

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.12.025

昆山珠泾中心河黑臭河道的系统施治设计与应用效果

杜建强¹, 杜滢明¹, 张 瑛¹, 刘洪波²

(1. 苏州德华生态环境科技股份有限公司, 江苏 苏州 215000; 2. 上海理工大学 环境与建筑学院, 上海 200093)

摘 要: 河道是一个生态系统,黑臭河道的根治需要进行系统施治,不仅要考虑河道本身,更重要的是考虑河道汇水区各种污染来源。针对城市河道黑臭现象严重及内涝问题,设计开发了“控源+生态治理”的模式对河道进行生态修复治理。这种系统施治思维已在昆山珠泾中心河得以实施,最终实现河道水体主要指标稳定达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅳ类水标准,同时缓解了河道周边的内涝问题。

关键词: 黑臭河道; 人工湿地; 城市内涝

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)12-0129-04

Design and Application Effect of Systematic Treatment of Black and Odorous River in Zhujing Central River, Kunshan

DU Jian-qiang¹, DU Ying-ming¹, ZHANG Ying¹, LIU Hong-bo²

(1. Suzhou Dehua Ecological Technology Corp., Suzhou 215000, China; 2. School of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: The river channel is an ecological system. The remediation of black and odorous river requires holistic treatment, not only considering the channel itself, but also considering various pollution sources in its catchment area. Aiming at the serious black and odor phenomenon and urban flooding problems in rivers, the mode of source control, ecological management was designed and developed to carry out ecological restoration and treatment of channels. The idea has been implemented in Kunshan Zhujing Central River. Finally, the main indicators of river water quality stably reach level Ⅳ of *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838 - 2002). At the same time, it relieves flooding problem of the catchment area.

Key words: black and odorous river; constructed wetland; urban flooding

城市黑臭水体现有的治理手段从技术层面考虑居多,通常采用异位联合处理净化、生态药剂处理、高负荷泥水分离、微生物处理净化、生态体系综合净化、强化增氧、动植物净化技术等^[1];而河道是一个

生态系统,仅仅依靠单项技术很难根治,容易陷入“反复治,反复臭”的困境;需要通过控源与生态治理相结合的治理模式进行系统考虑。

湿地系统是实现河道水体整体施治的重要手

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD1100502-01); 上海市曙光计划项目(18SG45)
通信作者: 刘洪波 E-mail: liuhb@usst.edu.cn

段,不仅能够净化河道水质,还能起到蓄洪防旱、调节气候和维护生物多样性等多种生态功能^[2]。人工湿地系统已被广泛地应用于环境工程领域,如河道生态修复、农村生活污水处理、污水厂尾水提标等^[3-4]。2017年,采用人工湿地系统对长期黑臭的昆山珠泾中心河进行治理,河道水质稳定达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅳ类水标准,同时缓解了周边地块内涝问题。

1 项目概况

周市镇珠泾中心河北起翠微西路,南至珠泾排涝站,属周市镇新镇圩区,两岸建有新镇和珠泾村两个社区及商铺,人口约1.6万人。河道全长1 720 m,平均宽度11 m,深0.9~2.2 m。2017年11月河道水体SS为65 mg/L、COD为110 mg/L、氨氮为17.0 mg/L、TP为3.2 mg/L,属于严重黑臭水体^[2]。根据河道周边环境情况,将其分为3段:北段为翠微西路至萧林东路段,河道两岸主要为工厂,该段包含断头浜杨庄河,其两岸原为已拆待建设的宅基地;中段为萧林东路至金龙路段,河道两岸人口密集,岸边以老虎灶等违章搭建、开垦菜地、杂物堆放为主;南段为金龙路至珠泾排涝站,河道两岸分布有学校,部分居民建筑老旧,局部地区地势低洼,遇下雨易积水,内涝严重。

2 工程设计

采用控源和生态治理的模式,对久治不愈、长期黑臭的珠泾中心河进行生态修复。控源,即从河道排口上溯到排水单位,再追溯到雨水及污水管网、合流管网、污水泵站、污水厂等,厘清黑臭源头,针对无法接入污水处理厂的雨天漫流雨污水采用截污井、截污明渠等工程措施进行截流,通过配水泵站提升到湿地进行净化,清水入河。生态治理,即在河道两岸因地制宜采用雨水垂直流湿地、河水垂直流湿地、表面流湿地、截留湿地、水平流湿地、补水垂直流湿地对截流雨污水进行净化,对河水进行循环处理;产生的清洁水源,输送至河道中段,实现活水。分布于河道的各类湿地具有弹性,最大处理雨污水量可达8 000~10 000 m³/d,对76.8 hm²汇水区内的初期雨水可进行及时高效的处理。

