

基于物联网的电线电缆生产设备智能监控与维护系统研究

孟国平

杭州早川电线有限公司,浙江杭州,310000;

摘要: 电线电缆作为国民经济的重要基础产品,其生产设备的稳定运行直接关系到产品质量和生产效率。然而,传统的设备监控与维护方式存在效率低下、成本高企、故障预警能力不足等问题,难以满足现代化生产的需求。本文针对这些问题,提出了一种基于物联网的电线电缆生产设备智能监控与维护系统。该系统通过整合传感器技术、无线通信、云计算和机器学习算法,实现对设备运行状态的实时监测、故障诊断和预测性维护。文章详细阐述了系统的总体架构、硬件设计、软件设计及功能实现,并分析了系统的优势与应用前景。研究表明,该系统能够显著提高设备运行效率,降低维护成本,为电线电缆行业的智能化转型提供有力支持。

关键词: 物联网; 电线电缆生产; 智能监控; 智能维护; 技术路线

DOI: 10.69979/3041-0673.25.06.012

引言

电线电缆行业是国民经济的重要支柱产业,其产品广泛应用于电力、通信、交通、建筑等领域。随着工业4.0和智能制造的快速发展,电线电缆生产对设备运行效率和质量的要求日益提高。然而,传统的设备监控与维护方式主要依赖人工巡检和定期维护,存在效率低下、成本高企、故障预警能力不足等问题,难以满足现代化生产的需求。近年来,物联网技术的快速发展为设备智能监控与维护提供了新的解决方案。通过传感器网络、无线通信和云计算技术,可以实现对设备运行状态的实时监测、故障诊断和预测性维护,从而提高设备运行效率,降低维护成本,保障生产安全。

1 研究背景概述

1.1 电线电缆生产: 行业特性与重要性

电线电缆作为现代工业和社会发展的基础性产品,广泛应用于电力传输、通信网络、交通运输、建筑工程等领域,被誉为国民经济的“血管”和“神经”。其生产过程的复杂性和精密性要求极高,涉及拉丝、绞合、绝缘、护套等多道工序,每一道工序都对设备的稳定性和精度提出了严格要求。电线电缆的质量直接关系到电力系统的安全运行和通信网络的稳定性,因此,确保生产设备的高效、稳定运行至关重要。然而,随着市场对电线电缆产品需求的不断增长,生产规模的扩大以及设备的老化问题日益凸显,如何实现生产设备的智能化管理成为行业关注的焦点。

1.2 技术背景: 物联网与智能制造的融合

近年来,物联网技术的快速发展为工业领域带来了革命性的变革。通过传感器网络、无线通信和云计算技术,物联网能够实现对设备运行状态的实时监测和数据分析,为设备维护提供了全新的解决方案。与此同时,工业4.0和智能制造的兴起,进一步推动了制造业向数字化、智能化方向转型。在电线电缆生产领域,物联网技术的应用不仅可以实现对设备运行状态的全面感知,还能通过大数据分析和机器学习算法,实现故障预测和预防性维护,从而显著提高设备利用率和生产效率^[1]。然而,目前针对电线电缆生产设备的专用物联网解决方案仍处于探索阶段,技术应用尚未成熟,亟需进一步研究和实践。

1.3 研究目的

本研究旨在分析电线电缆生产设备监控与维护的现状,揭示传统方式存在的不足,并提出一种基于物联网的智能监控与维护系统技术路线。通过整合传感器技术、无线通信、云计算和机器学习算法,构建一套能够实时监测设备运行状态、诊断故障隐患并实现预测性维护的智能化系统。该研究不仅为电线电缆生产设备的智能化管理提供了理论支持,也为相关行业的数字化转型提供了可借鉴的技术方案。

2 电线电缆生产设备监控与维护的现状与挑战

随着电线电缆行业对高质量、高效率生产的需求日益增长,生产设备的监控与维护成为保障企业竞争力的

关键环节。然而，传统的设备管理方式在应对现代化生产需求时显得力不从心，设备故障频发、维护成本高企、生产效率低下等问题日益凸显。与此同时，物联网、大数据等新兴技术的快速发展为设备管理提供了新的可能性，但技术应用的实际效果仍面临诸多挑战。本章将从传统方式的局限性、数据管理的不足、技术瓶颈以及行业标准与人才短缺等方面，系统分析电线电缆生产设备监控与维护的现状与挑战，为后续研究提供问题导向和现实依据。

2.1 传统监控与维护方式的局限性

当前，电线电缆生产设备的监控与维护主要依赖人工巡检和定期维护的方式。这种方式虽然简单易行，但其局限性日益明显。首先，人工巡检依赖于维护人员的经验，容易受到主观因素的影响，难以全面、准确地发现设备潜在问题。其次，定期维护通常基于固定的时间周期，无法根据设备的实际运行状态进行灵活调整，导致维护不足或过度维护^[2]。此外，传统方式缺乏对设备运行数据的系统化采集和分析，难以实现故障的早期预警和精准定位，设备突发故障导致的停机事故频发，严重影响了生产效率和产品质量。因此，探索更加智能化的监控与维护方式已成为行业发展的迫切需求。

