

UBF 生物铁反应器处理高浓度印染废水试验研究

郑晓英, 操家顺, 王惠民

(河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 对用 UBF 生物铁反应器处理高浓度印染废水时的运行参数进行了试验研究. 结果表明, 当进水 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 为 1500 mg/L 左右, 色度为 400 ~ 600 倍, pH 值为 8.0 ~ 9.0, 控制水温为 28 ~ 32℃, UBF 反应器的 $HRT > 24.0$ h 时, 适宜的 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 为 9.0 ~ 10.0 mg/L. 在此情况下, UBF 反应器的 COD_{Cr} 去除率为 53.74%、色度去除率为 76% ~ 80%, 与不投加铁离子时相比, COD_{Cr} 去除率提高了 20% ~ 30%, 同时厌氧段出水 pH 值为 7.5; 厌氧 UBF-生物接触氧化工艺的 COD_{Cr} 总去除率为 79.41%、色度总去除率为 84% ~ 88%.

关键词 印染废水; UBF 反应器; 生物铁

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 1000-198X(2005)01-0052-03

厌氧复合床反应器(UBF 反应器)采用上流式厌氧污泥床 UASB 与厌氧滤器 AF 两种工艺相结合的反应器结构, 可充分发挥两者的优点, 是水污染防治领域中一项极具开发应用前景的生物处理技术^[1~8]. UBF 反应器具有以下特点: (a) 有机负荷高, 占地少; (b) 生物量大, 生物活性高, 抗冲击负荷能力强; (c) 具有生物降解和过滤的双重功能; (d) 填料有利于颗粒污泥的快速生成^[2~5]. 现有的 UBF 反应器的运行参数主要是参考 UASB 或 AF 反应器选取的, 而关于 UBF 反应器独立的性能参数还很少. 国内外这方面的研究较少, 对用 UBF 处理这样高浓度、难降解的印染废水的相关参数还未见报道. 为此, 笔者对用 UBF 生物铁反应器处理高浓度印染废水时运行参数的选取问题进行了试验研究.

1 试验流程及装置

1.1 试验流程

试验所采用的 UBF 反应器, 由有机玻璃制成, 尺寸为 $\varnothing 0.08 \text{ m} \times 1.60 \text{ m}$, 有效容积为 6.5 L, 水封高度为 0.3 m, 填料为悬浮型 NPL(聚丙烯球形中空填料), 填料高度(接触区)为 0.50 m, 污泥区高度为 0.5 m, 各进出水管及取样管直径均为 20 mm. 接触氧化池尺寸为 $\varnothing 0.10 \text{ m} \times 0.50 \text{ m}$, 有效容积为 3.50 L, 填料为盾式填料(组合填料), 曝气采用 CX-2500 空气泵. 试验流程如图 1 所示.

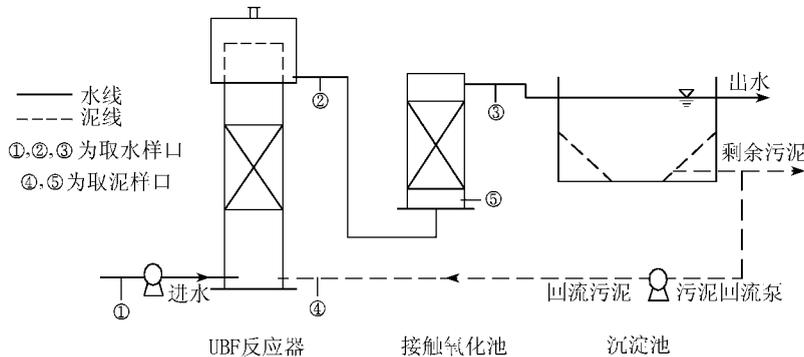


图 1 试验流程

Fig.1 Flow chart of experiment

1.2 试验对象水质

试验废水为南京印染厂印染废水。由于生产产品的不同(主要是指生产中所用染料的不同),废水差异很大。试验用水水质如表 1 所示。

表 1 试验废水水质

Table 1 Characteristics of dyeing wastewater

废水种类	$\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{BOD}_5)$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH 值	色度/倍	色泽
印染废水	1600 ~ 1800	300 ~ 400	12.0 ~ 14.0	600 ~ 800	深紫红色或深蓝紫色

注: 印染废水是指印染工艺(包括烧毛、退浆、煮炼、漂白、丝光等工序)排出的印染废水。

1.3 挂膜及启动

控制厌氧段温度为 28 ~ 32℃, 进水 pH 值为 8.0 ~ 9.0。经过 1 周的挂膜试验和 10 周的厌氧反应器 UBF 的启动运行使 UBF 反应器和整个工艺进入稳定运行阶段。

