

人工智能支撑下船舶清洁能源配套降耗路径研究

李金萍

杭州市交通运输行政执法队 浙江 杭州 310000

摘 要: 船舶清洁能源应用已成为航运领域绿色转型的核心方向,但清洁能源配套体系运行过程中,易受设备状态、海域工况、能源属性等多重因素影响,产生各类无效能耗。现有船舶用能管控模式较为固化,难以适配动态化的海上作业场景,降耗优化空间受限。本文结合船舶清洁能源配套架构与能耗影响机制,梳理人工智能和船舶清洁能源降耗的适配逻辑,搭建智能化降耗技术支撑体系,从能源分配、设备运维、工况适配、多能耦合四个维度梳理降耗核心路径,针对性完善技术、设备、管控层面的优化策略,为船舶清洁能源系统高效、稳定、低耗运行提供体系化参考。

关键词: 船舶清洁能源;智能降耗;能源调控;多能耦合;智能运维

引言: 绿色航运发展进程持续推进,船舶传统化石能源用能模式逐步迭代升级,清洁能源在船舶动力与辅助用能体系中的应用占比持续提升。复杂多变的海上作业环境,会造成船舶清洁能源转化、传输与终端利用环节出现能耗损耗,传统人工调控与固定运维模式,无法适配船舶动态化的用能变化。智能化技术的普及应用,为船舶清洁能源降耗优化提供全新突破口。依托智能感知、数据研判、动态调控等技术手段,能够深度盘活船舶用能优化空间,破解传统降耗模式的运行短板,推动船舶清洁能源配套体系向精细化、智能化、低耗化方向转型升级。

1 船舶清洁能源配套体系与降耗适配逻辑

1.1 船舶主流清洁能源配套组成架构

船舶清洁能源配套架构围绕船舶航行与作业用能需求搭建,整体分为能源储存、能源转换、终端输送、设备辅助四大功能模块。储能模块搭载专用储能设备,应对海上复杂工况波动,维持能源输出的稳定状态^[1]。转换模块完成能源形态的专业转化,贴合船舶动力系统与辅助作业系统的运行标准。输送模块通过专属管路 with 配电装置,实现能源分层输送,满足船舶不同作业单元的差异化用能需求。辅助配套模块整合环境适配、状态调控、安全防护类设备,抵御海上温湿度、洋流等外部环境干扰。各类功能模块分工明确、协同运行,构成完整的清洁能源供给与运转体系。不同清洁能源具备差异化的物理属性与运行特征,对应配套设备的组合方式、布局形式及运行模式存在明显区别,形成适配各类能源类型的专属配套架构。

1.2 船舶清洁能源应用能耗影响要素

船舶清洁能源的能耗波动,由设备工况、作业场景、能源属性、海域环境四类核心要素共同主导。配套设备的运行负荷、工作频次及部件损耗程度,会直接改变能源转化、传输环节的消耗数值,设备长期海上运行产生的性能衰减会持续影响用能效率。船舶远洋航行、近海作业、港区停泊等不同工况,对应差异化的用能强度与设备启停节奏,直接改变系统整体能耗。各类清洁能源的转化效率、运行稳定性各不相同,自身输出特性直接作用于船舶终端用能消耗。海上风浪、水温、气象条件会改变船舶设备运行阻力与工作状态,催生清洁能源运转过程中的无效能耗。各类要素贯穿能源存储、转化、输送与终端使用全流程,直接造成船舶用能的动态波动。

1.3 人工智能与船舶清洁能源降耗的适配原理

船舶清洁能源降耗聚焦减少全流程无效能耗、稳定设备运行工况、优化能源分配结构三大核心方向。人工智能具备数据采集、智能运算、自主调控的技术特征,可适配船舶清洁能源体系的降耗运行需求。相关技术可对接清洁能源配套各类功能模块,精准采集设备运行、能源流转、作业场景变动的各类数据,精准定位能耗波动的内在诱因。系统依托数据运算结果,动态调整能源分配比例、设备运行工况以及系统运行节奏,降低外界干扰对船舶用能体系的负面影响。相关技术能够打破传统清洁能源系统固定化的运行模式,根据实时工况调整运行策略,精准管控各类无效能耗的产生。技术应用可覆盖船舶全作业周期的用能管控环节,持续优化清洁能源配套运行状态,搭建长效化的船舶降耗运行模式。

2 人工智能赋能船舶清洁能源降耗的技术支撑体系

2.1 船舶能源运行数据智能感知与采集技术

船舶清洁能源体系的降耗优化,依托精准全面的能源运行数据开展落地工作。智能感知与采集技术依托高精度传感器与专用采集终端,布置于船舶清洁能源各类配套设备的关键节点。设备捕捉能源存储、转化、传输、终端使用全过程的运行参数,涵盖设备运行温度、承载负荷、能源流转速率、工况变动状态等核心信息。采集终端适配海上特殊作业环境,抵御盐雾、风浪、温差带来的检测误差,保障数据采集的稳定与精准^[2]。技术替代传统人工采集模式,实现运行数据的自动捕捉、分类收录与实时传输,为后续工况分析、参数调控提供原始数据支撑,弥补传统数据获取方式碎片化、滞后性的短板。

