

HABR 混凝 / 生物接触氧化工艺处理印染废水

黄瑞敏¹, 刘欣¹, 林德贤², 秦四海²

(1 华南理工大学 环境科学与工程学院, 广东 广州 510006 2 广州市佳境水处理技术
工程有限公司, 广东 广州 510730)

摘要: 将传统 ABR 改进为复合式 ABR (HABR), 并采用 HABR 混凝 / 生物接触氧化组合工艺处理印染废水, 重点考察了 HABR 的处理效果以及混凝工艺位置的选择。结果表明, 通过在 ABR 中增设填料层、合理分配各反应室的上升流速和增加污泥回流, 明显提高了其对印染废水的处理效果; 将混凝工艺置于厌氧和好氧工艺之间, 从处理效果和成本方面考虑都是最有利的; 当印染废水的 COD 为 400~500 mg/L, 色度为 500~600 倍, SS 为 200~250 mg/L 时, 组合工艺对 COD、色度和 SS 的平均去除率分别可达 85.4%、95.6%、90.9%, 处理效果好且稳定。

关键词: 复合式厌氧折流板反应器; 生物接触氧化; 混凝; 印染废水

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2011)03-0087-04

Combined Process of HABR, Coagulation and Biological Contact Oxidation for Treatment of Printing and Dyeing Wastewater

HUANG Ruimin¹, LIU Xin¹, LIN Dexian², QIN Sihai²

(1. College of Environmental Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006 China; 2. Jijing Water Treatment Technology Engineering Co. Ltd., Guangzhou 510730 China)

Abstract The anaerobic baffled reactor (ABR) was improved to hybrid ABR (HABR), and the combined process of HABR, coagulation and biological contact oxidation was used to treat printing and dyeing wastewater. The treatment efficiency of HABR and the selection of coagulation location were especially investigated. The results show that the treatment efficiency of printing and dyeing wastewater is significantly improved by adding media layer, rationally distributing the upflow velocity in each reaction chamber and increasing the sludge return rate in traditional ABR. Placing the coagulation process between anaerobic process and aerobic process is the most favorable in terms of treatment efficiency and cost. When the influent COD, color and SS are 400 to 500 mg/L, 500 to 600 times and 200 to 250 mg/L respectively, the removal rates of COD, color and SS by the combined process are 85.4%, 95.6% and 90.9% respectively with better and stable treatment efficiency.

Key words hybrid anaerobic baffled reactor; biological contact oxidation; coagulation; printing and dyeing wastewater

印染废水排放量大、污染严重, 针对以活性染料、直接染料为主的印染废水, 逐渐形成了物化加生化的联合处理工艺, 常见的有厌氧好氧混凝、厌氧好氧、厌氧好氧、厌氧好氧等工艺^[1]。如何根据废

水水质和水量的不同而选用合适的工艺, 在较低的处理成本下实现效率的最大化成为亟待解决的问题。ABR 反应器是由 McCarty 等人于 20 世纪 80 年代初提出的一种高效的新型厌氧反应器, 其工艺简

单、启动容易、投资少,近年来得到较多应用^[2]。笔者将传统的 ABR 改进为复合式 ABR (HABR), 并采用 HABR 混凝/生物接触氧化联合工艺处理印染废水, 重点考察了 HABR 的处理效果, 同时分析了混凝工艺的位置对药剂使用量和处理效果的影响。

1 试验材料与方法

1.1 试验废水

试验用废水取自东莞市某大型针织印染厂废水调节池, 该厂生产所用染料基本上为活性染料, 废水水质如下: COD、BOD₅ 分别为 (400~500)、(150~180) mg/L, 色度为 500~600 倍, SS 为 200~250 mg/L, pH 值为 9.0~10.0。

1.2 工艺流程

工艺流程如图 1 所示, 废水经调节后泵至 HABR, 出水进入混凝反应池, 然后经沉淀池自流进入生物接触氧化反应池, 处理后排放。在试验过程中, 为比较反应器结构的改变对处理效果的影响, 设置相同的 ABR 进行平行试验; 另外通过调整混凝反应池的位置分别于 HABR 之前、HABR 和生物接触氧化池之间、生物接触氧化池之后, 考察不同的混凝工艺位置对药剂使用量和废水处理效果的影响。

