

基于海绵城市理念下对城市雨洪径流的调控研究

任钢锋, 颜廷山

(中机国际工程设计研究院有限责任公司, 云南 昆明 650000)

摘要:近年来, 我国的城市建设取得了显著的成就, 但城市化过程中出现的产业集聚与城市开发强度的不断提高, 以及城市规模的加速增长, 都会给城市雨洪管理带来负面的影响。现阶段, 我国城市内部水资源匮乏、洪涝灾害严重。为了解决此问题, 我国各地都在逐步实行海绵城市项目。基于此, 本文从城市雨洪管理理论、实际建设案例和建设中的难点及解决措施出发, 以得到现阶段我国城市雨洪径流下实施海绵城市的建设难点, 为后续海绵城市建设提出有效建议。

关键词:海绵城市; 雨洪管理; 规划建设

中图分类号: TU992

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.26.051

随着我国城市化进程的持续性推进, 人们的生活质量与相关的服务设施得到了大幅度的改善。但物质水平的提高, 伴随而来的是城市生态系统质量的下降与恶化, 尤其对于经济实力和科学技术相对落后的发展中国家。在判断一个特定城市内部的发展界限时, 可以城市内部水资源为主要判断标准; 同时, 该指标也被视为城市健康、可持续发展关键性因素。但对城市而言, 其内部人口数量不断增加, 基础设施也随之不断完善, 建筑物的增多导致城市内部循环出现问题。我国作为一个水资源分布失衡且淡水资源总量较低的国家, 除此之外, 还存在严重的水体污染及雨洪灾害问题, 限制了我国的经济增长速度。

1 城市雨洪径流管理的理论基础

水作为城市重要的资源, 是城市建设发展的重要基础。良好的城市水系规划, 能够高效满足城市用水需求, 增强城市居民生活幸福感。为更好地保证城市水系规划工作顺利展开, 我国政府发布了关于《城市水系规划》文件要求, 提出新时期城市水系规划编制要注重空间环境资源的绿色发展, 推进城市水系及滨水空间可持续发展。文件中就城市水系规划细则作了明确规定, 提出水系空间分布、水体安全、水景观、水系统资源协调的各项标准。城市水系规划通过顶层内容及落地措施的设计目标, 能够有效解决城市建设速度过快与城市水资源保护进度过慢之间的矛盾与问题, 实现人水和谐蓝图, 既能够加快城市建设进度以促进城市经济发展, 又能保护水体资源可持续利用^[1]。雨洪管理作为城市水系规划的重要组成部分, 其管理水平与城市水系规划落地效果息息相关。虽然我国在城市雨洪管理上秉承尊重自然、保护生态的理念, 但在从管理实践效果上看, 城市化建设下, 城市水体环境依旧破坏严重, 城市雨洪管理不严, 导致沿海滩涂面积削减、天然河岸被人工破坏、湿地水质变差、城市内涝等问题时有发生, 严重阻碍了城市社会经济的高质量发展。

1.1 雨洪管理的内涵

雨水由天空降至地面, 少部分被土壤吸收并渗入地下, 大部分沿着地表流动, 最终汇集至河流湖泊中, 这种现象通常被定义为“雨洪”。除了传统定义的降雨外, 降雪、冰雹等特殊形态的降水同样属于雨洪范畴。

雨洪管理主要是基于现阶段各国雨水排放问题所提出的新的解决方法, 通过调整城市规划和实际技术, 用以减轻在极端、恶劣的天气情况下(如暴雨)城市内部雨水难以及时排放的状况, 即在人工环境下利用各种技术方法来实现水生态系统的自然循环过程; 同时, 对城市空间进行一定的规划和调整工作, 降低由于城市暴雨等问题所造成的洪涝危害及风险^[2]。其实际内涵主要分为以下两个部分:

(1) 雨洪管理在城市生态系统中的应用

雨洪管理在城市生态系统中的工作重点, 在于协调人类生活环境和自然生态系统之间的关系, 主要着重于强调两者之间的平衡。雨洪管理得当, 不仅能够恢复城市生态系统的多样性, 也能改善城市现有的开发模式, 从而使得顺应自然与城市发展两者同步进行, 对现阶段的城市生态系统起到修复作用。

(2) 雨洪管理在城市防涝排涝中的应用

在城市的雨洪治理中, 需要不断强化城市防涝与排涝两种关系, 使得城市的建筑密度与人工生态系统协调发展的同时存在一定的关联性。同时, 城市规划发展过程中需要不断采用相应的技术手段, 以实现雨水保存、径流控制和水质保护等。

1.2 雨洪管理的相关理论

(1) 海绵城市

“海绵城市”理念是在2012年的《2012低碳城市与区域发展科技论坛》上首次提出的, 主要是为了解决城市内部的洪涝问题, 减少城市内部对环境污染问题的同时, 还能缓解城市缺水状况, 从而实现城市水资源的储存、渗透和净化。

(2) 绿色基础设施

绿色基础设施最初由美国农业部森林管理局于1999年提出。绿色基础设施对其内部的设施网络有一定的连通性，通常不特指某个单一的设施或设备，而是一个完善而全面的系统，例如，城市自然景观由绿地、湿地、公园等系统共同搭建而成，具有一定的缓冲作用，可以改善城市内部环境，例如空气质量、水质状况等。

1.3 雨洪管理的原则

雨洪管理在现代城市中的应用广泛，需要实行各项原则，以进行维护城市内部生态系统的平衡。

(1) 保持生态系统的完整性

雨洪管理系统的应用，能够进一步净化城市内部水环境、大气环境，并调节城市内部气候，其主要管理目标是缓解城市内部的雨水径流对城市的影响，利用水系廊道的方式将城市内部绿化区域连接，从而形成整个城市的雨洪网络，净化水体。

(2) 形成各城市要素之间的联通

城市作为一个完整的人工生态系统，其内部要素各司其职，独立发展又相互联系。在城市发展过程中，需要不断调整人与人之间的社会关系、人与社会的依存关系以及自然和社会之间的连通关系。但是现阶段，部分城市在发展过程中常出现以破坏环境为代价来换取的经济增长，导致发展失衡。

2 海绵城市建设案例

2.1 海绵城市建设案例——以北京市为例

北京市为我国首都，人口数量大且城市建筑密集，且地处北方，水资源匮乏。为了解决水资源紧缺的问题，北京市在20世纪90年代提出了雨洪管理的概念，并在此基础上进行了相应工程的研究和实践。2000年，北京市对市区现有的降雨量及下垫面特点进行了分析，并由此开始了“北京城区雨洪控制与利用技术研究示范”项目，由不同类型的下垫面情况建设相应的雨水收集系统，包括雨水收集、处理、回用、下渗、滞蓄等过程。我国极为重视城市内部的雨洪控制与利用，因此推出了相关的支持性政策以保证项目的顺利开展。根据北京市实施的政策可知，其逐渐应用海绵城市的理论对城市内部雨洪管理状况进行调整。2015年4月初，北京市公布了首批16个海绵城市建设试点。各个试点的建设与城市计划直接相关，投资金额巨大，预计建设小区、广场、绿地、地下管网和水系整治等项目3219个，总投资达863亿元。截至2022年6月，该项目进程已完成约2/3。北京市海绵城市试点的建立，有利于改善城市内涝状况，维持生态环境平衡，促进发展^[1]。

2.2 海绵城市建设案例——以深圳市为例

深圳市光明新区是我国较为发达的经济区域，同样也是海绵城市初始的实践区域。深圳市光明新区在2011年10月被列

为我国低冲击开发雨水综合利用示范区。光明新区平均年降水量为1827mm，总面积156km²，在实行海绵城市计划后，年雨水利用量超过10000m³。在光明新区内其道路，主要采用透水铺装，使得道路的径流系数保持在0.5。常见的处理措施为绿化带下有植生滞留槽，且建筑上方建设相应的绿色屋顶、雨水花园等，使透水面积超过总用地面积的90%，综合径流系数由0.7-0.8下降到0.4以下。海绵城市计划在光明新区的实施，使得其城市内部雨水储存利用功能得到不断优化。

3 海绵城市建设中的难点及解决措施

3.1 海绵城市建设中的难点

海绵城市的设想和提出，极大地解决了我国雨洪管理不健全的问题，且我国颁发各项政策以加快海绵城市的建设。但从实践管理效果来看，由于我国海绵城市和雨洪管理经验少，缺乏丰富管理经验，导致海绵城市建设过程中存在各类问题^[4]。

(1) 规划建设缺乏系统性

城市规划作为城市建设的顶层是设计，发挥纲领性作用，是城市发展是否能按照正确方向行进的重点内容。城市规划在我国发展已久，已形成较为成熟的规划编制体系和技术方法，而海绵城市作为新概念，与原本城市规划设计体系的融合度不高，未能很好地、自上而下地渗透在城市规划的各个环节，导致海绵城市的规划建设中海绵城市理念设计的影响不深，没有系统性地在规定目标、控制指标和执行细则上落地海绵城市建设的有利内容。我国海绵城市建设上一层级规划不能有效指导下层级计划，下一层级规划不能体现海绵城市建设内容，最终导致海绵城市建设进度缓慢，建设落地效果不佳，建设碎片化情况市场出现，海绵体系尚不完善。

(2) 各雨洪管理系统缺乏协同

海绵城市建设不同于传统雨洪管理体系建设，其要在原本的基础上实施多元化雨水官网系统管理策略，通过更加科学、有效的排水系统资源体系建设，达到增强雨洪管理效果的目的。海绵城市建设强调将小、中、大不同规模和类型的排水系统进行整体规划建设，发挥系统的综合性效用；应对不同规模的降雨，都要落实排水系统实践方案。通过城市雨洪管理中的低影响开发系统、雨水管网系统、超标雨水排放系统的资源协调，实现三者的有机结合，随时应对不同雨水规模引发的不同雨洪状况，解决传统上忽视大排水系统建设的雨洪管理漏洞的同时，规避了重复建设，减少了城市雨洪管理成本。

(3) 雨洪模型存在不确定性

海绵城市规划建设离不开科学数学模型的应用，通过雨洪模型仿真模拟方式，了解雨水系统实践运营的状况，为城市水系体系规划提供量化数据，更好地贴合城市水系运作实际。雨洪模型作为抽象概化模型，在仿真过程中与现实状况有一定差

异,加上仿真模拟过程中需要输入大量基础数据和参数,这将加大雨洪模型的不准确性,进而影响设计水系规划发挥的实际效用。如果雨洪模型不充分考虑各项可能的影响因素,则有可能为城市水系规划和建设带来风险。

(4) 方案缺乏有效评价

海绵城市建设是一项多目标、多途径、多手段的系统工程。多目标是指海绵城市建设目标既包括水量消减目标,也包括水质控制目标,而且在实际工程中,投资费用往往也是决策者考量的重要目标之一。多途径、多手段是指海绵城市具有多样化的建设策略,各种海绵设施的特点和适用性不尽相同。如何平衡投资和实施效果之间的关系,选择适宜的海绵城市规划建设方案,这就需要建立一套科学的方案评价体系。

3.2 海绵城市建设优化措施

(1) 进一步细化宏观层面规划

科学的内涝防治策略应从内涝灾害风险的源头出发,综合城市的各个层面,加强对城市雨洪的管理与控制。海绵城市的构建,应加大对流域层面、城市层面及场地层面的考量。应对宏观流域作出清晰的界限划分,明确不容破坏的生态保护界限,维持城市的良性循环,促进城市自然系统发挥其生态功能。应对宏观层面的规划进行进一步的细化,即中观规划,根据不同区域的自然情况设计不同的生态保护目标,以实现城市雨洪管理的总目标。政府应加大对城市雨水排放系统的管理与设计,在传统的灰色基础设施中加入对绿色基础设施的构建,创造与城市绿地系统相匹配的新型城市排水系统。应根据宏观规划及中观规划,设计微观场地和规划。微观规划的任务是保证城市雨洪管理措施的实施,在构建海绵城市时应加大对径流系数较高地区的关注,依据不同区域径流系数的特点,设计不同的雨水设施规划,改变传统的雨水排放政策^[5]。

(2) 优化雨洪管理系统协同

与其他管理模式不同,城市雨洪管理并不是一个静态过程,海绵城市的构建也不是一个孤立的过程。在构建海绵城市的过程中,应加大对建设尺度的考量,优化雨洪管理系统的协同作用,提高对雨洪系统的弹性控制,如水量分散、弹性排水。为了从实质上避免和解决城市内涝灾害,必须保证对风险区域内部雨水的及时转移。现代城市的排水管理系统主要是将收集到的雨水通过市政管道汇入河流,当城市的雨水量过大时,城市河道的水量将会暴增,这加大了城市发生内涝灾害的可能性。设计富含弹性控制的排水管理系统,综合大小排水系统作用,可在有效保留城市水流系统的同时,保证城市在应对暴雨时实现阶梯式排水,最大程度地分散地表径流,避免雨水过多地同时集中。

(3) 结合城市实践确定雨洪模型

海绵城市作为顺应自然与生态优先的建设模式,应重点关注城市雨洪的利用和管理。雨洪模型的本质是城市在应对雨洪

灾害等方面,具备与雨洪和谐共存的缓冲、适应和反弹能力计算。能有效应用于城市雨洪管理实践模型,指的是具有良好的城市雨洪管理“适应性”模型。雨洪模型是一个空间在雨洪影响下所表现的抵御与应变能力展示,是按照雨洪自然规律,保证城市雨水自然积存、渗透与净化的最大化,使城市对雨洪变化和自然灾害更具弹性适应的一种雨洪管理与调控模式,以应对及解决雨洪流速增加导致土壤流失、洪峰水量增加而引起的洪涝灾害、径流污染负荷增加,最终引发的水质恶化等城市雨洪灾害性问题。其研究主要集中在水资源适应性、水适应性景观、城市水系统弹性、雨洪弹性景观适应模式、城市适应性雨洪管理技术体系、城市适应性规划与建设等方面。

(4) 结合量化数据科学评价雨洪管理方案

通过量化计算方式评价雨洪管理方案,可以更为科学地了解方案的实践效用,进而发现不足之处,有针对性地进行优化。雨洪适应性的定量评价可通过直观数据,了解到城市海绵空间格局合理性与水文循环过程可持续性的耦合关系。科学地开展海绵城市建设的雨洪适应性评价,进行水资源合理利用与空间优化为大势所趋,是海绵城市规划建设与管理的重要前提和基础。雨洪适应性的相关评价,选用较多的有压力—状态—响应模型与灰箱模型,评价方法主要包括熵值赋权、集对分析、主成分分析和层次分析等。

4 结语

综上所述,本研究通过建立基于海绵城市理念的雨水系统多目标优化模型,对海绵城市建设方案的实施效果和进行量化分析。建设海绵城市,必须针对其建设中存在的问题、难点逐一解决,加大绿色海绵体建设,从而实现社会、环境和经济三者综合效益最优化。

参考文献:

- [1] 车伍, 闫攀, 赵杨, 等. 国际现代雨洪管理体系的发展及剖析[J]. 中国给水排水, 2014, (18): 56-62.
- [2] 张丹明. 美国城市雨洪管理的演变及其对我国的启示[J]. 国际城市规划, 2010, 25(06): 83-86.
- [3] 黄津辉, 段亭亭. 中国海绵城市开发与加拿大综合雨洪管理对比研究: 以多伦多为例[J]. 水资源保护, 2017, (05): 9-16.
- [4] 章卫军, 敖静. 新西兰可持续发展理念下雨洪管理体系与实践介绍[J]. 中国给水排水, 2015, 31(11): 5.

作者简介: 任钢锋(1977-), 男, 吉林通化人, 中机国际工程设计研究院西南分院院长, 高级工程师, 大学本科, 主要从事环境质量研究。