

舰载无人机作战使用及关键技术综述

闫明松

(海军装备部上海局, 上海 200120)

[摘 要] 研究了国际典型舰载无人机的性能、作战用途、起降方式; 舰载无人机在侦查打击等主要任务领域中的使用及典型作战场景; 总结了舰载无人机作战使用过程中的关键技术, 详细论述了各项技术的难点以及当前研究状况, 为将来的进一步研究奠定了基础。

[关键词] 舰载无人机; 作战使用; 起降回收

[中图分类号] V279

[文献标识码] A

[文章编号] 1006-141X(2020)02-0016-05

Overview of Combat Operation and Key Technologies of Shipborne Unmanned Aerial Vehicles

YAN Ming-song

(Shanghai Bureau of Marine installation, Shanghai 200120, China)

Abstract: Firstly, the performance, combat usage, take-off and landing of the main typical shipborne UAVS around the world are studied; secondly, the use of shipborne UAV in the main task fields such as reconnaissance and strike, and the typical combat scene is researched; finally, this the key technologies in the operation of shipborne UAV is summarized, In addition, the difficulties in each technology and the current research status are discussed in detail, which would be available for future research.

Key words: shipborne UAV; combat operation; take-off and landing

随着无人机在海湾战争、科索沃战争、伊拉克战争及现代反恐战争中展示出的出色作战效能, 以美国为首的世界各军事强国早已对无人机研制投入了大量资金并建立了研究团队。美国从 2001 年至今已发布了八个版本的无人系统路线图, 期间不断调整近期、中期、长期的发展目标, 为无人系统的发展提供了清晰的指导路线^[1-5]。另外, 北约各国也在制定适合本国的无人机发展路线图^[6]。

舰载无人机主要装备在航空母舰、战列舰、驱逐舰、护卫舰和两栖舰等军舰, 为海上作战提供一种灵活、高效、低风险的战场感知战斗平台, 可伴随母舰深入海洋的各个角落执行各种作战任务, 优

化和扩展了舰载机的作战模式。

舰载无人机由于母舰平台和战场环境的特殊性, 搭载上舰存在更多的技术实现难题。首先, 鉴于载舰甲板空间限制、舰尾气流、海浪运动等因素, 无人机着舰比着陆难度更大、危险性更高; 其次, 无人机通常配置一套测控链路通信系统, 但由于母舰本身已搭载众多通信系统, 上舰无人机的通信链路必须具备更强大的抗干扰能力; 另外, 由于母舰配套相对成熟, 舰船内呈现紧耦合的模式, 无人机系统融入舰船体系需要打破当前舰船框架的桎梏, 才能实现两者的互联互通互操作。

收稿日期: 2020-03-12

引用格式: 闫明松. 舰载无人机作战使用及关键技术综述 [J]. 航空电子技术, 2020, 51(2): 16-20.

1 国外研究现状

目前,全球无人机已发展到了 200 多种型号,尤以美国和以色列发展最快,欧洲和一些发展中国家也有不同程度的进展。

美国海军在海上部署无人机系统,主要用于执行情报、监视、侦察、目标捕获和战斗毁损评估等任务,也用于物资运输、人道救援、反恐、反水雷以及陆战目标与空中信息传递,目前主要型号有猎人、捕食者、全球鹰、鹰眼等。技术验证项目作为先进技术的载体,UCAS-D 项目中的 X-47B 无人战斗机已完成了无人机舰面/机库储存和转运技术、低可探测技术、结构加强的无人机机体设计技术、模块化建造技术、航母上自主起飞和着陆技术、自主空中加油控制技术等一系列技术的验证,当前,已经启动了 MQ-25 人黄貂鱼”新型舰载无人加油机项目。

以色列、加拿大、德国、英国紧跟美国的脚步,研发了先锋、侦察兵、猛犬、CL-227 哨兵、CL-327 卫士、西莫斯、卡 37 和卡 137、小精灵等舰载无人机。

(1) 捕食者 (Predator)

固定翼无人机,搭载电视摄像机、光电/红外传感器、合成孔径雷达、敌我识别器、激光目标指示器等任务载荷,主要用于在复杂地形和不良气象条件下,全天候、实时地对敌地面固定和移动目标进行侦察,采用滑跑起降。

(2) 全球鹰 (Global Hawk)

