

基于雨洪韧性的荷兰城市水系统设计实践

王静¹, 朱光鑫², 黄献明³

1. 华南理工大学建筑学院, 亚热带建筑科学国家重点实验室, 广州 510640

2. 华南理工大学建筑学院, 广州 510640

3. 清华大学建筑设计研究院有限公司, 北京 100084

摘要 全球气候变暖所引发的雨洪灾害, 严重地制约了城市与社会的发展, 通过空间规划和基础设施建设, 全面提升城市面对雨洪灾害的抵抗力是城市发展的重要议题。对城市韧性概念的起源和发展进行了梳理, 将雨洪韧性作为韧性城市建设的主要关键点; 结合国内外已有的水系统设计理论和设计实践, 提出具有雨洪韧性的韧性城市建设应在进行水体间布局规划的同时, 考虑如何在既有的城市格局、城市空间中进行增设与市政给排水结合的雨洪韧性基础设施; 通过对荷兰城市、乡村空间格局、景观系统及基础设施实际案例的归纳总结, 提出了雨洪韧性城市建设的建议。

关键词 气候变化; 雨洪韧性; 韧性城市; 基础设施; 水系统设计

城市提供人与自然共生的场所, 受到各种自然与人为因素的调节和影响。在全球气候变化的背景下, 极端气候所引起的雨洪灾害, 威胁着市民人生安全, 制约了城市经济发展。传统的防灾策略以抵御和后期治理为主, 忽视了城市本身在灾害来临时的调蓄和缓冲作用, 导致防灾过程被动低效。城市应对灾害, 是一个持续性的互动过程, 韧性城市理念的提出从动态的角度探讨了城市受灾害扰动的承受能力, 为城市防灾提供了新的思路。

韧性理念最开始运用于工程学和生态学领

域^[1], 21 世纪初开始应用于自然灾害管理领域^[2]。在工程领域, 韧性与影响工程系统功能稳定性的扰动有关, 工程韧性主要强调系统所承受的外在压力消除后, 系统功能恢复原状的能力^[3]。在生态学领域, 生态系统受扰动恢复稳定状态后, 与初始的稳定状态不同, 存在着多重平衡点, 说明生态系统受到外力扰动恢复稳定的过程是不同于工程系统的, 基于这种多平衡的模式, Holling 将韧性定义为系统吸收扰动并仍继续存在的能力^[4]。因此, 生态韧性是受扰主体在扰动消失后, 可以在不同状态下存

收稿日期: 2019-12-06; 修回日期: 2020-04-01

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0702300, 2017YFC0702301), 国家自然科学基金项目(51761135025)

作者简介: 王静, 教授, 研究方向为绿色建筑与生态城市设计, 电子信箱: wj99@scut.edu.cn

引用格式: 王静, 朱光鑫, 黄献明. 基于雨洪韧性的荷兰城市水系统设计实践[J]. 科技导报, 2020, 38(8): 66-76; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.08.008

续的能力。城市系统的发展是在气候、经济、社会制度等多因素影响下寻求平衡的过程,具有非线性、不确定和意外的复杂特性^[5]。韧性城市的理念在中国还处于发展完善阶段,虽然在洪灾管理领域中对韧性理念的关注不断增加,但具体的定义和策略还不够明确。

本文聚焦城市受到极端降雨和洪潮泛滥灾害时的承受能力,将“雨洪韧性”理念引入城市水系统设计层面,建议通过科学的规划、设计和管理,塑造韧性的城市空间,以应对城市所要面临的雨洪问题。在空间规划策略层面,尊重城市历史发展的规律,适应城市未来发展的速度,从而长久施利;在基础设施建设方面,要适应城市现有的生态机制,与城市不同的功能空间建设相协同,从而全面有效地建设雨洪韧性城市。

围绕雨洪问题,中国已有多个城市开展了城市规划设计和建设实践的工作^[6],但在雨洪管理理念和城市建设管理机制的结合方面仍有待加强:一方面,在高密度城市区域规划建设防洪排涝设施,需

