

广州赤沙地铁车辆段低影响开发设施景观设计

Landscape Design of Low Impact Development Facilities of Chisha Metro Depot in Guangzhou

潘继灏 陈聪 翁奕城* 朱华 刘智颖

PAN Jihao, CHEN Cong, WENG Yicheng*, ZHU Hua, LIU Zhiying

基金项目: 广东省基础与应用基础研究基金项目“基于绿色基础设施雨洪调节服务供需测度的城市洲岛景观格局优化——以广州为例”(编号: 2023A1515011482)

摘要

随着海绵城市建设的推进,低影响开发(LID)理念在城市建设中日益受到重视,但国内外关于地铁车辆段低影响开发的研究较为薄弱。以广州赤沙地铁车辆段为例,采用容积法测算海绵城市建设指标,提出适用于车辆段场地的LID设施与景观整合设计方法。研究表明,通过设置合理的LID设施,项目综合雨量径流系数为0.28,年径流总量控制率达70%,主要指标均满足广州市海绵城市建设要求。最后提出应基于场地现状分析构建合理排水体系,通过竖向渗管、雨水树槽、生物滞留池等LID设施与景观元素的有机融合,提升地铁车辆段景观效果。

Abstract

With the advancement of Sponge City construction, the Low impact development (LID) concept has gained increasing attention in urban infrastructure planning. However, research on LID of metro depot is relatively weak at home and abroad. This study focuses on the Chisha Metro Depot in Guangzhou, adopting a volumetric method to assess Sponge City construction indicators and propose an integrated design method of LID facilities and landscape applicable to the metro depot. The research demonstrates that the implementation of well-designed LID facilities achieves a comprehensive rainfall runoff coefficient of 0.28 and an annual runoff volume control rate of 70%, meeting key requirements of Guangzhou's Sponge City construction standards. The metro depot should be based on the current situation of the site analysis to build a reasonable drainage system, through the rainwater tree trenches, bioretention ponds and other LID facilities and landscape elements of the organic fusion, which can enhance the landscape effect of the subway vehicle section.

文章亮点

1) 以赤沙地铁车辆段项目为例,提出适用于地铁车辆段场景的LID设施景观设计方法,并对其年径流总量控制率70%等主要海绵城市建设指标进行验证;2) 结合地铁车辆段竖向排水需求,提出新型LID设施以提升地铁车辆段景观效果和雨水排放效率。

关键词

低影响开发; 地铁车辆段; 绿色基础设施; 年径流总量控制率; 海绵城市; 景观设计

Keywords

Low impact development; Metro depot; Green infrastructure; Total annual runoff control rate; Sponge city; Landscape design

收稿日期: 2024-10-11

修回日期: 2025-01-22

我国各地日益严重的城市内涝问题,受到了政府和社会各界的关注。近年来,国家大力推进海绵城市建设,确保城市水安全,有效提升城市水环境质量^[1]。广州市作为首批海绵城市试点之一,广州市水务局于2020年颁布了《广州市

建设项目海绵城市建设管控指标分类指引(试行)》,明确要求所有新建项目(含地铁车辆段)需落实海绵城市建设指标。随着城市轨道交通的快速发展,地铁车辆段作为列车停放和维护的核心场所,具有占地面积大、硬质化程度高、排

水系统复杂的特点, 对区域水文循环产生显著影响^[2]。尤其在地铁车辆段上盖综合开发模式下, 传统雨水管理方式难以应对高强度开发带来的径流量激增问题^[3], 亟需通过低影响开发(Low Impact Development, LID) 技术实现水文平衡。

LID 起源于 20 世纪 90 年代的美国, 其通过分散式源头控制技术模拟自然水文过程, 已成为海绵城市建设的核心技术^[4]。研究表明, LID 措施可有效削减径流量, 延缓洪峰, 并降低污染物负荷^[5-6]。在轨道交通领域, 刘建等^[2]通过暴雨洪水管理模型(Storm Water Management Model, SWMM) 验证了深圳地铁车辆段 LID 设施对径流的控制效果; 张冰^[7]提出结合车辆段功能布局优化 LID 组合方案; 霍欣^[8]则强调需根据盖板结构特性设计雨水回用系统。然而, 现有研究多聚焦单一水文效应, 对 LID 措施在车辆段环境中与景观设计的协同优化研究相对较少。

地铁车辆段的特殊性对 LID 应用提出双重挑战: 一方面, 地铁上盖平台的覆土厚度、荷载等受到限制, LID 设

施需与建筑结构进行深度整合^[9]; 另一方面, 地铁周边片区绿地空间零散, 难以实施传统集中式雨洪管理。尽管刘晖等^[10]提出通过生态景观建构增强 LID 设施的生态服务功能, 韩亚成^[11]针对车辆段景观设计提出植物配置与地形优化策略, 但实践中仍存在措施单一、景观融合度低等问题。因此, 构建适用于地铁车辆段这一特殊场景的 LID 技术体系, 实现 LID 设施与景观系统的空间、功能、美学的协同优化, 已成为提升轨道交通项目生态和景观效益的关键研究问题^[12]。

因此, 本研究以广州赤沙地铁车辆段为例, 针对其大汇水面积的盖板区域、高比例的硬质下垫面及有限的绿地空间等工程特征, 系统构建地铁车辆段的 LID 技术集成体系。通过设计适用于车辆段的竖向渗管、雨水树槽与生物滞留设施等 LID 设施, 实现盖板区雨水径流分级调控与下渗滞留的协同优化, 以期为今后地铁车辆段海绵城市专项设计提供借鉴。

