

基于水力模型的市政供水管网漏损控制优化研究

周鹏程

长沙经济技术开发区星沙水务集团股份有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i8.4658

[摘要] 市政供水管网漏损制约水资源利用效率,干扰供水稳定运行,漏损管控工作需尽快落地,本文介绍水力模型搭建步骤,完成数据整理、模型选定、校准核验及长期更新维护,说明模型在漏损管控中的使用方向,完成漏点定位、漏损测算、趋势预判及调度管控同步运行,配套给出管控优化手段,调整供水调度计划,开展管网更新改造,搭建完整漏损监测体系,落实人员培训管控,缩减管网漏损数值,提高水资源利用水平。

[关键词] 水力模型; 市政供水; 管网漏损; 控制优化

中图分类号: TU991.4 **文献标识码:** A

Research on Leakage Control Optimization of Municipal Water Supply Networks Based on Hydraulic Models

Pengcheng Zhou

Changsha Economic and Technological Development Zone Xingsha Water Group Co., Ltd.

[Abstract] Leakage in municipal water supply networks restricts the efficiency of water resource utilization and interferes with the stable operation of water supply systems, making effective leakage control an urgent task. This paper introduces the procedures for establishing hydraulic models, including data organization, model selection, calibration and verification, and long-term updating and maintenance. It discusses the application of hydraulic models in leakage control, covering leak localization, leakage estimation, trend prediction, and coordinated operation and dispatching. Corresponding optimization measures are also proposed, including adjusting water supply scheduling plans, carrying out pipeline network renewal and renovation, establishing a comprehensive leakage monitoring system, and implementing personnel training and management. These measures aim to reduce pipeline network leakage and improve the efficiency of water resource utilization.

[Key words] hydraulic model; municipal water supply; pipeline network leakage; control optimization

引言

城市供水系统内市政管网漏损会形成水资源损耗,破坏供水运行稳定,水力模型可还原管网运行参数,现已用于管网漏损治理工作,本文围绕水力模型支撑下的管网漏损管控开展分析,依次梳理模型搭建流程,说明模型用于漏点定位、漏损核算、趋势预判及调度协同管控的实操路径,罗列对应管控改进办法,为管网漏损治理工作提供完整实操依据。

1 水力模型构建

水力模型构建首要工作为管网数据收集与整理,建模所需基础数据包含管网拓扑、节点及水源三类核心信息,涵盖管道长度、管径、材质、连接形式,节点高程、用水量,以及水厂位置、供水能力和供水压力等关键内容。数据可依托管网设计图纸、现场实测、抄表台账等渠道获取,完成数据采集后,需统一整理校验,清理错误数据、补齐缺失数据,保障数据完整精准。目前主流

水力模型分为宏观、微观及混合三类,各类模型适配场景与性能存在差异,需结合管网规模、复杂程度及实际工作需求选定模型类型开展建模工作。微观模型应用较为广泛,可通过专业水力建模软件录入整理后的管网数据,搭建管网几何模型,设定管道粗糙系数、节点需水量模式等水力参数,完成模型初步搭建。模型校准与验证是保障建模精准可靠的核心步骤,主要通过调整管道粗糙系数、节点漏损系数等参数,对比管网实际压力、流量运行数据与模型计算结果,持续修正参数,缩小数据误差。校准完成后,需采用独立运行数据开展模型验证,检测不同工况下模型的适配性与精准度,合格后方可用于管网漏损控制分析^[1]。市政供水管网处于动态变化状态,城市建设与管网改造会持续改变管网结构及运行参数,因此需定期开展模型更新维护工作,同步更新管网拓扑变动、用户新增、管道更换等信息,结合实际运行数据优化模型参数,确保模型能够实时、准确反映管网实际运行状态。

2 水力模型在漏损控制中的应用

2.1 漏损定位

水力模型可依托供水管网压力、流量的运行分布规律,完成管网漏损的定位工作。管网出现漏损问题后,漏损区域的水压、水流参数会出现明显波动,与管网正常运行状态下的参数模拟结果形成数据偏差。将管网实时监测的实际运行数据导入水力模型系统,开展动态模拟运算与数据比对工作,能够精准筛查出管网压力、流量参数异常的片区。结合供水管网整体拓扑布局与管线分布结构,可初步划定漏损故障的大致范围。在此基础上,通过参数灵敏度分析的核心技术手段,对初步锁定的疑似漏损点位进行逐一核验、修正与精准判定,缩小漏损排查范围。该技术方式摒弃了传统人工逐段排查的低效模式,依托数据模拟与管网参数分析完成漏损定位,有效提升城市供水管网漏损检测的工作效率,同时大幅提高漏损点定位的精准度,为后续管网漏损修复、管网运维工作提供可靠的数据支撑与技术依据。

