

城市雨洪管理设施经济技术特征分析

刘 洁

(成都大学建筑与土木工程学院,四川 成都 610106)

摘 要:通过文献调研、实地考察及现场监测等方法,笔者将国内的城市雨洪设施分为就地拦截/处理设施、径流过程处理设施和区域存储/处理设施三大类。并对每一类别设施的结构原理、径流控制效果、适用区域特征条件、建设运行成本等经济技术特征进行归纳分析,为城市雨洪管理设施空间布局规划设计提供基础依据。

关键词:城市雨洪设施;径流控制;适用区域特征条件;建设运行成本

中图分类号:TV122+.1

文献标识码: A

文章编号:1001-2184(2023)03-0013-03

Economic and Technical Characteristics Analysis of Urban Stormwater Management Facilities

LIU Jie

(School of Architecture and Civil Engineering, Chengdu University, Chengdu Sichuan 610106)

Abstract: Through literature research, field investigation and on-site monitoring, this paper classifies urban stormwater management facilities into three major categories: in-situ interception/treatment facilities, runoff process treatment facilities and regional storage/treatment facilities. It also summarizes and analyzes the economic and technical characteristics of each type of facilities, such as structural principle, runoff control effect, applicable regional characteristic conditions, and construction and operation costs, to provide a basis for the spatial layout planning and design of urban stormwater management facilities.

Key words: urban stormwater management facilities; runoff control; applicable regional characteristic conditions; construction and operation costs

1 概 述

常见的城市雨洪管理设施种类繁多,不同类型的措施由于其自身的结构、经济技术特性的不同,且适用于不同特征的区域,在径流和污染物控制效果上也有不同的侧重^[1]。2016 年国际 LID 大会专设城市水基础设施优化与管理主题,主要讨论内容涉及城市绿色基础设施(GI)与灰色基础设施的耦合优化、城市水系统优化、LID/GI 的空间布局等。该会议达成《北京共识》,其中专门强调了城市雨洪管理设施规划设计的重要性。

笔者通过文献调研、实地考察及现场监测等方法,对单项措施的结构原理、径流控制效果、适用区域特征条件、设计参数、建设运行成本等经济技术特征进行归纳分析,为城市雨洪管理设施空间布局规划设计提供基础依据。

2 单项设施的结构原理

最新的 SWMM5.1 版本可以模拟绿色屋顶、雨水桶、渗透铺装、植草沟等 8 种不同的 LID 措施。国内各地依照本地的地下水水位、地势、水文地质条件的情况,选择的海绵设施各不相同。但大体可以把海绵城市低影响开发分为绿屋顶、雨水桶、下凹式绿地等就地拦截/处理设施;植草沟、渗渠、透水铺装在内是径流过程处理设施;以及雨水花园、生物滞留池、塘(池)调蓄类在内的区域存储/处理设施。

2.1 就地拦截/处理设施

(1)屋顶绿化。屋顶绿化也称种植屋面,绿色屋顶等,在建筑物、桥梁等的屋顶、露台上种植树木花卉。屋顶绿化一般由植被层、土壤层、过滤膜和排蓄水层、屋顶保护防水层和结构支撑层等不同材料层构成。各层之间通过截留、植物吸收、微生物降解、土壤渗透等过程达到净化水质消纳水

量的作用。屋顶绿化适用于平屋顶建筑或坡度小于50%的坡屋顶建筑,常见于城市新型建筑物及中心城区。

(2)下凹式绿地。下凹式绿地低于原边缘地面50~150 mm,通常设置在道路绿化带、建筑小区以及城市广场。由调蓄层、土壤层、排水层等组成,通过植被的截留、吸收、渗透达到一定的消纳水量和净化水质的功能。

(3)雨水桶。雨水桶一般紧挨建筑物,是直接收集储存及利用由自雨水管流下的屋面雨水的低影响开发措施。雨水桶的雨水可以利用于绿化浇花或者冲厕等,也可以由阀门控制排出。雨水桶的优点是占地空间小且设计多样化,投资维护成本较低,适合于用地密度高的城市中心区域。缺点是其对径流水质水量的控制能力有限,对于降雨量大的地区适用性不强。