要占用大量场地和道路资源;另一方面,城市需要建设大量公共空间以满足市民活动需求。

1 国内外城市水系统设计实践

城市水系统包含城市水系、城市防洪排涝、给水排水、水环境保护等城市环境中的水文因素及相关市政设施,城市水系统设计需结合城市人文、生态、防灾等诸多因素进行综合分析,协调城市水系统自身及其与城市之间的关系,保障城市给水排水通畅以及饮用水安全,使城市水系统具有应对雨洪灾害的韧性。国外的城市水系规划在不断实践及摸索的过程中,形成了一些较为先进的水系规划理念及成熟的管理经验,主要有景观生态学、恢复生态学、滨水区开发理论、城市水文学理论及水敏感城市设计理论等(表1)。还有学者试图制定UWS(urban water systems)框架,以提供适用于不同社会体制的雨洪韧性评估方法^[7-8]。

表1 国外城市水系规划设计相关理论

理论	理论内容
景观生态学	以整个景观为研究对象,强调空间异质性的维持与发展,生态系统之间的相互作用,大区域生物种群的保护与管理,环境资源的经营管理,以及人类对景观及其组分的影响 ^[9]
恢复生态学	研究生态系统退化的原因、退化生态系统恢复与重建的技术和方法。主要观点有3类:第1类观点强调恢复的最终状态;第2类观点强调恢复的生态学过程;第3类观点强调恢复的生态整合性 ^[10]
滨水区开发	滨水区开发理论主要以城乡规划学视角和风景园林学视角展开。城乡规划学视角关注城市设计和较为宏观的滨水区开发等,而风景园林学视角则更注重城市开放空间、滨水区绿带等的景观设计 ^[11]
城市水文学	早期城市水文学以城市给排水等水文计算问题为主要研究内容,包括以下研究方向:城市降雨和汇流过程中的水文效应;城市水生态承载力及城市水环境、水生态;城市降雨径流关系、雨洪管理等城市化水文过程机理;城市水文过程模型 ^[12]
景观都市主义	景观都市主义主张在持续演化的城市形态中建立和发展一种动态的规划方向,并且具有更广阔的视角,将自然区域、开放空间和人工建造的实体整合为一个和谐的整体系统 ^[13]
流动城市	引入2个线性系统——交通系统和地表水系统,作为引导区域层面规划的核心结构 ^[14]

目前大部分实践工程是在恢复生态的基础上,辅以人工设施进行整体的雨洪灾害调控。德国的水系改造运动与日本的自然型河川改造计划都是以生态性改造的方式,恢复人堤岸的水系植被,将直线型河道变得蜿蜒婉转,恢复水系的自然线性,

增强雨水存蓄能力。新加坡中央区水环境规划,则是通过增设储蓄池、雨水花园等设施,构建“源头-路径-终端”的整体式雨洪管控系统,减少地面径流量,补充城市水源。荷兰的乌得勒支水系规划,将水系划分为4个等级进行相互连通,构建水系网

络实现整体的调控,利用植被湿地和透水铺装引导地面径流。城市水系统规划将越来越需要水专业人员和研究人员之间的合作,通过想象、设计和模拟新型城市水系统以应对未来气候条件变化所带来的反应^[8]。

中国的水系规划理论研究在借鉴国外经验的基础上,结合自身特点发展出了本地化的理论,例如流域生态学理论、河流绿色廊道理论、城市水生

态系统理论、海绵城市理论等(表2)。此外,也开展了一些水系统设计实践,但目前还处于分片区、分地块的规模尝试阶段,没有统一的设计应对策略。且现有规划设计多为生态景观上的调控,较少考虑城市现有的文化肌理和市民生活方式,如何在既定的城市格局和城市空间条件下,建设持续发展的雨洪韧性城市,仍需要学习探索。

表2 国内城市水系规划设计相关理论

理论	理论内容
流域生态学	流域生态学将对水系的研究层次从水域扩展到了流域,运用现代生态学和系统科学的理论方法研究单元内的水、岸、高地等子系统间的物质、能量、信息等的流动规律,为流域内的陆地和水域合理开发提供理论支撑 ^[5]
绿色廊道	俞孔坚等在中山市的景观水系规划中,建立能够充分发挥水系生态功能的绿色廊道体系
城市水生态系统	城市水生态系统理论秉持城市、人类、水体相互协调的理念,认为水安全、水环境、水景观、水经济和水文化五位一体的建设模式有利于完善城市水生态系统的管理体系 ^[6]
海绵城市	城市能像海绵一样渗透、吸收、净化、存储雨水,并在需要的时候够供给城市使用。强调将城市的雨洪管理与城市水系和绿地系统规划相结合,通过城市的生态性建设实现较为良好的雨洪管理 ^[7]

