

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.21.019

广州科技教育城海绵城市建设工程管理与探讨

罗慧英¹, 张玥², 杨剑¹, 潘玉涵¹, 王睿², 王凤娟¹,
朱青¹

(1. 广州市重点公共建设项目管理中心, 广东 广州 510000; 2. 中国建筑设计研究院有限公司, 北京 100044)

摘要: 海绵城市建设工程管理的核心是制定工程管理制度, 协调多学科交叉、多部门协同, 保证工程质量。总结了广州科技教育城(简称“科教城”)海绵城市工程管理经验, 并对相关技术问题进行了探讨。根据“科教城”低容积率、高绿化率的自然特性, 因地制宜地确定了工程建设管控重点。采用以学校景观湖体作为核心海绵设施的雨水收集、储存、处理、利用的多目标有机融合模式, 建立了房建组团的工程示范模板。充分利用自然地形坡度, 以校区路面作为泄洪渠道, 可满足50年一遇防山洪标准。提出了优先采用复合渗透地面的做法, 来解决透水面层因堵塞而逐渐失效的痛点, 并建立了对不同透水铺装的量化评价方法。

关键词: 海绵城市; 技术指标; 工程管理; 复合渗透地面; 透水铺装; 评价方法

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)21-0131-08

Practice of Sponge City Construction Project Management in Guangzhou Science and Technology Education City and Its Discussion

LUO Hui-ying¹, ZHANG Yue², YANG Jian¹, PAN Yu-han¹, WANG Rui²,
WANG Feng-juan¹, ZHU Qing¹

(1. Guangzhou Key Project Construction Management Center, Guangzhou 510000, China;

2. China Architecture Design & Research Group, Beijing 100044, China)

Abstract: The core of sponge city construction project management is to formulate a project management system, coordinate multi-disciplinary and multi-departmental collaboration, and ensure project quality. This paper summarized the sponge city construction engineering management experience of Guangzhou Science and Technology Education City (referred to as Science and Education City), and discussed the relevant technical problems. According to the natural characteristics of the low floor area ratio and high greening rate of Science and Education City, the key points of project construction management were determined according to local conditions. The project demonstration template of housing construction cluster was established by adopting the multi-objective integration mode of rainwater collection, storage, treatment and utilization with the school landscape lake as the core sponge facility. The natural terrain slope was fully utilized and the road surface of the campus was used as flood discharge channels to meet the 50-year flood prevention standard. The compound permeable surface was proposed to

基金项目: 广州市重点公共建设项目管理中心科研课题

通信作者: 罗慧英 E-mail: luohuiying70@163.com

solve the problem of gradual failure of permeable surface due to blockage, and the quantitative evaluation method for different permeable pavement was established.

Key words: sponge city; technical indicator; project management; compound permeable surface; permeable pavement; evaluation method

广州科技教育城(以下简称“科教城”)位于广州市东部增城区,一期工程规划占地 10.79 km^2 ,主要建设内容包括13所市属职业院校、安置区、交通及市政配套设施、共享带、四大公园和中小学等其他相关配套设施。海绵规划方案明确了4大类(建筑与小区类、河涌水系类、市政工程类、公园绿地类)共72项海绵建设工程及其实施主体,其中,建筑与小区14项、河涌水系15项、市政工程36项、公园绿地7项,其海绵城市建设特点是体量庞大、建设类型多样、自然环境复杂、建设周期长。

海绵城市工程管理涉及总体规划、技术方案、工程设计、施工安装和运维管理等全过程,需要协调市政、交通、水利、环保、供水、排水、园林、住建等多个部门。广州市重点公共建设项目管理中心(以下简称“管理中心”)为贯彻执行国家和地方有关海绵城市建设政策,在充分学习理解的基础上,结合“科教城”工程建设,归纳、总结、完善了下列主要管理措施和控制要点,并因地制宜地提出了创新工程做法,建立了透水铺装地面的量化评价方法。

1 海绵城市建设管理内容

1.1 管理模式

“科教城”工程建设采用传统的“设计-招标-建造”项目管理模式。由政府主管部门牵头,组织建设、设计和施工单位等成立工程指挥部,指挥部负责建设期间的设计、采购、施工管理等工作,项目建成后移交给学校或政府管理机构负责运营。指挥部有较大的权威性,可以依靠行政手段协调各方面关系。该模式具有管理方法成熟、合同文本标准化程度高、程序运行规范性强等优点。业主可根据工程进度,分阶段自由选择技术咨询、设计、监理等团队,项目管理风险相对较小。

