

智能化技术在船舶电子电气工程中的应用

周灵冲

上海外高桥造船有限公司 上海 200137

摘要：船舶电子电气系统运行环境复杂特殊，传统管控模式存在运维滞后、系统联动性弱、隐患识别不及时等诸多短板，难以适配现代船舶高质量航行运行需求。本文结合船舶电子电气系统的架构组成与海上工况适配特点，梳理智能感知、自动控制、数据处理、故障研判四类技术的落地形式，明确各类智能化技术在船舶电气运行管控中的应用路径。结合海洋工况干扰特性与传统运维体系短板，从设备适配升级、多系统联动、智能运维机制三个维度完善优化方向，进一步提升船舶电子电气系统的运行精细度与运行稳定性。

关键词：船舶电子电气；智能化技术；智能控制；故障研判；运维优化

引言：船舶电子电气系统是船舶航行、设备操控与机舱运维的重要支撑，系统运行状态直接关系到船舶海上作业的安全与稳定。海洋盐雾、湿度侵蚀与船体动态晃动等特殊工况，会持续对电气设备运行状态造成干扰。传统人工值守与周期性检修的管控模式，存在监测盲区、调控精度不足、系统协同性差等问题，难以适配复杂多变的海上运行场景。智能化技术凭借感知精准、调控灵活、数据运算高效的优势，能够革新船舶电气运维与管控模式，推动电气运行体系向精细化、自动化、联动化方向升级。

1 船舶电子电气系统架构与智能化适配特征

1.1 船舶电子电气系统整体组成

船舶电子电气系统是支撑船舶海上作业的核心配套体系，涵盖多重功能各异且相互关联的设备模块，全面覆盖船舶航行作业的各类用电与控制需求。整套系统主要包含电力供给装置、电气控制装置、导航通信设备以及各类辅助电气模块，不同设备承担专属运行职能，构建成完整的船舶电力运行与操控体系。电力供给装置负责整船电能的生产、转换与输送，为全船各类设备提供稳定电力来源。电气控制装置统筹各类电气设备的启停、工况调节与运行约束，规范设备运行状态。导航通信设备保障船舶航行方位判定、航线修正与内外信号传输，支撑航行作业有序推进。辅助电气模块服务于机舱运维、舱内环境调控、作业照明等配套工作，完善船舶整体运行保障体系^[1]。各功能模块相互配合、协同运转，覆盖船舶航行、设备操控、信号传输、机舱运维等全部运行环节，全面保障船舶海上作业的稳定开展。

1.2 船舶电子电气系统运行特点

船舶电子电气系统的运行场景区别于陆地固定电气系统，作业环境存在极强的不确定性与复杂性。各类电气设备长期布置于海上工况环境中，海洋气候带来的高湿度、盐雾腐蚀、温差变化都会持续作用于设备本体，逐步损耗设备使用性能。船体航行过程中产生的摇摆、震动与俯仰波动，会持续改变设备运行工况，让电气系统运行状态产生动态起伏。船舶电气设备整体品类繁杂，各类动力、控制、通信设备交错布设，空间布局相对分散。各子系统之间存在紧密的运行关联，单一设备的状态变动会传导至关联模块，引发整体工况波动。特殊的运行环境与系统架构，对船舶电气系统的运行稳定性、工况协调性与抗干扰能力提出更为严苛的运行标准。

1.3 智能化技术与船舶电气的适配属性

传统船舶电气管控模式多以固定程序、人工干预为主，应对海上复杂工况的适配能力偏弱，难以应对电气系统的动态运行变化。常规人工巡检间隔普遍达到 2h ~ 4h，工况监测时效性严重不足。智能化技术搭载自主感知、数据运算、智能调控、信息联动的多元技术能力，可针对性弥补传统管控模式的运行短板。各类智能技术能够全天候 24h 实时捕捉电气系统运行数据，依托算法完成数据解析与状态研判，自主完成设备工况调节与异常预判。技术应用可以深度融入船舶电气系统的运行逻辑，适配多设备联动、工况动态波动的海上运行场景。持续落地智能化技术应用，能够推动船舶电气管控模式的升级优化，契合船舶电气体系长效发展的升级需求。

2 船舶电子电气传统运行模式现存短板

2.1 设备运行管控模式局限

传统船舶电气运行管控高度依赖人工值守与现场操作,设备日常状态排查、运行参数调节、故障类型判别等各项工作,均依托船员积累的实操经验完成。人工管控的作业模式存在明显的滞后性,设备细微工况变化无法被及时察觉,管控覆盖范围存在较多盲区。海上航行周期漫长,电气设备需要长期保持连续运转,人工巡检的间隔性作业特点,无法实现全天候不间断的状态监管。人工操作的主观差异,也会让设备调节精度、隐患排查质量出现参差不齐的情况^[2]。粗放的管控方式难以满足精细化运维要求,长期运行下容易积累各类运行隐患,降低船舶电气系统整体运行质量。

