

面向工业互联网的电机智能诊断与预测性维护系统

王 龙

南通中集特种运输设备制造有限公司 江苏南通

【摘要】面向工业互联网的电机智能诊断与预测性维护系统融合传感器监测、大数据分析、人工智能与云计算，实现电机运行状态的实时监控、故障智能诊断与寿命预测管理。系统通过多源数据采集与特征分析，构建健康评估模型，提前识别潜在隐患，减少计划外停机与维护成本，并支持远程集中管理与运维策略优化。该模式推动企业运维向数字化、智能化转型，提高设备利用率与生产效率，保障工业生产的高效与安全。

【关键词】工业互联网；电机智能诊断；预测性维护；大数据分析；人工智能

【收稿日期】2025 年 4 月 17 日

【出刊日期】2025 年 5 月 19 日

【DOI】10.12208/j.jeea.20250180

Intelligent diagnosis and predictive maintenance system for motors oriented to industrial internet

Long Wang

Nantong CIMC Special Transport Equipment Manufacturing Co., Ltd., Nantong, Jiangsu

【Abstract】The intelligent diagnosis and predictive maintenance system for motors oriented to industrial Internet integrates sensor monitoring, big data analysis, artificial intelligence and cloud computing to realize real-time monitoring of motor operation status, intelligent fault diagnosis and life prediction management. Through multi-source data collection and feature analysis, the system constructs a health assessment model to identify potential hidden dangers in advance, reduce unplanned downtime and maintenance costs, and support remote centralized management and optimization of operation and maintenance strategies. This model promotes the transformation of enterprise operation and maintenance to digitalization and intelligence, improves equipment utilization and production efficiency, and ensures the efficiency and safety of industrial production.

【Keywords】Industrial internet; Intelligent motor diagnosis; Predictive maintenance; Big data analysis; Artificial intelligence

引言

电机是工业生产的重要动力设备，其运行状态直接关系到生产效率与安全水平。传统运维模式依赖人工巡检与经验判断，存在滞后性和不确定性，难以及时发现潜在故障。工业互联网的快速发展为电机运维提供了全新的技术支撑，通过传感器网络、云计算与人工智能的融合，可实现运行数据的实时采集、智能分析与远程监控。面向工业互联网的电机智能诊断与预测性维护系统，不仅提升了故障识别的精准度，还通过预测性维护延长设备寿命、降低运维成本，为企业智能化转型提供了有力保障。

1 电机运维面临的挑战与工业互联网赋能价值

在现代工业生产体系中，电机设备作为驱动生产线、输送系统及工艺流程的关键动力源，其稳定运行直接决定了产能水平与产品质量。然而，传统运维模式仍

以定期检修、经验判断和事后维修为主，这种方式在复杂生产环境下存在滞后性和不确定性。电机在长期运行过程中会受到电气、机械、环境等多重因素的影响，如定子绕组绝缘老化、轴承磨损、转子不平衡以及环境温度与湿度的变化等，这些因素相互叠加会导致潜在故障提前出现^[1]。一旦未能及时发现并处理，极易引发非计划性停机，不仅造成直接经济损失，还会对生产计划和上下游供应链形成冲击。对于多工厂、多产线的大型制造企业而言，人工巡检和单点监测难以覆盖所有运行环节，数据的实时性与准确性难以保障，导致隐患在早期阶段难以识别。

工业互联网技术的引入，使电机运维从传统的静态管理模式向动态、精准、智能化管理转变成为可能。通过分布式传感器网络和工业物联网平台，可以对电机的电流、电压、振动、温升、噪声等多维运行参数进

行高频采集,并通过边缘计算节点进行初步分析,降低延迟并提升数据处理效率。大数据分析技术能够在海量运行数据中提取特征参数,结合历史运行工况建立健康状态评估模型,帮助运维人员实时掌握设备状态变化趋势。更为重要的是,工业互联网平台打破了信息孤岛,实现了跨部门、跨地域的数据共享与协同运维,为多工厂集中管理和运维策略的统一优化提供了基础条件,从而大幅提升设备运行的可控性与可预测性。

