

适合北方寒冷地区的海绵城市建设研究

董雷¹, 孙宝芸²

(1. 沈阳建筑大学建筑与规划学院, 辽宁 沈阳 110168; 2. 沈阳建筑大学交通工程学院, 辽宁 沈阳 110168)

摘要:从北方城市的特点出发,对北方城市暴雨内涝的成因进行了分析。从城市城区范围内缺少绿色海绵体、海绵城市建设政策支持不足、海绵城市建设公众认识与参与不足、海绵城市科研理论及技术处于起步阶段、北方海绵城市建设经验稀缺等方面,指出了北方地区海绵城市建设发展面临的障碍。根据北方的气候地域特点,提出了北方地区海绵城市建设的对策建议。

关键词:北方地区;海绵城市;障碍;对策建议

中图分类号:TU981 **文献标志码:**A

近年来,全国各地城市出现了一遇暴雨就城内“看海”的情况,城市内涝排水问题已经成为困扰中国的城市难题。由于全球变暖的气候变化,动辄几十年一遇、百年一遇的特大暴雨更给城市带来了巨大的经济损失和生命威胁。

数据显示,2013—2015年,全国平均每年有180座城市被水淹,其中,2013年达234座^[1]。不仅南方城市,北方城市内涝现象也非常普遍。如北京、济南、长春等,近年都发生过严重的城市内涝。北京在2004、2006、2007、2008、2009、2011年都发生过严重的内涝,特别是在2011年6月下旬—7月下旬,发生了3次严重的内涝^[2]。

目前我国正处于高速发展时期,城市面积越来越大,城市人口越来越多,而我国城市雨污排放系统设施发展严重滞后,这将导致我国城市内涝问题在未来相当长的一段时间内愈发严重。

城市内涝的原因在于中国城市化快速发

展的过程中,城市的排水系统、地下管廊系统建设严重滞后于城市的发展速度。加之城市土地的大量开发利用,地面硬化率过高,下垫面不足,城市雨水蓄滞能力严重不足,排涝设置不健全等原因导致了在城市化进程中,特大城市、大城市甚至中小城市出现了暴雨内涝问题。随着城市的发展,更生态、更安全、更有效海绵城市建设成为城市基础设施建设的重要理论基础。

一、海绵城市的概念及理论基础

1. 海绵城市的概念

海绵城市(Eco-sponge City)是指把城市建设得像海绵一样,在环境出现变化以及雨水导致的自然灾害等发生时能够实现吸水、蓄水、渗水,并净水,具有良好的“弹性”或“韧性”。海绵城市是我国新一代的城市雨洪管理概念^[3]。

2. 海绵城市的理论基础

住建部于2014年印发的《海绵城市建设

技术指南》是我国目前唯一的海绵城市建设理论基础,作为全国纲领性文件具有一定指导意义,但在具体的实践操作上,需要各地建设者和操作者根据城市所属区域的不同气候特点和自然特点进行地域性、独特性、需求性的分析、规划和建设。《海绵城市建设技术指南》中提出了“渗、滞、蓄、净、用、排”6大技术途径,不同城市应有不同的侧重点,例如,干旱区域侧重“蓄”与“用”,湿润区域侧重“渗”与“排”^[4]。

表 1 1954—2005 年我国重大灾害损失简况

时间	重大灾害	经济损失/亿元	人员伤亡
1954 年 5—8 月	长江暴雨洪涝	≥100	死亡 3 万余人
1963 年 8 月	河北暴雨洪涝	≥60	死亡数万人
1975 年 8 月	河南暴雨洪涝	≥100	死亡 24.2 万人
1976 年 7 月	唐山大地震	≥100	死亡 24 万余人,16 万人受伤
1981 年 8 月	四川暴雨洪涝	≥50	—
1985 年 8 月	辽宁暴雨洪涝	47	—
1987 年 5 月	大兴安岭森林火灾	≤50	—
1991 年 7 月	江淮暴雨洪涝	≤500	死亡 1 163 人
1992 年 8 月	16 号台风	92	—
1994 年 6 月	华南暴雨洪涝	≤300	—
1994 年 8 月	17 号台风	170	死亡 1 000 人
1995 年 6 月	江西、两湖暴雨洪涝	≤300	—
1995 年 7 月	辽宁、吉林暴雨洪涝	≤460	—
1996 年 6 月	皖、赣、两湖暴雨洪涝	≥300	—
1996 年 7 月	河北暴雨洪涝和 8 号台风	546	死亡 1 000 余人
1998 年 6—8 月	长江洪水	2 551	死亡 4 000 余人
1999 年 9 月	台湾集集地震	≤760	死亡 2 392 人,失踪 39 人
2004 年 8 月	14 号台风	181.28	死亡 164 人,失踪 24 人
2005 年 5 月	四川、湖南、贵州等地强降雨	24.7	死亡 88 人,失踪 73 人

