

无人艇在电子战中的应用

刘欣, 杨格, 郭日成

中国船舶工业系统工程研究院, 北京 100094

摘要 阐述了无人艇的发展现状;从平台性能、船体结构、接口设计、软件设计4个方面分析了目前无人艇设计特点,总结了艇载电子战设备的功能和类型;提出了一套无人艇电子战任务执行流程,并设计了6种无人艇电子战任务典型应用场景;展望了未来无人艇在电子战领域中的技术发展方向。

关键词 电子战;无人艇;任务执行流程;典型应用场景

近年来,无人装备发展势头迅猛,作为未来战场的重要力量,受到各国的高度关注^[1]。无人艇作为一种无人装备体系,具有平台设计模块化、任务载荷小型化、功能应用多样化的特点,同时又具备较强的隐身性、机动性、协同性,正逐步应用于未来海战场电子对抗任务的执行中。2007年7月,美国海军在首次发布《海军无人水面艇主计划》中指出了无人水面艇的7项使命任务,其中就包括电子战,也进一步明确了未来无人水面艇在电子对抗领域中的作用和地位。

中国海岸线曲折漫长、海域广阔、岛礁众多,随着国际海洋竞争的日趋白热化,将面临更多的岛礁维权、海域划界、通道安全等方面的挑战。面对日益复杂的海战场电磁环境和日益丰富的高精度远程打击威胁,现有常规舰艇已经不能完全满足现代全天候、全方位、全时段的电子战需求;同时如何避免不必要的战斗减员、降低人员伤亡概率变得更加重要。因此,开展无人艇电子战应用技术的研究显得非常必要。

无人艇(unmanned surface vessel, USV)是一种具有自主规划、自主航行能力,并可自主完成环境感知、目

标探测等任务的小型水面平台,可承担情报收集、监视侦察、扫雷、反潜、精确打击、搜捕、水文地理勘察、反恐、中继通信等功能^[2]。无人艇可根据不同的使命需求,搭载不同的传感器或仪器设备,执行多样化任务^[3]。同时无人艇可通过飞机或大型舰艇携带,到达预定地点后施放,也可以直接在基地近岸使用,实现保护己方、打击敌方的作用。

1 无人艇发展现状

无人艇最早由著名发明家尼古拉·特斯拉在1898年发明——一种名叫“无线机器人”的遥控艇。在第二次世界大战中的诺曼底登陆战役,无人艇被首次应用于实战:盟军为实现其战略欺骗和作战掩护的目的,曾设计出一种装载大量烟幕剂的无人水面艇,可按预先设定的航向机械地驶往欺骗海域,从而造成舰艇编队登录的假象。

20世纪90年代后,随着对无人艇平台认知的不断深入和瓶颈技术的逐步突破,世界各国均在加大无人

收稿日期:2018-10-29;修回日期:2018-11-26

基金项目:海军预先研究项目

作者简介:刘欣,工程师,研究方向为舰船电子对抗、导航定位技术,电子信箱:jmdliuxin@163.com

引用格式:刘欣,杨格,郭日成.无人艇在电子战中的应用[J].科技导报,2019,37(4):20-25;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2019.04.004

艇设计研制的投入力度,打造适应本国发展需求的无人水面力量。其中研究起步最早、成果最为丰富的国家是美国和以色列^[4]。

1.1 美国无人艇

美国拥有世界上最先进的无人艇技术,已研制和装备多种无人艇型号,2013年发布的《无人系统路线图》^[5],对其无人艇发展制定总体规划。目前正式服役美国海军的无人艇型号有“遥控猎雷系统”“海狐”和“斯巴达侦察兵”。

其中,“斯巴达侦察兵”无人艇是典型的搭载式结构,船体由标准化组件构成,通过模块化设计可装备多种“即插即用”型任务模块,承担多重使命任务(图1)。在此设计理念基础上,美国海军又推出了最新一代“通用无人水面艇”(common unmanned surface vessel, CUSV),具备配备多种载荷模块的能力,未来有望成为美濒海战斗力量的重要组成部分(图2)。



