

机电设备智能运维研究

吴 彬

红光智能技术股份有限公司 浙江 温州 325600

摘 要：机电设备作为现代工业体系中的关键基础单元，其运行状态与维护水平直接决定整体生产效率和系统稳定性。在数字化转型持续推进的背景下，传统的周期性检修与人工巡检已难以满足设备管理对精准化、实时性与前瞻性的要求。依托物联网、人工智能与边缘计算等新兴技术，构建智能运维体系成为提高机电设备运行可靠性、降低维护成本的重要路径。

关键词：机电设备；智能运维；状态监测

引言：在工业自动化与智能化浪潮的强力推动下，机电设备作为现代工业生产的核心要素，其运行稳定性与效率直接关乎企业的生产效益与竞争力。传统运维模式过度依赖人工巡检与经验判断，存在效率低下、故障发现滞后等弊端，难以满足复杂多变的工业生产需求。机电设备智能运维应运而生，它融合物联网、大数据、人工智能等前沿技术，实现对设备状态的实时感知、故障精准预测与运维决策的科学化。深入研究机电设备智能运维，对提升工业生产智能化水平、保障设备可靠运行具有重大且迫切的现实意义。

1 机电设备智能运维的体系构成与核心基础

1.1 智能运维系统架构对运行逻辑与数据流通的承载机制

智能运维系统以多层分布式结构构建完整的信息闭环管理模型，包括感知层、网络层、平台层与应用层等多个模块。感知层负责部署各类传感器及边缘设备，对温度、振动、电流、电压等状态参数进行实时采集。网络层实现感知数据的多协议传输与边缘计算功能支持，确保低延迟与高带宽的通信需求。平台层以工业云平台或本地服务器形式承载数据存储、模型训练与异常识别等核心功能，为决策提供数据基础与算法支撑^[1]。应用层将智能分析结果推送至用户终端，辅助运维人员进行预警响应、维修调度与能效优化，实现系统由被动响应向主动预控转变。

1.2 数据驱动模型在健康评估与运维决策中的适配逻辑

智能运维的核心是以设备运行数据为基础构建健康评估体系与预测性维护模型。根据不同设备运行特征与历史故障信息，选取合适的机器学习算法如随机森林、支持向量机或深度神经网络对状态数据进行训练建模，构建寿命评估曲线与运行风险等级划分标准。实时采集

的数据输入模型后，经特征提取、归一化与趋势分析等处理，得到设备当前健康指数及未来运行趋势预测。结合模型输出结果，系统自动生成维修建议、故障可能性排序及工单派发方案，提高了运维决策的科学性、精准性与前瞻性，降低设备非计划停机风险。

1.3 边缘计算节点在智能化响应过程中的任务分担机制

边缘计算节点在智能运维体系中承担着近源计算、数据筛选与控制指令下发等关键任务，可有效缓解中心平台的数据处理压力，提升整体响应速度与实时监控能力。在数据预处理阶段，边缘设备对传感器采集的高频率原始信号进行滤波、聚合与特征提取，只将异常趋势数据或分析结果上传至云端，从而实现低带宽高价值数据传输。在本地故障检测与预测环节，部署轻量化模型可实现快速响应与即时预警，避免等待云端分析所带来的延迟风险。边缘计算节点还可根据平台设定规则实现自动化控制逻辑，如温升超限自动降载运行、振动异常立即报警等，构建高自主性的响应体系。

2 机电设备智能运维的关键策略与技术路径探索

2.1 基于多源融合感知的设备状态识别技术体系构建路径

多源融合感知技术是实现设备全面感知与状态精准识别的基础手段，其核心在于整合来自多种传感器的数据并实现多模态信息的协同处理。在实际应用中，单一传感器往往无法全面捕捉设备复杂运行状态，例如温度异常可能同时伴随振动变化、电流波动与声音异常，因此需构建以热、电、力、声、光等多物理量为基础的感知网络^[2]。通过布设高精度的温度传感器、加速度传感器、电流互感器、麦克风阵列与图像采集设备，实现对设备运行数据的全维度采集。数据融合阶段采用主成分分析、信息熵权重法或多通道卷积神经网络对异质数据

进行同步处理与特征提取,提高识别模型的稳定性与泛化能力。在数据解析层,构建模糊逻辑模型与神经网络融合结构,可解决传感数据不确定性与模糊边界问题,实现对设备运行状态的多等级判断与行为模式识别,为后续故障预警与维护策略提供高可靠的数据支撑。

