

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.04.008

衡阳市水环境综合治理系统方案实践与分析

姚行平, 许世梁

(上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092)

摘要: 为提升衡阳城区水环境质量,满足人们对优美生态环境的需要,以全局全周期的统筹思维,探索水生态文明建设的实践路径。根据衡阳城区水环境存在的4个维度10个方面的问题,秉持正确的生态价值观,针对性地提出厂站改造、管网修整、河道修复、源头管控的建设方案,逐步实施新(扩)建污水厂、排水体制改造、管道维修、控源截污、内源治理、生态修复、正本清源等各项工程,不仅解决了城市水环境问题,提升了城市水生态功能,而且成为区域水环境综合治理的典型案例。

关键词: 水环境治理; 生态修复; 正本清源; 系统方案

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)04-0046-06

Practice and Analysis of Systematic Scheme of Water Environment Comprehensive Treatment in Hengyang City

YAO Xing-ping, XU Shi-liang

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute < Group > Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: In order to improve the quality of water environment in Hengyang City and meet the people's demand for a beautiful ecological environment, the practical path of water ecological civilization construction is explored with the overall and full-cycle thinking. According to the four dimensions and ten aspects of the water environment in Hengyang City and adhering to the correct ecological values, this paper puts forward the construction schemes of sewage treatment plant and station reconstruction, pipe network renovation, river restoration and source control. A series of projects, such as the construction or expansion of sewage treatment plants, the transformation of drainage system, pipeline maintenance, source control and sewage interception, endogenous treatment, ecological restoration and source remediation have been gradually implemented. It has solved the urban water environment problem, improved the urban water ecological function, and set up a model of comprehensive management of regional water environment.

Key words: water environment treatment; ecological restoration; source remediation; systematic scheme

衡阳市地处湖南省中南部,是湖南省省域副中心城市之一,区域总面积为15 310 km²,常住人口为664.524 3万人,属于Ⅱ型大城市。《湖南省“十四五”

新型城镇化规划》中衡阳市的主要发展方向为全国承接产业转移示范城市、区域性经济中心和现代消费中心、中西部地区内陆开放合作示范区。近年

通信作者: 姚行平 E-mail: yaoxingping@smedi.com

来,衡阳当地坚持水岸同治,打响水污染防治攻坚战,全面完成城区黑臭水体治理目标,水生态明显改善。为进一步提升衡阳市中心城区水环境质量,满足人民对美好生活的追求,助力衡阳市高质量发展,在剖析问题、找出短板、确定工程可实施的基础上,从流域整体出发,提出厂站改造、管网修整、河道修复、源头管控的建设方案,以及系统协调、智能调度的管理对策。

1 水环境现状及问题分析

本研究范围为衡阳市中心城区,涉及珠晖区、石鼓区、蒸湘区和雁峰区四个区,总面积约518.35 km²,其中建成区面积约136.24 km²。经调研分析,衡阳市中心城区水环境存在的问题主要包括“厂、网、河、源”4个维度以及维度内的10个方面,分别为:①污水厂处理规模不够;②污水厂进水污染物浓度偏低;③污泥处置能力不足;④管网系统有空白区;⑤管网存在雨污混接与溢流;⑥管网缺陷严重;⑦河口污水直排;⑧河道存在内源污染;⑨河水倒灌;⑩源头混接普遍存在。立足水环境现状,运用系统性思维,合理规划对其进行整治提升。

1.1 “厂”方面现状问题分析

1.1.1 污水厂处理规模不足

研究范围内现有7个污水分区、6座污水厂,其中包括一座规模为 1×10^4 m³/d的工业污水处理厂,现状总处理规模为 57×10^4 m³/d。

根据现场实际运行数据,部分污水厂出现旱季污水进水量不足、雨季进水量超负荷运行的情况。衡阳市中心城区主要污水厂的实际进水量如表1所示。

表1 衡阳市中心城区主要污水厂实际进水量
Tab.1 Actual inflow of main sewage treatment plants in Hengyang central urban area