图1 “斯巴达侦察兵”无人艇
Fig. 1 USV "SPARTAN"



图2 通用无人水面艇
Fig. 2 Universal unmanned surface craft

1.2 以色列无人艇

以色列在无人艇研制中也处于世界领先地位,利用其在无人机领域的技术优势,先后推出多种性能优异的无人艇型号,其中比较突出的有拉斐尔武器发展

局和航空防务系统公司联合研制的“保护者”、埃尔比特系统公司研制的“黄貂鱼”和“银色马林鱼”及航空防务系统公司研制的“海星”。

目前,“保护者”作为以色列第一代无人艇(图3),已在以色列海军和新加坡海军中服役,以编队的形式协同完成作战任务。另外,“海星”无人艇也已经提供给以色列海军,并已少量出售给尼日利亚海军。



图3 “保护者”无人艇
Fig. 3 USV "protector"

1.3 中国无人艇

中国无人艇起步较晚,但发展较为迅速。目前,技术最为成熟的是上海大学牵头研制的“精海”系列无人测量艇、中国航天科工集团研制成功的“天象一号”和哈尔滨工程大学最新研制的全球最快无人艇“天行1号”(图4)。



图4 “天行1号”无人艇
Fig. 4 USV "Tianxing-1"

2 无人艇设计特点

在无人装备体系中,无人艇由于其特定的战术应用环境,其功能和性能也有着自身的特点。在功能方面,可作为水上网络的关键节点,用于收集、处理和传

输信息,具备单艇/多艇协同其他有人/无人平台执行作战任务的能力;在性能指标方面,具有较长的续航时间、多样化的有效载荷、可灵活部署的传感器、较强的艇载通信传输能力等,并且在隐身性具有优势,但由于技术限制,无人艇在航速航程和自主性方面还需进一步提升^[6-7]。

针对无人艇的功能和性能特征,结合目前国内外技术发展现状,并通过多型成熟无人艇的研制经验,可归纳无人艇在设计中具有4个共性特点。

1) 平台性能方面,平台长度普遍在7~11 m,可承担载重量在1000~3000 kg,具有30节以上的最高时速,机动能力较强。

2) 船体结构方面,均采用标准化组件、模块化搭建、开放式体系架构,具有流线的船体外形和隐身材料外壳。

3) 接口设计方面,采用通用物理接口实现“即插即用”,并可灵活重置,适配各种艇载传感器或设备。

4) 软件设计方面,具有多传感数据采集和信号融合的处理能力,可支持单艇任务自主决策,也支持多艇多任务的协同分析和决策方案生成能力。

3 艇载电子战设备

针对无人艇的设计特点,艇载电子战设备在研制和选用中应满足小型化、轻量化、模块化、低功耗的要求,符合“即插即用”的通用接口标准,具有快速适配无人艇系统软件的能力,并针对电子战特点,具有信号分选处理、电磁态势感知、多源情报融合、数据通信传输、任务自主协同的能力。

根据功能特性,可将电子战模块分为信号侦察模块、信号干扰模块、信号传输模块和情报处理模块等。

(1) 信号侦察模块主要包括具有测量功能的频率测量天线、比幅测向天线、干涉仪天线阵、激光测距仪等测量设备,具有信号截获、分选、识别功能的雷达/通信侦察数字接收机、激光告警器、声纳等处理设备。(2) 信号发生模块主要包括多通道信号发生器、信号模拟仿真器等;(3) 信号干扰模块主要包括雷达/通信/导航信号干扰激励器、干扰信号发射天线;(4) 信号传输模块主要包括通信信号中继器、信号放大器、无线电/数据链传输设备等;(5) 情报处理模块主要包括数据记录存储设备、情报分析设备等。

