

# 曝气生物滤池处理生活污水的试验研究

张林军

(徐州工程学院, 江苏 徐州 221008)

**【摘 要】** 研究了采用上向流曝气生物滤池(BAF)直接处理生活污水时, 气水比大小、水力负荷以及进水有机物浓度的变化对处理效果的影响, 并对滤池不同高度处COD和NH<sub>3</sub>-N去除率的变化以及微生物特征进行观察与分析。当气水比在4:1~5:1, 水力负荷在1.0~2.0 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h), 进水有机物浓度在300~400 mg/L左右时, 有机物和氨氮的去除率都比较高。曝气生物滤池有降解能力强、处理效果好以及耐冲击负荷的优点。

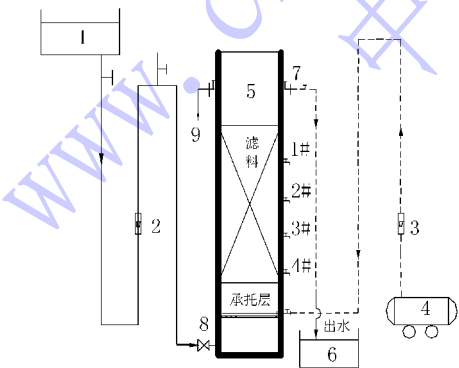
**【关键词】** 曝气生物滤池; 生活污水; 处理; 效果

**【中图分类号】** Q938 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-0704(2006)12-0064-03

曝气生物滤池(Biological Aerated Filter, BAF)是一项新型水处理技术, 它集生物膜的强氧化降解能力和滤层的截留效能于一体, 可应用于城市污水的处理、污水再生利用及微污染源水的预处理<sup>[1-2]</sup>。

## 1 试验装置

试验采用上向流滤柱直径70mm, 总高度为2500mm(图1)。采用国产轻质陶粒滤料, 粒径3~5mm, 填装高度为1500mm, 从滤料层顶部向下每隔350mm设置带取样阀的取样口, 编号分别为1#、2#、3#、4#。工艺与反冲洗曝气共用一套系统, 穿孔曝气管水平环状放置承托层底部<sup>[3-4]</sup>。



1 污水箱 2 转子流量计 3 气体转子流量计 4 空压机  
5 上向流滤柱 6 水箱 7 出水口 8 进水口 9 反冲洗排水口

图1 实验装置示意图

Fig 1 Schematic diagram of BAF

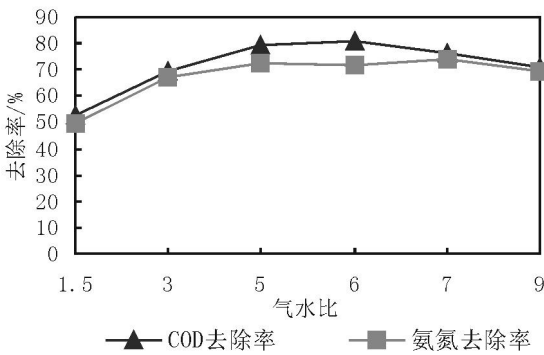


图2 气水比对处理效果的影响

Fig 2 Effect of air- water ratio on COD and NH<sub>3</sub>- N removal



## 2 试验水质

试验用生活污水取自某高校校园污水池, 试验阶段平均气温  $17\sim 23^{\circ}\text{C}$ , pH 为  $6.7\sim 7.6$ ,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  为  $320\sim 376\text{ mg/L}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  为  $20.03\sim 43.24\text{ mg/L}$ , 试验中通过稀释或投加淀粉(或葡萄糖)及碳铵来减小或增大进水污染物浓度  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  采用重铬酸钾法, 氨氮采用纳氏试剂分光光度法<sup>[5]</sup>。

## 3 实验研究与分析

### 3.1 气水比对处理效果的影响

通过投加营养物质, 控制进水有机物浓度相对稳定(在  $300\sim 350\text{ mg/L}$  之间), 使得氨氮进水浓度在  $30\text{ mg/L}$  左右, 水力负荷为  $1.04\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  (对应进水流量为  $4\text{ QL/h}$ ) 然后改变气水比, 进行相关数据的测定