1 项目概况

赤沙地铁车辆段项目位于广州市

海珠区, 为地铁 11 号线与 12 号线的定修地铁车辆段, 规划建设用地面积约为 29.21 hm²。该地铁车辆段上盖包括地铁总部控制中心与商业开发区域 2 个部分, 其中商业开发区域的用地面积约为 15.5 hm²。商业开发区域的建筑和景观设计方案并未最终确定, 且一般由上盖物业开发公司进行二次开发设计, 不属于与地铁建设同步实施的工程。因此, 本研究不涉及该上盖商业开发区域, LID 设计的范围为地铁总部控制中心及周边绿地, 用地面积约 13.71 hm² (图 1)^①。

赤沙地铁车辆段的场地地势起伏, 局部存在低洼地带, 这给雨水径流的汇集与排放造成带来挑战。车辆段内部大面积的硬化导致雨水下渗困难, 易形成地表径流。虽然周边的河涌为雨水排放提供了自然通道, 但其布局与容量需与车辆段排水系统实现有效衔接。此外, 现状排水管网错综复杂, 涉及多个汇水分区和排水口。因此, 赤沙地铁车辆段在地形和管网方面存在的问题对 LID 设施的设计提出了更高要求。规划设计需加强现状分析, 明确地形坡度和管网布局, 更有效地

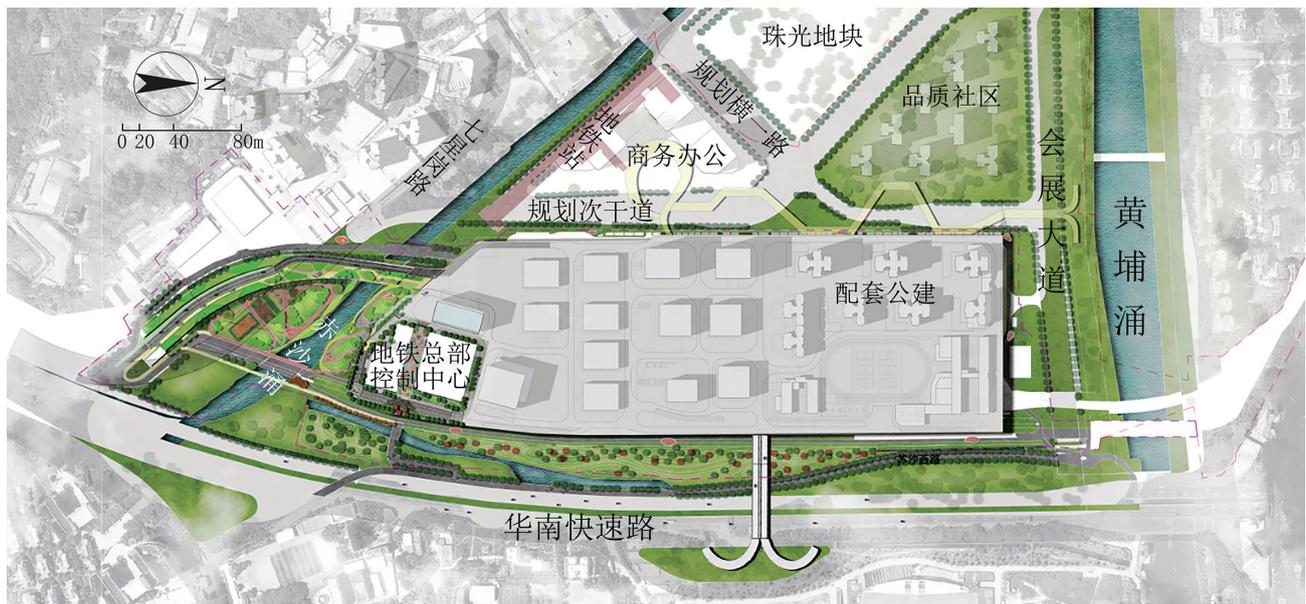


图 1 广州赤沙地铁车辆段项目景观设计总平面

Fig.1 Master plan of landscape design of Guangzhou Chisha metro depot project

① 数据资料来自广州地铁设计研究院股份有限公司。

制定雨水管理策略，以应对地形和管网等现状带来的挑战。

2 海绵城市专项设计

2.1 设计思路

首先确定海绵城市建设目标。根据广东省地方标准《海绵城市建设技术标准》(DBJ/T 15-261-2023)，参照《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》(建城函〔2014〕275号)、《广州市轨道交通项目海绵城市建设管控清单及指标体系(试行)》^[13]等各类海绵城市建设标准，确定广州赤沙地铁车辆段年径流总量控制率为70%，对应的设计降雨量为25.2 mm。同时，针对该上盖渗透下垫面少、不渗透下垫面多的实际情况，采用竖向渗管、雨水树槽、生物滞留设施等LID设施。

接着确定设计技术路线，包含实地调研和LID设施设计2个环节。通过设计LID方案，确定设施的类型、规模和位置，并以车辆段建设后年径流总量控制率等指标作为专项设计成效的检验标准，最终实现场地低影响开发(图2)。

