

HABR-CASS 组合工艺处理棉机织物 印染废水的研究

张丽, 吴志敏

(广东纺织职业技术学院, 广东 佛山 528041)

摘要: 采用 HABR-CASS 组合工艺进行棉机织物印染废水处理的中试研究。结果表明, 在 HABR 厌氧池、CASS 反应池的水力停留时间分别为 24、12 h 的条件下, 系统对 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮、SS 的总去除率分别为 90.4%、95.5%、87.0%、87.5%, 各污染物出水平均质量浓度分别为 67.5、13.8、6.9、38.0 mg/L, 出水色度为 33.0 倍, 总去除率为 95.0%, 均低于 DB 44/26—2001《广东省水污染排放限值》第 II 时段一级排放标准限值。

关键词: 组合工艺; 填料复合式厌氧折流板反应器(HABR); 循环活性污泥系统(CASS); 棉机织物印染废水
中图分类号: X791.031 文献标识码: A 文章编号: 1009-2455(2011)01-0021-04

Treatment of cotton woven fabrics printing and dyeing wastewater by HABR-CASS combined process

ZHANG Li, WU Zhi-min

(Guangdong Textile Polytechnic, Foshan 528041, China)

Abstract: A pilot-scale study on HABR-CASS combined process treating cotton woven fabrics printing and dyeing wastewater was carried out. The results showed that, under the condition that the HRT of HABR anaerobic tank and CASS reaction tank were 24 and 12 h respectively, the removal rates of COD_{Cr}, BOD₅, ammonia nitrogen and SS were 90.4%, 95.5%, 87.0% and 87.5% respectively, and the mass concentration of the above pollutants in the effluent water were 67.5, 13.8, 6.9 and 38.0 mg/L respectively, the colority of the effluent water was 33.0 times with total removal rate of 95.0%. The average effluent concentration of each pollutant met the first grade discharge standard of 2nd phase in DB 44/26—2001 *Guangdong sewage discharge standards*.

Keywords: combined process; hybrid anaerobic baffled reactor(HABR); cyclic activated sludge system (CASS); cotton woven fabrics printing and dyeing wastewater

棉机织物印染加工包含退浆和丝光工序, 其印染废水具有水量大、有机污染物浓度高、色度深、碱度大、水质变化大等特点, 属于难处理的工业废水。处理方法一般采用物化法和生化法组合工艺^[1-3], 废水处理后基本能达标排放。物化工序中的吸附法需要使吸附剂再生, 混凝法需要投加混凝剂, 气浮法需要投加气浮剂和耗费大量的电能, 从而导致棉机织物印染废水的处理成本较高。为了降低其处理成本, 本文通过对厌氧工序进行强化, 来探索 HABR-CASS 组合生物工艺处理棉机织物印染废水的可行性。

1 材料与方法

1.1 试验水质

试验用水取自佛山市某印染厂水处理站调节池综合排放废水, 废水水质见表 1, 其主要成分为棉印染加工过程中产生的大量染料、表面活性剂、荧光增白剂、元明粉、烧碱等多种印染助剂。

1.2 试验装置

试验装置如图 1 所示, 由高位水箱、填料复合

基金项目: 广东纺织职业技术学院资助科研项目(K2009113)

收稿日期: 2010-11-10; 修回日期: 2010-12-15

表 1 试验废水水质
Tab. 1 Characteristics of experimental wastewater

pH 值	色度/ 倍	$\rho(\text{SS})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{COD}_G)/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{BOD}_5)/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
8~11	500~800	200~400	1100~1600	300~500	40~60