2.1 北段(调蓄与处理段)

珠泾中心河北段河道长820 m(含断头浜杨庄河),设计为湿地调蓄与处理段,也是湿地核心处理段(见图1)。将原为断头浜杨庄河和周边废弃地改

造为湿地,南岸设计为雨水垂直流湿地,北岸设计为河水垂直流湿地,出水自流入中间的表面流湿地;雨天时,雨水垂直流湿地对北段沿线收集的雨污水进行调蓄与处理;晴天时,进行河水循环处理,产生的清水通过重力流管道送到中段。

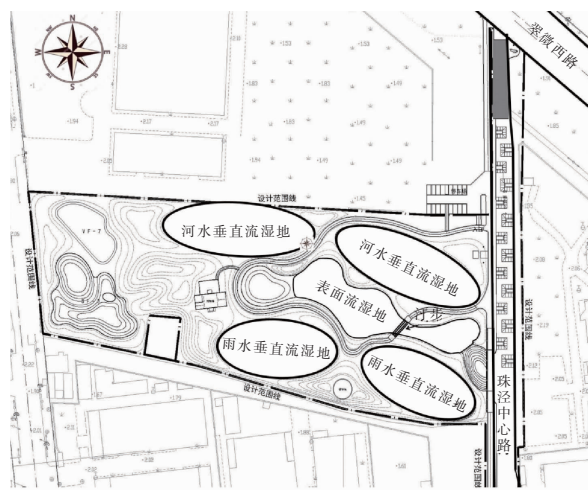


图1 北段(调蓄与处理段)设计

Fig. 1 Design of northern storage and treatment section

雨水垂直流湿地设计为东西2组,面积均为1 550 m²;每组湿地采用蜿蜒的渠道进行布水,可间歇交替运行;设计平均水力负荷为0.2 m/d,短时最大负荷为1 m/d。河水垂直流湿地设计为东西2组,每组分为东西2个单元,面积分别为1 750、1 850 m²;设计平均水力负荷为0.4 m/d,短时最大负荷为0.8 m/d。表面流湿地设计为西高东低,用于接纳所有垂直流湿地的出水;下游设计南北向汀步,既可控制水流速度,又可形成跌水复氧,并提供便捷的行走路线。

2.2 中段(活水段)

珠泾中心河中段河道长460 m,设计为活水段(见图2)。北段产生的清水通过重力流送到中段,由中段向北段进行活水。河道该段沿途为集中居民区,东岸有新浦生活垃圾中转站。结合现场实际情况,设计截留湿地和水平流湿地,因地制宜处理分散排口雨污水,在实现水处理功能的同时,为市民营造了生态空间,也形成了城市的小海绵^[2]。

截留湿地位于东岸,面积共590 m²,设计最大水力负荷为1 m/d,用于处理新浦生活垃圾中转站地表径流和东岸黄浦家园居民区所产生的漫流雨污水。东、西两岸设计了水平流湿地(含峰谷蓄流湿地),湿地面积共900 m²,设计水力负荷为0.5 m/d,

用于处理周边道路产生的地表径流。

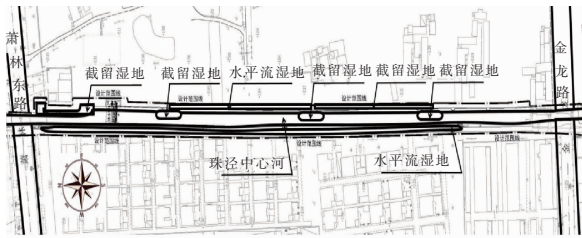


图2 中段(活水段)设计

Fig.2 Design of middle running water section

2.3 南段(共享段)

珠泾中心河南段河道长 440 m, 设计为共享段(见图3)。该段利用娄江水源, 经东岸补水湿地处理得到清洁水源, 用于河道旱季补水; 补水垂直流湿地, 由南北 2 组构成, 面积分别为 350、1 300 m², 设计平均水力负荷为 0.2 m/d, 短时最大水力负荷为 1 m/d。西岸建有截污明渠, 晴天可收集未进入市政污水管网的漫流污水, 雨天可及时汇集雨水, 再输送至补水湿地进行处理。明渠顶部铺设木栈道, 让周边居民以及学校学生共享沿途生态空间, 为他们提供环境教育场所。

