

自主船舶技术要求与风险研究

尉子璇¹, 鲍君忠², 邓志鹏¹

(1. 浙江数智交院科技股份有限公司, 浙江 杭州 310000; 2. 大连海事大学航海学院, 辽宁大连 116026)

摘要: 船舶智能化、自主化是国际海事组织 (International Maritime Organization, IMO) 以及其他非政府组织重要关注的发展方向, 为统一智能船舶的称谓, IMO 提出了“海上自主水面船舶 (Maritime Autonomous Surface Ships, MASS)”的概念, 并开展了海上自主水面船舶法规梳理方面的工作, 我国相关部门出台了一系列政策, 进一步对我国智能航运建设, 船舶工业高质量发展进行指导。而随着无人船技术研发的开展, 风险管理也成为业界关注的一个问题。本文梳理了 MASS 的定义与分级, 概述了 MASS 在技术要求方面规范和风险分析方面的关键问题, 并提出了面临的问题与相关建议。

关键词: 海上水面自主船舶; 国际规范; 风险分析

中图分类号: U66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 08—0092—03

近年来, 海上水面船舶自主化发展趋势受到相关国际组织的关注。国内外对船舶自主化的技术研究内容涉及自主规划、自主航行、自主环境感知能力等多方面^[1-3]。船舶自主化是国际海事组织 (International Maritime Organization, IMO) 以及其他非政府组织重要关注的发展方向, IMO 于 2017 年决定在 2018 ~ 2019 双年工作计划中增加关于“海上自主水面船舶 (Maritime Autonomous Surface Ships, MASS) 的法规梳理”的工作任务和相关议程, 并制定相关公约规范以解决海上水面自主航行船舶的安全、安保、环保等一系列问题^[4,5]。与此同时规范方面的研究也在跟进, 中国船级社、英国劳氏船级社、DNV-GL 船级社, 日本船级社, 美国船级社等国际主要船级社也先后发布了无人船的相关规范指南。然而目前 MASS 船仍处于概念研究与试航阶段, 其定义与分级标准多样化, 测试与验证体系也不完善, 相关国际海事公约法规尚未完整建立。

1 MASS 定义与分级

1.1 定义

针对 MASS (智能船舶 Smart ship/ 智能互联船舶 the connected ship/ 无人船 unmanned merchant vessels) 的定义, 业界仍尚未统一^[6-9]。2017 年丹麦在向 IMO 提交的报告中给出的 MASS 定义为“能够通过自动化程序或系统提供决策支持, 进而取代部分或全部船员的操控及驾驶船舶工作, 并能实现对船舶的远程遥控。”^[6]。挪威船级社则将智能互联船舶 (the connected ship) 定义为: “通过传感器技术、监控系统结合船岸无缝连接以及决

策支持工具, 将创建一个以数据为中心、响应迅速的全球船舶运输集成网络。随着传感器和通信技术的发展, 远程操作甚至无人驾驶船舶将成为现实, 更多的船上进行的活动转移到岸基中心”^[7]。中国船级社给出的智能船舶 (smart ship) 的定义是: 利用传感器、通信、物联网、互联网等技术手段, 自动感知和获得船舶自身、海洋环境、物流、港口等方面的信息和数据, 并基于计算机技术、自动控制技术和大数据处理和分析技术, 在船舶航行、管理、维护保养、货物运输等方面实现智能化运行的船舶^[8]。IMO 和英国政府将其定义为海上水面自主船舶 (MASS), 其中 IMO 认为 MASS “系指在不同程度上可以独立于人员干预运行的船舶”^[6], 英国政府将 MASS 定义为: “符合本守则界定的自主控制等级, 能够无须人员在船而能自主运行的水面航行船舶”^[9]。

目前, 针对海上水面自主船舶 (无人船舶 / 自动船舶 / 海事自主水面船舶 / 智能船舶等) 的叫法业内尚未统一。本文认为不建议使用“无人船”, “自主船”的概念更妥当。自主系统可以根据具体情况而改变自主等级^[10], 所以“自主船”可以将无人驾驶船舶、定期驾驶台无人值班船舶、有人值班船舶均包含在内。比较各个定义之后, 认为 IMO 所给出的更为妥当。

