

海绵城市建设中雨水径流污染控制技术的应用效果

戴水琴

上饶市中辉建设有限公司 江西上饶 334000

摘要:随着城市化进程的加快,城市雨水径流污染问题日益凸显,对城市水环境和生态系统造成了严重威胁。海绵城市建设作为一种新型城市雨洪管理理念,旨在通过一系列生态化技术措施,实现雨水的有效收集、存储、净化和利用,其中雨水径流污染控制技术是关键环节之一。本文主要介绍了海绵城市建设中常用的雨水径流污染控制技术,包括植被缓冲带、生物滞留设施、雨水湿地等,并结合实际案例分析了这些技术的应用效果,旨在为海绵城市建设中雨水径流污染控制提供参考和借鉴。

关键词:海绵城市;雨水径流污染;控制技术;应用效果

引言

近年来,城市化和工业化快速发展使城市下垫面巨变,自然植被被不透水建筑、道路取代,导致雨水汇流加快、径流量大增,还形成雨水径流污染,携带悬浮物、有机物、重金属等污染物。这不仅恶化城市水体水质、影响景观和生态,还可能污染地下水、威胁居民饮用水安全。海绵城市建设理念为解决该问题提供新思路,它强调城市应像海绵,下雨吸水、蓄水、渗水、净水,需时释水利用。在海绵城市建设中,合理应用雨水径流污染控制技术是实现水资源可持续利用和改善水环境的关键,采用生态化处理技术可削减污染物、减少污染负荷,实现雨水资源化利用、提高水资源利用率。因此,深入研究该技术及其应用效果具有重要现实意义。

一、海绵城市与雨水径流污染控制概述

(一) 海绵城市理念及其发展历程

阐述海绵城市理念及其发展历程,旨在揭示其从理论萌芽到国家战略的演进,助于理解政策背景与科学内涵。其核心是城市像海绵般应对环境变化和自然灾害,本质是尊重、顺应自然的低影响开发模式,是对传统“快排”模式的反思超越。该理念源于20世纪70年代西方国家雨洪管理理念,强调源头控制模拟自然水文循环。中国因城市化加速,内涝和雨水径流污染问题突出,传统排水系统难应对,遂引入并本土化发展。2014年住建部发布指南,2015年国务院办公厅印发意见并启动试点。这表明海绵城市理念是解决城市水问题的战略选择,为城市水问题综合治理提供顶层设计和理论指导。

(二) 雨水径流污染的主要类型与特征

深入分析雨水径流污染类型与特征,可精确识别污染控制对象与难点,为海绵城市技术选择提供依据。雨水径流污染属非点源污染,污染物来源分散、排放途径不固定,控制难。其类型因城市下垫面而异,屋面径流污染物源于建筑材料等,道路径流污染物复杂,绿地和公园径流与土壤侵蚀等有关。城市初期雨水径流污染严重,有“初期冲刷效应”。其特征是时空分布不均、随机性强、成分复杂且浓度波动大,需源头减排和过程控制。精确认知污染类型与特征对海绵城市设施设计和评估至关重要^[1]。

(三) 传统雨水管理方式的不足

剖析传统雨水管理方式的不足,凸显海绵城市理念的必要性与紧迫性。传统方式核心是“快速排放”,靠灰色基础设施排水,在现代高密度城市中不足明显。一是加剧内涝风险,硬质铺装使雨水下渗难,易形成内涝;二是加重径流污染,雨水直排使水体恶化;三是破坏自然水文循环,导致地下水位下降和城市热岛效应;四是建设和维护成本高。传统方式被动、单一且不可持续,与城市可持续发展目标悖悖,需寻求替代方案。

(四) 海绵城市在雨水径流污染控制中的作用与优势

论述海绵城市在雨水径流污染控制中的作用与优势,明确其作为系统性方案可克服传统方式不足,实现多重效益统一。海绵城市重塑雨水循环,构建低影响开发设施形成源头控制系统。源头增加下渗、削减污染,传输中初步净化,末端处理储存雨水实现资源化利用。其优势在于综合性和可持续性,能协同控制污染与防治内涝,结合灰色与绿色基础设施,统一生态与社会效益,促进

水资源良性循环。海绵城市是城市可持续发展的关键路径,研究应用意义深远^[2]。

二、雨水径流污染控制技术体系

(一) 源头控制技术

源头控制技术是雨水径流污染控制首道防线,核心是在雨水产生地就地消纳净化,减少径流量与污染负荷,实现“微循环”管理。绿色屋顶技术通过构建植被、基质等层,利用植物根系等作用滞留雨水、削减径流峰值、去除污染物,还有改善建筑热工等附加效益。透水铺装技术用透水材料使硬化地面可渗透,雨水下渗补充地下水,垫层和土壤过滤吸附污染物,降低径流污染。该技术改变传统模式,前置污染控制责任,是构建“会呼吸”城市肌理基础,推广对缓解城市面源污染有决定性意义。

