

绿色设施协同提升城市水安全韧性 ——以上海市青浦区为例

王晓文¹, 李璇²

[1. 上海市青浦区排水管理所, 上海市 201470; 2. 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 通过设立源头绿色设施来控制径流峰值, 可以协同解决超大城市存量雨水排水系统提标改造难度大的问题, 提升城市排水防涝能力和水安全韧性。以上海市青浦区为例, 结合青浦区自排为主、强排为辅的雨水排水系统特点, 针对暂无条件通过管道翻排实现雨水系统提标的区域, 研究通过海绵城市建设开展绿色设施建设, 结合林水复合植入绿色设施功能, 实现雨水系统提标, 改善内涝积水。

关键词: 绿色设施; 雨水系统提标; 内涝

中图分类号: X506

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)06-0008-05

Collaborative Improvement of Urban Water Security Resilience through Green Facilities in Qingpu District of Shanghai

WANG Xiaowen¹, LI Xuan²

[1. Shanghai Qingpu District Drainage Management Office, Shanghai 201470, China; 2. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: By controlling the peak runoff through green facilities at the source, the difficulty of upgrading and reconstructing the existing rainwater drainage systems in mega cities can be collaboratively solved to enhance the urban drainage and waterlogging prevention capabilities and water safety resilience. Taking Qingpu District in Shanghai as an example, based on the characteristics of rainwater drainage system in Qingpu District with the self-drainage mainly and strong drainage auxiliary, the construction of green facilities is studied through the sponge city construction for the area where the rainwater system is upgraded temporarily and unconditionally through the pipeline overturning. Combined with the function of forest water composite planting of green facilities, the way of upgrading the rainwater system and improving the waterlogging water is realized.

Keywords: green facilities; upgrading of rainwater systems; waterlogging

0 引言

近年来极端暴雨事件多发频发, 城市内涝严重, 已成为影响城市健康发展和威胁城市安全的突出问题。为应对城市内涝, 国务院办公厅《关于加强城市内涝治理的实施意见》(国办发[2021]11号)要求, 各城市须因地制宜形成“源头减排、管网排放、蓄排并举、超标应急”的城市排水防涝工程体系, 总体消除防治标准内降雨条件下的城市内涝现象^[1]。

在过去传统、单一的以灰色设施为主的“快排”模式基础上, 越来越多的城市在内涝治理和雨洪管理上因地制宜地探索海绵城市绿色设施的运用, 通

过构建源头、过程、末端全过程、系统化的“蓄排”模式, 使城市在适应环境变化、抵御自然灾害方面具有良好的韧性。苏州市太湖科学城探索了城市蓝绿体系重构、地块绿色雨水设施建设等不同尺度绿色雨水设施的规划路径, 提升了城区的雨洪韧性^[2]。湘潭市碧泉湖公园将雨洪调蓄系统与公园排水系统相结合, 以“集雨型公园”技术构建“海绵公园”, 雨季能够承担城市的排水排洪功能^[3]。自2016年以来, 中新天津生态城在海绵城市理念下, 结合绿色基础设施和传统灰色基础设施, 构建了完善的低影响开发雨水系统、排水防涝系统共同进行雨洪管理, 充分发挥了绿地、道路、水系等对雨水的消纳、蓄渗和缓释作用, 加大了雨水径流的源头削减, 成为了国际化新兴安全宜居城市的示范窗口^[4]。

本文基于对上海市青浦区绿色设施建设的研

收稿日期: 2024-07-04

作者简介: 王晓文(1990—), 男, 学士, 工程师, 从事水利、排水等规划、建设、管理工作。

究,初步探讨自排区域绿色设施的建设方法。

1 绿色设施解读

早在1999年,美国保护基金会和农业部森林管理局组织的“GI(Green Infrastructure)工作组”就提出了绿色基础设施的概念。与公路、排水设施、公用设施等灰色设施相对,绿色基础设施泛指城市湿地、公园等各类绿色空间要素的集合,强调自然生态在城市整体生态系统中的价值。

