

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.07.030

海绵城市建设效果评价方法研究

刘标^{1,2}, 姜家良^{1,2}, 赵芳^{1,2}, 艾庆华^{1,2}, 付雄^{1,2}

(1.中冶南方城市建设工程技术有限公司,湖北武汉430077; 2.中国中冶海绵城市技术研究院,湖北武汉430077)

摘要:为了定量评价海绵城市建设效果,通过采用层次集对分析法进行了海绵城市建设效果的评价研究。首先,根据海绵城市建设特点筛选出了海绵城市建设效果评价指标;然后,采用层次分析法确定各级评价指标的权重,利用集对分析法确定各级评价指标的联系度,并据此进行效果评价;最后,从水生态、水环境、水资源、水安全等多个角度对某城市的海绵城市建设效果进行综合分析评估与比较,并在此基础上提出改进措施和建设意见,指导海绵城市建设。

关键词:海绵城市;建设效果;评价指标;层次分析法;集对分析法

中图分类号:TV121

文献标志码:A

文章编号:1009-7716(2023)07-0128-04

0 引言

自2014年住房和城乡建设部发布《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》以来,建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市逐步成为我国各大城市工作的重点^[1]。近年来随着海绵城市建设地快速发展,很多城市都完成了海绵城市试点区域的建设和改造工作,亟需对海绵城市的建设效果进行评价,以帮助海绵城市建设更好地发展,为海绵城市建设和评价提供技术支撑。当前国内外海绵城市建设评价方法以经验和主观性判断为主,不够系统全面,缺乏理论依据。住房和城乡建设部于2019年正式批准发布《海绵城市建设评价标准》(GB/T51345—2018)^[2],标准对海绵城市建设的评价内容、评价方法等作了规定,以促进海绵城市健康发展,由此足以见得海绵城市建设评价的重要性。海绵城市建设的评价工作是当前海绵城市建设工作的重要环节,但是当前对海绵城市建设效果评价方法多为定性的评价,因此,有必要提出一系列海绵城市建设效果的评价方法和技术,以为海绵城市建设效果的评价提供理论依据,优化海绵城市建设效果的评估方法和评价系统,促进海绵城市长期健康发展。

1 建设效果评价方法

本研究从水生态、水环境、水资源、水安全等多个角度对海绵城市建设效果进行综合分析评估与比

较,在此基础上有针对性地提出改进措施和建设意见,指导海绵城市建设,以解决当前国内外海绵城市建设评价方法以经验和主观性判断为主、不够系统全面、缺乏理论依据的问题,符合我国海绵城市建设的发展方向,为我国海绵城市的建设提供效果评价方法和依据。

本研究以《海绵城市建设评价标准》(GB/T51345—2018)中提出的各单项海绵城市建设评价内容为基础,建立三级指标体系,并按照各指标的建设评价要求,采用层次分析法及集对分析法,从水生态、水环境、水资源、水安全、制度建设与执行多个角度进行数据分析,对海绵城市系统建设效果进行多维度的评价。采用的海绵城市建设效果评价方法^[3]包括以下步骤:

(1)筛选出海绵城市建设效果评价指标,建立海绵城市建设效果三级指标体系;

(2)根据海绵城市建设的实际情况,对典型项目、管网、城市水体等进行针对性地数据监测,以连续监测数据为基础,结合现场检查、资料查询和模型模拟进行综合评价;

(3)利用层次分析法^[4]确定海绵城市建设效果各级评价指标的权重:以三级指标体系构建递阶层次结构模型,先确定本层各个因素相对于上一层的权重,然后进行层次单排序及其一致性检验,将本层因素相对于上一层与其有联系的因素的相对重要性的权重排序,减少主观性误差,然后进行层次总排序及其一致性检验,采用层次分析法确定二级指标的权重时,从最高层次到最低层次依次进行,需要先确定总指标的权重,再确定一级指标的权重,最后确定二级指标

收稿日期:2022-10-09

作者简介:刘标(1992—),男,硕士,工程师,从事给排水设计及运行优化工作。

的权重;

