

活性炭吸附法处理染料废水

张小璇, 叶李艺*, 沙 勇, 邱 婧

(厦门大学化学化工学院 化学工程与生物工程系, 福建 厦门 361005)

摘要: 研究了活性炭对染料废水色度和 COD 的去除率, 考察了温度、pH 值和活性炭量对废水脱色率的影响. 结果表明, 活性炭量是脱色率的主要影响因素. 室温下, 初始浓度为 250 mg/L 时, 处理酸性品红、碱性品红、活性黑 B-133 染料废水的活性炭最佳用量分别为 0.8%、1.0%、2.0%, 脱色率均在 97% 以上, COD 去除率分别为 63.28%、95.66%、84.62%.

关键词: 活性炭; 染料废水; 吸附

中图分类号: X 703.3

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2005)04-0542-04

纺织工业的发展带动了染料生产的发展. 调查表明, 全世界每年生产的染料超过 70 万吨, 其中的 2% 直接进入水体以废水的形式排出, 10% 在随后的纺织染色过程中损失^[1,2]. 染料废水成分复杂, 水质变化大, 色度深, 浓度大, 处理困难. 染料废水的处理方法很多, 主要有氧化、吸附、膜分离、絮凝、生物降解等. 这些方法各有优缺点, 其中吸附法是利用吸附剂对废水中污染物的吸附作用去除污染物. 吸附剂是多孔性物质, 具有很大的比表面积. 活性炭是目前最有效的吸附剂之一, 能有效地去除废水的色度和 COD. 活性炭处理染料废水在国内外都有研究^[3,4], 但大多数是和其它工艺耦合, 其中活性炭吸附多用于深度处理或将活性炭作为载体和催化剂^[5,6], 单独使用活性炭处理较高浓度染料废水的研究很少. 本文采用活性炭吸附法直接处理三种模拟染料废水, 探求最佳处理工艺条件, 为寻求活性炭吸附法处理染料废水的新途径提供相关研究基础.

1 实验部分

1.1 实验材料

实验选用河北保定净化材料厂生产的 GWB-3X 型椰壳活性炭, 目数为 10~20 比表面积为 1 205 m²/g. 活性炭首先在去离子水中煮沸 1 h 滤去水和活性炭粉尘后在 105℃ 下烘 24 h, 冷却后密封在储罐中备用.

分别称取 0.250 g 酸性品红、碱性品红、活性黑 B-133 用去离子水定容到 1 000 mL, 配制成浓度为 250

mg/L 的模拟染料废水.

1.2 实验方法

取一定量的活性炭和染料废水放入具塞锥形瓶中, 在水浴恒温振荡器内恒温振荡一定的时间, 离心 (1 500 r/min, 10 min) 分离后取上清液测定其浓度.

1.3 分析方法

1) 浓度与脱色率的测定

用紫外-可见光分光光度计扫描三种染料废水^[7], 测得酸性品红、碱性品红和活性黑 B-133 染料废水的最大吸收波长分别为 544 nm、543 nm 和 597 nm. 将染料废水稀释成不同浓度的溶液, 并在最大吸收波长处测定吸光度, 以吸光度 A 对浓度 c 作图, 绘制标准曲线求得回归方程 (R 为相关系数).

酸性品红废水:

$$c = 87.69648A - 0.4019 \quad R = 0.99991$$

碱性品红废水:

$$c = 5.45863A - 0.12475 \quad R = 0.99919$$

活性黑 B-133 废水:

$$c = 35.25614A - 0.19023 \quad R = 0.99997$$

回归方程和相关系数显示, 在所测定的浓度范围内, 染料废水的浓度和吸光度之间有良好的线性关系. 因此, 可以先用分光光度计测定染料废水的吸光度, 然后把吸光度代入标准曲线方程中求出染料废水的浓度.

由吸附前后染料废水浓度的变化, 计算脱色率^[8].

$$\text{脱色率}(\%) = \frac{c_0 - c_1}{c_0} \times 100$$

其中, c_0 为染料废水的初始浓度, c_1 为吸附后染料废水的浓度.

2) COD 去除率的测定

采用重铬酸钾法测定吸附前后染料废水的

收稿日期: 2004-10-10

作者简介: 张小璇 (1976-), 女, 硕士研究生.