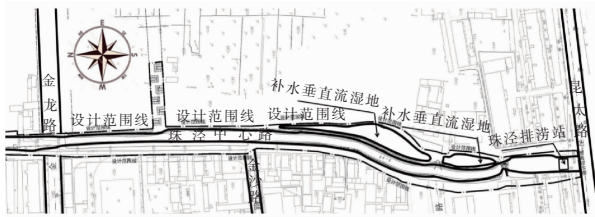


图3 南段(共享段)设计

Fig.3 Design of southern sharing section

2.4 智能控制系统

为实现系统、稳定、多功能的生态原则, 利用中央控制系统进行运行管理; 沿线各湿地设施均分布控制站点, 针对不同的湿地设施设计控制参数, 如最大布水量、周期布水量、布水间隔、出水流量等; 通过远程模块, 连到生态云平台, 通过云平台来指挥站点的工作并不断优化。

3 项目运行及效益

珠泾中心河项目于 2018 年 7 月建设完成, 运行至今河道水质稳定达标, 解决内涝问题效果显著。

3.1 水质效果

2018 年 12 月, 昆山市周市水利(水务)站对该项目进行连续 15 d 的水质抽查, 结果表明, 河道北段、中段、南段水体水质指标均优于地表Ⅲ类水标

准, 超出预期的Ⅳ类水标准(见表1), 河道水体清澈见底, 透明度可达 80 cm 以上。

表1 河道治理前、后水质(2017 年—2019 年)

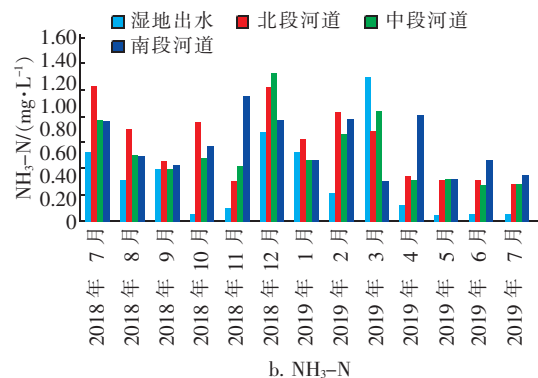
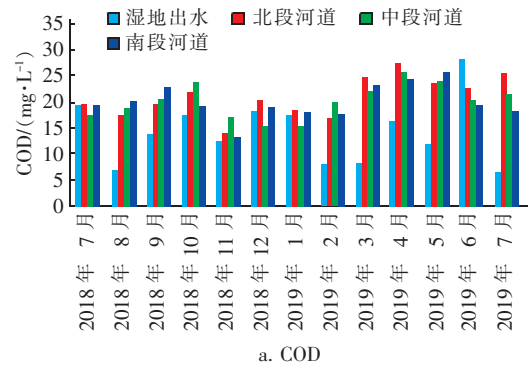
Tab.1 Water quality before and after treatment from

2017 to 2019

mg · L⁻¹

项 目	COD	氨氮	总磷	溶解氧
2017 年治理前河道水质	110	17.00	3.20	
北段湿地出水	6.33	0.04	0.03	7.40
北段河道	13.80	0.37	0.05	8.43
中段河道	14.13	0.95	0.07	8.21
南段河道	13.53	0.40	0.17	8.57
Ⅲ类水标准	≤20	≤1.0	≤0.2	≥5.0

2018 年 7 月—2019 年 7 月, 连续一年对湿地出水、河道北段、中段、南段水体 COD、氨氮、总磷等进行了监测。数据表明, 在不同天气、温度及来水条件下, 河道应变能力强, 均能使河道水体稳定优于地表Ⅳ类水标准(见图4), 具有生态稳定性。从图4可以看出, 湿地出水水质均优于河道水体水质, 现场管理过程中发现, 河道水体受到多种因素影响, 如雨天河道(建设了水平流湿地的河道中段除外)两岸地表径流入河、桥梁地表径流入河、河道内源释放、圩区内河流动性差等, 使其水质发生变化; 但由于项目各类湿地给河道源源不断输送生态的清水, 保证了河道水体水质全年稳定优于地表Ⅳ类水标准。