(4)利用集对分析法^[5]确定海绵城市建设效果各级评价指标的联系度:先确定指标评估等级标准,然后将指标分为效益型和成本型,确定各个指标的联系度,然后构建评价指标联系度系数矩阵,最后确定目标层评估指标联系度;

(5)根据各级评价指标联系度确定海绵城市建设效果综合评估等级:根据各级指标的联系度确定各评价对象的评价等级,对海绵城市建设效果进行系统评价,既从水生态、水环境、水资源、水安全、制度建设与执行五方面评价综合效益实施情况,也比较水生态、水环境、水资源、水安全、制度建设与执行各单项评价指标的联系度,进行单项指标的分析评价,找出各项指标的缺陷和不足之处,并根据产生差异性的原因提出改进建议。

研究采用的海绵城市建设效果评价路线图如图 1 所示。

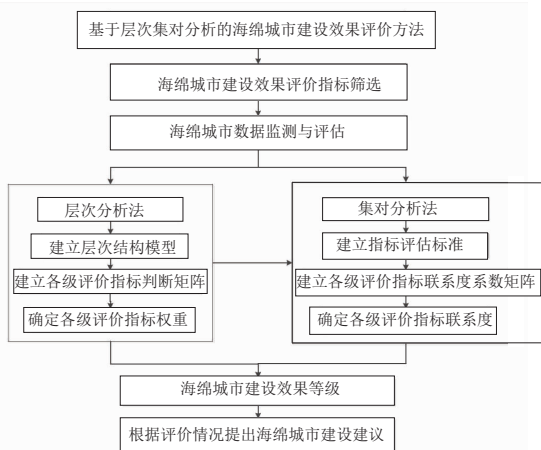


图 1 海绵城市建设效果评价路线图

2 实例研究

研究选取长江中下游某城市为研究对象,该城市已开展了较多海绵城市试点建设工作,包括水生态、水环境、水安全、制度建设与执行等方面,现对该城市的海绵城市建设效果进行综合评价,以期指导该城市的海绵城市建设。

2.1 评价指标筛选及评价体系构建

对现状海绵城市建设基本情况及海绵城市建设效果评价关键问题分析,并邀请部分长期从事海绵城市建设和研究的专家及学者,对评价指标进行评审,剔除专家一致认为需要删除的指标,添加有价值的指标,并筛选出海绵城市建设效果评价指标。本研究从水生态、水环境、水资源、水安全和制度建设与执行等五个方面进行评价^[6],建立海绵城市建设效果

三级指标体系,如图 2 所示。

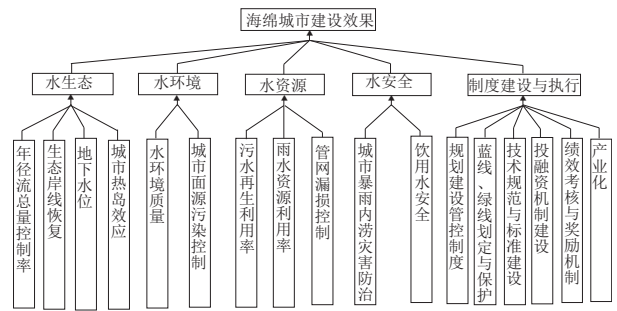


图 2 海绵城市建设效果评价指标体系

2.2 数据监测与评估

根据不同的指标要求和项目实际情况,对海绵城市运行效果进行数据监测,结合气象部门提供的降雨数据、相关设计图纸、现场勘测情况、海绵设施规模及衔接关系等等进行分析,必要时通过模型模拟的方法进行数据计算,以保障评价结果的真实、客观,最终实现对实施效果的定量评估。

2.3 层次分析法计算权重

利用层次分析法确定海绵城市建设效果各级评价指标的权重:首先,要明确问题的特性和要达到的目的,弄清楚问题各元素之间的相互关系。然后,将具有同一属性的元素划分到同一层次,将问题条理化、层次化,建立层次结构模型:目标层(总指标)、准则层(一级指标)、方案层(二级指标)。其中,目标层表示解决问题的最终目的,每个层次结构模型中目标层只有一个元素;准则层为实现最终目标而采取的各种措施、方案等,准则层可以包括若干个层次;方案层为解决问题采取的各种措施、方案等。

