

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.14.014

镇江虹桥港上游黑臭水体系统性治理工程设计

方 帅, 徐 洁, 刘绪为, 赵 吉

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

摘 要: 针对镇江虹桥港源头黑臭水体治理需求,开展了虹桥港服务范围系统性综合整治工程建设,运用海绵城市建设理念,提出了源头低影响开发(LID)改造、过程管网转输调蓄和末端灰绿蓝生态处理的系统性治理方案,并进行了相应工程设计。详述了工程运行工况模式、主要处理设施和构筑物的设计参数以及工艺特点。工程完成后河道源头黑臭消除,河道主要水质指标达到了地表水Ⅳ类标准,片区实现了水安全、水环境、水生态和水景观的综合提升。

关键词: 黑臭水体; 海绵城市; 灰绿蓝组合

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)14-0094-05

Project Design of Systematic Treatment of Black-smelly Water Body in Upstream of Hongqiaogang, Zhenjiang City

FANG Shuai, XU Jie, LIU Xu-wei, ZHAO Ji

(North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

Abstract: In order to treat black-smelly water body, the systematic comprehensive treatment project was constructed in Zhenjiang Hongqiaogang. Based on sponge city idea, the systematic treatment scheme was elaborated including source low impact development (LID), process transmission and storage of pipe network and end treatment with gray-green-blue infrastructure. The project operation mode, treatment facilities, design parameters of each unit and process design characteristics were described in detail. As a result, the black-smelly water issue was solved and the key water quality indexes met the class IV surface water standard, which improved comprehensive benefits of water safety, water environment, water ecology and water landscape.

Key words: black-smelly water body; sponge city; combination of gray-green-blue infrastructure

1 工程概况

虹桥港河道位于镇江市区东北部,是城区三条主要河流之一,属于虹桥港汇水区,其汇水面积为509.19 hm²。该地区地势南高北低、东高西低,虹桥港河道自南向北过象山桥、经虹桥闸流入金山湖。

虹桥港是虹桥港汇水区重要的景观河和行洪通道,全长为2.47 km,河宽为10~15 m。根据河道水质情况,将虹桥港划分为五段,其整治前各段水质情况如图1、表1所示。



图1 虹桥港河道整治前实景

Fig. 1 Actual view before Hongqiaogang treatment

表 1 虹桥港河道整治前情况

Tab.1 Condition before Hongqiaogang treatment

河道分段	范围	整治前河道水质	整治前工程情况
①段(源头)	宗泽路~小米山路	黑臭(劣V类)	无
②段(上游)	小米山路~禹山路段	水质较差(V类~劣V类)	无
③段(中上游)	禹山路~象山桥段	水质差(V类)	循环泵
④段(中游)	象山桥~沧浪桥段	水质较好	曝气生物浮岛和驳岸聚生毯
⑤段(下游)	沧浪桥~金山湖段	水质较好	金山湖入口

本次虹桥港河道源头段黑臭水体整治长度为 280 m,汇水范围为 3.4 km²(见图 2),包括小米山路子汇水区和宗泽路子汇水区。工程运用海绵城市理念,基于全流域系统治理思路,对虹桥港源头段黑臭水体进行治理。

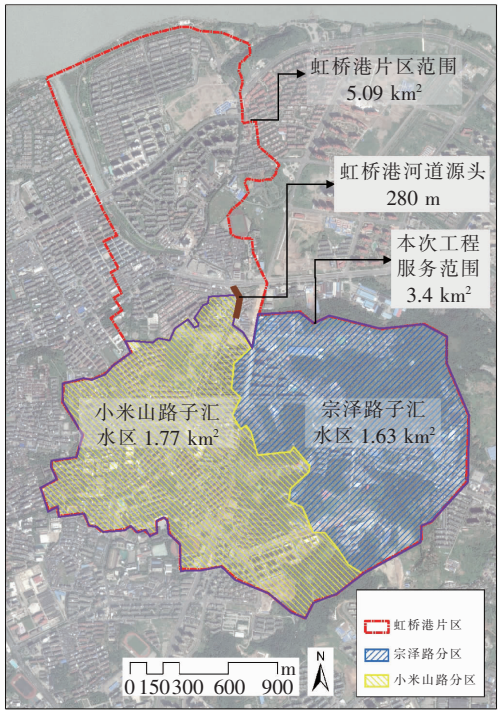


图 2 工程服务范围

Fig.2 Scope of project services

2 工程总体设计思路

根据《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》,结合虹桥港片区高密度老城区特点,从流域整体出发进行系统分析,提出源头 LID 建设、过程管道转输调蓄和末端灰绿蓝组合处理的系统性设计方案^[1-3]。

