

活性艳蓝 PACT 吸附与生物降解性能研究

王晓青¹, 刘汉湖¹, 张 龙², 朱文杰³, 张双圣¹

(1.中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏 徐州 221116; 2.江苏省环境科学研究院, 江苏 南京 210036;
3.山东省庆云县庆云镇政府, 山东 德州 253700)

摘 要: 针对活性艳蓝 KN-R 模拟废水,研究了 PACT 系统中吸附和生物降解性能,结果表明, PACT 工艺对脱色效果要优于活性炭吸附和活性污泥法。活性炭吸附试验中粉末活性炭质量浓度为 200 mg/L 时脱色效果最好,而在 PACT 中则不同,粉末活性炭质量浓度为 300 mg/L 时脱色效果最好。活性艳蓝不易生物降解,增加活性污泥质量浓度对脱色效果影响不大,而污泥的最佳使用质量浓度在 1 500 mg/L 左右。

关键词: 活性艳蓝 KN-R; 生物活性炭法; 吸附; 生物降解

中图分类号: X5

文献标识码: A

文章编号: 1674-4829(2010)02-0008-04

Research on Adsorption and Biodegradation Effect of Reactive Brilliant Blue KN-R in PACT Process

WANG Xiao-qing, LIU Han-hu, ZHANG Long, ZHU Wen-jie, ZHANG Shuang-sheng

Abstract: Adsorption and biodegradation effect of Reactive Brilliant Blue KN-R in PACT process was researched by treatment of simulated dye wastewater. The results showed that PACT process exhibited a better removal efficiency compared with adsorption or activated sludge process. The removal efficiency was the best when powder activated carbon concentration was 200 mg/L in the test of activated carbon adsorption, but different in the PACT process, which was 300 mg/L. Reactive Brilliant Blue KN-R was difficult to degrade by microbiology, the effect of removal efficiency was little when increasing activated sludge concentration, the optimum concentration of activated sludge was 1 500 mg/L.

Key words: Reactive Brilliant Blue KN-R; PACT process; Adsorption; Biodegradation

随着工业技术的飞速发展和生产规模的不断扩大,我国的工业废水量日益增多,其中印染废水量约占总废水量的 10%, 每年大约有 6 ~ 7 亿 t 印染废水排入水环境中^[1]。近年来,纺织品的产量和质量都有了大幅度的提高,染料正朝着抗光解、抗氧化和抗生物降解的方向发展。印染废水色度高、毒性强、水量大、可生化性差,从而使其治理越来越难,印染废水对环境的污染也越来越严重^[2]。因此,开发高效经济的染料废水处理方法是今后研究的重要方向。

吸附法是染料废水处理的常用方法之一,而活性炭则是常用的吸附剂^[3]。活性污泥作为吸附剂也以其低廉的价格受到人们的普遍关注。利用

活性污泥吸附重金属、染料和有机污染物的研究都有报道^[4-6]。但是,目前研究者对污泥去除色度的研究多停留在短暂的吸附阶段,对污泥的生物降解研究不多^[7-10]。生物活性炭法(PACT)是指在曝气池前(或曝气池内)投加粉末活性炭(PAC)与回流的含炭污泥混合,一起进入曝气池完成对废水有机污染物物理化学-生物处理过程。在 PAC 的生物再生和对最终代谢产物吸附等联合作用下,提高了去除有机物能力,对难以生物降解的有机污染物有较好的处理效果^[11-12]。由于牵涉到复杂的吸附与生物降解同时进行的过程,因此 PACT 系统的具体机理至今尚未有定论^[13-14]。

试验以活性艳蓝 KN-R 模拟废水为处理对象,选择粉末活性炭和活性污泥为试验材料,通过单独或组合试验研究活性艳蓝脱色效果,将污泥吸附、活性炭吸附和污泥生物降解活性艳蓝的效果进行了对比研究,以期找出吸附和生物降解在染料脱色过程中的作用与规律。

收稿日期: 2010-01-18

基金项目: 国家重大科技专项“水体污染控制与治理”课题(2008

ZX07313-005, 2008ZX07101-003-005)。

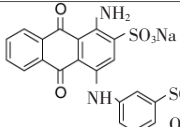
作者简介: 王晓青(1985-),女,山东临沂人,硕士研究生,主要从事水污染控制和环境污染生态修复技术研究。