该模式要求所有参建单位均严格执行国家工程建设相关的法律、政策和技术规范、标准,并接受建设程序要求的各类第三方审查。因此具体的工程做法,如透水铺装等具体技术措施的取舍,在执行环节难有调整的余地,因地制宜地创新技术有赖

于项目前期制定针对性的导则条例,并进行更高级别的顶层设计和行政认定才能有效执行。

1.2 管理文件

“管理中心”组织相关技术人员,认真学习并贯彻执行住建部和广州市颁布的有关海绵城市建设的文件,包括但不限于:《住房和城乡建设部办公厅关于进一步明确海绵城市建设工作有关要求的通知》(建办城[2022]17号)、《广州市建设项目雨水径流控制办法》、《广州市海绵城市规划设计导则》、《广州市海绵城市建设技术指引及标准图集(试行)》等文件资料;并参与编制了《广州教育城LID低影响开发设计导则》和《广州教育城一期城市设计导则》,会同增城区水务局共同编制了《广州市增城区科教城片区海绵城市建设系统化实施方案》和《广州科技教育城海绵城市详细规划》,用于指导“科教城”海绵城市建设工作。

为控制工程质量和投资总价,编制了系列管理文件,主要有:①为控制工程技术设计变更和工程造价的严肃性,编制了《广州市重点公共建设项目管理中心设计变更管理办法》,规范技术管理、加强投资控制、严格控制设计变更,明确设计变更的分类、程序、审批及费用管理;②为加强乙供材料的质量管理,保证工程质量,于2020年特修订《广州市重点公共建设项目管理中心建设项目乙供材料看样定板管理办法(修订)》。

1.3 团队建设

“管理中心”组织成立海绵城市建设管理小组,成员包括总工、专业工程师以及设计、施工、监理、咨询等单位相关专业人员。构建管理单位统筹、多方协同控制的机制。主管部门定期巡查,阶段性开展工程专项检查测试,发现问题及时整改并填报“海绵城市建设检查单”,确保海绵城市工程建设的高质量。另外,加强人员专业知识培训。

2 海绵城市建设管理控制要点

2.1 规划管控

“管理中心”委托专业技术单位,在《增城区海

绵城市专项规划(2019—2035)》基础上,基于“渗、滞、蓄、净、用、排”的海绵城市建设策略,重点从生态系统格局、洪涝防治、源头减排控污、过程控制、末端调蓄、系统治理等六大方面制定系统化规划管

控方案,见图1。详细分解海绵城市建设技术指标和建设要点;充分理清增城区竖向关系,遵循水系脉络,杜绝了无序开山造地、填埋河汉、占用河湖水系空间等行为。规划建设主要技术指标见表1。