4 无人艇在电子战中的战术应用

4.1 无人艇电子战任务执行流程

借鉴无人机任务规划的成熟经验^[8-9],并针对无人艇电子战任务的特点,结合多目标协同规划、作战任务重构和在线效能评估的思想,提出了一套无人艇电子战任务执行的流程(图5)。具体步骤如下。

1) 明确任务目标:基于目标威胁等级和作战任务需求,明确电子战任务目标。

2) 任务目标分析:对掌握的任务目标情报进行分解与处理,提取目标特征信息。

3) 生成任务项目:统筹现有任务资源(包括现有无人艇数量及艇载设备种类、性能等任务资源),根据任务效果需求,人工/自动地配置无人艇执行典型任务场景,生成电子战任务项目。

4) 拟制详细任务方案,包括:资源和工作分配,为各无人艇分配相应功能的艇载设备,同时分配一个或一组工作序列;航路规划拟定,根据目标区域的地理环境信息,生成低威胁性、高对抗有效性或符合某种要求的航迹规定;任务方案生成,综合规划任务执行中战术

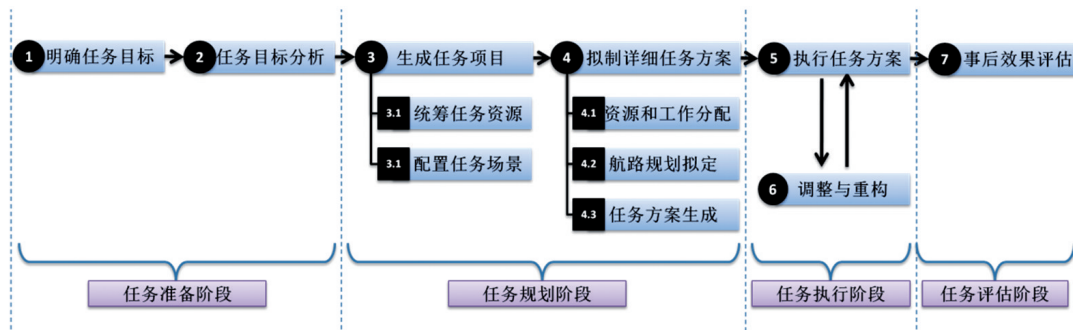


图5 无人艇电子战任务执行流程

Fig. 5 USV EW task execution process

方法,生成详细任务方案并上报批准。

5) 执行任务方案:按照拟制的任务方案中工作时序依次执行,并实时反馈任务执行情况。

6) 在线调整与重构:在任务执行失败或效果不佳时,可对任务执行中的无人艇进行人工干预,在线调整任务方案,并在任务重构后再次执行。

7) 事后效果评估:对已完成的任务方案进行评估,并生成相应的效果评估报告,指导和修正下一次方案制定。

4.2 无人艇电子战任务典型应用场景

针对目前水面作战、抢滩作战、特种作战等多种作战场景下的不同战术需求^[10],基于无人艇平台模块化设计特点,结合现有艇载小型化电子战模块,设计了6种无人艇电子战任务典型应用场景。

4.2.1 无人艇警戒巡逻

无人艇可在港口、岛礁或舰船等周边重要区域,进行全天候不间断警戒巡逻,提高区域控制能力,确保重点保护区域不受敌方攻击(图6)。

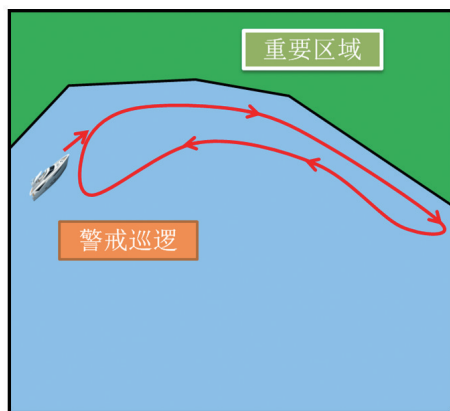


图6 无人艇警戒巡逻任务示意

Fig. 6 Schematic diagram of USV guard patrol mission

在警戒巡逻任务中,无人艇可装载雷达、通信、激光、声纳等侦察模块,一旦探测到高威胁信号,立即向母舰或岸基指挥系统发送告警信息,并锁定威胁目标方位,特别是针对敌方秘密渗透、蛙人潜入等特种作战方式,实现无人职守下的警戒巡逻。

