



国际造船公约规范标准动态

INTERNATIONAL TRENDS OF SHIPBUILDING CONVENTIONS RULES AND STANDARDS



2025年第3期 总第(97)期

主办：国际造船新公约规范标准工作机制办公室

2025 年第 3 期 总第 97 期

主管：工信部装备工业二司
主办：国际造船新公约规范标准
工作机制办公室

2025 年 9 月 30 日 出版

国际造船新公约规范标准
工作机制专家组

顶层专家组
噪声专家组
密性试验专家组
拆船公约有害清单专家组
第二代完整稳性衡准专家组
SCF(船舶建造档案)专家组
HCSR(协调共同结构规范)工作组
船舶温室气体(GHG)减排专家组
PSPC(保护涂层性能标准)专家组
船舶安全风险评估(SLA/FSA)专家组
(专家组排序不分先后)

地址：上海市徐汇区中山南二路
851 号

邮编：200032

电话：021—64685455

邮箱：imo_office@163.com

国际造船公约规范标准动态

目 次

IMO 会议通报

- 1 国际海事组织海上自主水面船舶会间工作组第 4 次会议报告
- 3 国际海事组织货物与集装箱运输分委会第 110 次会议替代燃料技术导则制定议题进展报告

公约规范标准动态

- 9 船舶规范发布或更新进展
- 20 2025 年第三季度船舶与海洋领域国际标准研制情况小结中国船舶工业行业协会

专题报告

- 31 船舶风力推进技术发展展望
..... 杜辛茹, 胡 琼, 王艳霞
刘希洋, 陈京普

海事会议信息

- 49 国际海事相关会议预告

消息报道

- 51 全球首台超大型油船甲醇双燃料主机成功交验
- 53 全球首艘氨燃料加注船项目启动
- 54 我国液化天然气运输船配套产业迎来里程碑式突破
- 55 氨和甲醇已“准备就绪”
- 57 全球首款搭载可变压缩比技术的液化天然气船双燃料发动机下线
- 58 世界首台乙醇二冲程发动机完成测试
- 59 全球首台商业氨燃料发动机研制成功

未经本刊允许不得转载



国际海事组织 海上自主水面船舶会间工作组第 4 次会议报告

国际造船新公约规范标准工作机制办公室

一、会议概况

国际海事组织（IMO）海上自主水面船舶（MASS）会间工作组（ISWG）第 4 次会议于 2025 年 9 月 29 日—10 月 3 日在 IMO 总部召开。本次会议聚焦 MASS 配员、培训与值班等人为因素相关内容展开讨论，重点就《海上自主水面船舶规则》（MASS Code）草案“人为因素”章节和相关内容进行起草完善。

二、会议审议进展

（一）进一步制定 MASS Code

1. 完成“人为因素”章节定稿

会议对 MASS 安全配员、MASS 船员及远程操作员的培训、发证与值班等内容进行讨论，并完成了 MASS Code “人为因素”章节定稿。该章节名称改为“配员、培训与值班”，规定了 MASS 及远程操作中心安全配员、值班以及船员和远程操作员培训适任等方面的要求。

2.修改“检验发证”“操作环境”“系统设计”“软件原则”等章节条款

会议结合丹麦提案（ISWG-MASS 4/3）建议，对“检验发证”“操作环境”“系统设计”“软件原则”等章节进行修改。其中，“检验发证”章节，增加了确定 MASS 安全配员时需综合考虑人员资质、运营条件等方面的要求；“操作环境”章节，对“人员监督和控制”条款进行修改，强调人员对系统操作进行监督及适时干预的重要性；“系统设计”章节，简化了“以人为本的设计（HCD）”条款，保留 MASS 系统设计时应采用 HCD 原则这一要求；“软件原则”章节，修改“人员监督及决定”条款，要求软件设计和开发应提供人工监督和控制的途径。

3.MASS Code 后续安排

截至本次会议，除第 4 章（术语与定义）尚未定稿外，MASS Code 剩余章节均已定稿，MASS Code 草案将提交至 2026 年召开的海上安全委员会第 111 次会议（MSC 111）审议定稿，以期批准发布。

（二）远程操作员的培训、发证与值班标准的制定

会议基本同意采用“三步走”的推进路径来制定远程操作员的培训、发证与值班标准。即：当前先完成非强制性 MASS Code 定稿；随后，制定 MASS 远程操作员培训、发证与值班指南；最后，待强制性 MASS Code 定稿后，制定 MASS 远程操作员培训、发证与值班的正式标准。但会议对于远程操作员是否适用于《1978 年国际海员培训、发证与值班标准公约》（STCW 1978）这一问题并未达成一致，将留待 MSC 111 继续审议。

（三）经验积累期需讨论的事项

会议讨论认为，人机交互协议（ISWG-MASS 4/2/1）、MASS 数据管理、系统设计时应用 HCD 原则、远程操作员的培训、发证与值班等事项应在经验积累期进行审议。同时，MSC 111 将开始制定经验积累期的框架，为后续制定强制性的 MASS Code 提供实践经验输入。

三、下一步工作建议

非强制性 MASS Code 即将出台，随后将进入非强制性 MASS Code 的经验积累期，并为后续制定强制性 MASS Code 做准备。对此，建议把握后续强制性 MASS Code 制定的节奏和方向，以产品实践为依托，联合船舶设计院所、科研机构等针对 MASS Code 自主航行、远程控制等功能性要求落地以及 MASS 人机交互、数据管理、网络监管等方向提交一批高质量提案，深度参与国际海事规则制修订，强化规则话语权。

国际海事组织货物与集装箱运输分委会第 11 次会议 替代燃料技术导则制定议题进展报告

国际造船新公约规范标准工作机制办公室

一、会议概况

国际海事组织（IMO）货物与集装箱运输分委会第 11 次会议（CCC 11）以线下和线上相结合的方式于 2025 年 9 月 8—12 日在英国伦敦 IMO 总部召开。

会议成立 3 个工作组、1 个起草组和 1 个专家组，分别是：替代燃料及相关技术导则制定工作组（WG 1）、气体运输船使用氨货物为燃料和其他非货物替代燃料技术导则制定工作组（WG 2）、防止海上集装箱损失工作组（WG 3）、散装运输液氢暂行建议修订起草组（DG 1）和《国际散装运输液化气体船舶结构与设备规则》（IGC Code）修订专家组（EG 1）。

本次会议重点聚焦船舶工业界核心关切，重点推进替代燃料技术导则制定、温室气体（GHG）减排安全监管框架相关工作，核心成果包括：定稿《船舶使用氢燃料暂行导则》《船舶使用氨货物为燃料暂行导则》及《经修订液氢散装运输暂行建议》修订草案，并提交海上安全委员会第 111 次会议（MSC 111）审议批准；推进船舶 GHG 减排安全监管框架工作计划、IGC Code 修订等工作，为全球船舶绿色转型与货物运输合规提供关键技术标准支撑。

二、主要内容

（一）《国际使用气体或其他低闪点燃料船舶安全规则》（IGF Code） 的修订及替代燃料和相关技术指南的制定

1. 《船舶使用氢燃料暂行导则》制定

分委会在 CCC 11 前召开了船舶使用替代燃料安全技术要求制定第 2 次会间会（ISWG-AF 2）。ISWG-AF 2 向 CCC 11 提交工作报告，提供《船舶使用氢燃料暂行导则》最新文本供分委会审议。

分委会审议了 ISWG-AF 2 工作报告,并决定成立 WG 1 以便进一步制定并定稿《船舶使用氢燃料暂行导则》。在 IGF Code 框架基础上,综合考虑氢燃料的特殊风险,重点从术语定义、船舶布置、氢燃料储存、氢燃料供应、氢燃料加注、材料与管系设计、用气设备、消防、爆炸防护、通风、控制、监测与安全系统等方面进行讨论、制定和完善,最终完成《船舶使用氢燃料暂行导则》定稿,将提交 MSC 111 审议批准。

2.IGF Code 框架下新替代燃料安全导则工作计划更新

为加快推进“支持通过新技术与替代燃料减少船舶 GHG 排放的安全监管框架”工作,分委会更新了 IGF Code 框架下新替代燃料安全导则的制定计划(2024—2030),具体内容详见附件。

3.《船舶使用甲醇/乙醇燃料暂行导则》修订及强制性文件制定

由于时间原因,分委会没有对《船舶使用甲醇/乙醇燃料暂行导则》相关修订提案进行审议,但同意在 CCC 11 后成立新的通信组,重点开展该暂行导则的修订工作,预计 2026 年完成。

4.《船舶使用低闪点燃油暂行导则》制定

由于时间原因,分委会没有对《船舶使用低闪点燃油暂行导则》草案进行审议,但同意在 CCC 11 后成立新的通信组,继续完成该暂行导则的制定工作,预计 2026 年完成。

(二) 氨货物作为燃料使用的指南制定以及气体运输船上非货物类替代燃料的使用规定

分委会在前期 CCC 10 所成立通信组(CCC 11/4)工作的基础上,结合对 CCC 11/4/1 等提案文件的审议与本次会议工作组的进一步讨论,定稿《船舶使用氨货物为燃料暂行导则》草案,并拟定相应 MSC 通函。该暂行导则草案及通函将提交 MSC 111 批准。该暂行导则是基于 IGC Code 要求的补充性规定,适用于在 IGC Code 框架下、且以自身所载氨货物为燃料的气体运输船,明确了该类船舶在氨燃料储存、输送、通风、泄漏防控等环节的安全技术标准;其与已发布的《船舶使用氨燃料暂行导则》的核心差异在于对应的规则体系与船舶类型不同:前者针对在 IGC Code 框架下、以自身氨货物为燃料的气体运输船,后者则适用于在 IGF Code 框架下、使用非货物氨燃料的常规船舶,进一步落实“一船一规”政策原则。

（三）散装运输液氢暂行建议修订

分委会原则批准了会议工作组定稿的《经修订的液氢散装运输暂行建议》（MSC.565(108)）的修订草案及拟定的 MSC 通函封面内容，并将提交至 MSC 111 审议批准。本次修订主要包括：Part A 补充并调整船员培训的部分内容、新增“主绝缘处所”与“次绝缘处所”定义等。

（四）船舶 GHG 减排安全监管框架

分委会回顾了 MSC 110 已审议的“船舶 GHG 减排安全监管框架”任务分工、技术壁垒清单及优先级要求，并按要求推进以下工作：①明确从 CCC 12 起将“船上碳捕集与储存/船上碳捕集与利用（OCCS/OCCU）安全缺口与监管差距”列为高优先级任务，同步梳理混合燃料等其他减排技术的规则冲突，优先解决应用层面的障碍；②建立与海上环境保护委员会（MEPC）的进度协同机制，确保 GHG 减排安全标准与碳强度核算要求衔接，避免环境标准与安全监管脱节。

（五）IMO 安全、安保和环境相关公约条款的统一解释与 IGC Code 修订

关于对于 IGC Code 条款的统一解释，分委会审议并批准了有关现行 IGC Code 条款（第 4.4.1 条、第 4.5 条、第 4.6.2.1 条、第 4.6.2.4 条）与 1983 年 IGC Code 条款（第 4.7.1 条、第 4.7.3 条、第 4.7.4.1 条、第 4.7.7 条）的统一解释草案，并拟定了 MSC 通函封面内容草案。相关统一解释包括有关 IGC Code 内“可预见的液体货物泄漏”“能进行周期性检查”“全次屏壁液密测试”“有效性”等条款内容的统一解释。

三、下次会议安排

- 1.CCC 12 暂定于 2026 年 9 月 14—18 日举行。
- 2.ISWG-AF 3 计划在 CCC 11~CCC 12 期间协助完善替代燃料导则、梳理监管壁垒、对接 MEPC 协同减排目标，并定期向 CCC 与 MSC 汇报成果。
- 3.替代燃料相关通信组将推进未完成的替代燃料导则制定，衔接船舶 GHG 减排安全监管框架并优先消除替代燃料监管壁垒，采集替代燃料实船应用数据与技术反馈，向 CCC 12 提交阶段性工作报告并拟定后续工作安排。

四、下一步工作建议

（一）聚焦替代燃料导则落地与规则参与，推动国内技术适配与经验输出

CCC 11 已定稿《船舶使用氨货物为燃料暂行导则》草案、《船舶使用氢燃料暂行导则》草案并拟提交 MSC 111 审议批准。建议发挥国内在气体运输船设计建造、燃料系统与发动机适配方面的技术能力，针对氨/氢等替代燃料船舶优化设计方案，提供符合要求的技术支撑；联合相关单位开展实船测试，积累发动机运行参数与船舶设计适配经验；提前梳理国内在混合燃料发动机适配、船舶双燃料系统设计等领域的技术成果，形成 IMO 提案，积极参与 CCC 12 及后续会议的规则讨论，争取在替代燃料导则制修订中纳入我国技术标准，提升国际规则话语权。

（二）深化 GHG 减排安全技术研究，提前布局监管框架规则提案

CCC 11 明确自 CCC 12 起将 OCCS/OCCU 安全缺口与监管壁垒列为高优先级，且需衔接 MEPC 的 GHG 减排目标，同步推进替代燃料与新技术的安全规则制修订。建议结合国内产业优势，重点深化 OCCS 技术的船舶适配安全研究、氨/氢/甲醇等替代燃料的船舶安全应用研究，联合相关科研机构制定技术规范；提前布局框架内关键议题的规则提案，并将 OCCS 实船测试成果及绿色甲醇生产的全产业链经验转化为 IMO 规则建议；及时跟踪 CCC 12 及 ISWG-AF 3 的工作进展，确保我国技术成果与规则提案同步对接 IMO 进程，为全球船舶 GHG 减排安全监管贡献中国方案。

附件

表 1 替代燃料安全导则制定的工作计划（2024—2030）

年份	会议	工作计划
2024	MSC 109	批准《船舶使用氢燃料暂行导则》
2025	ISWG-AF 2 CCC 11	定稿《船舶使用氢燃料暂行导则》 定稿《船舶使用氨货物为燃料暂行导则》
		进一步制定《船舶使用低闪点燃油暂行导则》 考虑修订《船舶使用甲醇/乙醇燃料暂行导则》 考虑修订《船舶使用燃料电池动力装置暂行导则》
2026	MSC 111	批准《船舶使用氢燃料暂行导则》 批准《船舶使用氨货物为燃料暂行导则》
		修订定稿《船舶使用甲醇/乙醇燃料暂行导则》 进一步制定/定稿《船舶使用低闪点燃油暂行导则》 考虑 IGF Code（液化天然气（LNG））修订 进一步修订《船舶使用燃料电池动力装置暂行导则》
2026	CCC 12	开始讨论制定《船舶使用碳捕集与储存系统暂行导则》 考虑《国际海运危险货物规则》（IMDG Code）是否需针对 OCCS 产生的二氧化碳运输进行修订 考虑甲醇/乙醇作为货物运输和燃料的毒性要求，确保在暂行导则与《国际散装运输危险化学品船舶构造与设备规则》（IBC Code）之间保持一致 考虑是否需对《1974 年国际海上人命安全公约》（SOLAS）第 VI 章第 5-2 条进行解释/修订，以规范船上液态有机氢载体（LOHC）的生产 考虑是否需要制定内燃机燃料重整相关技术要求 开始讨论制定适用于 IGC Code 船舶使用非第 19 章所列气态或低闪点燃料的指导文件
		批准《船舶使用甲醇/乙醇燃料暂行导则》的修订 批准《船舶使用低闪点燃油暂行导则》 修订定稿《船舶使用燃料电池动力装置暂行导则》 进一步制定《船舶使用碳捕集与储存系统暂行导则》 启动《船舶使用氨燃料暂行导则》修订 进一步制定 IGC Code 船舶使用非第 19 章所列气态或低闪点燃料的指导文件
2027	CCC 13	考虑《船舶使用液化石油气燃料暂行导则》的修订 开始讨论制定使用《液态有机氢载体（LOHC）或金属氢化物作为储氢介质的船舶安全暂行导则》 考虑是否需针对高压复合气瓶用于燃料储存系统制定相关要求
		批准《船舶使用燃料电池动力装置暂行导则》的修订

