



临沂市高架桥雨水收集利用探讨

郑 晨, 杨西文, 张仪东

(临沂市园林环卫保障服务中心, 山东 临沂 276000)

摘要:为了解决高架桥下绿化带的灌溉问题,结合临沂市双岭路高架路海绵城市改造提升建设工程,研究开发了一种新型高架桥雨水收集利用系统。该系统利用雨水收集箱和塑料模块蓄水池收集高架桥面的雨水,灌溉桥下绿化带。应用结果表明:该系统降低了市政管网建设和城市道路运营维护成本,具有操作简单、成本低、维护方便等优势,适合临沂市高架桥工程现状,对临沂市高架桥道路雨水收集系统的建设发展有着促进作用,同时对推动市区海绵城市道路建设的可持续发展,有较大的创新性与推广价值。本文成果可为国内其他城市道路海绵城市建设、雨水收集利用方面的研究与实践提供一定的借鉴。

关键词:海绵城市; 高架桥; 雨水收集利用; 绿化带

中图分类号:U443.5

文献标识码:A

文章编号:1673-8993(2024)05-0067-06

doi:10.13402/j.gcjs.2024.05.067

Discussion on collection and utilization of rainwater on viaducts in Linyi city

ZHENG Chen, YANG Xiwen, ZHANG Yidong

(Linyi City Garden and Environmental Sanitation Security Service Center of Linyi, Linyi 276000, Shandong, China)

Abstract: In order to solve the irrigation problem of the green belt under viaducts, a new type of viaduct rainwater collection and utilization system is developed in combination with the sponge city renovation and upgrading construction project of Shuangling Road Viaduct in Linyi City. The system uses rainwater collection deck and plastic module reservoir to collect rainwater on the viaduct surface and irrigate the green belt under the bridge. The application results show that the system reduces the cost of municipal pipe network construction and urban road operation and maintenance, and has the advantages of simple operation, low cost and convenient maintenance, which is suitable for the current situation of the viaduct project in Linyi City, and has a promoting effect on the construction and development of the viaduct road rainwater collection system in Linyi City, and has great innovation and promotion value for promoting the sustainable development of urban sponge city road construction. The results can provide some reference for the research and practice of road sponge city construction and rainwater collection and utilization in other cities in China.

Key words: sponge city; viaduct; rainwater collection and utilization; greenbelts

海绵城市代表着从单一功能的基础设施建设的发展模式向生态文明可持续发展模式的转变。节水与水资源利用作为建筑工程施工现场绿色施工的重要一环,正日益受到重视。而城市高架桥

作为城市发展的载体和重要组成部分,其设计理念也应适时调整、转变^[1-3]。传统的高架桥雨水系统主要是通过桥面雨水口收集汇水面积内的雨水,然后通过重力流雨水立管及雨水排出横管,

收稿日期:2023-12-25

基金项目:临沂市2022年科技重点研发计划资助项目(2022WZ005)

作者简介:郑晨(1978—),男,工程师,从事风景园林研究。

后排入市政雨水管道^[4-6]。高架桥下绿化带的部分植物因无法接受天然雨水,需要定期灌溉。桥上的雨水不仅没有得到充分利用,造成了浪费,还因直接流入道路排水系统,增加了市政管网的压力。因此,开发一种操作简单、价格低、维护方便的雨水净化及收集利用系统是高效利用高架桥雨水的关键所在。高架桥雨水收集再利用,不仅在源头上削减雨水径流,大大地减轻城市排水管网的压力,而且在节约用水和保护城市水生态环境等方面均起到积极作用^[7-9]。

本文结合临沂市双岭路高架桥海绵城市改造提升建设项目,通过开发一种新的高架桥雨水收集利用系统,利用雨水收集箱和塑料模块蓄水池收集高架桥面的雨水,灌溉桥下绿化带,以期为其他城市道路海绵城市建设、雨水收集利用方面的研究与实践提供参考。

