

# 接触氧化技术在公园景观水体功能 恢复中的运用试验研究

王立军<sup>1,2</sup>, 刘国才<sup>2</sup>, 黄继国<sup>3</sup>, 李跃迁<sup>3</sup>, 丛颖<sup>2,3</sup>, 沈照理<sup>1</sup>, 赵晓波<sup>3</sup>

1. 中国地质大学 水资源与环境学院, 北京 100083

2. 东北市政设计研究院, 长春 130062

3. 吉林大学 环境与资源学院, 长春 130026

**摘要:**通过自行设计加工的试验装置,进行生物接触氧化技术在景观水体功能恢复中的试验研究。待处理的景观水体 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 为25~35 mg/L, $\rho(\text{NH}_3-\text{N})$ 为2.2~3 mg/L, $\rho(\text{TP})$ 为0.55~0.85 mg/L,有机负荷低,且水质变化幅度大。试验结果表明,在合适的运行参数下,生物接触氧化技术可以使经过处理的景观水体的 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 、 $\rho(\text{NH}_3-\text{N})$ 、 $\rho(\text{TP})$ 分别降至14.62 mg/L、0.26 mg/L、0.19 mg/L,满足地表水Ⅲ类水质标准,达到景观水体水质要求。

**关键词:**生物接触氧化技术;景观水体;最佳曝气量;最佳水力停留时间;最佳气水比

**中图分类号:**X703 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5888(2006)03-0458-04

## Examination and Study of Catalytic Oxidation in Sight Water Resumption

WANG Li-jun<sup>1,2</sup>, LIU Guo-cai<sup>2</sup>, HUANG Ji-guo<sup>3</sup>,

LI Yue-qian<sup>3</sup>, CONG Ying<sup>2,3</sup>, SHEN Zhao-li<sup>1</sup>, ZHAO Xiao-bo<sup>3</sup>

1. School of Water Resources and Environmental Science, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

2. China Northeast Municipal Engineering and Research Institute, Changchun 130021, China

3. College of Environment and Resources, Jilin University, Changchun 130026, China

**Abstract:** The experimental research about application of catalytic oxidation in sight water resumption has been carried out through our own test device. The slight water to be disposed has low organic capacity with large range of water quality and the concentration of  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  is in the range of 25–35 mg/L and 2.2–3 mg/L for  $\text{NH}_3-\text{N}$  and 0.55–0.85 mg/L for TP respectively. The experimental results show that at the suitable operating conditions biological catalytic oxidation could lower the concentration of  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ,  $\text{NH}_3-\text{N}$  and TP to be 14.62 mg/L, 0.26 mg/L, 0.19 mg/L respectively to high extent, which is lower than the standard of Ⅲ class water quality and can meet the need of sight water.

**Key words:** biological catalytic oxidation; sight water; optimal aeration quantity; optimal water power standing time; optimal gas-water ratio

收稿日期:2005-11-29

基金项目:国家自然科学基金项目(40372113)

作者简介:王立军(1972-),男,黑龙江巴彦人,博士研究生,主要从事水处理方面的研究, Tel:0431-5611429, E-mail: sumless@126.com

通讯联系人:黄继国(1967-),男,湖北枣阳人,副教授,主要从事水处理方面的研究与教学, Tel:0431-8499792, E-mail: huangxu67@sohu.com。

## 0 引言

生物接触氧化法属于好氧生物膜法的一种<sup>[1]</sup>,是在生物滤池基础上,从接触曝气法改良、演变而来的。经过20余年的实践和发展,国内对接触氧化技术的研究逐渐深入,应用领域日益拓宽,目前的研究热点<sup>[2]</sup>主要集中在新型填料的开发、高效曝气设备的运用及厌氧、兼氧等工艺的组合及各方面。该工艺成功地应用于城市废水处理、石油化工废水处理、印染废水处理、高浓度抗生素废水处理等方面。

景观水体为轻度污染水体<sup>[3]</sup>, $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 较低,水中污染物受天气等自然因素影响大。由于有机负荷较低,微生物缺乏正常生长所需要的营养,不能形成很好的良性循环<sup>[4,5]</sup>,处理难度大。本试验以长春市朝阳公园景观水体为研究对象,采用自制的接触氧化装置对该景观水体进行处理,考察了接触氧化法处理景观水体稳定运行时的各项参数。