在工业互联网赋能的背景下,电机运维不仅能够实现故障的快速定位与原因分析,还能通过预测性维护延长设备寿命并降低维护成本。基于云平台的集中监控系统,可以通过对运行数据的持续分析预测设备可能的失效时间,提前安排备件采购与维护计划,避免计划外停机造成的生产损失。人工智能算法的引入使得故障模式识别更加精确,从而提升运维决策的科学性和响应速度。通过将运维数据与生产管理系统、供应链系统等进行集成,企业可以构建端到端的智能制造体系,实现从设备层到生产管理层的全链路优化。这种深度融合不仅提高了电机运维的技术水平,也为企业在激烈的市场竞争中获得持续竞争优势提供了有力支撑。

2 智能诊断系统的架构设计与关键技术

面向工业互联网的电机智能诊断系统通常采用分层分布式架构设计,保证数据采集的实时性、分析的高效性以及控制指令的可靠性。底层为感知层,部署在电机设备上的各类高精度传感器负责采集包括电流波形、振动频谱、定子绕组温度、环境湿度及噪声信号等多源运行数据^[2]。这些数据通过工业总线或无线通信模块传输至边缘计算节点进行预处理,包括噪声滤波、信号特征提取、数据压缩等,以减轻云端数据处理压力并提高响应速度。感知层的稳定性和精度直接决定了系统诊断的可靠性,因此需要在硬件选型、传感器布局、采样频率设定等方面进行优化设计,以适应不同类型电机及运行环境的差异化需求。

中间层为数据处理与分析层,通常部署在云计算平台或企业私有数据中心。该层的核心任务是对来自边缘节点的预处理数据进行深度分析与模式识别,运用机器学习、深度学习及统计建模等技术建立电机健康状态评估模型。卷积神经网络(CNN)可用于振动信号特征自动提取与分类,循环神经网络(RNN)适用于运行数据的时序趋势分析,而支持向量机(SVM)则在多类别故障模式识别中表现出较高精度。在模型训练过程中,需要融合历史运行数据与专家经验知识,构

建针对不同工况的多维度特征库。通过对数据的多层次、多角度分析,系统能够实时生成健康指数(HI),并基于动态阈值策略判断设备是否处于异常状态,从而实现早期故障的准确捕捉。

顶层为应用与决策层,主要负责将诊断结果、预测信息和维护建议可视化呈现给运维人员,并与企业的生产管理系统、备件管理系统实现联动。当系统检测到潜在风险时,可通过移动终端、控制室大屏或邮件等多种方式进行多渠道预警,确保信息快速传递至相关决策者^[3]。该层还能根据电机的健康评估结果自动生成维护计划、工单以及所需的物料清单,实现维护工作的自动化调度与资源优化配置。为了确保系统的持续优化与适应性,应用层还应具备自学习与模型迭代功能,能够在新数据不断积累的过程中自动调整诊断算法与预测模型,持续提升系统的准确性与稳定性。这种架构设计不仅提升了诊断系统的技术水平,也为预测性维护提供了坚实的数据与算法基础。

3 预测性维护模型的构建与应用实践

预测性维护的核心在于通过对设备运行状态的实时监测与历史数据的综合分析,提前识别潜在故障并在最佳时机实施维护,以降低故障率和维护成本。在电机预测性维护模型的构建过程中,首先需要建立高质量的运行数据集,包括电气参数、振动信号、温度曲线、润滑状态等多维数据,并对其进行清洗与标准化处理,以消除噪声干扰与采样误差。数据预处理完成后,需进行特征工程,将原始数据转化为能够反映设备健康状况的关键特征指标,如频谱峰值、均方根值、轴承故障特征频率、绝缘电阻衰减率等。这些特征将作为预测模型的输入变量,为故障趋势分析和寿命预测提供可靠基础。

在模型算法的选择上,机器学习与深度学习方法各有优势。机器学习方法如随机森林、梯度提升树在小样本、多特征的数据场景下具有较强的泛化能力,而深度学习方法如长短期记忆网络(LSTM)在处理复杂时序数据、捕捉长期依赖关系方面表现优异^[4]。为了提高预测的准确性与稳定性,实践中常采用集成学习策略,将多个模型的预测结果进行加权融合,从而减少单一模型偏差带来的影响。模型训练完成后,通过交叉验证与实际运行数据对比,评估模型在不同工况下的适用性与鲁棒性,并根据反馈不断优化算法参数与特征选择策略。这样构建出的预测性维护模型不仅能够准确预测电机的剩余使用寿命(RUL),还能识别不同类型故障的发生概率,为运维决策提供量化依据。