1 雨水收集利用系统

1.1 实施位置

临沂市双岭路高架路海绵城市工程,西起 G2 京沪高速,东至工业大道,桥梁长度约为 2.3 km。主线标准段桥宽度为 25 m,标准加宽段宽为 33 m;沿线相交和需跨越 3 条主要道路,分别为王庄路、琅琊王路、工业大道。工程完成碎石垫层面积为 17 788 m³,PP 蓄水模块 1 套,砖砌溢流口 110 座,桥墩雨水收集桶 56 组。经过收集和处理的雨水,主要用于景观建设、绿化带灌溉,满足年径流总量空置率 75% 的要求。

1.2 工艺原理

1.2.1 雨水收集箱雨水收集工艺原理

高架桥面雨水通过收集管进入雨水收集箱,桥面雨水落水管断接,汇入收集管接入雨水收集箱,进入收集箱前增设截污挂篮以拦截大体积垃圾,过滤后的雨水流入雨水收集箱存储使用。通过回用管道将收集箱内储存的雨水灌溉高架桥下的绿地和道路冲洗等,定期使用排泥阀除去箱内杂质,通过排污管汇入市政污水管道。过量雨水通过溢流管进入下沉式绿地中,下沉式绿地中的过量雨水通过植草沟转输至溢流口,通过溢流口进入雨水检查井,最终汇入市政雨水管道(图 1)。

中间分隔带为下沉绿地,种植土下增设一层碎石基层,以增加渗透量。雨水收集箱外挂在高架桥桥柱上,施工面积小,施工工艺简单,便于维护,主要应用于高架桥桥下桥墩之间狭小地带。

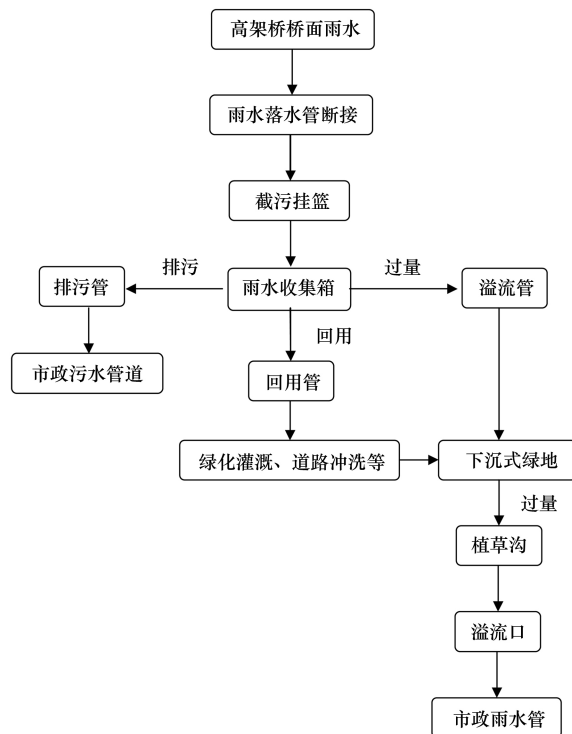


图 1 雨水收集箱技术工艺原理

1.2.2 PP 模块蓄水池雨水收集工艺原理

高架桥面雨水通过落水管、收集管汇总后,流入安全分流井,过量的雨水从溢流管汇入市政雨水管道,桥面雨水前期经截污、弃流、过滤的预处理;过滤后的雨水进入塑料模块蓄水池内存储,蓄水池内设置排污泵、回用泵、反洗泵等,用于雨水的回用及正常维护,回用的雨水可以用于绿化的浇灌或道路冲洗等。下沉式绿地中的过量雨水通过植草沟转输至溢流口,然后进入雨水检查井,最终汇入市政雨水管道。溢流、弃流的雨水接入市政雨水管道,排污的雨水接入市政污水管道(图 2)。每个季节对设备进行一次清洗,以确保设备对雨水过滤、净化达到最佳效果。高分子聚丙烯模块(PP 模块)蓄水池雨水收集存储容量大、贮水率高,施工安装方便,为传统混凝土水池施工周期的 1/3,布局灵活,多种形状铺设,可根据现场情况临时调整水池形状,深埋地下,不占空间。

