

基于物联网的燃气管道智能监测系统研究

魏 楠（重庆燃气集团股份有限公司南岸分公司，重庆 400060）

摘要：随着城市燃气使用规模的不断扩大，燃气管道的安全运行至关重要。物联网技术的兴起为燃气管道监测带来了新的机遇。本文深入研究基于物联网的燃气管道智能监测系统，详细阐述系统架构、关键技术以期为提升燃气管道监测水平、保障燃气供应安全提供理论与实践参考。

关键词：物联网；燃气管道；智能监测；传感器技术；数据处理

中图分类号：TE832；TP393

文献标识码：A

文章编号：1674-5167(2025)012-0109-03

Research on an Intelligent Monitoring System for Gas Pipelines Based on the Internet of Things

Wei Nan(Nan' an Branch, Chongqing Gas Group Co., Ltd., Chongqing 400060, China)

Abstract: With the continuous expansion of urban gas usage, the safe operation of gas pipelines is of paramount importance. The rise of Internet of Things (IoT) technology has brought new opportunities for gas pipeline monitoring. This paper delves into an intelligent monitoring system for gas pipelines based on IoT, detailing the system architecture and key technologies. The aim is to provide theoretical and practical references for improving the monitoring level of gas pipelines and ensuring the safety of gas supply.

Keywords: Internet of Things; gas pipelines; intelligent monitoring; sensor technology; data processing

燃气作为一种高效、清洁的能源，在城市居民生活和工业生产中得到广泛应用。燃气管道作为燃气输送的关键基础设施，其安全稳定运行直接关系到人民生命财产安全和社会经济发展。然而，燃气管道长期埋于地下，面对各种安全风险，如腐蚀、第三方破坏等，传统的监测方法很难满足实时精确的监测要求。物联网是一种将传感器、通信和计算机相结合的技术，可以对燃气管道进行全方位、实时的监控，为保证管道的安全运行提供了一条有效的途径。

1 物联网在智能监测中的应用

1.1 在环境监测中的应用

物联网技术在环境监测领域的应用覆盖空气质量、水质监测、噪声污染控制等多个方面。传感器网络部署在城市、河流、森林等关键区域，实时采集温度、湿度、PM2.5浓度、二氧化碳含量等数据，并通过无线通信技术传输至数据分析平台。管理部门依托大数据分析和人工智能技术，对环境变化趋势进行研判，及时采取应对措施，提高环境治理的精准度和效率。

在大气污染防治中，物联网设备能够监测工业区、交通干道等污染源排放情况，并结合气象数据，优化污染控制策略。水质监测方面，智能传感器安装在水库、河流、湖泊等水体区域，检测水中溶解氧、pH值、有害物质浓度等指标，为水资源保护提供数据支撑。噪声监测系统广泛应用于城市管理，通过物联网实现对噪声污染的实时监控，有助于降低对居民生活的影响。

1.2 在工业监测中的应用

工业生产过程中的安全与效率优化依赖于对设备和环境的实时监测，物联网技术通过传感设备、数据分析系统和远程控制平台，实现对生产设施的智能管理。工厂内部署温度、压力、振动、能耗等多类型传感器，采集设备运行状态数据，并利用云计算技术分析异常情况，提高维护效率。

智能监测系统在冶金、化工、电力等行业应用广泛，尤其是在高危环境下，物联网能够远程监测有害气体泄漏、温度异常、电机故障等问题，降低人工巡检风险，提高生产安全性。工业机器人结合物联网系统，可以实现设备自动调节，优化生产流程，减少能源浪费，提高资源利用率。智能预测性维护模式逐步取代传统的定期检修，通过对历史数据的分析，提前发现设备潜在故障，降低停机时间，减少维修成本。

1.3 在燃气管道监测中的应用

城市燃气输送网络涉及广泛的管道分布和复杂的运行环境，物联网技术的应用能够提高燃气管道的监测精度和应急响应能力。燃气管道沿线安装压力、流量、浓度等多种传感器，实时采集输送状态数据，并通过无线网络传输至监控平台。智能分析系统对数据进行处理，一旦发现泄漏、压力异常等情况，立即发出警报并通知相关部门进行处置。

