

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.06.004

老城区海绵城市建设系统化方案:以常德市柏子园为例

张洪杰, 毛莹, 王开春, 吴连丰, 叶颖恺
(厦门市城市规划设计研究院有限公司, 福建 厦门 361012)

摘要: 以常德市海绵城市示范区柏子园片区为例,从水生态、水环境、水安全、水资源的角度系统梳理了老城区现状问题成因,以问题为导向,因地制宜地构建了老城区的海绵城市建设指标体系,并利用模型模拟分析,探讨了老城区源头减排、过程控制、末端治理的系统化海绵建设技术措施,以实现片区管控指标要求。通过构建海绵城市建设规划、改造、管控系统性方案,柏子园片区被打造成一座会“喝水”的海绵城市。

关键词: 海绵城市建设; 老城区; 源头减排; 过程控制; 末端治理; 系统化方案

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)06-0018-05

Systematic Plan for Sponge City Construction in Old Urban Areas: A Case Study of the Baiziyan Area in Changde City

ZHANG Hong-jie, MAO Ying, WANG Kai-chun, WU Lian-feng, YE Ying-kai
(Xiamen Urban Planning & Design Institute Co. Ltd., Xiamen 361012, China)

Abstract: Taking the Baiziyan area of the sponge city demonstration zone in Changde City as an example, this paper delves into the prevailing challenges faced by older urban districts, examining these issues through the lenses of water ecology, water environment, water safety, water resources. Adopting a problem-oriented approach, it develops an index system for the sponge city construction based on local conditions. In addition, a model simulation analysis is carried out to explore the engineering measures for sponge city construction in the Baiziyan area, considering strategies for source pollution reduction, process control, and end-of-pipe pollution treatment. These measures are designed to fulfill the control index requirements of the target area. Through these efforts, a systematic plan for the planning, transformation, management of sponge city construction can be built, and then contributing to excellent water retention in Baiziyan area.

Key words: sponge city construction; old urban areas; source pollution reduction; process control; end-of-pipe pollution treatment; systematic plan

柏子园片区位于常德市海绵示范区的中部区域,属于常德市老城区,在海绵化改造过程中,面临老城区硬质下垫面比例较高、空间布局杂乱拥挤、雨污合流等普遍问题。常德市紧密结合实际,科学谋划老城区海绵城市试点建设思路,在尽量利用现

有设施条件下,结合城市更新进程,坚持海绵城市建设总体目标及管控指标要求,以问题为导向,进行必要、合理和高效的改造,解决城市水生态、水环境、水安全、水资源多角度问题^[1-2],旨在建设一座会“喝水”的海绵城市。

通信作者: 王开春 E-mail: xmwkc@163.com

1 柏子园片区基本概况

常德市地处湖南省西北部,沅江下游,是一座典型的临江、滨湖、拥河的水乡城市。柏子园片区位于柳叶大道以南、育才路以北、朝阳路及武陵大道以东,北部横穿一条内河水系(穿紫河水系),南部内嵌一处较大湖体(滨湖公园湖体),区域总面积380 hm²。作为常德市的老城区,柏子园片区硬质下垫面占比为72.58%,水面面积占比为11.05%,绿地面积占比为16.37%。

柏子园片区海拔高程在28.89~37.62 m之间,整体地形较平缓,呈四周高中间低的地势,相对高差8.73 m,穿紫河南北两岸整体地势较高,洞庭大道至滨湖路区间段地势相对较低。经现场调研测试,片区土壤渗透系数波动较大,基本在 $1\times 10^{-7}\sim 1\times 10^{-5}$ m/s之间,土壤渗透性一般。穿紫河水系由西段的白马湖、穿紫河、东段的姻缘河及南段的三间港组成,构成“T”字形格局;水系常水位30.60 m,洪水位31.60 m。片区现状为城市建成区,区内16处棚户区已启动拆迁改造,海绵改造方案将结合棚户区拆迁后规划的用地性质和开发强度,落地地块的年径流总量控制指标。

