

郑文轩, 杨 瑛, 吴胜举. 超声波/纳米铁协同降解酸性红 B 废水的试验研究[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(6): 360-362.

超声波/纳米铁协同降解酸性红 B 废水的试验研究

郑文轩¹, 杨 瑛¹, 吴胜举²

(1. 塔里木大学机械电气化工程学院, 新疆阿拉尔 843300; 2. 陕西师范大学应用声学研究所, 陕西西安 710062)

摘要:以酸性红 B 模拟有机废水为研究对象, 进行了超声波/纳米铁协同降解的试验研究。结果表明, 处理液体系 pH 值、超声处理声能密度以及纳米铁的投加量等参量对酸性红 B 的降解效果均有影响。结果证明, 采用超声波/纳米铁协同处理酸性红 B 模拟废水明显提高了其降解率。在处理液 pH 值为 1.0、处理液温度控制在 $(30 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、超声波声能密度为 500 W/L、纳米铁的投加量为 3 g/L 条件下, 协同处理 30 min 后, 对酸性红 B 有机物的降解率达到 90%。

关键词:超声波; 纳米铁; 降解; 酸性红 B

中图分类号: X788 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)06-0360-02

近年来随着社会的不断发展, 特别是化学工业的快速发展, 使得人工合成的各类化学物质已达到几十万种, 人们在开发和利用水资源过程中由于缺乏科学的规划和合理的保护, 水资源污染严重。大量工业废水含有难降解有机污染物, 如多环芳烃类化合物、酚类化合物、有机氯化物、硝基化合物等这类污染物往往浓度高、毒性大且难于生物降解。因此, 研究和开展关于水资源中难降解有机污染物高效、经济的处理技术, 不仅具有重要的理论意义, 而且有着巨大的经济、社会和生态利益^[1]。利用超声波降解水中的污染物尤其是处理难降解的有机污染物, 是近年来的研究热点。本研究采用超声波辐射与纳米铁协同对酸性红 B 有机物进行了试验处理, 旨在拓展声化学在有机废水处理领域中的实用价值。

1 材料与试验方法

1.1 主要仪器和试剂

超声波发生器, 双层控温处理槽, 超声波换能器, 功率计, UV-1800 型紫外-可见分光光度计, pH S-25 型 pH 计, 电子分析天平, 酸性红 B, 纳米铁, NaOH (30%), H_2SO_4 (98%)。

1.2 试验装置和分析方法

试验装置见图 1。降解率通过样品吸光度计算: 降解率 = $(1 - C/C_0) \times 100\%$, 式中, C_0 为酸性红 B 的初始浓度, C 为处理后酸性红 B 的浓度。

1.3 有机废水模型的选择和试验方法

配制浓度为 1 g/L 的酸性红 B 有机模拟废水作为储备液, 将其稀释为 100 mg/L, 取 200 mL 该处理液置于反应器中进行处理, 间隔一定时间用注射器取一定量的反应液, 置于 0.5 cm 石英比色皿中, 使用紫外分光光度计测量其吸光度。

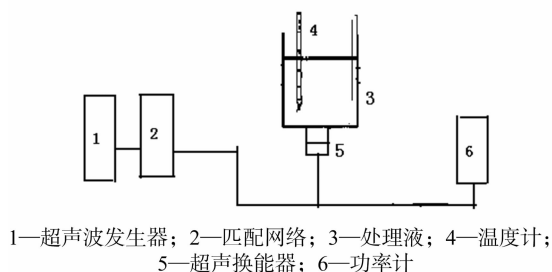


图1 试验装置

2 结果与分析

2.1 体系 pH 值对降解效果的影响

分别取 200 mL 酸性红 B 模拟有机废水处理液置于处理槽中, 选择超声声能密度为 500 W/L, 分别调节处理液的 pH 值; 处理液温度控制在 $(30 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, 每反应 10 min 取 1 次样测其吸光度。从图 2 可以看出, 酸性红 B 在酸性条件下的降解效果明显好于在碱性条件下。分析其原因主要是在酸性条件下, 分子态的酸性红 B 先由扩散进入膜区, 后经挥发进入气相区, 在空穴中的高温高压下, 发生热分解反应及氢氧自由基反应。酸性红 B 的原溶液略显酸性, 提高溶液的 pH 值, 酸性红 B 的电离度将增大, 离子态的酸性红 B 无法进入气相区, 降解将主要依赖超声过程产生的 $\cdot\text{OH}$ 及 $\cdot\text{H}$ 自由基的反应进行。因此, 酸性红 B 在酸性条件下更利于超声降解^[2]。

