

供水管网的漏损控制：技术、策略与效果评估

曹微

榆林高新区水务有限责任公司，陕西 榆林 719000

摘要： 本文以供水管网的漏损控制为主题，分析了供水管网漏损的原因，包括管材老化、管道连接问题、地基沉降、外力破坏和设计施工缺陷等。然后，介绍了供水管网漏损控制的技术，包括管道修复技术、管道检测技术和管网优化设计技术。针对这些技术，本文提出了供水管网漏损控制的策略，包括巡检与维护策略、应急预案与响应以及信息化管理策略。本文的研究结论对供水管网的漏损控制具有一定的指导意义，但仍存在一定的局限性，需要进一步研究。

关键词： 供水管网；漏损控制；管道修复；管道检测；管网优化

Leakage Control in Water Supply Networks: Technologies, Strategies and Effectiveness Evaluation

Cao Wei

Yulin High-tech Zone Water Affairs Co., Ltd. Yulin, Shaanxi 719000

Abstract： This paper focuses on the theme of leakage control in water supply networks. It analyzes the causes of leakage in water supply networks, including aging of pipe materials, pipeline connection problems, foundation settlement, external damage, and design and construction defects. Then, it introduces technologies for leakage control in water supply networks, including pipeline repair technology, pipeline inspection technology, and pipe network optimization design technology. Based on these technologies, this paper proposes strategies for leakage control in water supply networks, including inspection and maintenance strategies, emergency plans and responses, and information management strategies. The research conclusions of this paper provide some guidance for leakage control in water supply networks, but there are still certain limitations that require further study.

Keywords： water supply network; leakage control; pipeline repair; pipeline inspection; pipe network optimization

引言

随着城市化进程的加快，供水管网作为城市基础设施的重要组成部分，其建设和管理面临着越来越多的挑战。供水管网的漏损问题已经成为城市供水安全的重要隐患，不仅浪费了大量的水资源，还可能导致供水系统的故障和事故，对城市的正常运行造成严重影响。因此，供水管网的漏损控制成为了城市供水系统管理的重要课题。

本文以供水管网的漏损控制为主题，通过分析漏损原因、介绍控制技术和策略以及评估控制效果，为供水管网的漏损控制提供了理论支持和实践指导。希望本文的研究成果能够为供水管网的漏损控制提供有益的参考，为城市供水安全作出贡献。

一、供水管网漏损控制技术

（一）管道修复技术

1. 原位固化法

原位固化法是一种非开挖管道修复技术，通过注入固化材料并使其在管道内壁原位固化来修复管道内部或外部损坏。^[1]修复前需清洗和检查管道，严重损坏需预处理。固化后需检查无残留，必要时进行打磨和涂层处理，以增强管道的耐腐蚀性和密封性。

2. 爆炸法

爆炸法是一种非传统管道修复技术，利用爆炸产生的冲击波来修复管道内部或外部损坏。修复前需清洗检查确保无堵塞，严

重损坏需预处理。安装爆炸装置，包括炸药、引信和引爆系统，可调整爆炸强度和范围。安全条件下引爆，修复管道裂缝，恢复管道完整性和密封性。爆炸后清洗检查无残留，必要时打磨和涂层处理以增强耐腐蚀性和密封性。

3. 管道内衬法

管道内衬法是一种非开挖管道修复技术，通过在管道内部铺设新管道来修复管道内部损坏。^[2]修复前需清洗检查确保无堵塞，严重损坏需预处理。选择耐腐蚀、耐磨和密封的新管道材料，如塑料管或玻璃钢管，使用内衬设备紧密贴合原有管道内壁形成新管道。铺设后通过加热或化学反应固化，形成紧密粘结，修复管道并提升性能。

