

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.04.003

以建设成效为导向的海绵城市评价体系研究

陈俊宇

(厦门市城市规划设计研究院有限公司, 福建 厦门 361012)

摘要: 落实海绵城市理念的优质建设项目能够产生示范效应,有助于推动海绵设施质量不断提升。基于管控制度、设施功能、设施外观、示范效应四项因素,以建设成效为导向,采用层次分析法,构建了基于建设项目尺度的海绵城市评价体系。评价结果表明,现阶段建设项目尺度上的海绵城市建设,在设计变更管控、运维制度建立方面存在欠缺,普遍存在竖向控制不够精细以及设计、施工中各专业衔接配合不足、景观营造与海绵设施功能不够融合等问题,除公园类项目外,其他各类项目在理念宣传、共同缔造方面有待提升。

关键词: 海绵城市; 建设成效; 评价体系; 层次分析法

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)04-0013-06

Research on Sponge City Evaluation System Oriented by Construction Effectiveness

CHEN Jun-yu

(Xiamen Urban Planning & Design Institute Co. Ltd., Xiamen 361012, China)

Abstract: High-quality construction projects that implement the sponge city concept can make a demonstration effect and help promote the continuous improvement of the quality of sponge facilities. Based on the four factors of management system, facility function, facility appearance, and demonstration effect, and guided by construction effectiveness, the analytic hierarchy process was adopted to construct a sponge city evaluation system at the scale of construction projects. The evaluation results show that there are deficiencies in design change control and establishment of operation and maintenance systems for sponge city construction at the scale of construction projects at the current stage. And there are common problems such as insufficient vertical control, insufficient coordination and cooperation between various disciplines in design and construction, and insufficient integration of landscape construction and sponge facility functions. In addition to park-type projects, other types of projects need to be improved in terms of promoting the concept of sponge cities and jointly creating.

Key words: sponge city; construction effectiveness; evaluation system; analytic hierarchy process

海绵城市建设是一项长期的工作,其理念应落实在每一个具体的建设项目中,其有序推进有赖于公众的持续支持。因此,打造优质的落实海绵城市

理念的建设项目,在公众和参建单位中形成示范效应,推动海绵设施质量不断提升,才能将“恶性循环”扭转为“良性循环”,在全社会范围内营造共建

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(52378065)

海绵城市的氛围,逐渐形成共建海绵城市的内生动力。所以,构建建设项目尺度的海绵城市评价体系具有重要意义。

目前,对海绵城市评价体系的研究主要以《海绵城市建设绩效评价与考核指标》《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018)为基础展开^[1],评价方法包括数据包络法和向量夹角余弦^[2]、AHM-可拓物元模型^[3]、DEA模型^[4]、组合赋权-TOPSIS法和障碍度模型^[5]、层次集对分析法^[6]等,评价内容主要包含水生态、水环境、水资源、水安全等方面,并以指标为导向,以城市尺度为主要评价尺度。目前,对面向建设项目尺度、以建设效果为导向的海绵城市评价体系研究较少。为此,通过分析不同类型建设项目在落实海绵城市理念时普遍存在的问题,结合有关政策要求,总结不同类型建设项目实施海绵设施的关键,并通过层次分析法,以建设效果为导向,构建建设项目尺度的海绵城市评价体系,以期为建设 and 评选具有海绵城市示范效应的建设项目提供参考。

1 常见问题分析

建设项目尺度的海绵城市建设普遍存在径流组织、竖向控制、景观效果等方面的问题,部分项目还涉及径流污染控制问题。

径流组织常见问题包括:①屋面雨水排放管未实施断接、路缘石未开口,造成雨水径流不能进入海绵设施;②路缘石开口正对着溢流设施,造成短流;③生物滞留设施规模与径流量不匹配;④在生物滞留设施汇水范围内重复设置传统雨水口;⑤改扩建项目未分析已建区域的竖向,未统筹已建区域的径流组织;⑥公园绿地等具备统筹周边区域雨水径流的项目,仅考虑了项目自身的雨水径流组织;⑦溢流设施数量不足、布局不合理,不能保障排水安全。

