

城市水系统规划中雨水资源利用与海绵城市建设融合研究

彭标 熊浩森

长江水利委员会水文局长江上游水文水资源勘测局

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6370

[摘要] 随着城市化的加快与气候变化加剧,城市面临水资源短缺与雨洪管理双重压力。传统排水模式难以应对,雨水资源利用与海绵城市建设相结合成为可持续发展的关键路径。本文通过探讨现代城市水系统规划中雨水利用技术及其应用潜力,分析不同区域雨水收集净化技术特点,深入解读海绵城市理念及设施建设目标,提出了融合雨水利用与海绵城市的整体策略,包括规划设计优化与管理机制构建等。综合分析了实现防洪减灾、水资源开发与生态保护协同发展,两者融合可提升城市水环境韧性,带来长期生态和社会经济效益。以重庆为例,相关研究为政策制定和技术实践提供支撑,旨在为城市科学规划提供理论依据,推动绿色低碳发展。

[关键词] 城市水系; 雨水资源; 海绵城市

中图分类号: TU823.6 **文献标识码:** A

Research on the Integration of Rainwater Resource Utilization and Sponge City Construction in Urban Water System Planning

Biao Peng Haomiao Xiong

Bureau of Hydrology and Water Resources Survey of the Upper Yangtze River, Hydrology Bureau of Changjiang Water Resources Commission

[Abstract] With the intensification of urbanization and climate change, cities are facing dual pressures of water scarcity and rainwater management. The traditional drainage mode is difficult to cope with, and the combination of rainwater resource utilization and sponge city construction has become a key path for sustainable development. This article explores rainwater utilization technology and its application potential in modern urban water system planning, analyzes the characteristics of rainwater collection and purification technology in different regions, deeply interprets the concept of sponge city and facility construction goals, and proposes an overall strategy that integrates rainwater utilization and sponge city, including planning and design optimization and management mechanism construction. Through comprehensive analysis, achieve coordinated development of flood control and disaster reduction, water resource development, and ecological protection. The integration of the two can enhance the resilience of urban water environment and bring long-term ecological and socio-economic benefits. Taking Chongqing as an example, relevant research provides support for policy formulation and technical practice, aiming to provide theoretical basis for urban scientific planning and promote green and low-carbon development.

[Key words] urban water system; Rainwater resources; Sponge City

前言

随着城市化进程加快,传统排水系统难以应对内涝频发与水资源短缺的双重压力。雨水作为可再生资源,在缓解供水紧张、补充地下水及改善生态环境方面具有重要意义。通过科学收集利用,可应用于绿化灌溉、道路清洁等领域,减少对淡水资源依赖并降低面源污染。在此背景下,中国于2012年提出“海绵城市”理念,并将其上升为国家战略。该理念强调城市应具备吸

水、蓄水、渗水、净水等“弹性”功能,结合自然生态与人工措施构建可持续水系统。例如重庆在“两江四岸”整治中广泛应用透水铺装、生态湿地等技术,有效提升防洪排涝能力并改善微气候环境,推动城市水管理向综合利用和生态导向转型。

1 雨水资源利用分析

1.1 雨水收集技术

雨水收集是雨水资源利用的第一步,常见技术包括屋顶、道

路和绿地集雨系统,分别通过屋面导流、道路坡度引流和渗透性地表实现储水与净化。技术选择需结合降雨特征、地形和城市布局,如山地城市可结合屋顶集雨与重力输水以提高效率。随着技术发展,智能化系统如物联网监测装置逐步应用,提升了雨水收集的自动化与适应能力,为城市雨水管理和海绵城市建设提供了新支持。

1.2 雨水净化方法

雨水在降落过程中可能携带空气中的污染物及地表杂质,需净化处理后方可利用。常用方法包括沉淀过滤、生物处理和化学处理。沉淀过滤通过沉砂池、格栅去除大颗粒悬浮物;生物处理利用人工湿地等生态手段降解有机物、吸附重金属;化学处理则用于控制特定污染指标,如活性炭吸附或消毒剂杀菌。实际工程中多采用多级组合工艺提升处理效果,如重庆某工业园区采用“初流弃流+沉淀过滤+人工湿地”流程,使雨水达到工业冷却用水标准,实现资源回用,减少对传统供水依赖,具有良好的环境与经济效益。

1.3 雨水利用效益

雨水资源的有效利用在缓解城市水资源供需矛盾、改善生态环境和减轻洪涝灾害等方面具有多重效益。通过绿化灌溉、道路清洗、景观补水及部分工业用途,雨水可替代一定比例的常规水源,尤其对水资源紧缺地区意义重大。同时,其就地消纳和分散式调蓄可减缓暴雨对排水系统的压力,降低内涝风险。生态化利用还推动绿色基础设施建设,提升城市生态韧性和宜居水平。例如,长江上游部分海绵城市试点结合本地条件构建多层次雨水利用体系,通过屋顶绿化、透水铺装、雨水花园等措施,增强雨水下渗能力,改善城市水循环,提升生态环境质量,表明科学规划雨水利用有助于推动生态文明建设与城市功能协同发展^[1]。

