

基于洪涝风险分析的纽约市城市绿地 规划设计及其对中国的启示

陈伟^{1*} 赵杨² 杨正³ 车伍^{1,4,5} 闫攀²

(1. 北京建筑大学 城市雨水系统与水环境教育部重点实验室,北京 100044; 2. 北京雨人润科生态技术有限公司,北京 100044;
3. 中国地质大学 水资源与环境学院,北京 100044; 4. 北京未来城市设计高精尖创新中心,北京 100044;
5. 北京建筑大学 北京市可持续城市排水系统构建与风险控制工程技术研究中心,北京 100044)

摘要:1968年美国开始推行洪涝保险计划,不断完善对洪涝风险的研究,并逐步形成了一套相对完善的洪泛区管理体系,而洪涝风险分析在洪涝保险、城市规划、土地开发、应急管理等领域广泛应用。纽约市在经历了多次飓风侵害,尤其是2012年飓风桑迪(Sandy)之后,意识到城市绿地在极端暴雨事件时对雨洪调蓄的重要作用,经过持续的研究实践,提出了基于洪涝风险分析的城市绿地规划设计要求。基于总结美国纽约市在飓风桑迪影响下对洪涝风险图的调整,及其对城市绿地规划设计相关要求,提出其对我国洪涝风险管控及城市绿地规划设计的启示。

关键词:纽约;洪涝风险;城市绿地;雨洪调蓄

DOI:10.13205/j.hjgc.202004004

URBAN GREEN SPACE PLANNING AND DESIGN BASED ON FLOOD RISK ANALYSIS IN NEW YORK CITY AND ITS ENLIGHTENMENT TO CHINA

CHEN Wei^{1*}, ZHAO Yang², YANG Zheng³, CHE Wu^{1,4,5}, YAN Pan²

(1. Key Laboratory of Urban Stormwater System and Water Environment, Ministry of Education, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China; 2. Beijing Yuren Rainwater Eco-Technology Co., Ltd, Beijing 100044, China;
3. School of Water Resources and Environment, China University of Geosciences, Beijing 100044, China; 4. Beijing Advanced Innovation Center for Future Urban Design, Beijing 100044, China; 5. Beijing Engineering Research Center of Sustainable Urban Sewage System Construction and Risk Control, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China)

Abstract: In 1968, the USA initiated the national flood insurance program (NFIP), and then continuously improved the research of flood risk analysis. By creating a relatively well-developed system of flood prone area management, flood risk analysis had been widely used in many fields including flood insurance, urban planning, land development, emergency management and so on. After suffering a series of hurricanes, especially the hurricane Sandy in 2012, New York City realized the importance of urban green space for stormwater storage during emergency flood events. Then after continuous research and practice, the requirements of urban green space planning and design based on flood risk analysis were put forward. By summarizing and analyzing the adjustment of flood risk map of New York City under the influence of hurricane Sandy, and its requirements for urban green space planning and design, the enlightenment of flood risk control and urban green space planning and design in China was proposed.

Keywords: New York; flood risk; urban green space; stormwater storage

收稿日期:2020-01-24

基金项目:水体污染控制与治理科技重大专项(2018ZX07110-008)。

* 第一作者、通信作者:陈伟(1994-),男,硕士,主要研究方向为城市雨洪控制与管理。416581113@qq.com

0 引言

城市洪涝风险管控体系的构建对于城市有效抵御洪涝灾害与可持续发展至关重要。我国最早于1984年编制了第一张永定河的洪水风险图,此后不断完善计算方法和洪水模拟技术,并开展了城市建设区、防洪保护区、洪泛区等各种类型洪水风险图编制的研究和探索^[1]。2016年国务院修订了《洪水风险图编制技术细则》,明确了全国重点地区洪水风险图的编制要求。但是我国的洪水风险图更多从水利角度考虑,主要是针对江河湖泊、蓄滞洪区、水库洪水等,较少关注城市内涝积水。随着排水防涝、海绵城市等工作的推进,大量城市开始在排水防涝专项规划、海绵城市专项规划、海绵城市建设系统方案等文件中提出编制城市洪涝风险图。2019年住建部发布的GB/T 51346—2019《城市绿地规划标准》中指出,城市绿地规划宜与海绵城市建设相结合,发挥城市绿地滞缓、净化和利用雨水的功能,但目前对于如何有效结合的相关说明和有关研究相对较少。

