

# 高旺河流域水环境治理

朱华刚, 张孟颖, 廖 涛, 宋翠萍

(江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225000)

**摘要:**研究在充分分析高旺河流域水环境与社会经济情况的基础上,提出了“引水活水、净水亲水”的综合治理方案。

**关键词:**流域水环境; 生物生态法; 综合治理

**中图分类号:** X52

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1007-7839(2020)11-0039-04

## Water environment management of Gaowang River Basin

ZHU Huagang, ZHANG Mengying, LIAO Tao, SONG Cuiping

(Jiangsu Provincial Water Conservancy Survey and Design Institute Co., Ltd., Yangzhou 225000, China)

**Abstract:** Based on the full analysis of the Gaowang River's water environment and social and economic conditions, a comprehensive treatment plan of "diversion of running water, water purifying and hydrophilic" was put forward.

**Key words:** basin water environment; bio-ecological method; comprehensive control

当前,我国一些地区水环境质量差、水生态受损重、环境隐患多等问题十分突出,影响和伤害群众健康,不利于经济社会持续发展。水环境保护事关人民群众切身利益,事关全面建成小康社会,事关中华民族伟大复兴中国梦。为切实加大水污染防治力度,保障国家水安全,2015年4月国务院《关于印发水污染防治行动计划的通知》(国发〔2015〕17号文件)要求,“到2020年,全国总体水环境质量得到阶段性改善,污染严重水体较大幅度减少,水环境质量稳中趋好”<sup>[1]</sup>。

目前,区域水环境综合治理是国内外环境治理领域研究和应用的热点,相关研究和应用尚处于摸索阶段,成果地域差异性很大。高旺河水环境治理项目为浦口区消除劣V类水体及入江支流达标整治工作重点推进的项目之一。高旺河流域兼有山丘和平原河网特征,项目区又属于城乡结合地带,污染类型、污染程度、污染成因具有一定的代表性;区域干、支流水质管理目标衔接不合理,在区域支流消除劣V类的前提下,干流并不能达到水质管理

目标(Ⅲ类)的要求,而干流水质管理目标衔接不合理而导致水功能区“达标难”,也是目前普遍存在的问题。因此,本论证方案旨在对类似项目的论证或实施提供借鉴。

## 1 研究区域概况

### 1.1 流域概况

高旺河为南京市浦口区境内的重要通江支流,流域面积68.5 km<sup>2</sup>,其中山丘区位42.1 km<sup>2</sup>,圩区26.4 km<sup>2</sup>;流域发源于长江北岸浦口区老山南麓的天井山和西华山,流域北部基本为山丘区,山丘区的4条主要支流于山圩分界处的高旺桥汇合后成为高旺河主河道,穿沿江圩区汇入长江,山圩分界点距入江口滚水坝5.6 km,见图1。

根据《江苏省水功能区划》,项目内涉及的水功能区包括:高旺河中支保留区(纪家洼至高旺老桥),水质管理目标为Ⅲ类;高旺干流开发利用区(高旺老桥至解放涵),水质管理目标为Ⅲ类。

