

基于灰色关联分析的江苏省海绵城市建设影响因素分析

徐君 贾倩¹

(江苏师范大学 商学院, 江苏 徐州 221116)

【摘要】: 海绵城市建设受多种因素的综合影响,界定了四大内源性影响因素:经济实力、水资源、水生态、基础设施,四大外源性影响因素:国家政策、科技水平、管理体制、国际经验,建立海绵城市建设影响因素指标体系(包括8个维度37个指标),构建灰色关联分析模型,并以江苏省为实证研究对象,测算海绵城市建设与影响因素之间的关联度,研究结果表明:8个一级影响因素与海绵城市建设的关联度大小排序为:水资源>基础设施>经济实力>水生态>科技水平>国家政策>管理体制>国际经验,进而明确江苏省海绵城市建设过程的重点,并从总体上提出推进江苏省海绵城市建设进程的对策和建议。

【关键词】: 海绵城市 影响因素 灰色关联分析

【中图分类号】: F292 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2021)01-083-07

2013年12月习近平总书记在中央城镇化工作会议上提出:建设自然积存、自然渗透、自然净化的“海绵城市”。在国家新型城镇化规划(2014—2020年)的背景下,面对突出的环境污染、水生态退化、洪涝灾害频发等问题,国家越来越重视宜居城市、生态城市、海绵城市的建设。党的十九大报告、十九届四中全会都再次强调环境保护和修复的重要性。海绵城市建设是我国城市发展转型的重要形式,是生态文明建设的目标之一,是践行绿水青山就是金山银山理念的有效途径。江苏省作为我国第二大经济强省,自2015年镇江市成为国家首批海绵城市建设试点以来,各地、各有关部门在海绵城市建设方面积极探索实践,随后批准南京、徐州、常州等14个省级海绵城市建设试点,虽然江苏省海绵城市建设已取得初步成效,但局部地区的水生态环境治理仍需加强,海绵城市建设依然面临严峻挑战:区域水资源短缺、水环境恶化^[1]、城市内部洪涝灾害频发、受传统排水模式弊端影响较大、缺乏系统性的建设规划、运行机制不完善等。因此,有必要厘清江苏省海绵城市建设的影响因素,找出关键影响因子,准确定位核心影响因素,从而揭示问题根源,明确建设过程中所面临的推力与阻力,推进江苏省海绵城市建设。

目前,国内对于海绵城市建设影响因素的研究多从定性的角度出发。徐君等^[2]以河南省为例,类比系统动力学原理,分析了影响海绵城市建设的六大内生性要素和五大外生性要素。陈前虎等^[3],孙攸莉^[4]从法规、管理、技术、资金四个维度建立了影响因素指标体系,采用结构方程模型分析了四大因素与海绵城市建设风险间的关系。但此研究通过问卷调查收集数据,在一定程度上受主观因素影响较大。因此,本文在总结前人定性研究的基础上,引入定量研究,进一步细分海绵城市建设的影响因素,采取定性与定量相结合的原则建立影响因素指标体系,通过灰色关联分析法,计算出各影响因素与海绵城市建设之间的关联性,从而把抽象的概念转化成可量化的数值,以客观数据为支撑,找出海绵城市建设过程中的关键影响因子,以期能够为后期海绵城市建设提供科学的理论与实践指导。

作者简介: 徐君,博士,教授,博士研究生导师,研究方向为资源经济学、区域经济学和系统工程。E-mail:lmxjxj@163.com

基金项目: 国家社会科学基金项目“区域中心城市创新生态圈建构、演进及协同效应研究”(19BJY066);江苏省“青蓝工程”培养计划资助(苏教师(2017)15号);江苏省高校哲学社会科学重点项目“江苏省海绵城市建设的动力机制、评价及对策研究”(2018SJZDI090)

1 江苏省海绵城市建设影响因素分析

1.1 海绵城市建设影响因素的作用机理

经济实力、科技水平、自然禀赋、基础设施等因素对推进海绵城市建设发挥着至关重要的作用,按照影响因素的不同作用效果,可将影响海绵城市建设的因素分为内源性影响因素和外源性影响因素两类。其中内源性影响因素主要包括城市的经济实力、基础设施条件、水生态状况等,它们是海绵城市建设的本源力量,不易受到外界条件的干扰。外源性影响因素主要包括国家的政策法规、科技发展水平、管理体制等。海绵城市建设具有明显的生态效益和社会效益,以政府为主导的外源性影响因素对海绵城市建设发挥着更大的作用。

