

接触氧化 + 人工湿地工艺异位处理受污染河水

陈思莉, 常莎, 邴永鑫, 陈尧, 醵清伟, 张政科, 潘超逸,
曾圣科, 林健聪

(环境保护部华南环境科学研究所, 广东 广州 510655)

摘要: 广东省茂名市某河道人工湿地工程处理规模为 $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$, 进水 BOD_5/COD 值为 0.3, 可生化性好, 采用接触氧化 + 人工湿地工艺处理受污染河水。运行结果表明, 该工艺运行稳定, 出水主要指标达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) V 类水标准(氨氮 $\leq 4.4\text{ mg/L}$)。工程总投资为 1 500 万元, 运行及日常维护简单, 年运行费用为 190.81 万元, 运行成本为 $0.523\text{ 元}/\text{m}^3$ 。

关键词: 接触氧化; 人工湿地; 异位处理; 受污染河水

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)22-0047-04

Application of Biological Contact Oxidation Process and Constructed Wetland in Ex-situ Treatment of Polluted River Water

CHEN Si-li, CHANG Sha, BING Yong-xin, CHEN Yao, GUO Qing-wei,
ZHANG Zheng-ke, PAN Chao-yi, ZENG Sheng-ke, LIN Jian-cong

(South China Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Guangzhou 510655, China)

Abstract: The treatment capacity of an ex-situ treatment constructed wetland in Maoming City in Guangdong Province was $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$, which was built for treating polluted river water. The influent BOD_5/COD was 0.3, which meant that the river water had good biodegradability. The combined process of biological contact oxidation unit followed by constructed wetland was used to treat the polluted river water. The treatment performance of the treatment process was stable, and effluent quality could meet the class V criteria specified in the *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838 - 2002) with ammonia nitrogen no more than 4.4 mg/L . The total investment was 15 million yuan, and the annual operating cost operating cost were both as low as 1.908 1 million yuan and $0.523\text{ yuan}/\text{m}^3$ due to the simple operation and maintenance.

Key words: biological contact oxidation; constructed wetland; ex-situ treatment process; polluted river water

我国对河流、湖泊治理思路不断完善,正在努力 探索修复受损河流、湖泊生态系统的新理论和技术

基金项目: 广东省科技计划项目-应用型科技研发专项(2016B020240007); 中央级公益性科研院所基本科研业务专项(PM-zx097-201701-033)

通信作者: 张政科 E-mail: zhangzhengke@scies.org

手段^[1,2]。基于湿地系统治理河道、湖泊污水的思路与国内外提倡的多自然型河道的构建理念相吻合,即还河流以空间、构造复杂多变的河床和河滩结构。因此,对于湿地治理河湖、湖泊主要从原位、异位等方面进行生态修复^[3]。近些年,茂名市某河道周边养殖业废水污染严重,导致该河道泥沙淤积严重,水质恶化,水浮莲疯长,天然湿地受到破坏,如不采取有效措施,该河道将逐渐丧失其天然湿地的生态功能,制约小东江生态环境的恢复,影响周边居民的生产生活。为积极响应广东省政府《南粤水更清行动计划(2012—2020年)》,并落实茂名市环境保护与生态建设规划,恢复河道的生态环境,满足小东江交界断面的水质要求,尽快摘掉小东江茂南段“区域限批”的帽子,同时改善河道周边的人居环境,本工程通过在河道旁选择低洼地构建异位净化处理工程,在完善环境监管的同时,实现河道河水截流处理,河水经二级及深度净化达到地表水Ⅴ类标准后回补入河,达到河道水质净化的目的。

1 污水处理量及进出水水质

本工程的处理水量为 $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$,处理的污水为茂名市某河道河水,该河水主要由其自身径流和污水处理厂尾水组成。根据河道2012年11月水质监测数据,并参考国内外相关文献,特别是关于快速城市化地区小流域降雨径流污染特征方面的资料,最终确定现阶段河道异位净化工程进水水质。其水质特点: BOD_5/COD 值为0.3左右,有机质的生物可利用性与可降解较好; C/N 值为8左右,达到最佳值,有利于反硝化脱氮作用^[4]。

