

基于智慧水利的供水系统优化调度与能效提升研究

宋艳丽

邢台市信都区水务局

DOI:10.12238/jpm.v6i8.8291

[摘要] 在城市发展的过程中，基础设施的建设至关重要，与社会的稳定和公众的日常生活息息相关。传统的城市供水系统存在水损失高、供水平衡性不足等问题，无形中增加了相关部门的工作难度。在可续额技术水平日益提升的带动下，智慧供水系统的应用能够有效弥补传统供水系统中存在的缺陷和不足，保证供水效率和供水质量。下文首先进行了智慧水利供水系统概述，随后分析了系统设计的主要原则和应用阶段遇到的挑战问题，最后制定了智慧供水系统优化调度与能效提升的相关措施，仅供参考。

[关键词] 智慧水利；供水系统；优化调度

Research on Optimization and Energy Efficiency Improvement of Water Supply System Based on Smart Water Conservancy

Song Yanli

Xindu District Water Affairs Bureau

[Abstract] In the process of urban development, the construction of infrastructure is crucial and closely related to social stability and the daily lives of the public. The traditional urban water supply system has problems such as high water loss and insufficient water supply balance, which invisibly increases the difficulty of work for relevant departments. Driven by the increasing level of renewable technology, the application of smart water supply systems can effectively compensate for the shortcomings and deficiencies in traditional water supply systems, ensuring water supply efficiency and quality. The following text first provides an overview of the smart water supply system, followed by an analysis of the main principles of system design and the challenges encountered during the application phase. Finally, relevant measures for optimizing scheduling and improving energy efficiency of the smart water supply system are formulated for reference only.

[Key words] Smart Water Conservancy; Water supply system; Optimal dispatch

引言

供水系统复杂程度较高，不仅整体规模较大，同时维修保养对于工作效率和技术方面也提出了更为具体的要求，特别是面临着能源消耗大、供水效率差、综合利用率低等方面的问题，就需要合理应用先进的技术措施，提升系统的应用能力。在智慧城市建设背景的推动下，智慧供水系统的应用逐渐普及，为社会生产生活的有序开展提供了充足的水资源保障。

1 智慧水利供水系统概述

智慧水利供水系统是科技发展的必然产物，是依赖于物联网、人工智能、大数据、数字孪生等技术而构建的智能化供水管理体系。具有保证供水稳定性、安全性，提升水资源配置效率，实现运维精细化管控的重要作用，进一步地保障了供水的稳定性。特别是对于城市和农村的供水网络来讲，此系统的运用整合各种先进技术，优化水资源的配置，保证供水网络的可靠运行。具体来讲智慧水利供水系统的特点主要包括以下几个方面：

首先，全域感知网络。在水厂、泵站、管网等关键区域，需要布设相应的压力、流量、水质传感器和高清的视频监控设备，确保能够实时进行水压波动情况、流量变化情况、水质情况、设备运行情况等数据的采集，随后借助无线传输技术将信息传输至中央平台汇总分析。特别是利用 GIS 系统能够进行管网空间信息的科学整合，通过所构建的数字孪生管网地图，完成对地下管线和监测数据的动态融合，不仅保证了管网状态的可视化管理，同时还能及时发现所存在的隐患问题，进行灵活处理。

其次，智能分析与决策。借助机器学习、深度学习算法等 AI 模型，可以识别管网的漏损情况，预测未来的用水需求。在结合分析水文信息、气象数据的过程中，完成对洪涝风险场景的模拟，可自动生产调度预案，为管理人员进行管理方案的制定提供依据，控制损害影响，避免不必要的水资源的浪费。

最后，自动化控制与应急响应。集中控制系统的应用实现了无人值守，并且降低人工成本投入，能够远程完成水厂、泵

站等设备的监控。一旦出现水质超标、管道破裂等异常情况，系统将自动触发报警机制，联动应急流程，在提升响应效率的同时，更保证稳定安全地供水。

2 智慧供水系统设计原则

对于城市的运行和发展来讲，供水系统的稳定性至关重要。为确保智慧供水系统作用的最大化发挥，在进行功能设计的过程中，就需要综合利用互联网技术优势。在此过程中，需要遵循以下几项原则：一是可持续性，在设计过程中需全面纳入环境影响评估与资源效率优化因素，通过采用绿色材料与节能技术，保障生态系统长期平衡及水资源、能源等关键要素的可持续利用，为后代保留发展空间。二是灵活性与适应性，系统架构须具备弹性响应能力，既能动态适应极端气候事件、季节波动等环境变迁，又能灵活调整以满足人口结构变化、用水需求增长等社会因素，确保全生命周期内的运行韧性。三是用户友好性，系统界面设计应遵循人机工程学原则，操作流程采用标准化、可视化模式，通过权限分级与操作引导机制，使不同文化程度与技术背景的用户均可实现零障碍管理与高效使用。四是数据驱动的决策制定，需构建综合监测网络与智能分析平台，依托历史数据建模与实时运行参数，对水源调度、管网压力、水质安全等核心环节进行动态优化，实现供水管理决策的科学化与精准化。五是安全性与可靠性，设计过程须贯彻纵深防御理念，通过数据加密传输、多级访问控制保障信息安全，采用冗余设计、故障预警机制强化物理安全，系统化防范网络攻击导致的数据泄露及设备失效引发的系统瘫痪风险。