2.2 基于智能算法建模的故障诊断与趋势预测方法优化路径

故障诊断与趋势预测是智能运维中的核心环节,其技术实质在于构建具有强泛化能力与自学习能力的模型对设备潜在故障进行定位与演化趋势预测。在模型构建阶段,需依托历史运维数据、故障日志与实时监测数据进行数据清洗、特征构造与样本均衡,提升样本代表性与数据质量。常用模型包括支持向量机、决策树、长短期记忆网络(LSTM)与卷积神经网络(CNN)等,可根据设备类型与故障特点灵活选择组合模型或混合算法。在训练与验证阶段,应采用交叉验证、迁移学习与模型微调策略优化模型性能,提高预测准确率与抗干扰能力。诊断结果输出层需设置置信度等级与多维报警机制,将模型判断结果与设备历史行为、工况参数进行比对验证,形成趋势图谱与风险指数推演,辅助管理者制定分级干预与精准维护措施,降低故障突发风险与检修成本^[3]。

2.3 基于信息闭环机制的维修决策流程与资源协调策略实施方式

维修决策流程的智能化转变是提升运维效率的关键途径,需以信息闭环机制为核心,实现数据、分析、决策与执行四个环节的有机联动。信息采集层通过实时监控设备状态变化并进行多源信息融合,为诊断模块提供数据输入。分析处理模块依据模型输出判断当前设备健康状态与故障类型,并根据故障等级匹配维修资源库与维修策略库,自动生成维修工单与处置建议。任务调度模块依据维修优先级、作业资源空闲度与现场条件对维修任务进行智能派发,系统可推荐最适合的技术人员与零配件资源,提升维修响应速度与资源利用率。在维修执行阶段,作业人员通过移动终端接收工单,反馈维修结果与零部件更换情况至系统后台,构建维修数据实时回传机制。完成后系统对维修过程与结果进行质量评估与闭环记录,为后续运维策略优化提供反馈支持,实现维修行为的可追溯与可迭代升级。

2.4 基于平台一体化管理的跨设备协同与全生命周期管控模式构建路径

平台一体化管理模式强调将分散的设备状态监测、运维任务调度、历史数据管理与性能评估纳入统一系统

平台,实现从单一设备管理向系统群体管理转变。在平台架构设计中,应实现对不同型号、厂商与通信协议设备的接入兼容,构建标准化数据采集接口与设备模型库,打通不同系统之间的数据壁垒。平台功能层可划分为设备状态中心、运维计划模块、资源协调系统与风险评估引擎等多个子模块,各模块通过统一数据库共享数据,实现业务数据流通与模块间协同^[4]。在跨设备协同方面,系统可基于工艺流程图与运行逻辑关系建立设备间依赖模型,在关键设备异常时联动评估关联设备运行风险并提前发出干预建议。在生命周期管理方面,平台应设立采购入库、调试运行、运维维修与退役处置全过程信息档案,并结合设备状态评估与残值计算模型动态调整运行策略。

3 机电设备智能运维面临的挑战与应对建议

3.1 技术层面挑战

3.1.1 数据质量与安全问题

(1)影响分析:数据是智能运维的核心基础,数据采集不准确会直接导致运维决策偏差,例如传感器采集的设备温度、振动等数据存在误差,可能造成设备故障误判或漏判,增加运维成本甚至引发安全事故;数据传输过程中面临的窃取、篡改等安全风险,会泄露设备运行核心信息,破坏运维系统稳定性,影响运维工作的正常开展。(2)应对建议:一方面选用高精度、高稳定性的传感器,优化数据采集节点布局,建立数据校准机制,定期对采集设备进行检修维护,从源头提升数据质量;另一方面构建全流程数据安全防护体系,采用数据加密、身份认证、访问控制等技术,加强数据传输、存储和使用环节的安全管控,保障数据安全可靠。

3.1.2 算法模型适应性挑战

(1)问题探讨:机电设备类型多样,不同设备的结构、运行原理存在差异,且同一设备在不同工况(如负载变化、环境温湿度波动)下的运行特征也各不相同。当前通用算法模型难以精准适配各类设备及复杂工况,导致模型预测精度低、泛化能力弱,无法有效发挥智能运维的预警和诊断作用。(2)应对建议:基于设备类型和工况特点开展定制化模型开发,结合设备全生命周期运行数据,采用迁移学习、强化学习等先进算法优化模型结构;建立模型动态更新机制,实时融入新的运行数据,持续提升模型对不同场景的适应性,确保模型能够精准匹配实际运维需求。

