

# 中空纤维膜作生物膜载体无泡供氧处理污水研究

张凤君<sup>1</sup>, 杜祥君<sup>1</sup>, 赵芝清<sup>1</sup>, 王爽<sup>1</sup>, 胡思宪<sup>2</sup>

(1. 吉林大学 环境与资源学院, 吉林 长春 130026; 2. 四川地勘局 成都岩土水质检测站, 四川 成都 610072)

**摘要:**采用中空纤维膜作生物膜载体及无泡供氧装置,利用具有死端式和漂浮式特点的浸没式接触氧化工艺进行污水处理试验研究。结果表明:在控制系统工作压力 0.03 MPa、污水中  $\rho(\text{DO})$  为 5~8 mg/L 及 HRT=8h 的条件下,污水中 COD、BOD、SS 的去除率分别达 70%、90% 和 75% 以上,  $\text{NH}_3\text{-N}$ 、P 的去除率也在 70% 以上。系统连续运行 3 个月,表现了较好的稳定性和抗有机负荷冲击能力。

**关键词:**生物膜;中空纤维膜;无泡供氧

中图分类号:X143 文献标识码:A 文章编号:1671-5888(2005)02-0236-03

## Study on Treatment of Wastewater by Bio-film Using Hollow Fiber Membrane as Carrier and Bubbleless

ZHANG Feng-jun<sup>1</sup>, DU Xiang-jun<sup>1</sup>, ZHAO Zhi-qing<sup>1</sup>, WANG Shuang<sup>1</sup>, HU Si-xian<sup>2</sup>

(1. College of Environment and Resources, Jilin University, Changchun 130026, China; 2. Chengdu Crag Hydrology Surveying Station Bureau of Geology and Exploration of Sichuan Province, Chengdu 610072, China)

**Abstract:** Hollow fiber membrane was used as bio-film carrier and bubbleless device in the wastewater treatment experiment. The experiment also made use of submerged contact oxygenation technique, which had dead-end and floating merits. The results showed that the removal ratio of COD, BOD and SS was 70%, 90% and 75% respectively when working pressure was 0.03 MPa, DO was 5~8mg/L and HRT was 8 h in the system. Study also showed that the removal ratio of  $\text{NH}_3\text{-N}$ , P was more than 70%. The system has better stability and resistance to substrate flux after three months of continuous running.

**Key words:** bio-film; hollow fiber membrane; bubbleless

生物膜法是污水处理中常用的生物技术,与其它的污水处理方法相比具有微生物存活世代时间长、产生污泥量少、不会引起污泥的膨胀、对污水的水质和水量变动有较强的适应能力、运行管理方便等优点<sup>[1,2]</sup>。但用好氧微生物膜技术处理污水时,有机物和氧均从生物膜同一侧进入膜内部,使生物膜由外向内分为好氧层、缺氧层和厌氧层。由于膜深处为厌氧细菌,从而导致生物膜容易脱落,污泥产量增加。常规生物膜技术的曝气方法,不但会使生

物膜脱落,也会使溶液中的挥发性有机物由于气提作用带到空气中。传统的鼓泡供氧处理污水中供氧费用占总运行费用的 60%~80%,且氧的利用率只有 8%~15%<sup>[3]</sup>。

基于常规生物膜法存在的问题,国内外一些学者将膜技术和生物技术相结合,制作出生物膜反应器等污水处理装置<sup>[4,5]</sup>。但尚未见有关中空纤维膜作为生物膜载体及无泡供氧于一体的生物膜反应器污水处理装置。

收稿日期:2004-05-04

基金项目:长春市科技局项目(03-250S09);吉林大学创新基金项目

作者简介:张凤君(1957-),男,吉林农安人,教授,主要从事环境工程研究, Tel:0431-8499792, E-mail: zhangfengjun@jlu.edu.cn.

