

Research on the Optimization Design of Urban Road Drainage System under the Concept of Sponge City

Yibo Wang

Tianjin Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Tianjin, 116089, China

Abstract

With the acceleration of urbanization, traditional urban drainage systems have become inadequate in meeting modern cities' demands for flood control, environmental protection, and water resource utilization. Urban flooding has grown increasingly severe, while extreme weather events exert significant pressure on water resource management. The sponge city concept, as an innovative water management model, not only focuses on rapid rainwater discharge but also emphasizes optimizing drainage systems through infiltration, storage, purification, and utilization. This paper explores the optimized design of urban road drainage systems under the sponge city framework, analyzes the shortcomings of traditional drainage systems, and proposes technical approaches integrating ecological, green, and sustainability principles—such as permeable paving and rain gardens. Case studies validate the feasibility and effectiveness of these solutions. Research indicates that the sponge city concept can significantly enhance urban road drainage systems' flood prevention capabilities and water resource utilization efficiency, providing effective solutions for addressing future extreme weather and climate change challenges.

Keywords

sponge city; urban road drainage system; optimization design; water resources management

海绵城市理念下城市道路排水系统优化设计研究

王艺博

天津市政工程设计研究总院有限公司, 中国·天津 116089

摘要

随着城市化进程的加快,传统的城市排水系统已难以满足现代城市在防洪排水、环境保护和水资源利用方面的需求,城市内涝问题日益严重,极端气候对水资源管理造成了巨大压力。海绵城市理念作为一种创新的水资源管理模式,不仅关注雨水的快速排放,还强调通过渗透、蓄积、净化和利用来优化排水系统。本文探讨了海绵城市理念下城市道路排水系统的优化设计,分析了传统排水系统的不足,提出了结合生态、绿色和可持续性原则的技术路径,如透水铺装和雨水花园等,并通过案例验证了其可行性与有效性。研究表明,海绵城市理念能够显著提升城市道路排水系统的防洪能力和水资源利用效率,为应对未来极端天气和气候变化提供有效解决方案。

关键词

海绵城市; 城市道路排水系统; 优化设计; 水资源管理

1 引言

随着城市化进程的加速,传统的城市排水系统在应对极端天气和内涝等灾害时暴露出许多问题。传统排水系统主要依赖管道快速排水,忽视了雨水的蓄渗、净化和再利用,导致水资源浪费和水污染。海绵城市理念提出通过渗透、滞留、蓄水和净化等生态手段,让城市像海绵一样吸水、储水、净水、排水,从根本上解决内涝问题,提升水资源利用率,减少水污染。将海绵城市理念融入城市道路排水系统设计,可以有效应对城市水资源管理困境和气候变化挑战。本文将

探讨海绵城市理念在道路排水系统中的应用,分析优化设计提升排水系统功能的方案,并通过案例展示其在解决内涝和提高水资源利用方面的优势。

2 海绵城市理念概述

2.1 海绵城市的定义与发展历程

海绵城市这一概念最早起源于欧美国家,其核心目标是通过生态手段改善城市排水系统,缓解内涝问题,并有效推动雨水资源的循环利用。与传统的“排水为主”系统不同,海绵城市理念倡导通过渗透、滞留、蓄水和净化等方式,在城市基础设施设计中充分考虑雨水的回收和利用。这一理念并非单纯的排水设计,而是一个系统化的综合设计,涵盖城市规划、道路建设、绿地覆盖和水资源管理等方面。在全球

【作者简介】王艺博(1992-),男,中国黑龙江哈尔滨人,本科,工程师,从事道路桥隧研究。

气候变化和极端天气频发的背景下，海绵城市得到了越来越多国家的关注，并被广泛实践。在我国，随着城市化进程的加快，海绵城市的建设逐渐被纳入政府规划，并取得了一定的应用成果。各地城市纷纷在试点区域展开海绵城市建设，探索出符合本地实际情况的雨水管理模式，推动了城市环境的绿色转型。

2.2 海绵城市的核心功能与目标

海绵城市的设计理念围绕五大核心功能展开，分别是渗透、滞留、蓄水、净化和排水。这五个功能相辅相成，旨在全面提升城市的水资源管理能力。首先，通过渗透性铺装和雨水花园等措施，海绵城市增加地面水分的渗透率，减少雨水的地表径流，帮助缓解暴雨时的排水压力。其次，滞留功能在特定区域积存雨水，防止瞬时强降雨过量进入排水系统。第三，蓄水功能通过建设雨水收集设施，为城市提供可再利用的水源，缓解水资源紧张问题。第四，雨水净化设施如湿地和雨水花园等，能够自然净化雨水，减少污染物的排放。最后，海绵城市通过完善的排水系统，在极端降雨情况下，将多余的雨水有效排出，防止内涝的发生。这五大功能协同工作，为城市提供了一种高效、可持续的水资源管理解决方案。