竖向控制方面常见问题包括:①溢流设施与生物滞留设施底面平齐,导致生物滞留设施调蓄深度不足;②生物滞留设施布局在地势高点,导致路面径流无法汇入;③生物滞留设施周边的普通绿地堆高,导致路面雨水径流无法汇入;④路缘石开口处堆土或者植物过于茂密,阻碍雨水径流汇入;⑤场地整体竖向控制不合理,行泄通道不畅,坡度较大区域的雨水径流速度过快对下游形成冲击,造成水

土流失。

景观效果方面常见问题包括:①生物滞留设施下沉深度过大,与景观不协调;②生物滞留设施、转输设施的断面不美观,树球、灯杆、交通指示牌等基础突出;③溢流设施粗笨,未因地制宜选用小型化、融入景观设计的溢流设施;④景观植物长势不佳;⑤雨水口、溢流口中垃圾淤积;⑥透水铺装表面污染。

在径流污染控制方面,大部分项目的径流污染可通过汇入海绵设施得到控制,但部分工业类项目受生产原料、工艺等因素影响,存在面源污染风险,如设置渗透设施可能污染地下水,因此在设计中应结合环评报告等有关结论开展面源污染分析,通过划定不可设置渗透设施的区域、设置前处理设施等措施降低风险。部分项目设计由于各专业未做到全过程协同,海绵城市在设计环节末端“打补丁”,导致海绵城市设计缺乏系统性、深度不足,缺少海绵设施适宜性分析。此外,部分项目场地内既有的或新增的水体仅考虑了景观作用,但未充分考虑水体的水质、水量保障措施。

此外,大部分项目的海绵城市设计仅为了达到规划设计条件而设置生物滞留设施、透水铺装等,对海绵城市理念理解不到位,设计缺乏亮点;在设计、施工、运维过程中缺乏与公众的沟通,公众不参与、不理解,未落实共同缔造理念。

海绵城市建设重在解决以雨水为核心的实际问题,实现雨水自然积存、自然渗透、自然净化,年径流总量控制率等规划设计指标是抓手而不是目的,但分析常见问题可发现,各种问题的根源是对海绵理念的理解不深,将海绵城市当作一项具体的工程实施,以年径流总量控制率等规划设计指标达标为目的,而未解决具体问题。

因此,本次构建的基于建设项目尺度的海绵城市评价体系以海绵城市建设成效为导向,弱化规划设计指标,突出可操作性。

2 建设项目尺度的海绵城市评价体系构建

2.1 层次分析法

为实现不同建设项目海绵城市建设成效之间的客观比较,采用层次分析法对海绵成效的主观判断进行客观描述^[7],建立建设项目尺度的海绵城市评价体系。

层次分析法具体步骤为:①划分目标层、准则层和指标层,建立层次结构;②参照九点标度法对指标之间的重要程度进行赋值,构造判断矩阵;③权重值计算,调整判断矩阵直至通过一致性检验。

2.2 建设项目海绵城市评价层次结构

海绵城市评价层次结构见图 1。

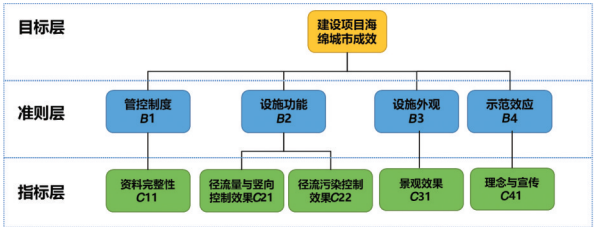


图 1 建设项目海绵城市评价层次结构

Fig.1 Sponge city evaluation hierarchy for construction projects

层次结构目标层为建设项目海绵城市成效,准则层包括管控制度、设施功能、设施外观、示范效应 4 项,其中管控制度的指标层为资料完整性,设施功能的指标层包括径流量与竖向控制效果、径流污染控制效果 2 项,设施外观的指标层为景观效果,示范效应的指标层为理念与宣传。

2.2.1 构建指标体系的思路

本研究旨在建立一种针对建设项目尺度的便于操作的海绵城市建设成效评价方法。由于现状大部分项目无监测数据,因此基于项目的建设资料、现场成效等情况,经专家考察后判断各项指标的完成情况,进而得出综合评分。