在城市雨水管理领域,绿色基础设施主要指雨水花园、植草沟等生物滞留设施和结合公共绿地、广场等设置的中小型调蓄设施。在城市排水系统和内涝防治系统构建过程中,随着海绵城市理念的深化,源头建设用于削峰错峰的绿色设施得到了越来越多的应用。

绿色设施具备的“渗、滞、蓄”功能可以控制超过一定径流量的降雨阶段。绿色设施可以布置在源头地块或排水系统的上游适当位置;布置在源头地块的绿色设施可以降低地块外排径流总量和削减径流的峰值流量,从而减少下游管网、泵站等灰色设施的排水压力,在一定程度上提高所在排水分区整体排水能力;布置在排水系统上游适当位置的绿色设施,可以调蓄排水管道的峰值流量,从而降低下游排水管道流量。

源头海绵设施对削峰的贡献量如图1所示。

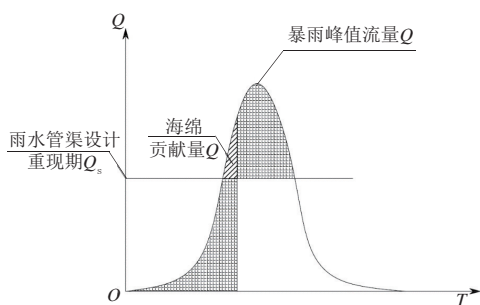


图1 源头海绵设施对削峰的贡献量

绿色设施容积计算主要考虑能够提供调蓄容积的海绵设施,但绿色设施容积并不直接等同于源头海绵设施的调蓄容积,而是以源头海绵设施建设后排水系统积水的减少量作为绿色设施容积,以此来反映绿色设施对雨水系统提标的贡献。绿色设施容积与源头海绵设施调蓄容积之间存在一定的换算系数,常见的源头海绵设施容积换算系数见表1。

源头海绵设施与绿色设施容积换算公式如下^[5]:

表1 海绵设施的容积换算系数

序号	源头海绵设施	对提标的贡献	容积换算系数
1	生物滞留设施(含滞蓄型植草沟)	提供调蓄容积	0.35~0.45
2	雨水表流湿地	提供调蓄容积	0.35~0.45
3	雨水罐	提供调蓄容积	0.25~0.35
4	延时调节设施	提供调蓄容积	0.25~0.35
5	蓄水池	提供调蓄容积	0.25~0.35
6	模块式调蓄设施	提供调蓄容积	0.25~0.35
7	智能型调蓄设施	提供调蓄容积	0.70~0.80

$$V=\sum \phi_n V_n \quad (1)$$

$$V_n=\sum V_i \quad (2)$$

式中: V 为源头海绵设施换算成绿色设施的容积; ϕ_n 为不同类型的源头海绵设施换算成绿色设施的容积换算系数; V_n 为不同类型源头海绵设施总面积或调蓄总容积; V_i 为单一海绵设施的面积或调蓄总容积。

2 绿色设施建设现状

青浦区位于上海市西南部,属太湖流域碟形洼地的底部,是太湖流域地势最低处之一,地面高程一般在2.8~3.5 m。青浦区属平原河网密布地区,全区共有河流2 187条,湖泊24个,河湖水面率达18.72%。青浦区雨水排水系统分为青松片、商榻片、太北片、太南片和浦南西片5个水利片,共包括95个圩区,圩区总面积为383.78 km²。

青浦区雨水排水系统的设计暴雨重现期规划标准为3~5 a一遇,采用自排为主、强排为辅的排水模式。全区共4个强排系统,服务面积约2.78 km²,其余区域为自排区域。目前青浦区城市化地区设计排水标准以1~3 a一遇为主,根据排水管网能力评估,现状雨水排水系统达到规划3~5 a一遇标准的面积约为35.76 km²,达标率为19.27%(见图2)。与新标准相比,现状已建雨水管道的设计标准明显偏低。

