

# 基于智慧水务的供水管网漏损控制技术研究

孔建新

江西潮洋建设工程有限公司 江西鹰潭 335000

**摘要:** 随着城市化进程的加快,供水管网的规模不断扩大,供水管网漏损问题日益凸显,不仅造成了水资源的浪费,也给供水企业带来了经济损失。智慧水务理念的提出为供水管网漏损控制提供了新的思路和方法。本文深入研究了基于智慧水务的供水管网漏损控制技术,分析了供水管网漏损的现状、原因,探讨了智慧水务相关技术在漏损控制中的应用,包括物联网技术、大数据分析技术、智能监测技术等,并结合实际案例进行了验证,最后对未来智慧水务在供水管网漏损控制方面的发展趋势进行了展望。

**关键词:** 智慧水务;供水管网;漏损控制技术

## 引言

水是人类生存和社会发展不可或缺的资源。随着人口增长和经济发展,城市用水量不断增加,供水管网作为城市供水系统的重要组成部分,其规模和复杂程度也在不断提高。然而,供水管网漏损问题一直是困扰供水行业的难题。据统计,全球许多城市的供水管网漏损率都处于较高水平,这不仅导致了大量水资源的浪费,增加了供水成本,还可能引发地面塌陷等安全隐患,影响城市的正常运行和居民的生活质量。

本研究旨在探索基于智慧水务的供水管网漏损控制技术,通过应用先进的信息技术和智能设备,提高供水管网漏损监测和控制的效率和准确性,降低漏损率,实现水资源的合理利用和供水系统的可持续发展。研究成果对于保障城市供水安全、节约水资源、提高供水企业的经济效益和社会效益具有重要意义。

## 一、供水管网漏损现状与原因分析

### (一) 供水管网漏损现状

目前,我国供水管网漏损情况较为严重。不同地区的漏损率存在较大差异,一些老旧城区的漏损率甚至高达30%以上。漏损不仅造成了水资源的直接损失,还增加了供水企业的运营成本,影响了企业的盈利能力。同时,漏损还可能导致水质恶化,对居民的健康构成威胁。

### (二) 供水管网漏损原因分析

**管材老化:** 许多城市的供水管网建设时间较早,使用的管材质量较差,经过长期的使用,管材逐渐老化、腐蚀,容易出现裂缝和破损,导致漏水现象的发生<sup>[1]</sup>。

**施工质量问题:** 在供水管网的建设和改造过程中,

如果施工质量不达标,如管道连接不牢固、基础处理不当等,也会增加漏损的风险。

**外力破坏:** 城市建设中的道路施工、地下工程建设等活动可能会对供水管网造成外力破坏,导致管道破裂漏水。此外,车辆的碾压、地震等自然灾害也可能对管网造成损害。

**压力波动:** 供水管网中的压力波动过大,会对管道造成冲击,加速管道的损坏,增加漏损的可能性。压力波动可能是由于水泵的启停、用户用水量的变化等原因引起的。

**管理不善:** 供水企业对供水管网的管理不到位,如缺乏定期的巡检和维护、漏损监测手段落后等,也会导致漏损问题得不到及时发现和处理。

## 二、智慧水务相关技术在供水管网漏损控制中的应用

### (一) 物联网技术

**传感器网络构建:** 通过在供水管网中安装大量的传感器,如压力传感器、流量传感器、水质传感器等,实时采集管网的运行数据。这些传感器通过无线通信技术将数据传输到监控中心,实现对管网运行状态的实时监测。

**数据传输与共享:** 物联网技术实现了传感器数据的高效传输和共享。利用无线网络,将各个传感器采集的数据实时传输到数据中心,供水企业可以通过数据平台对这些数据进行统一管理和分析,实现不同部门之间的数据共享,提高工作效率<sup>[2]</sup>。