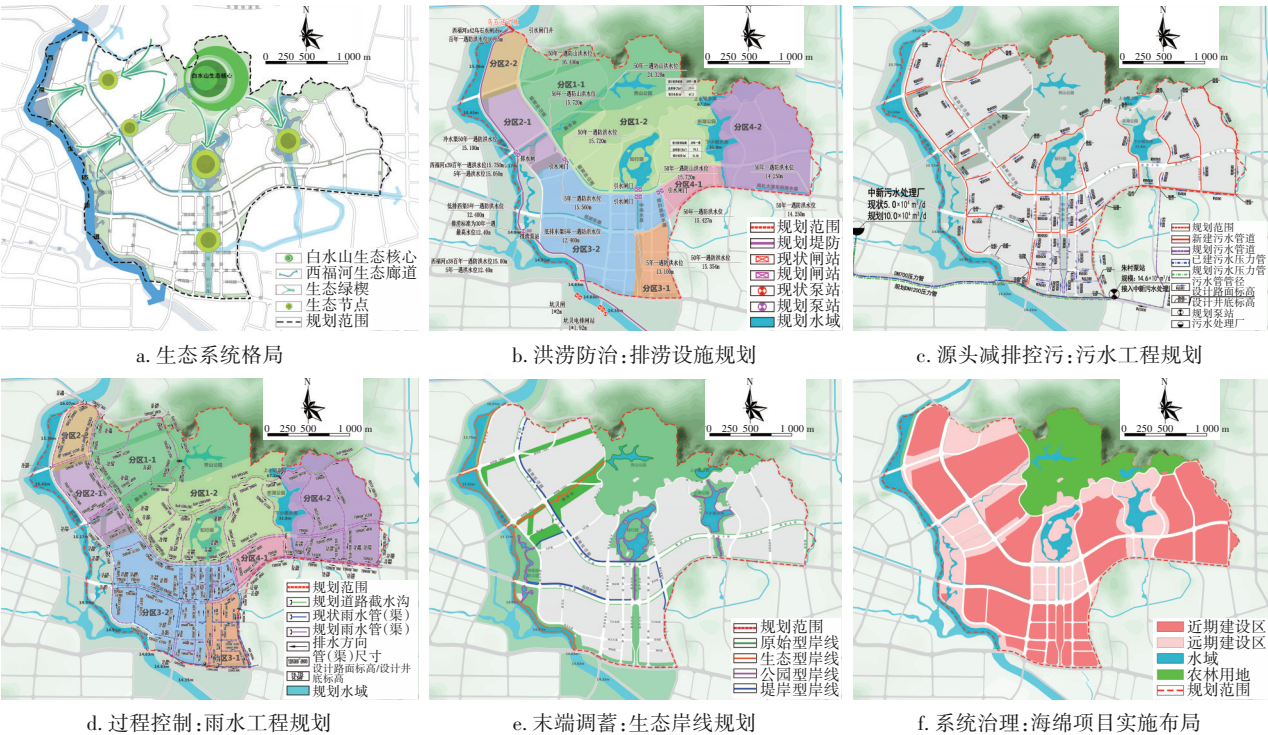


图1 广州科技教育城海绵城市建设详细规划管控图

Fig.1 Chart for detailed planning of sponge city construction of Guangzhou Science and Technology Education City

表 1 海绵城市建设主要技术指标

Tab.1 Main technical indicators of sponge city construction

项目	总体控制指标	现状指标要求	规划指标要求(至2030年)	控制要求
水生态	年径流总量控制率	70%	72%(设计降雨量为31.2 mm)	强制性
	生态岸线恢复比例	85%	100%	强制性
	水域面积率	2.02%	6.24%	强制性
水环境	水环境质量	西福河“科教城”河段水质达到地表Ⅲ类标准	西福河“科教城”河段水质达到地表Ⅲ类标准,其他水系不低于地表Ⅳ类标准	约束性
	污水处理率	—	100%	约束性
	径流污染削减率	—	≥50%	约束性
水资源	再生水利用率	—	≥15%(含生态补水)	约束性
	雨水资源利用率	—	≥3%	约束性
	公共管网漏损率	—	≤10%	鼓励性
水安全	城市排水防涝标准	—	有效应对不低于100年一遇暴雨	约束性
	城市防洪(潮)标准	—	防洪(西福河)采用100年一遇设计;防山洪采用50年一遇设计,100年一遇校核	约束性
	雨水管网设计标准	—	一般地区重现期≥5年	约束性

2.2 系统施策

“科教城”海绵城市规划充分考虑了增城区自然地形地貌、河湖水系分布、高程竖向、排水设施布局等因素。源头减排以各个校区为独立单位,合理

布设低影响开发设施,有序组织雨水径流路径,收集屋面、铺装、道路与绿地的雨水,统一集蓄至景观水体中,处理后回用于各自校园的绿化浇洒、道路冲洗等,实现雨水收集、蓄存、净化、利用、减排的多

重目标融合。

市政作为独立组团完成海绵城市建设,形成系统化的治理体系,避免了将海绵城市建设简单作为零散工程项目推进的工程通病。海绵城市建设与房建、市政工程同步进行,统一进行规划和顶层设计,统筹谋划、有序实施。

根据各房建组团布局设计,合理划分排水分区,顺应自然地形和水系关系,“高水高排、低水低排”,避免将地势较高、易于排水的区域与低洼区域划分在同一排水分区,避免了城市规划将控规单

元、行政区划边界作为排水分区边界,各建筑组团的行政区域和排水满足城市排水分区边界要求。

2.3 建设管控

2.3.1 程序审查

根据《广州市海绵城市建设管理暂行办法》(穗建规字〔2017〕6号)的要求,“科教城”每个海绵城市工程均编制专篇文件,包括海绵城市建设工程要求、项目规划、设计方案、施工图设计资料的相关要素和指标计算书等,按照广州市建设程序,对海绵城市文件进行审查,审查流程见图2。

