

# 超磁混凝/接触氧化/稳定塘工艺应急处理黑臭水体

孟令鑫, 胡天媛, 宫政, 蒋涛

(安徽国祯环保节能科技股份有限公司, 安徽 合肥 230088)

**摘要:** 某河道黑臭水体应急处理工程采用超磁混凝/接触氧化/稳定塘组合工艺。近一年的调试及运行监测结果表明,对 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、TN、TP 等指标去除率分别约为 53%、98%、30%、95%;出水指标除总氮外,均达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类标准。该工艺组合简单高效,处理出水感官效果较好,具有良好的应用推广前景。

**关键词:** 黑臭水体; 超磁混凝; 接触氧化; 稳定塘

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)16-0093-04

## Treatment of Black-odorous River by Super-magnetic Coagulation/Contact Oxidation/Stabilization Pond Process

MENG Ling-xin, HU Tian-yuan, GONG Zheng, JIANG Tao

(Anhui Guozhen Environmental Protection Technology Joint Stock Co. Ltd., Hefei 230088, China)

**Abstract:** The combined process of super-magnetic coagulation, contact oxidation and stabilization pond was adopted in the emergency treatment of a black-odorous river. The result showed that the removal rates of COD,  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ , TN and TP was 53%, 98%, 30% and 95% respectively. Except total nitrogen (TN), the main indexes of the treated water could meet level Ⅲ in *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838-2002) and showed good sensory effect. The combined process was simple and efficient, which had good prospect of application and promotion.

**Key words:** black-odorous river; super-magnetic coagulation; contact oxidation; stabilization pond

在经济飞速发展的同时,水体黑臭问题不断加剧。水体黑臭会给公众带来感官及嗅觉上的不良体验,其整治工作繁杂而艰巨。近年来对黑臭水体治理技术的研究逐渐增多,涌现出不少工程应用案例,如采用物理-生物-生态技术相结合治理污染河道水体,曝气、微生物加人工湿地组合工艺处理黑臭河水<sup>[1]</sup>,采用曝气、混凝加双微滤工艺处理重污染河道水<sup>[2]</sup>,采用纯氧曝气快速消除河流黑臭<sup>[3]</sup>以及采用表面流人工湿地和强化生态塘组合工艺净化河水<sup>[4]</sup>等,以上各种工艺对消除黑臭均有一定的效

果,但出水水质只能达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅴ类标准。结合某河道黑臭水体应急处理工程,分析超磁混凝/微生物强化/稳定塘组合工艺的应用情况,通过对工程项目的实施跟踪,取得第一手试验数据,为黑臭水体应急工程技术应用研究提供科学资料。

### 1 工程概况

该应急工程项目设计处理水量为 5 000 m<sup>3</sup>/d,在河体中建设临时拦水设施,蓄水后经泵提至超磁分离水处理成套设备、接触氧化及生态塘等设施,净

化后的尾水再排入河道。对该应急河道工程实际取样检测分析可知,COD 最高为 88.8 mg/L,平均为 34.8 mg/L,80 mg/L 浓度涵盖率约 95%;氨氮检测数据最高为 15.4 mg/L,平均为 6.01 mg/L,15 mg/L 浓度涵盖率约 95%;总磷检测数据最高为 2.05 mg/L,平均为 0.66 mg/L,2.5 mg/L 浓度涵盖率约为 100%。设计进、出水水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项 目	COD	氨氮	TP
进水水质/(mg·L <sup>-1</sup> )	≤80	≤15	≤2.5
出水水质/(mg·L <sup>-1</sup> )	≤30	≤1.5	≤0.3
去除率/%	62.5	90	88.0

河水处理工艺流程见图 1。

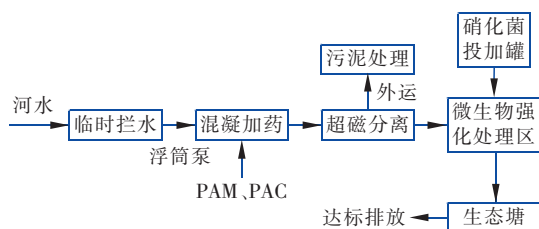


图 1 工艺流程

Fig. 1 Flow chart of river water treatment process

## 2 主要处理单元及设计参数

### ① 超磁分离

采用集装箱(可移动式)超磁分离设备,设计处理流量为 208.3 m<sup>3</sup>/h,待处理水经预处理后,混凝加药并与一定浓度磁性物质混合均匀;在混凝剂和助凝剂作用下,完成磁性物质与非磁性悬浮物的结合,形成微磁絮团;经过超磁分离设备实现微磁絮团与水体的分离。

