

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.24.008

海绵城市理念在某老旧小区综合改造中的应用

李沛容¹, 梁庆华², 朱林², 吴玮^{1,3}, 魏成耀¹

(1. 苏州科技大学 环境科学与工程学院, 江苏 苏州 215009; 2. 江苏省太湖水利规划设计研究院有限公司, 江苏 苏州 215128; 3. 江苏水处理技术与材料协同创新中心, 江苏 苏州 215009)

摘要: 为更好地提升居民的生活品质,实现生态文明建设,苏州某老旧小区改造将海绵城市建设、绿色人居环境理念纳入其中,以问题为导向,考虑人居需求及城市规划发展,遵循以人为本的“绿色、健康、邻里、舒适”目标原则,对小区建筑、道路、排水、景观等进行综合改造。在采用立面出新、排水系统改造、道路改建等老旧小区传统改造基础上,排水系统重点综合源头削减、过程控制、末端治理的技术思路;通过系统化梳理现状,在室外雨污分流改造完成的基础上,采用建筑雨落管断接、支管截流、干式植草沟、沿河生物滞留带、停车场生态化改造等系统化技术手段,可将年径流总量控制率、面源污染削减率由18.5%、15.7%分别提高至50.2%和42.7%。该小区的改造结合景观提升,优化居住区环境,提升居民幸福感指数,可为其他老旧小区改造提供参考与借鉴。

关键词: 海绵城市; 老旧小区; 综合改造

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)24-0039-06

Application of Sponge City Concept in Comprehensive Reconstruction of an Old Residential Community

LI Pei-rong¹, LIANG Qing-hua², ZHU Lin², WU Wei^{1,3}, WEI Cheng-yao¹

(1. School of Environmental Science and Engineering, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215009, China; 2. Jiangsu Taihu Planning and Design Institute of Water Resources Co. Ltd., Suzhou 215128, China; 3. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Water Treatment Technology & Material, Suzhou 215009, China)

Abstract: In order to better improve the living quality of residents and realize the construction of ecological civilization, the concept of sponge city construction and green living environment are introduced into the old community reconstruction project in Suzhou. Based on problem-orientated, considering the needs of human settlements and urban planning development, in accordance with the people-oriented principle of “green, healthy, neighborhood, and comfort”, comprehensive transforming of the residential building, roads, drainage, landscape was carried out. On the basis of the traditional transformation of old community such as facade innovation, drainage system transformation, road reconstruction and so on, the technical ideas of comprehensive source reduction, process control and end treatment of the drainage system are emphasized. By systematically combing the present situation and on the basis of outdoor rain

基金项目: 江苏省水利科技项目(2017015)

通信作者: 吴玮 E-mail: wuwei@usts.edu.cn

and sewage separate transformation, the total runoff control rate and non-point source pollution reduction rate can be increased from 18.5%, 15.7% to 50.2% and 42.7%, respectively, by using systematic technical means, such as building rain pipe disconnection, branch pipe interception, dry grass planting ditch, biological detention zone along the river, ecological transformation of parking lot and so on. Combining the landscape improvement, the project optimized the living environment and improved the residents' happiness index, which could provide reference for the other old communities' renovation.

Key words: sponge city; old residential community; comprehensive transformation

随着城镇化进程的加快,老旧小区建筑渗水、雨污混流、停车位不足、绿化缺失等问题^[1-2]日益凸显,无法满足新型城镇化发展背景下生态文明建设的要求。2017年12月住房和城乡建设部确立15个城市开展老旧小区改造试点,将“海绵城市+”融入其中,探索城市老旧小区改造的新模式。苏州某老旧小区改造项目,因地制宜地考虑问题与需求之间的平衡,以海绵城市新的城市发展理念为契合点,实施老旧小区升级改造。

1 工程概况

该项目位于苏州市吴中区,占地18 500 m²,建设于20世纪90年代中期,为拆迁保留区,属于典型的建成区老旧小区,三面环路,南面临河,小区共11幢多层建筑,36个单元,408户住户。