续表 1 替代燃料安全导则制定的工作计划（2024—2030）

年份	会议	工作计划
2028	CCC 14	定稿《船舶使用碳捕集与储存系统暂行导则》 修订定稿《船舶使用氢燃料暂行导则》 考虑 IGF Code（液化天然气（LNG））修订 定稿 IGC Code 船舶使用非第 19 章所列气态或低闪点燃料的指导文件
		启动修订《船舶使用液化石油气燃料暂行导则》 进一步制定《船舶使用液态有机氢载体（LOHC）或金属氢化物作为储氢介质暂行导则》
		考虑制定《船舶使用脂肪酸甲酯（FAME）燃料暂行导则》 考虑制定《船舶使用混合燃料（例如液化天然气与氢混合）暂行导则》 考虑修订 IMDG Code 中关于可移动燃料罐和多元气体容器（MEGC）安全运输要求 考虑修订《散装运输液化气体船和使用气体或其他低闪点燃料船舶用于低温环境的可替代金属材料认可指南》
2029	MSC 116	批准《船舶使用碳捕集与储存系统暂行导则》 批准《船舶使用氢燃料暂行导则》的修订
2029	CCC 15	修订定稿《船舶使用液化石油气燃料暂行导则》 进一步制定/定稿《船舶使用液态有机氢载体（LOHC）或金属氢化物作为储氢介质暂行导则》 完成 IGC Code 船舶使用非第 19 章所列气态或低闪点燃料的指导文件制定
		启动修订《船舶使用氢燃料暂行导则》 考虑制定《船舶使用二甲醚（DME）燃料暂行导则》
2030	MSC 117	批准《船舶使用液化石油气暂行导则》的修订 批准 IGC Code 船舶使用非第 19 章所列气态或低闪点燃料的指导文件
2030	CCC 16	修订定稿《船舶使用氢燃料暂行导则》 考虑 IGF Code（液化天然气（LNG））修订



船舶规范发布或更新进展

一、中国船级社（CCS）规范发布及更新动态

（一）发布《远洋渔船建造规范》等多部规范和指南

近日，CCS 发布了《远洋渔船建造规范》《船舶数字化交付指南》《船载液态二氧化碳装卸作业指南》以及《船舶焊接检验指南》等规范和指南。

《远洋渔船建造规范》（2025）在《钢质远洋渔船建造规范》（2021）基础上新增纤维增强塑料远洋渔船技术要求，将规范由 6 篇增加为 7 篇。同时新增二氧化碳新型制冷系统技术标准，渔获物装载率估算要求，结构布置、完整稳性、破损稳性、载重线标志与勘划要求，舱口盖强度和紧固装置要求以及艏部甲板锚机固定强度计算要求等，并纳入 2022—2024 年变更通告。《钢质海船入级规范》适用于船长 20 m 及以上的海上航行入级船舶，除另有指明外，不适用于军用舰艇、木质船、非营业性游艇、高速船、小水线面船、帆船。

《船舶数字化交付指南》（2025）适用于申请 CCS 船舶数字化交付附加标志的船舶，可指导相关方以数字化手段向船东完整、准确地移交船舶及船用产品数据。该指南共包括 4 章，第 1 章为一般要求和相关术语，第 2 章为交付信息的内容要求，第 3 章为交付形式要求，第 4 章为附加标志的检验要求。

《船载液态二氧化碳装卸作业指南》（2025）适用于停泊在沿海和内河的锚地、码头或主管机关指定水域进行的散装液态二氧化碳装卸作业，采用的装卸方式包括船与船、船与二氧化碳岸基储存站、船与二氧化碳槽罐运输车以及船与二氧化碳储存趸船。其主要内容包括船载散装液态二氧化碳的装卸模式、装卸设备操作、安全防护、风险评估、操作程序以及应急响应等方面等要求。

《船舶焊接检验指南》（2025）在《船舶焊接检验指南》（2021）基础上研究并制定。该指南适用于船舶和海上设施的建造和修理、船用产品检验过程中金属材料焊接的相关检验。该指南主要内容包括焊接材料试验、焊工及焊接操作者考试、焊接工艺认可、船舶结构焊接工艺设计、船体结构焊接、焊缝无损检测等的检验。

（二）发布《检验场所安全指南》（2025）

近日，CCS 发布了《检验场所安全指南》（2025）。新版本是在 2024 版指南基础上，纳入了国际船级社协会（IACS）建议案（REC.72 Rev.4 和 REC.184 New）相关修订内容和分社反馈的修订建议。2025 版指南主要修订内容包括：

- （1）依据 REC.72 修订内容，在封闭处所定义中增加锚链舱、发动机扫气箱。
- （2）依据 REC.72 修订内容，删除有毒产品定义。
- （3）依据 REC.72 修订内容，新增氨的危险性描述及要求。
- （4）依据 REC.72 修订内容，新增天然放射性物质描述及要求。
- （5）依据 REC.184 修订内容，新增“受检方应确保验船师（包括女验船师）在内的所有人员能够平等使用基本设施”的要求。
- （6）依据 REC.184 修订内容，新增“验船师随船开展试航检验时”的要求。
- （7）依据 REC.184 修订内容，新增射线辐射防护评估和采取措施要求。
- （8）补充引用的标准，对标准版本进行了修订。
- （9）根据内部反馈意见，对多处文字表述进行了完善和勘误。

（三）发布《船舶综合安全评估应用指南》（2025）

近日，CCS 发布了《船舶综合安全评估应用指南》（2025），在 2015 版指南的基础上进行了修改，主要修订以下内容：

- （1）增加指南所述方法的应用范围。
- （2）进一步明确专家判断在风险评估中的应用。

- (3) 优化了综合安全评估流程和步骤。
- (4) 更新了危险识别和风险控制措施的技术要求。
- (5) 更新了成本有效性衡准。
- (6) 细化了风险指数的定义和取值。

(四) 发布《国内航行船舶入级和检验规则》(2025)

近日,CCS 发布了《国内航行船舶入级和检验规则》(2025),适用于授予“CSAD”入级符号的中国籍国内航行船舶。《国内航行船舶入级和检验规则》是 CCS 提供国内航行船舶(包括海船和河船)入级服务的基础性规则,包括入级原则、入级过程、入级基础、入级符号与附加标志以及相关的建造中检验、建造后检验、产品检验和附加标志检验要求等。

《国内航行船舶入级和检验规则》适用于授予“CSAD”入级符号的中国籍国内航行船舶,但国内航行船舶入级符号的授予还应符合 CCS 相关船级管理要求。

除另有指明外,该规则不适用于军用舰艇和体育运动船艇、海上航行的木质船、游艇及渔船。

《国内航行船舶入级和检验规则》(2025)系基于《国内航行海船入级规则》(2018)及其 2023 修改通报以及《内河船舶入级规则》(2022)及其 2023 年第 1 次变更通告编制。

《国内航行船舶入级和检验规则》(2025)将于 2025 年 10 月 1 日生效,生效后替代现有《内河船舶入级规则》中“CSAD”的内容以及《国内航行海船入级规则》。

二、韩国船级社(KR)规范发布及更新动态

(一) 发布《氢环境中金属材料认可指南》

近日,KR 发布了《氢环境中金属材料认可指南》,规定了用于与液态或气态氢持续接触的储罐、压力容器、管道、阀门及设备所用金属材料的核准要求。

该指南适用于金属材料制造的设备,其板材厚度不得超过 25 mm;若板材厚度超过 25 mm,需提交 KR 另行评估。适用于氢环境的金属材料包括:RSTS 304、RSTS 304L、RSTS 316、RSTS 316L、HMA400 等。

设备及部件的材料应适用于预期的工艺流体和工况范围。氢系统中所用材料的选择应考虑其与氢的兼容性,并符合公认标准(例如:国际标准化组织(ISO)的 ISO/TR

15916、美国国家标准学会（ANSI）与美国航空航天学会（AIAA）的 ANSI/AIAA G-095A-2017、ANSI 与加拿大标准协会（CSA）的 ANSI/CSA CHMC1-2014、美国机械工程师协会（ASME）的 ASME STP/PT-003）。

在选择材料时，应优先选用经过氢环境实际验证的材料（如有），如：奥氏体不锈钢 304、304L、316 或 316L（经固溶处理）或铝合金（1100、6061-T6、7075-T73）被视为适用于低温液态氢、低温氢和气态氢系统的材料。必要时，KR 可要求补充认可试验。

（二）更新多项规范指南

近期，KR 更新了多项重要规范指南，涉及钢质船舶、水下航行器、制造工艺和型式认可、货运集装箱等领域。具体目录如下：

- （1）《钢质船舶入级规范》（*Rules for the Classification of Steel Ships*）。
- （2）《钢质驳船入级规范》（*Rules for the Classification of Steel Barges*）。
- （3）《水下航行器入级规范》（*Rules for the Classification of Underwater Vehicles*）。
- （4）《高速轻型船艇入级规范》（*Rules for the Classification of High Speed and Light Crafts*）。
- （5）《使用低闪点燃料船舶入级规范》（*Rules for the Classification of Ships Using Low-flashpoint Fuels*）。
- （6）《制造工艺和型式认可等的批准指南》（*Guidance for Approval of Manufacturing Process and Type Approval, Etc.*）。
- （7）《货运集装箱指南》（*Guidance for Freight Containers*）。
- （8）《船舶冰区航行指南》（*Guidance for Ships for Navigation in Ice*）。
- （9）《船舶电池系统指南》（*Guidance for Battery Systems on Board of Ships*）。
- （10）《服务商认可指南》（*Guidance for approval of Service Suppliers*）。
- （11）《自主航行船舶指南》（*Guidance for Autonomous Ships*）。
- （12）《直流配电系统指南》（*Guidance for DC Distribution Systems*）。
- （13）《船舶污染预防系统指南》（*Guidance for Prevention Systems of Pollution from Ships*）。
- （14）《远程检测技术指南》（*Guidance for Remote Inspection Techniques*）。
- （15）《智能系统指南》（*Guidance for Smart System*）。

(16) 《船舶和系统网络弹性指南》(Guidance for Cyber Resilience of Ships and Systems)。

三、法国船级社(BV)规范发布及更新动态

(一) 更新《甲醇/乙醇燃料动力船舶》等3项规范

近日, BV 发布了3项规范更新, 围绕清洁能源燃料应用(甲醇/乙醇、液化石油气(LPG))及船舶轴系技术, 基于行业实践与国际海事标准, 进一步明确技术要求, 助力船舶设计、建造与运营的安全合规。

《甲醇/乙醇燃料动力船舶》规定了使用甲醇/乙醇作为燃料的机械、设备和系统的布置、安装、控制和监测要求, 旨在结合相关燃料的特性, 将船舶、船员及环境所面临的风险降至最低。

《LPG 燃料动力船舶》针对使用 LPG 作为燃料的船舶入级, 规定了一套功能性要求以及详细的设计和安装要求。该规范涵盖了使用 LPG 的机械、设备和系统的布置、安装、控制和监测。

《弹性轴系校中》针对大型船舶轴系校中评估提出了具体要求和方法, 旨在协调轴系刚度与船体柔性这两个相互冲突的参数。该规范提供了船体挠度、艏部钢结构弹性、油膜特性和轴承刚度的计算指南及其相关要求。

(二) 发布《船员转运船入级规范》

近日, BV 发布了《船员转运船入级规范》。规范适用于吨位小于 500 GT, 船体由钢、铝或复合材料制成, 从母船/母港出发以运营速度航行不超过 4 h 的船员转运船。

该规范适用于以下称为“船员转运船”的船舶, 其专用于: 将人员从港口转运至系泊的海上设施或海上装置; 将人员从岸上转运至海上风电场; 将人员从母船或住宿装置转运至海上风电场。

船员转运船也可能参与向该类设施供应货物和物料, 但乘客数量不得超过 12 人, 否则该船将被视为客船。符合该规范要求的船员转运船将被授予“crew transfer vessel”(船员转运船)服务符号。

(三) 发布新版《钢质船舶入级规范》

近期, BV 发布了最新版《钢质船舶入级规范》, 该规范适用于海船, 为 BV 入

级船舶的评定和维护提供了详细要求。

新版规范与 2025 年 1 月版相比，进行了多项重要更新，涵盖服务符号、附加服务特征、附加入级符号等方面，主要包含：

(1) 服务符号：删除了压缩气体运输船符号“compressed gas carrier”，引入了新的液化氢运输船符号“LH2”，适用于散装运输液氢的气体运输船。

(2) 附加服务特征：将“ESA”从附加服务特征中删除，仅作为自愿性附加入级符号保留。

(3) 附加入级符号：新增“EXGEM”符号，覆盖甲醇/燃气/双燃料发动机的甲烷、甲醇及甲醛排放测量要求；增加“HMPS-PREPARED”符号，适用于符合混合机械推进系统预留设计的新船等。

(四) 更新《船舶及海洋工程设施起重设备规范》(2025)

近日，BV 发布了《船舶及海洋工程设施起重设备规范》的更新，适用于安装在船舶、浮式支架、固定或移动海洋工程平台的起重设备，并规定了起重附件的认证要求以及起重眼板的验证要求。该规范适用于安装在船舶或海洋工程设施上的起重设备，且该设备用于以下操作：

(1) 在港口或类似条件下起重，即在有效波高(Hs)不超过 0.5 m 的静水环境下装卸货物、设备、备件或消耗品。

(2) 在海上条件下的各类起重作业，但不包括第(3)项所述的设备。

(3) 在海上条件下用于水下设备投放和回收的起重作业。

(4) 人员吊装。

此外，该规范也适用于起重附件的认证及起重眼板的验证。

该规范不适用于诸如货物跳板、客货升降机、叉车和救生艇吊柱等装卸设备。但若船东或建造方提出特殊请求，且经 BV 认为合理可行时，该规范可全部或部分适用于上述规定范围之外的设备。

(五) 全球首艘 5 000 m³ 氨燃料加注船入级 BV

近日，BV 宣布，将为全球首艘 5 000 m³ 氨燃料加注船提供入级服务。该船由日本佐佐木造船有限公司(Sasaki Shipbuilding Co., Ltd.)建造，预计于 2027 年 9 月前后交付。该项目是氨作为下一代船用燃料所需基础设施建设的重要里程碑。

