

时往往采取钻芯的方法应用于建筑物的关键部位，特别是在对混凝土强度进行准确评价的时候。

然而，钻芯检测也具有其不可避免的缺陷。首先钻芯检测法是一种破损式检查方式，必须取得部分混凝土检样进行检测，有可能造成原有结构破坏或被损坏，另外，取样、搬运比较复杂而且耗时间，检样的一致性以及代表性也会受到影响，同时由于钻芯检测费用较高，尤其在大型工程中，反复采取钻芯检测势必会增加成本，延长建设周期。因此，在实际应用中尽管钻芯检测精确度高，但其也有一定的局限性，往往需要结合其它试验进行。

## 4.2 非破坏性检测技术的优势

### 4.2.1 超声波检测的高效性

超声波检测法是重要的无损检测手段之一，即发射超声波并研究其在水泥材料中的传播情况以对其质量进行分析。由于超声波在水泥中的传播速度与水泥的密度、强度等有一定的关系，因此可以通过计算超声波传播速度以及回声等方式辨别水泥中存在的缺陷。

主要优点在于高效与高精度的探诊检测方式，能够无损、高效地检测混凝土内部状态，用于大面积的建筑物构件品质监控，能够深入分析出混凝土内部的缺陷，比如裂缝或是孔洞等等。同时，其操作比较便捷，适应不同的建筑环境，实时检测出试验的数据，能够有效提升建设进度。

此外，超声波检测还是存在一定的局限性的。在混凝土的密实度和水含量影响下，其精度还是受影响的，在某些情况下由于在混凝土中夹杂着杂质，存在气泡，其传输的超声波信号受到干扰，其检测的结果可能会出现误差。因此，在部分条件下，超声波检测结果可能会受到限制。

### 4.2.2 激光扫描的精度与应用

通过激光扫描方法可以对混凝土表面进行大区域、无损性地探测，能够构建精度较高的三维模型，精确掌握混凝土表层形变及细微裂缝状态，既适用于表面缺陷的识别，又可用于高精度测量建筑结构形变，尤其适用于复杂结构的品质监测。

采用激光扫描技术能够提高检查精确性和广泛性，能准确获取混凝土表面、构造物的细微变化，找到普通检查无法探测到的病害部位，而且可以对大面积进行快速检查，适用于大型工程施工、复杂构造工程。

然而，激光扫描也受到一定程度的制约。例如，它的硬件设备都较为昂贵，且操作人员技术含量较高，必须经过专业的培训，再加上它主要用来测试表面的品质，这就意味着它的探测能力对于混凝土内部分子相就显得不足。因此，

在实际中我们常利用各种测试工具将它们进行配合，从而得到更为充分的结果。

## 4.3 综合检测方法的优化组合

在建筑工程技术不断进步的过程中，混凝土质量检测精度和效率的有效途径之一就是综合检测方法的不断完善和进步。把传统的检测方法与现代的无损检测方法进行综合，能够弥补单一方式存在的不足，优化检测效果。

例如，可以将回弹法与超声波检测相结合，在运用回弹法快速判定混凝土表面质量的基础上，再通过超声波检测进一步检测其内部情况。对于重要的结构处或是需要准确度较高的地方，还可以使用钻芯法进行详细实验检查，同时也可以采用激光扫描对建筑物的构造进行准确的三维扫描。多种检测方法相结合可以增加检测范围、准确度，同时也不会影响工程进度，而且能避免单一种类的方法所可能造成错误和偏差。

智能化的发展让今后整体查验方式的需要更向自动化与数据解析方面靠拢，通过使用大数据、人工智能等先进技术手段实现对检测过程的优化和完善以及效能与精准度的提升，不断提升的创新会为建设工程的质量监督管理提供更多保证，以确保结构的安全与耐久性。

## 5 结论

对建筑工程而言，混凝土的质量检测影响整个工程安全度与耐久性的因素。而随着技术的不断发展，传统的技术在某些特殊环境下出现了弊端，导致非破坏性检测方法得到推广应用并带来了改进。笔者本文对比了不同的测试方法得出了利用超声波及激光扫描等方法，测量既保持高精度又可以检测快速且无损害；不过，还存在一定的难解决之处，如推广应用困难，标准化困难，准确度困难等，这表明随着大数据、智能化技术的推进，建筑工程中混凝土的检测技术也会越来越详细智能化，从而保障建筑工程质量。

## 参考文献

- [1] 王志强; 刘建华. 混凝土质量检测技术的现状与发展[J]. 建筑技术, 2023(12): 45-48.
- [2] 陈宇翔; 张文超; 李建国. 混凝土无损检测技术的应用与前景[J]. 土木工程学报, 2022(8): 58-62.
- [3] 徐国强; 郑秀英. 基于回弹法与超声波检测的混凝土质量评估研究[J]. 建筑工程质量, 2021(10): 102-106.
- [4] 赵永清; 郑伟; 朱海涛. 激光扫描技术在混凝土结构检测中的应用[J]. 工程测量与检测, 2022(5): 77-81.
- [5] 孙俊鹏; 王明宇; 陈飞. 混凝土非破坏性检测技术的多维度分析[J]. 结构与建筑, 2023(7): 14-18.

