

基于工业互联网的机电设备智能运维关键技术研究

丁加强

江西中瑟科技有限公司 江西南昌 330000

摘要: 随着工业互联网的快速发展,机电设备智能运维成为了保障工业生产高效、稳定运行的关键。本文深入研究了基于工业互联网的机电设备智能运维关键技术,包括数据采集与传输技术、数据存储与管理技术、数据分析与挖掘技术、设备故障诊断与预测技术以及智能运维平台构建技术等。通过对这些关键技术的详细阐述和分析,为工业企业提升机电设备运维水平、降低运维成本、提高生产效益提供了理论支持和实践参考。

关键词: 工业互联网; 机电设备; 智能运维; 故障诊断; 预测性维护

引言

机电设备在现代工业生产中扮演着至关重要的角色,其运行状态直接影响到产品质量、生产效率和企业经济效益。传统的机电设备运维模式主要依赖于人工巡检、定期维护和事后维修,这种方式存在着诸多弊端,如运维效率低下、成本高昂、难以实现精准的故障诊断和预测等。随着工业互联网技术的兴起,为机电设备智能运维带来了新的机遇和解决方案。工业互联网通过将传感器、网络通信、大数据分析等技术 with 机电设备深度融合,实现了设备运行数据的实时采集、传输、存储和分析,从而能够实时监测设备的运行状态,及时发现潜在故障,并进行精准的故障诊断和预测性维护,有效提高了机电设备运维的智能化水平和管理效率。本文将对基于工业互联网的机电设备智能运维关键技术进行深入研究,旨在为推动工业企业机电设备运维模式的转型升级提供有力的技术支持。

1. 数据采集与传输技术

1.1 传感器技术

传感器是获取机电设备运行数据的关键部件。针对不同类型的机电设备和监测参数,需要选用合适的传感器,如温度传感器、压力传感器、振动传感器、电流传感器等。这些传感器能够将设备的物理量转换为电信号或数字信号,以便后续的传输和处理。例如,在电机运行监测中,通过安装温度传感器和振动传感器,可以实时监测电机的绕组温度和振动情况,及时发现电机过热、不平衡等异常现象。

1.2 数据采集系统

数据采集系统负责将传感器采集到的数据进行汇总、

处理和传输。它通常包括数据采集卡、微控制器、通信模块等部分。数据采集卡将传感器传来的模拟信号转换为数字信号,并进行滤波、放大等处理;微控制器对采集到的数据进行初步分析和打包;通信模块则将处理后的数据通过有线或无线方式传输到数据存储和处理中心。在工业现场,常用的有线传输方式有以太网、RS485等,无线传输方式有Wi-Fi、蓝牙、ZigBee以及4G/5G等移动通信技术。例如,在大型工厂中,对于分布范围广、移动性要求不高的设备,可以采用RS485总线进行数据采集和传输;而对于一些需要远程监控或移动监测的设备,如工程机械、矿山设备等,则可以利用4G/5G网络实现数据的实时传输,确保运维人员能够随时随地获取设备的运行数据。

2. 数据存储与管理技术

2.1 数据存储架构

海量的机电设备运行数据需要高效、可靠的存储架构。常见的数据存储架构包括关系型数据库和非关系型数据库。关系型数据库如MySQL、Oracle等,适用于存储结构化数据,具有数据一致性强、事务处理能力好等优点,可用于存储设备的基本信息、维护记录等结构化数据。非关系型数据库如MongoDB、Redis等,擅长处理半结构化和非结构化数据,如设备的振动波形数据、图像数据等,能够提供高可扩展性和快速的数据读写能力。在实际应用中,通常采用混合存储架构,根据数据的类型和特点选择合适的数据库进行存储,以充分发挥不同数据库的优势。

2.2 数据管理策略

为了保证数据的安全性、完整性和可用性,需要制定

完善的数据管理策略。数据备份是重要的一环，定期对数据进行全量和增量备份，防止数据丢失。同时，数据索引和数据清洗也是关键步骤，通过建立合理的数据索引可以提高数据查询效率，而数据清洗则能够去除数据中的噪声、异常值和重复数据，提高数据质量。此外，数据的访问权限管理也不容忽视，根据不同用户的角色和职责，设置相应的访问权限，确保数据的安全性。例如，设备运维人员只能访问其所负责设备的相关数据，而数据管理员则具有更高的权限，可以对整个数据存储系统进行管理和维护。

