

Thoughts on the application of Internet of Things and AI technology in real-time monitoring and intelligent early warning of oil and gas pipeline leakage

Chunmei Nie

Sichuan Guotai Minan Safety and Environmental Protection Technology Service Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

The application of IoT and AI technologies in real-time monitoring and intelligent early warning of oil and gas pipeline leaks can better enhance the capability to detect and respond to various risk issues. It is essential to appropriately optimize and adjust application strategies based on the actual needs of oil and gas pipeline leak detection and the technical characteristics of IoT and AI technologies. This article focuses on this issue, discussing the application and challenges of IoT and AI technologies in real-time monitoring and intelligent analysis of oil and gas pipeline leaks, as well as the measures to ensure their effectiveness. It aims to provide more references and insights for relevant organizations, improving the early warning and response capabilities for oil and gas pipeline leaks, and ensuring the stability and reliability of pipeline operations.

Keywords

Internet of Things technology; AI technology; oil and gas pipeline leakage; real-time monitoring

物联网与 AI 技术在油气管道泄漏实时监测与智能预警中的运用思考

聂春梅

四川国泰民安安全环保技术服务有限公司，中国·四川成都 610000

摘 要

物联网与AI技术在油气管道泄漏实时监测与智能预警中应用可以更好地提高各类风险问题的发现响应能力，结合油气管道泄漏监测的实际需求及物联网技术与AI技术的技术特性对应用策略作出适当优化和调整是十分必要的，本篇文章也将目光集中于此，从物联网技术及AI技术在油气管道泄漏实时监测与智能分析中的应用和应用挑战及保障措施三个方面展开论述，希望可以为相关单位提供更多的参考与借鉴，提高油气管道泄露预警、响应能力，保障管道运行的稳定性和可靠性。

关键词

物联网技术；AI技术；油气管道泄露；实时监测

1 引言

油气管道作为能源输送的重要支点，其运行安全对于能源安全和生态环境稳定都会起到至关重要的影响，而传统的监测技术存在响应滞后、误报率高等相应问题，这时则可通过物联网技术与AI技术的有效应用来提高油气管道管理能力，实现实时监测、智能预警。

2 物联网技术在油气管道泄漏实时监控与智能预警中的应用

在物联网技术应用的过程中可抓住如下几个关键点构建全域感知网络，收集更加完整全面的信息数据，及时了解管道实际情况为后续的管理及应对策略分析提供更多帮助。

首先，可通过多模态传感器的有效应用收集更加完整全面的信息数据，在油气管道运行的过程中影响管道运行稳定性和可靠性的因素是相对较多的，因此需引入多种类别的传感器，例如光纤传感器、压力传感器、红外热成像仪器等等，其中振动传感器传感器可以更好地监测管道周边土体扰动情况，分析客观环境对于管道运行稳定性和可靠性所产生的影响，光纤传感器可更好地明确管道存在的形变问题，并

【作者简介】聂春梅（1984-），女，中国重庆人，工程师，从事安全评价、安全技术服务研究。

监测形变状态,红外热成像仪可以更好地检测管道的温度情况,若管道出现泄漏问题管道温度也会发生明显的变化,超声波传感器可更好地捕捉泄漏产生的空化效应声波,配合压力传感器、流量传感器可以在监测管道本体的同时完成对环境的监测和介质参数的监测,以此来获得更加完整全面的信息数据,如图1所示,传感器技术的有效应用可以更好的保障数据信息的时效性,有效解决传统管道管理滞后性相对较强的问题。此外为确保数据信息的真实性和可靠性,还需通过边缘计算网关的应用完成数据降噪及特征处理,降低数据传输压力的同时提高数据传输效率而,在边缘计算网关部署的过程中应紧抓阀室、泵站等相应关键区域。

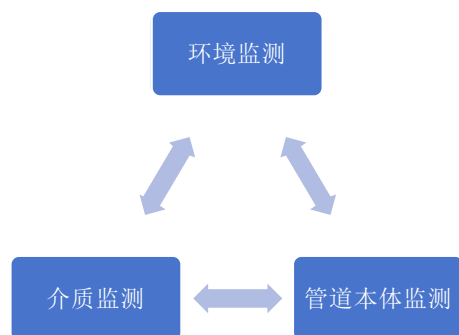


图1：传感器监测要点

其次,需通过通信架构优化及调整的方式为数据信息传输提供更多的帮助,例如可引入 LoRAWAN、NB-IoT 等相应低能耗广域网技术,为数据信息的长距离传输提供更多的助力,这样相关工作人员就可以借助手机、电脑等相应智能终端设备实时获取传感器监测数据,更好的明确管道的实际情况,提高各类问题的发现及响应能力。