2.2 系统联动协同能力不足

传统船舶电气体系的搭建思路相对独立,各电气子系统拥有独立的运行框架与管控逻辑,运行过程相互割裂。系统之间缺少通畅的数据交互通道,运行数据仅能在单一模块内部流转,无法实现跨系统的信息共享。各电气模块按照固有程序完成作业执行,整体调控逻辑简单固化。不同设备的运行节奏无法相互匹配,负荷分配、工况调节难以根据整体运行状态灵活调整。模块运行状态互不互通的格局,会造成整体调控灵活性不足,无法适配海上复杂工况下的动态运行需求,制约船舶电气系统整体运行效率的提升。

2.3 状态感知与隐患识别滞后

传统电气运维体系缺少常态化、精细化的状态感知手段,设备运行数据采集方式单一,数据更新频次偏低。设备长期运行产生的性能衰减、参数微小偏移、内部隐性损耗等问题,无法在萌芽阶段被精准捕捉。整套运维模式偏向被动处置,多数隐患需要发展为显性故障后,才会开展排查与修复工作。前置预判与主动防控能力较为薄弱,无法提前梳理设备运行风险。海上复杂工况会持续加剧设备损耗,隐性缺陷不断累积,会逐步破坏电气系统的运行稳定性。被动化的运维方式,难以支撑船舶电气系统长期、安全、稳定的航行运行需求。

3 智能化技术在船舶电子电气工程中的具体应用

3.1 智能感知技术的应用

智能感知技术是船舶电子电气智能化体系的基础支撑,依托多元化、高精度的传感采集单元,搭建起覆盖船舶全品类电气设备的全域监测网络。各类传感装置可布置在船舶电力供给设备、控制回路、导航电气系统及辅助电气设施的关键点位,针对设备运行参数、实时工况状态以及机舱内外环境参数开展不间断持续性采集。监测内容涵盖电气运行数值、设备工作温度、机舱湿

度、海域盐雾浓度等多项核心指标,全面覆盖影响船舶电气系统稳定运行的各类内外要素。这类自动化采集方式可以全天候跟进设备运行状态,精准捕捉设备运行过程中产生的细微工况变化与隐性状态波动,填补人工巡检存在的监测空档与识别盲区^[3]。持续、完整的动态监测体系,能够积累足量的实时运行数据,为船舶电气系统精细化管控、工况主动调整、隐性隐患排查等各项工作提供扎实的数据支撑,为后续智能化调控与运维工作筑牢数据根基。

3.2 智能自动控制技术的应用

智能自动控制技术依托成熟的预设程序逻辑与动态运算规则,彻底革新船舶电气领域长期依赖人工操作的传统管控模式。该技术能够独立完成船舶电气设备的参数微调、工况适配切换、运行模式更迭等各类基础操作,大幅减少人工介入频次,降低人为操作带来的不确定因素。船舶航行过程中,海域气象、航行负荷、船体姿态始终处于动态变化之中,固定不变的电气运行参数难以适配复杂多变的海上作业场景。智能自动控制技术可以结合船舶实时航行状态与外部环境变化,自主修正电气系统运行参数,切换适配的工作运行模式,匹配不同航行阶段的用电负荷与作业需求。灵活自主的工况调节模式,能够有效削弱外界环境波动、负荷变化对电气设备运行的干扰,稳固整套船舶电气系统的运行秩序,持续提升设备运行的稳定性与环境适应能力。

3.3 智能数据处理技术的应用

船舶电子电气系统长期不间断运行,会持续生成体量庞大、类型繁杂的运行数据,零散无序的原始数据无法直观体现设备运行规律与潜在运行风险。智能数据处理技术针对电气系统海量原始数据开展系统化梳理、分类整合与深度挖掘研判,从繁杂的数据信息中提炼设备运行的动态变化特征与内在规律。技术体系可以针对不同航行时段、不同负荷强度下的电气运行数据进行分层比对,深度捕捉参数波动的形成原因与变化特征,精准区分正常工况浮动与设备性能衰减引发的参数偏移。依托精密的数据运算与趋势推演方式,完成电气设备整体运行状态的长效研判。梳理形成的数据研判结论,能够为设备周期性维护保养、现场工况动态调整、电气系统结构优化升级等工作提供科学严谨的参考依据,全面提升船舶电气运维工作的专业性与精准度。