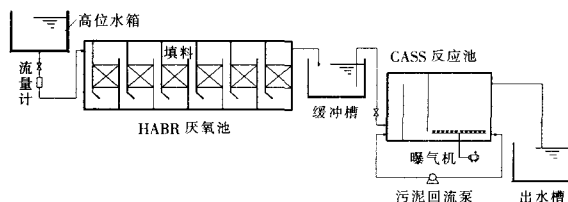


图 1 HABR-CASS 组合试验装置

Fig. 1 Experimental setup of HABR-CASS combined process

ABR 厌氧池 (HABR)、缓冲槽、CASS 反应池、曝气机、出水槽等部分组成。HABR 厌氧池与 CASS 反应池均为有机玻璃制作，HABR 厌氧池尺寸为：800 mm × 200 mm × 380 mm，有效容积为 42.0 L，内置软性纤维填料，填充率为 50%；CASS 反应池尺寸为：400 mm × 200 mm × 380 mm，有效容积为 21.0 L，由生物选择区、缺氧区、主反应区组成，三部分容积比为 1:5:15，曝气机曝气。CASS 反应池以 6 h 为一运行周期，其中曝气 4 h，沉淀 1 h，排水 1 h，用时间控制器对 CASS 反应池的曝气、沉淀、排水进行控制。进水时开始污泥回流，静置沉淀时污泥回流停止，排水比为 30%。废水进水流量约 2.3 L/h，进入 HABR 厌氧池前根据水质状况适当调节 pH 值，然后从高位水箱通过流量计进入 HABR 厌氧池。CASS 反应池主反应区的污泥通过污泥回流泵回流到生物选择区，与废水混合。本装置利用水位差原理使上清液排入出水槽。

1.3 分析方法

COD_G 测定：重铬酸钾氧化法； BOD_5 测定：标准稀释法；SS 测定：烘干称重法；pH 值测定：pHS-3C 精密 pH 计；色度：稀释倍数法； $\text{NH}_3\text{-N}$ ：纳氏试剂光度法。

2 结果与讨论

2.1 反应器的启动与驯化

在 HABR 厌氧池、CASS 反应池中分别投加了占池容 20% 左右的接种污泥，该污泥为某印染厂水处理站的厌氧与好氧污泥，污泥驯化初期采取间歇进水、闷曝的方式，然后以小流量连续进水，以镜检结果和 COD_G 去除率达 80% 以上作为增加进水量的依据，逐步提升流量到设计负荷。低负荷启

动是 HABR 厌氧池快速启动的关键，启动时控制 COD_G 容积负荷低于 $1 \text{ kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，增长幅度以每次增加 20%~30% 为宜，过大容易造成挥发酸积累。HABR 厌氧池的负荷是否适中可以通过出水 pH 值来间接反映，合适的 pH 值为 7.0~7.4，pH 值小于 6.9 时，说明有机负荷过大，可以在减小有机负荷的同时向水中投加石灰和纯碱的方法来加以调节。pH 值大于 7.4，说明有机负荷偏小^[4]。随着培养时间的增加，观测到 CASS 池污泥中有大量活跃的原生动物（如钟虫）和少量的后生动物（如轮虫），表明活性污泥培养基本成功。经过 3 个月的调试，HABR 厌氧池、CASS 反应池的水力停留时间分别控制在 24、12 h，pH 值控制在 6~9 之间，连续稳定运行。

2.2 对有机物的去除

系统稳定运行 2 个月对有机物的去除情况见图 2~图 4。由图 2 可知，在反应器 COD_G 容积负荷为 $1.4 \text{ kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，进水 COD_G 波动较大的情况下，HABR 厌氧池对 COD_G 的去除效果良好，平均去除率为 48.8%，与文献 [5] 中的 ABR 反应器相比，HABR 厌氧池对 COD_G 的去除率提高 4.3%。这是因为由 ABR 反应器增设填料构成的 HABR 厌氧池能利用填料加速污泥与气泡分离，提高沉淀区域的泥水分离效率，降低污泥流失，从而能截留更多的生物量，增加反应器的有效泥量，提高了反应器的容积负荷和处理效果。由图 3、图 4 可知，HABR 厌氧池对 BOD_5 的平均去除率仅为 25.3%，但经过 HABR 厌氧池处理后，废水的 $m(\text{BOD}_5)/m(\text{COD}_G)$ 均值由进水的 0.30 提高到出水的 0.44，大大提高了废水的可生化性，为后续的 CASS 反应池的进一步处理创造了有利的条件。

