

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.02.009

城市道路海绵城市设计的建设效果评价及设计优化

楼 诚, 孙 烨, 黄 屹, 王贤萍
(嘉兴市规划设计研究院有限公司, 浙江 嘉兴 314000)

摘 要: 基于嘉兴市现状城市道路海绵城市设计方法,根据道路横断面和有无退让绿地等情况,从指标完成情况、景观效果、施工难易程度、造价和运行养护等五个方面分析不同设计方法建设效果的优缺点并进行综合评价。在此基础上,从水质净化和水量控制两方面着手,针对现状城市道路典型横断面,最终提出过滤型雨水口、多功能雨水口、分隔带排水暗渠、生态树带等收集、净化和渗透雨水的优化技术措施,并给出了详细的设计图示,可为城市道路海绵城市设计提供参考。

关键词: 城市道路; 海绵城市; 设计优化

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)02-0049-07

Construction Effect Evaluation and Design Optimization of Urban Road Sponge City Design

LOU Cheng, SUN Ye, HUANG Yi, WANG Xian-ping
(Jiaxing Planning & Design Research Institute Co. Ltd., Jiaxing 314000, China)

Abstract: Based on the current sponge city design method of urban road in Jiaxing City, the pros and cons of the construction effects of different design methods are analyzed and comprehensively evaluated from the following five aspects: index completion, landscape effect, ease of construction, cost and operation maintenance. Multiple situations are well investigated, including the road cross section and the green space concessions. Moreover, according to the analysis results, this paper proposes the following technical optimizations on collecting, purifying and infiltrating rainwater, such as filter type inlet, multifunctional curb inlet, divider drainage culvert, and ecological tree belt. The proposed optimizations focus on water quality purification and water volume control, targeting to the status of typical cross sections, and provide a detailed design diagram and a good reference to sponge-city design methods for the urban road.

Key words: urban road; sponge city; design optimization

历时三年的国家海绵城市试点建设为嘉兴市水生态的修复、水资源的涵养、水安全的提升以及水环境的改善作出了巨大的贡献,同时也形成了一整套管控、规划设计、建设施工、竣工验收和养护管理的制度和办法。但是,在海绵城市试点建设过程中,由

于受道路空间、道路路基安全、排水安全以及后期养护管理等因素的影响,城市道路海绵城市的设计成为海绵城市设计中的重点和难点。

以嘉兴市海绵城市建设试点期间道路海绵城市设计采用的技术方法为例,评价其建设效果,同时依

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07206-003)

