

道路设计典型海绵措施与评价方法

李万百,董平洋,熊焕伟

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司,天津市 300381)

摘 要:近年来大规模城市建设对生态环境产生了很大的负面影响,为解决环境污染、水资源流失、生态退化等问题,需要加强道路设计中海绵城市设施建设。通过对透水铺装、下凹式绿地、生物滞留、植草沟等海绵城市典型措施的分析研究,结合实际道路工程运用、提出径流控制核算方法,总结出一系列安全、有效、经济、适用的道路海绵措施。

关键词:海绵城市;典型做法;下凹式绿地;径流控制

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)12-0087-05

0 引言

党的“十八大”报告明确提出“面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势,必须树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念,把生态文明建设放在突出地位”。习总书记关于“加强海绵城市建设”的讲话中指出,建设生态文明,关系人民福祉,关乎民族未来。自 2013 年 12 月,中央城镇化工作会议要求以来,我国大力推进海绵城市建设。2015 年 10 月,国务院办公厅印发《关于推进海绵城市建设的指导意见》,部署推进海绵城市建设工作,从总体要求、规划实施,统筹建设、政策支持、组织落实等方面提出要求。

1 建设背景

在此背景下,滕州高铁新区管委会高度重视海绵城市建设工作,组织编制了《海绵城市详细规划》。根据规划,到 2020 年城市建设区 20%以上面积达到 75%年径流总量控制率的目标,到 2030 年城市建成区 80%以上面积达到海绵城市要求目标。

在新区项目建设的过程当中,各相关建设单位坚持以海绵理念为指导,加强对城市生态格局的保护和城市低影响开发建设。将自然途径与人工措施相结合,在确保城市排水防涝安全的前提下,最大限度地实现雨水在城市区域的积存、渗透和净化,促进雨水资源的利用和生态环境保护。

城市道路雨水径流量大,污染严重,是城市污染主要来源。使城市道路径流雨水通过有组织的汇流与转输,经截污等预处理后引入道路红线内、外绿地,并通过设置在绿地内的以雨水渗透、储存、调节等为主要功能的低影响开发设施进行处理,能够有效对径流中的污染物进行去除。因此,城市道路低影响开发雨水综合利用对缓解城市洪涝灾害、控制面源污染、改善城市河湖水质具有重要意义。

2 技术原理

海绵城市设计就是要采用“渗、滞、蓄、净、用、排”的措施,使雨水尽可能的在原地蒸发、下渗、消纳。道路海绵设计就是要尽量使径流雨水经透水路面、下沉绿地等海绵设施处理、消纳后再进行排放。径流在流经海绵设施时,通过过滤、拦截、吸附、下渗等作用,使得径流中的大部分污染物的得到有效去除,从而有效减轻径流面源污染负荷,保护城市水环境。

低影响开发技术按主要功能一般可分为渗透、储存、调节、转输、截污净化等几类,往往具有补充地下水、集蓄利用、削减峰值流量及净化雨水等多个功能。通过各类技术的组合应用,可实现径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制、雨水资源化利用等目标。

道路海绵城市径流组织流程图如图 1 所示。透水和不透水路面、产生的雨水径流由植草沟进行转输至渗井、雨水花园、渗透塘等滞留型海绵设施内进行下渗、蒸发、净化处理。超量的雨水径流通过溢流井溢流至雨水排水系统,排入受纳水体。对于没有建设滞留型等复杂海绵设施的道路,可将道路内的中央分隔带、机非隔离带等绿地下沉,做成下凹绿地。雨水径流