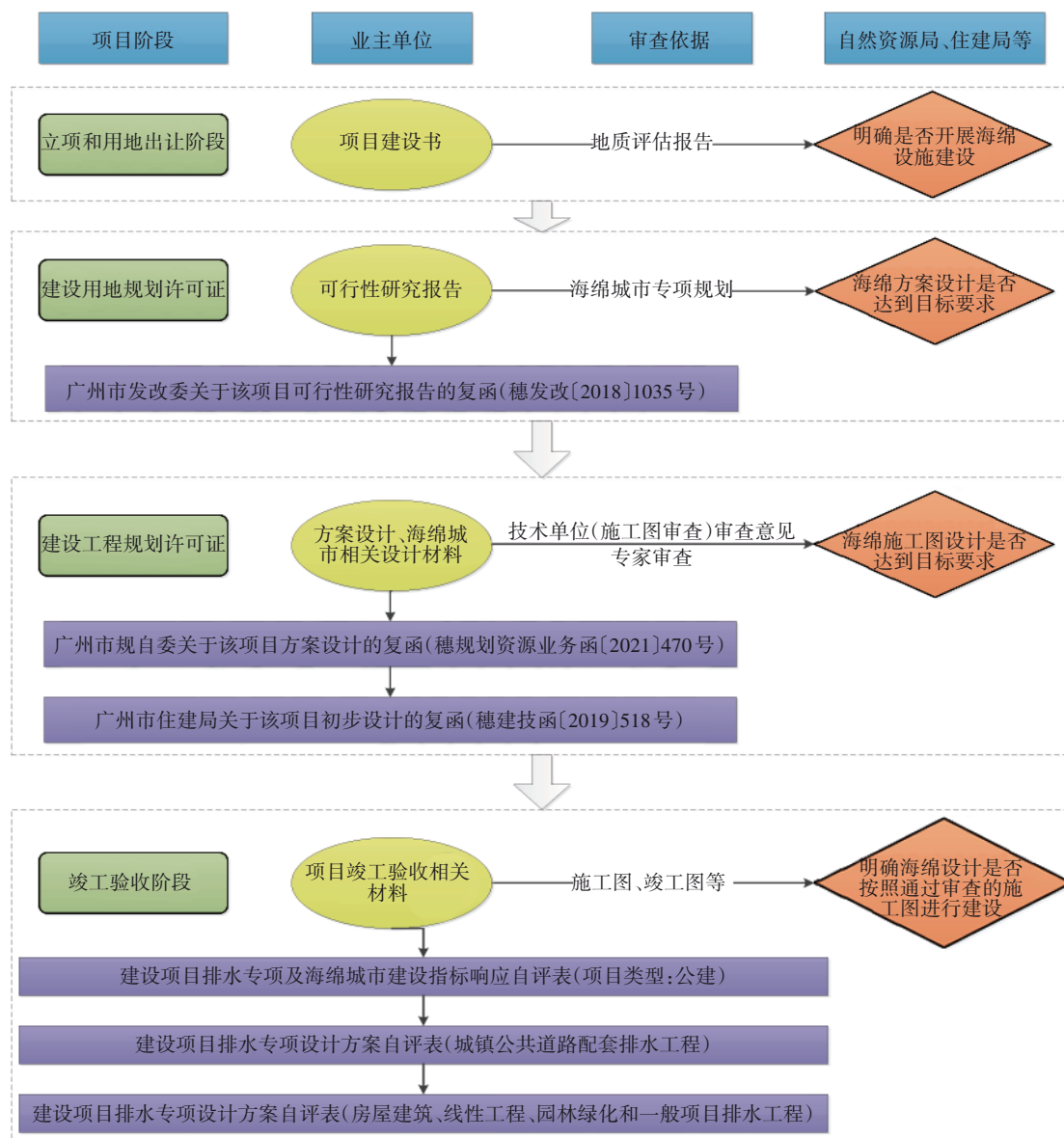


图2 审查流程

Fig.2 Flow chart of review

为保证海绵城市设计质量,每个海绵城市工程 项目均需要填写“海绵城市三表”:建设项目排水专

项及海绵城市建设指标响应自评表(项目类型:公建)、建设项目排水专项设计方案自评表(城镇公共道路配套排水工程)、建设项目排水专项设计方案自评表(房屋建筑、线性工程类、园林绿化工程类和一般项目排水工程)。

