

智能化技术在船舶设备故障预测与健康管理中的应用

初文麒 张 浩

中国人民解放军 91697 部队 山东 青岛 266400

摘 要：智能化技术为船舶设备故障预测与健康管理注入新动能。本文在深入剖析船舶设备运行特性与故障模式基础上，通过合理布局传感器网络采集多维度数据，结合高性能硬件与专业软件适配，实现故障特征精准提取与识别。借助时间序列分析预判故障趋势，构建多级预警机制，同时开展设备健康状态实时监测、分级管理与维护需求智能推送。强化系统运维、规范操作流程、保障数据安全，全面提升船舶设备运维水平，确保稳定运行。

关键词：智能化技术；船舶设备；故障预测；健康管理；数据采集

引言：船舶设备作为海上任务执行的关键力量，其运行可靠性直接影响任务成败。传统故障预测与健康管理方式依赖人工经验与定期检修，存在滞后性与局限性，难以应对复杂多变的海洋环境与高强度任务需求。智能化技术凭借强大的数据处理与分析能力，能够实时感知设备状态、精准预测故障趋势，为船舶设备运维提供科学决策支持。因此，深入探究智能化技术在船舶设备故障预测与健康管理中的应用，具有重要的现实意义。

1 船舶设备故障预测与健康管理的智能化应用基础

1.1 智能化技术应用的前期准备

在将智能化技术引入船舶设备故障预测与健康管理领域之前，需进行全面且细致的前期筹备工作。这一过程涵盖多个关键方面，首要任务是对船舶设备的运行特性、结构组成以及常见故障模式展开深入剖析^[1]。通过查阅船舶设计图纸、技术文档以及过往维修记录，精准把握设备在不同工况下的性能表现与潜在故障隐患，为后续智能化技术的针对性应用筑牢根基。与此同时，组建跨学科专业团队至关重要，团队成员应涵盖船舶工程、自动化控制、计算机科学、数据分析等多领域专业人才，确保在智能化技术应用过程中能够从不同专业视角提供全面支持，有效应对可能出现的各类技术难题。此外，还需对智能化技术的应用目标与预期效果进行明确界定，结合船舶设备的实际运维需求，制定切实可行的技术实施路线图，合理规划各阶段任务与时间节点，保障智能化技术应用的有序推进。

1.2 船舶设备故障与健康相关数据采集

数据采集是船舶设备故障预测与健康管理智能化应用的核心环节。为获取全面、准确的数据，需在船舶设

备关键部位合理布局多种类型传感器。这些传感器应具备高精度、高可靠性以及良好的环境适应性，能够实时采集设备运行过程中的振动、温度、压力、转速等多维度参数信息。在传感器选型过程中，需充分考虑船舶设备的特殊运行环境，如海洋环境中的高湿度、高盐雾以及强振动等条件，确保传感器在恶劣环境下仍能稳定工作。为保障数据采集的连续性与完整性，需构建稳定可靠的数据传输网络，将传感器采集到的数据准确地传输至数据处理中心。在数据传输的过程中，应采用先进加密技术防止数据泄露与被篡改，确保数据安全性。

1.3 智能化技术应用的硬件与软件适配

实现智能化技术在船舶设备故障预测与健康管理中的应用，硬件与软件的适配工作不容忽视。硬件方面，需根据数据处理与分析的需求，配置高性能计算设备，如服务器、工作站等，确保具备强大的计算能力与存储能力，能够快速处理海量数据。同时，为满足实时性要求，可引入边缘计算设备，在靠近数据源的位置进行初步数据处理与分析，降低数据传输延迟。软件层面，需开发或选用专业的数据分析软件与算法模型，如机器学习算法、深度学习框架等，对采集到的数据进行深度挖掘与分析，实现故障特征提取、模式识别以及健康状态评估等功能。在软件与硬件适配过程中，需进行充分的测试与优化，确保软件能够在硬件平台上稳定运行，充分发挥硬件性能优势，为船舶设备故障预测与健康管理的智能化应用提供坚实保障。