收稿日期:2020-07-02

作者简介:朱华刚(1986—),男,博士,工程师,主要从事水环境治理与水利规划研究工作。E-mail:zhghhu0207@163.com

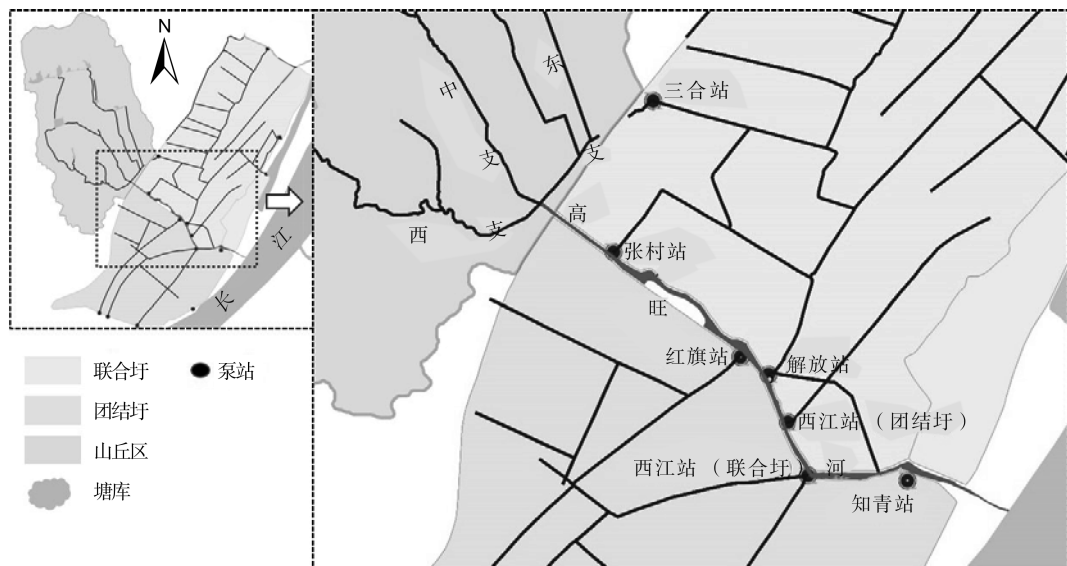


图1 高旺河流域概况

## 1.2 水环境现状及存在的问题

高旺河在区域防洪排涝、水资源开发利用与配置、水环境保护等方面占有重要地位。由于多年来缺乏合理保护和整治,高旺河及周边水系存在明显的水环境问题,主要包括:①支流非汛期生态基流明显不足,水体流动性差,水质严重恶化;②干流两侧圩区河网水质常年处于劣Ⅴ类水平;③滨水空间环境品质不佳,沿岸缺乏基本的亲水平台建设。

## 2 治理方案

### 2.1 治理思路

本次方案论证在充分调研和分析现状与规划年研究区域水环境与社会经济情况的基础上,坚持问题导向,以水质改善为核心,以控源截污污染减排为前提,以水质净化提质增容为基础,以清水补给动力改善为补充,以生态修复系统重建为辅助,统筹考虑全面布局,分期实施逐步提升,实现活水循环与水资源的高效利用与调配,助推河流自净能力恢复。

### 2.2 方案概况

总体方案主要工程措施包括:控源截污、引水补水、水位控制、净水活水、生态修复等。工程措施框架图如图2所示。

控源截污工程主要包括河道清淤疏浚、支流沿河生活污水的截污纳管等。在控源截污的基础上,计划在纪家洼西北空地处新建生态砾石床,并将解放涵泵站南边的水塘改造成人工湿地(西江湿地),利用湿地和生态砾石床两级净化高旺干流、支流(包括部分补水至东支观桥河的中水)的水质,净化

后的清洁水反补河道。主要生态补水点为中支纪家洼和高旺老桥。纪家洼生态补水主要来自生态砾石床的出水,高旺老桥的补水由一体化泵站从西江湿地抽取。

流水不腐,户枢不蠹,高旺河及周边水系水环境恶化与其间各支流水系连通程度不足、只外排不循环有极大关系。水系联通性不足导致水体流动性差,水体静止不动对蓝绿藻生长有利,进一步导致水体水质恶化,这种情况在非汛期尤为明显,需要进一步提升高旺河及周边水系的水力连通性。因此,本方案在控源截污、水质提升、生态修复等措施的基础上,结合区域内现状水利工程建设情况及水系特点,通过管网、提泵站及水位控制工程穿针引线,沟通水系,形成互联互通的巨大网络,形成“水润高旺”的壮美图景。