实验表明, 最佳气水比为  $4\sim 5$ , 气水比的大小对处理效果影响显著。曝气量过小, 会造成反应器内水中溶解氧浓度较低, 不利于好氧异养菌的繁殖生长, 其降解有机物的活性也随之降低, 而且会使菌胶团解体, 原生动物(如纤毛虫类等)运动减少, 呆滞, 滤柱出水中悬浮物增多。当曝气量增大后, 加强液相主体的紊流程度, 降低液膜厚度, 加速气、水界面的更新, 增大气、水接触面积, 提高了氧转移速率。气水之间氧的扩散、传质过程得到加强  $\text{COD}$  的去除率稳步提高。

当曝气量增大到一定程度后, 水中氧的浓度不再增加, 过强的湍流反而造成水中溶解氧的解析及填料上生物膜脱落, 降低了固定化微生物的浓度, 使生物絮凝作用降低, 推流式运行受到影响, 导致  $\text{COD}$  去除率降低。另外, 曝气量过大, 动力消耗也将随之增加, 增加运行费用。当气水比达到 9 的时候, 可以看到滤柱内的滤料受气泡作用在振动, 尤其是顶部的一些滤料在气泡的带动下不断跳跃, 出水中可见悬浮状的细小的生物膜碎片。

### 3.2 水力负荷对处理效果的影响

进水  $\text{COD}$  浓度在  $300\sim 400\text{ mg/L}$ , 氨氮维持在  $30\text{ mg/L}$  左右, 在气水比为  $5:1$  的条件下, 依次改变水力负荷得到对  $\text{COD}$  和氨氮处理的试验数据见图 3。

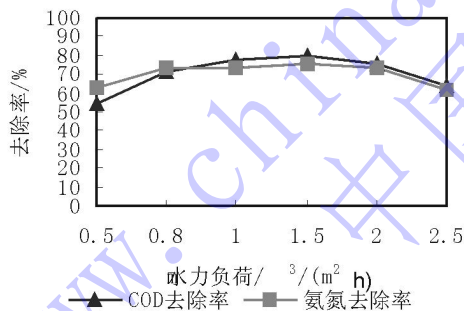


图 3 水力负荷对处理效果的影响

Fig 3 Effect of hydraulic loading  
on COD and  $\text{NH}_3\text{-N}$  removal

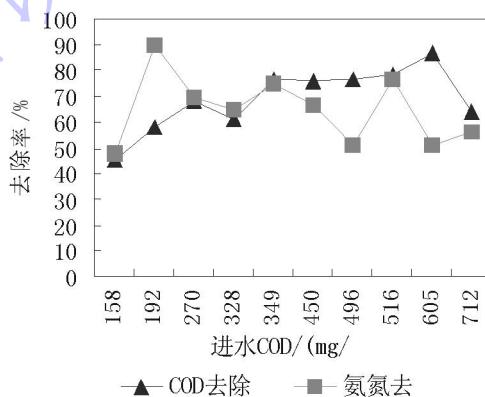


图 4 进水有机物浓度对处理效果的影响

Fig 4 Effect of organic concentration  
on COD and  $\text{NH}_3\text{-N}$  removal

从图 3 中可以看到  $\text{COD}$ 、氨氮去除率呈现先增加后降低的趋势。在水力负荷很小的情况下, 一方面气、水在滤池中的输移的阻力较大, 导致气、水流分布不均; 另一方面有机负荷也较低, 微生物会出现营养不足的情况, 增殖会受到影响, 从而  $\text{COD}$ 、氨氮的去除率较低。

随着滤速的提高, 滤池中的传质条件得到改善, 有机负荷随之提高, 微生物得到丰富的营养, 同时水力负荷的提高也强化了水流对填料表面生物膜的冲刷, 促进了生物膜的更新, 增强了微生物的活性, 使  $\text{COD}$  和氨氮的去除率得到提高。但太大的水力负荷, 会造成的生物膜的脱落和滤料间生物絮体的破碎, 使其容易被带出滤柱, 导致出水  $\text{COD}$  的去除率反而降低。此外, 水力负荷提高, 使得滤柱中上部的有机物浓度提高, 好氧微生物数量增多, 相应硝化菌受到抑制(生存空间被压缩), 会导致氨氮去除率的下降。同时水力负荷提高使反冲洗周期减小, 冲洗次数相对增加, 这对生长缓慢的硝化菌的增殖是不利的, 影响了对氨氮的去除。在本试验



的条件下,较好的水力负荷为  $1.0 \sim 2.0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