2.3.2 协同控制

以“广州铁职院”海绵城市设施景观水体为例,工程管理框架见图3。

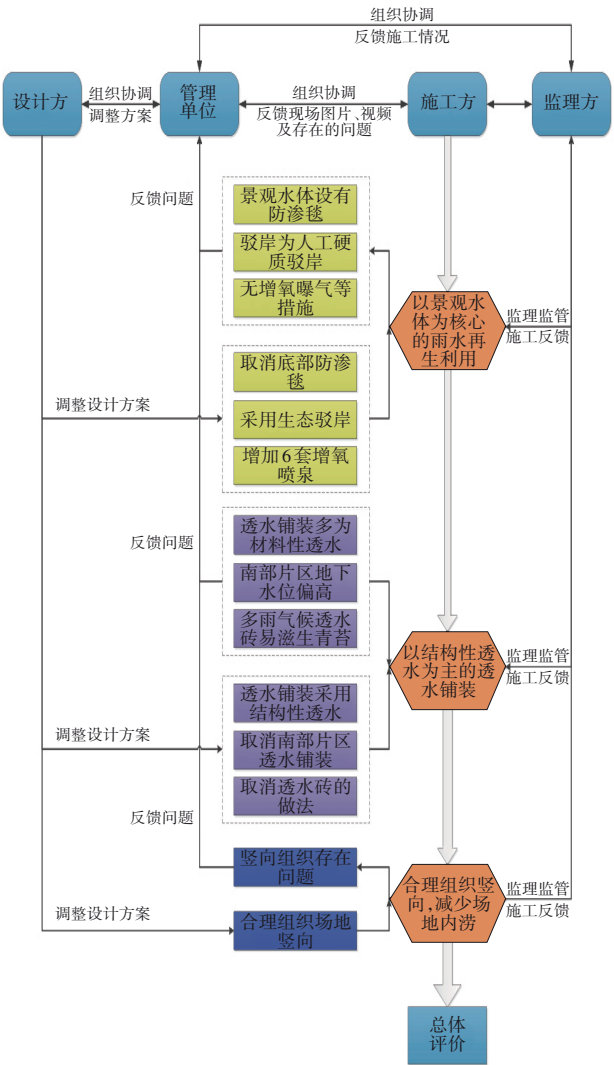


图3 “科教城”海绵城市建设多方协同控制机制
Fig.3 Multi-party collaborative control mechanism diagram of sponge city construction of Guangzhou Science and Technology Education City

“科教城”海绵城市建设采用管理单位统筹,设计方、施工方与监理方多方协同控制机制,对于关键控制要点和问题,由指挥部组织设计方、监理方、总包单位针对性地提供解决方案,并进行评估,保

证整个海绵工程的进度与质量。

2.3.3 设计管控

① 关键技术

为更好地体现因地制宜的建设理念,对海绵设施和水景观的设计进行了专项评估和咨询,根据评估意见,确立了水景观与海绵城市的技术深度耦合原则。以“广州铁职院”为样板案例,充分结合项目气候、水文地质、土壤特性等情况,重点考虑地下水位、土壤渗透能力等因素,确定采用“下凹绿地+景观水体+雨水收集+再生利用”的技术路线,通过景观水体实现雨水收集、蓄存、净化、利用、减排的多重目标融合,避免了简单采取单一下沉方式、罗列堆砌工程技术设施。该技术路线可复制、可推广,降低了工程综合造价和管理难度,作为工程样板,可指导后续工程设计与建设。校区下垫面、排水、地下水位分布情况见图4。



图4 广州铁路职业技术学院海绵城市下垫面分布
Fig.4 Distribution map of sponge city underlying surface of Guangzhou Railway Vocational and Technical College

以景观水体、湿地等开放式蓄水空间作为主体海绵设施,蓄存并自然下渗,景观水面可随季节自由浮动;取消人工驳岸设施混凝土保护层,自然状态近似郊野公园,减少人工营造的痕迹。利用水体、湿地的自然净化能力,辅助设置循环处理设施对雨水进行有序净化处理,景观湖水作为绿化、浇洒水源,实现雨水利用、水体循环的综合动态平衡。另外,减少传统透水砖为面层的透水铺装,采用复合渗透地面,有效避免因渗透面层堵塞而造成的渗透性能快速降低的弊端。