收稿日期: 2021-05-24

作者简介: 李万百(1977—),男,学士,高级工程师,从事市政道路设计工作。

通过下凹绿地下渗、蒸发、净化后溢流进入市政排水系统。

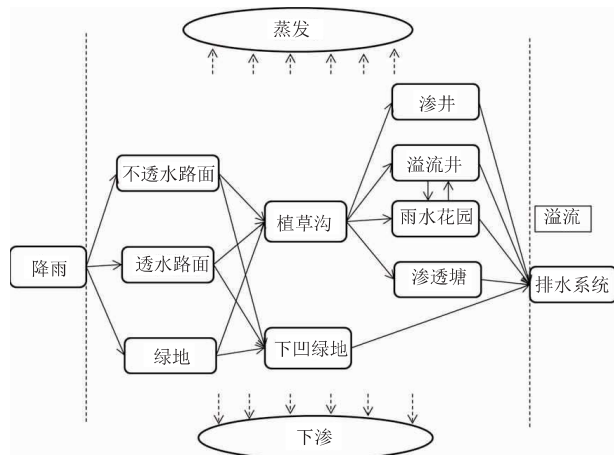


图1 道路海绵城市径流组织系统流程图

3 典型设施

道路工程常用的海绵设施包括透水铺装、下沉绿地(又叫下凹绿地)、生物滞留设施、植草沟、渗透塘等^[1]。

3.1 透水铺装

概念与构造:透水铺装按照面层材料不同可分为透水砖铺装、透水水泥混凝土铺装和透水沥青混凝土铺装,嵌草砖、园林铺装中的鹅卵石、碎石铺装等也属于渗透铺装。

透水砖铺装典型构造如图2所示。

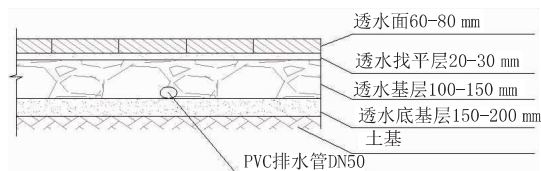


图2 透水铺装典型结构示意图

透水砖铺装和透水水泥混凝土铺装主要适用于广场、停车场、人行道以及车流量和荷载较小的道路,如建筑与小区道路、市政道路的非机动车道等,透水沥青混凝土路面还可用于机动车道。

透水铺装适用区域广、施工方便,可补充地下水并具有一定的峰值流量削减和雨水净化作用,但易堵塞,寒冷地区有被冻融破坏的风险。

3.2 下沉式绿地

下沉式绿地具有狭义和广义之分,狭义的下沉式绿地指低于周边铺砌地面或道路在200mm以内的绿地;广义的下沉式绿地泛指具有一定的调蓄容积(在以径流总量控制为目标进行目标分解或设计计算时,不包括调节容积),且可用于调蓄和净化径流雨水的绿地,包括生物滞留设施、渗透塘、湿塘、雨

水湿地、调节塘等。

狭义的下沉式绿地典型构造如图3所示。

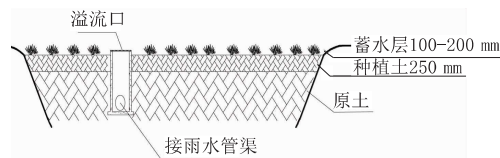


图3 狭义的下沉式绿地典型构造示意图

下沉式绿地可广泛应用于城市建筑与小区、道路、绿地和广场内。狭义的下沉式绿地适用区域广,其建设费用和维护费用均较低,但大面积应用时,易受地形等条件的影响,实际调蓄容积较小。

3.3 生物滞留设施

生物滞留设施是指在地势较低的区域,通过植物、土壤和微生物系统蓄渗、净化径流雨水的设施。生物滞留设施分为简易型生物滞留设施和复杂型生物滞留设施,按应用位置不同又称作雨水花园、生物滞留带、高位花坛、生态树池等。

