

基于物联网的机电设备远程监控与自动化维护研究

郝彦钊, 刘志磊, 负井贺, 于水, 高超

国家电投集团内蒙古白音华煤电有限公司露天矿, 内蒙古 锡林浩特 026200

摘要: 随着物联网技术快速发展, 机电设备的远程监控以及自动化维护成了工业领域十分重要的研究方向。本文对当前机电设备远程监控和自动化维护的现状还有挑战做了分析, 指出在数据采集、实时传输、异常检测等方面存在不足。给出了基于物联网的机电设备系统架构设计, 有硬件和软件的设计方案, 在此基础上探讨了远程监控技术里的监控数据采集、实时数据传输处理、异常检测与报警机制等关键技术。最后研究了自动化维护技术, 如维护策略与决策支持系统、自动化维护流程设计以及维护效果评估与优化方法。研究显示, 基于物联网的机电设备远程监控与自动化维护能明显提高设备运行效率, 降低维护成本, 给工业智能化发展提供了有力支持。

关键词: 物联网; 机电设备; 远程监控; 自动化; 维护分析

Research on Remote Monitoring and Automated Maintenance of Electromechanical Equipment Based on Internet of Things

Hao Yanzhao, Liu Zhilei, Yun Jinghe, Yu Shui, Gao Chao

Open-pit mine of Inner Mongolia Baiyinhua Coal and Electricity Co., Ltd. of State Power Investment Corporation Limited.
Xilinhot, Inner Mongolia 026200

Abstract: With the rapid development of Internet of Things (IoT) technology, remote monitoring and automated maintenance of electromechanical equipment have become very important research directions in the industrial field. This paper analyzes the current status and challenges of remote monitoring and automated maintenance of electromechanical equipment, pointing out the deficiencies in data collection, real-time transmission, and anomaly detection. It presents the system architecture design of the electromechanical equipment based on IoT, including hardware and software design solutions. On this basis, it discusses key technologies in remote monitoring, such as monitoring data collection, real-time data transmission and processing, anomaly detection and alarm mechanisms. Finally, it studies automated maintenance technologies, such as maintenance strategies and decision support systems, automated maintenance process design, and maintenance effect evaluation and optimization methods. The research shows that remote monitoring and automated maintenance of electromechanical equipment based on IoT can significantly improve equipment operation efficiency, reduce maintenance costs, and provide strong support for the intelligent development of industry.

Keywords: Internet of Things; electromechanical equipment; remote monitoring; automation; maintenance analysis

引言

机电设备是现代工业生产中重要的一部分, 它的运行状态会直接影响到生产效率以及安全性。传统的设备监控和维护方式主要依靠人工巡检还有定期维护, 存在效率较低、成本较高、响应较慢等问题。随着物联网技术的兴起, 机电设备的远程监控以及自动化维护变成可能。物联网技术借助传感器、通信网络 and 数据处理平台, 可达成对设备运行状态的实时监控以及智能分析, 能够提前预警故障并且自动执行维护操作。

一、机电设备远程监控与自动化维护的现状与挑战

(一) 现状

在工业 4.0 和智能制造的大环境中, 机电设备远程监控与自

动化维护有了明显进步。从市场常见情况来讲, 在大型制造业、能源电力行业以及现代化的物流仓储领域, 远程监控与自动化维护系统被广泛使用, 汽车制造工厂布置远程监控系统后, 能随时了解生产线上各种机电设备的运行参数。自动化维护方面, 部分

企业引进了依据预设规则的自动诊断与修复程序，当设备出现一些常见故障时，系统会自动发出警报并试着进行初步修复操作^[1]。在技术运用方面，物联网技术成熟让设备能方便地接入网络，达成数据的实时传输。传感器技术发展也给设备状态监测提供了有力支撑，高精度传感器能精准感知设备的细微变化，云计算与大数据技术负责数据存储与分析，对大量设备运行数据做研究来预测设备潜在故障^[2]。

