

亚甲基蓝模拟废水的电化学处理

李丽荣,王营茹,明银安*,杨慧枫,马文梅

(武汉工程大学环境与城市建设学院,湖北 武汉 430074)

摘要:为了探讨电化学法处理亚甲基蓝模拟废水的影响因素,采用钛钉电极做阳极,钢板做阴极,处理亚甲基蓝模拟废水,考察了外加电压、电解质种类、电解质浓度、极板间距、原水浓度及电解时间对处理效果的影响。结果表明:最佳电化学处理条件为外加电压7 V,电解质NaCl浓度0.02 mol/L,极板间距2 cm,原水质量浓度200 mg/L,电解时间2 h,在不改变室温和原水pH值的条件下,电化学处理亚甲基蓝的脱色率可达98.4%。因此,电化学处理亚甲基蓝模拟废水,影响亚甲基蓝脱色的主要因素有外加电压、电解质种类及其浓度、极板间距及电解时间,原水浓度也有一定的影响。

关键词:电化学;亚甲基蓝;钛钉电极;最佳条件

中图分类号:X703

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2012.06.009

0 引言

纺织印染废水是主要工业废水来源之一。染料种类多,有向着抗光解、抗生化和抗氧化等方向发展的趋势,其废水成分复杂、有机物含量高、可生化性差,所以纺织印染废水的处理成为当今工业废水处理的难点之一^[1]。色度的去除是印染废水处理的关键所在,传统水处理工艺有吸附、絮凝、气浮、生物氧化、药剂氧化及光催化氧化等,有的处理成本较高,有的不能达到较好的去除效果^[2-4]。近年来,电化学法引起人们的重视,其具有副产物少、单位体积负荷大、操作简单、易控制等优点,是一种绿色废水处理技术^[5-8]。随着电化学科学和电力工业的发展,使处理成本大大降低,电化学技术已成为一类颇具竞争力的废水处理方法。本试验以钛钉电极为阳极、不锈钢钢板为阴极,处理亚甲基蓝模拟染料废水,探究影响亚甲基蓝处理效果的因素,并确定电解法处理亚甲基蓝的最佳试验条件。

1 试验仪器及方法

1.1 试验药品

亚甲基蓝(DP,中国医药集团上海化学试剂公司), Na_2SO_4 (AR,国药集团化学试剂有限公司), NaCl (AR,上海展云化工有限公司),蒸馏水。

1.2 试验仪器

GPS-4303C型多组输出直流电源(固纬电子有限公司),WJ-88型加热搅拌器,722型可见分光光度计(天津市普瑞斯仪器有限公司)等。

1.3 模拟废水的配制

用分析天平称取2.000 g的亚甲基蓝固体溶于1 L容量瓶中,配制成2 g/L的母液避光存放以备用。其他不同浓度的亚甲基蓝染料废水根据需要用母液稀释配制。

1.4 试验装置和方法

用量筒量取200 mL亚甲基蓝模拟废水倒入250 mL烧杯中,钛钉电极做阳极、不锈钢钢板做阴极,两极板间距可调,加入一定量的电解质,于室温下进行相关试验,试验装置见图1。间隔30 min取样,稀释适当倍数,静置3~5 min后用可见分光

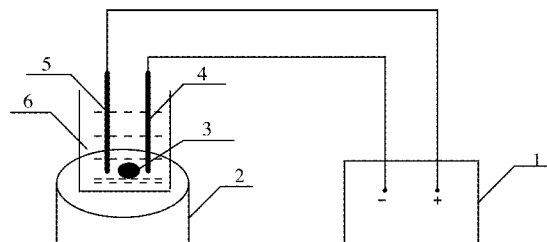


图1 电化学试验装置图

Fig.1 Figure of electrochemical experiment device

注:1. 直流电源;2. 加热搅拌器;3. 转子;4. 阴极;5. 阳极;
6. 亚甲基蓝模拟废水

收稿日期:2012-03-22

基金项目:武汉工程大学研究生教育创新基金项目(CX201130)