3. 数据分析与挖掘技术

3.1 数据预处理

在对机电设备运行数据进行分析之前，需要进行数据预处理。数据预处理包括数据清洗、数据集成、数据变换和数据归约等步骤。数据清洗如前所述，主要是去除数据中的杂质；数据集成则是将来自不同数据源的数据进行整合，确保数据的完整性；数据变换是对数据进行规范化、标准化处理，如将数据映射到特定的区间或进行对数变换等，以适应不同分析算法的要求；数据归约则是在不影响数据分析结果的前提下，减少数据量，提高分析效率。例如，对于振动传感器采集到的大量振动数据，可以通过数据清洗去除异常振动数据点，然后进行数据变换将振动幅值转换为无量纲指标，最后利用数据归约技术提取关键特征数据，为后续的故障诊断和预测分析提供高质量的数据基础。

3.2 数据分析方法

常用的数据分析方法包括统计分析、机器学习和深度学习等。统计分析方法如均值、方差、相关系数等，可以对设备运行数据的基本特征进行描述和分析，用于判断设备运行状态是否正常。机器学习方法如支持向量机（SVM）、决策树、神经网络等，能够通过历史数据的学习，建立设备运行状态与故障之间的模型，实现故障诊断和预测。例如，利用决策树算法对电机的运行数据进行分析，根据温度、振动、电流等参数构建决策树模型，判断电机是否存在故障以及故障类型。深度学习方法如卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）等，在处理复杂的设备运行数据时具有更好的性能表现，能够自动提取数据的深层次特征，适用于对机电设备的故障模式进行更精准的识别和预测。例如，在对轴承故障诊断中，利用卷积神经网络对轴承振动信号的图像化数据进行学习，能够准确地识别出不同类型的轴承故障。

3.3 数据挖掘算法

数据挖掘算法用于从大量的机电设备数据中发现潜在的知识 and 规律。关联规则挖掘算法可以发现设备参数之间的关联关系，如温度与压力之间的关联，为设备的运行优化提供参考。聚类分析算法能够将相似的设备运行状态或故障模式进行分类，有助于发现设备的潜在故障群体特征。例如，通过对多台同类型设备的振动数据进行聚类分析，可以将设备分为正常运行、轻微故障和严重故障等不同的类别，针对不同类别的设备采取不同的运维策略。异常检测算法则能够及时发现设备运行数据中的异常点或异常模式，实现设备故障的早期预警。例如，基于密度的异常检测算法可以检测出与正常数据分布密度差异较大的异常数据点，提示设备可能存在故障隐患。

4. 设备故障诊断与预测技术

4.1 故障诊断方法

基于工业互联网的机电设备故障诊断方法主要有基于模型的故障诊断、基于信号处理的故障诊断和基于知识的故障诊断。基于模型的故障诊断是通过建立设备的数学模型或物理模型，根据模型输出与实际测量值之间的差异来判断故障。例如，对于复杂的机电控制系统，可以建立其动态数学模型，当系统实际运行参数与模型预测参数偏差超过一定阈值时，即判定系统存在故障。基于信号处理的故障诊断是对设备运行时产生的各种信号，如振动信号、电流信号、声音信号等进行分析处理，提取故障特征信息。如利用小波变换对振动信号进行分解，获取不同频率段的信号特征，判断设备是否存在不平衡、不对中、轴承损坏等故障。基于知识的故障诊断则是利用专家经验、故障案例库和人工智能技术进行故障诊断。例如，专家系统将设备故障诊断专家的知识和经验转化为规则库，当设备运行数据输入时，专家系统根据规则库进行推理判断，得出故障诊断结论；机器学习和深度学习算法也可以通过对大量故障案例数据的学习，自动生成故障诊断模型，实现故障的智能诊断。

4.2 故障预测模型

故障预测是智能运维的核心目标之一。常用的故障预测模型包括时间序列分析模型、灰色预测模型和基于机器学习的预测模型等。时间序列分析模型如 ARIMA 模型，通过对设备运行参数的历史时间序列数据进行分析，建立自回归移动平均模型，预测设备参数的未来变化趋势，从而判断设

备是否可能发生故障。例如，对于设备的振动幅值时间序列数据，利用 ARIMA 模型进行预测，若预测值呈现逐渐增大且超过安全阈值的趋势，则提示设备可能即将发生故障。灰色预测模型适用于数据量较少且信息不完全的情况，通过对原始数据进行累加生成处理，弱化数据的随机性，建立微分方程模型进行预测。基于机器学习的预测模型如支持向量机回归 (SVR)、神经网络预测模型等，能够处理复杂的非线性关系，通过对设备多参数历史数据的学习，预测设备故障发生的时间和概率。例如，利用神经网络对电机的温度、电流、振动等多参数数据进行学习，构建故障预测模型，提前预测电机可能发生故障的时间点，以便运维人员提前安排维护计划，减少突发故障带来的损失。

