

不同混凝剂对牛仔布水洗废水脱色效果的模拟研究

吴小平

(东华大学 化学化工与生物工程学院, 上海 201620)

摘要:以甲基橙染料配置成模拟牛仔服水洗废水,考察 PAC、FeCl₃、PAM、FeSO₄ 4 种絮凝剂对该废水的脱色处理效果,并研究了每种混凝剂的反应最佳 pH 条件。实验结果表明, PAC 在 pH 值 7.5 时,最大脱色率为 61.8%; FeSO₄ 在 pH 值为 11.4 时,最大脱色率为 43.3%; FeCl₃ 在 pH 值为 7.5 时,最大脱色率为 68.8%,而 PAM 在不同 pH 下的脱色率最高仅为 23.8%。4 种絮凝剂在中性条件下, FeCl₃ 对甲基橙染料模拟废水处理效果最好,最高脱色率为 78%; 对 COD 去除率低,最高去除率仍小于 60%; 对浊度去除率较高,最高去除率均可达到 80% ~ 93.88%。

关键词:废水处理; 脱色处理; 混凝剂; 脱色率

中图分类号: TQ047.2

文献标识码: A

文章编号: 1671-5322(2014)01-0005-05

近年来,纺织印染业在推动经济发展中发挥了重要作用,但在为国家经济发展和人民生活水平提高做出巨大贡献的同时,也带来了较严重的水污染问题。牛仔布水洗废水是印染类废水的一种,指牛仔布等棉织物或混纺产品在水洗工艺中所排出的废水,其中含有大量衣服上脱落的带发色基团的染料有机物和印染助剂染料。常见的水洗废水中染料有^[1]:直接染料、不溶性偶氮染料、活性染料、还原染料、可溶性还原染料、分散染料等。废水中有时还含有部分印染助剂,如表面活性剂、还原剂、染色载体等,处理难度大。

目前,印染废水的处理方法主要有物理法、化学法、生物法以及这 3 种方法的组合^[2-3]。物理法主要包括吸附法和膜分离法,该方法操作简便,但运行费用高、易堵塞,需要预处理和定期的化学清洗等;化学法对 COD 的去除效果好,对疏水性染料的脱色率高,但对亲水性染料的脱色效果差,处理成本高,泥渣难处理;物理化学法处理效果显著,但处理费用高、适应范围窄,易产生大量难处理的污泥;生化法可处理印染工业废水所含有的大量能被生物氧化的可溶性物质,但在应用过程中填料容易堵塞,需经常进行冲洗,动力消耗较大。混凝剂是较常用的方法,具有设备简单、维护操作易于掌握、特定处理效果好的特点,而且混凝

剂的种类多,来源广^[4-6]。本研究针对不同废水的混凝条件随水质的变化而不同的特性,对牛仔布水洗废水采用混凝工艺处理,考察不同混凝剂的作用效果,为实际废水的处理提供理论依据。

1 模拟废水组成

甲基橙是牛仔布印染工艺中常用的染料^[7],其水溶液色度、浊度易于精确测定^[8-9],故本文配置甲基橙染料溶液以模拟印染废水。具体配置方法是:在 10 L 自来水中,加入 1 g 甲基橙染料,形成浓度为 1 000 mg/L 的单品种染料液。

2 实验材料及方法

2.1 实验药品

实验中所需的药品如表 1 所示。

2.2 实验仪器

实验中所需的仪器如表 2 所示。

2.3 实验准备

2.3.1 实验评测指标

本实验以废水色度为主要评测参数,同时考察浊度、COD 的去除效果。

色度:主要测定废水中有色物质的含量;

COD:测定废水中还原性物质的含量,废水中还原性物质越多,COD 的测定值越大。

收稿日期:2013-11-22

作者简介:吴小平(1984-),男,江苏盐城人,博士生,主要研究方向为印染废水处理。

表 1 实验药品
Table 1 Experimental drugs

序号	名称
1	聚合氯化铝
2	硫酸亚铁
3	三氯化铁
4	聚丙烯酰胺
5	甲基橙
6	盐酸
7	氢氧化钠
8	硫酸银
9	硫酸汞
10	重铬酸钾
11	硫酸
12	硫酸亚铁铵
13	临苯二甲酸氢钾
14	菲绕啉