项目	设计规模	10 ⁴ m ³ ·d ⁻¹	
		旱季实际进水平均流量	雨季峰值流量
铜桥港污水厂	10	5	10.38
江东污水厂	8	4	10.25
角山污水厂	4	2.6	4.90
松亭污水厂	30	22	27.27

在规划滨江污水厂的纳污区域,现状污水管收集的污水缺乏最终出路,存在就近排河的情况,对现状水系有较大影响。

因此,现状污水处理能力与实际需处理水量还存在一定的缺口,不满足城市建设发展的需求,污水处理设施扩容迫在眉睫。

1.1.2 污水厂进水污染物浓度偏低

铜桥港污水厂、江东污水厂、角山污水厂常年进水BOD₅平均为25~35 mg/L,松亭污水厂进水BOD₅浓度略高,但也低于《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》中要求的100 mg/L,污水厂的处理能力未能充分发挥。

1.1.3 污泥处理处置能力不足

松亭、角山、江东、铜桥港4座污水厂实际污水处理量约为 34×10^4 m³/d,污泥产生量约为150 t/d(污泥含水率为80%,下同),污泥产率约为4.4 t/10⁴ m³,污泥产量低于理论值。采用垃圾焚烧厂协同焚烧污泥处置方式,污泥实际处理量约为120~140 t/d。目前,垃圾焚烧厂已超负荷运行,运行压力较大。现有设施仅实现了污泥中污染物的处置,未考虑污泥资源化途径。

1.2 “网”方面现状问题分析

1.2.1 管网系统有空白区

衡阳市中心城区已建管网密度仅为9.6 km/km²,建成区存在大片管网空白区。其中,滨江污水处理厂及部分污水干管未建,酃湖片区及高铁片区污水直排入河;松木污水处理厂以南部分干管未连通,建成区污水直排入河。

1.2.2 管网雨污混接与溢流

以酃湖片区及高铁片区为例,分析管网雨污混接与溢流情况。该片区共排查出市政道路雨污混接点235处,其中污水管接入雨水管133处,雨水管接入污水管102处。而且建成区有相当大的一部分为截流式合流制,截流倍数约为1,主城区河道的溢流污染来源基本为合流泵站的雨季溢流污水,溢流井与合流泵站对应一致。该片区合流泵站共7座,旱季通过泵站将污水排入市政污水系统,但雨季存在溢流入河情况,对河道水质造成严重影响。

1.2.3 管网缺陷严重

根据《衡阳市城市排水(雨水)防涝综合规划(2018—2030)》,衡阳市易涝点共9处,中心城区建成区存在8处,其中高风险地区20.57 km²,中风险区63.55 km²。以酃湖片区及高铁片区为例,分析管网缺陷情况。该片区共排查管线313.5 km,其中结构性缺陷:一级(轻微)3 210处,二级(中等)1 650

处,三级(严重)695处,四级(重大)477处,合计6032处;功能性缺陷:一级(轻微)2331处,二级(中等)1582处,三级(严重)682处,四级(重大)798处,合计5393处。

1.3 “河”方面现状问题及分析

1.3.1 入河排水口存在污染直排

部分片区雨污管网和处理设施缺失,实际服务人口远不及现状和规划人口,存在大量污水直排入河的情况,导致河道水质污染严重。中心城区现有支流12条,对其中8条河道进行了调研及水质采样检测。其中雁栖湖、幸福河中下游、蜈蚣河中下游水质均为地表水劣V类,水质相对较差。

1.3.2 河道内源污染

参照《全国河流湖泊水库底泥污染状况调查评价》中的评价方法,对采样点泥质情况进行评价。评价结果表明,底泥中有机质污染严重。与《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618—2018)三级标准进行比较,发现河道底泥重金属污染严重,镉污染尤为突出。

