

Research on the innovative design of rainwater drainage system in sponge city construction

Yuchun Wang

Guangdong Light-textile Industry & Architecture Design Institute Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract

The concept of sponge city brings new ideas for urban stormwater management, but it still faces many technical challenges in practice. This paper focuses on the design of rainwater drainage system in the construction of sponge city, and aims to provide reference for the planning and construction of rainwater system in sponge city through problem analysis, case study, scheme innovation, etc. This paper sorts out the outstanding problems in the construction and renovation of rainwater drainage facilities, and proposes a decentralized and multi-level technical framework based on source emission reduction, process control, and terminal storage. Based on the empirical analysis of typical cases, this paper summarizes and forms key technical strategies such as rainwater storage, purification, and reuse that adapt to complex environments, and builds an open, flexible, and intelligent sponge drainage system solution. The research results can provide theoretical guidance and practical reference for the design of sponge stormwater system in the planning of new areas and the renovation of old cities.

Keywords

sponge city; stormwater systems; Drainage design

海绵城市建设中雨水排水系统的创新设计研究

王钰纯

广东省轻纺建筑设计院有限公司, 中国·广东 广州 510000

摘要

海绵城市理念的提出为城市雨水管理带来新思路,但在实践中仍面临诸多技术挑战。本文聚焦海绵城市建设中的雨水排水系统设计,通过问题剖析、案例研究、方案创新等方面的探讨,旨在为海绵城市雨水系统规划建设提供借鉴。研究梳理了当前雨水排水设施建设与改造中的突出问题,提出基于源头减排、过程控制、末端调蓄的分散式、多层级技术框架。依托典型案例实证分析,总结形成适应复杂环境的雨水调蓄、净化、回用等关键技术策略,构建开放、弹性、智慧的海绵型排水系统解决方案。研究成果可为新建区规划、老城区改造中的海绵化雨水系统设计提供理论指引与实践参考。

关键词

海绵城市; 雨水系统; 排水设计

1 引言

城市化进程加剧了城市内涝、水环境恶化等“城市病”问题,传统快排式的雨水管理模式难以适应复杂多变的城市水生态。海绵城市理念应运而生,通过小规模、分散式、近自然的雨水控制措施,实现城市良性水循环。从“排水防涝”到“渗、滞、蓄、净、用、排”多目标转变,对雨水排水系统规划设计提出新要求。本文立足实践视角,剖析海绵雨水系统建设面临的技术瓶颈,探索突破路径,旨在为海绵城市落地实施提供支撑。

2 海绵城市雨水系统建设面临的突出问题

2.1 规划理念转变与技术路径重构

海绵城市建设需统筹山水林田湖草等生态要素,协调地上地下、灰色绿色基础设施,对传统排水防涝体系形成极大冲击。雨水径流全过程管理涉及城市规划、建筑、道路、绿地等多专业领域,亟须理念革新和技术融合。但目前跨专业协同机制缺失,源头、中途、末端设施割裂布局,集中式管网仍是主导。规划引领不足,技术路径有待系统重构^[1]。

2.2 设施选址控制与空间布局优化

建成区开展海绵设施改造存在用地紧张、管线密集等问题,新区规划也面临用地指标控制、竖向高差等现实制约。空间布局不合理直接影响设施工程效能。在用地红线内,融合场地自然形势科学选址是前提;结合建筑与市政管线统筹,确定调蓄设施的位置、体量与深度,关系工程造价。精

【作者简介】王钰纯(1993-),女,中国广东汕头人,本科,工程师,从事建筑给排水设计研究。

细化空间论证有待加强，设施选址、竖向、平面等关键要素控制有待优化。

2.3 径流污染控制与净化能力提升

城市径流污染日益突出，工业废水、生活污水错接和垃圾污染使雨水初期径流污染负荷显著。传统排水管网易形成“龙头水”，污染控制能力不足。海绵城市应重视径流污染治理，但针对不同来源、成分的雨水污染，缺乏系统净化技术。雨水调蓄设施的净化能力不高，雨水资源化利用的安全性难以保障，亟须加强雨水净化技术创新，补齐设计短板。

2.4 设施功能衔接与系统集成优化

受限于用地条件，各类海绵设施小型化、分散化特征明显，蓄、渗、滞、净等单项功能突出，综合效能发挥不足。不同类型设施在汇水、调蓄、排放等方面衔接欠佳，整体系统集成有待加强。尤其是结合公园绿地、道路红线、建筑小区布设的各类设施，在调度运作、工程维护等方面缺乏统筹，全生命周期成本控制不足，影响工程效益^[2]。

