

【引用格式】张家奎, 李晓东, 周河宇, 等. 俄乌冲突中无人艇作战运用的分析研究[J]. 数字海洋与水下攻防, 2024, 7(6): 616-622.

俄乌冲突中无人艇作战运用的分析研究

张家奎^{1,2}, 李晓东^{1,2}, 周河宇^{1,2}, 吴小涛^{1,2}

(1. 中国船舶集团有限公司第七一〇研究所, 湖北 宜昌 443003;
2. 清江创新中心, 湖北 武汉 430076)

摘要 俄乌冲突中, 无人艇作战的成功应用, 展现了无人艇在未来海上作战的巨大潜力与军事价值。基于俄乌冲突中无人艇作战的重点案例, 详细分析了案例中无人艇的基本特性、突袭作战、协同作战等方面要素; 从作战和制造 2 个角度, 剖析了无人艇的应用特点; 针对无人艇不同作战阶段特点, 提出了无人艇反制策略; 最后给出了我军发展无人艇及反无人艇作战能力方面的建议, 可为我军作战能力建设提供重要借鉴。

关键词 俄乌冲突; 无人艇; 作战应用; 无人艇反制策略

中图分类号 E118 文献标识码 A 文章编号 2096-5753(2024)06-0616-07

DOI 10.19838/j.issn.2096-5753.2024.06.006

Analysis and Research on Operational Application of Unmanned Surface Vehicles in Russia-Ukraine Conflict

ZHANG Jiakui^{1,2}, LI Xiaodong^{1,2}, ZHOU Heyu^{1,2}, WU Xiaotao^{1,2}

(1. No. 710 R&D Institute, CSSC, Yichang 443003, China;
2. Qingjiang Innovation Center, Wuhan 430076, China)

Abstract In the Russia-Ukraine conflict, the successful application of unmanned surface vehicles (USVs) shows the great potential and military value of USVs in the future maritime operations. Based on the key cases of USVs in the Russia-Ukraine conflict, the basic characteristics, surprise operations, cooperative operations and other elements of the USVs in the cases are analyzed in detail in this paper. The application characteristics of USVs are analyzed from the perspectives of combat and manufacturing. Counter-USV strategies are proposed based on the characteristics of different combat stages of USVs. Finally, some suggestions on development of USVs and counter-USV combat capabilities in our military are put forward, which can provide important reference for the construction of our military combat capabilities.

Key words Russia-Ukraine conflict; USV; operational application; counter-USV strategy

0 引言

2022年2月24日, 俄罗斯对乌克兰发起“特别军事行动”, 该军事行动持续至今仍未结束^[1]。

在这场旷日持久的现代化军事冲突中, 各种高新无人装备频繁登场, 并逐渐成为主要作战装备, 打破了以往以有人装备为主的作战模式。其中, 无人艇 (Unmanned Surface Vehicle, USV) 在海上突袭作

战的成功应用, 引起世界各国的关注^[2-4]。无人艇是一种二战时期便出现的水面平台, 不需要搭载作战人员, 具备一定自主航行和自主执行任务的能力^[5-7], 随着新型材料、通信、能源等技术的发展, 无人艇的作战能力大幅提升, 显现出越来越重大的军事应用价值, 在未来海上作战中, 无人艇作战必定是极其重要的作战样式。

目前, 国内外对无人艇的应用研究, 主要围绕无人艇装备本身开展, 分析总结无人艇的功能特点、任务分类^[8-9], 以及设计、制造、运行等关键技术^[10-17], 反无人艇方面, 主要是弹药作战效能的研究^[18-19]。整体上, 国内外对无人艇作战应用及反制策略的分析研究较少, 而在未来海上作战中, 应用或对抗无人艇作战时, 掌握无人艇的作战特点、无人艇的反制策略, 是我军取得作战胜利的基础。因此, 基于现有应用案例, 开展无人艇的作战应用及反制策略的分析研究, 对于推进我军无人艇装备/反无人艇装备的建设, 抢占装备发展的战略制高点, 打赢未来海上战争具有重要意义。

本文主要针对无人艇在俄乌冲突中的重点应用案例, 展开分析研究, 结合无人艇装备的基本功能特点, 分析了无人艇的作战和制造特点, 并提出了无人艇的反制策略, 为我军建设无人艇和反制无人艇提供重要借鉴。