1.2 MASS 的分级和分类标准

各个国家组织从不同角度层面对船舶自主化程度进行了分级, 下表则对其作出了比较, 研究各个规范的特点及优缺^[5, 6, 8, 11]。

表 1 船舶自主化分级及各自特点

分级方	分级情况	特点
英国 (Maritime UK)	船舶自主等级分为 6 级, 第 0 级为全人工; 第 1 级为人工远程操作; 第 2 级船舶辅助远程操作; 第 3 级操作者和船舶共同决策; 第 4 级为操作者远程监控; 第 5 级为全自主操作	涵盖从全人工操作到全自主操作
英国 (劳氏船级社)	分为 7 级, AL0 级: 有人驾驶; AL1 级: 船上辅助决策; AL2 级: 岸上辅助决策; AL3 级: 操作员授权执行指令; AL4 级: 操作员干预执行指令; AL5 级: 监控下的自主航行; AL6 级: 全自主航行	从操作者角度对船舶进行了具体明确的划分
丹麦	分为 4 级: M 级 (现场控制有人船); R 级 (遥控有人船); RU 级 (遥控无人船); A 级 (全自主无人船)	从操作者角度对船舶进行了能动性划分, 各分级之间可以相互转化
莱茵河航运中央委员会	分为 5 级, 1 级: 不自主; 2 级: 辅助操控; 3 级: 部分自主化; 4 级: 高自主化; 5 级: 完全自主化	所定义的 MASS 航行区域为内河
中国 (中国船级社)	暂时未对船舶整体划分级别, 从智能航行 (对应功能标志 N)、智能船体 (H)、智能机舱 (M)、智能能效管理 (E)、智能货物管理 (C) 和智能集成平台 (I) 几个模块对船舶进行了分级	对智能船舶的不同功能模块的自主化进行了详尽分级; 符合该模块规范要求的船舶可授予入级标志
IMO	分为 4 级, 1. 船舶具有自动化程序操作和决策支持的功能; 2. 船舶具备远程遥控的功能, 同时有船员在船; 3. 船舶具备远程遥控功能, 无船员在船; 4. 船舶完全自主	从各个适用性角度分别考虑四个自主分级, 但给审查带来巨大工作量, 需在查明哪些规范适用于在船员在船的基础上进行划分

由以上的 MASS 分级可看出, 有人驾驶需时要较多海员, 海员负责监控、授权系统执行命令时会导致配员一定程度减少, 完全自主时则无需配员或仅需几个海员进行岸基监控。MASS 的分级导致船舶的配员均有所变化, 两者密不可分。

2 MASS 技术发展研究

2.1 技术要求研制

MASS 的技术规范是研究时不可忽视的部分, 由于各国研究的内容和方向不尽相同, 没有形成一个技术规范的完整体系。本文根据 SOLAS 公约, DNV 船级社的 MASS 入级指南, 中国船级社的《智能船舶规范》和挪威和波罗的海国际航运公会向 IMO 提交的文件中所涉及的 MASS 技术规范要求^[7, 8, 12], 对 MASS 的主要的技术规范要求进行总结梳理并列出了下述技术要求规范框架图, 如图 1 所示。框架图主要包括船舶设施要求, 安全

操作要求, 状态监测要求和运行试航等要求, 同时向下对其进行了细分, 并且列出了对这些技术要求规范所涵盖的具体内容, 例如探测要求所包含的水平视野, 垂直视野, 盲区视野等。

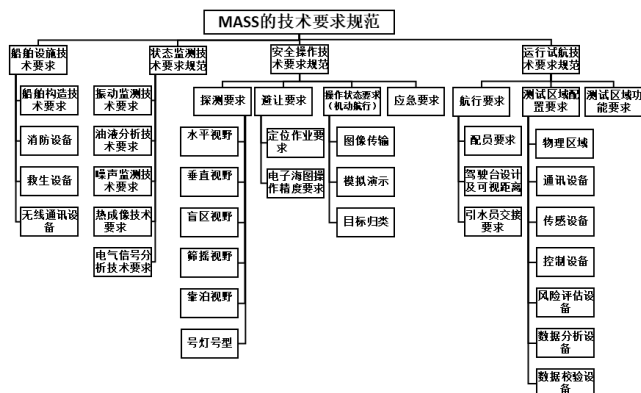


图 1 MASS 的技术要求规范框架

2.2 MASS 技术风险研究

随着无人船技术研发的开展, 风险管理也成为业界关注的一个问题。目前无人船正处于研发和试航阶段, IMO 为确保 MASS 相关系统、基础设施和环境的安全性, 出台了试航导则, 要求对试航时出现的风险进行评估, 并实施相应控制措施将风险降到可接受范围内^[13]。

IMO 要求 MASS 试航的安全性应至少等同于传统船舶, 并强调了风险分析和控制试航安全中的重要性^[14], 将风险管理和网络安全列入试航导则的目标中^[15]。综合多个关于无人船的规范要求后发现, 对无人船进行风险评估的流程一般涉及船舶事故状态划分, 事故危害识别, 风险等级界定与分析, 控制措施实施四个方面^[7-9, 16-18]。

中国船级社 (CCS) 在召开的 87K 目标散货无人船风险评估及系统功能识别会议中, 对无人散货运输船舶进行了风险评估。评估基于现有公约的同等安全水平、现有技术和专业操作方法, 以头脑风暴为主要方式, 先后邀请 60 余名专家, 识别了无人散货运输船舶从泊位到泊位的所有环节中危及海上安全和环保的风险, 分析了每个风险产生的原因、后果, 并充分对比有人散货船的现有安全措施, 从感知、通信、决策和操作四个方面提出无人船散货船的控制风险的功能措施^[19]。在无人船风险预测与分析方面, Wróbel 使用海事事故的人因分析和分类系统法 (Human Factor Analysis and Classification System of Maritime Accidents, HFACS-MA), 对 100 起传统船舶海上事故进行定性分析, 进