2.1 源头LID 建设方案

根据镇江虹桥港片区海绵系统化方案,结合片区老旧小区更新,对小区、公建等构建“渗、滞、蓄、

净、用、排”的海绵设施,实现源头减排。该片区建设源头 LID 工程 23 项,新增调蓄量 13 884 m³,其中小米山路子汇水区 LID 调蓄容积为 6 774 m³、宗泽路子汇水区 LID 调蓄容积为 4 000 m³。

2.2 过程管道转输调蓄方案

过程管道转输调蓄设施包括小米山路大口径管道(新建)、原老山路管涵和宗泽路已建箱涵,可分别实现雨水离线调蓄容积 5 846、2 625 和 1 470 m³。其中,工程沿小米山路新铺设 DN2 800 大口径雨水管道 950 m,进行管道分流转输调蓄,体现了系统性治理特点,其作为后续处理设施的前调蓄,配合处理设施使得整个系统具有动态调蓄及处理功能。此外,在超量雨水时,发挥管道的转输作用,可有效解决小米山路和花山路积水点问题,综合实现面源污染控制和内涝防治。

2.3 末端系统处理方案

针对虹桥港源头现状水体黑臭及水动力不足的问题,现状污水直排口全部截流,同时,采取灰绿蓝组合生态处理设施对河道上游面源污染进行处理。新建一级强化处理设施(20 000 m³/d)和生态湿地(3 000 m³/d),解决初期雨水径流污染问题,同时,实现晴天状态下河道内水体的循环净化处理,有效提升河道水质。运行工况模式(见图 3)如下:

① 现状宗泽路 DN400 污水管通过提升泵站污水泵组提升至禹山路污水管网,重力流至污水处理厂[见图 3(a)]。

② 晴天工况下,通过现状象山桥泵站进行河道循环净化,设计循环流量 8 640 m³/d,以改善下游河道水质及保证河道一定的生态流速(0.01 m/s)[见图 3(b)]。

③ 雨天工况下(日降雨量为 25.5 mm),上游初期雨水通过提升泵站至一级强化处理设施,出水一部分进入湿地进一步处理,超过湿地处理能力的水量超越进入本段河道,通过河道内生态浮岛等原