2.2 设备运行数据管理的不足

设备运行数据的采集和管理是监控与维护的重要基础，然而，当前许多电线电缆生产企业在数据管理方面存在明显不足。首先，数据采集方式分散，不同设备的数据记录格式不统一，难以进行有效的整合和分析。其次，即使部分企业引入了数据采集系统，但由于缺乏先进的数据处理和分析工具，采集到的数据往往未能得到充分利用。这种数据管理的不足，不仅限制了设备运行状态的全面感知，也阻碍了故障诊断和预测性维护的实现。例如，设备运行中的微小异常往往被忽视，最终演变为严重故障，导致生产中断和成本增加。因此，构建统一、高效的数据管理平台是实现设备智能化管理的关键一步。

2.3 智能化转型的技术瓶颈

尽管物联网、大数据和人工智能等技术在工业领域的应用日益广泛，但电线电缆生产设备的智能化转型仍面临诸多技术瓶颈。首先，传感器技术的精度和稳定性需要进一步提升，以适应电线电缆生产设备复杂的工作

环境。例如，高温、高湿环境可能影响传感器的性能，导致数据采集不准确。其次，数据传输和存储的安全性、实时性要求较高，现有的网络架构和通信协议尚需优化^[3]。此外，故障诊断和预测模型的构建依赖于大量高质量的历史数据，而许多企业缺乏完整的数据积累，导致模型训练和优化的难度较大。这些技术瓶颈的存在，制约了智能化监控与维护系统的实际应用效果。

2.4 行业标准与人才短缺的挑战

电线电缆生产设备的智能化监控与维护不仅需要先进的技术支持，还需要完善的行业标准和专业人才队伍。然而，目前相关领域的行业标准尚未统一，不同企业采用的设备和技术方案差异较大，难以实现数据的互通和系统的兼容。例如，不同厂商生产的设备可能采用不同的通信协议，导致数据整合困难。同时，智能化系统的设计、部署和运维需要跨学科的专业知识，而既懂电线电缆生产工艺又精通物联网和数据分析的复合型人才严重短缺。这种人才短缺问题进一步加大了智能化转型的难度，成为制约行业发展的重要因素。

3 基于物联网的电线电缆生产设备智能监控与维护系统构建

随着工业4.0和智能制造的快速发展，物联网技术在工业设备监控与维护中的应用日益广泛。电线电缆生产作为国民经济的重要支柱产业，其设备的稳定运行直接关系到生产效率和产品质量。然而，传统的设备监控与维护方式存在效率低下、成本高企、故障预警能力不足等问题，难以满足现代化生产的需求。针对这些问题，本章提出一种基于物联网的电线电缆生产设备智能监控与维护系统构建方案。该系统通过整合传感器技术、无线通信、云计算和机器学习算法，实现对设备运行状态的实时监测、故障诊断和预测性维护，从而提升设备管理效率，降低维护成本，保障生产安全。本章将从系统总体架构、硬件设计、软件设计以及系统功能实现四个方面，详细阐述该系统的构建过程与技术路线。

3.1 系统总体架构设计

基于物联网的智能监控与维护系统采用分层架构设计，包括感知层、网络层、平台层和应用层四部分。感知层是系统的基础，由部署在生产线上的各类传感器组成，负责采集设备运行状态数据，如温度、振动、电流、电压等。这些传感器需要具备高精度、高稳定性和

抗干扰能力,以适应电线电缆生产环境的复杂性。网络层是系统的桥梁,采用工业以太网、无线局域网(Wi-Fi)、ZigBee、LoRa等通信技术,实现感知层数据的可靠传输。网络层设计需考虑数据传输的实时性、稳定性和安全性,确保数据能够高效、准确地传输至平台层。平台层是系统的核心,基于云计算平台,提供数据存储、处理、分析和可视化服务。平台层采用分布式存储和并行计算技术,能够高效处理海量设备运行数据,并通过机器学习算法提取设备运行特征,为故障诊断和预测性维护提供数据支持。应用层是系统的窗口,面向设备管理人员和维护人员,提供设备状态监控、故障诊断、预测性维护、报表统计等功能^[4]。通过分层设计,系统实现了数据采集、传输、处理和应用的闭环管理,为设备智能化管理提供了全面的技术支持。

