

基于物联网的厂房设备管线智能管理系统研究

周玉飞

合肥工大建设监理有限责任公司，安徽 合肥 230000

摘 要：为解决传统厂房设备管线管理模式效率低、故障发现延迟等问题，提升管理效率和生产安全性，本文物联网相关技术、厂房设备管线与智能管理系统技术内涵，以各类厂房设备管线为例，分析其功能、性能和用户需求。提出构建基于物联网的智能管理系统，涵盖系统架构、功能模块和数据库设计，实现数据采集与传输、分析处理、故障预警诊断及维修调度管理等信息技术，助力企业实现设备管线的实时监测和智能管理。

关 键 词： 物联网技术；厂房管理；智能化控制

Research on Intelligent Management System of Plant And Equipment Pipeline based on Internet of Things

Zhou Yufei

Hefei Construction Supervision Co., LTD. Hefei , Anhui 230000

Abstract: In order to solve the problems such as low efficiency and delay of fault detection in traditional plant and equipment pipeline management mode, and improve management efficiency and production safety, this paper analyzes the technical connotation of cultural relics networking technologies, plant and equipment pipelines and intelligent management systems, taking various plant and equipment pipelines as examples to analyze their functions, performance and user needs. It is proposed to build an intelligent management system based on the Internet of Things, covering system architecture, functional modules and database design, and realizing information technologies such as data collection and transmission, analysis and processing, fault warning diagnosis and maintenance scheduling management, so as to help enterprises realize real-time monitoring and intelligent management of equipment pipelines.

Keywords: Internet of Things technology; plant management; intelligent control

引言

在传统厂房设备管线管理模式下，人工巡检是主要手段，但这种方式存在诸多局限性。人工巡检需耗费大量人力和时间，效率低下，且难以做到实时监测，故障发现往往存在延迟，易导致设备损坏甚至影响生产进度，增加维修成本。而随着物联网技术的飞速发展，为厂房设备管线管理带来了新机遇。物联网凭借其传感器、网络通信和数据分析等技术，能实现设备管线运行数据的实时采集与传输，通过对数据的深度分析，可及时发现潜在故障隐患并发出预警。因此，研究基于物联网的厂房设备管线智能管理系统，对于相关企业的建设发展有着积极作用，其目标在于构建一个高效、智能的管理系统，实现设备管线的实时监测、故障预警等功能，提升管理效率和生产安全性。

一、物联网相关技术概述

物联网是通过信息传感设备，按约定的协议，将任何物品与互联网相连接，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络^[1]。其体系结构主要分为三层，感知层负责采集物理世界的信息，借助各类传感器获取设备状态、环境参数等数据；网络层承担数据传输任务，利用无线通信技术如 Wi-Fi、ZigBee 等将感知层的数据传至应用层；应用层则对数据进行分析处理，实现具体的管理和控制功能。关键技术

中，传感器技术是数据采集的基础，无线通信技术保障数据的高效传输，云计算提供强大的数据存储和处理能力，支撑着物联网系统的稳定运行。

二、厂房设备管线与智能管理系统技术内涵

在多数工业厂房中，设备管线可按功能分为给排水、供电、供气、通风等类别，不同类型的管线在布局上需遵循安全、高效、便于维护的原则，且要兼顾厂房的空间结构与生产流程。设

姓名：周玉飞（1986.05-），男，汉族，籍贯：安徽省蚌埠市怀远县，本科，专业：环境工程，职称：工程师，研究方向：建筑。

备管线依靠物理传输与能量转换实现运行，如给排水管线靠水压差实现水的输送，供电线路借助电路原理传输电能。常见故障类型包括堵塞、泄漏、短路等，形成原因多样，像管道老化、施工缺陷、过载运行等^[2]。在智能管理系统领域，数据分析技术可对采集的设备运行数据进行梳理，挖掘出数据间的潜在关联。机器学习和深度学习算法，通过对大量历史数据的学习训练，构建设备状态评估与故障预测模型，实现对设备运行状态的提前预判，以便及时采取故障应对措施。

三、基于物联网的厂房设备管理智能管理系统需求分析

（一）功能需求

基于物联网的厂房智能管理系统，首先要重视实时数据采集功能，系统需要借助各类传感器，全方位收集设备管线的运行参数，如温度、压力、流量等，为后续分析提供一手资料。状态监测功能基于采集的数据，对设备管线的运行状态进行实时评估，直观展示设备是否正常运行^[3]。故障预警功能通过预设的阈值和算法模型，对监测数据进行深度分析，一旦发现异常，及时向管理人员发出预警信号，以便提前处理，避免故障扩大。维修调度功能则在故障发生后，依据故障的紧急程度、维修人员的技能和位置等因素，合理安排维修任务，提升维修效率。资产管理功能记录设备管线的采购、安装、维护等信息，实现资产全生命周期管理，帮助管理者实时了解资产状态，为资产的更新换代、优化配置提供决策支持。

