

# 船舶智能航行技术发展展望

李亚斌<sup>1,2</sup>, 王玉<sup>3</sup>(1. 交通运输部水运科学研究院, 北京 100088; 2. 青岛航运发展研究院, 山东 青岛 266200;  
3. 西南林业大学, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 船舶智能航行是智能船舶的关键核心技术, 是表征船舶智能化水平的最重要参量, 包含船舶辅助驾驶、遥控驾驶、自动驾驶等。在梳理、分析欧盟、日本、韩国、俄罗斯及中国等国家、地区在商用船舶智能航行方面的研究开发、实验测试及应用实践等典型案例基础上, 总结、展望船舶智能航行技术的发展规律与趋势, 提出商船无人化短期内难以实现, 但智能航行技术可减少在船人员数量, 降低航行安全风险, 压缩船舶运营成本。

**关键词:** 智能船舶; 智能航行; 遥控驾驶; 自主航行; 海上水面自主船舶

**中图分类号:** U662.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006—7973 (2022) 06—0053—03

近年来, 智能船舶日益成为全球航运业关注的热点, 而船舶智能航行技术作为智能船舶的核心关键技术, 是船舶智能化程度的最重要表征, 也吸引航运发达国家投入大量人力、物力开展持续的研发。本文针对大型商船的智能航行技术研发、测试与应用等方面最新进展, 搜集全球相关领域的发展动态, 梳理、分析典型案例, 总结技术发展规律, 展望未来技术发展方向。

## 1 船舶智能航行的概念

“船舶智能航行”衍生于船舶智能化过程, 目前并未形成业界统一的准确定义。

2012年, 由 Fraunhofer CML 等 8 家机构合作的 (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks) 项目, 首次提出了“海上无人航行”概念<sup>[1]</sup>。

2017年 MSC 98 届会议正式使用了“海上水面自主船舶” (Maritime Autonomous Surface Ships, MASS) 一词, 此后丹麦在向国际海事组织递交的报告中将自主船舶定义为“通过自动化程序或系统提供决策支持, 取代部分或全部船员操控及驾驶船舶工作, 并能实现对船舶的远程遥控”<sup>[2]</sup>。

在 2018 年, 国际海事组织将 MASS 的自主等级分为 4 级, 分别为配备自动系统和辅助决策的船舶、有船员在船的远程遥控船舶、无船员在船的远程遥控船舶和完全自主船舶, 并强调一个航次可由“一个或多个自主等级<sup>[3]</sup>”完成。

2019年 12 月 3 日, 中国船级社发布《智能船舶规范》(2020), 提出智能航行的基本功能为航路与航速设计和优化, 以及有条件的自主航行。

2021 年 12 月, 中国航海学会发布了团体标准《船

舶智能航行系统等级划分与技术水平评定》, 明确提出“智能航行是由航行环境态势感知、船舶操纵算法和信息处理等技术装备或系统全部或部分代替人工实现船舶驾驶操作的航行状态, 包括辅助驾驶、遥控驾驶和自动驾驶三种主要形式<sup>[5]</sup>”。该定义遵循国际海事组织的 MASS 等级划定原则的基础上, 对智能航行系统的技术水平等级进行了进一步的细分, 并给出了基本的评定方法。

## 2 智能航行技术发展现状

### 2.1 欧盟国家

2017 年 5 月起, 康斯博格海事集团 (Kongsberg Gruppen) 和雅苒 (Yara) 集团联合建造世界上第一艘全电力推进零排放、自主航行的集装箱船“Yara Birkeland”号, 2021 年 11 月, 该船建成并进入两年的载人运行测试期, 计划之后开启无人自主航行。该船长 79.5 米, 宽 14.8 米, 最大航速 13 节, 120 TEU, 3200 载重吨, 8 个电池舱总容量达 6.8 MWh。该轮计划航行于挪威南部沿岸 12 海里以内水域, 往返于 37 海里内的三个港口, 替代 40000 辆燃油卡车。该轮除智能航行功能外, 还将联合自动跨运车和自动门式起重机, 实现货物自动装卸。运行初期, 当地船舶交通管理中心将联合船东开展该船舶运行与环境监测及紧急情况处理等<sup>[6]</sup>。

2017 年, 拖轮运营商 Svitser A/S 与罗尔斯-罗伊斯 (Rolls-Royce) 公司合作, 在 28 米长的 Svitser Hermod”号拖船开展了远程操控驾驶测试。船长在远程作业中心遥控船舶进行离泊、360° 旋转、航行后靠泊等。2021 年初, 双方与美国船级社合作, 共同研发

世界上第一艘满足当地海事相关标准，能够在岸远程遥控开展商业运营的拖轮<sup>[7]</sup>。

2018年12月，芬兰渡轮运营商 FinFerries 与罗尔斯·罗伊斯联合在帕尔加斯和瑙沃之间开展“FALCO”号汽车渡轮的自主航行测试<sup>[8]</sup>。该船长53.8米，配备两台全回转推进器。测试完成了全程无人工干预的自主航行，并实现自动靠离泊。回程船舶由船长在库尔图远控中心遥控驾驶。该船装配高精度感知系统，实时感知船舶周边环境并回传至远程控制中心，实时监控船舶运行，必要时切换人工遥控驾驶。

