

船舶智能航行技术研发进展

张宝晨, 耿雄飞*, 李亚斌, 文捷, 于巧婵, 冯慧

交通运输部水运科学研究所, 北京 100088

摘要 船舶智能航行是航运业的重大革命。为厘清国内外船舶智能航行技术发展现状, 找准中国船舶智能航行的发展路径, 分析了欧洲、日本、韩国、俄罗斯等国家和地区近年来在船舶智能航行领域的重大技术进展和典型实践案例, 阐述了国际海事组织、国际水道测量组织、国际航标协会对于船舶智能航行的相关立法和规则。梳理了中国船舶智能航行在技术研究、装备开发、实船应用等领域的进程与案例, 并比对了国内外技术发展思路的差异, 总结了船舶智能航行发展的主要特点。分析了智能航行技术的发展趋势。

关键词 智能航行; 自主船舶; 导航系统

智能船舶作为智能航运的关键核心要素, 其发展受到了广泛关注。智能船舶包含智能航行和智能机舱等多项功能, 其中智能航行是智能船舶面向“外部”功能, 是依靠“智能技术”解决航行过程中船舶与外部环境的矛盾关系, 即船舶“运动”的控制; 而智能船体、智能机舱、智能能效管理、智能货物管理及集成平台等, 主要是面向“内部”的功能, 是船舶“内部运行”控制^[1]。船舶智能航行主要包括3种形态, 分别是自主航行、遥控驾驶和辅助航行。其中, 自主航行和遥控驾驶还细分为有人在船和无人船等多种情形。智能航行难度大、挑战大, 需要大量的资源投入和坚实的工业基础, 世界范围内智能航行技术的开发和应用虽然已经取得了不少令人瞩目的阶段性进展, 但是仍存在诸多挑战。

1 国外船舶智能航行技术发展情况

1.1 欧洲

欧洲早在2012年就启动了智能化及网络支持的海上无人导航系统项目 (Maritime Unmanned Navigation Through Intelligence in Networks, MUNIN)^[2], 经过10年来的持续努力, 通过多个船舶智能航行研发项目, 欧洲在沿海短途运输船舶、拖轮、渡轮以及内河船舶、船队的智能航行方面取得了明显进展^[3]。目前最具代表性的成果是2021年11月完成处女航的全球首艘全电动智能航行集装箱船 Yara Birkeland, 该轮长79.5 m、型宽14.8 m、型深12 m、满载吃水6 m、载箱量120 TEU^[4], 具有遥控驾驶和自主航行系统, 建有岸基遥控中心, 先

收稿日期: 2022-06-25; 修回日期: 2022-07-15

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFB1601501)

作者简介: 张宝晨, 教授级高工, 研究方向为航运智能与安全, 电子信箱: zbc@wti.ac.cn; 耿雄飞(通信作者), 教授级高工, 研究方向为智能航运, 电子信箱: gengxf@wti.ac.cn

引用格式: 张宝晨, 耿雄飞, 李亚斌, 等. 船舶智能航行技术研发进展[J]. 科技导报, 2022, 40(14): 51-56; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2022.14.005

期开展2年有人在船的智能航行后实现全自主航行。该轮由挪威化肥巨头YARA公司和全球知名的海事技术公司Kongsberg共同建造并由Massterly公司负责运营。目前该轮已经开始常态化航行,其2022年6月的航行轨迹如图1所示。

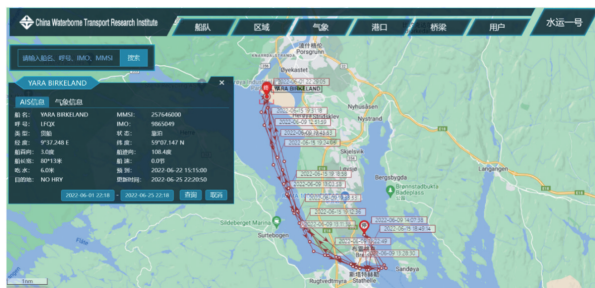


图1 Yara Birkeland智能集装箱船近期航行轨迹

此外,欧盟公布了推进自主航行船舶研发计划,宣称2025年实现自主航行商船全球营运^[5];英国发布了《海事2050战略》,将技术开发放在未来发展的核心位置^[6];荷兰发布的发展路线图预计:到2030年25%的内河货船将达到R2远程遥控无人船的水平,近海船将配备智能航行系统,为减少船员配备创造条件。