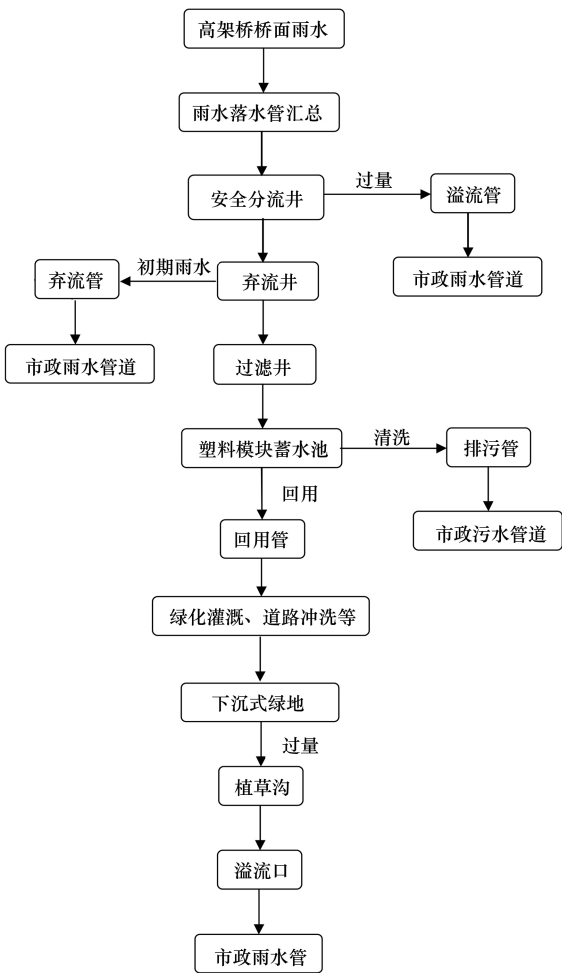
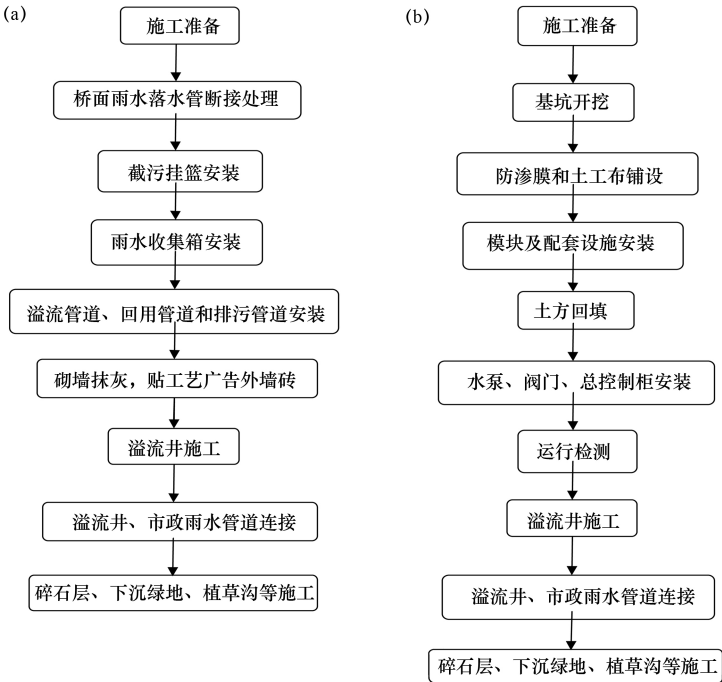


