

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.20.024

# 上海临港新城道路改造海绵城市设计方案

解 铭<sup>1</sup>, 杨 智<sup>2</sup>, 周杨军<sup>1</sup>, 赵 祥<sup>1</sup>, 孙子为<sup>1</sup>

(1. 中国城市规划设计研究院, 北京 100037; 2. 同济大学建筑设计研究院<集团>有限公司, 上海 200092)

**摘 要:** 以上海海绵城市建设的试点区临港新城内某城市道路改造为研究对象,介绍了城市道路海绵城市建设过程中汇水分区划分、雨水排水组织、海绵设施调蓄量计算、生物滞留带、透水铺装以及附属设施的设计方法。改造道路按照65%年径流总量控制率进行设计,并对项目建成后实际运行效果进行监测,结果表明实际径流总量控制率达96.3%,径流污染物削减率达79%,设计方案满足海绵城市控制目标要求,可为同类项目提供参考。

**关键词:** 道路改造; 海绵城市; 生物滞留带; 透水铺装; 径流总量控制

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)20-0137-06

## Sponge City Design Scheme of Road Reconstruction in Shanghai Lingang New-city District

XIE Ming<sup>1</sup>, YANG Zhi<sup>2</sup>, ZHOU Yang-jun<sup>1</sup>, ZHAO Xiang<sup>1</sup>, SUN Zi-wei<sup>1</sup>

(1. China Academy of Urban Planning & Design, Beijing 100037, China; 2. Tongji Architectural Design <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Taking the road reconstruction of Lingang new-city district in Shanghai, the pilot area of sponge city construction as the research object, we introduced the design methods of catchment division, rainwater drainage organization, sponge facility regulation and storage capacity calculation, biological retention zone, permeable pavement and ancillary facilities in the process of sponge city construction. The reconstruction road was designed according to the 65% annual total runoff control rate, and the actual operation effect was monitored after the completion of the project. The results showed that the actual total runoff control rate reached 96.3%, and the runoff pollutant removal rate reached 79%. The design scheme could meet control target requirements of sponge city, and provide references for similar projects.

**Key words:** road reconstruction; sponge city; biological retention zone; permeable pavement; total runoff control

### 1 工程概况

#### 1.1 项目概况

上海是第二批全国海绵城市建设试点城市,临港新城为试点区域,面积约为79 km<sup>2</sup>。试点区域海绵城市建设主要围绕滴水湖展开,以保障临港主城区水环境、水生态、水安全及水资源。

对道路径流雨水的控制是海绵城市建设中的重要内容<sup>[1]</sup>。临港试点区内H1路为围绕着滴水湖的

一条环形道路,全长8.5 km,本次提升改造范围为H1路(S大道~H大道),长度为2.3 km,见图1。

H1路紧邻滴水湖,与滴水湖之间间隔80 m宽环湖景观带,H1路与H2路之间间隔商业与办公用地,H2路与H3路之间间隔城市景观带。

H1路红线宽度为50.0 m,改造前道路断面:10.0 m(人行道)+7.5 m(机动车道)+6.0 m(中央分隔带)+7.5 m(机动车道)+2.5 m(机非分隔带)+



(间隔绿化带) + 2.5 m(非机动车道) + 2.5(间隔绿化) + 7.5 m(机动车道) + 6.0 m(中央分隔带) + 7.5 m(机动车道) + 2.5 m(分隔带) + 6.5 m(辅道) + 2.0 m(间隔绿化) + 4 m(非机动车道) + 2.0 m(间隔绿化) + 2.0 m(人行道)。

道路汇水分区为每个雨水口的服务范围,纵向为两个雨水口间距 40.0 m,横向 50.0 m 划分为:①外圈 20.5 m = 3.0 m(人行道) + 2.0 m(间隔绿化带) + 2.5 m(非机动车道) + 2.5(间隔绿化) + 7.5 m(机动车道) + 3.0 m(中央分隔带)。②中圈 10.5 m = 3.0 m(中央分隔带) + 7.5 m(机动车道)。③内圈 19.0 m = 2.5 m(分隔带) + 6.5 m(辅道) + 2.0 m(间隔绿化) + 4 m(非机动车道) + 2.0 m(间隔绿化) + 2.0 m(人行道)。

A 段海绵方案:

外圈 20.5 m:雨水引入 2.5 m 机非分隔带中的生物滞留带进行消纳,超量雨水进入市政雨水管道;

