

# 多填料复合式 UAF/BAF 两级工艺处理洗涤剂废水

纪桂霞<sup>1</sup>, 张瑞华<sup>1</sup>, 周步轩<sup>2</sup>, 管祥雄<sup>1</sup>

(1. 上海理工大学 环境与建筑学院, 上海 200093; 2. 上海皮尔博格有色零部件有限公司, 上海 201815)

**摘要:** 采用多填料复合式 UAF/BAF 两级工艺处理洗涤剂废水, 考察了滤速对洗涤剂废水处理效果的影响。结果显示, 当滤速为 1.4 m/h、BAF 气水比为 2:1 时, UAF 对 COD、表面活性剂 (LAS)、TP 的平均去除率分别为 54%、27%、12%, BAF 对 COD、LAS、TP 的平均去除率分别达到 33.2%、66.4%、81.5%, 系统出水 COD、LAS、TP 的平均浓度分别为 56、3.1、0.5 mg/L, 达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的一级标准。UAF 提高了废水的可生化性, 降低了 LAS 的毒性, 强化了 BAF 对难降解有机物、LAS 和 TP 的去除效果, 解决了洗涤剂废水处理难达标问题。

**关键词:** 洗涤剂废水; UAF/BAF 两级工艺; 多填料; 滤速

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)21-0096-04

## Treatment of Detergent Wastewater by Multi-filler UAF/BAF Two-stage Process

JI Gui-xia<sup>1</sup>, ZHANG Rui-hua<sup>1</sup>, ZHOU Bu-xuan<sup>2</sup>, GUAN Xiang-xiong<sup>1</sup>

(1. School of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Kolbenschmidt Pierburg Shanghai Nonferrous Components Co. Ltd., Shanghai 201815, China)

**Abstract:** The detergent wastewater was treated by a two-stage process of multi-filler combined UAF/BAF, and the effect of the filtration rate on the treatment efficiency was investigated. The results showed that the average removal rates of COD, LAS and TP were 54%, 27%, 12% in UAF and 33.2%, 66.4%, 81.5% in BAF, respectively, when the filtration rate of the system was 1.4 m/h and the volume ratio of air to water in BAF was 2:1. The average concentrations of COD, LAS, and TP in the effluent were 56 mg/L, 3.1 mg/L, and 0.5 mg/L, respectively, which all reached the first class standard in *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978-1996). The results indicated that UAF improved the biodegradability of detergent industry wastewater, reduced the toxicity of LAS, and strengthened the BAF's removal efficiency of refractory organics, LAS and TP. The problems in the treatment of effluent to satisfy the standards were solved.

**Key words:** detergent wastewater; UAF/BAF two-stage process; multi-filler; filtration rate

生产与生活中使用洗涤剂所产生的废水量巨大, 废水中的主要污染因子有 COD、表面活性剂 (LAS)、磷助剂 (TP) 等<sup>[1]</sup>。LAS 具有一定毒性, 且 LAS 乳化携带的胶体污染物、不饱和脂肪酸、蛋白

质、甘油等使得合成洗涤剂废水处理难以达标<sup>[1,2]</sup>。曝气生物滤池(BAF)对生活污水、工业废水的处理效果良好,尤其对难降解有机物、氮、磷的去除效果好,可用于处理洗涤剂废水<sup>[3~5]</sup>。因此,笔者采用纤维绳、稀土瓷砂、生物陶粒三种填料复合式厌氧生物滤池(UAF)/BAF 两级工艺(一级工艺为升流式 UAF、二级工艺为下向流 BAF)处理洗涤剂废水,通过改进滤料级配和空隙率,提高过滤、生物挂膜、吸附和传质效果,以期洗涤剂废水治理实际工程提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 原水水质

试验以难处理的家用洗衣粉典型废水为研究对象,原水水质如下:COD 为 350~500 mg/L, LAS 为 40~60 mg/L, TP 为 7~9 mg/L, 水温为 25℃左右。COD、LAS、TP 分别采用重铬酸钾法、亚甲基蓝分光光度法、钼酸铵分光光度法测定。