据道路海绵城市建设过程中遇到的问题、完成后的实际运行情况,提出道路海绵城市设计中的优化方法,从而更好地推进海绵城市相关技术的应用。

1 城市道路海绵城市设计概述

海绵城市道路设计根据道路横断面形式,一般可分为四种基本类型,即单幅路、双幅路、三幅路以及四幅路^[1],同时还应考虑建筑后退道路红线区域有无绿地等因素。

单、双幅路机动车道与非机动车道一般不设置分隔带,车行道采用机非共板的形式,典型单、双幅路横断面形式分别如图1、2所示。

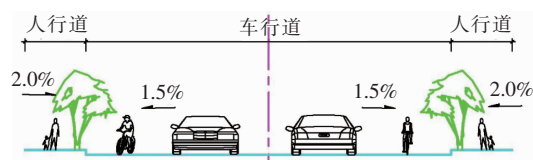


图1 单幅路横断面

Fig. 1 Cross section of a single carriageway road

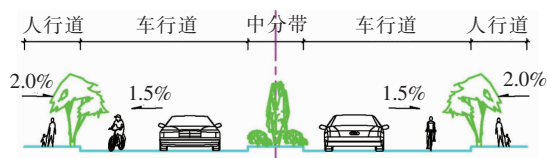


图2 双幅路横断面

Fig. 2 Cross section of a dual carriageway road

三、四幅路一般机动车道与非机动车道设置分隔带,中间车道通行机动车辆,两侧车道供非机动车行驶,典型三、四幅路横断面形式分别见图3、4。

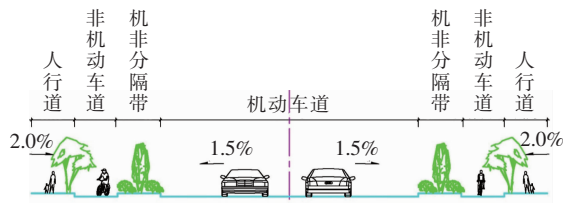


图3 三幅路横断面

Fig. 3 Cross section of a triple carriageway road

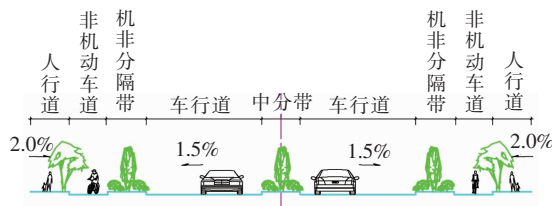


图4 四幅路横断面

Fig. 4 Cross section of a quadplex carriageway road

选取嘉兴市海绵城市建设试点区内的典型城市道路,依据道路现状分幅情况和建筑后退道路红线区域有无绿地情况,分别对环城路、富润路、由拳路以及中环南路海绵城市设计进行分析,这四种典型道路分幅情况和建筑后退道路红线情况见表1。

表1 典型道路分类

Tab. 1 Typical road classification

道路分幅	有退让绿地	无退让绿地
单幅路 双幅路	环城路(单幅) (勤俭路-秀城桥)	富润路(双幅) (富民路-由拳路)
三幅路 四幅路	中环南路(四幅) (城南路-富润路)	由拳路(三幅) (新气象路-纺工路)

1.1 环城路

环城路(勤俭路-秀城桥)为单幅道路,全长608 m,道路总宽度24 m,其中车行道宽度14 m,两侧人行道与树带宽度3~5 m,滨水绿地宽度从25~65 m不等。环城路海绵城市技术路线和道路海绵城市设计横断面见图5。

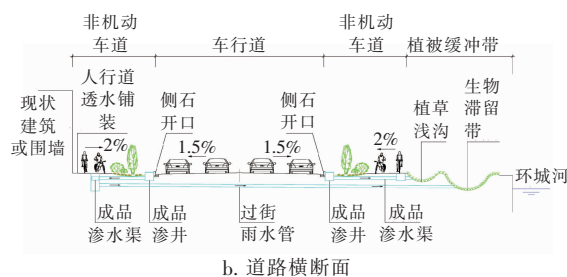
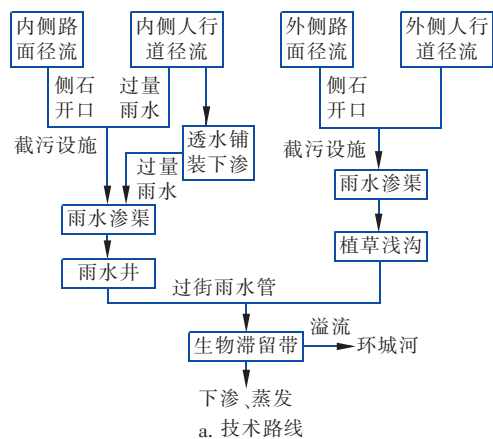


图5 环城路海绵城市设计

Fig. 5 Sponge city design of Huancheng Road

内侧人行道雨水经透水铺装下渗存储,过量雨水溢流排入人行道边缘下的雨水渗渠;内侧道路雨水通过侧石开口,经预处理后由暗渠接入人行道下渗渠内。雨水渗渠与每隔一段距离横向设置的过街

雨水管相连,将雨水输送至外侧滨河绿地内。外侧人行道保留现状不透水结构,雨水直接排入外侧的植草沟内;外侧道路雨水通过侧石开口,经预处理后由暗渠接入外侧的滨河绿地内。

滨河绿地设计有植草沟+生物滞留带两级过滤型植被缓冲带。草沟与生物滞留带之间采用横向连管连接。过量雨水从生物滞留带内的溢流雨水口直接溢流排河。

1.2 富润路

富润路(富民路-由拳路)为双幅道路,红线宽度 28 m,中分带宽 4.5 m,车行道 7.5 m,人行道宽 4.25 m,道路范围内的车行道为沥青路面。道路两侧用地为工业厂房或公建。