图 2 塑料模块蓄水池技术工艺原理



(a) 雨水收集箱技术；(b) 塑料模块蓄水池技术

图 3 施工工艺流程

1.2.3 安全分流井初期雨水分选及预处理

初期降雨时，雨水夹杂着大量的粉尘和泥沙，水质较差，需弃流至市政雨水管道；后期较为清澈的雨水进行收集储存后经适当的处理回用。降雨初期，雨水中的泥沙从弃流管中排出，安全分流井和弃流井的使用可以排出降雨前期 70%~80% 的污染物；降雨量继续增大时，雨水通过雨水收集管经初期雨水的弃流、自动排污、过滤等前期预处理后，进入蓄水池。安全分流井和雨水弃流过滤装置均为成品设备，根据现场要求安装即可。

蓄水池内反洗泵的主要作用是对模块进行排污和清洗操作，以确保设备对雨水过滤、净化达到最佳效果。排污泵的作用是将模块内的废水、污泥等物质排入市政污水管道，减少环境污染。回用泵的作用是通过模块内的水回用到绿化灌溉及道路冲洗等。

2 施工技术过程

2.1 施工工艺流程

研究标准 25 m 桥宽段和 33 m 主线加宽段及有上下行匝道段的主线雨水及收集利用技术，主要有雨水收集箱技术和塑料模块蓄水池技术(图 3)。

2.2 雨水收集箱技术操作要点

2.2.1 施工准备

(1) 主线标准段桥宽度为 25 m, 道路红线宽度为 67 m, 以桥墩间距 35 m 为一个标准段。上下行匝道段主线桥宽度为 25 m, 桥面总宽度为 42 m, 道路红线宽度为 96 m, 以桥墩间距 35 m 为一个标准段。主线加宽段桥宽度为 33 m, 道路红线宽度为 67 m, 以桥墩间距 35 m 为一个标准段。

(2) 主线标准段和有上下行匝道段的雨水收集箱选用聚乙烯(PE)材质, 尺寸为 2.3 m × 1.1 m × 1 m(长 × 宽 × 高)。主线加宽段的雨水收集箱尺寸为 1.5 m × 1 m × 1 m(长 × 宽 × 高)。为控制雨水收集箱正常使用时的变形, 箱体外侧设置加强筋。为优化雨水收集箱的受力性能, 采用两个收集箱拼接的形式, 两个箱体回用水管相连通。箱体预制时留有出入孔、进水孔、溢流孔、排污孔和回用孔。

2.2.2 雨水收集箱安装

雨水收集箱基础采用 M10 水泥砂浆砌 M10 非黏土烧结实心砖, 砌砖外墙采用 1:2 水泥砂浆抹面, 厚度为 20 mm。安装雨水收集箱箱体, 用于过滤后的雨水流入雨水收集箱存储。

2.2.3 溢流管道、回用管道和排污管道安装

通过回用管道将收集箱内储存的雨水灌溉高架桥下的绿地; 过量雨水通过溢流管道进入下沉绿地中, 下沉绿地内汇集的雨水自然渗透, 涵养水资源, 多余的雨水通过溢流雨水井排入市政雨水管网; 定期使用排泥阀除去箱内沉积杂质。

2.2.4 砌墙抹灰, 贴公益广告外墙砖

为了更加美观、安全及维护方便, 同时普及社会主义核心价值观的教育意义, 雨水收集箱外砌筑 120 mm 厚砖墙抹灰, 外侧贴公益广告外墙砖。

2.3 塑料模块蓄水池技术操作要点

2.3.1 施工准备

(1) 塑料模块蓄水池技术是高架桥雨水净化与收集利用的第二种措施。雨水收集回用前期采用截污、弃流、过滤的预处理方法, 过滤后的雨水进入塑料模块蓄水池内存储使用, 可以用于绿化的浇灌或道路冲洗等。弃流控制器、复合流过滤器等均为成品设备, 并且蓄水池内设置有排污泵、回用泵、反洗泵等, 用于雨水的回用及正常