内源性影响因素和外源性影响因素在海绵城市建设中是相互作用、相互制约的,在不同阶段发挥着不同的作用。内源性影响因素是海绵城市建设的先决条件,影响着海绵城市建设规划的提出和初步实践,随着海绵城市建设的推进和发展,外源性影响因素开始发挥作用。海绵城市建设需要国家的政策法规作为保障、科技水平作为支撑、管理机制进行协调等,并需借鉴国外的先进经验丰富自身的理论体系。海绵城市建设影响因素的机理可以用图 1 表示。

1.2 江苏省海绵城市建设影响因素分析

海绵城市建设受内源性因素与外源性因素的影响,本文基于相关文献检索与分析,最终确定四类内源影响因素和四类外源影响因素。

1.2.1 内源性影响因素

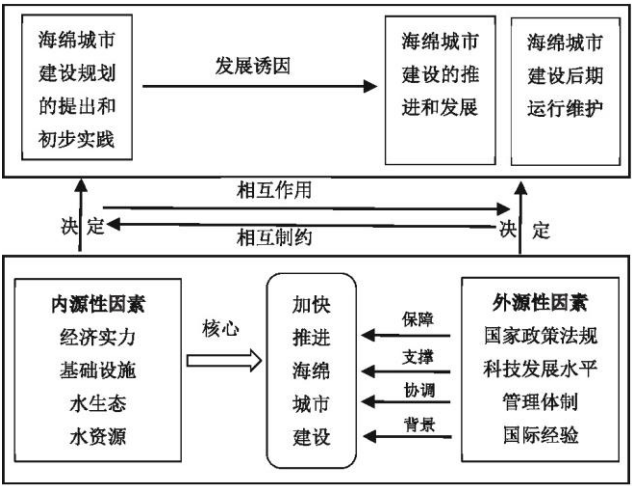


图 1 海绵城市建设影响因素的作用机理

内源性影响因素是海绵城市建设规划的提出和初步实践的核心影响要素,其关乎海绵城市建设的成败与否,内源性影响因素主要包括:经济实力、基础设施、水资源、水生态。

(1) 经济实力。

海绵城市建设是一项庞大的系统工程,其建设成本约为每平方千米 1.5 亿~1.9 亿元^[5],如若没有雄厚的经济实力,政府很难

有足够的资金投入海绵城市建设的工程上^[6]。GDP 最能衡量一个地区的经济实力。近年来,江苏省经济发展蒸蒸日上,2013 年生产总值 59753.40 亿元,人均 GDP 为 7.5 万元;2018 年生产总值 92595.40 亿元,人均 GDP 超过 11 万元;5 年来,生产总值增长率达到 55%。

(2) 基础设施。

一般来说,通常将“海绵体”分成“灰色海绵”和“绿色海绵”,“灰色海绵”主要指对城市传统的排水管网、泵站等设施进行改造与重建,“绿色海绵”主要指与城市绿化相结合,采取生态措施来达成海绵城市建设目标,如增加城市绿化覆盖面积、铺装透水路面等。前期城市基础设施的建设水平对后期建设海绵城市的影响是基础性的,如果城市在前期拥有较好的基础设施条件,后期进行“灰色海绵”的改造和重建、“绿色海绵”的布局和实施难度就会降低。

(3) 水资源。

水资源问题是海绵城市建设需要解决的核心问题,江苏省南北跨度较大,在气温、降水、地理条件、资源禀赋等方面都存在较大差异,导致水资源总量分布严重不均衡。江苏省降水呈现明显的区域差异,整体表现为南方降雨多北方降雨少、东部降雨多西部降雨少,南北降雨量的差异导致苏北地区水资源相对短缺,而苏南地区季节性洪涝灾害频发。以 2016 年为例,太湖流域水资源总量为 230.8 亿立方米,而淮河流域王家坝至中渡区水资源总量只有 39.3 亿立方米,仅占太湖流域的四分之一,水资源具体分布情况见表 1。

表 1 2013—2017 年江苏省水资源情况

年份		2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
降水量/毫米		833.4	1064.7	1281.5	1438.0	1026.4
水资源总量/亿立方米	王家坝至中渡区	18.5	36.7	35.4	39.3	35.8
	中渡以下	62.6	98.7	171.6	187.0	87.7
	沂沭泗河区	83.2	68.8	78.8	88.8	85.9
	湖口以下干流	56.3	84.6	135.5	195.9	89.0
	太湖流域	63.0	110.5	160.7	230.8	94.6
	合计	283.5	399.3	582.1	741.8	392.9