利用高旺老桥及解放涵翻板坝,提升干流上游段及中游段水位(高旺老桥节点最高水位控制在8.5 m,解放涵节点最高水位控制到7.5 m),形成逐级跌水,促进水体流动,并且抬高水位有利于非汛期干流水体自流进入团结圩内。工程建成后的主要活水循环路线有2条,其一为高旺老桥和观桥河水经一体化泵站抽送至生态砾床,水体净化后进入中支纪家洼,然后汇入干流;其二为,高旺干流水体自流进入人工湿地,水体净化后通过提水泵站输送至高旺老桥,最终形成净水、活水循环。

另外,考虑到生态砾石床和人工湿地的建设周期长、工程投入大,而项目区又急需进行生态补水,建议先期引调长江水对高旺干流进行生态补水,补水点为高旺老桥和西江泵站。西江泵站补水为一

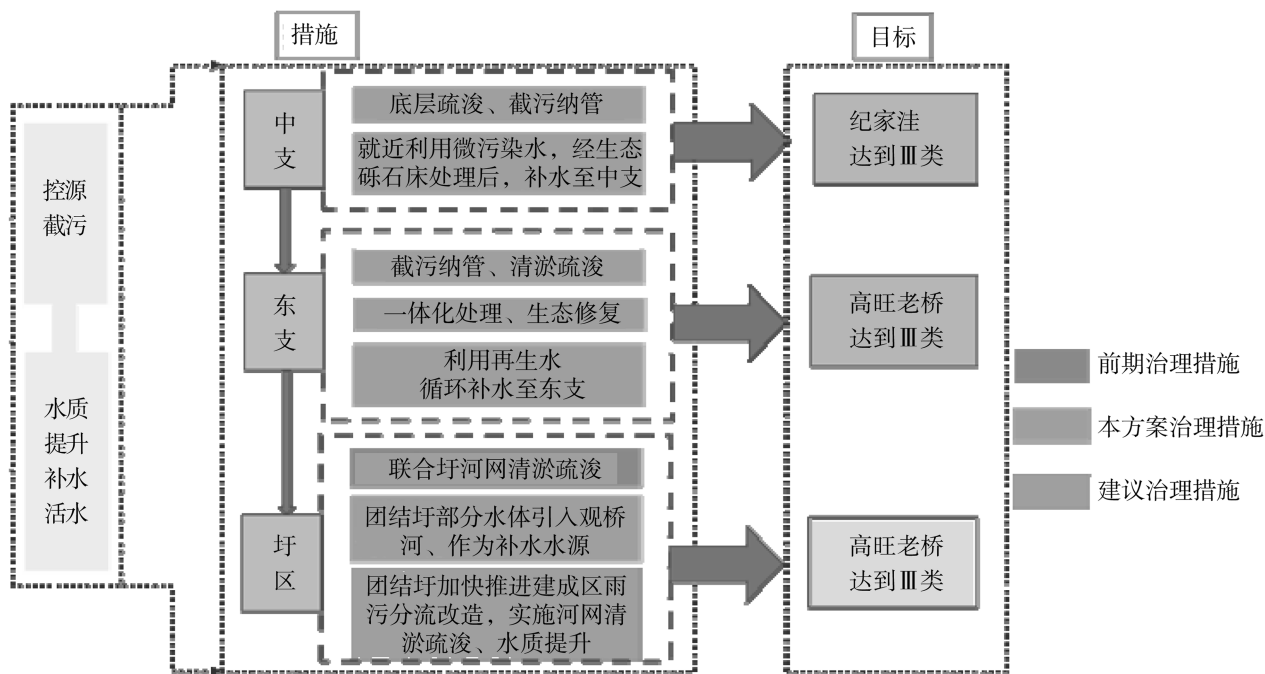


图 2 高旺河水环境提升体方案工程措施

级补水,引水规模根据河道为 5 万 t/d,富余水量调入西江湿地作为高旺老桥补水水源;高旺老桥补水为二级补水,设计引水规模 5 万 t/d。待生态砾石床和湿地工程实施生效后,二级补水泵站和输水管道仍继续使用,作为活水系统的有机组成,水源为水质净化后的河水(含部分中水补水),长江引水措施作为应急备用措施。