表 2 实验仪器
Table 2 Experimental instrument

序号	名称	型号	精度
1	混凝实验搅拌机	MY3000-6N1	
2	数字色度仪	XS-1 型	1 度
3	光电式浊度仪	GDS-3 型	0.1 NTU
4	酸度计	pH-3 型	0.01
5	磁力搅拌器	WCJ-G02 型	
6	电子天平	AL104 型	0.000 1 g
7	玻璃回流装置		
8	电磁炉		
9	烧杯、量筒、 移液管、温度计等		

浊度:测定废水总悬浮颗粒的浓度。

2.3.2 混凝剂的配置

取 1g 聚丙烯酰胺,10 g 聚合氯化铝,10 g 三氯化铁,10 g 硫酸亚铁各溶于 1 000 mL 容量瓶中,摇匀,待用。

2.4 实验方法

2.4.1 烧杯实验

确定形成矾花所用的最小混凝药剂量。用烧杯取 200 mL 原水置于磁力搅拌器上,投加 0.5 mL 混凝剂,然后慢速搅拌,每次增加 0.5 mL 混凝剂,直至出现矾花为止,这时的混凝剂量作为形成矾花的最小投加量。

2.4.2 投加量与混凝效果

本实验分别采用不同混凝剂进行脱色试验,研究混凝剂投加量与脱色率的关系,以确定最佳投药量,方法如下:

(1)用 6 个 1 000 mL 的烧杯,分别放入 500 mL 模拟废水,置于混凝搅拌机平台上。

(2)确定试验时混凝剂投加量。根据烧杯实验形成矾花最小混凝药剂投加量,其 1/2 作为 1 号烧杯的混凝剂投加量,取其 2 倍作为 6 号烧杯的混凝剂投加量,用依次增加相等混凝剂投加量的方法求出 2~5 号烧杯混凝剂投加量,把混凝剂分别投入 1~6 号烧杯中。

(3)启动搅拌机,快速搅拌 0.5 min,转速约为 300 r/min;中速搅拌 6 min,转速约为 100 r/min;慢速搅拌 6 min,转速约为 50 r/min。

(4)完成搅拌后,静置沉淀 30 min,用 50 mL 注射针筒抽出烧杯中的上清液约 100 mL 放入烧杯中,立即测取色度、COD 值、浊度,并记录实验数据。

2.4.3 pH 值与絮凝效果

混凝剂与印染废水发生混凝反应时的 pH 值变化直接影响到混凝剂的水解成分,也影响染料分子的存在形态,因此 pH 值的大小关系到采用药剂的种类和混凝效果与脱色效果。

(1)用 6 个 1 000 mL 的烧杯,分别放入 500 mL 模拟废水,置于混凝搅拌机平台上。

(2)调整原水 pH 值,用移液管一次向 1 号、2 号装有水样的烧杯中分别加入 0.50、0.25 mL10% 浓度的盐酸。依次向 3 号、4 号、5 号、6 号装有水样的烧杯中分别加入 0.25、0.5、0.75、1 mL10% 浓度的氢氧化钠。

(3)启动搅拌机,快速搅拌 0.5 min,转速约为 300 r/min;随后从各烧杯中分别取出 50 mL 放入烧杯,测定各水样 pH 值并记录。

(4)用移液管向烧杯中加入相同剂量的混凝剂。(投加量按前述实验中的最佳量确定)。

(5)启动搅拌机,快速搅拌 0.5 min,转速约为 300 r/min;中速搅拌 6 min,转速约为 100 r/min;慢速搅拌 6 min,转速约为 50 r/min。

