

城市给排水管网优化设计与智能化管理研究

冯玉洁

石家庄市排水管护中心, 河北 石家庄 050000

[摘要] 随着城市化进程的推进, 给排水管网面临着日益严峻的挑战。通过优化设计与智能化管理, 可以提高管网运行效率, 减少水资源浪费和管网事故发生率。结合大数据、物联网和人工智能技术, 采用先进的优化算法进行管网设计与运行管理, 有助于实现管网的智能化监控与调度, 提升城市给排水系统的安全性与稳定性。研究还探讨了管网智能感知、数据分析与决策支持等关键技术的应用, 推动城市给排水系统向更高效和可持续方向发展。

[关键词] 给排水管网; 优化设计; 智能化管理; 数据分析; 物联网

DOI: 10.33142/ucp.v2i2.16287

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Research on Optimization Design and Intelligent Management of Urban Water Supply and Drainage Network

FENG Yujie

Shijiazhuang Drainage and Protection Center, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the advancement of urbanization, the water supply and drainage pipeline network is facing increasingly severe challenges. By optimizing design and implementing intelligent management, the operational efficiency of the pipeline network can be improved, and the waste of water resources and the incidence of pipeline accidents can be reduced. Combining big data, Internet of Things, and artificial intelligence technologies, using advanced optimization algorithms for pipeline network design and operation management can help achieve intelligent monitoring and scheduling of pipelines, and enhance the safety and stability of urban water supply and drainage systems. The study also explored the application of key technologies such as intelligent perception of pipeline networks, data analysis, and decision support, promoting the development of urban water supply and drainage systems towards greater efficiency and sustainability.

Keywords: water supply and drainage pipeline network; optimization design; intelligent management; data analysis; Internet of Things

引言

城市给排水管网作为城市基础设施的重要组成部分, 直接影响着居民的生活质量和城市的可持续发展。传统的给排水管网在面对日益增长的城市人口和复杂的环境条件时, 暴露出诸多问题, 如水资源浪费、管网老化、维护成本高等。随着信息技术的不断进步, 优化设计与智能化管理成为解决这些问题的重要途径。通过集成先进的技术手段, 可以实现管网的高效运行与智能监控, 提升城市给排水系统的安全性与稳定性。

1 城市给排水管网现状与面临的主要挑战

1.1 城市给排水管网的运行现状

随着城市化进程的推进, 城市给排水管网的规模不断扩大, 成为城市基础设施的重要组成部分。然而, 传统的给排水管网在多年运行过程中, 暴露出诸多问题, 影响了其运行效率和安全性。一方面, 大多城市给排水管网系统建设时间较久远, 管网老化问题尤为突出。由于管道受到腐蚀或施工不当, 导致管网泄漏、爆裂等故障频发。另一方面, 随着城市人口密度和居民人均用水量的增加, 现有给水管网的供水能力无法满足需求, 供水压力波动大, 部分区域出现供水不足现象。

城市排水系统同样面临严峻的挑战。在大雨天气下, 排水管网常常无法及时排水, 导致积水、内涝等现象。排水管网设计的滞后性、老化以及维护管理不到位, 导致排水能力和应急响应水平较低。此外, 由于城市化过程中, 部分地区的污水管网与雨水管网混接, 造成污水直接排放到环境中, 影响了水体质量和城市生态环境。

1.2 城市给排水管网面临的主要挑战

由于许多城市的给排水管网建设历史悠久, 部分管网的使用年限已接近或超过设计年限。随着管道老化, 泄漏、腐蚀、断裂等问题频繁发生, 造成大量水资源浪费和运行成本增加。许多老旧管网没有实时监测和智能管理手段, 维护工作困难且响应速度慢。此外, 传统的管网设计技术和管理方法无法满足现代城市发展对高效、可靠的供水排水需求, 亟需通过技术创新进行升级改造。

城市水资源供需矛盾日益突出, 部分城市面临严重的水资源短缺问题。尽管供水量充足, 但由于管网漏水、压力不稳等问题, 造成大量水资源浪费。特别是在高峰用水时段或恶劣天气下, 部分地区的供水压力不足, 导致居民生活用水受到影响。此外, 由于城市供水管网的区域差异, 部分远离水源的区域供水设施建设不足, 存在水压不足、

管道老化等问题，导致供水不均衡。

城市排水系统的设计和建设通常是根据历史数据和经验进行的，难以应对频繁的极端气候变化。随着气候变化的加剧，暴雨、台风等极端天气事件的频率和强度增加，现有排水管网的排水能力明显不足。部分城市由于排水管网密度不高、维护不到位等原因，导致在暴雨天气下，积水严重，甚至发生内涝，影响交通和居民生活安全。

这些问题表明，传统的给排水管网不仅面临着基础设施老化、技术滞后等问题，还需要应对资源浪费和环境污染等日益严峻的挑战。因此，如何通过优化设计与智能化管理提升城市给排水管网的效率与可持续性，已成为亟待解决的关键问题。

