



AF+BAF 工艺处理焦化废水的试验研究

郭丽娜¹, 程小文²

(1. 安徽工业大学建筑工程学院, 安徽 马鞍山 243002; 2. 中国城市规划设计研究院, 北京 100044)

[摘要] 试验采用 AF+BAF 工艺处理焦化污水, 以水力停留时间为控制参数, 考察该系统对焦化废水的处理效果。结果表明, AF+BAF 工艺处理焦化废水是可行的。该系统运行稳定, 操作简单, 出水中 COD、氨氮和挥发酚等指标均达国家一级排放标准。当进水 COD 负荷 $<0.5 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 氨氮负荷 $<0.09 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, 系统对 COD 和氨氮的去除率分别可达 86% 和 98%, 出水平均 $\text{COD} < 150 \text{ mg/L}$, 氨氮 $< 15 \text{ mg/L}$ 。

[关键词] 曝气生物滤池; 焦化废水; 硝化

[中图分类号] X703.1 [文献标识码] A [文章编号] 1005-829X(2006)10-0027-03

Study on coke plant wastewater treatment by AF+BAF process

Guo Lina¹, Cheng Xiaowen²

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243002, China;
2. China Academy of Urban Planning and Design, Beijing 100044, China)

Abstract: Coke plant wastewater is treated with AF + BAF on laboratory scale, the results of the treatment of coke plant wastewater with different HRT have been studied. The treatment system has realized stable operation. The indexes such as COD, ammonia nitrogen and volatile phenol in effluent have all reached the national standard. The COD and ammonia nitrogen loading rate are less than $0.5 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ and $0.09 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ respectively, and up to 86% of COD and more than 98% of ammonia nitrogen could be removed. The average concentration in effluent for COD and ammonia nitrogen are less than 150 mg/L and 15 mg/L , respectively.

Key words: biological aerated filter; coke plant wastewater; nitrification

焦化废水具有水质水量变化大、成分复杂, 有机物特别是难降解有机物含量高、氨氮浓度高等特点。直到现在, 我国焦化厂采用的废水生物处理工艺大多仍为传统活性污泥法^[1]。该技术对焦化废水中的挥发酚、氰去除效果良好; 但出水 COD 和氨氮很难达标, 特别是对氨氮几乎没有去除效果。目前推广的 A/O、A²/O 工艺, 初期投资大、运行成本高、操作复杂。

BAF 工艺是一个典型的大颗粒固定床生物滤池, 是近年来研究较多的一种污水处理新工艺。BAF 中沿水流方向存在污染物的浓度梯度, 各种微生物均能找到适宜自身生存繁殖的场所; 且膜法“污泥龄”长, 像硝化菌等生长缓慢的细菌也得以增殖。BAF 中生物类型丰富繁多, 食物链长且复杂, 属于生物膜法, 生物量大, 剩余污泥少。BAF 集生物氧化和吸附截留于一体, 节省了二沉池; 容积负荷高, 水力停留

时间短, 基建投资省, 能耗低, 出水水质高^[2]。鉴于焦化厂生化出水中氨氮、COD 超标和 BAF 的特点, 开展本试验, 探讨应用 AF+BAF 处理焦化废水的可行性。这种 AF+BAF 组合工艺在国内尚属首次研究。

1 试验及设计

1.1 试验用水

试验用水取自某焦化厂气浮除油池出水, 其水质如表 1。

表 1 原水水质

COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3\text{-N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	挥发酚/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	色度/ 倍	pH
700~1900	112~350	5~40	95~210	400~1000	7~8.5

1.2 试验流程及装置

AF+BAF 系统处理焦化废水装置工艺流程见图 1。

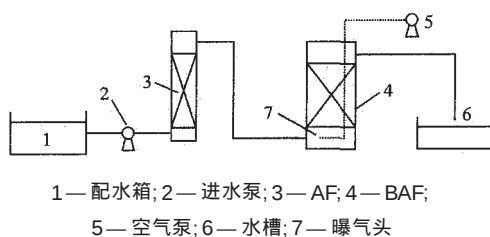


图 1 AF+BAF 系统处理焦化废水装置工艺流程

反应器由 PVC 管材制作,内填 BAF 专用滤料(粒径 3~5 mm)。其中,AF 的尺寸为 D 7.5 cm×150 cm,有效使用容积为 5 L,BAF 的尺寸为 D 15 cm×150 cm,有效使用容积为 15 L。

1.3 BAF 运行参数

气水比 10~20;反冲洗周期 7 d,采用气水联合反冲洗,气反冲洗强度 1.1~1.8 L/min,水反冲洗强度 4.4~5.9 L/min,反冲时间 10~15 min。在 BAF 的入口处滴加碳酸氢钠溶液,通过调节滴加速度,达到改变 BAF 中的 pH 和碱度的目的。

