

# 苏南河网水体污染控制工程及其效果分析

陈众<sup>1</sup>, 田丰<sup>2</sup>, 邓国志<sup>1</sup>, 徐挺<sup>1</sup>

(1. 安徽大学 资源与环境工程学院, 安徽 合肥 230061; 2. 安徽省环境监测中心站, 安徽 合肥 230061)

**摘要:** 以武进港流域的跃进河、陈巷浜、西大河浜为例, 开展了河网水体污染控制技术研究。在河道中分别实施生态修复技术、缓流纳污河浜原位增氧—动态生态组合工艺处理农村生活污水技术(ODBP)工艺及 ET 生化与生态系统组合处理工艺, 对 3 个示范工程的运行效果进行了分析比较, 研究了适用于流域河网地区的污染控制技术。负荷削减效果分析表明, 3 种工艺技术对水中氮、磷等污染物质的去除效果均较好, 并具有良好的生态景观效果。通过进一步优化, 可形成适合于太湖流域河网地区的水环境质量改善和生态修复的关键技术。

**关键词:** 苏南河网; 污染控制; 削减; 效果分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)04-0077-04

中图分类号: X522

## Project of Pollution Control and Its Effect Analysis on River Network of South Jiangsu Province

CHEN Zhong<sup>1</sup>, TIAN Feng<sup>2</sup>, DENG Guo-zhi<sup>1</sup>, XU Ting<sup>1</sup>

(1. School of Resources and Environmental Engineering, Anhui University, Hefei, Anhui 230061, China; 2. Anhui Environmental Monitoring Central Station, Hefei, Anhui 230061, China)

**Abstract:** As the pollution control project carrying out in the drainage network of branches Yuejinhe, Chenxiangbang, and Xidahebang of Wujingang River, the pollution control technology was explored and researched by applying ecological restoration technics, ODBP for rural house-hold wastewater, combination ecological treatment(ET) of biochemical and ecological systems respectively in the three rivers. Comparing the treatment effects of three pilot projects, the pollution control techniques suitable for the area with drainage network were established. The effects demonstrated that the three techniques can effectively remove the nitrogen, phosphorus and other pollutants in the water with good ecological landscape. After further study and technical optimization, it can become a key technology applied in the improvement of the environment and ecological restoration in the similar area of Taihu Lake basin.

**Keywords:** river network of South Jiangsu Province; pollution control; curtailment; effects analysis

随着水污染的加剧, 高效低耗的水污染处理技术日益受到人们的重视, 水生植物以其特有的组织和生态功能及易于人工操纵等原因而在净化水体污染、防治富营养化方面发挥了重要的作用<sup>[1]</sup>。利用水生植物净化污水的工作国内外已有大量报道<sup>[2-4]</sup>, 但以往的研究主要集中于实验研究阶段, 对于各种水污染控制工艺技术实施效果的研究较少<sup>[5-8]</sup>。太湖流域的污染负荷主要来自入湖河流, 开展入湖河流环境综合治理对太湖流域水环境和湖体富营养化改善具有重要的意义。在分析太湖流域入湖河流环境现状的基础上, 通过水体污染控制工程的实施, 使河网水质

达到功能区要求, 削减入湖河流的污染物排放总量, 从而降低太湖污染负荷。本研究以武进港流域的跃进河、陈巷浜、西大河浜 3 条河流为对象, 对治理河段的水质现状及其区域状况进行了分析, 在河道中分别实施生态修复技术、缓流纳污河浜原位增氧—动态生态组合工艺处理农村生活污水技术(ODBP)工艺、ET 生化与生态系统组合处理工艺, 将低污染水转化为可重新利用的水资源, 实现低污染水再利用和资源化<sup>[8]</sup>。研究出适合于河网地区的污染控制关键技术, 为流域环境管理及水质改善提供了保证。研究成果对太湖入湖河流的生态治理具有示范作用。

收稿日期: 2012-11-06

修回日期: 2013-01-16

资助项目: 安徽大学优秀青年科学研究基金“基于 WebGIS 的安徽省生物多样性信息系统的构建方法研究”(2009QN016B)