1 材料与方法

1.1 活性炭、污泥及染料

实验所用的粉末活性炭为 200 目木质炭 (溧阳东方活性炭厂)。经检测 (ASAP2010, Micromeritics, 美国), 该粉末活性炭的内部性质为: BET 比表面积 533.89 m²/g, 微孔(Φ< 2 nm)单位体积 0.089 cm³/g, 中孔(2 ~ 50 nm)单位体积 0.429 cm³/g, 平均孔径 3.9 nm。试验所用污泥取自江苏省某污水处理厂 A/O 池污泥。试验所用染料为活性艳蓝 KN-R (上海试剂厂), 其结构式、分子式和特征波长见表 1。

表 1 活性艳蓝 KN-R 染料的特性

染料	结构式	分子式	相对分子质量	最大吸收波长/nm
活性艳蓝 KN-R		C ₂₂ H ₁₆ N ₂ Na ₃ O ₁₁ S ₃	626.54	591

1.2 营养液及模拟染料废水

营养液: ρ(NaHCO₃) 为 40 mg/L, ρ[(NH₄)₂SO₄] 为 40 mg/L, ρ(CaCl₂) 为 42.5 mg/L, ρ(KH₂PO₄) 为 7.5 mg/L, ρ(MgSO₄) 为 40 mg/L, ρ(MnSO₄) 为 0.3 mg/L, ρ(葡萄糖) 为 425 mg/L 等配制而成。

模拟染料废水: 营养液加活性艳蓝染料配制, 溶液中活性艳蓝的初始质量浓度为 100 mg/L。

1.3 实验装置

全套实验装置如图 1 所示。

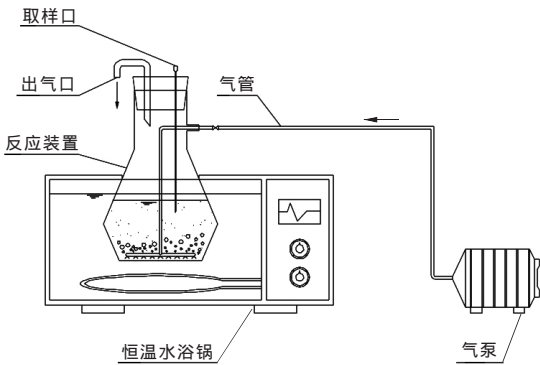


图 1 实验装置

1.4 试验方案

初始脱色阶段分别在试验开始后 5, 10, 20, 40, 60, 120 min 时取 5 mL 反应混合液过滤后采用紫外可见分光光度计(上海精密科学仪器厂)在特征波长处测定其吸光度, 与采用不同浓度染料绘制的浓度-吸光度标准曲线对比确定染料剩余质量浓度, 稳定阶段 6 h 或 12 h 取 5 mL 反应混合液过滤后测定染料剩余质量浓度, 为消除染料自身降解脱色带来的干扰, 在相同实验条件下做未加污泥和活性炭的活性艳蓝溶液进行同步试验和监测。

脱色率的计算:

脱色率(%) = $\frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100$ (1)

式中: A₀ 为初始吸光度值; A_t 为 t 时刻吸光度值; t 为培养时间。

为研究 PACT 系统中各作用相的吸附和生物降解特性, 分析 PACT 系统中各因素对处理效果的影响, 找出吸附和生物降解在染料脱色过程中的作用与规律。将试验分为活性污泥吸附与生物降解试验、活性炭吸附试验、PACT 吸附与生物降解试验, 在 PACT 吸附与生物降解试验中又分为不同污泥质量和不同活性炭质量对 PACT 系统的影响。

1.4.1 活性污泥吸附与生物降解试验

设计 4 组试验, 每组 500 mL 活性艳蓝 KN-R 模拟废水中分别加入活性污泥, 使污泥质量浓度分别为 500, 1 000, 1 500, 2 000 mg/L。

1.4.2 活性炭吸附试验

设计 4 组试验, 每组 500 mL 活性艳蓝 KN-R 模拟废水中分别加入粉末活性炭, 使活性炭质量浓度分别为 50, 100, 200, 300 mg/L。

1.4.3 PACT 吸附与生物降解试验

(1) 设计 4 组试验, 在活性污泥质量浓度为 1 500 mg/L 的 500 mL 活性艳蓝 KN-R 模拟废水中分别加入粉末活性炭, 使活性炭质量浓度分别为 50, 100, 200, 300 mg/L。

(2) 设计 4 组试验, 在活性炭质量浓度为 200 mg/L 的 500 mL 活性艳蓝 KN-R 模拟废水中分别加入活性污泥, 使模拟废水中的活性污泥质量浓度分别为 500, 1 000, 1 500, 2 000 mg/L。

