

海绵城市理念下市政给排水管网韧性提升技术研究

胡敬平

安徽省通源环境节能股份有限公司 安徽 合肥 230000

摘要：本文围绕海绵城市理念下市政给排水管网韧性提升技术展开研究。分析了海绵城市“渗、滞、蓄、净、用、排”六字方针及“蓝绿灰”系统性设计的核心内涵，探讨了韧性管网在结构、功能与过程方面的关键特征。重点提出了源头减排、管网优化、老旧管网修复、超标雨水调蓄等关键技术，并从系统规划、全过程管理、多方协同等方面提出实施策略。研究成果为提升城市应对极端降雨和持续发展能力提供技术支持。

关键词：海绵城市；市政给排水管网；韧性提升；低影响开发；智能化改造

引言：随着城市化进程加快，传统排水系统面临极端天气频发与生态压力增大的双重挑战。海绵城市理念通过自然与人工设施协同作用，实现雨水的就地消纳与资源化利用，成为现代城市水系统建设的重要方向。在此背景下，提升市政给排水管网的韧性已成为保障城市安全运行的关键任务。本文旨在探讨基于海绵城市理念的管网韧性提升技术路径，推动构建高效、稳定、可持续的城市水循环体系。

1 海绵城市理念与市政给排水管网韧性

1.1 海绵城市理念的核心内涵

海绵城市理念核心在于六字方针协同作用。“渗”通过建设透水铺装、下沉式绿地等设施，使雨水能够自然渗透到地下，补充地下水，缓解城市地下水位下降问题。“滞”依靠植草沟、雨水花园等设施，将雨水暂时滞留，延缓其汇集速度，减轻排水系统瞬间压力。“蓄”利用雨水罐、蓄水池等，把多余雨水储存起来，在需要时使用。“净”借助植物、土壤和微生物的共同作用，对雨水进行净化，去除其中杂质和污染物。“用”将净化后的雨水用于城市绿化灌溉、道路冲洗等，实现水资源循环利用。“排”则是在雨水超出设施承载能力时，通过合理的排水系统，将雨水有序排放出去。“蓝绿灰”结合的系统性设计是海绵城市的关键。低影响开发雨水系统以自然生态设施为主，模拟自然水文循环，实现雨水的就地消纳和利用；市政排水管网系统作为城市排水的常规通道，保障日常排水需求；超标雨水径流排放系统应对极端降雨情况，三者整合形成完整的雨水管理体系^[1]。低影响开发雨水系统与市政排水管网系统衔接，在降雨初期，雨水优先通过低影响开发设施进行处理和消纳，超出设施处理能力的雨水再进入市政排水管网；市政排水管网与超标雨水径流排放系统配合，当市政排水管网无法满足排水需求时，超标雨水通

过特定通道进入排放系统，确保城市在不同降雨条件下都能有效应对雨水问题。

1.2 韧性管网的特征与目标

结构韧性体现在分布式布局与模块化设计上。分布式布局将管网分散布置，避免集中式布局一旦受损就导致大面积功能失效的问题。各分散的管网部分相对独立又相互关联，一处管网出现故障，其他部分仍能维持一定功能。模块化设计把管网系统拆分成多个功能模块，每个模块具有独立功能，便于建设、维护和升级。某个模块出现问题时，可单独对其进行维修或更换，不影响整个管网系统的正常运行，提高了管网系统的可靠性和可维护性。功能韧性依赖冗余设施与应急响应能力。冗余设施是在管网系统中设置多余的设备或管道，当主要设施出现故障或达到承载极限时，冗余设施自动启动，保障管网基本功能正常运转。应急响应能力要求管网系统具备完善的应急预案和快速反应机制，在面对突发情况，如暴雨、地震等灾害时，能够迅速组织人员和物资进行抢险救灾，尽快恢复管网功能，减少灾害对城市给排水的影响。过程韧性基于动态调节与自适应机制。动态调节根据实时降雨、用水等情况，通过智能控制系统对管网中的阀门、水泵等设备进行调节，优化水流分配，提高管网运行效率。自适应机制使管网系统能够根据外部环境变化，如城市发展、气候变化等，自动调整自身结构和功能。城市规模扩大导致用水量增加时，管网系统能够自动调整供水能力和排水路径，始终保持良好的运行状态。

