机空中熄火,也可利用旋翼惯性转动产生的升力确保机体安全迫降。因此对起降条件要求很低,部署灵活,可以替代完成直升机的绝大多数任务,因而成为国际上竞相发展的一种新型的军民两用无人飞行器。



图27 GY 500自转旋翼无人机

Fig. 27 GY500 self-rotary wing UAV

3 先进机载系统研发为无人机提质增效

机载产品是无人机完成作战任务的核心,近年来,随着通信技术的发展,再加上电子元器件持续微型化,合成孔径雷达、日益增强的微处理器、雷达隐身吸波材料、更快的数据链路速率、高宽带通信以及基于光学的导航等顶尖技术不断集成到无人机平台上,令其成为全球军队的重要资产,随着用量增加,平台能力不断增强,适用范围也在不断扩大。2017年在这些方面取得了一定进展。

3.1 雷达探测、告警系统

无人机机载雷达主要用于敌方目标探测和武器制导,实施空中侦察、警戒,保障准确航行和飞行安全。扩大探测范围,增加探测精度,是机载雷达发展的一个重要方向。2017年6月,Sentient视觉系统公司宣布与全球领先的无人机供应商UMS SKELDAR公司签署谅解备忘录,将为其SKELDAR V-200无人机提供“视觉探测与测距”(ViDAR)系统^[20]。这种光学雷达系统可专为V-200无人机配备5~10台摄像机,能提供180°~360°视角的海域监视能力,比现有的光电传感器的覆盖面积大80倍以上。通常现有探测系统要达到ViDAR系统的探测能力,操作者需要依靠更大、更昂贵的飞机,而ViDAR系统更小,更具有成本效益。ViDAR技术能够自动扫描无人机周围的海域,实时识别海面上的任何物体。

2017年4月,通用原子航空系统对外宣布,已经在“捕食者”无人机上测试了新的雷达告警接收机,将有助于扩大无人机的作战范围,以应对如俄制的S-300或S-400等先进的防空系统的潜在威胁。该雷达告警接收机型号为ALR-69A,由雷神公司研制,搭载在一个标准的载荷吊舱内,可为机组人员及指挥与控制单元提供潜在攻击者的实时信息^[21]。

3.2 导航系统

近年来,GPS导航技术在战争中得到广泛应用,但由于在GPS的设计初期没有将该系统在干扰环境下工作的能力置于最高优先级,而仅作为一种战争环境下的辅助导航手段,因此GPS信号到达地面的信噪比极低,使得GPS接收机极易受到欺骗和干扰,从而导致GPS军事应用的安全问题受到挑战。美国国防高级研究计划局(DARPA)针对这一问题提出了ASPN项目,旨在开发一种廉价的导航传感器融合技术,即使是盲点或干扰环境下也可照常提供准确的定位和导航服务。

2017年,美国空军研究实验室(AFRL)成功研发出一种“全源定位和导航”传感器装置,该装置可以帮助战斗机在无法获得全球定位系统(GPS)信号时进行导航,已在各类海陆空装备上进行了演示验证,后续还将继续在各类战术飞机上开展试验^[22]。

DARPA还与麻省理工学院(MIT)的一个团队一起新开发了一种无人机先进视觉辅助导航技术,从而避免单纯的依赖GPS、周边环境地理详细图等一些外部的基础设备。在一些特殊场景如城市建筑物内部、地下室、封闭的场所中时,消防员、士兵以及快速作战人员在操作轻小型的侦查无人机时,很可能存在GPS信号丢失,而导致无人机飞行的不稳定,甚至影响飞行安全。该项技术可以使无人机无需操作员引导或GPS导航就可以飞越障碍环境。2017年6月,DARPA在佛罗里达州利用小型四轴无人机进行了为期4天的测试飞行,试验取得取得了重大突破。先进的软件算法和传感器使该无人机可以通过有障碍的航路找到目标物体^[23]。

3.3 防撞系统

防碰撞安全问题对于飞行器来说,是一个永恒且与时俱进的问题。通常有人飞机上都装有空中防撞系统(TCAS),用于提醒飞行员可能发生碰撞,并指示飞行员进行机动规避。但是无人机由于没有飞行员操控,不能仅是告警型的TCAS,无人机的防撞更强调全过程自主性。