根据河道的水质现状、茂名市环境保护与生态保护“十二五”规划和《广东省环境保护厅文件》(粤环[2011]34号),该河道水质净化处理工程出水水质应优于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅴ类标准,其中氨氮指标参考粤环[2011]34号文件中跨界河流断面水质氨氮指标—— $\leq 4.4\text{ mg/L}$ 。据此,确定该生态恢复首期人工湿地工程出水水质。具体进、出水指标见表1。

表1 设计进、出水水质指标

Tab.1 Design influent and effluent quality

| $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ | | | | | |
|---------------------------------|-----------|----------------|--------------------------|------------|-----------|
| 项 目 | COD | BOD_5 | $\text{NH}_3 - \text{N}$ | TP | SS |
| 进水 | 120 | 35 | 15 | 3 | 200 |
| 出水 | ≤ 40 | ≤ 10 | ≤ 4.4 | ≤ 0.4 | ≤ 10 |

2 处理工艺

2.1 工艺流程

工艺流程见图1。

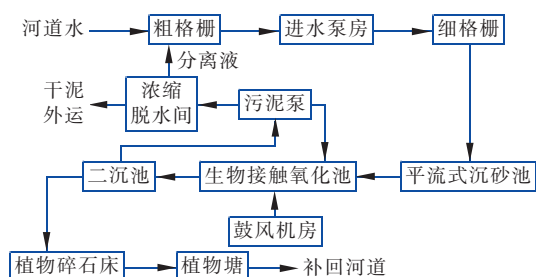


图1 工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater treatment process

河道水经水闸截流后自流进粗格栅,经过除渣处理后进入进水泵房,再提升到细格栅,由回转式格栅清理细小悬浮物,然后进入平流式沉砂池去掉砂粒,再配水进入接触氧化池。生物接触池分为厌氧、缺氧和好氧区,经接触氧化处理的混合污水进入沉淀池进行沉淀,清水最后进入人工湿地系统,人工湿地系统分为植物碎石床、植物塘,出水排回河道。

2.2 各处理单元设计

① 粗格栅

粗格栅工艺尺寸为 $9.0\text{ m} \times 2.4\text{ m} \times 5.0\text{ m}$ 。设计流速为 0.99 m/s ,栅条间隙为 20 mm ,栅前水深为 2.0 m ,粗格栅有效宽度为 0.7 m ,共设两个粗格栅。

② 提升泵房

提升泵房工艺尺寸为 $3.5\text{ m} \times 6.0\text{ m} \times 7.0\text{ m}$ 。配备3台潜污泵(2用1备): $Q = 210\text{ m}^3/\text{h}$,每台水泵设置缓闭止回阀及手动闸阀各一台,总出口处设置电磁流量计。

③ 细格栅

细格栅工艺尺寸为 $3.0\text{ m} \times 2.3\text{ m} \times 1.35\text{ m}$ 。设计流量为 $0.12\text{ m}^3/\text{s}$,过栅流速为 0.3 m/s ,栅条间隙为 6 mm ,栅前水深为 0.8 m ,采用回转式格栅两套,每套道宽为 1.0 m ,耙污速度为 2 m/min 。

④ 旋流沉砂池

旋流沉砂池尺寸为 $4.8\text{ m} \times 5.8\text{ m} \times 3.0\text{ m}$ 。设计流量为 $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$,水力表面负荷为 $155\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,水力停留时间为 21 s ,排砂总风量为 $90.0\text{ m}^3/\text{h}$ 。螺旋式砂水分离器按处理 5 L/s 选择,功率为 0.75 kW 。旋流沉砂池二座。

⑤ 生物接触氧化池

设两组生物接触氧化池,单组尺寸为 $11.0\text{ m} \times 39.96\text{ m} \times 4.0\text{ m}$ 。设计流量为 $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$,总水力停留时间为 6.4 h ;供气总量为 $39.6\text{ m}^3/\text{min}$,气水比为 $5.2:1$ 。