维护。每个季节对设备进行一次清洗, 以确保设备对雨水过滤、净化达到最佳效果^[10-11]。

(2) 弃流装置为组合式雨水弃流过滤装置, 同时具有初期雨水弃流功能和前置雨水过滤功能。弃流器内置弃流槽板, 采用无动力的弃流方式, 通过物理原理将初期较脏的雨水弃流, 前期雨水处理装置采用进口多孔陶瓷滤料。

(3) 塑料模块蓄水池承载力大于 30 t/m², 模块储水率大于 95%。模块单组结构规格为 800 mm × 800 mm × 500 mm(长 × 宽 × 高), 采用大柱撑式结构。每组设 16 根加强型梅花状立柱, 以增加受力面积; 每根立柱内部设 8 根加强筋, 以最大程度保证承重。模块面板自带凹凸型卡槽, 以增加水平方向稳定性, 且在蓄水池底部设有专用排泥通道, 便于冲洗清淤。蓄水池建设目标面积为 30 m³, 总体尺寸为 8.8 m × 2.4 m × 1.5 m(长 × 宽 × 高), 不考虑出入检查井所占空间, 由 99 组模块单体组合而成。

2.3.2 基坑开挖

首先对基坑进行清理, 清理完成后, 浇筑 0.1 m 厚 C15 混凝土垫层, 再浇筑 0.2 m 厚 C25 钢筋混凝土底板, 最后铺设厚度为 5 cm 的粗砂找平层。

2.3.3 防渗膜和土工布铺设

为了增强雨水模块池的气密性, 将防渗膜焊接成一个完整的复合土工膜。复合土工布薄膜的搭接宽度大于 100 mm, 并在顶部用墨线做折痕。复合土工布膜为两布一膜结构, 现场单层铺设。

2.3.4 模块及配套设施安装

(1) 模块安装: 根据图纸安装第一层模块, 并用连接器连接同一层的塑料模块, 然后一层一层向上铺。竖向连接器用于连接上部 and 下部塑料模块。反冲洗管和铺设第一层塑料模块同时施工。将反冲洗管的末端用管塞密封, 同时引至水池顶面与主管相接。采用 PPR32 管反洗, 水管上开一排孔, 孔径为 5 ~ 6 mm, 间距为 600 mm。安装过程中, 有孔的一侧应面向地面。在雨水给排水系统处安装雨水模块加固框架。塑料模块水池组装完毕后, 包裹两布一膜, 顶面包裹时两侧搭接大于 500 mm, 使模块水池形成一个密闭水池^[12-14]。

(2) 雨水弃流过滤装置: 弃流器进口与雨水

管道相连, 出口与市政管道相连, 弃流器的底部出口与前置的雨水处理装置或雨水模块池相连。

(3) 前置雨水处理装置: 两承口有高度差, 较高的为进水口, 而较低的(带有半圆形过滤器)连接到雨水模块池。

2.3.5 土方回填

回填沿水池周边进行, 从底部到顶部对称分层回填, 单层厚度不超过 0.5 m, 逐层夯实, 以确保土壤密实, 防止日后地面沉降。回填必须一次性填到位, 以防模块池上浮, 如无法一次性回填到位, 则集水井必须一直抽水, 直到回填结束。

