

基于海绵城市理念的城市道路优化设计研究

伍亮^{1,2}

[1.上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092;2.上海市市政工程设计科学研究所有限公司,上海市 200092]

摘要:海绵城市在我国是一种新型的城市建设理念,主要解决城市径流雨水“质”和“量”的问题。芜湖市作为全国第二批系统化全域推进海绵城市建设示范城市,在城市建设项目中均要求落实海绵城市理念。以芜湖市3条不同类型城市道路为研究对象,根据海绵城市建设条件,从雨水径流污染及径流总量控制两方面着手,通过道路横断面坡向优化,并提出环保雨水口、透水铺装、盖板排水沟、生态树池(带)及生物滞留设施等渗透、滞蓄和净化雨水的技术优化措施,实现道路年径流污染控制率及年径流总量控制率等目标,能有效减少雨水径流污染问题以及缓解城市排水压力,可为相关城市道路海绵城市建设提供参考和借鉴。

关键词:海绵城市;径流污染;径流总量;环保雨水口;生物滞留设施

中图分类号: TU984

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)05-0148-05

0 引言

近20年以来,我国城市化进程的推进加快了城市交通的发展,从而导致城市硬化道路覆盖比例也逐步提升,城市硬化道路约占城市建成区内建设用地的20%左右^[1]。城市硬化覆盖比例的大幅提升将会削减地面径流雨水下渗的空间,当遭遇短时强降雨天气时会引起城市积水乃至内涝。据统计,近年来我国平均每年发生不同程度的城市内涝灾害约200多起,不仅损害国民经济发展,甚至威胁人民群众生命安全^[2-3]。在城市道路建设中硬化铺装占比过多将会导致城市表面渗透性能下降、地表径流雨水排放量提升,城市路面径流雨水在没有处理的情况下直接排入水体,也会加剧城市水体污染。在我国,“海绵城市”作为新一代城市雨洪管理模式,是一种全新的城市建设理念,在环境、经济、社会层面均有显著效益^[4]。基于海绵城市理念下的城市道路优化设计,能有效减少雨水径流污染问题以及缓解城市排水压力,因此有针对性地对城市道路进行海绵化设计,对于城市建设来说至关重要。本文基于全国第二批系统化全域推进海绵城市建设示范城市—芜湖市建成区内不同类型的城市道路海绵优化设计研究,设计案例可为相关城市道路海绵化建设提供参考和借鉴。

收稿日期:2024-01-05

基金项目:国家重点研发计划(2022YFC3800500)

作者简介:伍亮(1987—),男,硕士,工程师,从事水环境治理、海绵城市及污水提质增效等咨询设计工作。

1 海绵型道路建设思路

1.1 城市道路分类

根据道路横断面划分,城市道路一般分为单幅路、双幅路、三幅路及四幅路等类型。单幅路与双幅路两侧未设置机非分隔带,双幅路较单幅路增加中分带,一般为城市支路,多位于老城区。三幅路与四幅路两侧均设置机非分隔带,四幅路较三幅路增加中分带,一般为城市主干道和次干道,多位于新城区。

1.2 传统道路与海绵型道路的区别

传统模式建设下的城市道路硬化率较高,硬化面积占比约为75%,透水铺装面积占比不到30%,雨水篦子一般位于机非车道上,且道路的路缘石和绿化带均比路面高15~20 cm,道路红线范围的雨水快排至市政雨水管网,路面雨水径流污染及径流峰值未能得到有效管控^[5]。这种“雨水经路面直接收集至雨水管网及城市水系以及硬化铺装为主的道路建设模式”,存在以下问题:(1)径流雨水快排至雨水管网,道路没有滞蓄雨水的功能,增加雨水管网排水压力;(2)雨水快排方式下,地表冲刷较为严重,雨水径流中伴随有路面产生的污染物在无净化处理的情况下排入雨水管网及水体,将对周围水系造成污染^[6]。

基于海绵城市理念建设的道路改变传统路面径流雨水快排的模式,在传统城市道路满足行车安全和道路功能的基础上,根据实际建设条件合理选用各种LID设施,对路面径流雨水排放进行有效管控,能有效解决道路径流雨水排放问题^[7-8]。

1.3 海绵型道路建设目标

海绵型道路主要以问题和目标为导向,对于两侧无退让绿化带的单幅路和双幅路,海绵城市建设条件有限,主要解决道路径流污染问题,同时提升道路透水铺装率;对于两侧有退让绿化带的单幅路和双幅路以及三幅路和四幅路,海绵城市建设条件比较丰富,以实现上位规划关于年径流总量控制率及年径流污染控制率指标为主。