构建层次结构模型,并构造各层次结构的判断矩阵;对各层次判断矩阵进行一致性检验,使其满足层次分析的要求。

2.4 集对分析法计算联系度

集对分析是一种处理不确定问题的系统分析方法,由于海绵城市评估指标体系的综合性和复杂性,为尽量得到更为科学合理的评估结果,在运用层次分析法确定权重的基础上,采用集对分析法对海绵城市建设效果进行评价。利用集对分析法确定海绵城市建设效果各级评价指标的联系度。

考虑到本文中各指标已经经过百分制量化,通过咨询相关专家意见,结合各典型地区海绵城市建设实施具体情况,将各指标分为 5 个等级,其分割点依次为 90、80、70、60、0。评价指标体系的评估等级根据目标层联系度确定,按照均分原则分为“优、良、中、及格、不及格”5 个评价等级,分别对应区间

(0.6, 1]、(0.2, 0.6]、(-0.2, 0.2]、(-0.6, -0.2]、[-1, -0.6],以此来建立评价指标体系,从不同的角度对海绵城市建设效果的好坏进行评价。

确定三级指标的评价值,通过调研得出被评价城市的各级三级指标数值,对各典型区域的海绵城市建设效果的各评价指标实际调查数据进行百分化处理,各被评价城市指标的得分情况见表1。

表1 被评价城市指标得分情况

一级指标	二级指标	某城市评价指标得分
水生态 U_1	年径流总量控制率 C_{11}	60
	生态岸线恢复 C_{12}	61
	地下水水位 C_{13}	60
	城市热岛效应 C_{14}	51
水环境 U_2	水环境质量 C_{21}	82
	城市面源污染控制 C_{22}	94
水资源 U_3	污水再生利用率 C_{31}	69
	雨水资源利用率 C_{32}	83
	管网漏损控制 C_{33}	99
水安全 U_4	城市暴雨内涝灾害防治 C_{41}	68
	饮用水安全 C_{42}	93
制度建设与执行 U_5	规划建设管控制度 C_{51}	53
	蓝线、绿线划定与保护 C_{52}	69
	技术规范与标准建设 C_{53}	82
	投融资机制建设 C_{54}	81
	绩效考核与奖励机制 C_{55}	90
	产业化 C_{56}	95

首先,根据集对分析方法计算方案层各指标联系度。

接着,按照公式构造方案层联系度系数矩阵 R_{21} 、 R_{22} 、 R_{23} 、 R_{24} 、 R_{25} 。

最后,计算得到准则层联系度 R_1 。

$$R_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.07 & 0.706 & 0.287 \\ 0.867 & 0.133 & 0 & 0 & 0 \\ 0.57 & 0.098 & 0.299 & 0.033 & 0 \\ 0.2 & 0 & 0.64 & 0.16 & 0 \\ 0.383 & 0.205 & 0.292 & 0.032 & 0.087 \end{pmatrix}$$

重复以上步骤,计算目标层评价指标联系度。目标层联系度为:

$$\mu = 0.501 + 0.081i_1 + 0.235i_2 + 0.14i_3 + 0.043j \quad (1)$$

式中: μ 为目标层联系度; i 为差异度系数; j 为对立度系数。

2.5 确定综合评估等级

根据各级评价指标联系度确定海绵城市建设效果综合评估等级:根据各级评价指标联系度确定海绵城市建设效果综合评估等级。根据各级指标的联系度确定各评价对象的评价等级,对海绵城市建设

效果进行系统评价。其中,分数越高则代表该地区海绵城市建设效果越好,从水生态、水环境、水资源、水安全、制度建设与执行五方面的综合效益实施情况较好;分数越低则代表该地区的海绵城市建设效果越差。也可以比较水生态、水环境、水资源、水安全、制度建设与执行等各单项评价指标的联系度,进行单项指标的分析评价,找出各项指标的缺陷和不足之处。针对评估结果进行对比分析,并探究产生差异性的原因,并提出改进建议,以此促进海绵城市建设工作不断完善改进。

