

北方地区海绵城市道路系统设计探究
——以大连庄河市生态养老示范区为例

孙宝芸¹,董雷²

(1.沈阳建筑大学交通工程学院,辽宁 沈阳 110168;2.沈阳建筑大学建筑与规划学院,辽宁 沈阳 110168)

摘要:道路系统是海绵城市建设的重要组成部分,海绵城市的道路系统与传统城市道路系统有诸多不同,北方地区海绵城市道路系统与其他地区亦有差别。从北方城市的特点出发,对北方地区海绵城市道路雨水排放系统进行构建。以大连庄河市生态养老示范区为例,从道路系统调蓄容积设计、道路系统生态排水设计及生态排水低影响设计和低影响开发(Low Impact Design or Development, LID)设计以及考虑北方地区降雪资源的优化利用等方面,对北方地区道路系统海绵设施进行了有针对性的设计。

关键词:道路系统;海绵城市;北方地区;海绵设施

中图分类号:TU984.191;U412.37文献标志码:A

道路交通系统是城市规划的主体架构,是城市发展的主要动力和人流物流运输的主要通道。道路与交通设施用地在城市建设用地面积中约占10%~25%,而且由于城市的扩张该比例会越来越大。现有道路交通系统多采用硬质的路面材料,封闭了原有的自然生态地表,使得城市在调节自然雨洪方面的能力大大降低^[1]。城市道路雨洪管理系统需要根据海绵城市的总体规划要求,对传统“灰色”市政排水管网进行“绿色”海绵改造,同时,对道路的低影响开发措施进行深入的研究和探讨。

一、北方地区海绵城市道路特点

1. 海绵城市道路与传统道路的区别

海绵城市的道路系统与传统道路系统在设计目标、设计理念、路面结构、路缘石的形

式、雨水口的设置、路肩边沟的处理、道路绿带形式、停车场的处理、广场的排水、高架桥与立交桥的形式等方面具有很大的不同,并且带来的实施效果也差异明显。传统城市道路路面采用的是非透水性路面,道路绿带高于路面,没有储存和净化功能,入渗能力差,主要通过雨水口、边沟、路缘石等设施进行道路排水,这种排水设施以降低路面雨水径流为目的,导致雨水入渗少、慢,排水管网负荷大,雨水没有经过净化处理而污染严重,美观性差,维护管理复杂。海绵城市建设则要改变雨水系统原有的快排模式,通过合理建设利用低影响设计和低影响开发(Low Impact Design or Development, LID)设施,结合周边绿地净化、蓄渗、转输等功能,从源头、中途和末端控制雨水径流总量和污染,达到控制雨洪量、减少面源污染、绿色环保、维护简单的

目的^[2]。

2. 北方地区海绵城市道路系统构建特点

北方地区海绵城市进行道路系统构建应根据现有气候特点和道路设施情况,采用灰绿结合、源头与末端结合、蓄与排结合以及地上与地下结合的思想进行海绵城市建设^[2]。透水路面施工方便,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。但在北方地区,由于气候原因和降雨特点,在南方地区海绵城市大力推广的透水路面在北方其实并不适用。透水性路面如果采用沥青材料,在北方寒冷地区易附着积雪形成冰冻^[3]。对于年降雨量较少、年际不均、风沙大的北方地区,透水路面的空隙容易堵塞,一般优先考虑使用透水砖铺装和透水水泥混凝土铺装。北方冬季日夜温差大,温度在0℃上下反复,易形成冻融灾害,对道路的基层破坏巨大。在寒冷地区应用透水性铺装还有很多问题没有解决,需要进行长期的监测。考虑北方寒冷地区有冻融破坏风险,透水路面性价比不高,需酌情慎用。因此,在北方地区海绵城市建设中道路系统一般遵循传统非透水路面的做法,而道路周边设施则考虑使用海绵 LID 设施系统。