通过前期大量的走访、翻阅原设计图纸、管线勘察等,总结得出该小区主要存在房体渗水、立面脱落、线管私拉乱接、道路坑洞、板块断裂、雨污混流、径流污染入河、景观缺失、停车位功能丧失等问题。

此次改造以问题和需求为导向,从建筑、道路、排水、景观四个方面考虑,将海绵城市建设理念融入其中,结合苏州本底特点,在满足水安全的前提下,实现改造与保护的平衡,营造舒适、美观、健康、洁净的小区居住环境。

2 改造思路

在“以人为本”的前提下^[3],充分展现“户外、自然、健康、邻里、舒适”的元素,对建筑、道路、排水、景观进行综合改造,采用立面出新、道路翻修、停车位修复、化粪池填埋、新建雨水立管等传统改造手法,融合海绵城市建设理念,以排水工程衔接各工程,从源头、过程、末端系统化梳理排水现状,在室外雨污分流改造完成的基础上,采用建筑雨落管断接、支管截流、干式植草沟、沿河生物滞留带、停车场生态化改造等系统化技术手段,打造一个以绿色生态健康循环系统为核心的“新”小区。改造工程采

取的技术路线如图1所示。

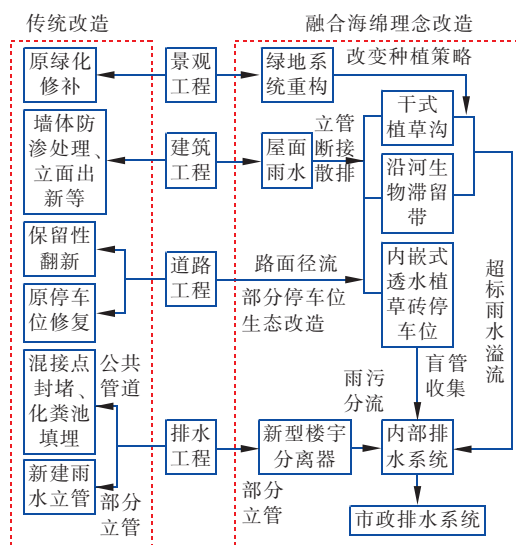


图1 技术路线

Fig.1 Technology roadmap

3 改造内容

3.1 建筑工程

老旧小区居住建筑普遍存在结构不稳定、屋面承载力差、墙面漏水开裂等问题,屋顶绿化、墙面垂直绿化等海绵设施不适宜在老旧小区中使用^[4],而屋面径流是城市中一种潜在的非点源污染^[5]。因此,本次改造中对可收集的屋面雨水,通过建筑雨落管断接方式,有组织地将屋顶散排雨水引入海绵设施内,从而控制屋面径流量与径流污染。

建筑工程改造重点以保障居民生活需求为主,实施建筑墙体防渗处理和立面出新,对于平屋面进行保温和防水改造,坡屋面更换防水层和屋顶瓦片,单元内扶手改造、增设单元门和门禁系统;通过三网合并,采用皮线光纤,明敷管入户,确保外立面及楼道内的线缆整洁;小区入口增加门禁系统,达到人车分流的目的。

3.2 道路工程

室外道路宽4~8 m,统一进行“白改黑”改造,

即水泥混凝土车行道改为沥青混凝土道路,考虑居民出行方便,采用素混凝土基层快速施工设计,结构从上到下为:4 cm 细粒式沥青混凝土,6 cm 中粒式沥青混凝土,20 cm C25 素混凝土基层,10 cm 碎石垫层。结合落水管断接,同步翻建混凝土建筑散水坡,避免雨水入渗底层自行车库;南侧靠河3.5 m 舒布洛克铺装重新翻建,结构从上到下为:6 cm 预制舒布洛克砖,3 cm 水泥砂浆(1:3),15 cm C25 素混凝土基层,5 cm 碎石垫层;破损停车场结合海绵措施改造为内嵌式透水植草停车场;同时结合道路坡向,将路面径流收集至海绵设施,就地消纳。结合三线入地改造,过路 and 重要节点设置4孔镀锌钢管过路预埋管。