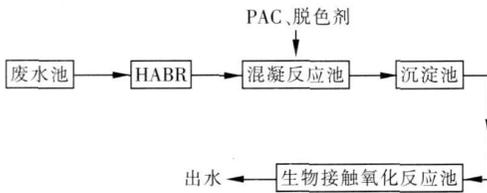


图 1 试验工艺流程

Fig 1 Flow chart of treatment process

HABR: 由 PVC 板制成, 正面采用透明 PE 板, 可以观察反应池内污泥床的情况, 呈长方体形, 其规格为 1.8 m × 0.35 m × 2.6 m, 有效容积为 1500 L, 内分为 4 个反应室。生物接触氧化反应池: 有机玻璃材质, 内径为 800 mm, 有效容积为 400 L, 内装组合填料, 填充高度为 0.9 m。

1.3 分析项目和方法

COD: 重铬酸钾法; pH 值: pH 计; 色度: 目视比色法; SS 和 VSS 重量法; DO: 溶氧仪。

2 结果与讨论

2.1 ABR 的改进及运行效果

2.1.1 ABR 运行中的问题及改进方法

ABR 是一种高效的厌氧生物反应器, 其独特的

分格式结构及推流式流态使得微生物种群在每个反应室中得以合理分布, 同时上下流的水流形态又使污泥与废水得以充分接触, 具有较强的耐冲击负荷能力; 另外, 其还具有结构简单、运转管理方便、启动较快及水力条件好等优点^[3-5]。但在工程应用和试验研究中发现, 普通的 ABR 中反应室污泥床层的高度有限, 反应室上部空间的微生物量较少, 空间利用率不足; 同时由于为了保证污泥与废水充分接触, 反应室内的污泥上升流速偏高, 故难以形成颗粒污泥, 即使接种时采用颗粒污泥, 在运行过程中也因为废水较难生化及水流冲击作用而絮解。而在厌氧消化系统中, 大量颗粒污泥的形成, 以及污泥和废水的充分接触是保证取得良好厌氧效果的重要条件, 因此上述情况对于 ABR 反应器性能的提高十分不利^[6]。

针对上述问题, 笔者对反应器进行改进, 形成 HABR, 具体见图 2。在格室上部增设组合双环填料, 形成填料层, 提高容积利用率; 在前 3 个格室的下部投加粒径为 0.5~2 mm 的改性橡胶粒作为生物载体, 以利于颗粒污泥的形成和保存; 调整 4 个格室的体积分布, 以使其废水上升流速之比为 1:1:0.87:0.62 从而促进污泥悬浮, 保证污泥与废水充分接触, 同时防止污泥流失; 另外增设污泥回流装置, 以补充前面格室流失的污泥, 同时可以加大上升流速, 提高污泥与废水的混合程度和时间。

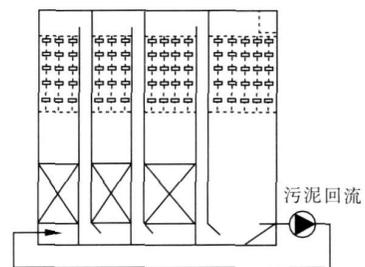


图 2 HABR 反应器

Fig 2 Schematic diagram of HABR reactor

2.1.2 HABR 的运行效果

取城市污水处理厂二沉池污泥于 HABR 中进行启动, 并开动污泥回流内循环, 以利于填料挂膜。在上升水流的带动下, 一些细小的污泥被带出污泥床层, 被填料的维纶丝截留, 并通过微生物的分泌物吸附在维纶丝上。随着进水流量的增大, 组合填料表面的生物膜厚度不断增加, 60 d 后进入稳定运行状态。此时, 取底泥观察, 发现有较多颗粒污泥存在, 粒径为 1~2 mm, 呈黑色或灰黑色。

HRT是厌氧反应的重要参数,为此考察了HRT对HABR处理效果的影响。结果表明,HABR对COD的去除率随其HRT的增加而增大,当HRT为12h时,对COD的去除率可达到45%左右;而在相同的HRT内,普通ABR对COD的去除率仅为30%。HABR对印染废水的色度也有较好的脱除效果,当HRT为12h时,对色度的去除率可达到50%以上。可见,HABR在较短的HRT下,对印染废水的色度和COD均有较好的去除效果,由此证明笔者对ABR反应器的改进是合理和有效的。

2.2 混凝工艺位置的选择

根据废水的特点,混凝工艺的位置可以选择在生化前、厌氧好氧处理之后以及厌氧与好氧处理之间。对以活性染料为主要原料的印染废水,因其水量大、可生化性相对较好,若将混凝工艺设在生化反应池前,必然耗费大量药剂,增加运行费用,所以一般不考虑在生化处理前进行混凝处理。

