

基于海绵城市理念的街道提升改造设计与实践

伍大玮

(杭州市城建设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310018)

摘要: 在城市化进程加速与生态环境压力凸显的双重背景下,海绵城市理念为道路工程设计提供了全新的生态化转型路径。作为城市下垫面的重要组成部分,道路的传统硬化设计模式是导致城市内涝、雨水资源浪费和生态功能退化的关键因素。结合天安路改造提升工程、兴宁北路改造提升工程两大工程实践案例,提出海绵城市理念在道路工程中的融合路径和关键技术,分析实践成效。通过三维效益评价分析,融合海绵城市理念的街道工程将成为推动城市可持续发展的重要支撑。

关键词: 海绵城市;道路工程;工程实践;融合路径;关键技术;实践成效;三维效益评价;可持续发展

中图分类号: U412.37;TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)06-0179-04

Design and Practice of Road Improvement and Reconstruction Based on Concept of Sponge City

WU Dawei

(Hangzhou Architectural and Civil Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Hangzhou 310018, China)

Abstract: Against the dual backdrop of accelerated urbanization and prominent ecological environmental pressures, the concept of sponge city provides a new path for ecological transformation in road engineering design. As an important component of the urban underlying surface, the traditional hardened design model of roads is a key factor leading to urban waterlogging, waste of rainwater resources, and degradation of ecological functions. Combined with two practical engineering cases, namely the Tian'an Road Reconstruction and Improvement Project and the North Xingning Road Reconstruction and Improvement Project, the integration path, key technologies and practical achievements of the sponge city concept in road engineering are proposed. Through three-dimensional benefit evaluation and analysis, the road projects integrating the concept of sponge cities will become an important support in promoting the urban sustainable development.

Keywords: sponge city; road engineering; engineering practice; integration path; key technology; practical achievements; three-dimensional benefit evaluation; sustainable development

0 引言

随着我国城市化率从1978年的17.92%提升至2024年的66.16%,城市建成区面积急剧扩张,传统城市化模式引发的生态环境问题日益突出。在此背景下,2014年我国提出海绵城市建设战略,旨在通过低影响开发(low-impact development, LID)技术构建“自然积存、自然渗透、自然净化”的城市水生态系统。作为海绵城市建设的核心载体,道路设计模式的转型是实现城市水生态修复的关键环节。本文以天安路改造提升工程、兴宁北路改造提升工程为研究载体,系统探讨海绵城市理念在道路提升改造工程设

计中的应用逻辑与实践路径,为推动道路提升改造工程从工程属性向生态属性转型提供支撑。

1 海绵城市理念与道路提升改造工程设计的融合逻辑

1.1 目标契合:从单一功能到综合效能的转型

传统道路提升改造工程设计以通行功能为核心目标,侧重路面强度、通行效率等技术指标,对水生态功能的考量严重不足^[1]。海绵城市理念下的道路提升改造设计目标呈现“三维拓展”特征:在生态维度,需将雨水径流总量控制率、径流污染削减率等指标纳入设计核心,天安路和兴宁北路明确要求雨水径流总量控制率不低于75%。在功能维度,实现“通行+雨水调控+生态景观”的多元融合,天安路通过“主辅分离+绿化隔离带”设计,既提升通行效率,又

收稿日期: 2026-01-06

作者简介: 伍大玮(1979—),男,硕士,高级工程师,从事道路工程设计工作。

构建雨水渗透廊道。在社会维度,注重人居环境改善,兴宁北路通过人行道透水铺装与绿化景观结合,提升市民出行体验^[2]。

1.2 技术适配:低影响开发技术与道路提升改造工程的协同应用

海绵城市核心的低影响开发技术需与道路提升改造工程的特性精准适配,形成“技术-结构”协同体系^[3]。根据道路提升改造工程的不同结构单元,技术适配呈现差异化特征:在路面结构层,需采用透水铺装技术替代传统硬化铺装,同时兼顾路面承载能力;在道路横断面,通过绿化隔离带、植草沟等设施构建横向雨水调控系统;在排水系统上,采用截、排、疏、导结合的复合系统替代传统管网;在附属设施上,整合路灯、公交站亭等设施与雨水收集系统^[4]。