1.2 日本

日本由于在电子、通信、计算机以及航海、造船等领域具有良好研究基础,具有开发世界领先的船舶智能航行技术的有利条件,是较早进行智能船舶技术研究的国家。早在2014年,日本就开始了智能船舶应用平台项目(Smart Ship Application Platform, SSAP),建立了船舶设备数据的标准化方法,以提高船舶的智能化水平。依托该项目成果,日本主导制定了ISO 16425《船载设备和系统通信网络布设指南》、ISO 19847《用于现场数据共享的船舶数据服务器》和ISO 19848《船载机械设备的标准数据》三项国际标准^[7],具有较强影响力。2020年6月日本财团(The Nippon Foundation)正式启动了5类船舶智能航行项目的研发,并于2022年初完成实船验证,实现了船舶智能航行领域的多项技术突破,引起了全球广泛关注^[7]。其中,代表性的成果包括SUZAKU号集装箱船、Mikage号集装箱船、Sunflower号渡船等。SUZAKU号集装箱船的近期航行

轨迹如图2所示。

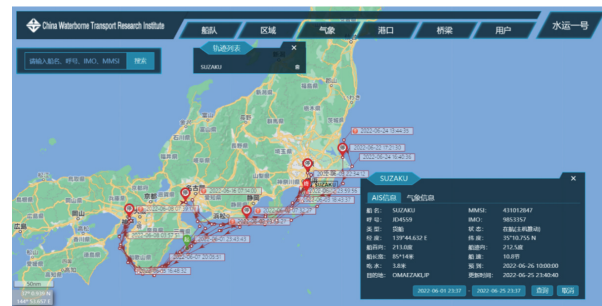


图2 SUZAKU号智能集装箱船近期航行轨迹

1.3 韩国

早在2010年,韩国就开始了智能船舶的研究。在现代重工的带领下,韩国电子通信研究院等机构开发了船域网(ship area network, SAN),提供统一接口,还支持船岸之间的数据交换^[8]。此后的10年间,韩国先后开展了包括宽带网络、能效管理、智能平台等在内的多个智能船舶项目,目前正在开展的主要研究项目是韩国海洋与渔业部、贸易工业与能源部支持的韩国自主航行船专项(Korea Autonomous Surface Ship, KASS),计划用5年时间(2020—2025年)突破智能航行、机械自动化、测试验证、规范标准等自主船舶核心技术^[2],实现近海和远洋有船员在船和无船员在船的遥控驾驶,取得海上水面自主船舶(MASS)的建造优势。此外,韩国超大型天然气运输船Prism Courage号2022年6月完成了首次远洋智能航行,其航行轨迹如图3所示。

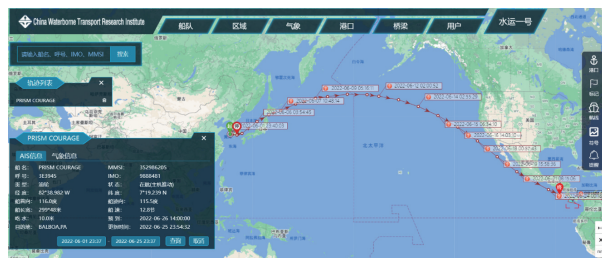


图3 Prism Courage号智能天然气运输船近期航行轨迹

1.4 俄罗斯

在俄罗斯联邦工业和贸易部、交通运输部的支持下,2019年3月起,俄罗斯Sitronics KT牵头,联

合俄罗斯航运公司 Sovkomflot、AME 研发公司、俄罗斯卫星通信公司等多个机构,开发了船舶智能航行系统和相关支持系统。

2020年12月5日,俄罗斯总理批准了在该国范围允许开展 MASS 试验的法令(有效期至2025年12月31日),所有航运公司可根据法律修正案进行 MASS 试验。在大量虚拟测试的基础上,2021年5月示范船 Robochaya 号挖泥船、Pola Anfisa 号杂货船、Mikhail Ulyanov 号破冰油轮等,开始智能航行系统海上自主航行试验测试^[2]。

俄罗斯目前正在审议关于智能航行的法案,规定自主、半自主船舶的船员(如果有任何船员)和岸基人员的要求,船长、船东的权责,以及运营水域和应该遵守的港口法规,明确智能航行船舶可由专门的组织运营管理。