(1)绿色 + 灰色基础设施

低影响开发雨水系统要通过雨水的渗透、储存、调节、转输与截污净化等功能有效减少径流污染、控制雨水径流总量^[4]。道路雨水排放系统中应统筹考虑低影响开发雨水系统、城市雨水管渠系统及超标雨水径流排放系统的设计,形成绿色 + 灰色基础设施的雨水排放系统。道路系统的路面部分结合北方特点采用非透水路面做法;道路下的雨水管网沿用传统雨水系统,属于灰色基础设施;绿色基础设施则采用植草沟、生物滞留带、生态边沟、下沉道路绿地等 LID 设施。

(2)源头分散 + 慢排缓解

海绵城市道路系统设计中要重视道路绿地的源头分散 + 慢排缓解。源头分散可以通过植草沟、街头雨水花园、下沉式道路绿地等“绿色”措施达到雨水分散排放的目的;慢排

缓解可以利用生物滞留池、植被缓冲带等 LID 设施降低径流速度,以空间换时间,延缓雨水峰值时间^[5]。

(3)下渗减排 + 集蓄利用

海绵城市道路系统中的绿化设施对于下渗减排可以起到源头控制的重要作用,利用绿化设施的净化和储存功能,部分雨水径流可以实现净化、储存和安全有序排放的目标。

(4)大排水行洪通道系统

北方地区海绵城市道路系统设计应考虑几十年一遇极端暴雨的洪涝灾害情况,在雨水管网已经处于满负荷失效状态下,道路系统可作为大排水行洪通道,通过道路系统的竖向设计快速有效地将超标雨水排放到蓄洪设施中。在系统构建中应根据暴雨公式在满足相关排水标准下,同时满足至少一条机动车道淹没高度不超过 15 mm,保障城市的财产安全和交通生命线。

二、北方地区海绵城市道路雨水排放系统的构建

1. 大连庄河市示范区海绵道路概况

大连是我国第二批海绵城市试点城市。大连庄河市生态休闲养老示范区(以下简称示范区)中海绵型道路建设总长度为 19.982 km,道路总面积 50.170 1 hm²,道路系统主要包括示范区内的城市主要干道、次要干道和支路。示范区的海绵城市路网系统共含路线 22 条,分别为 Z1 - Z9,H0 - H12(见图 1)。

2. 海绵城市道路设计目标

示范区的道路系统为新建工程,根据海绵城市的总体设计和控规具体要求,海绵城市道路设计目标为:

(1)构建安全的交通系统,建设舒适的街道环境;交通安全为道路系统设计的第一要求,在海绵城市道路系统设计过程中需要为交通参与者(包括车辆和行人)提供安全便捷的通道和完善的交通配套服务设施,布局合理,使用舒适。

(2)控制经济投入成本,打造地域特色景观:根据当地实际经济情况和地域特点,实

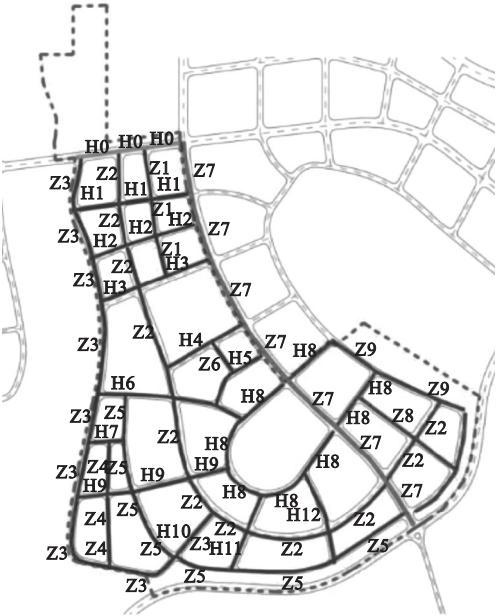


图 1 示范区海绵道路系统

现道路建设的经济效益最大化。针对当地不同区段的具体要求进行设计,以保证海绵城市规划措施的可操作性和落实。同时,在植物的选用上,选择适用于当地的植物系统,强化地域性的道路景观特色,统一道路形象,营造示范区养老宜居的场所氛围。

