

库+移动库”三级储备模式^[1]。中心库位于市区或交通枢纽,储备大功率水泵、应急通信车等大型设备及足量物资,覆盖50公里内工程;站点库设于各工程站点,储备沙袋、救生衣等常用物资,满足“30分钟内取用”需求;移动库配置应急物资运输车,装载智能设备与临时物资,可快速调度至偏远站点补盲区。某流域借此将偏远站点物资调配时间从8小时缩至2小时内。同时按“传统物资+智能设备”1:1配置原则增储智能设备:监测类含无人机、水质快速检测仪、振动传感器;通信类有应急卫星电话、5公里覆盖的便携式基站;处置类包括遥控救生艇、每小时填300袋的全自动沙袋填充机。并建立物资智能管理系统,实时监控物资数量、保质期与位置,自动预警短缺及过期物资,实现动态调配。

3.4 设计“实战化、闭环式”应急演练体系

为提升演练实效,摒弃“流程化”演练模式,结合工程风险清单设计“复杂场景”:如针对水库“洪水+滑坡+水质污染”复合风险,模拟“汛期暴雨致水库水位超汛限、库区滑坡堵塞入库渠道、上游化工厂泄漏污染水体”的场景,要求应急小组同步完成水位控制、滑坡清理、水质检测、应急供水四项任务,检验预案的多场景适配能力。同时,邀请应急管理领域专家与高校学者组成第三方评估组,从响应速度、处置流程、资源调配、部门协同四个维度制定量化评估指标;演练后出具评估报告,明确存在问题,并组织所有参与方复盘,制定含责任人与整改时限的“问题整改清单”,将整改结果纳入下一次演练考核,形成“演练—评估—整改—再演练”闭环。此外,每半年组织跨部门联合演练,明确各部门职责:气象部门推出精细化水文数据,交通部门规划物资运输通道与疏散路线,医疗部门负责伤员救治转运,公安部门维持现场秩序;演练前制定“联动手册”,明确信息传递方式与协作节点,以常态化演练提升部门协同效率。

3.5 搭建“标准化、一体化”跨部门联动机制

为完善水利工程跨部门应急联动,由水利部门牵头,联合应急管理、气象、交通等部门制定《水利工程突发事件跨部门联动规程》,明确三项核心内容。1. 联动启动条件,如气象部门发布暴雨红色预警、水库水位超汛限1.5米时自

动启动。2. 信息传递流程,各部门需在15分钟内将气象预警、道路通行情况、急救资源等数据上传至共享平台。3. 职责分工,以表格化形式明确各部门在预警、响应、处置、恢复四阶段的具体职责,避免职责交叉或遗漏。同时,依托“智慧水利”建设,整合各部门数据系统,搭建一体化共享平台,含三大模块:监测预警模块实时展示水库水位、堤防位移、降雨量等数据,水位超汛限时自动发短信预警;资源调度模块整合应急物资、救援队伍等信息,支持“一键调度”;指挥决策模块借大数据生成处置建议,辅助决策。建立联动保障机制:每月召开联席会议,通报风险情况、协调解决问题;每年评估联动机制,调整规程与平台功能,确保适应性。

4 结语

本文围绕水利工程应急处置预案的优化与实践展开研究,通过梳理当前预案在风险评估、内容定制、资源保障、演练设计、部门联动五个维度的突出问题,构建了一套系统性的优化体系。以“四维风险评估”消除风险识别盲区,以“基础+特色”模块实现预案个性化适配,以“三级储备+智能配置”完善资源保障,以“闭环演练”强化实操能力,以“标准规程+共享平台”打破协同壁垒。这套优化策略既立足工程实际,又融入智能化、精细化管理理念,能够有效解决传统预案“模板化”“形式化”问题,为提升应急处置效率、降低事故损失提供有力支撑。从实践价值来看,本文提出的优化路径可直接应用于各类水利工程的预案修订工作——无论是大型水库的复合风险应对,还是中小型泵站的设备故障处置,均能通过差异化策略提升预案的适配性与实操性。

参考文献

- [1] 尚明. 水利工程施工安全管理的影响因素及优化措施分析[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2024(12):068-071.
- [2] 陈宁, 时忠伟. 水利工程施工安全管理与风险评估研究[J]. 中国科技期刊数据库工业A, 2024(8):077-080.
- [3] 赵永涛, 党永超. 大型水库大坝安全管理应急预案编制实践和探讨[J]. 人民黄河, 2024, 46(S01):121-122124.