3.2 硬件设计与实现

硬件设计是系统构建的基础,主要包括传感器节点、数据采集模块和通信模块的设计。传感器节点是系统的“感知器官”,根据设备运行特点,选择高精度、高稳定性的传感器,如温度传感器、振动传感器、电流传感器等。例如,在拉丝机和绞合机等关键设备上部署振动传感器,用于监测设备的机械振动状态;在绝缘和护套生产线上部署温度传感器,用于监测设备的温升情况。数据采集模块是系统的“神经中枢”,负责将传感器采集到的模拟信号转换为数字信号,并进行初步处理和存储。数据采集模块需要具备高采样率和高分辨率,以确保数据采集的准确性和实时性。通信模块是系统的“信息通道”,采用工业以太网、ZigBee、LoRa等无线通信技术,实现数据的远程传输。通信模块设计需考虑数据传输的可靠性、实时性和安全性,例如采用加密技术保护数据传输过程中的隐私和安全。此外,硬件设计还需考虑设备的兼容性和可扩展性,以适应不同生产线的需求。例如,通过模块化设计,使系统能够灵活扩展传感器节点和通信模块,满足不同规模生产线的需求。

3.3 软件设计与实现

软件设计是系统功能实现的核心,主要包括数据管理、故障诊断和预测性维护三个模块。数据管理模块是系统的“数据仓库”,负责对采集到的设备运行数据进行清洗、存储和分析。数据清洗是数据管理的第一步,通过去除噪声数据和异常数据,确保数据质量。数据存

储采用分布式数据库技术,能够高效存储海量设备运行数据。数据分析通过机器学习算法提取设备运行特征,例如通过时间序列分析提取设备的振动频率和温度变化趋势。故障诊断模块是系统的“诊断专家”,基于机器学习算法构建设备故障诊断模型。例如,采用支持向量机(SVM)算法对设备振动数据进行分析,识别设备的机械故障;采用深度学习算法对设备电流数据进行分析,识别设备的电气故障。预测性维护模块是系统的“预防医生”,通过分析设备运行状态和历史数据,预测设备故障发生时间,制定合理的维护计划^[5]。例如,通过分析设备的振动趋势和温升趋势,预测设备的机械磨损和绝缘老化情况,提前制定维护计划,避免设备突发故障导致的停机事故。软件设计还需注重用户界面的友好性和功能的易用性,方便设备管理人员和维护人员进行操作和管理。例如,通过可视化界面展示设备运行状态和故障诊断结果,使管理人员能够直观了解设备运行情况。

3.4 系统功能实现

系统功能实现是系统构建的最终目标,主要包括设备状态监控、故障诊断、预测性维护和报表统计等功能。设备状态监控功能通过可视化界面实时展示设备运行状态,帮助管理人员全面掌握设备运行情况。例如,通过仪表盘展示设备的温度、振动、电流等关键参数,并通过颜色编码提示设备的运行状态(正常、警告、故障)。故障诊断功能基于机器学习算法,自动分析设备运行数据,发现潜在故障并提供解决方案。例如,当系统检测到设备振动异常时,自动触发故障诊断流程,分析振动数据并识别故障原因(如轴承磨损或轴不对中),并提供维修建议。预测性维护功能通过分析设备运行趋势,预测设备故障发生时间,制定维护计划,避免设备突发故障导致的停机事故。例如,通过分析设备的温升趋势,预测设备的绝缘老化情况,并提前安排维护工作。报表统计功能生成设备运行和维护的统计报表,为管理决策提供数据支持。例如,生成设备故障率统计报表、维护成本分析报表等,帮助管理人员优化设备管理策略。通过系统功能的实现,设备管理效率得到显著提升,维护成本大幅降低。

4 结语

本文针对电线电缆生产设备监控与维护中存在的

效率低下、成本高企、故障预警能力不足等问题，提出了一种基于物联网的智能监控与维护系统。通过整合传感器技术、无线通信、云计算和机器学习算法，系统实现了对设备运行状态的实时监测、故障诊断和预测性维护，显著提高了设备管理效率和维护水平。研究表明，该系统不仅能够降低维护成本，减少设备停机时间，还能为电线电缆行业的智能化转型提供有力支持。未来，随着物联网技术的不断发展和应用场景的拓展，该系统将在电线电缆行业及其他制造领域发挥更大的作用，为工业智能化转型注入新的动力。

参考文献

[1] 杨帆,江波.物联网技术在化工设备监测与维护管

理中的应用——评《化工设备维护与检修》[J].化学工程,2025,53(02):103.

[2] 赵宇.5G+物联网在工业数据采集领域的应用[J].物联网技术,2024,14(11):62-64. DOI:10.16667/j.issn.2095-1302.2024.11.016.

[3] 何晶.基于物联网技术的智能硬件远程监控与维护系统[J].电脑编程技巧与维护,2025,(02):149-151. DOI:10.16184/j.cnki.comprg.2025.02.010.

作者简介: 孟国平, 1973.01, 男, 民族: 汉, 籍贯: 浙江杭州, 学历: 中专, 职称: 工程师, 研究方向: 计算机智能电线系统集成。