(二) 过程控制技术

过程控制技术承接源头控制,引导径流迁移并净化,价值是构建城市地表“绿色脉络”,收集、传输和处理径流。植草沟替代雨水管道,利用沟底植被和土壤去除径流污染物,减缓流速、提高去除效率且景观融合度好。雨水花园在低洼处建浅凹绿地,形成生物滞留系统,削减径流营养物质、固定重金属,储存和下渗雨水。该技术将污染控制融入公共空间,结合市政与生态功能,是连接源头与末端、削减污染的桥梁,科学布局对保障雨水管理系统重要。

(三) 末端控制技术

末端控制技术是雨水入自然水体前最后屏障,核心是集中深度处理剩余径流,确保水质达标。人工湿地模拟自然湿地,通过基质等协同作用处理雨水,对营养物质去除效果好,有多重功能,规模和处理能力可灵活设计。渗滤系统用渗透性介质深层渗透雨水,利用土壤-含水层净化水质,补给地下水。该技术应对高强度污染区域有效,为雨水径流污染控制系统提供保障,是实现城市水循环和生态健康的重要保障^[3]。

(四) 技术组合应用与系统集成策略

技术组合应用与系统集成策略是海绵城市雨水径流污染控制从理论到实践、从单体到网络的关键,价值是实现系统协同效应,构建整体解决方案。单一技术有局限,需根据城市不同区域情况科学选型与布局。系统集成策略将源头、过程、末端技术视为整体,通过模型模拟优化确定配置方案,形成控制网络。如城市片区可结合多种技术实现源头减排、径流处理和末端净化。组合应用可最大化去除污染物、梯级利用雨水,以最优成

本应对城市雨水问题,是实现海绵城市建设目标的核心路径。

三、雨水径流污染控制技术的应用效果

(一) 污染物去除效率评估

污染物去除效率评估是衡量雨水径流污染控制技术核心功能的最直接指标,其价值在于为技术的筛选、设计、优化和管理提供客观、可靠的数据支撑。评估工作并非简单地给出一个总去除率,而是基于长期、连续的水质水量监测数据,对不同技术、不同污染物类型进行精细化、多维度的效能分析。具体而言,监测指标涵盖悬浮固体、化学需氧量、总氮、总磷、重金属以及石油类等典型雨水径流污染物。评估方法包括对设施进、出水口水样的定期采样与实验室分析,结合在线监测设备获取的高频数据,以计算不同降雨事件(如小雨、中雨、暴雨)下,各项污染物的浓度去除率和负荷去除率。例如,对透水铺装的评估会量化其对悬浮固体和重金属的截留能力;对雨水花园的评估则重点关注其对氮、磷等营养物质的生物降解和吸附效果。通过这种严谨的评估,可以明确不同技术的优势污染物去除谱和最佳工况,揭示其在不同降雨强度、不同干湿期交替条件下的性能波动规律。这些数据对于修正设计参数、优化运行维护策略、建立区域性的污染物削减模型具有不可替代的科学价值,是确保海绵城市设施持续、高效发挥污染控制作用的基础^[4]。

(二) 对城市水文循环的改善作用

对城市水文循环的改善作用是海绵城市雨水径流污染控制技术的一项重要衍生价值,其意义在于从源头上修复因城市化而受损的自然水文过程,增强城市对水循环的调节能力。传统城市开发模式导致大面积地表硬化,使得雨水下渗量锐减,地表径流峰值提前且流量倍增,加剧了城市内涝风险和河道基流衰减。海绵城市技术的应用,通过增加城市表面的可渗透面积和蓄滞空间,显著改变了这一过程。源头和过程控制技术,如透水铺装、绿色屋顶、植草沟等,能够将大量雨水就地入渗,直接补充土壤水和地下水,抬升地下水位,从而恢复城市的自然水文补给功能。同时,这些设施通过其自身的蓄水容积,延缓了径流的产生时间,削减了径流峰值流量,将快速、集中的地表径流转变为缓慢、分散的释放过程,有效减轻了下游排水管网和河道的行洪压力。末端控制技术,如人工湿地和渗滤系统,则进一步调蓄和净化来自片区的径流,实现水资源的再利用或安全排放。这种对水文循环的改善,其价值不仅体现在防洪排涝安全性

