

海绵城市

镇江海绵城市试点区工程建设可行性及 PPP 模式研究

赵宝康¹, 刘绪为², 刘世泽², 于中海², 方 帅², 徐 洁²

(1. 镇江市住建局, 江苏 镇江 212001; 2. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

摘 要: 介绍了镇江海绵城市试点区的建设目标、技术手段、主要工程内容以及 PPP 投融资模式。通过分析试点区的建设目标,采用源头 LID 控制、管网过程控制,以及末端集中处理等综合技术手段,系统性地解决试点区内涝问题,达到径流总量控制率、径流污染控制率以及水体环境的目标,在技术上具有系统性和可实施性。经济上,采用 PPP 融资模式,整体打包进行海绵城市建设,具有统筹协调性。在技术经济双重管控下建设海绵试点,为其他城市海绵建设提供参考和借鉴。

关键词: 海绵城市; 低影响开发; PPP 投融资模式

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)04-0001-05

Feasibility and PPP Model of Sponge City Pilot Area Construction in Zhenjiang

ZHAO Bao-kang¹, LIU Xu-wei², LIU Shi-ze², YU Zhong-hai², FANG Shuai², XU Jie²

(1. Bureau of Housing and Urban-Rural Development of Zhenjiang City, Zhenjiang 212001, China; 2. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

Abstract: The construction targets, technical methods, major projects, PPP investment and financing mode of sponge city pilot area in Zhenjiang were introduced. Through the analysis of the construction targets, comprehensive technical measures, such as source LID construction, pipe network process control and terminal centralized treatment methods, were used to solve the problems of the city drainage waterlogging. As a result, the control targets of the city annual runoff, runoff pollution and water environment could be achieved. The major projects of sponge city construction were systematic and enforceable from the point of technical means, and which were integrated and coordinating from the view of financial condition by PPP mode. These projects could provide reference for sponge city construction of other cities under the dual control of technology and economy.

Key words: sponge city; low impact development; PPP investment and financing mode

2015年4月,国家推出第一批16个海绵城市试点,作为海绵城市建设的先头部队,近两年进行了

大量的研究与论证工作,各个试点城市的海绵工程建设及运作模式已初见端倪^[1]。镇江作为第一批

基金项目: 中国建设科技集团科技创新基金资助项目(Z2016Z19)

通信作者: 刘绪为 E-mail: liuxuwei06@foxmail.com

试点城市,以目标与问题为导向,将城市水环境治理和排水防涝设施建设作为重要工作,以PPP项目融资模式为抓手,高起点推进海绵城市建设,致力打造“水清岸绿、鱼虾洄游、环境优美”的生态文明城市。以镇江海绵城市建设为例,介绍镇江海绵城市建设的工程整体内容、技术手段以及PPP建设机制。

1 试点区海绵城市概况

镇江海绵城市试点区包括29.3 km²的陆地面积和11.5 km²的水域面积,包括了海绵工程建设中的源头治理、过程控制和末端处理的建设项目,涵盖了灰色和绿色工程措施。镇江海绵城市建设总投资约25.85亿元,包括政府自筹12亿元,PPP融资约13.85亿元。

2 试点区海绵城市建设目标

目标导向是基础。在国家海绵城市建设试点验收标准的基础上,镇江创新性地提出了海绵城市建设“3+2”的目标,即以有效应对30年一遇降雨、面源污染削减率达60%、年径流总量控制率达75%(对应降雨量为25.5 mm)为主要目标,同时兼顾雨水利用、提升海绵景观功能的辅助目标。

问题导向是重点。针对镇江水环境的问题,受纳水体金山湖的水质目标是达到地表水Ⅲ类以上,试点区最大的问题即面源污染导致水体污染无法达标,尤其是降雨量超过25.5 mm(75%控制率对应的降雨量)时,管道沉积物及面源污染物排入古运河、运粮河、虹桥港以及最终受纳水体金山湖,造成水环境污染,影响周边环境。所以,试点区面源污染问题是镇江海绵建设的重中之重。

