

水质控制与提升措施用于麻园河黑臭水体综合整治

黄伟¹, 汪丽¹, 王阿华¹, 梅才华²

(1. 南京市市政设计研究院有限责任公司, 江苏 南京 210008; 2. 滁州学院 土木与建筑工程学院, 安徽 滁州 239000)

摘要: 江门高新区黑臭水体综合整治工程对麻园河、龙溪河、马鬃沙河开展了综合整治, 含水安全工程、水环境工程、生态景观工程等, 其中麻园河全长 7.45 km, 流域面积 14.0 km²。通过对流域范围内的污染源进行分析, 找出亟需解决的问题, 结合水质要求、流域范围内排水体制、河道现状等特点, 针对性地提出了总口截污工程(合流制管道截污工程、支流截污工程)、生态清淤工程、底泥处理处置工程、生态修复工程、引水补水等水质控制与提升措施, 以确保消除河道黑臭。

关键词: 水质控制与提升; 生态修复; 截污; 黑臭水体; 污染源

中图分类号: TU99 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)22-0083-05

Application of Water Quality Control and Improvement Measures in the Comprehensive Regulation of Black and Odorous Water Body in Mayuan River

HUANG Wei¹, WANG Li¹, WANG A-hua¹, MEI Cai-hua²

(1. Nanjing Municipal Design and Research Institute Co. Ltd., Nanjing 210008, China;
2. College of Civil and Architecture Engineering, Chuzhou University, Chuzhou 239000, China)

Abstract: The comprehensive improvement projects of black and odorous water body including water safety project, water environment project and ecological landscape project, were carried out in Mayuan River, Longxi River and Mazongsha River in Jiangmen high-tech zone. Among them, the total length of Mayuan River is 7.45 km and the basin area is 14.0 km². Through analyzing pollution sources in the basin, seeking out the urgent problems, and combining with water quality requirements, watershed drainage system as well as the channel status, the water quality control and improve measures such as the total estuary sewage interception project (combined system sewage interception project, tributary sewage interception project), ecological dredging project, sediment treatment and disposal project, ecological restoration project, water diversion and replenishment project were put forward to ensure the objectives of eliminating black and odor of the river.

Key words: water quality control and improvement; ecological restoration; general sewage interception; black and odorous water body; pollution resource

1 工程概况

江门高新区黑臭水体综合治理工程投资约 6.7 亿元, 包括麻园河、龙溪河、马鬃沙河的综合整治, 含水安全工程、水环境工程、生态景观工程、水智慧工程等。该工程在满足防洪排涝标准及水质考核目标的前提下, 充分结合河道现状、周边居民亲水性及景

观性要求, 以“水安全、水环境、水景观、水生态、水智慧”五位一体的理念来打造“水岸故里, 活力江门”的侨乡故居及滨水绿客厅, 以期创建海外华侨寄语乡愁的江门城市新名片。该工程水质考核目标近期为消除黑臭, 远期需达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) V 类水标准。

麻园河从江门河濠头三元水闸分出,向东南流经濠头、固步水闸、麻园等地,于江海区污水处理厂注入龙溪湖,流域面积为 14.0 km^2 ,干流河长为 7.45 km ,宽为 $16\sim 30\text{ m}$,水深约 2.0 m 。麻园河地处感潮河网区,存在河道交叉污染的问题。麻园河流域范围内城镇污水收集处理系统不完善,水体污染严重;种植业面源及养殖业面源污染未控制;生活垃圾未有效收集与处理;底泥内源污染严重,影响水质;水体流动性差,自净能力差,劣V类水质,部分时段出现轻度、重度黑臭,水体生态基底完全被破坏,基本丧失了自净能力,考虑周边居民生活及水质考核要求,亟需开展综合整治工作。

2 河道水质现状及入河污染源分析

2.1 水质现状

① 黑臭水体

2015年,根据《城市黑臭水体整治工作指南》的要求,对麻园河水质进行了检测。共设置7个检测点,其中轻度黑臭检测点为2个,重度黑臭为5个,60%以上的检测点被认定为“重度黑臭”,因此麻园河黑臭水体级别被判定为“重度黑臭”,主要体现在氨氮指标上。