的提升,更在于维持了城市河流、湖泊的生态基流,保障了水生态系统的健康稳定,是实现城市水资源可持续利用和构建韧性水系统的重要体现。

(三) 对城市生态环境的影响

对城市生态环境的影响是评估海绵城市雨水径流污染控制技术综合效益的关键维度,其价值在于揭示了这些工程措施超越单纯水污染控制的生态服务功能,为提升城市整体环境质量和居民福祉做出贡献。首先,海绵设施的建设直接增加了城市绿地面积和生物栖息空间。绿色屋顶、雨水花园、植草沟和人工湿地等,本质上都是城市中的微型生态系统,它们为鸟类、昆虫和本土植物提供了生存繁衍的场所,有助于提升城市生物多样性。其次,这些设施通过植物蒸腾作用和水分蒸发,能够有效降低周边环境的温度,缓解城市热岛效应,改善城市微气候。同时,植被和土壤能够吸附空气中的粉尘和部分气态污染物,起到净化空气的作用。此外,美观的雨水花园和人工湿地等设施,将原本冰冷的灰色基础设施转变为具有景观价值的绿色空间,提升了城市景观的舒适度和美学价值,为市民提供了更多亲近自然、休憩游憩的场所,从而促进居民的身心健康。这种对生态环境的正面影响,使得海绵城市建设不再仅仅是市政工程,而是成为城市生态修复、环境品质提升和宜居城市建设的重要组成部分,其产生的生态效益和社会效益远超其工程本身的投资成本^[5]。

(四) 实施过程中存在的主要问题与改进方向

实施过程中存在的主要问题与改进方向是确保海绵城市建设能够持续健康发展的现实反思与前瞻性规划,其价值在于通过识别瓶颈、总结经验,为未来的技术革新、政策制定和管理优化提供明确指引。当前实施过程中暴露出的问题主要集中在几个方面。一是技术层面,部分设施的设计参数与实际场地条件匹配度不高,导致运行效果未达预期;部分设施在长期运行后存在堵塞、结构损坏、功能退化等问题,缺乏标准化的、长效的维护管理机制。二是规划与建设层面,海绵城市理念与现有城市规划体系、市政建设标准的融合仍不够深入,存在“两张皮”现象;项目多呈点状、分散式分布,未能形成有效的区域联动效应,系统整体效益未能充分发挥。三是管理层面,跨部门协调机制不畅,资金投入与长效运维保障机制不健全,专业技术人员和人才短缺。针对这些问题,未来的改进方向应包括:在技术层面,

加强对不同气候区、不同土壤类型下海绵设施长期性能的监测与研究,建立动态的、基于本地数据的优化设计方法与运维技术规程。在规划层面,推动海绵城市专项规划与城市总体规划、控制性详细规划的深度融合,将海绵城市建设要求法定化、常态化,并强调系统性、网络化的整体布局。在管理层面,建立健全从设计、施工、验收到运维的全生命周期管理制度,明确各方权责,探索多元化的投融资模式,保障设施长效运行,并加强专业人才培养。通过对这些问题的系统性梳理和改进方向的明确,本研究不仅为当前海绵城市建设中的难题提供了解决思路,更为其未来的高质量发展奠定了坚实的理论与实践基础。

结语

海绵城市建设中雨水径流污染控制技术在污染物去除、改善城市水文循环、影响城市生态环境等方面展现出显著成效,为城市的可持续发展提供了有力支撑。然而,在实施过程中也暴露出技术、规划建设和管理等层面的诸多问题。未来,需进一步加强技术创新,完善相关设计与运维标准,促进海绵城市理念与城市规划建设的深度融合,建立健全跨部门协调机制和全生命周期管理制度,吸引更多资金投入和培养专业人才。只有这样,才能不断提升雨水径流污染控制技术的应用效果,推动海绵城市建设迈向新的台阶,实现城市水资源的高效利用、生态环境的持续改善和居民生活质量的显著提高,让城市真正成为人与自然和谐共生的美好家园。

参考文献

- [1] 杨志鹏.基于雨水净化的城市花园设计优化研究[D].南昌工程学院,2019.
- [2] 张哲.基于区域雨水径流峰值和污染控制的调蓄设施设计研究[D].北京建筑大学,2019.
- [3] 包木平.四种不同结构透水路面对雨水径流水文控制效果和污染物削减作用研究[D].西安建筑科技大学,2019.
- [4] 黄爽.生物滞留设施填料筛选及植草对径流雨水控制试验研究[D].沈阳建筑大学,2019.
- [5] 徐玮瞳,王建龙,武彦杰,等.雨水花园对雨水径流热污染控制效果试验研究[J].水利水电技术,2020(009):051.