中圈 10.5 m:雨水引入 2.5 m 主辅分隔带中的生物滞留带进行消纳,超量雨水进入市政雨水管道;

内圈 19.0 m:将雨水通过环保型雨水口净化,引入生态多孔纤维棉中进行处理,超量雨水进入市政雨水管道。

B 段海绵方案:

外圈 20.5 m:雨水引入 2.5 m 机非分隔带中的生物滞留带进行消纳,超量雨水进入市政雨水管道;

中圈 10.5 m:雨水引入 2.5 m 主辅分隔带中的生物滞留带进行消纳,超量雨水进入市政雨水管道;

内圈 19.0 m:将雨水引入 80 m 景观带湿地中进行处理,超量雨水进入市政雨水管道。

改造后航拍图见图 5。

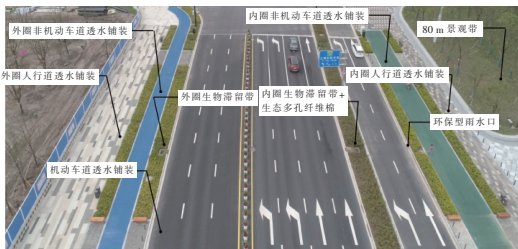


图 5 改造后航拍图

Fig. 5 Aerial photo after reconstruction

海绵设施调蓄量计算:

按照年径流总量控制率为 65%,对应降雨量为 16.0 mm,进行海绵设施设计。海绵设施每隔 40 m 间隔布置,单处海绵设施所需调蓄量如表 1 所示。

单处海绵设施设计调蓄量根据场地实际情况进行调整,略大于所需调蓄量,可达到控制率要求。

表 1 汇水分区目标调蓄量与设计调蓄量

Tab. 1 Target storage capacity and design storage capacity in catchment area

汇水分区	外圈	中圈	内圈
横向宽度/m	20.5	10.5	19.0
纵向长度/m	40	40	40
综合径流系数	0.18	0.19	0.18
年径流总量控制率/%	65	65	65
对应降雨量/mm	16.0	16.0	16.0
所需调蓄容积/m <sup>3</sup>	2.38	1.25	2.22
设计设施调蓄量/m <sup>3</sup>	2.40	1.26	A 段:2.29 B 段:2.22 (引入湿地)
海绵设施	透水铺装 + 生物滞留带	透水铺装 + 生物滞留带	A 段:透水铺装 + 环保型雨水口 + 生态多孔纤维棉 B 段:透水铺装 + 人工湿地

注: 本方案分隔带及间隔绿化径流系数取 0.15,透水铺装径流系数取 0.2。

2.2 生物滞留带设计

生物滞留带在 3.3 ~ 76.6 mm 降雨时,对道路径流有显著的调控效果<sup>[2]</sup>。外圈及中圈生物滞留带均设置在 2.0 m 宽间隔绿化带中。生物滞留带设计宽度为 1.5 m,设计综合调蓄深度为 0.4 m(蓄水层 0.2 m,种植土层、砾石层 0.2 m),则外圈及中圈的生物滞留带长度分别为 4.0 m 和 2.1 m。在道路机动车道一侧进行路缘石开口,路面径流雨水通过开口路缘石进入生物滞留带,在生物滞留带中通过生物、物理、化学过程被净化、调蓄。

生物滞留带设施结构剖面自上而下为 0.20 m 蓄水层、0.05 m 覆盖层、0.50 m 种植土层和 0.45 m 砾石层(见图 6)。生物滞留带设计参数见表 2。

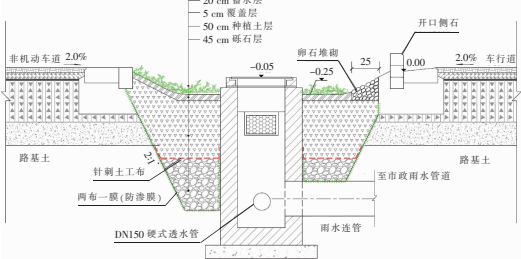


图 6 生物滞留带剖面图

Fig. 6 Section diagram of biological retention zone



表2 生物滞留带设计参数

Tab.2 Design parameters of biological retention zone

项 目	深度/ m	渗透速率/ (mm·h <sup>-1</sup> )	孔隙 率/%	规格
蓄水层	0.20	—	—	—
覆盖层	0.05	80~100	30	树皮,直径3~5 cm
种植土层	0.50	80~100	≥10	符合《绿化种植土壤》 (CJ/T 340—2016)要求
砾石层	0.45	80~100	35	直径20~25 mm
硬式透水管	坡度为1%, 过流量为20%			DN150

