国际无人船艇近期发展对长三角船舶工业发展的启示

黄河

（中国船舶科学研究中心上海分部，上海200011）

**摘要:**近年来，继无人飞行器之后，无人船艇正在引起世界各国船舶行业的广泛关注，根据相关调研预测全球无人船艇市场在未来几年内将保持高速增长。鉴于国际无人船艇产业高速发展的背景，本文介绍并提炼国际无人船艇近期发展历程，聚焦无人船艇本身的功能、能力本身，总结了若干典型的无人船艇的研制经验。最终结合长三角船舶工业的实际情况，尤其是“聚焦高端化、智能化、绿色化，加快船舶工业新质生产力培育”的会议主题和深切需求，从技术和政策等层面，提出了加强“产学研”合作、需求牵引和积极试验应用三方面的启示与建议，以期给长三角地区进一步发展无人/智能船艇产业提供指引，为加快培育发展新质生产力提供一定的启示。

**关键词:**无人船艇 长三角 船舶工业 发展启示

**1 引言**

近年来，无人系统引起了广泛的关注，当前无人系统，尤其是无人飞行器正在快速地应用到国防和商业市场领域。不过，自俄乌战争以来，俄乌在黑海进入无人艇对攻态势，各国都对无人船艇兴趣大增，开始对其进行了研制、试验与应用。

其中，尤以美国的无人船艇发展最迅速，各类型号最全，技术验证最为完善。美国认为俄罗斯、伊朗等国家已建立起强大的反介入/区域拒止(A2/AD)能力，其国家利益也将相应受到一定挑战。为突破这种能力，近几年美国在海、陆、空、天等各平台进行了多种武器装备发展尝试[1]。2022年4月，美国海军公布30年造舰计划[2]，7月时向国会提交新的“作战舰艇评估及需求”（BFSAR）机密报告，预计未来美军大型水面无人艇数量预计将在27~153艘之间。由于无人船艇具有很强的通用性，能够装备各类有效装备，使其能够适应各种任务要求，同时与载人船艇相比，能够极大降低人员风险，从而执行危险性更高的战场任务，在经过实战验证之后，国际主要造船国家均感受到无人船艇在国防和商业市场领域的巨大前景。

同时，根据Research and Markets网站的预测[3]，全球无人船艇市场在未来几年内将保持高速增长，预计到2023年将达到8亿美元，预计到2028年将达到12亿美元，2023年至2028年的复合年增长率为10.3%。该市场的扩大可归因于军事需求的不断增长作战支援、情报、监视和侦察（ISR）、水雷对抗等领域。此外，商业应用也出现激增，特别是在水文测量领域。同时，据统计，中国无人水面艇行业市场规模从2014年的1152万元增长至2023年的数十亿元，年均复合增长率显著。特别是民用无人船艇市场规模，预计在未来几年内将保持高速增长，年均复合增长率约为113.7%。

鉴于目前的背景，无人船艇或将是未来船舶工业增长点之一，而当前无人船艇的发展的前沿在于军用领域。据海关统计，今年前7个月，长三角地区船舶出口1114.1亿元，同比增长79%，占全国的64.1%。一直以来，长三角地区是中国船舶工业基地的代表之一，本次论坛的主题更是“聚焦高端化、智能化、绿色化，加快船舶工业新质生产力培育”，因此，借鉴与提炼国际无人船艇近期发展历程，能够给长三角地区进一步发展无人/智能船艇产业提供指引，为加快培育发展新质生产力提供一定的启示。

本研究旨在通过分析当前国际无人船艇近期发展的趋势，分析无人船艇的需求增长方向，从技术和政策等层面提出发展现状带给我们的启示。

**2 国际无人船艇装备近期发展情况**

2.1 美国海军无人船艇装备

多年来，美国海军一直在研发和试验各种类型的无人船艇。2021年3月6日，美国海军发布了《无人作战框架》，推进美国海军和海军陆战队无人系统的研发和采购工作，并将这些系统融入海上作战行动中，美国海军希望采购大型无人水面舰、中型无人水面艇和超大型无人潜航器，这些大型无人平台可用于执行某些原来由有人船艇和潜艇执行的任务，并参与分布式作战，提升其舰队结构的分布式水平。2022年1月，《水面战：竞争利刃》[4]发布，文中指出未来10年将研制或改装10种新型无人船艇，这些无人船艇将基本覆盖海军的无人作战需求。美军的水面无人装备发展思路和模式主要为“岸上试验”与“海上原型平台验证”相结合的方式。其平台与子系统的研发遵循系统工程框架，按6个关键赋能领域（可靠平台、船机电系统、自动化通信系统、集成化作战系统、通用控制系统、感知系统以及配套任务载荷）并行推进[5]。