美国早在20世纪50年代就开展了城市洪涝风险的相关研究,1968年开始推行国家洪涝保险计划(national flood insurance program, NFIP),并通过联邦紧急事务管理局(Federal Emergency Management Agency, FEMA)组织了详细的洪涝风险研究,绘制了洪涝保险费率图(flood insurance rate map, FIRM)。FIRM主要包括洪涝风险图的基础研究和洪涝保险费率研究,FEMA的洪涝风险图研究的不仅是江河湖泊洪水,更多的是包括暴雨内涝等在内的洪涝风险。纽约市在FEMA洪涝风险图的基础上进一步提出了城

市绿地的规划设计策略。

1 纽约市洪涝风险管控的基本情况

1.1 发展历程

纽约市作为美国最大的滨海城市,拥有广阔的沙滩、港口、河流和湿地,以及长达837 km的滨海岸线。然而,由于飓风、强降雨、海平面上升等影响,使纽约市的洪涝灾害越发严重。统计显示,1900年以来,已有13次飓风袭击过纽约,且飓风袭击的频率越来越高,其造成的损失也越来越严重。

为此,纽约市在1981年就完成了沿海洪涝风险研究。并在1983年,FEMA发布了纽约市的洪涝风险图,该图描述了对城市洪涝风险的评估,同时也被国家洪涝保险计划使用,并针对不同风险提出了洪涝保险费率要求。洪涝风险图划定了100年一遇洪泛区和500年一遇洪泛区,FEMA将其中100年一遇洪泛区作为基础洪涝风险区纳入国家洪涝保险计划,并制定了一系列洪泛区的管理政策。1991—2007年,FEMA通过不断更新湿地和河流模型以及对洪泛区的细微调整来修订洪涝风险图,但由于气候变化及城市土地开发等原因,原有的气候模型及数字地形等已无法准确描绘现有的洪涝风险的范围,2007年纽约市要求FEMA对洪涝风险图进行全面的更新,并开展了一系列洪涝风险研究和数字地形测绘。直到2013年,飓风桑迪袭击纽约,其实际的淹没区大大超过了洪涝风险图显示的洪泛区的范围(具体发展历程见图1)。纽约灾后分析显示,如果提前考虑到这些风险并采取积极措施,将避免大量的生命及财产损失。

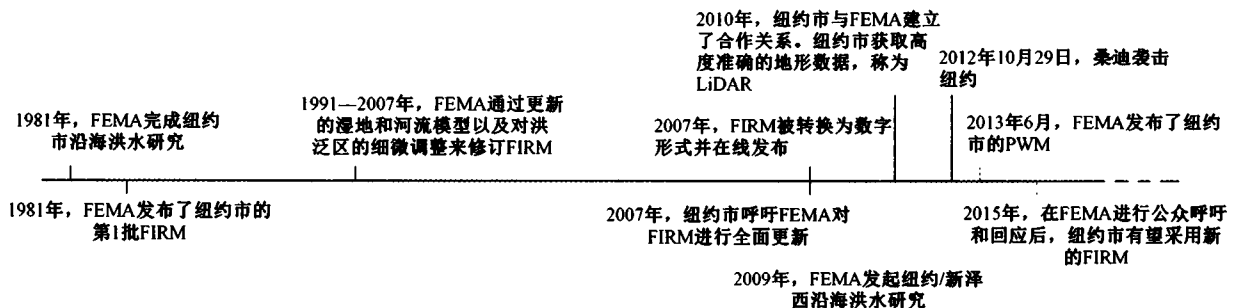


图1 纽约市洪涝风险发展历程^[2]