# Application practice of Internet of Things technology in leakage monitoring and positioning of heating pipe network

Zhonghai Xing

Langfang Gas and Heat Service, Langfang, Hebei, 065000, China

## Abstract

With the rapid development of Internet of Things (IoT) technology, its applications in heat supply pipeline leakage monitoring and localization have become increasingly widespread. This study focuses on practical implementations of IoT technology in such scenarios. The paper first analyzes technical requirements for fiber optic leak detection and temperature-pressure safety monitoring systems. It then details IoT applications through a case study of a long-distance fiber optic leak detection project. Finally, it summarizes challenges and countermeasures to address implementation challenges, aiming to provide valuable references for related research. Research findings demonstrate that IoT technology significantly enhances the accuracy and timeliness of heat supply pipeline leakage monitoring, reduces maintenance costs, and ensures safe operation of heating systems.

## Keywords

Internet of Things technology; heating network; leakage monitoring; positioning; optical fiber sensing

# 物联网技术在供热管网泄漏监测与定位中的应用实践

邢忠海

廊坊市燃气热力服务中心, 中国 · 河北 廊坊 065000

## 摘要

随着物联网技术的快速发展,其在供热管网泄漏监测与定位中的应用日益广泛。为此,本研究着重探讨物联网技术在供热管网泄漏监测与定位中的应用实践,本文先是具体分析了光纤测漏和温压安全监测系统的技术要求,随后结合长输光纤测漏项目的实际案例详细探讨了物联网技术在供热管网泄漏监测与定位中的具体应用实践,最后还总结了相关应用所面临的挑战与对策,以期对相关研究提供有益参考与借鉴。研究结果表明,物联网技术能够显著提高供热管网泄漏监测的准确性和及时性,降低维护成本,保障供热系统的安全运行。

## 关键词

物联网技术; 供热管网; 泄漏监测; 定位; 光纤传感

## 1 引言

供热管网作为城市能源供应的“生命线”,其能否稳定运行将直接关系到居民生活的舒适性和城市能源的安全性。然而,供热管网泄漏问题仍经常发生,这不仅会造成大量的能源浪费,还有可能引发安全事故。传统监测方法存在精度低、响应慢等局限性,难以满足现代供热系统的需求。物联网技术的兴起,为供热管网泄漏监测与定位提供了新的解决方案,其高精度、实时性的特点大幅提升了监测效能。尽管国内外在该领域的研究不断深入,但物联网技术的应用潜力尚未完全被挖掘。本文通过分析光纤测漏和温压安全监测系统技术要求,结合长输光纤测漏项目案例,系统探讨物联网技术在供热管网泄漏监测与定位中的应用实践,以期为

提升供热管网运行的安全性和经济性提供理论支持和实践指导。

## 2 物联网技术与供热管网监测基础

### 2.1 物联网技术概述

物联网技术是通过传感器、射频识别(RFID)、全球定位系统等信息传感设备,将任何物体与互联网连接起来进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的网络技术<sup>[1]</sup>。其架构分为感知层、网络层和应用层,关键技术包括高精度传感器技术、低功耗广域网通信技术(如LoRa、NB-IoT)、云计算与大数据处理技术等。在工业监测领域,物联网技术结合智能分析算法通过实时数据采集与传输大大提升了监测的自动化水平和响应速度,降低了人工巡检成本,为工业安全生产提供了有力保障。

### 2.2 供热管网监测需求分析

供热管网泄漏监测需求具有高度的实时性、准确性和

【作者简介】邢忠海(1982-),男,中国河北大城人,本科,工程师,从事供热行业管理研究。

可靠性要求。实时性要求系统能够即时发现泄漏并报警，避免事故扩大；准确性要求系统能精准定位泄漏点，减少误报；可靠性则要求系统在各种恶劣环境下稳定运行。供热管网泄漏若不能得到及时处理，不仅会导致能源浪费和供热中断，还可能引发地面塌陷、水管爆裂等安全事故，严重影响居民生活和城市运行。因此，快速、准确地监测和定位泄漏点，是保障供热安全、提高能源利用效率的关键。

### 2.3 物联网技术在供热管网监测中的适用性

物联网技术在供热管网监测中展现出广泛的应用场景和显著优势。物联网系统通过部署温度传感器、压力传感器和光纤传感器并结合无线通信技术（如4G、5G）可以实现对供热管网状态的实时监测和数据分析<sup>[2]</sup>。在长输光纤测漏项目中，物联网技术通过分布式光纤监测方案，实现了对供热管网的24小时连续分布式监测，精准定位泄漏点，提前预警潜在风险。物联网技术还支持GIS地图展示、历史数据分析、智能辅助决策等功能，这大幅提升了供热管网监测的智能化水平和应急响应能力。