2.2 径流过程处理设施

(1)植草沟。植草沟其实是一种收集输送排放雨水径流的地表沟渠,因在沟渠表面种植了植被,可防止土壤冲刷,起到水土保持的作用。在长距离传输雨水径流过程中也起到一定的净化雨水的作用。植草沟可根据是否有蓄水层分为干、湿式两种^[2]。干式植草沟适用于居住区,通过定期割草保持植草沟的干燥。湿式植草沟适用于公园、小型停车场或屋顶的雨水径流,其土壤在较长的时间内保持潮湿状态。植草沟建设维护成本低,易与景观结合。

(2)渗渠。渗渠是指具有渗透功能的雨水管渠,可采用穿孔塑料管、无砂混凝土区和砾石等材料组合而成。渗渠不宜用于地下水位较高、径流污染严重及易出现结构塌陷等不宜进行雨水渗透的区域。

(3)透水铺装。渗透铺装主要适用于广场、停车场、人行道及车流量和荷载较小的道路。其主要目的是排除路面积水,改善表面径流特性,使雨水渗入表面层后通过道路横坡进入设置于路面边缘的纵向排水设施,再排入周边海绵设施。

2.3 区域存储/处理设施

(1)生物滞留池(雨水花园)。生物滞留池适用于公园绿地及具有一定空间使用条件的建筑小区、城市绿地等,其包含蓄水层、植被层、有机覆盖层、种植土壤层、排水层^[3]。生物滞留池采用树皮

等有机覆盖保持土壤的湿度、避免表层土壤板结而造成渗透性能降低,并为种植土壤层营造了一个微生物环境,有利于植物根系吸附以及有机物、金属离子、营养物质和其他污染物的降解。生物滞留池可按城市景观需要设计成建筑物周围或路边的花池,因此又称作雨水花园。在SWMM中模型设置里,雨水花园的雨水只能直接入渗至当地土壤,未加设底层排水管。

(2)塘(池)调蓄类。①渗透塘通过在底部设置种植土层、透水土工布及过滤介质层,达到一定的雨水蓄渗作用,一般还需在渗透塘前设置沉砂池、前置塘等预处理设施,去除大颗粒的污染物,并减缓流速。②干、湿塘两者结构相同,一般都由进水口、前置塘、主塘、溢流出水口等构成,由于主塘有一定的储存容积、调节容积,因此两者都具有调蓄水量和峰值流量削减的功能,不同的是湿塘中常年有蓄水。塘中可以种植水生植物以减少流速、增强雨水净化效果。相较来说,干塘的建设和维护费用较湿塘低些。③雨水湿地一般由进水口、前置塘、沼泽区、出水池、溢流出水口等构成。沼泽区包括浅沼泽区和深沼泽区,根据水深不同种植不同种类的植物,是雨水湿地主要净化区。

3 降雨径流及污染控制效果

海绵城市设施对降雨径流控制效果主要反映在径流削减及污染去除两方面,具体可以从总量削减、洪峰削减以及洪峰延滞等三方面评估。设施对降雨污染控制则表现在TSS、TN、TP、菌体和金属五项污染物的削减。通过实地考察及文献查阅,将海绵城市设施的每个指标的控制效果评为高、较高、中、较低、低五个等级,海绵城市单项设施降雨控制成效评价见表1。

各设施的径流控制效果取决于设施可蓄滞降雨的量,通常表现为土壤层、蓄水层越厚,降雨径流控制效果越好。从表1可见,区域存储/处理设施由于空间大,土壤层、蓄水层厚,可调蓄的降雨量大,径流控制效果最好。径流过程处理设施主要目的是完成雨水在多个设施之间的传输,在径流控制方面表现较弱。对降雨污染的控制方面,大部分设施对TSS的控制较好,尤其是有前置池和植被种植的塘类设施。相较而言,大部分设施对于TN、TP和菌体的控制不佳。