(6)完成搅拌后,静置沉淀 30 min,用 50 mL 注射针筒抽出烧杯中的上清液约 100 mL 放入烧杯中,立即测取色度、COD 值、浊度,并记录实验数据。

3 实验数据分析与讨论

3.1 投药量处理废水中甲基橙染料的效果

由烧杯实验得出 PAC、FeCl₃、PAM、FeSO₄ 4 种絮凝剂的最小投加量分别为 150、300、50、500

mg/L。计算确定各烧杯中混凝剂的投加量后,把混凝剂分别加入 1~6 号烧杯中进行实验。在不同投加量下甲基橙模拟废水的处理效果如图 1~图 4 所示。

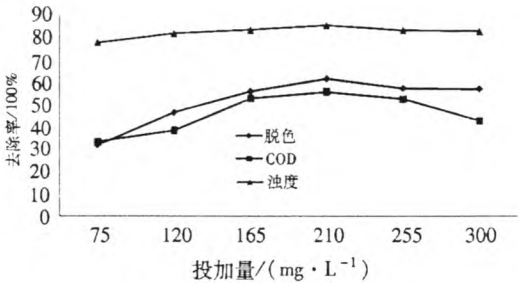


图 1 PAC 投加量与去除率
Fig. 1 PAC dosage and the removal rate

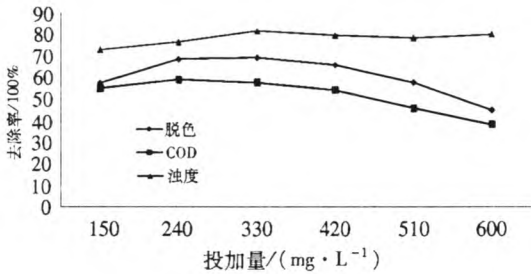


图 2 FeCl₃ 投加量与去除率
Fig. 2 FeCl₃ dosage and the removal rate

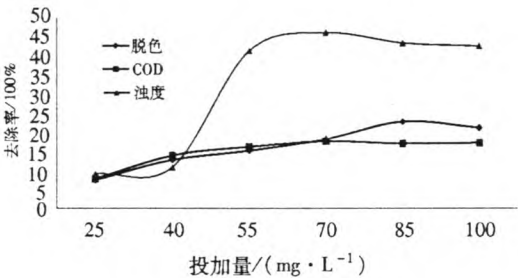


图 3 PAM 投加量与去除率
Fig. 3 PAM dosage and the removal rate

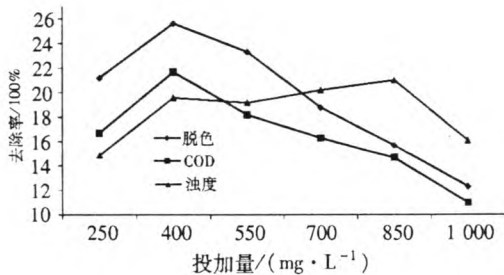


图 4 FeSO₄ 投加量与去除率
Fig. 4 FeSO₄ dosage and the removal rate

从 PAC 的处理曲线可以看出,脱色率随着药剂投加量的增大而提高。从图 1 中可以看出,当投药量为 210 mg/L 时,脱色率达到 61.8%,当脱色率超过 210 mg/L 时,脱色率反而稍有下降。其浊度去除率曲线变化比较平缓,在 75%~85% 之间。COD 去除率随着投加量增大缓慢提高,在投药量达到 210 mg/L 时,达到最大值 56.1%。由实验结果,取 PAC 的最佳投药量为 210 mg/L。

以 FeCl₃ 作为絮凝剂处理甲基橙模拟废水,絮体厚实,沉降较快。从图 2 可以看出,当投药量从 150 mg/L 增加到 330 mg/L 时,脱色率从 57% 提高到 68.8%。当投药量继续增加后,脱色率没有明显提高。当投药量大于 420 mg/L 时,脱色率出现明显下降。投药过多会使废水色度变大导致脱色率下降,出于经济原因考虑,取 FeCl₃ 最佳投药量为 240 mg/L,此时脱色率为 68.1%,COD 去除率为 58.5%,浊度去除率为 76%。