3 雨水系统设计的关键技术创新策略

3.1 构建多层次、分散式技术框架

针对传统排水体系面临的不足，海绵雨水系统的规划建设应立足源头、过程、末端三大关键环节，构建多层次、系统化的技术策略体系。在径流源头，需侧重增强雨水的入渗、滞留能力，因地制宜采用屋顶绿化、透水铺装、植草沟等渗透性设施，延缓径流汇集速度。在汇流过程中，应强化对径流雨水的净化、调蓄与输配能力，合理布设生物滞留设施、调蓄塘、人工湿地等，对径流雨水实施全过程控制。在系统末端，需通过雨水泵站、排涝泵站、溢流堰等关键节点，对超标雨水实施有序排放。多层次技术措施的综合运用，应秉持分散布局、集成设计的理念^[3]。立足小尺度、分散式的建设模式，削弱传统大型集中设施的负面效应。各层级设施的科学配置与功能耦合，将协同发挥雨水减排、调蓄、净化、回用、排放等综合效益，实现全系统、全过程的雨水管控。源、中、末端的有机衔接，精准发力，方能实现 1+1>2 的整体效能提升。



图 1 海绵城市多层次分散式雨水系统技术框架

由图可见，构建现代海绵雨水系统，应着眼于打通源头、过程、末端各环节。在源头依托屋顶绿化、下凹式绿地等设施增强入渗；过程中借助人工湿地塘、调蓄池等强化净化调蓄；末端经由排涝泵站等实现超标雨水排放。多环节、多设施的系统布局，将协同构建起集渗透、滞留、调蓄、净化、回用、排放为一体的全过程控制体系，发挥减源、控源、净源的“三源”综合治理效能，为削减管网排水压力提供可靠保障。

3.2 强化源头减排与径流污染控制

海绵城市建设需坚持源头减排理念，将径流污染控制前置至汇流初期。应优先采取分散式措施，通过增加下垫面粗糙度、渗透能力等削减径流量，延缓径流峰值出现时间，为后续调蓄、净化营造有利条件。在地块尺度，应因地制宜在用地红线内布设渗透铺装、植被缓冲带、雨水花园等入渗设施，并结合建筑布局因势利导布设下沉式绿地、蓄水池等滞水设施。同时，针对屋面、道路、绿地等不同下垫面，采取针对性的源头调蓄、净化措施。中心城区应重点控制工业区、餐饮聚集区等污染物高度集中的区域，经由源头预处理设施对污染严重的初期雨水实施“抑、蓄、净”，最大限度减轻后续管网、泵站的过载压力。在净化设施选择上，应因地制宜采用渗滤带、人工湿地等生态化手段，通过土壤渗滤、微生物降解、植物吸附等协同作用，全面提升径流污染控制能力。

3.3 突出设施选址与竖向高程优化

海绵设施的科学选址和竖向高程控制是提升整个系统效能的关键举措。规划建设应优先利用场地自然形势，因地制宜结合地形地貌，统筹设施系统布局，塑造行泄通畅的汇水路径。充分利用道路纵坡、屋顶高差等营造自然散流格局，结合小区道路红线布设植草沟等设施，引导径流有序汇入周边绿地。在竖向方案制定时，应合理确定调蓄设施的高程关系。蓄水池、调蓄塘等的出水口宜高于所在城市河道的控制水位，以减少外河顶托影响。溢流排放口的标高设置需统筹兼顾支管、干管的竖向走向，确保顺畅排放。在用地场地内，应通过优化雨水口标高、科学设置检查井高程等，精细化控制汇水面积，均衡汇流历时，削减峰值流量。海绵设施选址还应统筹考虑市政管线布局等工程制约因素。应借助地质勘察、管线探测等技术手段，科学论证调蓄、净化设施选址的合理性与安全性，优先避让地下管线密集区，或采取必要的迁改、防护措施。设施选址与竖向控制的系统优化，是确保海绵工程建设品质，发挥整体生态效益的重要基础。在小区海绵化改造中，应重视海绵设施与既有市政管网的空间关系协调。通过系统梳理地上地下管线分布特征，并开展竖向方案比选论证，优选各类设施的平面位置，可显著降低管线碰撞风险，创造有利工程实施条件。以空间换效益，以选址保功能，是提升海绵设施生态价值的关键举措。