生物接触氧化池充分利用现有地形情况,采用土池结构形式,池子中间隔墙采用砖混结构,土池底部和边坡用土工膜防渗,土工膜边坡采用松木桩固定。组合填料体积为 $1\,800\text{ m}^3$ 。

⑥ 二沉池

设四组平流式沉淀池,单组尺寸为 $5.44\text{ m} \times 24.0\text{ m} \times 3.5\text{ m}$ 。平均表面负荷为 $0.80\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;有效水深为 2.4 m ;沉淀时间为 2.5 h ;设计水平流速为 2 mm/s ;每格沉淀池设1台吸泥泵。吸泥泵 $Q=100\text{ m}^3/\text{h}$, $H=150\text{ kPa}$, $N=7.5\text{ kW}$ 。

⑦ 污泥储池

污泥储池工艺尺寸为 $3.0\text{ m} \times 7.0\text{ m} \times 4.0\text{ m}$ 。污泥泵 $Q=15\text{ m}^3/\text{h}$, $H=220\text{ kPa}$, $N=2.2\text{ kW}$ 。

⑧ 二次提升泵房

二次提升泵房工艺尺寸为 $3.0\text{ m} \times 6.0\text{ m} \times 4.0\text{ m}$ 。潜水提升泵3台(2用1备); $Q=210\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$, $N=11\text{ kW}$;每台水泵设置缓闭止回阀及手动闸阀各一台,水泵总出口处设置电磁流量计。

⑨ 鼓风机房

风机房工艺尺寸为 $8.0\text{ m} \times 6.0\text{ m} \times 4.5\text{ m}$ 。设计最大供气量为 $39.6\text{ m}^3/\text{min}$,设3台(2用1备)罗茨风机,每台风机风量为 $19.8\text{ m}^3/\text{min}$, $H=40\text{ kPa}$, $N=22\text{ kW}$ 。

⑩ 污泥浓缩池

污泥浓缩池工艺尺寸为 $2.0\text{ m} \times 4.3\text{ m} \times 5.0\text{ m}$ 。竖流式浓缩池,钢混矩形池;剩余污泥量为 $90\text{ m}^3/\text{d}$,含水率为 99.2% ;浓缩后污泥量为 $36\text{ m}^3/\text{d}$,含水率为 98% 。

⑪ 污泥脱水间

污泥脱水机房尺寸为 $6.0\text{ m} \times 8.0\text{ m} \times 6.0\text{ m}$ 。脱水后污泥量为 3.6 t/d ,含水率为 80% ;PAM用量为 $3\sim 5\text{ g/kgDS}$;每日投加絮凝剂量(含量以 90% 计)为 $2.16\sim 3.6\text{ kg}$;PAM配制浓度为 0.2% ,投加浓度为 0.1% ;板框脱水机1台,过滤面积为 50 m^2 ,单台处理量为 $1.8\text{ m}^3/\text{h}$,单台主机总功率为 1.5 kW ;电动葫芦1台,起质量为 3 t ,起吊高度为 6 m ,电机功率为 4.5 kW 。

⑫ 植物碎石床

植物碎石床设计面积为 $6\,850\text{ m}^2$,池体设计深度为 1.0 m ;处理水量为 $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$;表面负荷为 $2.4\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;湿地内铺设碎石,粒径为 $30\sim 50\text{ mm}$;湿地内均匀布设PVC管,上层布水,下层集水;种植植物:美人蕉、风车草、再力花、芦苇、花叶芦竹、菖蒲等。

⑬ 植物塘

利用现有鱼塘,将其改造成植物塘处理区,设计面积为 $5\,600\text{ m}^2$,种植挺水、浮水、沉水植物。生态塘周围种植芦苇、过渡区种植睡莲等浮水植物;深水区种植眼子菜、狐尾藻、苦草等沉水植物。