优质的海绵城市建设项目首先应该具有“渗、滞、蓄、净、用、排”的功能,并兼顾景观效果,同时体现海绵城市建管制度的管控效果,以及共同缔造、技术和制度创新等理念带来的示范效应,因此准则层包括管控制度、设施功能、设施外观、示范效应 4 项因素。

在指标层的设置上,具体指标尽可能覆盖准则层 4 项因素的内涵,并为了简化操作流程,指标的完成情况应由专家基于专业知识快速判定,最终通过简单的指标加权计算即可得出海绵城市建设成效评价结果。为便于操作,确定指标内容后,在各项指标下设置多条细项,以专家判定完成细项的数量确定单项指标的分级评分。由于本次评价不涉及监测数据、海绵设施勘测,因此不涉及年径流总量控制率等上位规划指标计算。上位规划指标的完

成情况根据管控制度的完成情况确定,即验收合格的项目判定为已满足上位规划指标。

2.2.2 管控制度

管控制度的细项内容涵盖海绵城市建管制度的全流程,包括用地许可、工程规划许可、施工许可、竣工验收、运行维护等阶段,具体通过项目建设资料的完整性体现,如表 1 所示。

表 1 管控制度细项

Tab.1 Details of the management control system

指标	序号	细项要求	是否完成(√/×)	完成项数	分级得分
资料完整性	1	项目规划设计条件			
	2	海绵城市设计方案及联合技术指导意见			
	3	施工图纸及施工图审查合格书及审查报告书			
	4	设计变更材料			
	5	海绵城市专项施工组织设计			
	6	施工过程相关资料			
	7	竣工验收相关资料			
	8	运维制度相关资料			

2.2.3 设施外观

设施功能是“里子”,设施外观是“面子”,高质量的海绵城市建设应兼顾景观效果。海绵设施外观细项要求主要包括景观协调、设施小型化、设施断面美观整洁、植被长势良好等,具体内容如表 2 所示。

表 2 设施外观细项

Tab.2 Details of the facility appearance

指标	序号	细项要求	是否完成(√/×)	完成项数	分级得分
景观效果	1	景观效果与周边环境相协调,景观营造不影响海绵设施汇水			
	2	生物滞留设施、转输设施的断面美观,例如下沉(下凹)不过深,树球、灯杆、交通指示牌等基础设施标高控制在生物滞留设施顶标高以下等			
	3	在满足排水要求的情况下,因地制宜地选用小型化、融入景观设计的溢流设施			
	4	雨水口、溢流口中无垃圾、无淤积			
	5	透水铺装平整美观,表面无泥沙			
	6	植物长势良好,无黄土裸露,海绵设施与景观绿化融合,整体观感良好			

2.2.4 设施功能

设施功能主要包括径流量控制、径流污染控

制。径流量控制与竖向控制息息相关,因此设置指标为径流量与竖向控制效果。针对各项设施的竖向布局与控制、径流组织等情况见表3。大部分项目的径流污染控制可通过将径流汇入海绵设施实现,因此径流污染控制效果指标针对雨污分流、面源污染风险、水体的水质水量保障。

表3 设施功能细项

Tab.3 Details of the facility function

指标	序号	细项要求	是否完成 (√/×)	完成项数	分级得分
径流量与竖向控制效果	1	海绵设施竖向布局合理,例如生物滞留设施能够按预期收集雨水径流,不设置在地势较高、径流难以汇入处,且设施规模与汇集径流量相匹配			
	2	建筑雨落管因地制宜断接至海绵设施,道路雨水径流能够通过平缘石或开口立缘石汇入海绵设施			
	3	生物滞留设施汇水范围内不重复设置雨水口等传统排水设施			
	4	溢流设施布局合理,例如溢流设施设置在生物滞留设施的下游位置,不正对着路缘石开口和雨落管断接处,溢流设施数量、布局能够保障排水安全			
	5	生物滞留设施、转输设施、溢流设施的竖向满足径流组织、滞蓄容积要求,生物滞留设施滞蓄的雨水在雨后12h内完成渗透			
	6	场地行泄通道顺畅,坡度较大的区域需避免雨水径流过快对下游形成冲击,以免水土流失			
	7	雨水径流无法自然汇入海绵设施时,设置环保型雨水口,或采用截水沟等形式引入海绵设施			
	8	改扩建项目根据竖向情况统筹考虑已建区域的雨水径流;公园绿地等调蓄容积和竖向上有条件控制周边区域雨水径流的,应统筹考虑周边区域的雨水径流			
径流污染控制效果	1	项目排水系统落实雨污分流			
	2	工业等具有面源污染风险的项目,根据环评报告等制定面源污染控制措施,如划定不可设置渗透设施的区域、设置前处理设施等			
	3	场地内有水体的,应开展排口等现状调查,明确水体水质、水位目标,并制定有效的水质、水量保障措施			