4. 管道替换法

管道替换法是一种传统的管道修复技术，通过挖掘地面，移除旧管道并安装新管道来替换严重损坏或老化的管道。修复前需挖掘暴露管道，确保挖掘过程安全，防止损害其他设施。旧管道严重损坏需切割或破碎移除，新管道安装于原位，材质可选择相同或更高性能的材料。^[3]安装后，对挖掘现场进行回填，压实和排水处理，以防止地面沉降和积水。

（二）管道检测技术

1. 地下管线探测技术

地下管线探测技术用于检测供水管网管道的位置、埋深和走向。选择合适的探测设备，如电磁法探测仪、声波探测仪或红外探测仪，通过发射信号并分析反射、散射和吸收特性来确定管道信息。数据经过滤波、增强和解译处理，用于管网的规划、设计、施工和维护，提供科学依据。

2. 管道闭路电视检测技术

管道闭路电视检测技术（CCTV）通过在管道内部安装高清摄像头进行实时监测和录像，以发现管道内的问题。检测前需清洗检查，确保无堵塞，严重损坏需预处理。通过摄像头发现管道内的问题，如腐蚀、磨损、裂纹、异物堵塞等。对录像进行分析和解读，生成详细检测报告，包括管道内部状况、问题类型和严重程度等信息。

3. 管道声波检测技术

管道声波检测技术是一种非侵入性技术，利用声波传播特性检测管道内部缺陷。它具有实时性和准确性，可快速捕捉声波信号，判断缺陷位置和性质。适用范围广，适用于多种材质和直径的管道。

4. 管道漏水检测技术

管道漏水检测技术主要用于检测管道是否存在漏水现象。检测前需清洗检查确保无堵塞，严重损坏需预处理。^[4]通过在管道内部发射声波信号，并分析声波信号的反射、折射或散射，判断缺陷类型、位置、大小等信息。根据分析结果，生成详细检测报告，包括管道内部状况、问题类型和严重程度等信息。

（三）管网优化设计技术

1. 管网建模与模拟

管网建模与模拟是供水管网优化设计的关键，通过建立数学模型和模拟分析，深入分析管网的运行状态、性能指标和故障原因，以优化设计和运行，旨在降低能耗、减少漏损和提升供水质量。需收集相关数据建立水力或水质模型，模拟分析评估不同方案和策略的性能，选择最优方案。根据模拟结果，对设计和运行进行优化，以提高运行效率和安全性，实现能耗、漏损和供水质量的改善。

2. 管网分区与调压

管网分区与调压技术通过根据地理分布、水力特性和用户需求将供水管网划分为区域，每个区域独立供水和调压。选择合适的调压设备，制定调压策略，并考虑季节变化、用水高峰期和水泵运行等因素。通过效果评估，优化调压策略和设备配置，以提高供水管网的整体性能。

3. 管网抗震设计

管网抗震设计旨在提高供水管网在地震等自然灾害中的抗灾能力和安全性。它包括抗震需求分析、设防标准确定和抗震措施设计，涵盖优化管道布局、增强连接、提高材料抗震性能和设置缓冲装置。^[5]这些措施旨在确保管网在地震中的稳定性和安全性，抗震效果评估用于验证设计的抗震性能，确保其符合设防标准。

二、供水管网漏损控制策略

（一）巡检与维护策略

1. 巡检计划制定

巡检计划制定是供水管网巡检与维护策略的核心，旨在指导巡检工作以确保管网安全运行。巡检策略包括确定目标、频率、路线、内容，并对巡检人员进行培训。巡检目标包括检测管道漏损、连接和性能评估。巡检频率和路线根据材质、年限和环境调整。巡检内容涵盖外观、内部、连接和性能检查。巡检记录和报告总结结果，提出改进措施，以提升管网运行效率和安全性。

2. 维护措施实施

维护措施实施是供水管网巡检与维护策略的关键环节，旨在修复和预防问题，确保管网稳定运行。该策略是通过对于区域流入流量以及独立计量区域（DMA）的监控，找出需要检漏的区域，再通过听音、噪声监测仪等手段定位漏点。^[6]发现问题后立即识别和评估问题，采取维护措施，包括修复和预防措施。维护措施的实施效果需评估，以确保管网稳定运行。