## 3 光纤测漏和温压安全监测系统技术要求

### 3.1 系统总体架构

光纤测漏与温压安全监测系统运用分布式架构设计，整个系统自下而上划分为前端传感器层、数据传输层、数据处理层及应用层四大模块。其中，前端传感器层集成了温度传感器、压力传感器及光纤传感器三类核心设备，可实现对供热管网温度、压力及泄漏状态的实时数据采集；数据传输层依托Cat.1、4G或5G无线通信技术构建稳定传输通道，负责前端采集数据高效上传至监控平台；数据处理层采用云计算架构与大数据分析算法，对海量原始数据进行清洗、标准化存储及异常模式识别，为上层应用提供可靠数据支撑；应用层则通过GIS地理信息系统实现管网可视化展示，集成实时报警推送、智能决策辅助等功能模块，最终形成覆盖供热管网全生命周期的智能化监测管理体系。

### 3.2 传感器技术与选型

在供热管网监测系统中，各类传感器的选型严格遵循实际需求。温度传感器精度需达 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ，量程覆盖 $0 \sim 105^{\circ}\text{C}$ ，以精准测量供水回水温度；压力传感器压变精度不低于 $0.2\%\text{FS}$ ，量程设定为 $0 \sim 1.6\text{MPa}$ ，保障压力数据准确可靠。光纤传感器采用分布式设计，利用拉曼散射效应实现测温功能，同时以单模光纤同步监测振动与通讯信号，实时捕捉泄漏与扰动异常<sup>[3]</sup>。

### 3.3 通信与数据传输

系统采用Cat.1、4G或5G无线通信方式，确保数据实时、稳定传输至监控平台。数据传输协议选用MQTT或CoAP，支持低功耗、广覆盖的物联网应用。为保障通信稳定性，系统采用多链路冗余设计，自动切换最佳通信路径；数据传输安全性通过AES加密、身份认证及访问控制等措施实现，

防止数据泄露与非法访问，确保监测数据的安全可靠。

### 3.4 数据处理与分析

系统会对采集到的数据进行深度处理，先进行数据清洗工作，有效剔除噪声与异常值，大幅提升数据质量。随后，借助机器学习算法开展异常检测，精准识别泄漏、压力突变等异常事件。数据分析结果以直观的GIS地图形式呈现，不仅支持实时数据动态刷新，还能随时查询历史数据。在整个监测体系中，数据处理是泄漏监测与定位的关键环节，精准的数据分析可快速锁定泄漏点，实现潜在风险的提前预警，为应急响应提供坚实科学支撑，有效降低事故损失<sup>[4]</sup>。

### 3.5 报警与应急响应

系统构建了多级报警机制，涵盖预警、报警和紧急报警三个层级。它会依据泄漏的严重程度及具体位置，自动激活对应的报警级别。一旦触发报警，系统会通过短信、语音播报以及APP推送等多种方式，第一时间将报警信息传达给运维人员。同时，系统预设了应急响应流程，包括关闭上游阀门、迅速调度抢修队伍以及开展管道修复等工作，确保能快速隔离泄漏管段，尽快恢复供热<sup>[5]</sup>。

## 4 长输光纤测漏项目案例分析

### 4.1 项目概况

西海岸长输光纤测漏项目是针对该区域供热管网规模扩大、传统监测手段滞后而启动的智能化改造工程。该项目背景源于供热管网泄漏频发导致的能源浪费与安全隐患，其核心目的是通过光纤传感技术实现管网状态的实时监测与泄漏精准定位，提升供热系统的安全性和经济性。实施范围覆盖西海岸城区主干供热管网，总长度约50公里，涉及高温水输送管道及关键节点设备。

### 4.2 系统实施内容

项目采用分布式光纤传感方案，沿供热管网敷设单模光纤，利用拉曼散射效应实现温度实时监测，同时通过光纤振动传感器捕捉泄漏引发的扰动信号。监控系统建设包括前端数据采集终端、边缘计算网关及云端管理平台，实现数据清洗、异常检测与智能分析。GIS一张图集成管网拓扑结构、传感器分布及实时监测数据，支持可视化管理与应急调度。技术难点包括光纤敷设环境复杂、多源数据融合分析以及系统抗干扰能力提升。解决方案包括采用铠装光纤增强防护性能、优化算法模型提高异常识别准确率，以及通过冗余设计保障通信稳定性。

### 4.3 项目效果评估

系统实施后，该区域主干供热管网在线监测范围扩展至100%，实现24小时连续监测，温度测量精度达 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，泄漏定位误差控制在5米以内。实时性方面，数据传输延迟低于1秒，报警响应时间缩短至3分钟以内。泄漏预警精度提升至95%以上，成功拦截多起潜在泄漏事故，避免经济损失约200万元/年。系统支撑水力计算模型优化，