富润路海绵城市技术路线和道路海绵城市设计横断面见图 6。道路东西两侧人行道树池连通改造为 2 m 宽的下凹式树带,同时在树带内设置渗井,车行道雨水通过侧石开口引入树带内进行消纳与净化,人行道全部采用透水铺装。

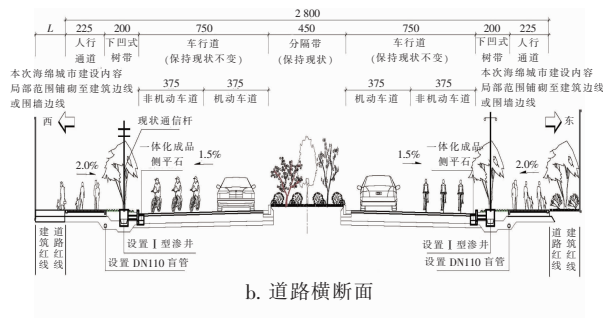
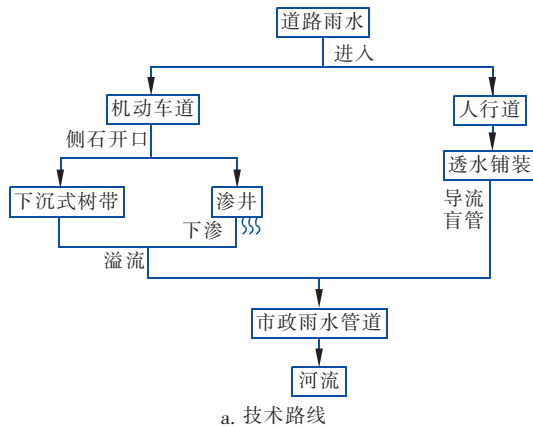


图 6 富润路海绵城市设计

Fig. 6 Sponge city design of Furun Road

1.3 由拳路

由拳路为城市主干路,现状为“三块板”断面,一般路段横断面为 4.5 m(人行道)+5 m(非机动车

道)+4 m(机非分隔带)+15 m(机动车道)+4 m(机非分隔带)+5 m(非机动车道)+4.5 m(人行道)=42 m。沿线人行道内侧设置树带,局部未设置树带位置现状行道树设置树池,树带宽度为 1.0~1.5 m。道路沿线两侧为居住小区、公司、公园绿地等,沿街基本为围墙,后退绿化空间较小。

由拳路海绵城市技术路线和道路海绵城市设计横断面见图 7。

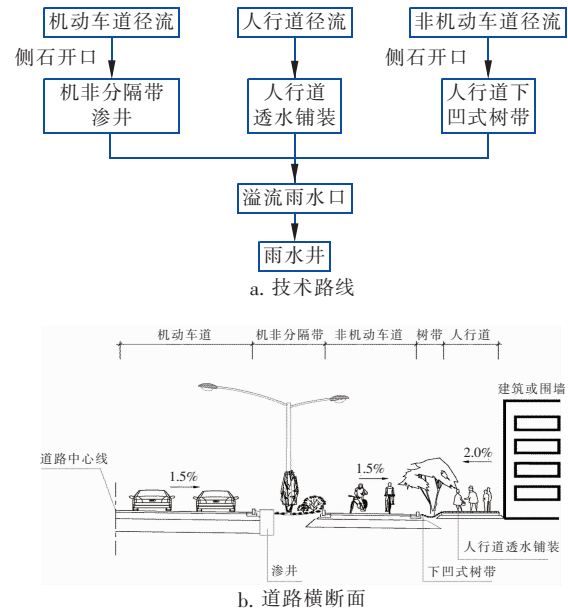


图 7 由拳路海绵城市设计

Fig. 7 Sponge city design of Youquan Road

道路两侧绿化主要为现状小区和规划建设用地,可利用的绿地面积有限,设计将道路两侧人行道树带改造为下凹式树带,非机动车道路雨水通过侧石开口引入树带内进行消纳与净化。同时,将人行道设计为透水铺装。机非分隔带内设计渗井,机动车道雨水通过侧石开口引入渗井。

1.4 中环南路

中环南路道路红线宽 60 m,中央绿化带宽 2 m,机动车道宽 12 m,机非隔离带宽 4 m,辅道宽 7 m,人行道宽 6 m。道路南北两侧主要为公共建筑,但道路外侧仍有绿地退让空间。

