

机械自动化在船舶设备维修中的应用与优化

陈佰全

郑州机电工程研究所

DOI:10.32629/etd.v6i12.19212

[摘要] 机械自动化技术在船舶设备维修领域正逐步实现深度应用与持续优化。本文系统阐述了机械自动化应用于船舶设备维修的核心理论基础,剖析了其在设备状态监测自动化、维修操作执行自动化及维修流程管理自动化三大维度的具体应用模式。进一步从技术适配性、效率提升、可靠性与安全性的角度探讨了机械自动化的优化路径,并构建了涵盖设备维护、人才培养与流程标准化在内的保障体系,为提升船舶设备维修的智能化水平与整体效能提供系统性参考。

[关键词] 机械自动化; 船舶设备维修; 技术适配性; 维修效率; 保障体系

中图分类号: U672.7 文献标识码: A

Application and Optimization of Mechanical Automation in Ship Equipment Maintenance

Baiquan Chen

Zhengzhou Electromechanical Engineering Research Institute

[Abstract] Mechanical automation technology is gradually achieving deep application and continuous optimization in the field of ship equipment maintenance. This paper systematically expounds the core theoretical foundation of mechanical automation applied to ship equipment maintenance, analyzes its specific application modes in three dimensions: automation of equipment condition monitoring, automation of maintenance operation execution, and automation of maintenance process management. Furthermore, it explores the optimization path of mechanical automation from the perspectives of technical adaptability, efficiency improvement, reliability, and safety, and constructs a guarantee system covering equipment maintenance, personnel training, and process standardization, providing systematic reference for enhancing the intelligence level and overall efficiency of ship equipment maintenance.

[Key words] mechanical automation; ship equipment maintenance; technical adaptability; maintenance efficiency; guarantee system

引言

船舶设备长期处于复杂恶劣环境,故障突发且维修空间受限,传统维修模式面临挑战。机械自动化凭借先进技术,为船舶设备维修带来新变革。检测自动化精准感知设备状态,操作自动化完成高精度维修任务,控制自动化保障流程有序。其应用不仅提升维修效率与质量,还契合航运业智能化转型需求,对保障船舶安全运行、降低运营成本具有关键作用。

1 机械自动化应用于船舶设备维修的基础理论

1.1 机械自动化核心技术原理

检测自动化依托多源传感器网络构建设备状态感知体系,通过振动、温度、压力等参数的实时采集,结合边缘计算与深度学习算法实现故障特征的精准提取。在船舶设备中,通常部署10-20个不同类型的传感器,如振动传感器、温度传感器、压力传感器等,以全面获取设备状态信息。这些传感器每秒可采集

100-500组数据,通过边缘计算设备在本地进行初步处理后,将关键数据传输至云端进行深度分析^[1]。操作自动化以工业机器人及智能执行机构为载体,在除锈、焊接等作业中通过预设程序达成高精度操作效果,替代人工完成高风险流程。工业机器人的重复定位精度可达到 $\pm 0.05\text{mm}$,能够精确执行复杂的维修操作任务,有效提高维修质量和效率。控制自动化则基于可编程逻辑控制器与工业以太网构建闭环系统,整合检测数据与操作反馈实现快速指令响应,保障维修流程的有序推进。该闭环系统的响应时间可控制在50-100毫秒以内,确保在设备出现异常时能够迅速做出调整。这些技术通过数据链形成协同作用,共同构成感知-决策-执行的完整工作链路。

1.2 船舶设备维修的技术特性与自动化适配逻辑

船舶设备长期处于海水腐蚀、风浪冲击等复杂环境,呈现结构集成度高、故障突发性强、维修空间受限等特性。自动化技

术通过模块化设计适配这些需求,针对设备多样性采用可快速换型的传感器探头与夹具,能在1-2小时内灵活完成检测项目切换。面对海上维修的环境约束,防水防尘的工业级设备与远程运维系统形成互补,既满足现场作业要求又降低人员介入风险。中国船级社指南明确的传感器部署规范,要求每10-20平方米设备区域至少部署1-3个传感器,为自动化技术与船舶维修的适配提供了标准支撑,实现技术应用与设备特性的精准匹配。

1.3 自动化维修的核心目标与价值导向

核心目标在于构建预测性维修体系,通过设备全生命周期数据挖掘实现故障提前预警,将传统事后维修转化为主动防控模式。价值导向体现在三重维度,效率层面可显著缩短检测耗时,有效减少船舶非计划停机情况;成本层面通过精准维护降低维修支出,同时优化备件库存管理效果;安全层面以机器人替代特殊环境作业,从根本上降低人员安全风险。这些价值契合国际海事组织智能船舶标准要求,为航运业低碳化智能化转型提供坚实技术支撑。

