

市政给排水管网设计优化研究

朱康康

广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025090021

摘 要： 市政给排水管网是城市基础设施的核心组成部分，涵盖重力流与压力管网等多种类型，其设计质量直接关系到供水安全、内涝防治与水环境健康。当前，市政给排水管网在设计过程中仍存在管网布局不尽合理、抗灾能力不足、老旧管网漏损严重、系统运行能效偏低以及模型与实际契合度不高等问题。为系统提升管网性能，本研究从多维度提出优化路径，包括构建水力模型辅助管径优化与调度决策，推行智能分区加压以降低能耗，采用LID设施增强雨洪韧性，实施管网更新与渗漏控制，并引入智慧化管理平台实现动态监测与预警。通过上述措施，可显著提升给排水系统的可靠性、经济性与可持续性，为我国城市水系统的提质增效提供理论及实践参考。

关 键 词： 市政给排水管网；设计优化；智慧水务

Key Points and Optimization Paths of Water Supply and Drainage Design in Municipal Pipeline Network and Water Environment Governance

Zhu Kangkang

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： Urban water supply and drainage networks are a core component of urban infrastructure, encompassing various types such as gravity flow and pressure pipelines. Their design quality directly impacts water supply safety, flood prevention, and water environment health. Currently, issues in the design of urban water supply and drainage networks include suboptimal pipeline layout, insufficient disaster resilience, significant leakage in aging pipelines, low operational energy efficiency, and discrepancies between models and actual conditions. To systematically enhance pipeline performance, this study proposes multidimensional optimization strategies, such as developing hydraulic models to assist in pipe diameter optimization and 调度决策, implementing intelligent zonal pressurization to reduce energy consumption, adopting LID facilities to improve stormwater resilience, carrying out pipeline renewal and leakage control, and introducing smart management platforms for dynamic monitoring and early warning. These measures can significantly improve the reliability, economic efficiency, and sustainability of water supply and drainage systems, providing theoretical and practical references for enhancing the quality and efficiency of urban water systems in China.

Keywords： municipal water supply and drainage pipe network; design optimization; smart water management

引言

市政给排水管网是城市基础设施的生命线，直接关系到公共安全与环境健康。近年来，随着极端天气事件频发，城市内涝风险加剧，严重威胁人民生命与财产安全；同时，污水错排、漏排及管道渗漏问题导致地下水与河道污染，直接影响人居环境和居民健康。此外，供水管网老化、漏损率高，也造成了严重的水资源浪费。在此背景下，国家出台多项政策支持给排水管网建设与改造，推动系统化治理与提质增效。因此，开展给排水管网的优化设计研究，依托新技术与方法进行工程实践与案例分析，对提升系统韧性、保障水安全、促进可持续发展具有重要意义。

一、市政给排水设计的理论基础

（一）市政给排水管网的组成与功能

市政给排水管网是城市基础设施的重要组成部分，主要包括

重力流管网与压力管网。重力流管网依靠重力作用实现流体输送，其结构需考虑地形坡度等因素，以确保水流顺畅^[1]。压力管网则借助外部压力推动流体，在布局和设计上有不同要求。

市政给排水管网涵盖供水、排水、再生水等子系统。供水系

统为城市居民和工业提供清洁用水，其功能定位是保障水资源的稳定供应。排水系统负责收集和输送城市污水及雨水，维持城市的环境卫生和水生态平衡。再生水系统通过对污水的处理和回用，实现水资源的循环利用，提高水资源利用效率，缓解水资源短缺压力，各子系统之间相互关联、相互影响。

（二）市政给排水管网设计的规范依据

市政给排水管网的设计需严格遵循国家及行业颁布的技术规范与标准。例如，《市政排水设计标准》GB50014-2021是指导排水系统工程设计的重要技术依据^[2]。这些规范为管网系统的布局、管径与坡度等水力参数的确定提供了科学的计算准则，旨在保障排水通畅性和系统可靠性。同时，规范中对污水处理设施的出水水质、系统抗灾能力及环境影响控制等方面均提出了明确要求，是实现水资源高效利用与水生态安全的重要保障，也为工程设计提供了基本的理论支撑与方法论指导。