荷兰水网密布,地势低洼,易遭受雨洪灾害的侵袭,在与水共生的漫长历史中,经历了从“安全抵御洪水”到“与洪水安全共存”的转变,积累了丰富的实践经验。荷兰将空间规划和水治理紧密结合,探索出围海造陆、围垦造田、水路运输、水资源管理、滨水项目开发等杰出的实践经验^[8];将基础设施建设与场地、建筑相结合,划分多层级的雨水引导、收集、存储和排放系统,消解极端降雨对城市的冲击,将雨洪处理设施融入市民活动场地转变为城市景观,适应城市发展对空间高效利用的需求。这种基于本土地理特征和国情的雨洪韧性应对策略,可为中国建设雨洪韧性城市提供管理经验和设计思路。

2 荷兰城镇空间格局形成的水之溯源

荷兰的城镇建设,是对与水共生方式的漫长探索。围海造陆在荷兰具有悠久的历史,荷兰的水系统包括相互密切联系的多个部分,涵盖高地、河流、圩田、区间河渠以及互连设施^[9]。荷兰现有的水管

理体系基于每个圩田的独立水系统,依靠人工维持稳定的地面和地表水位^[20]。从凭借人力改变恶劣自然条件,以满足基本生存条件;再到借助自然资源,合理调整水系网络以满足发展需求;最后顺应自然,扩大河道空间以适应河流自然的发展形态。每个阶段都体现了与水共生的智慧。本文针对不同阶段选择对应案例研究分析,其在荷兰的区位分布如图1所示。



图1 研究案例在荷兰的地域区位分布

2.1 改变自然围海造陆形成的水滨村落——风车村

荷兰人通过风车抽水,开垦水边荒地造田居住。13世纪以前,因地势低洼、湖泊纵横,导致荷兰大片土地遍布礁石、难以耕种^[21]。为使土地适宜耕种和居住,需解决土地土质和湿度两个问题:通过在沿水浅滩上修建堤坝,排出堤坝内土地的积水;在堤坝内围土地上栽种芦苇,用芦苇发达的根系固化沙土,将成熟的芦苇秆燃烧后作为改良土质的肥料;持续排水,使围堰内的田地保持适宜湿度,用于耕种和建造房屋。风车作为利用风力的抽水装置,加快了开垦田地的速度,得到荷兰各地的广泛运用,风车屋也成为了荷兰的标志性建筑。

小孩堤防风车村距鹿特丹15 km,坐落在莱克河(Lek River)与诺德河(Noord River)的交汇地区。该区域最初是一片沼泽地,第一批堤坝建于13世纪末,用于保护该地区免受海洋和河流的洪水侵袭。18世纪中期建造19座风车,组成荷兰现存最大的风车系统。主水道、泥炭河和人工沟渠,风车泵站和闸门,构成风车村完整的排水系统。

小孩堤防风车村的雨洪应对措施分为4个阶段,在应对水危机的同时,形成与水共生的生活模式。如图2所示,风车村被南北向主水道分为东西2个地块,西面Nederwaard地块四面环水,地势稍低,东面Overwaard地块地势稍高,两地块靠近主水道各排列8座风车。

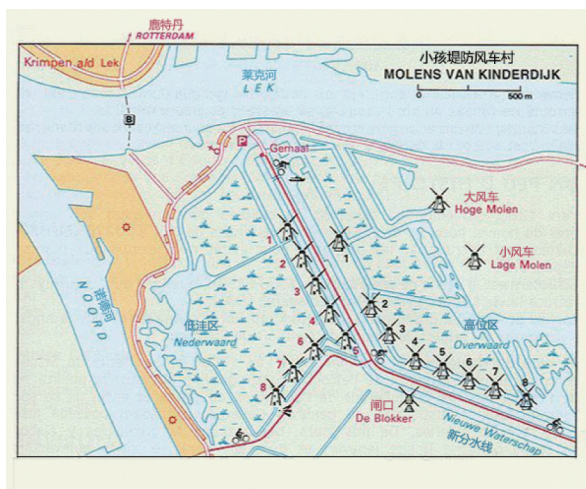


图2 小孩堤防风车村平面图

第1阶段,在水位低的旱季,通过地块内沟渠进行田地供水,泥炭河床进行土地保湿;第2阶段,正常气候下,开启西侧地块的8座风车抽水,保持地块内沟渠的水位(图3);第3阶段,在高降雨天气下,同时开启东西两组风车,抽出地块内多余积水;第4阶段,在极端降雨天气下,开启水道出口交汇处的风车泵,以确保在河道水位极高时,依然能抽出地块内积水,保证田地不被淹没。



