

荷兰阿姆斯特丹洪涝风险管控策略及启示

Flood Risk Control in Amsterdam and Implications for Cities in China

王君 张晓昕 魏保义 WANG Jun, ZHANG Xiaoxin, WEI Baoyi

摘要 洪涝灾害是世界各国大中城市面临的主要自然灾害之一,洪涝风险管控是我国各级国土空间规划的重要内容。荷兰首都阿姆斯特丹地处低洼之地,长期面临严重的洪涝灾害风险。首先回顾阿姆斯特丹城市形成与建设历史,在此基础上分析阿姆斯特丹面临的洪涝风险来源,以及未来受气候变化及社会发展影响的洪涝风险的变化趋势,梳理其为应对各项风险所采取的策略和建造的工程体系。通过总结阿姆斯特丹应对洪涝灾害风险的策略和经验,提出对我国城市洪涝灾害防控及制定相关规划的启示,包括注重系统性和优化总体布局、综合利用灰色和绿色基础设施、考虑和评估未来风险变化趋势、鼓励公众参与等。

Abstract Floods are one of the main natural disasters faced by cities around the world. Flood risk control has been an important part of territory spatial planning in China. Amsterdam is situated in a low-lying, flood-prone area. This paper first reviews the history of spatial development of Amsterdam, based on which it analyses the sources of flood risks that Amsterdam faces and introduces the strategies that have been taken to cope with these risks. The trend of Amsterdam's future flood risks with the impact of climate change and urban development and the potential responding strategies are also discussed. This paper ends by summarizing the system of flood control in Amsterdam and drawing implications for major cities in China in flood control.

关键词 洪涝风险;阿姆斯特丹;风险管控;空间布局;气候变化

Key words flood risk; Amsterdam; risk management; spatial planning; climate change

文章编号 1673-8985 (2021) 04-0138-06 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20210420

作者简介

王君

北京市城市规划设计研究院
工程师,博士, thujunw@gmail.com

张晓昕

北京市城市规划设计研究院
市政规划所所长,教授级高级工程师

魏保义

北京市城市规划设计研究院
教授级高级工程师,硕士

城市洪涝灾害已经成为困扰世界各国的主要难题之一。随着气候变化所导致的问题逐渐显现以及城镇化持续发展,暴雨等极端气象事件频发,城市的自然属性弱化、不透水面积增加,同时人口和社会财富越来越向城市聚集。在这些因素的共同作用下,城市洪涝问题日益凸显。我国降雨时空分布不均,汛期暴雨频发,每年都有多地发生不同程度的洪涝灾情,对人民生命财产安全和社会持续发展造成严重威胁。据统计,2018年全国31个省(自治区、直辖市)共发生171次洪涝事件^[1],并呈现出“北增南减”的趋势,直接经济损失逾1 000万元^[2]。受全球变暖和城镇化快速发展影响,未来我国多地区

强降水和洪涝等极端事件趋于增多,城市洪涝风险将可能进一步加大^[3]。

城市洪涝灾害是一种自然灾害,不能被彻底消除,但可以通过采取一系列工程和非工程措施、构建防御体系来减控其风险。我国各级国土空间规划编制均要求充分评估洪涝风险并制定有效防灾减灾策略,包括提出规划目标、规划要求和具体应对措施,并明确重大项目的布局和时序安排等。同时,相关主管部门还会编制城市防洪防涝专项规划。世界上许多发达国家和地区较早地开展了城市洪涝防治研究和实践,近年来对未来气候变化和人类活动对洪涝灾害风险的影响和应对也开展了广

泛研究。因此,分析和总结国外应对洪涝风险的经验理念,可以为我国城市洪涝风险应对和防御提供有益借鉴。荷兰有低洼之国之称,其首都阿姆斯特丹平均海拔低于海平面约2 m。这座城市从无到有的形成以及从小到大的发展,均依赖对不同成因洪涝灾害的有效防御。阿姆斯特丹洪涝风险管控的先进经验值得我们研究和借鉴。