HABR 厌氧池出水进入后续 CASS 反应池进行进一步处理。CASS 反应池在时间序列上以推流方式运行，而各个反应区则以完全混合的方式运行，它兼有完全混合式反应器耐冲击负荷能力强和推流式反应器生化反应推动力大的优点。主反应区回流的活性污泥在生物选择区中先经历一个高负荷的吸附阶段（基质积累）；然后在主反应区中再经历一个低负荷的反应阶段，完成基质降解，从而实现活性污泥的再生。此时的活性污泥已经过充分的好氧代谢，微生物多处于内源呼吸阶段，具有很强的活性，对有机物的吸附、降解作用十分明显。因此

CASS 反应池有较强的去除有机物的能力。由图 2、图 4 可知, 经过 CASS 反应池处理后, 其出水 COD_{Cr} 、 BOD_5 的平均质量浓度分别为 67.5、13.8 mg/L , 平均去除率分别达到 90.4%、95.5%。

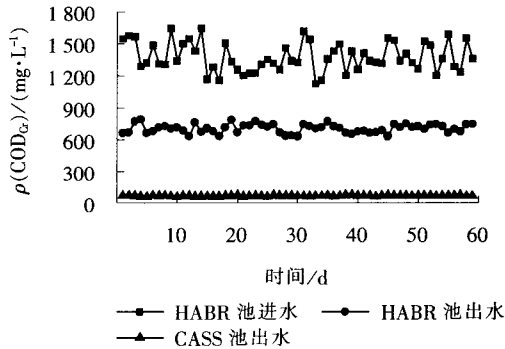


图 2 系统进出水 COD_{Cr} 变化

Fig. 2 Changes of COD_{Cr} concentration in influent and effluent water of the system

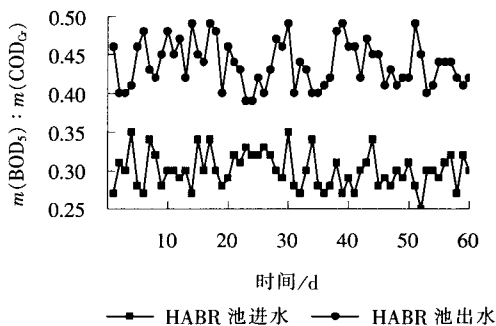


图 3 HABR 厌氧池进出水 $m(\text{BOD}_5)/m(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 值变化

Fig. 3 Changes of $m(\text{BOD}_5)/m(\text{COD}_{\text{Cr}})$ value in influent and effluent water of HABR anaerobic tank

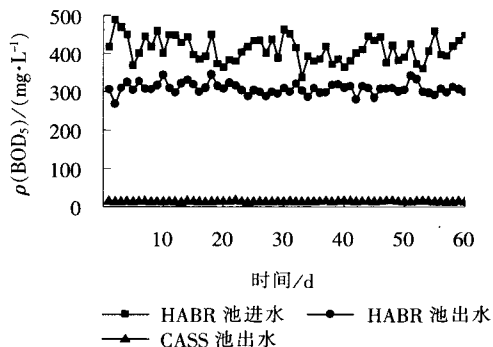


图 4 系统进出水 BOD_5 变化

Fig. 4 Changes of BOD_5 concentration in influent and effluent water of the system