2017年3月,诺斯罗普·格鲁门公司在“火鸟”可选有人驾驶验证机上完成了ACAS Xu空中防撞系统的初步试飞^[24]。“火鸟”上的ACAS Xu会用机上感知与回避传感器包探测到即将相撞,然后执行一系列步骤。首先,系统向飞机和“入侵者”传送一条“解决建议”,然后与另一架飞机上的TCAS一起协调执行机动动作。诺斯罗普·格鲁门公司正在为大型无人机开发的探测和防撞功能将远远超出飞行员目视操作防撞的能力。

2017年10月,RDRTec公司宣布获得美国海军批准,继续为MQ-4C无人机系统研制通用雷达机载防撞系统(C-RACAS)。C-RACAS为C频段雷达系统,可为无人机系统提供感知与规避和气象规避功能,从而使MQ-4C无人机系统可以有效地感知非合作飞机,防止碰撞,还可以与无人机未来机载防撞系统集成。该系统可以确定机载物体和位置及估计的飞行路线,使空中飞行器操作员可以及时采取行动保证安全飞行。

C-RACAS可以在较宽的视场进行远程搜索、检测和跟踪。系统设计以可负担的价格使体积、重量、功率和冷却最少。

3.4 通信系统

未来无人机作为信息节点是一个重要趋势,具有与战场多种平台进行信息融合的能力一直是无人机通信的努力方向。

2017年5月,美空军寿命周期管理中心授予诺斯罗普·格鲁门公司航空航天分部一份价值3994万美元的合同,为EQ-4B“全球鹰”无人机集成最新型“战场机载通信节点”(BACN)系统。

“全球鹰”搭载BACN载荷可全天时地为作战人员提供跟踪和对抗敌人所需要的信息。BACN的机载执行处理器(AEP)可作为空中的持久网关,参战成员间就可以接收、桥接和分发通信。BACN的AEP可作为所支持的通信系统之间的转换器和网关接口,并向全球信息栅格发送基于知识的情报信息。

目前,美空军最先进的战斗机F-35与F-22之间不能接收和发送信息,这是由于它们采用了不同的保密数据链。针对这两型战机通信的问题,2017年8月诺·格公司提出一种解决方案,就是将其开发的“自由550”(Freedom 550)电台集成到RQ-4“全球鹰”无人机,这种近期解决方案可实现这两款战斗机间的相互通信^[25]。“全球鹰”无人机用于战场通信中继的作用得到凸显。另外,波音公司也在开发一种由F-15携带的数据链吊舱,被称为Talon HATE。2017年5月,波音公司证实,配备Talon HATE吊舱的F-15C战斗机可以与F-22战斗机通信。

3.5 多光谱成像传感器

多光谱成像技术主要是以物体对不同波长光线的吸收存在差异为原理,通过对目标物体在一组红外和近红外范围内特定光线波长中的光强度变化来实现检测、辨别等应用需求。

2017年3月,美国空军寿命周期管理中心宣布授予雷神公司一份价值1260万美元的合同,为MQ-1“捕食者”和MQ-9“死神”中程攻击无人机的多频谱目标指示传感器提供支持。雷神公司成立了一个软件小组,负责开发、试验和维护中空长航时战术多频谱目标指示系统的软件。

2017年4月,诺斯罗普·格鲁门公司完成了RQ-4B“全球鹰”无人机搭载MS-177多频谱成像传感器的

飞行测试,于2017年底前开始正式部署^[26]。MS-177系统是UTC航空系统公司SYERS-2的下一代产品,可提供最远距离的成像能力。该系统依靠多传感器技术,使用广域搜索能力来发现远距离的目标,同时还能通过“多传感器模块”跟踪并评估目标。将以比传统ISR平台更小的成本为美军提供战略ISR能力,极大地改善作战人员的态势感知。

2017年,美国防部导弹防御局(MDA)在MQ-9“死神”无人机上安装AN/DAS-1“多光谱瞄准传感器”B(MTS-B)作为弹道导弹预警探测传感器,进行了一系列作战试验,已具备实战应用能力^[27]。试验结果表明,MQ-9/MTS-B多光谱传感器能以很高的分辨力探测和跟踪在助推段以各种速度飞行的弹道导弹,探测距离可达1000 km。将MQ-9/MTS-B纳入“萨德”反导系统预警探测体系,可减轻其AN/TRY-2雷达的搜索负担,使后者能够以更高的效率跟踪和处理大规模弹道导弹袭击。