1 阿姆斯特丹概况

阿姆斯特丹是荷兰的首都,也是荷兰最大的城市。它位于荷兰西北部、艾瑟尔湖南岸,通过北海运河与北海相通(见图1)。总面积约219 km²(其中陆地面积165 km²,占75%;水域面积54 km²,占25%),属低洼之地,绝大部分地面高程低于海平面。受北大西洋湾流影响,阿姆斯特丹属温带海洋性气候,全年温和潮湿,多年平均降水量约760 mm,降水年内分布较为均匀,略集中于7—12月,每年平均降水日数为182 d,以小雨和阵雨居多,但近年来极端暴雨事件明显增多。

阿姆斯特丹是荷兰最大的工业城市和经济中心,主要产业包括商业服务、国际贸易、运输、金融和旅游等。阿姆斯特丹港为荷兰第2大港口,按吞吐量排序为欧洲第4大港口,是重要的现代化国际物流中心。2018年阿姆斯特丹总人口达到87万人,人口密度为3 854人/km²。在经济学人智库(The Economist Intelligence Unit)发布的《2017年城市安全度调查报告》中,阿姆斯特丹被评为欧洲最安全的城市,其中阿姆斯特丹在反映基础设施安全(含自然灾害防御)的指标中位列世界第6。坚实而完备的洪涝风险管控体系为阿姆斯特丹居民的生命和财产安全提供了有效保障。

2 阿姆斯特丹城市形成与发展

从今天的地图上,阿姆斯特丹位于艾瑟尔湖西南岸,大大小小共计165条人工开凿或修整的河道在这里编织交汇。而在数百年之前,这里尚为一片汪洋与沼泽,土地仅为散布的沙洲小岛。



图1 阿姆斯特丹位置示意及水系图
Fig.1 River systems in Amsterdam

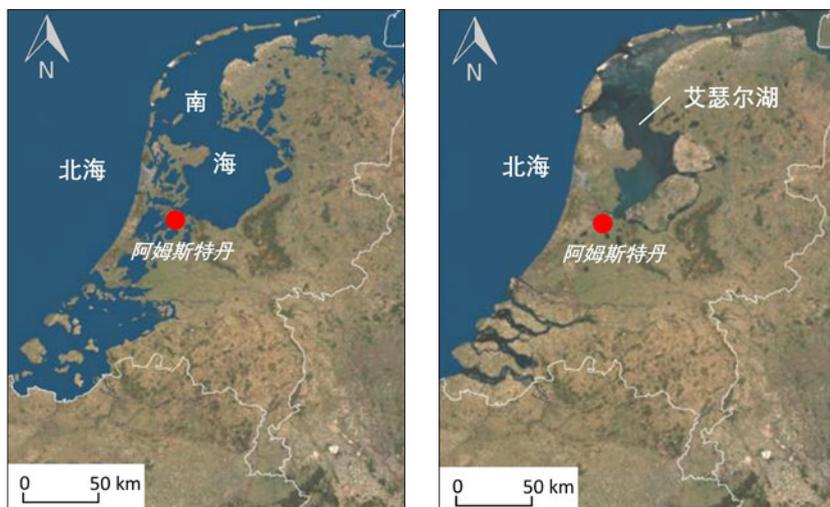
资料来源: sustainablecities.vattenfall.com/en/amsterdam。

历史上,艾瑟尔湖原是一处海湾,称南海或须德海(见图2)。阿姆斯特丹所在地原为沿海滩涂,最早的定居者首先要考虑的是如何排除水患、开辟可供生产和生活的陆地。大约在12世纪前后,一些渔民顺流而下,定居在这片低洼之地的北部,并将这里命名为Aemestelle(古荷兰语,意为水多之地),将定居地东侧由南向北入南海的河流命名为阿姆斯特丹河(Amstel River,见图1)。为防止河流泛滥,早期定居者广筑堤防,后又在阿姆斯特丹河口处建造大坝,并将定居地改为与大坝同名,即阿姆斯特丹(Amsterdam)。在随后的数百年中,阿姆斯特丹河经历多次改造和整治。1936年,因阿姆斯特丹河口淤积严重,遂将入海口处填平,自此阿姆斯特丹河止于阿姆斯特丹市内的铸币广场,通过地下管道排入IJ湾(IJ是古荷兰语,意为水,见图1)。