2.3 海绵城市在国内外的应用现状

在全球范围内，海绵城市的应用已有多年的历史，尤其在欧美等发达国家，海绵城市理念的实施已经取得了一定的成效。美国的“低影响开发”（LID）项目、德国的雨水管理模式和新加坡的“绿色城市”项目，均为海绵城市理念的成功实践案例。它们通过渗透、滞留、蓄水等措施，有效缓解了城市内涝问题，并推动了雨水的循环利用。

在中国，海绵城市的建设起步较晚，但近年来取得了显著进展。2014年，国家住建部启动了海绵城市试点项目，多个城市开始探索海绵城市的建设路径。通过对不同城市的案例研究，发现海绵城市理念的实施能够有效解决城市水资源管理的难题，尤其在减少城市内涝、提高水资源利用方面表现突出。

3 城市道路排水系统的现状与问题

3.1 传统排水系统的局限性

传统城市道路排水系统主要靠管道和排水渠快速排出雨水，以“排水为主”的设计未充分考虑雨水回收与再利用，造成水资源浪费、水体污染加剧。且其只关注迅速排放，未考虑水的滞留、渗透和净化，使雨水资源利用不充分。面对频繁暴雨和极端天气，传统排水系统能力薄弱，雨水难以及时排出，城市积水严重，内涝加剧。同时，系统结构老化、设计不合理，排水管网负荷大，暴雨时排水能力不足，难以应对极端天气挑战。可见，单一排水设计难满足现代城市防洪排涝和水资源管理需求。

3.2 道路排水系统面临的挑战

现代城市道路排水系统在暴雨和极端天气下挑战重重，

传统系统局限尽显。城市化加速使渗透性土壤被硬化，雨水难渗入地下水，地表径流量增大，加重排水系统负荷。同时，部分城市排水管网因年久失修或设计缺陷不堪重负，排水能力下降。暴雨时，雨水迅速积聚致道路积水和内涝，影响交通安全与城市运行，破坏基础设施，造成经济损失。所以，现代城市道路排水系统迫切需要优化，以适应气候变迁和城市发展需求。

3.3 海绵城市理念对道路排水系统的影响

海绵城市理念为解决传统道路排水系统的局限性提供了全新的解决方案。与传统排水系统单纯依赖管道排放不同，海绵城市通过引入渗透性铺装、雨水花园、透水性路面等技术手段，能够有效提升雨水的渗透、滞留和蓄水能力，减少城市道路排水系统的压力。通过渗透性铺装和雨水花园等设施，雨水能够在城市表面得到有效地蓄积和净化，避免了传统系统将大量雨水直接排放至外部的现象。此外，海绵城市的水资源利用功能能够帮助城市将雨水转化为可再利用的资源，缓解水资源短缺问题。雨水不仅可以用于灌溉、景观水体等，还能通过过滤与净化设施改善水质，减少污染。通过这种综合性的雨水管理方式，海绵城市能够为道路排水系统提供更加可持续和高效的解决方案，提升城市的水资源管理能力，减少内涝和水污染问题。

4 海绵城市理念下道路排水系统的优化设计

4.1 道路排水系统优化设计的原则

在海绵城市理念指导下，道路排水系统的优化设计应遵循几个基本原则。首先，设计应从全局视角出发，考虑城市整体水资源的有效管理，而非单一的排水方式。传统排水系统往往仅关注雨水的快速排出，忽视了对水资源的管理和利用，导致水资源浪费和环境问题。海绵城市强调将雨水作为资源进行综合管理，设计方案应考虑如何通过渗透、滞留和蓄水等手段最大化雨水的利用。其次，设计应注重生态化和绿色化，减少对自然环境的破坏。这意味着设计过程中应尽量保留自然地貌，利用生态技术如雨水花园、湿地等，增加雨水的渗透性和净化功能。最后，设计方案要具备可持续性，即不仅能够解决当前的排水需求，还应考虑未来城市发展的空间和潜力，确保系统能够适应未来气候变化和城市发展所带来的挑战。

4.2 道路排水系统优化设计的技术路径

道路排水系统优化设计有多条技术路径，透水铺装技术是代表性手段之一。它采用高渗透性材料，让雨水快速渗入地下，减少地表径流，降低内涝风险。雨水花园和绿色屋顶等绿化措施也是重要部分，借助植物根系渗透与土壤蓄水能力，这些绿地能吸收存储雨水，实现部分雨水自然净化，减少水污染。此外，雨水收集与利用系统是提高水资源利用率的关键，合理规划收集设施，可将收集的雨水用于灌溉、景观用水等，减少对外部水源依赖。这些技术路径融合自然生态与工程手段，既提升了道路排水系统功能，又为城市可