1 无人艇在俄乌冲突中的作战应用

据统计, 俄乌冲突中, 乌克兰使用攻击型无人艇攻击俄罗斯的行动多达 19 次, 其中 9 次有战果, 5 次取得较大战果, 如击沉舰船、重伤桥梁等, 攻击成功率接近 50%, 攻击型无人艇难以有效反制, 整体作战使用效果良好。

1.1 无人艇作战重点案例

1) 乌克兰突袭俄塞瓦斯托波尔港。

2022 年 10 月 29 日, 乌军出动 9 架无人机和 7 艘无人艇对俄黑海舰队基地塞瓦斯托波尔发动“自杀”式海空突袭。2022 年 9 月 21 日, 俄发现 1 艘 MAGURA V3 无人艇从黑海冲上克里米亚海岸, 该位置靠近俄罗斯位于塞瓦斯托波尔的海军基地。由此可推断, 此次袭俄塞瓦斯托波尔港的无人艇极有可能采用 MAGURA V3 无人艇 (图 1)。

行动时间: 凌晨;

打击对象: 俄黑海舰队基地;

作战方式: 攻击型无人艇与无人机协同;

行动效果: 俄罗斯称, 黑海舰队的“纳蒂亚”级扫雷舰 (266M 型)“伊万·戈卢贝茨”号在袭击中受到“轻微损坏”。



图 1 “MAGURA V3”无人艇
Fig. 1 MAGURA V3 USV

2) 乌克兰袭击俄克里米亚大桥。

2023 年 7 月 17 日, 乌克兰凌晨出动 2 艘 MAGURA V5 无人艇 (图 2) 袭击克里米亚大桥。

行动时间: 凌晨;

打击对象: 克里米亚大桥;

作战方式: 攻击型无人艇远距奔袭 (320 n mile);

行动效果: 一段桥面被炸毁 (图 3), 交通中断近 3 个月。



图 2 “MAGURA V5”无人艇
Fig. 2 MAGURA V5 USV

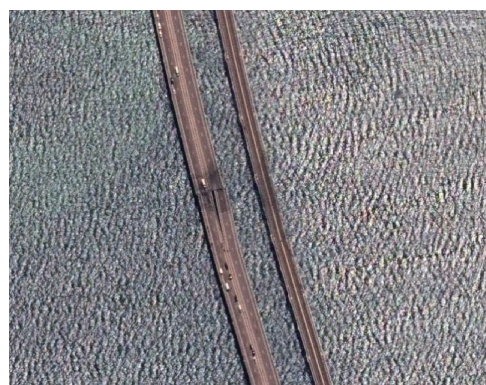


图 3 受损的克里米亚大桥
Fig. 3 Damaged Crimean Bridge

3) 乌克兰袭击“伊万诺维茨”号导弹艇。

2024 年 1 月 31 日夜间至 2 月 1 日凌晨, 乌克兰国防部情报总局第 13 特种部队, 出动多艘 MAGURA V5 无人艇袭击俄黑海舰队“伊万诺维茨”号导弹艇。该艇位于克里米亚最深湖泊多努兹拉夫湖的港口, 在多次被击中后最终沉没。

行动时间: 夜间至翌日凌晨;

打击对象: “伊万诺维茨”号导弹艇;

作战方式: 多艘无人艇集群+“星链”;

行动效果: 击沉“伊万诺维茨”号导弹艇。

“伊万诺维茨”号导弹艇建造于 1988 年, 长约 56 m, 满载排水量 549 t。装备有 4 枚 P270 型远程超音速反舰导弹, 以及 1 门 AK-176 型 76 mm 主炮和 2 门 AK-630 型 6 管 30 mm 速射炮。据称, 其价值约为 6 000~7 000 万美元

4) 乌克兰袭击俄 755 型登陆舰。

2024 年 2 月 14 日, 在克里米亚阿卢普卡附近海域, 乌克兰国防情报局第 13 特种部队, 出动多艘 MAGURA V5 无人艇对俄 755 型登陆舰“凯撒·库尼科夫”号的袭击。该舰最终左舷破洞并沉没。

打击对象: 755 型登陆舰“凯撒·库尼科夫”号;

作战方式: 多艘无人艇集群+“星链”;

行动效果: 击沉“凯撒·库尼科夫”号。

“凯撒·库尼科夫”号舰长 112.5 m, 舰舷宽 15 m, 吃水 3.7 m, 标准排水量 3 450 t, 满载排水量 4 080 t。装备 2 座双联装 57 mm 舰炮, 2 座 4 联装的防空导弹发射装置和固定式“冰雹”122 mm 多管火箭炮。