1.4 海绵型道路建设思路

根据“海绵 20 条”要求,海绵型道路方案设计时应结合道路红线内外建设条件,因地制宜采用简约适用技术措施,降低道路全生命周期建设及运行维护的难度和成本。本文选择芜湖市 3 种较为典型的城市道路,包括红线内外海绵化改造均受限、红线内海绵化改造受限、红线外海绵改造受限等三种类型,结合道路红线内外建设条件,通过对道路横坡、雨水口、人行道及绿化带进行优化设计,采用环保雨水口、透水铺装、生态树池(带)、生物滞留设施^[9]等低影响开发技术构建海绵型城市道路。

2 道路 A 海绵城市系统设计

2.1 项目概况

道路 A 为单幅路,位于芜湖市镜湖区,道路全长约 500 m,道路标准横断面红线宽度为 24 m,道路横断面如下:2×4.5 m(人行道)+2×7.5 m(机非混合车道)=24 m,道路两侧为临街建筑。道路 A 标准横断面见图 1。

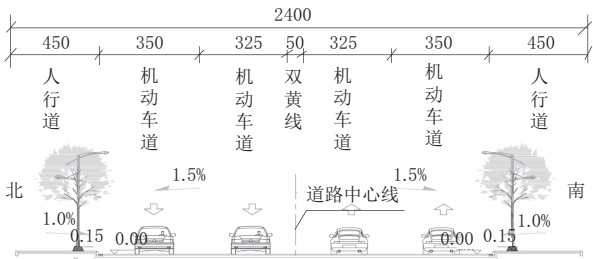


图 1 道路 A 标准横断面示意图(单位:cm)

2.2 方案设计

道路 A 位于老城区,道路路幅不宽,空间较为狭窄,且道路两侧未设置绿化分隔带,仅有人行道树池,若按传统建设模式,透水铺装率低,地表径流系数大,雨水径流污染严重。道路 A 红线内外海绵城市建设条件均受限,主要从道路的人行道、树池及雨水口开展优化设计,采用透水砖铺装、生态树池与生态树池带、环保雨水口等海绵设施。海绵城市建设目标以径流污染控制为主,同时,径流总量控制目标通过

片区系统化方案进行平衡。对于道路两侧为餐饮商铺的道路,建议在本方案的基础上通过环保雨水口周边及内部增设隔油设施,同时加强排水管理,严禁餐饮废水倾倒雨水口等措施解决油渍污染问题。道路 A 雨水径流管控技术路线见图 2。

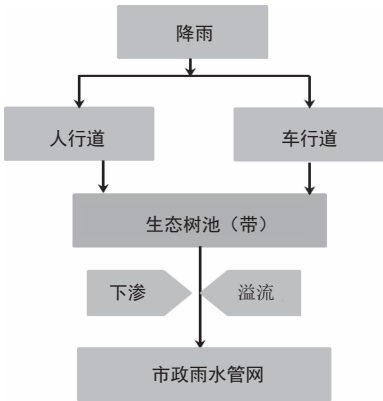


图 2 雨水径流管控技术路线图

(1)透水砖铺装

项目范围内所有人行道均采用透水铺装设计,透水铺装结构层包括透水砖面层、透水混凝土基层、级配碎石垫层等。初期雨水通过人行道透水砖下渗至下部透水基层及垫层;雨量增大时铺装下部结构层雨水渗透量已饱和,此时雨水将通过透水盲管导流至雨水管网;当降雨量超出透水铺装结构层的渗透及导排能力时,透水铺装表面径流雨水汇入道路雨水口。人行道透水铺装见图 3。

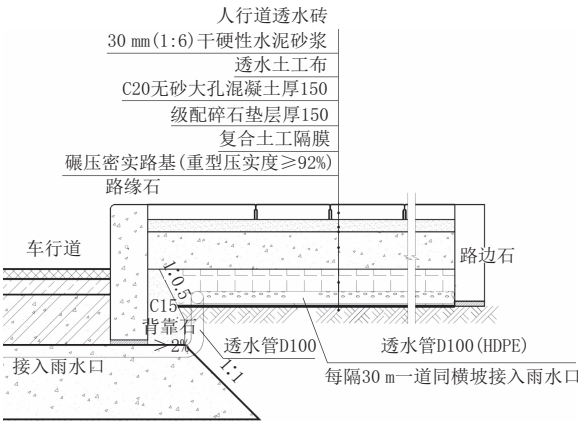


图 3 人行道透水铺装大样图

(2)生态树池与生态树池带

项目范围内所有树池均采用生态树池或生态树池带设计。首先通过竖向优化设计将树池下凹至路面以下 20 cm 并通过路缘石开口收车行道雨水;然后通过平面优化设计将道路雨水口旁树池设计成连体树池带,并将路面雨水口移至连体树池带内作为溢流口。道路红线范围内雨水汇入生态树池与生态树池带并下渗至透水基层及垫层后通过透水盲管导流至