图3 小孩堤防风车村实景

2.2 利用自然资源改造水网形成的湖畔村庄——羊角村

羊角村坐落于荷兰西北部艾瑟尔省(Overijssel),维登(De Wieden)自然保护区内。维登自然保护区因冰河时期位于2个冰碛带之间,形成了地势较低,湖泊较多的地理特征(图4)。

不同于依自然地势而建的风车村,羊角村的空间格局是通过居民不断改造而形成的。曾经的羊角村,泥炭沼泽遍布,土壤贫瘠,植物不宜耕种。当地居民开闸土地,将唯一丰厚的自然资源泥煤作为商品向外销售。伴随水运交通的兴起,居民拓宽沟渠,通行船只运送物资,逐渐形成今日运河湖泊交织的景象(图4(b)、图4(c))。从现有的构造措施可以看出凿渠通河的过程(图4(a)),首先用风车抽走地块内洼地积水方便开凿运河渠道;其次,用木板木桩和泥炭固定土地边界,在防止土地塌落的同时维持适于搭建房屋和耕种的土壤湿度;最后打通沟渠湖泊引入水流,形成依水而生的水网络局。



(a) 运河水道纵横

(b) 湖泊运河交汇

(c) 船坞与开垦水道边界

图4 羊角村实景

2.3 顺应自然发展的水网规划与城市格局 ——阿姆斯特丹

阿姆斯特丹起源于12世纪晚期的小渔村,三面环水的地理位置使其城市空间发展与水的紧密联系。阿姆斯特丹的城市发展是从中心向外围辐射扩张的过程,“城市的建设与运河网络的生长紧密联系:运河为城市演变带来契机,城市发展进一步扩展运河网络,形成阿姆斯特丹古城独特的‘城市—运河’空间体系”^[22]。

与风车村相似的是,阿姆斯特丹古城的建立也是由围海造田的小渔村发展而来。最初在阿姆斯特丹河南岸建造堤坝,开垦土地形成村落。随着人口增长和城市发展的需求,城市土地向东、西、南3个方向扩张,以半圆同心环的形式挖凿护城河,排干沼泽地积水,填平空地,形成新的城市空间。这种城市扩张的形式一直延续到18世纪,3条主要水路运河绅士运河、国王运河和王子运河的开凿,构成了阿姆斯特丹城市形态的主要骨架:人工运河与河道以同心半圆环的形式向外扩张;运河之间由放射状的水路相互连通,形成类似蛛网的放射状运河网络;城市土地立于河道之间;城市空间依托运河的放射状网格向外铺开。

阿姆斯特丹古城内的运河,囿于人力开凿技术,航道水路宽度只需保障两船并行的通畅。洪潮通过环状的运河网络,经多级水道阻滞和存蓄,减缓了水位上升的势头,可有效缓解雨洪侵袭。为应对气候变化带来的海平面上升、雨量激增等更为严重的水威胁,运河尺度不再局限于交通运输层面,

而是根据雨洪韧性的抵抗范围进行河道空间的扩宽。如图5所示,阿姆斯特丹将城市轨道交通线建在阿姆斯特丹河南岸的新建堤坝上,增加了一道防洪屏障,也扩增了具备蓄洪能力的大片水域,体现了城市水网规划从“安全抵御洪水”到“与洪水安全共存”的城市发展思路的转变。