3.6 数据链

数据链作为无人机实现与外部通信,扮演空中信息节点的重要载体。数据传输和采集效率、数据传输的保密性是数据链研究的重要方向。

2017年3月,美国国家航空航天局(NASA)阿姆斯特朗飞行研究中心研究人员在一架NASA“空中国王”飞机上完成一型“先进数据采集与遥测系统”(ADATS)进行的飞行测试^[28],该系统采用的网络和通信架构能更高效的从研究机上传输数据,并且仅使用传统方法的一半带宽,传输速度达到了40 MB/s,能比过去基于网络的遥测系统4倍的速度传输大量数据。该系统将用于支持下一代X-飞机的试验参数采集,还可应用到无人机和存在上传和带宽管理的系统。

2017年,奥地利Schiebel公司将与Patria公司合作,在S-100无人机上搭载Patria公司研制的“小型空中组网数据链”(CANDL)^[29]。该“小型空中组网数据链”可提供非常稳定的通信干线,为探索有人机与无人机编组(MUM-T)作战带来很多好处,这种作战模式结合了各自的强项,并能提高整体的态势感知能力及决策能力。

保密是军用无人机通信始终关注的问题。2017年10月,美国空军成功研制了一种新型芯片,可保护诸如无人机和排爆机器人等系统之间的通信和数据传输^[30]。这种新型迷你加密(Mini Crypto)芯片是一种独立的加密引擎,可以生成基于会话的“密钥”。消息被

加密后,需要由 Mini Crypto 芯片确定的发送者与接收者之间的密钥才能阅读该条消息。其密钥管理系统可以保护秘密数据,且满足国家安全局的标准。

3.7 动力能源

随着越来越多无人机产品的问世,其配置的动力能源也多种多样,但是追求效率是永恒的主题。2017年8月,巴拉德动力系统公司的子公司 Protonex 公司已经成功完成了利用质子交换膜(PEM)燃料电池作为推进动力的“扫描鹰”的飞行测试。自2004年以来,美国海军和海军陆战队采购了由波音公司旗下因斯图公司负责研发的扫描鹰无人机,主要完成低空侦察、监视和目标采集。因斯图公司预计“扫描鹰”配备PEM燃料电池后,可以降低运营成本,减少大修和维护成本,减少机械部件。采用PEM燃料系统的扫描鹰具有更低的噪音和振动水平,操作人员能够使无人机低噪音飞行并拍摄更清晰的图像。

此外,美国发动机制造商已经开始寻求为无人战斗机专门研制的低成本、有限寿命发动机。其中,奎托斯防务公司无人系统分布正在为美国空军研究实验室的“忠诚僚机”项目研制“低成本可消耗打击演示样机”(LCASD),编号为XQ-58A。该机虽然不是一次性的,但仍然要考量作战中的损耗,需要控制成本。目前,该机所配发动机成本占整机的40%,大修间隔时间3500 h,而需求仅200~300 h,需求约为能力现状的5%~8%。可见,发动机的寿命,并非越长越好,而是越合适越好。

3.8 专用弹药

为无人机配置专用弹药,可使无人机发挥更好的作战效能。

泰雷兹英国公司专门为无人机开发了重6 kg的“狂暴”无动力滑翔型导弹,该弹重量轻,隐身性能好,发射时不产生闪光和声响,适用于III类和IV类无人机。德事隆系统公司还销售重量27 kg的G-“爪”制导弹药,无动力装置,专门为IV类无人机研制。

2017年8月在俄罗斯举办的国际军事技术论坛(Армия-2017)上,来自库尔斯克的航空自动装置(Авиаавтоматика)设计局首次展出了3种专门用于装备无人机的制导炸弹,1种25 kg,另2种均为50 kg。据称25 kg级的炸弹从“猎户座”无人机上投掷过。这3种炸弹可利用无线电发出指令,改变升空后的无人机的飞行任务。无人机采用卫星导航,同时可使用激光系统以及视频模块引导无人机对目标进行瞄准。