2 智能化技术在船舶设备故障预测中的应用

2.1 故障特征提取与识别

在船舶设备故障预测工作中，故障特征提取与识别是关键起始步骤。船舶设备运行环境复杂，产生的数据

包含丰富信息,但其中真正与故障相关的特征往往隐匿于海量数据之中。智能化技术借助先进的信号处理手段,对采集到的振动、温度、压力等多维度数据进行细致剖析^[2]。例如,运用小波变换方法,能够把非平稳信号分解成不同频率成分的子信号,从而精准捕捉信号中瞬态的故障特征信息,有效区分正常波动与故障异常。机器学习算法在故障特征识别方面发挥着重要作用。通过对大量标注好的正常与故障数据进行训练,算法可以学习到不同故障模式下数据的内在规律与特征模式。支持向量机算法凭借其强大的分类能力,能够在高维数据空间中构建最优分类超平面,将正常数据与故障数据准确区分开来。深度学习中的卷积神经网络,通过多层卷积与池化操作,自动提取数据中的深层次特征,无需人工手动设计特征提取规则,大大提高了故障特征识别的准确性与效率,为后续故障预测提供坚实基础。

2.2 故障趋势分析与预判

完成故障特征提取与识别后,对故障趋势进行分析与预判至关重要。智能化技术利用时间序列分析方法,对历史故障数据以及实时监测数据进行深入挖掘。通过对数据随时间变化的规律进行研究,建立合适的时间序列模型,如自回归积分滑动平均模型,能够预测故障特征参数在未来一段时间的变化趋势。结合船舶设备的实际运行工况与物理模型,对时间序列分析结果进行修正与优化。考虑设备在不同负载、环境温度等条件下的性能变化,使故障趋势预测更加贴合实际情况。通过分析故障特征参数的变化速率、波动范围等指标,判断故障的发展阶段,是处于初期萌芽阶段还是即将进入严重故障阶段,为维修决策提供科学依据,提前做好应对准备,避免故障的进一步恶化。

2.3 潜在故障预警机制构建

基于故障特征提取识别与趋势分析结果,构建潜在故障预警机制是保障船舶设备安全运行的重要防线。智能化技术设定科学合理的预警阈值,根据故障特征参数的正常范围与故障发展规律,确定不同故障等级对应的阈值标准。当实时监测数据超过相应阈值时,系统自动触发预警信号。为提高预警的准确性与可靠性,采用多级预警策略。根据故障的严重程度与紧急程度,设置不同级别的预警,如黄色预警、橙色预警与红色预警。不同级别预警对应不同的处理措施与响应时间,确保维修人员能够根据预警级别迅速做出反应。同时,预警机制与维修管理系统紧密集成,一旦触发预警,相关信息自动推送至维修人员终端,方便及时安排维修任务,实现故障的快速处理,保障船舶设备的持续稳定运行。

3 智能化技术在船舶设备健康管理中的应用

3.1 设备健康状态实时监测

船舶设备运行于复杂多变的海洋环境,其健康状态受多种因素影响,实时精准监测是健康管理的基础。智能化技术依托高精度传感器网络,全面采集设备运行过程中的各类关键参数。振动传感器捕捉设备各部件的振动信号,通过分析振动频率、幅值等特征,可察觉部件的磨损、松动等异常情况;温度传感器实时监测设备不同部位的温度变化,防止因过热引发故障;压力传感器则对液压系统、气动系统等关键部位的压力进行监控,确保系统压力在正常范围内。这些传感器采集到的数据通过高速稳定的通信网络传输至数据处理中心^[3]。在数据处理中心,运用先进的信号处理算法对原始数据进行清洗、滤波等预处理操作,去除噪声干扰,提高数据质量。随后,利用机器学习算法对处理后的数据进行深度分析,挖掘数据中隐藏的健康信息。例如,通过对比实时数据与历史正常数据,建立动态健康基准模型,以实时评估设备当前健康状态与正常状态的偏离程度,实现对船舶设备健康状态的实时、精准监测。

3.2 设备健康状态分级管理

基于实时监测得到的设备健康状态信息,进行科学合理的分级管理,有助于提高健康管理的针对性和有效性。智能化技术根据设备健康状态评估结果,将设备健康状态划分为不同等级,如健康、亚健康、轻度故障、中度故障和重度故障等。分级标准的制定综合考虑多个因素,包括关键参数的偏离程度、故障特征的出现频率、对设备性能的影响程度等。对于处于健康状态的设备,采取常规的维护保养措施,确保持续稳定运行;对于亚健康状态的设备,加强监测频率,分析潜在故障风险,提前制定预防措施;对于出现不同程度故障的设备,根据故障等级迅速安排相应的维修工作,避免故障进一步恶化。通过这种分级管理方式,能够合理分配维护资源,提高维护效率,降低维护成本。

