

机电设备检修中的智能监测与故障预警技术

陆翔健

天津中集集装箱有限公司, 天津 300461

摘 要： 本文全面探讨了机电设备智能监测与故障预警技术，从理论、关键技术和算法应用至系统设计。首先，解析了设备故障类型及特点，并介绍了传统检修与智能监测的理论基础。接着，分析了信号处理、传感器技术、数据采集传输、预处理及特征提取等环节。文章还详述了故障预警系统的设计，涉及架构、硬件、软件和系统集成。最终，探讨了技术在状态监测、故障定位、预警阈值调整和维修决策中的应用，为机电设备检修智能化提供了理论实践指导。

关 键 词： 智能监测；故障预警；机电设备；状态检修；传感器技术

Intelligent Monitoring and Fault Warning Technology in Electromechanical Equipment Maintenance

Lu Xiangjian

Tianjin CIMC Container Co., Ltd. Tianjin 300461

Abstract： This paper comprehensively explores intelligent monitoring and fault warning technology for electromechanical equipment, ranging from theory, key technologies, and algorithm applications to system design. Firstly, it analyzes the types and characteristics of equipment failures and introduces the theoretical foundations of traditional maintenance and intelligent monitoring. Subsequently, it examines signal processing, sensor technology, data acquisition and transmission, preprocessing, and feature extraction. The article also details the design of the fault warning system, covering architecture, hardware, software, and system integration. Finally, it explores the application of technology in condition monitoring, fault localization, warning threshold adjustment, and maintenance decision-making, providing theoretical and practical guidance for the intelligentization of electromechanical equipment maintenance.

Keywords： intelligent monitoring; fault warning; electromechanical equipment; condition-based maintenance; sensor technology

引言

随着工业自动化程度的不断提高，机电设备在各类生产领域中发挥着越来越重要的作用。然而，机电设备的复杂性和运行环境的多样性使得设备故障难以避免，这不仅影响了生产效率，还可能导致安全事故的发生。因此，如何有效地进行机电设备检修，确保设备安全、稳定、高效运行，已成为当前工业领域亟待解决的问题。机电设备检修中的智能监测与故障预警技术，以其高效、准确、实时性强等特点，为解决这一问题提供了新的思路和方法。

一、机电设备检修理论基础

在探讨机电设备的智能监测与故障预警技术之前，我们必须深刻理解机电设备检修的理论基础。

（一）机电设备的故障类型及特点

机电设备作为现代工业生产的核心，其故障类型繁多，特点各异。如果在实际工作中对于机电设备的应用严重超过了机电设备所能承受的工作量，那么将会使机电设备难以承受该工作程序而损伤机电设备相关部件，严重阻碍维修工作的顺利完成^[1]。机电设备的电气故障一般有损坏型故障、退化型故障、失调型故障、导线故障、元件故障等。在日常使用中，机电设备产生的磨

损、电气线路的老化、安全防护不到位等，都可能导致以上故障的发生^[2]。

（二）机电设备检修方法概述

传统的机电设备检修方法主要包括定期检修、故障后检修和状态检修。定期检修基于时间周期，虽然能预防故障，但可能导致过度维修和资源浪费。故障后检修是在设备发生故障后进行，虽然针对性强，但可能造成生产中断。状态检修则依赖于设备的状态监测数据，通过分析数据来预测和预防故障，这种方法更加科学，但需要较高的监测技术和数据分析能力。

（三）智能监测与故障预警技术的理论基础

智能监测与故障预警技术的理论基础涉及多个学科领域，包

括信号处理、模式识别、人工智能和系统工程等。信号处理技术为从原始数据中提取有用信息提供了手段，模式识别技术则用于分析和识别故障特征。人工智能，特别是机器学习和深度学习算法^[3]，为故障诊断和预测提供了强大的工具。系统工程则确保了整个监测与预警系统的设计、实施和运行的高效性和可靠性。这些理论基础的深入研究，为机电设备检修的智能化发展提供了坚实的支撑。

二、智能监测技术

智能监测技术是机电设备检修领域的核心技术之一，它通过一系列先进的技术手段，实现对设备状态的实时监控和故障的早期预警。

（一）信号处理技术

智能监测技术作为现代工业自动化的核心，融合了传感器技术、数据处理算法和通信技术，实现了对机电设备运行状态的实时监控与评估。它通过对采集到的信号进行滤波、放大、转换和特征提取，将原始数据转化为可用于进一步分析的格式^[4]。这一过程不仅要求高度精确的数据处理，以确保监测结果的可靠性，还涉及复杂算法的应用，以实现了对设备潜在故障的早期发现和准确诊断。