位修复措施进一步提升水质[见图3(c)]。

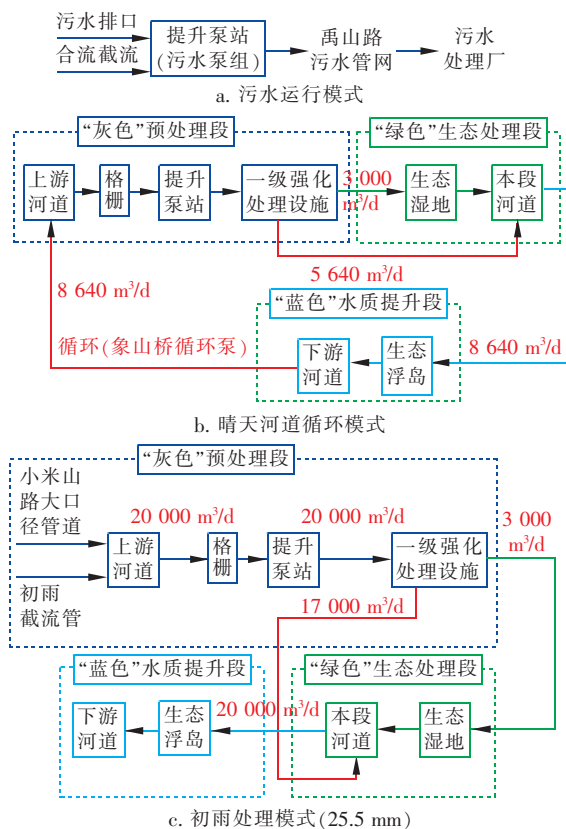


图3 水质改善工艺运行模式

Fig.3 Operation mode of water quality improvement process

运用海绵城市理念,基于全流域系统治理思路,在进行虹桥港河道源头污水直排口消除的前提下,对服务范围内面源污染进行削减,通过源头LID设施、小米山路大口径管道及末端高效水处理设施,总控制容积可达40 500 m³,实现了对25.5 mm降雨径流总量的控制与处理。

3 工程设计

3.1 小米山路大口径管道

建设小米山路大口径雨水管道950 m,管径DN2 800,埋深12~15 m,采用双曲线顶管施工,曲率半径 $R=450$ m,建设工作井($\varnothing 13$ m)、接收井($5.0\text{ m}\times 6.0\text{ m}$)、骑马井($\varnothing 1.25$ m)各1座,其中工作井建设完成后作为提升泵站结构主体。

3.2 提升泵站

建设全地下式雨、污水泵站1座,泵站尺寸为 $\varnothing 13\text{ m}\times 11.6\text{ m}(H)$,设有抓斗式粗格栅1套,栅前水深为1.0 m,过栅流速为0.7 m/s,栅条间隙为30 mm,栅槽宽度为1.9 m,安装角度为70°。

泵站内设2组潜污泵,污水提升泵($Q=400\text{ m}^3/\text{h}$, $H=160\text{ kPa}$, $N=30\text{ kW}$)2台(1用1备),将现状片区污水提升至禹山路检查井后流入污水处理厂;雨水处理泵($Q=500\text{ m}^3/\text{h}$, $H=260\text{ kPa}$, $N=55\text{ kW}$)2台,将上游片区初雨及河道循环水提升至后续一级强化处理设施进行处理。

3.3 一级强化处理设施

建设高效水处理设施1座,包括高效污水净化器2套、加药系统1套。高效污水净化器单台处理规模为400~450 m³/h,包括快混区、絮凝区和沉淀区。加药系统包括PAC、PAM加药系统各1套。污泥回流泵2台($Q=77\text{ m}^3/\text{h}$, $H=110\text{ kPa}$)、应急提升泵1台。

3.4 生态湿地

采用两级上行垂直潜流人工湿地,设计规模为3 000 m³/d,总面积为4 016 m²,分为8座,其中一级湿地3座、二级湿地5座。一级、二级人工湿地表面负荷分别为1.98、1.2 m³/(m²·d),理论水力停留时间为1.12 d。

一级湿地深度为2.45 m,设计为双层式构造,上部为陶粒和砾石混合床填料结构,高度为1.2 m;下部为纤维束填料结构,高度为1.25 m,配置悬浮曝气装置,整个构造实现了厌氧-好氧断面交替串联分布,为反硝化反应的进行提供了时间和空间,实现N的高效去除^[4-5],与此同时,曝气系统对微生物吸附降解COD和TP也有强化效果。

二级湿地深度为1.4 m,整体构造为砾石加陶粒填料结构,填料孔隙率约40%~45%。一、二级湿地系统对NH₃-N和TP去除率可分别达到63%、70%,有效强化了工艺脱氮除磷效果。

一、二级湿地采用穿孔管布水方式均匀布水,从下游填料进水到上游填料上部经穿孔管收集出水,进水管及出水管均采用可调式PVC配水、排水系统。

湿地采用底部设小型排泥泵($Q=5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=50\text{ kPa}$, $N=1.1\text{ kW}$)、上部设筒状固液分离器($H=855\text{ mm}$, $\varnothing=219\text{ mm}$)进行联合排泥,防止系统堵塞。

