

基于物联网技术的热力管道及支架健康监测研究

张宝 荣维岭 秦建斌 于华 范俊雷

中建一局集团安装工程有限公司, 北京 102600

[摘要]城市热力管道在日常生活和经济建设中至关重要,但由于其复杂环境,常常面临安全隐患,如热力管道爆炸事件。这些事件不仅威胁到公共安全,还造成了严重的财产损失。本研究探索了基于物联网技术的热力管道及支架健康监测系统。通过在管道和支架上安装传感器,系统可以实时采集和传输温度、应力和振动等数据,并利用中心系统进行分析。这种监测方法可以及时发现潜在的故障,并发出预警,从而提高设备的安全性,减少故障风险。本研究旨在设计一个智能监测系统,以增强热力管道及支架的安全管理,保障城市安全。

[关键词]物联网技术;热力管道;支架健康监测

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13639

中图分类号: TP393

文献标识码: A

Research on Health Monitoring of Thermal Pipelines and Supports Based on Internet of Things Technology

ZHANG Bao, RONG Weiling, QIN Jianbin, YU Hua, FAN Junlei

China Construction First Group Installation Engineering Co., Ltd., Beijing, 102600, China

Abstract: Urban thermal pipelines are crucial in daily life and economic development, but due to their complex environment, they often face safety hazards, such as thermal pipeline explosions. These incidents not only threaten public safety, but also cause serious property damage. This study explores a health monitoring system for thermal pipelines and supports based on Internet of Things technology. By installing sensors on pipelines and supports, the system can collect and transmit real-time data on temperature, stress, and vibration, and analyze it using a central system. This monitoring method can promptly detect potential faults and issue warnings, thereby improving equipment safety and reducing the risk of faults, so as to design an intelligent monitoring system to enhance the safety management of thermal pipelines and supports, ensuring urban safety.

Keywords: Internet of Things technology; thermal pipelines; supports health monitoring

引言

随着城市化进程的推进和能源需求的不断增长,热力管道及支架系统在现代城市基础设施中扮演了至关重要的角色。这些系统不仅负责热能的输送与分配,还承担着重要的支撑功能。然而,由于使用环境的复杂性及负荷的动态变化,传统的监测方法难以实时捕捉设备的健康状态,容易造成隐患遗漏和故障发现的延迟。这一问题呼唤更为先进的监测技术来保障设备的安全与高效运作。物联网技术作为一种创新的智能监控手段,通过整合传感器、通信网络和数据处理平台,为热力管道及支架的健康监测提供了崭新的解决方案。该技术通过在管道和支架上布置各类传感器,能够实时采集温度、应力、振动等关键数据,并利用无线网络将这些数据传输至中心系统。中心系统采用先进的数据处理与分析技术,对这些数据进行综合评估,从而及时识别潜在的故障与异常,实现对设备状态的实时监控与预警。本文旨在探讨基于物联网技术的热力管道及支架健康监测系统的设计与实施,重点分析其在数据采集、传输、处理及健康评估方面的应用优势。通过构建这一智能监测系统,期望能够提升设备的运行安全性与维护效率,为热力管道及支架系统的管理提供更加可靠的技术支持。

1 热力管道及支架健康监测的意义

在现代工业系统中,热力管道及支架的健康监测具有至关重要的意义。作为能源传输的核心组成部分,热力管道广泛应用于城市供暖、电力和化工等多个领域,其运行状态直接关系到整个系统的安全与效率。与此同时,支架作为管道的支撑结构,其稳定性和强度对管道在各种复杂工况下的安全运行起着决定性作用。随着使用时间的推移,热力管道及支架可能受到温度变化、机械应力和腐蚀等多种因素的影响,这些因素会导致设备的老化、变形甚至失效。传统的人工检查方法往往难以及时发现和预防这些问题,因此,采用先进的健康监测技术变得尤为必要。实时监测热力管道及支架的运行状态,可以获取关键数据,识别潜在的安全隐患,并预测可能发生的故障。这种监测手段有助于实施预防性维护,减少事故发生风险,提高系统的安全性和可靠性。此外,它还能延长设备的使用寿命,降低维护成本,从而提升经济效益。