2.2 漏损评估

水力模型对供水管网不同运行工况的模拟计算功能,结合管网各节点预设的漏损系数参数,可逐个计算管网节点的实际漏损数据,整合全部节点数据后得出管网整体漏损总量。依托模型计算结果,可梳理管网漏损在空间和时间维度的分布特点,对比不同管网区域的漏损数据差异,统计不同运行时间段的漏损变化规律,确定漏损问题高发的片区和集中发生时段,为分区域、分时段开展管网漏损治理和管控工作提供基础数据依据。借助该水力模型,还可定量测算不同漏损规模对管网水力运行状态的影响,统计漏损问题造成的管网供水压力、输水流量等核心运行参数的具体变化数值,明确漏损问题对整体供水系统稳定运行的实际影响程度^[2]。相关数据能够帮助供水管理人员切实掌握管网漏损隐患的危害大小,清晰了解不同漏损情况带来的运行风险,为统筹开展漏损预防管控、优化管网日常运维和调度工作提供真实、有效的技术数据支撑,保障漏损治理及管网运维工作高效落地。

2.3 漏损预测

依托管网历史运行记录搭配水力模型能够搭建匹配现场运行条件的漏损预测系统,实现管网后期漏损状况预判,开展该项工作先要完整归集长期漏损统计记录、日常运行参数以及环境相关数据,对全部数据开展整理比对,提取能够直接作用于管网漏损的核心影响要素,把筛选得出的要素设定为预测模型输入参数,运用成熟数据分析手段结合时间序列、机器学习建模方式建立漏损数值与各类影响要素的对应关系,搭建具备稳定运算能力的管网漏损计算模型,得出管网各阶段漏损变化走向与整体漏损总量,这套预测机制可让供水运营单位提前掌握漏损发展走向,支撑单位编制供水调度计划与管网运维检修安排,统一调配检修人力与物资资源,定向开展管网隐患排查维修,控制管网漏损持续上升,强化管网漏损管控的前置处置能力,缩短隐患处置周期,减少无规划检修造成的资源浪费,推动漏损管控工作

由事后补救转为事前防控,持续压缩管网整体漏损规模,稳定管网长期供水运行效率。

2.4 优化调度与漏损控制协同

供水调度方案编制工作中,需将管网漏损基础数据纳入核心考量指标,依托水力模型对各类调度方案进行管网水力状态模拟测算,精准匹配不同运行模式下的管网输水参数与漏损数值,筛选出符合区域用水供应标准、管网漏损指标最优的调度运行方式。结合管网漏损动态预测数据,可对供水系统运行参数进行前置调整,针对性管控管网供水压力与输水流量,从运行层面杜绝管网压力超标引发的漏损增量问题,遏制管网漏损持续加剧的情况^[3]。该协同管控模式打破了传统供水调度与漏损治理分离的运行模式,以水力数据模拟为核心支撑,统筹供水保障与漏损治理两大核心工作,在稳定城乡供水体系、满足用户日常用水需求、保障供水运行安全的基础上,切实压缩管网无效漏水损耗,稳步降低供水管网整体漏损率,提升供水系统运行能效与水资源利用效率。

3 基于水力模型的市政供水管网漏损控制优化的措施

3.1 优化供水调度方案

利用市政供水管网水力模型输出的模拟计算结果,结合城市不同区域用水变化规律、用水负荷差值以及管网漏损分布现状编制匹配现场运行条件的供水调度方案,依靠调度调整实现管网漏损控制,管网用水负荷随时间产生变动,压力起伏会直接加大漏损规模,用水高峰时段依靠模型计算数据调整各水厂供水压力与出水流量,满足区域生活及生产用水需求的同时控制管网整体压力与局部点位压力,防止管道开裂、接口渗水等新增漏损,用水低谷时段参照模型得出的管网稳定压力阈值下调水厂供水压力,减轻管网运行负荷,减少管网隐蔽漏损,执行管网分区调度机制,按照管网铺设走向、供水覆盖范围与片区划分把整体管网划分独立供水单元,依托水力模型测算得出的各单元漏损数据、用水峰值、承压上限设定专属调度参数,摒弃全域统一调度模式,提升调度操作精准程度,整套调度调整方式可以稳定管网运行压力区间,减少压力波动带来的各类漏损问题,压缩管网长期漏损总量,简化管网日常运维工作难度,稳定整体供水运行状态,持续提升水力模型支撑下漏损管控工作的实际效果。

3.2 管网改造与更新

借助水力模型研判市政供水管网实际运行状态,可精准定位老化破损、频繁漏损及存在安全隐患的管段,以此为依据编制管网改造更新方案,实现供水管网漏损的精准管控。针对超期服役、运行性能大幅下降的老旧管道,需建立常态化排查机制,及时开展管道更换作业,统一采用稳定性、耐腐蚀性及密封性更优的管材,通过升级管道基础材质,改善管网整体运行性能,延长管网使用寿命,从源头减少管道破损漏水故障。对于管网建设遗留的设计问题,重点对水力工况异常的管段实施专项改造,调整不合理的管网布局,校准管网运行参数,优化整体水力运行条件,