天安路针对南高北低的地势特征,采用截洪沟+植草沟+透水人行道的组合技术。兴宁北路针对填方路基特点,将土工格栅技术与透水基层结合,既解决路基沉降问题,又提升雨水渗透能力。

1.3 系统协同:道路提升改造工程与城市水生态系统的有机衔接

作为城市水生态系统的子系统,道路工程的海绵化设计需实现“三个衔接”。

一是与城市总体规划衔接。天安路雨水调控指标与小镇海绵城市总体规划保持一致。

二是与周边生态载体衔接。设计中通过生态驳岸将道路雨水系统与生态系统连通,实现雨水净化后回补。

三是与城市管网系统衔接。兴宁北路将海绵设施与城市雨水管网系统串联,形成分散调控+集中排放的复合系统,避免雨水直接冲击管网^[5]。

2 海绵城市理念下道路提升改造工程设计的关键技术与实践

2.1 道路断面优化:构建纵横向雨水调控廊道

作为雨水径流产生与调控的核心载体,道路横断面的优化设计需打破传统“主车道+人行道”的简单模式,构建“功能分区+雨水调控”的复合断面结构^[6]。关键技术包括主辅分离式断面设计、绿化隔离带生态化改造和人行道海绵化升级3个方面。

在主辅分离式断面设计与人行道海绵化升级方面,天安路与兴宁北路采用差异化方案,核心技术参数与调控效果如表1所示。

表1 天安路与兴宁北路横断面优化工程核心技术参数与调控效果

工程名称	断面型式	雨水调控关键措施	核心渗透/利用数据
天安路	主线双向4车道+两侧辅道,主线与辅道间设绿化隔离带	1.绿化隔离带下凹式设计(15~20 cm深),种植耐涝草本植物,底部铺10 cm厚碎石渗透层; 2.人行道采用“6 cm厚透水铺装+15 cm厚透水混凝土+20 cm厚级配碎石”复合结构	1.隔离带雨水渗透量可达年降雨量的60%; 2.人行道雨水渗透系数 1.2×10^{-3} cm/s,渗透率提升至85%
	60 m宽路段采用“双向6车道+两侧辅道+中央绿化分隔带”	1.中央分隔带设植草沟,底部设盲管引入地下蓄水池; 2.人行道差异化透水铺装(商业区:透水混凝土;居住区:透水砖)	1.实现雨水蓄存利用; 2.商业区透水混凝土孔隙率18%,满足承载与渗透双重要求

具体来看,天安路的主辅分离设计既减少了沿线出入口对主线交通的干扰,提升通行效率30%,又通过绿化隔离带有效构建了横向雨水渗透廊道;兴宁北路则结合填方路基特点,通过盲管与地下蓄水池的组合,实现了雨水的蓄存再利用。人行道方面,两大工程均通过“透水铺装+基层渗透”的复合结构,根据路段实际需求选择适配材料,在保障通行功能的同时最大化提升雨水渗透效果^[7]。

2.2 透水路面结构创新:平衡承载与渗透功能

作为道路工程的核心结构层,路面的海绵化改造需解决承载能力与渗透性能的矛盾^[8]。传统路面存在强度不足、易堵塞等问题,两大工程通过结构层优化、材料创新和施工工艺改进,形成了适应不同交通荷载的透水路面技术体系^[9]。透水路面设计核心参数及效果如表2所示。