降雨时,车行道径流雨水通过侧石开口进入生物滞留带,雨水先后通过覆盖层、种植土层及砾石层进入 DN150 硬式透水管,最终接入溢流井中。当蓄水层蓄水深度超过 0.20 m 后,雨水通过溢流口进入溢流井,接入市政雨水管道。覆盖层、种植土层及砾石层的下渗速率设计为 80~100 mm/h,硬式透水管的过流量为 52.83 m<sup>3</sup>/h。经计算,生物滞留带内蓄存的雨水可在 4~5 h 内排空,可接纳下一场降雨,满足 24 h 内排空的要求,满足植物生长需求。

### 2.3 透水铺装设计

人行道、非机动车道及机动车道均采用透水铺装<sup>[3]</sup>(自上而下结构层见图7~9)。上海地下水位在地下 1.0~1.5 m,透水铺装不宜采用全透设施,透水铺装下部采用防渗土工布,将下渗雨水通过 DN100 软式透水管引入市政雨水管道。

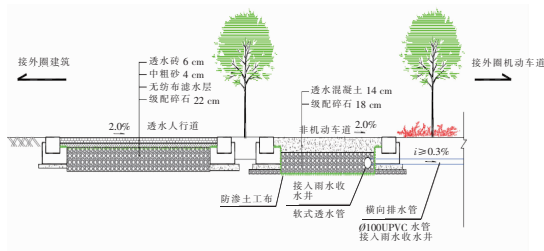


图7 外圈人行道及非机动车道透水铺装

Fig.7 Permeable pavement of outer circle sidewalk and non-motor way

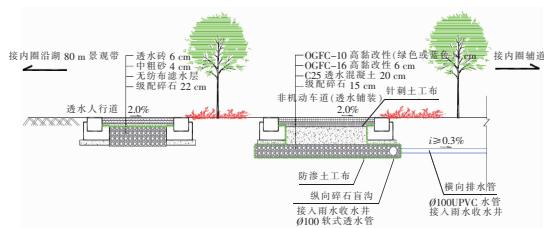


图8 内圈人行道及非机动车道透水铺装

Fig.8 Permeable pavement of inner circle sidewalk and non-motor way

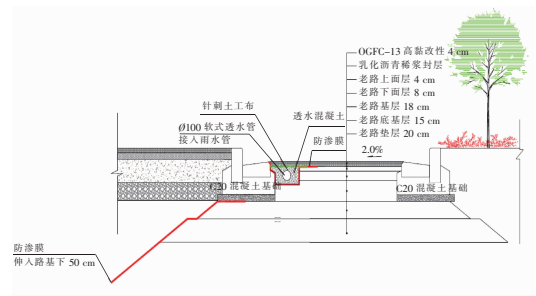


图9 机动车道透水铺装

Fig.9 Permeable pavement of motorway

人行道、非机动车道及机动车道均坡向间隔绿化带,产生的径流雨水通过侧石开口接入生物滞留带。

### 2.4 其他设施设计

#### ① 侧石开口

侧石开口是径流雨水进入生物滞留带的主要通道,也是改造后道路雨水进入市政管道的主要途径,侧石开口需满足雨水过流要求。在 5 年一遇降雨及 100 年一遇降雨下,分别对地面径流雨水量进行核算,见表 3、4。

表3 5年一遇侧石开口流量核算

Tab.3 Flow accounting of curbstone opening in rainfall of 5 years return period

汇水分区	外圈	中圈	内圈
横向宽度/m	20.5	10.5	19
纵向长度/m	40	40	40
综合径流系数	0.18	0.19	0.18
比流量/ (L·s <sup>-1</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	93.15	98.33	93.15
流量/(L·s <sup>-1</sup> )	7.64	4.13	7.08

表4 100年一遇侧石开口流量核算

Tab.4 Flow accounting of curbstone opening in rainfall of 100 years return period

汇水分区	外圈	中圈	内圈
横向宽度/m	20.5	10.5	19.0
纵向长度/m	40	40	40
综合径流系数	0.18	0.19	0.18
降雨强度/(mm·h <sup>-1</sup> )	140	140	140
流量/(L·s <sup>-1</sup> )	5.74	3.10	5.32