按照是否对土层进行换填,可分为简易型和复杂型生物滞留设施。简易型和复杂型生物滞留设施典型构造如图4、图5所示。

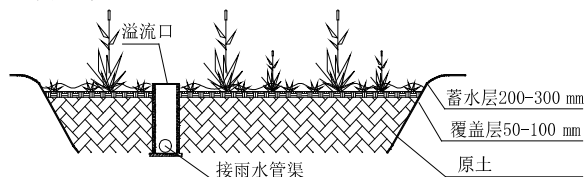


图4 简易型生物滞留设施典型构造示意图

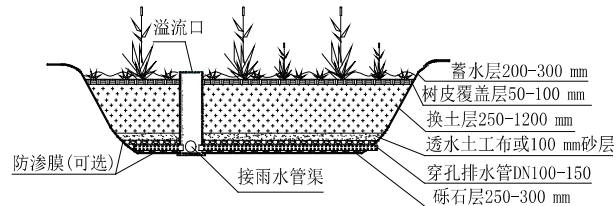


图5 复杂型生物滞留设施典型构造示意图

生物滞留设施形式多样、适用区域广、易与景观结合,径流控制效果好,建设费用与维护费用较低,但地下水位与岩石层较高、土壤渗透性能差、地形较陡的地区,应采取必要的换土、防渗、设置阶梯等措施避免次生灾害的发生,将增加建设费用。

3.4 植草沟

植草沟是指种有植被的地表沟渠,可收集、输送和排放径流雨水,并具有一定的雨水净化作用,可用于衔接其他各单项设施、城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统。除转输型植草沟外,还包括渗透型的干式植草沟及常有水的湿式植草沟,可分别提高径流总量和径流污染控制效果。

转输型三角形断面植草沟的典型构造如图6所示。

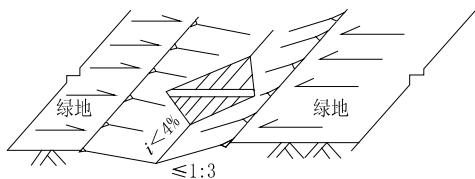


图 6 转输型三角形断面植草沟典型构造示意图

植草沟适用于建筑与小区内道路、广场和停车场等不透水面的周边、城市道路及城市绿地等区域,也可作为生物滞留设施、湿塘等低影响开发设施的预处理设施。植草沟也可与雨水管渠联合应用,场地竖向允许且不影响安全的情况下也可代替雨水管渠。

植草沟具有建设及维护费用低,易与景观结合的优点,但已建城区及开发强度较大的新建城区等区域易受场地条件制约。

(5) 渗透塘

渗透塘是一种用于雨水下渗补充地下水的洼地,具有一定的净化雨水和削减峰值流量的作用。

渗透塘典型构造如图 7 所示。

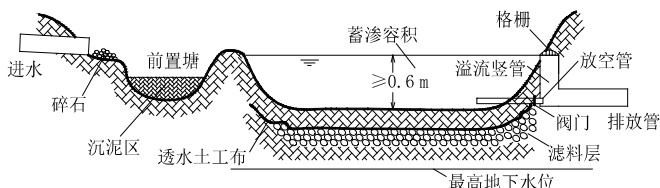


图 7 渗透塘典型构造示意图

渗透塘适用于汇水面积较大(大于 1 hm^2)且具有一定空间条件的区域。渗透塘可有效补充地下水、削减峰值流量,建设费用较低,但对场地条件要求较严格,对后期维护管理要求较高。

4 道路海绵设计方案

4.1 道路概况

为了满足新区海绵建设指标要求,新区内的道路因地制宜采用了海绵设计。飞龙大道是区内南北走向的一条主干道,全长约 1 620 m。主干路采用沥青混凝土路面,人行道采用透水路面。

道路横断面具体布置如下:2.5 m 人行道 +3.5 m 非机动车道(人非共板)+2.5 m(下凹侧分带)+11 m(机动车道)+3 m(中央分隔带)+11 m(机动车道)+2.5 m(下凹侧分带)+3.5 m 非机动车道(人非共板)+2.5 m 人行道,道路实施范围宽度为 42 m。道路标准断面如图 8 所示。

地质构造为冲、洪积成因,平原地貌单元。地层上覆第四系冲洪积地层,下伏寒武系石灰岩及燕山晚期侵入花岗片麻岩,花岗片麻岩与石灰岩的关系

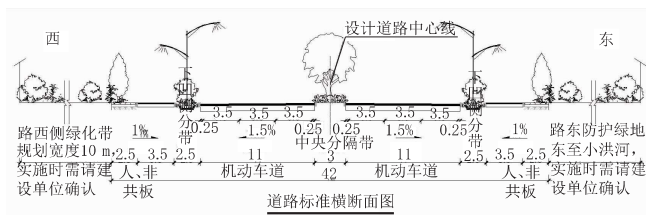


图 8 横断面图(单位:m)