固定翼无人机,可同时携带光电、红外传感系统和合成孔径雷达等任务载荷,用于长程长时间全区域动态监视,采用滑跑起降。

(3) 扫描鹰 (ScanEagle)

固定翼无人机,可搭载惯性稳固电光照相机或红外照相机,用于定位、跟踪各种目标,包括地对空导弹发射器、机动防控火炮、通讯塔以及军事护送部队等,起降采用气压弹射器和 Skyhook 系统。

(4) 鹰眼 (EagleEye)

倾转旋翼无人机,可搭载电视摄像机和前视红外摄像机等,主要用于执行侦察、监视、搜索、战斗毁损评估、通信中继和电子对抗等任务,可垂直或短距起飞,垂直着陆。

(5) 火力侦察兵无人机 (MQ-8B)

旋翼无人机,可搭载光电/红外扫描系统、合成孔径雷达和激光测距仪及武器,武器可选“地狱火”导弹、“蝰蛇打击”激光制导滑翔弹、以及先进

的精确杀伤武器系统、70 毫米激光制导火箭弹等,主要用于情报监视、目标截获和侦察、空中火力支援、激光指示和战斗管理服务等任务,采用垂直起降。

(6) 猎人 (Hunter)

固定翼无人机,可搭载电视和前视红外、机载数据中继系统、雷达干扰机、通信情报和通信干扰机、激光指示器,携带“蝰蛇打击”精确制导弹药,主要用于实时图像情报、火炮校正、战争损害评估、侦察和监视、目标捕获和战场观测,采用助推起飞 (RATO 系统)、阻拦索降落。

(7) 先锋 (Pioneer)

固定翼无人机,可搭载前视红外传感器、微光电视摄像机和通讯中继设备等任务载荷,主要用于侦察、目标搜索和战斗毁损评估等任务,采用滑跑起降、弹射起飞/垂直网回收。

(8) 卫士 (CL-327)

旋翼无人直升机,可搭载昼间电视、前视红外、通信中继、电子干扰设备或诱饵、海军使用的声呐浮标分配器和水雷探测器、电子支援设施、雷达和激光指示器,且可以更改各种组件,用于战场监视与侦察任务,舰载型从专门设计的四轮甲板活动平台起飞。

(9) 坎姆考普特 (S-100)

旋翼无人直升机,可搭载嵌入式光电载荷 POP200 或 POP300(包含彩色 CCD 摄像机、前视红外热像仪、激光指示器、激光测距机等),主要用于情报、监视、目标获取,采用垂直起降。

2 作战使用

在 2005 年的无人系统路线图中,美军对小型、战术、战场和作战四种级别的无人机所承担的 18 项任务的重要性进行了分级^[2],结合该任务矩阵,舰载无人机的主要作战使用方式包括侦察监视、通信中继、目标指示和战斗毁损评估、直接打击以及反潜作战。

2.1 侦查监视

高空长航时舰载无人侦察机利用自身的优势可对舰载雷达探测距离外的海域进行长时间的侦察,甚至可以作为战役前沿的先锋,将我方战斗舰艇的作战半径扩大多个数量级。

图 1 示出的是典型的电子侦察作战场景,无人直升机搭载通信侦察、雷达侦察等电子侦察载荷,前出部署于任务区,截获敌方舰载、机载和岸基雷达、通信等电子信号,将获取的信息实时回传至地面控

制站或舰面站,形成海战场电磁态势,积累辐射源基础数据;通过与电子特征数据库对比识别目标,掌握对方雷达、通信等装备部署,通过双机交叉或单机多点方式对信号测向、定位;综合其他情报信息进行相互印证,对目标综合判证识别,为作战提供情报支持。