2.2.5 示范效应

示范效应主要针对项目的理念落实和宣传情况,包括绿色优先、灰绿结合、简约适用、多目标融合等原则,以及共同缔造、创新技术和机制等,具体如表4所示。

表4 示范效应细项

Tab.4 Details of the demonstration effect

指标	序号	细项要求	是否完成 (√/×)	完成项数	分级得分
理念与宣传	1	遵循绿色优先、灰绿结合的原则,优先采用绿色设施,不盲目使用灰色设施;遵循简约适用原则,尽量减少全生命周期运行维护的难度和成本;遵循因地制宜原则,针对项目实际情况选择适宜的海绵设施,例如地质灾害易发区、污染风险区等不设置渗透设施			
	2	注重多目标融合,既满足主体功能,又落实了海绵理念,并兼顾景观效果			
	3	海绵设施设计注重以人为本,如学校等人流量较大区域的生物滞留设施可因地制宜地设置防跌落设施			
	4	营造共建海绵城市氛围,如引导公众参与海绵城市建设,结合海绵设施布局设置海绵城市科普展板等			
	5	创新实用新技术、新工艺、新设备			
	6	创新投融资和运维机制			

2.3 建设项目海绵城市评价权重

对比准则层的管控制度、设施功能、设施外观、示范效应4项因素,设施功能和设施外观是最为核心的因素,其中设施功能的重要性更加突出;由于在现有的管控制度下,同类项目的建设资料完整性差异较小,示范效应因素更能体现项目参建各方的主观积极性,因此本次评价体系中示范效应的重要性强于管控制度。对比设施功能的径流量与竖向控制效果、径流污染控制效果2项指标,由于大部分建设项目的径流污染控制可以通过控制径流进入海绵设施实现,少数涉及面源污染风险、水体的项目在径流污染控制效果指标中体现出差异,因此,径流量与竖向控制效果的重要性更加突出。根据九点标度法,得出判断矩阵如表5、6所示。

表5 A-B判断矩阵

Tab.5 Judgment matrix and weight of A-B

指标	管控制度 B1	设施功能 B2	设施外观 B3	示范效应 B4
管控制度B1	1	1/3	1/3	1/2
设施功能B2	3	1	2	2
设施外观B3	3	1/2	1	2
示范效应B4	2	1/2	1/2	1

按照判断矩阵进行权重值计算,通过一致性检验,得到建设项目海绵城市成效评价指标权重如图

2所示。

表 6 C-B2判断矩阵

Tab.6 Judgment matrix and weight of C-B2

指标	径流量与竖向控制效果 C21	径流污染控制效果 C22
径流量与竖向控制效果 C21	1	2
径流污染控制效果 C22	1/2	1

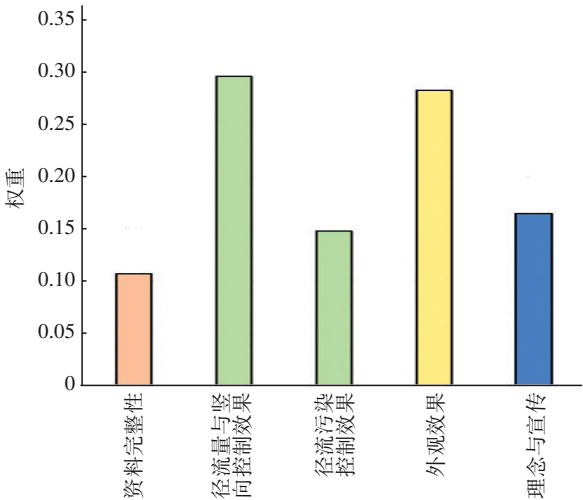


图 2 建设项目海绵城市成效评价指标权重

Fig.2 Evaluation index weight of sponge city construction effectiveness for construction projects