(3)相应政策因地制宜,构建国家海绵城市:立足于海绵城市的径流控制及净化目标,建设融入海绵城市建设理念的新型的生态集雨式绿色道路系统。

3. 示范区海绵城市道路雨水排放系统的构建

示范区中的雨水排放系统是一个系统工程(见图 2),排放系统通过有组织的地表汇流,将城市道路路面的雨水汇流排入道路红线内的绿化带中,经过初期雨水弃流后汇入生物滞留设施带及雨水花园中,进行充分的雨水净化及下渗处理,过量的雨水溢流后到达生态明沟以及市政雨水管网系统,并根据道路与地域情况就近排放到城市景观河流系统,雨水管网内的雨水排入河道前需经过雨水前置塘、渗透塘进行进一步的消解净化,最终通过河流汇入示范区中心湿地公园蓄存,蓄存的雨水作为城市景观用水和道路清洗用水,超过蓄存容积的雨水通过闸口溢流到地块外的海域。道路雨水排放系统设施流程如图 3 所示。

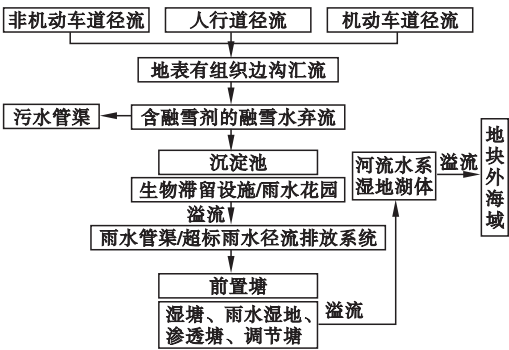


图 2 示范区雨水排放系统

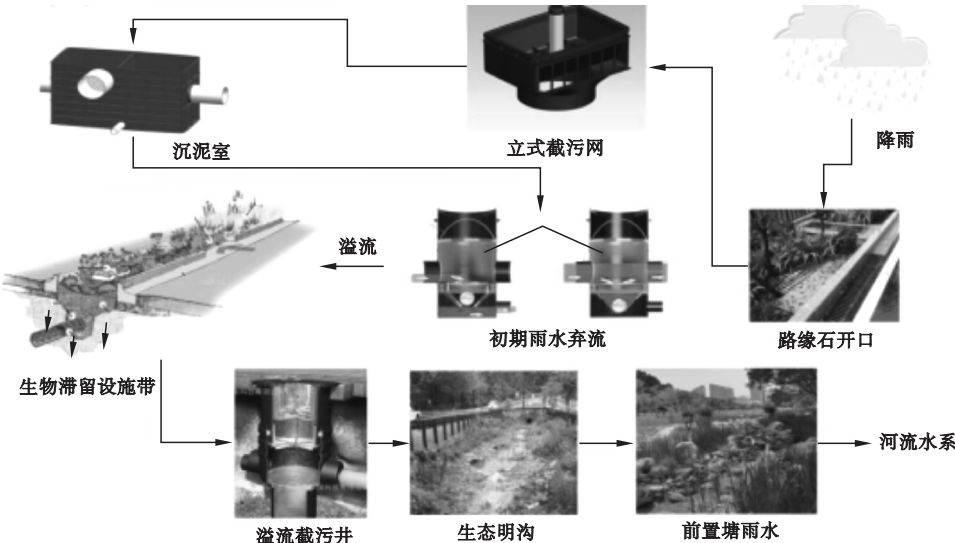


图 3 示范区雨水排放系统设施流程

三、北方地区海绵城市道路系统海绵设施设计

1. 道路系统调蓄容积设计

示范区道路系统的综合雨量径流系数是由各个不同下垫面的径流系数和汇水面积乘积之和除以整体汇水面积得到的。

考虑到道路两侧 5 m 宽的生态明沟不属于生物滞留的汇水范围,沟内雨水径流单独排放,故在示范区 22 条道路的调蓄容积和生物滞留设施容积设计中,未计入两侧绿地^[6]。