该船将依据 BV 严苛的安全、可持续性 & 创新标准进行入级，包括《NR620 加注

船规范》与《NR467 钢质船舶入级规范》。此外，该船还将获得 SW-Registry（特殊船舶登记）及 CYBER RESILIENT（网络韧性）附加船级符号，彰显其数据安全保护能力，且符合 IACS UR E26 与 IACS UR E27 规范。BV 总裁 Matthieu de Tugny 表示：“我们与佐佐木造船有限公司的长期合作基于在造船领域推动安全可持续创新的共同愿景。我们很荣幸为这艘全球首制氨燃料加注船提供支持，该船标志着零碳燃料基础设施规模化发展的实质性进展。”他补充道：“该项目体现了 BV 通过‘未来航运团队（Future Shipping Team）’支持替代燃料脱碳与安全应用的整体战略。这一全球跨职能网络汇聚了 15 个工作领域的 300 余名专家，助力海事行业应对复杂转型。随着氨作为潜力零碳燃料受到关注，BV 将持续提供入级框架与技术洞见，帮助船厂、船东及运营商作出务实且面向未来的决策。”

四、日本海事协会（NK）规范发布及更新动态

（一）发布《船舶风力辅助推进系统指南》（2.2 版）

近日，NK 发布了《船舶风力辅助推进系统指南》（2.2 版）。

NK 表示，风能作为零碳清洁能源的创新应用方案正受到前所未有的关注。然而，风力辅助推进技术的应用也引发了一些亟待解决的安全隐患，包括对船体结构、船员安全及周边环境产生不利影响。因此，开发准确评估该类系统安全性的方法，以确保船舶运营的安全至关重要。

为此，NK 于 2019 年首次发布了《船舶风力辅助推进系统指南》（1.0 版），作为风力辅助推进系统和配备该系统的船舶标准，并执行了与实际安装项目有关的图纸审核和检验。

此后，NK 分别于 2023 年 4 月和 2024 年 7 月发布了 2.0 版和 2.1 版，其中 2.0 版作出了大幅更新，结合了从参与的实船安装项目和最新研发成果中获得的技术知识。随着风力辅助推进系统在船舶应用中的加速推进，以及多个实船安装项目的开展，NK 正式发布整合了最新技术成果的 2.2 版指南。该指南将根据相关技术发展适时修订，以保持时效性。

（二）更新多项规范指南

NK 更新了多项规范，涉及船舶建造规范、设施规范、《国际船舶安全运营和防污染管理规则》（ISM Code）/《国际船舶和港口设施保安规则》（ISPS Code）/《2006

年海事劳工公约》（MLC 2006）以及材料/设备/设施认证规范等。

具体如下：

- (1) 《钢船检验和建造规范》（*Rules for the Survey and Construction of Steel Ships*）。
- (2) 《高速船规范》（*Rules for High Speed Craft*）。
- (3) 《客船检验和建造规范》（*Rules for the Survey and Construction of Passenger Ships*）。
- (4) 《内河船舶检验与建造规范》（*Rules for the Survey and Construction of Inland Waterway Ships*）。
- (5) 《玻璃钢船舶检验和建造规范》（*Rules for the Survey and Construction of Ships of Fibreglass Reinforced Plastics*）。
- (6) 《浮船坞规范》（*Rules for Floating Docks*）。
- (7) 《船舶防污系统规范》（*Rules for Marine Pollution Prevention Systems*）。
- (8) 《安全设备规范》（*Rules for Safety Equipment*）。
- (9) 《无线电装置规范》（*Rules for Radio Installations*）。
- (10) 《船舶防污底系统规范》（*Rules for Anti-Fouling Systems on Ships*）。
- (11) 《压载水管理装置规范》（*Rules for Ballast Water Management Installations*）。
- (12) 《船舶回收规范》（*Rules for the Ship Recycling*）。
- (13) 《货物冷藏装置规范》（*Rules for Cargo Refrigerating Installations*）。
- (14) 《货物装卸设备规范》（*Rules for Cargo Handling Appliances*）。
- (15) 《潜水系统规范》（*Rules for Diving Systems*）。
- (16) 《自动和遥控系统规范》（*Rules for Automatic and Remote Control Systems*）。
- (17) 《驾驶台系统规范》（*Rules for Navigation Bridge Systems*）。
- (18) 《预防性设备维修系统规范》（*Rules for Preventive Machinery Maintenance Systems*）。
- (19) 《消防一体化控制系统规范》（*Rules for Integrated Fire Control Systems*）。
- (20) 《船体监测系统规范》（*Rules for Hull Monitoring Systems*）。
- (21) 《集中货物监测和控制系统规范》（*Rules for Centralized Cargo Monitoring and Control Systems*）。
- (22) 《安全管理体系审核和注册规范》（*Rules for the Audit and Registration of Safety Management Systems*）。

(23) 《船舶安全管理系统审核和注册规范》(Rules for the Audit and Registration of Ship Security Management Systems)。

(24) 《海事劳工制度检查和登记规范》(Rules for the Inspection and Registration of Maritime Labour Systems)。

(25) 《制造商和服务供应商审批规范》(Rules for Approval of Manufacturers and Service Suppliers)。

(26) 《货运集装箱制造与认证规范》(Rules for the Construction and Certification of Freight Containers)。

(27) 《船舶试验设备规范》(Rules for Testing Machines)。

(28) 《船用发动机排放验证规范》(Rules for Marine Engine Emission Verification)。

(29) 《船用材料与设备的认可和型式认可指南》(Guidance for the Approval and Type Approval of Materials and Equipment for Marine Use)。

五、挪威船级社(DNV)规范发布及更新动态

近期, DNV 发布了 2025 年 7 月版船舶、海洋工程规范和标准, 将于 2026 年 1 月 1 日生效。DNV 本次共发布 119 份文件, 涵盖螺旋桨评估、喷水推进系统、海洋工程入级符号以及海洋工程结构材料等多项重要技术变更。新规适用于船舶设计机构、造船厂、设备供应商、船东/管理公司和船旗国等各相关方。

六、意大利船级社(RINA)规范发布及更新动态

近日, RINA 更新了多项规范及指南, 包括船舶、浮船坞、海上装置和游艇等规范。具体包括:

(1) 《船舶入级规范》(Rules for Classification of Ships)。

(2) 《浮船坞入级规范》(Rules for the Classification of Floating Docks)。

(3) 《固定位置海上浮式装置与移动式海上钻井装置》(Rules for the Classification of Floating Offshore Units at Fixed Locations and Mobile Offshore Drilling Units)。

(4) 《游艇入级规范》(Rules for the Classification of Yachts)。

(5) 《游艇救生设备(LSA)降落装置用合成纤维绳认证规范》(Rules for Certification of Synthetic Fiber Ropes used as Falls on LSA Launching Appliances on Yachts)。

(6) 《船用材料、设备的测试和认证规范》 (*Rules for Testing and Certification of Marine Materials and Equipment*) 。

(7) 《船舶状况评估计划 (CAP) 指南》 (*Guide for ship Condition Assessment Program (CAP)*) 。

七、英国劳氏船级社 (LR) 规范发布及更新动态

2025年7月, LR更新了船舶入级、材料、内河船等多个规范, 目录如下:

(1) 《船舶入级规范》 (*Rules and Regulations for the Classification of Ships: LR-RU-001*) 。

(2) 《材料制造、试验和认证规范》 (*Rules for the Manufacture, Testing and Certification of Materials: LR-RU-002*) 。

(3) 《海上装置入级规范》 (*Rules and Regulations for the Classification of Offshore Units: LR-RU-003*) 。

(4) 《特种勤务艇入级规范》 (*Rules and Regulations for the Classification of special Service Craft: LR-RU-005*) 。

(5) 《内河船舶入级规范》 (*Rules and Regulations for the Classification of Inland Waterways Ships: LR-RU-006*) 。

(6) 《五大湖区和圣劳伦斯河船舶入级规范》 (*Rules and Regulations for the Classification of Ships for Service on the Great Lakes and River St, Lawrence: LR-RU-007*) 。

(7) 《散装运输液化气体运输船舶建造和入级规范》 (*Rules and Regulations for the Construction and Classification of Ships for the Carriage of Liquefied Gases in Bulk: LR-RU-008*) 。

(8) 《散装液体化学品船舶建造和入级规范》 (*Rules and Regulations for the Construction and Classification of Ships for the Carriage of Liquid Chemicals in Bulk: LR-RU-009*) 。

(9) 《浮船坞及坞门建造和入级规范》 (*Rules and Regulations for the Construction and Classification of floating Docks and Dock Gates: LR-RU-010*) 。

(10) 《浮动码头入级规范》 (*Rules and Regulations for the Classification of Linkspans: LR-RU-011*) 。

(11) 《使用气体或其他低闪点燃料船舶入级规范》 (*Rules and Regulations for the Classification of Ships Using Gases or Other Low-Flashpoint Fuels: LR-RU-012*) 。

(12) 《潜水器和潜水系统建造和入级规范》 (*Rules and Regulations for the Construction & Classification of Submersibles & Diving Systems: LR-RU-013*) 。

(13) 《三体船入级规范》 (*Rules for the Classification of Trimarans: LR-RU-014*) 。

(14) 《气垫船入级规范》 (*Rules for the Classification of Air Cushion Vehicles: LR-RU-015*) 。

(15) 《符合人体工程学的集装箱绑扎规范》 (*Rules for Ergonomic Container Lashing: LR-RU-016*) 。

(16) 《配备再气化系统的液化天然气船和驳船规范》 (*Rules for LNG Ships and Barges Equipped with Regasification Systems: LR-RU-017*) 。

(17) 《饮用水运输船舶入级规范》 (*Rules for the Classification of Potable Water Carriers: LR-RU-018*) 。

(18) 《夹芯板结构在船舶结构中的应用规范》 (*Rules for the Application of Sandwich Panel Construction to Ship Structure: LR-RU-019*) 。

(19) 《船艏破冰船入级规范》 (*Rules for the Classification of Stern First Ice Class Ships: LR-RU-020*) 。

(20) 《船舶防寒规范》 (*Rules for the Winterisation of Ships: LR-RU-021*) 。

(21) 《拟载运液化货物船舶的要求指南》 (*Guidance Note on Requirements for Ships Intended to Carry Cargoes Which May Liquefy: LR-GN-006*) 。

(22) 《船舶燃料电池安装指南》 (*Guidance Notes on the Installation of Fuel Cells on Ships: LR-GN-016*) 。

2025 年第三季度船舶与海洋领域国际标准研制情况小结

中国船舶工业行业协会

一、国际标准发布与立项

(一) 船舶与海洋领域国际标准动态

1 国际标准发布情况

2025 年 7—9 月，船舶与海洋领域正式发布国际标准 9 项，内容包括环境保护、内河船、液化天然气（LNG）运输船货物转运作业期间作为燃料的气体计量、电解水制氢安全要求等。标准清单详见表 1，其中，ISO 为国际标准化组织，IEC 为国际电工委员会，IEEE 为美国电气与电子工程师协会，TC 为技术委员会，SC 为分技术委员会。

表 1 2025 年 7—9 月船舶与海洋领域新发布国际标准清单

序号	标准号	标准名称	TC/SC
1	ISO 19970: 2025 (Ed.2)	<i>Refrigerated hydrocarbon and non-petroleum based liquefied gaseous fuels — Metering of gas as fuel on LNG carriers during cargo transfer operations</i> 制冷烃类及非石油基液化气体燃料——LNG 运输船货物转运作业期间作为燃料的气体计量	ISO/TC 28/SC 5 (制冷烃类和非石油基液化气体燃料的测量)
2	ISO 22734-1: 2025 (Ed.1)	<i>Hydrogen generators using water electrolysis — Part 1: Safety</i> 水电解制氢装置——第 1 部分：安全要求	ISO/TC 197 (氢能技术)
3	IEC 60092-301: 2025 (Ed.4)	<i>Electrical installations in ships — Part 301: Equipment — Generators and motors</i> 船舶电气装置——第 301 部分：设备——发电机和电动机	IEC/TC 18 (船舶以及移动式和固定式海上装置的电气装置)
4	ISO 21716-4: 2025 (Ed.1)	<i>Ships and marine technology — Bioassay methods for screening anti-fouling paints — Part 4: Algae</i> 船舶和海洋技术——防污漆筛选的生物测定方法——第 4 部分：藻类	ISO/TC 8/SC 2 (海洋环境保护)

续表 1 2025 年 7—9 月船舶与海洋领域新发布国际标准清单

序号	标准号	标准名称	TC/SC
5	ISO 28701: 2025 (Ed.1)	<i>Inland navigation and commercial shipping — Safety and sustainability management systems — Requirements and guidance for use</i> 内河航行与商业航运——安全与可持续性管理体系——要求及使用指南	ISO/TC 8/SC 7 (内河船)
6	ISO 16681: 2025 (Ed.1)	<i>Ships and marine technology — Pilot transfer arrangements — Ship hull securing equipment</i> 船舶与海洋技术——引航员登离船装置——船体固定设备	ISO/TC 8/SC 1 (海洋安全)
7	ISO 16259: 2025 (Ed.1)	<i>Ships and marine technology — Performance test procedures of LNG BOG re-liquefaction system on board a ship</i> 船舶与海洋技术——LNG 挥发气体 (BOG) 再液化系统的性能测试程序	ISO/TC8/SC 25 (海洋温室气体减排)
8	IEC 60092-501: 2025 (Ed.6)	<i>Electrical installations in ships — Part 501: Special features — Electric propulsion plant</i> 船舶电气装置——第 501 部分：特殊要求——电力推进装置	IEC/TC 18 (船舶以及移动式和固定式海上装置的电气装置)
9	IEC/IEEE 61886-2: 2025 (Ed.1)	<i>Subsea equipment — Part 2: Power transformers</i> 水下设备——第 2 部分：电力变压器	IEC/TC 18 (船舶以及移动式和固定式海上装置的电气装置)

2 国际标准立项情况

2025 年 7—9 月, 船舶与海洋领域新立项国际标准 19 项, 内容为海洋温差能发电、压载水、船舶回收设施、转子帆等。标准清单详见表 2, 其中, AWI 为已批准的工作项目, PNW 为美国的太平洋西北地区, TS 为技术规范, TR 为技术报告。

表 2 2025 年 7—9 月船舶与海洋领域新立项国际标准清单

序号	标准号	标准名称	TC/SC
1	ISO/AWI 11711-3 (Ed.1)	<i>Ships and marine technology — Ballast water sampling and analysis — Part 3: Analyses of ballast water samples</i> 船舶与海洋技术——压载水取样与分析——第 3 部分：压载水样品分析	ISO/TC 8 (船舶与海洋技术)