3.3 排水工程

小区前期进行过室外管道的雨污分流改造,但控源截污不彻底,加之日常管养不到位,导致雨水算子堵塞、破损严重。南阳台排水不规范,北立管雨污合流,划线停车位、垃圾收集点等面源污染严重,小区接出雨水管道水质指标 COD 为 457.53 mg/L,污水管道水质指标 COD 为 516.68 mg/L,存在混流和地下水入渗的情况。

针对上述问题,结合地勘资料,重新梳理排水系统,复核室外管道排水能力均满足最新规范要求,对查出的混接点进行彻底分流和封堵处理,取消所有楼宇之间的化粪池,并进行专业填埋处理,结合道路改建施工,对雨污水检查井加固并更换井盖,加装干管检查井防坠落装置;改建垃圾收集点,设置垃圾收集点渗滤液收集系统。

建筑南北立面立管全部更换改造为雨、污两套排水系统,对周边设置干式植草沟和生物滞留带的雨水立管进行断接,散排入海绵设施,其余仍接入雨水边井。

对于庭院式底楼无法进行传统立管改造的建筑,选择新型楼宇分离器截流控制初期雨水和旱流污水进入雨水系统。

楼宇分离器由鸭嘴阀、限流阀、进水口、雨水出水口、污水出水口组成。鸭嘴阀单向流通,阻隔污水管网中的臭味进入用户阳台;限流阀可自动切换模式,整个设备无需外加动力及维护保养,能有效解决雨污合流造成的河道水质“富营养化”,具有分流效果佳、耐高温和腐蚀、寿命长、弃流初期雨水等优点。楼宇分离器型号的选择需经过计算,小区内每单元

以12户人家计,每栋楼5个单元,假设每个立管有两户人家同时使用洗衣机,共20户,洗衣机用水定额参照《建筑给水排水设计规范》(GB 50015—2003,2009年版)数据,1 kg 干衣用水40~80 L,取洗衣机用水量为40 L,用时1.0 h,每家洗6 kg 衣服,故洗衣机每小时用水量为4 800 L。按限流量占截污管的30%计,设计采用DN200的截污管、DN300的雨水管。楼宇分离器结构如图2所示。

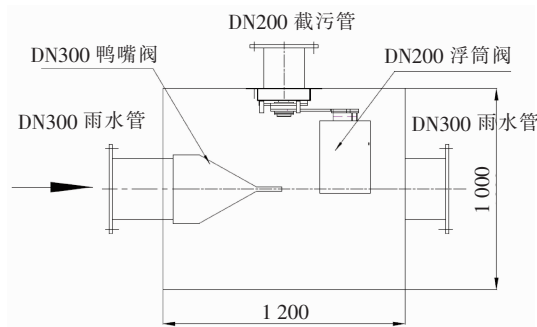


图2 楼宇分离器示意

Fig.2 Schematic diagram of building separator

为减少施工难度,降低投资成本,设计在两栋有围墙的楼宇间新建截流井连接现有雨污水检查井,并安装楼宇分离器,晴天时污水直接排入污水管网中,雨天时由浮筒式限流阀液位控制,实现初期雨水弃流。

3.4 景观工程

景观工程设计主要以提升人居环境为主,修缮破损花坛、景观小品,结合苏式元素改建原硬质广场为小游园,让居民走出户外,增加交流。海绵设施通过更换原有的种植土层,重构绿地系统,并结合植物搭配,优先选用本土植物。在种植策略上选择常绿、耐淹、耐旱、耐污、耐寒等多重要求的植物,营造良好的自然生态植物景观群落^[6],如生物滞留池及植草沟内可选用鸢尾、毛娟、细叶针芒、红叶石楠、旱伞草、小兔子狼尾草、矮蒲苇、再力花等根系发达、茎叶繁茂、净化功能强的植物;同时在楼宇之间以花灌木为主,增加层次感,其余裸露土层以绿化补种为主。