其中LID设施的布置主要考虑以下条件：1) 车辆段场站综合体建设改变了原有的地形地貌，导致原本具有透水性的下垫面发生变化。2) 地铁车辆段涵盖了大面积的硬化区域，包括硬质铺装路面和停车场地等，总面积达到了一定规模，需要处理的雨水径流规模较大，具体包括水量调节和水质净化两个方面。但场地周边可用于自然滞蓄和净化雨水的绿地较少。3) 未经处理的雨水不得外排，处理后的雨水可回收利用。4) 结合场地地形条件，利用场地空间特点，因地制宜地布置和选择合适的LID设施。

本研究关于设计调蓄容积的计算方法主要采用目前常用且实用的容积法，计算公式为： $V=10H\phi F$ 。其中， V 表示设计调蓄容积(m^3)， H 表示设计降雨量(mm)， ϕ 表示综合雨量径流系数， F 表示汇水面积(hm^2)。

2.2 LID 设施布置总体方案

根据现状植被、场地坡度、道路

分布、用地功能的情况，结合雨水管走向，将赤沙地铁车辆段划分为13个子汇水分区(图3)。汇水分区S1~S6、S9、S11为周边片区绿地，S7、S12为生态运动区场地，S8、S10为车辆段出入段场地，S13为车辆段上盖控制中心区域。

通过现状的综合评估，结合排水管网走向、建筑物的分布、路面的规划以及场地功能分区划分，提出本项目的LID设施布置总体方案(图4)。具体思路如下：1) 项目所在地为河涌坡地，局部地势低洼，应合理利用地形，形成过渡高差景观。2) 本项目现状土壤透水性一般，应采用局部换填土壤的方法，多设计渗透引流设施。3) 现状河涌水量不足导致滨水景观不佳，应合理利用河涌与地面的高差空间优化雨水调蓄空间，同时适当优化河涌

滨水景观，提升景观效果。

该车辆段LID设施以“蓄净为主，渗滞为辅，用排结合”为主要设计模式。依据场地条件，LID设计总体方案由6部分组成：屋面雨水收集、广场道路雨水收集、草坡绿地雨水收集、河涌优化改造与水质处理、雨水回用、河涌补水设计。