3.9 地面站系统

地面站是无人机的大脑中枢,模块化、通用化、智能化、一机多控是地面站发展的趋势。

传统的无人机地面控制站(GCS)通常是完成特定任务、为个别平台量身定做的。地面控制站的模块化、通用化趋势除减小体积、降低成本外,可拓展地面站控制能力,解决一站多机乃至无人机集群控制、无人机跨域协同作战等问题。一站多机即一个地面站控制两架甚至多型无人机的技术,可以采用时分多址(TDMA)、频分多址(FDMA)、码分多址(CDMA)等形式。洛克希德·马丁公司正在开发通用地面控制站4586的一种新型号——VCS4586i,以类似视频游戏的方式控制无人机,重点面向无人机集群技术。

德事隆公司最近研制了新的无人平台地面控制站,使操作人员能在一个屏幕上控制多个无人平台,并将不同作战域的平台连接起来。这项称为Synturian的无人控制技术能同时协调无人水面艇、无人机、地面机器人。假如无人机发现海面超视距外有敌方目标,它可以将目标瞄准数据实时传输给无人攻击艇或无人巡逻艇,缩短从传感器到射手的时间,使战斗指挥官能更快速地做出决策。美国陆军通用地面控制站的产品副主任斯科特·辛莫曼上尉称,未来的地面控制技术将能够从一个节点由1名操作人员控制多架无人机,开发并实现无人机系统管理者的角色,建设基于角色的硬件登录技术、软件和硬件具备可伸缩能力、更强的自治能力。目前陆军已经开始制定这些未来能力的需求。

从控制系统角度来看,人工智能是将来扩展操作员控制无人平台能力的一个重要方面。雷神公司总工程师吉姆·克劳德说,现在10个人控制1架无人机,将来需要1个人控制10架无人机。美国空军正在将此概念推广到新型BLOCK 50无人机的地面控制站,它将使一个操控员执行目前由多个操控员完成的功能。BLOCK 50也将采用开放式体系架构,随着技术持续改进,允许集成新软件。

GA-ASI公司认为降低无人机飞行和数据处理所需的军方及承包商人员数量是未来5~10年的优先事项,将通过机器的自动化和更加直观、界面友好的驾驶舱,拥有合成视觉效果,使飞行员在飞行过程中甚至不用转头。目前该公司正在为空军交付首批7套50批次地面控制站(GCS)用于试验。

4 颠覆性创新技术突破为无人机应用开疆拓土

随着美军第3次抵消战略的提出,一些颠覆性的战略战术逐步提出并开展研究,在军用无人机领域,一些新颠覆性的作战概念的提出,如有人/无人协同技术、无人集群技术、人工智能技术等,促进了无人机技术的发展。可以说美军的新战略思想又掀起了一波无人机技术研究热潮。

4.1 有人/无人协同技术

有人/无人协同作战是指在信息化、网络化及体系对抗环境下,有人机与无人机联合编队实施协同攻击的作战方式。近年来,随着中国、俄罗斯等国反介入/区域拒止(A2/AD)能力的发展,美国传统打击武器面临高性能综合防空系统、GPS中断、通信受限、电磁干扰及定向能武器等一系列挑战,已很难满足作战需求。为此,现阶段选择发展有人/无人机协同编队来快速提高作战效率和协同能力。有人/无人协同作战是指具备远距探测能力的高端有人机“主机”,和携带制导武器或各类ISR传感器的无人机作为攻击性“僚机”,在数据链信息的支持下,通过密切协同来完成态势感知、战术决策、指挥引导、武器发射、武器制导及毁伤评估等过程达成作战任务。