（二）性能需求

在构建基于物联网的厂房设备管线智能管理系统时，性能层面一般也有着较为严格的要求。比如当设备管线数据触发预警或操作指令下达时，系统必须迅速响应，将延迟控制在可接受范围内，确保管理人员能第一时间获取信息并做出决策。面对感知层持续采集的海量设备运行数据，系统也要具备高效的数据处理能力，能及时筛选、分析和存储数据，避免数据积压，尤其在长期的生产运营过程中，需保障在长时间运行过程中不出现异常中断或卡顿，即便遭遇高并发数据传输，也能稳定运行。

（三）用户需求

日常管理中，厂房的管理人员会更关注厂房设备管线的整体运行状况，期望系统能以直观的可视化形式，如数据大屏、图表等，展示设备管线的实时状态、故障统计、维修进度等关键信息，帮助他们快速掌握整体情况，做出科学的管理决策。系统要能提供详细的报表功能，以便他们对设备管线的运行数据进行深入分析。维修人员一般会需要系统能精准定位故障位置，提供详细的故障诊断信息，并结合维修历史给出合理的维修建议。

四、系统总体设计思路

（一）系统架构设计

系统架构遵循物联网三层架构体系。感知层由各类传感器构

成，如温度传感器、压力传感器、流量传感器，分别部署在厂房设备管线的关键节点，负责采集设备运行参数、环境数据等信息。网络层采用有线和无线相结合的方式，近距离设备通过RS485等有线通信，远距离设备则借助Wi-Fi、ZigBee、4G/5G等无线通信技术^[4,5]，将感知层采集的数据传输至云端服务器。应用层包含数据管理、故障诊断、维修调度等多个子系统，负责对接收的数据进行清洗、分析与挖掘，为用户提供直观的管理界面与决策依据。在数据流转过程中，感知层采集的数据经网络层快速上传至云端服务器，应用层从服务器获取数据进行处理，并根据处理结果下达控制指令，指令再经网络层反馈到感知层执行设备控制操作，由此实现数据的高效采集、传输与处理，保障系统稳定运行。

（二）系统功能模块设计

数据采集模块负责从各类传感器收集设备管线的实时运行数据，输入为传感器采集的原始信号，输出为规范化的设备状态数据，其通过周期性巡检传感器，获取数据并进行初步校验与格式转换。数据分析模块输入数据采集模块传来的设备数据，运用统计分析、机器学习算法，挖掘数据价值，输出设备运行趋势、潜在问题等分析结果^[6]。在处理时，对数据分类筛选，构建分析模型。故障预警模块接收数据分析模块的结果，当数据超出预设阈值或符合故障特征时，立即向相关人员推送预警信息，输入是分析结果，输出为预警通知。维修管理模块依据故障预警信息，生成维修工单，派发给维修人员，输入为预警信息和维修人员信息，输出维修工单及进度反馈，涵盖工单创建、分配与跟踪环节。

（三）数据库设计

设备信息表记录厂房设备的详细信息，诸如设备名称、型号、生产厂家、购置时间等，通过设备ID作为主键唯一标识^[7]。管线信息表则保存管线的规格、材质、铺设路径、连接设备等数据，以管线ID作为主键。实时监测数据表持续收集设备和管线的运行数据，像温度、压力等，其中记录时间和对应的设备或管线ID为关键索引。故障记录数据表记载设备和管线发生故障的时间、类型、处理情况等信息，与设备信息表、管线信息表依靠设备ID和管线ID进行关联，以追溯故障源头。设备信息表和管线信息表作为基础数据，为实时监测数据表提供监测对象信息；当故障发生时，实时监测数据能为故障记录数据表提供依据。数据采用关系型数据库存储，确保数据一致性和完整性，并运用定期备份、数据加密等技术保障数据安全，提升系统可靠性。

五、系统关键技术实现

（一）数据采集与传输技术

在构建基于物联网的厂房设备管线智能管理系统时，数据采集与传输是基础环节。传感器选型时，应基于厂房设备管线的运行参数与环境条件，比如，针对运行温度在200℃-800℃的高温炉设备，需选用K型热电偶温度传感器，其测量范围通常在-270℃至1372℃，能满足高温监测需求。测量压力在

0-10MPa 的蒸汽管道,可配置膜片式压力传感器,其量程覆盖符合蒸汽管道压力变化。在安装时,温度传感器通过导热胶紧密贴合设备表面,减少热阻,快速获取准确温度。压力传感器则安装在管道直线段,距弯头、阀门等部件至少3-5倍管径距离,避免因流体扰动产生测量误差^[8]。

为实现数据实时采集,根据设备和管线分布,以间距5-10米为标准多点部署传感器,确保全方位监测。数据传输方面,ZigBee 技术工作在2.4GHz 频段,传输速率250kbps,功耗低、自组网能力强,适合设备密集的生产车间,如在100 m² 范围内布置多个 ZigBee 节点,组建传感器网络,收集设备振动、温度等低频数据^[9],或者采用 Wi-Fi 模块上传大储存数据。通过在不同场景下合理搭配使用这些无线通信技术,在传感器端配置相应通信模块,与汇聚节点建立通信链路,将采集到的数据传输至网关,再由网关将数据上传至服务器,完成整个数据采集与传输过程。