2.3 LID 设施指标测算

按海绵城市建设要求设置LID雨水系统，主要采用透水铺装、生物滞留设施(下巴绿地、雨水花园、植草沟)、调蓄水池、绿色屋顶等设施。

2.3.1 透水铺装

在传统的方法中，径流雨水由管道系统汇集排走。为减少雨水径流，本项目采用较大比率可渗透的铺装材料，将上盖平台在内的不透水地面改造为透水地面，增强雨水渗透

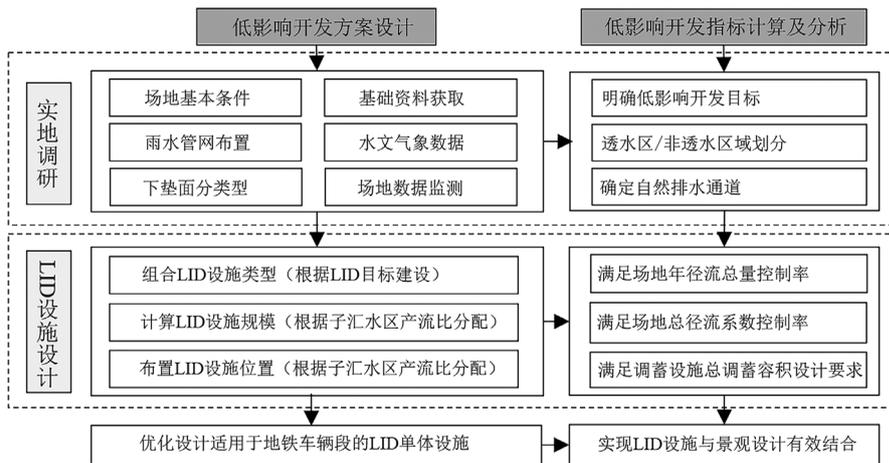


图2 地铁车辆段低影响开发设计技术路线

Fig.2 Technical routes of low impact development and design for metro depot

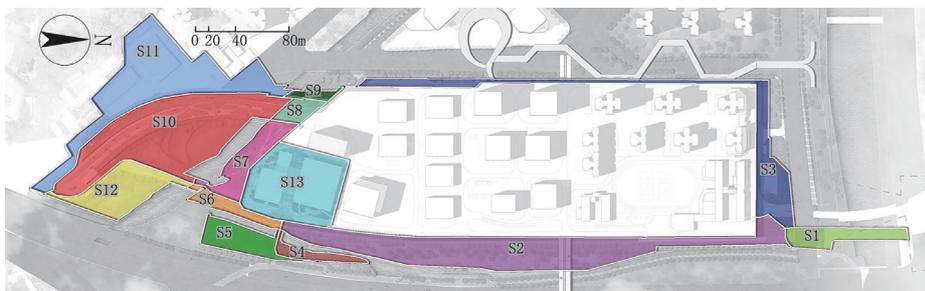


图3 地铁车辆段子汇水分区

Fig.3 Catchment subdivision of metro depot

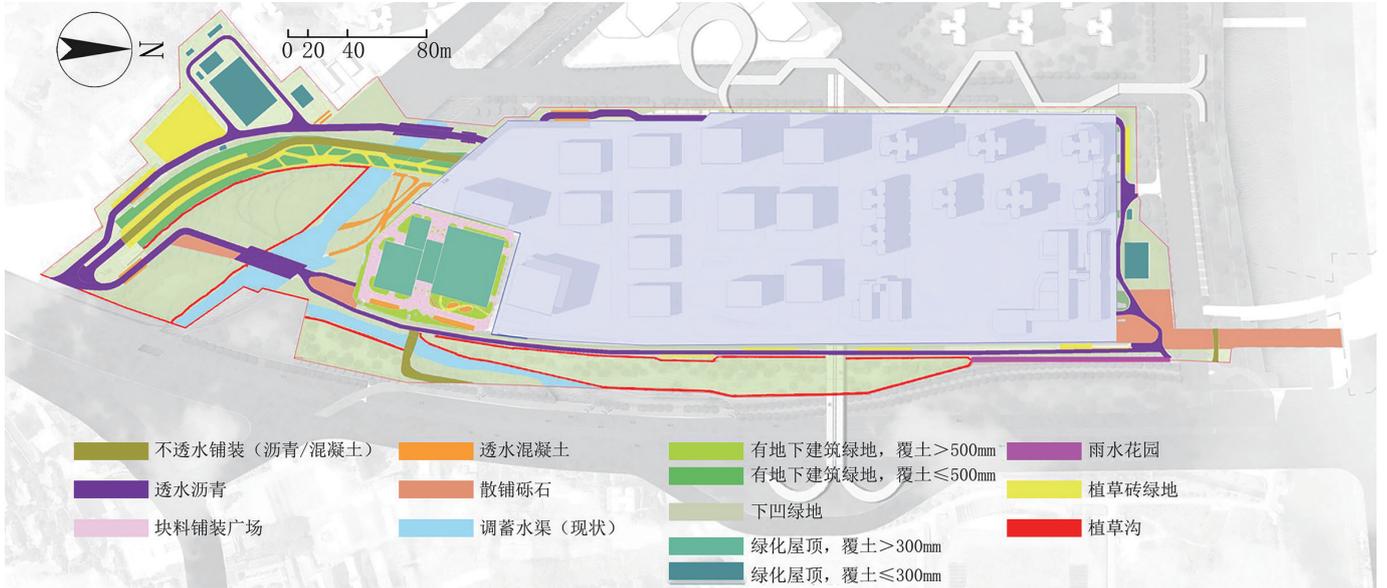


图4 地铁车辆段 LID 设施布置平面

Fig.4 General layout of LID facilities in metro depot

能力 (图 5~6)。

经计算, 本项目室外可渗透下垫面面积为 116 820 m², 室外可渗透地面率为 85.19%。其中, 绿地面积为 76 736 m², 绿地率为 55.96%; 地面透水铺装面积 40 084 m², 占地面铺装面积的比例为 82.88%。根据相关设计规范^[14], 设计范围内的新建道路主要采用透水沥青、透水植草砖和散铺砾石等材料^[15], 覆土厚度大于 500 mm; 同时人行道、室外停车场全部设置渗透性铺装设施。

盖板区的雨水通过透水铺装下渗至土壤层后, 流向盖上平台边缘的竖向排水立管, 最后通过立管排放至一层或地下雨水管网^[16] (图 7)。项目还对竖向排水立管构造进行了优化 (图 8)。

2.3.2 生物滞留设施

生物滞留设施分为下凹绿地、雨水花园、植草沟等^[17]。本项目中下凹绿地总面积为 2 887 m², 雨水花园总面积为 21 715 m², 植草沟总面积为 8 209 m²。其中, 下凹绿地有效调蓄高度为 50 mm, 雨水花园有效调蓄高度为 150 mm, 植草沟有效调蓄高度为 300 mm。下凹绿地、雨水花园和植草沟均属于广义上的下沉式绿地范畴, 故将三者面积合并作为下沉式绿地面

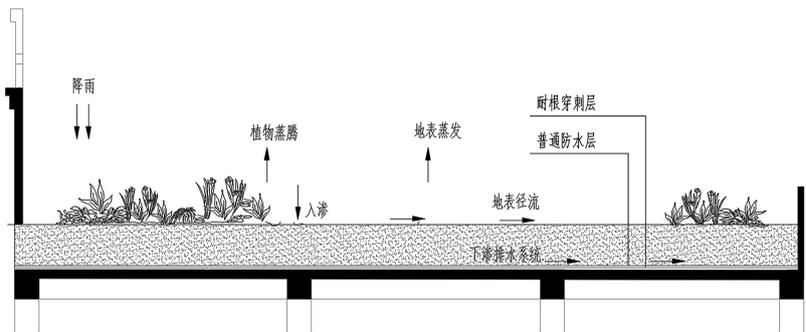


图5 地铁车辆段上盖平台降雨转化过程示意图

Fig.5 Rainfall transformation process of overlying platform of metro depot

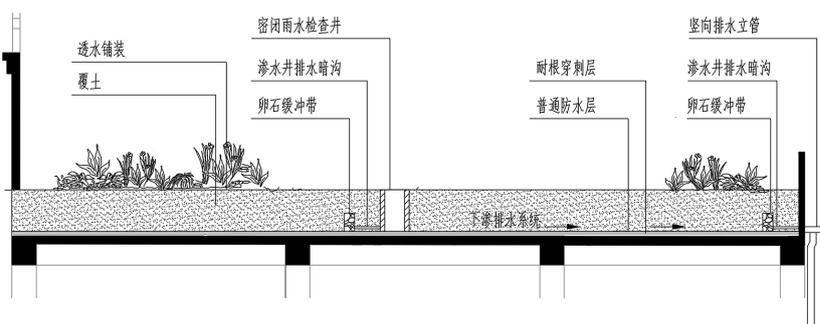


图6 地铁车辆段上盖平台透水铺装排水优化设计示意图

Fig.6 Optimal design of drainage of pervious pavement on overlying platform of metro depot