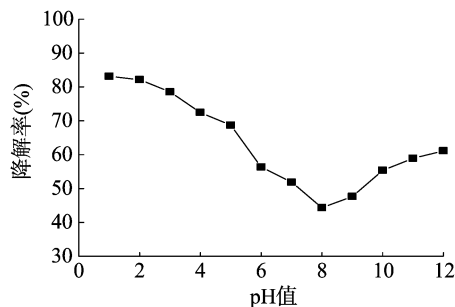


图2 pH值对酸性红B降解效果的影响

2.2 超声波声能密度对降解效果的影响

取 200 mL 酸性红 B 模拟废水处理液置于处理槽中, 调节

收稿日期: 2012-11-02

基金项目: 新疆建设兵团青年科技创新资金 (编号: 2012CB021); 塔里木大学校长基金 (编号: TDZKSS201212)。

作者简介: 郑文轩 (1980—), 男, 河南内乡人, 硕士, 讲师, 主要从事超声处理技术、功率超声应用等研究。

通信作者: 杨 瑛, 博士研究生, 副教授, 主要从事超声处理技术、功率超声应用、声学与信息工程材料及功能器件的研究。E-mail: zwx8000200@163.com。

处理液 pH 值 = 1.0, 处理液温度控制在 $(30 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$, 处理 30 min 后测其吸光度。通过图 3 可以看出, 随着超声波辐射声能密度的不断增加, 超声波对酸性红 B 的降解率不断增加, 当声能密度达到 500 W/L 的时候对有机物降解效率最高, 而后随着声能密度的增加, 降解率增加趋势逐渐减小。分析其原因主要是因为当声能密度不断增大时, 超声波声强也不断增大, 当声强太大, 空化泡会在声波的负相形成屏蔽效应, 使得系统的声场能量反而降低, 从而影响其降解效果^[3]。

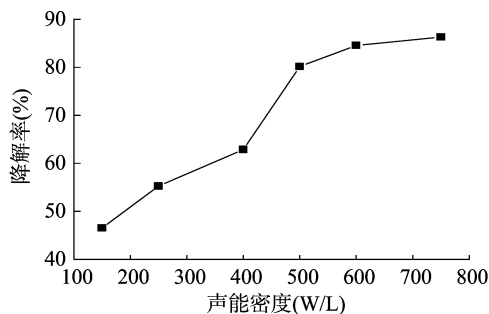


图3 超声声能密度对酸性红B降解效果的影响

2.3 纳米铁投加量对降解效果的影响

分次取 200 mL 酸性红 B 模拟废水处理液置于处理槽中, 选择超声声能密度为 500 W/L, 分别调节处理液的 pH 值 = 1, 处理液温度控制在 $(30 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$, 分别采用 1、2、3、4、5 g/L 纳米铁进行处理, 处理时间为 30 min 取样测定其降解率。从图 4 可以看出, 当纳米铁的用量不断增加时, 对有机物降解率也在提高, 在投加量由 2 g/L 增加到 3 g/L 时, 降解效率最高, 而后不断增加投加量降解效果趋于平缓。可以看出, 纳米铁的使用量对酸性红 B 降解率具有一定的影响, 但在应用中应从实际需要以及经济效益等多方面进行考虑, 从而确定纳米铁的最佳使用量。

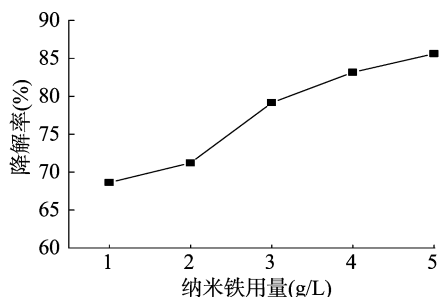


图4 纳米铁投入量对酸性红B降解效果的影响

2.4 单纯超声波对降解效果的影响

将 200 mL 酸性红 B 模拟废水处理液置于处理槽中, 调节处理液 pH 值 = 1.0, 超声声能密度为 500 W/L, 处理液温度控制在 $(30 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$, 每反应 10 min 取 1 次样测其吸光度。由图 5 可知, 在超声作用下酸性红 B 的降解率随反应时间的增加而升高, 其降解符合一级反应动力学。在 20 ~ 30 min 处理时间段对酸性红 B 降解效率最高, 而后酸性红 B 降解率虽然在不断增大, 但其变化率已没有前一阶段明显。这一现象与超声波产生空穴的规律基本是一致的, 超声波处理一定时间后, 溶液中空穴浓度将逐渐达到饱和, 空化效果趋于平稳。