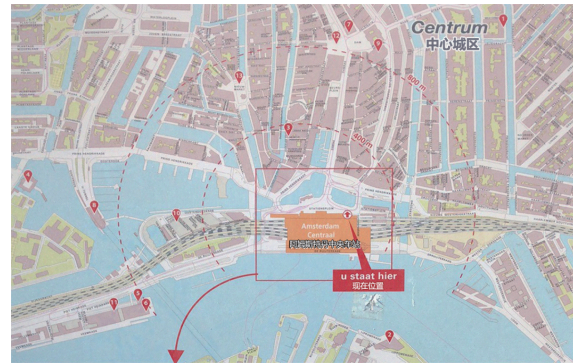


图5 阿姆斯特丹中央城区地图

3 荷兰城镇水治理策略的实施路径

荷兰城市的水治理策略和雨洪韧性建设综合考虑了多方面的因素,在开发中维持现有生态条件下的生物多样性和生物亲近性,在管理上考虑实际可行性和可维护性,在面对极端气候时具有调控性和可持续性。

荷兰在历史经验的基础上大胆创新,将空间规划和水利治理紧密结合,将水治理的关注点聚焦于防御设施搭建、便利设施建设、空间质量优化和饮用水安全保护4个维度。以抵抗自然、改变自然、顺

应自然的不同方式,建造谢尔科特风暴潮屏障和荷兰梅斯兰特弧门挡潮闸用以抵挡突如其来的潮流,创造“沙引擎”(the sand engine)进行借力自然的多功能滨海空间开发,打造鹿特丹水广场等一系列结合市民公共活动的水治理景观基础设施,开发阿姆斯特丹艾瑟尔堡(IJburg)和鹿特丹片区(Kop van zuid)等满足发展需求的水上城市,营建阿姆斯特丹GWL住区和屈伦博赫的EVA朗克斯梅尔(EVA-Lanxmeer)社区探索可持续居住形式,积累了杰出的实践经验。

3.1 落实于城市景观与基础设施建设

城市景观和基础设施建设应与城市自然资源、城市空间及城市建筑,统一成完整的城市系统。在功能层面,通过建筑、构筑物、场地和管网的多级水系统衔接,进行雨水和生活废水的引导、存蓄和排放;在空间层面,将城市景观、市民公共活动场地与基础设施相融合,打造顺应自然的复合城市空间。

鹿特丹是荷兰最大的港口城市,有着与水相处的悠久历史。过去鹿特丹通过建设防洪堤来抵御洪水,建造地下蓄水池和排水管网进行城市蓄洪,但在全球气候变暖引起的极端降水条件下,传统的雨洪应对方式无法高效解决城市的洪涝问题。为解决水治理问题,探求鹿特丹未来城市发展的韧性新模式,鹿特丹市政府和地区水务部门集思广益,在2005年公布了“2035年鹿特丹水城计划”,并已策划并实施了一系列针对城市水资源开发管理的创新型战略措施。提出“恢复力原则”,使韧性概念

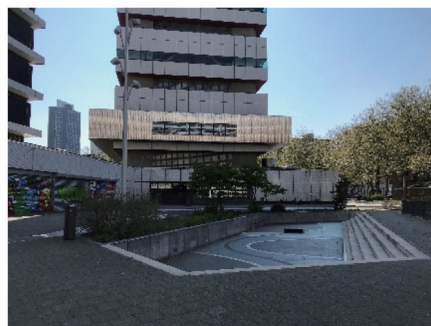
得到有效操作改善^[23],通过改善城市水系统基础设施、城市公共空间质量、实施创新性的水处理解决方案,使鹿特丹这座城市变得更具吸引力。

1) 既有城市开放空间的雨水存蓄场地——鹿特丹水广场。

鹿特丹水广场项目位于鹿特丹中央火车站附近,它在城市排水系统面临极端降水的情况下,利用城市公共开放场地提供更多的雨水储存空间。作为“水城计划”的第1个完成项目,“水广场”获得荷兰国家水资源创意奖及2014年国际绿色科技特别奖。水广场原为城市建筑群落中的一片硬质活动场地,没有有效的蓄水和排水措施,也不能提供高品质的市民活动场所。因此,“水广场”的设计目的就是整合水治理基础设施和公共活动空间,探索如何在不破坏城市已有建筑格局并激活城市公共空间活力的条件下,建设新的雨洪存蓄空间。该项目由不同大小的3个下沉广场和不锈钢导水沟槽组成(图6),通过下沉广场和导水槽增加硬质铺地广场的排水和蓄水能力,不同形状深度广场的组合则丰富了场所的空间形态。在无降水的时候,下沉广场作为周边学校学生和居民的活动场地,可进行轮滑、篮球运动以及街舞表演等活动;有降水时,雨水通过导水沟槽流入下沉广场进行存蓄,动态的积累过程塑造了城市的水体景观;降水过后,开启闸门将广场存水排入市政排水管道,重新恢复其市民休闲活动场地的功能。