5. 智能运维平台构建技术

5.1 平台架构设计

智能运维平台架构通常包括感知层、传输层、数据层、服务层和应用层。感知层由各种传感器和数据采集设备组成，负责采集机电设备的运行数据；传输层通过有线和无线通信技术将感知层采集的数据传输到数据层；数据层对数据进行存储、管理和预处理，为服务层提供数据支持；服务层包含各种数据分析、故障诊断、预测服务等功能模块，实现对设备运行数据的深度分析和处理；应用层则是面向用户的界面，为运维人员、管理人员等提供设备监控、故障报警、运维决策等功能应用。例如，在一个大型制造企业的机电设备智能运维平台中，感知层部署在各个生产车间的设备上，通过工业以太网和 Wi-Fi 网络将数据传输到数据中心的数据层，服务层利用机器学习和深度学习算法对数据进行分析处理，应用层则通过 Web 界面和移动端应用为运维人员提供实时设备状态监控、故障预警推送、维修工单管理等功能。

5.2 平台功能实现

智能运维平台应具备设备实时监控、故障诊断与报警、预测性维护、运维决策支持等功能。设备实时监控功能通过可视化界面展示设备的运行参数、运行状态、地理位置等信息，使运维人员能够直观地了解设备的实时情况。故障诊断与报警功能利用故障诊断算法对设备运行数据进行实时分析，一旦发现故障，立即发出报警信息，并提供故障类型、故障位置等详细诊断结果。预测性维护功能根据故障预测模型，预测设备未来的故障风险，为运维人员制定维护计划提供依据，如提前准备维修备件、安排维修人员等。运维决策

支持功能则通过对设备历史数据、故障案例、维护记录等信息的综合分析，为运维管理决策提供数据支持，如设备更新改造决策、维修策略优化决策等。例如，当平台预测某台关键设备在未来一周内有较高的故障概率时，会自动生成维护计划建议，包括需要更换的备件清单、预计维修时间和维修人员安排等，运维管理人员可以根据这些建议进行决策审批，安排维修工作，确保设备的稳定运行。

6. 结论与展望

本文对基于工业互联网的机电设备智能运维关键技术进行了深入研究。通过数据采集与传输技术实现了设备运行数据的实时获取和传输；利用数据存储与管理技术构建了高效的数据存储架构和完善的数据管理策略；借助数据分析与挖掘技术挖掘出设备运行数据中的潜在价值；基于设备故障诊断与预测技术实现了设备故障的精准诊断和提前预测；通过智能运维平台构建技术搭建了集设备监控、故障诊断、预测维护和运维决策支持等功能于一体的智能运维平台。实际案例分析表明，这些关键技术的应用能够有效提高机电设备运维的智能化水平，降低运维成本，提高生产效率，为工业企业的发展提供有力保障。

展望未来，随着物联网、大数据、人工智能、边缘计算等技术的不断发展和创新，机电设备智能运维技术将不断完善和成熟。传感器技术将朝着高精度、高可靠性、微型化和智能化方向发展；数据分析算法将更加高效、准确，能够处理更加复杂的设备运行数据；工业互联网平台将实现更好的设备互联互通和数据共享，促进智能运维生态系统的形成；同时，人才培养体系也将不断健全，为机电设备智能运维技术的广泛应用提供充足的人才储备。相信在不久的将来，基于工业互联网的机电设备智能运维技术将在工业领域得到更加广泛的应用和推广，推动工业生产向智能化、高效化、绿色化方向迈进。

参考文献：

- [1] 于强. 水利工程机电设备故障诊断与智能运维方法[J]. 中国科技信息, 2024,(22):76-78.
- [2] 赵华, 蔡洋涛, 陈翌, 等. 基于物联网的车辆段机电装备智能运维平台构建及应用[J]. 物联网技术, 2024,14(10):75-77.
- [3] 王宽. 基于 RFID 技术的煤矿机电设备智能运维管理方法[J]. 现代工业经济和信息化, 2024,14(08):218-220.

- [4] 郑强强 . 建设工程项目施工现场消防安全管理研究 [J]. 人民公交 ,2024,(12):73-75.
- [5] 余运友 . 城市轨道交通机电设备运维智能管控系统 [J]. 水上安全 ,2024,(12):115-117.
- [6] 王多 . 地铁机电设备智能运维关键技术研究 [D]. 河南农业大学 ,2024.