积, 共 32 811 m², 则下沉式绿地率为 42.8%, 生物滞留设施的总调蓄容积为 5 864 m³。雨水口均采用渗透设计, 并设有管道排至雨水检查井, 满足 24 小

时内排干积水的要求。

2.3.3 调蓄水池

设计范围的河道可作为降雨的调蓄水池, 河道面积为 8 179 m², 调

蓄水池的调蓄水深度按 100 mm 计算，河道调蓄容积则为 817.9 m³。河道周边绿地及路面的雨水径流沿地势汇集至植草沟和雨水花园进行调蓄和净化，超过调蓄容积的雨水径流将排至水体，补充河道水量并改善河道水质。同时设有溢流堰及放空闸，河道下游与城市水系相连，当河道水量过多时可及时进行排泄。

2.3.4 雨水回用

本项目绿化及道路广场的面积较大，为节约水资源，可利用河道蓄水浇灌绿地和冲洗道路广场（表 1），河道调蓄容积可满足雨水回用需求。项目对赤沙涌现状的野生杂草、垃圾及河道淤泥进行清理，在河涌两岸种植水生植物，构建具有湿地涵养与自我净化功能的景观河涌，使赤沙涌从原来的四类水质提升至三类水质，从而可作为绿化灌溉用水。同时，在河道增设水质监测仪器与预处理设施，对水体调蓄系统进行智能化管理，对流入河涌的雨水及河涌本身的水量和水质状况进行实时监测，一旦发现水质不达标，则暂不使用河涌作为绿化管理用水，并采取相应的处理措施。

2.3.5 绿色屋顶

根据《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》，车辆段建筑采用结合高位雨水花坛实现蓄水功能的绿色屋顶。项目主要在盖板区建筑的首层沿上盖建筑增加高位雨水花坛，通过组合措施的方式增强蓄水效果，因此在计算过程中考虑了生态屋顶的蓄水功能。

按照各类型下垫面面积及径流系数（表 2），计算本项目综合径流系数为 0.28，符合排水咨询意见中系数不超过 0.50 的要求。本项目雨水量计算参照广州市中心城区暴雨强度公式： $q=13\ 290.630(1+0.607\lg P)/(t+39.126)^{0.956}$ ，式中 q 为设计暴雨强度，单位为 L/(hm²·s)， P 为设计重现期（年）， t 为降雨历时（min）^①。本项目雨水设计重现期 P 为 10 年，故降雨历时 5 min 的最大暴雨强度 q 为 571.79 L/(hm²·s)。

2.3.6 项目设计调蓄要求

按《广州市海绵城市建设专项规划（2021—2035 年）》，本项目按年径流总量控制率 70% 的标准进行海绵化建设，对应的设计降雨量为 25.2 mm。故设计调蓄容积，计算获得项目设计调蓄需求为 967.38 m³。而本项目所采用 LID 措施（生物滞留设施和河道调蓄）的合计调蓄容积为 6 681.9 m³，远大于 967.38 m³，满足海绵城市的建设要求。

本项目不透水铺装硬化面积为 8 282 m²，根据《广州市建设项目雨水径流控制办法》规定，每万平方米的硬化面积应当配建不小于 500 m³ 的雨水调蓄设施。本项目在河道设置溢流堰，对雨水进行控制与蓄存，调蓄水池的总调蓄容积为 817.9 m³，经单位换算相当于 987.6 m³/hm²，大于规定要求的 500 m³/hm²。

2.4 海绵城市建设指标自评

本项目采用 LID 措施后，除下沉式绿地率未能达到要

求外，其他指标均满足广州海绵城市建设要求（表 3）。本项目有地下建筑的绿地面积为 18 846 m²（表 2），约占总绿地面积的 1/4。同时，周边河道两侧绿地为坡地，项目根据业主对景观效果的要求，对许多绿地进行堆坡地形处理。这些因素直接影响本项目下沉式绿地的设置，使项目下沉式绿地率未达标。