1.5 国际组织

国际海事组织(IMO)自跨海事安全委员会(MSC)98次会议以来,完成了公约法规梳理,提出了 MASS 层级划分框架,制定了 MASS 临时测试导则。2022年4月,MSC 105次会议确定启动制定《MASS CODE》,拟重点关注货船,计划在2024年下半年以非强制性规则通过,2028年1月1日转为强制性规则^[9]。接下来的工作中,IMO将围绕是否修订 MASS 定义和自主分级,船长、船员或相关责任人的含义,远程控制中心(站),远程控制员认定为海员等问题展开讨论,并欢迎各国提出解决这些问题的建议,最终形成统一立场。国际海事组织将建立 MSC、法律委员会(LEG)、便利运输委员会(FAL)的联合工作组,促进 MASS 相关法规问题的协调解决^[10]。

国际水道测量组织(IHO)成立了 MASS 项目组,主要负责梳理 MASS 导航需求,分析 MASS 对现行海道测量标准和服务的影响。国际航标协会(IALA)已着手编制《IALA MASS 指南》,要求各国从通信、船舶交通管理系统(VTS)监管、岸基信息服务等角度提出方案与建议。

可以预见,国际组织的上述行动特别是《MASS CODE》的制订,将加速 MASS 合法化和推广应用,也将为未来的 MASS 治理提供国际立法基

础。这也将意味着《MASS CODE》必将由技术领先国家主导,对中国而言既是机遇更是重大挑战。

2 国内船舶智能航行技术发展情况

2.1 早期主要研究成果情况

中国的船舶智能航行技术研究起步较早。早期有标志性成果的事件,一是中国船级社发布的《智能船舶规范(2015)》^[11],将智能航行定义为“利用计算机技术、控制技术等对感知和获得的信息进行分析和处理,对船舶航路和航速进行设计和优化;可行时,借助岸基支持中心,船舶能在开阔水域、狭窄水道、复杂环境条件下自动避碰,实现自主航行^[10]”。二是2016年启动的“智能船舶1.0”专项,将辅助决策作为重要研究内容,通过应用智能技术来弥补船员在监控、经验、决策等方面的客观不足。三是2017年武汉理工大学启动船舶安全辅助驾驶系统项目,针对长江下游汽渡船航行及环境等特点,研发安全辅助驾驶系统,并于次年应用于南京长江板桥汽渡。此外,2017年交通运输部水运科学研究所开展无人化运输船发展模式及对水运业影响研究,预判了到本世纪中叶,智能航行船舶对水运行业的影响。

2.2 近期主要研究项目情况

近期,中国主要有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”。该项目经过3年努力,提出了船舶智能航行与控制协同理论的概念和基本原理,成果集成应用于沿海集装箱船“智飞号”和2艘内河船。“智飞号”船长约115 m,载箱量316 TEU,是目前世界上最大的智能航行集装箱船,已经实现航线自主规划、航行环境与态势感知认知、自主循迹、自主避碰、自动靠离泊和遥控驾驶等多项功能。2022年初,中国航海学会组织国内顶尖的船长和引航员,依据《船舶智能航行系统等级划分与技术水平评定》标准(T/CIN003—2021),对“智飞号”进行了现场的遥控驾驶和自动驾驶航行测试验证。目前,“智飞号”已经在山东沿海开展常态化航行,其航行轨迹如图4所示。2022年5月,全球首艘智能型无人系统母船

“珠海云号”正式下水,该船总长 88.5 m,设计排水量约 2000 t,配备了远程操控、自动巡航系统,具备远程遥控和开阔水域自主航行功能^[12]。



图4 “智飞号”智能集装箱船近期航行轨迹

此外,由交通运输部水运科学研究院、山东海事局、交通运输部北海航海保障中心、智慧航海(青岛)科技有限公司共同承担的交通强国建设试点项目“智能航运关键技术研发与实验”,主要包括船舶智能航行海上实验测试场建设和智能航行关键技术与装备研发,目前正在实施中。同时,交通运输部正在组织实施智能航运先导示范工程,旨在沿海大型散货船舶、沿海集装箱船舶、水陆协同交融融合船舶以及有代表性的内河船舶实现智能航运的试点应用。

目前,中国已积累了一批船舶智能航行技术研究与应用的案例,并形成了多支相关研究力量,包括以武汉理工大学、大连海事大学、哈尔滨工程大学、交通运输部水运科学研究院、中国船级社、交通运输部北海航海保障中心、中国船舶第七〇四研究所、智慧航海(青岛)科技有限公司等为代表的技术研发力量、以山东海事局等直属海事局为代表的海事监管研究力量,以大连海事大学为代表的法律研究力量。