续表 2 2025 年 7—9 月船舶与海洋领域新立项国际标准清单

序号	标准号	标准名称	TC/SC
2	ISO/AWI 25175 (Ed.1)	<i>Standard test method for performance of reverse osmosis (RO) and nanofiltration (NF) membrane element</i> 反渗透 (RO) 和纳滤 (NF) 膜元件性能的标准试验方法	ISO/TC 8/SC 13 (海洋技术)
3	ISO/AWI 8528-1 (Ed.4)	<i>Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets — Part 1: Application, ratings and performance</i> 往复内燃机驱动的交流发电机组——第 1 部分: 用途、定额与性能	ISO/TC 70 (内燃机)
4	ISO/AWI 6249 (Ed.4)	<i>Petroleum products — Determination of thermal oxidation stability of gas turbine fuels</i> 石油产品——燃气轮机燃料热氧化稳定性的测定	ISO/TC 28 (天然或合成来源的石油和相关产品、燃料和润滑剂)
5	IEC 60092-502 (Ed.6)	<i>Electrical installations in ships — Part 502: Tankers — Special features</i> 船舶电气装置——第 502 部分: 油船——特殊要求	IEC/TC 18 (船舶以及移动式 和固定式海上装置 的电气装置)
6	IEC 60092-350 (Ed.6)	<i>Electrical installations in ships — Part 350: General construction and test methods of power, control and instrumentation cables for shipboard and offshore applications</i> 船舶电气装置——第 350 部分: 船用及海上设施用动力、控制和仪表电缆的通用结构与试验方法	IEC/TC 18/SC 18A (船舶以及移动式 和固定式海上装置 的电气装置/电缆)
7	IEC TS 62600-200 (Ed.2)	<i>Marine energy — Wave, tidal and other water current converters—Part 200: Electricity producing tidal energy converters — Power performance assessment</i> 海洋能——波浪、潮汐和其他水流转换装置——第 200 部分: 发电型潮汐能转换装置——功率性能评估	IEC/TC 114 (海洋能——波浪、 潮汐和其他水流 转换装置)
8	ISO/AWI 15516 (Ed.2)	<i>Ships and marine technology — Launching appliances for davit-launched lifeboats</i> 船舶与海洋技术——吊艇架降落救生艇的下水装置	ISO/TC 8/SC 1 (海洋安全)
9	IEC TS 62600-22 (Ed.1)	<i>Resource Assessment for an Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) Plant</i> 海洋温差能发电 (OTEC) 电站资源评估	IEC/TC 114 (海洋能——波浪、 潮汐和其他水流 转换装置)

续表 2 2025 年 7—9 月船舶与海洋领域新立项国际标准清单

序号	标准号	标准名称	TC/SC
10	ISO/AWI 30002 (Ed.3)	<i>Ships and marine technology — Ship recycling management systems — Guidelines for selection of ship recyclers (and pro forma contract)</i> 船舶与海洋技术——船舶回收管理体系——选择船舶回收企业的指南（及格式合同）	ISO/TC 8 （船舶与海洋技术）
11	ISO/AWI 30006 (Ed.2)	<i>Ship recycling management systems — Diagrams to show the location of hazardous materials onboard ships</i> 船舶回收管理体系——显示船上危险材料位置的示意图	ISO/TC 8 （船舶与海洋技术）
12	ISO/AWI 25936 (Ed.1)	<i>Collapsible Personnel Transfer Baskets</i> 可折叠式人员转运吊篮	ISO/TC 8/SC 1 （海洋安全）
13	ISO/AWI 25962 (Ed.1)	<i>Ships and marine technology — Technical requirements for the insert in fairlead</i> 船舶与海洋技术——导缆孔镶件技术要求	ISO/TC 8/SC 4 （舾装和甲板机械）
14	ISO/AWI 25989 (Ed.1)	<i>Ships and marine technology — Marine static towing assembly lines</i> 船舶与海洋技术——海上静态拖曳组件线	ISO/TC 8/SC 4 （舾装和甲板机械）
15	ISO/AWI 25181 (Ed.1)	<i>Ship and Marine Technology — Full scaled test for rotor sail</i> 船舶与海洋技术——转子帆全尺度试验	ISO/TC 8/SC 25 （海洋温室气体减排）
16	ISO/AWI 6249 (Ed.4)	<i>Petroleum products — Determination of thermal oxidation stability of gas turbine fuels</i> 石油产品——燃气轮机燃料热氧化稳定性的测定	ISO/TC 28 （天然或合成来源的石油和相关产品、燃料和润滑剂）
17	ISO/AWI TR 26207 (Ed.1)	<i>Gas Turbine Hydrogen Fuel Safety</i> 燃气轮机氢燃料安全	ISO/TC 192 （燃气轮机）
18	PNW TS 114-602 (Ed.1)	<i>Marine energy — Wave, tidal and other water current converters — Part 11: Handbook for Scour Protection Methods</i> 海洋能——波浪、潮汐和其他水流转换装置——第 11 部分：冲刷防护方法手册	IEC/TC 114 （海洋能——波浪、潮汐和其他水流转换装置）
19	IEC TS 62600-4 Ed.2)	<i>Marine energy — Wave, tidal and other water current converters — Part 4: Technology Qualification for marine energy conversion systems</i> 海洋能——波浪、潮汐和其他水流转换装置——第 4 部分：海洋能转换系统的技术资质认证	IEC/TC 114 （海洋能——波浪、潮汐和其他水流转换装置）

（二）ISO 启动质量管理与环境管理体系标准修订

ISO 正修订全球通用的 ISO 9001 质量管理体系和 ISO 14001 环境管理体系标准，以响应实践、社会及环境领域的新需求。其中，ISO 9001 修订重点聚焦将风险与机会管理分别阐述、强化最高管理层伦理行为要求、纳入文化因素优化标准结构；ISO 14001 则聚焦澄清环境管理体系概念，通过完善附录指南、强化规划质量提升环境因素管理效能，同时围绕气候相关性、产品生命周期等核心议题展开讨论。

ISO 14001 修订版计划于 2026 年 3 月发布，ISO 9001 修订版计划于 2026 年秋季发布。目前企业无须立即调整体系，但需提前关注应对气候变化、机会管理等前瞻性议题。

（三）ISO 与 IEC 联合发布人工智能（AI）管理体系审核认证国际标准

ISO 与 IEC 联合发布《信息技术 人工智能 人工智能管理体系审核认证机构要求》（ISO/IEC 42006），明确了人工智能管理体系（AIMS）的审核认证机构的具体要求。该标准以《合格评定 管理体系审核认证机构要求 第 1 部分：要求》（ISO/IEC 17021-1）为基础，补充了针对 AI 的特定要求，明确认证机构需具备评估 AI 系统开发、部署或提供组织的能力，涵盖道德、数据质量、风险及透明度等领域的审核规则。

该标准规定了审核人员具备开展合格评定所需的专业知识和规则，有助于增强客户及利益相关者对认证结果的信任，同时支持 AI 相关风险与控制审核。该标准适用于依据《信息技术 人工智能 管理体系》（ISO/IEC 42001）开展审核认证的机构，进一步完善 AIMS 的审核规范。

（四）ISO 和 IEC 发布 AI 可持续发展技术报告

为了平衡 AI 的环境影响与效益，联合国环境规划署（UNEP）提出建立衡量 AI 环境影响的标准化方法，以推动 AI 的环境可持续性发展。为响应这一倡议，ISO 和 IEC 信息技术联合技术委员会人工智能分技术委员会（ISO/IEC JTC 1/SC 42）发布《人工智能——人工智能系统的环境可持续性发展技术报告》（ISO/IEC TR 20226），为该领域标准制定奠定基础。

该报告全面概述了 AI 系统在整个生命周期内的环境影响要素，包括工作负荷、资源使用、碳排放、污染和废弃物等，同时提供了量化这些影响的方法以及减少负面

影响的策略。此外，ISO/IEC JTC 1/SC 42 与 ISO 和 IEC 可持续性联合委员会共同成立了人工智能可持续性联合咨询组（JAG），旨在分析现有标准的作用并探讨未来的标准化需求，为 AI 环境可持续性标准的进一步发展提供明确的路线图和建议。

（五）新版《欧盟机械法规》即将生效

《欧盟机械法规》（EU 2023/1230）将于 2027 年 1 月 20 日生效，代替现行法规。

新版法规对机械安全、网络安全和供应链责任提出更严格要求，覆盖制造业、医疗保健和高科技等多个领域。核心变化包括强制网络安全保护、软件合规性、高风险机器的强制检查，以及责任方扩展至进口商和分销商。荷兰企业需提前调整设计、开发和合规流程，并积极参与相关标准制定，以确保适应新法规要求。

（六）美国船舶与游艇委员会（ABYC）发布《小型船舶标准和技术信息报告》增刊

近日，ABYC 发布第 65 期《小型船舶标准和技术信息报告》增刊，该报告将指导北美 90% 以上船舶建造，助力其满足 2027 款船型要求。

该报告修订涉及船舶电气、燃料、供水系统以及座椅结构等，对船舶检验、维修等相关工作至关重要，有助于保障消费者信心、行业一致性，并契合不断变化的监管要求。

该报告更新了 14 项标准和 3 份技术信息报告，其中，《船舶交直流电气系统》（E-11）、《锂离子电池》（E-13）和《汽油燃料系统》（H-24）值得关注。ABYC 还提供概述、合规审计工具和测试模板等 3 种核心合规工具，方便相关方高效验证关键内容。

（七）ISO 与《温室气体核算体系》（GHG Protocol）将共同制定统一的全球 GHG 排放核算标准

2025 年 9 月 9 日，ISO 与 GHG Protocol 宣布达成战略合作协议，将整合双方现有的 GHG 系列标准，联合制定 GHG 排放核算与报告系列标准。

目前，主要的 GHG 核算标准规范由 ISO 和 GHG Protocol 分别制定，均在全球范围内被广泛采用。该项合作将形成 GHG 排放核算的通用的统一标准，进一步简化企业的核算流程，减轻用户的核算与报告负担。

下一步，来自双方组织推荐的专家将联合推动制定企业 GHG 排放、项目 GHG 减排、产品碳足迹量化等 3 项国际标准。

（八）ISO 就《质量管理体系——要求》国际标准草案 (DIS) 版 (ISO 9001 (DIS):2026) 征求公众意见

ISO 宣布启动 ISO 9001 (DIS):2026 的公众意见征询工作，这是该标准近 40 年来的重大修订。

本次修订重点包括要求变更、结构术语优化以及附录 A 的说明要求，旨在应对当代商业挑战，提升标准的适用性。意见征询截止日期为 2025 年 10 月 20 日，各方可通过标准开发门户网站提交建议。ISO 同步发布了草案审查操作指南视频，以协助新参与者融入标准制定流程。新版标准计划于 2026 年秋季正式发布。

（九）美国试验与材料学会 (ASTM) 发布增材制造数字线程标准

ASTM 增材制造技术委员会 (ASTM F42) 批准发布一项新标准 ASTM F3774。该标准旨在为增材制造 (AM) 供应链中的设计、生产与检验环节提供统一的“数字线程”参考框架，通过模块化结构帮助制造商、客户及监管机构明确零件采购、交付及验证所需的关键信息集，有效解决行业因信息规范不统一而导致的沟通效率低下问题。新标准支持用户根据实际需求灵活选用特定模块，无须采用全部内容，可显著提升 AM 业务流程的标准化程度与互操作性。ASTM 欢迎各界参与标准制定。

（十）欧洲发布氢能等能源溯源新标准

2025 年 8 月 14 日，欧洲标准化委员会 (CEN)-欧洲电工标准化委员会 (CENELEC) “能源转型框架下的能源管理和能源效率”联合技术委员会 (CEN-CENELEC /JTC 14) 宣布正式发布新标准《能源来源保证》 (*Guarantees of Origin Related to Energy: EN 16325:2025*)。

新标准对 2013 年发布并于 2015 年修订的《能源来源保证——电力来源保证》 (*Guarantees of Origin Related to Energy – Guarantees of Origin for Electricity: EN 16325:2013 + A1:2015*) 进行了适用范围扩展，延伸至涵盖气体 (包括氢气)、供热及制冷等多种能源载体，以符合欧盟《可再生能源指令》 (EU 2023/2413)、《电力市场共同规则指令》 (EU 2019/944) 及《能源效率指令》 (EU 2023/1791) 等法规要求。

该标准致力于建立一套准确、可靠且防欺诈的可转移能源来源保证（Guarantees of Origin, GO）体系，帮助终端能源消费者追溯所用能源的来源。该标准内容覆盖账户持有者注册、生产设备登记、能源来源保证的签发、转移及注销全流程，并满足准确性、可靠性、真实性、透明度、可追溯性和防欺诈等关键要求，以提升市场信任度和完整性。

（十一）日本标准协会（JSA）发布职业健康专家使用指南

8月28日，JSA发布了《人力资源管理 组织健康管理 职业健康专家使用指南》（JSA-S1025），该指南为企业使用产业医生等职业健康专家提供规范化指导，涵盖专家委托原则、健康管理实施流程及成效评估体系，旨在通过标准化实践扩大职业健康专家使用范围，并提升企业健康经营质量。

二、国际标准工作动态

（一）CEN 和 CENELEC 发布《2024 年度报告》

6月27日，CEN 和 CENELEC 发布《2024 年度报告》，该报告展示了 CEN 和 CENELEC 在过去一年中在推动欧洲标准化体系方面的关键发展和显著成就。

面对欧洲选举和新机构成立的挑战，CEN 和 CENELEC 重申了对构建强大欧洲标准化体系的决心，并强调了标准在加强欧洲单一市场和支持竞争力中的战略地位。报告指出，CEN 和 CENELEC 在可持续发展、数字化、创新和国际合作等优先事项上取得了显著进展，特别是在 AI、网络安全韧性、量子技术及数据管理等领域。此外，报告还展示了 2024 年的主要亮点，包括支持欧洲工业绿色转型、推动新技术清洁能源和可持续能源发展、制定 AI 和信息通信技术标准，以及实施 CEN-CENELEC 2030 战略等。

（二）2025 年 ISO 年会将在卢旺达举办

2025 年 ISO 年会将于 10 月 6—10 日在卢旺达的基加利举行，由卢旺达标准委员会（RSB）主办，主题为“团结一致共创影响力（United for impact）”。作为全球标准领域的重要盛会，年会旨在促进标准传播与创新，推动经济和社会发展。年会活动包括闭门会议和公开会议（可在线参与），重点围绕“共同为未来做好准备”和“有影响力的解决方案”两大议题展开，探讨构建有效体系、创新驱动可持续发展等。

（三）美国国家标准学会（ANSI）就《2025美国标准战略》草案征求公众意见

8月4日，ANSI宣布就《2025美国标准战略》草案公开征求意见，正式文本将于2026年1月发布。

《美国标准战略》每5年更新1次，是指导美国标准制定以及参与国际化的基础性文件，2025年的更新旨在反映美国以私营部门为主导的标准体系在提升安全、生活质量和全球竞争力等方面的价值。利益相关方可重点围绕该战略是否解决2020年以来标准环境重大变化等关键问题提出意见。ANSI同时正在制定该战略配套常见问题解答，并对《美国合格评定原则》（USCAP）进行全面审查，将于2026年1月与该战略同步发布。10月21日，ANSI还将在创新峰会上举办专题会议讨论该战略的实施。

（四）日本拟通过收购海外认证机构主导关键技术国际标准制定

日本政府将推动负责审核尖端技术和产品标准的日本国内认证和测试机构收购海外认证机构，并考虑通过政府旗下基金为收购费用提供融资。目的是主导量子、脱碳、AI等领域国际标准制定权。

较为有力的方案是由日本政府旗下基金产业创新投资机构——日本产业合作伙伴（JIP）等为日本国内认证机构提供资金支持。已经开始向日本质量保证协会（JQA）等相关团体了解关于正在考虑的收购案及强化体制所需资金的情况。日本政府将把支援措施和费用列入2025年度补充预算案和2026年度预算案中。

量子技术和脱碳等领域尚无明确的国际标准，各国正在争夺全球标准的主导权。如果符合本国技术和质量管理标准能够获得认可，将有助于日本企业开展国际业务。日本也把这些领域定位为“战略领域”。另一方面，如果将海外市场的认证委托当地机构，日本企业的技术和经验可能会外泄。日本将通过海外认证机构投资和收购来降低经济安全风险。将认证机构纳入旗下，有助于收集外国企业的技术开发及各国的监管动向等信息。