（二）传感器技术

智能监测技术的发展离不开传感器技术的支撑，传感器作为信息采集的前端，其性能直接影响到整个监测系统的准确性和可靠性。传感器技术通过将各种物理量如温度、压力、振动、流量等转换为电信号，为智能监测系统提供了基础数据。现代传感器技术注重微型化、集成化和智能化，以适应复杂多变的工业环境。高精度的传感器能够在极端条件下稳定工作，实时捕捉设备状态的微妙变化，为早期故障诊断和预测性维护提供可能。

（三）数据采集与传输技术

智能监测技术的有效实施依赖于数据采集与传输技术的先进性。数据采集技术通过高精度传感器捕获设备运行的关键参数，而传输技术则确保这些数据实时、准确地从源头传输至处理中心^[5]。在这一过程中，采用了高效的采样率和抗干扰能力强的传输协议，以保证数据在复杂工业环境中的完整性和可靠性。无线传输技术的发展，如 Wi-Fi、蓝牙、LoRa 等，为远程监测和移动设备管理提供了便利，而有线传输如以太网和光纤则确保了在高速和大量数据传输需求下的稳定连接。

（四）数据预处理方法

数据预处理方法是智能监测技术中不可或缺的一环，它对原始采集数据进行清洗、转换和归一化，以提升数据质量，为后续的深度分析和模型建立打下坚实基础。在这一过程中，采用去噪算法去除信号中的随机误差和系统误差，确保数据的真实性；通过数据清洗技术剔除异常值和缺失值，避免其对分析结果的影响；同时，利用数据转换和归一化手段，将不同量纲和分布的数据统一到相同的尺度，便于比较和分析^[6]。数据预处理方法的应用，不仅提高了数据分析的效率和准确性，还减少了模型训练的

时间和计算资源消耗，从而在保障智能监测系统高效运行的同时，也为故障诊断和预测性维护提供了更加可靠的数据支持。

（五）信号特征提取与选择

信号特征提取与选择是智能监测技术中至关重要的步骤，它通过对原始信号进行分析，提取出能够反映设备状态的关键信息，为故障诊断和预测提供依据。在这一过程中，采用了时域分析、频域分析、时频分析等多种方法，从复杂的信号中提取出如均值、方差、频率成分、能量熵等特征参数^[7]。这些特征参数能够有效地表征设备的运行状态，为监测系统提供敏感且稳定的故障指示。特征选择则是在提取的众多特征中，运用统计方法、机器学习算法等筛选出最具代表性和区分度的特征子集，以降低数据维度，提高监测系统的效率和准确性。

三、故障预警系统设计

故障预警系统设计是智能监测技术从理论走向实践的关键环节，它涉及系统的架构设计、硬件选型与配置、软件开发与实现，以及系统集成与调试等多个方面。以下将详细探讨这些设计过程中的关键步骤和考量。

（一）系统架构设计

在设计过程中，依据机电设备检修的实际需求，结合信息处理和故障诊断的最新技术，系统架构被精心规划为多个相互协作的子系统。数据采集层负责从传感器和监测设备中获取实时数据，这一层的设计侧重于数据同步和数据完整性^[8]。数据处理层则采用高效的数据预处理和特征提取技术，确保数据质量满足后续分析需求。故障诊断层利用先进的算法对数据进行深入分析，实现对设备状态的准确评估和潜在故障的早期识别。用户交互层则专注于提供直观、易操作的用户界面，以便工程师能够轻松监控设备状态并接收预警信息。

（二）硬件选型与配置

在选型与配置过程中，依据系统的功能需求和技术规格，精心挑选了具备高精度、高可靠性和强抗干扰能力的硬件组件。传感器作为系统的感知前端，选择了能够适应恶劣工业环境、具有宽量程和精确测量能力的型号，确保了监测数据的准确性。数据采集卡则选用了具有高速采样率和多通道能力的设备，以支持实时数据的同步采集。

在处理器方面，考虑到故障预警系统对计算能力的较高要求，选用了高性能的工业级处理器，其强大的数据处理能力和稳定地运行特性，为复杂算法的运行提供了保障。存储设备的选择则兼顾了容量和速度，采用了固态硬盘作为主要存储介质，以实现快速读写和大量数据的存储。此外，网络设备的选择注重了通信的实时性和稳定性，采用了工业以太网交换机，保证了数据传输的高效和可靠。

（三）软件开发与实现

在软件开发中，恪守软件工程原则，确保软件质量与可维护性。基于需求分析与设计文档，采用模块化设计，定义功能模块及其接口。编码阶段，选用 C++、Python 和 Qt 等成熟技术，保

障技术可靠性^[9]。核心算法优化确保效率与准确度，代码强调可读性与可维护性。软件实现考虑实时性与稳定性，利用多线程与内存管理提升效率，数据管理结合关系型与非关系型数据库，用户界面注重直观易用，便于工程师操作与监控。