（二）应急预案与响应

1. 漏水应急预案制定

漏水应急预案制定是供水管网应急预案与响应的重要组成部分，旨在应对漏水事故，确保供水管网稳定运行和用户用水需求。预案制定涉及风险评估，包括管道老化、连接问题、地基沉降等因素，并包括事故预警、响应、处理和恢复环节。预案需定期演练和更新，以确保时效性和实用性。

2. 应急响应流程

应急响应流程是供水管网应急预案的关键部分，用于事故处理。启动流程后，报告事故、评估严重程度、启动相应响应级别。事故处理措施包括关闭阀门、切断水源、清理现场、修复管道，并发布信息以减少公众恐慌。处理后进行调查、总结经验、提出改进措施，并修复受损管网以确保恢复正常运行。

（三）信息化管理策略

1. 管网地理信息系统

管网地理信息系统（GIS）是供水管网信息化管理策略的关键组成部分，用于地理信息管理、数据分析和决策支持。该策略涉及数据采集与整合，建立统一数据库，构建GIS以直观展示管网地理分布和结构。数据管理与分析通过GIS系统进行，提供决策支持，包括管网布局优化、运行策略调整和维护计划制定，旨在提高供水管网的运行效率和安全性。

2. 漏水监测系统

漏水监测系统是供水管网信息化管理策略的重要组成部分，

用于实时监测漏水情况，及时发现和处理漏水问题。该系统通过部署高精度、高稳定性、长寿命的监测设备，如压力传感器、流量计和声波检测仪，实时采集压力、流量和声波数据。数据传输至监测中心进行处理和分析，判断漏水情况。一旦发现漏水，系统立即向运维人员发送报警信息，并定位漏水位置。^[7]运维人员收到报警后，立即进行漏水处理，包括关闭阀门、切断水源、清理现场和修复管道等，处理完成后恢复供水。

3. 数据分析与决策支持

数据分析与决策支持是供水管网信息化管理策略的核心，通过对运行数据的深入分析，为管网优化运行和管理决策提供支持。数据收集与整理确保了数据的准确性和完整性。利用统计学、数据挖掘和机器学习方法分析预处理后的数据，评估管网运行状态、设备性能、故障预测与诊断以及能耗情况。分析结果支持管网优化调度、设备维护计划、管网扩建与改造以及风险管理策略。

三、供水管网漏损控制效果评估

（一）评估指标体系构建

供水管网漏损控制效果评估的关键在于构建一个全面、可比、可操作的评估指标体系。这个体系应包括反映漏损控制效果和影响的主要指标，如漏损率、供水量、维修成本，以及反映漏损控制影响的指标，如用户满意度和环境影响。指标的选择和权重分配应基于专家意见、历史数据和统计分析，以确定其在评估中的重要性。标准化处理确保指标的可比性和可加性。评估指标体系的构建需要经过专家评审和历史数据验证，以保证其有效性和可靠性。^[8]此外，指标体系应具备动态调整的特性，以适应不同时间和地区漏损控制效果评估的需求。通过这样一个评估指标体系，可以科学、准确地评估漏损控制效果，为供水管网的优化运行和管理决策提供有力支持。

（二）评估方法选择

供水管网漏损控制效果评估的评估方法选择是一个关键环节，直接影响评估结果的准确性和可靠性。研究现有评估方法，包括定量、定性、专家评审和历史数据分析等，以了解其原理、适用范围和优缺点。接着，根据评估目标和实际需求，分析各种评估方法的适用性，确保满足评估指标体系要求，准确反映漏损控制效果和影响。选择合适的评估方法组合，并通过历史数据验证和专家评审等方式验证其有效性和可靠性。^[9]将选择的评估方法组合应用于实际评估工作，以指导漏损控制工作实施，提高供水管网运行效率 and 安全性。