（五）第89届IEC大会在印度新德里闭幕

9月19日下午，第89届IEC大会在印度新德里正式闭幕。大会由印度标准局（BIS）主办，主题为“构建可持续发展的世界”。大会期间，102个国家委员会（NC）代表

审议通过了 2024 年审计财务报告及 2026 年预算方案，并选举产生了 2026—2028 任期的新一届标准化管理委员会（SMB）、合格评定委员会（CAB）及商业咨询委员会（BAC）成员。

本次会议明确了未来 IEC 标准化工作的重点方向，包括推动清洁能源转型（可再生能源并网、智能电网与车辆到电网（V2G）技术标准）、全球 AI 治理以及绿色技术合格评定体系升级三大领域的行动。大会宣布，下两届会议将分别于 2026 年在德国和 2027 年在新加坡举行。

大会同步展示了 IEC 青年专家计划的成果，强调了新生代专家在国际标准制定中的重要作用。

（六）ANSI 将举办首届创新峰会

ANSI 首届创新峰会（前称为“世界标准周”）将于 10 月 21—23 日在马里兰州罗克维尔市举办。峰会聚焦“标准驱动进步”，涵盖 AI 规模化、监管应对等议题的讨论及创新展示。

峰会公布，3 位行业专家将担任主讲嘉宾：

Elham Tabassi 获评《时代周刊》2023 年最具影响力 AI 人物之一，将在 AI 和制造业会议上发表主题演讲。

代理首个美国 AI 版权案的律师 Miranda Means，将于 10 月 23 日在 ANSI 法律问题论坛发表主题演讲并参与小组讨论。

宾夕法尼亚大学的 Cary Coglianese 专注行政法和监管过程研究，将在法律问题论坛发表主题演讲并主持小组讨论会。

（七）CENELEC 成立海上风电协调组（COG）

2025 年 6 月 23 日，CENELEC 成立海上风电 COG，该小组是欧洲创新委员会与中小企业执行局（EISMEA）“海上风电能源标准化”项目的核心组成部分，旨在制定全面路线图，推动现有风能标准适配海上风电技术的特殊需求。

此举源于西班牙风能行业提出的关切。相关利益方指出，海上风电领域目前缺乏针对性标准。尽管现有约 50 项标准覆盖风电开发多数环节，但其中多数基于陆上应用设计，难以完全满足近年兴起的海上风电特有的技术挑战和需求。

欧洲在固定式和浮动式海上风电技术领域均处于全球领先地位。发展海上风电对

实现《欧洲绿色协议》目标具有重要意义。风电行动计划中的“行动 13”强调，标准化是确保设备兼容性、降低成本、提升效率和可持续性的关键工具，有助于强化产业生态。该计划同时提出需明确风能领域的标准化需求、现存差距和实施障碍。

在此背景下，西班牙风能行业对海上风电标准缺失表示关注。该议题已被列为 EISMEA 项目工作包 2（WP 2）的核心目标。海上风电 COG 将重点开展以下工作：

（1）标准化态势分析：制定高效实施 EN IEC 61400 系列及其他风能标准的战略，明确工作优先级和推进顺序。

（2）路线图制定：基于分析结果编制海上风电技术适配路线图，针对亟待解决的标准化缺口和需求提供具体指导。

该 COG 已吸引 11 个 NC 的 25 名专家参与，并得到 CEN-CENELEC 管理中心（CCMC）代表支持。西班牙标准化协会（UNE）担任秘书处。该 COG 计划 2026 年 12 月提交最终路线图，旨在为海上风电未来标准化工作提供建设性指导建议。



船舶风力推进技术发展展望

中国船舶科学研究中心 杜辛茹，胡 琼，王艳霞
刘希洋，陈京普

摘 要：风力推进系统新型船舶节能技术，正成为国际航运业应对温室气体（GHG）“零排放”压力的重要技术手段。目前，已经有多种类型的风力助推装置实现了商业化应用，并已纳入能效法规与技术标准体系。但是，风力推进系统在性能评估、全尺度试验验证、法规适应性与安全控制等方面仍存在标准空缺与技术瓶颈，制约其推广与跨国互认。系统梳理了旋筒风帆、吸力帆、硬帆等主流技术的原理及应用进展，分析了国际海事组织（IMO）、国际标准化组织（ISO）、国际拖曳水池会议（ITTC）及各船级社在风力助推系统相关法规标准制定上的最新动态，揭示了风力推进系统在 GHG 减排贡献度、能效计算方法、实船测试评估、安全性标准等维度的差距与挑战。在此基础上，提出针对技术研发、产业化路径、法规标准建设等方面的系统性建议，旨在为我国风力推进系统的发展提供建议，支撑绿色航运技术的落地与国际话语权的构建。

关键词：风力推进系统；温室气体减排；差距分析；旋筒风帆；吸力帆；硬帆；技术展望

1 引言

风力推进作为一种可再生、可持续的绿色推进路径，正日益成为国际航运业应对温室气体（GHG）零排放要求的重要解决方案。伴随国际海事组织（IMO）船舶能效设计指数（EEDI）、现有船舶能效指数（EEXI）、碳强度指标（CII）和温室气体燃料强度（GFI）等指标逐步强制实施，风力推进技术因其减排显著、无排放风险、适用性强等特点获得了广泛关注。在此背景下，《欧盟碳排放权交易系统》（EU ETS）和《可持续海运燃料》（FuelEU Maritime）法规的相继落地，船舶节能减排形势日趋严峻。

据挪威船级社（DNV）统计，截至2025年初，全球已有超过50艘商船实际安装风力推进装置，节能效果普遍可达5%~20%，在风况理想时节油率甚至可超过30%^[1]。然而，风力推进系统在现行法规、标准、测试验证机制以及评估方法等方面仍存在显著差距，制约其进一步商业化应用和国际规则层面的有效纳入。主要通过梳理美国船级社（ABS）报告^[2]、欧洲海事安全局（EMSA）报告^[3]、IMO海上环境保护委员会（MEPC）会议提案^[4-5]等文件，梳理风力助推系统技术发展现状，对差距分析和其中的技术难点进行归纳，对风力助推技术未来发展趋势进行展望。

2 风力推进技术及其规则标准研究进展

2.1 风力推进技术的研究与应用进展

当前代表性的风力推进技术分为5类：旋筒风帆（Rotor sail）、吸力帆（Suction sail）、硬帆（Wing sail）、软帆（Soft sail）和风筝（Kite）。目前，旋筒风帆、吸力帆和硬帆在大型运输船上应用较成熟，正广泛装备于新建船舶，现有船舶的节能改造项目中也屡见不鲜。

2.1.1 旋筒风帆

旋筒风帆的原理是马格努斯效应。当垂直圆柱体绕自身轴线高速旋转并受到横风作用时，周围流场产生速度差，从而在垂直方向上形成升力（或侧推力）。旋筒风帆原理图如图1所示。该升力可转化为前向推进力。相比传统风帆，旋筒帆的升力方向与风向垂直，调节相对简单，不依赖风帆角度调节即可获得持续推进力；占甲板空间小；视线遮挡影响小。

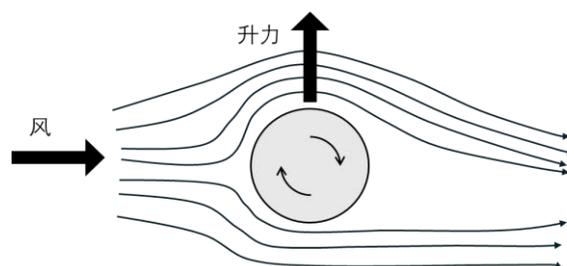


图1 旋筒风帆原理图

据 DNV 统计，在已安装的风帆中，旋筒风帆占比 48%，正在朝着大型化、智能化发展^[1]。2021 年，Norsepower 公司在 340 m 长、325 000 载重吨（DWT）的超大型矿石运输船 Sea Zhoushan 上安装了 5 个 24 m 高的旋筒风帆。2024 年，Anemoi Marine Technologies Ltd 公司在 388 000 DWT 的矿石运输船 Berge Neblina 安装了 4 套 35 m 高的旋筒风帆。同时，芬兰的研究机构致力于开发集成有人工智能（AI）算法的能效管理系统，该系统不仅能根据实时环境数据自动调整旋筒风帆的工作模式，还能与其他船舶辅助系统（如动力系统、推进系统等）进行协同优化，实现整体能效的最大化。

2.1.2 吸力帆

吸力帆是一种非持续旋转的厚翼型风帆，其原理是利用厚翼型剖面获得高升阻比，同时背风面设置吸力口防止其流动分离。吸力帆原理图如图 2 所示，其背风面设置了可渗透壁面，中心为圆柱空腔，空腔中心放置排气装置，当排气装置工作时，翼形尾部的失速空气受到强力抽吸，经过可渗透壁面吸入帆体内部，并从顶部排出，从而形成压力差并抑制流动分离。翼形尾部附有襟翼，可以将尾部气流分成两部分，防止下游产生涡流。

当前，吸力帆装船数量占已安装的风帆的 30%^[1]。其设计概念最初起源于 1985 年 Cousteau 基金会提出的涡轮帆（turbosail）^[6]，经过 40 年的发展，吸力帆因其视线遮挡少、成本低、耗能少以及节能效果高等优势，成为订单量最多的风帆。当前吸力帆产品的发展整体趋势和旋筒风帆一样，致力于形成大型化的高推力产品，同时开发智能控制设备以实现根据环境自动调节最佳工作状态。2024 年，Bound4blue 公司将 3 套 22 m 高的吸力帆产品 eSAIL 安装在 154 m 长、5 200 DWT 的滚装船 Ville de Bordeaux 上。同时该公司为每套设备配备了自主控制系统，控制系统可自动或手动控制装置旋转、襟翼位置和吸力强度。

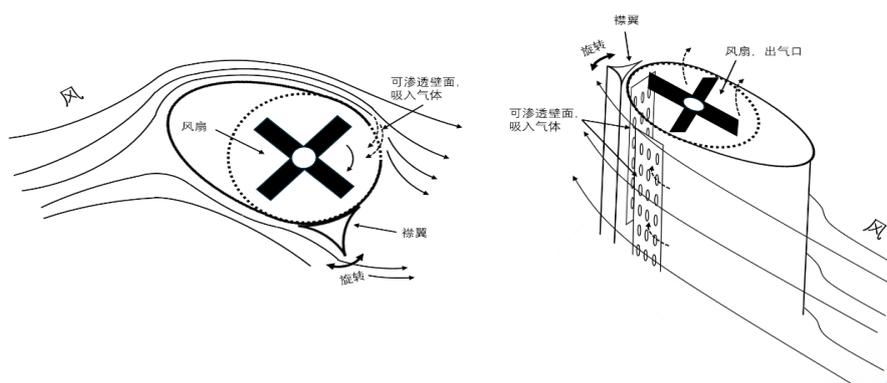


图2 吸力帆原理图

2.1.3 硬帆

硬帆也称为刚性帆，是一种具有固定、非柔性结构的帆，通常由碳纤维等轻质材料制成。与根据风和水文情况改变形状的传统帆不同，硬帆保持固定的翼形。这种刚性帆面使其能够在更多的风向下有效地产生升力，从而可能节省燃料。硬帆的设计原理类似于飞机产生升力的方式。风吹过帆面时，会在帆的上方形成一个低压区，在帆的下方形成一个高压区，从而产生升力和推力。硬帆原理图如图3所示。硬帆需要与来风方向对齐，并具有最佳迎角。硬帆通常配备襟翼等增升装置，襟翼增加了机翼的外倾角或曲率，从而在较低的风速下提高了最大升力系数。部分硬帆由多段组成，也可以将其弯曲以最大化气动力。

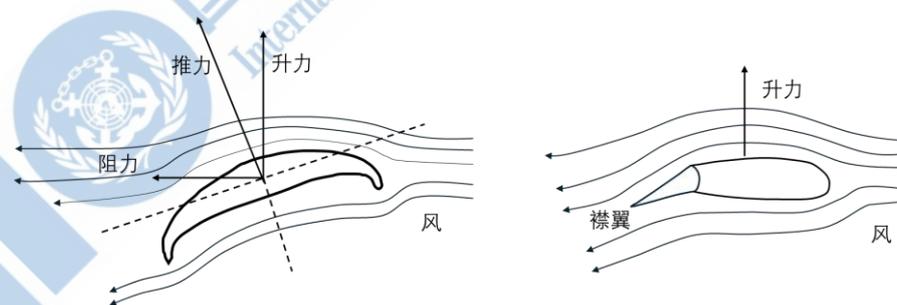


图3 硬帆原理图

硬帆不需要主动输入能量，原理结构更简单，更易大型化，19%的风力推进船舶选择硬帆^[1]。目前可折叠和可移动是硬帆发展的趋势，2024年散货船300 m长，211 153 DWT的散货船Berge Olympus安装了4套高40 m的可折叠硬帆。2023年瑞典家族航

运公司 Wallenius Wilhelmsen 和项目合作伙伴获得 Horizon Europe 资金 900 万欧元建造世界上第 1 艘以风为主要推进形式的滚装船 Orcelle Wind, 该风力船舶选用硬帆, 同时配备天气路线系统、且船身进行优化设计。船舶预计 2027 年完工, 船身长 220 m, 可容纳 7 000 多辆汽车, 也可运载杂货和滚动设备。该风力船舶在航行中以 10~12 kn 的速度运行, 可以通过补充动力系统来提高速度, 预估可减少高达 90% 的碳排放量。

2.2 风力推进技术国际法规标准规范进展

2.2.1 IMO MEPC 会议提案与国际法规

随着风力推进技术不断成熟, 市场需求日益增长, 其成为各国和组织在 IMO MEPC 会议中关注的热点。IMO MEPC 风力推进相关的提案如表 1 所示, 其中, INF 为信息文件, RINA 为意大利船级社, IWSA 为国际风船协会。

表 1 IMO MEPC 风力推进相关的提案

时间	提案号	题目
2011	MEPC 62/5/12 (德国) ^[7]	<i>Draft Interim Guidelines for Determination of the Effective CO₂ Reduction by Wind Propulsion Systems</i>
2011	MEPC 62/INF.34 (德国) ^[8]	<i>Global Wind Specification along the Main Global Shipping Routes to be applied in the EEDI Calculation of Wind Propulsion Systems</i>
2011	MEPC 62/INF.35 (德国) ^[9]	<i>Calculation Method to be applied in the EEDI Calculation of Wind Propulsion Systems</i>
2019	MEPC 74/5/30 (中国) ^[10]	<i>Proposed acquisition method of the wind propulsion system force matrix based on wind tunnel model test</i>
2019	MEPC 74/INF.39 (中国) ^[11]	<i>Findings on the EEDI assessment framework for wind propulsion systems</i>
2020	MEPC 75/INF.26 (科摩罗) ^[12]	<i>Wind propulsion solutions</i>
2021	MEPC 76/6/2 (中国、德国和日本) ^[13]	<i>Draft amendments to MEPC.1/Circ.815 for verification of the wind propulsion system</i>
2021	MEPC 76/6/6 (芬兰和德国) ^[14]	<i>Additional draft amendments to MEPC.1/Circ.815 for verification of the wind propulsion system</i>
2021	MEPC 76/6/7 (法国) ^[15]	<i>Draft amendments to MEPC.1/Circ.815 additional to the amendments proposed by MEPC 76/6/2 concerning wind tunnel model test methods</i>