用 PAM 作为絮凝剂处理甲基橙染料模拟废水,结成絮体速度快,但沉降速度慢。在中性条件下,脱色率随投药量增大而缓慢提高。从图 3 可以看出,PAM 对甲基橙脱色率低于 25%,当投药量为 85 mg/L,取得最大值 22.7%,取此投药量为最佳投药量。FeSO₄ 作为絮凝剂处理甲基橙染料模拟印染废水时,废水结成絮体速度慢,沉降后废水仍然浑浊。从图 4 可以看出,投药量小于 400 mg/L 时,FeSO₄ 脱色率随着药品投药量增大而升高。当投药量大于 550 mg/L 时,上清液中会残留大量 Fe 离子,Fe²⁺ 被氧化成 Fe³⁺,使处理后的水带红色,色度增加,因而脱色率下降较快。当投药量为 400 mg/L 时,可以得到最大脱色率 56.6%,此时,COD 去除率为 21.7%。与其他絮凝剂相比,FeSO₄ 对浊度去除率较低,处理效果不理想。

3.2 pH 值对去除废水中甲基橙染料效果影响

因为 pH 值的大小影响色素存在的形式和表现的性质,每种絮凝剂都有其适宜的 pH 值。一方面是水的 pH 值直接与水中胶体颗粒的表面电荷和电位有关,不同 pH 值下胶体颗粒的表面电荷和电位不同,所需要的混凝剂量也不同;另一方面,水的 pH 值大小对絮凝剂的水解反应有显著影响,不同的 pH 值对絮凝剂水解反应的效果差别较大。

为求得最佳值范围,选择各种絮凝剂的最佳投药量为投药量,用 NaOH 和 HCl 调节模拟废水 pH 值,1~6 号烧杯的 pH 值分别为 5.5、6.4、7.5、

9.5、10.4、11.4、12。在不同 pH 值下进行实验,结果如图 5~图 8 所示。

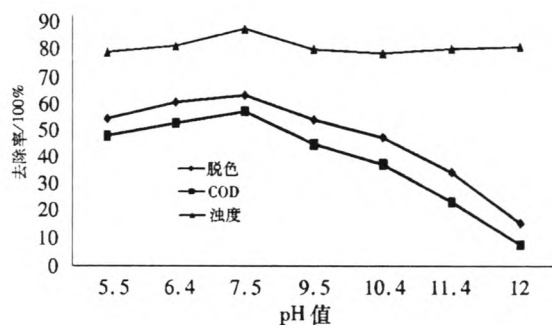


图 5 PAC:pH 值与去除率

Fig. 5 PACpH values and the removal rate

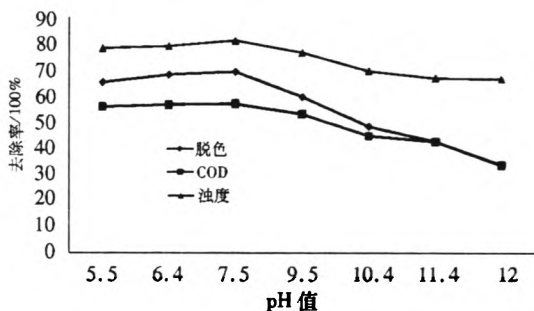


图 6 FeCl₃:pH 值与去除率

Fig. 6 FeCl₃pH values and the removal rate

由于甲基橙溶液的指示作用,当 pH 为酸性,甲基橙模拟废水显红色。从图 5 可以看出,当废水 pH 值为中性时,PAC 的脱色率较高;当废水呈强碱性时,脱色率快速下降;当 pH 值 7.5 时,实验得到最大脱色率为 61.8%,此时 COD 去除率为 56.1%,浊度去除率为 85.4%。