中环南路海绵城市技术路线和道路海绵城市设计横断面见图 8。海绵城市设计中将机非分隔带改造为生物滞留带,机动车道雨水沿道路横坡,通过侧石开口经预处理设施后再进入生物滞留带内。同时,由于现状人行道铺装破损严重,因此将人行道铺装全部改造为透水铺装。人行道内新建生态树带,

仅收集人行道径流雨水。若道路外侧有绿地退让空间,则在人行道外侧绿地空间设计生物滞留带,并通过侧石一体化排水沟与生物滞留设施衔接,接纳非机动车道雨水径流。生物滞留带内根据现状条件设置溢流雨水口排除超量雨水。

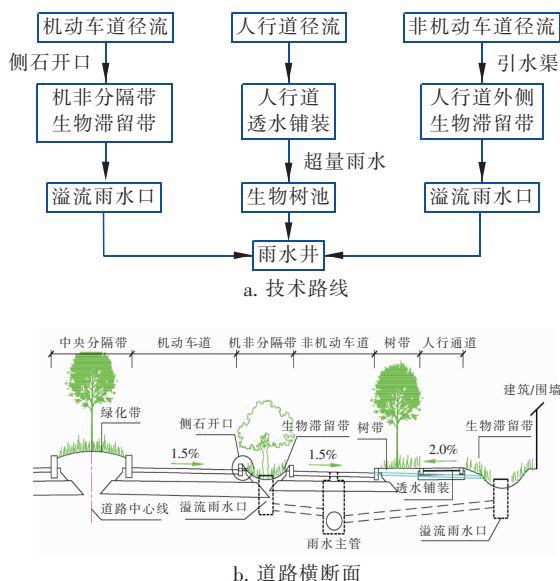


图8 中环南路海绵城市设计

Fig. 8 Sponge city design of Zhonghuannan Road

2 现状城市道路海绵城市建设效果评价

现状城市道路海绵城市设计是在海绵城市试点建设期间以《嘉兴市海绵城市示范区建设规划》为依据,紧紧围绕年径流总量控制率、SS 削减率、径流系数等控制指标的相关要求开展设计的,从目前来看,通过上述设计方法建设完工的工程已经基本实现了相关控制指标的要求,但是,在设计细节、景观效果、施工难易程度、造价、后期的运行养护等方面还存在诸多不足。因此,对城市道路海绵城市不同设计方法的建设效果主要从指标完成情况、景观效果、施工难易程度、造价和后期运行养护等五个方面进行评价,同时根据《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018)和《浙江省海绵城市建设区域评估办法》中的部分评价内容和要求,并综合考虑海绵项目在全生命周期中的相关重点内容,结合笔者参与相关海绵城市建设项目的经验,对不同的评价指标予以赋权并计算最终得分,各评价指标赋权情况见表2。

根据上述评价指标及指标赋权,对嘉兴市典型海绵城市中城市道路的设计进行分析评价。

表2 不同评价指标赋权情况

Tab. 2 Empowerment of different evaluation indicators

评价指标	权重
指标完成情况	18
景观效果	22
施工难易程度	18
造价	20
后期运行养护	22

2.1 环城路

在环城路海绵城市设计中,通过过街雨水管、人行道透水铺装以及滨水绿地的海绵化设计,较好地实现了海绵城市相关控制指标,同时紧密结合滨河绿地的特点和相关历史文化内涵,打造了一个安全、生态、和谐、开放的花园式滨河绿地。但是在施工过程中遇到了较多的困难(如大树的迁移、市政公用管线的保护),此外雨水排出口的增加导致沿河驳岸拆除和修复造成的费用增加,同时环城路沿线新增海绵设施给后期的运行养护带来了较大的挑战,最主要的就是各下凹绿地、雨水花园内垃圾的清理和透水铺装透水能力的恢复。