5) 乌克兰袭击俄塞瓦斯托波尔港。

2024 年 1 月, 乌克兰首次使用“海宝贝”(Sea Baby) 无人艇(图 4)发射 Schmel 火箭弹, 对俄塞瓦斯托波尔港附近的海上目标实施攻击。



图 4 “海宝贝”无人艇
Fig. 4 Sea Baby USV

行动时间: 凌晨;

打击对象: 港口附近的海上目标;

作战方式: 无人艇搭载火箭弹远程打击(交战发射了 14 枚弹药);

行动效果: 成功击中数个海上目标, 造成一系列舰船损伤。

6) 乌克兰袭击切尔诺莫尔斯克地区乌兹卡湾。

2024 年 5 月 6 日凌晨, 乌克兰主要情报局(HUR)特种部队在临时占领的克里米亚击中了 1 艘俄罗斯快艇。

行动时间: 凌晨;

打击对象: 港内停泊舰船;

作战方式: 无人艇“自杀式”袭击;

行动效果: 乌克兰制造的 MAGURA V5 无人艇成功袭击了港内停泊的 1 艘俄罗斯快艇。

1.2 无人艇作战案例分析

俄乌冲突中, 无人艇作战的案例主要是乌克兰发起, 而乌克兰目前一共有 3 代无人艇, 分别是: “MAGURA V3”(第 1 代)、“MAGURA V5”(第 2 代)、“海宝贝”(第 3 代)。其中“海宝贝”是一种多用途无人艇, 由乌克兰安全局自主开发。3 代无人艇主要战技指标如表 1 所示。

表 1 无人艇主要战技指标
Table 1 Main technical indicators of USVs

参数	MAGURA V3	MAGURA V5	“海宝贝”
尺寸/m	长 5.5	长 5.5; 宽 1.5;	长 6
重量/t	1	1	1.5
航速/kn	最大 43	最大 42; 巡航 22;	最大 48
航程/n mile	43	450	540
导航	卫星/惯导	GPS/惯导/目视	-
传感器	光学	红外/光电	光学/光电
通信	星链卫星通信	带有空中中继器的网状无线电或卫星通信	星链卫星通信
控制	地面遥控	自主/地面控制	远程控制
引信	撞击引信	-	撞击引信
有效载荷/kg	200	320	850
成本/万美元	25	27.3	21.2
其他	续航时间 60 h	水线以上高度 0.5 m	载荷可升级为 6×RPV-16 温压榴弹发射器

1) 基本特性。

从表1可以看出,无人艇具备卫星通信能力,可以通过空中链路进行远程控制,实现远距、高速、可靠的人在回路控制,实现可控远程作战。USV尺寸小、重量轻,吃水较浅,可以适应大多数水深环境。无人艇船体大都采用流线型设计,在海上航行阻力小、能耗低,因此,无人艇机动性较强、航程较远,可实现远程作战。

同时,无人艇尺寸小、外装涂料使得雷达反射面小,甚至能半潜航行,隐蔽性能较好,搭配其较强的机动性,具有较强的水面突防能力,适用于远程控制的奔袭作战。

2) 突袭作战。

在上述对俄的袭击作战案例中,行动时间均是在夜晚及凌晨,结合无人艇尺寸小、浅色外装的特点,能更加隐蔽地抵近目标区域,抵近后高速机动发动冲击,进行水面突防,同时寻找高价值目标进行袭击。乌克兰3代无人艇均是自杀式无人艇,携带炸药近距离爆炸,以低成本无人艇毁伤高价值目标,属于是以小换大,实现较好的敌我交换比。同时,“海宝贝”可升级载荷为温压榴弹发射器,发射火箭弹实施远程打击,进一步降低战损,提高敌我交换比。

另外,无人艇具备一定的自主控制能力,但智能化程度还不足以完全独立完成突袭作战任务,因此在上述案例中,无人艇均是依靠人在回路进行远程遥控实现的袭击,由于人在回路的介入,导致无人艇的突防航线和袭击目标更加难以预测,这在一定程度上,提高了无人艇的作战效能。