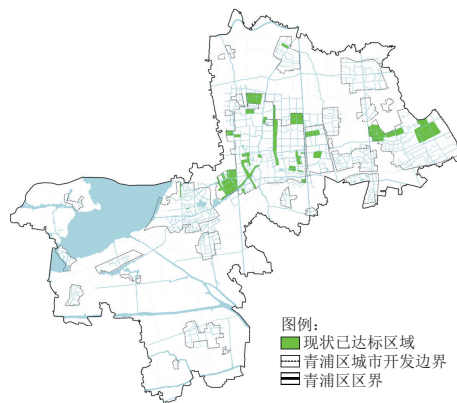


图2 青浦区雨水排水系统现状已达标区域分布图

青浦区地势低洼,由于外围排涝泵站尚不完善,部分区域现有河道调蓄容量不足,汛期片区内除涝水位难以下降,加之现有雨水排水系统能力不足,强降雨时易发生内涝积水。2019年的台风“利马奇”、“米娜”,2021年的台风“烟花”造成的强降雨,均导致全区出现不同程度的积水现象,50%以上是管网排水标准偏低引起的排水不畅所致。

3 绿色设施的布局思路

强排区域通过总管和末端泵站能力的提升,或选择合适地块集中建设若干雨水调蓄设施,即可在有效提标雨水系统的条件下同时完成雨水调蓄设施的建设任务。对于自排区域,雨水管道就近以最短距离将雨水排入附近水体,自成独立小排水分区,建设雨水调蓄设施只能对该设施上下游的雨水管道发挥提标作用,作用区域极其有限,因此难以通过若干集中调蓄设施建设来实现雨水系统的提标任务。

青浦区地下水位较高,潜水位埋深一般在0.5~1.5 m,因此渗渠、调节塘等最低点需要高于季节性最高水位1 m的海绵设施在青浦区不适用。青浦区主要适用的海绵设施包括3种类型:其一为透水路面、绿色屋顶等,主要功能为降低径流系数;其二为转输型植草沟、雨水潜流湿地等,主要功能为转输径流;其三为雨水表流湿地、雨水罐等,主要功能为提供调蓄容积。

根据青浦区雨水排水系统特点,针对暂无条件通过管道翻排来实现雨水系统提标的区域,需研究通过海绵城市绿色设施建设、“林水复合”建设等途径来落实雨水系统提标,改善内涝积水。

4 结合海绵城市开展绿色设施建设

青浦区自2018年开展海绵城市建设以来,围绕重点建设区域和重点实施项目,按照具体的指标要求,配合项目新建和改造落实源头海绵设施。截至2022年,按照《住房和城乡建设管理委员会关于开展本市海绵城市建设评估工作的函》(沪建综规[2019]588号)和《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018),青浦区经评估达到海绵城市建设标准的建成区总面积共计20.34 km²,包括青浦新城中心片排水分区、青浦西虹桥区块和青西公园区块。

以青浦西虹桥区块为例,该区块位于虹桥商务区的外围地区,总面积约2.72 km²,区块内建筑与小区、道路与广场、公园绿地、河道水务项目均按照海

绵城市建设理念,以下凹式绿地、蓄水池等形式建设绿色设施。利用Infoworks ICM模型,采用典型年降雨(徐汇站1996年逐分钟实测降雨连续系列)作为输入条件,模拟计算了西虹桥区块的年径流总量控制率。结果表明,该区块的年径流总量控制率由海绵设施建设前的53%(对应降雨量11.72 mm)增至建设后的62%(对应降雨量14.46 mm)。模拟结果同时表明:1 a一遇2 h降雨下,该区块内未出现积水,满足设计标准的要求(见图3);5 a一遇2 h降雨下,该区块内潘秀路和蟠中路附近出现短时积水,积水深度最大为11 cm,但在30 min内基本完成退水(见图4);100 a一遇2 h降雨下,该区块内潘秀路和蟠中路部分路段出现短时积水,但各处积水点积水深度不超过15 cm,在降雨结束前即基本退水(见图5)。通过海绵城市建设,西虹桥区块以绿色设施的形式实现了雨水系统提标和内涝防治目标要求。



