

文章编号: 1005-0523(2009)02-0017-05

电絮凝-气浮法对模拟染料废水的脱色实验研究

刘 艳, 鲁秀国, 张 攀, 饶 婷

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要:以铝板作为电极板, NaCl 为电解质, 用电絮凝-气浮法进行铬黑 T 模拟染料废水的脱色实验研究。主要考察了极板间距、电解时间、电解质的浓度、电流密度和 pH 值等因素对染料废水脱色率和单位能耗的影响。实验结果表明, 在极板间距为 2.5 cm, NaCl 浓度为 $1.00 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 电流密度为 $5 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$, pH 为 5.5 的条件下, 经过 10 min 的电解, 模拟染料废水的色度由 1 000 倍降低为 20 倍, 脱色率达 98%, 单位能耗为 $2.76 \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

关键词:电絮凝-气浮; 染料废水; 脱色; 单位能耗

中图分类号: X131.2 **文献标识码:** A

染料废水主要来源于染料及染料中间体生产行业, 由各种产品和中间体结晶的母液、生产过程中流失的物料及冲刷地面及设备的污水等组成^[1]。染料废水具有色度高、COD 高、成分复杂、含有毒有害物质、可生化性差等特点^[2, 3], 是较难处理的工业废水之一。电絮凝-气浮法可同时完成电絮凝、电气浮、氧化和还原等过程, 具有絮凝、吸附、架桥、卷扫、电沉积、电化学氧化还原等多种作用^[4, 5]。电絮凝-气浮法无需添加任何化学混凝剂, 无二次污染。

本文采用以铝板为电极板的电絮凝-气浮法对铬黑 T 模拟染料废水进行了处理。主要考察了极板间距、电解时间、电解质的浓度、电流密度和 pH 等因素对染料脱色率和单位能耗的影响, 并对实验机理进行了一定的说明。

1 实验部分

1.1 实验水样及装置

用铬黑 T 配制模拟染料废水。水样浓度为 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 色度为 1 000 倍, pH 为 5.5。

HJ-1 型电解浮上法实验装置: 采用可溶性铝板为电极, 极板面积为 40 cm^2 。该装置可以自动交换电极, 当阴阳极交换时, 阳极钝化现象又从新开始。通过电流调节, 使反应在恒定电流下进行。

1.2 仪器、药品及实验方法

仪器: HJ-1 型电解浮上法实验装置、哈希分光光度计、pH 计等。

药品: 铬黑 T、NaCl、 H_2SO_4 、NaOH 等。

方法: 取 500 mL 铬黑 T 模拟废水置于烧杯中, 以铝板为电极板, 在不同的极板间距和电流密度下, 加

收稿日期: 2009-01-13

基金项目: 江西省研究生创新专项资金项目 (YC08A074); 华东交通大学科研项目 (01306015)

作者简介: 刘 艳 (1985-), 女, 江西吉安人, 硕士研究生, 主要从事水处理高级氧化研究。

入不同量的电解质,调节 pH 值,进行电解,实验完毕取样静置一段时间后,取上清液,测定其吸光度,计算脱色率和单位能耗。

1.3 测试

(1) 确定最大吸收波长

准确配制一定质量浓度的铬黑 T 溶液,以蒸馏水作参比,在 400~600 nm 每隔 10 nm 测吸光度,做铬黑 T 的光谱图。测试结果表明,在 530 nm 处铬黑 T 的吸光度最大。因此,在以下实验中均采用 530 nm 作为铬黑 T 溶液的最大吸收波长。

(2) 绘制标准曲线

准确配制一系列的铬黑 T 溶液,用分光光度计测其吸光度,对所得标准曲线进行拟合得标准曲线方程: $y=0.0457x+0.0215$, $R^2=0.9995$ 。

(3) 脱色率

实验结束,沉淀一定时间后,取上清液,用分光光度计测定吸光度,计算脱色率:

$$\text{脱色率} = (A_0 - A_1) \times 100\% / A_0$$

式中: A_0 ——处理前模拟废水的吸光度;

A_1 ——处理后模拟废水的吸光度。

(4) 单位能耗

$$\text{单位能耗计算式: } W = U_i \cdot I \cdot t / \Delta M$$

式中: W ——处理单位质量染料平均能耗, $\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$;

U_i ——电解时间内的槽电压, V;

I ——恒电流条件下的电流强度, A;

t ——电解时间, h;