### ② 微生物强化生化处理区

由原水塘进行改造而成,实际尺寸为 80 m×14 m×1.8 m,其中坡度为 1:2.5,底部有效宽为 10 m,实际 HRT 为 7~9 h,气水比为 6:1,有效水深为 1.8 m,生化区内部生物填料为 640 m<sup>3</sup>,直径 Ø150 mm,垂直间距为 0.1 m,水平间距为 0.15 m。通过人工增氧、生物填料,构建微生态强化一体综合处理区。

### ③ 稳定塘

稳定塘根据种植水生植物的差异分为三部分,任意相邻的两部分之间通过导流墙分隔,在稳定塘进水一侧依次均匀设置 5 个取样监测点(B<sub>1</sub>、C<sub>1</sub>、

D<sub>1</sub>、E<sub>1</sub>、F<sub>1</sub>),对应稳定塘的五个廊道,分别为廊道 1、廊道 2、廊道 3、廊道 4 和廊道 5。

采用植菌共生兼性塘+全食物链生态塘进行水质的深度净化处理。按照 25 丛/m<sup>2</sup>、每丛 10~15 株种植沉水植物——马来眼子菜、轮叶黑藻、矮生苦草。生物操控采用鲢鱼、鳙鱼、麦穗、青鱼,数量为 1 尾鱼/m<sup>3</sup>;底栖生物采用梨形环棱螺、三角帆蚌、褶纹冠蚌;浮游生物以大型滤水型枝角类轮虫类为主,如象鼻蚤和裂足轮虫等。

## 3 结果与分析

### 3.1 整体运行效果

该应急工程自建成运行以来,对其进水进行连续 10 个月的取样监测,平均每月取样 2 次。以进水氨氮为例,进水氨氮浓度变化较大,部分月份进水浓度已远超原设计进水水质,最高达 35 mg/L。

虽然进水氨氮出现超过设计值的情形,但该组合工艺对氨氮、总磷去除率均在 90% 以上,表明该组合工艺对氨氮、总磷去除能力强;对 COD 的去除率约为 15%~70%,COD 去除率高低可能与进水中可溶性 COD 的比例有关,混凝分离对可溶性 COD 去除效果不十分明显。

对主要污染物的去除效果见图 2。

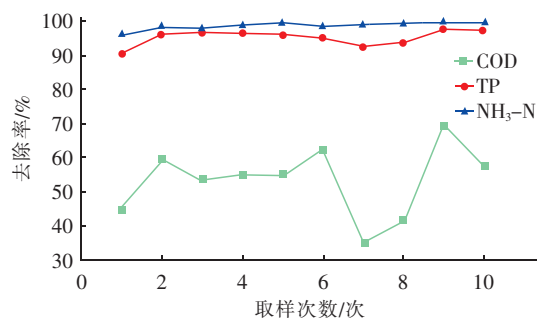


图 2 对主要污染物的去除效果

Fig. 2 The removal rate of main pollutants

### 3.2 主要处理单元运行效果

#### 3.2.1 超磁分离设备

超磁分离设备运行效果如图 3 所示。对比进、出水氨氮和总氮浓度,超磁处理后出水氨氮、总氮没有降低,反而略有升高,推测可能有两方面原因:①与超磁分离所使用的 PAC 药剂受污染有关,本工程使用的 PAC 多为酸溶法生产,因国标里对产品的氨氮没有要求,成品中可能带进去部分氨氮,致使超磁分离后的出水氨氮、总氮升高;②与进水水质有关,进水中氨氮以溶解性 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 为主。经超磁分离后,