2 物联网技术在热力管道及支架健康监测中的应用

物联网技术在热力管道及支架健康监测中的应用展现了现代工业智能化管理的巨大潜力。通过结合传感器、通信

技术、数据处理以及云计算，物联网实现了对热力管道及支架的全面实时监控。具体而言，物联网技术在管道及支架的关键位置布置了多种传感器，例如温度传感器、应力传感器和振动传感器。这些传感器能够实时采集设备的运行状态数据，并通过无线通信网络将数据传输到远程监控中心。数据经过分析与处理后，系统可以及时识别管道及支架的异常情况，如温度过高、应力异常或振动异常，从而提供早期预警，防止潜在故障或危险的发生^[1]。此外，物联网技术结合大数据分析和人工智能算法，对监测数据进行深入分析和建模，确保对设备健康状态的精准评估和故障预测。远程监控的能力使管理人员可以随时随地访问设备的运行状态，无需频繁进行现场检查，这显著提高了监测的效率和准确性。

3 系统总体设计

3.1 系统架构设计

系统架构设计是热力管道及支架健康监测系统的核心组成部分，其目标是建立一个全面而可靠的监控网络，实现对设备状态的实时感知与智能分析。该系统架构由四个主要层次构成：传感器层、网络层、数据处理层以及应用层。在传感器层，各种传感器被布置在热力管道及支架上，用于实时采集温度、应力、振动等关键参数。数据采集后，通过网络层的无线通信技术，数据被稳定而迅速地传输到数据处理中心。数据处理层利用云计算、大数据分析以及人工智能算法，对接收到的数据进行存储、分析与建模，从而生成设备健康状态的评估报告。应用层则负责通过用户友好的界面展示处理后的信息，支持实时监控、报警、远程控制及决策支持等功能，使管理人员能够直观地获取设备状态信息，进行有效的管理和维护。

3.2 系统功能模块划分

为了确保热力管道及支架健康监测系统各部分的高效协作，实现对设备状态的全面监控与管理，系统功能模块被划分为五个主要部分：数据采集模块、数据传输模块、数据处理与分析模块、报警与响应模块，以及用户交互模块。数据采集模块负责通过布置在管道及支架上的传感器，实时获取包括温度、应力、振动在内的关键数据。随后，数据传输模块利用无线通信网络，确保这些数据的稳定与安全传输至数据处理中心。数据处理与分析模块应用大数据技术及人工智能算法，对传输的数据进行存储与分析，从而生成设备健康状态的评估结果与预测报告。报警与响应模块则根据设定的报警阈值和预设的响应机制，及时发出预警并提供维护操作指导^[2]。最后，用户交互模块通过友好的界面，直观地向管理人员展示监测信息、报警通知及操作建议，支持实时监控、远程控制及决策支持。

4 数据采集与传输

4.1 传感器选型与布置

传感器的选型与布置在确保热力管道及支架健康监测系统的精确度与可靠性方面至关重要。在选择传感器时，需要综合考虑测量范围、精度、响应时间、环境适应性及

稳定性等因素。常用的传感器包括温度传感器、应力传感器、振动传感器以及位移传感器，每种传感器负责监测不同的关键参数，如设备的温度变化、应力集中、振动频率及位移幅度。在布置传感器时，需要根据管道和支架的结构特征、应力集中区域及易损部位进行科学规划，以确保数据采集的全面性和准确性。例如，应力传感器应布置在管道的弯曲部位和支架的连接点，以便实时监测应力变化；温度传感器可以设置在管道表面，以跟踪热力波动情况；振动传感器则应放置在支架的关键节点，检测振动异常。这种布置方法确保了对关键参数的全面监测，提升了系统的监控效果。