作者简介: 陈众(1974—), 男(汉族), 安徽省合肥市人, 讲师, 主要从事环境信息系统及环境系统分析方面的研究。E-mail: chenzhong@ahu.edu.cn。

## 1 研究区概况

研究区域位于江苏省常州市武进区,区域内河网成网,河流纵横密布、相互串通、流速缓慢、流向不定,属于江南典型的自流水网。水网中主要有武进港、漕桥河、雅浦港等 19 条河流,此外还有许多小河流。本文选择跃进河、陈巷浜、西大河浜 3 条河流的污染控制工程进行研究。3 条河水深均在 1.5~4.5 m,流速均较缓慢,均有往复流现象,河道岸边均有居民区和农田,下垫面均为淤泥,污染源均以农村生活污水和农业面源为主,均汇入武进港后流入太湖,即 3 条河水动力、水质条件相似。

跃进河位于武进区洛阳镇,本研究把位于东序村的河道作为治理段。治理段西起跃进桥(戴洛公路桥)西约 400 m 处,东至跃进桥(戴洛公路桥)东约 280 m 处的跃进东桥,全长约 680 m,宽约 12~16 m,面积约 9 500 m<sup>2</sup>。治理段呈东西走向,水流方向从西向东,水深 1.5~2.5 m,透明度约为 25 cm,水体流速较为缓慢。水体季节性的在浊水藻型水体与重度富营养化型水体之间变换,有水花生、浮萍为主的低等水生植物,存在以小杂鱼为主的低等鱼类。

陈巷浜位于武进区漕桥镇,河浜总长度 1 240 m,水面面积约 14 480 m<sup>2</sup>,河浜两岸面积分别为 3 774 m<sup>2</sup>。服务面积 65.5 hm<sup>2</sup>,服务人口约 1 762 人,生活污水排放量 458 m<sup>3</sup>/d,总排水量 830 m<sup>3</sup>/d(包括农业面源污水、地下水渗漏及企业达标排放尾水等),污水经处理后排入漕桥河。陈巷浜治理河段的长度为 560 m,宽度为 12 m,枯水期水深 2.8 m,多年平均水位约 4.2 m,为苏南河网地区典型的缓流纳污河浜,水质恶臭,藻类泛生,并已失去通航功能。

西大河浜水环境治理区域为西大河与西拉桥村,服务面积 54.9 hm<sup>2</sup>,服务人口 252 人,生活污水排放量 65 m<sup>3</sup>/d,总排水量 525 m<sup>3</sup>/d,污水经处理后排入漕桥河。作为漕桥河水环境综合整治规划中的主要河浜之一,目前河浜周边环境在当地政府的努力下以及乡镇对直接排放的污水进行达标排放治理的基础上,河浜的水环境已经有所改善。

## 2 水环境现状

通过对跃进河治理段河道污染的实地调查、分析,治理段河道水质为地表水Ⅳ—Ⅴ类标准之间,水体有一定的自净能力;两岸居民区生活污水、农业生产污水等对水体污染比较严重,而且底泥中的氮、磷存在季节性释放问题,容易产生富营养化问题。污染源以生活污水和农业面源为主。

陈巷浜长期以来,农村农户生活污水、旱厕粪便污水、农业及乡镇工业企业达标尾水等,因无净化排放伤害了农村环境,污染了水体。由废水水质表可以看出,废水主要污染指标为 COD、氨氮、总磷与 SS(悬浮固体)。污染源以生活污水和农业面源为主,另有部分工业废水。

西大河浜由于目前河浜附近没有污水处理厂,未经处理的生活污水以及附近农田通过直排流入临近河道造成了西大河浜水系的污染,生态系统同时也遭到了破坏,水环境逐渐恶化,水环境治理迫在眉睫。邻村的两岸居民生活区和农业种植区通过地表汇集进入了河体,使西大河浜上游水质呈恶化趋势。污染源以生活污水和农业面源为主。