本文采用中空纤维膜作为生物膜载体及无泡供氧装置进行污水处理试验研究,取得了很好的效果。

## 1 实验

### 1.1 仪器及试剂

本实验所用聚醚砜中空纤维膜填料(吉林市金赛科技开发有限公司),具体参数为:内径 0.4 mm、外径 0.8 mm、膜孔径  $0.2 \times 10^{-3}$  mm、孔隙率 80%、膜总面积 0.36 m<sup>2</sup>;BT00-100M 型蠕动泵(保定兰洛恒流泵有限公司);反应器由有机玻璃加工而成(图 1),具体尺寸为 60 cm×4.5 cm×30 cm,总有效容积为 5.3 L。

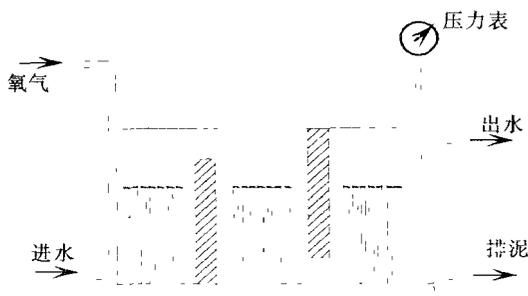


图 1 反应器示意图

Fig. 1 Sketch of the reactor

### 1.2 实验原理及方法

实验取长春第一汽车制造厂污水处理厂二沉池活性污泥作为接种污泥。采用预曝气、定期污泥回流的方法进行挂膜。

连接好气路、液路,调节适当的氧气压力(图 1)。将污水与驯化污泥的混合液从曝气池由蠕动泵直接泵入生化系统,经短暂停留,收集于出口处的二沉池中,适当添加营养物和废水,再回流至曝气池,循环运行直到发现中空纤维膜上有粘状污泥后连续通入生活污水(水质见表 1),进行连续处理实验。挂膜期间水温控制在 20℃ 左右,ρ(DO)为 5~8 mg/L,pH 为 6.5~7.5。

表 1 实验用污水水质情况

Table 1 Compositions of the wastewater

ρ(COD) /(mg·L <sup>-1</sup> )	ρ(BOD) /(mg·L <sup>-1</sup> )	ρ(SS) /(mg·L <sup>-1</sup> )	ρ(NH <sub>3</sub> -N) /(mg·L <sup>-1</sup> )
250~300	150~200	10~20	12
ρ(P)/(mg·L <sup>-1</sup> )		浊度	温度/℃
10		6~12	15~20

## 2 结果与讨论

### 2.1 挂膜结果

系统运行 10 d 后,在填料表面长出一层薄薄的生物膜,镜检发现生物膜结构紧密,微生物的种类繁多,主要有纤毛虫和轮虫。在运转期,钟虫、等枝虫、草履虫等大量出现,说明水质处理正常<sup>[6]</sup>。挂膜过程中,生物膜由白色到奶黄色再到金黄色,最后为棕褐色。这是生物膜成熟的标志,同时也可获得 75% 左右较为稳定的 COD 去除率,表明挂膜成功。

### 2.2 水力停留时间的确定

由图 2 可知,随停留时间的增加,BOD、COD、TSS 的去除率也在增加,当 HRT=8 h 时,BOD、COD 及 TSS 的去除率可分别达 80%、60% 和 90%。为了满足处理水量及水质的要求,所以在后续的实验选取 HRT=8 h。

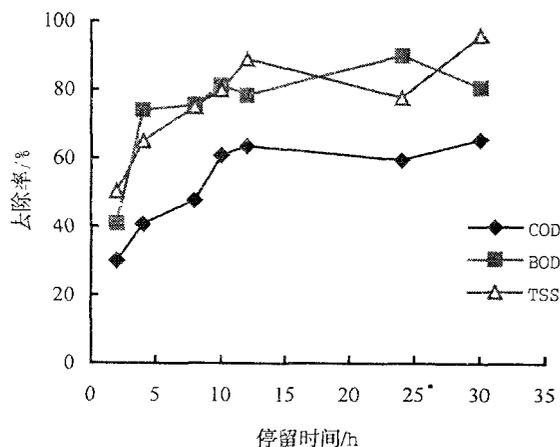


图 2 水力停留时间与 BOD、COD、TSS 去除率的关系

Fig. 2 Relation between HRT and removal efficiency of COD, BOD and TSS

### 2.3 系统稳定性运行结果

由图 3 可见系统对 COD 有较稳定的去除率(60%~80%之间),能够满足长期稳定运行的要求。经长期运行发现,生物膜中没有厌氧层存在,部分老化、死亡的微生物停留在生物膜上被氧化掉,因而只有少量的生物膜脱落,所以系统所产生的污泥量较少。

### 2.4 NH<sub>3</sub>-N、P 的去除情况

从图 4 可以看出,磷的去除率随时间的增加略有增加,而氨氮的去除率要经过近 30 d 才从 10% 增加到 70%。这可能是由于随着运行时间的增加,聚磷菌和硝化菌得到进一步的驯化,进而使其降解能