(4) 水生态。

水生态主要指人为因素导致的水生态环境的恶化或改善,此因素是开展海绵城市建设的主要原因之一。水生态一方面会受到大气污染的影响,另一方面与人类的日常生活息息相关:大气污染导致酸雨频发,城市面积的迅速扩张和城市人口的不断增加,导致城市不透水面积扩大,用水量、排水量、生活垃圾增加,地下水位下降。民众对于生态环境改善的要求也会强化海绵城市的建设。2013 年,政府对环境污染投资 896.1 亿元,2017 年增加到 1177.6 亿元,随着对环境污染投资的增加,江苏省生态环境状况也相应得到了较大改善。

1.2.2 外源性影响因素

外源性影响因素是海绵城市建设从推进、发展到成熟和后期运行维护的重要作用力量,它贯穿海绵城市建设的始终。外源性影响因素主要包括国家政策、科技水平、管理体制和国际经验。

(1) 国家政策。

国家政策是海绵城市建设道路上的指明灯,是海绵城市建设顺利推进的重要保障,海绵城市的规划管理、资金保障、建设维护等工作都离不开国家政策的支持和引导。为了解决城市洪涝灾害,改善城市水生态环境,自2013年国家提出“海绵城市”建设理念以来,2014—2015年,我国住房和城乡建设部相继颁布了《海绵城市建设技术指南》《海绵城市建设绩效评价与考核办法(试行)》,2015年10月国务院办公厅颁布了《关于推进海绵城市建设的指导意见》,全国各省份也正在抓紧时间制定省内的海绵城市建设规划。2017年8月,江苏省第一部关于海绵城市建设和管理的创新性政府规章——《镇江市海绵城市管理办法》正式施行,但目前江苏省15个建设试点都缺乏控制性详细规划和严格的技术标准方案,海绵城市建设法律法规的缺失在一定程度上会制约相关建设进程的推进。

(2) 科技水平。

技术水平的高低对海绵城市建设的影响主要体现在三个方面:一是技术支持,海绵城市建设中的绿色屋顶、下凹式绿地、透水路面、雨水花园等对技术水平和相关设备材料有较高的要求,科技水平决定着海绵城市建设的质量^[7]。二是资金支持,科学技术是第一生产力,技术水平对地区生产总值有着至关重要的作用,技术水平越高,对GDP的贡献值越大,政府就会有更多的资金投入海绵城市建设中。三是创新能力,海绵城市建设是现代城市建设的新理念,迫切需要激发科研人员的创新意识,建设创新团队,培养创新观念。近年来,江苏省的自主创新能力不断提高,各级政府对科学技术创新研究的支持力度持续增强,全省研究与试验发展经费支出稳步增长。2013年,江苏省研究与试验发展经费内部支出为1487.45亿元,2017年已经增加到2260.06亿元,年增长率超过10%。

(3) 管理体制。

在传统的雨洪管理方面,防洪和排涝分别是水利和市政两个部门负责,分工明确,而海绵城市的建设过程中还需要园林、环保和水务等多个部门的参与,所涉及的部门越多,管理的难度就越大。因此,管理体制的完善度直接决定着海绵城市建设的进程和速度,海绵城市建设是一项巨大的工程,项目建设周期相对较长,在建设过程中管理体制不完善则会直接影响海绵城市建设的质量,甚至还会增加时间和资金成本。此外,海绵城市建设过程中会给民众的生活带来一定不便,如若民众对海绵城市建设理念认知不足,一定程度上也会阻碍海绵城市的建设。因此,在建设的各阶段都需建立完善的管理机构、绩效考核制度、公众参与机制等,并设立专门的监管机构对各部门的工作进行监督和协调。

(4) 国际经验。

国外对于雨洪管理的理念研究较早,技术已较为成熟,如:美国的低影响开发技术(LID)、澳大利亚的水敏性城市设计(WSUD)、英国的可持续城市排水系统(SUDS)^[8-10],我国海绵城市建设可借鉴参考国外经验,但国外的发展经验对区域海绵城市建设的影响有利有弊。借鉴国外建设经验的精华,可以让我们少走弯路。但各省份自然条件不尽相同,经济发展水平参差不齐,使海绵城市建设面临不同的境况。因此,在借鉴国外建设的政策制定、技术标准、管理措施和设计思路的同时,要充分考虑到自身的内外在条件,认真甄别国际经验中的优势和不足。