3 试点区海绵城市技术路线及手段

镇江海绵城市技术手段包括源头LID控制技术、管网过程控制技术和末端处理技术三部分,系统性分析汇水区主要问题,综合达到海绵城市建设目标。

① 源头LID控制技术主要基于低影响开发设施的原理,包括雨水花园、渗透铺装等生物滞留设施。由于镇江海绵城市试点区域基本上为旧城区,其源头LID改造以建筑与小区、公园绿地以及道路改造为主,但为了避免全城开挖,源头LID改造主要结合旧城改造、棚户区改造、小区景观提升等工程配套协同实施。一方面通过海绵修复增强源头控制,另一方面通过海绵修复提升居民的居住环境。

② 管网过程控制技术基于试点区现状排水系

统的模拟情况,确定排水管网系统中存在的问题,并进行分析和提出解决措施,包括增加平行管、点状调蓄设施、线状调蓄设施等,旨在解决局部内涝积水点,增加径流总量控制率及面源污染控制率。

③ 末端处理技术是海绵城市系统性技术手段的最后一个环节,主要采用灰绿相结合的处理手段,灰色处理手段主要采用混凝沉淀等传统工艺去除SS的设施,绿色处理手段采用与河道景观相结合的湿地、生态浮岛、多级生物滤池等设施。

4 试点区海绵城市建设工程内容

4.1 源头LID改造工程

通过低影响开发技术构建绿色雨水系统,从源头削减降雨径流;结合旧城改造及城市路网建设,提高雨水管道系统设计标准;综合发力解决积水区,使旧城区的排涝标准达到30年一遇,提高城市防灾减灾能力。镇江总计实施60余个源头建筑与小区,其中包括三茅二宫、金西小区、江二社区、花山湾社区等。总工程量包括雨水花园354 646 m²、透水铺装381 624 m²、屋顶花园2 315 m²、雨水罐1 105个、雨水回用设施5 000 m³、植草沟139 690 m²、普通绿化282 200 m²、道路36 500 m²、管道49 600 m。

4.2 易积水点整治工程

镇江市易积水重点区域达标项目是根据2015年6月强降雨暴露出的重点区域进行筛选的,是严重影响城市交通和居民生活的积水严重区域,在年度积水区整治中不能根本治理的项目。易积水重点区域达标项目主要包括古城路江滨新村、小米山路、南苑新村、邮电宿舍、解放路6号、八角亭、京口路、学府路、京口区政府、黄山天桥、光明河雨水泵站及外围管道、珍珠桥、左湖立交、朝阳小区、梳儿巷14号及16号等积水区达标。

4.3 征润州水源地原水水质安全保障工程

该项目为镇江市的大型取水工程,按取水规模为60×10⁴ m³/d设计建设。工程由以下几部分组成:长江取水涵闸、长江取水双向泵站、原水前置调蓄池、原水水质监测设备、应急处理设备、导试水厂、生物预处理设施等。原水前置调蓄池提供了12 h原水水质监测预警时间,可有效应对突发水源污染,保障城市供水安全。同时,通过调蓄池与备用水源的联合调度,可规避污染江水。

4.4 征润州污水处理厂改扩建工程

征润州污水处理厂改扩建工程,总规模为20×

$10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 现状规模为 $12.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 改扩建内容包括扩建工程 $7.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 提标改造工程 $12.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 工程占地面积为 4.54 hm^2 。改扩建工程采用多模式 A/A/O 工艺, 采用 2 组配置, 分别设置缺氧池、厌氧池和好氧池。污水依次通过细格栅及曝气沉砂池、AAO 生物池、沉淀池、絮凝转盘过滤池、消毒接触池的处理后, 出水水质达国家一级 A 排放标准。

4.5 雨水泵站工程

① 新建长江雨水泵站: 规模为 $15 \text{ m}^3/\text{s}$, 采用 6 台 $Q=2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 立式抽芯式轴流泵。

② 新建御桥村雨水泵站: 规模为 $5 \text{ m}^3/\text{s}$, 采用 4 台 $Q=1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 立式抽芯式轴流泵。