#### a. 5年一遇降雨

上海市现行暴雨强度公式:

$$Q = \frac{1600(1 + 0.846 \lg P)}{(t + 7)^{0.656}} \quad (1)$$

式中  $t$ ——地面集水时间,取 5 min

$P$ ——暴雨重现期

$Q$ ——设计流量,  $L/(s \cdot hm^2)$

通过计算,单个侧石开口在5年一遇设计要求下,最小设计流量为7.64 L/s。

#### b. 100年一遇降雨

采用实际降雨对100年一遇降雨径流量进行核算。2005年台风“麦莎”登陆上海,期间降雨为100年一遇降雨,最大降雨强度为140 mm/h。

通过计算,单个侧石开口在100年一遇设计要求下,最小设计流量为5.74 L/s。

侧石开口(见图10)过水断面可根据堰流公式计算:

$$Q_{\text{过}} = m_c A \sqrt{2gH^{1.5}} \quad (2)$$

式中  $Q_{\text{过}}$ ——设计流量,  $m^3/s$

$m_c$ ——孔口流量系数,取0.6

$A$ ——侧石开口有效面积,  $m^2$

$H$ ——侧石开口前水深,取0.15 m

通过计算,侧石开口最小过流面积为0.05  $m^2$ 。

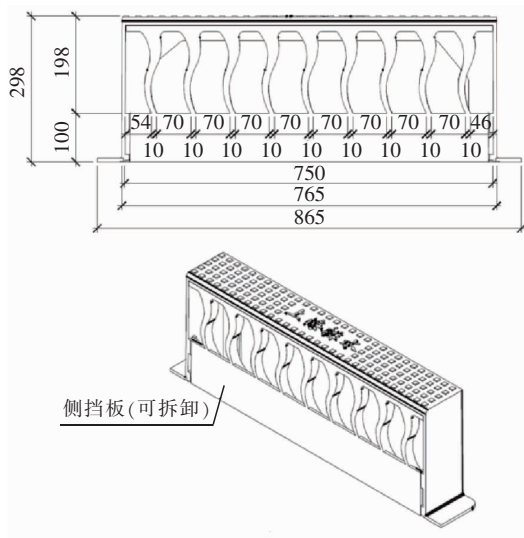


图10 生物滞留带侧石开口

Fig. 10 Opening of sidestone in biological retention zone

本项目中侧石开口采用上海侧算式雨水口侧石做法,该侧石开口过流面积为0.12  $m^2$ ,满足设计过水要求。

#### ② 溢流井

生物滞留带中设置溢流井,当进入生物滞留带的雨水超过容纳量时,溢流雨水通过溢流井进入市政管道。溢流井为钢筋混凝土结构,规格为750 mm × 1 200 mm,过流量为20 L/s。

#### ③ 环保型雨水口

A段内圈雨水通过环保型雨水口进入生态多孔纤维棉。环保型雨水口具有净化初期雨水的功能,雨水口中设置截污挂篮及由粉末活性炭、氢氧化铁等组成的滤料。

#### ④ 生态多孔纤维棉

生态多孔纤维棉为火山岩制造,具有渗透、缓冲、蓄水、释放及支持植物生长的功能。本项目中采用的生态多孔纤维棉为模块式,单块尺寸为1.2 m × 0.5 m × 0.3 m,孔隙率为94%~96%,渗透系数为5.0~8.5 mm/s,抗压强度为0.5~0.74 MPa。

本项目生态多孔纤维棉位于中圈分隔带,与中圈生物滞留带合建。内圈雨水通过环保型雨水口净化后,经过雨水连管进入中圈生物滞留带溢流井,雨水通过设置在溢流井下部的生态多孔纤维棉进水管进入生态多孔纤维棉中调蓄。

#### ⑤ 卵石沟

在生物滞留带侧石开口处设置卵石沟,缓冲径流雨水冲击及截留部分大颗粒悬浮污染物。卵石沟尺寸为25 cm × 30 cm,卵石直径为25~30 mm,卵石沟下部为种植土层。

#### ⑥ 附属绿化带设施

绿化带中间隔种植香樟与樱花,生物滞留带中种植植物与绿化带其余位置保持一致,种植狗尾草、龟甲冬青与紫娇花,见图11。



图11 生物滞留带实景

Fig. 11 Real picture of biological retention zone

### 3 实际运行效果

在海绵设施接入市政管道处设置流量及SS在线监测仪器,对设施运行效果进行评估。2019年8月9日在台风“利奇马”期间,对设施实际运行效果进行了监测,结果见图12。

流量:降雨时长为33 h,监测设施服务范围内累计降雨量达17.6  $m^3$ ,根据在线流量监测结果,降雨

期间平均出流量为  $0.007 \text{ L/s}$ , 累计出流量为  $0.83 \text{ m}^3$ , 设施径流总量控制率达  $96.3\%$ , 达到设计要求。