其次是构建分级评分标准。资料完整性、径流量与竖向控制效果、径流污染控制效果、外观效果、理念与宣传 5 项指标,按照达标情况分为 100 分、80 分、60 分、30 分共 4 级,分级评分标准如表 7 所示。

表 7 分级评分标准

Tab.7 Grading and scoring criteria

分级	评分/分	资料完整性达标项数/项	径流量与竖向控制效果达标项数/项	径流污染控制效果达标项数/项	外观效果达标项数/项	理念与宣传达标项数/项
I	100	8	8	3	6	6
II	80	≤7	≤7	2	≤5	≤5
III	60	≤5	≤5	1	≤4	≤4
IV	30	≤3	≤3	0	≤2	≤2

因此建设项目海绵城市成效综合评分计算如下:

$$F = \sum_{i=1}^5 Z_i \times U_i \quad (1)$$

式中: F 为建设项目海绵城市成效综合评分; i 为评价指标数量,取值为 1~5; Z_i 为建设项目海绵城

市成效评价第 i 项指标的权重, $Z_1 \sim Z_5$ 取值分别为 0.107 2、0.296 4、0.148 2、0.283 2、0.165; U_i 为建设项目海绵城市成效评价第 i 项指标的评分,按照表 7 中的 5 项指标达标情况取值。

3 应用实践

应用以上构建的建设项目海绵城市评价体系,评价包含房建、公建、公园、道路 4 类共 22 个项目,其中房建、公建类各 5 个,公园、道路类各 6 个。评分流程为:管控制度通过核对各项目提交的建设档案完整性评分,评分标准根据表 1 中的细项要求,按照细项完成情况填写“是否完成”列,计算“完成项数”;设施外观、设施功能、示范效应通过专家现场评分确定,评分标准根据表 2~4 的细项要求,按照细项完成情况填写“是否完成”列,计算“完成项数”;最终对照表 7 的分级标准,按式(1)计算项目的海绵城市成效综合评分。

本次评价中,管控制度方面的评分均较高,平均为 83.6 分,主要问题为部分项目缺少设计变更材料、运维制度不够完善。在设施功能方面,径流量与竖向控制效果的评分较低,平均为 65.5 分,主要问题为竖向控制不够精细,部分区域的雨水径流无法自然汇入生物滞留设施,或是生物滞留设施有效深度不足,生物滞留设施汇水范围内未重复设置雨水口等传统排水设施;径流污染控制效果均未失分,说明各类项目在落实雨污分流、面源污染风险控制、水体的水质水量方面效果较好。在设施外观方面,其平均值为 75 分,主要问题为部分生物滞留设施、转输设施的断面不够美观,有条件采用小型溢流设施时仍采用大型溢流设施等。在示范效应方面,除少数公园类项目外,其他项目均未开展海绵城市理念宣传,说明建设项目在理念与宣传方面可能普遍存在欠缺。此外,大部分项目未采用新技术、新工艺、新设备以及投融资和运维机制,说明各类项目在创新性方面不足。各项指标的得分情况如图 3 所示。

从项目类型看,房建、公建、公园、道路类项目的综合评分的平均值分别为 73.9、69.3、77.7、70.3 分,房建和公园类项目评分较高。房建类主要问题出现在竖向控制不精确,公建类在竖向控制、景观效果方面存在欠缺,公园类项目主要问题是方案审查资料不够完善、景观营造与海绵设施功能不协