2 机械自动化在船舶设备维修中的核心应用维度

2.1 设备状态监测自动化

自动化感知技术是设备状态监测自动化关键支撑,在船舶设备维修领域应用广泛且重要。船舶航行时众多设备持续运转,该技术借助高精度传感器,如能精准捕捉温度细微变化的热电偶传感器、精确测量压力波动的压阻式传感器及对设备振动频率和幅度敏感的加速度传感器等,实时监测设备关键参数。这些传感器分布于设备关键部位,不放过影响正常运行的状态变化。状态数据采集与传输自动化,确保数据高效传递。传感器采集数据经有线或无线通信网络,如工业以太网、无线局域网等,迅速准确传至数据处理中心,无需人工干预,为后续分析处理及时提供数据支持。故障预警与诊断自动化逻辑基于大数据和智能算法。数据处理中心深度挖掘分析海量数据,与预设正常状态模型比对,数据偏离正常范围便自动预警。利用机器学习、神经网络等算法准确诊断故障类型,为维修人员提供详细信息与建议,提高故障处理效率与准确性。

2.2 维修操作执行自动化

拆卸与装配过程的自动化作业借助先进的机械臂和自动化工具得以实现。机械臂具有高度的灵活性和精准度,能够按照预设程序完成设备的拆卸和装配任务。机械臂的负载能力可根据维修任务的需求进行选择,一般在5-50千克之间,能够满足不同设备的维修要求。例如,在更换船舶发动机的活塞时,机械臂可以准确地将旧活塞取出,并将新活塞安装到指定位置,大大提高了操作效率和精度。精密维修工序的自动化控制依赖于高精度的控制系统和先进的加工设备。在船舶设备的精密部件维修中,如船舶导航设备的陀螺仪维修,自动化控制系统可以精确控制加工设备的运行参数,确保维修质量达到高标准要求。加工设备的精度可达到微米级别,能够满足精密部件的维修需求。水下及特殊环境维修的自动化适配是船舶设备维修的重要发展方向。通过水下机器人等自动化设备,可以在不将船舶设备吊出水面的

情况下,完成水下部件的维修和更换任务,降低了维修成本和风险。水下机器人的作业深度可达100-500米,能够适应不同深度的水下维修任务。

2.3 维修流程管理自动化

维修计划的智能生成与调度根据设备的状态监测结果和维修历史数据,利用智能算法自动生成合理的维修计划^[2]。根据维修任务的优先级和资源可用性,对维修计划进行动态调度,确保维修工作的高效进行。维修资源的自动化配置与统筹通过信息系统实现。系统可以实时掌握维修人员、维修工具和备件等资源的使用情况和库存状态,根据维修计划自动调配资源,提高资源利用率。维修记录与追溯的自动化管理利用数据库技术,对维修过程中的各项数据进行详细记录和存储。维修人员可以通过查询系统,快速了解设备的维修历史和当前状态,为后续的维修工作提供参考依据。

3 机械自动化在船舶设备维修中的优化方向

3.1 技术适配性优化

不同类型船舶设备具有独特的结构、功能与运行特性,这要求自动化维修技术必须实现精准匹配。例如,对于大型船舶的主推进装置,其维修自动化技术需着重于高功率、高精度操作,以应对复杂的机械结构和严苛的运行环境;而对于船舶的电气控制系统,自动化维修技术则要侧重于快速故障定位与精准修复,保障电力供应的稳定性。在复杂工况下,自动化系统需具备出色的适应性调整能力。船舶在航行中会遭遇各种恶劣环境,如强风、巨浪、高温、高湿度等,这些因素会对自动化设备的性能产生干扰。因此,需通过优化传感器灵敏度、增强控制系统抗干扰能力等措施,确保自动化系统在复杂工况下仍能稳定运行,准确执行维修任务。多技术融合是提升自动化维修技术水平的重要优化路径。将自动化技术与智能化技术协同发展,借助人工智能算法对设备故障进行更精准的预测与诊断,利用大数据分析优化维修策略。同时融合物联网技术,实现设备间的互联互通,使维修人员能够实时获取设备状态信息,提升维修决策的科学性。

3.2 效率提升优化

对维修流程进行自动化精简与重构是提高维修效率的关键。通过分析现有维修流程中的冗余环节,运用自动化技术进行优化,减少人工干预与等待时间。例如,利用自动化调度系统合理安排维修任务顺序,实现维修资源的最大化利用。优化自动化设备的作业效率同样重要。对自动化维修设备进行性能升级,提高其操作速度与精度。同时建立设备维护保养自动化机制,定期对设备进行检测与维护,确保设备始终处于最佳运行状态,减少因设备故障导致的维修延误。提速故障响应与维修闭环设计能够显著缩短维修周期。建立快速故障报警机制,一旦设备出现异常,立即发出警报并自动定位故障位置。在维修完成后,通过自动化检测手段快速验证维修效果,形成完整的维修闭环,确保设备尽快恢复正常运行。