### 2.3 水质提升工程

高旺河干流水质管理目标要求较高,项目区内现状支流及圩区河网水质恶化严重,即使经消劣整治后,支流退水仍无法稳定满足高旺河干流的水质管理目标。另一方面,根据浦口区再生水规划,项目区内可以利用中水进行补水,但水质不能完全满足高旺河干流水质管理目标要求。因此,项目内河水在很长一段内时间仍属于微污染水体,需要进一步提升水质。

根据微污染水体水质再提升需求,筛选了目前较为常用的微污染水体处理技术,详见表 1<sup>[4-8]</sup>。综合对比各种技术的优缺点,考虑水质要求及土地使用要求,初步推荐采用占地面积较小的生态砾石床技术。另外,原位投加多孔矿物介质可作为河道早期生态重建的先导技术,为微生物繁殖提供空间。

生态砾石床净化工艺开发于 20 世纪 70 年代,由于对污水尤其是低污染水的处理效果显著,自 80 年代起该技术在东亚的日本、韩国和中国台湾等国家和地区得到了大量的工程应用,并获得了令人满

意的水质净化效果和环境效益<sup>[2-3]</sup>。我国台湾地区的一些工程实例显示,设计、施工和运行得当的生态砾石床净化对于主要污染物的削减成效显著,如其中  $\text{BOD}_5$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$  的平均去除率分别可达 70% 和 90% 以上。

生态砾石床净化工艺的构造核心为生态砾床净化槽,其净化机理由物理、化学和生化等多重作用组成。生态砾石床净化槽内填充有形状圆滑及粒径均匀的砾石,由于砾石间存在许多大小不同的孔隙,孔隙率一般保持在 40% 左右,形成连续的水流通道,当污水流经这些孔隙时,水流受砾石阻挡而致流速减缓,水中的悬浮物质与砾石接触并在很短的孔隙距离内沉降;同时,砾石粗糙的表面亦作为生物膜附着生长的载体,表面黏性的生物膜一方面负责吸附悬浮物质,另一方面水中溶解性的有机物在流经这些生物膜时,被其中包含的大量微生物摄取和利用,从而使水质获得净化。而经由沉降、吸附及生物氧化实现固液分离的污泥,则被阻留于砾石中进行生物分解,通常系统设计赋予污泥较长的自降解时间。

生态砾石床的规模分析主要依据水质净化需求确定。初步估计活水循环内的槽蓄水量约 30 万  $\text{m}^3$ ,以 V 类水为假设初始水体水质,生态砾石床污染去除率按 50% 考虑,循环处理 1 次后,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  质量浓度为 7.5 mg/L,  $\text{NH}_3\text{-N}$  质量浓度为 1.0 mg/L,考虑其他生态修复措施的处理效果,保守估计循环

表 1 微污染水处理技术比选

处理技术	生态砾石床	人工湿地	食物链反应器 FCR	生物操纵	净魔方多孔矿物介质
表面负荷/ 投加量	5 ~ 12 m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> d)	表流 < 0.1 m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> d) 潜流 0.3 ~ 0.8 m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> d)		食藻虫, 条件适宜, 可快速繁殖	150 ~ 250 g/m <sup>3</sup>
处理位置	异位	原位或异位	异位	原位	原位
COD 去除率	75 ~ 85%	一般	较好		劣 V 类至 II 类; 去除率
氨氮去除率	90%	一般	较好	劣 V 处理至 III ~ IV 类	90% 以上, 消除 20 ~ 40 cm 的底泥
总磷去除率	一般 40% ~ 50% 可内置化学除磷	一般	较好		
处理稳定性	出水基本稳定	受季节变化影响, 波动较大	基本稳定	受季节变化影响, 波动 较大; 生态链破坏时, 存在二次污染可能	外源得到控制的情况下, 理论上水体能形成生态自 循环; 受温度等因素影响
处理可控性	高	一般	较好	一般	一般
适用范围				流速相对较小的水体	流速相对较小的水体
安全性	高	高	高	一般	一般
工程造价	较低	低	一般	极低	极低
运行费	约 0.3 元/m <sup>3</sup>	低	一般	低	视具体水质和目标而定, 一次投加成本 0.4 ~ 1.5 元/m <sup>3</sup> ; 后期水质反复, 仍需投加
占地面积	低	高	一般	无	无