1.4 生物膜的培养与驯化

培养方式采用同步法,即培养驯化同步进行。考虑到焦化厂曝气池中污泥虽能适应焦化废水,但微生物种类欠丰富,故取回某焦化厂曝气池污泥后加入部分城市污水厂污泥作为接种污泥。将接种污泥倒入两个滤池(BAF 中曝气),3 d 后进行反冲洗。将焦化废水稀释 10 倍,投加少量葡萄糖作为营养物质,并加入少量氯化铵增加氨氮浓度刺激硝化菌生长,连续进水。因焦化废水中含磷较少,以 $m(\text{COD}) : m(\text{P}) = 100 : 1$ 的比例投加磷酸二氢钾补充磷源。因厌氧生物对微量金属元素较敏感,驯化期间向 AF 中补加少量微量金属元素。根据进出水 COD 和氨氮值,当其去除率达 70%时,减小废水稀释率。按 $V(\text{原水}) : V(\text{自来水})$ 为 1 9、1 4、1 3、1 2、1 1 递减,最后以原水直接进水,培养期从 5 月份开始至 8 月份结束。

1.5 试验方法

首先,考察 AF 中水力停留时间与 AF 出水中有机物浓度的关系,确定合适的 AF 水力停留时间。在设定 AF 的水力停留时间为 8 h 后,逐渐减小 BAF 的进水流量,控制 BAF 的水力停留时间分别为 24、32、40、48、56 h,系统水力停留时间分别为 32、40、48、56、64 h,每个停留时间运行一周,考察不同的 BAF 水力停留时间对出水中有机物和氨氮浓度的影响。

2 结果与讨论

2.1 处理效果

在 AF 的 HRT 为 8 h,BAF 的 HRT 为 40 h,调

节出水 pH 为 7.5~8.0 的条件下,系统稳定运行阶段处理效果见表 2。

表 2 废水处理实验结果

项目	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氨氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	挥发酚/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	色度/ 倍
进水	950	178	28.2	156	800
出水	135	3.45	0.36	5.3	80

从表 2 可以看出,系统处理出水的主要指标均能达到国家排放标准。表中数据为稳态运行时试验结果的平均值。

2.2 AF 的水力停留时间对有机物降解的影响

表 3 为 AF 的水力停留时间与 AF 出水中有机物浓度的关系。

表 3 HRT 与出水水质的关系

HRT/h	0	2	4	6	8	10	12
COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	1 120	1 140	1 150	1 090	923	855	812
BOD ₅ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	213	239	323	283	211	188	144
BOD ₅ /COD	0.19	0.21	0.28	0.26	0.23	0.22	0.18

有机物的厌氧分解主要经历两个阶段:酸性发酵和碱性发酵。在酸性发酵中,通过水解酸化作用,焦化废水中的部分大分子和难生物降解物质得到了转化。由表 3 可知,随着水力停留时间的延长,焦化废水中 BOD₅/COD 先升高后降低。可见焦化废水的厌氧酸化可在较短的时间内发生。厌氧酸化过程主要是化合物之间相互转化的过程,真正得到去除的有机物很少,厌氧 HRT 为 4~5 h 即可达到对难降解有机物水解酸化的目的^[3]。张艺文等^[4]在研究单级 BAF 处理焦化废水时发现,单级 BAF 不能脱去焦化废水的色度。而 AF+BAF 工艺能脱去色度,说明引起色度的大部分有机物能在 AF 中被水解。

2.3 进水 COD 负荷与 COD 去除效果的关系

容积负荷的大小直接表示单位体积反应器的处理效率,在保证出水水质的情况下,该值越大表明反应器的处理能力越强。在进水 COD 为 800~900 mg/L 时,调节 BAF 的水力停留时间,系统在不同的 COD 负荷下对 COD 的去除效果见图 2。

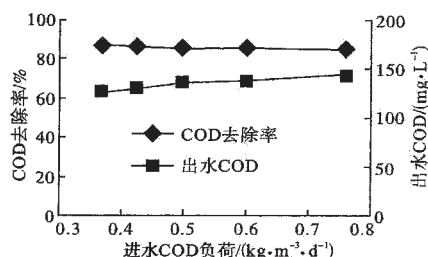


图 2 进水 COD 负荷与 COD 去除效果的关系



由图 2 可知, 增加 BAF 的水力停留时间, 减小 COD 负荷, 对 COD 的去除率提高很小。有研究表明^[3], A1—A2—O 系统出水中有机物基本为难降解物质, 其主要四种难降解物质占出水总有机组分的 64.6%。虽然 AF 能对难降解有机物水解酸化, 但水中仍有部分难降解物质存在; 难降解物质在好氧条件下分解很慢, 所以延长水力停留时间对出水 COD 的进一步降低作用很小。