Figure 1 Development history of flood risk in New York City

1.2 洪涝风险图的修订

1983年的洪涝风险图表明,纽约市有85 km²的地区在100年一遇洪泛区内,占该市陆地面积的11%。截至2010年,约有22万人居住在这些地区。

然而,此后30年间,纽约市的海岸线发生了大量变化,海滨地区的下垫面也发生了重大变化。2012年的飓风桑迪带来的狂风、暴雨引发的断水、断电、洪涝灾害等方面的事故,导致纽约113人死亡,大量的基础

设施和房屋遭到毁坏等,估计造成的损失至少达到190亿美元^[2]。

统计显示,桑迪期间的淹没区比FEMA 1983年公布的100年一遇洪泛区多了53%。在皇后区,桑迪期间的淹没区几乎是洪涝风险图上标明的洪泛区面积的2倍;在布鲁克林区,淹没区面积是洪泛区的2倍多;在某些社区该数值甚至更高。

因此,2013年6月,FEMA根据最新的气候模型、数字地形并结合桑迪的实际淹没范围等,发布了新版洪涝风险图,新的100年一遇洪泛区面积为124 km²,大致相当于桑迪期间被洪涝淹没的区域,占该市陆地面积的16%;包括5个行政区的大部分沿海地区,在布鲁克林区和皇后区有明显增加。现在有近40万纽约人居住在洪泛区内,较调整之前的22万人增长了83%(图2)^[3]。截至2019年,纽约市还在不断地调整洪涝风险图,以便更精确地描述实际的洪涝风险。

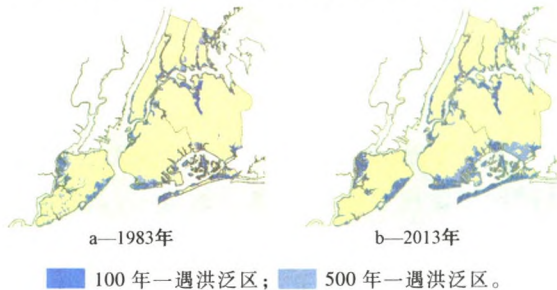


图2 纽约市1983年与2013年洪涝风险图对比^[2]

Figure 2 Comparison of flood risk map of New York City in 1983 and 2013

此外,纽约市还与纽约气候变化委员会合作,为纽约市开发了一系列“未来洪涝风险图”,将海平面上升预测与洪涝风险图结合起来。“未来洪涝风险图”显示,21世纪20年代100年一遇洪泛区可能扩展到153 km²,比2013年的洪涝风险图增加了23%。到21世纪50年代,海平面上升将超过76.2 cm,纽约市100年一遇洪泛区可能达到186 km²,占纽约市陆地面积的24%。

2 纽约市洪涝风险分析下的绿地规划设计要求

纽约市公园和开放空间系统总面积约117 km²,其中约23 km²的公园和开放空间(占20%)在桑迪期间被洪水淹没。但实践证明,公园和开放空间经过适当设计,可以发挥其雨洪调蓄功能,缓解周边区域的洪涝风险。例如,曼哈顿区的哈德逊河公园,设计时考虑了海平面上升和洪涝的影响,公园内设置了大片的下沉式草坡景观区,并在边缘地带设置较高的缓

坡,该方法吸纳了大量的雨水和海浪并保障了周边社区的安全^[4]。此外,公园内的树木选择耐淹、耐盐的品种,其种植高度也高于极限洪水水位,有力确保了树木的安全,且公园的重要基础设施(包括抽水泵和主要机电设备等)都放置于高处的防护设施内,也避免了洪水的侵袭。

