

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2023.05.030

漳州市中心城区内河水系水环境改善技术研究

张海珊, 樊艳霞, 何俊乐

(中国建筑上海设计研究院有限公司, 上海市 200063)

摘要:在城市更新及双碳背景下,老城区水环境的改善与提升是目前各城市亟待解决的难题。以漳州市中心城区内河水系水环境治理为例,从河流生态系统的角度结合模型分析论述水体污染的根本原因和实质,提出改善水环境与提升水生态功能的方案建议,为项目的实施提供科学依据,也为城市整体水环境的提升提供参考。通过技术方案的应用与实施,使得水污染得到有效控制,黑臭水体得到治理,改善水环境,修复流域生态属性,助力减污降碳协同增效的实施,带来良好的生态环境及经济效益。

关键词:水污染;水环境;生态修复;黑臭水体;减污降碳

中图分类号: TV213.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)05-0118-05

0 引言

“十四五”时期,我国生态环境保护进入了减污降碳协同治理的新阶段^[1]。促进水环境治理和生态保护行业的发展,将生态环境治理作为经济社会发展的重要目标,也是向绿色低碳社会转型的重要举措,水环境的改善与提升日益受到重视。

漳州市中心城区内河水环境改善工程包含葫芦潭港、脚桶港、环城河及泗洲河等。流域范围北起北南坑路、南至西溪、东起大浦头港及浦头港引水渠、西至县前直街,总面积约 16.3 km²。经过近几年相关工程的实施,市区内河水环境得到改善,取得了初步成效,但水环境质量距离规划水质目标尚具有差距。受规划滞后、治理不到位、管理水平欠缺等诸多因素影响,区域内水质呈现恶化趋势,因此,在新时期、新政策下,水环境质量的提升尤为迫切。

1 研究区域概况

区域主要为环城河及浦头港等六条支流。浦头港支流有港桥港、葫芦潭港、脚桶港和泗洲河、诗浦港、后坂港等,自西北向东南纳入浦头港,环城河纳三湘江入西溪。研究范围见图 1。

现有北京路泵站引水工程,设计引用西溪流量 20 万 t/d,泵站建于西溪左岸北京路,沿北京路和延安路向北分别补给环城河(宋河)、脚桶港、葫芦潭港、泗洲河上游,每条补给水量 5.0 万 t/d;九十九湾

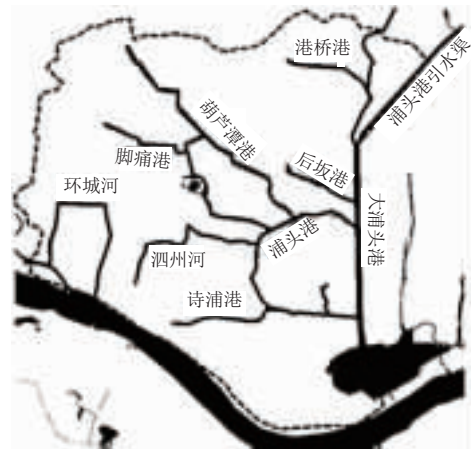


图 1 水系范围图

内林水闸引水工程部分水量进入浦头港主渠道,现状可满足浦头港主渠生态需水。闸站有中山桥水闸、北京路水闸、碧湖水闸、桂林路水闸以及桂林路泵站,最大过流量总计约 126 m³/s。区域内建筑密度高,建筑、路面等不透水地面占比较大,水面绿地比例较低,其中建筑占比最大为 58.86%,水体占比 5.80%,绿地占比 3.68%。市政道路下已基本实现雨污分流,其中浦头港及三湘江片区仍存在部分合流管道未改造完成;地块内存在大量雨污混接、乱接及合流现象,尚未改造完全。区域内四条主要河道总计分布排口 63 个,晴天排污水量约 500 t/d。

现状主要存在的问题有:(1)区域内河道为季节性河流,汛期时主要为行洪通道,河道坡度较大,且中途无拦蓄设施,旱季时河道生态基流无法保证,水体流动性差,水环境容量低。(2)泵站补水主要为保证河道生态基流和水体水质,泵站需长期运行,运行维护费用高(年运行电费约 80 万元),能耗大,同时换水