2 市政给排水管网韧性提升的关键技术

2.1 源头减排与低影响开发技术

透水铺装以特殊材料与结构设计，实现雨水渗透功能。其原理在于采用多孔混凝土、透水沥青等具有连通孔隙的材料，孔隙相互贯通形成通道，让雨水能迅速

穿过表面渗入地下。实施时,需根据场地功能与荷载要求,合理选择材料规格和铺设厚度,在人行道、广场等区域广泛应用,可有效减少地表径流,补充地下水。下沉绿地通过低于周边地面的地形设计,收集周边雨水。降雨时,雨水因重力流入下沉区域,被土壤和植被吸收、滞留,同时土壤中的微生物和植物根系对雨水进行净化。建设下沉绿地要考虑与周边排水系统衔接,设置溢流口,避免积水过多。生态树池围绕树木构建,不仅为树木生长提供良好环境,还能收集、净化雨水。树池内填充透水性良好的种植土,周边设置雨水收集口,雨水经树池内植物、土壤过滤净化后,渗入地下或汇入排水系统。雨水花园利用植物、土壤和微生物共同作用,实现径流控制与污染削减。其结构包含覆盖层、种植土层、砂层和砾石层等,各层协同工作。降雨时,雨水首先在覆盖层短暂滞留,减缓流速,随后渗入种植土层,土壤中的微生物分解雨水中污染物,植物根系吸附、吸收部分有害物质,经过砂层和砾石层进一步过滤后,净化后的雨水渗入地下或排入市政管网。生物滞留设施与雨水花园类似,通过构建小型生态系统,截留、净化雨水,降低径流污染物浓度,减少对接纳水体污染,同时调节雨水径流,减轻排水系统压力。

2.2 管网系统优化与智能化改造

排水管网拓扑结构优化通过分区排水和管网互联互通实现。依据城市地形地貌、水系分布和用地功能,将城市划分为多个独立的排水区域,每个区域设置独立的排水系统^[2]。这样的设计减少了管网长度和水力损失,提高排水效率。不同区域的管网通过联络管相互连接,当某一区域管网出现故障或排水能力不足时,其他区域管网能够提供辅助排水,增强管网整体的稳定性和可靠性。在新城区建设中,提前规划联络管布局,预留接口,方便未来扩展和应急调度。智能化监测技术在管网运维中发挥重要作用。在管网关键节点部署各类传感器,实时监测水位、流量、水质等参数。物联网技术将传感器采集的数据传输至数据中心,实现数据的共享与远程监控。大数据分析技术对海量监测数据进行深度处理和挖掘,分析管网运行规律,预测可能出现的故障和问题。通过对管网水位、流量历史数据的建模分析,预测暴雨天气下管网的运行状态,提前调整排水泵站的运行参数,避免内涝发生。还可结合管网周边环境变化数据,动态优化监测方案和预警阈值。

2.3 老旧管网修复与更新技术

非开挖修复技术在老旧管网结构性缺陷修复中优势明显。CIPP(原位固化法)适用于各类材质和管径的

管道修复。施工时,将浸渍树脂的软管拉入待修复管道内,通过加热或常温固化的方式,使软管与原有管道内壁紧密贴合,形成新的内衬管,恢复管道的结构强度和密封性。这种技术无需大面积开挖路面,对交通和环境的影响较小。机械螺旋缠绕法采用螺旋缠绕设备,将带状型材在原有管道内螺旋缠绕成新管,增强管道的结构强度,适用于管径较大的管道修复,可根据管道实际情况选择不同材质和规格的型材。在管材升级方面,耐腐蚀、高强度的新型管材为管网更新带来新选择。传统金属管材容易受到腐蚀,使用寿命有限。新型塑料管材如高密度聚乙烯(HDPE)管、玻璃纤维增强塑料夹砂管(GRP)等,具有耐腐蚀、抗老化、水力性能好等优点。HDPE管柔韧性强,能够适应一定程度的地基沉降,施工便捷;GRP管强度高,可用于大口径排水管道,这些新型管材的应用有效提升了管网的使用寿命和运行稳定性。

2.4 超标雨水径流排放与调蓄技术

多功能调蓄设施实现地下蓄水池、行洪隧道与自然水体的协同运作。地下蓄水池在降雨初期储存雨水,待降雨结束后,根据实际情况将储存的雨水缓慢排放或回用。行洪隧道作为超大流量雨水的排放通道,在极端降雨时能够迅速输送雨水,减轻市政排水管网的压力。自然水体如湖泊、湿地等,与人工设施相互配合,在降雨时吸纳、调蓄大量雨水,调节区域水文平衡。通过合理规划,将地下蓄水池、行洪隧道与周边湖泊、湿地连接起来,构建完整的调蓄系统,提高城市应对超标雨水的能力^[3]。雨水资源化利用着重于中水回用与生态补水系统的构建。中水回用系统将净化后的雨水用于城市杂用水,如绿化灌溉、道路冲洗、景观补水等,减少对市政供水的依赖。生态补水系统则将处理后的雨水补充到城市河道、湖泊等水体,改善水生态环境,维持水体生态平衡。通过建设雨水收集、净化、输送和分配设施,实现雨水的资源化利用,提高水资源的利用效率,增强城市水资源的韧性。