再次,在物联网技术应用的过程中相关工作人员也可以借助物联网技术可以实时采集数据的优势,结合管道运行的实际情况来动态调整数据采集方案,例如相关工作人员可借助互联网平台来更好地明确管道输量、压力波动等相应的工况数据,在此基础上调节采样频率,如通过物联网平台数据分析工作人员发现管道存在异常情况,这时则需通过提升采样器采样频率的方式更好的了解管道工况,并分析相应的解决对策和处理方案^[1]。

最后,在数据传输及通信网络构建的过程中还需充分考量数据安全的问题,在该过程中可引入区块链技术完成对传感器收集数据的哈希加密,避免数据篡改、丢失等相应情况的出现,配合防火墙等相应网络安全技术的应用保障数据安全。例如,在阿尔及利亚 Sonatrach 管道项目中就应用了传光纤传感器技术收集管道实时数据,配合人工智能技术可自动完成数据类别的区分和预警,其误报率低至 0.012 次/公里/天,定位误差小于 10 米,为管道泄漏防护工作的开展提供了更多的助力和便捷。

3 AI 技术在油气管道泄漏实时监测与智能预警中的应用

在油气管道泄漏实时监测与智能预警中物联网技术主要应用于数据收集,而 AI 技术则需通过算法调节的方式为数据分析和处理提供更多的帮助,进而实现自动预警、智能预警,在 AI 技术应用的过程中可抓住如下几个关键点做出优化和调整。

首先,可通过时间序列预测来更好地明确管道运行趋势,油气管道泄漏对于生态环境及相关产业的经济效益会起到至关重要的影响,而油气管道泄露并非是毫无征兆的,可借助时间序列预测来更好地明确管道的运行趋势,分析管道可能存在的问题,为管道修理、维护等相应工作落实提供更多的信息参考与数据支持,在这个过程中可借助 LSRM、Prophet 等相应模型构建收集整合历史数据和实时数据来更好的预测管道运行趋势,在此基础上可借助异常检测算法,例如 locAtIon Forest、One-ClAss SVM 来提高各种风险问题的识别能力,实现自动诊断,配合图像识别技术代替人工巡检在大大降低管道巡检管理维修所需要消耗的成本同时,提高各类风险问题的预见能力和响应能力^[2],如图2所示。

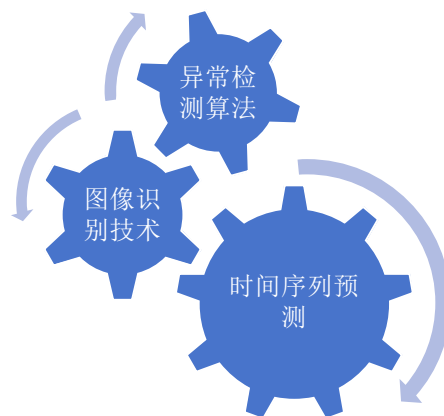


图2：AI 技术应用过程中的关键算法

其次,在 AI 系统构建及技术应用的过程中可通过设计多级预警机制的方式明确不同程度泄露问题的应对方案和外化显示方式,这就需要相关工作人员结合油气管道的实际情况,确定不同级别的安全阈值范畴,系统则会根据实时信息提取关键词来触发相应算法,完成发生发光报警、阀门关闭、运维人员通知等相应工作内容,为更好地提高管道维修管理及泄漏处理的效率和质量,在数据分析的过程中可借助卷积神经网络,更好地明确管道运行过程中存在的时空异常问题。例如在某一具体的时间点油气管道存在局部温度骤升的情况,在此基础上工作人员可配合 GIS 地理信息技术来完成空间定位,这样工作人员则可快速抵达现场对管道进