主要的船型、尺度和功能总结如下：

表1 美国海军无人船艇主要的船型、尺度和功能

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 计划/主要代表船艇名称 | 船艇吨位（T） | 执行主要任务 |
| 1 | ACTUV/海上猎手 | 140 | 反潜 |
| 2 | MUSV/Defiant | 200 | 情报，监视和侦察，以及电子战，或打击任务。 |
| 3 | LUSV/先锋 | 1000-2000 | 后勤运输或打击任务 |
| 4 | 无人后勤舰原型/阿巴拉契科拉 | 1515 | 后勤运输 |

2.1.1 反潜持续跟踪无人艇（ACTUV）

2010年由DARPA牵头的反潜持续跟踪无人艇即ACUTV，是无人船艇的最早探索之一。在提出了原型艇模型之后，由Leidos进行了先期试验，确保ACTUV的自主航行能力可以符合国际海上避碰规范（COLREGS）。Leidos采用了小型的水面艇作为试验艇模拟ACTUV，在2014年11月与2015年1月分别进行了两次海上航行测试，搭载自主航行控制系统，其中后者预先输入航行系统的数据只有周遭水道的电子海图，最终试验艇回避了所有障碍物、浮标、沿岸地形、浅滩以及路上遇到的各种船只，过程中完全没有使用到其他备用措施如预先输入的航行转折点，或者其任何形式的人工干预。

2016年3月，ACTUV首艇“海上猎手”号在俄勒冈州波特兰的建造现场下水，该艇采用三体船结构，长约40m，全宽（含两侧浮力艇体）12.19m，中央船体宽3.35m，满载重约140t，最大速度50km/h，最大续航力超过10000n mile。随后海军研究办公室对该艇进行了将近2年的测试。2019年2月，“海上猎手”号成功地从美国西岸圣地亚哥自动航行到夏威夷并返航，整个航行过程完全没有人员操控的介入。



图1 “海上猎手”号

2021年，ACTUV改进型艇“海鹰”号下水，采用三体船结构，满载排水量145t，燃油量约64m³，是借鉴了“海上猎手”号300多条经验教训改进而来。

根据搭载的声纳设备，该艇主要用于执行反潜任务。

2.1.2 中型无人水面艇（MUSV）

MUSV项目于2019财年开始。2019年7月16日，美海军发布了开发MUSV的建议书（RFP），并授予2020财年第一季度的单个MUSV原型机的合同，并准备在2023财年授予第二个MUSV的合同。

MUSV被设想成一种低成本，高耐久性，可重构的无人船艇，可以容纳各种有效载荷，前期主要专注于情报，监视和侦察（ISR）载荷和电子战（EW）系统，MUSV构想的基本参数如表2所示。

表2 MUSV基本参数

|  |  |
| --- | --- |
| 船体 | 双体船/三体船 |
| 全长 | 40-110m/13-29m |
| 满载吃水 | 1.5-4m |
| 满载 | 260-2500t |
| 速度 | > 35kn |
| 在16kn速度下航程 | > 10，000n mile |
| 续航力 | > 90天自主运行 |

2022年，Serco公司获得了一份总价值6850万美元的合同，作为总承包商建造、测试和演示其MUSV方案。2024年4月，Serco展示了Defiant号的原型模型，根据DARPA的数据，该艇吨位约210吨。该艇配备了一个集装箱，可用于无人机的集装箱发射器、电子战和情报收集系统、通信套件、拖曳式声纳等，同时甲板上可能配备“适应性甲板发射系统”(ADL)，用于发射火箭或导弹，并提出采用分布式混合动力发电、吊舱式推进器和高容量电池保证续航。

2.1.3 大型无人水面船（LUSV）

2017年9月，大型无人水面船项目的先期验证项目“霸主”计划启动。“霸主”项目由美国海军无人和小型战斗人员计划办公室（PEO USC）管理，并由美国海军无人海事系统办公室（PMS 406）执行。美海军“霸主”计划的第一阶段涉及将两艘现有的商业快速补给船改装为水面无人船，用于生产“游骑兵”号（代号1号）和“游牧民”号（代号2号）。相对的，“水手”号（代号4号）和“先锋”号（代号3号）是该计划第二阶段，其中“先锋”号的设计建造被认为是LUSV项目启动的标志。