3 智慧供水系统应用面临的挑战

3.1 技术挑战

智慧水利系统的数据收集、处理、分析等工作复杂程度较高，需要依赖于先进的信息技术和通信技术，以提升系统操作的扩展性和互用性。但是在技术不断发展的过程中，智慧供水系统也需要实现及时的更新与完善，以满足新的技术标准要求

3.2 数据安全挑战

在物联网、大数据等技术融入后，智慧供水系统中的数据量不断增加，对于系统的数据存储、处理、分析等方面提出了更为具体的要求。特别是还需要保证数据的安全性，避免随意访问和应用，降低人为因素的影响。

3.3 资金投入挑战

智慧供水系统涉及内容众多，运营费用、维护费用较高，需有充足的建设和维护资金作为保障。相关部门和水务企业一旦缺少相应的资金支持，就会对系统应用的稳定性产生不利的影响。

3.4 接受度挑战

社会大众是智慧供水系统的直接受益者，但是由于受到传统用水习惯的影响，对此就需要一个较长的接受过程，为了能够实现智慧供水系统的推广与应用，则需利用相应的激励机制开展必要的宣传和教育工作。

4 基于智慧水利的供水系统优化调度与能效提升措施

4.1 落实管网漏损识别

管网漏损现象普遍存在且难以避免，其高发生率导致水资源浪费与能源额外消耗，影响节水型社会建设与环境可持续发展。供水智能系统通过传感器实现实时监测和故障精准管理。新算法应用进一步丰富了智能化解决方案，如利用管网数据训练 BP 神经网络进行漏损定位，显著提升工作效率。以漏损控制为目标的数据驱动模型，依托智能技术快速识别漏损，对降低区域产销差率作用明显。

4.2 加强压力管理

管道余压显著影响配水管泄漏，压力管道是降低漏损、提升供水效能最经济的方案。其核心在于有效调控减压阀，通过优化控制策略与布置降低管网能耗。

4.2.1 合理布置减压阀

智能算法支持减压阀优化布置，通过遗传算法快速确定最佳布设区域，并利用多目标方法解决位置和数量的双目标优化问题。尽管压力管理在软件层面有效控制漏损，但相关研究仍不足，缺乏动态影响的理论阐释。

4.2.2 优化控制减压阀

计算管网压力分布最优解属于高度复杂的非线性优化问题，其复杂性源于管网拓扑结构的多样性、水力动态的时变性以及用户用水需求的不确定性。机器学习优化算法凭借其强大的非线性映射能力和自适应寻优特性，为减压阀优化控制开辟了新的技术路径。比如说采用粒子群优化算法构建高效求解模型，通过模拟群体智能行为，在复杂解空间中高效寻优。该模型有效解决了大规模供水管网中多个减压阀协同优化控制的关键问题，显著提升了供水系统的运行安全性与管网压力分布的时空均衡性。优化结果同时表明，该策略能有效抑制管网超压现象，从而显著降低了因压力波动导致的管网漏损率，为供水企业实现节能降耗提供了重要技术支撑。

4.3 调度环节的智能化优化

数字技术与软件开发推动了水力模拟软件的升级迭代，促进了供水管网优化调度向智能化方向演进。传统水力建模工具通过将用水需求分配至计算节点以模拟供水管网运行状况，具备对加压管网进行水力计算及配水模拟的能力，从而增强了供水系统运行的可视化程度。

4.3.1 泵组智能优化调度

鉴于供水管网结构的复杂性，其包含大量管道、节点和泵站，拓扑关系错综多变，导致传统的数学模型在求解供水优化问题时，迭代效率较低，收敛速度缓慢，难以处理大规模非线性约束。随着软件功能的不断拓展，如集成高级优化模块和实时模拟工具，以及人工智能技术的飞速进步，特别是机器学习和智能算法的融合，计算机算法的应用显著提升了模型求解的速度、精度和稳定性。基于智能算法，如遗传算法或粒子群优化，构建的优化模型能够更有效地探索最优泵群调度方案，通过高效搜索解空间，实现能耗最小化、资源配置优化和运营成本降低。

4.3.2 水箱水位智能优化调度

水箱水位调控在供水系统中至关重要，影响水量调配和压

力波动。设定最佳水位可减少能量损耗和余压，提高运行稳定性。水务部门利用遗传算法优化水位设置，满足需求并合理分配抽水量。

4.3.3 优化调度效益评估

智能优化调度的核心目标在于通过先进技术手段提升管网运行效率，并显著降低供水过程中的能源消耗，从而优化整体系统性能。水务部门通过引入智能算法，对配水系统的设计进行全面优化，包括泵站调度、管道布局和压力控制等环节，实现了平均约 20% 的能源成本节约，这不仅降低了运营开支，还提升了供水可靠性。借助算法的强力支持，基于管网模型的配水系统优化调度求解效率大幅提高，能够快速处理复杂数据并生成最优调度方案，为供水部门在节能增效方面提供了高效、可靠的技术解决方案，助力实现可持续水资源管理。