解决设计缺陷导致的长期漏损问题。管网改造施工期间，同步完成阀门、消火栓等配套设施的升级与安装，结合现场运行实际和运维标准，确定设施安装位置与布设数量，健全管网配套设施体系^[4]。全面落实管网改造更新工作，能够有效完善管网结构、优化水力运行状态，补齐老旧管网运行短板，持续降低管网常规漏损量，同时简化后续管网巡检、故障维修及日常运维工作流程，提升供水管网整体运维质量与效率，保障市政供水系统长期平稳可靠运行。

3.3完善漏损监测系统

通过搭建水力模型构建市政供水管网实时漏损监测体系，整合管网运行产生的压力、流量、水质等基础监测数据，搭建统一的数据监测分析平台，实现供水管网运行状态全天候动态监测，完成管网漏损问题的识别与预警推送工作。结合市政供水管网布局、实际运行工况以及历年漏损故障统计数据，在管网主干节点、分支关键点位以及故障高发、易损耗区域布设高精度监测设备，消除管网监测盲区，保障运行数据采集的精准度、时效性与完整性，为漏损分析判定工作提供基础数据支撑。依托水力模型对各类监测数据进行整理比对和专业分析，识别管网压力波动、流量异常等非正常运行状态，启动预警机制，利用模型模拟运算和空间定位能力，确定漏损疑似点位，缩减管网故障排查范围。将新建漏损监测系统与现有管网维护管理系统完成对接融合，打通数据共享和信息传输通道，实现漏损预警、故障点位、故障数据的实时同步，精简工作衔接步骤，缩短信息传递周期，保障运维人员及时获取漏损相关信息，高效开展现场排查与维修工作，有效提升管网漏损问题处置效率，从监测层面全面强化市政供水管网漏损管控能力。

3.4加强人员培训与管理

水力模型的落地应用、日常操作与后期维护工作，对从业人员的专业能力有着明确要求，从业人员的专业水平直接影响管网漏损控制工作的整体成效，做好人员培训与日常管理工作是保障水力模型稳定发挥作用的核心基础。供水企业需常态化开展内部人员专项培训工作，围绕水力模型基础原理、系统操作流程、实操应用要点、管网数据对接及日常运维等核心内容开展系统化培训，持续夯实在岗工作人员的专业基础，提升全员对水力模型的实操能力与应用水平。企业需结合管网运行和漏损管

控的实际工作需求，针对性培育复合型工作人才，打造一批熟悉水力模型技术、精通供水管网运行管控流程的专业队伍，补齐技术应用的人才短板，为水力模型常态化运用于管网漏损控制工作提供稳定的人才支撑。与此同时，企业需完善管网漏损控制配套管理制度，梳理规范各岗位、各部门的工作权责，细化水力模型应用、漏损排查、数据统计、整改落实等各环节工作责任，构建完善的工作责任体系^[5]。建立常态化考核与监督机制，将水力模型应用成效、漏损管控工作落实情况纳入岗位考核范围，通过常态化监督考核倒逼各项管控举措落地执行，切实提升管网漏损精细化管控的整体工作质量。

4 结语

综上所述，依托水力模型优化市政供水管网漏损管控，能够提升供水系统运行能力，落实水资源规范利用目标。完整搭建水力模型可完成漏损定位、损耗核算、损耗预判和供水协同调度，同步推行调度方案调整、老旧管网更新、监测设施布设、在岗人员业务学习等工作，直接缩减管网漏损数值，压缩整体运维成本。后续工作要持续拓展水力模型落地场景，推进相关技术迭代和专业人员储备，建立常态化管理体系，推进管网漏损管控走向精细管理、智能管理，稳定支撑城市供水运行安全，保障城市供水长期可持续运转。

[参考文献]

- [1]李志土,李腾峰,刘书明.基于压力需求模型的供水管网控漏降耗策略研究[J].给排水,2025,51(7):144-149.
- [2]梁凤超,赵日祥,刘华超,等.供水管网漏损智慧管控技术概述[J].城镇供水,2025(5):29-34+105.
- [3]王文博,唐丽雪.城市给水管网水力模型构建与动态校核方法研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(11):238-241.
- [4]郑重,宋亚路,张瑞涛.水力模型在城市供水管网施工改造中的应用研究[J].水电站机电技术,2023,46(6):1-3+138,159.
- [5]林海珍.城市供水管网漏损现状分析及控制技术应用[J].石河子科技,2023(5):69-71.

作者简介:

周鹏程(1981--),男,汉族,湖南人,本科,副高级工程师,研究方向:给排水工程技术、给排水工程施工、给排水工程管理等。