4.2.2 无人艇协同侦察

无人艇可以编队形式,对海区、岛礁或岸基等高威胁区域进行抵近侦察,对周边的电子情报进行不间断地搜索、侦察、收集,及时获取目标电子情报,掌握海战场电磁态势(图7)。

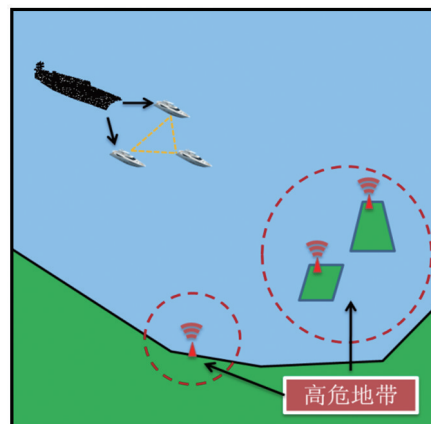


图7 无人艇协同侦察任务示意

Fig. 7 Schematic diagram of USV cooperative reconnaissance mission

在协同侦察任务中,无人艇可根据母舰对高威胁区域的信号特性分析,在不同无人艇上合理规划侦察资源配置和侦察路径,分别装载对应频段的雷达、通信等信号截获分选模块和情报处理模块。在抵近侦察期间,无人艇将各自的侦察数据,进行情报初级处理,通过信号传输模块传送至母舰终端,生成海战场电磁态势图;同时母舰终端可根据目标位置和态势的变化,灵活变更无人艇编队构型、路径以及侦察目标。

4.2.3 无人艇定位引导

无人艇可利用其快速前出的特点,抵近某一特定侦察目标,实时跟踪定位,为己方的舰船或飞机提供支援和测向定位引导(图8)。

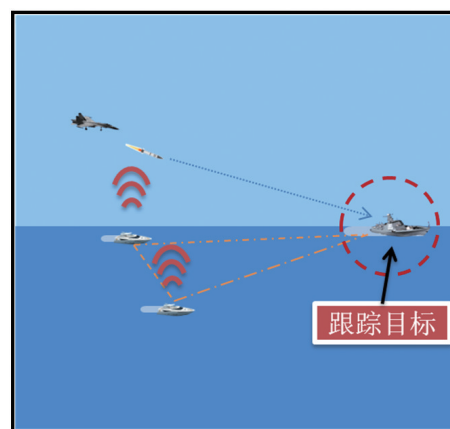


图8 无人艇跟踪引导任务示意

Fig. 8 Schematic diagram of USV tracking guidance mission

在定位引导任务中,无人艇可根据母舰侦收到的高威胁目标信号特性,装载相应频段的雷达、通信信号

测量模块。无人艇在布放后,利用其机动性和隐身性特点,以最快航速靠近选定高威胁目标,通过交叉定位的方式解算目标位置,并能对移动的高威胁目标实施长时间跟踪;同时无人艇能将解算出的目标位置,通过信号传输模块实时回传至母舰和飞机,为己方提供引导。

