

文章编号: 2095—0411 (2013) 03 - 0005 - 04

重污染村镇河道水环境生态修复治理技术与示范^{*}

占明飞¹, 李仁霞¹, 郑泽鑫¹, 张文艺¹, 陶勤锋²

(1. 常州大学 环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164; 2. 常州水中天生态园林工程有限公司, 江苏 常州 231006)

摘要: 针对重污染村镇河道——常州武进南宅河现状, 采用底质改性、微纳米气泡复氧系统、微气泡复氧造流器系统、高效净水膜、浮岛式湿地与底栖动物控养等组合式生态修复工艺技术进行治理。工程运行结果表明, 原河道的水质得到明显的改善, 河水水质由治理前有劣 V 类达到了治理后 IV~V 类 (《地表水环境质量标准 (GB3838—2002)》), 氮磷流失得到有效控制, 为苏南地区乃至我国南方黑臭河道的治理提供了一种借鉴, 工程示范与推广意义重大。

关键词: 重污染河道; 水环境; 氮磷流失; 生态整治

中图分类号: X 131. 2

文献标识码: A

doi: 10. 3969/j. issn. 2095—0411. 2013. 03. 002

Technology and Demonstration of Water Environment Ecological Restoration and Governance of Heavily Polluted River in Town

ZHAN Ming-fei¹, LI Ren-xia¹, ZHENG Ze-xin¹, ZHANG Wen-yi¹, TAO Qin-feng²

(1. School of Environmental and Safety Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China;
2. Shui Zhongtian Ecological Garden Engineering Co., Ltd., Changzhou 231006, China)

Abstract: Based on the present situation of Nanzhai River in Wujin which is the heavily polluted, we govern it with combined ecological repairment technologies which include substrated modification technology, micro-nano bubble reoxygenation system, micro-bubbles reoxygenation converter system, efficient water purification membrane technology, wetland of floating island type technology and the benthic animal control raising technology. Operation results show that the river water, Which was worse than Grade V, is obviously improved, and reaches Grade IV—V (Quality Standard of Environmental for Surface Water (GB 3838—2002)). Nitrogen and phosphorus losses are under effective control. It provides a reference for river treatment of the Sunan region as well as black and stink rivers in southern China, the significance of engineering demonstration and promotion is outstanding.

Key words: heavily polluted river; water environment; nitrogen and phosphorus loss; ecological rehabilitation

现代社会人口流动性大, 外来务工人员激增, 城市附近村镇因租住便宜已成为外来务工人员首选居住地, 而这些村镇大多沿河而建, 居民沿河而

居, 居民的生活污水、餐饮废水、生产污水、部分企业的工业污水及农业面源污水未经任何处理直接就近排入村镇河道, 致使大量氮磷排入水体, 势必

^{*} 收稿日期: 2013 - 02 - 25

基金项目: 江苏省自然科学基金项目 (BE2012640); “十一五” 国家科技重大专项 (2008ZX07101 - 007 - 01)

作者简介: 占明飞 (1987—), 男, 安徽池州人, 硕士生; 通讯联系人: 张文艺。

引起水生生物和某些藻类的过度生长和繁殖,从而造成水体中溶解氧含量下降,进而引发水生动物和水生植物的大量死亡,而腐败的生物体又会加剧河道的水体污染。同时河道底泥污染物积累严重,底泥中的氮、磷季节性释放,再加上河道水体流动性较差,因此容易产生水华,夏季部分河段甚至会出现黑臭现象^[1-12],造成了村镇河道的严重污染,水体环境急剧恶化,对其进行治理显得刻不容缓^[13-21]。

本工程依据治理河段的水环境现状与生态修复需要,分别组合利用底质改性技术、微纳米气泡复氧系统、微气泡复氧造流器系统、高效净水膜技术、浮岛式湿地技术达到净化底泥和水质的目的,同时建立起新的稳定的河道自然生态系统。该工程的实施既实现了消除村镇河道水体的黑臭现象,达到了控制氮磷流失与持续改善水质的目的,同时也对周边环境的改善起到了很大的作用,为整个苏南地区乃至我国南方黑臭河道的治理提供了一种借鉴模式。