2.3 对氨氮的去除

在 HABR 厌氧池中, 废水中的有机氮能在氨化菌的作用下分解转化为氨氮。氨氮的消耗存在 2

个方面: 部分氨氮被厌氧氨氧化细菌利用与 $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ 发生厌氧氨氧化转化为氮气^[6]; 部分氨氮被厌氧微生物利用, 合成自身物质。因此, HABR 厌氧池中氨氮含量的变化取决于生成部分与消耗部分的对比关系。由图 5 可知, HABR 厌氧池的出水氨氮含量有所提高, 说明氨氮的生成大于消耗, 即氨化作用大于厌氧氨氧化作用。氨氮含量的增加主要是废水中有机氮的转化, 由此亦证明废水中染料分子结构发生了改变, 发色基团打开, 由复杂难生物降解的有机物分子转化成易生物降解的有机物。经过厌氧处理后 COD_{Cr} 有一定程度降低, 而作为好氧处理所必需氮源的氨氮并未减少甚至增加将有益于后续的好氧微生物的正常生长, 好氧微生物活性的增加将会增加分泌的酶量, 提高生物降解性能及氧气的利用率, 有利于成本的降低。

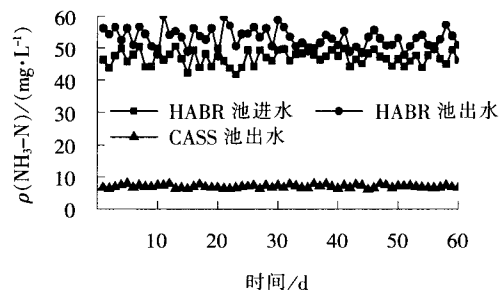


图 5 系统进出水氨氮变化

Fig. 5 Changes of $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration in influent and effluent water of the system

随着曝气的推进, 世代时间长的硝化细菌将会在 CASS 反应池内积累, 硝化细菌的活性与数量逐渐增多, 硝化作用逐渐加强。CASS 反应池主反应区的污泥回流到生物选择区的同时, 也实现了硝化液的回流, 有利于反硝化反应进行; 且生物选择区与主反应区相比存在较低的溶解氧浓度, 增大了污泥絮体的溶解氧梯度, 使污泥絮体内部更易形成厌氧环境, 从而在菌胶团的外部和内部分别完成硝化和反硝化过程^[7]。由图 5 可知, 氨氮负荷为 $0.03 \text{ kg} [\text{NH}_3\text{-N}]/(\text{kg} [\text{MLSS}] \cdot \text{d})$ 时, CASS 反应池出水氨氮的平均质量浓度为 6.9 mg/L , 平均去除率为 87.0%。

2.4 对色度的去除

HABR 厌氧池对废水色度的去除主要是通过以下作用: 废水通过污泥层所产生的截留作用, 大量的疏水性染料被吸附在污泥上直到被降解为小分子

物质；污泥层中的厌氧菌或兼性菌直接对染料的降解作用，破坏其发色基团，使其失去显色能力。且 HABR 厌氧池内污泥量大，保证了厌氧水解的微生物量；水力停留时间较长，污泥与废水接触混合效果较好，使厌氧菌或兼性菌的作用得到充分发挥。CASS 反应池能使色度得到进一步去除。由图 6 可知，HABR 厌氧池、CASS 反应池对色度的去除率分别达到 79.7%、75.2%，系统对色度的总体去除率为 95.0%，出水平均色度值为 33.0 倍。但亦有少量天数的色度值超过 DB 44/26—2001《广东省水污染排放限值》第 II 时段一级排放标准中的 40 倍标准。

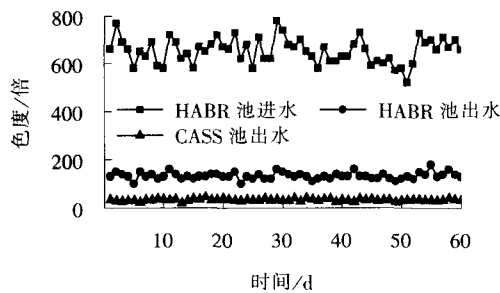


图 6 系统进出水色度变化

Fig. 6 Changes of colority in influent and effluent water of the system

2.5 对 SS 的去除

HABR 厌氧池具有独特的分室结构，反应器内的折流板迫使水流上下折流，使废水与厌氧微生物充分接触，大量的悬浮物在前面隔室中被有效去除，故 SS 去除率较高。由图 7 可知，虽然 HABR 厌氧池进水 SS 浓度波动较大，但其出水 SS 平均质量浓度稳定在 100.3 mg/L，对 SS 的平均去除率为