2.2 船舶清洁能源工况智能分析与研判技术

船舶清洁能源工况智能分析与研判技术针对原始运行数据开展专业化处理与深度挖掘。技术对海量原始数据进行清洗、分类、提炼,剔除环境干扰形成的无效数据,留存可真实反映系统能耗状态的有效信息。技术通过梳理数据变化规律,甄别设备异常运行、能源流转失衡等问题,区分常规工况波动与异常能耗损耗的不同特征。技术针对船舶不同航行场景、不同设备运行状态开展差异化分析,梳理各类场景下清洁能源系统的用能规律与损耗特点。精细化数据研判可以精准定位能源运行体系内的低效环节,为调整用能结构、优化设备工况提供精准的数据支撑,支撑降耗工作精准落地。

2.3 船舶能源系统智能调控与协同技术

船舶能源系统智能调控与协同技术承接数据研判结果,完成清洁能源系统的降耗优化落地。技术针对船舶清洁能源各配套模块开展动态参数调节,修正设备运行偏差,优化能源输出参数,改善系统低效运行问题。技术打破传统设备固定参数运行模式,根据实时工况变化调整设备承载负荷、能源输出配比与流转节奏。技术打通储能、能源转换、管路输送、终端用能等独立单元,实现多个运行模块的联动适配。各运行单元围绕系统最优用能状态调整自身运行参数,缓解单一模块运行失衡引发的整体能耗浪费。动态调控与多单元联动配合,持续提升清洁能源系统运行效能,压缩船舶用能过程中的无效损耗。

3 人工智能驱动下船舶清洁能源配套降耗核心路径

3.1 基于智能调度的船舶能源分配优化路径

船舶清洁能源系统传统分配方式多依托固定参数设定完成能源配比,难以适配航行过程中动态变化的用能

需求,容易出现能源供给冗余、负载分配失衡的问题。智能调度依托船舶全域用能数据,梳理动力系统、辅助作业系统、车载电气设备的用能需求差异,重构清洁能源的分配逻辑。调度模式依据船舶航行阶段、作业强度的不同,重新划分储能能源、清洁能源转化能源的输出比例,匹配不同作业单元的用能刚需。针对船舶高负荷作业阶段,调度机制倾斜能源供给至核心动力模块,保障航行作业稳定性^[3]。针对停泊、低速航行等低负荷阶段,调度机制缩减冗余能源输出,将多余能源储存至储能设备,减少能源空耗与无端损耗。智能调度依托实时数据动态调整分配方案,改变传统固化的能源供给模式,让清洁能源输出强度与船舶用能需求保持匹配,从能源供给源头减少能耗浪费。

3.2 依托智能运维的清洁能源设备降耗路径

船舶清洁能源配套设备长期处于高盐雾、高湿度、强波动的海上环境,零部件磨损、性能衰减、运行卡顿都会引发额外能耗,常规运维模式依赖固定周期检修,无法适配设备动态损耗状态。智能运维依托设备运行数据,捕捉部件损耗、性能衰减、运行偏移的细微特征,建立设备运行状态的动态档案。运维体系针对不同设备的损耗规律,制定差异化的检修、保养、调试方案,替换传统固定周期运维模式带来的过度检修或检修滞后问题。及时修正设备运行参数偏差,修复部件轻微故障,避免设备带故障运行产生的低效耗能。针对储能装置、能源转换设备、输送配电设备等核心配套设施,智能运维可以精准定位性能衰减点位,开展针对性调试与维护,维持设备最优运行状态。稳定的设备运行工况能够降低能源转化与传输过程中的损耗,依托设备状态长效管控实现稳定降耗。

3.3 结合智能预判的船舶工况适配降耗路径

船舶航行过程中海域环境、作业状态持续变动,工况突变会导致清洁能源系统运行参数适配滞后,催生大量无效能耗。智能预判依托长期积累的航行数据与环境数据,捕捉海域气象、水文条件的变化规律,预判船舶后续航行的工况变动趋势。系统提前调整清洁能源系统的运行参数,优化设备运行负荷与能源输出节奏,适配即将出现的航行工况。面对复杂海域航行工况,提前强化能源系统运行稳定性,规避工况突变引发的设备负荷骤增问题。面对平稳航行工况,适度优化能源输出模式,精简多余设备运行能耗。预判机制可以消除工况变动与系统适配之间的滞后性,让清洁能源系统运行状态适配船舶全程航行工况变化,弱化工况波动对能源利用效率的负面影响,实现动态场景下的精准降耗。