1.3 海绵城市建设影响因素指标设定

通过上述对海绵城市建设影响因素的归纳分析,依据指标体系设计的系统性、科学性、可获取性、定量与定性相结合的原则,从经济实力、基础设施、水资源、水生态、国家政策、科技水平、管理体制、国际经验等 8 个维度建立了一级影响因素指标,并对 8 个维度进一步细分,设置了 37 个可衡量一级影响因素的二级影响因素,如表 2 所示。

2 灰色关联分析模型构建

表 2 海绵城市建设影响因素指标设定

目标层	一级影响因素	二级影响因素	单位
海绵城市建设影响因素	经济实力	X ₁ :人均 GDP	元/人
		X ₂ :区域财政收入	万元
		X ₃ :万元 GDP 水耗	万元/吨
		X ₄ :万元 GDP 能耗	万元/吨
		X ₅ :环境污染治理投资占 GDP 比重	%
	基础设施	X ₆ :人均公园绿地面积	平方米
		X ₇ :人均道路面积	平方米
		X ₈ :城市供水综合生产能力	万吨/日
		X ₉ :排水管道密度	%
		X ₁₀ :洪涝灾害水利设施直接经济损失	亿元
	水资源	X ₁₁ :水资源总量	亿立方米
		X ₁₂ :地下水资源量	亿立方米
		X ₁₃ :年降水量	亿立方米
		X ₁₄ :湖泊面积	千公顷
	水生态	X ₁₅ :三废排放量	万吨
		X ₁₆ :建成区绿化覆盖率	%
		X ₁₇ :重点功能区水质达标率	%
		X ₁₈ :污水处理率	%
		X ₁₉ :湿地面积	千公顷
	国家政策	X ₂₀ :规划体系完整性	%
		X ₂₁ :技术标准规定完善性	%
		X ₂₂ :投融资制度可行性	%

		X_{23} :运行维护法规完备性	%
	科技水平	X_{24} :专利申请受理量	个
		X_{25} :本科及以上学历人数	人
		X_{26} :从事科技活动人员数	人
		X_{27} :研究与发展经费支出占 GDP 比重	%
		X_{28} :建设相关技术的成熟度	%
		X_{29} :建设相关设备与材料的可靠性	%
	管理体制	X_{30} :各阶段管理机构设置完备性	%
		X_{31} :各阶段的监管机制完善度	%
		X_{32} :绩效考核机制完整性	%
		X_{33} :公众参与机制顺畅性	%
	国际经验	X_{34} :国际政策制定的可参考性	%
		X_{35} :国际技术标准的适应性	%
		X_{36} :国际管理措施的适用性	%
		X_{37} :国际设计思路的可借鉴性	%

许多经济学模型都能够进行关联性分析,如回归分析、主成分分析、方差分析等,然而这些方法往往对自变量有较高的要求,不仅需要大量的样本数据,各因素之间还要彼此无关^[11],但海绵城市建设是一项不确定性的系统工程,其受经济、科技、管理、水环境等多种因素的综合影响,彼此间的关系并非十分精确。因此,上述经济学模型并不太适用于海绵城市建设相关影响因素的研究,而且各因素与海绵城市建设关联系数的具体数值并非本文研究的重点,本文主要是为了找出各因素对海绵城市建设影响大小的排序,从而明确未来海绵城市建设的重点。基于邓聚龙教授^[12]提出的灰色系统理论演变出的灰色关联分析法适用于在不确定的信息状态下描述各因素间的关联程度。因此,本文选取该方法进行海绵城市建设影响因素研究,模型构建如下。

(1) 确定指标体系,收集指标数据。

设 n 个数据序列形成如下矩阵:

$$(x'_1, \dots, x'_n) = \begin{bmatrix} x'_1(1) & \dots & x'_n(1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x'_1(m) & \dots & x'_n(m) \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中:m 为指标的个数。

(2) 确定参考序列。

以各指标的最优值(最劣值)或根据评价目的选择合适的参照值构成参考序列, 记作:

(3) 对指标数据进行标准化处理。

由于系统中各因素的物理意义不同, 导致数据的量纲也不一定相同, 为了便于比较, 在进行灰色关联度分析前, 先采用公式 (3) 对指标数据进行无量纲化处理。

$$x_i(k) = \frac{x'_i(k)}{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m x'_i(k)} \quad (3)$$

指标数据经过标准化处理后形成如下矩阵:

$$(x_0, x_1, \dots, x_n) = \begin{bmatrix} x_0(1) & x_1(1) & \cdots & x_n(1) \\ x_0(2) & x_1(2) & \cdots & x_n(2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_0(m) & x_1(m) & \cdots & x_n(m) \end{bmatrix} \quad (4)$$