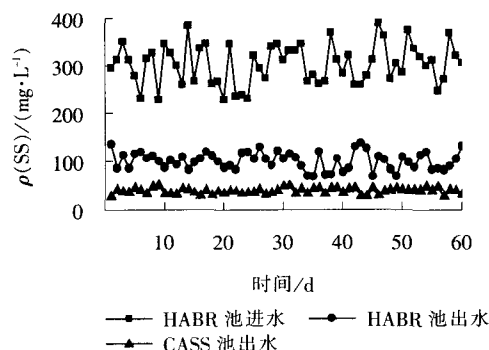


图 7 系统进出水 SS 变化

Fig. 7 Changes of SS concentration in influent and effluent water of the system

66.9%。CASS 反应池在沉淀阶段停止曝气，只有进水而无出水，曝气结束后沉淀阶段整个反应池的面积均用于在近乎静止的环境中进行泥水分离，故其固体通量很低，泥水分离效果良好。CASS 反应池对 SS 的平均去除率为 62.1%，出水 SS 平均质量浓度稳定在 38.0 mg/L。系统对 SS 的总体去除率达到 87.5%。

3 结论

(1) HABR 高效厌氧-CASS 耦合工艺进行棉机织物印染废水处理的中试研究表明，在 HABR 厌氧池、CASS 反应池的水力停留时间分别为 24、12 h 的条件下，系统对 COD_Cr 、 BOD_5 、氨氮、SS 的总去除率分别为 90.4%、95.5%、87.0%、87.5%，各污染物出水平均质量浓度分别为 67.5、13.8、6.9、38.0 mg/L，出水色度为 33.0 倍，总去除率为 95.0%，均低于 DB 44/26—2001 第 II 时段一级排放标准限值。

(2) 棉机织物印染废水的处理可尝试采用 HABR-CASS 组合工艺。通过强化厌氧处理，降低了后续好氧处理的负荷，减少了电能的消耗，且 CASS 工艺运行成本较低，从而可降低处理成本。考虑到中试研究过程中，少量天数的色度指标超过排放标准，为安全起见，可在耦合工艺后增加化学氧化作为色度去除的补充工艺，其开启情况可根据耦合工艺出水水质状况而定。

参考文献：

- [1] 李亚飞, 杨志南. 混凝-水解-接触氧化-气浮工艺处理印染废水[J]. 污染防治技术, 2008, 21(6): 82-84.
- [2] 李东升, 纪振, 姚秋江. 水解-接触氧化-气浮-生物活性炭工艺处理印染废水[J]. 广东化工, 2009, 36(8): 180-188.
- [3] 肖秀梅, 欧军智, 吴星五. 混凝沉淀-水解酸化-活性污泥工艺处理印染废水[J]. 工业用水与废水, 2006, 37(3): 78-79.
- [4] 邱波, 郭静, 邵敏, 等. ABR 反应器处理制药废水的启动运行[J]. 中国给水排水, 2000, 16(8): 42-44.
- [5] 喻学敏, 白永刚, 刘伟京, 等. ABR 反应器预处理综合印染废水研究[J]. 环境工程学报, 2009, 3(6): 981-984.
- [6] 阮文权, 邹华, 陈坚. 厌氧氨氧化混培菌的获得及其运行条件[J]. 重庆环境科学, 2002, 24(6): 30-33.
- [7] 王科. 水解酸化+CASS 工艺处理制革废水生产性试验研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2007.

作者简介: 张丽(1976-), 女, 湖北襄樊人, 讲师, 工学硕士, 从事环境科学与工程的教学、科研、技术开发及应用等工作, (电子信箱)tutuzl@126.com。