## 3 污染控制工程设计方案

2009—2010 年对跃进河、陈巷浜、西大河浜实施了污染控制工程,在河道中分别实施生态修复技术、缓流纳污河浜原位增氧—动态生态组合工艺处理农村生活污水技术(ODBP)工艺、ET 生化与生态系统组合处理工艺。

### 3.1 跃进河生态修复工程

在工程区域内设计使用微生物产品原位改性底质(控制内源污染)、布置生物栅、布置高效净水生物膜(人工水草)、种植挺水、浮水植物等水体生物景观修复工程内容。

按 0.2 kg/m<sup>2</sup> 的平均浓度,在跃进河投放底质改良剂 1 900 kg,投放均匀泼洒。跃进河治理段各面源污染点(治理段两侧雨污混排口、雨水排放口)附近放置处设置生物栅 1 227 m<sup>3</sup>,生物栅以捶挂于净化浮岛下形式设置。跃进河治理段各面源污染点(治理段两侧雨污混排口、雨水排放口)下游 20 m 河道中心区域设置高效净水膜(人工水草)1 000 m<sup>2</sup>,采用下沉式安装。在跃进河,布置浮岛式人工湿地 355 m<sup>2</sup>,表面流人工湿地 161 m<sup>2</sup>,植物配以芦苇、西伯利亚鸢尾、水培冬青、香蒲、菖蒲、黄菖蒲、千屈菜等。在跃进河布置湿地挺水植物 516 m<sup>2</sup>,湿地挺水植物选用芦苇、西伯利亚鸢尾、水培冬青、菖蒲、黄菖蒲、美人蕉、千屈菜、再力花等。在跃进河布置净化浮岛 1 227 m<sup>2</sup>,植物选配以园币草、聚草为主。为防止水面垃圾、杂物等进入治理段,在治理段两侧(尽头)设立两道弹性竹制栅栏。栅栏由 2 mm 厚,15~20 mm 宽的竹篾条编制而成(弹性良好),不影响水面行船。竹栅栏长度为 14 m,高度与河道常水位水深一致,每道约 30 m<sup>2</sup>。

### 3.2 陈巷浜 ODBP 方案

根据水质分析结果、相关废水处理技术总结和项

目排放标准要求,结合该实际,基于“高效、低耗、投资省、运行费用低、操作与运行管理便捷、充分利用当地资源、不占用宝贵耕地”的原则。通过实地勘测,经充分论证,认为陈巷浜为缓流纳污河浜,决定采用缓流纳污河浜原位增氧—动态生态组合工艺处理农村生活污水技术(ODBP)方案。该方案污水处理工艺流程框图如图 1 所示。

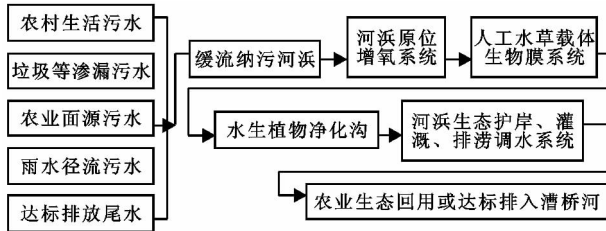


图 1 陈巷浜污水处理工艺流程图

污水经生态护坡进入河浜后,经水生植物净化沟段调节水解、生物吸附,以均匀水质、水量,并通过微生物水解反应部分降解有机污染物浓度,提供废水可生化性;原位增氧第一段对过曝气,对河浜进行复氧,以达到除臭、降解有机物;人工水草载体生物膜系统进一步降解有机物,并对有机氮进行分解,使之成为氨氮,对硝酸盐氮进行生物膜深层厌氧分解;原位增氧第二段对河水中的氨氮进行生物降解,并对河水进行再次人工复氧,使其恢复到河流原生状态;水生植物净化沟段对污染河浜进行生态修复,同时降解下游河段排污口排入的污水<sup>[9]</sup>。生态护岸段进一步对河浜中的河水进行降解,以进一步去除悬浮物质澄清水质,确保出水水质达标排放。人工水草载体生物膜系统段中的底泥可为绿色生态肥料,每年春季清淤一次。系统出水的 COD、总氮、总磷的去除率一般可达 90% 以上。水位调节水坝主要是调节陈巷浜水位,保证旱季沿河农业灌溉,汛期防洪排涝。