### 1.2 试验装置

试验装置见图 1。

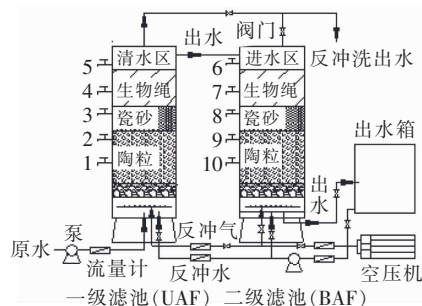


图 1 UAF/BAF 试验装置

Fig. 1 Schematic diagram of UAF/BAF

UAF 和 BAF 均采用 PVC 材质且尺寸相同(圆柱体),高为 3 350 mm,内径为 152 mm,底部均设高为 200 mm 的配水区,并设有进水管、空气管及空气扩散器、反冲洗水管等。配水区上部设承托板,承托板上填装卵石承托层(150 mm),承托层以上依次采用三种填料分层填装,自下而上依次为生物陶粒层(1 200 mm)、稀土瓷砂层(500 mm)、900 mm 纤维绳(顶部悬挂)。两柱侧壁设有取样口,编号为 1~10。一级滤池底部的空气管只用于 UAF 反冲洗,二级滤池底部的空气管用于 BAF 曝气与反冲洗。此外,还有水泵、空压机、阀门、气体与液体流量计等设备。

### 1.3 填料

填料对生物滤池除污效果影响显著<sup>[6]</sup>,根据前

期研究结果<sup>[7]</sup>,选择生物挂膜、吸附性能较好的生物陶粒、稀土瓷砂、纤维绳作为滤池填料。其中,生物陶粒的粒径为 3~6 mm、摩擦损失率 <2.2%、比表面积为 2~5 m<sup>2</sup>/g、孔隙率 >36%、堆积密度为 0.75~1.1 g/cm<sup>3</sup>;稀土瓷砂的粒径为 2~4 mm、摩擦损失率 <0.75%、比表面积 <2 m<sup>2</sup>/g、孔隙率 >28.6%、堆积密度为 1.40~1.80 g/cm<sup>3</sup>;纤维绳的比表面积为 250~300 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>。

### 1.4 试验方法

UAF/BAF 两级串联组合工艺处理洗涤剂废水研究分两部分:第一部分,当 BAF 气水比为 2:1(防止 BAF 顶部泡沫大量积聚的气水比),系统滤速分别为 0.8、1.4、1.8、2.3 m/h 时,在每一滤速下连续运行且待出水水质稳定后,连续 4 d 取样测定出水 COD、LAS、TP,并计算各指标的平均浓度及平均去除率,考察不同滤速对洗涤剂废水处理效果的影响,以确定系统运行的最佳滤速;第二部分,当进水水质稳定、BAF 气水比为 2:1 时,调整系统在最佳滤速下运行,待出水水质稳定后沿程取样检测,考察污染物的沿程去除效果。

## 2 结果与讨论

### 2.1 滤速对 COD 去除效果的影响

不同滤速条件下,系统进出水 COD 浓度及其去除率变化见图 2。

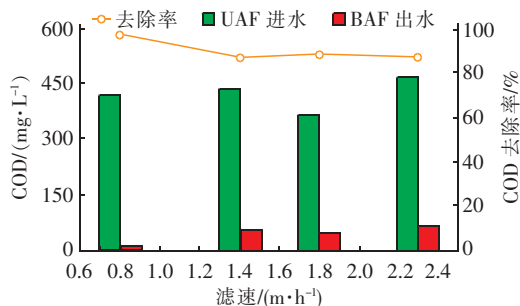


图 2 不同滤速下进出水 COD 浓度及其去除率

Fig. 2 Influent and effluent COD concentration and its removal rate under different filtration rates

由图 2 可以看出,随着滤速增大,COD 去除率降低。原因是:滤速增大,生物膜与洗涤剂废水的接触时间减少,导致废水中有机物的降解不充分<sup>[8]</sup>。当滤速由 0.8 m/h 增至 1.4 m/h 时,COD 去除率由 96.86% 快速降低到 87.2%;滤速由 1.4 m/h 增至 2.3 m/h 时,对 COD 的去除率降低缓慢,仅下降了 0.42%,表明系统有一定的耐冲击负荷能力。当滤

速 $\leq 1.8$  m/h时,出水 COD $<60$  mg/L,达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准;滤速 $>1.8$  m/h时,出水 COD $>60$  mg/L,水质变差。