1 工程概况

1.1 南宅村镇与南宅河概况

南宅村位于常州市武进区,有本地常住人口 1 100 人,外来务工人口 3 000 人,外来务工人员租住在村镇内,居民基本沿河而居,直接在河道中洗漱生活用品,生活污水沿河直排,水体性质也比较复杂,南宅河贯穿整个村镇,治理河段整体呈东西走向,水流方向自东向西,总长约 1.2 km,宽 12~30 m 不等,水深 1.0~5.0 m 不等。岸里浜为治理段一支流,该河浜西起西沿村东侧公路,自西向东南方向于 232 省道公路桥处汇入南宅河。

1.2 沿河治理段基本情况调查

本工程设计把该河段东起 232 省道公路桥,西至南宅桥西约 300 m 处的河段及岸里浜,作为村镇沿河段水环境生态综合整治工程的治理段,进行水环境生态综合整治工程的研究。治理段基本情况如下:

治理段长河岸为直立式混凝土挡墙驳岸,水深 1.0~2.0 m 不等,长约 1 300 m,宽 12~15 m 不等,水面面积约 30 000 m²,水流方向自西向东,流速缓慢,水体透明度 10 cm 左右。该治理段上游建有一污水处理站。

1.3 沿河治理段水生生态环境现状调查

(1) 河道水质分析:治理段的水质 ρ (DO) ≤ 3.0 mg/L、 ρ (COD)_{Cr} ≥ 100 mg/L、 ρ (氨氮) ≥ 10 mg/L、透明度 ≤ 10 cm,各指标均超过地表水 V 类标准,为劣 V 类地表水,是典型的富营养化水体。

(2) 河道底泥底质分析:治理段的底质结构为部分泥质、部分塘渣、由浮泥层、污泥层和淤泥质土 3 层组成,底泥总厚度约 40~70 cm 不等。

(3) 河道生物相分析:治理段内,浮游植物均以蓝藻为优势种,浮游动物以原生动物为主,优势种为旋回侠盗虫,水生高等植物以少量菰、茅、茼蒿等为主,大部分低等植物如水花生等为主。

1.4 设计治理目标

在保证水利要求的基础上,通过一系列现代环保工程技术、生物工程技术、物理工程技术的综合应用,持续改善水质,进行水环境生态综合整治。

通过治理后达到以下目标:

(1) 整个治理段河水常年无黑臭,无大面积水华发生,无藻类等漂浮物聚集,水体颜色正常。沿河而下水质越来越好,水体透明度大于 30 cm, ρ (DO) ≥ 5.0 mg/L,在污水站正常运行的情况下,经河道深化处理后,使 COD_{Cr} 等指标均低于地表水 V 类标准。

(2) 有效削减村镇河道 N、P 等污染物的排放量,成功控制该河的水体富营养化状况,为太湖水环境治理做出积极的贡献。

(3) 建立起较为复杂的底栖动物,鱼类种群以及水生植物的水生生物食物链,增强生态系统的平衡维护能力,同时创造出一副既生动又灵动的独具江南水乡特色的生态景观,发挥河道治理生态景观的教育、科普、宣传与示范功能。

2 工艺流程与工程设计

依据治理河段水环境现状与生态修复需要,污染河段采取以下组合生态修复手段:

以污染河段上游的污水处理站出水(尾水)为重点,兼顾水体生态景观的建设,治理段的工艺流程如图 1 所示。

污染河段的原水,特别是污水站的尾水中含有大量的浮游藻类,恶臭等污染物,通过微纳米气泡复氧可以很好的去除该类物质,同时改善水域环

境。以尾水入河口下 20m 处与处理段中部为设备首要布置点布置 2 台功率为 0.75kW/台的微纳米气泡复氧设备, 除藻、除臭后与通过高效净水膜的部分来自点面源污染的水共同进入生物栅, 通过净水膜, 生物栅可截留污水中的悬浮物及颗粒, 去除无机物及部分有机物, 该段设置高效净水膜 1 200m², 主要分布在深化处理段河道中部, 一般控制在离复氧设备 515m 处最佳, 设置生物栅 700m³, 以各点源污染、雨水入河口为重点布置点位。同时实施河道底质改性, 为水生动植物创造一个好的栖息环境, 按 0.3kg/m² 的质量浓度, 在南宅河污染河段均匀投放生物制剂的底质改良剂 9 000kg, 之后为了能给好氧菌一个有利的生存环境, 从而让其能在短期内大量繁殖, 以降解水体中的有机污染物, 工程还进行了微气泡复氧造流, 在深化处理段内, 以雨水管口处、污水溢流口处、地表径流入河处为设备首要布置点布置 4 台功率为 2.2kW/台的微气泡复氧造流器造氧。之后再在水面设置浮体, 将湿地填料合理布置在浮体之上, 形成填料浮体, 浮体上再种植湿地植物, 成为浮岛式湿地, 该段共设置浮岛式湿地 1 000m², 湿地植物配以鸢尾、菖蒲、水葱、兰花三七、美人蕉等。布置净化浮岛 700m², 植物选配以圆币草为主, 暖季时节可部分替换种植雍菜, 吸收水体中的 N、P 等, 最后在深化处理段要实施底栖动物控养, 按 0.3kg/m² 的密度, 在治理段投放螺、蚬等大型无脊椎底栖动物 9 000kg。