## 1 实验过程

### 1.1 实验装置

为便于观察反应器的曝气情况和生物膜生长状况,自行设计的生物接触氧化池由有机玻璃板加工而成,实验装置还包括进出水装置、曝气装置、填料支架、排泥管等5部分。为增加气体与水流的接触时间,设计时采用了升流式的进水方式,气体采用空压机供给,由安装在池底的穿孔管曝气,气体流量计计量流速。接触氧化反应器外形为长方体,其具体参数是:高为1100 mm,有效高度1000 mm,上部设超高100 mm;底部为100 mm×100 mm的正方形;采用孔隙率为95%的柔性填料。试验是在现场进行的,进水温度随气温变化而变化。试验如图1所示。

表1 原水水质情况

Table 1 The quality of original water

$\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\rho(\text{NH}_3-\text{N})$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\rho(\text{TP})$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
25~35	2.2~3.0	0.55~0.65
$\rho(\text{SS})$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	浊度/NTU	色度/度
20~55	20~30	23~40

本试验原水取自长春市朝阳公园,原水水质情况如表1所示。从表1可以看出,水中主要污染指标 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 的范围为25~35 mg/L,虽然浓度较

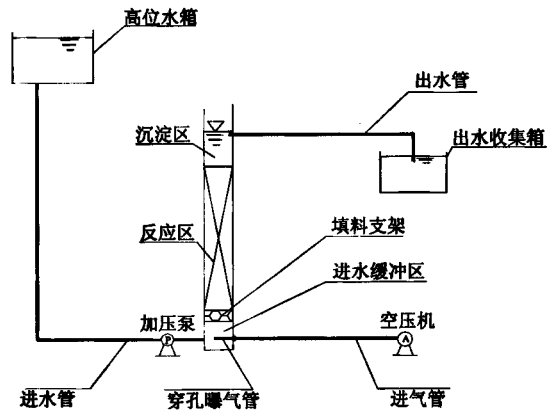


图1 试验装置流程图

Fig. 1 The flow process diagram of experimental facility

低,但是最高浓度比最低浓度高出40%,水质变化较大,对生物系统冲击加大,给实验启动和运行带来一定难度。

### 1.2 实验的启动

试验所用的原始活性污泥取自长春市西郊污水处理厂曝气池,采用快速闷曝挂膜法进行挂膜。具体过程是将接种的活性污泥泵入反应器中,与处理的景观水充分混匀后,开始闷曝12 h,静置一段时间沉淀后,将上层清水全部排掉,此为一个周期,连续运行8个周期。第8个周期时监测水质情况, $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 去除率接近45%, $\text{NH}_3-\text{N}$ 去除率80%左右,TP去除率接近40%。在显微镜下观察,出现大量的钟形虫,少量的鞭毛虫,填料表面的附着物即活性污泥呈现土黄色,结构紧密,说明挂膜完成。

在污泥驯化阶段,当污泥培养完成后,逐步提高进水水量。开始进水量为30 L/d,经过8 d左右,出水 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_3-\text{N}$ 、TP的去除率大于50%;进一步提高进水量至40 L/d,经过8 d左右,出水 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_3-\text{N}$ 、TP的去除率大于50%;再次提高进水量至50 L/d,经过8 d左右,出水 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_3-\text{N}$ 、TP的去除率分别达到50%、85%和50%,这时镜检发现污泥中钟形虫等好氧微生物数量较多,说明污泥驯化结束。

## 2 结果与讨论

生物膜在驯化成熟之后,进行了最佳的水力停留时间、最佳曝气量和最佳气水比的试验,同时观察微生物相变化情况。

### 2.1 确定最佳曝气量

曝气量的大小是影响处理效果的重要因素。曝

气量过大,相应的曝气设备功率也较大,前期投资以及运行成本较高,而且过大的曝气量会产生较大的水力剪切力,对膜产生强烈冲刷,不利于微生物在填料上附着;曝气量过小,不能保证反应器内微生物的需氧要求,微生物活性降低,出水水质不能满足设计要求。根据《给水排水设计手册》中对接触氧化曝气量的要求,反应池中的 $\rho(\text{DO})$ 应控制在 $2.5\sim 3.5\text{ mg/L}$ 之间<sup>[6]</sup>;同时根据几座接触氧化池实际运行情况来看,接触氧化反应池中 $\rho(\text{DO})$ 大于 $3.0\text{ mg/L}$ 时,运行比较稳定。不同曝气量时的试验结果如图2所示。