（三）案例分析与应用

案例背景：某城市供水管网因老化、腐蚀导致高漏损率，影响供水安全与经济效益。供水企业实施漏损控制措施，包括优化管网布局、提高管道质量、加强巡检维护。^[10]

案例数据收集：收集了管网相关数据，包括漏损率、供水量、维修成本、用户满意度、环境影响等指标。

案例评估：根据评估指标体系和方法，对案例进行评估，结

果显示漏损率降低，供水量增加，维修成本降低，用户满意度提高，环境影响减少。

案例分析：分析评估结果，发现优化管网布局、提高管道质量、加强巡检维护等措施对降低漏损率、提高供水质量和经济效益有重要作用。

（四）评估结果分析

1. 漏损率分析：漏损率从实施前的5%降至实施后的2%，说明漏损控制措施取得了显著效果。

2. 供水量分析：供水量从实施前的每天50万吨增至实施后的每天60万吨，提高了20%。

3. 维修成本分析：维修成本从实施前的每年1000万元降至实施后的每年800万元，降低了20%。

4. 用户满意度分析：用户满意度从实施前的70%增至实施后的85%，提高了15%。

5. 环境影响分析：环境影响从实施前的每万吨水0.5吨污水降至实施后的每万吨水0.3吨污水，降低了40%。

综合分析表明，漏损控制措施的实施不仅降低了漏损率，还提高了供水量、降低了维修成本、提升了用户满意度和减少了环境影响。这些成果验证了评估指标体系和评估方法的有效性，为供水企业提供了有力的数据支持。

四、结束语

本文探讨了供水管网漏损控制的技术、策略与效果评估，分析了漏损原因，并介绍了管道修复、检测及优化设计等技术。此外，本文提出了巡检维护、应急预案及信息化管理等策略，建立了效果评估体系，并进行了案例分析。研究为漏损控制提供了理论支持与实践指导，但仍需进一步研究。希望本文能为城市供水安全作出贡献，未来将继续探索更有效的漏损控制技术与策略。

参考文献

- [1]刘书明,徐强,信昆仑,等. 供水管网漏损系统性管控技术与装备[J]. 建设科技, 2022,(07):115-117.DOI:10.16116/j.cnki.jskj.2022.07.025.
- [2]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.
- [3]姜舒怀. 埋地PE供水管道漏损对外管壁冲蚀影响研究[D]. 浙江大学, 2022. DOI:10.27461/d.cnki.gzjdx.2022.001238.
- [4]吴以文. 基于RF-LSSVM交互预测的供水管网爆管检测研究[D]. 昆明理工大学, 2022.DOI:10.27200/d.cnki.gkmlu.2022.001830.
- [5]秦贤海. 基于爆管检测效益的供水管网水压监测点优化布局研究[D]. 昆明理工大学, 2022.DOI:10.27200/d.cnki.gkmlu.2022.001305.
- [6]吴潇勇,方定懿. 两种供水管网物理漏损控制策略的经济性比较[J]. 给水排水, 2022,58(02):106-110.DOI:10.13789/j.cnki.wwel964.2021.08.25.0008.
- [7]陈培辉,吴志锐,石慧,等. 模式识别在输水管网漏与暗漏检测中的应用[J]. 科技创新与应用, 2022,12(09):42-46.DOI:10.19981/j.CN23-1581/G3.2022.09.010.
- [8]朱多林. 基于数据驱动的城市供水管网漏损检测和定位方法研究[D]. 长安大学, 2022.DOI:10.26976/d.cnki.gchau.2022.001063.
- [9]汪石. 基于分区的城市供水管网优化调度方法的研究[D]. 安徽建筑大学, 2022. DOI:10.27784/d.cnki.gahjz.2022.000016.
- [10]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(01):34-37.