2 海绵城市建设概述

2.1 海绵城市设计理念

海绵城市是一种新型城市发展理念,旨在通过透水铺装、绿色屋顶、雨水花园、人工湿地等措施,模拟自然水文循环,提升城市在降雨中的“弹性”应对能力。它利用植被与土壤微生物实现雨水的吸水、蓄水、渗水与净化,降低地表径流速度与体积,减少城市内涝并补充地下水资源。该理念强调低影响开发,注重与自然和谐共生,从源头减轻雨水对排水系统的压力,改善生态环境,推动城市可持续发展。

2.2 关键设施建设

推动海绵城市建设需重点建设透水道路、雨水花园、绿色屋顶、湿塘和人工湿地等设施,以有效拦截、过滤和储存雨水,减少污染物进入水体。透水道路提升雨水下渗率,降低城市内涝风险;雨水花园通过植物净化水质并美化环境;人工湿地处理雨水中的氮、磷及悬浮物,改善水体质量。统筹规划还需建立雨水蓄排系统,合理利用地下储水空间,实现雨水在干旱季节的资源化利用,如绿化灌溉和道路清洗,提升城市抗洪防旱能力。

2.3 应用案例分析

近年来,国内多个城市积极探索海绵城市建设模式。以重庆为例,该市结合山地特征与内涝问题,在主城区推广下沉式绿地、雨水花园及透水道路建设,三年后极端降雨下街道路面积积水时间缩短约40%,雨水利用率显著提升。武汉作为首批试点城市之一,在东湖高新区建成5平方公里示范片区,集成应用绿色屋顶、生态滞留池与智能控制系统,年均收集雨水超20万立方米,有效服务农田灌溉并为公园景观补水。实践表明,海绵城市建设不仅能缓解城市内涝,还具有明显经济与社会价值,未来有望在政策支持和技术进步推动下加快在全国推广应用^[2]。

3 规划融合必要性

3.1 水资源压力挑战

近年来,随着城市化进程加快,水资源供需矛盾日益突出。长江上游部分地区降水量波动显著,干旱与洪涝交替,加剧了城市供水压力,人口增长和工业发展更进一步加重用水负担,传统供水方式难以为继。在此背景下,雨水作为一种可再生水源,其开发潜力逐渐受到关注。将雨水收集、净化与利用纳入城市水系统规划,有助于缓解资源紧缺,减少对自然水体的过度开采,促进可持续利用。同时,传统排水系统在极端天气下暴露出短板,频繁引发内涝。通过海绵城市建设,结合雨水调控技术,可提升城市应对强降雨的能力。统筹雨水利用与海绵城市规划,是保障城市水安全的重要路径。

3.2 生态城市发展需求

生态城市强调人与自然和谐共生,注重城市规划中的生态保护与资源循环利用。传统开发模式忽视雨水价值,导致地表径流增加、地下水补给减少和水质污染等问题。海绵城市理念通过“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施,模拟自然水文过程,恢复城市生态系统的自我调节能力。以重庆为例,该市通过透水铺装、雨水花园、绿色屋顶等措施,有效减少地表径流,提升雨水入渗率和利用率,用于绿化灌溉、道路清洗和景观补水等非饮用用途,降低自来水消耗,推动资源节约。同时,生态城市发展不仅是技术应用,更是城市治理理念的转变。将雨水资源管理纳入城市规划体系,有助于推动政府、企业与公众协同参与水资源保护与利用,形成多方共治的治理机制,助力现代城市转型。

3.3 政策支持背景

近年来,国家及地方政府高度重视水资源管理和海绵城市建设,出台多项政策推动雨水资源利用与城市规划融合。《国家新型城镇化规划(2021—2035年)》和《关于加快推进海绵城市建设的指导意见》明确了加强城市水资源管理、推进海绵城市建设的目标与路径。重庆市积极落实中央政策,截至2024年底,累计实施海绵城市建设项目超200个,涵盖居住小区、公共建筑、城市道路等多个领域,并初步形成本地化建设模式。财政补贴、税收优惠、绿色信贷等激励机制为项目落地提供资金保障。同时,国家标准《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》及地方规范逐步完善,为雨水资源利用工程的设计、施工和运营提供了技术支撑,进一步推动城市水系统规划与海绵城市建设的深度融合。

4 融合策略探讨

4.1 统筹规划设计

在城市水系统规划中,应统筹雨水资源利用与海绵城市建设,摒弃传统“快速排除”的理念,转而重视雨水作为可再生水资源的价值。以系统性思维指导整体布局,如深圳龙岗区结合地形与降雨规律,构建屋顶绿化、透水铺装、下沉式绿地等多级调蓄系统,有效降低地表径流并提升雨水就地利用率。同时,在总体规划阶段应同步制定雨水利用专项规划,依托GIS技术评估下垫面类型、土壤渗透能力及汇流路径,科学划定重点区域,并加强与园林、交通、建筑等专业的协调联动,实现空间布局与技术标准的匹配,形成协同效应,最大化发挥城市水系统的综合效益。