2018年4月，瓦锡兰科技集团在83米渡轮“Folgefonn”上进行成功完成自动靠离泊系统测试，该系统在离泊位约2000米处被激活，船舶随后逐步减速，并启动全自动船位控制和靠泊操作，直到完全停靠泊位。离泊出港时操作顺序相反。自动靠离泊过程中，随时可切换成手动干预或控制<sup>[9]</sup>。同年11月份，该船又通过预定义航线和航路控制点，实现了码头到码头的自主航行测试。在挪威海事局的见证下，全程不间断地自主航行，访问该船服务的三个港口。

2018年12月，基于现有船舶操控系统改造，配备了艾波比集团（ABB）的动力定位、环境态势感知和电力推进等系统的 Suomenlinna II 号冰级客渡轮，在无人状态下通过控制中心远程遥控驾驶，由码头起航，到达指定无船舶海域并返航，完成了遥控驾驶测试<sup>[10]</sup>。

## 2.2 日本

2019年7月，日本三井造船等单位，利用“Shioji Maru”号训练船在开阔水域构建的虚拟码头，完成了共54次自动靠离泊试验，获取了较为丰富的测试数据。

2020年2月日本财团发起，40余家日本企业参加的 MEGURI 2040 项目启动，旨在开展船舶智能航行技术研发与实践，力争到2040年50%的日本国内航线船舶实现无人驾驶。2022年1~3月开展了6型船舶的智能航行测试验证<sup>[11]</sup>，包括：

(1) 一艘小型旅游船在横须贺市周围海域航行1.7km，演示从出发到停靠的自主航行，包括自主避碰和自动靠离泊。该船依靠光学摄像机、GPS和AIS组成的感知系统感知环境信息，并自动连续控制车舵实现自主航行。

(2) 222米长、15500总吨的“Ro-Pax”号渡轮，从九州 Shinmoji 到 Iyonada 间240公里长的航线上开展了全自主航行测试，包括了约7个小时、最大速度为26节的航行测试，以及包含转向、倒车功能的自动靠

离泊。

(3) “Mikage”号集装箱船从福井县的敦贺至鸟取县的坂见门，完全自主航行了270公里，靠泊时还开展了无人机辅助带缆系泊作业测试。该船智能感知系统由AIS、导航雷达、可见光及红外相机等，以便夜间使用。

(4) 大型汽车渡轮“Sunflower Shiretoko”号从北海道的苫小牧到茨城县的大来，在大约18个小时内自主航行了750公里。该自主航行系统还支持自动靠离泊和陆基远程遥控航行等功能。

(5) 集装箱船“朱雀”号（95米，749总吨）应用自主航行系统，在东京湾和伊瑟湾之间完成了790公里的往返自主航行测试。该系统包括船端导航系统、岸基监视与遥控系统、船岸通信系统等组成。船队运行中心对其进行远程监控与应急操作。东京湾日均交通流量约500艘次，验证了繁忙水域船舶智能航行的可行性。

(6) 长11.83米的两栖船在群马县吾妻湖上自主航行约2公里。除激光雷达、可见光相机、GPS、光纤陀螺仪等感知、导航设备外，该船还配备了水下声呐，以满足不同水位的水下避障需求。

## 2.3 韩国

韩国海洋与渔业部和贸易工业与能源部2020年启动自主水面船研发项目（Korean Autonomous Surface Ship Project, KASS），计划用5年时间突破智能航行等船舶核心技术。

2020年10月，韩国三星重工基于38米长拖船“SAMSUNG T-8”号，对远程自主航行系统开展自主航行测试。该船装有雷达、AIS、GPS及360度全景影像系统，并通过LTE/5G移动通信技术，将船舶周边影像回传至陆上控制中心实施对船舶的监控。该船在无船员接入下航行至约10公里外的目的地后安全返航，途中自行躲避1公里半径内的他船及障碍物。

2021年9月，该自主船舶航行系统首次完成自主船舶对向航行避碰测试。9200吨级教学实习船“世界路”号和“SAMSUNG T-8”号，以14节的航速对遇航行，在最近会遇距离1海里避让通过，完成避碰过程。

## 2.4 俄罗斯

2019年3月起，俄罗斯 Sitronics KT 公司牵头，联合多个机构，开发了船舶智能航行系统和相关支持系统。在大量虚拟测试的基础上，2021年5月起智能航行系统安装于“Robochaya”号挖泥船、“Pola Anfisa”号杂货船、“Mikhail Ulyanov”号破冰油轮开展了海上自主航行试验测试。

值得关注的是，2020年12月，俄罗斯政府批准了悬挂该国国旗的船舶，在规定的水域、为期5年多时间，允许开展智能航行试验的法案<sup>[12]</sup>。此外，俄罗斯司法