(a) 不锈钢沟渠与
下沉广场一



(b) 下沉广场二



(c) 下沉广场三

图6 水广场实景

水广场除蓄水功能外,还能初步净化污水。在雨水汇入广场之前,先由屋顶、地面和沟渠收集,经过雨水井和滤网过滤后,再流入下沉广场进行存蓄。积蓄的雨水,一部分通过渗透性地面进入地下,另一部分通过排水管道引入附近的人工蓄水设施或河流等天然水体,避免污水溢流至附近沟渠和河流。

2) 应对未来水生活的创新实践场地——鹿特丹Kop van Zuid片区。

鹿特丹“Kop van Zuid”片区位于鹿特丹南部马斯河的南岸,是将港口改造为新城的滨水项目。结合水治理的雨洪韧性理念,片区的建筑、基础设施、街道小品和景观绿化都进行了创新的实践探索。

浮动亭子装置(Drijvened Paviljoen)位于“Kop van Zuid”片区演艺中心(Nieuwe Luxor Theater)南



图7 浮动亭子装置

侧水面上。该装置的设计关键词为创新、可持续性和抗气候变化,探索在土地无法满足人口需求的未来,水上活动居住方式的可行性。为获得更大的漂浮能力,浮动亭子的建造利用了最新的高科技材料,圆顶由带有乙烯-四氟乙烯共聚物(ETFE)薄膜的轻型结构组成(图7),地板则采用聚苯乙烯泡沫材料,通过混凝土网格进行固定。装置的搭建仅需要6个月,且方便拆卸和运输。亭子内设备系统通过太阳能和外部空气加热冷却的能量差进行供能,满足可持续发展理念。浮动亭子装置除了提供居住功能,还可用于工作、会议和展览,多个装置的组合便能搭建一个生活社区,结合浮动亭子旁排布的植物漂浮装置(图8),试图营造水上共生的独特生态系统。



图8 植物漂浮装置

3.2 落实于可持续居住社区的自调控水系统

可应对雨洪灾害的韧性城市建设,除了在城市整体空间规划层面进行空间设计和基础设施建设,还需考虑局部地区的水处理问题。而社区作为城市最重要、最基本的组成部分之一,其雨洪韧性的建设关系到城市的抗灾能力^[24]。从社区单元出发,单个社区的自调控体系若能有效进行一定区域内的水量调蓄和水质保持,就能由点到面全面增强城市整体的雨洪韧性。建立自组织体系,让每个普通民众和管理者都能及时行动,灵活应对水问题,可大大提高城市的雨洪韧性^[25]。荷兰可持续居住区

的水系统设计和管理模式实践就建立在这一目标之上。

EVA朗克斯梅尔(EVA-Lanxmeer)社区位于荷兰中部小城库伦堡(Culemborg),临近屈伦博赫火车站。该社区项目以水的应对为目标,制定了系统的水分类管理策略;通过社区空间的规划将水引入绿地景观系统,构建自然生态的社区环境;通过创造与水相关的多元生产生活方式,加强居民与水的联系;最终打造出社区水资源自调控,居民水资源安全自保护,气候灾害自适应的可持续社区典范。

EVA朗克斯梅尔社区将居住区内水体分为

“灰水”“黑水”、屋面雨水和地面雨水。“灰水”通过湿地进行自然净化后,流入景观水池和水道,作为景观水体丰富社区水景观;“黑水”排入沼化池,进行废物再利用;屋面雨水则利用建筑屋顶、斜立面以及有组织的雨水管,流入可渗透地面,多余积水可与“灰水”一同进入景观水池和排水系统(图9);地面雨水则通过采用高渗透性的地面砖和绿地,渗透到地下(图10)。