1.3.3 河水倒灌现象

衡阳市的内河多为雨源型河道,非汛期河道水量不能满足河道生态基流的要求。而湘江、耒水和蒸水处于高水位时,相应支流河水存在通过截流井倒灌截流管道的风险。若河水倒灌则将挤占污水管网空间,降低污水厂进水污染物浓度,增大污水厂的进水量。

1.4 “源”的现状问题及分析

为清楚了解污水源头问题,对区域内5个社区、企事业单位的地块展开入户调查工作。该区域内社区总节点7490个,混接点136个,即湖南工学院42个、衡阳师范学院7个、高铁职业技术学院44个、衡阳丽波国际酒店3个、珠安家园40个。源头混接形式包括地块分流制排水系统内部管网混错接、地块建筑立管混接、地块接入市政管道错接等。

2 水环境综合治理方案

针对以上“4个维度10个方面”的问题,秉承“城市水服务,一城一主体”方针,确定“污涝同治,供排一体”理念,统筹水安全和水环境治理,构建全周期全要素治水体系,着力改善衡阳市中心城区水环境。整体治水思路依旧沿着“厂、网、河、源”4个维度展开,即:厂站末端管控+管网过程管控+河道水

质提升+源头正本清源。

对现有污水厂进行改扩建,并新建污水厂以服务更多区域,收集大量污水进行集中处理,大大削减污染物的排放量。对管网分三层治理,实现雨水、污水、截流水和生态水“四水”分离。即:总体上完善管网体系,分区域填补空白,修整管道,再改造各个问题节点,最终使雨水、污水、截流水、生态水在整个系统中各归其位。河道修复工程从控源截污、内源治理和生态治理3个方面开展,控制河流外部污染,改善河流内部环境,构建功能完善的河流生态系统,使辖区内水质恢复良好并长期维持稳定。

2.1 “厂”方面的系统方案

2.1.1 污水厂布局

对现有污水设施布局进行强化,由“5+1”系统布局变更为“5+3”系统布局,主要措施为“2建2扩1提标”,见图1。新建滨江和东阳渡两座污水厂,新建规模分别为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 和 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,将角山污水处理厂规模由 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 扩建至 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,江东污水处理厂规模由 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 扩建至 $12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 并进行提标改造,既缓解了污水厂规模不足的问题,又能满足衡阳城区未来的发展需求。

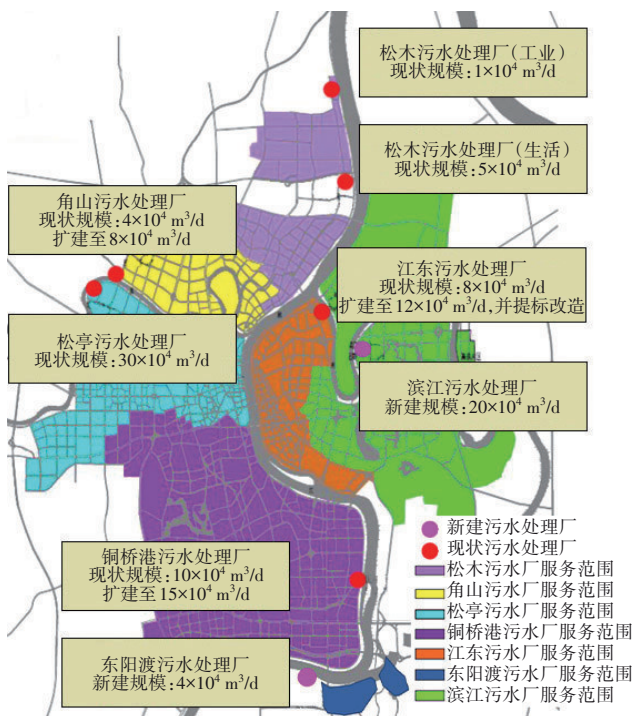


图1 衡阳市中心城区污水厂布局

Fig.1 Layout of sewage treatment plants in Hengyang central urban area

2.1.2 污泥处理与处置

污水厂提标扩(新)建后,污泥量由150 t/d增加至约420 t/d,亟需拓展污泥处置措施。为此提出扩建现有污泥焚烧厂,同时将污泥与城市有机质协同处理后资源化利用。相关研究表明,污水污泥与餐厨垃圾协同消化,可以实现营养成分互补,调节底物C/N比,稀释重金属、盐分和油脂等抑制性物质浓度的作用^[1]。