（二）挑战

虽然机电设备远程监控与自动化维护已经有了一些成果，但依然面临着较多挑战。从技术角度分析，不同品牌和型号的机电设备，它们的接口标准不一样，使得在搭建统一的远程监控系统时，设备之间实现互联互通变得很困难。例如有一家工厂，可能同时用了不同供应商的数控机床和自动化生产线设备等，因为接口协议有差别，因此很难做到数据的无缝对接以及统一管理。安全问题方面，远程监控系统传输的设备运行数据里有企业核心生产信息，如果遭到黑客攻击，数据泄露会给企业造成很大损失。在管理方面，企业内部缺少那种既懂机电设备专业知识，又熟悉远程监控与自动化维护技术的复合型人才，现有维护人员大多只擅长传统的设备维护方式，对新的技术手段掌握得不够，无法有效处理自动化维护系统的管理和故障问题^[3]。企业在制定设备维护策略时难以平衡好自动化维护和人工维护的关系，过度依赖自动化可能会导致一些复杂故障处理不及时，而传统人工维护又不能充分发挥远程监控系统的优势。

二、基于物联网的机电设备系统架构设计

（一）系统总体架构

基于物联网的机电设备系统运用分层架构设计，主要划分为感知层、传输层、平台层以及应用层。感知层的作用是采集机电设备的各类运行数据，例如设备的温度、压力、振动、转速等这些关键参数都包含在内，借助大量布置在设备不同部位的传感器来达成数据采集。传输层肩负数据传输的重要任务，运用无线通信技术例如 4G、5G、Wi-Fi 等以及有线通信技术比如以太网，将感知层收集到的数据安全且快速地传送到平台层。平台层是整个系统的核心关键所在，它对来自传输层的数据进行整合与存储，并且利用大数据分析、云计算等技术对数据开展挖掘与处理工作，为应用层提供数据方面的支持以及决策的依据^[4]。应用层直接面对用户，通过可视化界面呈现设备运行状态、故障预警信息等内容，方便用户可实时对设备进行监控，可以实现远程控制设备的启动停止、参数调整等操作，以此满足不同用户对于机电设备管理的多样需求。

（二）硬件设计

传感器：选用多种类型的传感器来适应不同的监测需求。温度传感器采用高精度热敏电阻或者热电偶，可精准地测量设备关键部位的温度，以此来防止设备因为过热而出现损坏的情况。振动传感器运用压电式或者加速度式传感器，可实时监测设备的振动状况，及时发现设备部件存在的松动、磨损等潜在故障^[5]。压力

传感器可以选用应变片式或者压阻式传感器，用来监测设备内部的压力，保障设备安全运行，这些传感器会把物理量转化成电信号，给系统提供准确的设备运行数据。

控制器：控制器作为设备控制的核心部分，采用可编程逻辑控制器或微控制器。PLC 适用于复杂工业环境下的机电设备控制，拥有强大的逻辑运算以及顺序控制能力，可以依据预设程序和传感器反馈回来的数据，精确控制设备的运行。MCU 则常常被用于对成本、体积有较高要求的小型机电设备，它的集成度高而且功耗低，可以灵活实现对设备的基本控制功能。**通信模块：**为了实现数据的高效传输，支持多种通信协议，在无线通信模块方面，4G/5G 模块适用于远程、广域范围内的设备通信，可快速传输大量的数据，Wi-Fi 模块用于近距离、高速率的数据传输场景，例如在工厂内部局域网环境下，实现设备与本地服务器的快速数据交互。有线通信模块主要是以太网模块为主，通过网线进行连接，具有稳定性高、传输速率快的特点，被用于对数据传输稳定性要求极高的关键设备通信^[6]。

（三）软件设计

数据采集方面：在感知层，通过编写特定的驱动程序，让传感器可和微控制器或者 PLC 实现数据交互，借助定时中断或者事件触发机制，按照周期性或者实时的方式采集传感器数据。**数据处理方面：**在传输层以及平台层，对采集到的原始数据开展预处理工作，运用滤波算法把数据里的噪声干扰给去除掉，采用归一化算法将不同类型传感器的数据统一到相同的量级，这样便于后续进行分析，与此同时，对数据进行初步的特征提取，例如计算设备振动的峰值、均值等特征参数，以此减少数据量，提高数据处理的效率^[7]。