续表1 IMO MEPC 风力推进相关的提案

时间	提案号	题目
2021	MEPC 76/6/8 (法国) [16]	<i>Draft amendments to MEPC.1/Circ.815 additional to the amendments proposed by MEPC 76/6/2, concerning the calculation of the wind propulsion system force matrix and the extension of the scope of that circular to the EEXI</i>
2021	MEPC 76/6/10 (科摩罗和 RINA) [17]	<i>Comments on documents MEPC 76/6/2 and MEPC 76/6/6 proposing draft amendments to MEPC.1/Circ.815 for verification of the wind propulsion system</i>
2021	MEPC 76/7/31 (科摩罗和 RINA) [18]	<i>Prediction and verification of CO₂ emission savings with wind propulsion systems</i>
2021	MEPC 76/INF.30 (科摩罗和 RINA) [19]	<i>Prediction and verification of CO₂ emission savings with wind propulsion systems</i>
2021	MEPC 77/6 (科摩罗、芬兰、法国、德国、日本、西班牙、荷兰和 RINA) [20]	<i>Draft amendments to MEPC.1/Circ.815 for verification of the wind propulsion system</i>
2022	MEPC 79/7/26 (科摩罗、芬兰、法国、沙特阿拉伯、所罗门群岛、西班牙、RINA 和 IWSA) [21]	<i>Wind propulsion</i>
2022	MEPC 79/INF.21 (科摩罗、芬兰、法国、沙特阿拉伯、所罗门群岛、西班牙、RINA 和 IWSA) [22]	<i>Wind propulsion</i>
2023	MEPC 80/INF.33 (RINA 和 IWSA) [23]	<i>Wind propulsion technologies as a key enabler</i>
2024	MEPC 81/INF.39 (科摩罗、法国、所罗门群岛和 IWSA) [4]	<i>White paper on wind propulsion</i>
2024	MEPC 81/INF.40 (RINA 和 IWSA) [24]	<i>Review of wind statistics approach of MEPC.1/Circ.896 for verification of wind propulsion systems</i>
2024	MEPC 82/7/9 (IWSA) [25]	<i>Inclusion of wind propulsion in the GFI formula</i>
2025	MEPC 83/7/33 (IWSA) [26]	<i>Measurement and inclusion of wind propulsion in the GFI formula</i>
2025	MEPC 83/INF.33 (IWSA) [27]	<i>Proposed assessment methodology tiers to measure wind propulsion in the GFI</i>
2025	MEPC 83/6/3 (中国) [28]	<i>Supplementary suggestions on the full-scale testing and the calculation method in MEPC.1/Circ.896</i>
2025	MEPC 83/INF.6 (中国) [29]	<i>Study on EEDI calculation method for wind-assisted ships based on sea trials</i>
2025	MEPC 83/INF.19 (RINA 和 IWSA) [5]	<i>Wind propulsion technologies – a key zero-emission energy solution</i>

2011年德国在MEPC 62/5/12中提出将风力推进装置作为创新节能装置纳入EEDI计算公式中并给出了计算公式^[7]，同时德国在MEPC 62/INF.34中给出了全球风谱计算方法^[8]，在MEPC 62/INF.35中详细解释了MEPC 62/5/12中的公式计算方法^[9]。该方法在2013年被纳入EEDI计算框架，形成MEPC.1/Circ.815通函^[30]，该方法通过风力推进装置的力矩阵与全球风概率矩阵相乘，估算其有效推进功率。

2019年中国在MEPC 74/5/30中提出了基于风洞模型测试方法获取风力推进系统力矩证的方法^[10]，并在MEPC 74/INF.39中提出了风力推进系统对EEDI贡献受路线影响很大、对恶劣海况下船舶最小推进功率产生影响、EEDI计算中力矩阵缺少规程等问题^[11]。针对使用全球风概率矩阵因涵盖不利航线会低估风力推进系统的实际性能，MEPC 76/6/2、MEPC 76/6/6、MEPC 76/6/7、MEPC 76/6/8、MEPC 76/6/10以及MEPC 77/6推荐引入折中处理方式，即选用50%风力统计方法，以提高评估结果中的合理性与代表性^[13-17,20]，该方法在2021年MEPC 77上被纳入MEPC.1/Circ.896通函中^[31]。同时，荷兰海事研究所(MARIN)和ABS在WiSP JIP联合项目中开展了风力推进装置性能预测和相关法规研究，并在MEPC 76/7/31和MEPC 76/INF.30中提出了针对不同复杂度示例应采用不同层级的二氧化碳减排量计算方法，并给出了两个层级的建模要求。

2022年MEPC 79/7/26和MEPC 79-INF.21就风力推进系统的市场预测、政策/法规发展、标准化/风机发展进行分析，指出在节能减排中期措施中，应为风力推进系统和其他非商品化能源建立公平竞争环境^[21-22]。随后，MEPC 80/INF.33针对风力推进数据分析、性能贡献标准、CII/EEXI/EEDI计算方法、气象航线、水下噪声、耐波性开展分析讨论^[23]。MEPC 81/INF.39则对风力推进系统当前研究进展进行了更完整的总结，并分析了当前法规差距^[4]。MEPC 81/INF.40指出MEPC.1/Circ.896通函中计算方法高估了风能贡献效果，阐述了需要考虑的额外因素，并提出一种调整风概率的方法，包括纳入波浪附加阻力的经验估算和不同航线加权计算方法^[24]。

近两年，IWSA在MEPC 82/7/9、MEPC 83/7/33、MEPC 83/INF.33等文件中提出将风能贡献纳入GFI计算的方法，给出了贡献度评估模型建议，并引入基于方法学精度的“可靠度因子”理念^[25]。同时，IWSA在MEPC 83/INF.19中分享了最新的风力推进系统技术进展^[5]。

然而，在MEPC.1/Circ.896通函中风力推进系统全尺度试验没有明确规程，其技术难点除了环境变量难以控制外，实船测力技术也一直无法普及。在此背景下，中国

在 MEPC 83/6/3 和 MEPC 83/INF.63 中提出将风洞数据与实船数据相结合,并通过代理模型对全尺度数据进行修正以提高模型准确性,可作为现阶段的可行折中方案^[28-29]。

2.2.2 国际标准

国际标准化组织船舶与海洋技术委员会 (ISO/TC 8) 设立了海洋温室减排分委会 (ISO/TC 8/SC 25), 并形成相应工作组开展风力推进装置标准制定。风力推进系统在研标准如表 2 所示, 其中, AWI 为已批准的工作项目。该项目由韩国提出, 主要关于旋筒风帆陆上测试标准。中国专家正在就风力推进装置的性能预测评估和海上测试导则积极开展标准化工作。

表 2 风力推进系统在研标准

时间	提案号	题目
2024	ISO/AWI 25181	Full scaled test for rotor sail

2.2.3 ITTC 规程

2024 年 ITTC 成立了风动力和风力助推船舶委员会 (Wind Powered and Wind Assisted Ships Committee), 致力于弥补风力推进装置在性能预测方法、海试规程以及安全法规的空白, 并发布了两份相关文件, 如表 3 所示。7.5-02-03-01.9 号导则给出了风洞试验、水池试验、计算流体动力学 (CFD) 仿真、船舶动力学模拟和航线优化的方法建议, 建立了风力推进船舶性能评估框架; 7.5-04-01-02 号导则提出一套可在短周期内完成、适用于风力推进技术验证的海试方案, 并明确最低试验要求和扩展测试范围, 为装置效果的定量化评估提供了新思路。

表 3 风力推进系统 ITTC 导则

时间	文件号	题目
2024	7.5-02-03-01.9	Predicting the power saving of wind powered ships
2024	7.5-04-01-02	Sea trials for assessing the power saving from wind assisted propulsion

2.2.4 船级社指南

随着风力推进装置的商业化应用, 各国船级社制定了关于风力推进技术的规范指南, 如表 4 所示, 其中, BV 为法国船级社, KR 为韩国船级社, LR 为英国劳氏船级

社, CCS 为中国船级社, NK 为日本海事协会。相关规范主要围绕装置结构荷载、材料、系泊设备、电气系统、机组人员安全、防雷保护、测试与检验进行编写,并持续更新。

表 4 风力推进装置船级社规范

时间	船级社	题目
2021	BV	<i>NR 206 Wind Propulsion System</i>
2021	DNV	<i>DNV Pt 6-Ch 2-Sec 12, DNV-RU-SHIP, Wind Assisted Propulsion Systems</i>
2021	KR	<i>Guidelines for Wind Assisted Propulsion Systems</i>
2021	LR	<i>Provisional Rules for Sail-Assisted Ships</i>
2022	ABS	<i>Wind Assisted Propulsion System Installation</i>
2022	KR	<i>Guidance for Prevention System of Pollution from Ships, Chapter 5, Wind Assisted Propulsion System</i>
2023	CCS	<i>Guidelines for Survey of Marine Wind-Rotor Assisted Propulsion System</i>
2023	RINA	<i>Rules for the Classification of Ships, Part F Additional Class Notations, Chapter 13 Other Additional Class Notations, Section 45 Wind Assisted Propulsion system</i>
2024	NK	<i>Wind assisted propulsion systems for ships</i>

3 差距分析

3.1 GHG 减排法规差距

3.1.1 EEDI 计算方法

在 MEPC.1/Circ.896 通函中采用的 50% 风力统计数据方法被认为是开展全面影响研究之前的一项暂行措施^[24]。通过结合实例研究、数据集分析, EEDI 中风力推进系统贡献的计算方法应进一步被研究。

在风力推进系统推力评估方法方面, 当前主要包括风洞试验、CFD 模拟和全尺度实船试验。这 3 种方法各具优势与局限: 风洞试验存在尺度效应, 实船试验受环境变量影响较大, 且目前尚无风力推进系统尺度效应的完善研究、统一的实船测量流程和不确定度评估标准。

全尺度试验的难点除了环境变量难以控制外, 实船测力技术也一直无法普及。

MEPC 83/INF.33 提到用应变计或设备底座应变的测量,结合有限元模型,推导测量应变与基础俯仰力矩之间的关系;在设备表面设置压力抽头,借助 CFD 或风洞测试的精细分辨率数据,可以构建完整的压力场,通过将压力场积分到整个设备上,可以得出最终的推力和侧向力;但目前相关研究没有公开资料,难以验证方法的可靠性^[27]。还需要更多相关测试研究正式测试方法可靠性。

此外, EEDI 基准速度 (V_{ref}) 依据平静海况确定,而风力推进系统通常依赖风场条件产生有效推力,这种理论设定与实际应用场景存在明显不一致。目前的计算方法并未考虑对应风场环境下船舶额外风浪阻力和由此造成的功率增加,这将高估风力推进系统对降低 EEDI 的贡献^[3]。因此,有必要重新审视 EEDI 中对风力推进系统的“风”的定义,以确保其科学性与适应性。

3.1.2 从油井到尾流即全生命周期 (WtW) 碳核算机制

MEPC 83 批准了《防止船舶污染国际公约》(MARPOL) 附则 VI 中新增的第 V 章及其他条款的配套修正案,即 IMO 净零框架。该修正案计划于 2025 年 10 月召开的 IMO MEPC ES 上正式通过,相关要求基于 GFI 这一指标。风力推进系统虽已被纳入合规能源路径之一,但具体的纳入方法方面仍处于起步阶段,需要进行更多研究以确保方法的可靠性。

3.2 技术评价标准缺失

3.2.1 初步设计阶段性能评估方法

目前,不同国家和设计机构在风力推进系统初步设计阶段所采用的评估方式差异较大,缺乏统一的指标定义和评估模型,导致方法之间结果不可比、不可复现。这不仅影响风力推进系统选型的科学性,也妨碍了政策层面对其推广效果的准确评估。该项工作的难点之一在于如何对风力推进船舶进行不同自由度的运动系统建模与验证,并形成标准化可操作的评估方法与流程。

3.2.2 实船性能测试程序

目前面向船舶速度与功率测量的公认方法主要为 ISO 15016^[32],内容是将测得的船舶航速修正到无风、无浪、无水流和 15 °C 的深水。ISO 标准中规定的程序并未考虑风力推进系统的影响,而且 IMO 尚未发布关于在海上试验期间验证风力推进系统对燃油效率贡献的方法的正式指南。目前风力推进系统的实船评估主要依赖于装置安装前后船舶推进功率的对比测量。然而由于环境条件变化剧烈,如何控制风场测量精度、

评估传感器误差与建立风力贡献的量化机制，仍是当前技术推广亟待突破的关键点。

3.3 安全性与操作适应性法规滞后

3.3.1 最小推进功率导则

MEPC.1/Circ.850 通函旨在指导确定船舶在不利海况下维持基本操纵能力所需的最小推进功率，确保在满足 EEDI 要求的同时，船舶仍具备在恶劣环境中安全航行的能力^[33]。该通函用于落实 MARPOL 附则 VI 第 4-21.5 条的相关规定。

然而，当前关于风力推进系统对最小推进功率的影响尚未被充分考虑。从理论上讲，风力推进装置可为船舶提供额外的推进力，从而降低对主机功率的需求并优化 EEDI 指标。但在实际操作中，风力推进系统通常在恶劣海况下需折叠、关闭或收起，既无法提供推进力，甚至由于其较大的迎风面积可能导致风阻增加，从而提高对主推进装置的功率需求^[3]。由此可见，若不加以审慎评估，风力推进系统反而可能对 EEDI 产生负面影响。因此，在开展最小推进功率评估时，有必要制定专门方法，合理考虑风力推进系统在不同工况下的可用性和反作用。

3.3.2 视线遮蔽影响与航行安全

风力推进装置体积较大，结构位置通常位于上层建筑附近，对雷达波传播路径与航行灯可视性可能造成遮挡，进而影响船舶航行安全。IMO 修订的性能标准 MSC.192(79)号决议、《1974 年国际海上人命安全公约》（SOLAS）第 V 章及 IMO 舰载雷达设备安装指南等技术文件，均应进一步纳入风力推进系统可能带来的可视盲区与雷达干扰影响^[3]。此外，《1972 年国际海上避碰规则公约》（COLREG 1972）对航行灯的设置类型和位置提出了具体要求。若风力推进装置遮挡航行灯光线，则应制定具体的补偿性技术措施，如航灯改位或设立辅助视觉系统，以确保航行期间的全天候可识别性^[3]。

3.3.3 船舶操纵性标准

现行《船舶操纵性标准》（MSC.137(76)号决议）主要用于评估船舶的回转能力、初始回转反应、偏航稳定性和停止能力等指标，为船舶设计、建造及运营提供参考。然而，该标准未考虑风力推进系统引入后的操纵性能变化。风帆装置的升力与侧向力特性对船舶的回转半径、偏航响应与航向保持能力具有实质性影响^[3]。如何将风力推进装置在各风况与帆姿条件下对操控性的干扰作用纳入现行评估体系，是未来标准更新亟待解决的问题。

3.3.4 船舶稳性评估规则

风力推进系统具有较大投影面积和较高安装位置，其额外受风载荷与结构重量会对船舶横向稳性构成挑战。稳性分析时，应将风力推进系统视为扰动源，分别针对可折叠与固定式风装置设定不同的稳性评估工况。相关规则应在《2008年国际完整稳性规则》（2008 IS Code）（MSC.267(85)号决议）、第二代稳性标准、SOLAS 第II-1章以及 MSC.429(98)号决议的框架下进行补充^[3]，系统纳入风力推进装置所引起的侧向力、横倾力矩、质量分布变化及其与横摇响应之间的耦合效应被进一步考虑。