二、市政给排水设计的关键要素

（一）市政排水管网

市政排水管网主要采用重力管设计，确保自然流动和运行效率。设计需遵循规划相符和系统设计的原则，管网必须与城市总体规划相符，避免影响整体运行效果。科学规划需综合考虑城市发展、人口增长及用地性质，确保管网布局合理且具有前瞻性^[3]。设计时，需准确计算近远期排水量，选择经济合理的管径、流速和埋深。合理的管径和流速可降低管网运行中的阻力损失；适当的埋深则兼顾施工成本与管道长期稳定性。在雨污分流制管网设计中，需注重防倒灌措施，避免污水流入雨水管网，造成自然水体污染^[4]。应合理设置初期雨水截流装置，根据当地特征确定截流标准，有效拦截初期雨水中的污染物。对于工业废水，应设计预处理设施，确保排入市政管网前达到水质标准。当前市政排水管网设计存在一些不足，包括规划缺乏系统性、老旧管网更新滞后、初期雨水截流装置设计标准不统一，以及工业废水预处理设施覆盖不足和监管不到位等问题。

（二）市政给水管网

市政给水管网设计以保障供水安全和可靠性为核心，需综合考虑布局、管材及运行效率。给水管网宜采用环网布置，以提高供水可靠性和消防能力^[3]。环网设计可确保在局部管网故障时，仍能通过其他路径供水，降低停水风险，满足消防用水需求。设计时需进行平差计算，确定合理的管径、压力及水头损失。科学计算可优化管网运行效率，减少水压损失，确保远端用户供水压力稳定。管材选择需根据地下水酸碱度及土壤腐蚀性选用耐腐蚀材料，如球墨铸铁管或耐腐蚀塑料管，以延长管网使用寿命并减少维护成本。市政给水管网设计存在一些不足，部分地区环网覆盖率较低，供水可靠性不足；管材选择未充分考虑当地地质条件，导致管道腐蚀或损坏风险增加；平差计算精度不足，部分管网存在水压不均或水头损失过大的问题；老旧管网改造进度缓慢，漏损率较高，影响水资源利用效率。

三、给排水系统的优化路径

（一）管网设计优化

1. 水力计算模型优化

EPANET、SWMM等专业模拟软件在给排水管网设计与优化中发挥着重要作用。EPANET适用于供水管网的水力分析与水质（如余氯）模拟，能够辅助管径选择、泵站调度等设计过程^[5]；SWMM则侧重于城市雨污水系统的地表径流、管道汇流与水文水动力过程模拟，尤其适用于暴雨情景分析与排水防涝设计。基于历史与实时监测数据，可采用动态水力模型预测不同时段管网中的流量与压力变化，为管径优化、水泵配置等提供依据，从而在满足系统用水与排水需求的基础上，提升输配效率、降低能耗与漏损。

2. 压力调控技术创新

智能分区加压可依据不同区域用水需求合理分配压力，提高供水效率。通过在管网关键节点设置压力监测终端，实时获取压力数据^[6]。结合变频调速设备，根据监测数据自动调整水泵转速，实现精准的压力调控。这种新型压力管理体系能够避免局部压力过高或过低的问题，减少管网漏损和爆管风险。同时，压力监测终端反馈的数据可用于分析管网运行状态，为后续的优化决策提供依据，进一步提升管网运行效率和给排水系统的稳定性。

（二）生态化设计创新

1. 海绵城市技术集成

构建渗透塘、生物滞留设施与市政管网协同运行的技术参数矩阵，需综合考虑多方面因素。对于渗透塘，要确定其面积、深度、渗透系数等参数与市政管网流量、水位的关系^[7]。生物滞留设施则要明确其植被类型、土壤介质特性以及蓄水层深度等对雨水滞留和净化效果的影响，同时分析其与管网在不同降雨强度下的协同作用。量化LID设施对峰值流量的削减效应，可通过建立数学模型，模拟不同降雨条件下LID设施的运行情况，分析其对市政管网入流峰值的削减比例，为优化给排水系统提供科学依据。