智能远程控制功能提高了燃气供应的安全性，在检测到紧急情况时，系统能够自动关闭相关阀门，防止事故扩大。结合大数据和人工智能分析，物联网技

术还可用于预测管道老化、腐蚀程度，提前制定维护计划，降低事故发生概率。

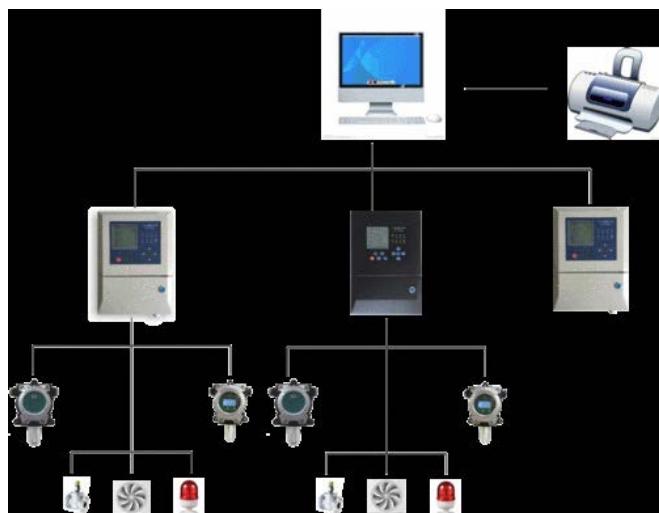
用户端燃气安全监测设备同样受益于物联网技术发展，家庭和商业用户可通过智能燃气表、气体泄漏检测器，实时掌握用气情况，并在异常情况下收到警报提示。未来，随着5G、人工智能、区块链等技术的发展，燃气管道监测系统将更具智能化和自动化能力，进一步提升城市燃气管理水平，保障公共安全。

4 基于物联网的燃气管道智能监测系统架构

4.1 感知层

感知层是智能监测系统的基础，主要负责采集燃气管道相关数据。该层部署了大量传感器，包括压力传感器、流量传感器、泄漏传感器、温度传感器以及应力传感器等。压力传感器是用来监控管道中的气体压力，以保证气体压力处于安全限度；流量传感器可实时获取燃气流量数据，分析燃气使用情况；泄漏传感器能够快速检测到燃气泄漏，并确定泄漏位置；温度传感器监测管道周围环境温度，预防因温度异常引发的安全事故；应力传感器则用于监测管道的应力变化，及时发现管道变形、破裂等潜在风险。这些传感器将采集到的模拟信号转换为数字信号，通过有线或无线方式传输至网络层。

4.2 网络层



网络层承担着数据传输的重任，负责将感知层采集的数据传输至应用层。它主要包含有线网络和无线网络。有线网络如光纤网络，具有传输速度快、稳定性高的优点，适用于距离较近、对数据传输可靠性要求高的场景。无线网络则包括NB-IoT、LoRa等低功耗广域网技术以及4G/5G网络。NB-IoT和LoRa技术覆盖范围广、功耗低，适合于燃气管道长距离、分散部署的监测点数据传输；4G/5G网络传输速度快、延

迟低，能够满足实时性要求较高的数据传输需求，如高清视频监控数据的传输。通过多种网络技术的融合，实现数据的高效、稳定传输。

4.3 应用层

应用层是智能监测系统的核心，为用户提供直观的监测界面和丰富的管理功能。它主要包括数据处理与分析模块、报警模块、地图展示模块以及用户管理模块等。数据处理与分析模块对采集到的数据进行清洗、存储和分析，挖掘数据背后的潜在信息，如通过数据分析预测管道故障发生的可能性。

报警模块根据预设的阈值，当监测数据超出安全范围时，及时向管理人员发送报警信息，通知其采取相应措施。地图展示模块将燃气管道的分布以及监测点数据在电子地图上直观呈现，便于管理者迅速找到并查看。用户管理模块负责系统的用户权限，保证系统的安全有序运行。

5 基于物联网的燃气管道智能监测系统关键技术

5.1 传感器技术

5.1.1 激光甲烷传感器

激光甲烷传感器是一种基于激光吸收光谱技术的高精度气体检测装置，能够对甲烷气体进行高选择性、高灵敏度的监测。当特定波长的激光穿过含有甲烷的环境时，甲烷分子会吸收部分激光能量，使得透射光的强度发生变化，传感器可以通过分析这一变化来确定甲烷浓度的大小。这一技术的检测精度可达ppm（百万分之一）级别，即便环境中的甲烷浓度极低，也能被迅速察觉，从而为燃气泄漏的早期发现争取宝贵时间，减少事故发生的可能性。

与传统的电化学传感器或半导体气体传感器相比，激光甲烷传感器具有非接触式检测的优势，能够在一定距离范围内远程检测气体泄漏，无需直接接触泄漏源，大幅提升了检测的安全性。此外，该传感器响应速度快，可在几秒钟内完成气体浓度的测量，适用于移动巡检、固定监测等多种应用场景。例如，在无人机巡检系统中，激光甲烷传感器可以安装在无人机上，对城市燃气管网、输气管道等区域进行空中巡检，提高检测效率和覆盖范围。

5.1.2 光纤传感器

光纤传感器是一种利用光信号变化来监测物理参数的传感设备，在燃气管道监测中具有重要应用。其主要优势包括抗电磁干扰、耐腐蚀、可分布式测量等，特别适用于复杂环境中的长期监测。