4.2 数据传输技术

在热力管道及支架健康监测系统中，数据传输技术扮演着至关重要的角色，其主要任务是确保传感器采集的实时数据能够稳定且迅速地传送至数据处理中心。考虑到热力管道及支架通常分布于广泛且复杂的环境中，选择适当的数据传输技术需要平衡传输距离、数据速率、能耗及环境适应性等多个因素。常用的数据传输技术包括无线传感器网络（WSN）、低功耗广域网（LoRaWAN）、蜂窝通信技术（如4G/5G）以及物联网专用的通信协议（如NB-IoT）。无线传感器网络适合短距离和多节点的网络需求，能够有效覆盖管道及支架的监测区域。低功耗广域网（LoRaWAN）和窄带物联网（NB-IoT）则专注于长距离、低功耗的数据传输，确保在较远距离内的数据传输不丢失。蜂窝通信技术，如4G和5G，提供了较高的数据速率和广泛的覆盖范围，适合对实时性要求较高的应用场景。根据具体的监测需求与环境条件，可以选择单一传输技术或多种技术的组合，以构建一个高效、可靠的通信网络，确保数据的及时性与准确性，从而为健康评估及故障预警提供坚实的数据支持。

5 数据处理与分析

5.1 数据处理技术

在热力管道及支架健康监测系统中，数据处理技术是将传感器收集的大量原始数据转化为有价值信息的关键步骤。监测过程中生成的数据不仅量大，还可能包含噪声、多样性以及频繁更新的特性，这要求数据处理技术具备强大的数据清洗、压缩、融合与分析能力。数据清洗阶段的主要任务是去除噪声与异常值，确保数据的准确性和一致性；紧接着，数据压缩技术负责精简冗余信息，以减轻存储与传输的负担。随后，通过数据融合技术，将来自不同传感器的数据整合在一起，提供更全面的设备状态视图^[3]。最终，利用大数据分析、机器学习算法以及人工智能模型，对处理后的数据进行深入分析，揭示隐藏的模式与趋势，识别潜在的故障信号，并预测设备的健康状态及剩余寿命。这一系列的数据处理步骤为实现有效的健康监测与预警提供了坚实的基础。

5.2 健康评估模型与算法

健康评估模型与算法在热力管道及支架健康监测系统中发挥着至关重要的作用，其主要任务是判断设备的运行状态和预测潜在的故障风险。利用数据处理阶段提取的

关键特征,健康评估模型通过分析这些特征与设备健康状况之间的关系,构建数学模型或应用机器学习算法,以评估设备的当前健康状态及其剩余使用寿命。常见的评估方法包括基于物理模型的和数据驱动的机器学习算法两大类。物理模型方法着眼于设备的力学特性和工作原理,分析应力、振动以及温度等物理量的变化规律,从而预测可能的故障;而数据驱动的机器学习算法,如支持向量机(SVM)、神经网络以及随机森林等,通过学习历史数据中的故障模式,能够自适应地识别设备运行中的异常情况,提升评估的精度。健康评估算法还可以结合实时监测数据进行动态更新与预测,帮助管理人员及时发现潜在问题,并采取预防性维护措施,以降低故障率并延长设备寿命。

6 报警与响应机制

6.1 报警条件设置

报警条件设置在热力管道及支架健康监测系统中扮演着关键角色,旨在确保系统能够迅速识别并响应潜在的故障或安全风险。在设定报警条件时,需要根据设备的正常运行参数以及历史数据来确定关键指标的阈值。这些指标包括温度、应力、振动等,通过实时监测这些参数,系统能够将当前数据与预设阈值进行比较,从而判断设备是否存在异常。报警条件的设置主要分为静态阈值与动态阈值两种类型。静态阈值依据设备的设计标准设定为固定的安全范围,而动态阈值则根据实时数据变化及设备使用历史进行调整,以适应设备在不同运行工况下的状态。这种方法使得监测系统能够更加准确地反映设备的实际运行状况,及时发现潜在问题。