2.2 “网”方面的系统方案

2.2.1 总体层级治理措施

在总体层级方面,率先把控排水体制,分别对合流区和分流区进行排水体制完善并进行管道清淤。在合流改造区,对具备相应条件的区域实行雨污分流改造,空白区按照分流制建设;在合流控制区保持截流式合流制,提高截流标准并整治排水口;在分流完善区,对已开发区域实行雨污混接点改造;在分流建设区,对规划为分流制但尚未建设的区域,实行严格的雨污分流管网建设。进一步连通排水主干管,便于污水在不同厂站之间抽调,避免污水厂超负荷和负荷不足的情况,最大限度地发挥其削减污染物的功能。同时在城西片区和江东片区新建合流溢流污水(CSO)调蓄池,减少排放污染负荷。综合考虑城市需求,新建一批管渠,以增强管网韧性。

2.2.2 区域层级治理措施

① 污水管网完善

系统摸排污水管网空白区域,结合片区城市建设改造计划,逐步推进污水管网建设。结合重点区域系统治理,分阶段完善污水管网,优先补齐污水主干管及重点区域污水管网。在尽快补齐截污干管的基础上,加快生活污水支管建设,完善污水收集输送“毛细血管”。

② 管道清淤修复

对现状淤堵严重的污水管道进行清淤疏通,恢复管道过流能力。根据管道结构性缺陷评估成果,确定管道修复指数RI值,明确修复管段。综合考虑工程地质、管道基础及养护要求,并结合修复方式的适用条件、修复效果以及综合造价等特点,选择高效、合理、经济的修复方案。

③ 管网混接改造

以解决河道排污问题为导向,在排水口向上游进行市政管网混接调查,明确混接点位及上下游管

网关系。对具备改造条件的混接点雨污水系统进行分流改造,对于暂不具备改造条件的市政混接点及地块混接管道接入市政道路检查井的情况,则建设截流设施进行精准截流。工程完成后对排水口进行即时水质流量监测,评估改接效果,若仍有排污现象则应对现有混接点位复查完善。

2.2.3 节点层级治理措施

在合流制排水系统中避免向截流干管输入过量低污染物浓度的雨水,在分流制系统中避免混接雨水管网向污水管网输入过量低污染物浓度的雨水。根据接入管道情况,通过设置大型智能截流井或小型调流阀式截流井等方式,实施精准截流,提高污水管道内污水输送浓度及有效输送能力。

2.2.4 智慧水务系统方案

智慧水务是现代化建设背景下的一种强化信息化手段,分为水环境的源头、过程、末端以及系统各个部分的智慧化运行和预警^[2]。衡阳市引入智慧水务系统,建立全面覆盖、责任清晰、技术先进、管理精细、产业现代的涉水设施运营维管体系,推动“厂、网、河”一体化管理。按照智慧水务不同的运行功能和水务管理、服务执行的顺序,衡阳市智慧水务系统运行机制如图2所示。

