

三维电极电助光催化降解直接染料的可行性研究^{*}

安太成, 顾浩飞, 陈卫国, 朱锡海
(中山大学 化学与化学工程学院, 广东 广州 510275)

关键词: 光催化氧化; 电助光催化; 三维电极; 直接湖兰 5B

中图分类号: O643.3 文献标识码: A

半导体光催化氧化法作为一种降解有机污染物的深度氧化技术已被人们关注, 其中以二氧化钛的多相光催化作用的研究尤为热门^[1]. 作为绿色环保型的光催化净化剂的二氧化钛, 具有高活性、安全、价廉、无污染等优点. 本文在多年研究三维电极的基础上^[2,3], 将多相三维电极技术与多相光催化技术相结合, 试图通过“巧妙的组合”以期达到 1+1>2 的目的, 构成了一种很具特色的多相三维电极电助光催化新体系. 并且试图通过外加电场来消除光生电子, 以增加净空穴量, 从而提高二氧化钛粒子的光催化效率, 以求取得最佳的效果.

1 实验部分

仪器与试剂: 500 W 高压汞灯 (北京光电技术研究所); 自制直流脉冲电源; 自制光电催化反应装置, 28 cm×6 cm×10 cm 双层长方体反应槽; UV-2102 PC 型紫外可见分光光度计 (UNICO, 上海); 空气压缩机; 光催化剂为 P-25 TiO₂, 使用前于 350 °C 灼烧 2 h, 自然冷却至室温备用; 复合电催化剂 A (填料) 自制备.

电助光催化氧化步骤: 在自制双层反应槽中加 150 g 预先清洗的粒子复合电催化剂 A, 恰铺满反应槽约 1 cm 厚度为佳, 然后依次加入 1 g TiO₂, 200 mL 5×10^{-4} mol·L⁻¹ 直接湖兰 5B 水溶液后, 于长方形槽体长端两端施加一定的电压, 并置于预先开启 5 min 后的 500 W 高压汞灯下, 开始鼓气并计时, 反应一定时间间隔, 取其悬浮液经 0.45 μm 的微孔膜过滤, 得反应液进行光度、色度及 TOC 分析.

2 结果与讨论

研究了在 500 W 高压汞灯照射, 30 V 直流电压条件下, 光催化剂 P-25 TiO₂ 及电催化剂 A 同时存在下, 联合使用多相三维电极技术与光催化技术, 用空气中的氧气直接氧化直接湖兰 5B 水溶液的动力学行为. 在该催化条件下, 随着反应时间的增加, 直接湖兰的吸收峰急剧降低, 其大环结构迅速被破坏, 因而导致其蓝色在 30 min 时可迅速褪去, 并且有浅红色水溶性小分子物质出现, 而且其色度大大降低.

不同催化条件下降解对比: 探讨了在光催化剂 TiO₂ 和电催化剂 A 同时存在条件下, 不同催化氧化情况下直接湖兰 5B 水溶液的降解. 由实验可知, 在无光照和电压存在但仅曝气的情况下, 直接湖兰水溶液本身有一定的催化氧化与吸附作用, 但降解率仅为 41.2%. 在无高压汞灯照射而有 30 V 电压的条件下, 其降解率为 85.4%. 同样在 500 W 高压汞灯照射而无电压存在条件, 其降解率也为 95.1%. 但是在同时有光照和电压存在的情况下, 直接湖兰水溶液的降解率高达 99.0%.

脱色研究: 在不同催化氧化条件下的色度及色度去除率如表 1 所示, 由表 1 可知光电共同催化作用下效果最佳.

矿化研究: 尽管直接湖兰水溶液的降解率高达 99.0%, 但是正如前所说, 直接湖兰并非直接氧化为

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (29977030); 广东省自然科学基金资助项目 (990274); 广东省环保局科技研究开发资助项目 (1999-14)

收稿日期: 2000-09-14; 作者简介: 安太成 (1972-), 男, 博士研究生.

CO₂ 气体，实际上是通过一系列的中间产物进行的，所以仅仅从直接湖兰最大吸收峰的降解率来看，并不能真实反映溶质的完全矿化效率。为了更直观地展示氧化效果，对电助光催化降解过程中的总有机碳（TOC）进行了跟踪检测，TOC 随降解时间的变化列于表 2。由表 2 所知：TOC 在反应开始时变化较快，到 15 min 后减慢，30 min 后矿化效率达 80.5% 并趋于平衡。

表 1 不同催化体系情况下的色度及脱色率

Tah 1 The chromaticity and decolorization ratios in various catalytic systems

催化体系	有光有电	有电无光	有光无电	无光无电
降解前色度	19 848	19 848	19 848	19 848
降解后色度	635	2 262	4 505	16 037
脱色率/ %	96.8	88.6	77.3	19.2

表 2 不同反应时间下的 TOC 与矿化效率

Tah 2 The TOC concentration and mineralization ratios at different reaction times

t/ min	0	5	10	15	20	30
TOC/ (mg·L ⁻¹)	70.68	31.06	26.54	20.98	16.34	13.80
矿化效率/ %	0	56.1	62.5	70.0	76.8	80.5

经初步的实验发现，在光催化剂 TiO₂ 和电催化剂 A 存在的条件下，高压汞灯照射并施加电压 30 V，直接湖兰 5B 水溶液在 30 min 内可完全降解，其脱色率高达 96.8%，TOC 的去除率也为 80.5% 左右。

参考文献:

[1] HOFFMANN M R, MARTIN S T, CHOI W. Enviromental application of semiconductortalysis[J] . Chem Rev, 1995, 95(1): 69.
[2] 朱锡海, 陈卫国, 范娟, 等. 氧化絮凝复合床水处理新技术[J] . 中山大学学报(自然科学版), 1998, 37(4): 80~ 84.
[3] 陈卫国, 朱锡海. 电催化产生 H₂O₂ 及 ·OH 及去除废水中有机污染物的应用[J] . 中国环境科学, 1998, 18: 148.

Feasibility Study of Electrochemically Assisted Photocatalytic Degradation of Direct Sky Blue with Three Dimension Electrodes

AN Tai-cheng^{*}, GU Hao-fei, CHEN Wei-guo, ZHU Xi-hai

Abstract: The electrochemically assisted photocatalytic degradation of direct sky blue aqueous solution with three-dimensional electrodes was studied. The degradation rates as high as 99%, with a high decolorization ratios of 96.8% and TOC concentration reduction of about 80.5% were observed during a period of 30 min in presence of both photocatalyst and filler electrodes. The kinetics of electrochemically assisted photocatalytic degradation of direct sky blue was also investigated.
Keywords: photocatalytic oxidation; electrochemically assisted photocatalytic dgradation; three-dimensional electrodes; direct sky blue 5B

^{*} School of Chemistry and Chemical Engineering, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China
(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w