

## 电解染料废水中电极配置的研究

陈永明<sup>1</sup>, 王黎明<sup>1</sup>, 关志成<sup>1</sup>, 牟荣龙<sup>1</sup>, 黄 霞<sup>2</sup>, 黄兴华<sup>1</sup>

(1. 清华大学 电机系, 北京 100084;  
2. 清华大学 环境科学与工程系, 北京 100084)

**摘要:**在电解法处理染料废水中对不同的电极配置做了研究, 分别对 6 类染料废水进行了处理实验, 实验结果表明: 在本实验装置电解染料废水中, 15 mm 阴阳极间距的 8 目 (64 孔/mm<sup>2</sup>) 铁网电极对染料废水的色度和 COD(化学需氧量) 去除效果较好, 而且能耗不大. 经过 6 min 实验, 色度去除率达 95% 以上, COD 去除率达 80% 以上.

**关键词:**电解法; 染料废水; COD; 色度

**中图分类号:** X703

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1008 - 8423(2002)03 - 0043 - 03

常规电解法处理染料废水, 水质适应比较强, 设备比较紧凑, 操作控制比较方便, 易于实现自动化, 在废水处理领域有着广阔的应用前景<sup>[1-3]</sup>. 然而, 由于常规电解法基本上是采用平面二维的板状电极, 而且多数都是用小电流, 所以处理时间较长, 容量相对较小, 能耗相对较高, 电解效果和效率等方面有时仍不尽如人意, 因此迫切需要改进.

国内外一些研究表明<sup>[4]</sup>: 由于多孔网状电极的比表面积较大, 电解液通过网孔内部的孔道流动, 所以强化了电极内的传质过程而增强处理效果; 另外由于电解过程中电极表面尖端效应产生的聚能过程, 在电极表面局部产生气泡和涡旋运动, 气泡的产生和过程将发生动态卡西米尔效应而提取零点能并以热能的方式释放出来<sup>[5]</sup>, 促进电极反应. 所以采用了大电流和各种电极进行实验, 根据各类染料废水的处理效果, 主要对色度和 COD 的去除率进行分析和比较, 从中挑选出较好的电极配置.

### 1 实验部分

#### 1.1 实验装置

电解槽 (450 mm × 150 mm × 150 mm) (如图 1 所示), 电极 (145 mm × 145 mm); 电源: WYKL - 10030 直流稳压稳流电源; C<sub>19</sub> - A 直流安培表, C<sub>19</sub> - V 直流伏特表; 万用表: DTB90B +.

#### 1.2 实验试剂和测定方法

采用的染料在北京广春染料公司购得, 实验试剂由颇具代表性的 6 类: 分散、直接、中性、酸性、弱碱、活性所配制成的染料废水. 在实验中, COD 值是由清华大学环境系协助进行测量, 而水样的色度采用稀释倍数法进行测量.

### 2 实验结果与分析

#### 2.1 电极的筛选

在初步实验中, 在电极材料方面选用了铁、铝、钢、铜和碳电极, 考察了不同材料在相同条件下, 对染料废水的处理均有明显效果, 但在综合考虑实用性、经济性等诸多因素, 本文决定选用铁电极来进行实验研究. 而

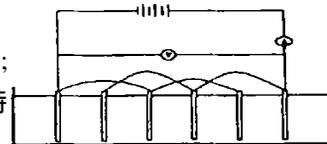


图 1 电解槽装置示意图

Fig. 1 Electrolytic cell device

收稿日期: 2002 - 04 - 12.

基金项目: 清华大学基础研究基金资助项目 (JC1999023).

作者简介: 陈永明 (1979 - ), 男 (壮族), 主要从事高电压和环境工程研究.

在电极形状方面,选用了 5 种不同形状电极:铁板、16 目(256 孔 /mm<sup>2</sup>)铁网、4 目(16 孔 /mm<sup>2</sup>)铁网、8 目(64 孔 /mm<sup>2</sup>)铁网、以及打上不规则孔的铁板(有尖端)、电极共 3 对,阴阳极间距 60mm. 试剂选用了典型难降解的活性染料—活性艳橙 X- G2 和碱性染料—弱碱深蓝 5R 所配制的质量浓度为 300mg/L 染料废水,在恒压 73V 下进行处理,选出处理效果好的电极,处理结果见图 2、3、4、5.