收稿日期: 2022-12-21

作者简介: 张海珊(1991—),女,学士,工程师,从事市政给排水设计工作。

量有限,水环境效果弱。(3)区域内硬化面积大,地表径流量大,径流污染严重。(4)市政道路排水主次干管已基本实现分流制,但地块内雨污水混接严重。(5)区域内合流及有污水接入的排口数量大,总计61个,占比96.83%;管径大,大于DN 400以上的排口有45个,占比71.4%;暗沟数量多,暗沟排口40个,管道排口23个,污染严重,不易监管。

2 水环境污染分析

2.1 水质分析

现场取样调查,选取主要河流共计18个水质监测断面,对其1年的水质进行分析,主要水质指标有:总氮、总磷、氨氮、COD等,主要河道水质情况见图2。

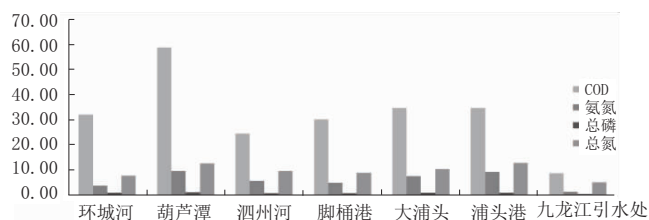


图2 河道水系水质分析

通过分析可以看出,片区水体污染严重,根据《地表水环境质量标准》,葫芦潭港、脚桶港、环城河及泗州河4条河流中,COD除葫芦潭超过V类标准外,其它3条河流多处于IV至V类;且4条河流中氨氮浓度都远远超出V类标准。葫芦潭的污染最为严重,其它河流的污染也不容忽视。

2.2 模型评估

采用SWMM模型对研究区域的面源污染(降雨径流)和点源污染(合流制管渠排放污水)进行模拟,见图3。将研究区域划分成703个子汇水区,管网概化为523段,共设置107个排口。

研究区域参数设定:坡度、不透水比例百分比根据实际情况确定;不透水地表曼宁粗糙系数:0.1;透水地表曼宁粗糙系数:0.01;不透水地表注蓄存储:1.27 mm;透水地表注蓄存储:3.5 mm;无注蓄存储不透水地表百分比:25%;入渗方式:GREEN-AMPT方程吸吮水头:28.5 mm;导水率:0.384 mm/hr;初始亏损:2.3%。

经过模型分析,得到年度研究区域入河污染物总量,见表1。

2.3 污染成因分析

黑臭是水体有机污染的一种极端现象,是由于水体缺氧、有机物腐败造成的。水体黑臭的直接原因是

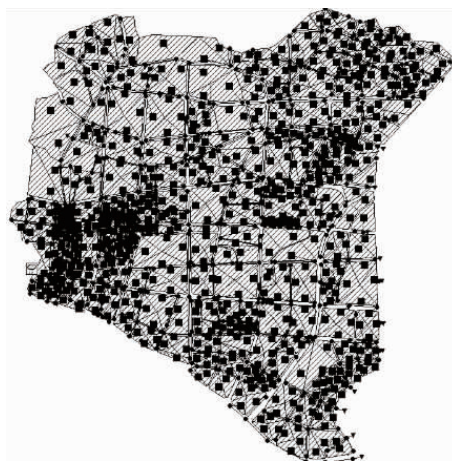


图3 SWMM模型分析

表1 区域入河污染物总量

污染物来源	COD/(t·a ⁻¹)	TSS/(t·a ⁻¹)	TN/(t·a ⁻¹)	TP/(t·a ⁻¹)
降雨径流	2 991	1 502	84	11
未处理污水(合流制管渠排放)	2 463	1 369	137	27
合计	5 454	2 871	221	38

DO不足,而污染物的排放是造成水体黑臭的根源^[2]。

现状中心城区4条河流中黑水体状况较少,与坡度大、底泥清淤时间不长有较大关系;而水体臭则有显著症状,主要与排污数量大、污染物多有重要关系。

污染的成因主要有以下几个方面:

(1)资源代谢在时间及空间尺度上,输入大于输出的生态滞留或输入小于输出的生态耗竭

自然水体与外部环境不断进行物质、能量的交换,输入、迁移、转化和输出,形成水体中物质代谢过程。若在一定的时间及空间(如某一湖泊、河流)内,某些物质的输入量大于输出量,其滞留量超过生态系统的生态承载力,就会导致生态失衡,引发水质恶化。