从图 6 可以看出,当甲基橙模拟废水 pH 值介于 6.4~9.5 之间时,FeCl₃ 去除甲基橙效果较好,达到 60% 以上。而随着 pH 值增大,FeCl₃ 对浊度的去除率逐渐降低。当 pH 值为 7.5 时 FeCl₃ 得到最大脱色率 68.8%,此时 COD 去除率为 56.6%,浊度去除率为 80.8%。

从图 7 可以看出,用 PAM 作为絮凝剂处理甲基橙模拟废水,在不同 pH 值下的脱色率均较低,最高仅为 23.8%,说明 PAM 对这种小分子染料去除能力有限。

从图 8 可以看出,用 FeSO₄ 作为絮凝剂对甲基橙模拟废水进行混凝处理,脱色率随着废水的 pH 值升高而升高。当 pH 值为 11.4 时,得到最大脱色率 43.3%,此时 COD 去除率为 34.4%,浊度的去除率为 92.9%。

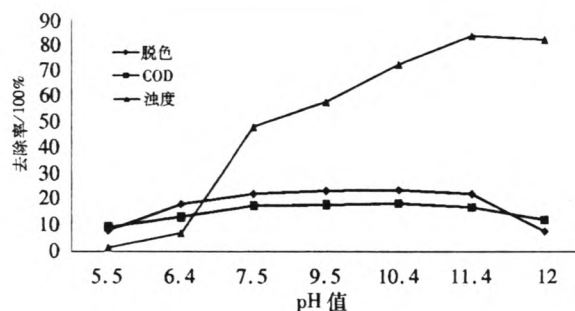


图 7 PAM:pH 值与去除率

Fig. 7 PAMpH values and the removal rate

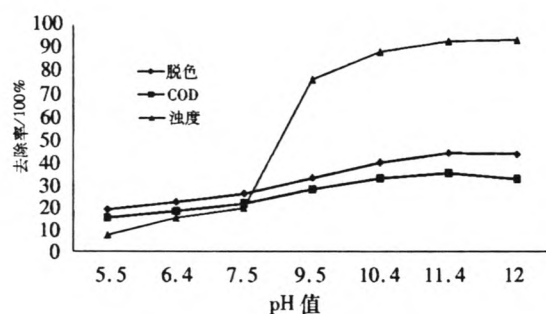


图 8 FeSO₄:pH 值与去除率

Fig. 8 FeSO₄pH values and the removal rate

图 9 为 4 种絮凝剂在不同 pH 值条件下的脱色去除率比较。

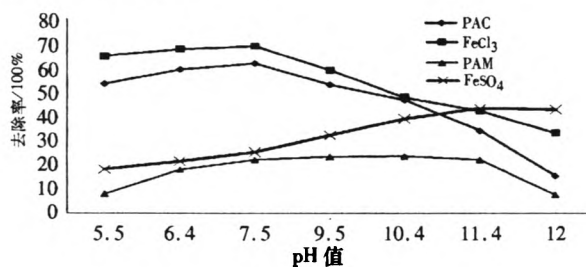


图 9 各种絮凝剂在不同 pH 值条件下的脱色去除率

Fig. 9 Different flocculants removal rate of decolorization under different pH

对比 4 种絮凝剂的脱色效果,可以归纳为以下几点:

(1) 4 种絮凝剂在中性条件下,FeCl₃ 对甲基橙染料模拟废水处理效果最好,最高脱色率为 78%,PAC 次之,而 PAM 和 FeSO₄ 对甲基橙染料模拟废水混凝效果较差。

(2) PAC 对甲基橙染料模拟废水脱色能力较 FeCl₃ 稍低,但用药量较少。

(3) 各种絮凝剂对甲基橙染料模拟废水浊度去除率较高,最高去除率均可达到 80%~93.88%。

(4) 4种絮凝剂对甲基橙染料模拟废水 COD 去除率低,最高去除率都小于 60%。

4 结论

(1) 混凝剂对以甲基橙染料配置而成的模拟牛仔布水洗废水具有一定的处理效果,不同的混凝剂处理效果有所不同。在中性条件下, FeCl_3 对甲基橙染料模拟废水处理效果最好,最高脱色率为 78%; COD 去除率较低,最高去除率仍小于 60%; 浊度去除率较高,最高去除率均可达到 80% ~ 93.88%。