部也在推进关于自主船舶运营的国家法案审议工作，该法案规定了自主、半自主船舶的运营规则，船员和岸基操控人员、船东的权责，还明确了“自主船舶可由专门的组织运营”。

## 2.5 中国

2019年，智慧航海（青岛）科技有限公司、珠海云州智能科技有限公司等，分别完成了“智腾”号、“筋斗云0”号小型智能航行实验测试船艇研发，开展了遥控驾驶、循迹航行、航线自主规划和自主避碰等实验验证。

2019年，国家重点研发计划项目“基于船岸协同的船舶智能航行与控制关键技术”启动，该项目重点研究通航环境动态重构、航线智能优化、船舶远程驾驶等关键技术，开发了船舶智能感知、远程驾驶、自主航行、网络安全风险实时监测等系统和平台；成果分别在长江干线、长湖申运河及青岛沿海开展了测试与应用示范，“智飞”号智能航行集装箱船就是该项目的成果应用示范船。该船总长约117米，宽17米，设计航速12节，排水量8000吨，316TEU，具有人工、远程遥控驾驶和无人自主航行等驾驶模式，可实现航行环境智能感知、航线自主规划、自主循迹航行、智能避碰、自动靠离泊和远程遥控驾驶等，并在同船实现直流化和智能化。

## 3 总结与展望

沿海航区的小型渡船和港作拖轮等船舶，由于操纵性能良好、建造成本较低，较为适合开展智能航行试验测试。由于法规及船岸通信保障等因素限制，大型船舶的长航时、长航程智能航行试验测试则相对滞后。船舶电气化是船舶智能航行的重要基础，不仅可支撑船舶智能航行技术集成融合，而且可提升船舶相关功能系统的冗余度和可靠性。智能船舶主要感知手段有：导航雷达、激光雷达、AIS、可见光与红外相机等设备。多种感知信息的快速、有效融合，进而获得正确的态势认知，对于智能航行十分关键，也是研发的难点；激光雷达由于探测距离相对较近等原因，目前在船舶避碰与航行中发挥的作用很有限。在中、日、韩等国的实践应充分证明，4G/5G移动通讯是近期船舶智能航行测试及应用的有效通讯手段。沿海5G/700M网络单站覆盖半径可达50公里，在船舶智能航行中可大有作为。

短期内商船无人化还难以实现，自主航行或遥控驾驶均要有人监督，在必要时能够人工操控。但船舶智能航行技术应用推广，可减轻船员工作强度，降低人为因素导致的航行风险，减少在船船员数量。航行值班可由岸基远程逐步替代，并通过“一人管多船”的模式产生

实际效益与“应用逻辑”。

参考文献：

[1]About MUNIN - Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks[EB/OL]. <http://www.unmanned-ship.org/munin/about/>.

[2]鲍薪宇,付耀方.自主船舶等级划分及配员监管初探[J].中国海事.2018(08).

[3]Maritime Safety Committee. Report of the Maritime Safety Committee on its ninety-eighth session[R].London:IMO, 2017.

[4]中国船级社.智能船舶规范2020[S].2020年3月生效.

[5]中国航海学会.船舶智能航行系统等级与技术水平评定T/CIN003—2021[S].2022年3月1日实施.

[6]Kongsberg Maritime.Yara To Start Operating The World' S First Fully Emission-Free Container Ship [EB/OL]. <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2021/first-fully-emission-free-container-ship/>.

[7]Kongsberg Maritime. Svitser, Kongsberg Maritime And Abs Join Forces To Develop The World' S First Commercial Tug To Be Fully Remotely Controlled[EB/OL]. <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2021/kongsberg-maritime-and-abs-join-forces/>.

[8][Falco världens första fullständigt autonoma färja](https://www.finferries.fi/sv/aktuellt/falco-varldens-forsta-fullstandigt-autonoma-farja.html)[EB/OL]<https://www.finferries.fi/sv/aktuellt/falco-varldens-forsta-fullstandigt-autonoma-farja.html>.

[9]Wärtsilä. World' s first Autodocking installation successfully tested by Wärtsilä[OB/EL]. <https://www.wartsila.com/marine/customer-segments/references/ferry/mf-folgefonn/26-04-2018-world-s-first-autodocking-installation-successfully-tested-by-wartsila-2169290>.

[10]Marinelink. ABB Enables Remotely Operated Ferry Trial[OB/EL]. <https://www.marinelink.com/news/abb-enables-remotely-operated-ferry-trial-460323>.

[11]The Nippon Foundation MEGURI2040 Fully Autonomous Ship Program[OB/EL].<https://www.nippon-foundation.or.jp/en/news/articles/20221>.

[12]GARANT Company.Resolution of the government of the Russian Federation of 5 December 2020 No. 2031[OB/EL]. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74916791>.

基金项目：智能船舶综合测试与验证研究 ([2018]473)