(2)系统耦合在结构、功能关系上的错位和失谐,物流不畅阻滞

水体生态系统的结构是其中生物和非生物组分保持相对稳定的相互联系、相互作用、相生相克、互为因果的组织形式、结合方式和秩序。结构有其相对的稳定性,绝对的波动性,变异性和有限的自我调节性^[3]。当出现某一方面失调时,就会导致生态系统被破坏。

(3)社会行为在局部和整体、经济和生态、当前与长远利益关系上短见和缺损,冲突和失调

城市中水体不仅是一个自然生态系统,而是受

人类活动与社会行为影响的社会-经济-自然复合生态系统。社会行为在局部和整体关系上的短见和调控机制上的缺损,在经济和生态关系上的冲突和失调,将削弱或破坏物质代谢链网中某个或某些环节,使一些环节间的协调比例失调和物质代谢过程紊乱,促使水体生态系统结构和功能关系上的错位和失谐,造成物质代谢失调和在时间、空间上的滞留或耗竭^[4],这是水体污染和破坏的另一重要原因。

3 水环境改善技术措施

以实现绿色低碳、满足水环境容量和提高城市韧性、保障水安全为目标,从整个系统入手,站在构建高质量发展新格局的高度,促进漳州市中心城区内河水系生态环境质量持续改善,最终实现人与自然和谐共生的现代化。

3.1 截污系统优化及溢流污染削减

推动减污降碳协同增效,尤其需要重视源头控制措施,减少进入雨水系统、合流制系统的径流量,最大限度地削减污染总量。

(1) 构建全过程排水收集系统

排查区域内市政道路排水管网,实施截污纳管,在青年路、建元路、益民路等道路新建污水管道,新建管道总长约 9.09 km;完善区域内小区、公建雨污分流管网建设,消除错接乱接现象,新建排水管道总长约 983.4 km;并复核沿河截污干管负荷,改造不足管段,减少雨季合流水入河量,新建截流管总长约 3.9 km。

(2) 合流溢流及初期雨水溢流污染控制

经初步模拟现有截污系统在 2 mm 降雨时即发生溢流,雨季时大量溢流污染和径流污染进入水体,对河道水质产生重大影响。控制溢流污染主要措施有增加截留倍数、设置末端调蓄池、中间溢流调蓄池、溢流超标在线处理设施等。将新建合流制截污系统的截留倍数提高到 3.0 以上,增加末端在线调蓄与处理,使调蓄量达到或超过 5 mm,年合流污水溢流次数不超过 10 次。并沿河道设置几处在线排口处理设施,包括平板格栅、螺旋格栅、滚筒式毛刷设备、旋流沉淀池、接触沉淀池、多级生物滤池、高效沉淀池等,该技术可去除超过 35% (SS, 全年累计) 的污染物,具有实施简单、处理效率高、综合投资省等优点。此外,由于初期雨水有较多污染物,应对初期雨水进行一定处理后再排放,采用生物浮床、沉淀池、滨岸隔离等措施与排口处理设施组合设置,同步减少溢

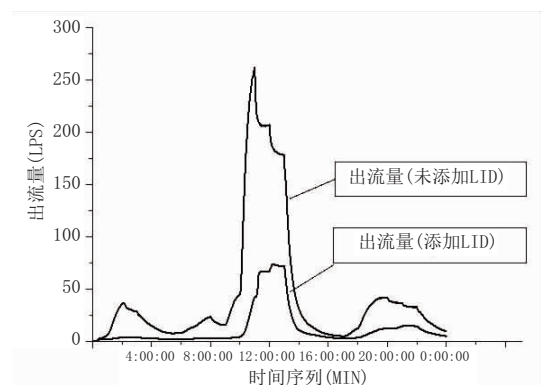
流污染。又因为受市政排水管道各种因素影响,污染物易沉积,导致初期雨水污染加重,可在排水管道上增加水力冲洗措施减少管道内淤积,降低溢流污染负荷。

3.2 海绵城市-低影响开发(LID)措施

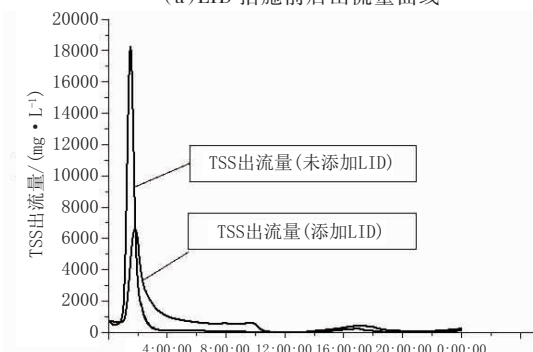
低影响开发(LID)技术通过削减雨水径流,有效截除初期径流污染,减少入河污染总量;同时,随着雨水径流的削减,也大大减轻了合流制管道溢流的频率。