3) 协同作战。

无人艇作为水面平台,技术上可以实现超视距通信、跨域通信,可组建多数量、多种类装备的集群协同作战。无人艇通过空中链路进行通信,可以与无人艇组成集群,实现集群协同作战。同时,无人艇通过空中的通信网络,与无人机组成集群,实现多类装备的集群协同作战。同时,无人艇具备较强的载荷能力,可以通过携带无人机进行水面突防,突破防线后再艇机分离实现海空协同作战。

目前无人艇的集群协同依靠简单的自动控制和在回路控制实现,容易受到电子干扰,如果要

进一步发挥无人艇的集群协同作战能力,需要无人艇装备的自主智能控制来完成集群协同作战。随着AI技术的发展,无人艇实现自主智能控制将愈发可行,智能化建设也是无人艇未来非常重要的一个发展方向。

4) 存在不足。

在俄乌冲突中,无人艇的使用还存在一些不足之处。装备技术方面:无人艇智能化程度不足,不具备自主实施作战行动能力,在信号干扰时无法自主决策、自主攻击。远程通信技术可靠性不高,容易受到电子干扰,目前无人艇的应用主要由人操纵,对通信链路可靠性较为依赖,面对复杂环境下的远程操作、精确打击和长时间持续作战需求,经常出现性能不稳定或达不到预期效果的情况。隐蔽与续航技术互斥,为了保证隐蔽性,无人艇尺寸较小,导致续航无法满足远洋作战,一定程度上限制了无人艇的应用场景。

作战应用方面:作战样式单一,目前俄乌冲突中,由于各种因素的影响,无人艇的应用更多的是偏向于作为自杀式水面机动炸弹使用,作战样式较为单一,可尝试无人艇执行特殊任务,实施心理战或信息对抗战。作战体系亟待完善,无人艇不仅具备较强的单装作战潜力,也具备极强的协同作战潜力,目前,无人艇尚未形成完备的有人/无人、无人集群作战体系,影响了其整体作战效能。作战场景有待扩展,无人艇水面航行速度快,具备较强的水面突防能力,但目前仅限于攻击海面停泊的舰艇,有待扩展作战场景,充分发挥其非对称作战潜力。

2 无人艇的应用特点

无人艇的应用特点主要从收益和成本2个方面分析,收益主要体现在无人艇的作战特点,其作战应用的作战能力、体系协同、作战效能,决定了能否实现克敌制胜、达到预期目标;成本主要体现在无人艇的制造特点,制造的难易、材料成本、时间周期等,决定了是否能够大批量、可消耗的使用。

2.1 无人艇的作战特点

无人艇具有低成本、长续航、高航速、高隐身、高装载、易通信等突出特点,可应用于远程奔袭打击、体系协同作战、自主智能作战,作战效果好,作战样式多,作战能力强,具有非对称、体系化、

智能化作战特征。

1) 非对称作战, 作战效能好。

无人艇续航长、隐身强、航速高, 具有较强的水面突防能力, 在恶劣天气或者夜晚, 可远程航行, 有效突破防区, 快速抵近敌方目标实施远程袭击作战。由于其尺寸小、隐身强、航速高, 现有手段难以反制其袭击作战。同时, 无人艇具有对空、对潜的通信能力, 可以与无人机、无人潜航器等实施协同作战, 充分发挥装备各自的优势, 对敌方实施多领域、多波次、多目标的有效打击。因此, 无人艇袭击成功率高, 能对敌方高价值目标实施有效毁伤, 作战效能好, 以低成本无人艇兑子高价值目标, 作战性价比高。

2) 体系化作战, 作战样式多。

无人艇易通信、可跨域通信, 具有较强的通联能力, 可以通过对空、对潜通信, 融入陆、海、空、天、潜等大体系, 与体系内其他平台装备协同, 实现体系化作战。无人艇融入大体系, 在获得大体系资源支撑的同时, 将极大丰富无人艇、大体系的作战样式。无人艇搭载人在回路控制系统, 可实现远程控制作战; 无人艇协同导弹系统, 可实现无人艇消耗敌防御兵力、导弹有效毁伤敌目标; 无人艇协同无人机, 可以发动海空联合突袭; 无人艇协同无人潜航器, 无人艇可以为无人潜航器提供控制及目指信息, 无人潜航器将带来更强的隐蔽性和突击能力, 可以实现海潜突袭; 无人艇集群协同作战, 可实现“鲨群”战术, 高效制敌。