3 国内外发展现状的比较

日本船舶智能航行技术研发最显著的特点是由日本财团出资组织并全方位推动,既着眼于造船及相关制造业的发展,也着眼于航运业本身再造。战略目标清晰、阶段任务明确,2022—2023年完成关键技术研发,2025年实现 MASS 商业化运行,

2040年国内航线海船 MASS 占比达到 40%。而且注重在 IMO、ISO 等国际组织全面布局,积极影响国际规则和标准的制订。

韩国的突出特点是以争取保持造船优势为目标,政府主导并提供强大的财政支持,行业全面参与,拟在 2025 年实现近海和远洋有船员在船和无船员在船的远程遥控驾驶商业化运行。

欧盟以保持海事技术优势为宗旨,把 MASS 作为重要的发展方向,注重发挥多个国家和多个世界性技术领先企业的优势,持续性立项支持,并促进合作和优势互补的生态打造;挪威创新性地按照无人船模式设计建造 Yara Birkeland 号,并批准使用威尔姆森公司的安全管理体系证书来运营管理该轮;荷兰以现有立法中的“特殊作业”条款为依据,允许沿海和内河水域开展 MASS 测试;芬兰以政府产业基金为手段,支持创新联盟开发 MASS。

俄罗斯的特点是联邦工业贸易部、交通运输部共同确定任务,虽然起步晚,但技术研发进度快,MASS 立法工作推进迅速。新加坡作为重要的世界港口枢纽,以打造 MASS Ready Ports 为目标,积极与全球重要技术开发公司合作,推动面向 MASS 的港口间标准化信息交互共享,研发适应于 MASS 的智能拖轮,并研究了港区内 MASS 试航导则与条件要求。

相对而言,中国智能航行技术发展存在不足之处:一是中国虽然已有战略与政策引导,但是具体目标和阶段任务不够清晰和具象化。二是中国虽然在船东的支持下,在各研发单位的共同努力下,取得了不同程度的阶段性成果,初步实现了船舶智能航行技术的自主,但统筹协调不够,缺乏以中长期目标为导向而全面谋划布局的大项目,尚未形成有利于可持续发展的生态系统。三是智能航行技术研究活跃,实船应用示范的规模和程度滞后。

4 中国发展船舶智能航行的战略意义

4.1 降低航行安全风险,缓解船员短缺压力
船舶智能航行技术的应用将使人的角色发生

质的变化,人的疲劳、疏忽等原因导致的事故可以大大降低,因船员技能、经验不足等因素导致事故的风险也可以持续降低,遥控驾驶和自主航行会大幅度降低船舶配员,以后也会降低发生货船群死群伤的重特大事故风险。船舶智能航行技术与能效管理技术结合,可根据水文、气象、交通环境等情况优化航线与营运船速,不仅会提高船舶的经济性,也会节省燃动费用。通过船舶减员带来的生活空间减少、货舱容积增加,也可降低人力成本,提高船舶运输效能。

4.2 带动航运相关技术和产业升级发展

船舶智能航行涉及智能环境感知、交通态势认知、信息传输融合、避碰决策方法、船舶运动控制等多项技术^[3],需要相关技术和产业支持配套,可有效促进船舶设计、建造、测试、运营、维保等相关领域的产业投入与技术进步,提升中国船舶感知、探测、定位、导航、控制、通信、动力等相关设备的研发与制造水平进而提高市场份额,产生巨大的产业带动效应。同时,船舶智能航行技术“船岸协同”发展路线的确立,可有效带动航海保障、安全监管等相关技术与装备发展。

4.3 实现航运与海事技术弯道超车

中国虽是名副其实的航运大国和造船大国,但距离航运、造船强国还有较大差距,自主研发能力薄弱,关键设备和高附加值系统长期依赖国外引进。对于航运、船舶、海事等规则制定影响力不足,始终处于“规则跟随”状态。船舶智能航行技术的兴起,给中国带来了区别以往的全新机遇,让中国有机会跻身航运强国、造船强国行列。

4.4 确保航运与海事技术自主可控

中国作为大量资源进口高度依赖航运,船队运力居世界前列的航运大国,自主掌控船舶自主航行技术的重要性不言而喻。不掌握船舶智能航行技术,会给中国海上运输力量的全面安全、自主带来很大的不确定性。

发展船舶智能航行技术既是中国引领国际智能船舶发展、主导国际航运规则制定、提升国际航运地位、保障国家安全的重大历史机遇,也是国家发展特别是海洋强国、交通强国、航运强国建设的