### 3.3 西大河浜 ET 生化与生态系统组合方案

根据西大河浜河浜的特点,因地制宜,配置“ET 造流生化预处理+修复生物多样性水生态系统组合技术”,从河外到河内,大幅度减少外源污染入河,有效控制内源污染释放,采用“ET 造流异养微生物生化”对水体缓慢造流,利用异养微生物的高效处理能力初步净化水质,解除重富营养化水质对水生态系统的胁迫。ET 造流生化兼行接触氧化、硝化、反硝化、提高底泥表面氧化还原电位,大幅度降低底泥 TP、TN 释放。在遇有环境灾变和自然灾变时,ET 造流生化满负荷开机,在水质良好时可以低负荷开机或停机<sup>[10]</sup>。流程末级由生物多样性生态系统低成本深度

净化并长期保持水质,达到根治富营养化的目的。其工艺流程如图 2 所示。

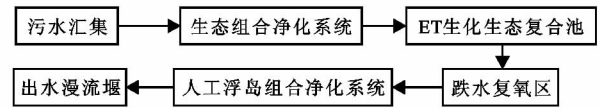


图 2 ET 生化与生态系统组合处理工艺流程图

本处理工艺流程中,镇区污水经现有管网汇集后进入河道治理区域内,较大的固体杂物经格栅滤除后进入污水汇集区,污水通过跌水堰提升后以溢流的形式进入 ET 生化池,此处跌水堰一方面提高污水中溶解氧,另一方面控制进入生化区域的进水。污水经 ET 生化处理后,COD、BOD<sub>5</sub> (5 d 生化需氧量) 及 SS (悬浮固体) 大部分被去除。本技术除了降解有机污染物外,还可去除污水中氮、磷等营养物质,消除水体富营养化威胁。

在 ET 生化生态复合池中,通过硝化、反硝化反应去除了污水中大部分氮,同时,水解反应消化了大部分生化污泥,消化后剩余的少量污泥通过潜污泵提升,喷洒到污水厂内绿地,作为绿化肥料。在生态系统组合净化池和生态系统组合净化沟中,以多种高等水生植物为主导,多种动物、微生物等构成生物多样性生态体系,保证了污水中污染质降解的处理效果和污水处理的低成本<sup>[11]</sup>。通过生态系统内多物种的自我演替,水中污染物被吸附、吸收、分解气化、迁移取出、固定沉积,全年保持高效净化能力。通过人工调控物种,消化减量,系统池底污泥的沉积量远低于 1 cm/a,在多年后,用民间揽河泥积肥的传统方法,可以在不破坏生态系统的平衡的条件下,妥善解决污泥处理的问题<sup>[12]</sup>。

## 4 工程实施效果分析

2010 年 10 月对以上 3 个工程实施河段,按照河流流向上游、中游、下游分别采样。检测的水质指标及其方法为:COD 采用重铬酸钾消解法测定;NH<sub>3</sub>-N 采用纳氏比色法进行测定;TN 采用过硫酸钾氧化—紫外分光光度法测定;TP 采用钼锑抗分光光度法测定;SS 采用光度测定法<sup>[13]</sup>。每个指标重复测定 3 次,取平均值作为测试结果,监测结果详见表 1。削减率(%)=(上游污染物浓度值-下游污染物浓度值)/上游污染物浓度值×100。污染负荷削减率结果详见表 2。

由表 2 可知,跃进河与西大河浜的 COD、NH<sub>3</sub>-N、TN、TP、SS 削减率均高于 20%,陈巷浜的 COD、

NH<sub>3</sub>-N, TN, TP, SS 削减率均低于 40%。COD, NH<sub>3</sub>-N, TN 削减率均为跃进河最高,且均是陈巷浜最低,TP 和 SS 削减率均为西大河浜最高。5 种污染物的综合削减能力由强到弱依次为:跃进河>西大河浜>陈巷浜。