3) 智能化作战, 作战能力强。

无人艇可自主航行、自主遂行作战任务, 具有一定的自主作战能力, 随着 AI 技术的发展和国家装备智能化战略的实施, 无人艇可实现智能化作战。无人艇基于先进算法构建自适应杀伤网、指挥网、保障网, 形成弹性、敏捷、自组织海上自主作战体系, 加速决策进程, 加快“观察-定位-行动-决策”周期, 提高无人艇海上作战能力。无人艇智能化作战将深度变革海上无人作战力量运用模式, 助推无人作战概念迭代更新, 加速无人作战形态演化, 成为改变未来无人海战的新引擎。

2.2 无人艇的制造特点

无人艇最早起源于二战, 已有 80 年的历史, 经历了多个阶段的发展和创, 如今, 无人艇技术门槛、制造成本、改装难度相对较低, 易于大批量制造和使

用, 用于“四两拨千斤”的颠覆性非对称作战。

1) 技术门槛低, 装备易研制。

无人艇是船体结构、动力、通信、控制等成熟技术的拓展应用和能力集成, 对新型技术或高端技术的依赖性不强。在攻击型无人艇应用场景中, 功能单一, 性能要求较低, 关键技术易攻关, 不存在卡脖子技术。所以, 无人艇研制技术门槛低, 容易被掌握, 世界上无论是强大国家, 还是民间组织, 均可以实现无人艇的制造和使用。

2) 制造成本低, 装备易量产。

无人艇尺寸小, 所需材料少。无人艇制造所需材料无特殊要求, 可采用有机复合材料, 也可以采用普通材料, 来源广泛、成本低, 所需设备功能简单、数量少, 耗费资源少。因此, 无人艇制造的供应链配套建立容易、生产成本低、生产周期短。同时, 无人艇制造技术门槛低, 在特殊时期, 即使民用等非专业单位也可以应急动员, 实现无人艇的大规模量产, 快速提升一国无人艇的生产制造能力, 为无人艇作战应用提供强有力的兵力保障。

3) 改装难度低, 装备易转化。

无人艇种类繁多、用途广泛, 大多应用于环境监测、海洋勘探、海上搜救、巡逻侦察、反潜、反水雷等领域。在不同应用场景下, 无人艇搭载不同功能载荷开展作业, 但在整体结构上较为相似, 可快速进行加改装, 实现功能的更替。攻击型无人艇属于消耗型兵力, 战前需要大量储备, 可将非军用无人艇或进购其他国家现有的无人艇, 快速加改装, 转换为攻击型无人艇投入战场使用。

综上, 无人艇作战应用属于典型的无人兵力作战应用。无人艇可低成本、大规模生产, 快速形成作战能力, 作战中可大量消耗、无人员伤亡、作战样式丰富、体系协同能力强, 实现非对称作战, 作战应用收益高。

3 无人艇的反制策略

关于无人艇的反制策略方面, 国内外研究和实际应用案例均较少, 目前应对无人艇袭击, 大多是临场实施火力打击, 但由于无人艇目标小、机动性较强, 火力打击效果欠佳。

3.1 无人艇反制分析

针对乌克兰多次无人艇袭击行动, 俄罗斯采取

了相应反制对策:俄黑海舰队在塞瓦斯托波尔港口布置了多层拦阻网,阻止自杀式无人艇靠近,在后续的乌军无人艇袭击事件中证明了该方法的有效性;2024年7月,俄罗斯海军研发的无人艇和水下无人装备主动防护系统问世,在无人装备接近时,系统远程引爆。另外,俄军事专家还提出了使用电子战系统干扰乌军无人艇的操控、提前预判袭击手段从而重点防御等反制措施,但目前仍然未形成系统性的无人艇反制策略。

根据俄乌案例可知,俄乌冲突中无人艇多是在回路遥控的自杀式作战,其作战行动可以分为预备出发、隐蔽航行、水面突防、遥控袭击等阶段,在预备出发、隐蔽航行阶段,无人艇离我控区域较远,反无人艇主要以预警探测、获取其作战行动信息为主;在水面突防、遥控袭击阶段,无人艇需要进行实时无线通信,并在水面上高速机动,可以通过阻隔防御、电子干扰、快速打击等手段来限制或消除其作战能力,实现反无人艇。