图9 雨水通过屋面排入可渗透草地

分排水压力(图11(b))。洼地通过与道路和绿地结合,使雨水暂时汇流并通过土壤逐渐下渗,这种设计方式不但节省了沟渠的建造和维护成本,也营造出自然生态的居住环境,维持了社区内的生态多样性。洼地内存蓄的雨水除了可以调节居住区景观水体的季节性水量,延迟居住区的排水时间,还可以进行中水回收,减少社区内的自来水量和污水量,保障水资源的可持续利用。



(a) 草地内的人工水道



图10 停车地面采用可渗透铺装



(b) 草皮覆盖的自然洼地

图11 EVA朗克斯梅尔社区地表水道

EVA朗克斯梅尔社区的雨水滞留和存续形式贴合自然。居住区内的水道形态顺应自然地势和岸线,由平直变得曲折,更加自然,使得地表水体的蓄水和下渗能力大为提高(图11(a))。社区内规划的地表水道大多与城市排水管网相通,可以及时将社区内积水排入市政管网,避免社区内涝。自然洼地的设计,则利用土地的渗透性,分担了一部

EVA朗克斯梅尔社区通过设置娱乐水体景观装置、生态花园和自然农田等居民生产生活的互动空间,通过丰富社区活动,加深居民对水治理的理解和与水共生的意识。如图12所示,为社区内的景观水体娱乐设施,在雨季时,地下蓄水池的多余积水在过滤后,从顶端的出水口流出,将清洁的水流注入不同高度的水池,形成流动的瀑布景观。同

时,“泡池”也可供小孩嬉戏玩耍。如图13和图14所示,在社区住宅围合的庭院内,通过植物自生长的方式,更新土壤,在城市里塑造自然的田园风光。居民可在后院养殖家禽和简单耕种(图15),享受自给的乡村生活。

EVA朗克斯梅尔在社区营造,基于与水共生的理念,通过自然生态的形式,将可持续性策略落实于社区空间,将韧性理念融入居民生活,帮助居民更好的应对气候灾害。通过社区单元自持型水治理的方式,有效增强城市整体的雨洪韧性。



图12 小孩“泡澡”的景观娱乐水池



图13 生态花园



图14 自然生长的后院



图15 养殖家禽的小木屋

4 结论

结合荷兰雨洪韧性城市水系统设计实践经验,对中国城市具有雨洪韧性的城市水系统设计有以下3点建议:1)以动态发展的视角制定目标,从多专业、多角度切入防灾抗灾和灾后治理问题,考虑城市长期的发展和运营维护,在恢复自然生态的基础上,结合现代技术进行提升优化;2)城市水系统设计所要解决的是环境、社会、人居、经济和管理的多层次综合性目标,在理论层面外,需要通过实践进行检验和修正推进;3)从宏观到微观,通过对城市空间格局、街区节点、社区运营等不同尺度空间的设计探索,从不同地区的自然环境、社会、人文等

实际情况出发,分析影响雨洪韧性的主要因素,制定可实操的韧性建设策略。

荷兰雨洪韧性城市的建设,尊重历史的经验智慧,发展了现代技术手段并积极创新。在策略制定阶段,针对实际国情,选择与自然相处的模式,综合考虑空间、基础设施建设、运营管理的可持续性。在设计阶段,分析城市及周边水文地质特点,构建城市空间规划和建筑布局的思路,将水治理的关键问题融入到规划设计方案中。在实施阶段,选择对现状破坏最小的方式,提升空间品质,减少建设难度和维护成本。通过政府与市民的共同参与及多方互动,保障了全过程的执行力与推动力。这种将水文化转变为国民文化,将水治理问题反映到城

市空间形式和社区居住方式的思路,保障了城市的韧性发展,塑造出了独具特色的荷兰地域文化。

参考文献(References)