图3 西虹桥区块1 a一遇2 h降雨积水情况



图4 西虹桥区块5 a一遇2 h降雨积水情况

至2035年,青浦区将规划在现状基础上新增中央商务区、徐泾镇、未来新城样板区、长三角一体化示范区先行启动区这4个总面积达38.90 km²的达标片区。达标片区内按照海绵城市建设要求建设源头海绵设施,全面落实水生态、水环境、水资源、水安全多方面的建设目标,按照年径流总量控制率可以折算成一定绿色的设施容积。当规划区块年径流总量控制率不小于65%时,提标折减容积量取30 m³/hm²;



图5 西虹桥区块100 a一遇2 h降雨积水情况

当规划区块年径流总量控制率小于65%时,提标折减容积量取 $20 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。至2035年,通过海绵城市重点区域的达标建设,可实现建成绿色设施总容积 17.66万 m^3 ,具体见表2。

表2 海绵城市建设达标区域折算绿色设施

片区名称	面积/ km^2	年径流总量 控制率/%	折减系数/ $(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$	绿色设施/ 万 m^3
青浦新城片中排水分区	10.77	54.90	20	2.15
青浦西虹桥	2.72	62.00	20	0.54
中央商务区	6.53	69.00	30	1.96
徐泾镇区块(A区)	6.66	64.00	20	1.33
未来新城样板区	1.20	66.00	30	0.36
长三角一体化示范区先行启动区	37.70	75.00	30	11.31
合计				17.66

除重点区域海绵城市建设外,青浦区将结合城市更新和开发计划,对新、改建地块的雨水调蓄设施应设尽设,主要考虑新出让地块、有改建计划的地块,其他现有建设用地鼓励落实。根据《上海市海绵城市建设指标体系(试行)》(沪建管联〔2015〕834号)相关要求,硬化面积达 1 hm^2 及以上的新建建筑与小区项目按 $250 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 的硬化面积确定蓄水量。

5 结合“林水复合”植入绿色设施功能

林水复合是指通过国土空间的复合利用,实现水中有林、林中有水,在满足河湖功能和森林资源认定标准的同时,整合形成具备防汛调蓄能力的水绿空间。林水复合区域可以通过水体水位调控或地形塑造建设一定的调蓄空间,服务于周边一定区域,提升区域雨水系统标准或应对内涝风险的能力。

结合青浦新城中央商务区开发建设,计划实施东大盈港(上达河—崧泽大道)河道改线项目。东大盈港原河道总面积为 $45\,000 \text{ m}^2$,计划保留约70%的河道面积,如图6所示。对保留河道区域通过微地

形塑造,水生植物及林带错落布置,按照林水复合、水绿融合、生态共享的设计理念打造成富有特色的水上森林城市湿地公园。东大盈港林水复合方案鸟瞰图见图7。

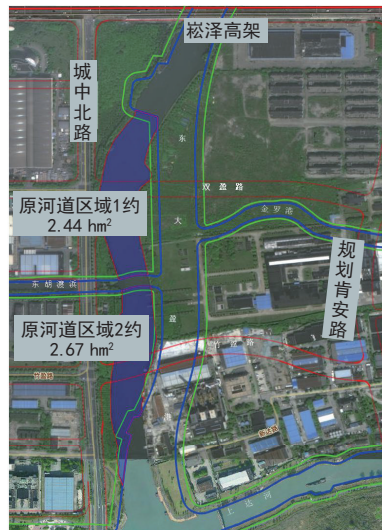


图6 东大盈港改线图



图7 东大盈港林水复合方案鸟瞰图

老河道主水系底标高开挖至不高于 1.5 m ,河道底宽不小于 $2\sim 3 \text{ m}$,在缓坡和湿地上部种植耐水乔木。林水复合区域树种选取耐淹乔木,种植高程大于常水位以下 0.5 m ,按不低于 2.3 m 高程控制。林水复合区域 2.8 m 高程以上绿地面积 $4\,177 \text{ m}^2$,按照常水位 $2.5\sim 2.8 \text{ m}$ 、设计最高水位 3.5 m 控制,可提供绿色设施调蓄空间 3.57万 m^3 。具体高程控制见图8。