3.4 多能源耦合系统的智能协同降耗路径

现代船舶多搭载多种清洁能源组合供能模式,不同能源的转化效率、输出特性、适配工况存在差异,各类能源独立运行容易出现供能失衡、资源闲置、能耗叠加的问题。多能源耦合智能协同模式打破单一能源系统的独立运行壁垒,打通各类清洁能源的转化、存储、输出链路。系统结合各类能源的运行优势,划分不同能源的供能场景与输出权重,发挥不同清洁能源的应用优势。针对高耗能作业场景,调动多种能源协同供能,均衡单一能源设备的运行负荷,避免设备超负荷运行产生的高能耗。针对常规航行场景,优先调用高效能源体系供能,闲置低效能源设备,减少多设备并行运行产生的能耗叠加。智能协同模式优化多能源系统的运行组合方式,化解多能源耦合运行的适配矛盾,提升整体供能效率,削减多系统并行带来的冗余能耗。

4 船舶清洁能源人工智能降耗体系优化策略

4.1 船舶智能降耗技术体系完善策略

船舶智能降耗现有技术模块分工零散,覆盖范围局限于单个用能环节,无法贯通清洁能源存储、转化、输配及终端用能全流程。增补各类辅助能耗设备与边缘作业区域的传感采集点位,补齐现有监测网络的覆盖盲区,实现船舶全部用能节点的数据捕捉。更新数据处理架构的运算逻辑,提升复杂海域环境下杂乱数据的筛选与解析水平,精准识别工况波动中潜藏的能耗异常问题。拓展智能调控的应用场景,适配多能源耦合供能、动态变工况航行等复杂船舶运行状态^[4]。规整各类智能技术模块的衔接逻辑,打通不同技术板块之间的数据传输壁垒,补齐技术体系联动短板,搭建覆盖船舶清洁能源全用能链条的智能化技术架构。

4.2 清洁能源设备智能适配优化策略

船舶清洁能源配套设备迭代跨度大,新旧设备硬件参数、运行逻辑、响应模式存在明显差异,常规适配方式难以匹配智能调控要求。对服役年限较长的老旧设备开展数字化改造,加装数据交互、信号接收、自主响应硬件组件,提升设备数字化交互与指令执行能力。依据不同设备的功能定位与性能上限,制定专属运行调控规范,统一全域设备的数据传输格式与运行阈值,规避参数不匹配引发的设备运行偏移。优化设备底层运行程

序,调整固化运行逻辑,适配精细化、动态化的智能调控模式。让设备可以根据海上航行环境、实际作业强度自主调整运行状态,提升整套清洁能源设备系统的运行适配性与工况稳定性。

4.3 船舶能源运行智能管控体系优化策略

船舶清洁能源现有智能管控模式存在内容分散、流程松散、标准模糊的问题,制约智能降耗技术的落地成效。细化能源存储、能量转化、能源输送、终端用能各环节的管控细则,区分不同航行场景、不同作业强度的管控侧重点,明确各环节管控执行标准。整合设备运维、能源分配、工况调节、能耗监测等独立管理内容,搭建一体化集中管控框架,实现能源运行全流程闭环管理。结合海上作业动态特征调整管控力度,强化复杂海域、高负荷作业场景的精细化管控精度,降低工况波动带来的能耗损耗。依托船舶长期运行积累的海量数据,迭代更新管控规则与运行标准,适配清洁能源设备持续升级的运行需求。

结束语

船舶清洁能源降耗是绿色航运体系建设的重要组成部分,智能化技术可以深度融入船舶能源运行全流程,有效解决传统供能模式适配性弱、能耗损耗突出、管控精度不足等问题。通过搭建完备的智能降耗技术体系,优化清洁能源设备适配能力,完善全域能源智能管控机制,能够系统性削减船舶用能全链条的无效损耗。多维度降耗路径与优化策略的结合落地,可以持续提升船舶清洁能源利用效率,强化船舶绿色航行运行能力,为航运行业绿色低碳转型提供扎实的技术与体系支撑。

参考文献

- [1] 高明杰,陈一奇,高宇,等.基于模糊多指标决策的内河船舶清洁能源动力技术分析[J].交通节能环保,2025,21(3):28-32.
- [2] 马丹.船舶清洁能源动力装置与系统发展分析[J].中国船检,2022(1):63-69.
- [3] 张泽国,尹建川,胡勤友.新型清洁能源船舶发展对航海类教育改革带来的启发[J].珠江水运,2025(9):150-153.
- [4] 谭韬,王丽铮,张伟.船舶能耗模型构建及清洁能源适用性分析[J].舰船科学技术,2023,45(1):135-140.