(2) pH 值大小影响混凝剂的处理效果。PAC 在 pH 值 7.5 时,最大脱色率为 61.8%; FeSO_4 在 pH 值为 11.4 时,最大脱色率为 43.3%; FeCl_3 在 pH 值为 7.5 时,最大脱色率 68.8%; 而 PAM 在不同 pH 值下的脱色率最高仅为 23.8%。

(3) 通过实验可知,混凝剂可用于对牛仔布模拟水洗废水的处理。但由于甲基橙仅仅是牛仔布生产工艺中用到的众多染料之一,因此在设计废水处理时,仍要通过实验确定不同混凝剂的最佳反应药量和 pH 值。

参考文献:

- [1] 黄理辉. 催化铁内电解法预处理印染废水及后继生物处理工艺的研究[D]. 上海: 同济大学, 2006.
- [2] 邹家庆. 工业水处理技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [3] 李亚新. 国外印染废水的电化学处理[J]. 给水排水, 1999, 25(7): 42 - 44.
- [4] 杜海宽, 李学进, 李红燕. 高效混凝剂的选择及优化应用[J]. 城镇供水, 2012(6): 20 - 22.
- [5] 张永利, 韦朝海, 罗丹萍, 等. 陶瓷印花废水处理的混凝剂及工艺条件[J]. 环境工程学报, 2012, 6(12): 4 412 - 4 416.
- [6] 陈海丰, 郑和亚, 宋庆艳. 3 种混凝剂深度处理造纸废水[J]. 纸和造纸, 2012, 31(11): 61 - 64.
- [7] 黄辉, 樊一帆, 张国飞. 磁性活性炭的制备及吸附去除水中甲基橙的研究[J]. 现代化工, 2012, 32(12): 57 - 60.
- [8] 张惠芳, 刘国光, 万蕾, 等. 超声及 N 掺杂对 TiO_2 光催化降解甲基橙活性的影响[J]. 化工环保, 2012, 32(6): 502 - 505.
- [9] 宋维君. 纳米 ZnO 催化剂自然光下光催化降解甲基橙[J]. 山西化工, 2012, 32(5): 1 - 2.

Research of Different Coagulants Decolorizing Effect on Simulant Denim Washing Wastewater

WU Xiaoping

(College of Chemistry, Chemical Engineering and Biotechnology, Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract: This paper configured to simulate with methyl orange dye jeans washing wastewater, and investigate the PAC, FeCl_3 , PAM, FeSO_4 four decolorizing flocculant for the waste water treatment effect, and examined the effects of each coagulant optimum pH conditions. Pick to: this paper configured to simulate with methyl orange dye jeans washing wastewater, and investigate the PAC, FeCl_3 , PAM, FeSO_4 four decolorizing flocculant for the waste water treatment effect, and examined the effects of each coagulant optimum pH conditions. Experiments demonstrate: in neutral conditions, effect of FeCl_3 on simulation of methyl orange dye wastewater treatment is best, the highest decolorization rate was 78%, the COD removal rate is low, the highest removal rate is still less than 60%, the turbidity removal rate is higher, the highest removal rate can reach 80% ~ 93.88%. At pH 7.5, the biggest decolorization rate of PAC is 61.8%; FeSO_4 in the pH value of 11.4, the biggest decolorization rate is 43.3%; FeCl_3 in the pH value of 7.5, FeCl_3 get biggest decoloring rate is 68.8%, and PAM under different pH has the highest decolorization rate is just only 23.8%.

Keywords: denim washing wastewater; decolorizing; coagulant

(责任编辑: 李华云)