将经HABR处理后的废水用PAC、有机混凝脱色剂以及PAM进行脱色,并与原水直接加药脱色进行比较,以考察厌氧处理对混凝加药量及脱色效果的影响。结果表明,厌氧处理后加药脱色和废水直接加药脱色,都可将废水的色度降至40倍以下;但是,将混凝处理置于厌氧处理之后,可大大减少药剂用量以及污泥产量,当HABR的HRT为12h时,药剂用量和污泥产量均可减少30%以上(见图3)。

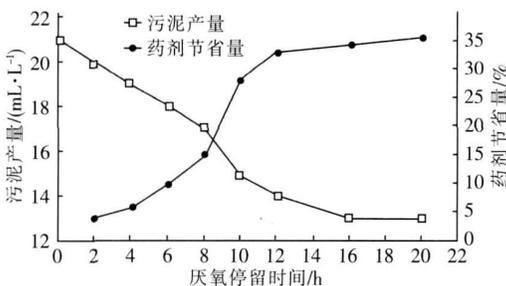


图3 厌氧停留时间对混凝效果的影响

Fig 3 Effect of HRT in HABR on coagulation

另外,试验中还对比了经HABR生物接触氧化工艺处理后的废水进行混凝脱色,并与厌氧后混凝脱色的方式进行比较,考察好氧处理对混凝加药量及脱色效果的影响。结果表明,好氧处理对废水色度的去除率较低,好氧后混凝比好氧前混凝节省的药剂用量不多(约为6%)。另外还发现,置于厌氧好氧处理后的混凝工艺对COD的去除率约为30%,而置于

厌氧与好氧处理之间的混凝工艺对COD的去除率可达到50%以上。由此可见,若将混凝工艺设在厌氧与好氧处理之间,会大大减轻后续好氧处理的有机负荷,缩短好氧处理所需的停留时间,减少好氧处理所需的曝气量,从而将大大降低好氧处理设施的基建投资和能耗。因此,针对该类印染废水,将混凝工艺置于厌氧处理与好氧处理之间,从效果和经济方面考虑,都是比较有利的。

2.3 生物接触氧化工艺的运行效果

采用已经启动和成功挂膜的生物接触氧化反应池,通入经HABR/混凝沉淀工艺处理后的废水(其COD为130 mg/L左右,色度为30倍),考察在不同HRT下生物接触氧化反应池对COD的去除效果。结果表明,随着HRT的逐渐增大,对COD的去除率不断升高,当HRT为4h时,对COD的平均去除率达到近50%,平均出水COD降至70 mg/L;HRT再继续增大时,对COD的去除率增幅不大,出水COD浓度趋于稳定。将生物接触氧化反应池的HRT固定为4h并长期运行,其对废水的处理效果稳定,出水COD可保持在80 mg/L以下,色度可降至25倍左右。厌氧工艺大大提高了印染废水的可生化性,而混凝沉淀工艺进一步去除了COD,从而大大降低了后续好氧处理的污染物负荷,缩短了其停留时间,既节约了能耗,又减小了占地面积。

2.4 组合工艺的运行效果

在HABR/混凝/生物接触氧化处理系统稳定运行后,当HABR的HRT为12h,生物接触氧化反应池的HRT为4h时,组合工艺的处理效果见表1。可知,组合工艺对COD、色度、SS的平均去除率分别可达到85.4%、95.6%、90.9%,其中HABR在去除COD和色度及提高废水的可生化性方面起了重要作用,使最终出水水质稳定达标。

表1 组合工艺的总运行效果

Tab 1 Experimental results of combined process

项目	COD/(mg·L ⁻¹)		色度倍		SS/(mg·L ⁻¹)	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水
HABR	480	260	570	280	220	120
混凝沉淀	260	130	280	30	120	30
接触氧化	130	70	30	25	30	20

3 结论

① 采用HABR/混凝/生物接触氧化组合工艺处理以活性染料为主要原料的印染废水是可行的,

(下转第93页)