2 问题成因

2.1 水生态问题

由于柏子园片区原为城乡接合部,随着城市发展,片区内棚户区逐渐减少,但硬质下垫面比例一直较高,绿地率仅为16.37%,造成地表径流大,年径流总量控制率约34.4%;杂乱拥挤的空间格局,难以布置低影响开发雨水系统;复杂紧凑的地下管线铺设,导致雨水调蓄设施的建设难度也较大。片区场地内的初期雨水径流污染的控制不到位,给区域水生态环境带来诸多不利影响。

2.2 水环境问题

片区内的河湖水系主要有穿紫河、滨湖公园湖体,存在水体水质不达标的风险。穿紫河和滨湖公园水质规划目标均为地表水Ⅳ类,但穿紫河部分流域的实际水质为地表水劣Ⅴ类;滨湖公园现状水质虽为地表水Ⅳ类,但由于水系封闭,园区污水直流,造成全年总磷超标,属中度富营养状态。究其原因,主要有五方面:①源头面源污染控制不足;②排水管网系统不完善;③末端机埠泵站截流处理能力不完善,存在溢流污染;④污水处理厂能力不足;⑤

河道的生态修复能力基本饱和。

2.3 水安全问题

位于洞庭湖畔的常德市,是一座典型的“水敏性”城市,与南方诸多水乡城市类似,每逢暴雨积涝是此类城市的首要瓶颈问题。柏子园片区内涝的主要成因是管网排水能力不达标,通过Mike Urban模型模拟发现,重现期不足1年一遇的排水管线约13.42 km,占全部管网的47.75%;重现期1~2年一遇的管网约7.60 km,占27.03%;重现期大于2年一遇的排水管线7.09 km,占比仅为7.08%。同时利用Mike Flood模型模拟,发现30年一遇降雨情形下片区共存在4处内涝积水点,与上位规划和现状情况基本吻合。

2.4 水资源问题

由于常德市地处中亚热带过渡的湿润季风区,降雨量较充沛,片区内水资源利用问题不严重。经调研分析可知,片区内水资源问题主要体现在雨水收集利用率较低上,有条件时可设置雨水收集储存设施,有效利用雨水资源。

3 总体目标及建设指标

常德市作为全国海绵城市建设试点城市,总体目标为:落实“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水理念;维系区域良好生态格局;提高城市排涝标准;减少面源污染,改善城市水环境;强化新老城区融合和均衡发展,创新海绵城市开发建设模式。

在规划区开发建设过程中,全面推广和应用海绵城市建设模式,加大城市径流雨水源头减排的刚性约束,优先利用自然排水系统,建设生态排水设施^[3],使城市开发建设后的水文特征接近开发前,有效缓解城市内涝、削减径流污染负荷、节约水资源、保护和改善城市生态环境。结合柏子园老城区的本底特点,因地制宜地构建了如表1所示的海绵城市建设指标。

根据明确的全市海绵城市建设目标,划定全市海绵城市分区管控的范围,并针对不同分区提出控制目标和指标要求,以指导全市海绵城市建设^[4]。依据上位规划,将柏子园片区划分为7个海绵管控单元,对各管控单元内的年径流总量控制率、设计降雨量等7个指标提出具体要求。以其中的一个管控单位A4为例,该管控单元年径流总量控制率≥

70%,对应设计降雨量为21.0 mm,SS削减率 $\geq 45.86\%$,下沉式绿地比例 $\geq 14.57\%$,透水铺装比例 $\geq 17.17\%$,绿色屋顶比例 $\geq 6.7\%$,地块内调蓄水量无要求。

表1 柏子园片区海绵城市建设指标

Tab.1 Sponge city construction indicators of Baiziyuan area

目标分类	指标	数值
水生态保护	年径流总量控制率/%	≥ 70 (对应日降水量15.8 mm)
	天然水域面积	保持不变
水环境治理	试点区域内穿紫河检测断面水质、滨湖公园水体水质	不低于地表水Ⅳ类标准
	年SS总量去除率/%	≥ 45
	合流制溢流频次/(次 $\cdot a^{-1}$)	≤ 5
水安全保障	雨水管渠设计重现期	2~5年一遇
	内涝防治设计重现期	30年一遇
水资源利用	雨水资源收集与利用率/%	≥ 10