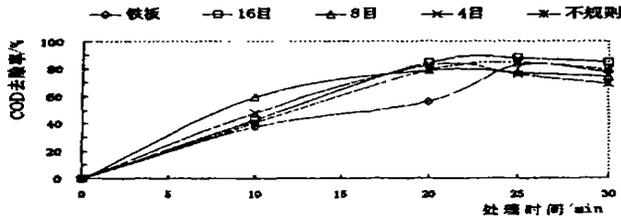


图 2 不同电极下活性艳橙 X- G2 的 COD 去处率

Fig.2 The COD removal efficiencies of reactive brilliant orange X- G2 for different electrodes

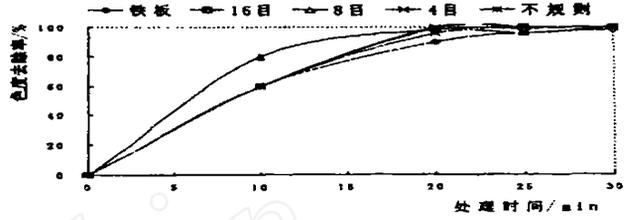


图 3 不同电极下活性艳橙 X- G2 的色度去除率

Fig.3 The chroma removal efficiencies brilliant orange X- G2 for different electrodes

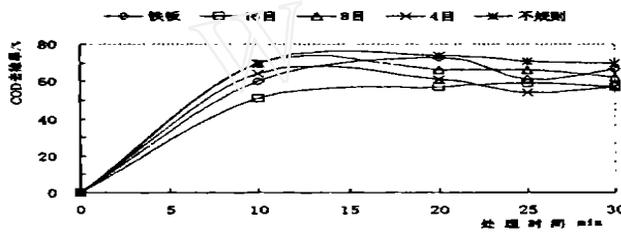


图 4 不同电极下弱碱深蓝 5R 的 COD 去处率

Fig.4 The COD removal efficiencies of alkalinescent blue 5R for different electrodes

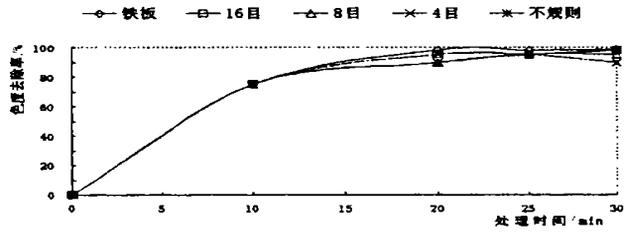


图 5 不同电极下弱碱深蓝 5R 的色度去除率

Fig.5 The Chroma removal efficiencies of alkalinescent blue 5R for different electrodes

从图 2、3、4、5 可以看出,大电流电解染料废水效果明显,在电解过程中,阳极溶解产生大量 Fe<sup>2+</sup> 和 Fe<sup>3+</sup>,与氢氧根离子形成氢氧化物胶体絮凝剂,与废水中染料及其它污染物发生凝聚,一部分沉降成为沉淀;另一部分被阴极产生的氢气泡粘附上浮形成浮渣而得以分离并去除,由此达到色度降低和 COD 减少的净化效果<sup>[6]</sup>.

比较各种电极的处理效果可以看出,网状和打上不规则孔的铁板(有尖端)电极比起板状电极,不论从效果、时间、能耗来讲都更具优势.网状电极的处理效果好,是由于多孔网状电极的比表面积较大,另外电解液通过网孔内部的孔道流动,所以强化了电极内的传质过程;而不规则孔的铁板(有尖端)电极则是因为它吸附性较好,并且还具有尖端效应的作用.但在处理较短时间(10min)内,不论是色度还是 COD 的去除效果来看,8 目铁网电极都具有比较明显优势,其次为不规则孔电极.由于不规则孔电极的人为因素较多且电极难制作加工,为了实验统一,数据具有可比性,统一采用 8 目铁网电极作为下一步实验的电极.

2.2 电极间距的研究

表 1 12 片 8 目铁网电极恒压 50V 和 22 片 8 目铁网电极恒流 20A 实验数据

Tab.1 Results of Constant voltage 50V for 12 pieces of 64 forms/mm<sup>2</sup> cron nets and 20A for 22 pieces for 64 forms/mm<sup>2</sup> iron nets