的 HRT 分别为 4 25 和 3 75 h) 的条件下,控制 MBBR₁ 的气水比分别为 (20:1)、(25:1)、(30:1) 和 (35:1),对反应系统的同步硝化反硝化进行了初步研究。结果表明,当 MBBR₁ 的气水比为 25:1 时,整个系统及 MBBR₁ 对 TN 的去除率均达到最高,去除率分别为 30% 和 25% 左右。分析原因为,当气水比为 25:1 时,MBBR₁ 内的硝化程度相对于气水比为 20:1 时更高,水中的 NO₃⁻ 和 NO₂⁻ 浓度较高,更有利于反硝化的进行;而当气水比高于 25:1 时,虽然 MBBR₁ 内的硝化程度较好,但由于 DO 浓度的升高,影响了厌氧微环境中厌氧反硝化菌的生长和活性,从而导致对 TN 的去除率下降。另外,MBBR₂ 对 TN 也有一定的去除效果,并且去除效果相对稳定。

3 结论

两级 MBBR 对高氨氮生活污水具有较好的深度处理效果。在 MBBR₁ 和 MBBR₂ 的曝气量分别为 260 和 280 L/h 的条件下,由于进水 COD 相对较低,当 HRT 为 6 h 时即可获得最佳的 COD 去除效果,而对 NH₄⁺-N 的去除效果在 HRT 为 8 h 时达到最佳。当 HRT 为 8 h MBBR₁ 的气水比为 25:1, MBBR₂ 的曝气量为 280 L/h 时,系统的出水 COD 和氨氮分别为 45 mg/L 左右和 5 mg/L 以下,平均去除率分别达到 65% 和 95% 左右,达到了《城镇污水处理厂污染

物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 标准,并且也满足中水回用的要求,可以作为校园的绿化及冲厕用水;同时,反应器内存在同步硝化反硝化作用,对 TN 的去除率可达到 30% 左右。

参考文献:

- [1] 沈耀良,王宝贞. 废水生物处理新技术:理论与应用(第 2 版)[M]. 北京:中国环境科学出版社,1999
- [2] Comelt Ambriz I, Gonzalez Martinez S, Wilderer P. Comparison of the performance of MBBR and SBR system for the treatment of anaerobic reactor biowaste effluent[J]. Water Sci Technol 2003, 47(12): 155-161.
- [3] Suvilampi J, Lehtomaki A, Rintala J. Comparison of laboratory-scale thermophilic biofilm and activated sludge processes integrated with a mesophilic activated sludge process[J]. Bioresour Technol 2003, 88(3): 207-214
- [4] 兰善红,陈锡强,梁谋会,等. 新型填料曝气生物滤池处理生活污水的研究[J]. 中国给水排水,2007,23(9): 77-80
- [5] 王学江,夏四清,陈玲,等. DO 对 MBBR 同步硝化反硝化生物脱氮影响研究[J]. 同济大学学报:自然科学版,2006,34(4): 514-517.

E-mail: liujg@sdjau.edu.cn

收稿日期:2010-08-07

(上接第 89 页)

在 HABR 的 HRT 为 12 h 生物接触氧化反应池的 HRT 为 4 h 的条件下,平均出水 COD 为 70 mg/L, SS 为 20 mg/L,色度为 25 倍,平均去除率分别可达到 85.4%、95.6%、90.9%,处理效果稳定。

② 对传统 ABR 进行改进,通过增设填料层、合理分配各反应室的上升流速以及增加污泥回流而构建复合式 ABR (HABR),可明显提高其对印染废水的处理效果。

③ 将混凝工艺置于厌氧处理之后、好氧处理之前,不仅可大大减少药剂用量和污泥产量,而且降低了后续好氧处理的污染物负荷,可缩短好氧工艺的 HRT,节省曝气能耗、占地面积及基建投资。

参考文献:

- [1] 张宇峰,滕洁,张雪英,等. 印染废水处理技术的研究进展[J]. 工业水处理,2003,23(4): 23-27

- [2] 沈耀良,王宝贞. 水解酸化工艺及其应用研究[J]. 哈尔滨建筑大学学报,1999,32(6): 35-38
- [3] 黄永恒,王建龙,文湘华,等. 折流式厌氧反应器的工艺特性及其运用[J]. 中国给水排水,1999,15(7): 18-20
- [4] 任随周,郭俊,曾国驱,等. 处理印染废水的厌氧折流板反应器中的微生物组成及分布规律[J]. 生态学报,2005,25(9): 2297-2303
- [5] Barber W P, Stuckey D C. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: a review[J]. Water Res 1999, 33(7): 1559-1578
- [6] Barber W P, Stuckey D C. Nitrogen removal in a modified anaerobic baffled reactor (ABR): 1. denitrification[J]. Water Res 2000, 34(9): 2413-2422

E-mail: lilin750@163.com

收稿日期:2010-08-27