② 地表水环境质量

根据2015年1月—2016年3月固步水闸检测数据可知,2015年全年以及2016年1月—3月水质均为劣V类;总磷、氨氮严重超标,最多时超标近20倍。

2.2 污染源分析

麻园河途经核心区,污染源复杂,主要包括点源污染(居民生活污水排口、工业企业排口、污水处理厂尾水)、面源污染(养殖业、种植业、垃圾、初期雨水)和内源污染(河道底泥)。

2.2.1 点源污染

① 居民生活污水

麻园河上游河道两侧紧靠居民区,排放口共60个,其中合流排放口31个(含支流),雨水排放口(部分存在混接现象)29个,由于配套污水收集管网不完善,河道沿线基本无截污,生活污水有直排现象。经计算,污染物排放量COD为 $1\,509.60\text{ t/a}$ 、氨氮为 137.24 t/a 。

② 工业废水

麻园河穿越江海区工业园,沿线部分工业废水直排入河。麻园河流域内共有工业企业10家,均为

非重点行业废水排放工业企业,废水排放量为 $18.8\times 10^4\text{ m}^3/\text{a}$ 。经计算,污染物COD和氨氮入河量分别为 11.32 、 1.23 t/a 。

③ 尾水排放

江海区污水处理厂设计规模为 $8.0\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准,尾水直接排入麻园河。2015年—2016年平均处理量为 $7.48\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 。现状出水COD平均值为 23.1 mg/L ,出水氨氮平均值为 1.6 mg/L 。经计算,污染物COD和氨氮入河量分别为 631.53 、 43.74 t/a 。

2.2.2 面源污染

① 养殖业

根据江门市环境保护局官网2016年公布的“江门市建成区黑臭河涌污染源信息”,主要养殖种类为生猪,共745头。通过《第一次全国污染源普查畜禽养殖业源产排污系数手册》《畜禽养殖业产污系数与排污系数—氨氮》可知,广东地区专业户、散户畜禽养殖猪育肥(74 kg)COD排放系数为 $294.39\text{ g}/(\text{头}\cdot\text{d})$,氨氮排放系数为 $9.90\text{ g}/(\text{头}\cdot\text{d})$,经计算,COD及氨氮污染物排放量分别为 19.74 、 0.66 t/a ;根据江海区农业部门资料,流域内鱼塘面积约 19.9 hm^2 ,养殖产量按照每亩每年产鱼 $1\,000\text{ kg}$ 估算,参考《第一次全国污染源普查水产养殖业污染源产排污系数手册》,经计算,COD及氨氮入河污染物量分别为 7.52 、 0.21 t/a ;养殖业面源污染COD及氨氮污染物入河量分别为 27.26 、 0.87 t/a 。

② 种植业

麻园河位于核心区内,流域内种植业较少。根据卫星地图上实测,流域内农田面积为 $162\,866\text{ m}^2$,合计约 16.3 hm^2 。经计算,种植业面源污染物入河的COD及氨氮分别为 0.2 、 0.04 t/a 。

2.2.3 内源污染

由于周边生活污水、工业废水等不断排入河道,污染物随水流进入水体,与河道中的泥沙发生物化反应而沉积到底泥中^[1],河道淤泥深度为 $0.6\sim 1.0\text{ m}$,经检测部分点位重金属超标。感潮河道的特性加剧了底泥污染对河道水质的影响,底泥释放速率参考相关研究^[2]进行确定,其中COD、氨氮释放速率分别为 1.5 、 $0.5\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$,麻园河流域内水域面积约 14.9 hm^2 ,污染源释放量COD为 81.58 t/a 、氨氮为 27.19 t/a 。

2.2.4 污染源分析

COD污染源从点源、面源、内源角度分析,点源占比约95.18%,故应重点治理。在点源污染中,生活污水占比为66.75%,内源占比为3.61%,尾水占比为27.93%,目前尾水出水COD已满足IV类水标准,近期从河道黑臭出发,无需提标,因此该工程的治理重点是生活污水及河道底泥。

氨氮污染源从点源、面源、内源角度分析,点源占比约86.64%,故应重点治理。在点源污染中,生活污水占比为65.26%,内源占比为12.93%,尾水占比为20.80%,目前尾水出水氨氮指标基本满足V类水标准,近期从河道黑臭出发,无需提标,远期尾水处理厂需保证尾水出水水质,建议对其提标改造,因此该工程的治理重点是生活污水及河道底泥。

