

市政给水管网漏损控制与智能化监测系统设计

常岩研

河北聚邦建设工程有限公司 河北 石家庄 050000

摘要: 市政给水管网作为城市供水系统的关键组成部分,其漏损问题不仅导致水资源浪费,增加供水成本,还可能影响供水安全与质量。本文分析了当前漏损控制面临的挑战,并详细阐述了智能化监测系统设计的原则、架构、关键技术。通过智能化监测系统的应用,旨在实现对给水管网漏损的精准定位、及时预警与有效控制,提高水资源利用效率,保障城市供水的可靠性与稳定性。

关键词: 市政给水管网;漏损控制;智能化监测系统;系统设计

1 引言

水是生命之源,是人类社会生存与发展的重要物质基础。随着城市化进程的加速和人口的不断增长,城市对水资源的需求日益增加。然而,水资源短缺已成为全球性问题,合理利用和保护水资源刻不容缓。市政给水管网作为城市供水系统的“毛细血管”,承担着将水从水源输送到千家万户的重要任务。但在实际运行过程中,由于管网老化、施工质量、地质变化、人为破坏等多种因素,给水管网漏损现象普遍存在。据相关统计数据,我国许多城市的给水管网漏损率较高,不仅造成了大量的水资源浪费,还增加了供水企业的运营成本,甚至可能引发供水安全隐患。因此,加强市政给水管网漏损控制,设计并应用智能化监测系统具有重要的现实意义。

2 当前市政给水管网漏损控制面临的挑战

2.1 管网老化严重

许多城市的给水管网建设年代久远,部分管材质量较差,经过长期运行,管道腐蚀、老化现象普遍。老化的管道容易出现裂缝、破损等问题,导致漏损风险增加。然而,管网改造工程涉及面广、投资大,且施工期间可能对城市交通和居民生活造成一定影响,使得管网改造工作进展缓慢,难以从根本上解决因老化导致的漏损问题。

2.2 漏损检测技术手段有限

传统的漏损检测方法主要依赖于人工巡检、听音棒检测等,这些方法效率低下,准确性不高,难以发现微小漏损和隐蔽部位的漏损。虽然近年来出现了一些先进的检测技术,如探地雷达、红外热成像等,但这些技术设备成本高、操作复杂,且对检测人员的技术水平要求较高,难以在大范围内推广应用。此外,对于大规模、复杂的给水管网系统,缺乏一套全面、高效的漏损检测与定位

体系,无法及时准确地确定漏损位置和漏损程度。

2.3 数据采集与分析能力不足

给水管网的运行数据,如压力、流量、水质等,对于漏损监测和控制至关重要。然而,目前许多城市的给水管网数据采集系统不完善,监测点分布不均匀,数据采集频率低,无法全面、准确地反映管网的运行状态^[1]。同时,缺乏有效的数据分析手段,难以从海量的数据中挖掘出有价值的信息,无法及时发现管网运行的异常情况,导致漏损问题不能得到及时处理。

2.4 缺乏科学的管理与决策机制

给水管网漏损控制涉及多个部门和环节,需要建立科学合理的管理与决策机制。但在实际工作中,存在部门之间协调不畅、信息共享不及时等问题,导致漏损控制工作难以形成合力。此外,缺乏对漏损控制效果的评估和考核机制,无法对各项漏损控制措施的实施效果进行科学评价,难以持续改进和优化漏损控制工作。

3 智能化监测系统设计的原则

3.1 可靠性原则

智能化监测系统应具备高度的可靠性,能够在各种复杂的环境条件下稳定运行,确保数据的准确采集和传输。系统应采用冗余设计,对关键设备和部件进行备份,防止因单个设备故障导致整个系统瘫痪。同时,要具备良好的抗干扰能力,避免外界电磁干扰、雷电等因素对系统造成影响。

3.2 实时性原则

给水管网漏损情况可能随时发生变化,因此监测系统必须具备实时监测能力,能够及时获取管网的运行数据,并快速进行分析和处理。一旦发现异常情况,系统应立即发出预警信号,以便相关人员及时采取措施进行处理,最大限度地减少漏损损失。

3.3 准确性原则

数据的准确性是智能化监测系统的核心要求。系统应采用高精度的传感器和先进的测量技术,确保采集到的压力、流量、水质等数据准确可靠。同时,要建立完善的数据校验和纠错机制,对采集到的数据进行实时校验和修正,避免因数据误差导致误判和漏判。

3.4 可扩展性原则

随着城市的发展和给水管网的不断扩建,监测系统应具备良好的可扩展性,能够方便地增加新的监测点和功能模块,以满足不断增长的监测需求。系统架构应采用开放式设计,支持与不同厂家的设备进行集成,便于系统的升级和改造。