示范区 22 条道路的调蓄容积和生物滞留设施容积如表 1 所示。

表 1 示范区道路参数及调蓄容积

序号	名称	等级	路宽/ m	路长/ m	人行道 宽度/m	非机动车 道宽度/m	绿化带 宽度/m	机动车道 宽度/m	综合径流 系数	调蓄容积/ m ³	生物滞留设施 容积/m ³
1	Z1	支路	18	589	5	0	4	9	0.59	219.95	471.20
2	Z2	次干路	30	2 936	7	0	7	16	0.61	1 870.01	4 110.40
3	Z3	支路	24	2 549	5	0	5	14	0.64	1 365.54	2 549.00
4	Z4	支路	15	548	3	0	3	9	0.65	186.47	328.80
5	Z5	支路	18	2 393	5	0	4	9	0.59	893.62	1 914.40
6	Z6	支路	18	158	5	0	4	9	0.59	59.00	126.40
7	Z7	主干路	40	2 028	5	8	7	30	0.75	2 636.45	2 839.20
8	Z8	支路	18	526	5	0	4	9	0.59	196.42	420.80
9	Z9	支路	24	963	5	0	5	14	0.64	515.89	963.00
10	H0	主干路	40	830	7	0	8	25	0.66	767.63	1 328.00
11	H1	支路	18	519	5	0	4	9	0.59	193.81	415.20
12	H2	支路	18	497	5	0	4	9	0.59	185.59	397.60
13	H3	次干路	24	524	5	0	5	14	0.64	280.71	524.00
14	H4	支路	15	400	3	0	3	9	0.65	136.11	240.00
15	H5	支路	18	335	5	0	4	9	0.59	125.10	268.00
16	H6	次干路	24	659	5	0	5	14	0.64	353.04	659.00
17	H7	支路	18	164	5	0	4	9	0.59	61.24	131.20
18	H8	次干路	24	1 710	5	0	5	14	0.64	916.07	1 710.00
19	H9	次干路	24	690	5	0	5	14	0.64	369.64	690.00
20	H10	支路	15	177	3	0	3	9	0.65	60.23	106.20
21	H11	支路	24	369	5	0	5	14	0.64	197.68	369.00
22	H12	次干路	24	418	5	0	5	14	0.64	223.93	418.00

2. 道路系统的海绵生态排水设计

根据示范区道路及绿地的特点,道路的排水设计采用两种生态排水方式以缓解排水管网的压力:一是道路的雨水径流排到道路两侧临近的下沉式绿地中,通过连续的雨水滞留设施处理滞留一定的雨水;二是通过植草沟、渗透渠及生态景观技术对道路雨水作吸收、减速、渗透处理^[7]。

示范区道路两侧根据实际情况以及海绵控制要求采取了不同的道路绿化体系。道路两侧根据是否设置生态明沟分为 3 种类型(见图 4):一是两侧均设置生态明沟的道路;二是一侧设置生态明沟一侧设置植草沟下设雨排管道的道路;三是两侧均为植草沟下为雨排管

道的道路。示范区道路两侧生物滞留带结构层含有人工填料净化层,满足雨水净化过程,顶部蓄水有效深度为 0.2 m,通过种植当地本土植物等满足雨水吸收、储存、渗透过程^[4]。

3. 海绵生态排水 LID 设计

(1) 道路绿地的海绵蓄水及弹性排水设计

道路绿地在海绵城市中应为下凹绿地,形成海绵蓄水空间的同时还可净化雨水水质。生态海绵道路的重点是通过合理地引导道路排水路径,使得道路绿地与排水系统形成良好的间接联系,从而缓解排水管网的排水压力。传统道路的雨水是直接汇流到雨水管网,海绵城市的生态海绵道路是通过道路