综上,公园和开放空间在降低飓风侵害和减少径流等方面将发挥越来越关键的作用。因此,2015年纽约市公园娱乐部发布了《纽约市洪泛区公园规划与设计指南》^[4],旨在将公园系统的规划设计与城市洪涝风险管控有效结合。

2.1 增加公园和开放空间面积

2010年,纽约市发布了《纽约市绿色基础设施计划》,提出加强纽约全市的林荫街道、湿地、公园、林地、自然植被区等绿色基础设施建设。之后每年编制年度报告,对当年的各类项目的实施情况、经验教训以及典型案例等进行总结,并提出下一年度的具体计划。目标到2030年,控制相当于合流制排水区10%不透水面积的径流雨水。截至2015年底,飓风桑迪后仅2年时间,纽约市增加了超过20 ha的绿地面积,每年可多吸纳约90万 m³的雨水。

根据洪涝风险预测显示,气候变化带来的海平面上升、暴雨洪涝等,将导致纽约市未来沿海沿河很大一部分区域面临洪涝风险,因此纽约市在《纽约市洪泛区公园规划与设计指南》中提出针对洪涝风险进行公园布局规划。纽约市公园娱乐部考虑在满足公园娱乐使用的条件下,通过洪涝风险图及未来洪水风险预测,针对性地增加未来洪泛区内的公园规划布局,以帮助周边其他社区提高应对洪涝风险的能力。一般洪泛区内的土地面临洪涝风险较大,对应的洪涝保险的费率也较高,纽约市政府通过土地回购的方式收回洪泛区的土地进行公园规划建设,预计到2050年,纽约市的公园布局将覆盖洪泛区及其边缘的大部分区域(图3)。

2.2 改造洪泛区内的公园基础设施

公园的部分基础设施对所服务的社区提供关键作用。因此,即使在极端事件下,纽约市也要尽可能地保护这些重要基础设施免受气候变化的影响,保障其在发生洪涝灾害时能够迅速地恢复使用。若处理不当,洪泛区内的公园不仅不能很好地处理周边雨水径流,还可能导致公园自身存在风险并陷入瘫痪,为此《纽约市洪泛区公园规划与设计指南》中提出每个



- 2015年的公园; ■ 2015年的百年一遇洪泛区;
- 2050年的公园; ■ 2050年的百年一遇洪泛区;
- 2100年的公园; ■ 2100年的百年一遇洪泛区。

图3 纽约市洪泛区内的公园规划^[4]

Figure 3 Parks in New York City's flooding areas

公园要根据其设计目标、场地条件、面临的风险等提出针对性的要求。

公园娱乐部通过评估洪泛区内的公园和开放空间中相关设施的重要性及其遭遇洪涝风险的可能性,决定是否应重新建设或加固这些基础设施等以防范未来的洪涝风险对其造成的破坏。例如,在重要基础设施周围建设雨水花园和集水系统,以便将雨水更好地排出。洪泛区内的运动场地采用人工合成草皮等,以便在洪涝过后更易清理和修复。对洪泛区内的建筑物和机械设备等进行防洪保护,设置防水墙、护堤和水泵系统,以保护其免遭洪水侵袭等。公园娱乐部未来将根据最新的洪涝风险图对洪泛区内的公园重要基础设施进行评估改造。

2.3 保护湿地、溪流和城市树木

湿地、溪流等水敏感区在极端天气情况下,为纽约市提供了充足的弹性空间。公园娱乐部通过与环境保护部及国家公园管理局等合作,计划在未来设置更多的湿地、溪流等水敏感区。例如,在牙买加湾及