Application of intelligent water supply platform in leakage control of urban water supply network

Xi Yang¹ Songtao Gao² Qi Wang¹ Jinlong Li¹

1. Asia Pacific Construction Technology Information Research Institute Co., Ltd., Beijing, 100035, China

2. China Municipal Engineering North China Design and Research Institute Co., Ltd. Smart Water Branch, Beijing, 100176, China

Abstract

This study investigates the application of smart water management platforms in leakage control. It defines smart water platforms, analyzes their core components, and outlines the collaborative mechanisms of four key technologies: real-time monitoring, data analysis, early warning systems, and intelligent scheduling. The paper further explains the operational principles of these platforms, including data collection through multi-sensor networks and communication technologies, data processing via machine learning algorithms, leakage detection using acoustic detection and pressure gradient analysis, and intelligent scheduling based on supply-demand forecasting and emergency response. A county-level case demonstrates that smart water platforms provide a comprehensive technical solution for urban water supply network leakage control, significantly enhancing water management efficiency while promoting water conservation and sustainable urban development.

Keywords

smart water platform; urban water supply network; leakage control

智慧水务平台在城市供水管网漏损控制中的应用

杨曦¹ 高松涛² 王祺¹ 李金龙¹

1. 亚太建设科技信息研究院有限公司, 中国·北京 100035

2. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司智慧水务分公司, 中国·北京 100176

摘要

本文聚焦智慧水务平台在漏损控制中的应用展开研究, 解释智慧水务平台的定义, 剖析其核心构成, 梳理四大关键技术的协同机制, 以及实时监测、数据分析、预警预测、智能调度四大核心功能; 其次深入阐释平台在漏损控制中的应用原理与机制, 包括通过多类型传感器与多元通信技术实现数据采集传输、借助数据清洗与机器学习算法完成数据分析处理、依托声学探测与压力梯度分析实现漏损定位预警、基于供需预测与应急响应开展智能调度控制。某县实际案例表明, 智慧水务平台为城市供水管网漏损控制提供了全流程技术方案, 对提升水务管理效率、促进水资源节约与城市可持续发展具有重要价值。

关键词

智慧水务平台; 城市供水管网; 漏损控制

1 引言

城市供水管网作为维系城市正常运转的“生命线”, 是保障居民生活用水、工业生产用水及公共服务用水的核心基础设施。然而, 随着城市化进程的加速, 我国部分城市供水管网面临多重挑战。一方面, 早期铺设的管道因使用年限较长出现老化、腐蚀, 增加漏损风险; 另一方面, 传统水务管理依赖人工巡检, 存在监测频率低、漏损识别滞后、定位精度差等问题, 导致漏损现象日益突出。据实际情况统计,

供水管网漏损不仅造成每年数千万吨水资源的无效消耗, 还大幅提升供水企业的制水、输水成本, 更可能因局部漏损引发管网压力波动, 影响居民用水稳定性, 成为制约城市水资源高效利用与可持续发展的关键瓶颈。基于此, 本文将对智慧水务平台在城市供水管网漏损控制中的应用展开相关研究。

2 智慧水务平台概述

2.1 智慧水务平台的定义与构成

智慧水务平台综合运用物联网、大数据、云计算、人工智能等现代信息技术, 对水务信息进行全面感知、实时传输、高效处理与智能分析, 可实现水务管理自动化、数字化、

【作者简介】杨曦(1993-), 中国河北唐县人, 本科, 工程师, 从事市政给水排水研究。

智能化与科学决策化,旨在提升水资源利用效率、保障供水安全、优化水务设施管理,推动水务行业可持续发展,是水务行业与现代信息技术深度融合的产物^[1]。从构成看,平台含三大关键部分。1. 物联网感知设备,作为“神经末梢”,部署于水源地、水厂、管网、用户端等节点,包括智能水表、压力传感器、水质监测仪、噪声记录仪等,为后续处理提供实时数据。2. 大数据分析系统,作为“智慧大脑”,借分布式存储技术存海量数据,经ETL预处理保障数据质量,再用数据挖掘、机器学习等算法提有价值信息,如预测用水需求优化调度。3. 是智能决策模块,作为核心决策单元,依据分析结果与行业规则,自动生成供水调度方案、制定漏损等突发情况应急策略、安排设备维护,保障供水稳定。