(二) 数据分析与处理技术

在实际厂房设备管线管理场景中,采集到的数据往往存在噪声和缺失值,因此需要先使用均值填充法处理缺失值,若某设备温度数据有10% 缺失,以该设备历史温度均值填充。通过 Z-score 标准化方法进行数据清洗,去除异常值,使数据符合标准正态分布。在数据挖掘和分析阶段,利用关联规则挖掘算法^[10],如 Apriori 算法,找出设备运行参数间的潜在关联,如发现设备 A 的温度升高时,设备 B 的压力可能也会增加,此时可以采用机器学习算法建立故障预测模型,支持向量机(SVM),将收集到的70% 的数据作为训练集,30% 作为测试集。当模型准确率达到90% 以上时,可用于实际预测。深度学习方面,使用长短期记忆网络(LSTM)对设备运行的时间序列数据建模,提前3-5天预测设备故障,实现早期预警,减少设备停机时间和维修成本。

(三) 故障预警与诊断技术

厂房设备管线管理场景中,故障预警也是保证生产所必要的技术基础。对于不同类型的设备管线,需制定精细的预警规则和阈值。以电力设备为例,正常运行时电流在50-200A,当电流超过240A(额定值的120%)或低于40A 时触发预警;电压稳定在380V±5%,即超出399V 或低于361V 时发出警报。对于水管线,正常压力维持在0.2-0.8MPa,若压力低于0.1MPa 或高于1.0MPa、流量相比正常状态减少30% 以上时,系统会发出异常预警。并且通过短信、邮件及系统弹窗等方式通知管理人员。故障诊断时,先对异常数据进行深度分析,运用关联分析技术,若发现电机设备温度升高且电流增大的异常情况,就可以结合专家系统数据库中存储的上千条故障案例,初步判断故障类型,推测故障位置在电机的哪个部分,等到维修人员到达现场后,便可依据初步诊断结果精准排查,快速定位故障点并维修,确保设备管线尽快恢复运行,减少生产损失。

(四) 维修调度与管理技术

在厂房设备出现故障时,维修调度与管理技术能快速响应,最大程度降低故障对生产的影响。首先构建维修任务分配和调度模型,依据故障对生产影响的程度,将故障紧急程度划分为三个等级:一级为影响核心生产,需1小时内响应;二级为影响部分

生产环节,2-4小时响应;三级为一般性故障,可在8小时内响应。同时,记录维修人员擅长的维修领域、所在位置以及当前工作负荷等信息。借助这一模型,当某设备突发故障时,系统筛选出具备对应技能且距离故障点较近、工作负荷小于70% 的维修人员,优先分配任务。此外,开发维修管理模块,维修人员接受任务后,通过移动端实时反馈维修进度,系统据此跟踪任务状态。维修完成后,管理人员能依据维修时长、故障解决效果等指标,从响应速度、维修质量等维度对维修工作进行评价,实现维修流程的闭环管理,持续优化维修资源调配。

六、结语

围绕厂房设备管线智能管理系统的建设需求,构建出一套具备实时监测、故障预警、维修调度等功能的系统框架。通过采用物联网技术,结合各类传感器、无线通信技术以及数据分析算法,有效弥补了传统管理模式的不足。在实际应用中,该系统有助于精准采集数据、及时发现故障隐患并合理调配维修资源,提升厂房设备管线管理效率,降低生产风险和维修成本。未来,可进一步探索更先进的传感器技术和人工智能算法,优化系统性能,增强其适应性和可靠性。同时,加强系统与其他工业管理系统的融合,实现更全面的智能化管理。

参考文献

- [1] 崔士起,刘文政,石磊,等.装配式混凝土结构套筒灌浆饱满度检测试验研究[J]. 建筑结构,2018,48(02):40-47.
- [2] 高润东,李向民,张富文,等.基于X射线工业CT技术的套筒灌浆密实度检测试验[J]. 无损检测,2017,39(04):6-11+37.
- [3] 孙彬;毛诗洋;王宽;张晋峰;顾盛.预成孔法检测装配式结构套筒灌浆饱满度的试验研究[J]. 建筑结构,2018(23).
- [4] 李向民;高润东;许清风;王卓琳;张富文;谢莹.基于X射线数字成像的预制剪力墙套筒灌浆连接质量检测技术研究[J]. 建筑结构,2018(07).
- [5] 姜绍飞;蔡婉霞.灌浆套筒密实度的超声波检测方法[J]. 振动与冲击,2018(10).
- [6] 郭祥;代伟明;刘英利;徐福泉;王绍杰.电阻法监测钢筋套筒灌浆饱满度试验研究[J]. 施工技术,2018(22).
- [7] 陈文龙;李俊华;严蔚;孙彬.基于压电阻抗效应的套筒灌浆密实度识别试验研究[J]. 建筑结构,2018(23).
- [8] 屈可.工业厂房智慧消防管理现状及其创新对策研究[J]. 消防界(电子版),2023,9(24):10-12.
- [9] 沈达,杨念.工业厂房智能照明系统设计[J]. 中国照明电器,2020,(09):12-17.
- [10] 蔺晓琳,李治军.物联网趋势下特种设备管理可视化[J]. 中国设备工程,2020,(17):59-61.