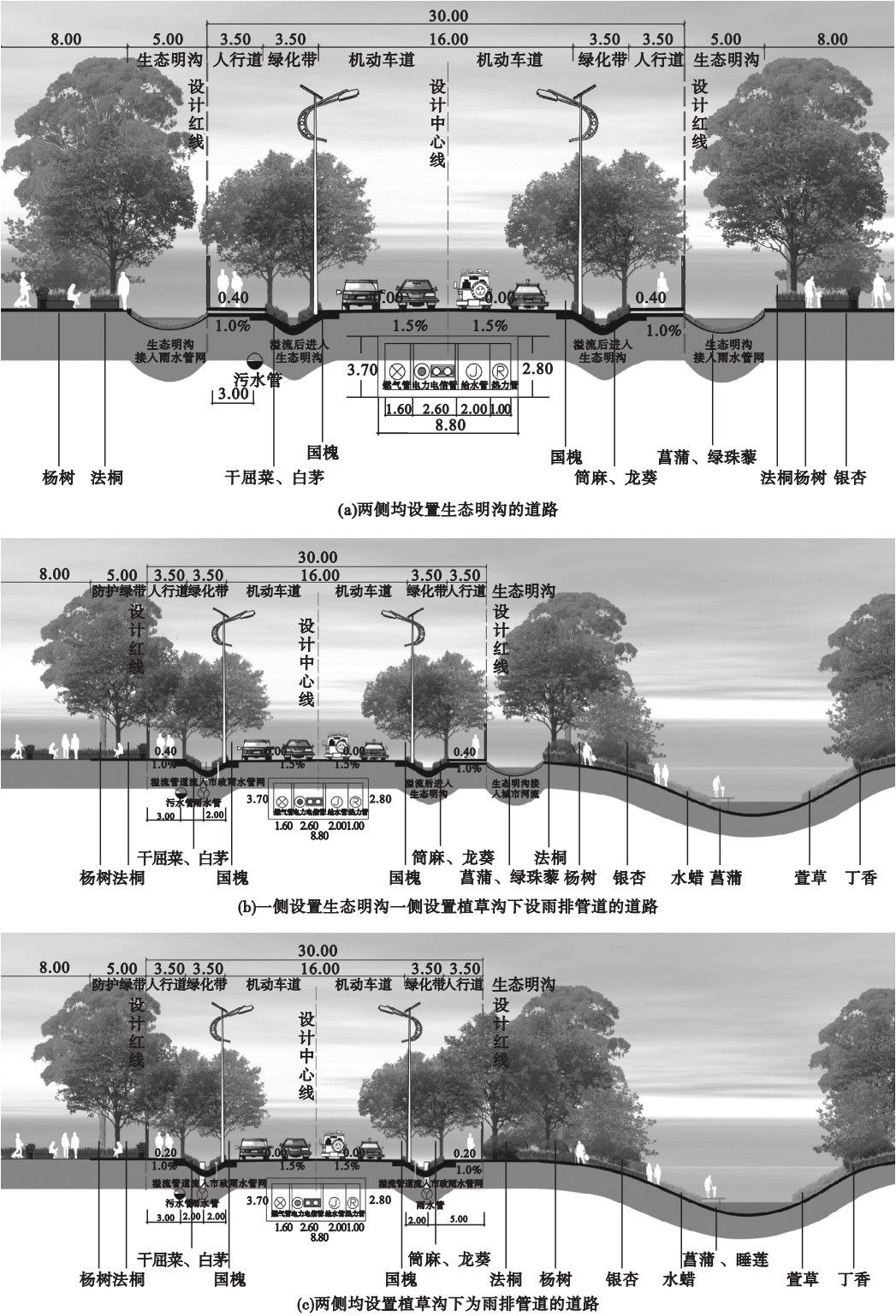


图 4 示范区道路横断面示意图

雨水收集系统(植草沟、生态明沟、生物滞留设施等)的滞留、过滤、下渗作用,减缓对城市排水管网的压力,通过时间换空间的形式

增强城市的排水能力。

示范区生态道路平面和 LID 设施如图 5、图 6 所示。

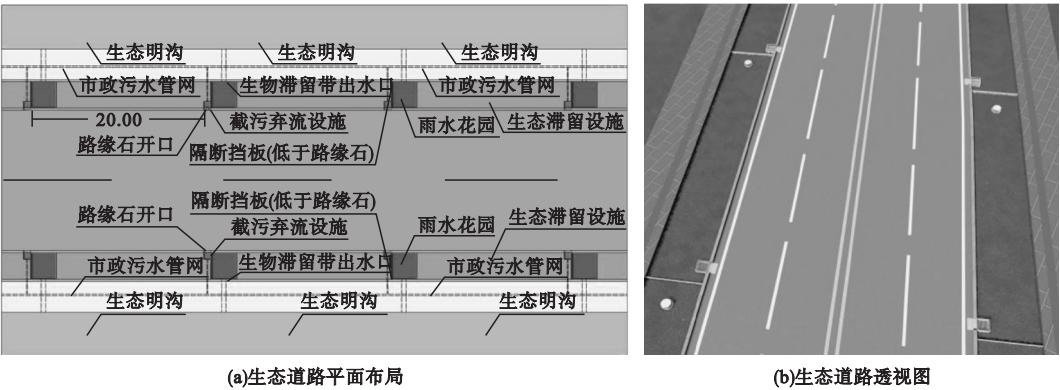


图 5 示范区生态道路

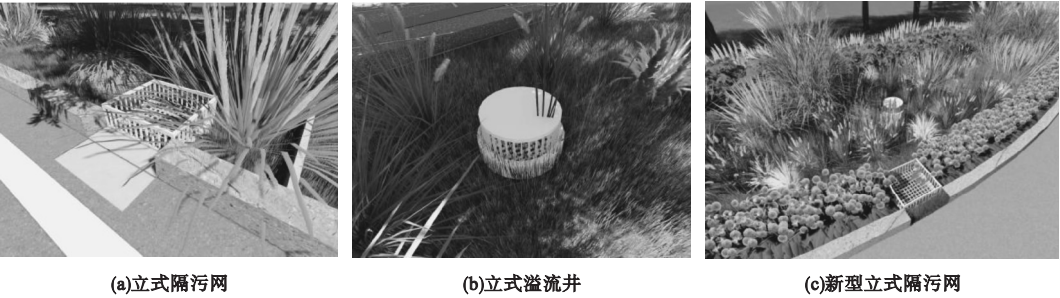


图 6 示范区生态道路 LID 设施

(2)道路系统与外部蓄水空间的排水协同设计

目前我国城市排水系统设计标准偏低,管网容量较小,因此出现强降雨时,城市低洼区域排水压力较重。示范区在强降雨时会出现特定地点高发、排水引流不畅情况,因此,在示范区海绵城市建设中,通过排水协同设计使得道路绿地与外部蓄水空间相连,以减少强降雨导致的内涝节点。具体措施为当强降雨发生时,将径流引导至道路周边设置的干塘、广场、公园绿地等外部蓄水空间,缓解城市道路绿地的排水压力。传输径流型的城市道路绿地需对雨水径流进行控制引导,例如,绿地坡度需满足排水速度要求,注意绿地与周边蓄水空间的高差衔接、过渡设施设计等。

(3)生态设计中植物的选择

海绵城市建设中,植物是吸纳和净化雨水的重要组成部分,是解决雨水储存和面源污染的重要保障。示范区道路生态系统中植物的选择应该以当地常见的植物为主,考虑植物的生长习性与降水的关系以及枯水期和

丰水期变化对植物的影响,选取当地既耐旱又耐涝的植物。茎叶肥大、根系发达的植物可以更好地满足需求。

根据海绵城市建设的设计目标和要求,考虑城市所在地区气候水文、土壤类型以及降雨等情况,选择当地常有的植物种类。示范区冬季寒冷,需要选取常绿与落叶植物相结合的组合模式,避免景观效果的季节差异明显。北方冬季部分城市会使用融雪剂,其中含有较高的盐分,因此需考虑选用部分耐盐植物。海绵城市建设中,应尽可能优先选用适合的本土植物,避免外来植物入侵造成生态破坏。在植物选择中,禾本科植物种类多、分布广、容易繁殖、景观效果良好,是较好的海绵设施种植材料。同时,应考虑植物的景观性,与周围其他海绵基础设施进行共建,结合周围生态环境,形成多元植物搭配,以达成较好的多层次植物群落效果^[8]。