② 专业协调

设计管控的核心工作之一是全过程协调各行业、多专业。尤其关注城市排水优先,充分利用自然力量排水,确保经济、适用,实现景观效果与周边环境相协调。统筹低影响开发雨水系统、城市雨水系统及超标雨洪排出系统。

“广州铁职院”项目充分利用北高南低的自然地形特点,校园内道路南北向贯通形成0.4%~0.5%的坡度,利用道路形成行泄通道,满足50年一遇的排水能力。同时,沿校园北端红线建设挡墙,拦截北部区域形成的洪水;市政道路同理形成行泄渠道,保证“科教城”50年一遇的雨水顺利排入到南侧河道内。避免了仅从单一专业角度出发考虑问题,在建筑、道路、园林等设计方案时充分耦合海绵城市的综合需求,避免了日后再进行排水工程的改造。相关专业协调的主要逻辑关系见图5。

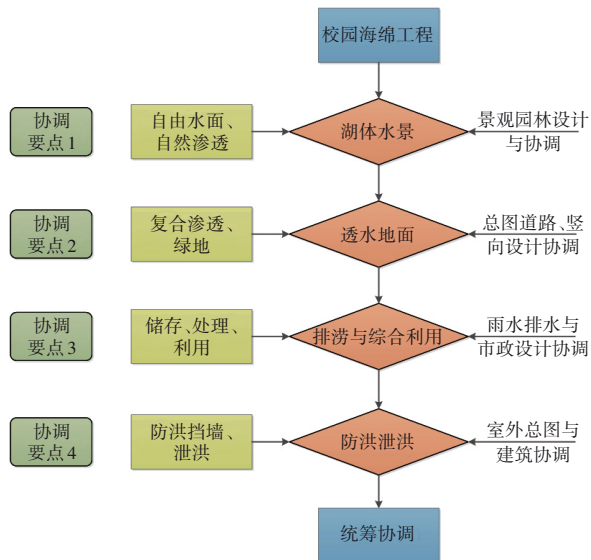


图5 海绵城市专业协调关系

Fig.5 Coordination relationship of various disciplines in sponge city

2.3.4 建设评估与保障

根据国家和广州市海绵城市建设评价标准和相关要求,以排水分区为单元,从自然生态格局、水资源利用、水环境治理、水安全保障等方面,对辖区海绵城市建设成效进行定期或不定期评估。一是判断海绵设计指标的合理性和达标率,二是评估具体建设项目方案的合理性及施工图的完整性,三是竣工后对实际建设与施工图的一致性进行评估。

根据专项评估资料,逐项排查工作中存在的问题,针对具体海绵设施工程,进行技术核查和实测

验证。评估以定量和定性相结合,其中对于海绵城市建设情况和建设效果以定量评价为主,通过监测的方式对自然生态格局的保护与修复、城市排水防涝、水环境改善等方面的实施效果进行评估,以保障评价结果的真实、客观。

借鉴“区域水管理学与水规划设计”理念^[1],充分遵循因地制宜的原则,保护利用现状增城区的自然山体、河涌水系、河湖湿地等生态空间。

2.3.5 施工管控

“科教城”海绵工程分为公共设施配套组团(公园绿地7项)、市政项目组团(河涌水系15项、市政工程36项)、房建项目组团(共14项,包括建筑设计、总平面与海绵城市)等。市政项目组团由市政单位进行设计;房建项目组团按不同建筑组团由不同建筑设计单位进行建筑土建设计,并负责相应的海绵城市工程设计。

“科教城”海绵城市建设项目严格按图施工,敦促施工单位在遵从设计院图纸的基础上,施工前对施工区域内的表层土壤特性进行评估,以确定土壤特性与设计使用的地质勘探资料一致。因地制宜进行必要的施工深化,确保落实场地竖向要求,确保雨水收集、汇水连续顺畅,避免水土流失;并加强地下管网、调蓄设施等隐蔽工程的质量检查和记录,做到工程事事、实时有记录。