而引入假设分析技术(What-If Analysis Technique),用以评估无人船的引入对事故的发生率及其后果的影响^[20]。Zhang等人基于贝叶斯理论,使用利用算法对区间概率进行推断再区间概率转换为点概率,验证了无人船风险模型中存在的不确定性,讨论了风险评估中的不确定性影响决策步骤和潜在风险控制选项排序的过程^[21]。

3 总结

无人船风险评估的研究多基于FSA所提出的风险分析流程,且多处于定性分析阶段,少数船级社对无人船在航行,进出港,靠离泊等过程进行了危害识别与风险分析,使用的方法有头脑风暴法,风险矩阵法和专家评价法等。但规范指南所给计算风险值的方法,多使用精确数字,不能体现出风险因素内在的模糊性和人类判断力的偏好度和犹豫性,使研究难以获得比较准确的评估值,风险分析数学模型仍有进一步改进的空间。

MASS的发展注定是一个艰难而漫长的过程,需要经过长期的试验。相应的规范也需要根据技术的进步随之更新,以确保MASS航行时可以规避风险和污染等等。规范的制定与研究不但可以一定程度上推动我国MASS技术发展,还可以提升我国在MASS国际规范制定中的参与力度。

参考文献:

- [1] 刘昭青, DNV·GL船级社发布了有关自主和远程操作的船舶指南. 航海, 2018(05): p. 8.
- [2] 张树凯, 刘正江, 张显库, 等., 无人船艇的发展及展望. 世界海运, 2015. 38(09): p. 29-36.
- [3] 信德海事. 珠海万山无人船海上测试场正式启用. 2018; Available from: <http://www.xindemarinenews.com/china/8768.html>.
- [4] 吴青, 王乐, 刘佳仑, 自主水面货船研究现状与展望. 智能系统学报, 2019. 14(01): p. 57-70.
- [5] IMO. MSC 100/5/7 - REGULATORY SCOPING EXERCISE FOR THE USE OF MARITIME AUTONOMOUS SURFACE SHIPS (MASS) Comments on document MSC 100/5. 2018; Available from: <https://docs.imo.org/Search.aspx?keywords=MASS>.
- [6] 鲍薪宇, 付耀方, 自主船舶等级划分及配员监管初探. 中国海事, 2018(08): p. 46-48.
- [7] 挪威船级社. Autonomous and remotely operated ships.

2018

- [8] 中国船级社, 智能船舶规范. 2020.
- [9] 英国航运业协会. An Industry Code of Practice: Maritime Autonomous Surface Ships Up to 24 Metres in Length[J], 2019.
- [10] Thieme C.A., Utne I.B., Haugen S., Assessing ship risk model applicability to Marine Autonomous Surface Ships. Ocean Engineering, 2018. 165: p. 140-154.
- [11] 沃桑海事. 首个国际性内河航行自动化水平定义. 2019; Available from: <https://mp.weixin.qq.com/s/SWif-KiDEAEkVhUibXongA>.
- [12] IMO. MSC 100/5/2 - REGULATORY SCOPING EXERCISE FOR THE USE OF MARITIME AUTONOMOUS SURFACE SHIPS (MASS) Interim guidelines for MASS trials. 2018; Available from: <https://docs.imo.org/Search.aspx?keywords=MASS>.
- [13] Imo. Msc.1/circ.1604 Interim Guidelines for Mass Trials[R]. 伦敦, 2019.
- [14] Imo. Msc 100/5/2 - Regulatory Scoping Exercise for the Use of Maritime Autonomous Surface Ships (mass) Interim Guidelines for Mass Trials[R]. 伦敦, 2019.
- [15] Imo. Msc 101-wp.8 - Report of the Working Group (working Group)[R], 2019.
- [16] 日本船级社. Guidelines for Concept Design of Automated Operation Autonomous Operation of Ships[R]. 日本, 2018.
- [17] 美国船级社. Smart Functions for Marine Vessels and Off Shore Vessels and Offshore Units[R]. 巴黎, 2019.
- [18] Abilio ramos M, Utne IB, Mosleh A. Collision Avoidance on Maritime Autonomous Surface Ships: Operators' Tasks and Human Failure Events[J]. Safety Science, 2019, 116: 33-44.
- [19] 中国船级社. 无人自主航行船风险评估报告[R]. 上海, 2017.
- [20] Wróbel K, Montewka J, Kujala P. Towards the Assessment of Potential Impact of Unmanned Vessels on Maritime Transportation Safety[J]. Reliability Engineering & System Safety, 2017, 165: 155-169.
- [21] Zhang G, Thai VV, Yuen KF, et al. Addressing the Epistemic Uncertainty in Maritime Accidents Modelling Using Bayesian Network with Interval Probabilities[J]. Safety Science, 2018, 102: 211-225.