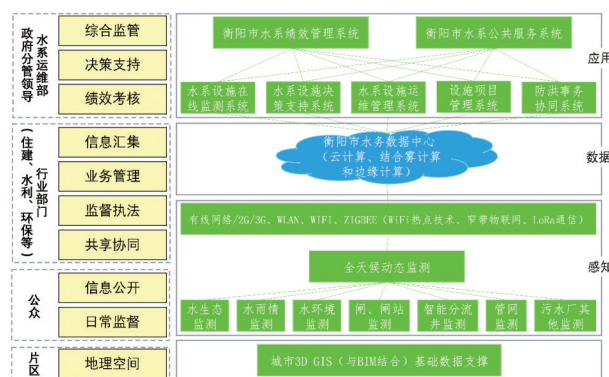


图2 智慧水务系统机制

Fig.2 Intelligent water system mechanism

2.3 “河”方面的系统方案

2.3.1 控源截污

控源截污是水环境治理的重中之重,是内源治理和生态修复的基础与前提^[3]。污染在河里,源头在岸上,关键是管网,重点在排口。对于管网末端入河排口的整治,依照不同的排口类型给出相应的治理措施,具体方案如图3所示。同样地,面源污染控制措施也分类推进,以控制合流制系统面源污

染。旱天污水主要通过截流井截流至污水管道,确保污染不溢流;雨天除了截流井截流外,通过设置越流堰截流初期污染较重的混合雨污水,以有效控制合流制溢流污染,保护河道水体水质。分流制系统通过截流井将初期雨水截流至调蓄池,然后再输送到污水厂进行处理,最终达标排放。



图3 排口整治措施

Fig.3 Outlet treatment measures

2.3.2 内源治理

由于衡阳城区河道长期受污水直排影响,底泥污染物含量较高,是造成水体黑臭的重要污染源之一。针对河道淤积和内源污染问题,清淤疏浚是最常用、最行之有效的办法之一^[4]。清淤疏浚能够有效改善水环境,保障水安全,保护水生态,提升河道航运能力。河道底泥根据其含水率和受污染程度采用不同的处置方法,对受污染的淤泥进行无害化处理时常用钝化稳定技术,然后再针对不同用途进行最后的资源化利用。传统的资源化利用方式以堆肥和土地利用为主,随着科学技术的不断进步和经济发展内在需求的不断增加,处理后的淤泥也可作为商业建材使用。

以蜈蚣河为例,主要通过以下两方面进行内源治理:①清淤疏浚和底质改良。根据勘察资料对河道疏浚方案(如水下挖泥施工工艺、干法施工工艺、水力冲刷施工工艺)进行比选研究,选择合适的工艺方案。②建设生态河道断面。对现状具备条件的河段进行生态河道断面改造,如图4所示。

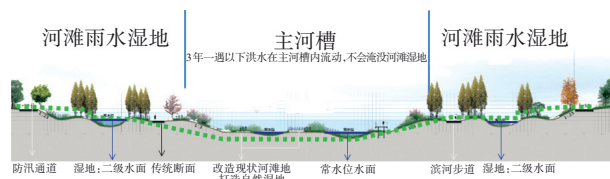


图4 生态河道断面示意

Fig.4 Schematic diagram of ecological river section

2.3.3 生态治理

生态治理以恢复水体自净能力为主线^[5],在控源截污和内源治理的基础上,通过修建生态护坡、投放水生动植物的技术方法,依托城市水系中低生态脆弱性的场地特征,以流域典型生物资源为保护对象,多目标整合营建水生、湿生、陆生复合型生境,引导流域生态系统结构和功能的健全。并且可以充分利用地表水生态系统中的循环再生、自我保护和生态环境修复的能力,消纳大量的水体污染物,实现地表水生态系统的健康可持续循环和人与自然和谐共生的美好愿景。

以幸福河为例,主要通过以下4个方面进行河道生态修复:

① 清流输送

针对污染相对较轻且现状零散分布水生植物群落的河道上游段,生态修复重点在于恢复或重构河流良好的生境条件,扩大水生植物的覆盖面积,并有选择地恢复水生动物群落,发挥水生动植物对微污染水体的联合修复作用。

② 河道原位净化

针对河道中游段水力坡降较大的特点,在满足防洪时水力冲刷要求的前提下,结合生态堰坝塑造梯级跌水,在河底及河道两侧设置生态砾石层、生态透水堤及仿生水草、边滩湿地和半弧形生态基流控制系统。