表2 透水路面设计核心参数与效果

工程名称	路段类型	结构设计方案	关键技术参数
天安路	主车道	原路面处理+透水沥青(原路面弯沉值分类处理:>200(0.01 mm),注浆;150~200(0.01 mm),翻建;<150(0.01 mm),保留)	4 cm厚改性透水沥青(孔隙率15%~20%);20 cm厚骨架密实型水泥稳定碎石基层;设纵向透水盲沟
兴宁北路	辅道	透水混凝土基层+透水沥青面层	4 cm厚透水沥青面层;20 cm透水混凝土基层;15 cm厚级配碎石垫层;φ50 mm透水盲管(间距5 m)

在主车道透水结构设计方面,天安路主车道采用“原路面处理+透水沥青罩面”的改造技术^[10]。首先对原路面进行弯沉值检测,针对弯沉值大于200(0.01 mm)的路段采用注浆处理,弯沉值在150~200(0.01 mm)的

路段进行翻建,弯沉值小于 150(0.01 mm)的路段直接保留,既节省造价 30%,又缩短工期 40 d。在此基础上,铺设 4 cm 厚改性透水沥青罩面,孔隙率控制在 15%~20%,基层采用 20 cm 厚骨架密实型水泥稳定碎石,设置纵向透水盲沟,将渗透雨水引入排水系统。这种结构既满足主干道 BZZ-100 标准轴载要求,又实现雨水初步渗透净化^[11]。

在辅道与非机动车道透水结构设计方面,兴宁北路辅道采用“透水混凝土基层+透水沥青面层”的复合结构,解决了辅道下管线密集、覆土浅导致的承载不足问题。具体结构为:4 cm 厚透水沥青面层+20 cm 厚透水混凝土基层+15 cm 厚级配碎石垫层,基层设置 $\phi 50$ mm 透水盲管,间距 5 m,与道路排水系统连通。这种结构的抗压强度达 40 MPa,满足机动车通行要求。同时,透水系数达 8×10^{-4} cm/s,雨水经面层渗透后,通过基层盲管快速排出,避免管线受雨水浸泡。

2.3 复合排水系统重构:实现渗滞蓄净用排协同

传统道路排水系统采用快排模式,易导致管网过载引发内涝^[12]。海绵城市理念下的排水系统重构需构建“源头渗透+中途滞蓄+末端净化”的复合系统,天安路与兴宁北路根据各自水文地质条件,形成了差异化的系统重构方案,如表 3 所示。

表 3 差异化的系统重构对比

工程名称	排水体系方案	关键设施参数	改造前后核心指标对比
天安路	截洪沟+植草沟+雨水花园+管网系统四级排水体系	1.2 m 宽截洪沟;植草沟坡度 2%~3%;雨水花园面积 200~300 m ² (深度 1.5 m,蓄水量 800~1 200 m ³)	改造前:同类降雨(24 h 降雨 180 mm)路面积水 30 cm; 改造后:路面无积水,通行正常
	多点收水+分散蓄存+快速排放排水体系	透水铺装收水口;小型蓄水池(容积 50~100 m ³ ,模块化设计,施工周期 7 d);雨水管网管径从 $\phi 800$ mm 扩容至 $\phi 1\ 200$ mm	改造前:管网负荷率 110%,暴雨溢流; 改造后:管网负荷率降至 70%,暴雨溢流现象消除;收水效率提升 40%

天安路针对“南高北低、山体汇水集中”的特点,采用“截洪沟+植草沟+雨水花园+管网系统”的四级排水体系。在道路南侧山体边缘设置 1.2 m 宽截洪沟,拦截山体地表径流,经沉沙池沉淀后引入道路绿化隔离带内的植草沟。植草沟采用阶梯式设计,坡度控制在 2%~3%,通过植被与土壤的过滤作用去除径流中的悬浮物。在道路交叉口空余位置设置雨水花园,面积为 200~300 m²,采用“植被层+种植土+砂层+碎石层”的结构,深度 1.5 m,可蓄存雨水 800~