湿地植物选择根据因地制宜和适应性原则,选用慈姑、菖蒲、风车草、灯芯草等。

3.5 配水池与鼓风机房

建设湿地配水池1座,尺寸为8.0 m×4.0 m×

2.0 m,有效容积为48 m³,水力停留时间为0.38 h。鼓风机与配水室合建,埋地式,尺寸为4.0 m×3.0 m×2.0 m,配置罗茨风机2台($Q=1\text{ m}^3/\text{min}$, $P=30\text{ kPa}$, $N=1.5\text{ kW}$),1用1备。

3.6 钢坝闸及河道整治

根据河道30年一遇防洪标准,对虹桥港河道源头进行拓宽、护岸及护脚改造。设计内容如下:①0+000~0+095.52段,长度95.52 m,左岸现状保留,向右岸拓宽至15 m,矩形断面,拆除现状浆砌石挡墙,新建混凝土重力式挡墙、干砌石护脚,堤顶绿化。②0+095.52~0+162.56段,长度67.04 m,左岸现状保留,向右岸拓宽至15 m,复式断面,拆除现状浆砌石挡墙,新建生态石笼护坡、干砌石护脚。右岸堤顶设置人行小径,材料为生态透水砖。③0+162.56~0+282.53段,长度119.97 m,向右岸拓宽至15 m,复式断面。左岸拆除现状浆砌石挡墙,新建混凝土重力式挡墙、干砌石护脚。新建钢坝闸1座,尺寸 $B\times H=15\text{ m}\times 1.2\text{ m}$ 。

3.7 生态浮岛

设计生态浮岛2块,单块浮岛面积为188.5 m²,含浮岛单元1650块,为HDPE环保材质,单体尺寸为330 mm×330 mm×60 mm。浮岛外围采用PE管包裹,浮岛单元下层布设dn32微孔曝气管。浮岛上植物采用种植篮组装方式置于浮岛中心圆孔中进行稳固。

4 工程建设成效

该工程于2018年建成后通水试运行,经过调试后处理效果良好,出水各项指标均达到设计要求。工程建设前、后河道水质数据如表2所示,各项污染物去除效果较好,水体已全面消除黑臭,生态群落逐步形成,河道自净能力逐步恢复。

表2 工程建设前、后河道水质数据

Tab.2 Water quality data before and after river treatment
mg·L⁻¹

项 目	COD	SS	NH ₃ -N	TP
建设前(平均值)	169.5	251	2.03	1.84
建设后(平均值)	18	20.32	1.32	0.23

在改善水环境、保障水安全的前提下,构建了城市生态型滨水景观区,营造了绿色生态、公众互动的滨水活力空间,创建了虹桥港片区城市型滨水生态廊道,为市民提供了休闲娱乐活动场所,工程建设效果图见图4。



图4 工程建设效果图

Fig.4 Design sketch of project construction

5 结论与建议

① 针对虹桥港源头河道黑臭治理需求,运用海绵城市理念,提出源头LID改造、过程管网转输调蓄和末端灰绿蓝生态处理的系统性治理方案。

② 对小米山路大口径管道、提升泵站、一级强化处理设施和生态湿地等进行工程设计,综合实现了雨水转输调蓄、污水截流和面源污染处理。

③ 工程运行效果较好,实现了海绵城市建设和黑臭水体同步治理,成为镇江试点工程典范,经济、社会、环境效益显著。

参考文献:

- [1] 刘绪为,穆军伟,方帅. 镇江海绵城市系统性治理技术的阶段性总结与探索[J]. 中国给水排水,2018,34(16):7-11,21.
Liu Xuwei, Mu Junwei, Fang Shuai. Stage summary and exploration on systematic management technology of sponge city in Zhenjiang [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(16): 7-11, 21 (in Chinese).
- [2] 刘绪为,胡坚,方帅,等. 镇江海绵城市系统性顶层设计方法与实践[J]. 中国给水排水,2019,35(4):1-4.
Liu Xuwei, Hu Jian, Fang Shuai, et al. Practice and systematic top-level design method of Zhenjiang sponge city [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(4): 1-4 (in Chinese).
- [3] 徐保祥,刘绪为,胡坚,等. 基于全流域理念的镇江玉带河水环境系统治理[J]. 中国给水排水,2019,35(8):100-103.
Xu Baoxiang, Liu Xuwei, Hu Jian, et al. Water environmental systematic treatment of Zhenjiang Yudai