试品	12 片 8 目铁网电极恒压 50V				22 片 8 目铁网电极恒流 20A			
	电流 I/A	温升 T/	COD 去除率	色度去除率	电压 U/V	温升 T/	COD 去除率	色度去除率
分散黑 S- 3BL	10	4	50.0 %	50 %	21.2	2.5	80.8 %	95 %
直接黄 RG	17.5	7.5	100 %	99 %	18.5	2.2	100 %	99 %
中性黑 BL	14.2	4.8	46.0 %	60 %	21.5	2.8	81.1 %	96 %
酸性黑 ATT	17.5	6.2	52.0 %	60 %	15.9	1.5	81.0 %	96 %
弱碱深蓝 5R	13.9	5.4	87.5 %	90 %	18.7	3.2	87.1 %	98 %
活性艳橙 X- G2	16.8	5.6	27.5 %	60 %	14.8	2.6	86.1 %	99.6 %

在上述实验中所用电极数目较少(6 片),电极间距大,使反应时间较长,温升较大,能耗大,因此决定增

加电极数目,缩短电极间距,使用了12片(6阴6阳,间距35mm)和22片(11阴11阳,间距15mm)进行6min实验.试剂选用了分属6类的染料(分散黑、直接黄、中性黑、酸性黑、弱碱深蓝、活性艳橙)所配制的浓度为300mg/l染料废水.实验结果见表1.

从表1的实验数据可得:在两种处理条件下,色度去除和COD减少都十分明显,但在12片恒压处理过程中,温升大(最大增幅为7.5),且由于电流较小,短时间内处理效果一般.而在22片恒流处理时,效果颇为突出,温度最大增幅仅为3.2,说明适当减少两极间距,有效的利用了电解空间,起到强化电场的作用,即可增大电流以减少处理时间,且防止温升减少能耗.所以本实验装置研究下,间距15mm左右较佳.

### 3 结论

(1)大电流电解处理染料废水,效果明显,处理时间短.当电能供应充足时,染料将在阴极还原成较小的有机分子,其中一部分与固体悬浮物一起与 $Fe^{2+}$ 和 $Fe^{3+}$ 相凝结而沉淀,另有一部分经 $H_2$ 的漂浮作用而得以去除,由此产生色度降低和COD减少的净化效果.

(2)由于多孔网状电极的比表面积比其几何面积大,另外电解液通过多孔内部的孔道流动,所以强化了电极内的传质过程,大大加快了电解反应,同时促进了染料废水的处理,所以在本实验装置研究下,8目(64孔/ $mm^2$ )的铁网电极效果最好,15mm为较佳的阴阳两极间距.

(3)电解法处理染料废水虽然效果好,但由于电解过程中的絮状、油状产物太多,而且电极消耗很快,需定时更换电极,这些都给实际工业化操作带来了困难,因此下一步的研究方向,应是如何克服这些不利因素,使电解法能得到广泛推广.

### 参考文献:

- [1]李家珍.染料、染色工业废水处理[M].北京:化学工业出版社,1997.
- [2]Naumczyk J, Szpyrkowicz L, Zilio F, et al. Electrochemical treatment of textile wastewater [J]. Water Sci. Technol., 1996, 33(7): 17~24.
- [3]Exprosite E, Saez A, Herrero E, et al. Use a hydrogen - diffusion electrode in the electrochemical removal of lead from effluents of lead electrowinning processe [J]. Water Envir. Res., 1998, 70(3): 306~315.
- [4]陶龙骧,谢茂松.电催化和粒子群电极用于处理有机工业污水[J].工业水处理,2000,20(9):1~3.
- [5]贝行,于乐.『冷核聚变』与新能源——真空能[N].科技时报,2000-04-19.
- [6]Brewster M, Fuss F, Tebbens J, et al. Spectrophotometric analysis of electrochemically treated simulated disperse dye bath effluent [M]. AATCC, Book of papers, 1992. 17~19.

## Research on Electrode Configuration in the Electrolysis Treatment for Dyeing Wastewater

CHEN Yong - ming<sup>1</sup>, WANG Li - ming<sup>1</sup>, GUAN Zhi - cheng<sup>1</sup>, MOU Rong - long<sup>1</sup>,  
HUANG Xia<sup>2</sup>, HUANG Xing - hua<sup>1</sup>

(1. Department of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Department of Environmental Sciences and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Different configurations of electrode in using electrolysis to deal with dyeing wastewater are studied. Results of the experiments designed for six kinds of dyeing wastewater indicate that the iron nets with 15mm spacing and 64 forms/ $mm^2$  eliminate the chroma and COD (Chemical Oxygen Demand) of dyeing wastewater effectively at a cost of lower energy. Over 95% Chroma and 80% COD was eliminated after the 6 - minute experiment.

**Key words:** electrolysis; dyeing wastewater; COD; chroma

(责任编辑:雷红灵)