作者简介:李丽荣(1986-),女,河北沧州人,硕士研究生。研究方向:水污染控制、环境材料。

指导老师:明银安,女,副教授,博士。研究方向:水污染控制、环境材料。*通信联系人

光度计测定水样中亚甲基蓝的浓度(以去离子水为参比,测定其吸光度)。

2 试验结果与讨论

2.1 外加电压对亚甲基蓝脱色率的影响

亚甲基蓝初始质量浓度 100 mg/L, 电解质 (NaCl) 浓度为 0.02 mol/L, 钛钉电极做阳极、钢板做阴极, 极板间距 2 cm, 电解时间 2 h, 在室温、pH 值不变的情况下, 考察不同外加电压对亚甲基蓝脱色率的影响, 结果如图 2 所示。

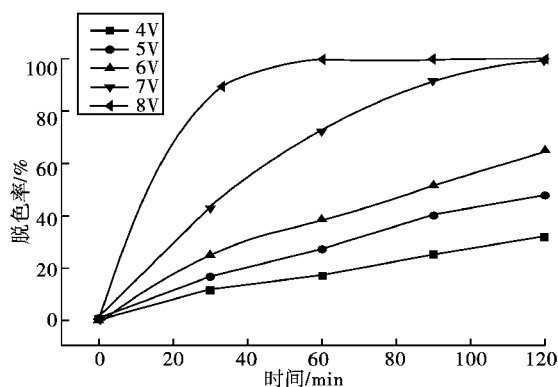


图2 外加电压对亚甲基蓝脱色率的影响

Fig.2 Effect of applied voltage on the removal rate of methylene blue

由图 2 可知: 电压从 4 V 上升到 8 V, 电解 2 h, 亚甲基蓝的脱色率从 31.8% 上升到 99.9%; 同时, 随电压增大, 电极表面粉红色气泡增多。郑辉等对电氧化法处理难生化化工有机废水进行了试验研究, 结果表明随电压升高, 阳极析出的氧虽然增多, 但电化学氧化指数却在降低, 电流效率在降低^[9]。所以, 考虑到电解过程的安全和经济问题, 在保证有机物能被充分降解的前提下, 选择 7 V 为适宜的电压。

2.2 添加不同电解质对亚甲基蓝脱色率的影响

亚甲基蓝初始质量浓度 100 mg/L, 钛钉电极做阳极, 钢板做阴极, 外加电压为 7 V, 极板间距 2 cm, 电解时间 2 h, 在室温、pH 值不变的情况下, 考察浓度为 0.02 mol/L 不同电解质 (NaCl 和 Na₂SO₄) 对亚甲基蓝脱色率的影响, 结果如图 3 所示。

图 3 分别为添加 0.02 mol/L Na₂SO₄ 和添加 0.02 mol/L NaCl 的亚甲基蓝模拟废水的脱色率随时间变化的曲线。电解 2 h, 添加 NaCl 体系的脱色率为 99.2%, 添加 Na₂SO₄ 体系的脱色率为 28.9%。边朝政等^[10] 添加 NaCl 对亚甲基蓝电化学脱色过程的影响研究表明, 添加 Na₂SO₄ 和 NaCl 的电解过程和机理不同, 添加 Na₂SO₄ 主要起

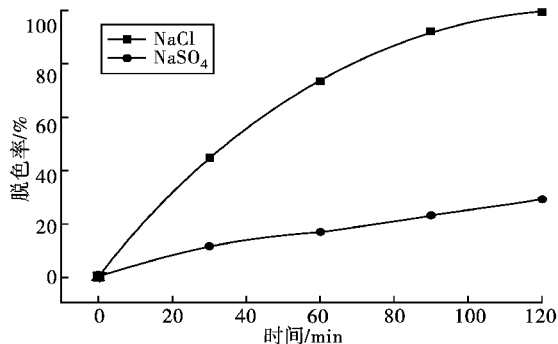
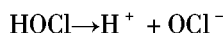
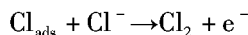
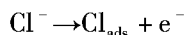


图3 不同电解质对亚甲基蓝脱色率的影响

Fig.3 Effect of different electrolyte on the removal rate of methylene blue

到提高溶液的导电性, 减小溶液电阻损耗, 抑制电迁移带来的影响, 而添加 NaCl, 脱色效果好, 主要是 Cl⁻ 在电解过程中发生了以下电化学过程:



OCl⁻ 有很强的氧化作用, 能够氧化染料分子, 取得较好的脱色效果, 以 NaCl 作为外加电解质对亚甲基蓝的脱色率比 Na₂SO₄ 大得多就是原因所在。由图 3 可知, 采用电解处理亚甲基蓝废水, 分别以 NaCl 和 Na₂SO₄ 为电解质, 电解 1 h 添加 NaCl 的脱色率比添加 Na₂SO₄ 的高出 56.5%, 电解 2 h 高出 70.3%。

因此, 选择 NaCl 为适宜的外加电解质。

2.3 氯化钠浓度对亚甲基蓝脱色率的影响

亚甲基蓝初始质量浓度 100 mg/L, 钛钉电极做阳极, 钢板做阴极, 外加电压为 7 V, 极板间距 2 cm, 电解时间 2 h, 在室温、pH 值不变的情况下, 考察不同氯化钠浓度对亚甲基蓝脱色率的影响, 结果如图 4 所示。

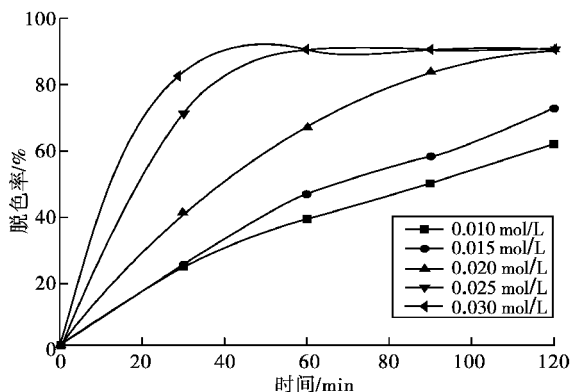


图4 氯化钠浓度对亚甲基蓝脱色率的影响

Fig.4 Effect of concentration of NaCl on the removal rate of methylene blue

由图 4 可以看出,随着 NaCl 浓度升高,亚甲基蓝的脱色率上升. NaCl 浓度从 0.01 mol/L 增加到 0.02 mol/L, 2 h 脱色率由 67.7% 达到了 99.2%, 增加了 31.5%. NaCl 浓度为 0.025 mol/L 时, 1 h 脱色率就达到 99.6%; NaCl 浓度为 0.03 mol/L 时, 0.5 h 脱色率就达到 96%. 这表明, 随 NaCl 浓度增加, 溶液中的 Cl^- 浓度增加, 活性氯的量也增多, 间接氧化能力增强; 同时 Cl^- 浓度增加, 它在阳极上的吸附竞争加强, 副反应减弱, 使脱色率升高^[9]. 电解质浓度亦不宜偏高, 因为电解质浓度较高, 产生的活性氯足够多, Cl^- 在阳极上的吸附也基本达到饱和, 电流效率下降, 电耗增加, 将使电解过程不稳定. 因此, 选择 NaCl 浓度为 0.02 mol/L.

2.4 极板间距对亚甲基蓝脱色率的影响

亚甲基蓝初始质量浓度 100 mg/L, 钛钉电极做阳极, 钢板做阴极, 外加电压为 7 V, NaCl 浓度为 0.02 mol/L, 电解时间 2 h, 在室温、pH 值不变的情况下, 考察不同极板间距对亚甲基蓝脱色率的影响, 结果如图 5 所示.