## 2.2 滤速对 LAS 去除效果的影响

不同滤速条件下,系统进出水 LAS 浓度及其去除率见图 3。可以看出,当滤速由 0.8 m/h 增至 2.3 m/h 时,LAS 去除率由 97.57% 降至 71.06%。其中,当滤速由 0.8 m/h 增至 1.4 m/h 时,LAS 去除率缓慢降至 93.4%,出水 LAS 浓度均小于 5 mg/L,达到 GB 8978—1996 的一级标准;当滤速由 1.4 m/h 增至 2.3 m/h 时,LAS 去除率迅速降至 71.06%,滤速为 1.8 m/h 时,出水 LAS 浓度为 7.9 mg/L,已超标。主要原因是:滤速增大,LAS 总量增加,抑制了微生物的活性。因此,控制滤速在 1.4 m/h 左右时,系统出水 LAS 浓度可达到一级标准。

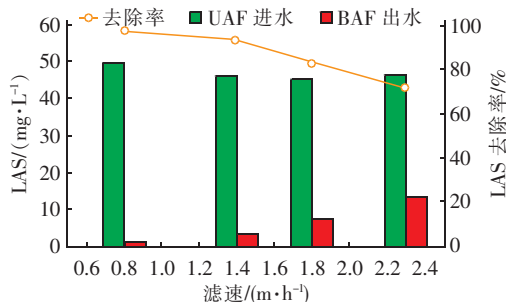


图3 不同滤速下进出水 LAS 浓度及其去除率

Fig.3 Influent and effluent LAS concentration and its removal rate under different filtration rates

## 2.3 滤速对 TP 去除效果的影响

不同滤速条件下,系统进出水 TP 浓度及其去除率变化见图 4。

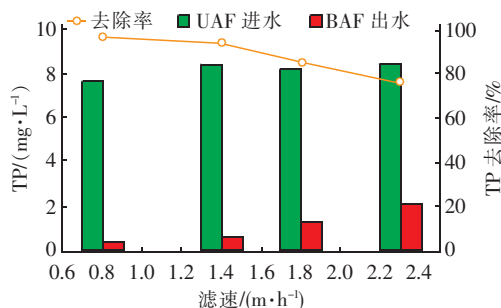


图4 不同滤速下进出水 TP 浓度及其去除率

Fig.4 Influent and effluent TP concentration and its removal rate under different filtration rates

由图 4 可以看出,随着滤速增大,TP 去除率降低。当滤速由 0.8 m/h 增至 1.4 m/h 时,TP 去除率

由 95.8% 缓慢减小到 93.5%,出水 TP 浓度在 0.3~0.5 mg/L 之间,达到 GB 8978—1996 的一级标准;继续增大滤速至 2.3 m/h 时,TP 去除率快速降至 75.98%,系统出水 TP 浓度均大于 0.5 mg/L,水质变差。因此,滤速不超过 1.4 m/h 时系统出水 TP 浓度可达到一级标准。

## 2.4 污染物去除率的沿程变化

当 BAF 气水比为 2:1、系统滤速为 1.4 m/h 时,系统连续运行至出水水质稳定,洗涤剂废水中各污染物浓度及其去除率的沿程变化如图 5 所示。

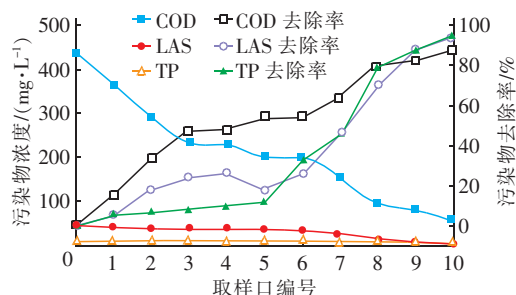


图5 污染物浓度及其去除率的沿程变化

Fig.5 Variation of pollutants concentration and their removal rates along process

由图 5 可知,随水流流经滤料层厚度的增加,系统对 COD、LAS 和 TP 的去除率逐渐增大,对 COD、LAS 和 TP 的总去除率分别约为 87.2%、93.4%、93.5%。UAF 对 COD 的去除率较 BAF 高,分别约为 54% 和 33.2%。UAF 对 LAS 的去除率较低,约为 27%;BAF 对 LAS 的去除率较高,约为 66.4%,一是由于厌氧提高了 LAS 的可生化性并降低了其毒性,二是 BAF 顶部泡沫聚集使出水效果变好。UAF、BAF 对 TP 的去除率分别为 12%、81.5%,BAF 生物好氧吸磷效果更显著。