3.3 设备维护需求智能推送

智能化技术能够根据设备健康状态分级管理结果,精准推送维护需求信息。通过对设备历史维修数据、运行数据以及实时健康状态数据的综合分析,建立设备维护需求预测模型。该模型考虑设备的使用年限、运行工况、故障历史等因素,预测设备在未来一段时间内可能出现的维护需求。当模型预测到设备需要维护时,系统自动生成详细的维护任务清单,包括维护项目、维护时间、所需备件等信息,并将这些信息智能推送给相关维

护人员。维护人员根据推送信息,提前做好维护准备工作,合理安排维护时间和资源,确保维护工作的高效开展。同时,系统对维护过程进行跟踪和记录,为后续的维护决策提供数据支持,形成设备健康管理的闭环,不断提升船舶设备的健康管理水平。

4 船舶设备故障预测与健康管理的智能化应用保障

4.1 智能化系统的日常运维

船舶设备故障预测与健康管理智能化系统的稳定运行,离不开细致入微的日常运维工作。运维团队需制定全面且合理的巡检计划,定期对系统硬件设备进行全面检查。这涵盖服务器、传感器、通信线路等关键部件,查看设备是否存在物理损坏、连接松动、运行异常发热等情况。对于服务器,要监测磁盘空间使用情况、内存占用率以及处理器负载,确保服务器有足够的资源支持系统运行;对于传感器,需校准测量精度,保证采集数据的准确性^[4]。软件层面的运维同样重要。及时更新系统软件版本,修复已知的软件漏洞,提升系统的安全性与稳定性。定期清理系统缓存与日志文件,避免因存储空间不足导致系统运行缓慢。同时,对系统数据库进行优化,包括数据备份、索引重建等操作,确保数据的高效存储与快速检索,为故障预测与健康管理提供坚实的数据支撑。

4.2 技术应用的操作规范

为保障智能化技术在船舶设备故障预测与健康管理中有效应用,制定严格且详细的技术应用操作规范不可或缺。操作人员在使用智能化系统前,需接受相关专业培训,熟悉系统的功能架构、操作流程以及注意事项。在数据采集环节,操作人员应当严格按照规定的采样频率与精度要求进行操作,确保所采集到的数据完整、准确,能够真实反映设备的运行状态。进行故障特征提取与健康状态评估时,依据既定的算法模型与参数设置开展工作,不得随意更改算法参数,以免影响结果的准确性。当系统发出故障预警或健康状态异常提示时,操作人员应按照规范流程进行核实与处理,及时记录相关信

息,为后续的分析与改进提供依据。通过规范操作,保证智能化技术应用的科学性与可靠性。

4.3 数据安全性与隐私保护

在船舶设备故障预测与健康管理智能化应用中,数据安全性与隐私保护是重中之重。船舶设备运行数据包含大量敏感信息,如设备性能参数、运行轨迹等,一旦泄露可能对国家安全与企业利益造成严重损害。需采用先进的加密技术对数据进行加密处理,无论是数据在传输过程还是存储阶段,都确保数据处于加密状态,防止数据被窃取或篡改。建立严格的访问控制机制,对不同用户设置不同的访问权限,只有经过授权的人员才能访问相关数据。定期对系统进行安全审计,检查是否存在异常访问行为,及时发现并处理潜在的安全隐患。同时,制定完善的数据隐私保护政策,明确数据的使用范围与目的,确保数据在合法合规的前提下使用,切实保障数据的安全与隐私。

结束语

智能化技术在船舶设备故障预测与健康管理中的应用,实现了从被动维修到主动预防的转变。通过精准的数据采集、深入的特征分析、科学的趋势预判与智能的维护推送,显著提升了设备运维效率与可靠性。同时,严格的系统运维、规范的操作流程以及全面的数据安全保障,为智能化技术的稳定应用筑牢根基。这一系列举措有效延长了设备使用寿命,降低了运维成本,为船舶设备的高效运行提供了坚实支撑。

参考文献

- [1] 杨智. 船舶设备故障预测和维护管理措施研究 [J]. 船舶物资与市场,2025,33(4):81-83.
- [2] 宋庭新, 干永明, 韩国晨. 船体结构损伤的智能识别与预测方法 [J]. 舰船科学技术,2024,46(19):170-175.
- [3] 王祝清, 冯海峰, 张先刚. 船舶轮机设备的故障诊断与预测性维护 [J]. 船舶物资与市场,2025,33(3):55-57.
- [4] 殷文慧, 郭煜, 张安通, 等. 智能信息系统技术在舰船设备中的应用 [J]. 船舶标准化工程师,2024,57(5):5-9.