3 市政给排水管网韧性提升的实施策略

3.1 系统性规划与设计

空间整合致力于蓝绿空间与灰色基础设施的融合布局。蓝绿空间包括湖泊、湿地、绿地等自然生态区域,灰色基础设施则是市政给排水管网等人工建设设施。在城市规划阶段,充分考虑自然地形和水系走向,将蓝绿空间与灰色基础设施有机结合。在新建区域,依据地形设置下沉式绿地和雨水花园,与周边排水管网连通,让雨水先经自然生态设施初步处理,再进入管网系统;

在老旧城区改造时,利用闲置空地建设小型湿地或雨水塘,与现有管网衔接,增强雨水调蓄能力。通过蓝绿空间与灰色基础设施的融合,既发挥自然生态系统对雨水的吸纳、净化作用,又保障人工管网的高效运行,提升城市整体排水防涝能力。多尺度控制采用从源头到末端的分级管控策略。源头层面,在建筑小区、道路等场地推广透水铺装、生态树池等低影响开发设施,实现雨水就地消纳和减排;中途阶段,合理布局排水管网,优化管网拓扑结构,设置调蓄池、雨水泵站等设施,调节雨水径流;末端环节,利用湖泊、湿地等自然水体以及大型排水通道,对超出管网承载能力的雨水进行调蓄和排放。在大型城市综合体建设中,从建筑屋顶雨水收集开始,经地面透水铺装、地下蓄水池调蓄,最后通过市政管网排入城市水体,形成完整的分级管控体系,确保不同规模降雨下,雨水都能得到有效管理。

3.2 全过程管理与维护

动态监测与预警依赖基于实时数据的管网健康评估与风险预警。在管网关键节点安装各类传感器,实时采集水位、流量、水质等数据,并通过物联网技术传输至数据管理平台。利用大数据分析和人工智能算法,对管网运行状态进行全面评估。通过分析水位变化趋势,判断管网是否存在堵塞风险;依据流量数据,评估管网排水能力是否满足需求。一旦发现异常,系统自动发出预警,提醒管理人员及时采取措施,将潜在问题解决在萌芽状态。应急响应机制聚焦极端天气下的管网调度与抢险预案^[4]。针对暴雨、洪涝等极端天气,制定详细的管网调度方案。根据实时降雨情况和管网监测数据,合理调整排水泵站运行参数,启用备用排水通道,保障雨水顺畅排放。同时制定完善的抢险预案,明确各部门职责和抢险流程。储备充足的抢险物资和设备,组建专业抢险队伍,定期开展应急演练。当灾害发生时,抢险队伍能够迅速响应,及时修复受损管网,恢复城市给排水功能。

3.3 多方协同与公众参与

跨部门协作建立水务、城建、环保等部门的联动机

制。水务部门负责管网运行管理和排水调度,城建部门主导城市建设规划和基础设施施工,环保部门监督水环境质量。在城市建设项目中,各部门联合参与规划设计评审,确保项目符合给排水管网韧性提升要求。在管网改造工程中,水务部门提供运行数据和技术需求,城建部门负责工程施工,环保部门对施工过程中的环境影响进行监督,形成工作合力,共同推进管网韧性提升工作。公众教育探索海绵城市理念与居民参与的推广路径。通过社区宣传、学校教育、媒体传播等多种渠道,普及海绵城市知识和给排水管网韧性提升的重要性。在社区开展科普讲座和实践活动,让居民了解身边的海绵设施及其作用;在学校开设相关课程,培养学生的节水意识和环保理念;利用电视、网络等媒体平台,宣传典型案例和成功经验,提高公众对海绵城市建设的认知度和认同感,引导居民积极参与管网维护和监督,共同营造良好的城市水环境。

结束语

在海绵城市理念指导下,市政给排水管网需从结构布局、功能配置到运行机制进行全面升级。通过低影响开发、智能化改造、非开挖修复及多功能调蓄等技术手段,可有效增强管网系统的抗风险能力和适应性。同时系统性规划、全过程管理与多部门协作机制也至关重要。未来应进一步加强技术创新与公众参与,推动城市水系统向更高水平的韧性化、智慧化迈进,从而实现城市可持续发展目标。

参考文献

- [1]姜月.基于海绵城市理念的市政排水系统优化设计[J].工程技术研究,2025,10(02):180-182.
- [2]李可科.基于海绵城市概念的城市道路内涝灾害整治方法[J].水利科学与寒区工程,2024,7(12):63-65.
- [3]陈菲菲.海绵城市理念在市政给排水设计中的应用[J].科技资讯,2022,20(17):139-141.
- [4]温智理.海绵城市理念下城市排水设计研究[J].城市建筑空间,2022,29(8):213-215.