第一阶段的两艘无人船选择的是改装商用快速补给船，改造的重点为动力电力系统，并配备无人航行系统，其中“游骑兵”船长59m，“游牧民”号船长62m，均小于LUSV的目标尺寸。这两艘无人船完成了一系列的长航程自主航行试验，其中最长的是2021年完成的墨西哥湾沿岸至圣地亚哥8188km的航行试验，航行过程中，98%的时间由自动化控制系统操纵。

第二阶段中，“水手”号与“游骑兵”尺度相同，也是由；装有三台柴油发电机，用于验证动力系统的耐用性与冗余度。而“先锋”号则完全是从头设计的新造船，船长62m，速度可达35-45kn，已于2023年12月13日在美国阿拉巴马州莫比尔的奥斯塔美国造船厂下水，“先锋”号被认为是未来大型无人水面艇（LUSV）项目的第一艘技术验证艇。



图2 “先锋”号下水

美军计划在“霸主”项目完成技术测试后，将开始正式采购名为“大型无人水面艇”(LUSV)的量产型号。这些LUSV的长度将在60至100m之间，排水量约1000至2000t，将配备MK41垂直发射系统和先进的电子战装备，以增强其作战能力。

2.1.4 无人后勤原型舰项目

“阿巴拉契科拉”号采用铝制双体船船型，舰长103m，舰宽28.5m，排水量1515t，吃水4.6m，装备4台德国MTU 8000柴油机，配备喷水推进装置，最高航速可达43kn，在3级海况下以35kn的平均速度航行时，续航力可达1200n mile。拥有模块化舱室甲板1900m2，可装载车辆、物资600t，或乘载312名全副武装的士兵，在无外界补给的情况下，可以保证312人4天或104人14天的生活。舰艉部有直升机起降甲板，除可起降CH-53K以及MH-60直升机外，还是第一款具备V-22倾转旋翼机起降能力和增强医疗支援能力的远征快速运输舰，必要时还可搭载无人机。

2022年9月，“阿巴拉契科拉”号完成了一系列“无人后勤原型舰”试验，从美国南部的阿拉巴马州莫比尔港出发，航行到东部佛罗里达州的迈阿密港，全程678n mile，在海上商业航道自主航行长达30天。

2.2 其他主要造船国家无人船艇装备

2.2.1 DriX USV

法国公司Exail推出新型跨洋无人艇DriX O-16。采用混合动力推进，且拥有冗余架构、先进的通信系统以及人工智能驱动的障碍物检测和规避功能，专为长期作业（长达30天）而设计，可以布放和回收如遥控拖曳车(ROTV)、遥控潜水器(ROV)以及水下机器人(AUV)。

DriX USV 于2017年下水，已在19多个国家积累了超过150000h的海上作业时间。2023年3月，DriX O-16在伦敦国际海洋学展上亮相，当年5月首次出海，展示了其跨洋航行能力。



图3 DriX 0-16跨洋无人艇

2.2.2 风帆无人艇（Surveyor USV）

2023年4月14日，奥斯塔公司发布一份公告，其澳大利亚分公司与Saildrone股份有限公司签订了一份独家合作协议，将在澳大利亚建造20m长的风帆无人艇。该艇专为深海测绘和水面上下的情报、监视和侦察（ISR）应用而设计。携带一系列复杂的声学仪器，用于浅水和深水海洋测绘，包括康斯伯格EM 304多波束回声测深仪，能够测绘水下7000m的海底；配备了两台最先进的声学多普勒海流剖面仪（ADCP），用于测量洋流并了解水柱中的情况；还配备了Simrad EK80回声测深仪，用于鱼类种群评估。

2022年8月至10月之间，该艇绘制了阿留申群岛周围16254 km2的未知海底地图，以及加利福尼亚海岸的29720 km2的海底地图，并发现了一座此前未知的海山，高约1000m。

2.2.3 “海鸥”无人艇

以色列埃尔比特系统公司2016年推出的“海鸥”平台，是小型且高度灵活的多功能USV，装备了模块化载荷，能支持反潜战（ASW）、反水雷战（MCM）、电子战（EW）、海上安全及海底勘测等任务，并配备了任务控制系统和数据链通信系统。“海鸥”USV最大速度超过30kn，续航时间可达到4天，在5级海况下已进行了任务演示。由母船控制1~2艘“海鸥”USV，也可选择由路基控制站进行控制。