6.2 响应策略与实施

在热力管道及支架健康监测系统中,响应策略与实施是确保报警信息得到有效处理和及时反应的关键环节。制定响应策略时,需综合考虑报警类型、严重程度及设备运行情况。响应策略通常分为自动化响应与人工干预两个方面。自动化响应措施在检测到异常情况超出预设阈值时,系统会自动执行预定操作,如启动备用设备、调整系统参数或进行紧急停机,以防止问题进一步恶化。同时,系统会生成详细的报警报告,记录异常的发生时间、地点、类型及可能原因,为后续的分析与处理提供依据^[4]。在人工干预方面,系统会即时通知相关维护人员,通过短信、邮件或其他通讯方式发送报警信息,附带详细的故障描述及建议操作步骤。维护人员在收到通知后,应根据系统提供的信息进行现场检查,确认故障情况,采取适当的修复措施,并将处理结果反馈至系统,以便记录和后续分析。

7 系统集成与测试

7.1 系统集成

系统集成是构建热力管道及支架健康监测系统的步骤,其目的是将各个独立的功能模块和组件协调一致,形成一个高效的监测平台。集成过程包括硬件设备的安装与连接、软件系统的配置与调试,以及模块间接口的定义

和数据传输的设置。在硬件方面,需要根据设计要求准确安装传感器、数据采集设备、通信模块和处理单元,并确保它们能够稳定地互联。在软件方面,各模块,如数据处理、分析、报警及用户交互,需进行配置以确保无缝对接,按照预定工作流程运行。系统集成还要求进行接口测试和数据流验证,以确保模块间的数据传输和通信顺畅,功能正常运作。集成完成后,系统必须经过严格的功能测试和性能评估,以确认在实际运行中能稳定、准确地执行监测任务,并满足设计规格及用户需求。

7.2 实验测试与结果分析

实验测试与结果分析是验证热力管道及支架健康监测系统性能和可靠性的核心环节。实验测试涵盖系统的功能、性能及稳定性三个方面。功能测试的目标是确保各模块按设计要求正常运作,这包括数据采集的精确性、传输的稳定性、处理的及时性以及报警的有效性。性能测试评估系统在不同负载和操作条件下的响应速度、处理能力 & 数据传输效率,以确认系统在高负荷下的稳定性。稳定性测试则关注系统在长时间运行中的表现,检验是否存在内存泄漏、数据丢失等潜在问题。在测试过程中,所有采集的数据和结果都会被详细记录,并进行综合分析。结果分析包括对实际监测数据与预期数据的对比,以评估系统的准确性和可靠性。此外,还需要分析系统在不同测试条件下的表现,识别潜在的性能瓶颈,并探讨改进的空间。

8 结语

本文深入探讨了基于物联网技术的热力管道及支架健康监测系统的设计与应用,展示了这一技术在提升基础设施监控能力方面的显著优势。通过在管道及支架上布置传感器,系统能够实时采集数据,并利用先进的数据处理与分析技术来识别潜在的故障和异常。这种智能化监测不仅有效提高了设备的安全性和运行效率,还为减少故障风险及维护成本提供了坚实的技术支持。展望未来,随着物联网技术的不断进步和应用领域的扩展,这一监测系统有望在更多场景中发挥重要作用。后续研究可重点关注优化系统性能、提升数据处理能力以及完善用户体验,以进一步增强系统的实用性和可靠性。

[参考文献]

- [1]范立欣. 物联网云计算在热力站能耗管理系统的应用[J]. 山西省阳泉信息产业有限公司,2022(7):26.
- [2]邵鹏勇,王成文. 基于物联网技术的供热数据整合系统研究[J]. 区域供热,2021(5):25-33.
- [3]冉春雨,王杨洋. 集中供热系统中的环保物联网技术运用[J]. 环境与发展,2019,31(8):246-247.
- [4]张照红. 市政工程热力管道施工技术措施[J]. 散装水泥,2024(2):101-103.

作者简介:张宝(1980.3—),工作单位中建一局集团安装工程有限公司,毕业学校和专业辽宁工程技术大学电气技术。