2.5 单纯纳米铁对有机物降解效果的影响

将 200 mL 酸性红 B 模拟废水处理液置于处理槽中, 调节

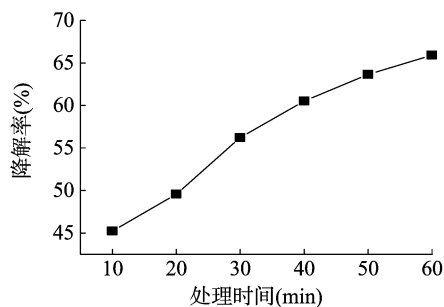


图5 单纯超声处理对酸性红B降解效果的影响

处理液的 pH 值 = 1.0, 纳米铁的投加量选择 3 g/L, 不断搅拌处理液。处理液温度控制在 $(30 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$, 每反应 30 min 取 1 次样测定其吸光度。由图 6 可知, 随着处理时间的增加, 纳米铁对有机废水的降解效果不断增加, 但到 2.5 ~ 3 h 的时候, 降解效果逐渐趋于平衡。纳米铁对有机物降解能力主要是由于纳米铁独特的物理结构所决定的。纳米铁具有很大的比表面积, 1 g 的纳米铁颗粒的比表面积总和就可以达到 100 m^2 , 使其物理化学活性大幅提升, 从而提高了纳米铁对有机物吸附能力和催化能力等优点^[4]。

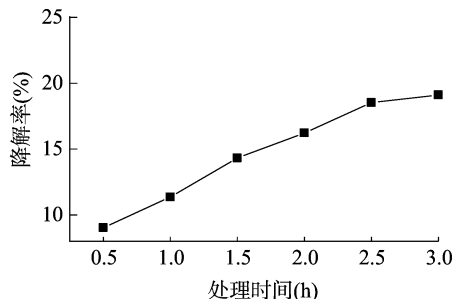


图6 单纯纳米铁作用对酸性红B降解效果的影响

2.6 超声波/纳米铁协同对有机废水的降解效果

将 200 mL 酸性红 B 模拟废水处理液置于处理槽中, 调节处理液 pH 值 = 1.0, 纳米铁的投加量选择 3 g/L, 输出超声声能密度为 500 W/L, 处理液温度控制在 $(30 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$, 每反应 10 min 取 1 次样测其吸光度。从图 7 可以看出, 超声波/纳米铁协同降解与单纯的超声波、纳米铁降解酸性红 B 有机模拟废水的降解率都随着处理时间的增加而提高, 但是协同体系的降解率明显要高于单纯超声波和单纯纳米铁降解率。通过试验可以看出, 采用协同体系的降解率要明显高于单纯超声波降解率和单纯纳米铁降解率之和。这一结果说明了, 采用超声波和纳米铁联合降解有机废水不是简单的叠加关系, 而

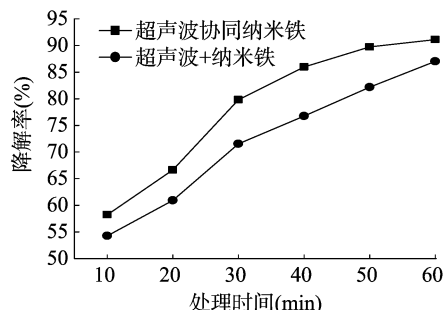


图7 超声波/纳米铁协同处理效果与超声波+纳米铁降解效果的比较

梁文艳,梁洋洋,谭洪新,等. 用响应曲面法预测生物活性炭填料反应器的硝化效果[J]. 江苏农业科学,2013,41(6):362-364.

用响应曲面法预测生物活性炭填料反应器的硝化效果

梁文艳,梁洋洋,谭洪新,罗国芝,孙大川

(上海海洋大学水产与生命学院,上海 201306)

摘要:运用响应曲面法(Response Surface Methodology,RSM)研究了水力停留时间(HRT)、进水氨氮(TAN)浓度和化学需氧量(COD)3个因素及其交互作用对生物活性炭填料床反应器氨氮去除效果的影响,并构建了预测模型。通过方差分析验证预测模型拟合程度良好(R 为99.9%),可以对反应器的硝化效果进行分析和预测。水力停留时间和化学耗氧量及其交互作用对反应器硝化效果均具显著影响,在反应器操作运行时必须全面综合考虑。