2 给排水管网优化设计的关键技术与方法

2.1 优化设计的核心技术

给排水管网的优化设计关键在于如何提升管网的运行效率、减少资源浪费并延长管网的使用寿命。首先，采用**计算机辅助设计（CAD）和建筑信息模型（BIM）**技术，可以在设计阶段进行精确的管网布局模拟，优化管道的走向和连接方式。通过这些技术，可以预测管网运行中的潜在问题，提前调整设计方案，避免后期维护和运行中的高成本。此外，管网容量优化也是设计的核心内容，采用先进的水力计算软件进行管网水流模拟，能够确保管网在不同负荷情况下均能保持稳定运行，避免管道过载或闲置，提升资源的利用效率。

在管道材料选择方面，新型高强度、耐腐蚀材料的应用可大幅延长管网的使用寿命。例如，PE（聚乙烯）、PVC（聚氯乙烯）等材料具有较强的耐腐蚀性和抗压力性能，能有效抵抗水质变化和環境因素对管网的损害。同时，智能传感器的集成使得管网设计能实时监测水流、压力、温度等关键参数，通过实时数据反馈优化管网设计和运行策略。

2.2 智能化管理与实时调度

给排水管网的智能化管理为提升其运行效率和应急响应能力提供了重要保障。通过物联网（IoT）技术，管网系统可以实现 24 小时实时监控与数据采集，确保任何突发情况（如管道破裂、泄漏等）都能得到及时响应。智能化水务管理系统集成了大数据和人工智能（AI）技术，通过分析实时数据，自动调整供水压力、流量，优化管网的水流分布，确保不同区域的供水需求得到平衡和满足。

基于大数据分析，管网管理系统可以进行故障预测与维护计划的优化。通过对历史数据的深入分析，结合气象、人口增长等外部因素，预测管网运行中的潜在风险，从而提前进行维护或调整。比如，当管网发生压力过低或流量异常时，系统可以自动启动应急预案，减少人为干预，提高管理效率。

3 智能化管理技术在给排水管网中的应用

3.1 智能感知与实时监控

智能化管理技术在给排水管网中的应用，首先体现在

智能感知与实时监控方面。通过部署传感器、监测设备和物联网技术，管网系统能够实时收集管道内的流量、压力、水质等关键数据。这些数据通过无线网络传输到集中管理平台，形成全面、实时的监控体系。例如，安装压力传感器和流量计，可以实时监测管道的运行状况，及时发现异常水压或流量波动，防止由于管道老化或堵塞引发的故障。对于关键节点或易发生泄漏的区域，通过安装智能水表和漏水检测系统，能够实现全天候监控，确保第一时间发现问题并采取应急措施。智能感知技术不仅能提升管网运行的安全性，还能精准调度供水与排水流量，优化资源配置，避免能源浪费。对于水质监测，通过引入传感器网络，可以实时分析水的 pH 值、浑浊度、氯含量等指标，确保水质达标，保障居民用水安全。

3.2 数据分析与决策支持

智能化管理技术的另一个重要应用是数据分析与决策支持。通过大数据分析，智能管理系统能够对海量的管网运行数据进行深度挖掘和模式识别。例如，通过分析历史数据、天气预报、用水模式等信息，系统可以预测未来一段时间的用水需求和可能出现的管网负荷波动，从而动态调整供水方案。基于这些预测数据，系统能够自动优化管网压力和流量的分配，保证供水的高效与均衡。

人工智能（AI）算法在故障检测和预警方面的应用，也使得管网的管理更加智能。AI 可以通过历史故障数据、管网设计图和实时数据，识别潜在的风险点，并预测可能出现的故障类型和位置。例如，通过对管道老化的模型分析，系统能够提前识别出易发生泄漏或破裂的管道部分，并进行优先维护。此外，智能化调度系统还能够在突发事件发生时，迅速做出响应，自动调整管网的工作状态，确保供水和排水系统的稳定运行。

4 管网故障预测与维护策略的智能化应用

4.1 故障预测技术与智能预警

管网故障预测是确保给排水系统持续稳定运行的重要环节。智能化管理技术通过大数据分析和机器学习算法，能够提前识别管网中的潜在故障风险。通过对历史运行数据（如流量、压力、温度等）的分析，系统可以建立管网的故障模型，识别出潜在的隐患。例如，通过分析管道的压力波动和流量变化，系统可以实时监测到管道是否存在裂纹、腐蚀或堵塞等问题。当监测到异常数据时，智能系统能够自动触发预警，通知维护人员进行检查或维修。这种预测性的故障检测相比传统的依赖人工巡检的方式，能够显著提高故障发现的速度和准确性，避免因早期故障未被发现而导致的严重后果。

智能化故障预测还结合了环境因素（如气候变化、施工影响等），进一步提高预测的精准度。例如，降雨量和温度波动可能影响管网的结构稳定性，系统可以基于这些外部因素对管网的健康状况进行动态评估。通过预测故障的发生，管网管理者可以提前制定维修计划，减少突发性