ΔM ——电解时间内去除的染料的质量, kg

2 结果与讨论

2.1 极板间距的影响

取 4 份 500 mL 铬黑 T 废水,不调 pH,电解时间为 10 min, NaCl 浓度为 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,极板间距分别为 1.5, 2.5, 4, 5 cm, 电流密度为 $5 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$,进行电解反应。实验完毕后,取样测定其吸光度。极板间距对脱色率和单位能耗的影响如图 1, 2 所示。

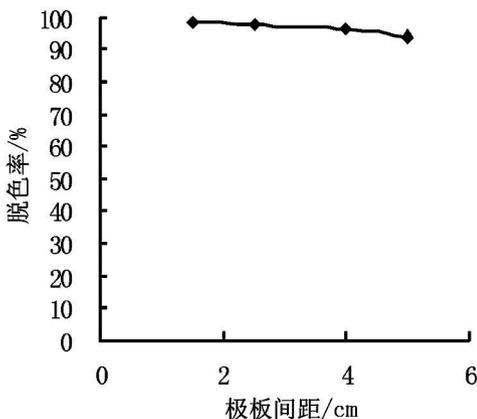


图 1 极板间距对脱色率的影响

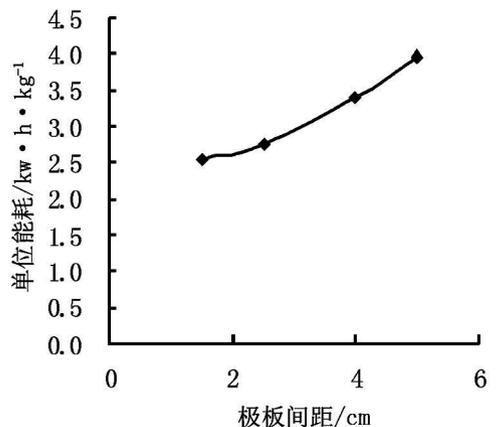


图 2 极板间距对单位能耗的影响

从图 1, 2 可知,随着极板间距减小,脱色率增大,单位能耗减小。其原因是:极板间距减小时,浓差极化的影响减少,超电势随之降低,从而提高电流效率,脱色率增大。极板间距减小时,电压也随着减小,所

以单位能耗减小。但若两极板间距太近时,会妨碍气泡的逸出,对脱色也会有影响。因此,本实验采用极板间距为 2.5 cm。

2.2 电解时间的影响

取 6 份 500 mL 铬黑 T 废水,极板间距为 2.5 cm,不调 pH,电流密度为 $5 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$, NaCl 浓度为 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,电解时间分别为 5, 10, 15, 20, 25, 30 min,进行电解反应。实验完毕后,取样测定其吸光度。电解时间对脱色率和单位能耗的影响如图 3、4 所示。

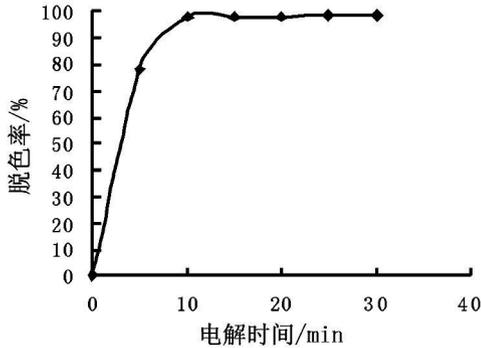


图 3 电解时间对脱色率的影响

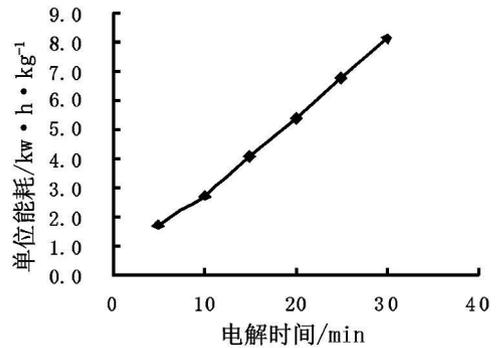


图 4 电解时间对单位能耗的影响

从图 3 可知,脱色率随着时间的增加而增加,但当电解时间超过 10 min 后,随着时间的增长,脱色率增加不大。其原因是:当电絮凝时间较短时,电极板产生的 Al^{3+} 较少,生产的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 也就较少。随着电解时间的延长,电极板产生 Al^{3+} 增多,生产的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 也随着增多,脱色率也逐渐增大。但当电解时间过长时,脱色率也会出现下降,是因为电解产生过多的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 会破坏絮凝颗粒的稳定性,絮体被破坏,絮凝效果下降。