(4) 计算每个被评价对象指标数据与参考序列对应元素的绝对差值:

$$|x_0(k) - x_i(k)|, k=1, \dots, m; i=1, \dots, n \quad (5)$$

(5) 计算关联系数。

分别计算每项指标序列与参考序列对应的关联系数:

$$\zeta_i(k) = \frac{\min_k \min_i |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \cdot \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \cdot \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (6)$$

式中: ρ 为分辨系数, $0 < \rho < 1$ 。若 ρ 越小, 则关联系数间差异越大, 区分能力越强。通常 ρ 取 0.5。

(6) 计算关联度。

分别计算各个指标序列与参考序列对应元素的关联系数的均值, 以反映各评价对象与参考序列的关联关系, 并称之为关联度, 记作:

$$r_{0i} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \zeta_i(k) \quad (7)$$

(7) 分别对二级影响因素指标关联序列取均值。

最终得出经济实力、基础设施、水资源、水生态等 8 个维度与海绵城市建设间的关联度。

3 实证研究

3.1 指标数据获取

我国关于海绵城市建设影响因素的研究尚不成熟,没有统一的标准,本文立足于江苏省海绵城市建设的实际现状,从 8 个维度选取了 37 个指标作为海绵城市建设影响因素的研究体系。文中的定量指标数据来源于 2009—2018 年《江苏省统计年鉴》、《江苏省水利年鉴》、《中国城市建设统计年鉴》、江苏省水资源公报等,定性指标数据来源于专家打分法。

3.2 实证测算

为了准确反映江苏省海绵城市建设与各影响因素之间的关联度,以内源性影响因素的经济实力为例,给出两者之间灰色关联分析的计算过程。其指标序列 x'_i 的数值分别为:

$$\begin{aligned} x'_1 &= (40\ 503, 44\ 837, 52\ 840, 62\ 290, 68\ 347, 75\ 354, \\ &81\ 874, 87\ 995, 96\ 887, 107\ 150); \\ x'_2 &= (27\ 311\ 000, 32\ 286\ 000, 40\ 799\ 000, 51\ 489\ 000, \\ &58\ 607\ 000, 65\ 684\ 600, 72\ 331\ 400, 80\ 285\ 900, 81\ 212\ 300, \\ &81\ 715\ 300); \\ x'_3 &= (17.8, 15.7, 13.3, 11.3, 10.2, 8.3, 7.4, 6.6, 5.9, 5.4); \\ x'_4 &= (0.83, 0.79, 0.74, 0.68, 0.57, 0.54, 0.50, 0.46, 0.44, \\ &0.38); \\ x'_5 &= (1.31, 1.07, 1.13, 1.20, 1.22, 1.49, 1.35, 1.36, 0.99, \\ &0.83)。 \end{aligned}$$

选取 5 项指标的最大值作为参考序列,按照公式(3)将指标进行标准化处理,形成标准化矩阵,然后由公式(6)可得出每项指标序列与参考序列间的关联系数:

$$\begin{aligned}\xi_1 &= (0.333, 0.348, 0.380, 0.426, 0.462, 0.512, 0.569, \\ &0.635, 0.765, 1.000); \\ \xi_2 &= (0.333, 0.355, 0.399, 0.474, 0.541, 0.629, 0.743, \\ &0.950, 0.982, 1.000); \\ \xi_3 &= (0.334, 0.376, 0.440, 0.513, 0.564, 0.682, 0.757, \\ &0.838, 0.926, 1.000); \\ \xi_4 &= (0.333, 0.354, 0.385, 0.429, 0.542, 0.585, 0.652, \\ &0.738, 0.790, 0.999); \\ \xi_5 &= (0.647, 0.440, 0.478, 0.532, 0.550, 0.999, 0.702, \\ &0.717, 0.397, 0.333).\end{aligned}$$

最后计算各个指标序列与参考序列对应元素的关联系数的均值,即可得出关联度: $r_{01}=0.543$, $r_{02}=0.641$, $r_{03}=0.643$, $r_{04}=0.581$, $r_{05}=0.580$ 。

按照上面的步骤分别计算出基础设施、水资源、水生态、国际政策等维度与海绵城市建设间的关联度。计算结果整理如表 3 所示。

3.3 实证结果分析

由表 3 可知,8 个一级影响因素与海绵城市建设的关联度大小排序为:水资源>基础设施>经济实力>水生态>科技水平>国家政策>管理体制>国际经验。内源性影响因素整体大于外源性影响因素,由此可以得出以下结论:

表 3 海绵城市建设影响因素关联度

一级影响因素	关联度	二级影响因素	关联度
经济实力	0.598	X_1 : 人均 GDP	0.543
		X_2 : 区域财政收入	0.641
		X_3 : 万元 GDP 水耗	0.643
		X_4 : 万元 GDP 能耗	0.581
		X_5 : 环境污染治理投资占 GDP 比重	0.580
基础设施	0.600	X_6 : 人均公园绿地面积	0.548
		X_7 : 人均道路面积	0.620
		X_8 : 城市供水综合生产能力	0.554
		X_9 : 排水管道密度	0.608
		X_{10} : 洪涝灾害水利设施直接经济损失	0.670

水资源	0.728	X ₁₁ :水资源总量	0.833
		X ₁₂ :地下水资源量	0.697
		X ₁₃ :年降水量	0.715
		X ₁₄ :湖泊面积	0.665
水生态	0.568	X ₁₅ :三废排放量	0.519
		X ₁₆ :建成区绿化覆盖率	0.577
		X ₁₇ :重点功能区水质达标率	0.453
		X ₁₈ :污水处理率	0.624
		X ₁₉ :湿地面积	0.666
国家政策	0.505	X ₂₀ :规划体系完整性	0.528
		X ₂₁ :技术标准规定完善性	0.540
		X ₂₂ :投融资制度可行性	0.481
		X ₂₃ :运行维护法规完备性	0.472
科技水平	0.565	X ₂₄ :专利申请受理量	0.652
		X ₂₅ :本科及以上学历人数	0.562
		X ₂₆ :从事科技活动人员数	0.686
		X ₂₇ :研究与发展经费支出占 GDP 比重	0.622
		X ₂₈ :建设相关技术的成熟度	0.434
		X ₂₉ :建设相关设备与材料的可靠性	0.434
管理体制	0.469	X ₃₀ :各阶段管理机构设置完备性	0.465
		X ₃₁ :各阶段的监管机制完善度	0.475
		X ₃₂ :绩效考核机制完整性	0.475
		X ₃₃ :公众参与机制顺畅性	0.460
国际经验	0.448	X ₃₄ :国际政策制定的可参考性	0.440
		X ₃₅ :国际技术标准的适应性	0.457
		X ₃₆ :国际管理措施的适用性	0.445
		X ₃₇ :国际设计思路的可借鉴性	0.449

(1)海绵城市建设受自然因素影响最大。水资源与海绵城市建设间的关联度为 0.728,是最为重要的影响因素,尤其是水资源总量和年降水量的影响指数分别达到了 0.833 和 0.715。地区的水资源总量影响着海绵城市建设六字方针中的“渗”“滞”“蓄”。一个城市如同一块海绵,如若已经储蓄了一定的水量,它的“渗”“滞”“蓄”水能力就会下降,反之亦然。江苏省苏南地区河流湖泊分布广泛,水资源总量相对丰富,而苏北地区由于地理条件的劣势,水资源总量相对匮乏。苏南、苏北降雨量的差异也较为明显,导致季节性、地区性洪涝灾害频发,由此也使得江苏省海绵城市建设面临着不同的境况,因此,水资源总量、年降水量等因素对江苏省海绵城市建设影响最大。

(2)城市基础设施是海绵城市建设的重点。基础设施与海绵城市建设间的关联度为 0.600,对海绵城市的影响仅次于水资源。海绵城市的建设是一个个海绵体的建设,城市的人均公园绿地面积、人均拥有道路面积与海绵城市建设的雨水花园、铺装透水路面一脉相承,直接影响着“绿色海绵”的建设。而排水管道密度、水利设施因素对海绵城市建设的影响均达到 0.600 以上,其反映着城市“灰色海绵”的质量。排水管道密度越大,在夏季面临暴雨考验时的泄洪能力越强,洪涝灾害水利设施直接经济损失越小,说明城市对洪涝灾害的抵御能力越强。因此,基础设施是海绵城市建设的重要影响因素,完善城市基础设施是海绵城市建设的重中之重。