表 1 水质监测测定数据 mg/L

河流名称	监测点	COD	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP	SS
跃进河	上游	42.3	0.20	2.6	0.50	62
	中游	33.4	0.05	1.6	0.62	44
	下游	25.2	0.03	0.6	0.40	40
陈巷浜	上游	41.4	0.91	2.98	0.44	19
	中游	38.0	0.92	2.75	0.40	15
	下游	36.6	0.76	2.41	0.36	12
西大河浜	上游	41.7	0.27	1.55	0.33	9
	中游	40.0	0.15	1.43	0.25	14
	下游	33.2	0.11	1.09	0.25	4

表 2 工程污染负荷削减率计算结果 %

河流名称	COD	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP	SS
跃进河	40.43	85.00	76.92	20.00	35.48
陈巷浜	11.59	16.48	23.65	18.18	36.84
西大河浜	20.38	59.26	29.68	24.24	55.55

## 5 结论

跃进河、陈巷浜、西大河浜三条河流污染控制工程的处理效果由强到弱依次为:跃进河>西大河浜>陈巷浜,由此可得 3 种污染控制方案的去除能力顺序为:生态修复技术>ET 生化与生态系统组合处理工艺>ODBP 工艺。ODBP 工艺效果较差可能是因为 ODBP 工艺在原位增氧后抑制了厌氧微生物的分解作用,对污染物的去除效果受到影响。

通过对 3 种污染控制工程的实施,河网水体低污染水中 COD、氨氮、总氮、总磷、SS 的去除效果均较好,并取得良好的生态效果和景观效果。苏南地区为平原河网地区,该地区类似跃进河、陈巷浜、西大河浜以收纳生活污水、农田尾水等低污染水为主的河流很多,本研究中 3 种污染控制技术应用空间较大。研究

结果对太湖流域及其它类似污染水体的污染治理及示范工程的进一步开展具有重要的指导意义,为河网地区水污染负荷削减及水质改善提供了科学依据。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Stottmeister U, Wiener A, Kusch P, et al. Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment [J]. *Biotechnology Advances*, 2003, 22(1/2): 93-117.
- [2] Burford M A, Lorenzen K. Modelling nitrogen dynamics in intensive shrimp ponds: The role of sediment remineralization[J]. *Aquaculture*, 2004, 229(1): 129-145.
- [3] Noemi R, Moshe A, Gideon O. A pilot study of constructed wetlands using duckweed (*Lemna gibba* L.) for treatment of domestic primary effluent in Israel [J]. *Water Research*, 2004, 38(3): 224-248.
- [4] 刘雯,丘锦荣,卫泽斌. 植物及其根系分泌物对污水净化效果的影响[J]. *环境工程学报*, 2009, 3(6): 971-975.
- [5] 朱杰,付永胜. 生物脱氮处理过程中氮素转化规律的研究[J]. *环境化学*, 2006, 25(5): 624-628.
- [6] 肖羽堂,许建华. 生物接触氧化法净化微污染原水的机理研究[J]. *环境科学*, 1999, 20(3): 85-88.
- [7] 张辉,温东辉,李璐,等. 附加回流的生物接触氧化工艺净化滇池大清河水质的示范工程研究[J]. *环境工程学报*, 2009, 3(2): 199-204.
- [8] 许木启,黄玉瑶. 受损水域生态系统恢复与重建研究[J]. *生态学报*, 1998, 18(5): 547-558.
- [9] 黄亮,黎道丰,蔡庆华,等. 不同水生植物对滇池入湖河道污水净化效能的比较[J]. *生态环境*, 2008, 17(4): 1385-1389.
- [10] 高吉喜,杜娟. 水生植物对面源污水净化效率研究[J]. *中国环境科学*, 1997, 17(3): 247-251.
- [11] 常会庆,寇太记,乔鲜花,等. 几种植物去除污染水体中养分效果研究[J]. *水土保持通报*, 2009, 29(5): 118-122.
- [12] 万丽娟,王皓,王方,等. 活性污泥—人工湿地组合处理系统中污染物的去除[J]. *环境化学*, 2007, 26(6): 815-818.
- [13] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社, 2002.