水质: 上海市区的初期雨水 SS 浓度为  $509 \text{ mg/L}$ <sup>[4]</sup>, 海绵设施出水 SS 浓度平均值为  $108 \text{ mg/L}$ , 通过海绵设施净化, 对 SS 去除率达到  $79\%$ , 满足海绵设施对径流污染物 SS 的控制要求。

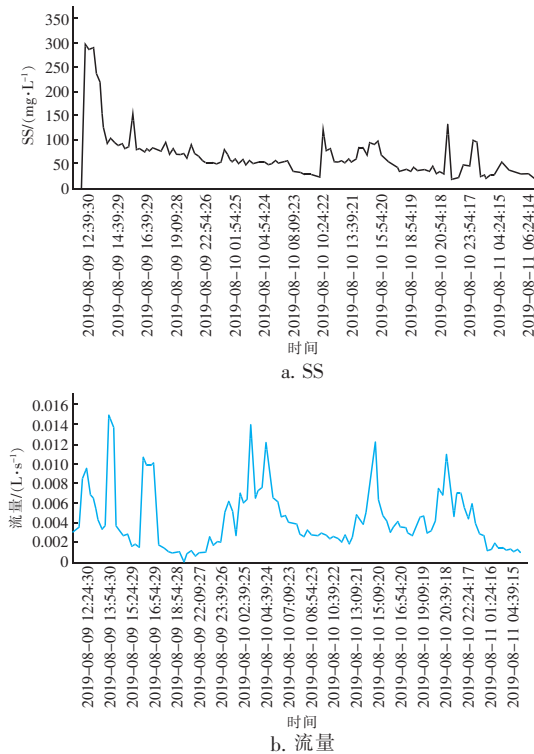


图12 海绵设施降雨期间出水SS及流量

Fig. 12 Flow and SS in effluent of sponge facilities during rainfall

#### 4 结语

以上海市临港地区 H1 路海绵改造为例, 介绍了海绵道路改造的设计方法。根据道路改建完成后实际运行的监测数据, 海绵设施达到了对道路径流雨水量及污染物浓度的控制要求, 也为该类型项目提供了数据依据。

设计中采用了如下设计思路: H1 路整体品质需与滴水湖周边协调, 海绵设施景观与整体景观协调, 生物滞留带植物与整体景观植被保持一致; 道路雨水处理与周边绿带相结合, 将道路雨水引入周边绿地中进行处理; 侧石开口采用上海侧算式雨水口侧石通用做法, 便于推广。

设计中也存在一些不足: 溢流井溢流口较大, 与生物滞留带中的植物景观不协调, 应控制溢流井口大小, 采用隐蔽式的溢流井口。

#### 参考文献:

- [1] 申丽勤, 车伍, 李海燕, 等. 我国城市道路雨水径流污染状况及控制措施[J]. 中国给水排水, 2009, 25(4): 23-28.  
Shen Liqin, Che Wu, Li Haiyan, *et al.* Urban road rainwater runoff pollution and its control measures in China[J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(4): 23-28 (in Chinese).
- [2] 黄静岩, 李俊奇, 宫永伟, 等. 道路生物滞留带削减雨水径流的实测效果研究[J]. 中国给水排水, 2017, 33(11): 120-127.  
Huang Jingyan, Li Junqi, Gong Yongwei, *et al.* Research on stormwater runoff reduction by roadside bioretention facilities[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(11): 120-127 (in Chinese).
- [3] 李志霏. 不同类型透水铺装系统对径流雨水控污效能及其机制研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2018.  
Li Zhifei. Study on Pollution Control Efficiency and Mechanism of Runoff by Different Types of Pervious Paving System [D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2018 (in Chinese).
- [4] 程晓波. 上海市中心城区初期雨水污染治理策略与案例分析[J]. 城市道桥与防洪, 2012(6): 168-171.  
Cheng Xiaobo. Treatment strategy and case analysis of initial rainwater pollution in central area of Shanghai[J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2012(6): 168-171 (in Chinese).



作者简介: 解铭(1993-), 男, 安徽亳州人, 硕士, 工程师, 从事给排水设计、水环境综合治理工作。

E-mail: 1017064134@qq.com

收稿日期: 2019-11-12