3 适用于车辆段的 LID 设施景观设计方法

根据赤沙地铁车辆段场地特征，研究提出 5 种适用的

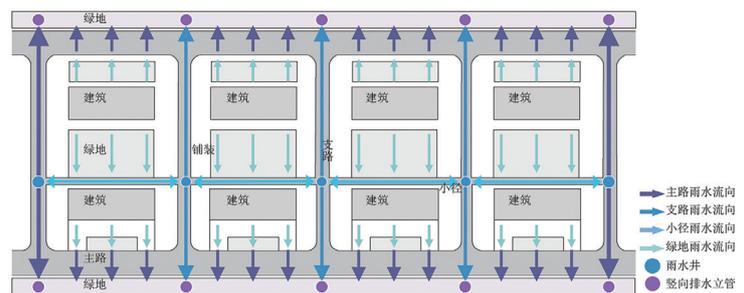


图 7 车辆段上盖平台排水分析

Fig.7 Analysis of top platform drainage of metro depot

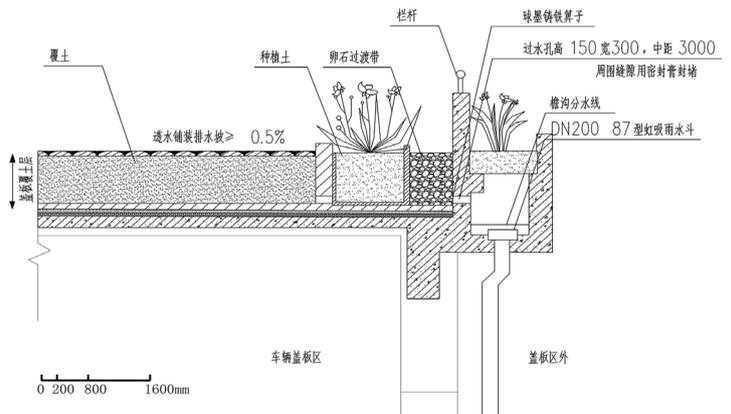


图 8 车辆段上盖排水立管构造优化大样

Fig.8 Vertical pipe drainage structure optimization sample of metro depot

表 1 绿化浇灌及道路广场冲洗用水量

Tab.1 Green watering and road and square flushing water meter

用水名称	面积 /m ²	每日用水标准 / (L/m ²)	每日用水量 /m ³
绿化浇灌	76 736	2	153.47
道路广场	48 366	2	96.73
合计	125 102	-	250.20

① 公式来源于广州市水务局. 广州市暴雨强度公式编制与设计暴雨雨型研究技术报告, 2023。

LID 设施, 包括优化竖向排水立管、雨水树槽、与人行道衔接的生物滞留池、与排水沟衔接的生物滞留设施(表 4), 从而更好提升地铁车辆段的景观效果。

3.1 竖向渗管

地铁车辆段上盖盖板通过竖向渗管排水是一种常见的地下排水方案。盖板下方容易出现积水, 通过在地下安装若干垂直的渗水管道, 将盖板下的积水引流到管道内, 再利用水泵等设备将其排至地面。设计师需根据车辆段的具体情况和周围环境, 确定合适的渗管材料和数量。研究设计提出了 3 种结合景观的竖向渗管设施:

1) 结合卵石消能的竖向渗管。该设施通过设置卵石, 在水与卵石之间形成阻力, 以此降低水流速度, 达到消能的目的。同时, 卵石可根据不同场地的特点布置, 使之融入自然环境^[18]。

2) 结合散水消能的竖向渗管。该设施将水流引到一个渐变断面的水泄口, 使其产生水雾并消能。此设施具有较好

表 2 各类型下垫面面积及径流系数

Tab.2 Area and runoff coefficient of each type of underlying surface

下垫面类型	面积 /m ²	径流系数	
屋顶	绿化屋顶 (基层厚度 > 300 mm)	8 585	0.40
	绿化屋顶 (基层厚度 ≤ 300 mm)	3 442	0.90
	总面积	12 027	-
地面铺装	硬化路面	4 240	0.80
	大块石铺砌	4 042	0.55
	透水铺装 (透水厚度 > 300 mm)	32 671	0.30
	透水铺装 (透水厚度 ≤ 300 mm)	7 413	0.50
	总面积	48 366	-
绿地	无地下建筑绿地	57 890	0.15
	有地下建筑绿地 (覆土厚度 > 500 mm)	13 530	0.15
	有地下建筑绿地 (覆土厚度 ≤ 500 mm)	5 316	0.35
	总面积	76 736	-
合计	137 129	-	

表 3 赤沙地铁车辆段海绵城市建设指标自评

Tab.3 Sponge city construction index self-evaluation of Chisha metro depot

指标	目标值	完成值	
控制性指标	年径流总量控制率 /%	70	70
	绿地率 /%	≥ 30	55.96
	室外可渗透地面率 /%	≥ 40	85.19
	下沉式绿地率 /%	≥ 50	42.8
	单位硬化面积调蓄容积 / (m ³ /hm ²)	≥ 500	987.6
	调蓄需求容积 /m ³	967.38	6 681.9
	雨水管网设计重现期 / 年	10	10
引导性指标	绿色屋顶率 /%	≥ 60	100
	透水铺装率 /%	≥ 70	82.88

的装饰性, 可结合渗管营造喷泉、迷雾等可观赏的水景。

3) 结合明沟式散水的竖向渗管。该设施结合了散水和明沟技术, 引导水流进入一个类似明渠的沟槽中, 并在沟槽内设置多个分散口, 从而将水流分散成多个水柱。同时, 明沟式散水可将明渠与绿地结合, 有效提升空气湿度。

3.2 雨水树槽

雨水树槽是将道路上的雨水排放到绿化带中进行处理的技术, 通过集雨、过滤和存储的一体化设计, 集多种功能于一身。雨水树槽需将树木根部土壤堆高, 让根部雨水可快速下渗, 防止烂根。该设施通过选择合理的植物、地面材料等手段, 不仅能改善地铁车辆段上盖和周边硬质片区的排水状况, 还可增加绿地空间, 优化景观环境。在植物选择方面, 首先需要选择具有较强适应性、抗旱性、耐涝性等特点的植物; 其次, 需要考虑植物的季节性, 让其在不同季节都能够保持浓密的冠形和优美的姿态; 最后, 要防止植物根系对地下管道设施造成损害。针对以上要求, 可选用华南地区常见树种, 如小叶榄仁 *Terminalia neotaliala*、樟 *Camphora officinarum*、荷花木兰 *Magnolia grandiflora*、广东含笑 *Michelia guangdongensis* 等。在地面材料选择方面, 铺装的颜色、形状和纹理都会对雨水树槽的整体景观产生较大的影响。例如, 选择浅色的地面材料可反射阳光, 降低气温; 而选择纹理丰富的地面材料, 则可增强景观的立体感。