早期定居者采用“化零为整”的策略,通过筑堤围海、开挖运河并借助风车排水,在沼泽滩涂上造出一块块可供开发建设的陆地,由此形成了密布而复杂的运河网络。地图上引人注目的4条同心半圆形运河就是其中的重要部分(见图3)。环状运河的修建起于黄金时代的17世纪,由内向外依次为辛格运河(Singel)、绅士运河(Herengracht)、皇帝运河

(Keizersgracht)和王子运河(Prinsengracht)。环状运河之间通过径向渠道连通,总体呈蛛网状。辛厄尔运河(Singelgracht)修建于19世纪,具有防御功能,是当时阿姆斯特丹城的外边界。这些环状运河宽约25 m,总长约14 km,环绕出约160 hm²的老城区。环状运河通过将两岸积水顺畅地导入IJ湾(即排入南海),使城市能够进一步向既有开发边界外扩张^{[4]93-94}。除了排水,运河还具有运输的功能,由此形成仓储、集市、手工业与商人住宅沿环形运河由内向外布置的格局。早期的城市规划建设还体现出先进的空间理念,从图3中可以看出,在环状运河的设计中,于相邻两条运河之间划分了居住区,并规定这些条状土地上只有一半可建造房屋(即图3中棕色区域),因此建筑背向运河一侧建成整齐的花园。此外,早期城市管理者开创性地在运河两岸广植树木进行绿化建设。如今,这郁郁葱葱、沿岸不乏古迹的环状运河已经成为阿姆斯特丹的符号,并于2010年被列入世界文化遗产名录。

除此之外,还有两条重要的运河,即北海运河和阿姆斯特丹—莱茵运河。为缩短远洋船只航行到达阿姆斯特丹港的距离,于1865—1876年修建北海运河,全长约25 km,宽约235 m,为阿姆斯特丹提供到达海上的最短路线;而为使



a 公元1300年时期

b 当前时代

图2 荷兰古今地理地形对比

Fig.2 The Netherlands in 1300 and today

资料来源: www.earthmagazine.org/article/dutch-masters-netherlands-exports-flood-control-expertise.



图3 阿姆斯特丹的运河

Fig.3 Canals in Amsterdam

资料来源: 底图 upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/Amsterdam-centrum-OpenTopo.jpg.

船只能够直抵莱茵河,又于1931—1952年修建了连接阿姆斯特丹港与瓦尔河(莱茵河分支)的阿姆斯特丹—莱茵运河(Amsterdam-Rijnkanaal),全长72 km,宽100—120 m。北海运河与阿姆斯特丹—莱茵运河在IJ湾处相接。北海运河的开通是阿姆斯特丹走向现代化的起点。随后在诸多有利因素的推动下,19世纪和20世纪初期,城市规模迅速扩展,仅1850—1920年间,人口就增加了2倍。

错综复杂的运河网络是早期有意识的城市规划的结果,而反过来又为后期城市规划 and 扩张提供了基本结构、分界和图底。阿姆斯特丹现有165条运河,总体呈现出以老城区为核心的半圆形环状及放射状网络形态(见图1)。运河总长约100 km,平均深度2.6 m,设有14座闸和1 281座桥等附属设施。城市空间区划依托运河网络,以环状放射网格的形态向外铺开,并形成半圆形环状加放射状的主要道路系统^{[4]94}。