4 海绵专项设计

4.1 总体布局

合理利用原有雨污管网,结合小区周边区位、绿化改造、地下综合管线,统筹选择海绵措施,实现源头削减和过程控制,保证汇水分区的最优划分。主干道南侧花坛下综合管线较多,可利用区域小,设计

为干式植草沟接纳道路两侧及屋面雨水;南侧沿河设置生物滞留带,生态拦截整个小区地面径流外排入河溢流雨水,减少面源污染;原植草砖停车场为不透水设计,现改建为内嵌式全透水植草砖停车场,消纳周边雨水径流。

4.2 海绵设施设计

4.2.1 干式植草沟设计

小区入口主干道南侧有8个宽为3.5 m、高为0.4 m的花坛,现状景观效果不佳,水土流失严重,且人流量及车流量大,较其他区域污染严重。有研究表明,植草沟具有削减径流总量,增加渗透量、控制面源污染等优点^[7-8]。结合项目建设条件,采用干式植草沟275.12 m²,服务面积共2 667.68 m²。为防止车辆乱停乱放,同时满足自然重力径流,植草沟周边设置排水路缘石,路缘石形式和尺寸见图3。

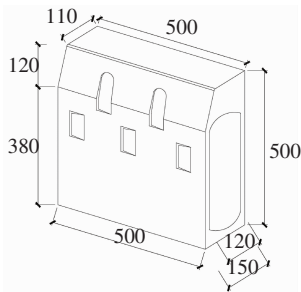


图3 排水路缘石形式及尺寸

Fig. 3 Drainage curb form and dimension

排水路缘石采用树脂混凝土材质,雨水流入路缘石后,由PVC管(De110 mm)导流至干式植草沟进行蓄滞和净化,路缘石可短暂储存雨水,在一定程度上可削减洪峰流量。路缘石具体参数见表1。

表1 排水路缘石参数

Tab. 1 Drainage curb parameters

项目	水力半径 R/m	过水断面 面积 S/m^2	粗糙 系数 n	1.5%坡度过水 能力/ $(\text{L} \cdot \text{s}^{-1})$
数值	0.052	0.037 9	0.013	49.7

干式植草沟浅沟断面形式采用直壁式倒抛物线形,根据《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》要求,边坡坡度(垂直:水平)西侧为1:3,东侧为1:4.5,纵坡坡度为2%。从下至上的结构层为:素土夯实 $\geq 93\%$;因距离建筑物较近,上铺一层300 g/m²的防渗土工布;400 mm厚砾石排水层包裹穿孔排水管收集下渗雨水;加铺300 g/m²的透水土工布,起隔离透水效果;因苏州

地区土壤渗透系数 $\geq 1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$,土质多为黏土,故对干式植草沟种植土进行换填,采用400 mm厚1:1砂质土;溢流井设置在较缓一侧,保证200 mm的蓄水深度及超高,溢流井采用树脂混凝土成品井,尺寸为600 mm \times 400 mm,井体内设截污挂篮,孔径 $< 20 \text{ mm}$,专用滤料对雨水SS、COD的去除率均大于75%。整体结构层设计详见图4。