3.3 高位雨水花坛

针对车辆段上盖高层物业周边空间特征, 提出融合雨水调蓄、生态防护与景观美化功能的高位雨水花坛优化设计。该设计通过整合防渗排水系统、适生植物群落及雨水资源化利用功能, 实现多目标协同优化:

1) 高位雨水花坛采用复合防渗结构, 结合砾石渗排层、溢流口及虹吸导水管等分级排水体系, 在保障盖板结构安全的同时, 确保种植区渗透水与暴雨径流的高效疏排;

2) 基于车辆段上盖强风、基质层浅薄等特殊微环境, 优选佛甲草 *Sedum lineare*、垂盆草 *Sedum sarmentosum* 等景天科植物作为地被层主体, 其浅根系特性可适应有限种植深度; 同时搭配矮生的百日菊 *Zinnia elegans*、石竹 *Dianthus chinensis* 等观赏性草本, 通过高度、色彩及季相变化的合理配置, 形成层次丰富、季相分明的景观效果。

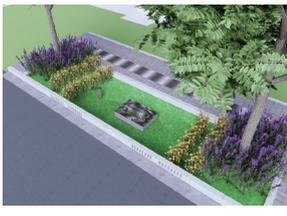
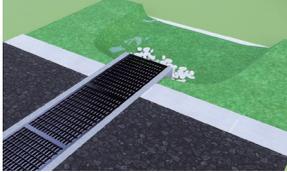
3) 通过“屋面-花坛”雨水联动收集系统, 集成卵石消能区、沸石填料层的过滤净化模块与末端滴灌系统, 可提升雨水回用率, 降低维护成本。

3.4 与人行道衔接的生物滞留池

与人行道衔接的生物滞留池是地铁车辆段项目 LID 设施的关键组成部分, 具有面积较小、与人行道无缝衔接和可适应特定环境等特点。该设施的景观优化策略如下:

1) 设计良好的排水系统。人行道生物滞留池应与城市排水系统相连接, 应根据实际情况和占地需求, 设计适当的尺寸、形态和深度, 以便有效地处理雨水。如滞留池的形态可采用长条形或者宽口瓶形等形式, 以更好发挥其生物滞留

表4 地铁车辆段LID设施
Tab.4 LID facilities of metro depot

新型LID设施名称	图示	应用场景	特点
卵石消能的竖向渗管		盖板竖向排水	通过选择合适的卵石颜色和尺寸,可打造自然的景观
散水消能的竖向渗管		盖板竖向排水	通过渐变断面的水泄口,使水流产生水雾,可营造喷泉、迷雾等景观
明沟式散水竖向渗管		盖板竖向排水	使明渠与绿地结合,将水流分散成多个水柱
雨水树槽		盖板和地面树池	采用集雨、过滤和存储一体化设计,集成多种功能于一身
沿上盖建筑的高位雨水花坛		盖板区建筑首层	具有与雨水桶相似的功能,可将屋顶的雨水引入蓄水池
与人行道衔接的生物滞留池		盖板和地面人行道	面积相对较小、与人行道无缝衔接,可适应特定环境
与排水沟衔接的生物滞留设施		盖板和地面生物滞留池	盖板区结合灰绿基础设施,排水篦子需高于生物滞留设施溢流口

和过滤功能。一般滞留池的深度不小于0.6 m,最好控制在1.2 m以内。

2) 适当种植植被。在滞留池周围种植适当的植物可提升美感,应根据当地气候、土壤条件和生态环境等因素综合考虑,建议选取鸢尾 *Iris tectorum*、黄鹌菜 *Youngia japonica*、银莲花 *Anemone cathayensis*、花烛 *Anthurium andraeanum* 等植物。

3) 加强养护管理。定期对生物滞留池进行维护和清理,包括清除浮渣和底泥,控制人行道生物滞留池的溢出,以及确保水流的通畅,保障该设施正常运作。

3.5 与排水沟衔接的生物滞留设施

排水沟可将车辆段上盖部分和周边片区的雨水排入下水道,而与排水沟衔接的生物滞留设施通过自然的净化机制对径流雨水进行处理。该生物滞留设施可与周围景观元素,如树木、花坛、休息座椅等结合。优化其景观效果可考虑以下3个方面:

1) 在形态设计方面,可考虑采用异形或曲线形状的设计,提升其造型美感,同时根据生态科学原则合理设置缓坡、阶梯等,以增强水的氧化与净化功能。

2) 在植物设计方面,根据周围环境的特点选择和布置植被,如可在水流出水口处种植高大的芦苇 *Phragmites australis*、菖蒲 *Acorus calamus*、美人蕉 *Canna indica* 等植物。

3) 在材料运用方面,建议优先选用具有防腐、耐候等特性的生态建材,以保障生物滞留设施的寿命和环保性。

4 结语

本研究以广州赤沙地铁车辆段为例,探讨适用于地铁车辆段的LID设施,可为今后其他轨道交通项目的海绵景观设计提供参考。研究表明:1) 通过合理配置的LID设施,地铁车辆段项目达到年径流总量控制率为70%的海绵城市建设指标。2) 由于部分绿地下面为建筑物,以及滨水两侧为坡地,加之业主要求通过地形堆坡塑造特色景观,地铁车辆段项目较难设置较多的下沉式绿地,下沉式绿地率未