4.2 功能协同优化

为实现雨水资源高效利用,需在不同功能单元间建立协同机制,提升城市对雨水的吸纳、蓄滞和缓释能力,降低洪涝风险,并将雨水转化为农业灌溉、工业冷却等可用水源。以武汉东湖高新区海绵城市试点为例,其通过多功能湿地公园在雨季调蓄洪水、旱季用于绿地灌溉,提升了土地与水资源利用率。项目还注重生态与经济效益平衡,采用透水混凝土等低维护、高适应性技术,提升雨水下渗率并缓解热岛效应。

4.3 系统集成路径

实现雨水资源利用与海绵城市建设的深度融合,需依赖政策引导、技术支撑、监测评估与公众参与的系统集成。政府应制定法规与激励政策,明确各方责任,如北京要求新建小区配套建设雨水收集设施方可验收,推动了技术应用。技术上,应构建涵盖雨水收集、传输、处理与回用的完整链条,并引入智能控制实现对水位、水质及使用情况的实时监测调度,如上海浦东某商业体通过自动感应喷灌系统提升雨水利用率。同时,需建立绩效评估体系,设定年回收量、径流削减率等指标,定期评估并鼓励公众监督,结合信息公开与社区教育提升居民认知,形成社会共治氛围。只有多方协同推进,才能实现雨水利用与海绵城市的有机融合,助力城市可持续发展^[3]。

5 实施难点与对策

5.1 技术瓶颈的对策分析

在城市水系统规划中,雨水资源利用与海绵城市建设融合面临技术瓶颈,主要体现在雨水收集效率低、净化技术不足及智能化监控滞后。以重庆为例,地形起伏导致径流快,传统设施难以高效拦截,需采用新型透水材料和地下储水结构提升捕获率。雨水携带污染物复杂,现有沉淀-过滤-消毒工艺处理能力有限,亟需升级净化技术。此外,缺乏智能化监控影响设施运行管理。应加强技术研发,推广模块化设备,并结合物联网构建智能管理

平台,推动系统优化升级。

5.2 管理机制不完善的对策分析

管理机制不完善制约雨水资源利用与海绵城市建设,多部门职责不清导致政策执行效率低,部分项目落地难、设施维护不足。监测评估体系缺失影响成效评价和优化调整。需建立跨部门协作机制,设立专项管理机构,统筹规划审批、施工监管与运行维护,并制定绩效考核指标,结合大数据和遥感技术提升管理水平,确保措施有效落实。

5.3 资金问题的对策分析

资金问题是制约雨水资源利用与海绵城市建设融合发展的关键因素。相比传统排水工程,雨水收集、净化、回用等系统建设成本高、投资大、回报周期长,社会资本参与意愿不足。以重庆为例,海绵城市设施每平方米平均投资150~200元,远高于传统排水工程的80~100元,资金缺口明显。尽管政府可通过财政补贴、绿色债券等方式支持,但地方财政压力大,难以形成稳定资金来源。市场化机制尚不成熟,缺乏完善的PPP模式案例,企业投资顾虑较多。亟需探索多元化融资渠道,推动政府与社会资本合作,建立可持续回报机制,将雨水资源利用纳入基础设施基金范畴,引导金融机构开发绿色信贷产品,加大金融支持力度,并通过水资源费、生态补偿等政策工具筹集专项资金,保障项目持续推进。

6 结束语

在城市化加速背景下,雨水资源利用与海绵城市建设成为缓解水资源短缺和内涝问题的重要途径。研究表明,将雨水利用纳入城市水系统规划,结合海绵体设施建设,可提升城市应对极端天气能力,优化水资源配置,减少地表径流污染,改善生态环境。未来,智能监测、大数据与遥感技术将推动水系统管理向精细化、智能化发展,区域协同治理和公众参与也将进一步提升雨水利用效率。政策层面应完善法规、强化监管、加大财政支持、推动技术研发,并加强宣传引导,构建高效可持续的城市水生态系统,助力生态文明与高质量发展目标实现。

[参考文献]

- [1]温爽.城市排水系统规划中雨水资源化利用研究[J].黑龙江科学,2025,16(06):128-131.
- [2]孟付明,李玲,李海鹏,等.城市更新水系统规划要点探讨[J].城市道桥与防洪,2022,(01):108-110+17-18.
- [3]王志祥,果耕.城市更新中市政给排水系统规划设计策略研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(35):223-225.

作者简介:

彭标(1997—),男,湖北省恩施州人,大学本科,助工,主要从事水文与水资源工程。