工程监理负责监督、协助施工单位将其在海绵城市建设过程中使用的主要材料、构配件、设备送至具有相应资质的检测单位进行检验、测试,检测合格后方可使用。相关文件形成完整的施工技术资料,并在建设项目完工时提交海绵城市专项竣工资料。

施工期间,定期由广州市水生态建设中心组织实施海绵工程的专项检查测试,发现的问题及整改情况填报“海绵城市建设检查单”,确保海绵城市建设的有序实施和工程高质量。

3 “科教城”海绵城市建设科研创优

根据广州市政府常务会议精神,高质量推进“科教城”项目的建设和运营管理工作,提出在“科教城”建设中,鼓励参建单位与高校、科研院所合作,探索并总结海绵城市示范项目等方面的经验,形成系列科研课题和科技成果,做好可复制、可推广的经验。在综合分析现有海绵工程的基础上,站

在行业高度评价“科教城”海绵城市工程建设工作,为行业发展提供创新性设计理念和示范性工程模板;鼓励参建各单位发表技术论文、申报各级行业组织的科技进步奖、工程类奖项。总结、提升、宣传“科教城”海绵城市建设经验,共同打造“科教城”科技、教育、生态、宜居的国际品牌。

3.1 复合渗透地面研制与示范

目前,海绵城市建设的透水铺装做法,广州地区与北方地区均要求透水铺装率不小于70%,但广州地区与北方地区的气候、降雨、土壤、地下水位等存在较大差异,应该有所区别以体现因地制宜的理念。众所周知,一般透水铺装由透水面层、找平层、砾石层、底基层组成,综合孔隙率约为15%~25%;国内外研究资料表明,在竣工2~4年时间,透水地面因堵塞的失效率达60%~90%^[2-7]。

结合多年的工程及相关科研经验,拟采用“雨水渗透-排放”复合渗透地面进行工程模板示范。该复合渗透地面排水可以是线性排水沟或排水口,地面面层为各种非渗透材料,地面雨水通过构造措施进入到砾石层,暂存在砾石层的空隙内,缓慢渗入地下,其构造及景观示意图6。

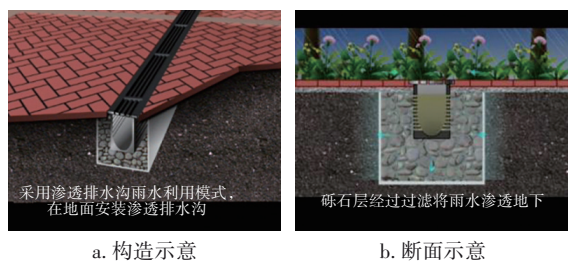


图6 复合渗透地面的构造和断面示意

Fig.6 Structure and cross section of composite infiltration surface

复合渗透地面既能有效规避面层堵塞难题,能够及时排放雨水,又能很好地实现雨水渗透,集雨水汇集、排放、削减、蓄存、渗透于一体,是新一代透水地面的工程技术。该技术可减少或替代传统建筑小区室外雨水管道、雨水口、雨水检查井,提高建筑小区地面景观效果,降低室外管网的综合敷设难度。系统装置采用非渗透地面材料,方便清洗和管理,避免了传统渗透地面因堵塞造成的难题,可保证系统综合效能的长久性,满足海绵城市低碳绿色的设计理念。

3.2 创建透水铺装评价方法

借鉴国内现有相关透水铺装的综合效益评价

研究成果^[8-9],并参考《建筑与工业给水排水系统安全评价标准》(GB/T 51188—2016),提出了“科教城”透水铺装的量化评价方法,主要包括以下内容:①透水铺装系统界定,即按照不同类型的透水铺装(子系统)的面积匹配关系组成不同的系统,“科教城”拟分为系统Ⅰ、系统Ⅱ、系统Ⅲ。②子系统划分,分别为透水砖铺装、透水混凝土(沥青)铺装、复合地面透水铺装、植草砖透水铺装、碎石透水铺装5个子系统。③评价项目,包括储存与径流控制、渗透与污染控制、生态环境效益、综合安全性、投资与经济效益。④评分原则(专家打分),即按透水铺装相关客观条件、设计技术、施工安装等多方面因素进行专家评分,例如地面或路面坡度,平缓坡可给予90~100分、坡度 $\leq 2\%$ 给予60~80分、坡度 $> 2\%$ 给予50分以下。