2.2 富润路

富润路主要通过树带、渗井以及透水铺装等海绵化设计,实现了海绵城市年径流总量控制率等相关要求,同时结合富润路周边创意园的特点进行景观设计。但是,在施工过程中透水砖的铺设特别是扫缝和安装过程中面临上车后挤压造成砖松动和破损等各种问题,同时富润路建设完成运行一段时间后,发现透水砖和渗井渗透性能下降且渗透性能的恢复比较困难,花费的成本也比较大,透水砖的渗透性能下降主要受机动车粉尘干扰,同时还受人为踩踏和自然衰减的影响^[2],而渗井渗透性能的下降则主要是由于井壁和井底的孔洞被垃圾堵塞。

2.3 由拳路

由拳路主要通过机非分隔带的渗井、人行道的树带和透水铺装来控制雨水径流量和削减雨水径流污染。但是,树带内垃圾较多,主要来自环卫工人将侧石开口处当作清扫垃圾时的去处,同时两侧的香樟树落下的黑色果实对透水砖的污染较大,容易堵塞透水砖的孔隙,还不易清洗,因此应避免在易落浆果的行道树周围采用透水砖等渗透设施。

2.4 中环南路

中环南路通过采用机非分隔带下凹式绿地、人

行道透水砖、人行道下凹树带和渗井、人行道外旱溪以及末端雨水塘等形式实现对雨水径流量和雨水径流污染的控制。在施工过程中,由于既有道路管线较多,特别是人行道以及人行道外侧退让绿化中,给下凹深度较大海绵设施的施工带来了较大的困难,容易造成现状市政公用管线覆土不足而裸露的情况。此外,由于中环南路两侧树木较大遮阴效果较好,因此部分路段透水砖在下雨后容易生长青苔等苔藓类植物,影响行人行走的安全和舒适。

2.5 分析评价结果

按照五类评价指标对不同设计方法的建设效果进行打分,具体见表 3。在综合了指标完成情况(含年径流总量控制率、径流系数和 SS 去除率)、景观效果、施工难易程度、造价和后期运行养护五个方面后,其中富润路的分数最高,由拳路的分数最低。

表 3 典型城市道路海绵城市不同设计方法的建设效果评价

Tab.3 Evaluation of the construction effect of different sponge city design methods of typical urban road

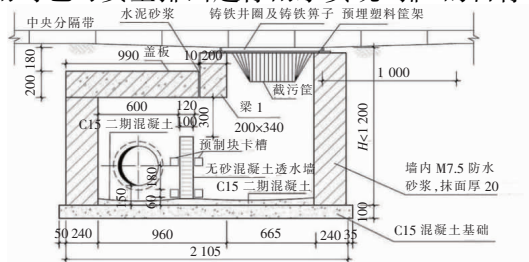
道路名称	评价指标					合计
	指标完成情况	景观效果	施工难易程度	造价	后期运行养护	
环城路	18	16	16	14	12	76
富润路	14	18	18	18	20	88
由拳路	16	14	14	14	14	72
中环南路	18	16	12	12	16	74

3 城市道路海绵城市设计优化

根据上述分析结果,针对现状城市道路海绵城市的设计方法提出具体的优化改进措施。

3.1 单、双幅路(无退让绿化)

根据有无人行道可分别采取不同的措施,在无人行道情况下,道路路幅不宽,空间较为狭窄,不宜采用过多设施,因此可仅对其雨水口进行改造,采用过滤型雨水口(见图 9)削减雨水径流污染,该雨水口不但可通过砂滤去除污染实现“净”的目标,同时大雨时也可安全排出超标雨水实现“排”的目标。



a. 雨水口(一)

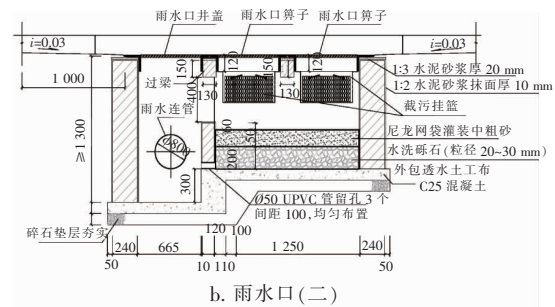


图 9 过滤型雨水口

Fig.9 Filter type inlet

在有人行道的情況下,除可采用过滤型雨水口外,在空间充足的情况下还可采用滤水沟(见图 10),通过在道路侧石上设置立算式雨水口将雨水引入人行道上的设施,经砂层过滤后排入雨水口。