光纤传感器的基本原理是当管道受到应力、温度变化或泄漏影响时，沿着光纤传播的光信号特性（如相位、强度、波长等）会发生变化，通过对这些信号

的分析，可以实时监测管道的物理状态。例如，当管道内部压力异常升高或外部土壤沉降引发管道应力集中时，光纤传感器能够实时检测到这些变化，并将数据传输到监控中心，从而及时预警潜在风险。

相较于传统的点式传感器，光纤传感器具备连续分布式监测能力，可沿管道全长进行监测，而非仅限于特定检测点。因此，在长距离燃气输送管道中，光纤传感器可以覆盖多个关键监测位置，提供更全面的安全监测信息。

此外，在高腐蚀性环境（如海底管道、化工园区等）中，传统电子传感器易受外界因素影响而失效，而光纤传感器由于其无源特性（无需电源供电）和优异的耐腐蚀性，能够长时间稳定运行，提高管道监测的可靠性。

5.2 无线通信技术

无线通信技术在智能监测系统中扮演着不可或缺的角色，是实现数据传输的关键桥梁。NB-IoT技术基于蜂窝网络，具有覆盖广、连接数多、功耗低的特性。其覆盖范围比传统GSM网络增强了20dB以上，即使是在偏远山区、沙漠等通讯条件较差的地方，也可以保证燃气管道传感器所获得的信息能够安全地传送到监测中心，从而对偏远地区管线进行有效的监控。而且，它能支持大量设备同时接入，满足燃气管道沿线众多传感器的通信需求，同时低功耗的特点还延长了传感器的使用寿命。

LoRa技术采用扩频调制技术，具备通信距离远、抗干扰能力强的优势。在复杂的城区环境下，面对建筑物遮挡和电磁干扰等问题，仍能实现数千米的可靠传输。这使得在城市燃气管道分布密集且环境复杂的区域，传感器之间的数据传输不受影响。

另外，4G/5G网络具有高传输率、低延迟等特点，能够为实时监测、大数据传输等方面提供强有力的保证，有助于管理者对现场状况进行准确把握，并作出快速决策。

5.3 大数据与云计算技术

随着燃气管道监测系统持续运行，数据量不断累积，大数据与云计算技术成为系统数据处理的重要支撑。大数据具有存储、管理、分析等功能，可以从海量数据中挖掘出更多有用的信息。利用数据挖掘的方法，可以从数据中找出潜在的规律与发展趋势。例如，利用时间序列分析对管道压力变化数据进行处理，构建压力变化模型，进而预测管道压力的未来走势。一旦预测到压力接近或超出安全范围，便能提前发出预警，提示可能存在的安全隐患，以便及时采取措施，保障管道安全运行。

云计算技术则为系统提供了强大的计算能力。它将数据处理任务部署在云端服务器上，实现了资源的弹性调配。

在数据量较小时，可减少资源分配，降低成本；数据量增大时，又能迅速扩充资源，确保系统高效运行。这种方式不仅降低了本地硬件成本，还提高了系统的运行效率和可扩展性，使系统能够轻松应对业务增长和监测需求的变化。

5.4 人工智能技术

人工智能技术在智能监测系统中主要应用于故障诊断和预测，极大提升了系统的智能化水平。通过机器学习算法，如支持向量机、神经网络等，对大量历史监测数据和故障数据进行训练，从而建立起精准的故障诊断模型。在监控到异常数据的情况下，可以迅速、精确地判定出故障的种类及其成因。以支持向量机为例，它通过寻找最优分类超平面，有效区分正常数据和故障数据，为故障诊断提供可靠依据。

深度学习算法在智能监测中发挥着更为强大的作用。可以在不需要手工抽取特征的情况下，实现对海量数据的自动特征抽取与模式识别，大大提高了故障诊断的准确性和效率。

基于卷积神经网络的图像识别技术在分析燃气管道周边环境图像时表现出色，该方法可以准确识别由第三方施工、管线渗漏引起的地表异常等隐患，并对其进行预警，帮助管理者及早采取预防措施，保证管道的安全、稳定。

6 结论与展望

基于物联网的燃气管道智能监测系统通过融合多种先进技术，实现了对燃气管道的实时、精准监测，在保障燃气管道安全运行方面具有显著优势。尽管目前该系统面临着数据安全、设备成本和标准规范等挑战，但随着技术的不断进步和完善，这些问题将逐步得到解决。未来，智能监测系统将朝着智能化、集成化、协同化方向发展，进一步提高监测精度和可靠性，降低成本，为城市燃气安全供应提供更加坚实的保障。

参考文献：

- [1] 王大庆, 梁平, 邱旭, 等. 城市燃气管道风险智能评价技术探索 [J]. 天然气技术与经济, 2023, 17(02):62-67.
- [2] 马彬, 王会师, 马旭卿, 等. 信息技术在城镇燃气管道完整性管理的应用 [J]. 煤气与热力, 2023, 43(02):38-42.

作者简介：

魏楠（1986-），男，汉族，重庆合川人，本科学历，助理工程师，研究方向：燃气管道施工及运维。