目前美军涉及有人/无人协同技术的有3大典型研究项目,第1项是“忠诚僚机”(Loyal Wingman)项目,由AFRL于2015年中旬发起,旨将使第5代战机(长机)的驾驶员可以对无人机(僚机)进行控制,大幅度提升美国空军的有人/无人机协同作战能力。目前项目还处于分散的研究状态。2017年2月,美国海军在模拟器上试验了用于控制“忠诚僚机”的智能软件TBM;2017年4月,“海弗-突袭者”项目开展了“忠诚僚机”技术对地攻击任务。第2项是“僚机”研制项目,在2017年的巴黎航展上,美国克瑞托斯(Kratos)公司展示了其最新研制的UTAP-22“鲭鲨”(Mako)和XQ-222“女战神”(Val-kyrie)两款无人机。UTAP-22正在开展试飞,XQ-222将在2018年完成研制开展试飞。第3项是战术作战管理项目,该项目旨在建设一种战术作战管理系统(TBM),用以在模拟的超视距空战任务中引导有人机/无人机编组的无人“僚机”。在2017年的模拟超视距空战任务中,1名专业飞行员通过人机接口控制长机,并与战术战场管理器控制的自主无人机进行通信交互。专家飞行员肯定了TBM在他们的指挥之下控制一

架无人机的能力,NRL的团队已将TBM集成到了AFRL的“用于仿真、集成和建模的分析框架”(AFSIM)和NAVAIR的“下一代威胁系统”(NGTS)中。

4.2 无人集群技术

无人机集群技术依托于人工智能技术、网络信息技术、先进平台技术和微纳电子技术等现代前沿技术群,这些技术使无人机集群向系统智能化、网络极大化、平台多样化、节点极小化、感知协同化等方向发展^[31]。无人机蜂群技术的军事应用价值巨大,一旦技术成熟,将深刻改变战场规则。

近年来,无人集群技术迅猛发展,美军对无人集群技术的研究,引领了世界各国的研究热潮。美空军在2015年9月发布的《空军未来作战概念》顶层战略文件、2016年5月发布的专门针对小型无人机系统的《2016—2036年小型无人机系统飞行规划》中,都提出了无人机蜂群的作战概念。除了编制战略发展规划,美军各技术研发机构也启动了大量无人机蜂群项目。由于机构定位不同,各项目的愿景也有所区别。例如战略能力办公室(SCO)聚焦近期应用,发展由战斗机空射的可执行低空态势感知和干扰任务的微型无人机蜂群;海军研究办公室(ONR)发展可在舰船或滩涂发射的小型无人机蜂群,以设施侦察监视或对陆、对海攻击;而国防高级研究计划局(DARPA)发展可在强对抗环境中使用的高性能无人机蜂群,并定位其为战场最前线与高端有人/无人平台配合执行任务的主战装备^[32]。2017年美军主导的几大项目正在稳步推进。

SCO的“灰山鹑”(Perdix)项目,2017年1月9日完成了一次试验,3架海军F/A-18F战斗机投放了103架“灰山鹑”,创下军用无人机蜂群最大规模飞行纪录。试验中,“灰山鹑”蜂群未预先编写飞行程序,而是在地面站指挥下自主实现协同,展现了集体决策、自修正和自适应编队飞行能力。试验的成功表明,美军的空射无人机蜂群正朝实战化方向稳步迈进,或许不久便会列装。

DARPA通过“小精灵”(Gremlins)、“拒止环境协同作战”(CODE)、“体系集成技术和试验”(SoSITE)、“分布式作战管理”(DBM)和“进攻性蜂群使能战术”(OFF-SET)等项目^[33]分别攻克无人机蜂群各关键技术,2017年3月,DARPA表示项目第1阶段无人机空中发射和回收系统的可行性研究工作已顺利完成,并选择Dynetics公司和通用原子公司进入第2阶段工作,完成全尺寸技

术验证系统的初步设计,为单个系统部件开展风险降低试验。

中国也在积极开展无人集群技术研究。2017年6月,中国电子科技集团公司成功完成了119架固定翼无人机集群飞行试验,刷新了2016年珠海航展披露的67架固定翼无人机集群试验纪录,这标志着智能无人集群领域的又一突破,奠定了中国在该领域的领先地位,该团队未来还将致力于无人机集群的实用化、智能化发展。

4.3 人工智能技术

人工智能将成为未来无人机的发展方向。从人工智能的角度看,无人机将向单机智能飞行、多机智能协同、任务自主智能等方向发展^[34],涉及环境感知与规避、协同指挥控制、协同态势生成与评估、自动驾驶与自主定下作战决心、自主完成作战任务等,是无人机应用的最高境界。