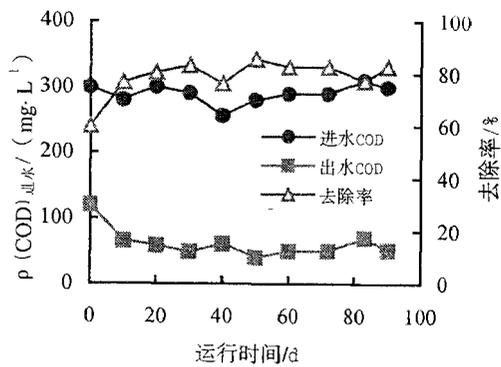


图3 系统连续运行 COD 随运行时间变化曲线

Fig. 3 The change of COD with time in the system run continuously

力得到逐步提高的缘故。同时无泡供氧方式提供足够的溶解氧保证了硝化反应的顺利进行,而污水中的有机物浓度经过外层微生物的降解后抵达内部时已经大大降低,从而使该部位污水中的  $w(C)/w(N)$  比值也大大下降,这也非常有利于硝化细菌的生长。由于系统中存在足够的溶解氧,聚磷菌未经厌氧放磷的阶段,所以系统对磷的去除不如传统工艺,这也是系统对磷的去除率增长缓慢的原因。

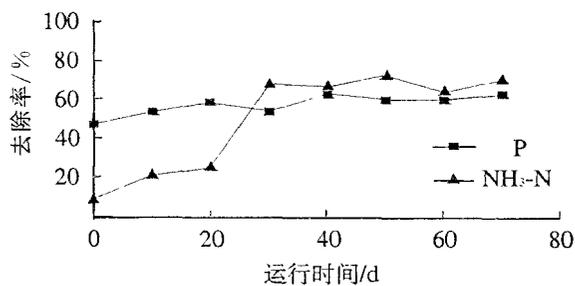


图4 系统对  $NH_3-N$ 、P 去除率的影响

Fig. 4 The removal efficiency of  $NH_3-N$ , P in the system

### 3 结论

本文采用具有死端式和漂浮式特点的浸没式接触氧化工艺组件进行污水处理实验研究。结果表明,中空纤维膜作生物膜载体进行无泡供氧能够维持系统中足够的 DO,并且具有生物活性高、处理效果好、系统运行稳定的特点,解决了传统生物膜法生

物活性低、对氧的利用率低以及常规曝气污染空气等缺点,为生物膜法的发展提供了将中空纤维膜作生物膜载体与无泡供氧于一体的新型装置,为中空纤维膜作生物膜载体的生物膜处理污水技术的实际应用奠定了基础。

#### 参考文献 (References):

- [1] 王文军, 王文华, 黄亚冰. 生物膜的研究进展[J]. 环境科学进展, 1998, 7(5): 43-51.  
WANG Wen-jun, WANG Wen-hua, HUANG Ya-bing. Progresses of biofilm studies[J]. Advance in Environmental Science, 1998, 7(5): 43-51.
- [2] 师存杰. 生物膜技术在水处理中的应用[J]. 青海大学学报, 2001, 19(5): 32.  
SHI Cun-jie. Application of biofilm technology in water treatment[J]. Journal of Qinghai University, 2001, 19(5): 32.
- [3] 王东文, 陈洁, 支正良, 等. 新型活性污泥废水处理供氧方式——中空纤维膜无泡式供氧研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2001, 2(1): 72-76.  
WANG Dong-wen, CHEN Jie, ZHI Zheng-liang, et al. A novel oxygen aerator in active sludge wastewater treatment——Hollow fibers membrane bubbleless aerator[J]. Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control, 2001, 2(1): 72-76.
- [4] 黄霞, 桂萍, 范晓军, 等. 膜生物反应器废水处理工艺的研究进展[J]. 环境科学研究, 1997, 11(1): 40-44.  
HUANG Xia, GUI Ping, FAN Xiao-jun, et al. Membrane progress of bioreactor in wastewater treatment[J]. Study in Environmental Science, 1997, 11(1): 40-44.
- [5] Cote P. Bubble free aeration on using membranes: mass transfer analysis[J]. Journal of Membrane Science, 1989, 49: 91-106.
- [6] 柴社立, 蔡晶, 周永昶, 等. 水解—好氧组合工艺处理玉米淀粉废水的机理[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2004, 34(1): 154-157.  
CHAI She-li, CAI Jing, ZHOU Yong-chang, et al. The mechanism of the combined hydrolytic-aerobic processes to treat cornstarch wastewater[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2004, 34(1): 154-157.