2.2 智慧水务平台的关键技术

智慧水务平台的高效运行,依赖物联网、大数据、云计算、人工智能等技术的协同支撑,共同为水务管理智能化提供核心动力。物联网技术是平台“感知基础”,通过在水务设施部署传感器与智能终端,将物理信息转化为数字信号,经通信网络实时传输,实现水务各环节互联互通,比如在供水管网关键节点安装压力、流量传感器,助力管理者实时掌握管网状态、排查隐患。大数据技术承担“数据处理分析”职能,可高效存储、管理海量水务数据,挖掘数据规律,如分析用水习惯预测需求以优化供水调度,或依托历史水质数据建预测模型预警风险,为决策提供依据。云计算技术提供“灵活资源支持”,以分布式模式动态分配计算与存储资源,水务企业无需自建本地数据中心,通过租用云资源快速搭建平台,还能按需扩展,降低建设运维成本。人工智能技术赋予“智能决策能力”,借助机器学习、深度学习算法实现设备智能运维、故障预测与漏损检测,例如训练漏损预测模型定位漏损,或分析水质数据识别异常并预警。这些技术并非孤立,而是形成闭环。物联网采集数据,大数据处理挖掘价值,云计算提供资源支撑,人工智能基于分析结果实现智能决策,共同推动平台高效运行。

2.3 智慧水务平台的功能特点

智慧水务平台拥有实时监测、数据分析、预警预测、智能调度等强大功能,在城市供水管网漏损控制及水务管理中作用关键。实时监测依托物联网感知设备,对管网压力、流量、水质、液位等关键参数不间断监测,通过密集部署的传感器,将数据以秒/毫秒级频率传至平台,管理者可通过监控中心或移动终端实时查看管网状态,打破传统人工巡检的时空限制,提升监测频率与准确性,助力及时发现异常^[2]。数据分析以大数据分析系统为核心,对海量历史及实时数据多维度挖掘,既分析用水模式规律辅助供水调度、合理分配水资源,也通过关联管网压力与流量数据,识别漏损异常模式,如发现某区域夜间用水低谷期流量偏高,结合压力变化可判断潜在漏损,为排查指明方向。预警预测基于数据分析建立科学模型,对漏损、水质恶化等风险提前预警,数据超

阈值时,系统以短信、弹窗等方式自动通知管理人员;同时借时间序列分析等技术,预测未来用水需求与管网状态,如预测高温期某区域用水峰值可能导致管网压力不足,便于提前调整调度。智能调度由智能决策模块实现,依监测、分析及预警信息优化供水。高低峰分别增减水泵运行数量,动态分配水量以降能耗;管网故障或漏损时,迅速切换供水线路、关闭相关阀门,减少停水范围与时间,保障供水稳定。

3 智慧水务平台在供水管网漏损控制中的应用原理与机制

3.1 数据采集与传输

智慧水务平台的数据采集,主要依靠广泛部署的传感器与智能水表。在供水管网的管道节点、泵站进出口、用户端等关键位置,布设了压力传感器、流量传感器、水质监测仪及智能水表。其中,压力传感器借压阻或压电效应将水压转电信号,实时监测管网压力,精度达 $\pm 0.01\text{MPa}$,可捕捉微小压力波动;流量传感器依电磁感应或超声波原理测水流,误差控制在 $\pm 1\%$ 以内;水质监测仪用光谱或电化学技术,实时检测余氯、浊度、pH值等指标以保水质;智能水表采用光电直读与无线远传技术,既能精准计量用水量,又能上传数据实现远程抄表与用水行为分析。采集的数据通过多种通信技术传至平台数据中心。短距离、小数据量场景用蓝牙、ZigBee等低功耗技术,如智能水表与采集终端间借蓝牙快速传数据;中长距离依赖GPRS、3G、4G等蜂窝通信,依托运营商网络稳定传数据,速率达几十Kbps至数Mbps;对实时性、稳定性要求高的场景,首选光纤通信,其高速率、大容量、低损耗特性可实现毫秒级传输,保障数据及时反馈与指令下达;NB-IoT技术因覆盖广、连接多、功耗及成本低,适合管网中分散传感器的数据传输,为采集提供高效经济方案。

3.2 数据分析与处理

智慧水务平台借助大数据分析技术,对采集的海量数据开展深度挖掘与分析,核心流程分三阶段推进。首先是数据清洗,通过 3σ 准则等统计学方法识别并剔除偏离正常范围的异常数据,用均值填充、线性插值等方式补充缺失数据,去除噪声与重复数据,有效提升数据质量,为后续分析奠定基础。接着是数据挖掘,运用聚类分析与关联规则挖掘算法处理数据:聚类分析将管网压力、流量等数据按相似性分组,可发现不同区域、时段的用水模式,例如某区域工作日用水高峰集中在早晚,周末则较分散,为供水调度提供参考;关联规则挖掘能探寻数据潜在关联,如发现管网压力低于特定阈值时流量会相应下降,且该关联在部分区域和时段更显著,助力及时排查管网异常。在漏损趋势预测上,平台用线性回归、决策树、神经网络等机器学习算法建模型:线性回归拟合历史数据,构建参数与漏损的线性关系以预测漏损概率;决策树依数据特征分类预测漏损;神经网络凭借非线性