3.3.5 其他

目前，各主要船级社已对风力推进系统的结构强度、材料选择、系泊装置、电气控制、危险区域的消防安全、机组人员作业安全、防雷保护、检验与认证流程等制定了初步技术规范。然而，MEPC 81/INF.39 指出，仍需针对不同类型风力推进装置的载荷特性建立差异化要求，并推动材料认证体系覆盖更多材料的认证^[4]。

此外，在风力推进系统装船前，通常需经过陆上台架测试与船上系泊测试，以验证结构性能和控制系统的稳定性。目前尚未有国际统一的测试方法和程序。除了韩国正在推进旋筒风帆陆上测试标准（国际标准化组织已批准的工作项目 ISO/AWI 25181）外，其他风帆的陆上测试标准和船上系泊测试标准也存在空缺。

3.4 国内外技术差距

近年来，国际航运界风力推进技术上取得了显著进展。首先是开展了众多风力主推船舶，例如上文所提的瑞典正建造以风为主要推进形式的滚装船 Orcelle Wind，预计实现 90% 的减排量；日本 Ouchi Ocean 与商船三井合作，融合风能、电解制氢与液态有机氢载体，打造“自发电-自供能”的零碳排放风能货船；挪威的 Sea Zero 项目计划使用风力推进系统对挪威 Hurtigruten 运营的一艘船舶进行改装，打造零排放邮轮，预计在 2030 年实现零排放电力驱动^[5]。

同时数字孪生与 AI 优化设计正逐步融入风力推进系统开发中，包括使用机器学习替代传统 CFD 模拟，进行快速、高精度的性能预测、设计迭代、尾流场预测。另外欧盟（EU）OPTIWISE 项目开发了 CREATOR 模式，通过使用基于机器学习的替代模型，整合推进力、操纵性、耐波性评估，实现全船级优化^[5]。

在风力推进系统性能预测方面，国外已建立了多种高精度性能预测模型与评估工具，包括：性能预测程序（PPP）^[34]、ShipCLEAN^[35]、exWASP_CN^[36]、决策过程模

型^[37]和路由模型（RM）^[38]。

在风力推进性能验证与实船测试方面，DNV 提出当前风速测量无法满足精度，应该应用先进激光雷达技术或光栅传感器，提升风场分布的精度感知能力，为性能监测与控制提供支撑。同时 DNV 采用开关（on-off）状态交替运行测试方法，减少性能评估不确定性^[5]。

在产品功能上，可伸缩折叠设计、航向控制与横倾管理、船桨舵风帆联合控制技术是新的技术方向。此外，风力推进系统对水下噪声最近也被广泛关注。

近年来国内开始关注风力推进技术，但整体发展仍处于起步阶段，与国际先进水平存在明显差距，包括：

（1）国内尚未出现明确计划开发 90%以上风能为主动力的船型，大多仍停留在“风力辅助”概念阶段。

（2）风力推进装置整体商业化落地滞后，旋筒风帆与硬帆虽已有试点项目，但整体仍处于商用化初期。而针对吸力翼帆尚未开展系统研究与技术开发。

（3）在装置设计上，国内风帆产品大多缺乏“折叠、智能化、与天气系统联动”等先进特性，结构适配性与操作便捷性不足。

（4）国内尚未形成一套多维度、多工况下的风力推进系统性能评估体系，也尚未建立成熟的数字孪生系统用于风力推进性能反馈优化。

（5）国内实船测试技术缺少创新型，测试样本少，运营数据积累不足，难以支撑可靠的节能验证与装置性能改进。

4 未来展望

综上所述，针对风力推进系统在法规与技术上的差距，我国风力推进系统的发展任重而道远。

4.1 加强国际接轨，积极参与国际法规、标准的制定

（1）在环保法规方面，对已经纳入的法规进一步考虑风力推进系统计算的合理性；对还未被纳入的法规，纳入方法研究应被开展。

（2）应推动建立统一的性能评估方法标准体系，制定风力推进系统设计阶段、实船试验阶段、运营阶段的统一节能效果及不确定度评估方法。

（3）开展最小安全推进功率与风力推进装置的适应性研究，结果应尽快纳入

MEPC 最小推进功率评估体系。

(4) 编制风帆装置对操纵性、安全性、稳性的综合影响评估指南，完善现有 IMO 和 SOLAS 规范，补充风帆对视野、雷达、稳定性、航灯等可能影响的评价与补偿技术规范。

(5) 完善国内与 ISO、ITTC 等国际标准对接机制，提升中方在国际组织中的标准的话语权，补足旋筒帆、吸力帆、硬帆等类型测试规程空白，推动中国标准成为国际规则的重要组成部分。

4.2 掌握核心技术，突破风力助推系统研发技术壁垒

(1) 完善风力推进系统推力测量技术，突破实船测力关键技术，开展基于应变计、压力抽头及激光雷达的全尺度力学测量方法研究，提升风力贡献量化的可靠性与重复性。

(2) 建立多自由度耦合评估模型，开发风帆-船体-海况多物理场耦合仿真平台，统一升力、阻力、姿态、稳性等多变量对航行性能影响的建模方法。构建适用于设计阶段的高效性能预测工具，研发基于 CFD 与机器学习混合建模的快速评估方法，用于设计初期多种风力推进装置选型与配置优化。

(3) 开发具备智能控制能力的风帆系统，推进 AI 控制算法与环境感知技术集成，实现风帆在不同海况下的自主姿态调节与效能最优化。

4.3 加速产业赋能，引入数据科学前沿科技智慧发展

(1) 推动风力主推进型示范船开发，布局风力主推进型商船试点工程，填补“风为主动动力”船型开发空白，示范工程建议涵盖滚装船、散货船等典型船型。

(2) 建立多气象区实船测试与数据库平台，建设多个典型航线的风力推进系统实船监测与数据库系统，提升运行数据积累，支撑商业化可靠性验证。

(3) 加强装置智能化、折叠化与船体适配性研究，围绕风帆与船体结构干涉、视线遮挡、维护便利等工业应用痛点，研发具备高集成度、高适配性的新一代风帆产品。

(4) 在此基础上，建议持续深化国际多边合作，积极参与相关标准和导则的制定与修订，推动技术共享与经验互认，共同弥补风力推进系统在法规标准与技术等方面的差距。

参考文献

- [1] HOFFMEISTER H,HOLLENBACH U,TRANELL J,et al.Wind-Assisted Propulsion Systems (WAPS):How WAPS Can Help to Comply with GHG Regulations[R].HØvik,Norway:DNV AS,2025.
- [2] Arcsilea LTD,American Bureau of Shipping,Vessel Performance Solutions APS.Decarbonisation of Shipping:Technical Study on the Future of the Ship Energy Efficiency Design Index:Final Report[R].Brussels:European Commission,2021.
- [3] LAURSEN R,PATEL H,SOFIADI D,et al.Potential of Wind-Assisted Propulsion for Shipping[R].Lisbon:European Maritime Safety Agency (EMSA),2023.
- [4] COMOROS,FRANCE,SOLOMON ISLANDS,et al.White Paper on Wind Propulsion[C]//Marine Environment Protection Committee 81st Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2024.
- [5] RINA,IWSA.Wind Propulsion Technologies:a Key Zero-Emission Energy Solution[C]//Marine Environment Protection Committee 83rd Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2025.
- [6] CHARRIER B,CONSTANS J,COUSTEAU J Y,et al.Fondation Cousteau and windship propulsion 1980-1985 system Cousteau-Pechiney[J].Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics,1985,20(1-3):39-60.
- [7] GERMANY.Draft Interim Guidelines for Determination of the Effective CO₂ Reduction by Wind Propulsion Systems[C]//Marine Environment Protection Committee 62nd Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2011.
- [8] GERMANY.Global Wind Specification along the Main Global Shipping Routes to be Applied in the EEDI Calculation of Wind Propulsion Systems[C]//Marine Environment Protection Committee 62nd Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2011.
- [9] GERMANY.Calculation Method to be Applied in the EEDI Calculation of Wind Propulsion Systems[C]//Marine Environment Protection Committee 62nd Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2011.
- [10] CHINA.Proposed Acquisition Method of the Wind Propulsion System Force Matrix Based on Wind Tunnel Model Test[C]//Marine Environment Protection Committee 74th Session,Air Pollution and Energy Efficiency.2019.
- [11] CHINA.Findings on the EEDI Assessment Framework for Wind Propulsion Systems[C]//Marine

- Environment Protection Committee 74th Session,Air Pollution and Energy Efficiency.2019.
- [12] COMOROS.Wind propulsion solutions[C]//Marine Environment Protection Committee 75th Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2020.
- [13] CHINA,GERMANY,JAPAN.Draft Amendments to MEPC.1/Circ.815 for Verification of the Wind Propulsion System[C]//Marine Environment Protection Committee 76th Session,Energy Efficiency of Ships.2021.
- [14] FINLAND,GERMANY.Additional Draft Amendments to MEPC.1/Circ.815 for Verification of the Wind Propulsion System[C]//Marine Environment Protection Committee 76th Session,Energy Efficiency of Ships.2021.
- [15] FRANCE.Draft Amendments to MEPC.1/Circ.815 Additional to the Amendments Proposed by MEPC 76/6/2 Concerning Wind Tunnel Model Test Methods[C]//Marine Environment Protection Committee 76th Session,Energy Efficiency of Ships.2021.
- [16] FRANCE.Draft Amendments to MEPC.1/Circ.815 Additional to the Amendments Proposed by MEPC 76/6/2 Concerning the Calculation of the Wind Propulsion System Force Matrix and the Extension of the Scope of that Circular to the EEXI[C]//Marine Environment Protection Committee 76th Session,Energy Efficiency of Ships.2021.
- [17] COMOROS,RINA.Comments on Documents MEPC 76/6/2 and MEPC 76/6/6 Proposing Draft Amendments to MEPC.1/Circ.815 for Verification of the Wind Propulsion System[C]//Marine Environment Protection Committee 76th Session,Energy Efficiency of Ships.2021.
- [18] COMOROS,RINA.Prediction and Verification of CO₂ Emission Savings with Wind Propulsion Systems[C]//Marine Environment Protection Committee 76th Session,Energy Efficiency of Ships.2021.
- [19] COMOROS,RINA.Prediction and Verification of CO₂ Emission Savings with Wind Propulsion Systems[C]//Marine Environment Protection Committee 76th Session,Energy Efficiency of Ships.2021.
- [20] COMOROS,FINLAND,FRANCE,et al.Draft Amendments to MEPC.1/Circ.815 for Verification of the Wind Propulsion System[C]//Marine Environment Protection Committee 77th Session,Energy Efficiency of Ships.2021.
- [21] COMOROS,FINLAND,FRANCE,et al.Wind Propulsion[C]//Marine Environment Protection Committee 79th Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2022.

- [22] COMOROS.Wind Propulsion Solutions[C]//Marine Environment Protection Committee 75th Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2020.
- [23] RINA,IWSA.Wind Propulsion Technologies as a Key Enabler[C]//Marine Environment Protection Committee 80th Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2023.
- [24] RINA,IWSA.Review of Wind Statistics Approach of MEPC.1/Circ.896 for Verification of Wind Propulsion Systems[C]//Marine Environment Protection Committee 81st Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2022.
- [25] IWSA.Inclusion of Wind Propulsion in the GFI Formula[C]//Marine Environment Protection Committee 82nd Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2024.
- [26] IWSA.Measurement and Inclusion of Wind Propulsion in the GFI Formula[C]//Marine Environment Protection Committee 83rd Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2025.
- [27] IWSA.Proposed Assessment Methodology Tiers to Measure Wind Propulsion in the GFI[C]//Marine Environment Protection Committee 83rd Session,Reduction of GHG Emissions from Ships.2025.
- [28] CHINA.Supplementary Suggestions on the Full-Scale Testing and the Calculation Method in MEPC.1/Circ.896[C]//Marine Environment Protection Committee 83rd Session,Energy Efficiency of Ships.2025.
- [29] CHINA.Study on EEDI Calculation Method for Wind-Assisted Ships Based on Sea Trials[C]//Marine Environment Protection Committee 83rd Session,Energy Efficiency of Ships.2025.
- [30] International Maritime Organization.2013 Guidance on Treatment of Innovative Energy Efficiency Technologies for Calculation and Verification of the Attained EEDI[S].International Maritime Organization,2013.
- [31] International Maritime Organization.2021 Guidance on Treatment of Innovative Energy Efficiency Technologies for Calculation and Verification of the Attained EEDI and EEXI[S].International Maritime Organization,2021.
- [32] ISO.Ships and Marine Technology:Guidelines for the Assessment of Speed and Power Performance by Analysis of Speed Trial Data:ISO 15016[S].2025.
- [33] International Maritime Organization.Guidelines for Determining Minimum Propulsion Power to Maintain the Manoeuvrability of Ships in Adverse Conditions[S].International Maritime

- Organization,2021.
- [34] RECHE-VILANOVA M,HANSEN H,BINGHAM H B.Performance prediction program for wind-assisted cargo ships[J].Journal of Sailing Technology,2021,6(1):91-117.
- [35] TILLIG F,RINGSBERG J W.Design,operation and analysis of wind-assisted cargo ships[J].Ocean Engineering,2020,211(Sep.1):107603(1-23).
- [36] CHARLOU M,BABARIT A,GENTAZ L.A new validated open-source numerical tool for the evaluation of the performance of wind-assisted ship propulsion systems[J].Mechanics & Industry,2023,24:26(1-10).
- [37] CHICA M,HERMANN R R,LIN N.Adopting different wind-assisted ship propulsion technologies as fleet retrofit:an agent-based modeling approach[J].Technological Forecasting & Social Change,2023,192:122559(1-14).
- [38] BENTIN M,ZASTRAU D,SCHLAAK M,et al.A new routing optimization tool-influence of wind and waves on fuel consumption of ships with and without wind assisted ship propulsion systems[J].Transportation Research Procedia,2016,14:153-162.