表 1 海绵城市单项设施降雨控制成效评价

海绵城市设施	径流控制			污染削减				
	径流总量削减	洪峰削减	洪峰延滞	TSS	TN	TP	菌体	金属
屋顶绿化	较低	中	低	高	中	中	低	低
下凹式绿地	较高	较高	较高	较高	较高	较高	较低	较低
雨水桶	低	低	中	高	低	低	低	低
植草沟	中	中	中	中	中	中	低	较低
渗渠	中	中	中	中	低	低	低	低
透水铺装	较高	较高	较高	高	中	中	低	中
生物滞留池(雨水花园)	高	较高	高	较高	中	较高	较高	较高
渗透塘	高	高	高	高	较低	较低	低	低
干/湿塘	高	高	高	高	中	中	较低	中
雨水湿地	高	高	高	高	低	较低	低	高

4 适用区域特征条件

片区尺度内的海绵设施规划,需要针对各项设施的结构特点,分析其布局限制因素,并结合片区内基础条件,评价各设施的适建性,进一步完成片区设施的选型选址。在大量查阅文献和深入分析国内外工程经验的基础上^[4],笔者总结出 5 项指标的筛选条件^[5]。

表 2 海绵城市单设施适建区域特征

设计标准	屋顶绿化	生物滞留池	透水铺装	植草沟	干湿塘	渗渠	雨水湿地	下凹式绿地
土壤渗透率/(cm·h ⁻¹)	>4.0	>4.0	>1.3	>1.3	>1.3	>1.3	>4.0	>1.3
坡度/%	<20	<10	<50	<20	<5	<20	<10	<20
地下水位高度/m	—	>1.5	>1.0	>1.0	>1.5	>1.5	>1.5	>1.0
占地面积类型	—	中一大	—	小	大	—	大	中
红线距离/m	—	>5	—	>30	>100	—	>100	>30

每种设施筛选的第二个重要条件是坡度。一般来说,池塘类更适合在地势平坦的区域建设,这样更利于降雨的蓄滞。而过程处理设施,考虑到降雨的输送,要求适建区域有一定的坡度。

考虑到地下水位过高会影响到降雨径流的下渗,因此每种设施都有离地下水位高度的最低要求。为了避免设施溢流对附近水体造成严重污染,每种设施应保持一定的红线距离。最后,每种设施的占地面积也有异同。因为筛选出土壤渗透率、坡度、地下水位高度、占地面积以及红线距离等 5 项指标作为设施适建区的评估指标。

5 建设运行成本

城市雨洪管理设施的成本投入各有不同,对各设施整个生命周期在内的建设、运行、维护、管

考虑到大部分的海绵设施都是通过土壤层的下渗、过滤、吸附等过程实现降雨径流的有效控制和污染物的去除,因此采用土壤层的下渗系数作为其中一项重要筛选指标。从表 2(海绵城市单设施适建区域特征)看出,以渗透功能为主的设施一般适用于渗透系数较高的土壤,以滞留功能为主的设施则更适合于渗透系数较低的土壤。

理的成本进行分析,海绵城市设施的成本分析见表 3。

表 3 海绵城市设施的成本分析

海绵城市设施	建设成本	维护成本	运行成本	管理成本
屋顶绿化	较高	较高	低	较低
雨水桶	低	低	低	低
植草沟	较低	低	低	低
渗渠	中	较高	低	中
透水铺装	高	较高	低	中
生物滞留池(雨水花园)	较高	较高	低	中
渗透塘	较高	较低	低	低
干/湿塘	较高	较高	低	较高(湿塘) 较低(干塘)
雨水湿地	高	低	低	低

(下转第 132 页)

国电力类大学选拔一批优秀应届毕业生到孔子学院强化中文学习,培养一批满足电力生产管理需要的综合型人才和传播中、老友谊的“文化交流使者”,拓宽项目部在海外水电运维领域的持续发展道路。

通过上述措施的实施,考评选拔属地主值班员 8 名,助理调度长 1 名,后备值长 6 名,项目部老方正式员工 80 人,生产技术岗位属地化比例约 31%,超过 28.33%的合同要求,比合同提前一年完成主值班员培养。集控中心老挝员工人数 12 人,属地化率达到 63%。目前,属地员工已进入第二个“上岗实战模式”阶段,属地化人才梯队建设取得一定成效。