由表 1 可见,1954—2005 年城市暴雨洪涝共有 13 次,其中,北方地区出现 7 次,包括华北平原 5 次,东北平原 2 次,而南方地区仅出现 8 次^[6]。

2. 北方地区城市内涝原因分析

北方地区人口密集,城市众多。由于地域原因,北方四季分明、雨热同季,降雨量年际分布极其不均,通常在 2~3 个月降雨能达到年降雨量的 80% 以上,因此,北方城市处于地理气候下的暴雨典型区域。北方冬季持续时间长、植物干枯、风沙大,冬季冰雪对地下水的补充较弱,这都是北方地区水资源短缺的客观条件。冬末春初,反复冻融对城市道路、排水系统等均易造成破坏,这也是城市

二、北方寒冷地区城市内涝情况及原因分析

1. 北方地区城市内涝情况

我国领土南北跨越大,南方和北方在气候、地形、降雨分布、植被等方面差别巨大^[5]。北方地区的降雨量远远小于南方地区,出现暴雨洪涝的频次也低于南方,但是历年的数据体现出,北方出现灾害的几率并不比南方低。例如,自 1954—2005 年我国 19 次重大灾害如表 1 所示^[6]。

内涝的影响因素。北方城市的自然生态薄弱、人工地表与耕地覆盖面大、地区脆弱性高、防涝设施薄弱、河湖水系萎缩、市政排水设施不足,都是其内涝典型区域的城市特点。

目前城市的快速发展导致了城市内涝几率的增加,城市脆弱性的加剧是城市暴雨内涝的核心问题。城市生态环境破坏导致城市自我修复能力的丧失或降低,河流水系海绵体的萎缩导致城市蓄滞能力的降低,城市建设因下垫面不透水导致地下水位的持续降低,城市管网配套低下无法满足人工排涝需求,这些均是城市韧性降低引发内涝灾害的主要原因。

三、北方地区海绵城市建设发展的障碍

1. 城市城区范围内绿色海绵体不足

海绵城市建设的基础为海绵体,包括城市水系和基础设施两类^[7]。目前北方地区城市的城区内缺少绿色海绵体不是个案,而是普遍现象,这是我国大多数城市的现状问题,更是北方地区城市面临的严重问题。海绵体缺少的原因有以下几点:

第一,城市为拉动经济,吸引投资,会更改规划,将城区内的绿地划给建设用地,导致城市的总体绿化率不变,但是城区内的绿化率越来越低,海绵体越来越少;第二,城市规划部门对城市城区内建设用地绿化率的规定都是下限,而开发性质的土地建设几乎没有提高绿化率的,由此导致城市的绿化率越来越低;第三,城市建设中道路越来越多、越来越宽,大多数的道路建设都是不透水的沥青路面,城市下渗的空间越来越少;第四,城市发展越快,开发建设用地满铺地下室的越多,地面绿化就越少,尤其是地面绿化与地下水的联系越少;第五,城市发展中总体规划不断更改,导致道路、建设的反复拆改,城市的道路绿化体系无法成长,总处于萌芽阶段,绿色的生态体系无法建立,导致海绵体无法增长;第六,北方地区的气候特点决定了北方大多数的植物是落叶型乔灌木,夏季枝叶繁茂、冬季枯枝无叶,植物特点决定了北方地区绿色海绵体季节性明显的特征。

2. 海绵城市建设政策支持不足

我国建设推广海绵城市始于2014年以来国家层面推广的一种新型雨洪管理体系。由于理论较新,缺少实践经验,目前在国内只有2批共30个试点城市进行了海绵城市建设。我国幅员辽阔,自然条件差异巨大,各地政府需要结合自身的城市特点、气候条件、地理水文情况进行建设,同时,要提出适应自身条件的政策法规来加以实施与推进。而国家推行的《海绵城市建设技术指南》和《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》作为纲领性文件是可行的,但是作为全国性