数据存储方面：平台层采用分布式数据库（像是 HBase）和关系型数据库（比如 MySQL）相结合的办法来存储数据，对于海量的、对实时性要求高的设备运行原始数据，存储在分布式数据库当中，利用其高扩展性以及高并发读写能力，保障数据存储的高效性。对于经过处理的、用于分析与决策的结构化数据，例如设备故障诊断结果、设备运行统计报表等，存储在关系型数据库里，便于进行复杂查询和数据管理。

数据分析方面：运用数据挖掘算法以及机器学习模型对存储的数据做深度分析。通过聚类分析算法，将设备运行状态分成正常、异常等不同的类别，利用关联规则挖掘算法，找出设备运行参数之间的潜在关系，经过大量历史数据训练可实现对设备故障的精准预测和诊断，为设备维护提供科学依据。

三、基于物联网的机电设备远程监控技术研究

（一）监控数据采集技术

监控数据的采集是依靠各种各样的传感器来达成，温度传感器中的热敏电阻式传感器，可精确地感知机电设备关键部位的温度，并把温度的变化转变成电信号输出，还有振动传感器，通过感应设备振动产生的电荷，获取设备振动的频率、幅度等数据，依靠这些数据来判断设备运转是否平稳。压力传感器采用压阻式

原理，可测量设备内部的压力参数，这些传感器被合理地部署在机电设备容易发热、容易磨损以及关键传动的部位，数据采集系统采用定时采集和事件触发采集相结合的办法，定时采集可保证数据的连续性，事件触发针对突发的异常情况，例如设备温度突然变化，可在第一时间捕捉到关键数据，为后续的分析提供全面又及时的数据基础。

（二）实时数据传输与处理技术

实时数据传输是依靠多种通信技术来实现，在广域的范围，4G/5G网络具有高速率以及低延迟的特性，可快速地传输大量设备的数据。在工厂内部等局域网场景中，Wi-Fi或者以太网会发挥出稳定且高效的数据传输优势^[8]。在传输的过程中会采用数据加密技术，以此保障数据的安全。到达接收端的数据，首先要做预处理，运用滤波算法去除噪声干扰，让数据变得更加精准；通过归一化处理，统一不同类型数据的量级，方便后续进行分析，接下来利用分布式计算技术，将大量数据分发给多个计算节点并行处理，大幅提升处理效率。

（三）异常检测与报警机制

异常检测依靠机器学习算法和预设阈值，例如支持向量机这样的机器学习算法，通过学习大量设备正常运行的数据来构建正常行为模型。一旦实时数据和模型的偏差超出了一定范围，就判定可能存在异常。结合预设阈值，系统会马上触发异常检测流程。一旦确认有异常，报警机制会迅速启动，通过短信、邮件、系统弹窗等多种方式给设备管理人员发送报警信息，报警信息会详细说明异常类型、发生时间、设备位置等关键信息，管理人员能及时作出响应，采取维护措施，防止设备故障扩大，保障机电设备稳定运行。

四、基于物联网的机电设备自动化维护技术研究

（一）维护策略与决策支持系统

维护策略是依靠设备运行数据以及故障预测模型来制定，系统会不断收集设备的温度、振动、压力等方面的实时数据，通过运用机器学习算法去分析数据的趋势，预测设备可能出现的潜在故障。例如基于历史数据训练而成的神经网络模型，可精准地预估设备关键部件的剩余使用寿命。根据预测得出的结果制定预防性的维护策略，在部件快要临近失效之前安排维护工作，以此来避免突发故障的发生。决策支持系统会整合设备信息、维护记录以及成本数据，给管理者提供多种维护方案，同时还会评估各个方案的成本效益^[9]。当面对设备出现轻微故障的时候，系统会对比立即维修、延缓维修以及加强监测等不同方案的成本与风险，辅助管理者做出最为合适的决策。