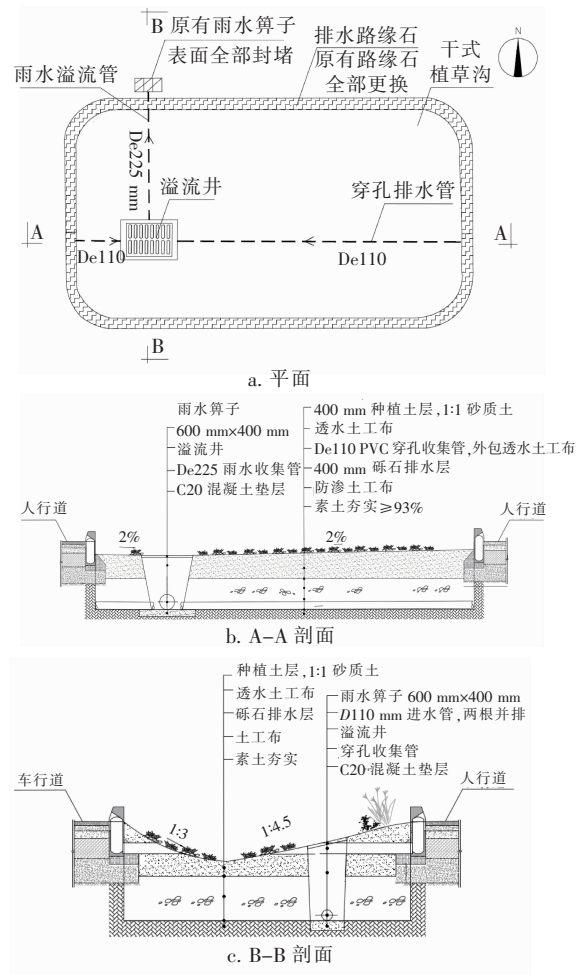


图4 干式植草沟平面及剖面

Fig. 4 Plane and sectional diagram of dry grass ditch

为防止居民私自将杂物放置在植草沟内,景观设计考虑道路周边布置矮花灌木,内部设置湿生植物,点缀花叶植物。

4.2.2 生物滞留带设计

小区南侧沿河步道宽约3.5 m,无绿化布置,雨水挟带泥沙及污染物直接径流入河道,造成面源污染。设计采用生态拦截的方式,考虑步道宽度,设置宽度为1 m的直壁式生物滞留带进行软隔离,同时搭配灌木及耐涝耐旱的植物,间隔20 m设置休闲座椅,供居民休憩,既可确保居民安全,又可美化沿河

环境,净化初期雨水,减少面源污染。

蓄水层深度为生物滞留设施重要设计参数,设施溢流控制效果随其增大而显著增强,但是积水排空时间延长,易滋生蚊蝇,影响环境效果。结合相关经验及本项目建设条件,设计生物滞留带结构从上到下为:100 mm 超高层,100 mm 蓄水层,400 mm 过滤层,200 mm 过渡层,250 mm 排水层,详见图 5。为防止雨水冲刷,临河一侧采用粒径为 50 ~ 100 mm 的鹅卵石护坡。

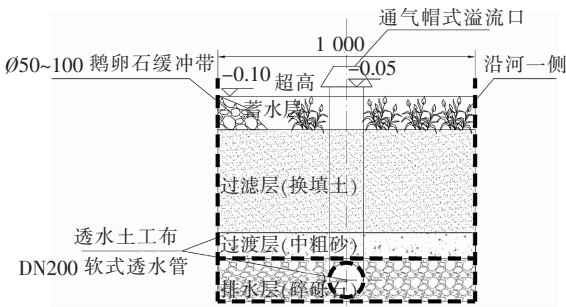


图5 生物滞留带剖面

Fig.5 Sectional diagram of bioretention facility

4.2.3 生态停车场设计

小区内部现有停车位 153 个,现有车辆约 185 辆,在保证小区内有足够活动空间及绿化条件下,增加沥青面层划线停车位 32 个,以满足居民停车要求。其中,有 32 个室外植草砖铺砌停车位位于小区北侧和西南角,因植草砖大面积破损,长时间基础沉降,现状存在大面积积水,排水困难,考虑区域面积较大,原有结构已不能满足现有需求,将统一改造为透水铺装结构,设计选定透水钢渣停车位和内嵌式透水植草砖停车位两种,比选结果见表 2。最终采用性价比比较高的内嵌式透水植草砖停车位。