③ 新建龙门雨水泵站: 规模为 $35 \text{ m}^3/\text{s}$, 采用 7 台 $Q=5 \text{ m}^3/\text{s}$ 立式抽芯式轴流泵。

④ 新建江南雨水泵站: 规模为 $3 \text{ m}^3/\text{s}$, 采用 4 台 $Q=0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ 立式抽芯式轴流泵。

⑤ 改造六摆渡雨水泵站: 规模为 $5 \text{ m}^3/\text{s}$, 更换工艺设备。

⑥ 改造头摆渡雨水泵站: 规模为 $8 \text{ m}^3/\text{s}$, 更换工艺设备。

⑦ 新建新江滨雨水泵站: 规模为 $30 \text{ m}^3/\text{s}$, 采用 6 台 $Q=5 \text{ m}^3/\text{s}$ 立式抽芯式轴流泵。

4.6 汇水区综合整治达标工程

镇江海绵城市试点区根据 GIS 地形划分, 分为 11 个汇水分区 (见图 1), 总汇水区面积约 29.3 km^2 。其中金山湖汇水区位于金山寺景区, 环境良好, 因此未增加工程措施, 采用自然净化方式, 与其他汇水区综合达标。



图 1 镇江海绵城市试点区汇水分区分布

Fig. 1 Catchment layout of Zhenjiang sponge city pilot area

4.6.1 沿金山湖汇水区综合达标工程

沿金山湖汇水区包括运粮河汇水区、古运河汇水区、解放路汇水区、绿竹巷汇水区、江滨汇水区, 总

汇水面积约为 8.75 km^2 , 主要为老城区。以问题为导向的老城区海绵城市建设, 基于面源污染及金山湖水水质为控制性核心目标。五个片区采用系统性的统筹建设工程, 综合达到海绵城市建设目标, 其主要分项工程包括:

① 沿金山湖大口径管道工程。该工程采用 DN4 000 管道沿金山湖近岸进行顶管, 并与沿江溢流口和雨水泵站相连接, 最终转输至征润州末端雨水处理设施。DN4 000 水下顶管长度约 6.13 km , 总计 7 个竖井, 沿金山湖的迎江路泵站、平政桥泵站、解放路泵站、海绵公园泵站进行局部接入并增加预处理设施。末端设置多功能泵站, 规模为 $30 \text{ m}^3/\text{s}$, 在排涝至长江的同时兼顾 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的雨水处理提升功能。

② 浅层排水系统改造工程。该项改造工程主要为配合大口径主管道收集及转输的支干管工程, 其中包括沿运粮河支干管 DN3 600、电力路支干管 DN2 800、会莲庵路支干管 DN1 800、绿竹巷支干管 DN2 000、江滨支干管 DN2 800、宝盖路支干管 DN2 800。支干管的建设因地制宜, 结合道路“白改黑”以及棚户区拆迁等完成, 因地因时、近远期相结合, 逐步推进。

③ 末端雨水处理设施工程。该工程主要包括末端集中雨水处理设施, 规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用传统过滤工艺对 SS 进行去除, 并结合现状氧化塘 ($50 \times 10^4 \text{ m}^3$ 调蓄容积) 进行生态处理, 确保面源污染物处理达标后排至长江。

④ 海绵公园建设工程。该工程位于江滨汇水区, 主要是对江滨汇水区雨水进行末端集中处理, 采用多级生物滤池工艺, 规模为 $25 000 \text{ m}^3/\text{d}$, 园区内采用多种 LID 设施, 兼顾海绵功能展示, 具有海绵环境效益及社会效益。该工程主要作用是控制 25.5 mm 降雨。当雨量 $> 25.5 \text{ mm}$ 时雨水径流排入大口径管道, 转输至征润州末端雨水处理设施。

沿金山湖汇水区达标工程是镇江海绵城市试点区的决定性工程, 具有系统性及连片效应。该汇水区总共涉及五个老城区, 建筑密度高, 管网密布, 混接错综复杂, 可改造的源头 LID 小区有限, 为满足海绵城市建设的目标, 充分保护金山湖Ⅲ类水水质, 采用大口径管道将溢流至金山湖的合流排水及受污染雨水转输至征润州末端雨水处理厂集中处理, 将径流总量控制率提高到 90%, 并有效控制一年一遇降