2017年是人工智能迅猛发展的一年,各国都将其纳入了重点研究计划,技术在不断进步,各行业都在和人工智能相结合。

俄罗斯正在研制能够自主决策的人工智能无人机。俄罗斯技术集团旗下的无线电电子技术康采恩(КРЭТ)正在开发人工智能元件,用于研制能够自主决策的无人机。КРЭТ康采恩在2017莫斯科航展上展示了一款人工智能软件产品。

美国国防部Maven项目成立了算法战跨(AWCFT)职能小组,用于加快国防部融入人工智能与机器学习的速度,将国防部海量数据快速切换为切实可用的情报。该算法已在“扫描鹰”上试验,试验开始仅几天,计算机对人员、车辆、建筑等物体的识别准确率便达到了60%,1周后提升到80%。

中国在人工智能领域也开展了大量研究。2017年7月,无人机更是被列入国务院《新一代人工智能发展规划》。

5 结论

系统回顾了2017年全球无人机发展热点,分析了无人机产品及其系统发展的需求,总结了各型无人平台及机载产品的发展趋势。未来军用无人机将呈现任务多样化、平台界限模糊化、任务产品模块化的趋势,随着人工智能、无人集群技术、高超声速技术的发展,未来无人作战将更加融入现有装备体系,带来新的

作战模式,并打造升级版的作战体系,无人系统已成为各国军队热点追逐的武器装备系统。

参考文献(References)

- [1] MQ-25 Stingray unmanned aerial tanker could almost double strike range of U.S. carrier air wing [EB/OL]. (2017-09-01). <https://news.usni.org/2017/08/31/mq-25-stingray-unmanned-aerial-tanker-almost-double-strike-range-u-s-carrier-air-wing>.
- [2] Boeing offers sneak peek of MQ-25 tanker drone [EB/OL]. (2017-10-19). <https://www.defensenews.com/air/2017/12/19/boeing-offers-sneak-peek-of-mq-25-tanker-drone>.
- [3] Navy releases final MQ-25 stingray RFP, general atomics bid revealed [EB/OL]. (2017-10-10). <https://news.usni.org/2017/10/10/navy-releases-final-mq-25-stingray-rfp-general-atomics-bid-revealed>.
- [4] “鹰”式救援无人机正测试[EB/OL]. (2017-10-10). http://news.xinhuanet.com/local/2017-04/19/c_129548507.htm.
“Eagle” Rescue UAV is under tests[EB/OL]. (2017-10-10). http://news.xinhuanet.com/local/2017-04/19/c_129548507.htm.
- [5] 美导弹防御局推进“低功率激光演示验证器”项目发展[EB/OL]. (2017-12-20). <http://wemedia.ifeng.com/41743766/wemedia.shtml>.
The US Missile Defense Agency(MDA) promotes “Low power laser demonstrator” programme development [EB/OL]. (2017-12-20). <http://wemedia.ifeng.com/41743766/wemedia.shtml>.
- [6] 美军无人机发展脑洞大开,深入对手领空反导或成真[EB/OL]. (2017-11-22). http://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_1875014.
The development of the U.S. drone gets great imagination, and it might penetrate into enemy's airspace [EB/OL]. (2017-11-22). http://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_1875014.
- [7] 美国DARPA启动“飞行导弹导轨”(FMR)无人机概念项目[EB/OL]. (2017-09-12). <http://www.81uav.cn/uav-news/201709/12/25798.html>.
US DARPA starts the “flying missile Rail” (FMR) UAV concept project. [EB/OL]. (2017-09-12). <http://www.81uav.cn/uav-news/201709/12/25798.html>.
- [8] 张洋. 美军无人机僚机技术研究取得阶段性进展[J]. 远望周刊, 2017(6): 4-8.
Zhang Yang. US military unmanned wing-man technology research has been made periodical progress[J]. Yuanwang Weekly, 2017(6): 4-8.
- [9] Kratos names combat UAVs “Mako”, “Valkyrie” [EB/OL]. (2017-05-08). <http://aviationweek.com/combat-aircraft/kratos-names-combat-uavs-mako-valkyrie>.
- [10] Lockheed confirms secretive SR-72 hypersonic plane will be made [EB/OL]. (2017-06-09). <https://futurism.com/lockheed->