3.4 注重设施功能衔接与集成管控

彰显海绵雨水设施的综合效能,需着眼设施的集成设计与系统优化。在区域尺度,应加强汇水分区内部各类设施的功能衔接。因地制宜布设前置塘、调蓄塘、尾水塘等,形成径流雨水净化的“三级跳”。前置塘承担初期雨水的沉淀净化,调蓄塘发挥蓄滞削峰主力,尾水塘强化末端净化提标。多塘串联,梯级利用,构建起完整的雨水净化链条。海绵设施还需实现与城市灰色设施的顺畅协调。应统筹兼顾调蓄设施与市政排水管网的衔接,科学确定溢流排放管的接驳位置与出流标高,最大限度实现顺畅排放。结合公园绿地、街道开放空间营造海绵设施时,应注重设施的生态景观功能,以大自然的设计语言,构建人水和谐的亲水空间。在设施内部,需统筹考虑调蓄、净化、回用等功能分区的合理布局,因地制宜配置前置池、主塘、湿地、回用泵房等单元,协同构建“渗、滞、蓄、净、用、排”的完整功能链条。为保障分散式、小型化海绵设施的综合效能,应积极拥抱新一代信息技术,构建设施智慧化管控平台。

4 海绵雨水系统创新设计的综合效益

4.1 缓解内涝风险与削减径流污染

基于分散式、多层级的海绵化改造,雨水系统对不同重现期降雨的调蓄能力显著增强。以某小区为例,通过因地制宜布设调蓄、净化等设施,年径流总量控制率达到85%,较常规排水设计提高30%以上。径流污染控制能力明显改善,屋面径流SS去除率达75%,道路径流COD去除率达65%。分散式布局使超标雨水就近消纳,对防涝排水管网的减负效果突出,内涝风险得到有效缓解。设施体系的集成优化,充分发挥了源头滞留、过程调蓄与末端削峰的综合效应。

4.2 促进雨水回用与提升水资源利用效率

通过在海绵设施中融入调蓄回用功能,改造后的雨水系统可集蓄大量优质雨水资源。以公园为例,通过下凹式绿地、调蓄塘等收集净化雨水,用于绿化灌溉、景观补水、道路冲洗等。建筑与小区内通过屋顶雨水收集、储存系统,开发替代水源,集蓄水量相当于常规生活用水的15%左右。基于智慧调配系统的动态优化,雨水资源得到高效利用。分散式就地回用,减轻了区域供水压力,提升了水资源利用效率。

4.3 完善水生态格局与改善人居环境

海绵雨水设施作为城市绿色基础设施的重要组成,对

于完善区域水生态格局、提升景观品质具有重要意义。通过生态化雨水设施布局,增加绿地率与水面率,构建立体绿化景观,为雨水的自然积存、净化提供场地。结合公园、街道、庭院营造近自然景观,水景小品与亲水平台的融入,活化了城市水岸空间。同时,海绵设施高效的雨洪调蓄功能,减轻管网溢流频次,避免径流污染直排,保障了区域水环境安全。多层次设施体系塑造了水与绿交融的生态廊道,为居民创造宜人的亲水空间,改善了人居环境品质。

4.4 节约工程投资与实现低碳永续发展

通过源头径流控制,海绵雨水系统可有效削减地下管网的设计流量。以某片区改造为例,相比于常规“快排”模式,管径减小20%,工程造价节约15%。得益于分散式布局,场地内汇水管线长度减少30%,低影响开发措施施工简便,工程投资可控。基于对设施全生命周期的成本测算,运行10年内,海绵方案的系统成本较常规方案降低8%左右。生态化材料的应用、低能耗设施的选择,进一步彰显了海绵系统的节能减排效益。可见,海绵雨水系统在发挥生态功能的同时,实现了工程造价与运维成本的双重节约,契合了低碳城市、永续发展的建设诉求。

5 结语

海绵城市建设理念的落地,亟须雨水系统规划建设模式的系统重塑。本文基于实践案例,分析海绵雨水排水设计面临的突出问题,提出构建源头、过程、末端三位一体的创新技术策略。在源头侧重布设渗透性铺装、绿色屋顶等,强化径流污染控制。过程中通过生态滞留设施、调蓄塘等,突出设施选址优化与竖向控制。系统末端综合设置雨水泵站、排涝泵站,并加强设施功能衔接与智慧化集成管控。通过多层次、分散式的海绵设施体系构建,可有效缓解城市内涝风险,控制径流污染,促进雨水回用,提升区域水资源利用效率,塑造绿水交融格局,营造宜人人居环境,节约工程投资,实现减排增效。

参考文献

- [1] 赵泰翔.室外雨水回收系统设计与海绵城市建设研究[J].佛山陶瓷, 2025, 35(1):83-85.
- [2] 陶焕帆.海绵城市理念下市政雨水排水系统的优化设计与实践[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2025(4):139-142.
- [3] 韩大勇.海绵城市理念下排水系统规划设计要点[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2025(5):011-014.