4 GIS 技术与 AI 技术融合应用

城市供水系统面临管网老化、维护困难等挑战，影响居民生活质量。为解决这些问题，供水公司融合 GIS 和 AI 技术推进智能化改造。用 GIS 构建数字化图层，标注管网关键信息。集成 AI 实时监测数据，自动识别异常。AI 还能预测潜在问题并提出建议。该系统帮助及时发现隐患，提升安全保障水平。

4.1 管网及设备 GIS 信息管理

运用 GIS 技术，通过数据采集与整合，构建一个包含供水管网精确空间位置、详细属性特征、实时或历史运行状态信息，以及水泵、水箱、阀门、水表等关键附属设备空间位置及其属性信息的综合数据库。通过空间数据库技术，将上述属性信息和高精度的 GIS 电子地图进行紧密关联与动态绑定，实现供水管网及所有相关设备的精准空间定位与可视化管理。该数据库系统支持高效的查询、统计分析、可视化展示与编辑更新功能，极大地方便了水务部门运维人员对管网及设备进行日常巡查、维护保养、故障定位、爆管抢修、水质监测、阀门调度等精细化管理工作。同时，基于该数据库的空间连接关系与流向信息，可自动构建并动态维护完整的供水网络拓扑结构，为水力模型分析、事故影响范围模拟、优化调度及改扩建规划提供坚实的数据基础和决策支持。

4.2 实时监测与数据采集

对管网及供水设备的运行状态实施实时监测，通过传感器和监控系统接入如水压、流量、水质、温度、电流等关键参数的监测数据，这些数据实时反映了管网的健康状况和运行效率。这样，可以实现在线可视化监测供水管网的各种运行数据，利用图形化界面动态展示压力变化、流量分布和水质指标，并将实时监控数据与地理空间数据进行紧密关联，在地图上精准标记管网位置和异常点，从而快速识别泄漏、堵塞或设备故障，优化供水系统的日常维护和应急响应能力。

4.3 智能设备故障预测模型构建

4.3.1 数据预处理与特征提取

实时监测数据的预处理包括异常值剔除、缺失值填补和数据结构化，以保数据质量。鉴于数据体量大且涉设备稳定性，

需优先处理运行数据。完成后进行特征提取，如关键节点压力、流量的统计特征以及时序和频域特征。

4.3.2 算法模型建立

使用准备好的数据和特征，选择合适算法训练模型。输入训练特征调整参数拟合数据，训练中采用交叉验证调优性能和泛化能力。最终输入测试特征计算预测与实际误差确定准确率。

4.4 管网与设备故障预测及维护

4.4.1 模型部署与预测

部署训练模型至管网监测系统。系统自动采集实时数据输入故障预测模型，分析识别供水网络中可能的故障类型及概率。

4.4.2 预警与维护

系统一旦识别供水网络异常，即自动生成预警信息，通过短信或 APP 推送提醒水务公司运维人员。运维人员据此安排设备巡查与检修，预防故障及事故发生。系统基于模型推荐值和经验值设定阈值与告警机制。

4.4.3 数据更新与模型优化

管网监测管理系统持续采集设备运行状态实时数据，更新训练模型以提升故障预测精确度与可靠性。测试验证模型优化性能，确保实际应用效果，并为供水管网安全稳定提供技术保障。

结束语

总之，面临着时代的发展和进步，供水系统中应用先进的技术措施，有效地保障了系统的自动化、现代化运行。智能供水系统的完善和优化，有助于提升水资源的利用率，保证社会的和谐稳定，同时安全的水资源供应，也能够提高公众的生活幸福感，在未来行业发展中，智能技术必将得到广泛的应用。

[参考文献]

- [1]李伟.GIS 在水文水资源领域的应用研究[J].农业科技与信息.2023 (20): 51-52.
- [2]饶德庆;马平叶.GIS 在城市供水管网信息系统的设计与应用[J].技术与创新管理, 2022, 31 (5): 56-59.
- [3]卢列文, 李炜玥, 马跃强.智慧供水的网络安全防护体系设计[J].工业信息安全, 2023 (4): 37-43.
- [4]祝国梁, 陈业伟, 陈露, 等.城乡供水一体化的难点及应对策略[J].中国资源综合利用, 2023, 41 (4): 90-93.
- [5]陈彬, 朱臻涛, 张翔.基于物联网的供水管网智慧运维系统设计[J].现代信息科技, 2023, 4 (10): 171-175.
- [6]柏杨.智慧水务在城市供水系统中的应用分析[J].大科技, 2024 (15): 77-79.
- [7]牛亚琳, 刘尧, 张丽婷, 等.BIM 技术在智慧园区运维管理中的应用探讨[J].上海节能, 2024 (6): 386-390.
- [8]张卿文.智慧水务体系结构建设方案研究[J].农业科技与信息, 2024 (7): 105-106.