## 3 结论

① 随着滤速增大,水力停留时间减小,系统对洗涤剂废水中 COD、LAS、TP 的去除率下降。当 BAF 气水比为 2:1、滤速不超过 1.4 m/h 时,系统出水 COD、LAS、TP 浓度可达到 GB 8978—1996 的一级标准。

② 当系统进水 COD、LAS、TP 浓度分别为 436、46.8、8.4 mg/L,水温为 25℃ 左右,BAF 气水比为 2:1,滤速为 1.4 m/h 时,多填料复合式 UAF/BAF 两级工艺对洗涤剂废水中 COD、LAS、TP 的平均去除率分别约为 87.2%、93.4%、93.5%,系统出

水 COD、LAS、TP 的平均浓度分别约为 56、3.1、0.5 mg/L,达到 GB 8978—1996 的一级标准。

③ 在多填料复合式 UAF/BAF 两级系统中, UAF 对 COD 的去除率大于 BAF,但是 BAF 对 LAS、TP 的去除率远高于 UAF,这充分表明 UAF 提高了有机物的可生化性,降低了 LAS 的毒性,强化了 BAF 对难降解有机物、LAS 和 TP 的去除效果。

#### 参考文献:

- [1] 罗杰,纪桂霞,刘弦,等. 复合曝气生物滤池处理合成洗涤剂废水研究[J]. 工业水处理,2010,30(8):47-50.  
Luo Jie, Ji Guixia, Liu Xian, *et al.* Research on the treatment of synthetic detergent wastewater by using hybrid biological aerated filter [J]. Industrial Water Treatment, 2010, 30(8):47-50 (in Chinese).
- [2] 王宝辉,张学佳,纪巍,等. 表面活性剂环境危害性分析[J]. 化工进展,2007,26(9):1263-1266.  
Wang Baohui, Zhang Xuejia, Ji Wei, *et al.* Hazard analysis of surfactants in ecosystem [J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2007, 26(9):1263-1266 (in Chinese).
- [3] Farabegoli G, Chiavola A, Rolle E. The biological aerated filter (BAF) as alternative treatment for domestic sewage. Optimization of plant performance [J]. J Hazard Mater, 2009, 171(1/3):1126-1132.
- [4] 纪桂霞,杨继柏,周步轩,等. ABR 与 UBAF 组合工艺处理合成洗涤剂废水实验研究[J]. 水处理技术, 2014, 40(1):84-87.  
Ji Guixia, Yang Jibai, Zhou Buxuan, *et al.* The experimental study on combined process of ABR and UBAF for treatment of synthetic detergent wastewater [J]. Technology of Water Treatment, 2014, 40(1):84-87 (in Chinese).
- [5] 萧灿强,胡晓东,陈嘉祺,等. 接触氧化—曝气生物滤池组合工艺处理洗涤剂废水试验研究[J]. 水处理技术, 2013, 39(12):88-90.  
Xiao Canqiang, Hu Xiaodong, Chen Jiaqi, *et al.* The experimental study on biological contact oxidation-biological aerated filter combined process in synthetic detergent wastewater treatment [J]. Technology of Water Treatment, 2013, 39(12):88-90 (in Chinese).
- [6] 余彬,张杰,李昌湖,等. 不同填料对曝气生物滤池除污效果的影响[J]. 中国给水排水,2012,28(9):17-20,24.  
Yu Bin, Zhang Jie, Li Changhu, *et al.* Impact of different medias on pollutants removal in biological aerated filters [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(9):17-20, 24 (in Chinese).
- [7] 许行翔,纪桂霞,杨继柏,等. BAF 处理洗涤剂废水适宜填料的筛选试验研究[J]. 水资源与水工程学报, 2013, 24(4):103-106.  
Xu Xingxiang, Ji Guixia, Yang Jibai, *et al.* Experiment on screening of suitable filler for detergent wastewater treated by biological aerated filter [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2013, 24(4):103-106 (in Chinese).
- [8] 李文运,赵振环,李思敏,等. 水力停留时间对 BAF 除污性能的影响[J]. 中国给水排水,2012,28(3):75-77.  
Li Wenyun, Zhao Zhenhuan, Li Simin, *et al.* Effect of hydraulic retention time on pollutant removal performance of BAF [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(3):75-77 (in Chinese).



作者简介:纪桂霞(1966—),女,山东德州人,硕士,副教授,研究方向为水污染控制工程。

E-mail: shjiguixia@163.com

收稿日期:2018-04-12