当前各发达国家的舰载无人侦察机正在向隐身化、全天候、侦查目标高分辨率发展。

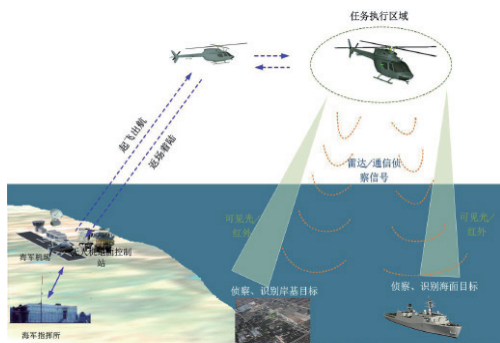


图1 电子侦察作战示意图

2.2 通信中继

与卫星中继相比,无人机具有灵活机动、成本低、维修方便等特点,通过携带的无线电中继通信设备作为战区信息网络通信节点,进行战场通信中继。

图2示出的是典型的通信中继作战场景,两架无人机组成一个机组,一架前出执行侦查任务,在高空滞留长时间对陆地目标及近海舰船进行监控,另一架作为通信中继机将侦查的目标信息回传给我方舰船指控中心,指控中心将真实传送的侦查信息进行目标识别等处理后,实行目标打击。

目前执行通信中继任务的无人机一般都具备侦查能力,通信中继为无人机系统的一个子功能。未来无人空中加油机除了加油任务,另一个重要任务就是通信中继,作为空中信息中继平台。

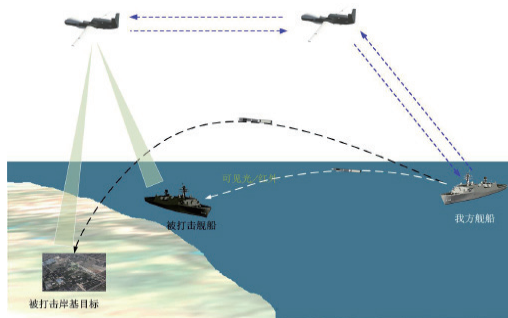


图2 通信中继作战示意图

2.3 目标指示和战斗毁损评估

舰载无人机通过实时数据链路可为舰艇火炮和导弹提供攻击目标相关的测定参数,协助舰载火控系统计算射击诸元,进行目标分析,并用激光目标指示器照射目标为舰载激光制导武器提供精确制导。同时在战后,提供目标毁伤评估。满足现代海战作战区域广对信息传递、指挥控制、导弹攻击的更高要求。

图3示出的是典型的战斗毁损评估作战场景,水面舰艇编队跨区进行战略大纵深打击,我方攻击舰艇装备超视距导弹。指挥控制舰向舰载无人机下达舰载无人机与目标的距离、舰载无人机相对于指挥控制舰和攻击舰的最佳位置以及安全角。舰载无人机接近预观测位置后,快速爬升占领观测位置,打开机载任务载荷设备搜索目标,并通过数据链将目标实时信息发送给指挥控制舰,指挥控制舰将信息分发给攻击舰。攻击舰接收到数据后,进行运算和处理,计算出导弹射击参数,进行导弹发射,同时告知指挥控制舰,使其控制无人机的空中位置和准备观察射击效果,进行战斗毁损评估,决定是否再进行打击。

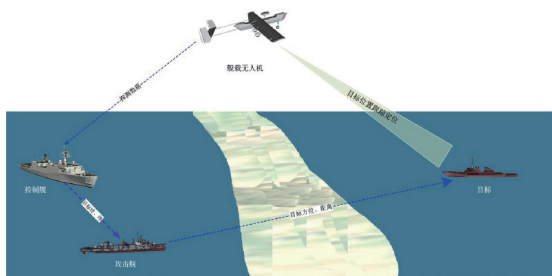


图3 目标指示、战斗毁损评估作战示意图

2.4 直接打击

舰载无人作战飞机具备飞机和导弹的共同特性,既可自动搜寻又可攻击目标。根据执行任务特点,配置不同的武器弹药:采用激光武器攻击空中、地面目标;使用导弹或低成本非制导武器攻击敌方舰船、地面目标;使用反辐射导弹或本身装备反辐射导引头攻击对方雷达、通信指挥设备,摧毁其作战系统;使用电子干扰机对方舰艇编队进行电子干扰,干扰其信息探测、指挥和通信。

图4示出的是典型的直接打击作战场景,敌方战略部位(指挥中心)具有一定纵深、防卫严密,我方航母舰队直接对敌方进行制空压制打击。无人作战飞机从航母起飞后,编队飞行,利用敌方低空盲区,通过实时态势感知和任务路线的规划突防到敌方前沿,对目标实时火力压制。

