
海绵城市建设时空差异研究

——以江苏省为例

马海良^{1,2}, 姜明栋¹, 胡媛媛¹, 王武港³

(1. 河海大学低碳经济与技术研究所, 江苏常州 213022;

2. 江苏省“世界水谷”与水生态文明协同创新中心, 江苏南京 211100;

3. 河海大学机电工程学院, 江苏常州 213022)

【摘要】利用江苏省各地级市 2001—2015 年的面板数据, 基于低影响开发理念, 从弹性功能、净化功能、生态功能和社会功能方面构建江苏海绵城市评价指标体系, 分析海绵城市建设的发展进程以及空间差异状况。研究发现: (1) 2008 年是江苏海绵城市建设的重要转折点, 之前海绵城市建设呈现快速发展趋势, 而之后呈现平稳增长趋势。(2) 江苏海绵城市建设水平空间差异显著, 明显表现出“南高北低”的状态。(3) 从海绵城市建设的速度来看, 江苏省海绵城市建设呈现“北快南慢”趋势, 表明省内建设水平的空间差异趋向于收敛趋势。据此, 提出海绵城市建设中苏北追数量、苏南讲质量以及全省促进区域协同发展等建议。

【关键词】海绵城市; 时空差异; 评价体系; 江苏省

【中图分类号】 TU992 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-4407(2018)04-185-06

1 引言

近年来, 气候变化和环境污染的叠加效应给我国城市建设和经济生产带来了巨大损失。据统计, 自 2010 年起我国城市因洪涝灾害引发的损失年均达千亿元以上, 受灾总人口近亿人, 基本覆盖所有省份^[1-2]。这一系列暴雨灾害事件警醒人们增强城市防

基金项目: 国家自然科学基金项目“绿色水资源利用效率的空间异质性及其与新型城镇化的耦合”(41301620); 国家自然科学基金项目“社会网络关系嵌入下小型农田水利农户参与供给研究”(41501126); 中央高校业务基金项目“海绵城市建设的水资源保障研究”(2016B09714); 国家级创新训练项目“基于碳水耦合的低碳海绵城市建设路径研究”(201710294098)

第一作者简介: 马海良(1979—), 男, 江苏常州人, 博士, 副教授, 硕导, 研究方向为水资源经济与环境规制。
E_mail: hilima@vip.sma.com

灾减灾的能力，重新探寻人类城市文明发展和生态环境保护“双赢”的发展模式。海绵城市的建设为我们从系统上提高城市防灾减灾能力，促进人类城市文明进步与生态环境和谐共处提供了解决方案。

海绵城市是在低碳城市、生态城市、水生态文明城镇的基础上，结合城市的雨水管理现状，提出的一种创造性的城市管理模式。它的目标是利用原有的良好生态系统，让城市弹性适应环境生态变化和自然灾害，从而达到“人水和谐”的良好状态。其规划理念的根源是西方的“低影响开发”（low impact development）理论^[3]。美国学者在 20 世纪 80 年代率先提出“低影响开发”理论，并在乔治王子郡得到实践^[4]。2005 年，印度学者首次依据“低影响开发”的理念提出“海绵城市”的概念，而“海绵城市”首次在国内出现是在 2012 年 4 月的“2012 低碳城市与区域发展科技论坛”上。随后，大量学者对“海绵城市”的内涵、功能、建设机制以及成长路径进行研究。邹宇等^[5]以宁乡县海绵城市规划与建设为案例，实证分析了南方多雨地区海绵城市建设的理念、规划等问题，提出前期规划、经济调节、制度完善、公众参与的海绵城市建设建议。张伟等^[6]研究了南宁市在海绵城市规划、建设、管理等方面开展的相关探索与实践，认为海绵城市在总体规划时应当构建城市自然生态空间格局，保障区域海绵本底安全，同时结合城市发展特征来制定海绵城市总体建设策略。于洪蕾和曾坚^[7]以我国海绵城市建设为研究对象，以适应性为导向分析了低影响开发、水敏性城市设计、可持续排水系统等雨水管理技术的适应范围和侧重点；策略层面通过对海绵设施六大功能的整合，提出了“消纳、截留和利用”三项关键性适应策略，并从城市建设途径的角度提出了“保护、更新和新建”等适应性策略。

作为我国综合发展水平领先的省份，江苏多年来保持着较高的经济增长速度和较快的城镇化步伐。随着创新示范区的建设以及“两个率先”战略目标的实施，江苏省城镇化和工业化等“四化”协同融合的步骤明显加快，导致水资源利用量和水环境承载的压力随之增加。在这样的背景下，江苏省在全国率先出台指导意见，推进海绵城市建设^[8]。因此，对江苏省海绵城市建设进行研究具有重要的实践意义。从文献来看，目前对江苏省海绵城市的研究多是停留在“从无到有”层面，仅仅分析江苏海绵城市建设的必要性，或根据某一试点城市的实践进行案例剖析^[9-10]，缺乏“从量到质”的分析，更缺乏对江苏省海绵城市建设的整体水平和空间差异程度的量化研究。因此，我们利用江苏省各地级市 2001—2015 年的面板数据，系统分析江苏省海绵城市建设现状和差异程度，从而提出针对性的海绵城市建设路径。

2 海绵城市的功能分析

海绵城市建设需要根据当地区域的自然人文特点，将雨水资源化思想融入城市系统规划，从而保证环境整治、水资源管理以及城市产业规划能够充分协同起来。海绵城市整个建设过程的关键在于“海绵体”的确定，也就是城市进行雨水管理和环境整治的工具和手段。许多学者根据“海绵体”的性质将城市“海绵体”细分为“灰色海绵”和“绿色海绵”^[11]。“灰色海绵”是指通过建造管渠、泵站等“灰色”设施来解决问题；而“绿色海绵”则要求城市通过合理布局绿化，使用生态措施来达成海绵城市的建设目标。随着“低影响开发”理念逐步深入人心，我国主流的城市规划理念倾向于通过“绿色海绵”来实现城市的弹性功能和自净功能，因此城市“海绵体”的功能也从简单的“弹性作用”和“净化作用”延伸到“生态作用”和“社会作用”。

2.1 弹性功能，提升城市排水给水能力

张建云等^[12]人为弹性功能是海绵城市的最主要职能，其主要表现在防御洪涝和缓解旱情的排水给水能力。对位于东部季风区平原地区的江苏而言，每年夏秋季节的水旱灾害往往会对区域城市居民生产生活带来恶劣影响。当城市受到骤雨突袭或遭遇连绵暴雨时，位于道路、社区、花园等处的城市“海绵体”发挥其吸水的功能^[13-14]，首先通过“灰色”渗水、储水装置和“绿色”生态绿化将城市积水存蓄起来，实现积水在城市地下系统停滞以缓解城市路面交通压力以及江河排水压力^[15]；随后实现积水的分流，一部分积水进行净化，一部分补充地下水，少数积水排向江湖河海，实现城市内涝的有效防治，同时减轻城市周边水系的排水压力。当初春时节缺乏雨露或是夏季副热带高压席卷城市时，城市“海绵体”可以将所储蓄的水释放出来，满足城市生产生活对水资源的需求，甚至可以将城市蓄水用于城郊农田的灌溉，不仅能缓解城市缺水难题，还能大大减轻周边水系的供水压力，有效缓解旱情。

2.2 净化功能，完善城市污染自净能力

除了弹性，海绵最大的特点就是其清洁能力。对于海绵城市来说，城市自净能力是其仅次于弹性的第二大功能。《海绵城市建设技术指南》（2014）要求海绵城市像海绵一样，能够适应环境变化和应对自然灾害，下雨时迅速做到吸水、蓄水、渗水和净水。吸水、蓄水、渗水都属于海绵城市的弹性作用，而净水则表现出其净化作用。江苏省工业发达，常年工业排放让这里空气中含有大量有害物质，在雨雪天气，这些有害物质会随降水一起落到地面，如果缺少了净化的环节，从城市表面收集的积水只能补给地下水或延迟排入江河，并不能直接供应城市生产生活，其社会价值和经济价值大幅降低。城市的净化作用也是通过“灰色海绵”和“绿色海绵”共同实现。“灰色海绵”即指通过传统的物理手段过滤、化学物质反应以实现水资源的处理，而“绿色海绵”则通过生物手段，利用湿地系统涵养水环境，以达到水资源的“自然”净化。增添了净化功能的城市“海绵体”不仅仅可以应对雨洪管理，对于城市原有的工业废水和生活污水的处理能力也大大提升。

2.3 生态功能，改善城市绿色生态环境

“低影响开发”理念融入城市雨洪管理系统后，研究人员发现通过合理布局绿化，使用生态措施来达成海绵城市建设目标是一种理想选择。俞孔坚等^[16]指出海绵城市有别于传统的工程依赖性治水思路和“灰色”基础设施，而是作为一种生态途径，其构建核心在于建立跨尺度的水生态基础设施，以综合解决中国城乡突出的水问题。随着镇江市海绵城市建设试点项目中雨水花园、生态草沟以及下凹式绿地的成功实践，“绿色海绵”也逐渐被江苏城市规划人员接纳。“绿色海绵”建设强调了城市绿色环境生态系统的格局特点、规模含义、竖向规划、绿地的城市自净核心作用、LID 理念生态学思想的理解及其模式的应用方法等^[17]。“绿色海绵”的成长，能够有效控制空气粉尘污染、消除面源污染、增强自净能力，以达到良性循环，有利于构建区域良好的生态环境和生态系统，使城市雨水管理利用在城市建设中释放出巨大的生态效益和经济效益。

2.4 社会功能，提高城市节水爱水意识

鞠茂森^[18]从水特征的角度诠释了“海绵城市”具有良好的系统功能，它不仅能够协调城市水供给功能，节约城市水资源，还能美化城市环境，优化城市管理。由此可见，海绵城市是生态价值理念的集中体现，以城市建设模式的转变来驱动区域整体发展模式的转变，从而将节水、爱水的社会意识变为日常生活的一部分。海绵城市带来的功能绝对不仅仅停留于《海绵城市建设技术指南》中要求的“弹性功能”和“净化功能”，还在于城市实现“弹性功能”和“净化功能”后带来的“生态功能”以及由“生态功能”促成的“社会功能”。随着海绵城市建设大潮的到来以及城市“海绵体”实体效益的日益凸显，人们会随之增强节水意识，增加对水的敬畏和珍惜之情，进而实现海绵城市的附加效应。只有全民重视节水，真心爱水，才能真正意义上彻底地解决水安全、水环境、水生态等水资源问题。

3 江苏省海绵城市建设的评价体系构建

3.1 指标选取与数据来源

根据上文对海绵城市功能的分析与目标的解读，我们把海绵城市功能评价体系细分为“弹性功能”“净化功能”“生态功能”“社会功能”四个部分。“弹性功能”是海绵城市最主要的功能，本研究选取表示排水功能的“人均排水管道长度”“建成区排水管道密度”以及表示供水功能的“人均自来水生产能力”“自来水普及率”来表示；“净化功能”由“人均污水处理能力”“污水处理率”表示；“生态功能”由“人均公园绿地面积”“建成区绿化率”表示；“单位工业生产总产值消耗生产用水”和“单位 GDP 消耗供水”能够综合反映区域水资源利用效率，水资源利用效率越高则说明公众节水意识越强，“社会功能”越显著。具体的指标体系见表 1 所示。本研究的原始数据全部来源于 2002—2016 年的《江苏统计年鉴》以及江苏省 13 个设区市的地方统计年鉴。

表 1 海绵城市建设评价体系

二级指标	二级指标	指标属性	单位	权重
弹性功能	人均排水管道长度	正向	米	0.138
	建成区排水管道密度	正向	米/平方米	0.126
	人均自来水生产能力	正向	吨/人	0.040
	自来水普及率	正向	%	0.093
净化功能	人均污水处理能力	正向	吨/人	0.103
	污水处理率	正向	%	0.120
生态功能	人均公园绿地面积	正向	平方米	0.118
	建成区绿化率	正向	%	0.075
社会功能	单位工业生产总产值消耗生产用水	负向	元/吨	0.091
	单位 GDP 消耗供水	负向	元/吨	0.097

3.2 数据标准化和权重的确定

为了消除数据数量级和量纲不同所造成的影响，本文需要对数据进行标准化处理。如果是效益型指标，按照公式 (1) 进行标准化处理，如果是成本型指标，则按照公式 (2) 进行处理。

$$x'_{it} = \frac{x_{it} - \min\{x_{it}\}}{\max\{x_{it}\} - \min\{x_{it}\}} \quad (1)$$

$$x'_{it} = \frac{\max\{x_{it}\} - x_{it}}{\max\{x_{it}\} - \min\{x_{it}\}} \quad (2)$$

其中： x'_{it} 为评价海绵城市建设水平的具体指标； i 表示第 i 个特征指标； t 表示江苏第 t 个城市单元。

本文采用熵值法对海绵城市建设指标进行赋权(具体权重见表 1)。熵值法能够真实反映指标的实际情况，其通过客观排序，并利用指定指标的信息熵值判断该项指标的价值和有效性^[19]。熵值法用来判断指标间的离散程度：若指标值的离散度越小，那么其熵值越大，所包含信息量越少，则应赋权重越少；若指标值离散度越大，那么其熵值越小，所包含的信息量越多，进而权重越大。

具体公式为：

$$a_i = \frac{1 - e_i}{\sum_{i=1}^n (1 - e_i)} \quad (3)$$

$$e_i = -\frac{1}{\ln p} \times \sum_{t=1}^p (r_{it} \times \ln r_{it})$$

其中： e_i 表示为 i 个指标的熵值， r_{it} 为该指标值在同一年指标中所占的比例，可以

$$r_{it} = \frac{x'_{it}}{\sum_{t=1}^p x'_{it}}$$

用来计算得到。

最终，通过公式(4)计算分析江苏每个城市进行海绵城市建设的具体得分：

$$f(x_t) = \sum_{i=1}^m a_i x'_{it} \quad (4)$$

4 江苏海绵城市建设的时空差异分析

4.1 江苏省海绵城市建设的时间轨迹分析

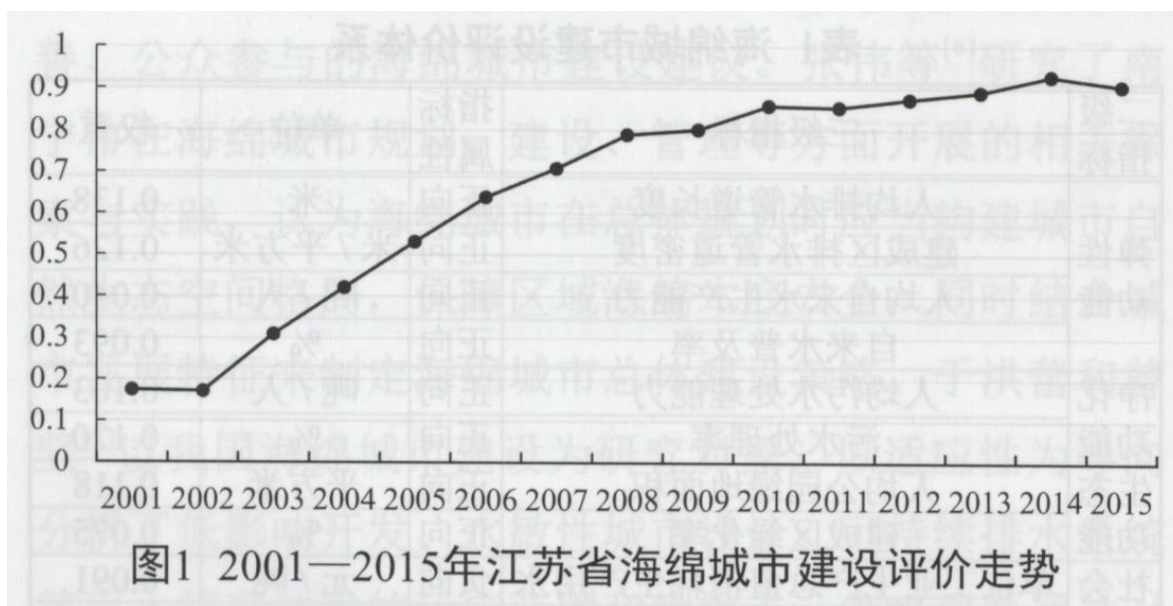
利用上述各指标的具体数值，根据公式(4)，测算得到2001—2015年江苏省海绵城市建设的具体评价价值(表2)，其历史发展轨迹见图1。

表2 2001—2015年江苏省海绵城市建设评价与年增速

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
评价值	0.17497	0.17143	0.30891	0.42085	0.53036	0.63891	0.70718	0.78896
增速	—	-2.019%	80.191%	36.239%	26.022%	20.467%	10.685%	11.565%
年份	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	—
评价值	0.80172	0.85827	0.85459	0.87303	0.89089	0.92918	0.90647	—
增速	1.616%	7.055%	-0.429%	2.158%	2.045%	4.298%	-2.444%	—

表3 “十二五”前后江苏省主要城市海绵城市建设水平与变化情况

地区	南京	无锡	徐州	常州	苏州	南通	连云港
2010年	0.57853	0.82472	0.27888	0.53883	0.66373	0.40007	0.26620
2015年	0.64817	0.85199	0.42497	0.59146	0.74207	0.61132	0.31721
增速	12.039%	3.306%	52.385%	9.767%	11.802%	52.804%	19.165%
地区	淮安	盐城	扬州	镇江	泰州	宿迁	—
2010年	0.17205	0.23361	0.53062	0.45362	0.35603	0.23152	—
2015年	0.36994	0.36733	0.52780	0.57407	0.35970	0.42100	—
增速	115.015%	57.239%	-0.531%	26.554%	1.030%	81.843%	—



由图1可以看出，从“十五”初期到“十二五”末期，江苏省海绵城市成长可以分为两个阶段，即2001—2008年的快速成长期和2008年以后的缓慢波动成长期。2001—2002年，江苏省海绵城市建设水平停滞不前，但在随后的6年时间里，江苏省海绵城市建设水平大幅度上升。2008年以后江苏海绵城市建设出现了波动缓慢成长期，2011和2015年都出现了一定程度的负增长，尤其在2015年，江苏省海绵城市建设增长率为-2.444%。究其原因，一方面是2008年的全球金融危机造成江苏财政收入增幅的减少，并进而减少了在城市基础设施方面的投资。“十五”和“十一五”前期是江苏省经济社会发展的黄金时期，江苏各级政府财政收入快速增长，因此在城市基础设施建设方面给予了大量投资。而2008年经济危机后，江苏省外向型经济受到严重打击，苏州、无锡、常州等经济重镇都面临着经济转型带来的财政收入增幅趋缓困境，因此对海绵城市建设的支出也相应减少。另一方面跟江苏各地级市的地理空间变化有关。20世纪末到21世纪初是江苏省城市扩张最明显的时期，仅2000—2002年的三年间，南京江宁、无锡锡山、苏州吴县等十余个县市相继撤县设区，这些属于城市的新建成区基础设施不完善，城市“海绵体”功能不完备，使得海绵城市整体建设水平较低。2003—2008年，国家提高了增设市辖区的门槛，全省各地级市几乎都没有新增区域，且各新城区基础设施水平得到进一步完善。2009年以后，现有技术下的海绵城市建设水平趋向于饱和，一些指标如“自来水普及率”和“污水处理率”都已经趋近于100%。同时国家再次放开设区标准，2009—2015年江苏共撤县设区10例，又在一定程度上降低了主要城市的城市“海绵体”功能。因此，2009年以后江苏省海绵城市建设提升速度缓慢，甚至出现负增长。

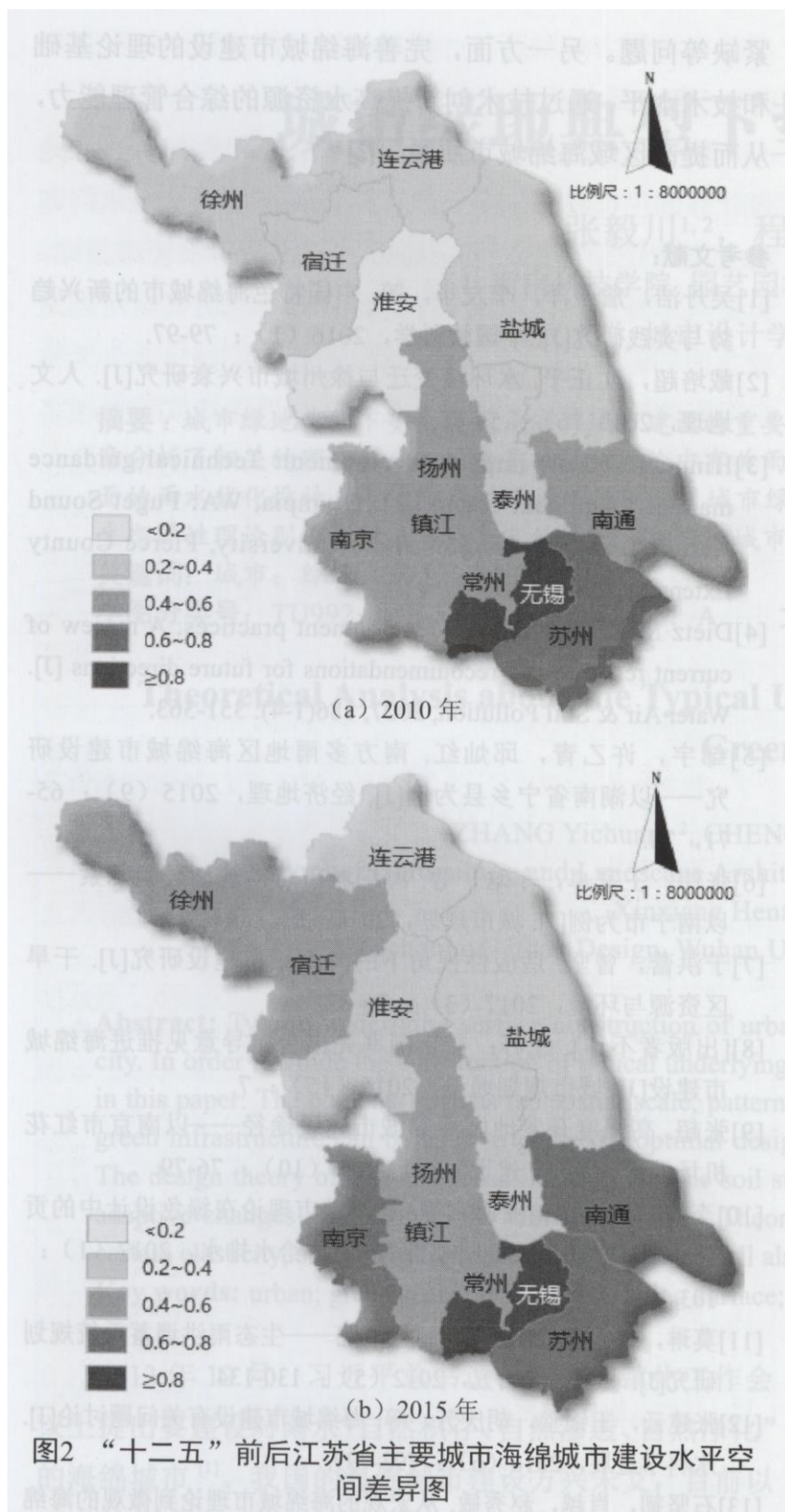
4.2 江苏省海绵城市建设的空间差异

根据公式(4)，可以计算得到江苏省13个地级市在“十一五”末和“十二五”末海绵城市建设的综合得分，以及在这期间各海绵城市建设的增速水平，具体如表3所示。为清晰表示各海绵城市建设的空间差异程度，运用GIS软件制作成空间差异图(图2)。

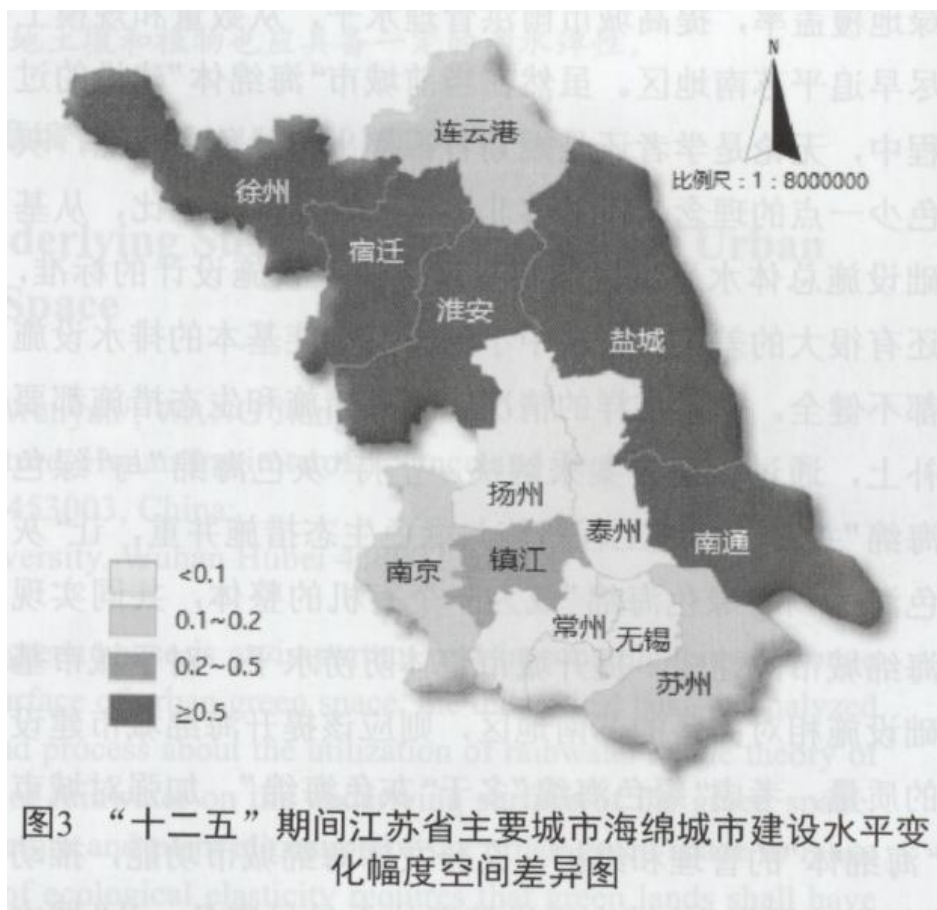
从建设水平来看，“十一五”和“十二五”期间江苏省各区域海绵城市建设水平差距显著。2010年，无锡市的海绵城市建设水平就超过0.8，而同时期的淮安却只有0.172，建设水平约为无锡的21.5%。到“十二五”末期的2015年，虽然没有一座城市的建设水平值低于0.2，但依然有盐城、泰州、连云港和淮安这四座城市的建设水平位于0.2~0.4区间，约占江苏省所有城市总数的30.77%，而超过0.8的也只有无锡一座城市。

从空间差异来分析，海绵城市建设水平的空间差异程度与江苏经济发展的地域格局很类似，都呈现出南强北弱走势。这一点在“十一五”期间非常明显，即2010年苏南五市的评价水平全部超过0.4，而苏北五市全部低于0.4。到了“十二五”末的2015

年，这种空间差异程度虽然有所减小，但是仍然存在。苏南评价价值最低的镇江比苏北最高的徐州评价价值高出 0.15。这也表明海绵城市建设水平严重依赖于一个城市的综合经济实力。经济基础强的城市有更多的财政收入投入到城市基础设施建设中，其城市“海绵体”的功能更加完备，水环境生态的治理程度也就愈加完善。



从变化差异程度方面分析，“十二五”期间江苏省各区域海绵城市建设水平变化幅度呈现出典型的“北强南弱”态势（图3），即实力较弱的苏北增长速度快。不难看出，“十二五”期间徐州、宿迁、淮安和盐城这四座城市的海绵城市建设水平增速全部高于50%，尤其是2010年处于江苏建设水平最后一名的淮安在“十二五”期间进步最快，增速居然达到了115%。而与此对比，苏南地区仅有作为“国家海绵城市建设试点”的镇江市功能评价水平增速超过20%，无锡和常州的增速全部低于10%。为了更好地判断江苏各市海绵城市建设水平的增长差异状况，我们使用统计性检验的相关指标来分析。经测算，2015年江苏省13个城市的海绵城市建设水平的均值和中位数比2010年分别上升了0.1和0.12，而极差和标准差且分别下降了0.12和0.03，这表明“十二五”时期虽然江苏省海绵城市建设总体水平提高幅度不大，但基础差的城市进步较快，正在逐步减小区域间的空间差异程度，即省内建设水平的空间差异趋向于收敛趋势。



5 结论与建议

5.1 研究结论

依据城市海绵城市的“弹性功能”“净化功能”“生态功能”“社会功能”四大功能，构建了江苏省海绵城市建设评价体系，并利用熵值法进行赋权，计算得到2001—2015年江苏省13座城市海绵城市建设水平的具体数值，通过研究其时间进程和空间演化的差异，得出以下结论。

(1) 整体而言，在2001—2015年的15年间，江苏省海绵城市建设水平的变动可以分为两个阶段，即2008年以前的快速成长期以及2008年以后的低速波动成长期。这和江苏省整体的经济形势、城市扩张速度以及城市基础设施完善程度相关。

(2) 江苏省海绵城市建设水平空间差异明显,即苏南地区海绵城市建设水平明显高于苏北地区,而苏中地区的评价水平位于苏南和苏北之间,这和江苏省经济发展水平的空间布局差异基本吻合。

(3) “十二五”期间,江苏省 13 个城市海绵城市建设水平的增长速度呈现出“北快南慢”格局,苏北徐州、宿迁、淮安和盐城这四座城市的海绵城市建设水平增速全部高于 50%,而苏南地区仅有作为“国家海绵城市建设试点”的镇江市功能评价水平增速超过 20%。

5.2 政策建议

根据以上研究结论,结合江苏“两个率先”战略目标实施和苏南创新示范区的建设实践,提出以下建议:

(1) 坚持“灰色海绵”和“绿色海绵”并重,各地因地制宜规划城市“海绵体”的布局。针对江苏海绵城市建设存在较大空间差异的现状,苏北地区“海绵体”建设水平低的地区要加快城市基础设施水平建设,提升城市园林绿地覆盖率,提高城市雨洪管理水平,从数量和规模上尽早追平苏南地区。虽然在当前城市“海绵体”建设的过程中,无论是学者还是规划者都提出了绿色多一点,灰色少一点的理念。但是苏北地区和发达国家相比,从基础设施总体水平到人均拥有量,以及设施设计标准,还有很大的差距。很多中小城市可能连基本的排水设施都不健全。面对这样的情况,工程措施和生态措施都要补上,通过系统方案来解决,坚持“灰色海绵”与“绿色海绵”并行,传统工程措施与绿色生态措施并重,让“灰色海绵”和“绿色海绵”成为一个有机的整体,共同实现海绵城市的建成,提升城市整体防涝水平。对于城市基础设施相对完备的苏南地区,则应该提升海绵城市建设的质量,考虑“绿色海绵”多于“灰色海绵”,加强对城市“海绵体”的管理和维护,充分发挥海绵城市功能,推动“低影响开发”的城市雨洪管理体系早日完备,让“城中看海”的现象不再发生。

(2) 缩小城乡差异,推进城乡“海绵体”同步建设,促成区域“海绵体”协同发展。每当江苏各地级市的地理空间变化时,各相关城市的“海绵体”整体功能水平出现下降,这主要是因为县城和乡镇的城市“海绵体”功能水平远远低于设区市城市的“海绵体”功能水平。虽然江苏省人口城镇化率已经达到 67%,但从土地利用方式来看,农村土地面积依旧远远超出城市的建成区。因此海绵城市仅仅是大地上的“点”,而广大农村则是“面”。只有从水资源的流域管理视角出发,关注城乡水生态文明协同发展,促成区域“海绵体”协同发展,才能真正意义上实现水生态文明社会。

(3) 增加海绵城市建设的资金来源,进一步完善海绵城市的理论基础和技术水平。从时间上分析,“十二五”期间江苏省海绵城市成长速度较慢,这主要是由于资金限制以及区域“海绵体”密度濒临饱和等因素的综合作用。一方面,应当扩大海绵城市建设的资金来源,参考镇江市海绵城市建设 PPP 项目,引入社会资本投资海绵城市建设^[20],避免政府财政开支压力过大以及资金投入紧缺等问题。另一方面,完善海绵城市建设的理论基础和技术水平,通过技术创新提高水资源的综合管理能力,从而提高区域海绵城市质量。

参考文献:

[1] 吴丹洁,詹圣泽,李友华,等.中国特色海绵城市的新兴趋势与实践研究[J].中国软科学,2016(1):79-97.

[2] 戴培超,沈正平.水环境变迁与徐州城市兴衰研究[J].人文地理,2013(6):55-61.

[3] Hinman C. Low impact development: Technical guidance manual for puget sound[R]. Olympia, WA: Puget Sound Action Team, Washington State University, Pierce County Extension, 2005.

[4] Dietz M E. Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future

directions[J]. Water Air & Soil Pollution, 2007, 186(1-4):351-363.

- [5] 邹宇, 许乙青, 邱灿红. 南方多雨地区海绵城市建设研究——以湖南省宁乡县为例[J]. 经济地理, 2015(9):65-71, 78.
- [6] 张伟, 王家卓, 车晗, 等. 海绵城市总体规划经验探索——以南宁市为例[J]. 城市规划, 2016(8):44-52.
- [7] 于洪蕾, 曾坚. 适应性视角下的海绵城市建设研究[J]. 干旱区资源与环境, 2017(3):76-82.
- [8] [出版者不详]. 江苏: 在全国率先出台指导意见推进海绵城市建设[J]. 城市规划通讯, 2015(15):7.
- [9] 张超. 高强度开发地区海绵城市建设途径——以南京市红花机场地区为例[J]. 建设科技, 2016(10):76-79.
- [10] 李铮, 段然, 刘亚原, 等. 海绵城市理论在绿色设计中的贡献——以宿迁桥头公园项目为例[J]. 给水排水, 2017(1):103-106.
- [11] 莫琳, 俞孔坚. 构建城市绿色海绵——生态雨洪调蓄系统规划研究[J]. 城市发展研究, 2012(5):130-134.
- [12] 张建云, 王银堂, 胡庆芳, 等. 海绵城市建设有关问题讨论[J]. 水科学进展, 2016(6):793-799.
- [13] 石坚韧, 肖越, 赵秀敏. 从宏观的海绵城市理论到微观的海绵社区营造的策略研究[J]. 生态经济, 2016(6):223-227.
- [14] 王建廷, 魏继红. 基于海绵城市理念的既有居住小区绿化改造策略研究[J]. 生态经济, 2016(7):220-223.
- [15] 王祝根, 李晓蕾, 黄蕊, 等. 海绵城市背景下的潜在蓄水空间开发策略[J]. 现代城市研究, 2016(7):23-28.
- [16] 俞孔坚, 李迪华, 袁弘, 等. “海绵城市”理论与实践[J]. 城市规划, 2015(6):26-36.
- [17] 张浪, 朱义, 崔心红. 平原河网地区城市绿地海绵城市功能提升途径[J]. 现代城市研究, 2016(7):29-35.
- [18] 鞠茂森. 关于海绵城市建设理念、技术和政策问题的思考[J]. 水利发展研究, 2015(3):7-10.
- [19] 朱喜安, 魏国栋. 熵值法中无量纲化方法优良标准的探讨[J]. 统计与决策, 2015(2):12-15.
- [20] 耿潇, 赵杨, 车伍. 对海绵城市建设 PPP 模式的思考[J]. 城市发展研究, 2017(1):125-129, 134.