3 阿姆斯特丹的洪涝风险及应对措施

阿姆斯特丹面临的洪涝风险主要有3个来源:海潮、河流泛滥、暴雨内涝。因地势低洼,阿姆斯特丹易受到来自北海和南海(今已变成艾

瑟尔湖)的海潮侵袭,同时面临阿姆斯特河、阿姆斯特丹—莱茵运河(受莱茵河洪水影响)等河流泛滥的风险,而遇极端暴雨事件又极易发生内涝。荷兰《水法》(2009年修订)综合考虑海潮、河流泛滥等多种灾害成因,基于成本—效益分析对全国不同地区的防洪标准作出明确规定,阿姆斯特丹港及北海运河沿岸所在地区设防标准为1 250年一遇,阿姆斯特丹其余地区因人口稠密、建筑及产业密集,设防标准为万年一遇。经过持续数百年的努力,阿姆斯特丹及周边地区现已形成有效的洪涝灾害防控体系,根据最新的洪水风险评估,现有堤防系统基本达到防洪标准^[5-6]。然而,随着社会和环境的变化发展,洪涝风险呈现增大的迹象和趋势,现有的体系将不足以应对未来的风险^{[7]21, 28}。一方面,已初露端倪的全球性气候变化,将造成海平面上升、极端暴雨事件增强增多;另一方面,泥炭土开采等人类活动造成严重且不均匀的地面沉降,这无疑在增大洪涝风险的同时又加大应对灾害的难度。对此,荷兰已经开展了相关研究并制定了初步应对策略。

3.1 整体布局,防控海潮侵袭

20世纪初期以前,阿姆斯特丹东北侧濒临

南海,南海向北延伸与北海相通(见图4a)。这使得阿姆斯特丹与南海周边的村庄长期受到潮汐洪水的威胁。仅1717年的“圣诞节大洪水”就导致数千人死亡,包括阿姆斯特丹在内的多个城市受灾。频繁的海潮侵袭催生了封堵潮汐通道的设想,然而限于当时的技术水平和经济条件,加之来自航海事业和渔业的反对,这一设想并未实现。直到1913年,“封锁”南海的决议才被正式通过,而第一次世界大战的爆发又延缓了计划的实施,随后而来的1916年特大洪水,终于促成整个区域的格局与防洪体系的彻底改变^[8]。

1916年的特大洪水致多处南海大堤被摧毁,大面积区域被淹,房屋损毁无数,16人失去生命。受此影响,南海计划(又称须德海计划)于1918年正式开始实施。整个计划包含两大部分:建造拦海大坝和围田造地。为封堵潮汐通道,首先修建了从恩克赫伊森镇到莱利斯塔德镇的阿夫鲁戴克(Afsluitdijk)拦海大坝(见图4b)。随后,疏挖南海形成艾瑟尔湖,湖水可通过工程措施进行调节。经过入湖淡水河流的反复冲刷,艾瑟尔湖如今已经完全变成淡水湖。南海计划的第2部分即围田造地。原计划开展5个围垦工程,实际实施了4个,并修建了

分隔坝——豪特里布 (Houtribdijk) 大堤,形成新的交通道路(见图4b)。整个工程从1920年起历时55年完成,建成后的阿夫鲁戴克大坝长约32 km,跨越多个潮汐通道,使荷兰的海岸线缩短数百公里。

来自西侧北海的风险则相对复杂。首先,潮汐引发海水倒灌进入北海运河并能上溯较长距离。这将造成河道水位上涨,并可能产生顶托作用。其次,因阿姆斯特丹—莱茵运河与北海之间为大片低洼之地,一旦北海运河发生漫溢,将有大面积区域存在淹没风险。对此,荷兰陆续修建了多座堤防工事,逐渐形成完整的堤防系统。目前,沿北海东岸、艾瑟尔湖周边均建造了连续的堤防体系;北海运河入海口处建有斯普伊水闸,配套设有欧洲最大的泵站,以确保北海运河的来水可以排入北海。

然而,全球变暖将直接导致海平面上升,阿姆斯特丹所在地区地势低洼,对海平面上升尤其敏感。据预测,到2050年,受北极冰盖加速融化的影响,荷兰周边海域海平面将有明显的上升。而到2100年,如果《巴黎协定》能够实现(即控制全球温升较工业化前水平不超过 2°C),荷兰周边海域海平面将上升1—2 m;在更极端(不采取气候变化缓解措施)的情景下,全球平均温升将达到 4°C ,荷兰周边海域海平面将上升2—3 m^{[7]21}。为应对瓦登海(艾瑟尔湖与北海之间的海域,见图4b)海平面的上升,荷兰初步制定的策略是,进一步加固现有防洪工程体系,确保在2050年之前可控制艾瑟尔湖冬季平均水位不升高;2050年之后,将允许湖水位上升30 cm;但关于海平面迅速上升的影响及进一步的应对策略目前仍在研究中。