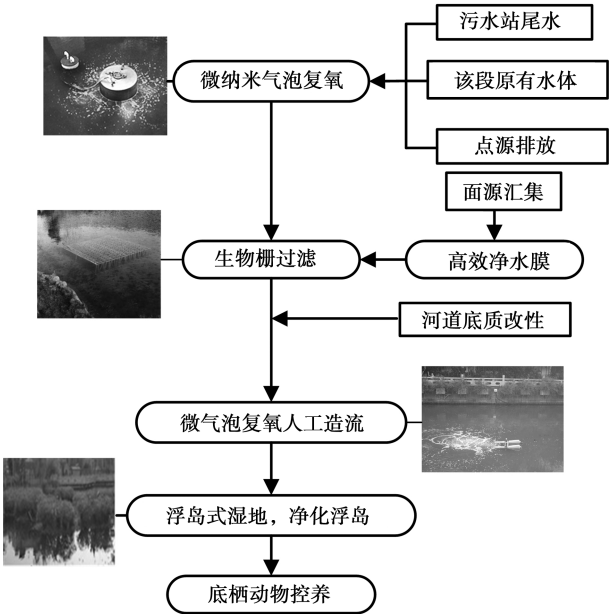


图 1 工艺流程图
Fig. 1 Process flow diagram

3 运行效果及动力学分析

3.1 运行效果

本工程于 2010 年 6 月建成运行, 工程建成后的水质监测结果见表 1。

表 1 水质监测结果						
Table 1 Results of water quality monitoring						
监测时间	$\rho/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$				pH	透明度 /cm
	COD _{Cr}	氨氮	总磷	总氮		
2011-09	31.6	0.655	0.607	5.58	7.42	2 030

由水质监测结果可以看出, 村镇沿河段水质较工程建成前有很大的改善, COD_{Cr}、氨氮等指标均达到了地表水Ⅳ~Ⅴ类排放标准的目标, 氮磷流失得到了有效的控制, 基本消除了黑臭现象。

3.2 技术经济分析

本工程施工期 60 天。
村镇沿河段整个治理区域年运行费用如下。

- (1) 电费 (E_1)
- 微气泡复氧造流器 4 台, 每台用电负荷 2.2kW, 微纳米气泡复氧器 2 台, 每台用电负荷 2.2kW (每天实际运行时间按 8h 计), 电价按 0.6 元/度计, 一年的电费为:
- $$E_1=4 \times 2.2 \times 8 \times 365 \times 0.6 + 2 \times 2.2 \times 8 \times 365 \times 0.6 = 2.3 \text{ 万元}$$
- (2) 人工运行管理费 (E_2)
- 由业主聘用 2 名当地村民进行日常运行管理, 一年支付 1.5 万元人工费。
- (3) 设备维护费 (E_3)
- 由业主每年一次性拨付相关设备检修单位维护费 1.0 万元。
- 年总运行费用为:
- $$E=E_1+E_2+E_3=2.3+1.5+1=4.8 \text{ 万元}$$

4 结 论

- (1) 本工程选用生态处理法, 不仅不需要重建新的污水收集管网及污水处理构筑物, 利用原有的污水排放管道将污水排入就近的河道进行处理, 成本低廉, 同时环境修复效果也更加明显。
- (2) 针对治理河段溶解氧很低的状态, 利用曝气造氧技术对污染的黑臭水体进行曝气, 既去除了大量的浮游藻类, 将难降解的有机物氧化为易降解的有机物, 还为好氧微生物提供了好的栖息环境, 在增加了水体生化性的同时还不会给水体带来任何