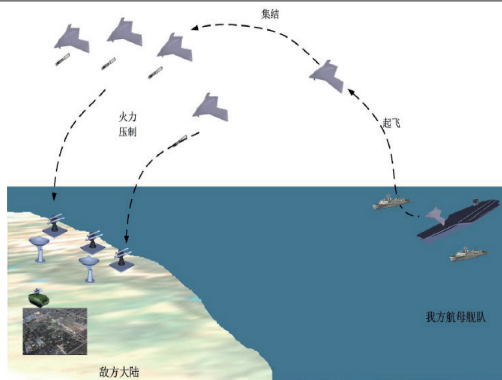


图4 直接打击作战示意图

2.5 反潜作战

水面舰艇在于潜艇对抗中,由于舰艇具备水下隐蔽性好、艇载声呐被动探测距离远的特点,能先发现水面舰艇,进而优先使用鱼雷武器对水面舰艇实施攻击,导致水面舰艇在对抗中处于劣势地位。反潜无人机依靠隐蔽、机动性强等特点,可以在远距离上独立或与水面舰艇协同执行对潜防御任务。

图5示出的是典型的反潜作战场景,敌方潜艇企图进入我方势力范围进行监视,我方指挥所通过卫星通信控制无人反潜直升机在附件海域进行警戒、巡逻。无人反潜直升机飞行到指定警戒线位置,使用吊放声呐开始点水探测。探测到敌方潜艇信息后通过卫星通信将目标传回给指挥所,指挥所对目标进行识别后,控制无人反潜机发射水下导弹,进行水下打击。

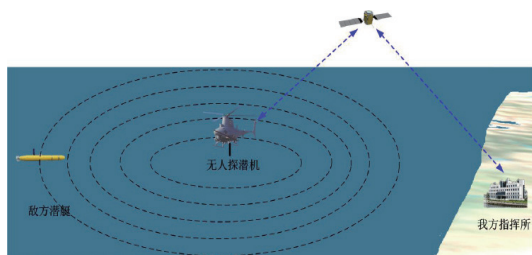


图5 反潜作战示意图

3 关键技术

舰载无人机与在陆地使用无人机最大的区别在于起降平台的不同,由此带来的主要问题及需要解决的关键技术如下文所述。

3.1 舰面起降回收技术

舰艇上的空间非常有限,无人机的发射与回收装置及起降跑道或停机坪会与其他舰载装置争夺空间。

舰载无人机常用的起飞方式有短距起飞、导轨发射起飞、垂直起飞等方式。短距起飞或导轨发射

起飞等方式适合于固定翼舰载无人机,能够发挥无人机飞行速度快、作战半径大等优点,但这种方式对场地要求较高,小型舰艇平台难以完成。垂直起降对平台的要求低,适应于各型大中型水面舰艇使用,垂直起降无人机机动灵活,便于大量配置,但是其起飞重量小,有效载荷轻,因而其作战半径较小,作战威力低,从而影响到其作战使用。

目前,舰载无人机回收技术主要有撞网回收技术、伞降回收技术、“天钩”技术、拦阻索技术、垂直着舰技术、水面降落技术等。这些技术在舰载无人机回收的快速性、完好性、安全性、可靠性、经济性等方面各有自己的优缺点和使用场合。如何在这些已有回收技术的基础上,根据舰载的具体情况,研究能快速、准确、安全、可靠的舰载无人机回收技术是舰载无人机系统发展的一项关键技术。

3.2 着舰引导控制技术

由于受随机海浪、舰船甲板尺寸大小、舰区气流等因素的影响,舰载无人机实现自主着舰极具挑战性。为保证恶劣环境下的安全着舰,提高海上作战能力,必须对无人机进行精确制导。目前美国、法国、奥地利等采用的技术手段主要有雷达、卫星和光电等。雷达着舰引导是利用舰上安装的雷达,测量无人机的高度、方位、速度等参数,通过解算处理,产生与理想着舰轨迹的误差信息,并发送给无人机,控制无人机按预定轨迹下滑着舰,但在无线电干扰、静默情况下着舰引导使用受到限制。卫星引导设备由机载卫星接收设备和舰载基准站组成,具备精度高、使用简单、成本低,不受时间、地点的制约等优点,但严重依赖天基卫星,信号完好性差,且容易受到干扰。光电引导是利用光电测量设备测量机舰相对位置,计算产生飞行控制所需的信息数据,实现着舰引导,具备抗电磁干扰性强、可在无线电静默时工作的优点,但对环境要求较高,在低能见度下着舰引导使用效果不佳。