2 试验结果分析

2.1 试验数据

在提高负荷的过程中发现, 随着进水有机物浓度的提高, UBF 厌氧反应器的 COD_{Cr} 去除率始终徘徊在 30% 以下, 且去除率呈下降趋势, 同时工艺的总去除率也停留在 65% 左右。为了获得良好的去除效果, 采用了出水回流和投加铁盐相结合的方法, 利用生物铁原理, 取得了显著效果。据工程实践数据, Fe^{2+} 质量浓度 $\rho(\text{Fe}^{2+}) \leq 10 \text{ mg/L}$ 时均有较好的去除效果。为此, 在 0 ~ 12 mg/L 范围内进行了一组试验, 并探讨了适宜的 Fe^{2+} 投加量。温度 28 ~ 32℃ 时, 不同 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 下厌氧、厌氧-好氧工艺进、出水数据见表 2、表 3 和表 4。

表 2 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 对有机物(COD_{Cr})去除率的影响

Table 2 Influence of concentration of Fe^{2+} on COD_{Cr} removal rate

$\rho(\text{Fe}^{2+})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	HRT/h	$\rho_{\text{进}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho_{\text{厌}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	厌氧去除率/ %	$\rho_{\text{好}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	总去除 率/%
0	28.3	1503	1134	24.55	492	67.27
5.0	25.0	1536	865	43.68	423	72.46
9.0	24.0	1471	683	53.57	300	79.61
10.0	24.4	1496	692	53.74	308	79.41
12.0	26.3	1488	712	52.15	326	78.09

注 (a) HRT 为厌氧段 UBF 反应器水力停留时间, 温度为 28 ~ 32℃, 下同 (b) $\rho_{\text{进}}$, $\rho_{\text{厌}}$, $\rho_{\text{好}}$ 分别为进水、厌氧出水、好氧出水 COD_{Cr} 质量浓度。

表 3 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 质量浓度对色度去除率的影响

Table 3 Influence of concentration of Fe^{2+} on chroma removal rate

$\rho(\text{Fe}^{2+})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	HRT/h	进水色 度/倍	厌氧出水 色度/倍	厌氧去 除率/%	好氧出水 色度/倍	总去除 率/%
0.0	28.3	600	50	91.67	50	91.67
5.0	25.0	500	120	76.00	80	84.00
9.0	24.0	400	90	77.50	60	85.00
10.0	24.4	500	110	78.00	60	88.00
12.0	26.3	400	80	80.00	60	85.00

表 4 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 浓度对出水 pH 值的影响

Table 4 Influence of concentration of Fe^{2+} on pH value of effluent

$\rho(\text{Fe}^{2+})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	进水 pH 值	厌氧出水 pH 值
0.0	9.0	7.5
5.0	8.5	7.5
9.0	9.0	7.5
10.0	8.5	7.5
12.0	8.5	7.5

2.2 成果分析

试验结果证明, 二价铁离子的投加有助于厌氧反应的顺利进行。

从表 2 可以看出, 在去除有机物方面, 从不投加铁盐到投加铁盐至 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 为 5.0 mg/L 时, UBF 反应器及厌氧-好氧工艺的去除率有明显提高; 当 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 逐渐上升到 9.0 ~ 10.0 mg/L 时, UBF 反应器及厌氧-好氧工艺的去除率达到了最高值 53.74%, 比不投加铁离子时提高了近 30%; 而当 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 上升为 12.0 mg/L 时, 去除率有下降趋势。由于 Fe^{2+} 与印染废水中的 OH^- 结合生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 胶体絮凝剂, 该胶体絮凝剂的吸附能力高于一般药剂水解法得到的吸附絮凝体, 这样原有的悬浮物以及不溶性染料均可被其吸附絮凝。同时, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 絮体与微生物絮体协同吸附形成了生物铁厌氧污泥。生物铁污泥, 不仅因其吸附作用富集了有机物而具有较高的代谢活性, 而且增加了厌氧污泥的沉降性。

从表 3 可以看出, 在去除色度方面, 从不投加铁盐到投加铁盐至 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 为 5.0 mg/L 时, UBF 反应器及厌氧-好氧工艺的去除率明显下降; 当 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 逐渐上升到 9.0 ~ 12.0 mg/L 时, UBF 反应器及厌氧-好氧工艺的去除率分别稳定在 76% ~ 80% 和 84% ~ 88% 之间。 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 胶体能吸附染料分子, 在去除色度的同时可去

除部分 COD_{Cr} , 过量的 Fe^{2+} 参与氧化-还原反应, 并能为染料分子的还原反应提供电子且自身被氧化为 Fe^{3+} (呈土黄色), 提高了有机物的去除率. 但由于 Fe^{3+} 呈土黄色, Fe^{3+} 被带入出水中使得厌氧出水的色度有所提高.