### (二) 大数据分析技术

**数据挖掘与分析:** 大数据分析技术可以对供水管网

中采集的大量数据进行挖掘和分析，找出数据中的规律和异常。通过建立漏损预测模型，对管网漏损的可能性进行预测，提前采取措施进行预防。

**决策支持：**基于大数据分析的结果，为供水企业的决策提供支持。例如，根据漏损分析结果，确定管网改造的重点区域和时间，合理安排维护和检修计划，提高漏损控制的效果。

### （三）智能监测技术

**实时监测系统：**建立供水管网实时监测系统，对管网的压力、流量、水质等参数进行实时监测。一旦发现参数异常，系统会及时发出警报，通知相关人员进行处理。

**漏损定位技术：**利用智能监测设备和算法，实现对供水管网漏损点的快速定位。例如，通过压力波法、声波检测法等技术，准确判断漏损的位置，提高漏损修复的效率。

### （四）地理信息系统（GIS）技术

**管网信息管理：**GIS技术可以将供水管网的地理信息、拓扑关系等进行数字化管理，建立管网信息数据库。供水企业可以通过GIS系统直观地了解管网的分布情况、管径、材质等信息，为管网的规划、设计和管理提供依据<sup>[3]</sup>。

**漏损分析与决策：**结合GIS技术和漏损监测数据，对供水管网的漏损情况进行空间分析。找出漏损率较高的区域，分析漏损的原因，制定针对性的漏损控制措施。

## 三、基于智慧水务平台的供水管网漏损综合控制策略体系研究

### （一）智能化压力调控策略体系构建

智能化压力调控策略体系构建涵盖精细化压力参数设置方案和分区压力优化管理系统两方面。精细化压力参数设置方案是基于供水管网实际运行工况与水力模型分析来科学合理地设置管网各节点的运行压力参数，同时通过部署智能压力调节阀、变频水泵等现代化调控设备，实现对管网压力的动态监测与实时闭环控制，如此可有效降低因压力波动导致的管道应力变化和漏损风险。分区压力优化管理系统是采用管网水力分区技术，将整个供水系统划分为多个相对独立的压力管理区域，然后针对各分区的用水特征、管网拓扑结构和用户需求特点，制定差异化的压力控制方案，从而实现压力管理的精准化与智能化，显著提升管网运行效率<sup>[4]</sup>。

### （二）智能化漏损监测与快速处置策略

**智能化漏损监测与快速处置策略：**建立健全的管网巡检制度与维护规范，采用人工巡检与智能监测相结合

的方式对供水管网实施周期性全面检查，重点监测管道接口、弯头等薄弱环节，及时发现并处理各类渗漏隐患，同时强化对阀门、消火栓等附属设施的预防性维护，确保设备始终处于最佳运行状态。构建基于物联网技术的漏损快速响应系统，整合GIS定位、远程监测等先进手段，一旦检测到漏损信号，立即启动多部门协同处置预案，优化资源配置与维修流程，实现从发现到修复的全过程高效管理，最大限度减少漏损水量损失。

### （三）系统性管网改造升级策略

在城市供水系统中，老旧管网的更新改造工程十分关键。对于那些服役年限超过设计标准、管材严重老化的供水管网，需制定严谨且分阶段的改造计划。优先选用球墨铸铁管、PE管等新型优质管材，它们具备良好的性能。同时采用非开挖修复等先进工艺，能在不破坏地面的情况下完成修复，全面提升管网抗腐蚀性能和使用寿命，从根源上降低漏损风险。另外，管网布局优化设计也不容忽视。要结合城市空间发展规划和用水需求预测，运用水力计算模型对现有管网布局进行系统性优化<sup>[5]</sup>。通过科学调整管径配置，使水流更顺畅；增设环状管网增强供水的灵活性；优化节点连接，构建更加合理高效的供水网络结构，从而显著提升系统供水可靠性和运行稳定性，保障城市用水的安全与稳定。

## 四、实际案例分析

### （一）案例背景介绍

**案例名称：**深圳市南山区供水管网智慧化漏损控制项目

南山区作为深圳市核心城区，供水管网总长度约3800公里，其中服役超过20年的老旧管网占比达42%（主要为灰口铸铁管和混凝土管）。2019年监测数据显示，该区供水管网漏损率高达21.3%，年漏损水量约2800万立方米，不仅造成水资源浪费，还因频繁爆管导致年均30余次道路开挖抢修，影响市民生活与交通出行。为解决这一问题，南山区于2020年启动智慧水务改造工程，成为广东省首批“供水管网漏损控制示范片区”。

### （二）智慧水务技术应用方案

#### 1. 物联网监测网络构建

按“分区计量（DMA）”原则，将全区划分为128个独立计量区，每个DMA安装1-2台智能超声流量计（精度±0.5%）和压力传感器（采样频率15分钟/次），实时监测分区进出水量与压力波动；

在老旧管网重点路段（如科技园片区、蛇口老街）布设500个分布式光纤传感器和200个声学传感器，通

过振动与声波信号分析识别微小渗漏（最小可检测漏水量 $0.1\text{m}^3/\text{h}$ ）；

所有传感器数据通过LoRa无线网络传输至区级智慧水务平台，数据传输延迟 $\leq 10$ 秒，实现24小时不间断监测。

### 2. 大数据分析 with 智能决策平台

搭建“管网数字孪生”系统，整合GIS管网数据（管径、材质、埋深等）、历史漏损记录和实时监测数据，建立漏损预测模型：通过分析压力波动系数（ $> 0.15$ 视为异常）、夜间最小流量（超过平均用水量15%触发预警）等指标，漏损识别准确率达92%；