雨(对应降雨量为 80.6 mm),溢流污染事件由 60 次/a 降至 5 次/a 以下,同时增加一倍的排涝能力,由 $31.37 \text{ m}^3/\text{s}$ 提高到 $61.37 \text{ m}^3/\text{s}$,涝水最终排入长江。

4.6.2 虹桥港汇水区综合达标工程

虹桥港汇水区面积为 509.19 hm^2 ,主要为老城区。以问题为导向的老城区海绵城市建设,基于面源污染及金山湖水质为控制性核心目标。其分项工程主要包括:

① 边检站调蓄池工程。主要针对服务片区局部低洼、局部内涝的情况,将该处废弃用地重新进行改造修复,解决其局部低洼内涝问题,同时兼顾解决该服务片区的径流总量控制率以及面源污染控制率。由于该工程局部低洼,因地制宜地将调蓄池分为三层,地上层打造为休闲公园并与道路无缝衔接;负一层为地下停车库,可以解决周边小区 40 辆汽车的停车问题;负二层为调蓄水池,调蓄容积为 $2\,200 \text{ m}^3$ 。

② 小米山路大口径管道工程。管道长度约 1 km,管径 DN2 800,采用顶管施工,S 型曲线,主要用于老城区排水末端的存蓄、转输。

③ 虹桥港综合治理工程。主要包括末端雨水处理设施(规模为 $24\,000 \text{ m}^3/\text{d}$)、河道综合整治、断面拓宽、生物浮岛等。

4.6.3 焦东汇水区综合达标工程

焦东汇水区面积为 651.47 hm^2 ,主要为规划新建区域,该区片以目标为导向,未开发地块采用源头 LID 指标进行规划设计,随着地块远期的逐步开发,严格按照规划 LID 指标进行设计。在现状未开发的情况下,片区主要采用末端处理手段,对河道边缘及水体进行整治,达到其海绵建设目标,其分项工程主要包括:

① 一夜河生态修复工程。主要包括圩内大大小小十几条河道,其中较大的有四横四纵。四纵为南北流向,自西向东分别为友谊港、胜利港、大寨港、前进河;四横为东西流向,自北向南分别为大寨沟、小张家沟、一夜河、张家大沟等,圩内涝水通过泵站抽排直接入江。主要采用生物修复技术、物理修复技术和化学修复技术等综合措施对河道进行生态修复。

② 东圩区引水活水工程。该工程主要将京口污水处理厂再生水引入一夜河东段,并结合友谊港

闸,将金山湖水引入一夜河西段、二夜河西段及友谊港。

4.6.4 玉带河汇水区综合达标工程

玉带河汇水区以江苏大学为主,汇水区面积为 392.39 hm^2 ,其分项工程主要包括:

① 孟家湾水库综合整治工程。主要包括增加孟家湾水库的服务面积,通过提升孟家湾水库常水位,扩大孟家湾水库库容;通过工程措施对孟家湾水库水质进行修复;整个区域进行景观修复与提升,结合现状京口公园以及孟家湾水库,建设孟家湾湿地公园。

② 玉带河流域综合整治工程。主要包括玉带河流域内 LID 源头治理工程,以及河道修复工程,对玉带河进行生态化修复,拓宽断面,采用重力流湿地进行末端处理,并对景观进行提升。

4.6.5 头摆渡汇水区综合治理工程

头摆渡汇水区面积为 228.1 hm^2 ,主要为老城区,该片区除源头 LID 工程之外,末端采用集中处理的方式,将目标控制的径流雨水通过现状征润州西线管道输送至征润州末端雨水处理设施,排涝雨水通过头摆渡泵站就近排入运粮河。

4.6.6 黎明河汇水区综合治理工程

黎明河汇水区面积为 103.34 hm^2 ,主要为老城区,仅通过源头 LID 改造无法满足径流总量控制率的目标要求,采用末端处理的方式,新建 DN2 400 的调蓄、转输管道就近排至古运河旁新建的雨水处理厂,规模为 $14\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,采用占地面积较小的传统过滤工艺。