1.5 次, 水质基本可以满足要求 (相当于处理 45 万 m<sup>3</sup>), 控制一次净化的时间在 15 ~ 20 d, 所需规模为 2.25 ~ 3 万 m<sup>3</sup>/d。综合考虑生态流量和水质净化的需求, 建议处理规模为 2.5 万 m<sup>3</sup>/d。

工程稳定运行后, 在净化能力有富余的情况下, 可处理团结圩内的微污染水, 促进水体流动, 全面净化干流及周边水系水质, 改善水环境, 为水生态恢复奠定基础。

本方案推荐的生态砾石床除了技术上的优势, 通过合理布局优化, 有以下几个优点: ①解决非汛期支补水水源问题; ②解决非汛期观桥河污水出路问题, 削减入高旺河污染量; ③利用团结圩内污水, 减轻圩内排污压力; ④避免洪水影响; ⑤占地少, 主体建筑上方可做景观绿化。

另外, 高旺河干流及支流布置了植物修复和人工喷泉曝气措施, 其中植物措施主要为浮叶植物和沉水植物, 主要布置在水流相对平缓、水面较为宽

阔的下游入江口段, 以增强水体的净化能力及景观效果。

### 3 结 语

本方案从研究区域内的水污染现状、防洪排涝、水资源合理配置与高效利用、水质达标与保持、生态修复等方面出发, 进行了综合论证。主要工程措施包括控源截污、引水补水、水位控制、净水活水、生态修复等。核心理念为对水网内的微污染水体 (包括污水处理厂的再生水) 进行处理再利用, 是人水和谐自然观、绿色发展观、整体系统观等的具体体现。本方案所推荐采用的技术基本为能耗较低的生态技术, 核心工艺生态砾石床主要依靠微生物净化水质, 属生态生物处理范畴。另外, 本方案推荐的技术基本成熟可靠, 建设成本较低, 应用案例丰富, 具有一定的可行性。

(下转第 47 页)

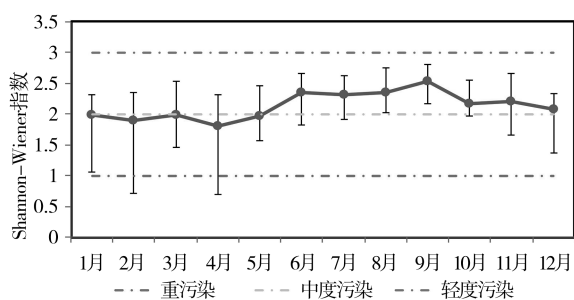


图 7 石臼湖浮游动物多样性时间变化

种类 63 种,原生动物 20 种,轮虫 25 种,枝角类 8 种,桡足类 10 种。石臼湖浮游动物在生物密度和种类上以轮虫和原生动物占优势,大型甲壳动物(枝角类和桡足类)虽然数量较少,但是在生物量方面却贡献较大,这也其他湖泊的浮游动物群落结构特征研究结论相似<sup>[6-7]</sup>。

### 3.2 石臼湖浮游动物水质生物学评价

石臼湖浮游动物优势种中出现了球形砂壳虫、螺形龟甲轮虫、角突臂尾轮虫、萼花臂尾轮虫、微型裸腹蚤等耐污种<sup>[8]</sup>,说明石臼湖水体受到了一定程度的污染。