(3)经济实力发挥着关键作用。海绵城市建设是一项庞大的工程,需要一定的资金保障,资金是海绵城市建设的动力源泉。人均 GDP 常作为衡量经济发展状况的指标,经济实力越强,政府越有足够的实力来推进海绵城市的建设。区域财政收入对海绵城市建设的影响值为 0.641,说明海绵城市建设资金主要依赖于地方政府。但地方政府的资金供给并非海绵城市建设长期的资金来源渠道,政府可以制定完善的投融资政策,广泛吸收社会资本参与到海绵城市的建设中。因海绵城市建设的效果不易直接体现,而是与环境效益和社会效益息息相关,万元 GDP 水耗、万元 GDP 能耗分别说明一个地区经济活动中对水资源和能源的利用程度,反映经济发展与环境效益的关系,因此,与海绵城市建设密不可分,对海绵城市建设影响较大。

(4)科技水平是外源性因素的核心力量。在四大外源性影响因素中,科技水平对海绵城市建设影响最大。技术是实现低影响开发系统、绿色基础设施建设的关键,因此需要科技创新水平的提高和突破。虽然住房和城乡建设部于 2014 年 10 月颁布了《海绵城市建设技术指南》,但由于苏南、苏北不同的地理位置,面临着不同的水资源现状,因此需要根据不同的地区、不同的自然条件,因地制宜地制定海绵城市技术标准,如其建设相关的设备、绿化植物的选择、透水铺装的材料等都应有高标准、严要求。专利申请量、从事科技活动人员数、研究与发展经费支出占 GDP 比重等是衡量一个地区科技水平的关键要素,其对海绵城市建设的影响指数均在 0.600 以上,处于较高影响水平。

4 对策与建议

4.1 强化政府主导地位,制定海绵城市建设细则

江苏省海绵城市建设中,政府应当担任主导者,协调多个机构和部门,统筹海绵城市建设的各项工作,借鉴国外发达国家的雨洪管理经验,并结合自身城市发展的独特性和周围环境的差异性,认真甄别国外发展经验中有利和不利的部分来制定符合自身的海绵城市建设规章,具体包括:不同城市的建设规划方案、投融资制度^[13]、运行维护法规、公众参与机制等。

(1)对于不同城市的建设规划方案,各海绵城市建设试点应当协调相关机构和部门依据本城市的自然环境状况、经济发展水平和城市人口等特点因地制宜地编制城市建设总体规划。

(2)对于投融资制度,由于海绵城市建设的效益不易直接体现,面对投资与回报不确定的情况,政府应发挥投资的主导作用,与企业共同商榷制定投融资政策,保证海绵城市建设过程中政府与企业的紧密合作,促进企业对海绵城市建设方案实施的深度参与,如此一来,既减轻了政府负担,又促进了投资主体的多元化。

(3)对于运行维护法规,必须有一套完整的管理模式。由于建设过程中所涉及的部门较多,需要协调的资源数量较大,管理起来就比较困难,因此必须明确责任主体,对管理人员进行统一培训,合格上岗,以便对设施进行科学维护管理,保障设施的正常运行,延长设施的使用期限,从而达到综合效益最大化的目标。

(4)对于公众参与机制,要让民众理解海绵城市建设的理念,认识到海绵城市建设的重要性,鼓励民众为海绵城市谏言,并让民众参与到海绵城市建设的绩效评估中来,广泛收集民众建议,提升民众在海绵城市建设过程中的主人翁意识。

4.2 提升经济科技水平,保障海绵城市建设进程

目前,江苏省海绵城市建设还处于起步阶段,产品科技创新能力不足,投资运营资金的需求较大,海绵城市建设是一项高投入成本的工程,一般而言,平均建设成本约为每平方千米1.5亿元,对于老城区的建设,投入成本会更高,需要足够的资金来保障海绵城市的建设进程。科学技术是第一生产力,一个地区的科技水平与经济实力是相辅相成的,海绵城市建设与地区科技水平密不可分,需要较高的科技水平作为支撑。

(1)对于建设的资金问题,可从增加区域财政收入,提高经济发展中水资源和能源的利用效率方面着手,提升经济实力的同时兼顾坚持节约资源与保护环境的理念。一方面,着力扩大高新企业的比重,提高产业发展的规模,发挥战略性新兴产业的集群优势;另一方面,发挥政府促进产业发展的积极作用,吸引以节能环保产业为首的战略性新兴产业聚集形成高新产业园区,并强化对工业园区的规划建设和治理整顿。