* 通讯作者: hy@xmu.edu.cn

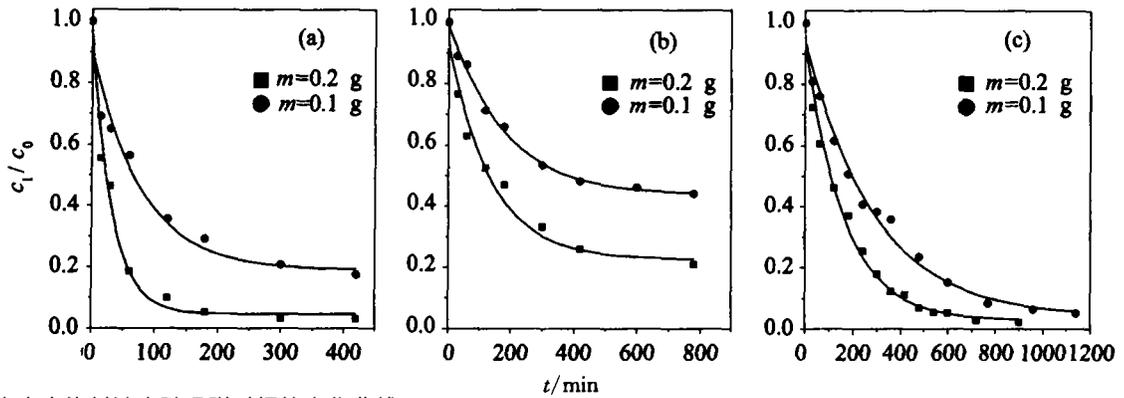


图 1 废水中染料浓度随吸附时间的变化曲线
(a) 酸性品红; (b) 碱性品红; (c) 活性黑 B-133

Fig 1 c_1/c_0 vs. adsorption time

COD^[9], 计算 COD 的去除率。

$$\text{COD 去除率}(\%) = \frac{\text{COD}_0 - \text{COD}_1}{\text{COD}_0} \times 100$$

其中, COD_0 为染料废水的初始 COD, COD_1 为吸附后染料废水的 COD

2 结果与讨论

2.1 染料废水浓度随吸附时间的变化

在 50 mL 浓度为 250 mg/L 的染料废水中加入一定量的活性炭, 振荡一段时间后取出测定染料废水的浓度。染料废水浓度和吸附时间的关系如图 1 所示。由图可知, 在最初的一段时间内, 三种染料废水的浓度随吸附时间的延长而迅速下降, 随后染料废水浓度的下降趋势变缓, 到一定时间后染料废水浓度处于平衡状态。实验结果表明, 随着加入活性炭量的增多, 染料废水浓度下降的速度加快。当吸附时间分别达到 3.5、6、17 h 时, 虽然加入的活性炭量不同, 但酸性品红、碱性品红和活性黑 B-133 染料废水的浓度都基本达到平衡。因此, 酸性品红、碱性品红和活性黑 B-133 染料废水的吸附平衡时间可以定为 3.5、6、17 h 由图还可看出, 活性炭对酸性品红的吸附速度最快, 碱性品红次

之, 活性黑 B-133 最慢, 这可能与染料分子的大小有关。

2.2 温度对染料废水脱色率的影响

在不同的温度条件下, 对酸性品红、碱性品红和活性黑 B-133 染料废水分别处理 3.5、6、17 h, 讨论温度对染料废水脱色率的影响。图 2 表示了废水脱色率和温度之间的关系。由图可知, 三种染料废水的脱色率均随着温度升高而增大。

操作温度由 25℃ 升高到 70℃ 时, 酸性品红染料废水的脱色率由 93.96% 增加到了 99.48%, 碱性品红染料废水的脱色率由 88.07% 增加到了 99.22%, 活性黑 B-133 染料废水的脱色率由 48.71% 增加到了 70.95%。酸性品红和碱性品红增加幅度较小, 活性黑 B-133 染料废水的脱色率的增加幅度较大。从实际应用角度看, 为了避免操作过程复杂, 实验温度宜选择室温, 用适当增加活性炭量的方法来达到相同的脱色效果。