2 结果与讨论

2.1 活性污泥吸附与生物降解试验效果分析

当污泥质量浓度分别为 500, 1 000, 1 500, 2 000 mg/L 时, 对活性艳蓝的脱色效果如图 2 所示。

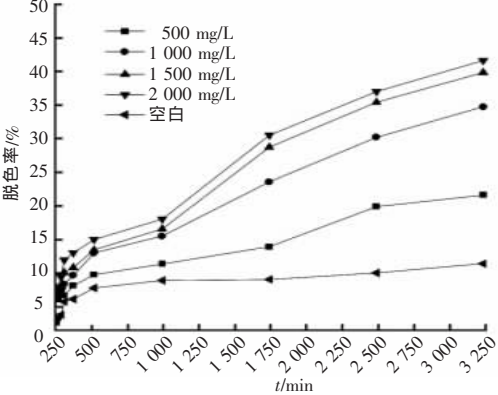


图 2 不同污泥质量浓度对脱色效果的影响

由图 2 可知, 污泥质量浓度越高, 脱色效果越好, 但到了 2 000 mg/L 活性污泥运行条件下, 增加幅度趋缓。在反应初始阶段 5 min 内染料脱色效果

显著,之后变化较平缓,12 h 后又加快,这主要是因为反应初始阶段染料去除主要依靠污泥的吸附作用,之后由于有效吸附位的减少使染料去除变慢,12 h 后污泥中微生物适应了环境,这时染料去除主要依靠微生物的降解作用,48 h 后脱色效果最好的一组脱色率为 39.6%,去除染料自身降解的影响,脱色率也只有 28.2%,说明活性艳蓝的可生化性较差。

2.2 活性炭吸附试验脱色效果分析

当粉末活性炭质量浓度分别为 50,100,200,300 mg/L 时对活性艳蓝的脱色效果如图 3 所示。

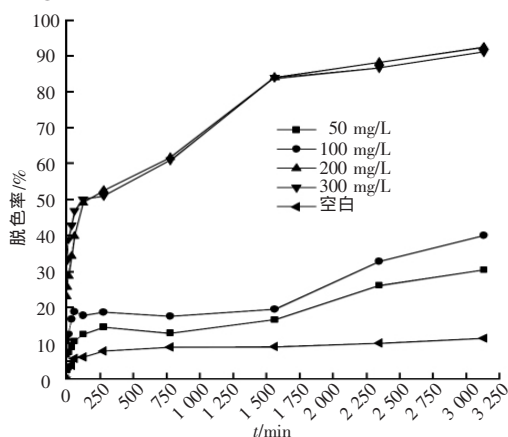


图 3 不同活性炭质量浓度对脱色效果的影响

由图 3 可知,活性炭浓度越高,染料浓度越低,脱色效果越好,但不是随着活性炭浓度的增加,脱色效果会无限变好。由这 4 组对比实验可知,单纯依靠活性炭的吸附作用,活性炭质量浓度为 200 mg/L 时脱色效果最好,脱色率为 80.98%,质量浓度为 300 mg/L 的活性炭在 2 h 内脱色效果明显好于 200 mg/L 组,但 2 h 后 2 组脱色效果无明显差别。4 组脱色效果的优劣为:200 mg/L 的 $\approx$ 300 mg/L 的 $>$ 100 mg/L 的 $>$ 50 mg/L 的。此外,由图 3 可知,粉末活性炭对活性艳蓝 KN-R 具有较大的吸附容量。