- confirms-secretive-sr-72-hypersonic-plane-will-be-made.
- [11] 温杰. 小步快跑——“复仇者”增程型无人机实现首次飞行[J]. 航空世界, 2017(1): 6-7.
Wen Jie. Small fast run, the "Avenger" extended range UAV successfully made its first flight[J]. Aviation World, 2017(1): 6-7.
- [12] VA001 中型无人机完成留空 5 天飞行试验[EB/OL]. (2017-11-22). http://www.sohu.com/a/205870855_115926.
VA001 mid class UAV finished 5 days flight test[EB/OL]. (2017-11-22). http://www.sohu.com/a/205870855_115926.
- [13] 俄军将装备太阳能高空无人机:取代低轨卫星 可无限续航[EB/OL]. (2017-04-02). http://www.xinhuanet.com/mil/2017-04/02/c_129523589.htm.
Russia Armed Force will equip solar energy high altitude UAV that has unlimited life in order to overtake low orbit satellite. [EB/OL]. (2017-04-02). http://www.xinhuanet.com/mil/2017-04/02/c_129523589.htm.
- [14] 中国太阳能无人机完成 2 万米高空飞行 可留空数月[EB/OL]. (2017-06-01). <http://news.china.com/domestic/945/20170601/30622951.html>.
China has made her solar energy high altitude UAV flying at 20000 meter above sea level, which will stay airborne for several months[EB/OL]. (2017-06-01). <http://news.china.com/domestic/945/20170601/30622951.html>.
- [15] Boeing X-37- wikipedia[EB/OL]. [2017-12-20]. https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_X-37#cite_note-USAF_factsh-4.
- [16] Subscale flights show potential of DARPA vtol X-plane [EB/OL]. (2017-04-04). <http://aviationweek.com/technology/subscale-flights-show-potential-darpa-vtol-x-plane>.
- [17] TR-60 无人机 韩国最新测试可在舰船起降的倾转旋翼无人机[EB/OL]. (2017-08-21). <http://www.81uav.cn/uav-news/201708/21/25437.html>.
South Korea has tested TR-60 tilt wing UAV take-off and land on ship[EB/OL]. (2017-08-21). <http://www.81uav.cn/uav-news/201708/21/25437.html>.
- [18] 王道波, 任景光, 蒋婉玥, 等. 无人靶机及其自主控制技术发展[J]. 科技导报, 2017, 35(7): 49-57.
Wang Daobo, Ren Jingguang, Jiang Wanyue, et al. An overview of the development of target drones and associated autonomous control[J]. Science & Technology Review, 2017, 35(7): 49-57.
- [19] BAE 系统公司推出“固定翼+旋翼”未来无人机概念[EB/OL]. (2017-10-12). <http://www.dsti.net/Information/News/106820>.
BAE system company Launched the "fixed wing + rotor" future UAV concept[EB/OL]. (2017-10-12). <http://www.dsti.net/Information/News/106820>.
- [20] UMS Skeldar 公司将在 Skeldar V-200 无人机上集成 ViDAR 技术[EB/OL]. (2017-06-23). <http://www.dsti.net/Information/News/105055>.
UMS Skeldar company will integrates ViDAR technology into the Skeldar V-200 UAV[EB/OL]. (2017-06-23). <http://www.dsti.net/Information/News/105055>.
- [21] 雷达告警接收机首次在“捕食者 B”上进行飞行试验[EB/OL]. (2017-04-17). http://www.sohu.com/a/134512706_313834.
Radar warning receiver has completed first flight test in the "predator B" UAV[EB/OL]. (2017-04-17). http://www.sohu.com/a/134512706_313834.
- [22] US AFRL develops sensor pod to navigate in GPS-denied environments[EB/OL]. (2017-05-22). <http://www.janes.com/article/70619/us-afrl-develops-sensor-pod-to-navigate-in-gps-denied-environments>.
- [23] DARPA: 四轴无人机实现自主跨障碍飞行[EB/OL]. (2017-07-15). http://www.sohu.com/a/157427539_819742.
DARPA: Four axis UAV has made autonomous flight across obstacle[EB/OL]. (2017-07-15). http://www.sohu.com/a/157427539_819742.
- [24] 诺格公司用“火鸟”测试无人机空中防撞系统[EB/OL]. (2017-03-31). <http://www.dsti.net/Information/News/103868>.
Northrop Grumman has tested air collision avoidance system with Firebird UAV[EB/OL]. (2017-03-31). <http://www.dsti.net/Information/News/103868>.
- [25] 诺格用 RQ-4 无人机解决 F-35 与 F-22 战斗机相互通信问题[EB/OL]. (2017-08-24). http://www.sohu.com/a/166971398_380370.
- [26] “全球鹰”无人机所用 MS-177 传感器完成首次飞行测试[EB/OL]. (2017-04-13). http://www.sohu.com/a/133737897_313834.
“Global Hawk” UAV has made its flight test of MS-177 sensor[EB/OL]. (2017-04-13). http://www.sohu.com/a/133737897_313834.
- [27] 无人预警机发展前景[EB/OL]. (2017-05-14). http://www.sohu.com/a/140615769_665497.
The prospects for the development of Unmanned AWACS[EB/OL]. (2017-05-14). http://www.sohu.com/a/140615769_665497.
- [28] NASA 先进数据采集与遥测系统实现超高速数据传输[EB/OL]. (2017-03-31). <http://www.dsti.net/Information/News/103873>.
NASA advanced data acquisition and telemetry system has made high-speed data transmission. [EB/OL]. (2017-03-31). <http://www.dsti.net/Information/News/103873>.
- [29] Patria 与 Schiebel 共同为 Camcopter 无人机开发有人机-无人机编队能力[EB/OL]. (2017-03-31). <http://www.81uav.cn/uav-news/201703/31/23711.html>.
Patria and Schiebel develop manned-unmanned formation ca-