⑭ 回用水池

回用水池工艺尺寸为 $3.5\text{ m} \times 6.0\text{ m} \times 5.0\text{ m}$ 。回用水用量为 $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$,设提升泵3台(2用1备); $Q=210\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$, $N=11\text{ kW}$ 。

2.3 工艺技术特点

① 处理工艺理念是“以空间换时间”,受污染河水通过提升进入河道异位处理工程,经系统处理后重新进入河道,有效提升河道水质,改善周围的生态环境;

② 净化能力良好,具有较强的抗冲击负荷能力,投资运行费用相对较低;

③ 该处理工艺还兼具仿真自然湿地和生态景观休闲服务等优势,其工程效果图见图2。



图2 工程效果图

Fig. 2 Project impression drawing

3 日常运行维护

① 日常安排1人定期对格栅、生物接触氧化池、人工湿地系统进行清理与维护。

② 适时进行水位调节,保证人工湿地不出现进水端壅水和出水端淹没现象。

③ 适时收割湿地植物,保证人工湿地的良性循环。

④ 定期清除杂草和枯死植株,并及时补植,保

证净化和景观效果。

4 工程投资及运行效果

本工程总投资为1 500万元。年运行费用为190.81万元,运行成本为0.523元/m³,若不计算折旧费用,则本项目年运行费用为114.57万元,运行成本为0.313元/m³。

本工程于2017年竣工,并及时投入使用,系统运行状况良好,出水各指标均达到排放标准,具体见表2。

表2 实际进、出水水质

Tab.2 Actual influent and effluent quality

mg · L⁻¹

| 频次 | COD | | NH ₃ - N | | TP | |
|----|-------|-------|---------------------|------|------|------|
| | 进水 | 出水 | 进水 | 出水 | 进水 | 出水 |
| 1 | 70.53 | 30.35 | 10.84 | 3.85 | 2.32 | 0.36 |
| 2 | 60.32 | 33.26 | 13.57 | 4.36 | 2.58 | 0.40 |
| 3 | 75.41 | 34.52 | 13.39 | 4.21 | 2.03 | 0.35 |
| 4 | 76.83 | 33.64 | 12.54 | 3.58 | 1.84 | 0.39 |
| 5 | 68.17 | 30.26 | 11.76 | 3.87 | 2.54 | 0.38 |
| 6 | 70.86 | 31.25 | 12.53 | 4.04 | 2.73 | 0.41 |
| 7 | 62.36 | 32.62 | 12.66 | 4.26 | 2.65 | 0.40 |

5 结论

根据河道水质特点,采用接触氧化+人工湿地工艺对河道受污染河水进行异位处理,效果显著,出水水质稳定达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅴ类标准(氨氮≤4.4 mg/L)。

参考文献:

- [1] 李大鹏,黄勇,李伟光. 底泥曝气改善城市河流水质的研究[J]. 中国给水排水,2007,23(5):22-25.
Li Dapeng, Huang Yong, Li Weiguang. Study on remediation of city river water body by technology of aerating sediments[J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(5): 22 -

25 (in Chinese).

- [2] Paul S G. River restoration: Seeking ecological standards [J]. J Appl Ecol, 2005, 42(2): 201 - 207.
[3] 杨逢乐. 人工湿地技术治理河道污水工程试验研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2008.
Yang Fengle. Engineering Experiment for Treating Polluted River through Constructed Wetland [D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2008 (in Chinese).
[4] 赵联芳, 朱伟, 赵建. 人工湿地处理低碳氮比污染河水时的脱氮机理 [J]. 环境科学学报, 2006, 26(11): 1821 - 1827.
Zhao Lianfang, Zhu Wei, Zhao Jian. Nitrogen removal mechanism in constructed wetland used for treating polluted river water with lower ratio of carbon to nitrogen [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2006, 26(11): 1821 - 1827 (in Chinese).



作者简介: 陈思莉(1982 -), 女, 广东梅州人, 硕士, 高级工程师, 主要从事水污染技术研究控制与设计及环境风险应急等工作。

E-mail: chensili@scies.org

收稿日期: 2018 - 05 - 02

借自然之力, 护绿水青山