雨水管网系统,超量雨水通过生态树池与生态树池带中的溢流口排入雨水管网。生态树池带见图4。

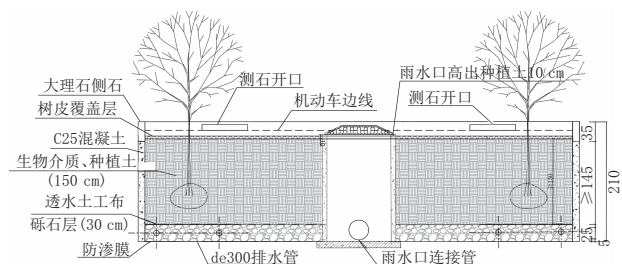


图4 生态树池带大样图

(3) 环保型雨水口

道路传统的雨水口无截污功能,雨水冲刷的污染物经过径流汇入受纳水体,严重危害城市水环境。本方案采用环保型截污雨水口,内部设置的截污挂篮+过滤砖能显著降低初期雨水污染物,具有防蚊、防臭功能,清淤方便,维护简单等优点。本工程在连体生态树池带内设置环保型雨水口作为溢流口,道路交叉口及相对低点采用双算或多算环保雨水口,在实现截污目标的同时,确保道路排水功能。环保雨水口见图5。

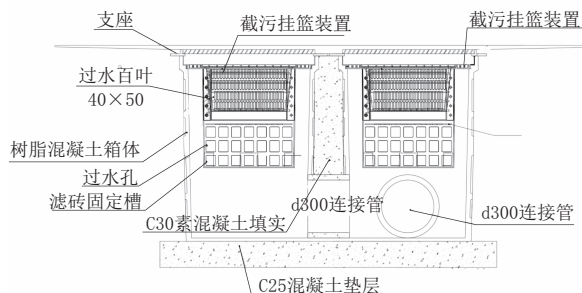


图5 环保型雨水口大样图

2.3 效果评估

本项目通过人行道、树池、雨水口的优化设计,设置透水砖铺装、生态树池与生态树池带、环保雨水口等海绵设施,经模型评估,道路建设完成后透水铺装率达到37.5%,年径流总量控制率为50.3%,年径流污染控制率为40.24%,能有效地解决5~10 mm初雨径流污染,达到径流污染控制要求。

3 道路B海绵城市系统设计

3.1 项目概况

道路B为单幅路,位于芜湖市鸠江区,道路全长约1060 m,道路标准横断面红线宽度为18 m,道路横断面如下:2×3 m(人行道)+2×6 m(机非混行车道)=18 m。道路北侧紧邻在建水系,水系横断面采用复合断面形式,下部为土质生态边坡,上部为生态绿地及生物滞留设施组合的生态驳岸。道路B标准横

断面见图6。

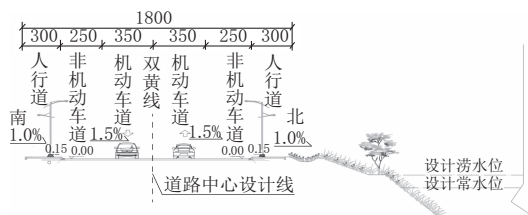


图6 道路B标准横断面示意图(单位:cm)

3.2 方案设计

道路B位于新城区,为城市支路,道路路幅不宽,空间较为狭窄,道路两侧仅有人行道和机非混行车道,道路红线范围内海绵化改造空间有限。道路B充分结合红线外绿地及水系,主要从道路的横断面、人行道及道路排水系统开展优化设计,采用透水砖铺装、雨水预处理系统及盖板排水沟等海绵设施。通过将道路红线范围内径流雨水导流至北侧水系南岸生物滞留设施及植被生态护岸滞蓄、净化,实现年径流总量控制率及年径流污染控制率等海绵城市建设目标。道路B雨水径流管控技术路线见图7。