2.3 pH 值对染料废水脱色率的影响

为了确定 pH 值对染料废水脱色率的影响, 在不同的 pH 值下进行实验, 结果如图 3 所示。酸性品红废水的脱色率随着 pH 值的增大而减小; 碱性品红废水

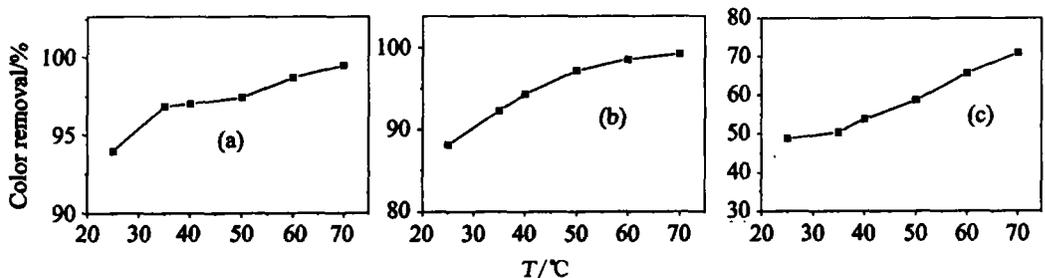


图 2 温度对染料废水脱色率的影响
(a) 酸性品红; (b) 碱性品红; (c) 活性黑 B-133

Fig 2 Effect of temperature on color removal of dyeing wastewater

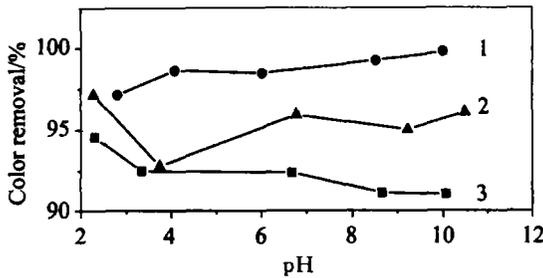


图 3 pH 值对废水脱色率的影响
1. 碱性品红; 2 活性黑 B-133; 3 酸性品红
Fig 3 Color removal vs pH

的脱色率随着 pH 值的增大而增加; 对活性黑 B-133 废水, 脱色率随 pH 值的变化无一定的规律. 这样的结果与染料废水本身的组成与性质有关.

由图可知, 废水的 pH 值在 2~11 之间变化时, 酸性品红、碱性品红、活性黑 B-133 废水的脱色率分别在 91%~95%、97.5%~100%、92.5%~97.5% 之间变化. 从整体来看, pH 值的变化对废水脱色率没有太大的影响.

2.4 活性炭量对染料废水脱色率的影响

为了确定最佳活性炭用量, 取 50 mL 初始浓度为 250 mg/L 的酸性品红、碱性品红和活性黑 B-133 染料废水在室温下分别处理 3, 5, 6, 17 h. 染料废水脱色率和活性炭量之间的变化曲线如图 4 所示. 当在 50 mL 酸性品红、碱性品红和活性黑 B-133 染料废水中分别加入 0.4, 0.5, 1.0 g 活性炭时, 废水的脱色率均达到 97% 以上, 色度稀释倍数不超过 50 倍, 达到国家一级排放标准, 继续增加活性炭用量, 废水的脱色率增加很少. 因此, 浓度为 250 mg/L 的酸性品红、碱性品红、活性黑 B-133 染料废水在室温下的最佳活性炭用量分别为 0.8%、1.0%、2.0%.

2.5 COD 的去除率

在最佳脱色条件下进行活性炭吸附实验, 测定吸附前后染料废水的 COD_{Cr} 值. 浓度为 250 mg/L 的酸性品红、碱性品红和活性黑 B-133 染料废水吸附前的 COD_{Cr} 分别为 102.36 mg/L、467.81 mg/L 和 181.13 mg/L, 吸附后三种染料废水的 COD_{Cr} 均小于 50 mg/L, 达到国家一级排放标准. 酸性品红废水 COD_{Cr} 的去除率较差, 为 63.28%; 碱性品红和活性黑 B-133 废水 COD_{Cr} 的去除率较高, 分别为 95.66% 和 84.62%.

3 结 论

活性炭对染料废水有良好的脱色效果. 酸性品红废水的脱色最容易, 碱性品红废水次之, 活性黑 B-133 废水最难. 染料废水的脱色率随温度的升高而增加, pH 值对染料废水的脱色效果没有太大的影响. 活性炭量是影响染料废水脱色率的主要因素, 对浓度为 250 mg/L 的酸性染料、碱性染料、活性黑 B-133 染料废水, 室温下的最佳活性炭用量分别为 0.8%、1.0%、2.0%.

在最佳的吸附工艺条件下, 酸性品红、碱性品红和活性黑 B-133 染料废水的脱色率均超过 97%, 出水的色度稀释倍数不大于 50 倍, COD 小于 50 mg/L, 达到国家一级排放标准. 考虑到分离出的活性炭仍具有部分吸附能力, 而且活性炭价格贵. 因此, 可以利用这些活性炭处理染料废水使其达到较低的中间浓度, 然后再用新的活性炭使处于中间浓度的染料废水达到排放标准, 以便减小成本.

染料废水的脱色是急待解决的难题, 因此对染料废水脱色的研究具有现实意义. 本文可以为染料废水的脱色研究提供参考. 目前, 活性炭的再生存在一定的局限性, 限制了活性炭的应用, 如果再生问题得到解决, 活性炭在处理染料废水中的应用会更加广泛.