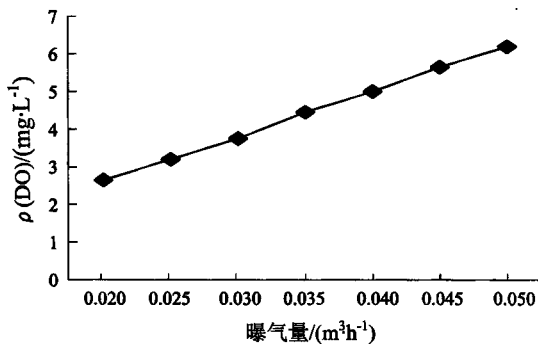


图2 曝气量和水中 $\rho(\text{DO})$ 的关系

Fig. 2 Relation between aeration quantity and dissolved oxygen

由图2可知,当曝气量为 $0.045\text{ m}^3/\text{h}$ 和 $0.05\text{ m}^3/\text{h}$ 时,水中的溶解氧检测均值为 $5.63\text{ mg/L}$ 和 $6.18\text{ mg/L}$ ,此时的曝气量虽然较大,但处理效果没有明显的提高,而且运行成本较高;当曝气量为 $0.03\text{ m}^3/\text{h}$ 时,水中的溶解氧检测均值为 $3.77\text{ mg/L}$ ,此时可以保证生物膜、气泡、水的良好接触,同时也可保证生物膜的良好运行;当曝气量为 $0.025\text{ m}^3/\text{h}$ 时,水中的溶解氧检测均值为 $3.21\text{ mg/L}$ ,满足水中 $\rho(\text{DO}) > 3.0\text{ mg/L}$ 的条件,但是经过 $12\text{ h}$ 后,填料上附着的活性污泥颜色变深,处理水中悬浮物增加,出水水质恶化,说明此时不能实现生物膜的顺利更新;当曝气量调节到 $0.02\text{ m}^3/\text{h}$ 时,水中的溶解氧检测均值为 $2.63\text{ mg/L}$ ,不能满足处理装置的正常运行。所以最佳曝气量确定为 $0.03\text{ m}^3/\text{h}$ 。

## 2.2 最佳水力停留时间

水力停留时间是控制反应装置能否正常运行的一个重要参数,也是控制反应装置运行成本的一个基本条件。待处理水中的有机物质含量较少,若水力停留时间过长,维持微生物正常生长的有机物得

不到及时的补充,会影响微生物的活性,影响出水水质,同时较长的停留时间,要求反应池容积较大,不但降低设备的处理效率,而且增加设备投资。不同水力停留时间下的试验结果见图3~5。

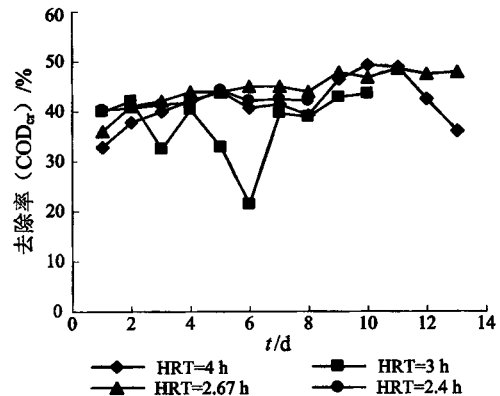


图3 不同水力停留时间下 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 去除率变化

Fig. 3 Changes of  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  removing rate with different HRT

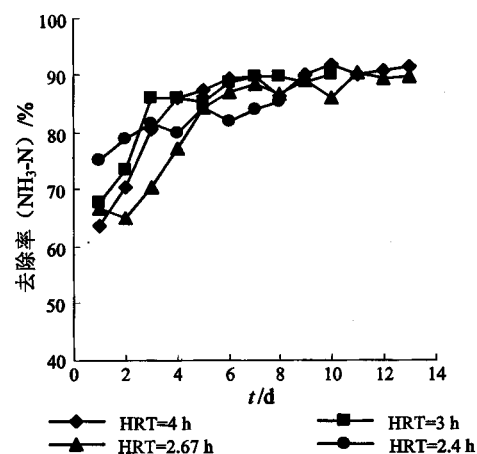


图4 不同水力停留时间下 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率变化

Fig. 4 Changes of  $\text{NH}_3\text{-N}$  removing rate with different HRT

从图3~5可以看出:HRT=4 h,反应时间较长,但处理效果没有明显的提高,不利于反应装置的产水率,同时增加运行费用;HRT=2.4 h,反应时间较短,出水不能满足地表水Ⅲ类标准;HRT=3 h和HRT=2.67 h,各污染物的处理效率基本相当。从经济角度考虑,确定生物接触氧化装置的最佳水力停留时间为 $2.67\text{ h}$ 。在停留时间为 $2.67\text{ h}$ 时,接触氧化法对景观水体的处理效果如表2所示。