多手段融合的综合着舰引导技术是未来着舰引导技术的发展方向,通过不同单一技术之间的优势互补,解决单一技术的缺陷,有效提高舰载无人机着舰精度。

3.3 开放式指控架构技术

有别于陆基无人机控制站,舰载无人机的控制站与母舰紧耦合,需要与母舰作战系统进行实时信息数据交互,且在舰队编队任务中,需要与其他作

战节点实现侦察信息共享。因此,舰载无人机的舰面控制系统体系架构的趋势为采用开放式体系结构设计技术,与母舰指控系统及其装备一体化,实现相互间的互联互通、互操作,共享舰载指挥控制系统及其网络系统的物理资源和信息资源。

基于无人机搭载舰艇已有的作战系统通信网络配置,分析舰载无人机在海战场中的具体作战使用流程,研究设计舰载无人机系统接入舰船作战网络的实现方案。使舰载无人机信息、机载传感器以及武器系统等任务载荷下行业务信息的接收、传输、接入、处理、使用,能够适配当前舰船已有的通信系统,融入舰船作战指挥控制网络体系,为舰载无人机作为重要信息节点扩充海战场态势提供支撑。

目前,美国海军舰船上已开始使用无人机战术控制系统,并且可以兼容不同无人机。

3.4 组网技术

由于单架无人机执行任务面临更多的危险和挑战,执行任务的成功率以及安全性不断下降,无法满足现代战争的需求,因此,无人机编队执行任务成为必然趋势,由此需要解决无人机机群之间相互通信问题。

无人机机群之间采用无线通信方式,由于无人机群在执行任务过程中高速移动,且存在路径不可预测,或无人机失联的情况,导致很难指定承担网络控制功能的中心节点。对此,目前已经展开了自组织网络的研究,使某个节点的无人机失联后,网络能够及时感知到变化,自动配置或重构网络,保证数据链路的实时连通,具有高度的自治性和自适应能力。并且,研究路由技术和安全技术,在减小开销,提高信道中有效信息的占比的同时,防范内部和外部的网络攻击。

4 结束语

未来,随着各相关技术的逐渐突破,舰载无人机对海军作战的综合能力提升将起到倍增作用。以美国为首的北约等国,正在高速提升舰载无人机技术,我国舰载无人机虽然起步晚,通过学习和吸纳国外成熟的关键技术,无人机系统搭载上舰提升海战场海上力量的作战效能必将指日可待。

参考文献

- [1] US Department of Defense. Unmanned aerial vehicles roadmap 2000-2025[R]. Washington: DoD, 2000.
- [2] US Department of Defense. Unmanned aircraft system roadmap 2005-2030[R]. Washington: DoD, 2005.
- [3] US Department of Defense. Unmanned system integrated roadmap 2009-2034 [R]. Washington: DoD, 2009.
- [4] US Department of Defense. Unmanned system integrated roadmap 2011-2036 [R]. Washington: DoD, 2011.
- [5] US Department of Defense. Unmanned system integrated roadmap 2013-2038 [R]. Washington: DoD, 2013.
- [6] North Atlantic Treaty Organization(NATO). Develop UAV roadmap[R]. Washington: DoD, 2007.
- [7] 石剑琛. 无人系统在未来海战场中的应用构想 [J]. 舰船电子工程, 2017, 37(12): 5-8.
- [8] 王勤. 无人机在海军作战领域应用 [J]. 指挥信息系统与技术, 2012, 3(4): 36-40.
- [9] 田子希. 舰载无人机作战应用模式综合分析 [J]. 信息通信, 2014, 135(3): 43-44.
- [10] 闫超. 美国海军无人系统作战特点及关键技术分析 [J]. 国防科技, 2014, 35(5): 41-45.
- [11] 李强. 国外舰载无人机着舰引导技术发展现状 [J]. 无人系统技术, 2018, 2: 43-48.
- [12] 唐建华. 无人机组网侦察关键技术研究 [D]. 电子科技大学, 2015.
- [13] 杨海东. 无人机数据链的未来发展和组网通信关键技术 [A]. 2014(第五届)中国无人机大会论文集 [C]. 北京: 中国航空学会, 2014: 688-692.