3.2 系统评估,防范河流泛滥

阿姆斯特丹所在地区地势平坦且无大河穿流,因而受河流泛滥的影响相对较小。虽然在围海造地的过程中阿姆斯特丹形成了纵横交错的运河系统(见图1,图3),但这些运河大部分为围垦地的排水渠道,不承接上游来水,因而不易发生洪水。有泛滥风险的河流主要是阿姆斯特丹河和阿姆斯特丹—莱茵运河。前者



a 南海计划实施前



b 南海计划实施后

图4 南海计划实施前后对比

Fig.4 The Netherlands before and after the Zuiderzee Works

资料来源:图4a, www.tzorfolk.com/genealogy/history/maps/Netherlands/; 图4b, [commons.wikimedia.org/wiki/file:netherlands_map_\(without_islands\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Netherlands_map_(without_islands).svg)。

经过数百年的疏浚改造,已几乎成为一条半人工河道,沿途汇集了多条运河及天然河流。而阿姆斯特丹—莱茵运河与莱茵河沟通,一旦莱茵河发生特大洪水甚至决堤,影响可能会直接传递至阿姆斯特丹东南部地区。为防止河流泛滥引发灾害,沿阿姆斯特丹河和阿姆斯特丹—莱茵运河均建有连续的堤防体系,针对莱茵河还有更复杂和全面的防洪体系。

莱茵河是西欧第一大河,由东南向西北流经多个国家后于荷兰的鹿特丹入北海。历史上莱茵河洪水频发。近几十年来,流域内气候呈现冬季气温升高、降雨增多等变化趋势,相应地,洪水事件的频率和强度也在增加。特别是1993年和1995年发生的两次特大洪水,直接促使洪水标准的重新修订,调整后的1 250年一遇设计洪峰流量增加了近7%^{[9]104}。受气候变化影响,未来莱茵河将可能从融雪—降雨混合补给转变为完全由降雨补给,而极端事件的频率和强度将进一步增加^{[9]102-104}。为应对不断增大的洪水风险,荷兰制定了“还地于河”(Room for River)等策略,因项目的具体实施不涉及阿姆斯特丹及其境内河流,在此不详细展开。

3.3 灰绿结合,应对暴雨内涝

因阿姆斯特丹地势低洼,加上城市开发建设导致下垫面高度硬化,极端暴雨还极易引发大规模内涝^[10]。近年来,暴雨事件的频率和强度均呈增加趋势。对2003—2016年的降雨分析显示,50年一遇以上的暴雨事件明显增多^{[7]21-22}。然而现有的排水系统尚不足以应对某些极端暴雨事件。例如2014年7月28日阿姆斯特丹遭遇特大暴雨,几个小时内降雨量达到90 mm,道路、房屋被淹,交通陷入瘫痪,损失严重。而2011年7月2日发生在地理气候条件相似的哥本哈根的极端暴雨事件(2 h内降雨量达到150 mm,造成10亿欧元损失),则给阿姆斯特丹以长期且深刻的警示。

考虑到未来极端天气事件的频率和强度将进一步增加,阿姆斯特丹制定了灰色基础设施与绿色基础设施相结合、工程措施与非工程措施相结合的城市内涝应对策略^{[7]19}。灰色基础设施指传统的市政基础设施,包括排水管网、河道、泵站等。绿色基础设施指基于生态理念和自然过程,通过收集和利用雨水、加强地表入渗等实现减少地表径流的一系列措施。