为侵入接触。由地表向下依次为不同厚度的耕土、素填土、粉质粘土、砂岩和花岗岩等。地下水位埋深 1.80 ~ 5.30 m, 其地下水位在不同季节变化幅度约为 ± 1.50 m。本场地的干燥度指数小于 1.50, 场地环境类型为 II 类。

4.2 海绵措施

人行道采用了透水铺装结构, 下设 15 cm 的透水水泥稳定碎石和 20 cm 透水级配碎石。在级配碎石层内设置有排水管。非机动车道表面采用了透水沥青混凝土面层, 底部是不透水的基层。机动车道为不透水沥青路面。路面结构做法图如图 9 所示。

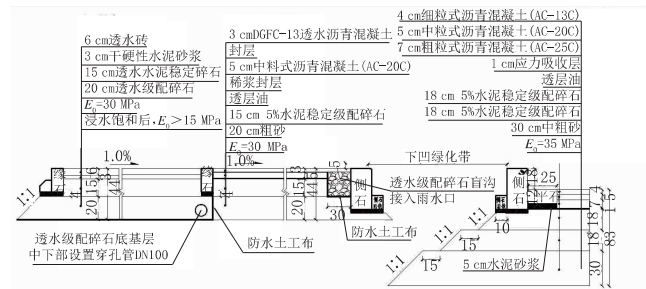


图 9 路面结构做法图

4.3 设计方案

4.3.1 雨水径流路径组织设计

雨水径流组织流程图如图 10 所示。机动车道和非机动车道的雨水径流通过路边设置的导流模块经过带豁口的侧石, 流入设置在中央分隔带或机非隔离带内的沉淀槽沉淀后溢流进入绿地。在绿地内进行下渗、蒸发、净化, 超量雨水经雨水口溢流进入市政管道中排放。入渗的雨水在种植土砾石中存储, 并向地下进一步下渗, 超量雨水经过多孔管收集进入市政雨水管中排放。

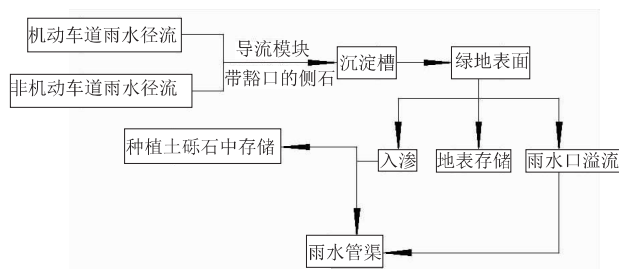


图 10 道路雨水径流组织流程图

4.3.2 海绵设施设计

(1)海绵设施布置

飞龙大道将机非分隔带内设置成下沉绿地。在道路侧石设置有开口,在开口旁绿地内设置有预沉池。雨水经道路侧石开口进入预沉池沉淀后,溢流进入下沉绿地。雨水在下沉绿地内转输过程中,下渗、过滤、蒸发。超量雨水经设置在绿地内的溢流井溢流至市政管网。

海绵设施平面布置图如图 11 所示。

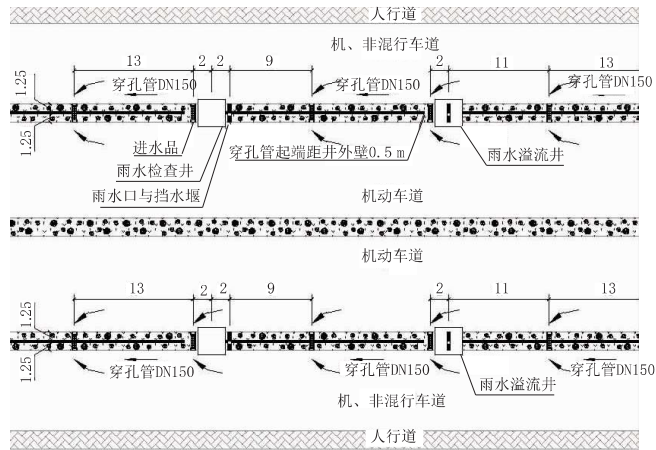


图 11 海绵设施平面布置图(单位:m)