的法律法规,尚缺乏行业内统一的建设标准。目前对北方地区建设海绵城市无论是政策支持还是技术支持都处于摸索阶段。

3. 海绵城市建设公众认识参与不足

对于城市内涝问题,公众目前只停留在围观、抱怨,只意识到城市排水的问题、城市内涝带来的不便和灾害,却没有意识到水资源利用的问题。

关于海绵城市建设的理念,不仅需要政府和建设者的关注,更需要公众认识的提高。如此方能形成从政府到民间的相互监督、共同促进、共同发展,为推进海绵城市建设与发展带来更为强劲的助力。

4. 海绵城市建设科研理论和技术处于起步阶段

我国海绵城市建设理念的提出不过短短几年,对于我国各个领域的科研工作者来说,还是一个新兴事物。因此,我国目前关于海绵城市建设的理论知识和实践技术与国外几十年的经验相比还存在较大差距。同时,海绵城市建设理论应是一个大的系统性的城市发展与自然相容的理论体系,需要各学科的相互促进与交融。对于国外先进的成功范例,也需要结合我国国情以及地域特点,有选择地学习借鉴,创造出符合我国发展需要的海绵城市建设理论体系。目前,我国对国外理论的借鉴主要集中在整体思想和局部设施,缺少系统性建设,国家对于相关研究的资金支持不足,发展缓慢。

5. 针对北方海绵城市建设的经验稀缺

我国海绵城市建设中南方城市的经验略多一些。北方地区的海绵城市建设经验目前仅有国家试点城市可以借鉴,第一批北方试点城市不是规模较小就是区域示范,对其他北方城市的借鉴意义不具有代表性;第二批试点城市的成果目前还没有得到检验。因此,北方地区的海绵城市建设经验稀缺。

四、北方地区海绵城市建设的对策建议

1. 构建城区海绵城市体系

北方地区的海绵城市建设,首先要对城市的海绵系统骨架进行建设,对城区内部范

围的原有河流、湖泊、水系进行梳理保护,并尽可能恢复已经破坏的水系绿地系统。①保证城区内的大型海绵体(河流、湖泊、湿地、林地、耕地等)的规模体量;②对于城区系统的中型海绵体(公园绿地、道路绿地、集中绿地等)进行扩充和发展,提高中型绿色海绵空间的比重;③对于城区内部建筑之间的小型海绵体(干塘、湿塘、生物滞留设施、宅间绿地、屋顶绿化等)进行见缝插针式建设。以上3个层次的海绵体,相当于树木的主干、枝干、树叶的关系,三者缺一不可,同时又有着层级递进的关系。

要从大中小型海绵体的建设,到从源头到末端的水控制,系统地进行海绵城市的建设。小型海绵体的建设,如植草沟、屋顶花园、雨水花园、湿塘、生物滞留设施等,正是从源头进行控制,将雨水就地解决下渗,补给地下水,减少雨水径流汇集。中型海绵体的建设,如集中绿地、小型湿地、公园绿地等,起到中端控制作用,对城市雨水径流的速度予以减缓,使其滞留时间延长,提高雨水下渗量。大型海绵体的建设,如河流水系的恢复、湿地的保护、林地的复原等,是对城市雨水汇集起到容蓄作用,让暴雨来临时有容蓄的空间,保障城市的安全,避免内涝灾害,并对水资源起到保护和利用的作用。

2. 从一到百的海绵城市系统

城市因为所属地域不同,各自年降雨量有很大区别。年降雨量即使比较接近,但是季节分布不均,造成的暴雨强度差别亦是很大。因为地球大环境的变化,导致几年一遇的暴雨、几十年一遇的暴雨甚至是百年一遇的暴雨频发。海绵城市建设需要考虑暴雨出现的几率,并根据海绵城市总体建设标准,对城市雨水处理从一年到百年暴雨强度来加以考虑和衡量。

例如:一年一遇的降雨从源头处理,使其下渗补充地下水或进行雨水利用;三年一遇的降雨从源头解决部分下渗收集,中途运输考虑雨水的下渗和收集,使雨水的利用和下渗达到最佳状态;十年、二十年一遇的降雨从