2.3 PACT 吸附与生物降解试验脱色效果分析

(1)污泥质量浓度为 1 500 mg/L,粉末活性炭质量浓度分别为 50,100,200,300 mg/L 的活性艳蓝溶液,脱色效果如图 4 所示。

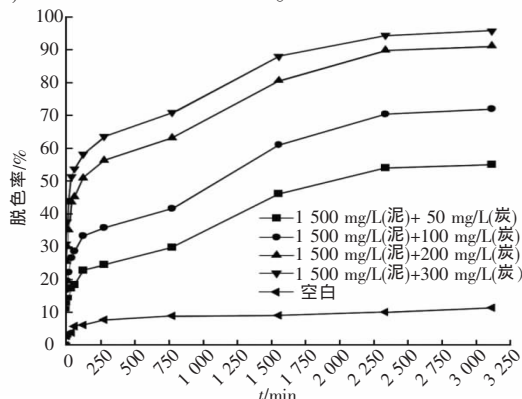


图 4 PACT 不同活性炭质量浓度对脱色效果的影响

由图 4 可知,在反应初始 5 min 内染料由于活性炭较强的吸附作用脱色效果显著,之后较平缓,在相同污泥浓度下活性炭浓度越高,对活性艳蓝的脱色效果越好,在单纯活性炭吸附试验中活性炭质量浓度为 200 mg/L 时脱色效果已经达到极致,而在 PACT 吸附与生物降解中活性炭质量浓度为 300 mg/L 时脱色效果最好,脱色率为 84.25%,考虑到经济成本,推荐活性炭使用质量浓度为 200 mg/L。此外,在等量条件下,PACT 的处理效果好于活性炭吸附,但由于活性炭吸附对活性艳蓝具有较大的吸附容量,因此提高幅度不多,仅为 5% 左右。

(2)活性炭质量浓度为 200 mg/L,活性污泥质量浓度分别为 500,1 000,1 500,2 000 mg/L 的活性艳蓝溶液,脱色效果如图 5 所示。

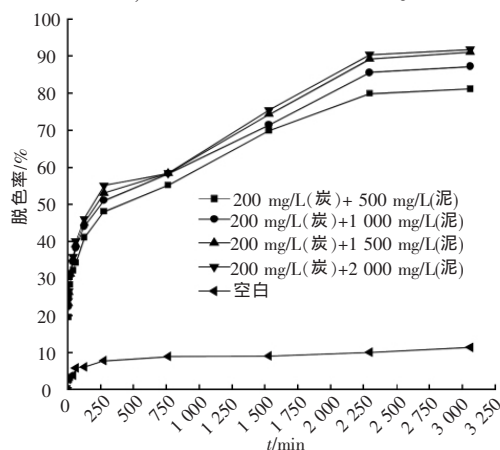


图 5 PACT 不同污泥浓度对脱色效果的影响

由图 5 知,在整个试验过程中 4 组试验的变化规律基本一致。在相同的活性炭量的情况下,污泥量越多,对活性艳蓝的脱色越好,但从图中可以看出活性污泥质量浓度为 1 500 mg/L 和 2 000 mg/L 时,脱色率差别不大,说明增大活性污泥浓度对活性艳蓝的脱色效果不明显,进一步证明了活性艳蓝可生化性差。因此 PACT 系统中污泥质量浓度达到 1 500 mg/L 即可。此外,在 48 h 运行情况下,PACT 系统对模拟废水有较好的持续降解性能,后续实验表明,连续运行 96 h,PACT 系统对模拟废水仍有降解效果。

3 结论

(1)活性污泥吸附与生物降解试验中污泥质量浓度越高,脱色效果越好,但到了 2 000 mg/L 活性污泥运行条件下,增加幅度趋缓。48 h 后脱色效果最好的一组脱色率也只有 28.2%,说明活性艳蓝的可生化性较差。

(2)粉末活性炭对活性艳蓝 KN-R 具有较大的吸附容量,在活性炭吸附试验中活性炭浓度越高,脱

色效果越好,当活性炭质量浓度为 200 mg/L 时脱色效果已经很好,再增加活性炭浓度对活性艳蓝的脱色效果影响不大。

(3)PACT 吸附与生物降解试验中,在相同污泥浓度下活性炭使用量越高,对活性艳蓝的脱色效果越好,考虑到经济成本,推荐活性炭使用质量浓度为 200 mg/L。在等量条件下,PACT 的处理效果好于活性炭吸附,但由于活性炭吸附对活性艳蓝具有较大的吸附容量,因此提高幅度不多,仅为 5%左右。

(4)在相同活性炭浓度下活性污泥浓度越高,对活性艳蓝的脱色效果越好,但越增大活性污泥浓度对活性艳蓝的脱色效果越不明显,因此 PACT 系统中污泥质量浓度达到 1 500 mg/L 即可。

[参考文献]

- [1] 国家环境保护总局科技标准司. 印染废水污染防治[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [2] 戴日成, 张 统, 郭 茜, 等. 印染废水水质特征及处理技术综述[J]. 给水排水, 2000, 26(10): 33 - 37.
- [3] 魏文圃. 活性炭在印染废水脱色中的应用[J]. 工业水处理, 1996, 16(2): 3 - 5.
- [4] 马志毅, 侯红娟, 刘瑞强, 等. 污水厂污泥做吸附剂的试验研究[J]. 中国给水排水, 1997, 13(4): 10 - 13.