2.4 氨氮的去除效果

2.4.1 进水 COD 负荷

进水 COD 负荷与出水氨氮的关系见图 3。

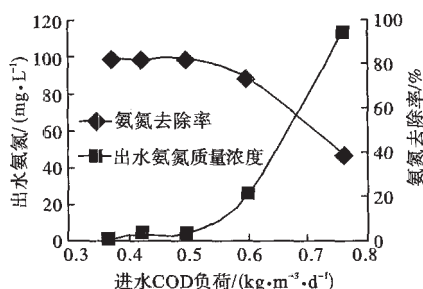


图 3 进水 COD 负荷与出水氨氮的关系

由图 3 可知, 随着水力停留时间的减少, COD 负荷的增加, 出水中氨氮浓度开始缓慢升高; 当 COD 负荷超过 $0.5 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, 出水中氨氮浓度急剧上升。这是因为水力停留时间的减少, 导致易降解有机物在 BAF 下部的碳化段不能完全被降解, 一部分易降解有机物还没来得及降解就被水流挟带至 BAF 上部的硝化段。当硝化段的有机物浓度升高后, 异养菌便在 BAF 上部的硝化段大量繁殖; 因异养菌的比生长速率比硝化菌高出许多倍, 抢占了滤料表面, 抑制了硝化菌的生长。另外, 硝化细菌是一类敏感、易受破坏和冲击的细菌, 焦化废水中有很多化学物质会对硝化细菌有毒, 如酚、氰、多环芳烃等^[5]。当水力停留时间减少后, 废水中的这些化学物质没能彻底降解就转移到了 BAF 上部的硝化段, 从而对硝化细菌产生毒害甚至致死, 使硝化反应受到抑制, 氨氮去除率显著下降。

2.4.2 进水氨氮负荷

进水氨氮负荷与出水氨氮关系见图 4。

由图 4 可知, 随着水力停留时间的减少, 氨氮负荷的增加, 出水中氨氮浓度开始缓慢升高; 当氨氮负荷超过 $0.09 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 后, 出水中氨氮浓度急剧上

升。说明此时已达该系统的最大硝化负荷, 即系统的最大氨氮负荷为 $0.09 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。要保证出水氨氮浓度达标, 进水氨氮负荷必须 $< 0.09 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

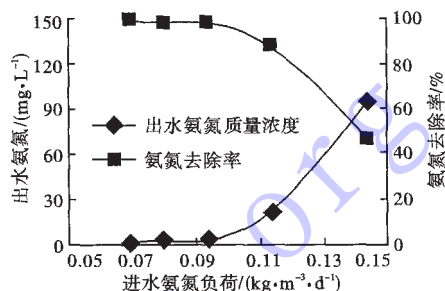


图 4 进水氨氮负荷与出水氨氮的关系

3 结论

(1) 采用 AF+BAF 工艺处理焦化废水是可行的。当进水 COD 负荷 $< 0.5 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 、氨氮负荷 $< 0.09 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, 系统对 COD 和氨氮的去除率分别可达 86% 和 98%, 平均出水 COD $< 150 \text{ mg/L}$ 、氨氮 $< 15 \text{ mg/L}$ 。

(2) BAF 的 HRT 减少对 COD 的去除影响不大, 但氨氮的去除率显著下降, 这是因为 HRT 的减少会导致碳化段延长, 从而挤占了硝化段。

(3) 单级 BAF 不能脱去焦化废水的色度, 而 AF+BAF 工艺能脱去色度; 说明焦化废水中引起色度的大部分有机物能在 AF 中被水解。

(4) 建议在以后的研究中采用两级 BAF, 将碳化段和硝化段分开; 以满足碳化和硝化对滤料粒径、负荷、碱度、曝气、反冲洗等参数的不同要求。

[参考文献]

- [1] 张景来, 王剑波, 常冠钦, 等. 冶金工业污水处理技术及工程实例 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 157-160.
- [2] 郑俊, 吴浩汀, 程寒飞. 曝气生物滤池污水处理新技术及工程实例 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 26-27.
- [3] 李咏梅, 彭永臻, 顾国维, 等. 焦化废水中有机物在 A1-A2-O 生物膜系统中的降解机理研究 [J]. 环境科学学报, 2004, 24(2): 242-248.
- [4] 张文艺, 翟建平, 郑明东, 等. BAF 工艺处理焦化废水研究 [J]. 给水排水, 2005, 31(7): 52-54.
- [5] Aniruddha B. Operational Control of Coke Plant Wastewater Nitrification System [J]. Iron and Steel Engineer, 1998, 75(5): 30-33.

[作者简介] 郭丽娜(1981—), 2003 年毕业于安徽工业大学, 硕士。
电话: 13146530708, E-mail: xwcheng81@sohu.com.

[收稿日期] 2006-06-25(修改稿)