3.5 经济性原则

在满足系统功能和性能要求的前提下,应充分考虑系统的经济性。要合理选择设备和技术方案,降低系统的建设和运行成本。同时,要注重系统的长期效益,通过有效的漏损控制措施,减少水资源浪费和供水成本,提高供水企业的经济效益和社会效益。

4 智能化监测系统架构设计

4.1 感知层

感知层是智能化监测系统的基础,主要由各种传感器组成,负责实时采集给水管网的运行数据。常见的传感器包括压力传感器、流量传感器、水质传感器、噪声传感器等。压力传感器安装在管网的关键节点和阀门处,用于监测管网的压力变化;流量传感器安装在管道上,用于测量水的流量;水质传感器用于实时监测水质指标,如浊度、余氯、pH值等;噪声传感器则通过检测管道周围的噪声变化来辅助判断是否存在漏损情况^[2]。这些传感器将采集到的数据转换为电信号或数字信号,通过有线或无线方式传输到数据传输层。

4.2 数据传输层

数据传输层的主要功能是将感知层采集到的数据可靠、快速地传输到数据处理中心。根据实际情况,可采用有线传输和无线传输相结合的方式。有线传输方式如光纤通信,具有传输速度快、稳定性高、抗干扰能力强等优点,适用于对数据传输要求较高的场合,如重要监测点与数据处理中心之间的数据传输。无线传输方式包括GPRS、CDMA、NB-IoT、LoRa等,具有安装方便、成本低、无需布线等优点,适用于监测点分散、布线困难的区域。在实际应用中,可根据监测点的位置、数据传输量、环境条件等因素,合理选择传输方式,确保数据传输的实时性和可靠性。

4.3 数据处理层

数据处理层是智能化监测系统的核心,负责对传输

层传来的数据进行接收、存储、分析和处理。数据接收模块负责接收来自不同传输通道的数据,并进行初步的格式转换和校验。数据存储模块采用数据库技术,将接收到的数据按照一定的规则进行存储,以便后续的查询和分析。常用的数据库包括关系型数据库(如MySQL、Oracle)和非关系型数据库(如MongoDB、Redis),可根据数据的特点和应用需求进行选择。数据分析模块是数据处理层的关键,它运用数据挖掘、机器学习、模式识别等先进技术,对海量的管网运行数据进行分析,提取有价值的信息。例如,通过分析压力和流量的变化趋势,建立管网的水力模型,预测管网的运行状态;利用异常检测算法,对采集到的数据进行实时监测,及时发现数据中的异常波动,判断是否存在漏损情况,并确定漏损的可能位置和漏损程度。

4.4 应用层

应用层是智能化监测系统与用户交互的界面,为用户提供各种功能应用。主要包括以下几个方面:

漏损监测与预警:实时显示管网的运行状态,包括压力、流量、水质等参数的实时数据和变化曲线。当系统检测到异常情况时,通过声光报警、短信通知、邮件提醒等方式及时向相关人员发出预警信号,并提供详细的漏损信息,如漏损位置、漏损量估计等,以便快速采取措施进行处理。

管网管理:建立给水管网的地理信息系统(GIS),将管网的拓扑结构、设备信息、监测点位置等数据进行可视化展示。用户可以通过GIS界面直观地了解管网的分布情况,查询管网设备的详细信息,对管网进行日常管理和维护^[3]。同时,系统还可以对管网的运行数据进行统计分析,生成各种报表和图表,为管网规划、改造和优化提供决策依据。

决策支持:基于数据分析的结果,为供水企业的管理人员提供科学的决策支持。例如,根据漏损监测数据和分析结果,制定合理的漏损控制策略和维修计划;结合用水需求预测和管网水力模型,优化供水调度方案,提高供水效率,降低供水成本。

系统管理:负责整个智能化监测系统的运行管理,包括用户权限管理、设备管理、数据备份与恢复等功能。通过用户权限管理,确保不同级别的用户只能访问和操作其权限范围内的数据和功能,保障系统的安全性。设备管理模块对监测系统中的各种设备进行实时监控和管理,及时发现设备故障并进行维修或更换,保证系统的正常运行。数据备份与恢复功能则用于防止数据丢失,确保数据的安全性和完整性。

5 智能化监测系统关键技术

5.1 传感器技术

传感器作为数据采集的核心部件,其性能直接影响监测系统的准确性和可靠性。随着科技的不断进步,传感器技术也在不断发展。新型的传感器具有更高的精度、更强的稳定性和更长的使用寿命。例如,光纤传感器具有抗电磁干扰、灵敏度高、可分布式测量等优点,可用于对管网压力、应变等参数的精确测量;微机电系统(MEMS)传感器则具有体积小、功耗低、成本低等特点,适合大规模部署在管网监测点上。此外,智能传感器技术逐渐得到应用,智能传感器不仅能够采集数据,还具备数据预处理、自诊断、自校准等功能,能够提高数据的质量和系统的可靠性。