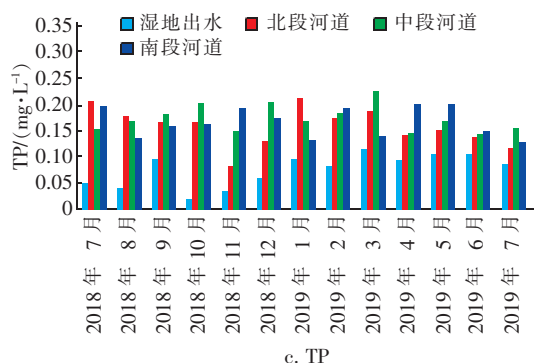
图4 治理河段各点位 COD、NH₃-N、TP 月变化

Fig. 4 Monthly change of COD, NH₃-N and TP at each point of river training section

3.2 生态与社会效益

该项目运行后,河道生态效应逐步显现,生物多样性增强。湿地植物方面,美人蕉、鸢尾、再力花、芦苇、黄菖蒲、茨菇、菱角等错落有致。河道周边成为动物栖息地,翠鸟、夜鹭、白鹭、鸬鹚、伯劳、戴胜等鸟类逐渐增多,窜条鱼、鲫鱼、鲢鱼、昂刺鱼成群结队。

项目建成运行后,还起到了缓解周边地块内涝的作用。针对河道南段现状,在南段沿河设置了截污明渠,雨天地表径流及漫流雨污水直接引流至截污明渠后,再进入南段补水垂直流湿地进行调蓄和处理。2018年7月—2019年7月运营期间,日降雨量40 mm以下时,该区域不再形成内涝;其间遇到两次暴雨,即2019年8月9日19:00—8月11日07:00累计降雨183 mm,在12 h内解除内涝;2019年9月6日02:00—07:00的5 h内累计降雨75 mm,在3 h内解除内涝。

4 结论

昆山珠泾中心河项目依据控源+生态治理的解决方案进行设计、施工和运行。项目运行一年多来,河道水体COD、氨氮、总磷均优于地表Ⅳ类水标准,彻底改变了原来严重黑臭的情况。

在项目管理方面有以下特色:①全过程管理,即项目的规划、设计、施工、运行由一个主体实施完成,负责到底;②全系统构建,即根据河道全部污染源、河道汇水区域排水情况、周边用地情况等系统考虑,形成重点治理(北段、南段)和分散治理(中段)的生态修复整体解决方案,并贯穿全过程;③全部利益相关者参与,即在规划、设计、施工、运行各阶段与利益相关者(包括决策者、当地居民、政府部门等)不断

进行紧密沟通,这样才能保证整体解决方案的实现。

参考文献:

- [1] 甄赐达,刘明浩,向元益,等. 河道治理技术概述及其发展应用[J]. 环境与发展,2018,30(7):62-64.
Zhen Cida, Liu Minghao, Xiang Yuanyi, et al. Overview and application development of urban river regulation technology[J]. Environment and Development, 2018, 30(7):62-64 (in Chinese).
- [2] 林炳挑. 湿地保护与湿地生态恢复技术[J]. 现代农业科技,2010(6):314-315.
Lin Bingtiao. Wetland protection and ecological restoration technology[J]. Modern Agricultural Science Technology, 2010(6):314-315 (in Chinese).
- [3] 杜澄明,杜建强,张瑛,等. 居民集中区黑臭河道生态修复与景观提升方法:以昆山珠泾中心河项目为例[J]. 湿地科学与管理,2019,15(1):8-10.
Du Yingming, Du Jianqiang, Zhang Ying, et al. Landscape upgrading scheme and ecological restoration in residential black and odorous rivers: A case study of the Central River Project in Zhujing, Kunshan[J]. Wetland Science & Management, 2019, 15(1):8-10 (in Chinese).
- [4] 杜澄明,邢蓓燕,严志豪,等. 组合型人工湿地处理农村生活污水的效能分析[J]. 净水技术,2019,38(4):16-20.
Du Yingming, Xing Beiyang, Yan Zhihao, et al. Efficiency analysis of hybrid constructed wetland for rural domestic wastewater treatment[J]. Water Purification Technology, 2019, 38(4):16-20 (in Chinese).



作者简介:杜建强(1967—),男,江苏苏州人,大学本科,工程师,从事水生态的系统修复与治理工作。

E-mail:dehuadu@163.com

收稿日期:2019-10-31