(1) 灰色基础设施体系:利用基础设施体

系防止城市内涝的发生。基础设施体系包括现代化的排水管道系统、排水泵站以及提供了排水通道和出路的运河网等。

(2) 绿色基础设施体系:通过优化城市空间形态、发展绿色基础设施降低城市内涝的影响。这项策略通过建设“耐雨”城市(Amsterdam Rainproof)来具体实施。“耐雨”城市计划由阿姆斯特丹官方发起,由荷兰唯一的水务公司Waternet执行,鼓励全民参与。“耐

雨”是形容好像给城市穿上了雨衣,即便遭遇暴雨(一定强度内的),也能够保持城市的正常运行而不产生较大损失。具体来说,是通过优化城市空间设计,使雨水就地蓄滞或消纳,在减小内涝风险的同时还能对“免费”的雨水加以利用。这项策略与我国所提倡的海绵城市理念具有相似性。

(3) 非工程措施:通过危机管理减小城市内涝的影响,如改进监测和预警系统、制定撤

离方案等。

上述“耐雨”城市理念的提出,主要是为应对频率和强度均呈增加趋势的极端暴雨事件^{[11]2-3}。荷兰雨水管道的设计标准一般是两年一遇(降雨量20 mm/h)。阿姆斯特丹现有的排水管道系统中,老城区及少量周边地区因建成较早为合流制系统,但1950年之后开发建设的其他地区基本采用分流制,全市分流制的比例达75%。然而限于阿姆斯特丹的地理地质条件(土壤以泥炭土为主),已几乎没有地下空间可进行管道系统的升级,且实施难度巨大^{[12]653}。因此,从优化城市空间、增强下渗能力和蓄滞能力的角度,阿姆斯特丹提出建设“耐雨”型城市,从细微之处有针对性地解决积水问题、提高城市应对极端暴雨事件的能力。

阿姆斯特丹建设“耐雨”城市的目标是,能够应对百年一遇(小时降雨量60 mm^{[12]656})的极端暴雨,确保房屋和重要基础设施不受损坏。发生20 mm/h(两年一遇)以下降雨时,按照荷兰雨水管道的设计标准可全部由地下排水管道排出;发生20 mm/h以上降雨时,过量雨水将临时储存在公共和私人空间中(屋顶、花园等),之后再行利用或缓慢排除。建设“耐雨”城市需要所有居民和单位机构的参与,因为每个人都可以做出贡献,也因为每滴雨水都可能产生影响。具体可采取的措施见表1。

有关机构模拟和分析了发生2 h降雨量120 mm的暴雨时阿姆斯特丹的积水情况,又根据淹没风险和淹没对象确定了瓶颈区(bottlenecks),并将之分为“极度迫切”“非常迫切”和“迫切”需要处理3类(见图5)。“极度迫切”和“非常迫切”的瓶颈区多分布在老城区及其周边,这些正是以合流制为主且难以通过升级地下排水管道来应对洪涝风险的地区。基于上述分析,阿姆斯特丹目前已设计并实施100余处“耐雨”城市措施。

4 总结及启示

洪涝灾害防御贯穿了阿姆斯特丹城市建

表1 “耐雨”城市措施举例

Tab.1 Measures for a rainproof city

序号	措施	功能
1	绿色/蓝色屋顶	绿色屋顶:蓄滞雨水,调节温度 蓝色屋顶:蓄滞雨水
2	房前小型花园	将房前局部铺装改为小型花园,使雨水直接下渗
3	开敞排水沟	简易地面排水设施;将雨水导入调蓄池或可下渗区域
4	城市渗透带	接纳开敞排水沟导引过来的雨水,使其缓慢下渗,具有临时蓄滞和净化的作用
5	渗透区	建筑和道路周边的绿化带,雨水可从这里下渗
6	有轨电车轨道间绿带	在不影响其他交通的前提下,利用轨道之间的空间建造植草带,可使雨水下渗
7	透水铺装	将花园等处的铺装改为透水铺装,可使雨水下渗
8	减速带	通过战略性地规划设置减速带可有效减小发生内涝的影响:利用减速带将雨水导入开放水域或绿化区域;两条减速带和路缘石围成的空间可临时存蓄雨水
9	嵌草砖	停车场、少有车辆通行的道路、通往车库和花园的小路可采用嵌草砖铺装,使雨水能够下渗
10	蓄水广场	公共空间中的下沉区域,可存蓄来自周边区域的雨水
11	渗透箱	地下临时蓄水设施,可延缓雨水下渗;适用于花园、运动场、道路和停车场等
12	雨水池	容量较大的地面蓄水设施
13	保护重要公用设施	在洪涝风险高发地区:确保排水、供水、能源、通信等重要公用设施能够持续运行;布设在地上的重要公用设施,可适当抬高基底
14	独立落水管	可将落水管与公共下水道分离,阻止雨水流入下水道;前提是须有足够的蓄滞或下渗能力