2. 再生水利用系统设计

建立基于用水需求分析的再生水管网覆盖模型是再生水利用系统设计的关键。通过精准分析不同区域、不同用户的用水需求，合理规划管网布局，提高再生水的输送效率和覆盖范围^[8]。同时，制定分质供水方案，根据不同用水用途对水质的要求，将再生水进行分类供应，如用于景观灌溉、工业冷却等对水质要求相对较低的领域，确保水资源的高效利用。此外，消毒工艺选择标准的制定也至关重要。合适的消毒工艺能有效杀灭再生水中的有害微生物，保障再生水使用的安全性，进一步推动再生水利用系统的优化和可持续发展。

四、工程实践案例分析

（一）沿海城市防内涝系统设计

1. 潮位影响下的管网设计方案

在沿海城市防内涝系统设计中，潮位对管网设计影响显著。以某滨海新城项目为例，在泵站扬程计算方面，需考虑常规设计参数以及潮汐作用修正值的差异性影响。潮汐的周期性涨落会改变管网系统的水力条件，常规设计参数可能无法准确反映实际情况。考虑潮汐作用修正值时，要综合分析潮位的最高值、最低值

以及涨落潮的速度等因素。这些因素会影响到管网内水流的流速和流量,进而影响泵站的扬程需求。若忽略潮汐影响,可能导致泵站扬程设计不合理,在高潮位时排水不畅,引发内涝;而在低潮位时,又可能造成能源浪费。因此,在潮位影响下的管网设计方案中,准确考虑潮汐作用修正值对于沿海城市防内涝系统的有效性至关重要^[9]。

2. 排海泵站组合运行模式

在沿海城市防内涝系统的排海泵站组合运行模式中,建立多泵并联调度模型是关键。该模型需综合考虑多种因素,如不同时段的降雨量、潮水水位变化以及城市排水管网的承载能力等。通过精确模拟和分析这些因素之间的相互关系,可以优化泵组的启停逻辑。同时,要结合水位预警系统,确保当水位达到或超过设定阈值时,泵组能够及时准确地启动或停止。这种优化匹配效果的验证需要大量的实际数据和模拟实验。通过对不同工况下的运行数据进行收集和分析,评估模型的准确性和有效性,从而不断调整和完善排海泵站组合运行模式,提高沿海城市防内涝系统的整体性能^[10]。

(二) 黑臭水体治理项目分析

1. 污染成因与治理框架

某城市内河流域由于长期合流制溢流污染、工业及生活污水直排,导致水体严重黑臭,严重影响沿岸居民生活及生态环境。经系统调研,污染主要成因包括雨污混接、管网老化渗漏与淤积、污水处理能力不足以及底泥污染物释放等。其中,管网老化导致的腐蚀问题尤为突出,严重影响系统运行的可靠性与寿命。研究表明,管道腐蚀速率受多重因素耦合影响,可引入时间序列分解与优化灰色系统等预测方法进行量化评估^[11],为管网状况诊断与维护策略制定提供依据。针对污染成因,项目构建了以“控源截污、内源治理、生态修复”为核心的治理框架。通过管网排查与修复、污水截流与调蓄、污水处理厂扩建及提标、河道清淤及滨岸生态修复等综合措施,系统推进黑臭水体治理,切实改善河道水质与生态状况。

2. 系统化治理工程实践

在具体工程实施中,项目首先对沿河排污口进行全面排查,实施截污纳管工程,减少直排污水量。针对管网老化、渗漏及错接问题,结合管道内检测与腐蚀数据统计分析技术,识别高风险管段并评估其剩余寿命^[12],为修复优先级决策提供支持。在此基础上,采用非开挖修复、局部更换等针对性措施,并引入智慧排水监测系统,提升管网运行效率与健康状况。同时,建设雨水调蓄池和初雨处理设施,有效控制合流制溢流污染。在内源治理