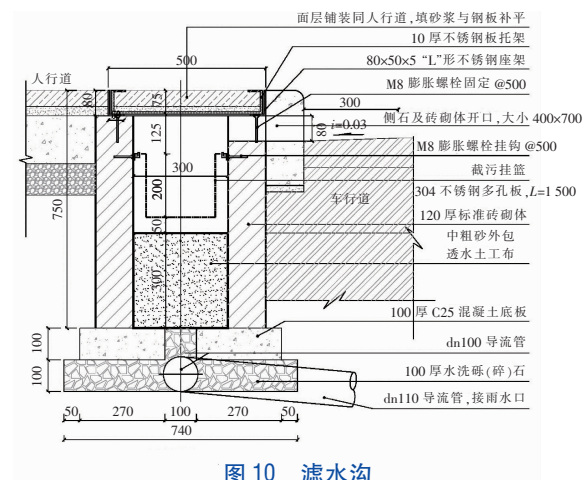


图 10 滤水沟

Fig.10 Filter ditch

采用上述两种设计方法的单、双幅路(无退让绿化)海绵城市设计技术路线如图 11 所示。

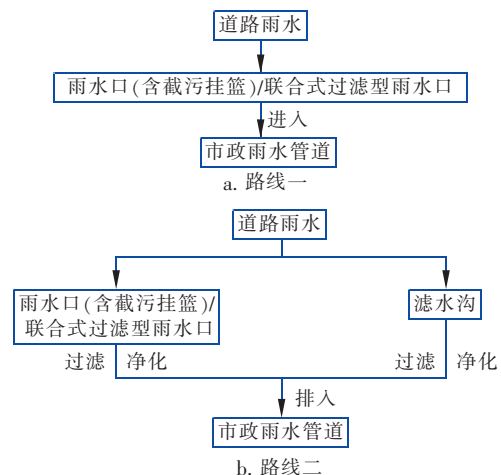


图 11 单、双幅路海绵城市技术路线(无退让绿化)

Fig.11 Sponge city technology route of a single or dual carriageway road (without green space)

3.2 单、双幅路(有退让绿化)

在此类情况下可采用集雨水弃流、沉泥、快排于一体的多功能雨水口(见图12)。此类雨水口具有满足小雨进入人行道外海绵设施、沉泥以及大雨进入雨水管道的特点,同时可以对进入海绵设施和雨水管道的雨水进行预处理,而不影响海绵设施的运行效果,延长海绵设施的运行周期,减轻雨水管道的淤积。雨水口收集道路雨水径流穿越人行道进入人行道外海绵设施的示意图见图13。

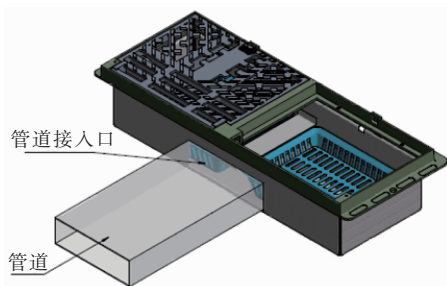


图12 集雨水弃流、沉泥、快排于一体的多功能雨水口

Fig. 12 Multi-function rainwater inlet integrating rainwater abandonment, sedimentation and quick drainage

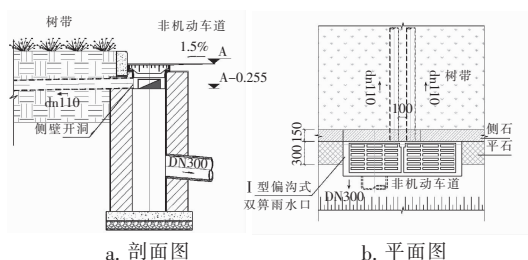


图13 雨水口收集道路雨水径流穿越人行道示意

Fig. 13 Schematic diagram of rainwater inlet collection road runoff crossing sidewalk