4 系统化规划方案

4.1 总体思路及技术路线

针对片区水生态、水环境、水安全、水资源等方面存在的问题,遵照因地制宜的原则,考虑片区环境特征和城市建设时序,通过源头减排、过程控制、末端治理的海绵建设技术措施,达到片区管控目标要求,构建常德市柏子园片区海绵城市建设规划、改造、管控系统性方案。

4.2 管控单元优化

基于上位规划,该片区存在下垫面、管网和排口的精度欠缺,末端公园的调蓄空间未得到充分利用及合流制管网的分流改造未能全面考虑等三方面问题,因此对海绵管控单元提出近远期优化调整方案:近期方案仅针对滨湖公园周边地块进行排水管网分流改造;远期方案完全实现排水管网雨污分流改造。

4.3 水生态建设

为达到片区内各管控单元的建设指标要求,按源头-过程-末端构建海绵城市建设方案,从地块、调蓄公园和末端处理三个方面确保年径流总量控制指标落实到位。

指标分解以源头设施控制指标为主,老城区以问题为导向,通过规划控制的海绵设施与场地开发

相结合,将规划提出的各管控单元目标分解至片区内的每一类建设类型项目中,给出相应的年径流总量控制率和对应的降雨量,作为刚性指标;给出控制绿地下沉比例、透水铺装比例和屋顶绿化比例,作为相应的指导性指标。

考虑片区地块现状特征,分析片区263个地块条件,筛选出191个海绵改造项目,分解的相关指标满足上位规划要求,柏子园片区整体控制率指标为75.6%,大于年径流总量控制率70%的要求。考虑地块项目海绵建设的难易程度、方案的落地性和经济投入产出比,筛选出49个具有较好工程实施条件的源头项目和16处棚户区改建项目,作为近期实施项目。远期将逐步完成整体方案的剩余改造项目。

4.4 水环境整治

针对老城区雨污水管网收集、处理的实际情况,规划提出近期保留现状合流管网,构建源头面源削减,中途管网完善,末端合流截流、溢流控制,以及河湖内源系统治理的方案策略,降低污染物输出水平。对于近期未能进行雨污分流的地块项目,尤其是建筑密度较高的居住小区的化粪池、人员集中区的餐饮厌氧池等,采用分散移动式吸污净化车吸出,将混杂的固体残渣统一集中干燥处理后成为固体有机肥料,可作为农田、绿地有机肥料,实现近期源头截污减量。

远期整治方案是在近期规划方案的基础上,随着城市更新逐步实现源头减排,以径流污染物SS为例,远期各管控单元雨季时的SS削减率均高于45%的目标值。对雨污合流管网进行完全分流改造,将末端机埠泵站改造为末端雨水净化处理设施,调蓄净化处理大于12.2 mm(对应61.6%径流控制率)的降雨径流,其生态滤池出水水质可维持在不低于地表水Ⅳ类要求,从根本上解决片区水环境问题。

4.5 水安全保障

规划采用绿色基础设施和灰色基础设施并用的方法,建设“源头、管网、汇区”三级排水防涝体系,对规划低影响开发后的排水防涝体系进行管网修复改造提升、新建调蓄设施,解决管网能力不足2年一遇的问题,消除30年一遇产生的片区内涝积水点,全面提升规划区水安全标准。

针对柏子园片区现状排水管网能力不达标,存在4处内涝积水点的实际情况,提出综合治理方案。近期,从内涝积水点管网改造方面构建雨水管渠工

程,并结合模型分析结果,对内涝积水区域进行雨水调蓄设施布置。远期,随着城市的进一步开发建设,对不足2年一遇的排水管网进行提标改造和更新完善。

将综合治理方案概化后加入Mike模型中,重新进行排水内涝校核评估。模拟结果显示,1、2年一遇重现期下的管网排水能力未出现不达标情况;在30年一遇重现期下,片区内涝点积水深度为15~30 cm的积水面积削减了38.56%,积水深度为30~60 cm的积水面积削减了85.06%,积水深度>60 cm的积水面积削减了100%,总的积水量削减77.51%,满足相关内涝治理要求,规划综合治理方案效果显著。