其周围建立 41 km² 的湿地公园,以增强纽约抵抗极端灾害事件的能力。

值得注意的是,从本次灾害的调研反馈来看,城市树木不仅可以改善城市环境,还可以有效地减少雨水径流。桑迪期间,皇后区纳什维尔林荫大道和科尔法克斯街的街道树木吸收了相当于其自身绿地面积 31 倍的雨水径流,其中包括直接落在树冠上的 6 m³ 雨水和周围街道流入的 177 m³ 的雨水径流。公园娱乐部还提出了“纽约市百万植树计划”,通过与自然保护区合作,将管护的树木区域扩大到 81 hm²,同时公园娱乐部还建立了纽约树木的电子信息库并安排专人定期检查和养护树木。

2.4 开发综合气候预测工具,指导公园规划设计

通过气候变化预测,纽约市可以针对性地对于易受极端天气事件影响地区的公园和开放空间采取适当的防灾减灾措施。气候变化委员会通过气候数据和预测模型等来监测和预报气候变化,在 FEMA 的洪涝风险图基础上发布未来洪涝风险图。公园娱乐部将城市中 100 年一遇洪泛区内的公园、工业区、住宅区等进行分类绘制,并标注出详细的海拔信息。

针对洪泛区内的公园,公园娱乐部还制定了相应的适应气候变化的规划和设计策略,并发布了《纽约市弹性公园指南》^[5]。纽约市还与国家公园管理局及其他学术机构密切合作,在牙买加湾建立了一个弹性科学中心,研究科学的监测技术,在数据库中逐个监测和评估公园弹性措施的有效性,并帮助修订《纽约市弹性公园指南》。

3 对中国的启示

3.1 推进城市洪涝风险的编制与应用

FEMA 所发布的洪涝风险图在洪涝保险、城市规划、土地开发、应急管理中都发挥了重要作用,是高效防洪减灾的基础依据之一。对绿地系统而言,洪涝风险图作为设计依据,能显著提高绿地规划设计的科学性和针对性,有利于减少城市洪涝灾害所带来的损失。除美国外,英国、新西兰、日本等国际雨洪管理相对成熟的国家,也都存在相似做法防治洪涝风险^[6,7]。

据笔者所掌握的资料,我国现阶段部分洪涝风险图中,一类以流域尺度作为编制单元,以水系洪泛分析后的淹没范围为主要风险,对城市区域仍然需要精准分析;另一类主要以城市尺度为分析对象和风险图编制单元,结合排水防涝综合规划、海绵城市专项规划等要求,对不同重现期下城市内涝积水范围、积水

深度等进行风险分析,但又普遍缺少对主要径流通道和低洼点的分析和信息叠加。

总体而言,我国目前各城市已编制的洪涝风险图的准确程度和精度,仍不足以精细指导城市绿地系统的规划和公园设计工作。考虑到各城市应对防洪和内涝风险的条件及需求的差异,逐步编制基于流域分析结果,同时满足其城市管理需求以及精度合理的洪涝风险图,是指导城市规划与汛期应急管理的重要工作内容。

3.2 推动海绵型城市绿地规划设计

纽约市经历了多次飓风、暴雨等自然灾害,得到的重要经验之一,即湿地、溪流、林地与城市绿地空间具有在极端天气下提供调蓄雨水径流的功能和防灾应急的重要空间。从纽约、奥克兰、东京等不同国家重要城市的洪涝防治与应急管理经验来看,城市绿地系统始终是建立弹性的城市排水防涝体系的重要组成部分。其中,自然水敏感区域的保护和利用,能够提供丰富的生态功能和泛洪空间;处于高洪涝风险区域的城市绿地经过有效设计建设或改造,对于周边用地具有很好的保护和多功能调蓄作用。

随着我国海绵城市建设的推进,2016年住建部修订了GB 50420—2007《城市绿地设计规范》,重点增加了海绵型城市绿地设计的要求,明确提出城市绿地设计要采用源头径流控制措施,满足绿地所在地块的年径流总量控制率要求,并给出了海绵型绿地相应的竖向、种植、排水等设计规范。但与城市洪涝风险的密切关系仍考虑不足,缺乏对精确资料、系统规划指标要求和多专业深入协作的工作习惯。