(2)道路海绵设计

机非分隔带绿地做成下沉绿地,设计将雨水引入侧分带中,沿道路纵坡方向,在侧分带路缘石开豁口,豁口的间距依据道路的纵坡情况设定。在豁口外侧设置预制混凝土导流模块,引导雨水进入侧分带绿地中。在路缘石内侧设置预沉池,初期沉淀雨水,然后流入生物滞留带中消纳(见图 12、图 13)。

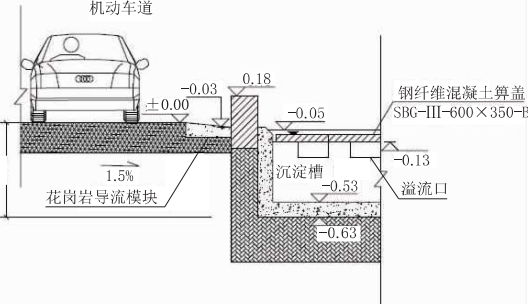


图 12 下沉绿地做法图



图 13 道路豁口与预沉池实物图(单位:m)

下沉绿地结构断面如图 14 所示。下沉深度 200 mm,设置 1 m 厚种植土,种植土下方设有 250 厚砾石蓄

水层。

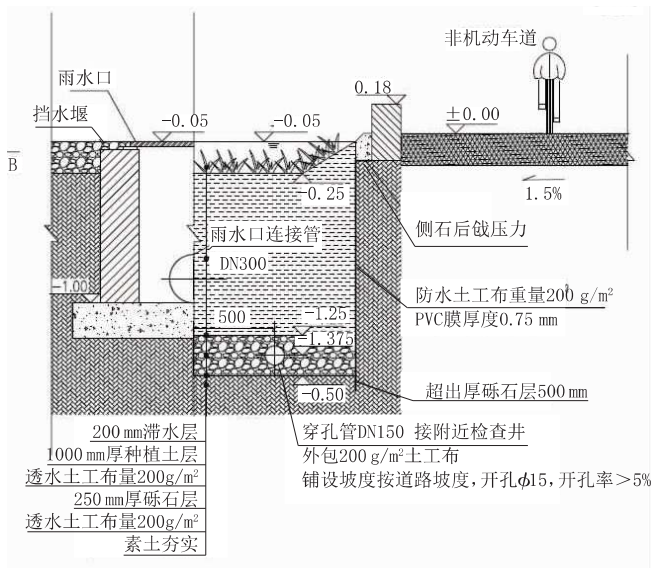


图 14 下沉绿地做法图

5 径流量核算

5.1 径流控制量计算方法

根据《滕州高铁新区海绵城市详细规划》,滕州新区不同年径流总量控制率对应的设计降雨量如表 1 所示。

表 1 径流总量控制率与降雨量关系表

年径流总量控制率 /%	降雨量 /mm
60	17.8
65	21.1
70	25.1
75	29.8
80	35.7
85	43.9
90	56.3

为检验道路工程海绵指标落实情况,需要核算径流控制降雨量是否满足规划的要求。通过核算道路工程设计控制的径流量,反推出所控制的径流量对应的年径流总量控制率的百分比。

径流控制总量包括两部分,即本底控制量 V_1 和海绵容积控制量 V_2 。径流控制总量 V 按下式计算:

$$V_{\text{控}} = V_1 + V_2 = H(1 - \psi)F/1000 + \sum V_i$$

式中: H 为实际控制降雨量 mm, ψ 为综合径流系数, F 为汇水面积 m^2 , V_i 为各种海绵设施的调蓄容积 m^3 。

通过比较实际径流控制总量与规划要求控制降雨量对应的控制容积,即可得到径流控制是否满足规划的控制要求。

5.2 径流控制量评价结论

统计道路各下垫面的面积,如表 2 所示。

表 2 道路下垫面统计表		
下垫面	下垫面类型	面积 /m ²
机动车道	渗透型路面	0
	不渗透型路面	16 596
非机动车道	渗透型路面	3 462
	不渗透型路面	0
人行道	透水铺装	3 507
	普通铺装	0
央分隔带	下沉绿地	0
	普通绿地	1 860
机非隔离带	下沉绿地	3 100
	普通绿地	0

对道路工程各下垫面径流系数进行加权平均,计算得到道路综合径流系数,并计算海绵设施调蓄的容积,从而可以推求出本工程控制的降雨量及径流控制率。海绵调蓄容积的计算,考虑了海绵设施底部结构砾石层的蓄水容积。

计算过程如表 3 所示。

表 3 径流核算指标表	
项目	指标
道路用地总面积 /m ²	28 525
年径流总量控制率要求 /%	75
年径流总量控制率对应降雨量 /mm	29.8
人行道面积 A1/m ²	3 507
径流系数 ψ_1	0.35
非机动车道面积	3 462
径流系数 ψ_2	0.65
绿化面积 A3/m ²	4 960
径流系数 ψ_3	0.2
机动车道面积	16 596
径流系数 ψ_4	0.9
雨量综合径流系数 ψ	0.68
雨水径流总量 Q1/m ³	578.30

由表 4 可知,通过低影响开发设计,飞龙大道综合径流系数为 0.68,海绵总调蓄容积为 691 m³,实际控制雨量为 45.13 mm,对应年径流总量控制率为 85.5%,满足道路年径流总量控制率的目标。

表 4 径流总量控制核算表		
类别	面积 /m ²	有效调蓄容积 /m ³
人行道渗透铺装	3 507	210
下沉绿地	3 100	481
海绵调蓄容积 Q2 /m ³		691
汇水分区的控制雨量 /mm		45.13
计算年径流总量控制率 /%		85.5

通过模拟核算,目标降雨情景下(对应降雨量 29.8 mm),传统开发模式下,道路最大产流量为 70.43 m³/5 min,而设置海绵设施后,没有径流外排(如图 15、图 16 所示)。

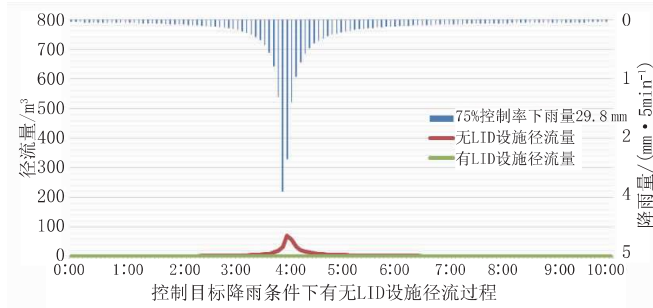


图 15 目标降雨情景下有无海绵设施径流过程



图 16 道路竣工实景

6 结 论

通过合理的措施,经过几年的运行情况,海绵城市设计在滕州高铁新区多条主干路取得了良好的效果,实现了初雨不污染,大雨消缓径流峰值,暴雨不积水,绿化带有效储水,满足了规划要求,上述措施均可以安全的在道路设计中采用,同时机动车道路面上取消了雨水口设置,大大提升了路面景观效果。

项目应用中可根据工程实际情况对海绵措施进行组合选择。将海绵理念和措施应用到城市道路规划、设计中可以起到有效减少径流污染、补充地表径流的目的。这些措施也并非技术创新,只不过是回归到城市建设应该执行的理念和措施,我们首先要有生态、海绵的理念,然后灌输到项目的细节中去,这个过程或许不是一朝一夕可以完成的,但是在国家的大力倡导下一定会还给社会一个优美的环境。

参考文献:

[1] 住房和城乡建设部.海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)[Z].北京:住房和城乡建设部,2014.