3.4 智能故障研判技术的应用

智能故障研判技术依托系统历史数据库的参数比对与专业的逻辑判别框架,完成船舶各类电气设备异常状

态的精准识别与类别划分。技术体系全程接入电气系统运行数据,实时监测设备工况波动情况,对参数偏移、运行卡顿、性能异常衰减等各类不良运行状态进行精准甄别。能够快速锁定异常问题的具体设备点位与影响范围,精准区分电气回路接触缺陷、设备本体性能损耗、海洋环境诱发故障等不同隐患类型。彻底扭转传统运维模式等待故障显现后再开展检修的被动作业格局,将电气运维工作重心转移至隐患前置识别与提前干预。及时遏制轻微隐性缺陷持续恶化,避免小问题演变为系统性设备故障,有效降低电气系统故障发生概率,保障船舶电子电气系统在复杂海上工况下持续平稳运转。

4 船舶电子电气智能化应用优化方向

4.1 智能化设备适配性优化

船舶长期处于海洋特殊工况中,高浓度盐雾、潮湿空气、船体震动与温差波动都会持续影响智能电气设备的运行稳定性,大幅缩减设备使用寿命,干扰数据采集精度。针对各类传感单元、现场控制终端、数据传输设备开展专项性能优化,强化设备硬件抗腐蚀、抗震动、抗电磁干扰的综合性能^[4]。优化设备内部电路布局与外部防护结构,强化密封防尘、防潮防腐的基础能力,降低海洋恶劣环境对设备运行的负面作用。船舶电气设备分布范围广、布设点位分散,不同舱室与露天区域的运行条件存在明显差异。可结合现场布设特点调整智能设备的安装结构、固定方式与适配规格,根据不同作业区域的环境特征选用适配的硬件配置。通过多维度硬件优化,提升智能设备对船舶复杂作业场景的适应能力,保障各类智能装置长期稳定投入运行。

4.2 多系统智能联动体系优化

传统船舶电子电气体系存在明显的模块化割裂问题,各类电气子系统单独完成数据采集与运行管控,信息交互渠道闭塞,整体调控能力存在明显短板。针对现有电气架构开展升级改造,拓展完善各子系统之间的数据交互渠道,搭建贯通全船电气设备的信息传输网络。规范各类电气模块的数据传输格式、信号交互标准与运行调控逻辑,消除不同设备、不同系统之间的信息壁垒。细化跨系统联动调控规则,梳理各类工况下的设备联动逻辑,完善电气负荷分配、工况调节、异常防护的联动机制。破除传统模式下各系统独立运行的固化格局,搭建整体性、协同化的智能电气调控架构,提升船

舶电气系统整体运行的统筹调控能力。

4.3 智能运维体系升级优化

传统运维模式高度依赖人工经验与定时检修制度,作业流程粗放,风险预判能力薄弱,无法适配智能化电气系统的运行需求。依托现有智能感知与数据运算技术,重塑船舶电气设备的运维管理框架,重塑整套运维作业的运行逻辑。覆盖设备实时监测、运行数据解析、缺陷隐患判别、故障处置修复以及常态化养护的完整作业链条,搭建全流程智能化运维机制。持续迭代设备智能研判算法,细化运行状态判别标准,提升异常隐患的识别精度。精简传统运维中的冗余人工环节,减少人为因素对运维质量的干扰,让运维工作依托真实设备数据与智能判定逻辑推进^[5]。整套升级后的运维体系可有效提升船舶电气运维的精细化程度与自动化水平,夯实船舶电气系统安全稳定运行的运维保障基础。

结束语

船舶电子电气系统具备结构繁杂、工况动态波动、环境干扰因素多的运行特征,传统运行管控体系的适配短板会逐步凸显。智能化技术的深度融入可以补齐传统电气管控模式的运行缺陷,实现设备状态实时感知、工况自主调节、数据深度分析、故障提前甄别。从硬件适配改造、多系统联动架构搭建、智能运维体系完善等角度完成体系优化,能够持续提升船舶电子电气系统的抗干扰能力与运行品质,为船舶电气体系长效、稳定、智能化运行提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 赵睿智. 智能化技术在船舶电子电气工程中的应用[J]. 全面腐蚀控制,2025,39(5):120-122.
- [2] 王荣杰,徐昕辉,陈虹宇,等. 面向智能航运:船舶电子电气工程专业电气工程知识体系建构[J]. 航海教育研究,2024,41(4):57-63.
- [3] 顾骄. 船舶电子电气自动化技术与安全控制研究[J]. 中国新通信,2024,26(23):50-52.
- [4] 王丹,杨懋. 基于智能化技术的船舶通用电子设备故障诊断系统研究[J]. 电子元器件与信息技术,2025,9(2):91-94.
- [5] 秦劲松,裴自力. 船舶电力推进系统中电机控制技术研究的深度研究与应用[J]. 中国水运,2026(1):106-109.