借鉴上述经验,应在洪涝风险图的基础上进行城市绿地规划,将城市绿地与排水防涝紧密结合才能更好地发挥绿地的雨洪调蓄功能。重点提出以下3方面的建议:

1)严格控制城市发展边界,保护湿地、河流、森林等自然区域。尤其对于沿河、沿江的地区或城市,应根据当地的防洪排涝标准,保护好这些自然区域,暴雨时可发挥其对城市建设用地的保护功能。

2)从洪涝防治的视角考虑城市绿地系统的空间布局 and 规模,重点对泛洪区、低洼积水点和径流通道等重要区域的绿地和开放空间的定位、管控指标和水系统功能进行综合评定和规划设计。对于承担径流通道功能和有条件承担调蓄功能的区域,应根据雨水径流组织流向和汇水量等合理设置径流行泄通道或

多功能调蓄空间^[8]。

3)跟踪、记录绿地系统在重要暴雨实践中发挥的洪涝防治作用和应急避险功能,定期根据真实情况进行优化调整。

3.3 提高多专业、多部门协作水平,共同推动洪涝风险管控工作

城市洪涝风险分析与城市规划、排水系统建设、洪涝保险、应急管理等工作密切相关,涉及多专业、多部门的协调合作,已基本形成国际共识。近年来,随着海绵城市建设等工作的推进,国内各城市针对城市洪涝风险管控的多部门沟通协作与信息共享机制也在逐步建立,逐步增强城市应对洪涝问题的防灾减灾能力。

基于对纽约市洪涝风险与绿地系统规划设计要求的分析,城市绿地系统合理的保护与利用可以在应对城市洪涝风险中发挥重要作用。这需要FEMA与纽约市规划建设、公园管理等,不同部门及不同专业人员间建立密切的协作机制。从绿地系统规划设计条件的提出,到具体设计、建设、运维、应急管理的全生命周期各个阶段,均需要融入城市洪涝风险管控的相关要求,还涉及各专业在设计理念及标准上的综合协调。这对中国在海绵城市建设等工作中,推进水利、市政、园林等专业间的协作,有效实现绿地系统与洪涝风险管控的结合,有着重要的借鉴意义。

参考文献

- [1] 杜鹃,汪明,史培军. 基于历史事件的暴雨洪涝灾害损失概率风险评估:以湖南省为例[J]. 应用基础与工程科学学报, 2014, 22(5): 916-927.
- [2] MICHAEL R B. A stronger, more resilient New York [EB/OL]. 2013. http://s-media.nyc.gov/agencies/sirr/SIRR_spreads_Hi-Res.pdf.
- [3] 王江波,苟爱萍. 桑迪飓风后纽约的城市韧性规划策略及其启示[J]. 安徽建筑, 2019, 26(6): 10-13.
- [4] New York city department of parks and recreation. Design and planning for flood resiliency; guidelines for NYC Parks [EB/OL]. 2017. https://www.nycgovparks.org/pagefiles/128/NYCP-Design-and-Planning-Flood-Zone_5b0f05da8144.pdf.
- [5] New York City Department of Parks and Recreation. High performance landscape guidelines: 21st Century Parks for NYC [EB/OL]. 2011. https://www.nycgovparks.org/sub_about/go-greener/design_guidelines.pdf.
- [6] 车伍,杨正,赵杨,等. 中国城市内涝防治与大小排水系统分析[J]. 中国给水排水, 2013, 29(16): 13-19.
- [7] 车伍, Frank Tian, 李俊奇,等. 奥克兰现代雨洪管理介绍(一): 相关法规及规划[J]. 给水排水, 2012, 48(3): 30-34.
- [8] 张尚义,阳妍,邵知宇,等. 美国洪水风险图编制技术分析及对我国的启示[J]. 中国给水排水, 2017, 33(21): 124-128.