4. 北方地区降雪资源的利用

庄河市地处北温带,四季分明,冬季有降雪出现。在海绵城市建设中,目前对北方地区城市降雪及积雪情况尚且缺乏考虑。从环

保角度出发,国内在道路除雪过程中应尽量减少融雪剂的使用,采用机械和人工除雪相结合的方法,将积雪转运到城市外部或城市堆雪空间。

通过对庄河市月蒸发量及降水量的对比分析发现庄河市冬季月蒸发量大于月降水量,因此,示范区冬季海绵城市设计中要从水资源利用角度考虑,冬季降雪以堆雪存留为主。示范区内规划足够堆雪空间,将降雪留在区内作

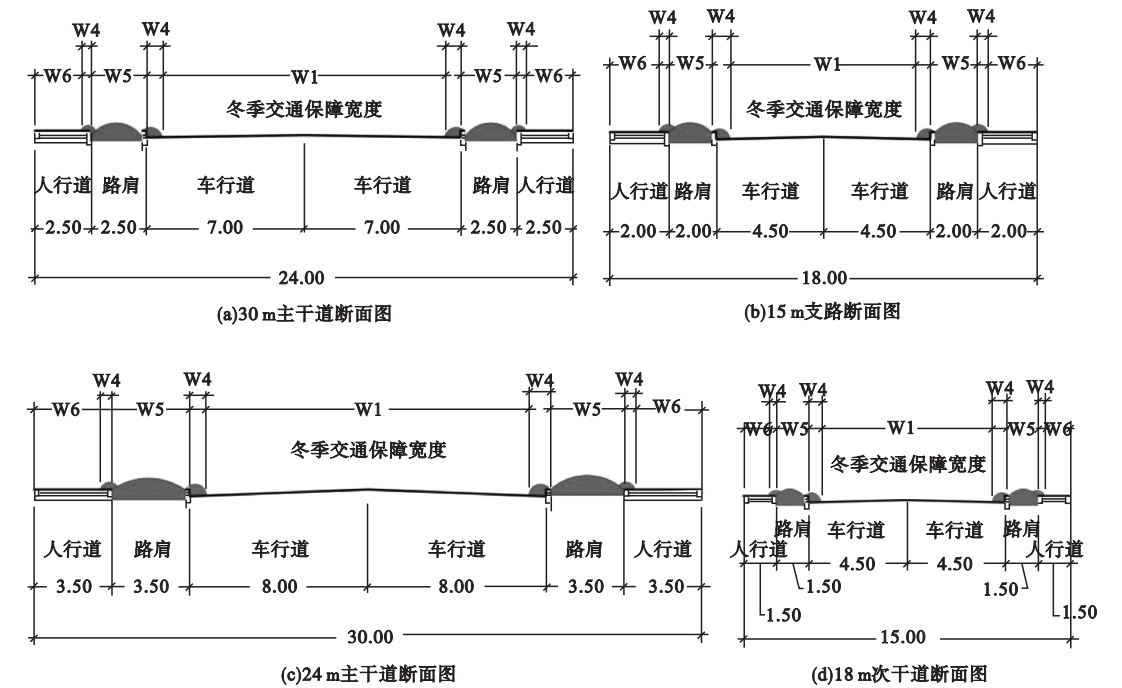
为内部的景观补水及城市地下水补充的来源。堆雪空间根据暴雪降雪量进行堆雪量计算。

示范区主要以道路路面积雪量计算为主,地块内部积雪以内部绿地作为堆积场地,借鉴日本在道路横断面设计方面对于降雪因素的考虑,推导出北方地区满足堆雪宽度的积雪地区道路横断面宽度的设计方法^[9-10]。