行维修处理,大大降低了在泄漏点锁定上所需要消耗的时间和精力^[3]。

最后,可借助数字孪生技术来构建虚拟模型,数字模型可模拟管道泄漏时泄漏气体的扩散路径,分析在管道运行过程中可能引发管道泄漏的因素及不同因素导致泄漏问题所产生的影响,在此基础上相关工作人员可以根据分析数据利用 AI 技术建立应急预案,并结合单位的资源持有情况和实践能力对应急预案作出适当调整,为应急能力的提升及应急预案针对性和可靠性的提升提供更多的助力。AI 技术除了可以辅助应急预案生成以外,还可以为应急预案启用提供更多的帮助, AI 技术在收集整合物联网技术收集到的数据信息后会自动完成数据分析,若数据信息超过安全阈值范围,人工智能技术则会自动提取关键词,明确问题所属类别并对接专家系统和应急预案分析相应的解决对策,将解决对策推送给相关工作人员,帮助相关工作人员快速作出反应^[4]。

4 物联网技术与 AI 技术在油气管道泄漏实时监测与智能预警中的应用挑战及应对策略

物联网技术与 AI 技术在油气管道泄漏实时监测与智能预警中应用可以更好地提高各项工作的工作效率和工作质量,提升风险应对能力和数据处理能力,避免管道泄漏带来较大的损失,但是在实践应用的过程中仍旧面临着如下几点挑战。

首先,存在数据融合挑战,因在油气管道泄漏监测的过程中所应用到的传感器相对较多,不同传感器生成的数据格式、内容存在着一定的差异,进而导致了在数据格式转换的过程中很有可能会出现数据泄漏、丢失等相应问题,为更好地解决该类问题,工作人员可通过统一数据标准、配合降噪技术有效应用来提升数据的可用性。此外在 AI 技术和物联网技术应用的过程中还很有可能会因泄露样本稀缺进而导致缺乏足够的信息作为参考,影响最终的应用效果,为更好地解决该类问题则可通过数据增强技术的应用配合迁移学习合成泄露的音频数据,为基础应用方案优化调整及 AI 数据分析提供更多的信息参考。

其次,物联网技术可以更好地连接传感器,收集更多的数据信息,为管道实际情况监测和分析提供更多的帮助,但是传感器技术在实践应用的过程中很容易会受温度、压力

等多重因素影响,导致检测结果与实际情况存在着一定的偏差,为了更好的解决这些问题,则可通过温度补偿设计、冗余部署等多种方式优化传感器布置方式和布置结构。此外部分传感器的购买成本是相对较高的,较具代表性的则是分布式光纤传感器,这时则可以引入 MEMS 传感器和无线传感器 WSN 或和现有通信光缆复用来更好地降低部署成本。

最后,在系统应用的过程中还需充分考量系统安全性问题,避免因网络攻击等多重因素影响出现数据泄露、丢失,影响最终的工作效果,为此在网络系统构建的过程中可引入入侵检测系统、零信任架构来有效避免数据丢失。在此基础上还可通过加强对相关工作人员培训引导的方式帮助相关工作人员更好地掌握物联网技术、传感器技术、大数据技术等相应现代化技术,避免因人员操作问题导致数据泄露丢失等相应情况的出现^[5]。

5 结语

物联网技术与 AI 技术在油气管道泄漏监测中应用可以更好地提高监测效率和监测水准,有效解决传统巡检工作时效性相对较差、滞后性相对较强的问题,应当引起关注和重视,相关单位可结合物联网技术与 AI 技术的技术特性对油气管道监测体系作出适当调整和优化,更好地发挥物联网技术与 AI 技术的技术优势,在此基础上还可通过数据标准统一、网络安保建设、传感器优化调整等多种方式更好地降低油气管道泄漏监测所需要消耗的成本,提高监测质量和监测效能,及时的发现油气管道存在的问题和不足,并分析相应的解决对策和处理方案。

参考文献

- [1] 范效礼,柴楠,时亚南,等. 电磁检测技术在油气管道焊缝缺陷检测中的应用与进展 [J]. 无损检测, 2025, 47 (01): 79-85.
- [2] 陈绪兴. 一种大跨度海底油气管道泄漏点实时定位方法 [J]. 成都信息工程大学学报, 2024, 39 (06): 712-717
- [3] 路敬伟,张辉,张勇,等. 一种新的油气管道泄漏信号检测方法研究 [J]. 化工自动化及仪表, 2024, 51 (06): 1023-1027
- [4] 贺文章,杜楠楠,张彦妮. 油气管道泄漏事故致因机理与防控体系研究 [J]. 石化技术, 2024, 31 (09): 297-298.
- [5] 康健,苏韬,张翔宇,等. 油气管道事故致因和监测模拟研究现状与展望 [J]. 北京石油化工学院学报, 2024, 32 (03): 50-57.