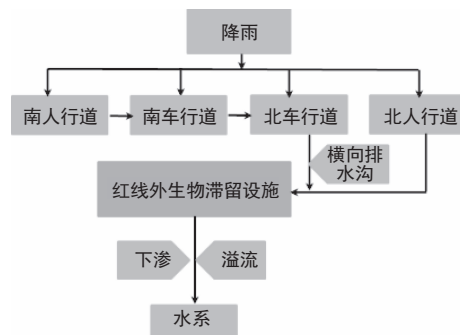


图7 雨水径流管控技术路线图

(1) 道路横坡优化

对道路横坡进行优化设计,将机动车道、非机动车道及人行道横坡均坡向北侧水系,确保道路红线范围径流雨水汇集至道路北侧。

(2) 雨水预处理系统及盖板排水沟

道路北侧人行道下每隔10 m设置立算式雨水口+盖板排水沟,立算式雨水口内填充鹅卵石、陶粒等填料作为道路雨水预处理设施。道路雨水先经过前端立算式格栅拦截雨水中较大的漂浮物与颗粒物等,再通过雨水口内下鹅卵石、陶粒等预处理区沉淀净化雨水中细小颗粒物与悬浮物等污染物,最后通过盖板排水沟排至北侧水系南岸的生物滞留设施及植被生态护岸渗蓄、净化,超标雨水通过生物滞留设施溢流至北侧水系。同时在盖板排水沟末端及生物滞留设施溢流端设置鹅卵石消能防止雨水冲刷岸坡。道路B与水系南侧生物滞留设施衔接见图8。

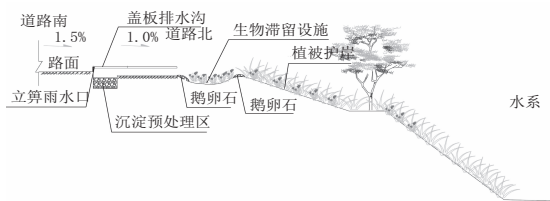


图 8 立算雨水口 + 盖板排水沟与水系南侧生物滞留设施衔接图
(3)透水砖铺装

项目范围内所有人行道均采用透水铺装设计,透水铺装结构层设计与道路 A 相同。

3.3 效果评估

本项目充分利用在建水系南岸生物滞留设施及植被生态护岸,通过道路的横断面坡向、人行道及道路排水系统的优化设计,设置雨水预处理系统及盖板排水沟等海绵设施,取消传统的道路雨水系统,将道路红线范围雨水通过生物滞留设施及植被生态护岸进行管控,超标雨水溢流至水系。经模型评估,道路建设完成后透水铺装率达到 33.3%,年径流总量控制率为 71.2%,年径流污染控制率为 56.1%,达到径流总量及径流污染控制要求。本项目充分利用道路红线外的绿地及水系,通过海绵城市建设,采用生态排水模式,减少雨水管网工程量,节省工程费用约 63.6 万。

4 道路 C 海绵城市系统设计

4.1 项目概况

道路 C 为三幅路,位于芜湖市经济开发区,道路全长约 360 m,道路标准横断面红线宽度为 31 m,道路横断面如下:2×3 m(人行道)+2×3.5 m(非机动车道)+2×2 m(侧分带)+2×7 m(机动车道)=31 m。道路 C 标准横断面见图 9。

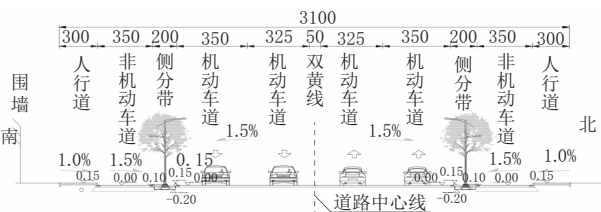


图 9 道路 C 标准横断面示意图(单位:cm)

4.2 方案设计

道路 C 位于经济开发区,道路路幅较宽,若按传统建设模式,透水铺装率仅为 12.9%,对市政排水系统及城市水体影响较大。道路 C 红线外海绵城市建设条件受限,红线内设置 2 m 宽的绿化分隔带,具有较好的海绵优化设计条件,本方案主要从道路的横断面、人行道、侧分带及雨水口开展优化设计,采用