关键词:响应曲面法;生物活性炭;硝化作用

中图分类号:X52 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)06-0362-03

生物过滤(biofiltration)是生物净化的主要方式之一,分为悬浮式生物过滤和固定式生物过滤2种形式。固定式生物过滤利用载体上生长的生物膜进行生物净化,生物膜载体材料的比表面积、生物相容性等因素是评价载体材料优劣的重要依据^[1]。活性炭以其比表面积大、对污染物的吸附去除性能强、出水水质好而成为饮用水和优质再生水深度处理的主要材料,但其吸附容量有限,需进行吸附饱和后再生处理^[2]。近年来开发的生物活性炭(biological activated carbon,BAC)较好地解决了上述弊端^[3]。BAC可以同时发挥活性炭的物理吸附与生物降解作用,促进了该技术在实际中的广泛应用^[4-5]。目前许多国家已开始采用BAC技术进行饮用水、生活污水和工业废水的处理^[6]。

水力停留时间(hydraulic retention time,HRT)、进水总氨

氮(total ammonium nitrogen,TAN)浓度和化学耗氧量(chemical oxygen demand,COD)含量是影响硝化效果的主要因素^[7],通过建立数学模型有效地预测这3个因素对硝化效果的影响,对BAC硝化工艺的实际应用具有重要的指导意义和实用价值。响应曲面法(response surface methodology,RSM)将数学方法和统计方法相结合,对感兴趣的响应受多个变量影响的问题进行建模和分析,进而对目标响应进行优化^[8]。RSM采用多元二次回归方程拟合因素和响应值之间的函数关系,通过对回归方程的分析寻求最优工艺参数以解决多变量问题,在物理、工程、生物、临床、社会科学等领域都广泛应用。目前已有报道将RSM用于反硝化脱氮的研究中^[9],但鲜见应用于硝化作用的研究中。

本试验采用颗粒生物活性炭填料床反应器,以人工合成污水为处理对象,采用RSM研究HRT、进水氨氮浓度、COD及其交互作用对硝化效果的影响,建立了硝化效率的预测模型,以期为养殖系统硝化功能单元的设计与操作运行提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料

颗粒活性炭:粒径1~2 mm;硬度 $\geq 70\%$;乙醇溶解物 \leq

收稿日期:2012-11-26

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201003024);国家科技支撑计划(编号:2012BAD25B03)。

作者简介:梁文艳(1988—),女,湖北襄阳人,硕士研究生,研究方向为养殖废水污染与调控。E-mail:liangwenyan420@163.com。

通信作者:罗国芝(1974—),女,副教授,研究方向为水产养殖水处理和循环水养殖系统与工程。E-mail:gzhluo@shou.edu.cn。

是超声波辐射和纳米铁还原之间产生了协同作用,这主要是由于超声波空化强化了纳米铁还原作用,而纳米铁由于表面积大,吸附能力强,易吸附微气泡,从而强化超声波的空化作用^[5]。

3 结论

试验结果表明,将一定量的纳米铁投加到有机废水处理液中与超声波协同作用,可以明显提高对酸性红B有机物的降解效果。通过试验证实,在超声波声能密度为500 W/L、处理液pH值=1.0、纳米铁的投加量选择3 g/L,处理液温度控制在 $(30 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 条件下超声反应30 min后,以酸性红B为研究对象的有机物的降解率达到90%,可见采用超声波和纳米铁协同使用可以很好地降解酸性红B有机废水,同时基本没有二次污染,这对节能减排、绿色化工等方面的研究和应用具有很好的参考价值。

参考文献:

- [1] 黄延召. 超声降解偶氮染料活性艳红X-3B的研究[D]. 郑州: 郑州大学,2006.
- [2] 马英石,吴哲仁,林志高. 超声波/ H_2O_2 工艺分解水中危害性氯化有机物[J]. 给水排水,1997,23(8):12-18.
- [3] Okitsu K, Iwasaki K, Yobiko Y, et al. Sonochemical degradation of azo dyes in aqueous solution: a new heterogeneous kinetics model taking into account the local concentration of OH radicals and azo dyes[J]. Ultrason Sonochemistry, 2005, 12(4): 255-262.
- [4] 张选军. 超声波/纳米铁协同降解氯代芳香烃的研究[D]. 湘潭: 湘潭大学,2004.
- [5] Hua I, Hocheimer R H, Hoffmann M R. Sonochemical degradation of *p*-nitrophenol in a parallel-plate near-field acoustical processor[J]. Environmental Science and Technology, 1995, 29(11): 2790-2796.