分析区域内的用地性质及下垫面可知,区域为核心城区,居住区建成较多,占比较高;整体海绵建设条件较好。此外,区内水系分布密集,地块至水系最远距离 400~500 m,有利于积水内涝风险的防治。

评估现有设施(管道、河道等)的海绵功能,结合积水整治、河道生态修复、小区景观提升、停车位改造和公建(学校、医院等)节能改造同步实施海绵城市建设,形成一次进场,实现多目标的效果。通过 LID 设施包括雨水花园、下凹式绿地、透水铺装、人工湿地等的建设,减少灰色基础设施的应用,建立绿色低碳市政基础设施系统,并对方案进行模型评估,进行 LID 措施前后对比,见图 4。本次方案年径流总量控制率为 81.9%,雨水径流污染削减率为 56%,满足当地海绵城市建设总体目标。



(a) LID 措施前后出流量曲线



(b) LID 措施前后 TSS 出流量曲线

图 4 LID 措施前后对比

3.3 淤泥控制及原位处理

外源污染被截污后,沉积在河底的营养物质仍可逐步释放而导致藻类繁殖,水质恶化,需采取“内外兼治”的措施,既要控制外源性营养物质的输入,又要通过底泥疏浚、原位治理等技术方法达到治理内源污染的目的。

(1) 淤泥控制及资源化利用

在水面较大的水体上游修设拦泥坝,拦截上游泥沙,保持水体内蓄水清洁,减少下游水体清淤工程量。河道岸坡则利用多重草沟排水,减少淤泥进入河道,由于河道岸坡受雨水冲刷,容易形成泥沙,在岸坡设置植草沟或砾石沟,收集雨水集中排放至河流,对泥沙有很好的沉淀作用,可以减少泥沙进入河道形成淤泥。而中小水流河道由于水浅易形成淤泥环境,底部可用铰接式护坡,采用HM离子过滤布作为反滤层,保证坡面自由排水的同时,有效防止土体外漏沉积而形成淤泥。此外,也可采用环保清淤方式,利用河底结构,结合沉积物的堆积及移动特性制定清淤方案,避免过度或盲目疏浚造成河道生态破坏,清淤后,在无害化处理的原则下,加强疏浚淤泥的综合利用,主要用于生产建筑材料、生产肥料,改良土壤和建造景观等。

(2) 原位治理技术

主要采用微生物除淤技术,通过激活水体本土微生物,将整个水体作为一个大的生物反应器,利用水体微循环,大量增殖本土微生物,打破原水体微生物的平衡。一方面,河床中的底泥向水体中不断释放富营养物质;另一方面,微生物进入富含营养物质的底泥中进行分解与代谢,使底泥的体积和重量逐步减少,达到生物清淤的效果(淤泥体积最高减量可达50%)。

3.4 其他措施

此外,结合以下措施,对河道进一步治理,逐步恢复河道生态功能和水循环系统,提高河流自净能力,建立绿色、低碳、韧性城市。

(1) 水体水量优化。为保证河道有效水位,维持生态基流,本次沿5条河道设置闸站共计8座,保持生态水位1.2~1.5 m,下游最深水位可达1.8 m,河道坡降2‰时,平均300 m设置闸口一座,河道坡降1‰时左右时,平均600 m设置闸口一座。

(2) 降低设施能耗及碳排。对区域蒸发量、降雨量进行分析,见图5,对城区各河道水面由于蒸发渗漏产生的水量损失,进行及时补给;对城区河道景观

水质变差的情况,及时进行更换(本次考虑30 d实现水循环一次)。计算出年总需调水量240万t,最高月平均日需水量6800 t/d,见图6。

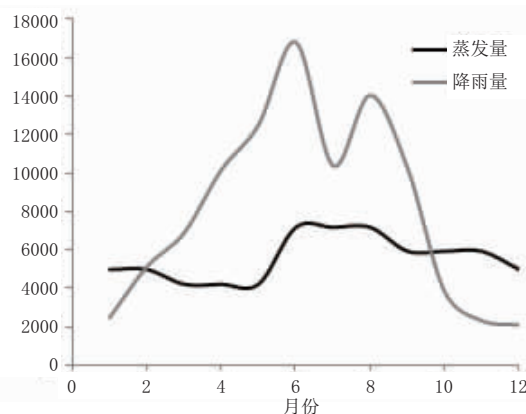


图5 降雨、蒸发量曲线图(单位: m³)