持续发展提供了有力支撑。

4.3 案例分析与设计方 案

多个国内城市已开始尝试并实施海绵城市理念，如深圳、广州等地，这些城市在道路排水系统的优化设计方面取得了初步成果。以深圳为例，深圳市通过采用透水铺装和雨水花园等技术，成功缓解了暴雨期间的积水问题。透水铺装使得城市道路的表面能够快速吸收和排放雨水，避免了传统排水系统无法应对的积水现象。广州则通过将海绵城市理念与区域排水系统结合，采用雨水收集和利用系统，为绿化和景观提供水源，进一步减少了城市对自来水的依赖。这些案例表明，通过海绵城市理念的优化设计，能够在不同的城市环境中有效应对降水与排水问题，提升城市排水系统的适应能力和资源利用效率。基于这些成功经验，本文提出了一套适应不同城市特点的道路排水优化设计方案，强调因地制宜地选择合适的技术和材料，以便在未来海绵城市建设中发挥更大效益。

5 海绵城市理念下道路排水系统实施中的问题与对策

5.1 实施过程中遇到的技术挑战

在海绵城市道路排水系统的实施过程中，面临的主要技术挑战之一是土地资源的紧张。由于城市土地有限，特别是在高密度的市区，雨水滞留和渗透所需的空间往往难以保障。这使得在某些区域很难大规模应用绿化雨水花园、渗透性铺装等技术手段。土地的紧张不仅限制了海绵城市设计的空间，同时还可能导致工程成本的增加。此外，透水铺装和其他绿化技术材料的高成本也是实施过程中需要克服的重要技术问题。透水性材料相较于传统路面材料，其单位面积成本较高，尽管其长期效益显著，但初期投资较大，这对财政预算紧张的城市可能形成一定的阻力。解决这些问题需要加强技术创新，开发更加经济、实用的透水材料，以降低整体建设和维护成本。

5.2 政策与管理方面的问题

政策支持是海绵城市建设的关键保障，然而当前我国海绵城市的政策体系尚不完善，尤其是在法律法规和技术标准方面存在较大缺口。当前，大多数城市的海绵城市建设缺乏统一的技术标准和管理框架，这使得不同地区的实施效果差异较大。例如，在设计标准、施工规范以及维护管理等方面，部分地方政府尚未建立起完善的政策体系，导致海绵城

市的实施面临一定的政策壁垒。此外，虽然部分城市已开始试点海绵城市建设，但由于缺乏明确的法律保障和政策激励机制，企业和投资者的积极性不足，影响了技术的推广和应用。因此，建立健全的海绵城市建设政策体系，制定统一的标准和法规，是推进海绵城市建设的当务之急。

5.3 解决对策与建议

为了有效解决上述技术和政策挑战，建议政府加强政策引导，制定具体的海绵城市建设标准和实施细则。在技术层面，政府应鼓励技术创新，加大对海绵城市相关技术的研发支持，推动低成本、高效率的透水材料和绿色基础设施建设技术的突破。同时，加强各级政府的协作，推动不同地区在海绵城市建设方面的经验交流和技术共享，以期在全国范围内实现技术的统一与标准化。在政策层面，应完善相关法规，制定明确的法律框架和支持政策，激励社会资本参与海绵城市建设，提供财政补贴、税收减免等优惠政策，促进海绵城市理念的广泛应用。通过政策和技术双重支持，推动海绵城市建设从试点走向全国范围的推广应用，促进城市可持续发展。

6 结语

海绵城市理念通过生态手段提升雨水的渗透、滞留、蓄水和净化，有效解决传统排水系统的局限性。传统系统以“排水为主”，忽视了雨水的可利用性，导致内涝、污染和水资源浪费。海绵城市则通过渗透性铺装、雨水花园、绿色屋顶等技术，减少地表径流，缓解内涝，蓄积和净化雨水，提高水资源利用效率。这种综合排水设计改善了城市水环境，提供可再利用的雨水，缓解水资源短缺。随着气候变化和城市化进程的加速，海绵城市理念将为城市排水系统的可持续发展提供有效解决方案，推动绿色城市建设。

参考文献

- [1] 蔡棋鸿.海绵城市理念下南方滨江城市道路排水系统优化设计探析[J].中国住宅设施,2025,(08):42-44.
- [2] 刘明涛.基于海绵城市理念的城市道路排水系统设计[J].四川水泥,2025,(05):87-89.
- [3] 郭晓晖.基于海绵城市理论的道路排水系统优化设计与施工要点[J].工程建设与设计,2024,(14):61-63.
- [4] 张银辉.基于海绵城市理念下城市道路排水系统的创新设计分析[J].运输经理世界,2021,(08):131-132.
- [5] 任莉莉,陆崇赞,刘晗轩,等.基于海绵城市理念下的城市道路排水优化方案研究[J].江西建材,2021,(02):190-191.