方面,实施环保清淤,消除底泥污染物。最后,通过构建人工湿地、种植水生植物等生态修复措施,提升水体自净能力。项目实施后,河道水质显著改善,黑臭现象基本消除,实现了水环境质量与城市人居环境的同步提升。

(三) 老城区管网综合改造

1. 管材寿命评估方法

在老城区管网综合改造中,管材寿命评估方法至关重要。需建立包含 CCTV 检测数据、腐蚀速率模型、渗漏监测指标的多维度管况评价体系。通过 CCTV 检测可直观了解管材内部状况,如腐蚀、裂缝等情况,为评估提供直观依据。腐蚀速率模型则基于管材材质、所处环境等因素,量化腐蚀速度,预测管材剩余寿命。渗漏监测指标能及时发现管材的渗漏问题,反映其密封性能和老化程度。综合这些维度的数据和指标,能够更全面、准确地评估管材寿命,为老城区管网改造中管材的更换、维护决策提供科学支撑,确保管网系统的安全稳定运行。

2. 非开挖修复技术比选

在老城区管网综合改造中,针对不同管径和破损类型,需对 CIPP 内衬法、折叠管法、喷涂法等非开挖修复技术进行技术经济指标对比。CIPP 内衬法适用于多种管径,能较好地修复结构性和非结构性损坏,但其成本相对较高。折叠管法在大管径修复中有优势,施工速度较快,但对管道变形要求较高。喷涂法对于微小裂缝和腐蚀修复效果好,成本相对较低,但不适用于大管径和严重结构性损坏的管道。综合考虑管径、破损类型、成本、施工条件等因素,合理选择非开挖修复技术,可提高老城区管网改造的效率和质量,降低对周边环境的影响。

五、总结

市政管网与水环境治理中的给排水设计至关重要。需系统考虑给排水设计的多维度核心要素,包括管道布局、水量水质控制、设施选型及运行维护等方面。智能化模型应用与生态化理念融合是未来发展趋势,利用智能技术实现精准设计与管理,同时遵循生态原则保护水环境。建立动态监测-模拟预测-方案优化的闭环设计体系意义重大,通过实时监测数据,模拟不同工况,优化设计方案,提高给排水系统的适应性与可靠性。这不仅有助于提升市政管网的运行效率,改善水环境质量,还能为新型城镇化建设提供坚实的技术支撑,促进城市的可持续发展。

参考文献

- [1]何寅正.S市政府推进水环境治理PPP项目管理优化研究[D].江苏科技大学,2023.
- [2]张昶.W市河长制水环境治理模式中公众参与机制研究[D].武汉工程大学,2023.
- [3]李甘雨.温州市公众参与水环境治理的现状及对策研究[D].江西师范大学,2021.
- [4]胡城.水环境治理中的地方政府跨部门协作机制研究——以新余市仙女湖治理为例[D].上海师范大学,2021.
- [5]赵珍珍.D市渤海区域近岸海域水环境治理问题与对策研究[D].山东科技大学,2021.
- [6]康爽.市政给排水设计中输水方式及管网分区的研究[J].砖瓦世界,2023(3):187-189.
- [7]石晗婧.市政给排水设计的优化探讨[J].砖瓦世界,2023(10):202-204.
- [8]薛晗.市政给排水设计优化策略[J].工程技术研究,2022,7(6):171-173,190.
- [9]邹婷婷,赵建伟.分析市政给排水设计中输水方式的选择及管网分区方案[J].居业,2021(11):25-26.
- [10]金政华.海绵城市理念下市政给排水设计要点[J].科技创新导报,2022,19(9):126-128.
- [11]祁庆芳,许琳,刘怀佳,等.EEMD-LASSO-优化GM(1,N)管道腐蚀速率预测模型[J].油气储运,2025,44(1):49-58.
- [12]闻亚星,贾福生,刘鹏程,等.管道内检测腐蚀数据概率分布规律研究及应用[J].油气田地面工程,2024,43(7):70-76.