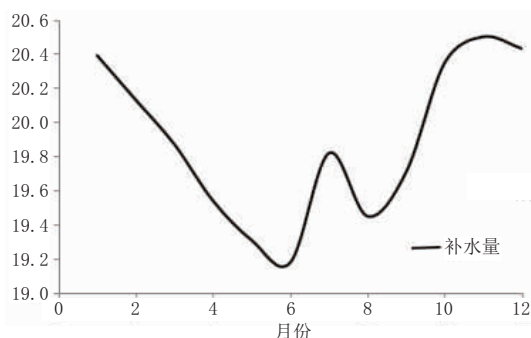


图6 补水量曲线图(单位: 万 m³)

根据补水量对现状引水泵站运行方案进行调节。现状泵站日运行规模20万t/d,调整后调节为0.7万t/d,在盘活城市水体资源,加大水体环境容量的同时,降低了泵站运行费用(年节省约74万元),运行时间减少1.6万h,同比减少能耗93.3%,大大减少了碳排放。

(3) 提升河道水质。利用景观岸坡、河中小岛和港湾等有利地形,增设原位或旁侧自然湿地处理设施,也可与排口组合,对排口溢流和河水进行处理,提升水体自净能力。可以采用旁侧循环接触氧化、滨岸滞留净化、渗滤净化、提水曝气雨水湿地、原位循环接触氧化等^[5]工艺,大大提升城市蓝色碳汇品质。

(4) 增氧曝气,增加水环境容量。部分排口集中段排口管径小,数量多。污染物总量大,浓度高,前端集水井设置分水器难度大,考虑在排口集中点设置微纳曝气装置,增加水体富氧量,加快污染物降解,提高河道水质。

(5) 打造高碳汇公共空间景观环境。提高植被在河道的比例,形成健全的生态系统,有利于减轻水体腥臭以及水体富营养化现象;生态岸坡的建设,有利于构建河道地形地貌的多样性。此外,落实公园城市

理念,在河道两侧公共绿地选取一些地方打造特色景观节点,可以根据地势打造一个小型滤水生态游园,并兼顾休闲、交流空间,植物种植以水生滤水植物为主,整体粗放性种植,适当点缀常绿大乔木,滨水平台可设置有景墙,以镂空浮雕的形式反映本地文化,全面提升区域的碳汇能力。

4 结 语

本次漳州市中心城区水环境改善技术方案的应用将改善区域内部管渠排水能力不足的情况,提高排水系统应对极端气候的能力,盘活水资源,有效治理水污染,保障水安全。同时,根据漳州市政府相关文件要求,积极推进海绵城市建设是贯彻落实中央经济工作会议精神的重要举措,也是推进“工程治水”向“生态治水”重大转变的有效方式。本次考虑将水系生态治理与海绵城市建设有机结合,既能避免重复建设,又能达到治理效果,实现水系良性循环,

打造绿色低碳城市。

此外,在我国城市更新的进程中,像漳州市中心城区这一类的亟待改造的老城区还有很多,本技术方案同样适合推广应用,经过合理建设后,将最大程度地发挥水环境效益,促进人与自然的和谐相处,从而降低小区洪涝风险、缓解热岛效应,为全国水污染防治、减污降碳、韧性城市等政策的顺利落地提供有效帮助。

参考文献:

- [1] 张亚捷,霍守亮,吴丰昌.我国流域减污降碳协同增效:路径、技术、对策[J].中国工程科学,2022(24):41-48.
- [2] 于玉彬,黄勇.城市河流黑臭原因及机理的研究进展[J].环境科技,2010(S2):111-114.
- [3] 楼雪聪.慈溪城河生态修复治理技术研究[D].杭州:浙江大学,2010.
- [4] 颜京松,王美珍.城市水环境问题的生态实质[J].现代城市研究,2005(4):6-10.
- [5] 姜震宇.海绵城市建设及应用探讨[J].建筑工程技术与设计,2017(19):125-126.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com