2022年7月至8月间，英国埃尔比特系统公司在威尔顿工业展示和实验(WISEX)中，在苏格兰海岸“海鸥”USV实现了100%的水雷目标识别率。该演示目的在于实现英国皇家海军向具备自主反水雷雷能力的过渡，验证了“海鸥”USV及反水雷(MCM)工具箱子系统。

**3 启示与建议**

基于国际无人船艇近期发展情况，并结合长三角船舶工业的实际情况，提出几点策略如下。

3.1 加强“产学研”合作，形成关键技术带动辐射升级体系

从国际无人船艇的近期发展来看，许多关键技术都仰赖“产学研”框架下关键技术局部突破的成果带动广泛的辐射升级，典型的有海上自主架构下的自主航行算法、动力系统长时耐用性等。例如，基于美军2019年提出的无人海上自主架构，麻省理工学院的航空航天控制实验室开发并测试基于机器学习的控制规则，该规则适用于遇到不确定因素或突发事件时的自适应操作，并在2023年进行了测试，通过这项资源合作，可以快速应用自适应控制、机器学习和自主领域内的最新方法。同时，该架构规范了系统框架和接口协议，可以同时应用于大、中型无人船艇，支撑了各平台的互操作能力，能够显著缩短各类技术应用于装备的时间。我国船舶工业经过几十年的努力，已经取得了举世瞩目的成就，长三角地区是我国船舶工业“产学研”资源集中的地区，有研究[6]通过博弈模型演化表明，通过创新资源的整合与产业推动，能够加强资源转化的能力。综上所述，为无人船艇制定一定的技术体系或强制性要求，并管理与优化长三角地区船舶方向的“产学研”资源调配方式，形成一定的共享机制，能够有效推动长三角地区无人/智能船艇产业进一步发展。

3.2 以需求为牵引，以达成功能与能力牵引无人船艇制造发展

综合各国无人船艇发展历程，无不是围绕水文调查、后勤运输、反潜、情报、监视和侦察（ISR）、水雷对抗等方向，强调以功能与能力建设为重点，主要关注装备形成之后要达成的功能。我们看到无论是改装还是新造，对待无人船艇这一热点领域，快速形成功能与能力一直都是重点。另一方面，中国船舶工业的高质量发展在新时代下需要动能转换，需求带来的压力和牵引驱动动力机制中最重要的要素之一。当前，在大力发展无人/智能船艇产业的同时，需根据国防和商业市场领域的重大需求制定规划，完成新质产业的快速追赶。

3.3 积极试验应用，在探索中产生技术路径

观察国际无人船艇试验，尤其是通过观察美军各型无人船艇参与的综合性试验，不难看出其对装备试验的重视程度，以及试验对其技术路径的影响。当前，美军共有四个无人艇试验单位，隶属于第五舰队的第59特遣队（小型）和隶属于太平洋舰队的第一（大中型）、第二（小型）、第三（智能算法）无人水面舰艇部队，2021-2024年间进行了多次无人综合战斗问题演习、数字地平线演习等，综合验证了无人船艇自主航行、自主指控模式、舰队编队协同和有效载荷应用等方面的能力与功能。对于复杂产品，进行试验与技术应用是提升产品成熟度的重要方法，当前亟需构建平台，整合资源，加速无人船艇技术的试验和应用，提高创新能力，促进无人/智能船艇产业发展。

**参考文献**

1. 张耀,宋鹏超,李漫红,等.美国突破反介入/区域拒止能力的武器发展与尝试[J]. 飞航导弹,2019(8):10-14. DOI:10.16338/j.issn.1009-1319.20180471.
2. US Navy. Report to Congress on the Annual Long-Range Plan for Construction of Naval Vessels for Fiscal Year 2023[R]. 2023.
3. Research and Markets. Global Unmanned surface vehicles Market by Application (Defense, Commercial), Type (Autonomous Surface Vehicles, Semi-Autonomous Surface Vehicles), System, Cruising Speed, Hull Type, Endurance, Size and Region - Forecast to 2028[R]. 2024(1).
4. US Navy. Surface Warfare: The Competitive Edge[R]. 2022.
5. 孔维玮，冯伟强，诸葛文章，等.美军大中型水面无人艇发展现状及启示[J].指挥控制与仿真，2022，44(5):10.
6. 周文俊.我国造船业产学研创新资源共享模式与演化博弈研究[D].江苏科技大学. 2021.

作者简介： 黄河，男，生于1993年8月，工程师，主要从事船舶总体设计工作。邮箱：huanghe@702sh.com