表2 两种停车位对比

Tab.2 Comparison of two parking spaces 元·m⁻²

项目	透水钢渣停车位	内嵌式透水植草砖停车位
单价	260	300
优点	施工周期短;强度高	透水性好;绿植面积大;植被成活率高
缺点	施工工艺复杂;无绿植;钢渣材料存在风险性	施工工艺较复杂;单价成本较高

内嵌式透水植草砖停车位设计成“一”字型黑色透水铺装模框(490 mm×445 mm×43 mm),具有良好的承载力和稳定性;模框内嵌普通混凝土路面砖,并在砖缝间填充草籽,透水速率 $\geq 2.0 \times 10^{-2}$

cm/s。结构层剖面详见图 6。

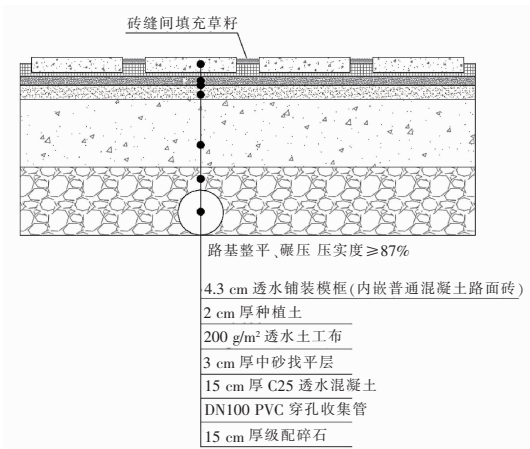


图6 内嵌式透水植草砖停车位剖面

Fig.6 Sectional view of parking space with embedded permeable grass planting brick

4.3 效益分析

① 环境效益。小区内布设干式植草沟、内嵌式全透水植草砖停车场,可使道路两侧、设施周边及屋面雨水有滞留、缓排,一定程度上削减峰值流量,进而降低区域内雨水管网负荷;沿河布设的生物滞留带,生态拦截小区地面径流外排入河溢流雨水。经计算,改造后的年径流总量控制率由改造前的 18.5% 提高至 50.2%。设施内搭配的各级配层,可削减地表径流中的污染物,改造后面源污染削减率由改造前的 15.7% 提高至 42.7%。同时,设施内选配的植物,对小区景观也有较大提升。

② 社会效益。海绵城市理念融入老旧小区的综合改造中,居民可以在生活中更直接地接触这一理念,在休闲娱乐的同时,感受到雨水资源合理利用的益处,增强惜水、节水和利用雨水的意识。

5 结语

该小区改造将海绵城市建设理念、绿色人居理念融入建成区老旧小区建筑、道路、排水、景观等方面的综合改造中,保障了居民的日常生活,改善了居民的生活环境,提升了居民的生活品质。

设计根据小内现有地形条件及居民需求,以排水工程为主线,以问题为导向,最终达到“控源-截污-净化-保洁”的效果,有效减轻了水环境污染风险,增强了排水除涝能力。对于项目中遇到的问题做如下总结,以供同类工程参考。

① 针对老旧小区建筑屋面承载力差、墙面漏水开裂、不具备绿色屋顶改造等问题,可采用建筑雨

落管断接的方式控制屋面雨水径流。

② 针对道路积水、坑洞、破损等问题,可结合道路翻新重新梳理道路坡向,引流道路径流雨水与入河径流雨水,将原有不透水植草砖停车位生态化改造为全透水结构,增强雨水渗透能力。