按照均分原则,分别令 $i_1=0.5, i_2=0, i_3=-0.5, j=-1$,带入准则层和目标层的联系度中,得到个指标联系系数见表2。

表2 准则层和目标层指标联系系数与评价等级

类别	水生态 U_1	水环境 U_2	水资源 U_3	水安全 U_4	制度建设与执行 U_5	总体效果评估
联系系数	-0.64	0.943	0.603	0.12	0.383	0.429
评估等级	不及格	优	优	中	良	良

经过计算,该城市的一级指标水生态联系系数为-0.64,对应评估等级为不及格;根据前面确定的评价指标的评价等级,评价指标体系的评估等级根据目标层联系系数确定,按照均分原则分为“优、良、中、及格、不及格”5个评价等级,分别对应区间(0.6, 1]、(0.2, 0.6]、(-0.2, 0.2]、(-0.6, -0.2]、[-1, -0.6],以此来建立评价指标体系,从不同的角度对海绵城市的建设效果的好坏进行评价。可以得出以下结论:

一级指标水环境联系系数为0.943,对应评估等级为优;

一级指标水资源的联系系数为0.603,对应评估等级为优;

一级指标水安全的联系系数为0.12,对应评估等级为中;

一级指标制度建设与执行的联系系数为0.383,对应评估等级为良;

目标层海绵城市建设效果联系系数为0.429,对应评估等级为良。

2.6 建设效果分析与比较

研究针对该城市的水生态、水环境、水资源、水安全、制度建设与执行等五个方面的海绵城市建设效果的指标进行效果评价,可以看出,城市A在水环境、水资源两方面做的很好,制度建设与执行方面做的较好,水安全方面做的一般,水生态方面做的较

差,需要针对水生态从年径流总量控制率 C_{11} 、生态岸线恢复 C_{12} 、地下水位 C_{13} 、城市热岛效应 C_{14} 进行核对和改进,提高和加强水生态的建设,针对这几类问题提出有针对性的建设和整改措施,提高该城市的海绵城市建设效果。

另外,也可以利用本研究所使用的评价方法针对不同城市的统计调查数据计算出各指标的系数,将不同城市的系数进行对比分析,比较各城市的水生态、水环境、水资源、水安全、制度建设与执行各个指标的海绵城市建设效果,并可以针对目标层的系数进行不同城市的海绵城市建设效果进行综合评价,对其海绵城市建设效果进行评价,并指出其优势和不足,以利于各城市在海绵城市建设方面进行有针对性的建设和改造,为海绵城市的建设提供技术支撑,促进海绵城市的健康发展。

3 结 语

对各地海绵城市建设效果进行综合评估,就是在对海绵城市建设测评及验收工作各个环节进行检查、分析、总结的基础上对海绵城市建设工作各个环节和所取得的效果进行客观的分析,以解决当前国

内外海绵城市建设评价方法以经验和主观性判断为主、不够系统全面、缺乏理论依据的问题。通过对海绵城市建设实施情况进行评估,能够检查海绵城市建设预期效果是否达到、海绵城市建设实施工作是否存在漏洞,吸取经验与教训。科学的评估指标体系使得评估结果更加可靠,为完善海绵城市建设和推广工作提出宝贵意见,为未来海绵城市建设工作提供更科学的决策依据,确保海绵城市建设工作能够顺利推进,为建设更健康更环保的城市空间而做出贡献。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)[M].北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2015.
- [2] GB/T 51345—2018,海绵城市建设评价标准[S].
- [3] 中冶南方城市建设工程技术有限公司,中冶南方工程技术有限公司,武汉大学.基于层次集对分析的海绵城市建设效果评价方法:中国,CN202111633640.2[P].2022-04-26.
- [4] 许树柏.层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1988.
- [5] 邱林,冯晓波,冯丽云,等.集对分析法在湖泊水质富营养化评价中的应用[J].人民长江,2008,39(5):52-54.
- [6] 建设科技.《海绵城市建设绩效评价与考核办法(试行)》发布[J].建设科技,2015(14):6.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com