透水砖铺装、生物滞留设施、环保雨水口等海绵设施。海绵城市建设目标以年径流总量控制率及年径流污染控制率为主。道路 C 雨水径流管控技术路线见图 10。

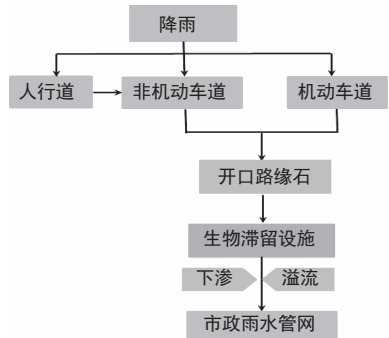


图 10 雨水径流管控技术路线图

(1)道路横坡优化

对道路横坡进行优化设计,调整非机动车道横坡坡向,将机动车道、非机动车道及人行道横坡坡向道路两侧侧分带,确保道路红线范围径流雨水汇集至侧分带。

(2)生物滞留设施

将道路 C 的侧分带设置为生物滞留设施,生物滞留设施内部设置溢流口及透水盲管,两侧设置路缘石开孔。人行道、非机动车道及机动车道范围内雨水通过路缘石开孔汇入道路两侧的生物滞留设施进行渗蓄、净化处理,超标雨水通过生物滞留设施内溢流口排放至市政雨水管网。生物滞留设施见图 11。

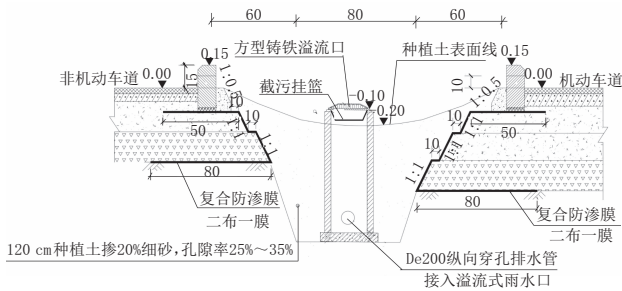


图 11 生物滞留设施大样图(单位:cm)

(3)透水砖铺装

项目范围内所有人行道均采用透水铺装设计,透水铺装结构层设计与道路 A 相同。

(4)环保雨水口

本工程在道路交叉口及相对低点采用双算或多算环保雨水口,在实现截污目标的同时,确保道路排水功能。环保雨水口设计类型与道路 A 相同。

4.3 效果评估

本项目通过道路横坡坡向、人行道、侧分带、雨水口的优化设计,设置透水砖铺装、生物滞留设施与

环保雨水口等海绵设施,经模型评估,道路建设完成后透水铺装率达到 32.3%,年径流总量控制率为 70.6%,年 SS 总量去除率为 55.4%,达到径流总量及径流污染控制要求。

5 结 语

城市道路作为城市雨水径流问题较为突出的区域,随着海绵城市理念在我国不断的深化,城市道路设计思路也逐渐转变。本文结合芜湖市 3 种不同类型城市道路建设,充分利用道路红线内外空间条件,精细化地优化海绵城市道路设计,因地制宜提出简约适用的 LID 技术方案,并对海绵城市建设主要指标完成情况进行了评估。结果表明,透水铺装率、年径流量总量控制率、年径流污染控制率均满足要求,有效控制了城市的面源污染,提升城市排水能力。本文选择的道路具有代表性,通过上述 3 种类型城市道路海绵优化设计,明确了芜湖市城市道路的海绵化设计要点,在全域推进芜湖市海绵城市建设技术

指导过程中有效把控道路海绵设计方向,同时也可以为其他示范城市全域推广道路海绵设计提供借鉴。

参考文献:

- [1] 徐钦勇.基于海绵城市理念的城市道路设计及指标校核研究[J].西部交通科技,2022(7):182-184.
- [2] 张高嫒,刘星.城市“看海”综合治理方略研究[C]//2019 中国城市规划年会论文集.北京:建筑工业出版社,2019.
- [3] 赵常辉,王金红,张云霞,等.城市内涝特征、成因及应对研究综述[J].灾害学,2023,38(1):220-228.
- [4] 汤钟,张亮,余璐,等.韧性城市理念下的区域雨洪控制系统构建探索及实践[J].净水技术,2020,39(1):136-143.
- [5] 李盛,秦苗,刘萌,等.岳阳市某海绵城市道路系统降雨径流分析与评价[J].长沙理工大学学报(自然科学报),2021,18(12):9-16.
- [6] 尉岚,朋四海,郝彦璋,等.城市道路暴雨径流重金属污染特征及其控制策略[J].净水技术,2022,41(增刊1):20-27.
- [7] 丁立亚.基于海绵城市理念的城市道路非机动车道设计[J].城市道桥与防洪,2021,9(269):37-39.
- [8] 韩素华,曹倩男,陆敏博.新建及改造道路海绵城市设计探讨[J].城市道桥与防洪,2021(11):29-32.
- [9] 周媛,张立秋,杨龙,等.生物滞留设施运行常见问题及调控措施研究进展[J].净水技术,2022,41(9):26-34.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com