1 200 m³;最终未渗透雨水通过雨水管网排入河渠。改造后,路面无积水,通行未受影响,而改造前同类降雨会导致路面积水深度达 30 cm。

兴宁北路针对“管线老旧、内涝频发”的问题,采用“多点收水+分散蓄存+快速排放”的排水体系。在沿线企业出入口、交叉口等径流集中区域设置透水铺装收水口,替代传统雨水算子,收水效率提升 40%。在道路两侧绿化带内设置小型蓄水池,容积 50~100 m³,采用模块化设计,施工周期缩短至 7 d;对原有雨水管网进行扩容改造,管径从 $\phi 800$ mm 增至 $\phi 1\ 200$ mm。同时采用“短距离输送”原则,将雨水就近排入下游水系,避免长距离输送导致管网堵塞。改造后,兴宁北路雨水管网负荷率从改造前的 110%降至 70%,暴雨期间管网溢流现象完全消除。

2.4 生态附属设施整合:提升系统协同效能

道路附属设施作为海绵系统的重要组成部分,生态化整合需实现“功能复合+景观协同”^[13]。两大工程通过交通设施、照明设施和绿化设施的海绵化改造,提升了系统整体协同效能。

在交通设施海绵化方面,天安路公交站台采用“透水铺装+屋顶集水”设计,站台地面采用透水砖铺装,顶棚采用透光聚碳酸酯材料,设置雨水檐沟收集雨水,引入站台下方的小型蓄水池,用于站台绿化灌溉。兴宁北路护栏采用生态混凝土材料。这种材料孔隙率达 25%,可吸附空气中的颗粒物,同时为微生物提供栖息环境,提升道路空气质量。

在绿化设施生态化方面,天安路结合地域文化特色,在绿化隔离带种植梅花、桂花等乡土植物,形成“香雪十八里”景观带。同时选择根系发达的植物品种,提升土壤固水能力。兴宁北路采用乔灌草立体种植模式,上层种植香樟、银杏等乔木,中层种植紫薇、月季等灌木,下层种植耐涝草本植物,既提升景观层次,又增强雨水拦截能力。

3 海绵城市在道路提升改造工程中的效益评价

3.1 三维效益评价体系构建与实践验证

效益评价体系涵盖生态效益、经济效益、社会效益三大维度,共选取 12 项具体指标,采用层次分析法确定指标权重,结合模糊综合评价法进行量化评分^[14]。其中生态效益权重 0.45,经济效益权重 0.30,社会效益权重 0.25,体现生态优先的海绵城市理念。

在生态效益方面,选取雨水径流总量控制率、径流污染削减率、地下水补给量、植被覆盖率 4 项指

标。监测数据显示,天安路改造后雨水径流总量控制率达78%(目标75%),COD削减率达65%,年地下水补给量增加2.3万 m^3 ,植被覆盖率从改造前的25%提升至40%;兴宁北路雨水径流总量控制率达76%,COD削减率达62%,年地下水补给量增加1.8万 m^3 ,植被覆盖率从30%提升至45%,均达到良好水平。

在经济效益方面,选取工程造价、运营成本、水资源节约效益、灾害损失减少4项指标。天安路通过原路面利用、雨水资源化等措施,建安工程费用约0.8亿元,海绵设施投资占比12%,年运营成本降低15%,年水资源节约效益12万元,年灾害损失减少80万元;兴宁北路建安工程费用1.5亿元,海绵设施投资占比10%,年运营成本降低12%,年水资源节约效益8万元,年灾害损失减少60万元。经计算,天安路投资回收期预计18年,兴宁北路20年,经济效益显著。

在社会效益方面,选取通行体验提升、人居环境优化、市民满意度3项指标。天安路通过“通行+景观”融合设计,打造特色景观带,市民出行舒适度显著提升;兴宁北路透水人行道与立体绿化结合,改善了沿线人居环境。调研显示,两大工程市民满意度均达88%以上,同时提升了城市生态宜居形象,为海绵城市理念普及奠定了群众基础。