TP 去除率稳定在 40%。此外,超磁分离设备对悬浮物的去除具有一定效果,对溶解性的污染物去除率较低。

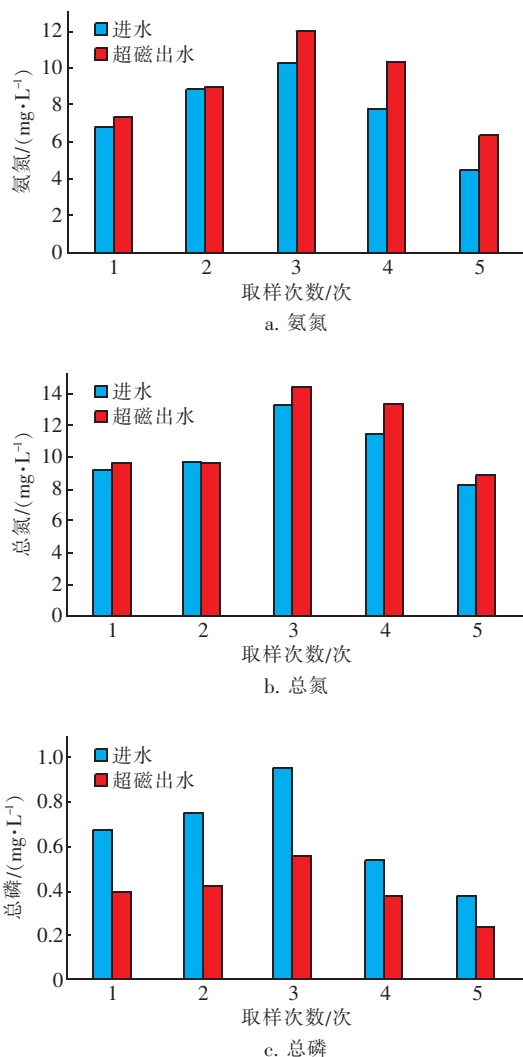


图 3 原水和超磁出水氨氮、TN、TP 变化

Fig. 3 The change of ammonia nitrogen, TN, TP before and after super-magnetic coagulation

### 3.2.2 稳定塘

微生物强化处理区出水进入稳定塘后,在整个系统无外部曝气的情况下,稳定塘内 COD 浓度变化无规律,若稳定塘进水 COD 浓度稍高,则沿程 COD 会得到进一步降解,若进水 COD 浓度已很低, COD 将呈现不规则变化。在稳定塘内部 COD 浓度并不是沿程逐渐降低,推测这一结果可能与稳定塘内生物的生长活动有关。除此以外,稳定塘内氨氮降至一定浓度时,便基本保持稳定,而当进水氨氮浓度较高时,氨氮的浓度会沿程逐渐降低。稳定塘 COD 和氨氮变化趋势见图 4。