综上所述,控源截污工程的重点是生活污水及河道底泥。

3 水质控制与提升措施

3.1 总体思路

根据河道现状及考核目标要求,提出水质控制与提升总体思路,具体如下:

① 以污染源系统控制为根本措施

对于麻园河综合整治,污染源的控制是根本措施,通过沿河截污、内源控制、面源控制工程的实施,最终达到控源截污的目的。

② 综合考虑近期和远期工程

对于麻园河水环境的综合治理,在控源截污的同时,近期通过原位净化工程对河道水质进行整体提升与保障;远期重建水生生态系统,对河流水质进行提升净化与生态修复,保持水体水质稳定。

③ 以强化管理为配套措施

在实施控源截污与水生态修复工程的同时,配套强化管理措施,可保证各项工程顺利实施,巩固与提高实施后效果。强化管理措施是麻园河水环境综合治理的重要内容。

3.2 工程设计

3.2.1 控源截污工程

① 沿河截污工程

该河道合流排口19个、合流支流12个,为减少旱季污水下河,采用截流式合流制进行改造,结合相关规划及《室外排水设计规范》(GB 50014—2006,2016年版)要求,截流倍数取2.0。针对合流管道、合流支流分别采用截流井、截流箱涵进行截流。河

道常水位为0.50 m,20年一遇洪水位为1.10 m,河道地面高程约2.0 m,管底或支流底大部分位于洪水位以下,为防止河水倒灌设置浮箱式拍门,为减少雨天雨污合流水对污水处理厂的影响而设置限流阀。

沿河截污管道敷设于水利工程新建堤顶路下,截流后接入现状污水管或拟建污水管道最终接入江海污水处理厂或文昌沙污水处理厂进行处理。

② 工业污染源、养殖业面源污染、种植业面源污染、垃圾面源污染

a. 针对工业污染源,已按《江门市区黑臭水体(工业污染源)专项整治工作方案》开展治理,工业污染源可减少50%。

b. 针对养殖业面源污染源,根据《江门市黑臭水体(农业污染源)专项整治工作方案》要求,在江海区内划分禁养区、限养区和适养区,2016年底前,依法关闭或搬迁流域范围内禁养区的畜禽养殖场和养殖专业户,完成流域范围内限养区、适养区畜禽养殖场污染治理设施的整改并达到环保要求,所有畜禽养殖场按环保要求建设污染物治理设施,污染物达标排放,并依法完善相关审批手续,否则实施关闭。麻园河流域位于禁养区内,按照专项整治工作方案,流域内的畜禽养殖业将全面清理,从源头杜绝污染排放,畜禽养殖污染物将得到全面控制。

c. 针对种植业面源污染,周边农田随建设开发逐步减少,对水质影响较小。

d. 针对垃圾面源污染,目前麻园河水面及沿岸垃圾已由公共环卫清扫保洁及垃圾清运承包商负责清捞与运输,需加强后期工作。

③ 内源控制工程

a. 底泥清淤

根据河道长度确定取样3个,取样深度约1.0 m。底泥评价标准参照《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)。麻园河底泥镉、镍、铜、锌、汞出现不同程度的超标。结合底泥性质及水利专业防洪排涝对断面的要求,综合确定清淤深度为0.6~1.0 m,采用抓斗挖泥船清淤方式,清淤量约 $4.83 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

b. 底泥处理处置

通过底泥检测数据分析,底泥中部分重金属含量超标,采用机械固结一体化工艺对重金属进行固化处理,以固化后底泥浸出液作为评价标准。采用集中处理厂对河道淤泥进行处理,将河道底泥含水

率由70%~75%降至40%~50%，最终用于建设场地的平整。

3.2.2 水质改善与提升工程

目前麻园河整体水质处于黑臭状态，通过麻园河控源截污工程的实施，能够显著降低入河污染负荷、削减底泥内源释放，但麻园河上游穿越老城区，沿河污染源排放复杂，短期内难以彻底消除点源污染，同时地表径流、大气降雨携带的氮、磷营养也不可避免地进入河道，造成持续的污染累积。