负担。

(3) 本生态处理工程运行费用约为 4.8 万元/年, 整个河段出水常年无黑臭, 无大面积水华, COD_{Cr} 与氨氮等指标均达到地表水Ⅳ~Ⅴ类排放标准, 氮磷流失得到有效控制, 该工程也为整个苏南地区乃至我国南方黑臭河道的治理提供了一种借鉴模式。

参考文献:

- [1] Vymazal J. Constructed wetlands for wastewater treatment; five decades of experience [J]. *Environment Science Technology*, 2011, 45: 61 - 69.
- [2] 谢丹萍, 李开明, 江栋, 等. 底泥修复对城市污染河道水体污染修复的影响研究 [J]. *环境工程学报*, 2009 (8): 1447 - 1453.
- [3] Melián J A, Herrera, Martín-Rodríguez A J, et al. Hybrid constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in the Canary Islands [J]. *Ecological Engineering*, 2010, 36 (7): 891 - 899.
- [4] Song Xinshana, Li Qina, Yan Denghua. Nutrient removal by hybrid subsurface flow constructed wetlands for high concentration ammonia nitrogen wastewater [J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2010 (2): 1461 - 1468.
- [5] 吴树彪, 董仁杰, 翟旭, 等. 组合家庭人工湿地系统处理北方农村生活污水 [J]. *农业工程学报*, 2009, 25 (11): 282 - 287.
- [6] 朱文玲, 崔理华, 朱夕珍, 等. 混合基质垂直流人工湿地净化废水效果 [J]. *农业工程学报*, 2009, 25 (增刊 1): 44 - 48.
- [7] 蔡冬蓉, 徐炎华. 浮萍对富营养化水体中磷的去除规律 [J]. *农业工程学报*, 2011, 27 (增刊 2): 187 - 190.
- [8] 刘霞, 陈洪斌. 村镇及小区污水的生态处理技术 [J]. *中国给水排水*, 2003 (12): 32 - 35.
- [9] 余光伟, 雷恒毅, 刘广立, 等. 重污染感潮河道底泥释放特征及其控制技术研究 [J]. *环境科学学报*, 2007, 27 (9): 1476 - 1484.
- [10] Valipour A, Kalyan Raman V, Ghole V S. A new approach in wetland systems for domestic wastewater treatment using *Phragmites* sp [J]. *Ecological Engineering*, 2009, 35: 1797 - 1803.
- [11] Mander, Ulo Mauring, Tonu, et al. Constructed wetlands for wastewater treatment in Estonia [J]. *Water Science and Technology*, 1997, 35 (5): 323 - 330.
- [12] Sleytr K, Tietz A, Langergraber G, et al. Sessile a diversity of abundant bacteria in subsurface vertical flow constructed wetlands [J]. *Ecological Engineering*, 2009, 35: 1021 - 1025.
- [13] 张鑫, 付永胜, 范兴建, 黄帅. 农村生活污水排放规律及处理方法分析 [J]. *广东农业科学*, 2008 (8): 139 - 142.
- [14] 李旭东, 周琪, 黄翔峰, 等. 高效藻类塘系统处理太湖地区农村生活污水 [J]. *水处理技术*, 2006, 32 (6): 61 - 64.
- [15] 马忠玉, 蒋洪强. 我国水循环经济若干理论问题及其发展对策 [J]. *中国地质大学学报: 社会科学版*, 2006, 6 (3): 21 - 27.
- [16] 李海明. 农村生活污水分散式处理系统与实用技术研究 [J]. *环境科学与技术*, 2009, 32 (9): 177 - 181.
- [17] 何小莲, 李俊峰, 何新林. 稳定塘污水处理技术的研究进展 [J]. *水资源与水工程学报*, 2007, 18 (5): 75 - 77.
- [18] 曹军, 程卫锦. 生活污水净化沼气池技术 [J]. *农技服务*, 2007, 24 (5): 23 - 25.
- [19] 李慧, 王俊岭. 污水的土地处理特性分析 [J]. *北方环境*, 2004, 29 (5): 36 - 38.
- [20] 邢荣莲, 苏群, 王长海, 等. 菱形藻在污水中的生长及其净化能力 [J]. *海洋环境科学*, 2011, 30 (1): 72 - 75.
- [21] 余明勇. 四湖流域水生态环境保护与修复探讨 [J]. *中国水利*, 2011 (13): 18 - 20.