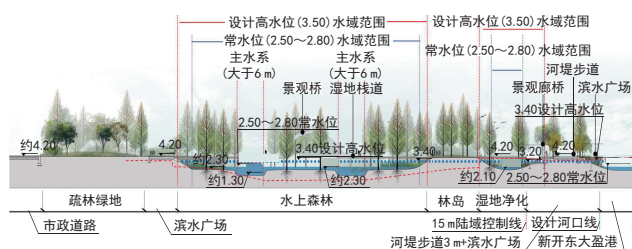


图8 东大盈港林水复合高程控制图(单位:m)

通过利用林水复合区域调蓄空间,可以服务于崧泽大道、胜利路、东胡渡浜、东大盈港围合区域

52 hm²地块的超标雨水存蓄,有助于提升该区域应对100 a一遇内涝风险的能力。当天气预报24 h内有大雨及以上降雨或24 h后、48 h内有暴雨及以上降雨时,关闭林水复合区域与东大盈港新河道连通的1#、2#水闸。降雨时服务区域雨水通过管道和地表径流排入东胡渡浜,通过3#水闸引入林水复合区域存蓄;当林水复合区域的水位超过3.5 m后,开泵排水。东大盈港林水复合区域服务范围具体如图9所示。



图9 东大盈港林水复合区域服务范围图

6 绿色设施管理维护建议

绿色设施的规划、设计、建设应由各用地的开发主体负责,并由相应主管部门进行监督与落实。绿色设施应与地块同时规划设计、同时施工建设并同时投入使用。

绿色设施建成后,应由设施所有人负责运行维护管理,或委托专业运维单位具体负责运行维护管理,服从防汛部门统一调度。为充分发挥绿色设施对雨水的调蓄调节功能,在降雨来临前应实施调蓄设施水位预降,降低峰值流量和延缓径流峰值时间,雨后将雨水排放至雨水管网。

建议由市区住建、水务等部门会同相关部门,组

织编制绿色设施运行维护标准,指导绿色设施运行维护。绿色设施运维单位雨季应定期检查进出水通道、溢流设施是否能正常运行。

7 结 语

当前超大城市特别是上海市已迈入从增量扩张转向存量发展的转型期,存量雨水排水设施的提标改造是提升城市排水防涝能力,增强城市水安全韧性的必然趋势,但因牵涉面广、投入巨大、成本过高等原因推进难度较大。通过绿色设施建设,实现雨水径流源头削峰,以更小的成本协同提标雨水系统,有助于解决超大城市雨洪精细化管理的成本难题,同时也为超大城市提供了一定的生态效益。

中心城区强排系统目前采取的集中建设一定规模雨水调蓄设施的方式,在以青浦区为代表的水网密布、雨水就近自排的排水系统中难以复制推广。青浦区针对自身排水系统特点,在有条件的地区实施雨水管道翻排,暂不具备改造条件的区域通过海绵城市建设源头绿色设施来削减径流峰值流量,提标雨水管渠能力,结合林水复合建设提升片区应对内涝风险能力,对上海市郊区自排区域绿色设施布局和建设具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 国务院办公厅.关于加强城市内涝治理的实施意见(国办发[2021]11号)[Z].北京:国务院办公厅,2021.
- [2] 邓华,吴颖岷.雨洪韧性视角下的城市绿色雨水设施规划路径探索——以苏州太湖科学城为例[J].城乡规划·设计,2022,25(15):32-37.
- [3] 苏东洋,向建华.海绵城市理念下公园雨洪管理系统研究——以湘潭市碧泉湖公园为例[J].城市建筑,2022(18):63-65.
- [4] 许琦,孙钰,崔寅.“海绵城市”建设背景下绿色基础设施雨洪管理策略研究——以中新天津生态城为例[J].现代商业,2018(31):164-166.
- [5] 莫祖澜,王盼,朱五星,等.海绵城市设施与雨水管道提标调蓄设施的容积换算方法研究[J].给水排水,2022,48(3):29-34.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadbridgeflood@163.com