石臼湖浮游动物 Shannon - Wiener 多样性指数为年均值 1.95,表明石臼湖属于中度污染水体。这与石臼湖浮游动物优势种的中污带指示种螺形龟甲轮虫、萼花臂尾轮虫等出现相吻合。

### 3.3 石臼湖水体污染治理与保护对策

依据石臼湖浮游动物 Shannon - Wiener 多样性指数,石臼湖整体处于中污染状态,南部水体尤其(sjh-7)蛇山段水体区域,多样性指数最低等问题提出以下治理与保护对策:

(1) 将石臼湖治理纳入流域范畴进行污染防治,减少长江流域农业、工业等对湖水的污染;(2) 科学开发湖泊资源,逐步实施退围还湖;(3) 实施湖泊网格化动态管理;(4) 推进石臼湖南部水环境综合整治。加快推进蛇山段渔民住户的搬迁,在石臼湖南部建立生态湿地,通过湿地来净化水质,提升水环境。

### 参考文献:

- [1] 王荣娟,张金池. 石臼湖湿地水环境质量评价及富营养化状况研究[J]. 湿地科学与管理, 2011, 7(2):26-28.
- [2] 国超旋,王冬梅,胡晓东,等. 石臼湖江苏段浮游植物群落结构特征及与环境因子的关系[J]. 水生态学杂志, 2016, 37(4):23-29.
- [3] DB32/T 3202—2017 湖泊水生态监测规范[S].
- [4] 郭刘超,韩庚宝,邓俊辰,等. 长荡湖浮游动物群落结构特征特征及影响因子分析[J]. 江苏水利, 2019, (2):1-5, 10.
- [5] 郭刘超,吴苏舒,樊旭,等. 高邮湖各生态功能区后生浮游动物群落特征及水质评价[J]. 水生态学杂志, 2019, 40(6):30-36.
- [6] 吴利,冯伟松,张堂林,等. 湖北省西凉湖浮游动物群落结构周年动态变化及其及其与环境因子的关系[J]. 湖泊科学, 2011, 23(4):619-625.
- [7] 高原,王超,刘乾甫,等. 珠三角河网不同水文期浮游动物优势种及生态位[J]. 水生态学杂志, 2019, 40(6):37-44.
- [8] 李瑞娇,齐喜荣,王益昌,等. 黄河陕西段浮游动物群落结构时空动态及与环境因子的关系[J]. 水生态学杂志, 2019, 40(6):54-60.

(上接第 42 页)

### 参考文献:

- [1] 国务院. 水污染防治行动计划[EB/OL]. (2015-04-16) [http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-04/16/content\\_9613.html](http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-04/16/content_9613.html).
- [2] 朱宝玉,刘洋,林武. 生态砾石床在低污染水体治理中的应用研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(11):6746, 6750.
- [3] 龚春生,毛献忠. 深圳荔枝湖工艺处理单元水污染治理效果研究[J]. 水力发电学报, 2012(1):204-209.
- [4] 张虎成,田卫,俞穆清,等. 人工湿地生态系统污水净化研究进展[J]. 环境工程学报, 2004, 5(2):11-15.
- [5] 李晓东,孙铁珩,李海波,等. 人工湿地除磷研究进展[J]. 生态学报, 2007(3):416-422.
- [6] 曹笑笑,吕宪国,张仲胜,等. 人工湿地设计研究进展[J]. 湿地科学, 2013, 11(1):121-128.
- [7] 张显忠. FCR 工艺用于城镇污水处理厂提标改造工程[J]. 中国给水排水, 2016(4):35-39.
- [8] 夏哲韬,史惠祥,李遥. 食藻虫引导的沉水植被修复景观水体的应用研究[J]. 中国给水排水, 2011, 27(17):26-30.