- pability for Camcopter UAV[EB/OL]. (2017-03-31). <http://www.81uav.cn/uav-news/201703/31/23711.html>.
- [30] 美国空军研究实验室开发新型迷你加密芯片确保安全通信[EB/OL]. (2017-10-10). http://www.sohu.com/a/197163426_313834.
- The United States Air Force Research Laboratory has developed new mini encryption chip to ensure the safety of communication [EB/OL]. (2017-10-10). http://www.sohu.com/a/197163426_313834.
- [31] 段海滨, 李沛. 基于生物群集行为的无人机集群控制[J]. 科技导报, 2017, 35(7): 17-25.
- Duan Haibin, Li Pei. Autonomous control for unmanned aerial vehicle swarms based on biological collective behaviors[J]. Science & Technology Review, 2017, 35(7): 17-25.
- [32] 袁成. 蜂拥而至: 快速发展中的美军无人机蜂群[J]. 军事文摘, 2017(9): 30-33.
- Yuan Cheng. Come in great numbers: The rapid development of U.S. UAV swarm technology[J]. Military Digest, 2017(9): 30-33.
- [33] 贾高伟, 侯中喜. 美军无人机集群项目发展[J]. 国防科技, 2017, 38(4): 53-56.
- Jia Gaowei, Hou Zhongxi. The development of U.S. UAV swarm project[J]. National Defense Science and Technology, 2017, 38(4): 53-56.
- [34] 范彦铭. 无人机的自主与智能控制[J]. 中国科学(技术科学), 2017, 47(3): 221-229.
- Fan Yanming. Autonomous and intelligent control of the unmanned aerial vehicle[J]. Science Sinica Technologica, 2017, 47(3): 221-229.

Overview of foreign military UAVs' equipment and technology development

CHENG Long¹, LUO Lie², CHAI Jianzhong²

1. Key Laboratory of Complex Air System Simulation, Beijing 100076, China
2. The First Aircraft Institute of AVIC, Xi'an 710089, China

Abstract This paper systematically reviews the 2017 foreign military UAV's development hotspots with respect to new types, upgrades and modifications, mission systems and innovation technologies. One sees several trends of the UAVs' development this year, including the diversified mission requirements for new kinds of UAVs, the significant progresses of new UAV systems' development and modification, the critical new advanced airborne systems for the improvements of UAV's effectiveness, and the subversive technologies for UAVs' new applications. All these developments and progresses are in the pace with the improvements based on the artificial intelligence (or AI), the unmanned swarm control, and hypersonic technologies. The UAVs will be more and more integrated into the existing equipment system, and bring about new battle modes and concepts.

Keywords UAV; mission requirement; mission system; subversive technology ●



(责任编辑 陈广仁)