开发“漏损热力图”功能，结合管网老化程度（服役年限 $> 25$ 年区域标记为高风险）、土壤腐蚀性（pH值 $< 6.5$ 区域）等因素，自动生成漏损风险等级分布图，为巡检提供精准指引。

### 3. 智能化漏损处置机制

建立“监测-预警-派单-修复”闭环流程：系统发现漏损异常后，10分钟内自动推送预警信息至片区网格员手机，同步通过GIS定位漏损点周边300米范围的阀门、抢修设备和管材库存；

配备5台搭载AI视觉识别的巡检车，通过车载摄像头与红外热像仪快速定位地面渗水点，配合便携式声波检测仪（定位误差 $\leq 1$ 米），将漏损点查找时间从传统的4小时缩短至1.5小时。

### 4. 压力精准调控

在15个水压波动较大的片区安装智能压力调节阀（调节精度 $\pm 0.02\text{MPa}$ ），根据用水高峰（7:00-9:00、17:00-19:00）自动提升压力至 $0.35\text{MPa}$ ，平峰期降至 $0.25\text{MPa}$ ，夜间（0:00-5:00）降至 $0.2\text{MPa}$ ，避免管道因超压运行加速老化。

### （三）应用效果评估

漏损率显著下降：项目实施后，南山区供水管网漏损率从2019年的21.3%降至2022年的11.8%，年减少漏损水量约1200万立方米，相当于30万居民半年的用水量；

抢修效率提升：漏损点平均修复时间从28小时缩短至8小时，2022年爆管次数降至8次，较改造前减少73%，道路开挖抢修成本年均节约650万元；

管理成本优化：智能监测替代了30%的人工巡检工作量，年节省人力成本约200万元；压力调控使水泵能耗降低8%，年节约电约120万度；

社会效益突出：因管网漏损导致的停水投诉量下降90%，市民用水满意度从78分提升至92分，获评“深圳市水务精细化管理标杆项目”。

该案例验证了智慧水务技术在复杂城区管网漏损控制中的有效性，其“分区计量+智能监测+精准调控”的一体化方案为国内同类城市提供了可复制的实践经验。

## 五、结论与展望

本研究深入探讨了基于智慧水务的供水管网漏损控制技术，分析了供水管网漏损的现状和原因，阐述了物联网技术、大数据分析技术、智能监测技术和GIS技术等应用，并提出了相应的漏损控制策略。通过实际案例验证，智慧水务技术能够有效提高供水管网漏损监测和控制的效率和准确性，降低漏损率，实现水资源的合理利用和供水系统的可持续发展。虽然本研究取得了一定的成果，但仍存在一些不足之处。例如，在大数据分析模型的准确性和通用性方面还有待提高，智能监测设备的稳定性和可靠性也需要进一步优化。

未来，随着信息技术的不断发展和智慧水务理念的深入推广，供水管网漏损控制技术将不断创新和完善。一方面，将进一步加强物联网、大数据、人工智能等技术的融合应用，提高漏损控制的智能化水平；另一方面，将更加注重供水管网的全生命周期管理，从规划、设计、建设到运行维护的各个环节，都充分考虑漏损控制的因素，实现供水管网的精细化管理。同时，还将加强与相关学科的交叉融合，探索更加有效的漏损控制方法和技术，为保障城市供水安全和水资源的可持续利用做出更大的贡献。

## 参考文献

- [1] 徐强, 张佳欣, 王莹, 谢涛, 强志民. 智慧水务背景下的供水管网漏损控制研究进展[J]. 环境科学学报, 2020, 40(12): 6. DOI: 10.13671/j.hjkxxb.2020.0458.
- [2] 杨光. 智慧水务基本理念指导漏损控制的实践研究[J]. 价值工程, 2020, 39(28): 2.
- [3] 李立. 智慧水务背景下的供水管网漏损控制研究进展[J]. 中国科技期刊数据库工业A, 2021(6): 1.
- [4] 刘刚. 基于物联网技术的智慧水务及供水管网漏损检测应用方案[J]. 电子技术与软件工程, 2020(19): 3.
- [5] 陈艳文. 智慧水务在大港油田水务供水管网漏损控制方面的运用分析[J]. 供水技术, 2022, 16(1): 34-37.