3.2 管理层面挑战

3.2.1 人员技能与观念转变问题

(1)阻碍分析:传统运维人员长期依赖经验开展

工作,对智能运维技术(如大数据分析、人工智能算法)的接受程度较低,且缺乏相关专业技能,无法熟练操作智能运维系统,难以有效运用智能工具开展运维工作,直接阻碍了智能运维技术的推广应用,制约了运维效率的提升。(2)应对建议:构建分层分类的人员培训体系,针对不同岗位运维人员开展智能运维技术、系统操作等专项培训,提升专业技能水平;建立健全激励机制,鼓励运维人员主动学习新技术、参与智能运维项目,对技术应用成效显著的人员给予奖励,引导运维人员转变传统观念,主动适配智能运维发展需求^[5]。

3.2.2 跨部门协作与流程优化问题

(1)问题指出:智能运维涉及设备管理、信息技术、生产运营等多个部门,当前各部门存在信息壁垒,沟通协作不畅,导致运维数据无法高效共享,运维需求传递不及时;同时传统运维流程繁琐,环节冗余,缺乏标准化规范,难以适配智能运维的高效协同需求,降低了运维工作效率。(2)应对建议:建立跨部门常态化沟通协作机制,搭建统一的信息共享平台,实现各部门运维数据、需求的实时对接与共享;梳理优化现有运维流程,剔除冗余环节,制定标准化的智能运维流程规范,明确各部门职责与协作节点,提升运维工作的协同效率。

3.3 标准与规范层面挑战

(1)现状分析:当前机电设备智能运维领域缺乏统一的标准与规范,不同厂商的设备数据接口、通信协议不兼容,导致数据难以互联互通;设备模型、运维流程等方面的规范缺失,使得各单位智能运维工作开展缺乏统一依据,出现技术应用混乱、运维质量参差不齐的现象,制约了产业的规模化、健康发展。(2)应对建议:由行业主管部门牵头,联合科研机构、企业等多方力量,加快制定统一的行业标准与规范。重点明确数据接口标准、设备模型规范、运维流程标准等关键内容,推动设备厂商、运维企业遵循统一标准开展工作,打破信息壁垒,促进产业协同发展。

4 机电设备智能运维的未来发展趋势展望

4.1 技术融合趋势

(1)影响探讨:物联网、人工智能、大数据、区块链等技术的深度融合,将打破单一技术应用局限,构建全链路智能运维体系。物联网实现设备状态全面感知,大数据提供海量数据支撑,人工智能精准挖掘数据价

值,区块链保障数据可信共享,三者协同提升运维决策的科学性与高效性。(2)机遇预测:技术融合将催生远程智能诊断、预测性维护等创新应用,推动运维从“被动响应”向“主动预判”转型,同时为跨领域运维协同、设备全生命周期管理提供新机遇,助力运维产业提质增效。

4.2 智能化程度提升趋势

(1)发展方向:智能运维系统将向自主决策、自适应调整方向升级,具备自主识别故障根源、自动规划维护方案、动态适配设备工况变化的能力,大幅降低人工干预依赖。(2)变革展望:智能化提升将颠覆传统“事后维修”模式,形成“预判-决策-执行”闭环运维模式,同时推动管理理念从“经验驱动”转向“数据驱动”,重构运维管理体系。

4.3 绿色可持续发展趋势

(1)核心作用:智能运维可通过精准监控设备能耗、优化运行参数,实现节能减排,同时合理规划维护周期与资源配置,减少物料浪费,助力绿色发展。(2)路径策略:可通过搭建能耗监测与优化平台、开发绿色运维算法模型、推广节能型维护技术等路径,推动机电设备运维全流程绿色化,践行可持续发展理念。

结束语

机电设备智能运维作为推动设备管理转型升级的重要抓手,通过构建多维感知、智能诊断、闭环决策与平台协同的系统架构,显著提升了运行稳定性与维护效率。在技术不断迭代更新的背景下,应持续优化算法模型、强化数据治理与推进系统集成,推动智能运维体系向更高精度、更强鲁棒性与更好适配性方向发展,为工业智能化与可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]张宏志,刘海涛.面向智能制造的机电设备智能运维系统设计研究[J].制造业自动化,2023,43(02):47-52.
- [2]王林,赵峰.基于大数据的设备运维智能决策模型研究[J].机电工程技术,2023,52(04):112-117.
- [3]罗昌权.基于综合监控系统数据的机电设备智能运维研究[J].中国高新科技,2022(24):27-30.
- [4]张卫宁.智能化技术在煤矿机电设备故障诊断中的应用[J].山东煤炭科技,2025,43(07):166-170.
- [5]梁绍东.基于综合监控大数据的机电设备智能运维研究[J].通信电源技术,2023,40(11):197-199.