3.3 可靠性与安全性优化

强化自动化维修系统的稳定性是保障维修工作可靠性的基础。采用冗余设计理念,为关键设备和系统配备备用组件,当主组件出现故障时,备用组件能够迅速接管工作,确保维修系统不间断运行。同时加强系统的容错能力,对可能出现的错误进行提前预防与处理。升级维修过程的安全防护自动化措施。利用传感器与监控系统实时监测维修现场的安全状况,如检测危险气体浓度、监测人员操作规范等。一旦发现安全隐患,立即自动触发警报并采取相应的安全措施,如停止设备运行、启动通风系统等,保障维修人员的人身安全。建立维修结果的质量校验自动化机制,运用先进的检测设备与技术对维修后的设备进行全面检测,确保维修质量符合标准要求。通过自动化质量校验,及时发现维修过程中可能存在的质量问题,避免设备带病运行,提高船舶设备运行的可靠性与安全性。

4 机械自动化在船舶设备维修中应用的保障体系

4.1 自动化设备的维护与升级机制

机械自动化在船舶设备维修中的应用高度依赖各类自动化设备,构建完善的维护与升级机制是保障其稳定运行的关键。自动化设备在船舶复杂且恶劣的运行环境中,长期承受高强度工作负荷,易出现性能下降、故障频发等问题。因此,需建立定期巡检制度,安排专业技术人员对自动化设备进行全面检查,运用先进的检测仪器,精准识别设备潜在隐患,如传感器灵敏度降低、执行机构磨损等。针对发现的问题,及时制定维修方案并实施修复,确保设备始终处于良好运行状态。为适应船舶设备维修技术的不断发展,应建立自动化设备升级机制。密切关注行业前沿技术动态,结合船舶设备维修实际需求,对自动化设备的硬件和软件进行适时升级。例如,更新传感器以提高数据采集精度,升级控制系统以增强故障诊断和处理能力,使自动化设备能够更好地满足船舶设备维修的要求。

4.2 复合型维修人才的培养方向

机械自动化在船舶设备维修中的应用,对维修人才提出了更高要求,需要培养既懂机械自动化技术又熟悉船舶设备维修的复合型人才。在知识结构方面,这类人才不仅要掌握机械设计、自动化控制、电子技术等专业知识,还需深入了解船舶设备的结构、原理和维修工艺。在实践能力培养上,应通过校企合作、

实习实训等方式,让学员在实际工作环境中参与船舶设备维修项目,熟悉自动化设备的使用和维护流程,提高解决实际问题的能力^[3]。此外,还应注重培养人才的创新意识和学习能力,使其能够快速适应技术发展和设备更新的变化,不断探索和应用新的维修技术和方法,为机械自动化在船舶设备维修中的应用提供有力的人才支持。

4.3 自动化维修的标准化流程构建

构建自动化维修的标准化流程是确保船舶设备维修质量和效率的重要管理保障。从维修任务的接收开始,明确维修任务的来源、要求和优先级,对设备故障进行详细记录和分析。在维修准备阶段,根据故障情况,准确调配维修所需的自动化设备、工具和备件,确保维修工作能够顺利开展。维修准备阶段的资源调配时间可控制在30-60分钟内,确保维修工作按时启动。维修过程中,严格按照标准化操作流程进行作业,规范自动化设备的使用方法和操作步骤,保证维修质量。维修完成后,进行严格的验收和测试,确保设备恢复正常运行。同时建立维修档案,对维修过程和结果进行详细记录,为后续的设备维护和故障分析提供参考依据。通过标准化流程的构建和执行,提高自动化维修的规范化和科学化水平,降低维修风险和成本。

5 结束语

机械自动化在船舶设备维修中的应用,显著提升了维修的智能化、高效化水平。通过技术适配性、效率及可靠性与安全性优化,以及构建完善的保障体系,确保了自动化维修的稳定运行。这不仅降低了船舶维修成本与风险,还提高了船舶设备的运行可靠性与安全性,为航运业的持续发展提供了有力支撑,推动其向更高质量阶段迈进。

[参考文献]

- [1]王守财.船舶机械设备维修保养中的常见故障及排除[J].装备维修技术,2021(5):1.
- [2]代莹笛.船舶机械设备的自动化加工分析[J].中国设备工程,2023(11):103-105.
- [3]毕君磊.电气工程自动化技术在船舶机械设备方面的应用[J].船舶物资与市场,2023,31(04):76-78.