不同道路的堆雪量计算情况如表 2 所示,道路堆雪断面设计如图 7 所示。

表 2 不同道路的堆雪量

道路红线宽度/m	车行道宽度/m	人行道宽度/m	降雪厚度/m	1m 宽人行道一次堆雪量/m ³	车行道一次堆雪宽度/m	人行道一次堆雪宽度/m	1m 宽人行道二次堆雪总量/m ³	车行道二次堆雪宽度/m	备注
40	12.5	3.5	0.13	0.11	0.97	0.51	2.15	1.19	人行道
30	8	3.5	0.13	0.11	0.77	0.51	1.61	0.93	二次堆
24	7	2.5	0.13	0.08	0.72	0.43	1.29	0.76	雪面积
18	4.5	2.5	0.13	0.08	0.58	0.43	0.97	0.59	为 0.37 m
15	4.5	1.5	0.13	0.05	0.58	0.34	0.80	0.50	



W1:冬季车道;W2:中间路缘带;W3:路肩路缘带;W4:一次堆雪宽度;W5:二次堆雪宽度;W6:冬季人行道

图 7 道路堆雪断面图

四、结 语

北方地区具有其自身地域和气候特点,在海绵城市建设中,应根据城市的具体特征进行有侧重点的建设。北方地区水资源缺乏,海绵城市建设应侧重于蓄水和储水。同

时,北方地区风沙大、气候寒冷,南方常用的部分海绵措施并不适用于北方,如常规透水路面铺装就会由于风沙堵塞路面空隙而减少排水量,并且由于冻融影响易导致路面基层破坏。因此,北方地区海绵城市建设应因地制宜,结合自身气候特点和城市现状进行建

设。如采用排水系统灰绿结合、源头与末端结合、蓄与排结合以及地上与地下结合的思想,对城市道路的雨水调蓄容积和生物滞留设施容积进行规划预留,通过道路两侧生态排水系统建设海绵蓄水空间,通过对堆雪空间的达到积雪资源的合理利用等。对水资源进行整体保护开发利用的海绵城市道路系统建设对北方地区海绵城市建设具有更积极的意义。

参考文献:

[1] 李和谦. 北方海绵城市道路景观设计方案研究[D]. 天津:天津大学,2015.

[2] 孙芳. 基于海绵城市的城市道路系统化设计研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2015.

[3] 郭弘宇. 透水路面应用问题研究[J]. 华东公路,2017 (1):75 - 78.

[4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 海绵城

市建设技术指南:低影响开发雨水系统构建(试行)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2015.

[5] 翟立. 海绵城市:让城市回归自然[J]. 中国勘察,2015 (7):42 - 45.

[6] 喻军. 基于低影响开发(LID)理念的城市道路规划设计[J]. 西昌学院学报(自然科学版),2016,30 (2):45 - 47.

[7] 王祝根,李晓蕾,张青萍,等. 海绵城市建设背景下的道路绿地设计策略[J]. 规划师,2016,32 (8):51 - 56.

[8] 王佳,王思思,车伍,等. 雨水花园植物的选择与设计[J]. 北方园艺,2012(19):77 - 81.

[9] 日本道路协会. 道路構造令の解説と運用[M]. 东京:日本東京丸善株式会社,2014.

[10] 孙宝芸,董雷,王占飞. 积雪地区日本城市道路横断面的细节设计[J]. 公路交通科技(应用技术版),2015(2):45 - 47.

Research on the Road System Design of the Sponge City in the North Area: Taking Ecological Old-Aged Demonstration Area in Zhuanghe of Dalian as an Example

SUN Baoyun¹, DONG Lei²

(1. School of Transportation Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China; 2. School of Architecture and Urban Planning, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

Abstract: The road system is the most important part of the sponge city's construction. There are many differences between the road system in the sponge city and the traditional urban road system. The road system of the sponge city in the north area is also different from that in other areas. According to the characteristics of northern cities, the system in rainwater discharge of the sponge city's road in northern China is constructed. Taken ecological old-aged demonstration area in Zhuanghe of Dalian as an example in this paper, the spongy facilities of the road system in the northern region are designed with pertinence, such as volume regulation design of road system, ecological drainage design of road system, LID (Low Impact Design or Development) design of ecological drainage and the optimized utilization of snowfall's resources in northern area, etc.

Key words: road system; spongy city; northern area; spongy facilities

(责任编辑:高旭 英文审校:林昊)