4.6 水资源利用

遵循散点收集、分散利用的原则,柏子园片区主要在大型公共建筑和广场铺装进行雨水回收和

利用。其中,通过雨水桶收集利用雨水683 m³,蓄水模块收集利用雨水2 953 m³,内涝整治收集调蓄雨水4 689 m³,滨湖公园湖体调蓄雨水16.7×10⁴ m³,收集雨水主要回用于公园绿地灌溉、市政道路的绿化浇灌、景观补水和环卫杂用,达到雨水收集利用比不小于10%的指标要求。

4.7 监测评估体系

结合上述水生态、水环境、水安全和水资源的系统化治理方案,对片区内已有的海绵城市示范区监测系统进行优化。新增市政道路监测点位1处、内涝积水监测点位3处、控制单元总排口监测点位4处、河湖断面监测点位2处,结合监测点位类型的不同,制定了不同监测内容,具体如表2所示。通过构建片区完整的监测系统,对地块、排水管道、内涝积水点和河湖水系四类项目进行监测,确保片区海绵城市建设的绩效考核评估。

表2 柏子园片区海绵监测系统新增监测点位

Tab.2 Added monitoring points of sponge city monitoring system in Baiziyuan area

监测点位		监测类型	监测内容
市政道路	柳叶大道	生态蓄水模块溢流口	雨季时的降雨量、流量和SS浓度
		市政道路排水口	雨季时的降雨量、水位、流量和SS浓度
内涝积水	实通巷	三处内涝积水点	雨季时的降雨量、水位
	洞庭大道		
	三姑巷		
控制单元	船码头片区	片区排水管道总排口	雨季时的降雨量、水位、流量和SS浓度
	滨湖花园	雨水花园、植被浅沟、下凹绿地	雨季时的降雨量、流量和SS浓度
		湖体进水口	雨季时的降雨量、水位、流量和SS浓度
	滨湖公园1	片区排水管道总排口和湖体进水口	雨季时的降雨量、水位、流量和SS浓度
河湖断面	滨湖公园2	湖体断面	非雨季时的流量、水位、pH、溶解氧、透明度、BOD ₅ 、COD、NH ₄ ⁺ -N、TN、TP等
	穿紫河上游	河道断面	非雨季时的流量、水位、pH、溶解氧、BOD ₅ 、COD、NH ₄ ⁺ -N、TN、TP等

5 典型案例

以常德市农业发展银行海绵城市改造作为典型案例,介绍低影响开发源头雨水系统构建。常德市农业发展银行位于武陵区,临近朗州路与紫桥北路交汇处,总占地面积约1.2 hm²,年径流总量控制率目标为68%,对应设计降雨量为14.7 mm。作为老旧小区,该场地现状排水方式均为传统的“快排”方式,即屋面与地表雨水径流通过管网迅速排出小区,不符合海绵城市建设要求。

根据现状地形图及实地调研情况,对常德市农业发展银行片区的下垫面类型进行归类统计。该

片区现状下垫面分为四类,总面积12 069.8 m²,其中,建筑屋面面积为3 231.6 m²,道路及广场面积为2 892 m²,水系水面积为64.2 m²。

结合场地分析,根据地表雨水径流流向和屋顶雨水排放组织,将小区划分为南北2个汇水分区。通过容积法计算,1号汇水分区总面积5 925.5 m²,目标调蓄容积为61.3 m³;2号汇水分区总面积6 144.3 m²,目标调蓄容积为51.4 m³。

根据容积法计算结果及现状场地条件,因地制宜地确定低影响开发设施类型、规模与位置。1号汇水分区内绿地面积小且植被覆盖率为良好,如

对绿地进行下凹处理,势必造成现状植被破坏,因此采用生态调蓄池对该分区雨水进行收集与利用;2号汇水分区绿地面积大,绿地基本以草地为主,因此采用雨水花园、下凹绿地等绿色基础设施滞蓄雨水,既能起到调蓄功能,又能丰富植物景观层次,如图1所示。