（二）自动化维护流程设计

自动化维护流程是从设备状态监测开始，传感器会实时收集设备数据，一旦数据触发了预设的异常阈值或者故障预测模型发出了预警，流程会自动启动，一开始系统会自动生成维护工单，工单里会详细说明故障类型、设备位置等信息，并且会依据故障的紧急程度来安排优先级。随后要调度维护资源，派遣有相应技

能的机器人或者通知维护人员前往现场，在维护的过程中，智能工具会和设备协同工作，准确地完成设备部件的拆卸与安装。维护完成之后，系统会自动对设备进行性能测试，确认故障已经排除，更新设备维护记录，整个流程效率高、精准度高，减少了人工干预，提高了维护效率。

（三）维护效果评估与优化

维护效果评估借助多维度指标，在设备性能方面，对比维护前后设备的关键运行参数，例如设备运行稳定性以及生产效率有没有恢复到正常水平。从可靠性角度来看，统计设备再次出现故障的间隔时间，以此来评估维护有没有有效地延长设备无故障运行周期。在成本效益方面，核算维护所花费的人力、物力以及时间成本，与维护后设备运行效益的提升做对比，依据评估结果，持续对维护策略与流程进行优化^[10]。若发现某类故障频繁出现，需要分析维护流程中的漏洞，改进维护方法；若某个维护方案成本过高，需要调整资源配置，探索更经济高效的维护方式，不断提高自动化维护水平。

五、结语

本文开展基于物联网的机电设备远程监控与自动化维护技术研究，分析完整的系统架构设计方案，研究了远程监控与自动化维护的关键技术。物联网技术的应用能明显提升机电设备的监控效率与维护水平，降低设备故障率，延长设备使用寿命。伴随物联网技术持续发展，机电设备的远程监控与自动化维护会更智能、精准，为工业生产的智能化转型给予有力的技术支持，但仍要研究怎样优化数据传输效率、提高异常检测精度以及完善自动化维护策略，来应对复杂多变的工业环境。

参考文献

- [1] 侯强. 选煤厂机电设备远程监控系统架构与功能实现 [J]. 电站辅机, 2024, 45 (04): 71-74.
- [2] 张永, 赵伟, 吴永东. 矿山机电设备的远程监控与管理技术研究 [J]. 世界有色金属, 2024, (20): 174-176.
- [3] 李默涵. 高速公路机电设备远程监控与控制系统优化 [J]. 中国机械, 2024, (27): 101-104.
- [4] 朱虎, 杨琳. 基于物联网技术的高速公路机电设备远程监控研究 [J]. 智能物联技术, 2024, 56 (05): 145-148.
- [5] 裴健, 王正. 探究机电设备的嵌入式远程监控系统设计 [J]. 长江信息通信, 2024, 37 (09): 89-91+94. DOI:10.20153/j.issn.2096-9759.2024.09.027.
- [6] 蔚新. 煤矿井下机电设备安全供电技术应用研究 [J]. 自动化应用, 2024, 65 (14): 94-96. DOI:10.19769/j.zdhy.2024.14.030.
- [7] 李勇, 杨阳. 煤矿机电设备的远程监控与故障诊断系统研究 [J]. 中国高新技术, 2024, (12): 46-48. DOI:10.13535/j.cnki.10-1507/n.2024.12.13.
- [8] 王磊, 宋维勇, 赵常亮. 基于物联网技术的智能化机电设备远程监控与管理研究 [J]. 中国战略新兴产业, 2024, (18): 49-51.
- [9] 王宇. 基于物联网的高速公路机电设备远程监控系统研究 [J]. 汽车周刊, 2024, (06): 52-54.
- [10] 谢李丰. 基于互联网技术的机电设备远程监控与维护系统研究 [C]// 中国智慧工程研究会. 2024智慧施工与规划设计学术交流会议论文集. 杭州冉思科技有限公司, 2024: 3. DOI:10.26914/c.cnkihy.2024.027254.