从表4可以看出, 当进水中 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 从 0 mg/L 逐渐增加到 12.0 mg/L 且进水 pH 值保持在 $8.0 \sim 9.0$ 时, 出水 pH 值并没有发生变化. 因此, 在进水 pH 值稳定时, 投加铁盐对出水 pH 值没有影响.

据试验结果并考虑工程的经济性, 则适宜的 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 为 $9.0 \sim 10.0\text{ mg/L}$.

3 结 论

a. 在 UBF 厌氧反应器中投加适量二价铁离子形成厌氧生物铁反应器, 用该反应器处理印染废水可以提高厌氧段的 COD_{Cr} 去除率, 同时可以获得稳定的色度去除效果.

b. 用 UBF-生物接触氧化工艺处理 COD_{Cr} 质量浓度为 1500 mg/L 左右、色度为 $400 \sim 600$ 倍、pH 值为 $8.0 \sim 9.0$ 的印染废水, 当控制水温为 $28 \sim 32^\circ\text{C}$ 、UBF 反应器的 HRT $> 24.0\text{ h}$ 时, 适宜的 $\rho(\text{Fe}^{2+})$ 为 $9.0 \sim 10.0\text{ mg/L}$. 此时, UBF 反应器的 COD_{Cr} 去除率可达到 53.74% 、色度去除率稳定在 $76\% \sim 80\%$ 之间. 其中 COD_{Cr} 去除率比不投加铁离子时提高了 $20\% \sim 30\%$, 同时厌氧段出水 pH 值稳定在 7.5 . 厌氧 UBF-生物接触氧化工艺的 COD_{Cr} 总去除率可达到 79.41% 、色度总去除率稳定在 $84\% \sim 88\%$ 之间.

参考文献:

- [1] 戴日成, 张统, 郭茜, 等. 印染废水水质特征及处理技术综述[J]. 给水排水, 2000, 26(10): 33—37.
- [2] 郑晓英, 操家顺, 王惠民. 豆制品生产废水处理技术[J]. 环境污染与防治, 2001, 23(4): 190—194.
- [3] 孙剑辉, 倪利晓. 新型高效厌氧反应器 UBF 的研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2000, 1(6): 20—24.
- [4] GUIOT S R, Van den BERG L. Performance and biomass retention of upflow anaerobic reactor combining a sludge blanket and filter[J]. Biotechnol Lett, 1984, 6(6): 161—164.
- [5] GUIOT S R, Van den BERG L. Performance and biomass retention of upflow anaerobic reactor combining a sludge blanket and filter treating sugar waste[J]. Biotechnology and Bioengineering, 1985, 27: 800—806.
- [6] 鲁玉龙. 厌氧-好氧工艺处理印染废水技术的现状及发展[J]. 污染防治技术, 1998, 11(1): 12—14.
- [7] 韩晓清, 刘强, 杨晓, 等. 厌氧-好氧-生物活性炭-纤维球过滤处理印染废水试验研究[J]. 中国给水排水, 1994, 10(4): 29—31.
- [8] 竺建荣, 扬艳茹, 安虎仁, 等. 厌氧 UASB-好氧工艺处理印染废水的研究[J]. 环境科学, 1994, 15(4): 31—34.

Experimental study on treatment of high concentration dyeing wastewater with biologic iron and UBF combined

ZHENG Xiao-ying, CAO Jia-shun, WANG Hui-min

(College of Environmental Science and Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract: An experimental study was performed on the operating parameters for the process of dyeing wastewater treatment. The experiment was carried out under the following conditions: the concentration of COD_{Cr} in the incoming flow was around 1500 mg/L , the chroma, pH value and water temperature were in the range of $400 \sim 600$ times, $8.0 \sim 9.0$, and $28 \sim 32^\circ\text{C}$, respectively, and the HRT of the Upflow Baffled Filter (UBF) was more than 24.0 h . Under such conditions, the optimal concentration of Fe^{2+} was derived, i. e. $9.0 \sim 10.0\text{ mg/L}$. The result showed that the COD_{Cr} removal rate of UBF could reach 53.74% , which was raised by $20\% \sim 30\%$ compared with the value in the absence of any iron ions, the chroma removal rate could be increased to $76\% \sim 80\%$, and the pH value of effluent was 7.5 . It was also indicated that the total COD_{Cr} removal rate by the anaerobic UBF-biologic contact oxidation technique could reach 79.41% , and the total chroma removal rate could reach $84\% \sim 88\%$.

Key words: dyeing wastewater; Upflow Baffled Filter (UBF); biologic iron