客观需要。

5 中国智能航行技术发展预判

船舶智能航行技术应用的基本趋势是一艘船舶多种驾驶模式,即在开阔水域使用自主航行模式,在复杂水域使用遥控驾驶或辅助驾驶模式。中国科学技术协会2020年下达了《中国智能航运技术与产业化发展路线图》项目,中国航海学会组织交通运输部水运科学研究院等多单位和121位权威专家对中国智能航运关键技术应用做出了如下预测:预计“十四五”期间实现的关键技术占比为7.5%，“十五五”期间实现的占比为74%,其余的18.5%都可在“十六五”期间实现^[4]。总体来看,对于中国智能航运技术与产业化发展的预期结果是较为乐观的。

基于上述预测以及影响因素分析,如果中国有效采取针对性的对策措施,可以设定以下发展目标:2025年,中国智能航运技术与产业化总体上可以达到国际先进水平,船舶智能航行法规取得重大突破,辅助驾驶技术实现规模化应用,遥控驾驶和自动驾驶技术实现多样本应用;2035年,智能航运技术与产业化总体上接近国际领先水平,充分智能化的航运新业态基本形成,沿海遥控驾驶、自动驾驶船舶占比超过30%;2050年,智能航运技术与产业化可达到国际领先水平,智能化网络化航运服务供给覆盖全球,形成高质量智能航运体系^[5]。

参考文献(References)

- [1] 桂傲然. 智能船舶七大关键技术[J]. 中国船检, 2019(4): 40-44.
- [2] 李亚斌, 王玉. 船舶智能航行技术发展展望[J]. 中国水运, 2022(6): 53-55.
- [3] 魏梅, 潘放, 张大蕾. 日韩欧智能船舶的研究现状及对我国的启示[J]. 船舶, 2022, 33(2): 13-21.
- [4] 陆悦铭, 詹海东, 刘秋林, 等. 全球首艘全自动、零排放集装箱船翩然而至[J]. 航海, 2022(1): 8-11.
- [5] 吴秀霞. 智能技术疾进, 无人船时代将加速到来[N]. 中国船舶报, 2019-12-27(2).

- [6] 薛龙玉. 英国“海事战略 2050”路线图[J]. 中国船检, 2019(5): 84-88.
- [7] 冯书桓. 智能船舶发展, 日本与欧洲殊途如何同归?[J]. 中国船检, 2021(10): 16-19.
- [8] Kang J, Moon D, Kim J. Building communication interface in ship area network for merchant marine: A practical approach[C]//13th International Control, Automation and Systems (ICCAS). Piscataway NJ: IEEE, 2013: 1417-1420.
- [9] 韩佳霖. 国际海事组织海上安全委员会第 105 届会议简报[J]. 世界海运, 2022, 45(6): 1-4 .
- [10] 贺辞. CCS《智能船舶规范》六大功能模块要求[J]. 中国船检, 2016(3): 84-85.
- [11] 智能船舶规范[S]. 北京: 中国船级社, 2015.
- [12] 耿雄飞, 洛佳男, 王永才, 等. 智能航行船舶的治理[J]. 船舶工程, 2021, 43(8): 26-30.
- [13] 马吉林, 谢朔. 船舶智能航行及关键技术最新发展[J]. 中国船检, 2020(11): 52-58.
- [14] 中国智能航运技术与产业化发展路线图[R]. 北京: 中国航海学会, 2022.
- [15] 矫阳. 2025 年我国智能航运技术将达国际先进水平[N]. 科技日报, 2022-07-12(1).

Development status and trend of intelligent navigation technology

ZHANG Baochen, GENG Xiongfei*, LI Yabin, WEN Jie, YU Qiaochan, FENG Hui

Institute of Water Transport Science, Ministry of Transport, Beijing 100088, China

Abstract The intelligent navigation is a major revolution in the shipping industry. In order to trace the development of the intelligent navigation technology, this paper analyzes the major technological progresses and the typical practice cases in the field of the intelligent navigation of ships in Europe, Japan, South Korea, Russia and other countries and regions in recent years, and the relevant legislations and rules of IMO, IHO and IALA for the intelligent navigation of ships, along with the processes and cases of China's ship intelligent navigation in the fields of technology research, equipment development, and real ship application, and makes comparisons, focusing on the differences in domestic and foreign technological development paths, and the main characteristics of China's ship intelligent navigation development. Finally, this paper makes predictions of the future development trend of the intelligent navigation technology.

Keywords intelligent navigation; MASS; guidance system ●



(责任编辑 王志敏)