5.2 数据通信技术

为了实现监测数据的实时、可靠传输,需要采用先进的数据通信技术。如前文所述,无线通信技术在管网监测中具有独特的优势。NB-IoT(窄带物联网)是一种专为物联网设计的低功耗广域网(LPWAN)技术,具有覆盖广、连接多、速率低、成本低、功耗低、架构优等特点,非常适合用于给水管网监测中大量监测点的数据传输。LoRa技术则以其远距离、低功耗、大容量等优势,在管网监测领域也得到了广泛应用。同时,随着5G技术的逐步普及,5G网络的高速率、低时延、大容量特性将为给水管网智能化监测系统带来新的发展机遇,实现更高质量的实时数据传输和更复杂的业务应用。

5.3 数据分析与挖掘技术

给水管网智能化监测系统产生的数据量巨大,如何从这些海量数据中提取有价值的信息是关键。数据分析与挖掘技术能够发现数据中隐藏的模式、规律和趋势,为漏损控制提供科学依据。常用的数据分析方法包括统计分析、时序分析、相关性分析等。例如,通过对管网压力和流量数据的时序分析,可以了解管网的日常运行规律,判断是否存在异常波动。数据挖掘技术如聚类分析、分类算法、关联规则挖掘等,可用于对管网运行数据进行深度挖掘^[4]。例如,利用聚类分析将管网划分为不同的区域,分析各区域的漏损特征;通过分类算法对漏损类型进行识别,为维修人员提供针对性的维修建议。此外,机器学习算法如神经网络、支持向量机等在管网漏损预测和定位方面也取得了良好的应用效果,能够提高漏损检测的准确性和及时性。

5.4 地理信息系统(GIS)技术

GIS技术将地理空间数据与属性数据相结合,为给水管网的管理和监测提供了直观的可视化平台。通过GIS,

可以将管网的管道、阀门、监测点等设备的位置信息与管网的运行数据、设备信息等进行关联,实现管网信息的空间可视化展示。用户可以在GIS地图上直观地查看管网的分布情况、设备的运行状态以及漏损位置等信息。同时,GIS还具备强大的空间分析功能,如缓冲区分析、网络分析等,可用于辅助管网规划、漏损影响范围分析以及维修路径优化等决策过程。例如,当发生漏损时,通过缓冲区分析可以快速确定漏损可能影响的区域,为应急处理提供参考;利用网络分析功能可以找到从维修站点到漏损点的最优路径,提高维修效率。

5.5 模型模拟技术

模型模拟技术在给水管网智能化监测系统中发挥着重要作用。水力模型能够模拟管网中水的流动状态,通过输入管网的拓扑结构、管道参数、节点流量等信息,计算管网中各节点的压力和各管段的流量。将水力模型与实时监测数据相结合,可以实时更新模型参数,实现对管网运行状态的动态模拟。当监测到管网出现异常情况时,通过与正常状态下的模拟结果进行对比分析,能够更准确地判断漏损位置和漏损程度。此外,水质模型可以模拟管网中水质的传输和变化过程,预测水质污染的扩散范围和影响程度,为保障供水水质安全提供技术支持。

结语

市政给水管网漏损控制与智能化监测系统设计,是解决城市管网漏损、提升水资源利用率、保障供水安全与质量的关键。设计科学合理的监测系统架构,应用传感器、数据通信、分析挖掘、GIS及模型模拟等技术,可实时精准监测管网运行,及时预警定位漏损。系统实施需遵循规划、安装调试、人员培训管理、运行维护及持续优化策略,确保稳定运行。其应用为供水企业提供技术支持,降低漏损率、节水降本、提升服务与经济效益,对城市可持续发展和生态保护意义重大。未来,随着技术进步,系统将不断完善,推动城市供水向智能化、绿色化发展。

参考文献

- [1]郑鹏君.市政给水管网漏损的原因与应对策略[J].住宅与房地产,2022,(10):244-246.
- [2]韦健.市政给水管网漏损检测与处置系统设计研究[J].中华建设,2023,(03):108-110.
- [3]张继鑫.市政给水管网漏损检测与处置系统设计及实现[D].安徽建筑大学,2019.
- [4]江汛浩.城市给水管网泄漏检测技术研究与应用探析[J].智能建筑与智慧城市,2025,(01):165-167.