4.7 智慧海绵系统建设平台

“智慧海绵”顶层设计根据镇江城市发展定位,以 GIS 技术为核心,设计与构建适合镇江市现状和未来发展需要的综合数据库,建立和完善镇江市给排水在线监测系统,综合应用和集成互联网、大数据、云计算等先进技术实现海绵城市智慧化运行管理、智慧化投资建设、智慧化服务公众。

5 工程投资及 PPP 模式

镇江海绵城市建设总投资约 25.85 亿元,其中,中央财政专项投资 12 亿元,项目公司投资 13.85 亿元。项目公司采用 PPP 运作模式,由镇江市水业总公司和中国光大水务有限公司经过竞争性磋商采购程序后组建而成,中国光大水务有限公司作为社会资本方,同时由镇江市政府授权镇江市水业总公司

作为政府方代持股平台公司,镇江市住房和城乡建设局为项目实施机构。镇江市水业总公司代表市政府出资 30%,光大水务出资 70%,共 4.15 亿元构成项目资本金,注册组建 PPP 项目公司,新公司将通过融资手段筹集 9.7 亿元,总计 13.85 亿元用于镇江城市海绵项目建设。目前,项目公司为光大海绵城市发展(镇江)有限公司,其组织形式为有限责任公司,以自身的全部资产为限承担债务及责任。

镇江海绵城市试点区主要以老城区为主,现状管网主要由原来的合流制逐步改为分流制,但依然存在大量管网混接、分流不彻底的情况。随着海绵城市概念的提出以及建设目标的确定,建设工程以解决雨水滞蓄、排放、处理问题为主,同时兼顾老城区合流污水溢流污染的重大问题。基于镇江海绵建设工程,PPP 模式采用雨水、污水同时打包的形式,将现状征润州污水处理厂的污水处理费收入和政府购买服务统筹考虑,作为 PPP 公司收回成本的可靠来源,实现投资回报。政府购买服务为 16 604.79 万元/a。

6 结语

镇江海绵城市建设以目标与问题为导向,在实现 75% 的径流总量控制率、60% 的面源污染控制率以及 30 年一遇的内涝标准基础上,将金山湖的面源污染控制作为重点问题。

镇江海绵建设工程主要包括源头 LID 建筑与小区工程、积水点改造工程、水源地水质保障工程、征润州污水处理厂改扩建工程、雨水泵站工程、11 个汇水区综合达标工程以及智慧海绵平台建设。这些工程涵盖了源头、过程与末端,结合灰色和绿色的技术手段,兼具点源和面源治理相结合,形成连片效应,具有建设工程的系统性,同时,结合旧城区改造、棚户区改造、河道治理、道路“白改黑”等同步进行,因时因地,具有建设工程的可实施性。

镇江海绵建设工程资金筹措模式采用 PPP

融资,由光大水务作为社会资本方,将污水处理费作为回收成本的有效来源,实现投资回报,同时,引入光大水务多年的运营技术管理经验,降低管网运营成本,具有经济可行性。

镇江海绵城市作为第一批试点,通过源头 LID 的改造、过程管网的补强、末端雨水处理设施的增加,建成后将实现镇江老城区雨水、污水、合流制排水体制下,源头、过程、末端处理的系统性管控。包括小区 LID、污水管网、雨水管网、合流制管网、末端污水厂、雨水处理厂、河道及金山湖,形成全过程、多维度、多种类的厂网一体化监测、运行与管理,实现镇江海绵城市的多重目标。

参考文献:

- [1] 刘绪为,李成江,徐洁,等. 海绵城市年径流总量控制率计算方法及应用探讨[J]. 中国给水排水,2017,33(5):130-133.



作者简介:赵宝康(1963 -),男,江苏镇江人,本科,高级工程师,主要从事城市雨洪管理、水污染控制和水环境治理工作,有多年给排水行业管理及项目实施经验。

E-mail:2045459742@qq.com

收稿日期:2017-06-03

贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》