4.2.4 无人艇情报中继

无人艇可作为海战场中的网络中心,为舰船编队提供内外部通信信息及情报数据的中继和传递服务(图9)。

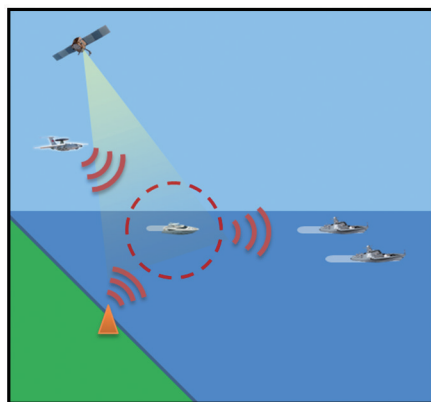


图9 无人艇情报中继任务示意

Fig. 9 Schematic diagram of USV intelligence relay mission

在无人艇情报中继任务中,无人艇可装载卫星通信、无线电通信、水声通信、数据链通信等中转模块,作为网络作战中心,为母舰编队提供实时的通信和情报数据的中继和传递服务。母舰终端指挥系统可根据需求,灵活调整组网范围;同时无人艇也可根据母舰编队成员的作用距离,自动纳入或踢出组网成员。

4.2.5 无人艇掩护干扰

无人艇可对闯入特定海域的船只、悬浮物等进行抵近,对其雷达、通信、导航、数据链信号等进行干扰压制,同时也为己方舰船、飞机的突破提供掩护策应(图10)。

在掩护干扰任务中,无人艇可装载不同频段的雷达、通信、导航等信号干扰模块,对预打击区域的多个高威胁目标,实施散布式迷惑干扰,也可装载同频段雷达、通信、导航干扰模块,对预打击区域的特定高威胁目标,实施聚焦式协同干扰。无人艇根据母舰终端指挥系统确定的干扰时机和干扰样式,配合主力编队,执行掩护任务。

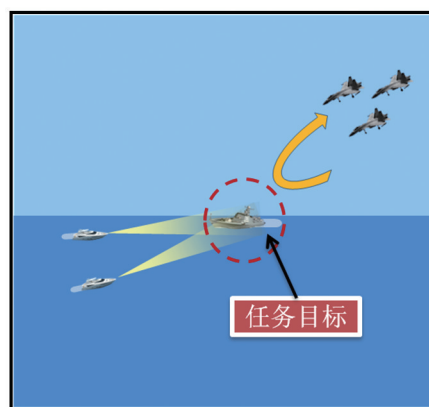


图10 无人艇掩护干扰任务示意图

Fig. 10 Schematic diagram of USV cover jamming mission

4.2.6 无人艇编队诱饵

无人艇以编队形式,模拟己方舰船编队的电磁信号特征,扮演主力编队佯动,作为诱饵干扰对方判断,掩护己方主力免受攻击(图11)。

在编队诱饵任务中,无人艇可装载无线电信号发生模块,在预设路径的航行过程中,按照事先装订好的母舰编队信号,各自扮演母舰编队中的不同角色,有序释放诱饵信号。其中,在无人艇布放前,母舰会根据不同的战术目标,配置不同的模拟信号场景,并生成信号释放时序,装载入无人艇内部数据存储单元。

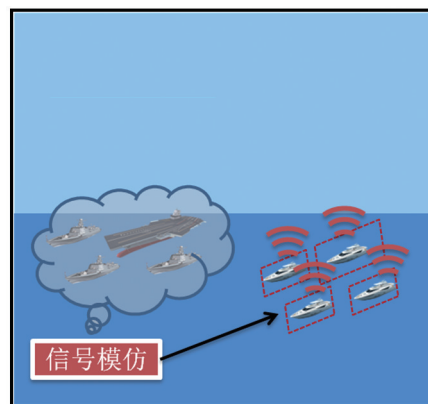


图11 无人艇编队诱饵任务示意

Fig. 11 Schematic diagram of USV formation decoy mission

5 结论

随着无人艇技术研究的不断深入,未来无人艇可完成更多不同纬度、不同场景下电子战任务,可从传统的人工制定任务向基于安全与效能结合的任务自主规划发展,实现电子战任务的精确化定制,实时化的作战