从图 4 可知,单位能耗随着电解时间的增加而增加。时间超过 10 min 后,脱色率提高不大但单位能耗急剧增大。因此,本实验采用电解时间为 10 min。

2.3 电解质 NaCl 浓度的影响

取 6 份 500 mL 铬黑 T 废水,极板间距为 2.5 cm,不调 pH,电流密度为 $5 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$,电解时间为 10 min,NaCl 浓度分别为 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$,进行电解反应。实验完毕后,取样测吸光度。NaCl 浓度对脱色率和单位能耗的影响如图 5、6 所示。

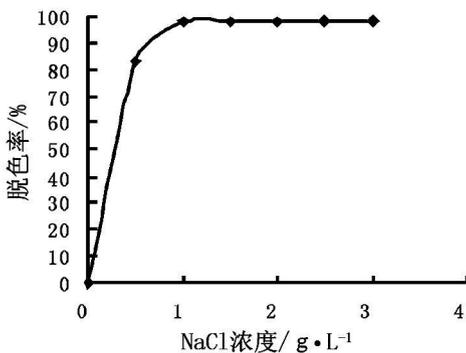


图 5 NaCl 浓度对脱色率的影响

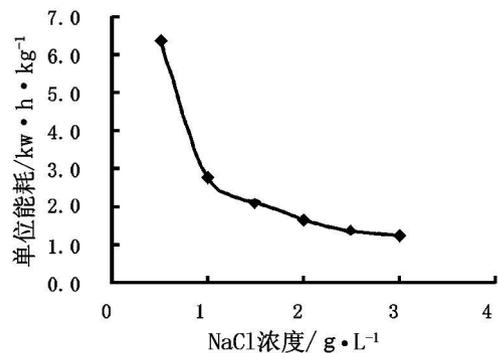


图 6 NaCl 浓度对单位能耗的影响

从图 5 可知,脱色率随着 NaCl 浓度的增加也增加,但 NaCl 浓度超过 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 后,脱色率增加不大。其原因是:NaCl 浓度的增加,即溶液中 Cl^- 浓度增加,析氯电位随 Cl^- 的增加而降低,则活性氯的量也就随之增加,使得间接氧化能力增强;同时, Cl^- 浓度增加, Cl^- 在阳极吸附竞争加强,副反应减弱,脱色率也随着增大。但当 NaCl 浓度达到一定程度时,产生的活性氯足够多, Cl^- 在阳极上的吸附也基本达到饱和,增大 NaCl 浓度对脱色率的影响不大。

从图 6可知,随着 NaCl浓度的增大,单位能耗逐渐降低。当 NaCl浓度大于 $1.00 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时单位能耗降低幅度较小。因此,本实验采用 NaCl浓度为 $1.00 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

2.4 电流密度对色度去除率的影响

取 6份 500 mL 铬黑 T 废水,极板间距为 2.5 cm,不调 pH,电解时间为 10 min, NaCl浓度为 $1.00 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,电流密度分别为 2.5, 5, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0 $\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2}$,进行电解反应。实验完毕后,取样测定其吸光度。电流密度对脱色率和单位能耗的影响如图 7、8所示。