### 3.3 进水有机物浓度对处理效果的影响

将气水比稳定在 5:1,水力负荷稳定在  $1.0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,改变进水 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  的浓度,得到对 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  的去除效果,如图 4 所示。随着有机物浓度的增加,营养物质增多,在溶解氧比较充足的条件下,微生物生长旺盛,反应器内的生物量增加,从而保证了较高的有机物的去除率,即使在较高的进水有机物浓度下,COD 的去除率仍然可以达到较高的水平。

当进水 COD 浓度大于  $600 \text{ mg/L}$  时,COD 的去除率下降,出水中的悬浮物含量增加变得混浊。在营养充足的情况下,溶解氧的含量成为微生物活性的限制条件,由于微生物增殖较快,生物膜厚度增加较快,其内部容易出现厌氧条件,出现厌氧分解,会加速生物膜的脱落,导致出水悬浮物浓度提高。

在本试验条件下,进水有机物浓度在  $300 \text{ mg/L} \sim 400 \text{ mg/L}$  左右时氨氮的去除率可以达到较高的水平,随着进水 COD 的进一步增加,氨氮的去除率有所下降。进水 COD 浓度对氨氮的去除率是有影响的。

### 3.4 沿滤柱不同高度处 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率的变化

在试验中对滤柱上的 4 个取样口和出水取样口(见图 1)取样,测定了不同高度处 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度的变化情况(见图 6)。在 4 号取样口以下  $550 \text{ mm}$  部分,COD 去除率可达 42.77%;2 号取样口以下,可以达到 65.25%;氨氮在 3 号取样口以下去除率只有 21.91%;3 号和 2 号取样口之间,氨氮的去除率增加较快,而 2 号取样口向上到出水,氨氮浓度降低较慢。

数据表明降解有机物的好氧异养微生物和自养硝化菌在滤料中的空间分布是不同的<sup>[6-7]</sup>。异养菌对营养物质和氧的竞争能力要强于硝化菌,成为底部空间的优势菌种;上部由于营养的减少异养菌数量逐渐减少,硝化菌才能进行正常的代谢活动,所以硝化菌的活跃层在滤柱的中上部。此外,硝化菌的增殖速度较慢,在氨氮浓度较低的情况下,其增殖速度较慢,数量也较少。

## 4 结语

采用上向流曝气生物滤池直接处理生活污水,在本实验条件下,当气水比控制在 4:1~5:1,水力负荷在  $1.0 \sim 2.0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,进水有机物浓度在  $300 \sim 400 \text{ mg/L}$  左右时,有机物或氨氮的去除率都比较高,有机物浓度的过度增加会使氨氮的去除率有所下降。在上向流曝气生物滤池中异养菌主要分布在中下部;而硝化菌的活跃层在滤柱的中上部,这些变化都是在滤柱高度方向上微生物和环境相互协调的结果。曝气生物滤池具有较强的抗水力和有机冲击负荷的能力,截污能力强,工作周期长,是一种经济高效的水处理新工艺。

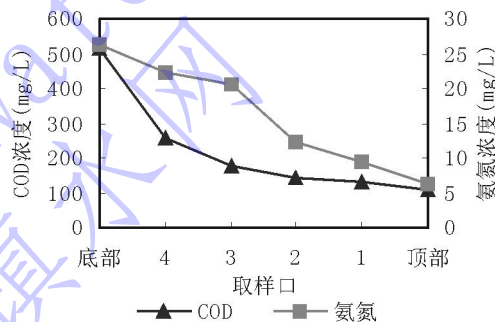


图 6 不同高度处 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度的变化

Fig 6 Gradual reduction of contaminant along the height of filter media

## 参 考 文 献

- [1] 张林军,徐颖.曝气生物滤池在国内的研究现状及应用前景[J].南通职业大学学报,2005,19(2):22~25
- [2] 王宏,张林军.曝气生物滤池启动与挂膜特性对比分析[J].徐州建筑职业技术学院学报,2005,5(4):21~23
- [3] 李汝琪,钱易等.曝气生物滤池去除污染物的机理研究[J].环境科学,1999,20(6):49~52
- [4] 江萍,胡九成.国产轻质球形陶粒用于曝气生物滤池的研究[J].环境科学学报,2002,22(4):460~464
- [5] 国家环境保护局.水和废水监测分析方法(第三版)[M].北京:中国环境科学出版社,1994
- [6] 王立立,胡勇有.曝气生物滤池去除有机物及硝化氨氮的影响因素研究[J].环境污染与防治,2006,28(4):257~260
- [7] 彭永臻,王海东,王淑莹.曝气生物滤池的微生物种群优化与分布[J].北京工业大学学报,2006,32(6):542~545