源头解决部分下渗收集,中途运输考虑雨水的下渗和收集,末端海绵体要有容蓄空间,保证雨水危害的减小,同时考虑大排水系统,保证道路通行的基本安全的前提下,道路可以作为排洪通道;五十年一遇、百年一遇的降雨考虑洪水快速排出系统,将城市安全和人民生命财产安全置于第一位。

3. 打造数字模拟的量化海绵

海绵城市建设是一个系统化的工程,需要多领域多学科的交融,更需要科学的计算和严谨的研究。暴雨模型软件模拟成为海绵城市建设中非常重要的技术支撑。

目前全球各国比较认可的暴雨洪水管理模型是由环境保护署(Environmental Protection Agency, EPA)研发的暴雨洪水管理模型(Storm Water Management Model, SWMM)软件。SWMM是一个动态的降水-径流模拟模型,主要用于城市某一单一降水事件或长期的水量和水质模拟^[8]。我国海绵城市建设中关于SWMM软件或者其他类似软件的研发和推广,是我国海绵城市未来发展的主要技术支撑。

4. 建设适应北方地区气候特点的海绵城市

海绵城市的建设一定要基于地方气候水文等条件,南方海绵城市建设经验略多,但北方城市相较于南方城市有其独特的地理气候特征,致使许多南方实用的海绵措施在北方城市水土不服。例如:由于北方地区属于温带大陆性季风气候,雨水较少,沙尘较大,城市的清洁度不够,因此,南方常常使用的透水路面在北方不是特别实用。原因如下:第一,北方冬季温度较低,城市1月平均气温 $-10^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$,由于反复冻融,透水路面的基层容易因冻胀而造成路面的破坏;第二,北方沙尘较大,透水路面的空隙容易被沙尘和泥土堵死,造成透水路面不透水的尴尬局面。

北方地区的海绵城市建设一定要符合北方城市的气候特点:第一,关注夏雨冬雪的问题;第二,关注水资源利用的问题;第三,关注北方本地植被利用的问题;第四,关注丰水期枯水期的海绵体存活问题。

5. 冬季降雪的海绵处理

北方地区与南方地区的气候特点截然不同,冬季漫长,雪量较大。冬季的降雪目前在北方有3种处理方式:一种是机械除雪,一种是化学除雪,一种是机械除雪与化学除雪相结合的方式。由于单纯机械除雪代价高,单纯化学除雪不环保,北方目前大多数城市采用二者结合的方式进行除雪。虽然效率较高、污染减少,但是对于雪水资源仍然是一种浪费。对于水资源比较缺乏的北方城市,如何很好地处理冬季的雪水,是一个重要的课题。

从可持续性发展的角度及目前情况来看,化学除雪是必然要淘汰的。对于日后纯机械除雪的北方城市,在城市道路设计中需要考虑预留一次堆雪空间、二次堆雪空间及蓄存冰雪空间^[9]。这是北方城市对于冬季水(雪)的海绵考虑,也是对于水循环、水安全、水资源的综合发展建议。

6. 滨海城市风暴潮叠加的海绵控制

北方地区东临黄海与渤海,滨海城市与内陆城市进行海绵城市建设面临着不同的问题,相比之下,滨海城市建设海绵城市情况会更为复杂。紧邻大海,让滨海城市拥有了更为广阔的海绵体和排放雨水的空间,但海潮每天两次上涨,也是城市排水系统面临的危机。在城市建设中,城市排水系统面临的问题不仅是极端天气雨水的排放,更需要考虑海潮上涨、雨水无法排出时的容蓄问题。需要根据各地城市潮位的高低变化、时间的区段变化,进行海绵城市建设。因此,北方地区滨海城市的海绵城市控制指标需要更为精确的计算和负荷,“渗、滞、蓄、净、用、排”六大措施需要更多考虑的是蓄与排的关系。

7. 选用本土植物建设海绵城市

北方城市四季分明,雨热同季,因此,降雨季节性非常明显,枯水期一年两次,一次在冬季,另一次在春末夏初。海绵城市建设中,植物配置对海绵体的建设非常重要。本土植物在本地区海绵城市建设中有极强的优势,因为它们对本地的土壤、气候以及环境有良好的适应力。在植物的选择中,应优先选择

既耐涝又耐旱的植物,因此,根系发达、茎叶肥大的植物可以更好地发挥作用。在植物的种植过程中还要考虑不同品种的搭配,以提高对水体的净化能力、结构层次和观赏性^[10]。