2.3.6 水泵、阀门、总控制柜安装

按设计图纸和制造厂的安装说明书进行。安装之前, 按图纸设计要求检查水泵、阀门、总控制柜型号规格, 清除阀内污物、检查阀杆是否灵活以及有无裂纹、砂眼。

2.4 质量控制

2.4.1 雨水收集箱安装质量控制

(1) 收集管上增设雨水弃流过滤器, 桥面雨水通过收集管进入雨水收集箱, 弃流的雨水接入市政雨水管道排出。

(2) 过滤后的雨水流入雨水收集箱储存使用, 定期使用排泥阀除去箱内杂质。

(3) 过量雨水先通过溢流管进入下沉绿地中, 然后通过植草沟转输至溢流口, 最后进入雨水检查井, 种植土下增设一层碎石基层。

(4) 雨水收集箱在运输和储存时应避免暴晒和雨淋, 且在通风良好、温度不超过 40 ℃ 的仓库内存放。

2.4.2 模块蓄水池质量控制

(1) 合理安排基坑开挖顺序, 确保地基的承载能力, 减少因基础的不均匀沉降对蓄水池结构的影响。

(2) 复合土工膜采用人工卷铺, 以确保土工膜完好性, 避免受到磨损、损坏。

(3) 模块蓄水池组装时, 应注意模块之间的连接方式和稳定性; 蓄水池与排水管道连接时, 应注意管道的密封性和连接方式, 以确保排水顺畅且无泄漏, 增强雨水模块池的密闭性。

(4) 蓄水池施工完成后, 确认水泵、阀门、

总控制柜等设备调试合格且满足相关规范要求后方可移交使用^[15-17]。

2.5 运行检测

经过雨季检测, 在 75% 的年径流控制率对应的降雨强度下, 雨水收集在雨水收集箱内, 没有雨水进入市政雨水管道。蓄水池内水质达到了海绵城市设计规程规定的水质标准, 具体如表 1 所示。

表 1 运行检测			mg/L
项目指标	绿化	车辆冲洗	道路洒水
化学需氧量	30	30	30
悬浮物	10	5	10
氨氮	20	10	10

3 综合效益分析

3.1 社会效益分析

(1) 提高道路行驶安全。雨水在路面积聚形成水膜, 使路面抗滑能力大幅下降, 对道路的行车安全造成严重危害; 道路雨水中含有污染物, 路面积水后容易造成滑溜性污染, 影响交通安全。高架桥的雨水净化和收集利用技术可以有效缓解上述问题, 同时促进了城市内涝治理, 既减少了碳排放, 又提升了城市安全。

(2) 操作方便安全。该雨水系统在分流井、过滤井、控制器井上均设有活动盖板, 可定期开启人工检查, 确保施工作业安全方便; 同时, 降雨时, 对初期的浑浊雨水进行弃流, 不仅减少了污染物腐蚀, 还延长了雨水管道的使用寿命。

(3) 开源节流, 有效利用雨水资源。高架桥雨水的净化和利用大多为就近利用、处理, 对于城市合流制排水管道而言, 会减轻污水处理厂的负荷和减少水溢流而造成的环境污染。将高架桥雨水收集并用作桥下绿化带灌溉用水, 不仅可以满足绿化灌溉、道路清扫等水质要求, 还可以节省一定的人力、物力, 减轻市政排水管网压力, 降低绿色灌溉、道路清洁和维护的成本。

(4) 成本低, 寿命长。雨水收集箱和蓄水模块均采用 PE 和 PP 再生材料, 经久耐用, 适应各种恶劣环境, 施工简单, 运输方便, 蓄水模块深埋地下不破坏生态环境, 维护简单, 从多个方面减少了时间成本、人工成本、运输成本和后期维

护成本。

3.2 经济效益分析

高架桥海绵设施蓄水池蓄水量为 32.592 m^3 , 雨水收集箱蓄水量为 600 m^3 。按照每年循环 10 次, 使用年限 30 a 计算, 可节省 $(32.592 + 600) \times 10 \times 30 \times 3 = 56.933$ 万元。雨水收集措施及下沉式绿地、生态植草沟等绿色空间, 既是控制雨水径流、源头减排的设施, 又是吸收消化 CO_2 的主力。据统计, 每节约 1 t 水可减少 CO_2 排放约 0.91 kg, 通过蓄水池及雨水收集箱蓄水可减少 CO_2 排放量 $(32.592 + 600) \times 10 \times 30 \times 0.91 = 172.7 \text{ t}$ 。