根据基础评分,按规定的计算公式进行系统计算分值,对透水铺装进行量化评价。经测算,3个系统得分均超过70分,均合格。

4 结语

“科教城”海绵城市建设工程管理特点主要体现在下列几点:

① 因地制宜:充分契合“科教城”片区优越的自然条件,提出适度降低基于透水面层的透水铺装面积,并在此基础构建对透水铺装进行量化评价的方法。

② 技术创新:充分研究透水铺装的渗透机理特性,推广基于“雨水渗透-排放一体”的复合渗透地面做法,避免了渗透面层因堵塞而功能失效,提高渗透地面的寿命和工程综合效益。

③ 示范模板:以校区为单位,道法自然,以景观湖体为核心,实现雨水收集、排涝、蓄存、净化、渗透、利用、减排的多目标融合。

④ 管理提升:通过过程审查、协同控制、设计管控、建设评估与保障、施工管控5个方面,构建海绵城市建设管控体系,有序推进“科教城”海绵城市建设,为广州市和行业提供可推广、可复制的工程管理模式。

参考文献:

[1] 王峰,周芡如,陈逸群. 区域水管理学与水规划设计[M]. 广州:华南理工大学出版社,2019.

WANG Feng, ZHOU Qianru, CHEN Yiqun. Regional

- Water Management, Water Planning and Design [M]. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2019 (in Chinese).
- [2] 宋亚霖, 杜新强, 刘文娜, 等. 海绵城市透水砖堵塞规律试验[J]. 水资源保护, 2018, 34(6): 56-59.
- SONG Yalin, DU Xinqiang, LIU Wenna, *et al.* Experimental research on clogging laws of permeable brick in sponge city [J]. Water Resources Protection, 2018, 34(6): 56-59 (in Chinese).
- [3] 李辉, 赵文忠, 张超, 等. 海绵城市透水铺装技术与应用[M]. 上海: 同济大学出版社, 2019.
- LI Hui, ZHAO Wenzhong, ZHANG Chao, *et al.* Permeable Pavement Technology and Application in Sponge City [M]. Shanghai: Tongji University Press, 2019 (in Chinese).
- [4] 李志辉, 李星, 杨艳玲, 等. 透水铺装去除污染效能及清洗特性研究[J]. 给水排水, 2018, 44(9): 62-67.
- LI Zhihui, LI Xing, YANG Yanling, *et al.* Experimental study on pollution efficiency and cleaning characteristics of permeable pavement [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(9): 62-67 (in Chinese).
- [5] 王建龙, 车伍, 李俊奇. 城市雨水径流中颗粒物冲刷迁移规律研究进展[J]. 中国给水排水, 2012, 28(24): 35-38.
- WANG Jianlong, CHE Wu, LI Junqi. Flushing and migration laws of particulate matters in urban stormwater runoff [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(24): 35-38 (in Chinese).
- [6] 韦甦, 吴力平, 李军. 透水砖应用于海绵城市建设的若干问题探讨[J]. 中国给水排水, 2017, 33(12): 1-5.
- WEI Su, WU Liping, LI Jun. Discussion on the application of water permeable brick in the construction of sponge city [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(12): 1-5 (in Chinese).
- [7] 成智文, 李盟, 孙昕, 等. 透水砖堵塞和控制研究及应用进展[J]. 中国给水排水, 2022, 38(6): 60-66.
- CHENG Zhiwen, LI Meng, SUN Xin, *et al.* Progress in research and applications on the control of clogging in permeable [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(6): 60-66 (in Chinese).
- [8] 沈太极. 透水铺装的综合效益评价及设计与管理[D]. 厦门: 厦门大学, 2018.
- SHEN Taiji. Comprehensive Benefit Evaluation, Design and Management of Pervious Pavement [D]. Xiamen: Xiamen University, 2018 (in Chinese).
- [9] 刘成成. 基于海绵城市理论的透水铺装综合效益评价研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2019.
- LIU Chengcheng. Research on Comprehensive Benefit Evaluation of Pervious Pavement Based on Sponge City Theory [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2019 (in Chinese).

作者简介: 罗慧英(1970—), 女, 广东广州人, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为建筑与土木工程。

E-mail: luohuiying70@163.com

收稿日期: 2022-07-28

修回日期: 2022-09-23

(编辑: 刘贵春)

绿水青山就是金山银山