指挥。通过人工智能技术,提供无人艇的自动化水平和操作效率,具备在目标因素和环境因素变化时的自动重规划能力。与此同时,未来无人艇还需要进一步加强以下3方面的研究。

1) 加快制定无人艇平台接口通用标准和统一的技术规范,降低电子战模块的研制风险,促进电子战模块产品系列化、通用化。

2) 进一步提升电子战模块的制造技术,将分形天线、单片固态数字接收、小型微波功率模块、高性能信号处理芯片和片上系统(SOC)计算机等技术应用于电子战模块的研制中。

3) 加强多无人艇电子对抗任务协同规划技术的研究,并将人工智能技术应用于任务处理中,促进无人艇编队对抗能力的提升,以便适应未来更加复杂环境下的场景应用。

参考文献(References)

- [1] 贾宾, 刘蕾, 刘斌. 蓬勃发展的美国海军无人系统[J]. 现代电子工程, 2008(1): 14-20.
Jia Bin, Liu Lei, Liu Bin. The US Navy unmanned systems in vigorous development[J]. Modern electronic engineering, 2008 (1): 14-20.
- [2] 李家良. 水面无人艇发展与应用[J]. 火力与指挥控制, 2012 (6): 203-207.
Li Jialiang. Development and application of unmanned surface vehicle[J]. Fire Control & Command Control, 2012(6): 203-207.
- [3] Veers J, Bertram V. Development of the USV multi-mission surface vehicle III[C]//Delft: 5th International Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries, 2006.
- [4] 万接喜. 外军无人水面艇发展现状与趋势[J]. 国防科技, 2014, 35(5): 91-95;
Wan Jiexi. Status and development trends of foreign military unmanned surface boats[J]. National Defense Science & Technology, 2014, 35(5): 91-95;
- [5] Unmanned systems road map[R/OL]. [2018-10-31]. http://www.globalsecurity.org/intell/library/reports/2007/dod-unmanned-systems-roadmap_2007-2032.pdf
- [6] 宋磊. 全球自主: 国外无人水面艇未来发展及关键技术[J]. 军事文摘, 2015(7): 26-28.
Song Lei. Global autonomy: Future development and key technologies of foreign unmanned surface vehicles[J]. Military Digest, 2015(7): 26-28.
- [7] 杨学斌. 无人艇体系结构研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2011.
Yang Xuebin. Research of unmanned surface vehicles architecture[D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2011.
- [8] 邓启波. 多无人机协同任务规划技术研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2014.
Deng Qibo. Cooperative task planning of multiple unmanned aerial vehicles[D]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2014.
- [9] 陈侠, 乔艳芝. 无人机任务分配综述[J]. 沈阳航空航天大学学报, 2016, 33(6): 1-7.
Chen Xia, Qiao Yanzhi. Summary of unmanned aerial vehicle task allocation[J]. Journal of Shenyang Aerospace University, 2016, 33(6): 1-7.
- [10] Yan R J, Pang S, Sun H B, et al. Development and missions of unmanned surface vehicle[J]. Journal of Marine Science and Application, 2010, 9(4): 451-457.

Application of unmanned surface vehicle in electronic warfare

LIU Xin, YANG Ge, GUO Richeng

Systems Engineering Researching Institute, China State Shipbuilding Corporation Limited, Beijing 100094, China

Abstract In view of the development of unmanned equipment and the needs of Chinese national defence, it is a good idea to use the unmanned surface vehicle (USV) in the electronic warfare (EW). This paper reviews the definition of the USV and the development of foreign USVs, and analyzes the characteristics of the current USV design in 4 aspects, including the platform performance, the hull structure, the interface design and the software design, as well as the functions and the classification of the ship-borne EW equipment. A set of USV EW task execution process, and 6 kinds of USV EW typical application scenarios are designed, to provide an outlook of the USV technology development direction in the EW area.

Keywords electronic warfare; unmanned surface vehicle; task execution process; typical application scenario ●



(责任编辑 刘志远)