采用上述设计方法的单、双幅路(有退让绿化)海绵城市技术路线如图14所示。

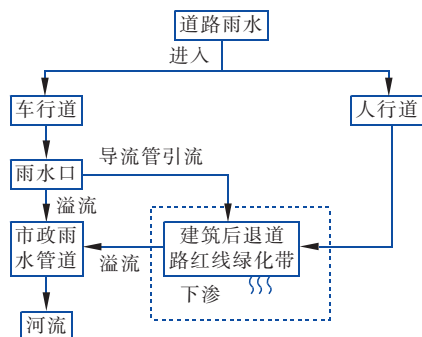
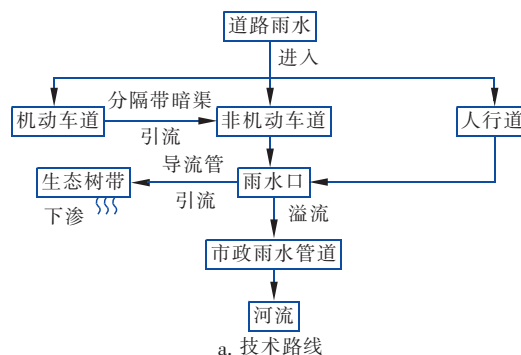


图14 单、双幅路海绵城市技术路线

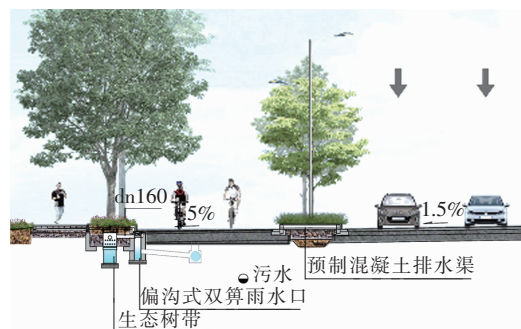
Fig. 14 Sponge city technology route of a single or dual carriageway road (with green space)

3.3 三、四幅路(无退让绿化)

在该种情况下首先采用暗渠排水沟的方式将径流雨水穿越机非隔离带。然后将现有树池改造成为生态树带,并采用集雨水弃流、沉泥、快排于一体的多功能雨水口将雨水引入生态树带,同时在没有条件做树带的地方设置滤水沟或联合式过滤型雨水口等,从而在有限的空间内实现相关指标要求,与此相对应的海绵城市技术路线和道路海绵城市设计横断面见图15。



a. 技术路线



b. 道路横断面

图15 三、四幅道路海绵城市设计示意(无退让绿化)

Fig. 15 Schematic diagram of sponge city design of a triple or quadruple carriageway road (without green space)

分隔带排水暗渠做法见图16。暗渠过水断面的尺寸宜根据设计汇水面积、径流系数以及设计重现期确定。同时,为防止垃圾对排水渠造成堵塞,排水渠进口处应增加格栅。

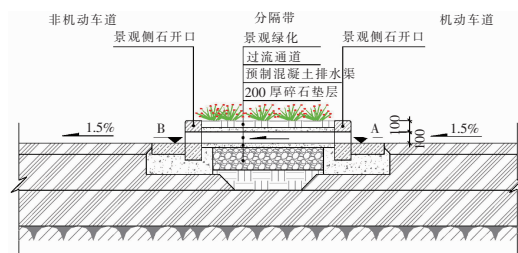


图16 分隔带排水暗渠设计

Fig. 16 Design of the divider drainage culvert

生态树带做法见图 17。相较于以往的树带,主要有三个特点:第一是通过在靠近路基一侧砌筑挡水墙,避免了以往使用防水土工布因施工不当造成的对路基泡水的隐患;第二是生态树池通过充分运用下部碎石层空间对雨水的控制作用,从而减少了上部下凹的深度,使得沿线道路在景观设计上的选择可以更加丰富多样,避免了过去因需要满足控制指标而造成的下凹深度过大,景观难以协调和影响行道树树根土球的问题;第三是在间距为 6~8 m 的行道树间,根据行道树胸径的大小确定生态树池底部碎石层的宽度,充分考虑了对行道树的保护,避免对其生长产生负面影响。该类生态树带(含生物滞留池)兼具水质净化和水量控制的作用。