考虑以上因素的客观性，拟在近期采取原位生态修复技术提升麻园河水质，确保河道消除黑臭。

根据麻园河不同河段环境特征，选择太阳能曝气设备+原位微生物激活设备+漂浮湿地对麻园河水体进行原位净化处理，采用滨岸缓冲带减少径流污染。

① 太阳能曝气设备

根据一般工程经验，控源截污工程实施后，水体氨氮可降至5~9 mg/L以下，为确保稳定达到消除黑臭目标，以控制氨氮 ≤ 6 mg/L为设计目标，根据去除1 kg氨氮需要耗氧4.75 kgO₂计算，确定总需氧量为318.49 kg。根据太阳能曝气机增氧能力进行选型，单台增氧能力为0.60~0.78 kgO₂/h，以太阳能曝气机连续运行12 h计算，需配置32台太阳能曝气机。

② 原位微生物激活系统

为了强化氨氮、COD等污染物的分解、转化，在河道中适当增加微生物激活装置，强化水体中微生物量，促进污染物的降解。根据一般工程经验，在河道中每500 m配置1套原位微生物激活装置，共配置15套原位生态修复系统，通过向生态反应池添加生物修复剂，持续激活土著微生物，并释放至河道中原位降解水体氨氮、总氮和COD，提升总体水质。

③ 生态漂浮湿地

麻园河城区段沿岸存在多处雨水排口，初期径流污染对河道水质有一定的影响。针对城区段现状雨水口径流污染设置生态漂浮湿地，用于净化雨天排水口出水，非雨天则对河水进行原位净化。

根据雨水口分布情况布置漂浮湿地，其总面积为6000 m²。结合河道现状及过流断面要求，设计单个矩形湿地尺寸为8 m×2 m，圆形湿地半径为3 m。生态漂浮湿地在雨水口下游段沿水流方向布置，

雨水口集中段加密布置；沿岸设计为矩形湿地，间距20~30 m布置，净化水质同时软化硬质驳岸，河道中央设计为圆形湿地，间距为30~50 m布置；植物选择以本土植物为主，选择观赏性高的陆生草本和水生植物，营造水面景观，减少后期维护。

④ 滨岸缓冲带

设计长度约1.0 km，总面积约15400 m²，结合生态景观绿廊及用地情况，在二级步道至堤顶道路缓坡及堤顶路外侧6~10 m内配置多层次、物种丰富的乔-灌-草植物复合群落，形成滨岸缓冲带^[3]，提升河岸生态服务功能，减少径流污染。滨岸缓冲带见图1。

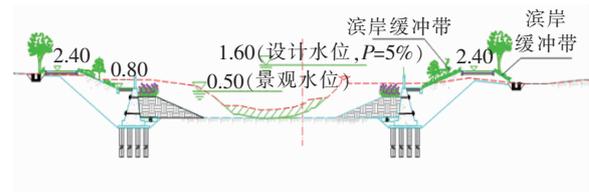


图1 滨岸缓冲带

Fig.1 Diagram of riparian buffer

3.2.3 引水工程

为保证达到水体的流动性及景观性的要求，引水标准按遭遇设计保证率90%频率、外江低潮潮型、围内涌容3天完成一次更新计算，在麻园河上游设置引水泵站，规模为9.36 m³/s。

4 实施效果预测

对该工程污染源进行了分析，并根据排污口、水环境质量现状、引水水质和水量及考核水质目标，依据《水域纳污能力计算规程》(GB/T 25173—2010)等相关规范和标准，采用一维模型进行河道水环境容量分析计算。其中对COD而言，现状排放量为2261.5 t/a，预测削减量为1600.3 t/a，预测排放量为661.2 t/a，近期水环境容量为707.26 t/a；对氨氮而言，现状排放量为210.3 t/a，预测削减量为162.6 t/a，预测排放量为47.7 t/a，近期水环境容量为95.85 t/a。该工程实施后的预测排放量<近期水环境容量，可实现麻园河水质明显改善，达到消除河道黑臭的目的。

参考文献：

[1] 董文艺,罗雅,刘彤宙,等. 河道污染底泥处理技术探讨——在龙岗河干流综合治理工程中应用[J]. 水利

(下转第90页)