图1 常德农业发展银行区域海绵设施现状布置
Fig.1 Current layout of sponge city facilities in Changde Agricultural Development Bank area

该项目年径流总量控制率目标为68%,对应设计降雨量为14.7 mm;目标调蓄容积为112.7 m³,其中1号汇水分区目标调蓄容积为61.3 m³,2号汇水分区目标调蓄容积为51.4 m³。通过生态调蓄池、雨水花园、下凹式绿地等一系列海绵设施建设,该片区实际调蓄容积为186 m³,其中1号排水分区调蓄容积为85 m³,2号排水分区调蓄容积为101 m³,总体调蓄容积与分区调蓄容积都达到指标要求。同时,建设绿色基础设施滞蓄雨水,有效改善了老旧小区的景观环境,让一抹绿色重回家园。

6 结语

柏子园片区海绵城市建设采取源头-过程-末端分级治理方式,系统构建海绵城市工程建设体系,解决了片区内水生态、水环境、水安全、水资源等核心问题,实现了片区海绵城市管控指标要求。同时,结合柏子园片区老城区的实际情况,不搞“一刀切”,实事求是,采取针对性的管网修复改造、截污减排、水资源利用、防洪排涝等一系列海绵设施,对国内其他老城区的海绵城市建设具有借鉴意义。

柏子园片区海绵城市试点的建设取得了显著成效:①实现了水生态的优化,片区实际年径流总量控制率为75.6%,达到指标要求,同时建设绿色基础设施滞蓄雨水,提升老城区景观环境。②水环境改善明显,消除老城区源头污染源,截流处置径流污水,实现穿紫河和滨湖公园水体水质不低于地表水Ⅳ类水质要求。③水安全大幅提升,解决了排水管网能力不足的现状瓶颈,消除了30年一遇的片

区内涝积水点,让“城市看海”成为过去。④水资源得到有效利用,充分利用设施调蓄雨水回用于公园绿地灌溉、道路绿化浇灌、景观补水和环卫杂用等,让雨水成为一种资源。

此外,在海绵城市建设中,恢复常德市独特的水城历史文化,引水入城,让水系重新回归城市,用“活水”串联历史与现代、自然与人文、生产与生活,使老常德的内河码头文化、商业文明得到有机传承,诠释了“海绵城市”的本真与意义。

参考文献:

- [1] 韩媛雯. 基于SWMM的铁路车站片区LID雨洪模拟及综合效益研究[D]. 兰州:兰州交通大学, 2020: 2-3.
HAN Yuanwen. Research on LID Rainfall Simulation and Comprehensive Benefits of Railway Station Area Based on SWMM [D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2020: 2-3(in Chinese).
- [2] 蒋仕益, 贡达. BIM技术在海绵城市建设中的应用探究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2019(10): 101-102, 107.
JIANG Shiyi, GONG Da. Exploration of the application of BIM technology in sponge city construction [J]. Intelligent Building & Smart City, 2019(10): 101-102, 107(in Chinese).
- [3] 杨森, 赵江. 镇江市官塘新城生态排水建设规划[J]. 中国给水排水, 2013, 29(17): 101-104.
YANG Sen, ZHAO Jiang. Ecological drainage construction plan of Guantang new town of Zhenjiang City [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(17): 101-104(in Chinese).
- [4] 张辰, 陈涛, 吕永鹏, 等. 海绵城市建设的规划管控体系研究[J]. 城乡规划, 2019(2): 7-17, 48.
ZHANG Chen, CHEN Tao, LÜ Yongpeng, et al. Study on the planning management and control system of sponge city construction [J]. Urban and Rural Planning, 2019(2): 7-17, 48(in Chinese).

作者简介:张洪杰(1981-),女,辽宁辽阳人,硕士,高级工程师,注册公用设备工程师(给水排水),注册咨询工程师,主要从事市政给排水规划和设计工作。

E-mail:190558678@qq.com

收稿日期:2023-12-06

修回日期:2023-12-22

(编辑:丁彩娟)