故障带来的运营中断。

4.2 维护策略的智能优化与自动化

在智能化管网管理中,维护策略的优化不仅依赖于故障预测结果,还需要根据实时数据进行智能调度和自动化处理。通过集成智能传感器和物联网技术,管网维护变得更加精确和高效。例如,基于预测性维护理念,系统能够根据管网的使用状况自动决定维护优先级。对于那些即将发生故障的管段,系统可以自动提醒技术人员提前进行检查或更换,而对于尚未出现问题的管段,则可以延缓维修周期,从而有效降低维护成本。

智能化维护还包括自动化修复策略。当管网发生小范围故障(如轻微的水压异常或短暂的泄漏时),系统可以通过远程控制进行自动调整,或启动应急备用管道,保证供水系统不受大规模影响。对于重大故障,智能系统能够自动调度维修团队,制定出最优化的维修路径,确保在最短时间内恢复管网的正常运行。通过这种智能化维护决策支持系统,不仅可以提高维护效率,还能最大限度地减少管网运营中断的时间,保障城市水务系统的稳定性与安全性。

5 未来城市给排水管网的发展趋势与可持续管理

5.1 绿色和智能化管网建设

未来城市给排水管网的发展将朝着绿色和智能化的方向不断推进。绿色管网建设强调资源的可持续利用和环境友好性,重点在于节水、节能和减少污染。例如,采用雨水收集与回用技术,将城市雨水收集并经过简单处理后直接用于景观灌溉、道路清洗或非饮用水系统,减轻城市排水负担,缓解供水压力。此外,利用渗透性铺装材料和透水管等技术,可以在城市排水管网中有效减少地面径流,降低暴雨引发的内涝问题。

在智能化方面,随着物联网(IoT)、大数据和人工智能(AI)的发展,城市给排水管网的管理将更加智能化和自动化。通过智能传感器、远程监控和数据分析,管网系统能够实时检测管道状况、供水和排水流量、压力变化等关键信息。智能管理系统不仅能够实现故障的早期预警和故障定位,还能基于实时数据进行动态调节和优化管理。例如,通过AI算法和数据预测,系统可以根据气象条件和用水需求自动调整管网压力和流量,从而提高水资源的利用效率,减少水资源浪费。

5.2 管网运营的可持续性与风险管理

随着城市化进程的不断推进,给排水管网的管理将更强调可持续性和风险管理。在面对人口增加、气候变化和环境压力的背景下,如何保障管网系统的长期稳定运行,

成为了管理者必须解决的问题。首先,管网生命周期管理将成为未来管网发展的重要方向。从管网建设之初,设计就需考虑长期维护、监测和技术更新。通过运用全生命周期管理工具,能够对管网的各个阶段进行监控,优化运维计划,减少因管网老化带来的维修成本。

风险管理在管网运营中将扮演更加重要的角色。城市给排水系统面临的风险不仅来自管网本身的老化和破损,还可能受到自然灾害、极端天气等外部因素的影响。因此,通过建立综合性的风险评估体系,结合大数据和预测模型,能够为管网的应急管理提供科学依据。例如,通过模拟不同气候条件下管网的表现,预测暴雨、干旱等极端天气的影响,从而提前做好应急准备和修复方案。

可持续融资模式也将是未来管网发展的重要内容。随着城市对基础设施投资需求的增加,如何通过创新的融资模式保证管网建设和改造资金的稳定来源,将是一个长期的挑战。通过政府、企业和公众共同参与的融资模式,能够为管网系统的持续发展提供经济保障,推动城市水务基础设施的升级与完善。

6 结束语

未来城市给排水管网的发展将向绿色、智能化和可持续管理方向迈进。通过采用先进的智能感知、数据分析和预测技术,能够实现高效、精准的管网管理,有效提高资源利用率,降低运营成本,并保障水质和供水安全。同时,绿色管网建设和风险管理将成为关键要素,确保系统在应对环境挑战时具备更强的适应性和韧性。综合各项技术和管理手段,未来的城市给排水管网将实现更可持续、智能和高效地运行。

[参考文献]

- [1]陈卫. 市政给排水管网的优化配置与设计建议[J]. 水上安全, 2024(12): 40-42.
- [2]高越. 油田给排水管网优化设计分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(5): 38-40.
- [3]吴桂超. 油田给排水管网的优化设计工作措施[J]. 全面腐蚀控制, 2023, 37(1): 28-30.
- [4]梁伟. 市政给排水管网的优化配置与设计建议[J]. 工程技术研究, 2020, 5(13): 224-225.
- [5]郭宇超. 城市给排水管网问题及优化设计研究[J]. 建材与装饰, 2020(16): 99-102.

作者简介: 冯玉洁(1990.2—), 女, 河北省石家庄市, 汉族, 硕士研究生, 高级工程师, 就职于石家庄市排水管护中心, 从事市政排水维护相关工作。