6 结 语

在日益激烈的海外市场中竞争,核心依然是管理,管理的核心之一是人力资源,要彻底解决人力资源问题,打造一支优秀的属地化员工团队是海外项目属地化管理的必然选择,属地化管理不

(上接第 15 页)

6 结 语

国内的城市雨洪管理设施大体可分为就地拦截/处理设施、径流过程处理设施和区域存储/处理设施三大类。通过文献调研、实地考察及现场监测等方法,对单项设施的结构原理、径流控制效果、适用区域特征条件、设计参数、建设运行成本等经济技术特征进行归纳分析,为海绵城市设施空间布局优化设计提供基础依据。主要结论如下:

(1)径流控制效果。区域存储/处理设施由于空间大,土壤层、蓄水层厚,可调蓄的降雨量大,径流控制效果最好。径流过程处理设施主要目的是完成雨水在多个设施之间的传输,在径流控制方面表现较弱。对降雨污染的控制方面,大部分设施对 TSS 的控制较好,尤其是有前置池和植被种植的塘类设施。相比较而言,大部分设施对于 TN、TP 和菌体的控制不佳。

(2)适用区域特征条件。采用土壤层的下渗系数、地面坡度及地下水位等五项作为设施适建区的评估指标。一般来说,以渗透功能为主的设施一般适用于渗透系数较高的土壤,以滞留功能为主的设施则更适合于渗透系数较低的土壤;池

仅可从根本上解决人员稳定、项目运营成本、应急管理、降低风险等系列问题,而且还有利于融入海外促进当地发展及市场营销等工作。属地化管理是一项长期的战略目标,而我们推进的南欧江流域梯级电站运维员工属地化工作才刚刚起步,需要电建南欧江运维项目部所有员工在很长一段时间内的共同努力,相信通过坚持不懈的努力和持续改进,一定能在属地化管理上走出一条新路子。

参考文献:

[1] 喻建清.老挝南欧江流域梯级水电站开发综述[J].水力发电,2016,(5):29-32.
[2] 杜春国.关于在公司海外发电项目运营阶段着力推进员工属地化工作的初步思考[J].视野,2018,(5):46-47.
[3] 朱宏.柬埔寨寨中资水电站运维管理属地化实践[J].云南水力发电,2018,(1):40-40.

作者简介:

王晓东(1980-),男,四川乐山人,高级工程师,本科,主要从事水力发电企业行政管理、生产实施体系、安全和技术等管理工作。
(责任编辑:卓政昌)

塘类更适合在地势平坦的区域建设,这样更利于降雨的蓄滞。而过程处理设施,考虑到降雨的输送,要求适建区域有一定的坡度。

(3)建设运行成本。海绵城市设施的成本包括整个生命周期在内的建设、运行、维护、管理的成本。一般来说,以渗透功能为主的设施以及体量较大的区域存储/处理设施的建设、维护成本都较高。

参考文献:

[1] Ahiablame L M, Engel B A, Chaubey I. Effectiveness of Low Impact Development Practices: Literature Review and Suggestions for Future Research[J]. Water, Air, & Soil Pollution, 2012, 223(7):4253-4273.
[2] 陈彦熹.基于 LID 的城市化区域雨水排水系统规划方法研究[D].天津:天津大学,2013.
[3] 陈彦熹.基于海绵城市理念的绿色建筑雨水系统构建应用与分析[J].城市建设理论研究,2016(10):1705-1705.
[4] 王琼珊,刘晓梅,赵冬泉.低影响开发措施比选及适建区域分析[J].中国给水排水,2014,30(3):96-100.
[5] 刘洁,李玉琼,张翔,等.基于 SWMM 的不同 LID 措施城市雨洪控制效果模拟研究[J].中国农村水利水电,2019-01-25.

作者简介:

刘洁(1983-),女,江西景德镇人,副教授,博士,从事城市水文方面的研究。
(责任编辑:吴永红)