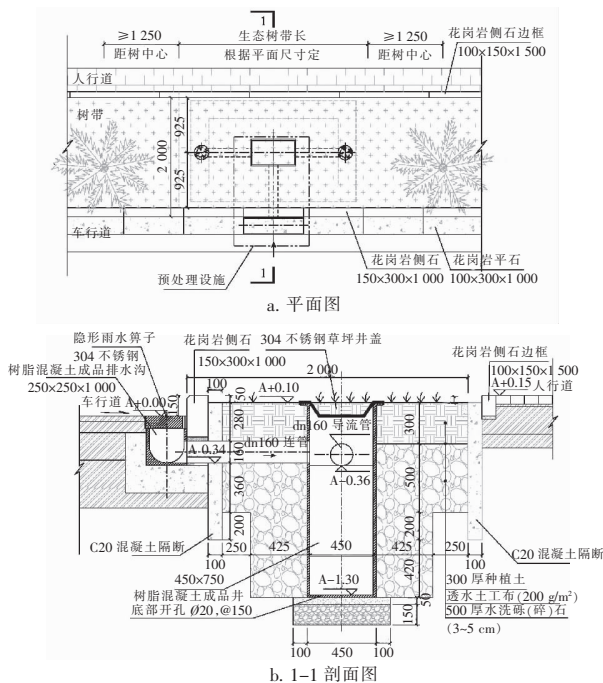
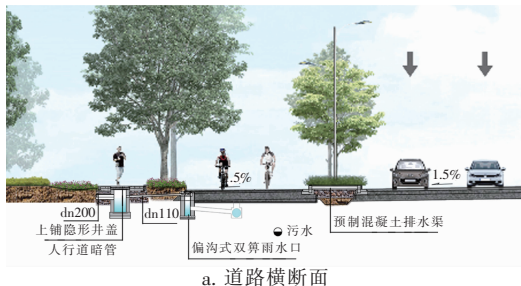


图 17 生态树带设计

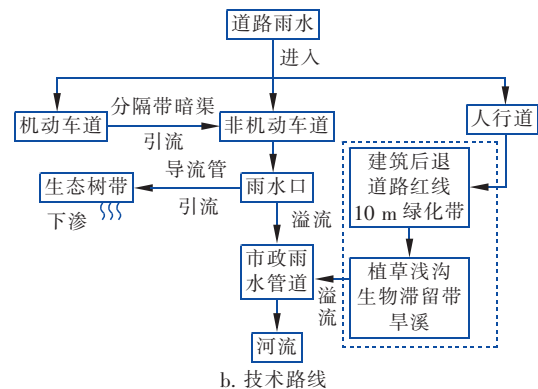
Fig. 17 Design of the ecological tree belt

3.4 三、四幅路(有退让绿化)

三、四幅道路(有退让绿化)海绵城市设计方法见图 18。



a. 道路横断面



b. 技术路线

图 18 三、四幅道路海绵城市设计示意(有退让绿化)

Fig. 18 Schematic diagram of sponge city design of a triple or quadplex carriageway road (with green space)

除该方法外,还可在保留分隔带暗渠前提下,在非机动车道上采用集雨水弃流、沉泥、快排于一体的多功能雨水口并将雨水引入退让绿化中处理。

4 结语

通过对嘉兴市现状城市道路海绵城市不同设计方法的建设效果进行分析评价,了解其优缺点,并以此为依据提出了针对性的优化改进措施,可使相关设计方法在指标完成、景观效果、施工、造价以及后期运行养护方面取得较好的综合效果,为城市道路海绵城市的优化设计提供参考。

参考文献:

- [1] 住房和城乡建设部. 城市道路工程设计规范: CJJ 37—2012[S]. 2016 年版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Code for Design of Urban Road Engineering: CJJ 37 - 2012 [S]. 2016 ed. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016 (in Chinese).
- [2] 王兴桦, 侯精明, 李丙尧, 等. 多孔透水砖下渗衰减规律试验研究[J]. 给水排水, 2019, 45(增刊): 68-71.
WANG Xinghua, HOU Jingming, LI Bingyao, et al. Study on the law of infiltration decay for porous permeable brick [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45 (S1): 68-71 (in Chinese).

作者简介: 楼诚(1989-), 男, 浙江嘉兴人, 硕士, 工程师, 从事市政给排水规划设计和研究工作。

E-mail: lorenzoc@163.com

收稿日期: 2020-03-18

修回日期: 2020-04-18

(编辑: 孔红春)