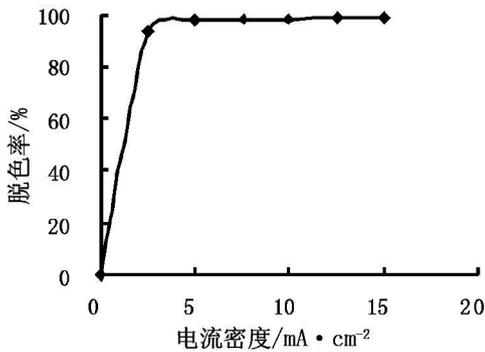


图 7 电流密度对脱色率的影响

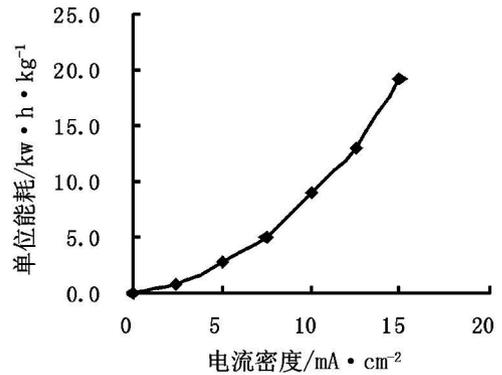


图 8 电流密度对单位能耗的影响

从图 7可知,脱色率随着电流密度的增大而增大,但电流密度大于 $5 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 时,脱色率增加幅度不大。其原因是:随着电流密度的升高,单位面积的电极反应速率增加,有利于 Cl^- 、 H^+ 、 Al^{3+} 、 OH^- 的产生,使得脱色率增加。当电流密度增加到一定程度时,Cl⁻达到饱和,则脱色率增加幅度不大。

从图 8可知,电流密度的增加使得单位能耗急剧增加。其原因是:电流密度的增加会使得电解槽的槽电压较大幅度的增加,从而使得能耗增加。在实验范围内,低电流密度有助于降低单位能耗。因此,本实验采用的电流密度为 $5 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。

2.5 pH对色度去除率的影响

取 6份 500 mL 铬黑 T 废水,极板间距为 2.5 cm,电解时间为 10 min, NaCl浓度为 $1.00 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,电流密度为 $5 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。铬黑 T 溶液的 pH 为 5.5,且遇碱变蓝色,遇酸不变色,因此,用 H_2SO_4 调节 pH 值分别为 1.5, 3.0, 5.5 进行电解反应。实验完毕后,取样测定其吸光度。pH 对脱色率和单位能耗的影响如表 1 所示。

表 1 pH对脱色率和单位能耗的影响

序号	pH	脱色率 / %	单位能耗 / $\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$
1	1.5	98.24	2.04
2	3.0	98.13	2.31
3	5.5	98.04	2.76

从表 1可知,脱色率随着 pH 的减小而增大。其原因是:酸性越强,析氧电位越高,副反应越难发生,电流效率越高,所以脱色率增大。

pH 值越小,单位能耗越小。所以对酸性染料废水可以不经稀释或中和调节而直接处理,该方法表现出较强的优越性和应用价值。

3 结论

(1) 通过电絮凝气浮法对铬黑 T 模拟染料废水进行脱色处理是有效的。极板间距为 2.5 cm, NaCl 浓度为 $1.00 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 电流密度为 $5 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$, pH 为 5.5, 经过 10 min 的电解, 模拟染料废水的色度由

1 000 倍降低为 20 倍, 脱色率可达 98%, 单位能耗为 $2.76 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

(2) 单位能耗随着极板间距、电解时间、电解密度的增加而增加, 随着 NaCl 浓度、pH 值的减小而增加。

参考文献:

- [1] 张林生, 蒋岚岚. 染料废水的脱色方法 [J]. 化工环保, 2000, 20(1): 4-18.
- [2] 胥维昌. 染料行业废水处理现状和展望 [J]. 染料工业, 2002, 39(6): 35-39.
- [3] 黄兴华, 王黎明, 关志成, 等. 电化学处理染料废水的研究 [J]. 高压电器, 2002, 38(5): 22-23.
- [4] 王 娟, 陆雍森, 赵大传. 活性染料废水的电解絮凝预处理研究 [J]. 给水排水, 2005, 31(2): 51-54.
- [5] 刘增超, 刘文辉, 郑先俊. 电絮凝-气浮法对印染废水脱色的实验研究 [J]. 工业安全与环保, 2007, 33(4): 8-10.

Study on the Treatment Simulated Dye Wastewater by Electro-coagulation-floatation Method

LIU Yan, LU Xiu-guo, ZHANG Pan, RAO Ting

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Adopting aluminum as an electrode plate, NaCl as the supporting electrolyte, the paper studies electro-coagulation-floatation method degradation of Eriochrome Black T simulated dye wastewater. Various influence factors on the degradation effect, such as spacing of polar plate, electrolysis time, concentration of electrolyte, electricity density and pH value of solution are examined. The results show if space of polar plate is 2.5 cm, concentration of NaCl is $1.00 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, electricity density is $5 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$, pH value of solution is 5.5, the color of the simulated dye wastewater decreases by 1 000 times to 20 times, the discolorations rate can be up to 98%, unit energy consumption is $2.76 \text{ kW} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Key words: electro-coagulation-floatation; dye wastewater; discoloration; unit energy consumption

(责任编辑:王全金)