从表2可以看出,生物接触氧化法不但对 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 及TP有较好的去除率,而且对浊

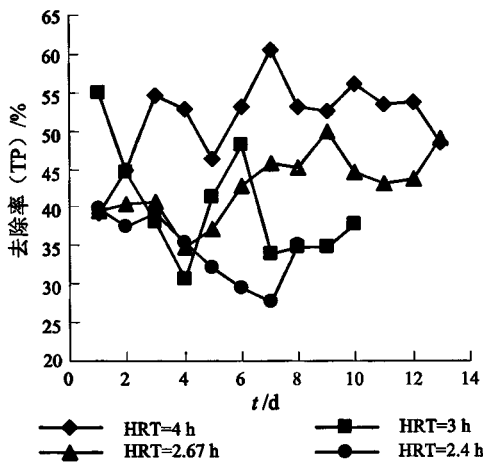


图 5 不同水力停留时间下 TP 去除率变化

Fig. 5 Changes of TP removing rate with different HRT

度、色度和 SS 的去除率也较好,其中色度和 SS 去除率可以达到 80%。

表 2 HRT=2.67 h 时对水的处理效果

Table 2 Remove result for water when HRT= 2.67 h

项目	$\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\rho(\text{TP})^*$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
进水	28.53	2.42	0.57
出水	14.62	0.25	0.19
去除率	48.74%	89.78%	66.67%

项目	浊度/NTU	色度/度	$\rho(\text{SS})$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
进水	12.1	82	84
出水	4.3	15	17
去除率	64.5%	81.7%	79.8%

\* TP 的处理结果包括对生物处理出水的经过沉淀处理后的结果

### 2.3 确定最佳气水比

气水比是好氧反应装置的一个重要参数,只有氧气量充足,微生物才能不断地成长,分解水中的有机物,达到净化水质的目的。生物接触氧化装置最佳曝气量为  $0.03 \text{ m}^3/\text{h}$  和最佳水力停留时间为 2.67 h,反应区的体积为 8 L,得出最佳气水比为 10 : 1。

### 3 结论

通过试验确定生物接触氧化技术处理景观水体的轻度污染水的最佳水力停留时间为 2.67 h,最佳气水比为 10 : 1。在上述运行条件下,  $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 、 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 、 $\rho(\text{TP})$  分别由 28.56 mg/L、

2.42 mg/L、0.57 mg/L 降至 14.62 mg/L、0.26 mg/L、0.19 mg/L,降幅达到 48.74%、89.78% 和 66.67%,减缓了景观水体富营养化速度。同时接触氧化法对浊度、色度、SS 也有一定的去除效果,去除率也可以达到 64.5%、81.7% 和 79.8%,使出水达到地表水Ⅲ类水质的要求。因此,在适当的运行条件下,接触氧化法可以有效地处理微污染的景观水体,恢复其原有的水体功能。

### 参考文献 (References):

[1] 余鑫中. 生物接触氧化处理废水技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1991.  
YU Xin-zhong. Treating waste water by submerged bio-contactor reactor[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1991.

[2] 张忠祥, 钱易. 废水生物处理新技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.  
ZHANG Zhong-xiang, Qian Yi. New technology of biology treat for waste water[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.

[3] 陈慧, 王进. 巢湖富营养化危害及控制对策[J]. 合肥工业大学学报, 1999, 22(10): 63-66.  
CHEN Hui, WANG Jin. Endangerment and control strategy of eutrophication of Lake Chaohu[J]. Journal of Hefei University of Technology, 1999, 22(10): 63-66.

[4] 丁原红, 洪华生. 生物接触氧化预处理微污染源水[J]. 水处理技术, 2002, 28(3): 169-171.  
DING Yuan-hong, HONG Hua-sheng. Pretreatment of micro-polluted source water by submerged bio-contactor reactor[J]. Technology of Water Treatment, 2002, 28(3): 169-171.

[5] 黄继国, 魏海娟, 王立军, 等. 三相生物流化床处理啤酒废水[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2005, 35(4): 510-514.  
HUANG Ji-guo, WEI Hai-juan, WANG Li-jun, et al. Beer wastewater using three-phase biofluidized bed[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2005, 35(4): 510-514.

[6] 《给水排水设计手册》编委会. 给水排水设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.  
Editorial Committee of Water and Waste Water Design Manual. Water and waster water design manual[M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2004.