- [5] 梁郁强, 贾宗剑, 江风仪. 活性污泥吸附重金属 Cr^{6+} 的研究[J]. 环境技术, 2003(6): 35 - 36.
- [6] 陈春云, 庄源益, 刘 斐. 干活性污泥吸附水中染料的试验研究[J]. 环境科学与技术, 2004, 27(1): 32 - 34.
- [7] 岳钦艳, 解建坤, 高宝玉, 等. 污泥活性炭对染料的吸附动力学研究[J]. 环境科学学报, 2007, 27(9): 1 431 - 1 438.
- [8] 朱世文, 史本章, 朱绚丽. 污泥颗粒对染料的吸附特性及评价[J]. 环境科学与技术, 2002, 25(5): 26 - 29.
- [9] 陈春云, 庄源益, 刘 斐. 染料在干污泥上的吸附平衡和动力学[J]. 安全与环境学报, 2003, 3(3): 46 - 50.
- [10] BEYDILLI M I, PAVLOSTATHIS S G, TINCHERW C. Biological decolorization of azo dye reactive red 2 under various oxidation - reduction conditions [J]. Water Environ Res, 2000, 72 (11): 698 - 705.
- [11] ORSHANSKY F, NARKIS N. Characteristics of organics removal by PACT simultaneous adsorption and biodegradation [J]. Water Research, 1997, 31(3): 391 - 398.
- [12] 蓝 梅, 顾国维. PACT 工艺研究进展及应用中应注意的问题[J]. 工业水处理, 2000, 20(1): 10 - 12.
- [13] ORSHANSKY F, NARKIS N. Characteristics of organics removal by PACT simultaneous adsorption and biodegradation [J]. Water Research, 1997, 31(3): 391 - 398.
- [14] MARQUEZ M C, COSTA C. Biomass concentration in PACT process[J]. Water Research, 1996, 30(9): 2 079 - 2 085.

(责任编辑 朱鼎一)

(上接第 7 页)

25.56%,可作为硫精矿用于生产工业硫酸。该工艺拓宽了资源利用途径,减轻了环境影响,符合循环经济减量化、资源化的要求。

[参考文献]

- [1] 张力先. 氰化提金工艺的最新进展[J]. 黄金学报, 2001, 3 (2): 124 - 129.
- [2] 梁冠杰. 河南某氰化尾渣中有价金属的综合回收[J]. 矿产综合利用, 2001 (3): 35 - 37.
- [3] 伍冯肇. 金精矿氰化尾渣回收铜的研究与实践[J]. 有色金属(选矿部分), 2002 (1): 17 - 19.
- [4] 张国刚, 赵志新, 高金昌. 金精矿氰化尾渣回收铜的生产实践[J]. 黄金, 2001, 22 (3): 37 - 39.
- [5] 薛 光, 于永江. 加压氧化—氰化浸出法从氰化尾渣中回收金[J]. 矿产综合利用, 2004(6): 47 - 48.
- [6] 郑 晔, 冯国臣. 大水清金矿氰化尾渣综合回收利用研究[J]. 黄金, 1998, 19(1): 43 - 45.
- [7] 邝金才. 氰化尾渣综合回收有价元素初探[J]. 黄金科学技

术, 2003, 11(4): 17 - 21.

- [8] 石同吉. 氰化尾渣综合回收有价金属的研究与实践[J]. 金属矿山, 2002(3): 39 - 41.
- [9] 林 海, 菅小东. 氰化尾渣的综合利用[J]. 矿产综合利用, 1999(4): 4 - 6.
- [10] 何柱生. 提金废渣的综合利用[J]. 宝鸡文理学院报(自然科学版), 1995(2): 40 - 44.
- [11] 林 海. 氰化尾渣回收铜、金、银的研究[J]. 矿产保护与利用, 1998(4): 44 - 46.
- [12] 楚宪峰, 朱 磊, 吴向阳, 等. 氰化尾渣资源化应用的清洁生产技术研究[J]. 环境科学研究, 2008, 21(6): 72 - 75.
- [13] 陈 薇, 童 雄. 浮选闪锌矿和铁闪锌矿的捕收剂研究现状及进展[J]. 国外金属矿选, 2007, 44(8): 25 - 27.
- [14] 邓春华. 某铅锌矿铅锌浮选工艺流程及药剂的应用[J]. 工程设计与研究, 2008(1): 1 - 3.
- [15] 文 虎, 万劲波. 再论循环型经济的构建[J]. 环境科学研究, 2008, 21(2): 191 - 196.

(责任编辑 朱歆莹)