调,道路类项目主要问题为设计变更资料不够完善、侧分带断面不够美观。此外,除公园类项目外,其他项目均未开展海绵城市理念宣传,各类项目均存在运维制度不完善的问题。

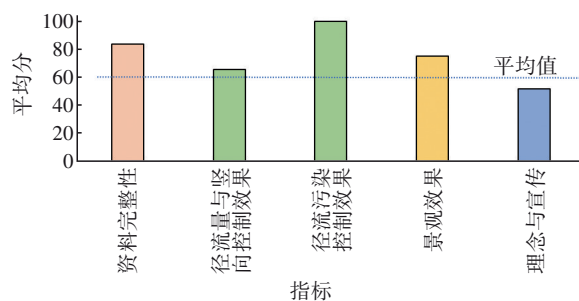


图3 评价结果

Fig.3 Evaluation results

4 结论与建议

基于管控制度、设施功能、设施外观、示范效应4项因素,采用层次分析法建立了建设项目尺度的海绵城市评价体系,并运用该评价体系评价了房建、公建、公园、道路四类共22个项目:①在管控制度方面,对设计变更的管控以及运维制度的建立存在欠缺。②在设施功能方面,普遍存在竖向控制不够精细问题,导致生物滞留设施无法按预期收集地面径流,或生物滞留设施的有效深度不足;设计、施工中各专业衔接配合不足,导致重复设置溢流设施、雨水口。③在设施外观方面,主要问题为生物滞留设施的断面不美观,景观营造与海绵设施功能不够融合,未因地制宜采用小型化溢流设施。④在示范效应方面,公园类项目在海绵城市理念宣传方面效果较好,但其他各类项目在理念宣传、共同缔造方面有待提升。此外,各类项目在创新性方面均有待加强。

参考文献:

- [1] 史富文. 海绵城市建设绩效评价指标体系研究[J]. 工程经济, 2020, 30(3): 49-54.
SHI Fuwen. Research on performance evaluation index system of sponge city construction [J]. Engineering Economy, 2020, 30(3): 49-54 (in Chinese).
- [2] 刘萍, 张楠. 基于数据包络法和向量夹角余弦的海绵城市建设绩效评价[J]. 人民黄河, 2023, 45(10): 44-49, 57.

- LIU Ping, ZHANG Nan. Performance evaluation of building sponge city based on data envelopment method and vector angle cosine [J]. Yellow River, 2023, 45(10): 44-49, 57 (in Chinese).
- [3] 许冠杰, 徐森. 基于AHM-可拓物元模型的海绵城市PPP项目绩效评价体系研究[J]. 经营与管理, 2023(7): 155-163.
XU Guanjie, XU Sen. Research on performance evaluation system of sponge city PPP projects based on AHM-extension matter element model [J]. Management and Administration, 2023 (7): 155-163 (in Chinese).
- [4] 阿荣, 玉林. 内蒙古中部地区海绵城市建设评价与优化研究[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2023, 38(3): 237-242.
A Rong, YU Lin. Evaluation and optimization of sponge city construction in central inner Mongolia [J]. Journal of Inner Mongolia Minzu University (Natural Sciences), 2023, 38(3): 237-242 (in Chinese).
- [5] 厉小云, 周盛世, 郑伟. 海绵城市绩效评价及障碍因子分析:以镇江市为例[J]. 湖南城市学院学报(自然科学版), 2023, 32(5): 57-61.
LI Xiaoyun, ZHOU Shengshi, ZHENG Wei. Performance evaluation and obstacle factor analysis of sponge city: a case study of Zhenjiang City [J]. Journal of Hunan City University (Natural Science), 2023, 32(5): 57-61 (in Chinese).
- [6] 刘标, 姜家良, 赵芳, 等. 海绵城市建设效果评价方法研究[J]. 城市道桥与防洪, 2023(7): 128-131.
LIU Biao, JIANG Jialiang, ZHAO Fang, et al. Study on evaluation method of sponge city construction effect [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2023 (7): 128-131 (in Chinese).
- [7] 张霞, 何南. 综合评价方法分类及适用性研究[J]. 统计与决策, 2022, 38(6): 31-36.
ZHANG Xia, HE Nan. Study on classification and applicability of comprehensive evaluation methods [J]. Statistics & Decision, 2022, 38(6): 31-36 (in Chinese).

作者简介:陈俊宇(1993-),女,福建龙岩人,硕士,工程师,主要研究方向为城市排水治理等。

E-mail:chen_ks@qq.com

收稿日期:2023-12-06

修回日期:2023-12-19

(编辑:丁彩娟)