4 结 语

本文结合临沂市双岭路高架路海绵城市改造提升建设工程, 研究开发了一种新型高架桥雨水收集利用系统。该系统利用雨水收集箱和塑料模块蓄水池收集高架桥面的雨水。需要时, 将蓄存的水“释放”并加以利用, 大大提升了环境效益和经济效益, 可以用于景观建设、绿化区灌溉, 更可起到蓄水、保水功能, 缓解了高架桥雨水系统压力, 而且改善了该区域沿线生态景观环境, 实现了桥梁的生态节能和绿色环保, 助力节能降碳。

参考文献:

- [1] 孙明亮, 李一鸣, 刘超, 等. 高架桥排水设施优化探讨[J]. 市政技术, 2023, 41(2): 53–58; 97.
- [2] 孟媛. 城市快速路高架桥附属空间景观规划设计研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2023.
- [3] 徐明明. 住宅小区污水、雨水利用设计[J]. 工程建设, 2020, 52(1): 36–40.
- [4] 程瑞; 方韬. 城市高架桥绿化自动滴灌系统设计探讨[J]. 建材与装饰, 2020(9): 59–60.
- [5] 赵寒雪, 吴竞雄, 丁冉. 某人文绿道规划建设初探: 以武汉市环汉口人文绿道为例[J]. 工程建设, 2023, 55(11): 47–51; 57.
- [6] 方韬, 程瑞. 城市高架桥桥面雨水收集利用探索[J]. 低碳世界, 2020, 10(1): 173–174.
- [7] 刘级, 邵昊. 高架桥雨水收集利用系统研究[J]. 城市道桥与防洪, 2018(9): 162–164; 19.
- [8] 费宇婷, 郭霄宇, 解明媛. 高架桥下雨水收集利用案例[J]. 中国给水排水, 2016, 32(14): 103–106.
- [9] 张斌, 胡晋茹. 干旱区路面雨水集流与综合利用技术研究[J]. 公路工程, 2019, 44(5): 53–56.
- [10] 陈庆泽, 茅炜挺, 李骏豪. 结合城市立交体系的雨水生态收集利用系统设计: 以合肥金寨路高架为例[J]. 安徽建筑, 2016, 23(3): 217–219.
- [11] 唐细彪. 旧桥桥面应急排水与收集系统设计[J]. 城市道桥与防洪, 2021(1): 107–109; 13.
- [12] 范潇潇, 姚雅. 基于 LID 的天津市立交桥附属空间雨水综合利用研究: 以卫昆桥为例[J]. 艺术与设计(理论), 2021, 2(4): 65–67.
- [13] 陈国华, 郑二洋, 郭欣欣. 海绵城市理念在城市道路建设中的应用[J]. 湖南交通科技, 2021, 47(4): 83–86.
- [14] 蒋振欣, 张琦, 戴国俊. 城市道路雨水径流综合利用研究: 以南京市赛虹桥立交桥为例[J]. 国土绿化, 2021(1): 54–57.
- [15] 张红, 乔玲敏, 沙广宁, 等. PPB 模块雨水收集回用系统施工案例分析[J]. 施工技术, 2017, 46(S1): 1039–1043.
- [16] 刘林. 大体积模块化雨水收集系统施工技术要点[J]. 石材, 2023(9): 81–83.
- [17] 刘伟, 李永峰, 董斌, 等. 火神山医院配套雨水系统调蓄池建造技术[J]. 施工技术, 2020, 49(12): 90–92.

(上接第 66 页)

- [8] 赵玉霞, 王宗年, 周美川. 三维激光扫描技术在建筑物表面平整度检验中的应用[J]. 施工技术(中英文), 2023, 52(17): 89–92.
- [9] 赵磊, 毛芳芳. 三维激光扫描技术在城市地标建筑三维模型重建中的应用[J]. 黑龙江科学, 2023, 14(16): 78–80.
- [10] 陈筱妹. 在建工程地下室上浮专项检测鉴定与加固措施[J]. 工程技术研究, 2020, 5(13): 41–43.