（四）系统集成与调试

集成过程中，硬件与软件的精确匹配通过细致配置实现无缝对接，实时性要求通过优化数据传输和处理时序来保障系统快速响应。调试环节通过模拟测试验证系统性能，对发现的问题进行排查和优化，确保系统达到设计标准。同时，考虑系统安全性与可维护性，实施安全措施和维护流程，保障长期运行稳定。集成与调试提升了故障预警系统性能，验证了其可靠性与实用性，为机电设备智能监测提供了坚实支持。

四、智能监测与故障预警技术在机电设备检修中的应用

智能监测与故障预警技术在机电设备检修中的应用，标志着传统检修模式向智能化、预见性维护的转变。以下将深入探讨这些技术的具体应用。

（一）设备运行状态监测

设备运行状态监测是智能监测技术的直接应用，它通过实时采集设备的温度、振动、电流、压力等参数，构建设备状态的实时画像。这种连续的监测不仅能够捕捉到设备的微小变化，还能够为后续的故障诊断提供丰富的数据支持。通过高精度的传感器和先进的信号处理技术，监测系统确保了数据的准确性和实时性，为机电设备的稳定运行提供了坚实保障。

（二）故障诊断与定位

故障诊断与定位是智能监测技术的高级应用，它利用机器学习、深度学习等算法对监测数据进行深入分析，识别出设备的异

常状态，并准确判断故障的类型和位置。这一过程不仅提高了故障处理的效率，还减少了因误诊导致的维修成本^[10]。通过精确的故障诊断与定位，维修人员能够有的放矢地进行维修，大幅缩短了设备的停机时间。

（三）预警阈值设定与调整

预警阈值的设定与调整是故障预警系统有效性的关键。合理的预警阈值能够确保系统在设备出现早期故障迹象时及时发出警报，而不会因为阈值过低而产生过多的误报。这一过程需要基于设备的运行历史数据、故障模式以及生产环境等因素进行综合考量。通过动态调整预警阈值，系统能够适应设备性能的变化，保持预警系统的最佳工作状态。

（四）维修决策与优化

维修决策与优化是智能监测与故障预警技术在机电设备检修中的最终落脚点。通过对设备状态的持续监测和故障预警，系统能够为维修决策提供数据支持，帮助维修团队制定出最经济、最有效的维修计划。这不仅包括维修内容的确定，还包括维修时机的选择和维修资源的调配。通过优化维修决策，企业能够实现维修成本的最小化和设备运行效率的最大化。

五、结束语

未来，随着科技进步，智能监测与故障预警技术将更成熟，应用范围将扩大。为适应此趋势，需深化传感器、信号处理和机器学习算法研究，提升故障诊断与预警效率。同时，应优化系统架构、硬件配置和软件开发，增强系统性能。技术发展将促进检修模式向预见性维护转变，企业需优化维修策略，降低成本，提升设备运行效率。预期智能监测与故障预警技术将显著助力我国工业生产领域的持续发展。

参考文献

[1]王伟军. 机电设备维修与故障诊断技术 [J]. 科学咨询 (科技·管理), 2022, (09): 112-114.
[2]陶涛. 机电设备电气故障检测方法分析 [J]. 电气传动自动化, 2023, 45(06): 58-61.
[3]刘云飞, 刘月飞. 机电设备维修中故障诊断技术运用分析 [J]. 石化技术, 2022, 29(12): 247-249.
[4]李佳胜, 李玉晓, 贾增畔. 机电设备维修管理模式及发展研究 [J]. 现代制造技术与装备, 2022, 58(03): 101-103.DOI: 10.16107/j.cnki.mmte.2022.0191.
[5]孙亮亮. 机电设备维修中故障诊断技术的运用 [J]. 科技资讯, 2021, 19(33): 48-50.DOI: 10.16661/j.cnki.1672-3791.2111-5042-9590.
[6]李晓强. 故障诊断技术在煤矿机电设备维修中的应用探讨 [J]. 中国设备工程, 2021, (20): 145-147.
[7]谢鹏程. 故障诊断在机电设备管理和维修工作中的应用 [J]. 内燃机与配件, 2021, (16): 145-146.DOI: 10.19475/j.cnki.issn1674-957x.2021.16.066.
[8]李磊. 关于故障诊断技术对综采机电维修的技术探析 [J]. 科技风, 2021, (19): 177-178.DOI: 10.19392/j.cnki.1671-7341.202119079.
[9]贾焕福. 煤矿机电设备故障诊断与维修技术 [J]. 中国科技投资, 2021, (05): 119-120.
[10]于永涛. 故障诊断在机电设备管理和维修工作中的应用 [J]. 工程建设与设计, 2020, (02): 127-128.DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2020.01.260.