(2)为提高海绵城市建设的科技水平,主要可从两方面着手,一方面要增加研究与发展经费支出,加强研发中心建设。首先要从“滞、渗、蓄、净、用、排”等方面加强技术创新和研发^[14]。从“排”水技术来看,传统的排水技术都是集中在管网和泵站,而海绵城市建设要求中的“排”水强调的是低影响开发技术,除了要考虑传统的小排水系统,还要关注超标雨水径流的排泄通道、雨水的净化等大排水系统。其次需要注意,由于苏南和苏北城市水生态面临不同的境况,在海绵城市建设六字方针中,应因地制宜,各有自己的侧重点。最后要保证海绵城市建设技术的成熟度和建设相关设备材料的可靠性。另一方面要强化专业人才培养,人才队伍建设是实现海绵城市有效建设及管理的重要依托,可以通过开设专门的培训机构,完成对建设海绵城市工程人员的全面培训,同时要引进不同类型人才,以突破海绵城市建设中的技术难题。

4.3 完善城市基础设施,奠定海绵城市建设基础

海绵城市建设的实质即是灰色与绿色设施的结合建设、海绵体的新建与保护,完善城市基础设施,要坚持“灰色海绵”建设和“绿色海绵”建设并重的战略思想^[15]。

(1)对于灰色海绵的建设,主要应从地下管网、水利设施的改造与建设方面着手,加大城市面临暴雨来袭的抵御能力,不仅要改善城市排水管网的排水能力,还要增加城市的蓄水能力。铺装透水路面、建设道路截水沟能够较理想地达到雨水下渗的目的,及时补充土壤水和地下水,还能够降低汽车轮胎与地面摩擦产生的污染物,达到净化雨水的作用。

(2)对于绿色海绵的建设,主要可从两方面着手。一方面可以通过扩大绿化覆盖率,即通过绿地来增加对雨水的吸收。可对住宅区、商业区的楼顶进行绿化,建设绿色屋顶;在道路两旁设置下沉式绿地、植草沟;建设雨水花园、植被缓冲带;等等。另一方面要加强对流域和湿地的保护,城市的流域和湿地是城市生态景观的载体,是天然的海绵体,具备调节局部气候、净化环境、缓解洪涝灾害等强大的功能。面对河流湿地的蓄水、净化、调节功能降低,在雨洪来临时无法充分发挥调蓄洪水的作用,可从治理水域污染、恢复被填埋的自然湿地、新建人工湿地等方面着手,增强城市抵御洪水压力的能力。

参考文献:

-
- [1]马海良,姜明栋,侯雅如.江苏省海绵城市建设的战略分析和路径规划[J].水利经济,2017(6):6-11,79.
- [2]徐君,任腾飞,王育红.海绵城市建设的综合动力机制分析——以河南省为例[J].科技管理研究,2016(6):192-198.
- [3]陈前虎,孙攸莉,黄初冬.海绵城市建设风险因素及其影响机制[J].城市发展研究,2018(10):96-104.
- [4]孙攸莉.全生命周期视角下的海绵城市建设风险影响因素研究[D].杭州:浙江工业大学,2018.
- [5]杨高升,董洪麟.海绵城市战略下城市雨洪管理探析[J].科技管理研究,2019(7):215-220.
- [6]Nguyen T T, Ngo H H, Guo W S, et al. Implementation of a specific urban water management—Sponge City[J]. Science of the Total Environment, 2018, 652:147-162.
- [7]Coombes P J, Argue J R, Kuczera G. Figtree place: A case study in water sensitive urban development (WSUD) [J]. Urban Water, 2000, 1(4):335-343.
- [8]Fletcher T D, Shuster W, Hunt W F, et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage[J]. Urban Water Journal, 2015, 12(7):525-542.
- [9]Morison P J, Brown R R. Understanding the nature of public and local policy commitment to water sensitive urban design[J]. Landscape and Urban Planning, 2010, 99(2):83-92.
- [10]Fatemeh K, Reza G M, Baden M, et al. Potential of combined water sensitive urban design systems for salinity treatment in urban environments[J]. Journal of Environmental Management, 2018, 209:169-175.
- [11]王莉静,李菲菲.基于灰色关联度的中小制造企业创新资源整合影响因素研究[J].学习与探索,2018(4):138-143.
- [12]邓聚龙.社会经济灰色系统的理论与方法[J].中国社会科学,1984(6):47-60.
- [13]晏永刚,吴雯丽.国内外典型海绵城市建设投融资制度比较及借鉴[J].人民长江,2018(14):77-83.
- [14]黄敬军,武鑫,姜素,等.海绵城市建设的地质影响及适宜性评价——以徐州为例[J].地质论评,2018(6):1472-1480.
- [15]马海良,姜明栋,胡媛媛,等.海绵城市建设时空差异研究——以江苏省为例[J].生态经济,2018(4):185-190.