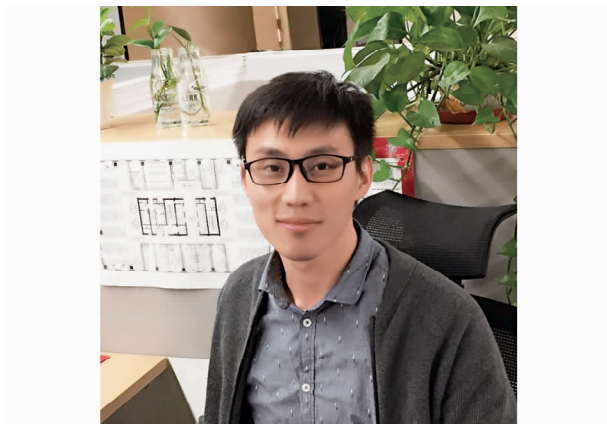
River based on whole watershed idea[J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(8): 100 - 103 (in Chinese).

- [4] 刘文俊, 许振成, 魏清伟, 等. 丁山河重污染合流水环境整治工程设计[J]. 中国给水排水, 2013, 29(20): 74 - 77.

Liu Wenjun, Xu Zhencheng, Guo Qingwei, *et al.* Design of water environment renovation project of heavy polluted river—A case study of Dingshan River[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(20): 74 - 77 (in Chinese).

- [5] 陈思莉, 易皓, 魏清伟, 等. 河道旁路人工湿地处理系统设计实例[J]. 中国给水排水, 2015, 31(24): 56 - 59.

Chen Sili, Yi Hao, Guo Qingwei, *et al.* Design of river bypass constructed wetland treatment system[J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(24): 56 - 59 (in Chinese).



作者简介: 方帅(1991 -), 男, 安徽安庆人, 硕士, 工程师, 主要从事海绵城市、水环境治理研究和设计工作。

E-mail: 1025187828@qq.com

收稿日期: 2020 - 02 - 20

(上接第93页)

JGJ 62 - 2014, Code for Design of Hotel Building[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015 (in Chinese).

- [3] DBJ 41/T 075—2016, 河南省公共建筑节能设计标准[S]. 郑州: 郑州大学出版社, 2016.

DBJ 41/T 075 - 2016, Henan Province Design Standard for Energy Efficiency of Public Buildings [S]. Zhengzhou: Zhengzhou University Press, 2016 (in Chinese).

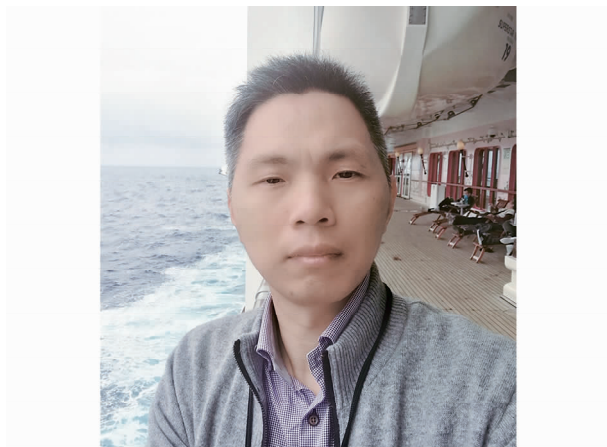
- [4] GB 50016—2014, 建筑设计防火规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.

GB 50016 - 2014, Code for Fire Protection Design of Buildings[S]. Beijing: China Planning Press, 2015 (in Chinese).

- [5] GB 50974—2014, 消防给水及消火栓系统技术规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.

GB 50974 - 2014, Technical Code for Fire Protection Water Supply and Hydrant Systems[S]. Beijing: China

Planning Press, 2014 (in Chinese).



作者简介: 张毅斌(1974 -), 男, 广东惠州人, 本科, 高级工程师, 注册公用设备工程师(给水排水), 研究方向为建筑给排水。

E-mail: 620813@qq.com

收稿日期: 2019 - 09 - 12