③ 针对排水不规范、雨污混流、立管私拉乱接等问题,设计应重新梳理排水现状,利用传统改造方式,新建雨水立管,封堵混接点。

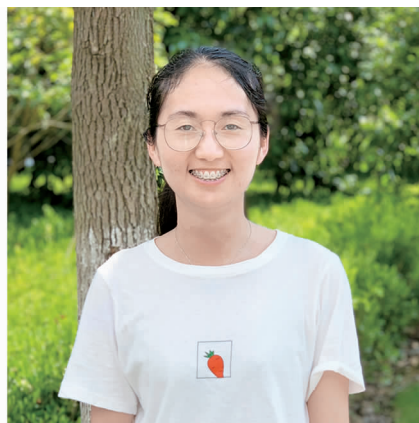
④ 对于雨水直排、雨水管网压力大等问题,为更好地控制径流雨水,改变传统排水方式,设计应根据现状地形条件,探清地下管线情况,可因地制宜采取源头技术手段衔接传统的排水系统,达到削减径流峰值,降低区域管网负荷的目的。如本项目中选取干式植草沟和沿河生物滞留带截流控制屋面、道路及入河径流雨水。

⑤ 对于一楼庭院不能进行雨落管断接、立管改造的楼栋,可以增设楼宇分离器,在雨水输送过程中控制屋面雨水及南阳台污水,实现初期雨水弃流及雨污分流的目的。

⑥ 对于景观缺失部分应进行绿化补种,海绵设施内的植物可选取常绿、耐淹、耐旱、耐污、耐寒的植物,如美人蕉、细叶针芒、红叶石楠、金边黄杨、旱伞草等,增大植物净化功能,提升景观效果。

参考文献:

- [1] 魏媛媛,李玲,阎轶婧,等. 海绵城市规划建设中的老旧小区改造方案探讨——以潍坊新村为例[J]. 净水技术,2018,37(10):118-123.
Wei Yuanyuan, Li Ling, Yan Yijing, et al. Exploration of old community reconstruction scheme under sponge city planning and construction: Case study of Weifang community[J]. Water Purification Technology, 2018, 37(10):118-123(in Chinese).
- [2] 吕朕. 浅析老旧小区改造工程[J]. 建筑工程技术与设计,2017(36):118.
Lü Zhen. Analysis of the renovation project of old residential quarters [J]. Architectural Engineering Technology and Design, 2017(36):118(in Chinese).
- [3] 余静. 浅析居住小区植物造景配置以人为本的科学理念[J]. 中州建设,2014(23):74-75.
Yu Jing. Analysis of the scientific concept of human-oriented plant landscaping in residential areas [J]. Zhongzhou Construction, 2014 (23): 74 - 75 (in Chinese).
- [4] 刘博文. 老旧小区雨水系统海绵城市改造设计研究[J]. 中外建筑,2018(7):107-109.
Liu Bowen. Research on design of sponge city in old residential area rainwater system[J]. Chinese & Overseas Architecture, 2018(7):107-109(in Chinese).
- [5] 刘守城,何兆芳,张烨,等. 屋面雨水径流水质特性研究[J]. 环境科技,2012,25(6):28-31.
Liu Shoucheng, He Zhao Fang, Zhang Ye, et al. Characteristics of the roof runoff water quality [J]. Environmental Science and Technology, 2012, 25(6): 28-31(in Chinese).
- [6] 于中海,李金河,刘绪为. 已建建筑小区海绵化改造系统设计方法探讨[J]. 中国给水排水,2017,33(13):119-123.
Yu Zhonghai, Li Jinhe, Liu Xuwei. Discussion on design of sponge system retrofit in residential area [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(13): 119-123(in Chinese).
- [7] 戈鑫,杨云安,管运涛,等. 植草沟对苏南地区面源污染控制的案例研究[J]. 中国给水排水,2018,34(19):134-138.
Ge Xin, Yang Yun'an, Guan Yuntao, et al. A case study on control of non-point source pollution by grassed swales in south Jiangsu [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(19):134-138(in Chinese).
- [8] 郭凤. 植草沟在道路地表径流传输入渗过程中的模拟研究[D]. 北京:北京林业大学,2014.
Guo Feng. Simulation of the Planting Ditch in the Process of Road Surface Runoff Transport Infiltration [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2014(in Chinese).



作者简介:李沛容(1994-),女,宁夏银川人,硕士研究生,研究方向为污水处理与回用技术。

E-mail:757005474@qq.com

收稿日期:2019-03-15