国际海事相关会议预告

一、国际海事组织（IMO）2026年会议初步方案

IMO 2026年会议计划如表1所示。

表1 IMO 2026年会议计划

序号	日期	会议名称
1	01.19—01.23	船舶设计与建造分委会第12次会议（SDC 12）
2	02.09—02.13	污染预防与响应分委会第13次会议（PPR 13）
3	02.23—02.27	人为因素、培训与值班分委会第12次会议（HTW 12）
4	03.09—03.12	船舶系统与设备分委会第12次会议（SSE 12）
5	03.23—03.27	便利运输委员会第50次会议（FAL 50）
6	04.13—04.17	法律委员会第113次会议（LEG 113）
7	04.27—05.01	海上环境保护委员会第84次会议（MEPC 84）
8	05.13—05.22	海上安全委员会第111次会议（MSC 111）
9	06.08—06.12	技术合作委员会第76次会议（TC 76）
10	06.22—06.26	航行、通信与搜救分委会第13次会议（NCSR 13）
11	07.06—07.10	理事会第137届会议（C 137）
12	07.20—07.24	IMO 文书实施分委会第12次会议（III 12）

续表1 IMO 2026年会议计划

序号	日期	会议名称
13	09.14—09.18	货物与集装箱运输分委会第12次会议（CCC 12）
14	11.02—11.06	理事会第138届会议（C 138）
15	11.16—11.20	海上环境保护委员会第85次会议（MEPC 85）
16	11.30—12.04	海上安全委员会第112次会议（MSC 112）

二、第16届活跃造船专家联盟论坛（ASEF）

第16届ASEF将于2025年11月12日在日本横滨举行，本届论坛主要议题如下：

- （1）世界造船业现状报告。
- （2）中日韩造船技术发展趋势分析。
- （3）温室气体（GHG）减排。
- （4）新型船舶燃料供应保障。

三、第22届中国国际海事技术学术会议和展览会

第22届中国国际海事技术学术会议和展览会（中国国际海事会展）将于2025年12月2—5日在上海举办。本届会展的主题是“创新与合作，共促海事业可持续发展”，在为国际海事界搭建全方位、多层次交流与合作的桥梁和平台的同时，也为国际海事业的未来发展指明方向。

作为全球最具规模和影响力的两大海事展之一，中国国际海事会展以集中展示海事界最新技术和产品为特色，历来是中外专业人士拓展国际视野、吸收国际新技术、促进企业技术创新的难得机会，也是各国参展厂商拓展国际贸易合作、探索发展良策的重要舞台。

2025年的展览面积与参展商数量创下新高，总展览面积预计达11万m²，吸引全球超过2200家企业参展。与上届会展相比，本届会展新参展企业达到报名企业的两成，其中不乏“单项冠军”、“小巨人”等专精特新企业，比如聚焦液化气船产业链、新材料领域、专用通信技术设备等领域的企业。



全球首台超大型油船甲醇双燃料主机成功交验

据中船集团所属中船发动机消息，7月4日，国内首台7G80MEC-LGIM-EGRTC甲醇双燃料船用低速机交机仪式在中船集团中船发动机大柴公司成功举行。



该主机将安装在大连船舶重工集团有限公司为招商轮船所属海宏轮船（香港）有限公司建造的全球首艘甲醇双燃料动力智能超大型油船（VLCC）（30.6万t）上。

该主机额定功率为32 970 kW，最大转速为72 r/min，满足国际海事组织（IMO）

最高排放标准。该主机采用目前国际最先进的燃油喷射和燃烧控制技术，使甲醇和传统燃油都能保持高效燃烧，提高热效率，可有效节约能源消耗，降低船舶运营成本。在切换到甲醇燃料模式时，可减少 50% 的氮氧化物（NO_x）、97% 的硫氧化物（SO_x）、90% 的颗粒物和 5% 的温室气体（GHG）排放，满足全球任意港口的严苛排放要求。



中船发动机表示，2022 年以来，该公司历经技术攻关和能力建设，建成了可靠、稳定、安全的甲醇双燃料供给系统，设有 8 个甲醇双燃料试车台位，可实现两台甲醇双燃料主机同时动车。与此同时，该公司紧跟专利公司图纸进展及部件认可进度，建设了稳固完整的甲醇主机供应链。自 2024 年至今陆续为广船国际、招商轮船等客户交付共计 14 台不同型号的甲醇双燃料主机。

全球首艘氨燃料加注船项目启动

日本伊藤忠商事宣布，与日本佐佐木造船有限公司（Sasaki Shipbuilding Co., Ltd.）签署了一艘 5 000 m³ 氨燃料加注船建造合同，标志着其在海事脱碳进程中迈出了重要一步。



该船由伊藤忠商事公司全资新加坡子公司清洁氨燃料加注航运公司（CABS）订购，是全球首艘新建氨燃料加注船，其配套的氨燃料储罐将由日本泉钢业公司（Izumi Steel Works）制造。

新船预计将于 2027 年 9 月交付，悬挂新加坡船旗，交付后将在新加坡开展氨燃料加注示范作业。

该项目隶属于日本经济产业省“全球南方未来共创项目”框架下的“新加坡船用氨燃料加注示范项目”。

这一进展正值国际海事组织（IMO）持续推动到 2050 年前后实现全球航运业净零排放之际。2025 年 4 月，IMO 批准了包括逐步引入低排放替代燃料，以及为零排放或近零排放船舶提供经济激励措施的公约修订草案。

伊藤忠商事公司表示，氨燃料加注船作为“连接航运业与燃料供应链最后 1 km 的关键设施”，正引发全球关注。伊藤忠商事公司计划通过“船对船转运，安全开展离岸氨燃料加注”的运营方针，将这一业务模式扩展到其他主要海运枢纽，包括西班牙（直布罗陀海峡）、埃及（苏伊士运河）和日本。

我国液化天然气运输船配套产业迎来里程碑式突破

近日，我国液化天然气（LNG）运输船配套产业迎来里程碑式突破。



据中船集团所属上海齐耀环保科技有限公司消息，由齐耀环保承制的江南造船 17.5 万 m^3 LNG 运输船 LNG 深冷式再液化装置撬块顺利完成建造，并运至低温试验台开展陆上工况测试，标志着国内首套大型 LNG 船用深冷装置进入最后验证阶段，即将交付江南造船。

作为 LNG 运输船的核心配套设备，深冷式再液化装置技术难度高，长期依赖进口。齐耀环保项目团队在以往积累的小型 LNG 运输船深冷装置经验的基础上优化了深冷工艺动态仿真、大功率高速永磁电机、五自由度主动控制磁浮系统、高效宽工作区间流体机械、高紧凑低泄漏撬块集成等多项关键技术。

依托该实船项目的技术积累，齐耀环保将形成系列化深冷装置的设计与供货能力，为我国 LNG 产业链自主可控提供关键支撑。

氨和甲醇已“准备就绪”

由全球海事论坛（GMF）、海洋行动之友（FOOA）和世界经济论坛（WEF）联合成立的零排放联盟（Getting to Zero Coalition）最新报告显示，氨和甲醇作为零排放船用燃料已“准备就绪”。



基于对约 40 家颇具影响力的行业组织的访谈，Getting to Zero Coalition 发布了《从试点到实践：甲醇和氨作为船用燃料》。该报告指出，甲醇和氨这两种燃料目前均已“准备就绪”——甲醇已投入低碳运营，氨已用于试点项目。相较于 2020 年首版报告推出时，这两种燃料的成熟度已有显著提升。

然而，该报告指出，若要使这两种燃料在 2030 年前后足够成熟以实现快速规模化应用，需要各方的共同努力。关键突破口在于燃料供应链——就甲醇而言，需要提高绿色甲醇的供应；就氨而言，则需要在主要港口验证并推广商业化氨燃料加注服务。

自 2020 年以来，GMF《零排放试点和示范项目图谱》报告持续追踪了航运业零排放试点项目的性质与规模。

为紧跟行业发展，该年度报告采用新方法评估甲醇和氨作为航运燃料的现状，并整合领军企业迄今为止的关键经验。该年度报告旨在明确后续行动的优先事项，并协助行业制定长期脱碳计划。该年度报告之所以聚焦甲醇和氨，源于两者虽尚处应用初期，但长远来看具备巨大潜力。

该年度报告揭示了关于甲醇和氨现状的一些重要研究成果：

甲醇正迅速从概念验证阶段迈向早期规模化应用阶段（目前已有超过 60 艘具备

甲醇燃料能力的船舶投入运营，另有 300 艘在建，约 20 个港口可提供甲醇燃料加注服务），先行者反馈甲醇的集成应用相对安全简便。尽管甲醇的较低能量密度带来运营上的权衡，但并未成为障碍，而新型改装套件及储罐改造的相对便捷性，使传统船舶改装成为可能。甲醇应用扩大规模的核心挑战在于绿色甲醇的供应，当前仅占供应总量的很小份额，且航运公司获取困难。

氨作为船用燃料的概念验证正在迅速推进，发动机测试表明，氨可以将从油舱到尾流即全生命周期的下游阶段（TtW）排放量减少高达 95%。首批氨动力船舶已成功试点，发动机测试接近收官，加注试验持续推进——这些试验均未发现任何阻碍其应用的根本性问题。运营商表示对安全运营氨动力船舶充满信心，并可能逐步引入氨燃料以积累运营经验。

此外，行业先行者还提出了以下一系列行动建议，以加速甲醇和氨燃料供应链的发展：

（1）提供有针对性的政策激励和资金，以缩小绿色甲醇和氨的成本差距，并扶持早期采用者。

（2）建立健全统一的燃料认证体系，以释放投资潜力并防止“漂绿”行为。

（3）使用“预定与认领”（Book-and-Claim）机制将全球需求与可行航线上的零排放燃料供应挂钩。

（4）汇总燃料需求，推动加注基础设施的建设。

（5）提供资本支出补助，降低加注基础设施（尤其是加注船）的投资门槛。

（6）通过绿色走廊、可行性研究以及在主要港口开展联合加注试验促进合作。

（7）解决发动机和零部件供应不足的问题。

（8）确保国际海事组织（IMO）强效排放指南落实，保障生物质的可持续性并控制逃逸性排放。

（9）开展独立研究，验证早期氨动力船舶的排放性能。

（10）通过船厂协作安全研讨会和海事保险渠道促进跨行业知识共享。

GMF 脱碳总监 Jesse Fahnestock 表示：“近年来，零排放燃料和技术的开发取得了巨大进展，甲醇和氨现已从潜在解决方案迈向初步规模化和概念验证阶段。但这仅是起点，单靠技术准备还远远不够。要以所需速度实现零排放燃料的规模化应用，需要 IMO、各国政策制定者和行业共同采取行动，创造有利条件——这与技术发展本身具有同等重要的意义。”

全球首款搭载可变压缩比技术的液化天然气船 双燃料发动机下线

韩华海洋旗下韩华发动机（Hanwha Engine）9月2日宣布，该公司成功制造全球首款搭载可变压缩比（VCR）技术的液化天然气（LNG）运输船用新一代环保双燃料 X-DF 发动机。该发动机可同时使用 LNG 和柴油，并采用了中船温特图尔发动机有限公司（WinGD）的低排放发动机技术，这一突破将加速造船业的脱碳转型。



8月29日，韩华发动机与 WinGD 在位于韩国昌原市的总部联合举行仪式，庆祝全球首款应用于 LNG 运输船、搭载了 VCR 技术的 X-DF 发动机下线，并宣布首台采用 VCR 技术的 5X72DF-2.2 发动机正式交付，将安装于三星重工公司为卡塔尔能源公司建造的 LNG 运输船上。VCR 作为新一代绿色创新技术，可根据发动机运行状态实时调节压缩比，从而优化燃料效率并降低二氧化碳排放。值得一提的是：与现有技术相比，该技术有望将甲烷逃逸减少 30%~50%。

据了解，韩华发动机已斩获 70 台总价值高达 5 亿美元的 VCR 发动机订单，充分体现了市场对新技术的强劲需求。继 2013 年全球首创实现双燃料低速机商业化后，该项成就进一步巩固了韩华发动机在低排放发动机技术领域的领先地位。韩华发动机相关负责人表示：“全球首款 LNG 船用 VCR 双燃料发动机的成功研制，不仅是一项技术突破，更是加速造船业向环境可持续发展转型的里程碑。展望未来，韩华发动机将继续通过清洁能源技术引领行业发展塑造未来，为海洋环境保护作出切实贡献。”

世界首台乙醇二冲程发动机完成测试

埃维能公司（Everllence）宣布，其 90 缸径 ME-LGIM（甲醇液态喷射）型发动机近日在日本成功实现全负载工况条件下的乙醇燃料试运行。



Everllence 表示，其 ME-LGIM 发动机平台已推出 10 多年，首台商用发动机已于 2016 年在甲醇运输领域投入运营。目前，ME-LGIM 甲醇发动机新造船订单量已超过 225 台，已有超过 50 台投入实船运营。

依托该系列发动机的应用经验，Everllence 于 2021 年进一步拓展甲醇燃料发动机产品矩阵，推出了首台用于甲醇运输船领域以外船舶的 ME-LGIM 发动机。

本次乙醇燃料的成功运行标志着 Everllence 现已拥有可全面验证乙醇性能的实证发动机，也证实了 ME-LGIM 发动机可无障碍使用乙醇燃料。

Everllence 高级副总裁兼丹麦售后服务部门（Primeserv）负责人 Michael Petersen 表示：“在日本成功完成运行测试意味着我们现在离提供乙醇改装方案更近了一步，特别是对于已配备 ME-LGIM 发动机技术的 S90 发动机，就像 ME-GI、ME-LGIP 和 ME-LGIM 改装方案一样。”

Everllence 表示，该公司目前已有 5 种双燃料技术投入应用，其氨燃料发动机也即将面世。

全球首台商业氨燃料发动机研制成功

日本发动机公司（J-ENG）宣布，该公司成功制造全球首台全尺寸商用氨燃料发动机 7UEC50LSJA-HPSCR（缸径 50 cm，7 缸，配备高压选择性催化还原系统）。该型发动机的研发，是日本新能源产业技术综合开发机构（NEDO）所管理的绿色创新基金项目中“下一代船舶开发”计划的重要组成部分。



8月27—30日，该型发动机在 J-ENG 工厂内进行了正式试运行，并由日本邮船公司（NYK Line）、日本造船公司（Nihon Shipyard）、日本海事联合公司（JMU）及日本海事协会（NK）共同监督。通过一系列氨燃料模式和重油模式的双燃料性能验证测试，以及对主要部件的运行后检查，该发动机的环保性能和安全性获得了 NK 的认证。

该发动机将于 2025 年 10 月出厂，随后将安装在由 JMU 有明船厂（Ariake Shipyard）建造的一艘中型氨燃料氨运输船上。该船计划于 2026 年正式投入运营。

J-ENG 表示，该公司于 2023 年 5 月—2024 年 9 月，在三菱重工公司长崎研发中心对单缸氨燃料试验发动机进行了约 1 000 h 的运行测试。基于这些测试结果，J-ENG 制造了首台全尺寸商用发动机 7UEC50LSJA-HPSCR，并于 2025 年 4 月开始氨燃料试

运行。

此后 5 个月间，该发动机历经总计 700 h 的测试。该阶段重点对各项性能指标进行系统性优化，同时全面验证了包括氨泄漏预防与监控系统在内的高可靠性及安全特性。最终完成的发动机功能全面，可充分保障实船的运营安全和船员的人身安全。

该发动机的试运行数据显示，在 100% 负荷及 95% 氨混燃率工况条件下，一氧化二氮（ N_2O ）排放量的体积分数为 0.003%，温室气体（GHG）排放量减少超 90%；氮氧化物（ NO_x ）排放量经确认约为重油发动机的一半，且未燃烧氨的排放量几乎为零（经 NO_x 选择性催化还原系统处理后）；同时证实，氨燃料模式下的热效率达到甚至超过重油模式。

据 J-ENG 称，继 50 cm 缸径发动机后，该公司正在同步开发 60 cm 缸径氨燃料发动机，以应对未来市场多样化的氨燃料船舶需求。

此外，在完成这些发动机的研发和实船应用后，J-ENG 正在政府部门支持下推进新工厂建设，以扩大氨双燃料发动机的产能，进一步推动零排放船舶普及。新工厂计划于 2028 财年投入运营。



工信部国际造船新公约规范标准工作机制办公室

MIIT International Shipbuilding New Convention Rule and Standard Working Mechanism Office



电话：(021) 64685455/64286331

E-mail: imo_office@163.com

地址：上海徐汇区中山南二路851号