3.2 实践中存在的问题分析

尽管两大工程取得了良好成效,但在实践过程中仍存在3方面突出问题。

一是技术融合深度不足。天安路主车道透水沥青与老路路面结合处出现轻微裂缝,主要原因是新老路面材料收缩系数存在差异。兴宁北路透水铺装冬季出现冻融破坏,由于低温天气使孔隙内水分结冰膨胀,影响铺装结构稳定性。

二是运维管理体系不完善。两大工程均存在海绵设施运维责任划分不明确的问题,天安路雨水花园出现植被退化现象,原因是缺乏定期修剪与施肥;兴宁北路蓄水池过滤系统堵塞,未建立常态化清理机制。

三是标准规范不健全,现行透水路面设计规范未针对不同气候区、交通荷载提出差异化设计标准,导致工程设计中存在盲目套用技术的现象^[15]。

4 结 论

海绵城市理念为道路工程设计提供了生态化转

型的核心指引,其“渗、滞、蓄、净、用、排”原则与道路工程的结构特性具有高度契合性。天安路与兴宁北路两大工程的实践表明,通过道路横断面优化、透水路面结构创新、复合排水系统重构及生态附属设施整合等关键技术应用,可实现雨水径流总量控制、水资源节约、生态环境改善等多重目标。三维效益评价显示,两大工程综合效益均达到良好水平,雨水径流总量控制率均超过75%,通行效率提升25%以上,市民满意度达88%以上。同时,实践中暴露的技术融合不足、运维管理薄弱、标准规范不健全等问题,需通过研发复合透水材料、建立智慧运维体系、编制区域性设计指南等措施加以解决。未来,随着智慧技术与低碳理念的深度融合,结合海绵城市理念的道路工程将成为推动城市可持续发展的重要支撑,为建设人与自然和谐共生的现代化城市提供关键基础设施保障。

参考文献:

- [1] 岳宜宝.不同发展模式下海绵城市建设的思考与建议[J].城市建设,2026(5):78-82.
- [2] 张凯,吴颖,马毓,等.北方地区海绵城市水环境整治建设发展的创新实践[J].花炮科技与市场,2026,33(1):166-168.
- [3] 朱星宇,张艳超,闫玉明,等.海绵城市的建设与实施——以某商业综合体建设项目为例[J].北方建筑,2026,11(1):65-68.
- [4] 陈得强.海绵城市理念中市政给排水设计分析[J].城市建设理论研究(电子版),2026(5):205-207.
- [5] 李博.海绵城市建设中雨水系统与景观绿化设计方案的优化研究[J].居舍,2026(5):134-136.
- [6] 魏少平,张荣林.海绵城市理念下市政管线与LID设施协同设计研究[J].中国建筑金属结构,2026,25(3):57-59.
- [7] 王为楠,陈天韵.海绵城市建设中高密度城市水土保持措施研究[J].云南水力发电,2026,42(2):1-4.
- [8] 钟毅.基于LID技术的海绵城市小区给排水系统构建[J].智能建筑与智慧城市,2026(2):176-178.
- [9] 孙悦.海绵型道路环境效益评价指标体系构建[J].交通工程,2026,26(1):46-51.
- [10] 张佳宝.基于海绵城市理念的市政排水系统优化策略研究[J].科技与创新,2026(2):206-208.
- [11] 李亮.海绵城市道路排水系统应用研究[J].交通世界,2025(27):22-24.
- [12] 梁文兵,王东华.基于海绵城市理念的市政道路设计[J].黑龙江交通科技,2025,48(7):46-50.
- [13] 刘建平.基于海绵城市设计理念的道路工程设计研究与实践[J].福建建筑,2024(8):124-128.
- [14] 吴娱.基于海绵城市设计理念的道路工程设计分析与研究[D].南京:东南大学,2021.
- [15] 韩永启,闫广聪,王小华,等.基于海绵城市理念的城市道路横断面精细化设计[J].交通节能与环保,2020,16(6):113-116.