在实际应用中,预测性维护模型通过与企业的工业互联网平台集成,实现运行数据的实时采集、分析与预测。运维人员可以通过可视化界面查看每台电机的健康指数、剩余寿命曲线以及风险等级分布,并根据预测结果灵活安排检修计划。当某台关键电机的健康指数下降至预警阈值且剩余寿命不足一个月时,系统将自动生成检修工单并通知相关人员,同时预估所需备件和工时,实现维护工作的精准调度。通过这种基于预测的主动维护模式,企业能够有效减少计划外停机事件,提高设备可用率,并在保障生产连续性的同时降低维护费用。这种应用实践不仅验证了预测性维护模型的有效性,也为其他类型工业设备的智能运维提供了可借鉴的技术路径。

4 系统实施效果与企业运维模式优化

在实际推广中,面向工业互联网的电机智能诊断与预测性维护系统有效提升了企业运维绩效。通过对设备运行数据进行全生命周期管理,企业可建立完善的健康档案,实现对不同电机性能趋势、故障模式及维护记录的系统化分析。这种数据驱动的管理方式使运维由被动应对转向主动预防,显著降低突发停机风险。应用实践表明,系统能够帮助企业及时发现运行异常并采取针对性措施,确保生产连续性和稳定性。通过对历史数据的深入挖掘,可识别特定工况与故障的关联规律,从而优化运行策略与工艺参数配置,不仅提高了设备利用率,还促进了整体生产效率的稳步提升,为企业的持续发展提供了坚实的技术支撑。

系统的实施不仅显著提升了设备管理水平,也推动了企业运维模式向数字化、智能化转型。传统依赖人工巡检与经验判断的运维流程,被基于数据分析和智能决策的数字化体系所取代,运维人员角色由执行转向分析与决策,更注重数据解读与策略优化。为适应这一转型,企业需在组织架构、人才培养及绩效考核上进行调整,并强化跨部门协作与信息共享,使生产、设备、质量等环节在统一平台实现协同优化^[5-8]。长期应用中,系统可依托持续积累的数据不断优化算法,提升预测精度,并与ERP、MES等系统深度集成,构建生产、物流、供应链闭环管理。借助云计算和大数据分析,企

业还可进行行业对标与改进,实现全局资源优化,增强竞争力并引领行业智能化升级。

5 结语

本研究围绕面向工业互联网的电机智能诊断与预测性维护系统展开分析,阐明了其在提升设备运行可靠性、降低维护成本及优化企业运维模式中的重要作用。通过融合传感器监测、大数据分析、人工智能算法与云平台管理,系统能够实现故障的早期识别与寿命精准预测,为工业生产提供科学决策支持。该模式不仅推动了运维工作的数字化转型,也为构建高效、安全、可持续的工业生态体系奠定了坚实基础。

参考文献

- [1] 黄姬.商业银行视角下工业互联网金融创新策略研究[J].中国集体经济,2025(20):89-92.
- [2] 工业互联网与船舶行业、石化化工行业融合应用参考指南发布[J].设备管理与维修,2025(12):6.
- [3] 宋慧欣.工业互联网,数字化转型核心引擎[J].自动化博览,2025,42(06):3.
- [4] 谢卓芳,张猛.工业互联网规模化应用提速[N].湖南日报,2024-10-30(001).
- [5] 刘经纬.工业互联网平台如何赋能矿山智能化建设?[N].中国冶金报,2024-10-16(005).
- [6] 刘旭.接入工业互联网,中小企业顾虑什么[N].工人日报,2024-04-02(006).
- [7] 徐菁,综述功力机器电机工业互联网平台.张慧主编,淄川年鉴,团结出版社,2022,172,年鉴.
- [8] 彭天怡,彭昱,周峻等.基于工业互联网的电机远程在线监测与诊断平台的设计与实现[J].企业科技与发展,2023(01):39-42.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS