

关于中国海绵城市建设与中国雨洪问题的思考

宋阳煜

江苏省规划设计集团有限公司技术与质管中心, 江苏 南京
Email: song.yangyu@163.com

收稿日期: 2021年6月11日; 录用日期: 2021年7月16日; 发布日期: 2021年7月23日

摘要

近年来,中国的城市内涝问题及城市缺水问题愈显严重,中国的各大城市面临着不同程度的水安全风险,为此,中国政府提出了建设海绵城市的目标并不断推进海绵城市建设进程。海绵城市旨在显著提高城市防洪排涝减灾能力、改善城市生态环境、缓解城市水资源压力,目前被中国政府机构和人民群众赋予重大希望以解决中国城市的雨洪问题。本研究简要概述了中国雨洪问题的现状和国内海绵城市理念的发展历程,探讨了德国、日本、韩国等国家水资源规划和海绵城市建设的特色,结合低影响开发的理念,以中国城市和自然生态的实际情况为基础,为进行具有中国特色的海绵城市建设提出了几点建设建议和展望。

关键词

城市内涝, 低影响开发, 海绵城市, 中国特色

Considerations on Sponge City Construction and Rainstorm Flood in China

Yangyu Song

Technology Research and Quality Control Center, Jiangsu Provincial Planning and Design Group Co., Ltd.,
Nanjing Jiangsu
Email: song.yangyu@163.com

Received: Jun. 11th, 2021; accepted: Jul. 16th, 2021; published: Jul. 23rd, 2021

Abstract

In recent years, the waterlogging and water shortage problems in Chinese city have become more and more serious. The first and second-tier cities in China are confronted with the water safety problems in different extent. The Chinese government announced the construction plan of Sponge

City so as to resolve the water problems. Sponge City which aims to improve the flood control and drainage capacity, the urban ecological environment, and ease the pressure on urban water resources has been given great hope by Chinese government and the people to solve the rainwater problem. In this research, the characteristics of water resources planning and sponge city construction in foreign countries like Germany, Japan and Korea are discussed. Based on the situations of Chinese cities and ecosystem, several suggestions and prospects are put forward for the construction of sponge city with Chinese characteristics.

Keywords

City Waterlogging, Low Impact Development, Sponge City, Chinese Characteristics

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,我国北京、上海、深圳等多个国内一线城市频繁出现城市内涝的现象,在城市出现大幅降雨时,城市内大面积被淹,水深达到1 m 甚至更高,造成城市交通严重瘫痪等问题,对城镇居民生活造成了极恶劣的影响。此外,在气候变化和城市化的影响下,城市地区的生态环境负荷加重,排水系统回流、雨污溢流和水质恶化等一系列雨洪管理问题屡见不鲜[1]。因此,加强雨洪控制与利用,解决城市雨洪问题显得尤为重要。而传统的雨洪系统提升水安全的方式主要是通过增加雨水管渠或加大雨水管渠管径等工程化措施,并未充分考虑区域雨洪系统的整体性和复杂性[2]。2014年4月,习近平总书记在关于保障水安全重要讲话中指出,要根据资源环境承载能力构建科学合理的城镇化布局;尽可能减少对自然的干扰和损害,节约集约利用土地、水、能源资源;解决城市缺水问题,必须顺应自然,建设自然积存、自然渗透、自然净化的“海绵城市”。海绵城市概念的提出是对传统城市排水思路的革新,是向低影响开发模式转型的体现[3]。

2. 中国雨洪问题现状介绍

2.1. 雨洪问题成因简介

我国人均水资源及其缺乏,但是从总量来说,淡水资源包括江河湖泊和湿地等并不缺乏反而相对较为丰富。由于城镇化建设的推进,原有湿地及水文特征遭到破坏,土地硬化面积不断增大,径流指数大幅提高。径流系数说明在降水量中有多少水变成了径流,综合反映了流域内自然地理要素对径流的影响。径流系数高的地区出现大幅降雨时,雨水下渗速度缓慢或无法下渗,同时河道两岸的城市建设侵占河道用地造成河道行洪断面减少,城市排水系统建设尚不够完善,导致中国的城市内涝即雨洪问题的时常发生[4][5]。

2.2. 内涝现象案例简述

从近年较严重的城市内涝事件来看,2019年08月10日超强台风“利奇马”来袭,国内沿海地区多处遭暴雨袭击,浙江台州临海全市被淹,古城内涝严重,临海市居民不得不紧急撤离;2020年的超长梅雨期使近六分之一的国土出现累计雨量超过200毫米,南方局部地区超过1000毫米,根据应急部统计,洪水总共波及27个省(区、市),受灾人数达到5481.1万人。城市内涝已经越来越成为我国城市发展的一

大软肋，每年一旦进入雨季，广州、深圳、重庆、杭州、南京等城市便轮番上演暴雨淹城的景象，“东方威尼斯”的称号在国内多地开花。由于人口基数大，需水量多，中国城市缺水问题明显，但是雨水来了又留不住，容易造成雨洪问题。如果不采取合理的措施进行疏导和改善，这些问题必将成为中国城市后续发展和稳定的一个重大隐患，威胁城市居民的生活。

3. 海绵城市的提出

针对城市本身的缺水问题和城市内涝(雨洪)问题，2013年10月习近平总书记在中央城镇化会议上指出：为什么这么多城市缺水？一个重要的原因是水泥地太多，把能够涵养水源的林地、草地、湖泊、湿地给占用了，大幅提高了径流系数，切断了自然的水循环，雨水来了，只能当污水排走，地下水越抽越少。解决城市的缺水问题，必须顺应自然。海绵城市旨在显著提高城市防洪排涝减灾能力、改善城市生态环境、缓解城市水资源压力，这三点也被喻为海绵城市的三大功能[6]。海绵城市中的低影响开发理念最初由国外提出，目前被中国政府机构和人民群众赋予重大希望以解决中国城市的雨洪问题。表1整理了国内关于海绵城市建设试点的相关政策。

Table 1. The policy from Chinese government about pilot projects of sponge city

表 1. 国内关于海绵城市建设试点的政策

颁布时间	颁布部门	政策名称	主要内容	重要作用
2014年11月	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)》建城函[2014]275号	明确了海绵城市的概念、建设路径和基本原则,进一步细化了地方城市开展海绵城市建设的技术方法	标志着我国海绵城市建设迈出了重要的一步,强化了地方开展海绵建设的工程技术能力
2014年12月	财政部、住房和城乡建设部、水利部	《关于开展中央财政支持海绵城市建设试点工作的通知》财建[2014]838号	根据习近平总书记关于“加强海绵城市建设”的讲话精神,开展试点,一定三年,补助数额按城市规模分档确定,直辖市每年6亿元,省会城市每年5亿元,其他城市每年4亿元,对采用PPP模式达到一定比例的,讲按上述补助基数奖励10%	明确了对地方开展海绵建设的财政补贴金额
2015年1月	财政部、住房和城乡建设部、水利部	《关于组织申报2015年海绵城市建设试点城市的通知》财办建[2015]4号	明确了试点流程、评审内容和实施方案编制要求	指导了地方申报工作有序开展
2015年7月	住房和城乡建设部办公厅	《住房和城乡建设部办公厅关于印发海绵城市建设绩效评价与考核办法(试行)的通知》建办城函[2015]635号	将海绵城市绩效评价与考核指标分为六个方面,分城市自查,省级评价,部级抽查三个阶段	推进各地海绵城市绩效评价与考核工作开展
2016年3月	住房和城乡建设部	《住房和城乡建设部关于印发海绵城市专项规划编制暂行规定的通知》建规[2016]50号	对海绵城市专项规划的编制工作进行部署,包括总则,组织,内容,附则	规范各地海绵城市专项规划的编写
2020年4月	住房和城乡建设部办公厅	《住建部关于开展2020年度海绵城市建设评估工作的通知》建办城函[2020]179号	各地在总结海绵城市建设已开展工作基础上,按照《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345-2018)进行建设效果评估	系统化全域推进海绵城市建设的工作部署

资料来源：作者根据相关会议文件整理。

4. 国外海绵城市的建设现状

国外的城市水资源规划和理念(低影响开发)提出要远先于中国,其中德国,日本,荷兰和韩国的措施

较为合理和显著，以上每个国家都存在建设突出点值得我们学习和应用[7]。

4.1. 德国

德国处于大西洋和东部大陆性气候之间的凉爽西风带，南部、西南部降雨量年均在 800~1000 mm，东部和北部年均降雨量在 700 mm 左右，总体来说，德国水资源总量相对丰富。但是，德国在水资源规划和建设节水方面，分类和细节做得更加严谨。德国的建设经验可以从以下三个方面来参考。

首先，德国城市大都具备现代化的排水设施，不仅能够高效排水排污，还能起到调节城市生态系统的功能。以德国首都柏林为例，市中心的管道多为混合管道系统，可以同时处理污水和雨水，而在柏林郊区，主要采用分离管道系统，即污水和雨水分别在不同管道中进行处理。完善的排水措施使得柏林不存在发生内涝的可能性，同时分类管理措施一方面节省地下空间，不妨碍市内地铁及其他地下管线的运行，另一方面也提高了效率。

其次，德国具有较为成熟的雨水利用技术，目前主要德国的城市雨水利用方式主要有 3 种：一是屋面雨水集蓄系统，收集的雨水经简单处理后，可用于家庭、公共场所和企业的非饮用水(图 1)；二是雨水截污与渗透系统，道路雨洪通过下水道排入沿途大型蓄水池或通过渗透补充地下水，以减小径流；三是生态小区雨水利用系统[8]，小区沿着排水道修建可渗透浅沟，表面植有草皮，供雨水径流时下渗。超过渗透能力的雨水则进入雨洪池或人工湿地，作为水景或继续下渗[9]。

近年来，德国开始广泛推广“洼地-渗渠系统”，使各个就地设置的洼地、渗渠等设施与带有孔洞的排水管道相连，形成了分散的雨水处理系统。低洼的草地能短期储存下渗的雨水，渗渠则能长期储存雨水，从而减轻城市排水管道的负担。



Figure 1. Rain collecting system on roof [10]

图 1. 屋面雨水集蓄系统[10]

4.2. 日本

日本作为岛国，淡水资源极度缺乏，四面环海且位于亚洲季风气候带的东部边缘导致日本气候变化无常。此外，日本的城市多集中在地势低洼的入海口，存在发生雨洪灾害的隐患[11]。因此，淡水资源规划与雨洪灾害防治对于日本来说具有国家战略意义。日本在二战后重建修复过程中城市化迅速进展，一些原来用于排洪、泄洪的地段成为了居民区，和目前中国的状况相似，造成了严重的城市内涝现象。为了减少

短时间内暴雨造成的地面水流量，从1963年开始，日本在城市地下兴建滞洪和储蓄雨水的蓄洪池。日本城市大多建设在临海，市内有大量的直通大海的旧河道，如今基本上都已成了城市的排水道。河道沿岸，开辟了一些有蓄洪功能的“游水池”，暴雨造成的巨大水流在向下游流动中被逐步消减。“游水池”还使城市地下水得到回补，有利于生态平衡，能有效吸附粉尘，滋养舒适的空气，减少噪音[12] (图2)。

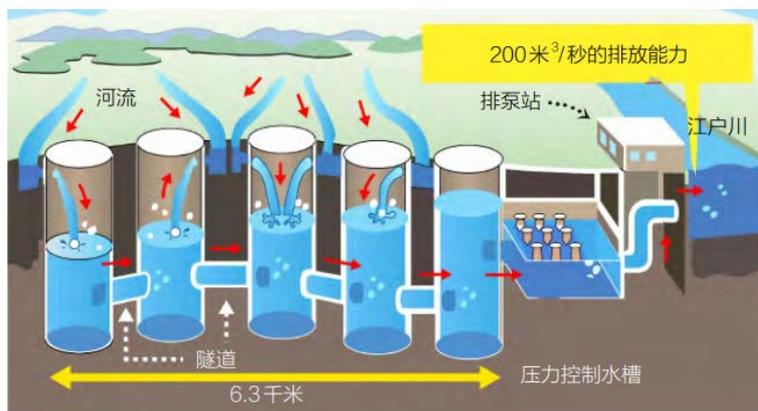


Figure 2. Reservoir of Japanese city [11]

图2. 东京地下雨洪调节系统[11]

4.3. 荷兰

荷兰濒临北海，其大多数城市的年降水总量远高于我国北方地区的城市，就地势来说，荷兰是世界有名的“低洼之国”，全国约有1/4的土地低于海平面[13]。地势较低更容易造成城市排水困难使城市面临洪水威胁，而事实上，荷兰的城市却很少出现严重的雨洪问题。

一方面，荷兰的城市建设更加强调系统的自然生态的调节功能，水系的设计管理更加强调水的自然特性，更多地利用了自然水系的储藏和净化功能，具有蓄水排洪功能的湖泊和河流作为一种灵活多变的水系景观，其功能的运用和水岸环境的处理将更多地与居住用地结合在一起。另一方面，交错的河渠水道在城区中形成了一条循环的水路，雨水通过这些河道进行收集并排入周边地势较低的圩田和湿地水系中，同时利用芦苇等植被将水体净化，之后一部分水被再次抽入城市冲刷河道，另一部分水则储存起来作为旱季的应急水源。主要的排水河道平行于主街并穿过城区中心，将暴雨季多余的水排入外部河流[14] (图3)。

4.4. 韩国

韩国位于亚洲朝鲜半岛南部，年平均降雨量1283 mm，三分之二的雨量集中在6~9月，大部分河流洪水泛滥，河水几乎全部流入大海；5~6月则干旱频繁，各种工业、生活供水难以保证。从地理差异来看，各地降雨量大小悬殊：庆北地区的年降雨量为1000 mm左右，济州地区为1600 mm，是前者的1.6倍；从年份差异上来看，不同年份降雨量的差别也非常大，枯水年全国平均降水量为754 mm，丰水年全国平均降水量为1683 mm，二者相差在两倍以上[16]。从总体上来说，韩国的水资源天然情况不佳。

韩国作为一个半岛国，水资源是一种国家战略级别的资源，自上世纪90年代至今，韩国针对其水资源状况进行了详细的规划，其中，被放置首位地下水规划及管理机构的分类方面值得我国参考和学习[17]。

首先，关于地下水的立法逐年完善。

1) 在关于地下水的调查和管理计划方面规定：国家建设交通部长官每年需组织对全国地下水的特性及可开发量等方面进行基础性调查，制定地下水管理的基本计划，主要内容应包括：地下水的天然特性和可开发量、地下水的利用状况、地下水的利用计划以及地下水的保护计划。



Figure 3. Reservoir of Japanese city [15]
图 3. 荷兰阿尔梅勒地表水系规划图[15]

2) 在设立地下水保护区域方面给予了详细规定与评判标准，地下水保护区域的范围、程序及其他必要的事项由大总统令制定，在地下水保护区域内从事开发行为必须市长、郡守的许可。

3) 在地下水开发处罚措施方面规定：对未经许可或变更许可或以不正当方法得到许可或变更许可而开发利用地下水者，对虚报而开发利用地下水者，以及其他违法违规者，将视情节判处有期徒刑或罚款，且罚款及判刑刑期方面都有严格的说明。

其次是管理机构，在水资源管理机构方面，水管理政策协调委员会主要是从宏观上对水管理政策进行调控；水行政主管部门由 5 个部门组成，交通建设部和环境部分别负责水资源数量与水质的全面管理，地方国土管理厅和环境管理厅为与之相对应的地方执行机构，农林部负责农业用水库坝建设、农田水利设施建设等，行政自治部负责地方河流管理、暴雨洪水防治等，产业资源部负责水力发电等。管理职责的明细，使具体的问题能够找到具体的部门进行解决而不会出现职责不明或者“踢皮球”等现象。另外，对于韩国水资源研究，政府还设立了专门的韩国水资源公社与韩国建设技术研究院相配合，每年提交具体的水资源状况调查，为政府提供建议。

5. 国外海绵城市的建设现状

5.1. 海绵城市建设能否有统一标准

中国陆地国土面积达 960 万平方公里，且南北、东西跨越度极大，地理上的差异导致气候方面如降水、温度等多方面的差异，同时北方土壤地质较硬，南方土壤地质较软，导致地下水渗率存在差距。

从历年的中国气候公报来看，南方城市的降雨量要远大于北方城市。北方城市发生城市内涝多源于一次性的大幅度降雨，平时降雨量并不高，而南方城市平均降水量就很高。如果采用相同的雨污合流制度和工程建设方法，从效果上肯定存在一定差异，且不能物尽其用；从单纯的地理因素来看，北方的土地地质往往较硬，坡度往往较大。较硬的土质和较大的坡度导致了地表径流速度的差异，而地表径流速

度又直接影响到雨水的下渗等多方面的问题。同时，南方江河、湖泊较多，而北方天然水系较少，如果南北方城市采用同样的措施，必定会对资源、人力造成极大的浪费，同时无法取得较好的效果。

为解决这个问题，笔者认为南北方应该采取针对性的海绵城市建设措施。针对北方降雨量少的问题，建议采用屋顶集流技术，就是雨水经屋顶汇集，通过落水管流入沙砾石层，过滤后，沿输水管道进入蓄水池，可适当参考德国的屋面雨水集蓄系统技术并针对中国居民建筑的特点进行合理改造；针对北方土地土质较硬和土地坡度较大的问题，特细沙源区面源污染控制技术、大坡度道路径流路肩带渗滤技术、组合模块式大坡度径流控制滤池系统[18]可以考虑采用，配合解决海绵城市建设中的差异问题，达到更好的效果。

5.2. 国外海绵城市建设技术能否照搬照用

以上提到德国的建设技术特色在于城郊区分以及屋面雨水集蓄系统，日本的建设特色在于其地下兴建的滞洪和储蓄雨水的蓄洪池，荷兰的建设特色在于结合天然水系进行建设，而韩国的建设在于其地下水的详细规划立法以及管理机构的各司其职。

笔者认为这些技术措施和立法措施，并不能完全照搬照用地应用于中国的海绵城市建设上。首先对于德国的屋面雨水集蓄系统，针对我国北方的缺水问题应用于北方的海绵城市建设是可行的，集蓄的雨水可通过处理进行再利用，而南方城市降水较多，应该更多的学习德国城市成熟的管网系统改造，结合城市的实际情况，如何将多余的雨水净化后补充地下水或进入天然水系，解决城市内涝问题。对于日本的地下蓄洪池技术，日本有原先的旧河道作为基础，而中国的城市并不一定具备此条件，笔者认为，可针对有条件和内涝问题严重的城市，进行合理的规划和建设。对于韩国的地下水立法制度和管理机构，笔者认为，首先应当提高对水资源的重视程度，管理机构的分类是一个很好的学习点。海绵城市建设工作涉及到城市方方面面，需要规划、水务、林业、农业、环保、建设、管理等多个部门的协调配合。政府部门要建立系统的海绵城市建设工作与管理体系，避免分割管理方式，提高整体性和系统性，并加强相关政策支持[19]。此外，对于荷兰结合天然水系进行的建设、美国的针对性立法和加拿大的“绿色街道”技术，都应该因地制宜，考虑特定城市的特定情况，应用最合适的方法完成海绵城市的建设。

最后，经济问题也是不可忽略的，国家经济不可能同时大规模支持一二三四线城市进行海绵城市的建设，因此，笔者认为，问题最严重的城市应该优先，具有中国城市代表性的国际都市如北京、上海等应当优先，具有天然建设优势的城市应当优先。在这些优先的海绵城市建设中汲取经验，再应用于后续的海绵城市建设，应该稳打稳扎，不可急功近利。

6. 总结与展望

6.1. 总结

建设海绵城市不能仅仅理解为建透水路面、搞雨水利用以及植树种草，更应综合考虑城市雨水的“渗、滞、蓄、净、用、排”，保护好原有水生态，不能盲目搞建设，造成资源、人力浪费。要使海绵城市建设达到预期效果，应从正确认识海绵城市内涵开始，因地制宜，选择最适宜的方式解决水资源的问题。国家层面要“与时俱进”地出台海绵城市建设相关政策，不断完善相关立法，要做到细节控制。监督方面，应该给予详细规定与方案，避免模糊执法。同时加强城市基础设施的日常养护，加大长效管理资金投入，完善城市的给水排水设施和应急预案。

6.2. 展望

我国住房和城乡建设部已正式发布《海绵城市建设评价标准》GB/T 51345-2018，未来如何长期有效

地开展海绵城市建设效果评估工作值得关注。在当今这个网络化和信息化的时代,海绵城市的建设和评估可以通过网络化、精细化将城市管理涉及的事、部件归类、系统标准化等,使现场管理反应做到快、准、好。通过引用物联网,大数据,云计算等新一代信息化技术,将海绵城市的基础数据与地理信息系统、数学模型相结合,构建海绵城市建设与评估的智慧管控平台会是海绵城市发展的新热点。

参考文献

- [1] 汤钟,张亮,俞露,等.韧性城市理念下的区域雨洪控制系统构建探索及实践[J].净水技术,2020,39(1):136-143.
- [2] 基于综合效益最大化的绿色雨洪基础设施选址研究——以加拿大魁北克市博波尔区为例[J].国际城市规划,2020,35(6):124-131.
- [3] 徐振强.我国海绵城市试点示范申报策略研究与能力建设建议[J].水利发展研究,2015(3):58-63.
- [4] 张旺,庞靖鹏.海绵城市建设应作为新时期城市治水的重要内容[J].水利发展研究,2014,14(9):5-7.
- [5] 王伟武,汪琴,林晖,等.中国城市内涝研究综述及展望[J].城市问题,2015(10):24-28.
- [6] 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,2015,15(3):7-10.
- [7] 田闯.发达国家海绵城市建设经验及启示[J].黄河科技大学学报,2015,17(5):64-70.
- [8] 杨秀,陈秋华,赵秀峰.海绵理念系统植入城市规划设计方法——基于国际经验[J].城建档案,2019,242(11):88-92.
- [9] 刘丽春.“海绵”德国[J].城市地理,2015(8):10.
- [10] 李姝乐.德国城市雨水利用技术[J].中州建设,2017(15):67-69.
- [11] 国外雨洪管理对我国海绵城市建设的启示——以日本为例[J].环境保护,2019(16):59-65.
- [12] 廖朝轩,高爱国,黄恩浩.国外雨水管理对我国海绵城市建设的启示[J].水资源保护,2016(1):42-45.
- [13] 张诚,鲍淑君,史源,等.荷兰“为河流创造空间”项目的科学内涵及其启示[J].水利水电快报,2013,34(9):14-17.
- [14] 周正楠.荷兰可持续居住区的水系统设计与管理[J].世界建筑,2013(5):114-117.
- [15] 周正楠,邹涛,曲蕾.滨水城市空间规划与雨洪管理研究初探:以荷兰城市阿尔梅勒为例[J].天津大学学报(社会科学版),2013,15(6):525-530.
- [16] Baek, S.S., Choi, D.H., Jung, J.W., et al. (2015) Optimizing Low Impact Development (LID) for Stormwater Runoff Treatment in Urban Area, Korea: Experimental and Modeling Approach. *Water Research*, **86**, 122-131.
- [17] 李贵宝,谈国良,窦晓桂.韩国地下水资源利用与管理现状[J].南水北调与水利科技,2006,4(3):69-72.
- [18] 唐晓会.海绵城市技术在重庆山地城市建设中的应用[J].重庆建筑,2015,146(12):64-65.
- [19] 李兰,李锋.“海绵城市”建设的关键科学问题与思考[J].生态学报,2018,38(7):2599-2606.