资料来源:笔者根据网站(www.rainproof.nl)资料整理制作。



图5 发生2 h 120 mm降水时积水点模拟结果及瓶颈区分析

Fig.5 Bottlenecks modeling with a 2-hour 120 mm storm event

资料来源:maps.amsterdam.nl/rainproof/。

设和发展的全过程。通过对不同成因的洪涝灾害风险采取有针对性的措施,阿姆斯特丹发生洪涝灾害的可能性和灾害强度均显著降低。受气候变化和人类活动影响,未来洪涝灾害风险将可能进一步增大,且防御难度也将增大,对此荷兰已经开展了广泛研究并制定了初步应对策略。受地理位置及地形地貌等的影响,我国洪涝灾害频发。经过数十年的发展和积累,我国大部分地区已逐渐建立起相关基础设施体系,并采取工程与非工程措施相结合的策略应对洪涝灾害。近年来,我国积极践行生态文明理念,注重在城市规划设计中融入洪涝风险管控,通过推进绿色发展和采用新技术,进一步加强城市洪涝风险防御能力。从阿姆斯特丹的案例中,可以总结出以下经验。

4.1 识别风险来源,从整体把控防洪防涝布局

阿姆斯特丹能够防御海潮洪水风险的一个重要原因,在于对风险源的准确识别和对防洪体系的整体布局。洪水与其他自然灾害(如火山爆发、山体滑坡)不同,其产生和发展具有很强的系统性,不能依靠局部的防御,且一旦爆发,影响将是大范围 and 严重的。因此,从根本上找到风险产生的源头,并从整体进行布局,构建系统的防御体系,而不局限于关注当前的防护对象,在洪水风险应对中是十分重要的。

4.2 推进绿色发展理念,将横向排除与纵向消纳相结合

荷兰早期投入大量资金用于灰色基础设施建设,为包括阿姆斯特丹在内的主要城市开展洪涝防治构建了坚实的基础。最新的评估表明,阿姆斯特丹现有排水系统不足以应对某些极端暴雨事件,而受地质地理条件限制,又难以通过升级地下排水管道系统来解决洪涝问题。对此,阿姆斯特丹采取将雨水的横向排除与纵向消纳和利用相结合的策略。发展绿色基础设施,不仅能进一步降低洪涝风险,还可获得长久的综合效益^{[1]6}。阿姆斯特丹的“耐雨”城市计划与我国的海绵城市理念具有相通性,

是从优化城市空间的角度,有针对性地布局绿色基础设施,以回归自然的方式减小暴雨事件的影响并改善城市环境。

4.3 尽早开展气候变化影响下城市洪涝风险分析并研究制定应对策略

全球变暖将导致海平面升高、极端天气事件增加,从而直接或间接地增大洪涝风险。荷兰较早地开展了对气候变化影响的研究,分析了不同情景下洪涝风险变化趋势,并研究制定应对策略。气候变化将对阿姆斯特丹的3种洪涝风险产生不同程度的影响,因而应对策略也从国家层面到局部层面而不同,既有规范指导类,也有具体的技术措施。全球性的气候变化在我国已初现端倪,我们需及早开展相关研究、制定应对策略并充分纳入城市规划设计。具体实践中需注意,气象等基础数据序列需及时更新,并应意识到基础设施建设和城市空间优化等措施需要有较长的时间来论证和实施。