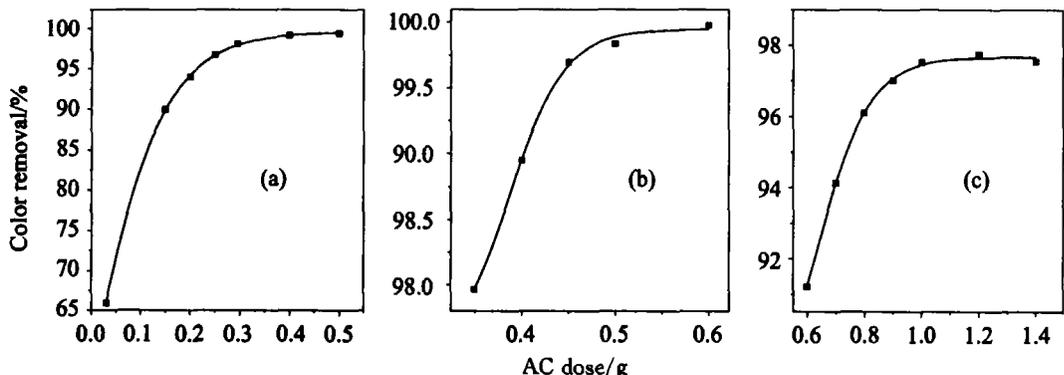


图 4 图 4 加炭量对染料废水脱色率的影响
(a) 酸性品红; (b) 碱性品红; (c) 活性黑 B-133

Fig 4 Effect of AC dose on color removal of dyeing wastewater

参考文献:

- [1] Robinson T, Mullan G, Marchant R, et al Remediation of dyes in textile effluent A critical review on current treatment technologies with a proposed alternative [J]. *Bioresour ce Technology* 2001, 77: 247- 255.
- [2] Easton J The dye maker' s view [A]. In Cooper P. editor *Cobur in Dyehouse Effluent* [M]. Bradford, UK: Society of Dyers and Coburists 1995.
- [3] Walker G M, Weatherley L R. Adsorption of acid dyes on to granular activated carbon in fixed beds [J]. *Water Research*, 1997, 31(8): 2 091- 2 101.
- [4] Walker G M, Weatherley L R. A simplified predictive model for biologically activated carbon fixed beds [J]. *Process Biochemistry* 1997, 32(4): 327- 335.
- [5] 陈颖, 唐受印, 戴友芝. 载 Ni-Cu-K 活性炭催化氧化法处理染料废水活性红 X-3B [J]. *环境污染治理技术与设备*, 2004, 5(2): 68- 71.
- [6] 刘振华, 李顺成, 安鼎年, 等. 染料废水的物化处理 [J]. *中国给水排水*, 1999, 15: 50- 53.
- [7] 刘成波, 李发生, 韩梅, 等. 紫外-可见分光光度法用于染料废水絮凝脱色效果测定的研究 [J]. *中国环境监测*, 2001, 17(3): 22- 24.
- [8] 杨良玉, 曾庆福, 杨俊, 等. 微波再生铁屑-活性炭处理染料废水 [J]. *武汉科技学院学报*, 2003, 16(5): 37- 41.
- [9] 国家环保局. *水和废水监测分析方法* [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.

Treatment of Dyeing Wastewater with Activated Carbon

ZHANG Xiaoxuan, YE Linyi*, SHA Yong DI Jing

(Department of Chemical and Biochemical Engineering College of Chemistry and Chemical Engineering Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract Three kinds of dyeing wastewater (fuchsin acid, fuchsin basic and reactive black B-133) were treated with activated carbon (AC) to remove color and chemical oxygen demand (COD). AC and dyeing wastewater were fed in the conical flask and oscillated by the oscillator for some time. Then the mixture was centrifuged at 1 500 r/m in for 10 minutes, and the pellucid liquid was got to measure its absorbency. The effects of the time, temperature, pH value, AC dose on the color removal were investigated, and accordingly the optimal operating conditions were determined. The experiment results showed that the equilibrium time of three kinds of dyeing wastewater was 3, 5, 6, 17 h respectively. The color removal increased with increasing AC dose, then attained equilibrium and remained constant thereafter. The optimal AC dose for fuchsin acid, fuchsin basic and reactive black B-133 dyeing wastewater was 0. 8%, 1. 0% and 2. 0%. In general pH value did not have significant influence on the color removal. When the temperature increased, the color removal efficiency from the dyeing wastewater increased. Under the optimal conditions, the color removal of the three kinds of dyeing wastewater reached over 97%, and the COD removal reached 63. 28%, 95. 66% and 84. 62% respectively.

Key words activated carbon; dyeing wastewater; adsorption