达标。这表明在类似赤沙地铁车辆段这种特殊交通设施项目中,可能较难达到下沉式绿地率不低于50%的指标,未来可适当放宽对轨道交通类项目的下沉式绿地率指标要求。3)在绿化面积较小的地铁车辆段项目中,利用竖向渗管、雨水树槽、与人行道衔接的生物滞留池、与排水沟衔接的生物滞留设施等新型LID设施,可在一定程度上提升地铁车辆段景观效果。

本研究提出了适用于地铁车辆段场景的LID设施,结合车辆段竖向排水需求,通过形态与植被优化,设计了卵石消能的竖向渗管、沿上盖建筑的高位雨水花坛等LID设施;并基于赤沙车辆段实践案例提出“蓄净为主、渗滞为辅,用排结合”的设计模式,为类似项目海绵城市设计指标的确定和LID设施的配置提供参考借鉴。

然而,研究仅用容积法对LID设施的雨洪调节功能进行测度,且未能结合地铁车辆段上盖的商业开发区域进行分析,这可能会影响分析的精确性及海绵景观的整体效果。下一步研究将综合考量上盖商业开发区域,运用专业的水环境模拟软件(如SWMM)对雨洪调节功能进行量化复核,并将赤沙地铁车辆段项目与采用不同LID设施组合方案的项目进行比较。此外,待该项目景观工程竣工后,可对实际雨洪调节功能进行现场实测,从而验证之前LID设计的有效性,发现不足之处。

注:文中图表均由作者自绘。

参考文献:

- [1] 国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见[J]. 城镇供水, 2016(1): 11-12, 15.
- [2] 刘建, 刘派, 王晓雷, 等. 深圳地铁长圳车辆段海绵城市设施设计与施工[J]. 深圳大学学报(理工版), 2021, 38(1): 20-26.
- [3] 王召唤, 梅沈斌. 地铁车辆段上盖开发项目覆土层渗水排水技术研究[J]. 给水排水, 2022, 58(S1): 882-884.
- [4] 住房和城乡建设部印发:《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》[J]. 建设科技, 2015(1): 10.
- [5] 李家科, 李亚, 沈冰, 等. 基于SWMM模型的城市雨水花园调控措施的效果模拟[J]. 水力发电学报, 2014, 33(4): 60-67.
- [6] ALFREDO K, MONTALTO F, GOLDSTEIN A. Observed and Modeled Performances of Prototype Green Roof Test Plots Subjected to Simulated Low and High-Intensity Precipitations in a Laboratory Experiment[J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2010, 15(6): 444-457.
- [7] 张冰, 周玲, 董建昆. 海绵城市技术在地铁车辆段中的方案应用性研究[J]. 建筑技术开发, 2018, 45(15): 9-10.
- [8] 霍欣. 地铁车辆段上盖物业开发平台雨水设计探讨[J]. 给水排水, 2021, 57(8): 90-94.
- [9] 李鹏. 开发型地铁车辆段大平台防排水及雨水利用研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2015.
- [10] 刘晖, 李仓栓, 王晶懋. 低影响开发引导下的生境与植物群落景观建构[J]. 中国园林, 2019, 35(10): 13-18.
- [11] 韩亚成. 西安市渭河地铁车辆段景观提升设计研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2021.
- [12] 马萌华. 基于模糊综合评价的海绵城市LID措施综合效能评价

体系研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2019.

[13] 国内首份城市轨道交通项目海绵城市建设管控清单及指标体系正式发布[J]. 隧道与轨道交通, 2022(4): 62.

[14] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 室外排水设计标准: GB 50014-2021[S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.

[15] LI H, LI Z, ZHANG X, et al. The effect of different surface materials on runoff quality in permeable pavement systems[J]. Environmental Science & Pollution Research, 2017, 24: 21103-21110.

[16] 杨茜. 地铁车辆段上盖开发平台排水及预留工程设计研究[J]. 运输经理世界, 2021(23): 5-8.

[17] 苟皓. 基于低影响开发的山地花园理景思路初探——以广州花园锣鼓坑片区规划设计为例[J]. 广东园林, 2023, 45(4): 2-7.

[18] 鲁一, 耿凡坤, 戚印鑫, 等. 中小型渠首工程消能工水流特性模型试验研究[J]. 人民黄河, 2021, 43(8): 122-129.

作者简介:

潘继灏/1985年生/男/广东广州人/本科/广州地铁设计研究院股份有限公司(广州510000)/高级工程师/专业方向为给排水设计

陈聪/1998年生/男/广东东莞人/硕士/广州开发区绿化和公园管理中心(广州市黄埔区绿化和公园管理中心)(广州510700)/专业方向为风景园林规划与设计

翁奕城(*通信作者)/1974年生/男/广东汕头人/博士/华南理工大学建筑学院(广州501641)/副教授/研究方向为风景园林规划与设计/E-mail: wengych@scut.edu.cn

朱华/1983年生/男/江西上饶人/硕士/广州筑品景观规划设计有限公司(广州510640)/工程师/专业方向为风景园林规划与设计

刘智颖/1990年生/男/广东广州人/硕士/广州地铁设计研究院股份有限公司(广州510000)/高级工程师/专业方向为给排水设计