4.4 应对洪涝风险需要全体公众的参与

“耐雨”城市计划始终向公众强调“每一滴水都值得重视”(every drop counts),而每个人和每个机构实体——只要他(它)在城市中占据了一定空间——都可以做出贡献。从“耐雨”城市措施的列表中也可见,很多措施是微小的、散布于城市各个角落的,因此可以并且需要由相关个体参与完成。阿姆斯特丹制定了一系列激励措施,来鼓励公众参与改造自己的房屋、花园,并鼓励居民提出新的措施。我国的海绵城市建设目前正在大范围、全面地铺开,并进行了广泛的宣传,如何进一步引入公众参与、发挥群众的力量,值得规划设计和实施管理部门深入思考和探究。

参考文献 References

- [1] 邹贤菊,张春桦,宋晓猛. 2018年我国城市暴雨洪涝事件调查及思考[J]. 水利发展研究, 2019, 19(8): 45-50, 71.

ZOU Xianju, ZHANG Chunhua, SONG Xiaomeng. Investigation and thoughts on urban flooding events in China in 2018[J]. Water Resources Development Research, 2019, 19(8): 45-50, 71.

- [2] 中华人民共和国应急管理部. 应急管理部、国家减灾委办公室发布2018年全国自然灾害基本情况[EB/OL]. (2019-01-08) [2020-09-01]. https://www.mem.gov.cn/xw/bndt/201901/t20190108_229817.shtml.
Ministry of Emergency Management of the People's Republic of China. The Ministry of Emergency Management and the Office of the National Commission for Disaster Reduction released the statistics of natural disasters in China in 2018[EB/OL]. (2019-01-08)[2020-09-01]. https://www.mem.gov.cn/xw/bndt/201901/t20190108_229817.shtml.
- [3] 刘志雨,夏军. 气候变化对中国洪涝灾害风险的影响[J]. 自然杂志, 2016(3): 177-181.
LIU Zhiyu, XIA Jun. Impact of climate change on flood disaster risk in China[J]. Chinese Journal of Nature, 2016(3): 177-181.
- [4] 陈京京,刘晓明. 论运河与阿姆斯特丹古城的演变与保护[J]. 现代城市研究, 2015(5): 93-98.
CHEN Jingjing, LIU Xiaoming. On the canals of Amsterdam and development of the city space[J]. Modern Urban Research, 2015(5): 93-98.
- [5] Rijkswaterstaat VNK Project Office. The national flood risk analysis for the Netherlands[R]. 2016.
- [6] JORISSEN R, KRAAIJ E, TROMP, E. Dutch flood protection policy and measures based on risk assessment[C]//3rd European Conference on Flood Risk Management. E3S Web of Conferences, 2016.
- [7] Ministry of Infrastructure and Water Management, Ministry of Agriculture, Nature, and Food Quality, Ministry of the Interior and Kingdom Relations. Delta programme 2019 continuing the work on the delta: adapting the Netherlands to climate change in time[R]. 2019.
- [8] BRAND N. Urban flood control in the Netherlands: a history[J]. Revista M, 2014, 11(1): 38-51.
- [9] SILVA W, DIJKMAN J P, LOUCKS D P. Flood management options for the Netherlands[J]. International Journal of River Basin Management, 2004, 2(2): 101-112.
- [10] KLUCK J, BOOGAARD F, GOEDBLOED D, et al. Storm water flooding Amsterdam, from a quick scan analyses to an action plan[C]//Amsterdam International Water Week Conference. Amsterdam, 2015.
- [11] KLEEREKOPER L, LOEVE R, KLUCK J. Climate-proof retrofitting of urban areas for the same cost[M]//FILHO W L. Handbook of climate change resilience. Cham: Springer, 2019.
- [12] DAI L, WÖRNER R, VAN RIJSWICK H F. Rainproof cities in the Netherlands: approaches in Dutch water governance to climate-adaptive urban planning[J]. International Journal of Water Resources Development, 2018, 34(4): 652-674.