- [1] Holling C S. Engineering resilience versus ecological resilience[M]//Schulze P C, ed. Engineering within ecological constraints. Washington D C: National Academy Press, 1996: 31-43.
- [2] Berkes F. Understanding uncertainty and reducing vulnerability: Lessons from resilience thinking[J]. Natural Hazards, 2007, 41(2): 283-295.
- [3] Wang C, Blackmore J M. Resilience concepts for water resource systems[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 2009, 135(6): 528-536.
- [4] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems [J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4: 1-23.
- [5] Liu J, Dietz T, Carpenter S R, et al. Complexity of coupled human and natural systems[J]. Science, 2007, 317: 1513-1516.
- [6] 王露, 周忠凯. 荷兰的海绵智慧: 鹿特丹Bentemplein水广场[J]. 中外建筑, 2018(12): 17-20.
- [7] Polonenko L M, Hamouda M A, Mohamed M M. Essential components of institutional and social indicators in assessing the sustainability and resilience of urban water systems: Challenges and opportunities[J]. Science of the Total Environment, 2020: 708.
- [8] Santelmann M, Hulse D, Wright M, et al. Designing and modeling innovation across scales for urban water systems [J]. Urban Ecosystems, 2019, 22(6): 1149-1164.
- [9] Forman R T T, Godron M. Landscape ecology[M]. New York: John Wiley & Sons, 1986
- [10] 任海, 王俊, 陆宏芳. 恢复生态学的理论与研究进展 [J]. 生态学报, 2014, 34(15): 4117-4124.
- [11] 郭红雨. 城市滨水景观设计研究[J]. 华中建筑, 1998, 16(3): 75-77.
- [12] 刘家宏, 王浩, 高学睿, 等. 城市水文学研究综述[J]. 科学通报, 2014, 59(36): 3581-3590.
- [13] 华晓宁, 吴琅. 当代景观都市主义理念与实践[J]. 建筑学报, 2009, 57(12): 85-89.
- [14] 邓雅雯. “流动城市”: 荷兰城市地表水系统规划发展和设计模型解读[J]. 规划师, 2014, 30(增刊4): 64-68.
- [15] 邓红兵, 王庆礼, 蔡庆华. 流域生态学——新学科、新思想、新途径[J]. 应用生态学报, 1998, 9(4): 108-114.
- [16] 王沛芳, 王超, 冯骞, 等. 城市水生态系统建设模式研究进展[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2003, 31(5): 485-489.
- [17] 俞孔坚, 李迪华. “海绵城市”理论与实践[J]. 城市规划, 2015(39): 26-36
- [18] 曹哲静. 荷兰空间规划中水治理思路的转变与管理体系统探究[J]. 国际城市规划, 2018, 33(6): 68-79.
- [19] 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.
- [20] Schuetze T. Climate adaptive urban design with water in Dutch polders[J]. Water Science and Technology, 2011, 64(3): 722-730.
- [21] 陈洪澜. “风车王国”与风车村[J]. 世界文化, 2018(4): 50-53.
- [22] 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.
- [23] Wardekker J A, de Jong A, Knoop J M, et al. Operationalising a resilience approach to adapting an urban delta to uncertain climate changes[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2010, 77(6): 987-998.
- [24] 向铭铭, 顾林生, 韩自强. 韧性社区建设发展研究综述 [J]. 美与时代(城市版), 2016(7): 117-118.
- [25] 廖桂贤, 林贺佳, 汪洋. 城市韧性承洪理论——另一种规划实践的基础[J]. 国际城市规划, 2015, 30(2): 36-47.

Design practice of urban water system in the Netherlands based on rain and flood resilience

WANG Jing¹, ZHU Guangli², HUANG Xianming³

1. School of architecture, South China University of Technology, State Key Laboratory of Subtropical Building Science, Guangzhou 510640, China
2. School of architecture, South China University of technology, Guangzhou 510640, China
3. Architectural Design & Research Institute Tsinghua University Co., Ltd., Beijing 100084, China

Abstract The rain and flood disasters caused by the global warming have seriously affected the development of cities and society. It is an important issue of the urban development, through the spatial planning and the infrastructure constructions, to comprehensively improve the city's resistance to rain and flood disasters. This paper reviews the origination and the development of the concept of the urban resilience, where the rain flood resilience is regarded as the key point of the construction of a resilient city. Based on the existing design theory and practice of the water system at home and abroad, it is proposed that the construction of the resilient city with rainwater and flood toughness should put the infrastructure of the municipal water supply and drainage in consideration in the existing urban pattern while planning the spatial layout of the water washing. The actual cases of the urban and rural spatial pattern, the landscape system and the infrastructure in the Netherlands are specially analyzed, and some suggestions are made for the construction of the rain and flood resilience city.

Keywords climate change; rain and flood resilience; resilience city; infrastructure; water system design ●



(责任编辑 卫夏雯)