③ 河口净化

现场调研结果显示,河道下游段水动力条件较差,常水位条件下水体基本无流动,致使河口区域出现严重淤积、污染物累积且枯水期有异味。根据级次净化原理,在能耗低、污染负荷分配合理的原则下,筛选多种生态修复技术,制定河口区域的污染负荷削减综合配置方案。

④ 补水水源

现状幸福河主要依靠降雨径流进行水量补给,结合河道实际情况,将铜桥港污水厂的达标尾水通过生态湿地进一步净化后作为河道补水水源,回补河道的生态基流量。

2.4 “源”方面的系统方案

正本清源指对源头用户的排水管网进行混接改造、管道清淤、破损修复等工程,完善小区雨污排水系统,建立完善的城市雨污两套排水系统,实现雨污分流,是实现河道水质“长制久清”的关键。在

角山片区、城西片区、江东片区设立正本清源试点区域,主要包括立管改造工程和地面排水系统改造工程。立管改造具体措施有保留合流立管,以及新增雨水立管接入蓄滞设施;地面排水系统改造措施有分流改造、混接点改造、缺陷管道修复和管网精准截流。

3 结语

水环境综合治理涉及生态、人文、智能等多领域,是一项复杂的全局性系统工程,应秉持科学的生态价值观,合理运用工程措施,努力使城市水环境趋近自然化,实现人与自然和谐共处。衡阳市水环境综合治理系统工程追根溯源,立足于“4个维度、10个方面”的现状问题,针对性地提出厂-网-河-源一体化的治水理念,由表及里,由面到点地逐步细化工程措施,解决城市水环境问题,发展城市水生态功能。下一步应在推进水环境综合治理的结构性变革、构建水城融合的新型城区水系统、促进水环境改善的平衡与协调方面,做进一步的探索和研究。

参考文献:

- [1] 董春娟,潘青业,葛启隆,等.微氧颗粒污泥强化剩余污泥与餐厨垃圾协同消化[J].中国给水排水,2019,35(11):118-124.
- DONG Chunjuan, PAN Qingye, GE Qilong, *et al.* Synergistic digestion characteristic of excess sludge and food waste enhanced by micro-aerobic granular sludge [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(11): 118-

124 (in Chinese).

- [2] 马珂.海绵城市理念下的智慧水务建设研究[J].智能建筑与智慧城市,2022(1):139-141.
- MA Ke. Research on smart water construction under the concept of sponge city [J]. Intelligent Building & Smart City, 2022 (1): 139-141 (in Chinese).
- [3] 王晨,李婧,赖文蔚,等.海口市美舍河水环境综合治理系统方案[J].中国给水排水,2018,34(12):24-30.
- WANG Chen, LI Jing, LAI Wenwei, *et al.* Integrated water environment remediation approach of Meishe River in Haikou City [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(12): 24-30 (in Chinese).
- [4] 高大方.水利工程清淤疏浚技术[J].河南水利与南水北调,2021,50(10):43-44.
- GAO Dafang. Technology of dredging in water conservancy projects [J]. Henan Water Resources and South-to-North Water Diversion, 2021, 50(10): 43-44 (in Chinese).
- [5] 常娜.生态修复技术在河道水环境治理工程中的应用[J].资源节约与环保,2021(8):19-20.
- CHANG Na. Application of ecological restoration technique in river water environmental treatment projects [J]. Resources Economization & Environmental Protection, 2021 (8): 19-20 (in Chinese).

作者简介:姚行平(1972-),男,湖北随州人,硕士,高级工程师,主要从事排水工程设计工作。

E-mail: yaoxingping@smedi.com

收稿日期:2022-04-02

修回日期:2022-05-12

(编辑:丁彩娟)

加强河湖保护与管理,推进水生态文明建设