五、结 语

海绵城市的建设需要根据各个城市的特点和需求,综合规划、各有侧重地进行建设。南方地区由于降雨量较为丰沛,应以内涝治理、城市雨洪系统建设为重点;北方地区由于降雨量较少、水资源缺乏,则以蓄水储水进行水资源综合利用为重点。城市的地形地貌、气候水文、河流湖泊、湿地植被、城市下垫面、人口规模、城市规模、排水系统、灾害应急制度等,都是北方城市快速发展中暴雨内涝的影响因素,如何协调相互之间的关系,直接决定了北方地区海绵城市的发展方向。

参考文献:

- [1] 吴学安. 城市内涝之殇[J]. 城市开发, 2016(16): 60-63.
- [2] 吴玉成. 我国城市内涝灾害频发原因分析[J]. 中国防汛抗旱, 2011, 21(6): 7-8.
- [3] 李婷. 浅析海绵城市的建设[J]. 智能城市, 2015(1): 29-30.
- [4] 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: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [5] 原野, 杨雪, 夏雪, 等. 人工湿地在我国北方寒冷地区的应用[J]. 环境保护与循环经济, 2010, 30(5): 41-44.
- [6] 张我华, 王军, 孙林柱, 等. 灾害系统与灾变动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [7] 王秋菲, 石丹, 王盛楠. 沈阳市海绵城市的建设思路与对策研究[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版), 2016(6): 604-608.
- [8] 陈虹, 李家科, 李亚娇, 等. 暴雨洪水管理模型SWMM的研究及应用进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2015, 43(12): 225-234.
- [9] 孙宝芸, 董雷, 王占飞. 积雪地区日本城市道路横断面的细节设计[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2015(2): 45-47.

[10] 王佳,王思思,车伍,等. 雨水花园植物的选择 与设计[J]. 北方园艺,2012 (19):77 -81.

Research on Eco-Sponge City Construction of Cold Areas in North China

DONG Lei¹,SUN Baoyun²

(1. School of Architecture and Urban Planning,Shenyang Jianzhu University,Shenyang 110168,China;2. School of Transportation Engineering,Shenyang Jianzhu University,Shenyang 110168,China)

Abstract:Based on the characteristics of northern cities,the causes of rainstorm and waterlogging in northern cities are analyzed. The restrictive conditions for the construction and development of the Eco-sponge City in the northern region are analyzed,such as the lack of the green sponge body in the urban area,the lack of support for the construction policy of the Eco-sponge City,the lack of public awareness and participation in the construction of the Eco-sponge City,the initial stage of the scientific research and technology in the Eco-sponge City,the lack of the construction experience of the northern Eco-sponge City,etc. According to the climate and regional characteristics of the north,countermeasures and suggestions of northern Eco-sponge City are put forward.

Key words:northern area;Eco-Sponge City;barrier;countermeasures and suggestions

(上接第 463 页) [10] 陶表红,焦庚英,叶清. 江西省休闲农业产业化发展分析[J]. 商业研究,2008 (9):177 - 504. 182.

[9] 戴炜. 江苏仪征休闲农业产业化现状与组织创新构想[J]. 江苏农业科学,2011 (1):502 - 504.

Ecological Agriculture Sightseeing Garden Design under the Concept of Environmental Symbiosis and Culture Integration: Taking Huxi Farm in Peixian County as an Example

RU Junhong¹,CAO Xiaodong²,ZHANG Hao¹

(1. School of Architecture and Urban Planning,Shenyang Jianzhu University,Shenyang 100168,China;2. Shenyang Lvmeng Construction Consulting Co. ,Ltd,Shenyang 110016,China)

Abstract:The appearance and development of tourism agriculture is the result of natural selection in the context of “green economy”. This paper elaborates in the planning and design aspects and discusses how to build an ecological leisure sightseeing park with environmental symbiosis and cultural integration. Taking the Huxi Farm in Peixian County as an example,the corresponding planning principles are proposed. The planning and design of eco - agricultural sightseeing garden are explored in practice from three aspects of cultural experience,design strategy and construction model,in order to provide ideas and methods for the design and construction of such parks.

Key words:environmental symbiosis;culture fusion;leisure sightseeing;planning and design;ecological agriculture