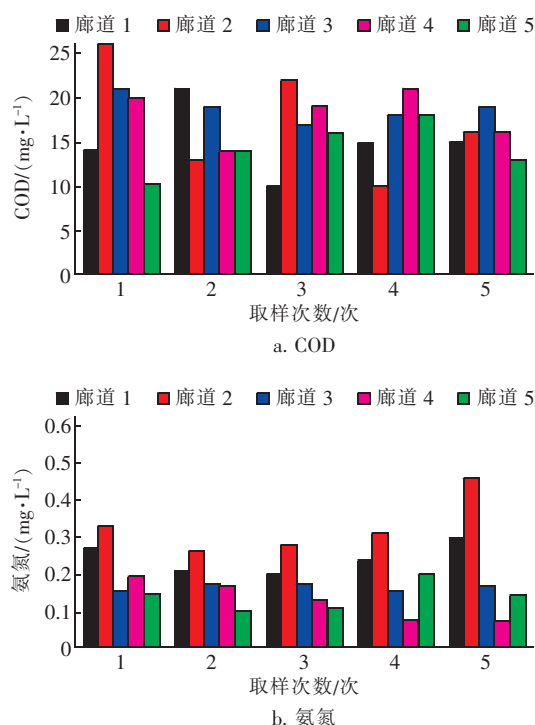


图 4 稳定塘 COD 和氨氮变化趋势

Fig. 4 The change of COD and ammonia nitrogen in stabilization pond

稳定塘总氮和总磷变化趋势见图 5。

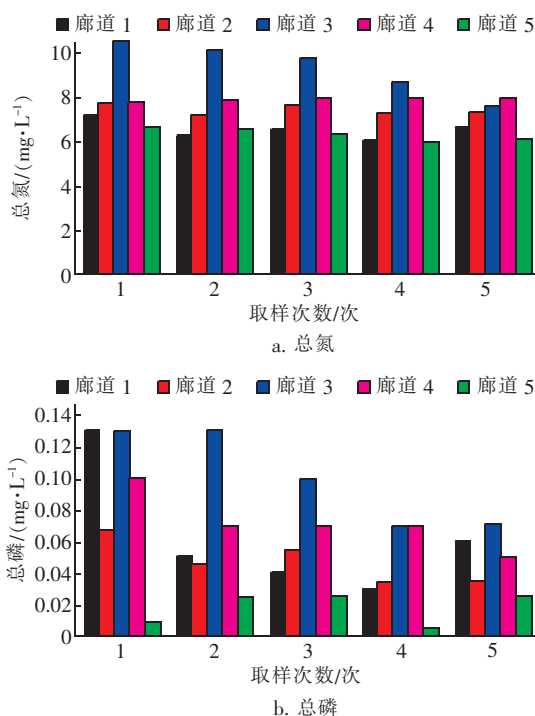


图 5 稳定塘总氮和总磷变化趋势

Fig. 5 The change of TN and TP in stabilization pond

通过对比进水氨氮、总氮和稳定塘内氨氮、总

氮浓度变化可以看出,当稳定塘内氨氮浓度降低至几乎为0时,稳定塘内TN降至一定浓度后保持基本稳定,假设氨氮在稳定塘内发生硝化反应,TN浓度应该保持基本稳定。在氨氮浓度降低时,总氮浓度出现衰减,而稳定塘系统中硝化/反硝化对TN的去除贡献较低,因此推测认为进水中氨氮的降解来源于挥发和水生植物吸收、沉降两方面。

稳定塘内TP沿程被植物微生物吸收,浓度逐渐降低,最终达到稳定状态。在稳定塘系统中,磷的去除涉及底泥对 $\text{PO}_4^{3-}$ 的吸附/解吸、有机磷氨化、磷的扩散、水生植物吸收等多种机制的共同作用。由于运行期间尚未排泥,因此对系统中磷的主导去除机制为生物吸收还是化学沉降尚有待研究。

稳定塘内TP浓度保持在 $0.044 \sim 0.092 \text{ mg/L}$ , $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度保持在 $0.075 \sim 0.465 \text{ mg/L}$ ,均达到地表水Ⅱ类标准;COD浓度为 $12.7 \sim 29.1 \text{ mg/L}$ ,去除率约为53%,基本维持在地表水Ⅲ~Ⅳ类标准,结果证明,生态塘对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和TP有明显的去除效果,去除率约为98%、95%。

### 3.3 工程实施要点及经济分析

#### 3.3.1 工程实施要点

该应急工程通过水体提升设施、超磁分离水处理成套设备、微生物强化处理区、生态塘等工艺,净化后的尾水再排入河内,保证出水水质达到地表Ⅳ类水标准。工程实施要点归纳如下:

① 超磁混凝系统的药剂投加需要大量人力且操作频繁,后续需提高自动化程度,降低人力成本;

② 稳定塘沉水植物需专人精细养护,及时清理杂草,收割、补种沉水植物,控制生物结构;

③ 稳定塘系统开放性强、动态性较高,易受外界(降雨、气温、排污、径流等)和内部植物、水生动物、微生物影响,需现场人员定时跟踪、记录、处理。

#### 3.3.2 经济分析

该项目总投资为894.02万元。运行成本为 $0.421 \text{ 元/m}^3$ ,其中超磁混凝成本为 $0.344 \text{ 元/m}^3$ 。

### 4 结论

超磁净化设备+接触氧化+稳定塘作为黑臭水体应急处理工程工艺,可使出水水质除总氮外基本维持在地表水Ⅲ~Ⅳ类标准,整个工程高效且景观效果好,符合应急工程需要,而且不会产生二次污染,运行维护较方便,成本较低,具有良好的生态环境效益和应用推广价值。

### 参考文献:

- [1] 李捍东,朱健,王平,等. 曝气/微生物/人工湿地组合工艺处理黑臭河水[J]. 中国给水排水,2009,25(11): 22-24.  
Li Handong, Zhu Jian, Wang Ping, et al. Combined process of aeration, microorganism and constructed wetland for treatment of black and odorous river water[J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(11): 22-24 (in Chinese).
- [2] 唐相臣,宁大亮,周海燕,等. 曝气/混凝/双微滤工艺处理重污染河道水研究[J]. 中国给水排水,2015,31(13):94-98.  
Tang Xiangchen, Ning Daliang, Zhou Haiyan, et al. Combined process of aeration, coagulation and double microfiltration for treatment of heavily contaminated river water[J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(13): 94-98 (in Chinese).
- [3] 张绍君. 纯氧曝气快速消除河流黑臭工程效果及河道影响因素研究[D]. 北京:清华大学,2010.  
Zhang Shaojun. Performance of Aeration with Pure Oxygen for Quick Control of Black and Odor in River and Influencing Factors[D]. Beijing: Tsinghua University, 2010 (in Chinese).
- [4] 刘锐. 表面流人工湿地和强化生态塘组合工艺净化市区河水研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012.  
Liu Rui. Experiment Study of Surface Constructed Flow Wetland and Enhanced Ecological Pond for Urban River Treatment[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2012 (in Chinese).



作者简介:孟令鑫(1989-),男,安徽宿州人,硕士,主要从事污染物预防与控制工作。

E-mail: mlx1104@163.com

收稿日期:2018-01-09