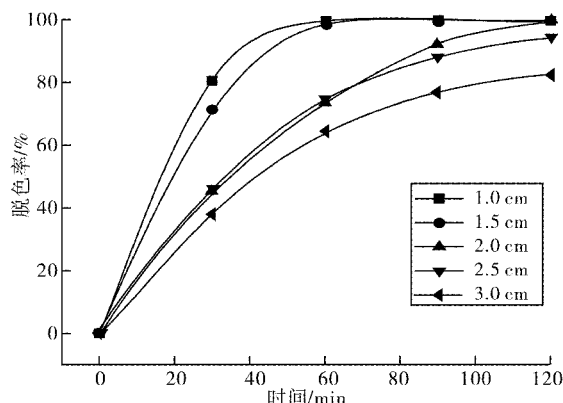


图 5 极板间距对亚甲基蓝去除率的影响

Fig. 5 Effect of space between electrodes on the removal rate of methylene blue

由图 5 可以看出, 随极板间距的增大, 亚甲基蓝的脱色率逐渐下降, 这是因为极板间距较小时, 浓度差极化的影响较小, 超电势随之降低, 处理效果较好. 虽然极板间距越小脱色率越高, 但是过小的极板间距会使极板间溶液的流量减小、模拟废水温度升高, 还会使极板间电场过强, 有引起通电瞬间极板间放电的危险, 降低电极的使用寿命; 极板间距过小也会提高电解装置的设计要求. 综合考虑安全和经济因素, 选择中间值 2 cm 作为适宜极板间距.

2.5 原水浓度对亚甲基蓝脱色率的影响

以钛钉电极做阳极, 钢板做阴极, 外加电压为 7 V, 极板间距 2 cm, NaCl 浓度为 0.02 mol/L, 电解

时间 2 h, 在室温、pH 值不变的情况下, 考察原水浓度对亚甲基蓝脱色率的影响, 结果如图 6 所示.

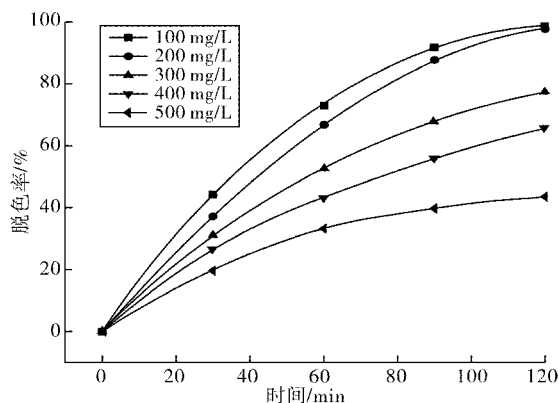


图 6 原水浓度对亚甲基蓝去除率的影响

Fig. 6 Effect of initial concentrations of dye on the removal rate of methylene blue

由图 6 可以看出, 随着模拟废水初始浓度升高, 脱色率降低. 电解 2 h, 亚甲基蓝模拟废水质量浓度分别为 100、200、300、400、500 mg/L 的脱色率分别为 99.2%、98.4%、77.8%、66.2%、43.6%. 同样电解 2 h, 100 mg/L、200 mg/L 的脱色率仅相差 0.8%, 且去除率均大于 98%, 因此处理初始质量浓度为 200 mg/L 废水肯定更经济.

2.6 电解时间对亚甲基蓝脱色率的影响

模拟废水初始质量浓度为 200 mg/L, 钛钉电极做阳极, 钢板做阴极, 外加电压为 7 V, 极板间距 2 cm, NaCl 浓度为 0.02 mol/L, 在室温、pH 值不变的情况下, 考察不同电解时间对亚甲基蓝脱色率的影响, 结果如图 7 所示.

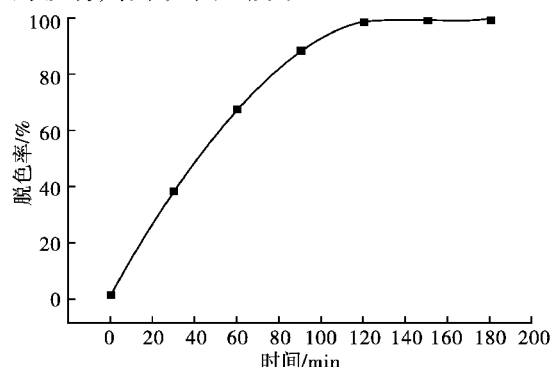


图 7 不同电解时间对亚甲基蓝脱色率的影响

Fig. 7 Effect of electrolysis time on the removal rate of methylene blue

由图 7 可知, 亚甲基蓝的脱色率随电解时间的延长而增加, 电解 2 h 亚甲基蓝的脱色率达到 98.4%, 电解 3 h 亚甲基蓝的脱色率达到 99.1%, 相比 2 h 只增加 0.7%. 亚甲基蓝的降解速率随电解时间的延长而降低, 这是因为反应起始阶段, 高浓度的亚甲基蓝能较快地扩散到电极表面并发生