因此,在无人艇作战行动的各个阶段,根据其不同行动特性进行针对性反制,可形成系统性的无人艇反制策略。

3.2 无人艇反制手段

根据无人艇反制分析,从无人艇预备出发、隐蔽航行、水面突防、遥控袭击等4个阶段,采取预警探测、阻隔防御、电子干扰、快速打击进行反制。

1) 预警探测。

先发制人,通过情报或前出探测,提前判明敌无人艇袭击行动,针对性防御反制。无人艇尺寸小(俄乌战中无人艇船身3~5 m)、机动性较强(可达40 kn航速),具有较好的水面突防能力,要主动反制敌方来袭无人艇,需要提前获取敌方无人艇行动信息,为处置敌方无人艇预留一定时间窗口。预警分为情报预警和感知预警,情报预警是通过情报分析,提前判明可能的袭击行动,合理分配和使用防御力量,针对性设计反制作战;感知预警是通过侦察兵力进行广域的巡逻探测,远距离提前感知敌方无人艇,发现目标信息后,实施跟踪识别,判明敌方袭击行动,合理设计防线及针对性反制方案。在港口要地,可以采用地海雷达实施广域的预警探测;在海上航行,可以通过舰船上空中兵力实施广域的预警探测。

2) 阻隔防御。

以静制动,通过在外围构建静态防御带,阻隔或毁伤敌方来袭无人艇。无人艇尺寸小、隐蔽性能较好(雷达反射面小,甚至能半潜航行),对其进行广域探测难度较大。在没有广域探测能力的支撑时,要实现对敌方来袭无人艇的防御,可以在保护目标的外围设置静态防御带,守株待兔,被动反制敌方来袭无人艇。在港口要地、海上固定设施周围,设置栅栏、挂网等阻隔设施进行常态化防御;在海上执行任务暂泊海面的舰船,可在舰船外围散布带炸药的角反射器,对自主袭击的无人艇进行诱骗毁伤。

3) 电子干扰。

领域封锁,在我控领域,对敌无人艇实施电子干扰,封锁其行动能力。无人艇尚未实现自主智能,在目前的作战应用中,无人艇需要有相应一定的后方资源支撑,如卫星或者空中无人机、人在回路控制系统等。因此,在敌方无人艇入侵我控领域后,可以通过电子干扰手段,对无人艇实施干扰,有效阻塞或切断无人艇与其后方资源的联系,让敌方无人艇失去控制,削弱或摧毁其突防能力,然后再对其实施处置,实现以逸待劳。

4) 快速打击。

以快打慢,通过所见即打的超高速武器、具有制导能力的打击武器对敌无人艇实施有效打击。无人艇尺寸小(俄乌战中无人艇船身5 m左右)、机动性较强(可达40 kn航速),0.25 s后整艇即可离开原坐标位置,一般的舰炮、机枪火力难以击中,需要所见即打的超高速武器,或者具有制导能力的打击武器才能实施有效毁伤打击。同时,无人艇是低成本装备,采用反舰反潜武器装备实施毁伤打击效费比低,需要构建低成本、高效打击手段。高能激光武器、高能微波武器可以实现所见即打,而无人艇外壳多为非金属有机材料,高能激光武器、高能微波武器可以对其实现有效毁伤;航空深弹具有一定自导能力,成本低,可以通过快速部署航空深弹+临时性飘雷,对敌方无人艇实施封锁歼灭;无人机成本低、移动速度快,可以携带炸药等打击载荷,对敌方无人艇进行追踪打击。

综上,无人艇的反制策略主要有预警探测、阻隔防御、电子干扰、快速打击等手段,整体思路为

“以静制动，先发制人，领域封锁，以快打慢”。其中，阻隔防御适用于保护静态目标，预警探测、电子干扰、毁伤打击适用于保护动态目标。但我国海岸线较长，阻隔防御资源耗费不一定小。因此，需要重点发展低成本、高效反制手段，对各种手段进行合理的组合设计，实现有效、可靠的反制。

4 结束语

根据无人艇的作战特点、制造特点和实战应用情况，可以看出在应用方面：无人艇好用难防，突袭攻击效能高，非对称制胜突出；在制造方面：无人艇价低易造，按需加改装快捷，易于大规模使用。因此，无人艇将成为未来海上作战的重要力量，尤其是弱方对抗强方，实现非对称颠覆性制胜作战。