反应;但是随电解时间的延长,反应物和中间体在电极表面的吸附使电流效率降低,并且大部分亚甲基蓝结构已被破坏,单位时间内扩散到电极表面的亚甲基蓝减少,使亚甲基蓝浓度变化趋于平缓.因此从反应时间对脱色率的影响和试验的经济性考虑,选择2h是最适宜的电解时间.

3 结 语

通过以钛钌电极为阳极、钢板为阴极,对亚甲基蓝模拟废水进行电化学处理,试验结果表明,外加电压、电解质种类及浓度、极板间距、电解时间都是影响亚甲基蓝脱色的主要因素,原水浓度对脱色率有一定的影响;试验确定了电化学处理亚甲基蓝的最适宜条件,外加电压7V,氯化钠浓度0.02 mol/L,极板间距2cm,原水质量浓度200 mg/L,电解时间2h,在不改变室温及原水pH值的条件下,电化学处理亚甲基蓝的脱色率可达98.4%.

参考文献:

- [1] 李家珍.染料、染色工业废水处理[M].北京:北京化学工业出版社,1997.
- [2] 武道吉,谭风训,王江清.紊流絮凝技术研究[J].水处理技术,1999,25(3):171-173.
- [3] 甘莉,甘光奉.电凝聚水处理技术的新进展[J].工业水处理,2002,22(5):5-7.
- [4] Basiri Parsa J, Rezaei M, Soleymani A R. Electrochemical oxidation of an azo dye in aqueous media investigation of operational parameters and kinetics[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 168: 997-1003.
- [5] 王营茹,胡文云,李彦秋.水解-好氧工艺处理模拟染料废水试验[J].武汉工程大学学报,2008,30(4):69-72.
- [6] 王营茹,王莉.不同电极材料处理蒽醌蓝染料废水的比较[J].武汉工程大学学报,2009,31(9):31-34.
- [7] 葛建团,曲久辉,徐敏.电化学方法用于酸性红B模拟废水脱色试验研究[J].环境污染治理技术与设备,2002,3(5):12-14.
- [8] 魏毅,汤亚飞,明勇.活性炭载 Fe^{2+} 三维电极法处理染料废水[J].武汉工程大学学报,2009,31(9):35-37,41.
- [9] 郑辉,李德生,于连群,等.电氧化法处理难生化化工有机废水试验研究[J].兰州交通大学学报:自然科学版,2004,23(6):4-8.
- [10] 边朝政,王栋,于连海.添加氯化钠对亚甲基蓝电化学脱色过程的影响研究[J].辽宁化工,2010,39(2):136-139.

Electrochemical treatment of methylene blue in simulation wastewater

LI Li-rong, WANG Ying-ru, MING Yin-an, YANG Hui-feng, MA Wen-mei

(School of Environmental and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: In order to study the influence factors of electrochemical treatment of methylene blue, wastewater containing methylene blue was treated by the electrochemical method, with Ti/RuO₂ as anode and steel electrode as cathode. Experiments were done to study the removal efficiency of applied voltage, the kind and concentration of electrolyte, space between electrodes, initial concentration of dye and electrolysis time. Results show that the optimum conditions are voltage 7 V, NaCl 0.02 mol/L, space between electrodes 2 cm, initial concentration of methylene blue 200 mg/L, electrolysis time 2 h. The removal rate of methylene blue reaches 98.4% after 2 hours electrochemical treatment under the optimum conditions and certain room temperature and pH. Therefore, the main influence factors of electrochemical treatment of methylene blue include applied voltage, the kind and concentration of electrolyte, space between electrodes and electrolysis time. The initial concentration of dye also has certain effect on the removal efficiency.

Key words: electrochemical; methylene blue; Ti/RuO₂ electrode; optimum conditions

本文编辑:龚晓宁