建议着力发展反无人艇体系装备作战能力，同步提升攻击型无人艇抗敌方反制能力：

1) 反无人艇体系装备作战能力。

依托沿海重要城市港口、海上岛礁基地和石油钻井平台等大型设施，建设常态化反无人艇探测预警系统，实现重要海域对无人艇的常态化监视；在重要军事基地、重要民用港口建设反无人艇防御拦截系统，实现对无人艇的远程阻隔；开展舰载制式反水面无人技术装备研究，加快反无人艇软硬杀伤能力建设，软杀伤方面加大电子干扰压制对抗能力发展，硬杀伤方面加大超高速、可制导的打击能力发展，实现对无人艇的有效毁伤打击。

2) 攻击型无人艇抗敌方反制能力。

在抗拦截方面，重点提升攻击型无人艇的障碍穿越、多域协同作战能力；在抗干扰方面，重点提升攻击型无人艇的电子对抗、智能化自主决策能力；在抗打击方面，重点提升攻击型无人艇的高隐身、集群协同、诱骗防护能力。

参考文献

- [1] 俄乌冲突中无人机技术作战使用研究[J]. 科技与创新, 2023 (9): 138-140, 143.
- [2] CLAUDE V. Market survey of unmanned surface vehicles and unmanned aerial vehicles for maritime applications[R]. Ottawa: Defence R&D Canada, 2013.
- [3] 金霄, 郑开原, 王得朝, 等. 国外军用无人水面艇发展综述[J]. 中国造船, 2020, 61 (增1): 221-227.
- [4] 吴克钊, 田达, 宋海伟, 等. 国外无人艇技术发展及

电磁作战应用研究[J]. 中国造船, 2020, 61 (增1): 204-210.

- [5] 李楠, 陈练, 庞衍鹏, 等. 无人艇装备技术发展与应用战运用探析[J]. 舰船科学技术, 2019, 41(12): 29-34.
- [6] 郑华荣, 魏艳, 瞿逢重, 等. 水面无人艇研究现状[J]. 中国造船, 2020, 61 (增1): 228-240.
- [7] 唐杭斌. 水面无人艇研究现状与发展趋势[J]. 船舶物资与市场, 2020 (3): 13-14.
- [8] 常书平, 邵立福, 周自文, 等. 无人艇在边海防作战保障中的应用研究[J]. 船舶工程, 2020 (增1): 5.
- [9] 苏金涛. 土耳其武装无人艇发展[J]. 无人系统技术, 2024 (3): 83-92.
- [10] 黄钦龙, 刘忠, 童继进, 等. 无人艇自主式枪站系统的构建与作战应用研究[J]. 火力与指挥控制, 2020, 45 (11): 49-53, 59.
- [11] WANG J, LIU J Y, YI H. Formation control of unmanned surface vehicles with vision sensor constraints[C]// OCEANS 2015-MTS/IEEE Washington. Washington, D.C.: IEEE, 2017.
- [12] XU B, XIAO Y P, GAO W, et al. Dual-model reverse CKF algorithm in cooperative navigation for USV[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2014, 2014: 1-17.
- [13] KIRSCH P, TREMPER D, CORTESI R. Three-dimensional visualization and control of electronic warfare (EW) payloads[EB/OL]. [2008-04-03]. <https://www.semanticscholar.org/paper/Three-dimensional-visualization-and-control-of-EW-Kirsch-Tremper/a2c59843420f5ed4bf1db3b95a35044be85810c3>.
- [14] SONNENBURG C R. Modeling, identification, and control of an unmanned surface vehicle[EB/OL]. [2013-01-16]. <https://vtechworks.lib.vt.edu/server/api/core/bitstreams/f4264098-6cf7-431a-b959-e88595d827dd/content>.
- [15] 金克帆, 王鸿东, 易宏, 等. 海上无人装备关键技术与智能演进展望[J]. 中国舰船研究, 2018, 13 (6): 1-8.
- [16] 冀欣, 回志澎, 陈新刚, 等. 大型无人艇平台无线局域网物联技术应用需求分析[J]. 中国造船, 2020, 61 (增1): 250-256.
- [17] 张丰. 无人艇群自主协同技术研究[C]//第六届中国指挥控制大会论文集(上册). 北京: 中国指挥与控制学会, 2018: 450-453.
- [18] 冯炜, 崔东华, 刘海晓, 等. 反无人艇群弹药战斗部参数对效能影响分析[J]. 兵工学报, 2022, 43(增2): 26-31.
- [19] 穆冠杰, 鲁赢. 海战场反无人艇集群作战能力需求及典型战法设计[C]//第十二届中国指挥控制大会论文集(上册). 北京: 中国指挥与控制学会, 2024: 601-608.

(责任编辑: 张曼莉)