

# 纳米二氧化钛 (TiO<sub>2</sub>) 光催化时间分解甲基橙溶液的研究

喻瑞杰

(广州外国语学校国际部高一 AL1 班, 广东 广州 510000)

**摘要:** 本文研究了纳米二氧化钛 (TiO<sub>2</sub>) 光催化时间对甲基橙溶液分解程度的影响。实验采用溶胶-凝胶法制备纳米 TiO<sub>2</sub>, 并在不同光催化时间下对甲基橙溶液进行降解, 通过紫外-可见分光光度计测定甲基橙溶液的吸光度变化, 评估 TiO<sub>2</sub> 的光催化性能。研究结果表明, 光催化时间对甲基橙溶液的分解程度有显著影响, 光催化时间越长, 溶液的吸光度越高, 在光的波长为 465nm 到 470nm 之间效果最为明显, 在光波长大于 550nm 之后, 吸光度的差别不大, 从而揭示 TiO<sub>2</sub> 光催化时间的作用机制及其对降解效率的影响。

**关键词:** 纳米二氧化钛; 光催化; 分解; 甲基橙

随着工业化进程的加快, 水体污染问题日益严峻, 尤其是含有机染料的废水排放对环境 and 人类健康构成严重威胁。甲基橙作为一种典型的偶氮染料, 其降解处理成为环保领域的重要课题。纳米二氧化钛是一种新型的光催化无机功能材料, 具有粒径小、比表面积大、表面活性高、分散性好等特点, 表现出独特的物理化学性质。TiO<sub>2</sub> 具有良好的光催化活性和稳定性, 在可见光下有很强的光生电子-空穴对分离能力, 在酸性介质中对甲基橙有较好的降解效果。近年来, 有关 TiO<sub>2</sub> 光催化分解甲基橙溶液的研究较多, 但是关于 TiO<sub>2</sub> 光催化时间对甲基橙降解效果影响的研究还很少。实验结果表明, TiO<sub>2</sub> 光催化时间越长, 甲基橙溶液的降解效果越好。因此, 本实验对 TiO<sub>2</sub> 在不同光催化时间下对甲基橙溶液进行光催化处理, 分析其光催化过程中的作用机理, 以期 TiO<sub>2</sub> 光催化技术在实际生产中应用提供参考依据。

## 一、国内外研究现状

纳米二氧化钛在全球来看, 市场规模在 2019 年已经到达数十亿美元, 并且预计未来几年将以可观的符合年增长率持续增长。市场规模从 2016 年的某数值增长到 2021 年的另一更高数值, 年均增长率超过 10%, 预计在未来几年内将保持稳定的增长。国际市场上, 纳米二氧化钛的竞争非常激烈, 众多企业投身其中。为了规范纳米二氧化钛行业的发展, 中国已经实施了《纳米二氧化钛》国家标准, 明确了纳米二氧化钛的制备方法、产品质量及检测方法等内容。应用领域: 纳米二氧化钛可以在空气净化, 水净化, 光电能的转化等领域上有相当重要的应用, 并且纳米二氧化钛的抗菌性在医学上有重要作用。

综上所述: 纳米二氧化钛无论是在经济上还是在研究上都呈现积极的发展趋势, 它具有广阔的市场前景, 纳米材料是未来的发展趋势, 在各个行业都会有重要作用。光催化技术是一种在能源和环境领域有着重要应用前景的绿色技术, 光催化剂的可见光是光催化技术实现太阳能充分利用走向实用化的关键, 对二氧化钛进行共掺杂改性将会取得很好的效果, 所以纳米二氧化钛在光催化上的研究必不可少。

## 二、实验部分

### (一) 实验材料与仪器

纳米二氧化钛 (TiO<sub>2</sub>): 选用 Degussa P25 型纳米 TiO<sub>2</sub>, 因其具有优异的光催化性能和稳定性。

甲基橙溶液: 配置 10mg/L 的甲基橙水溶液, 用于模拟有机污染物废水。

实验仪器: 紫外灯 (可调节光强)、磁力搅拌器、分光光度计、电子天平、pH 计、恒温槽、离心机等

反应装置: China Education Au-Light 的 CEL-LB70

检测装置: 岛津 UV-1800

### (二) 实验方法

以甲基橙溶液为目标降解物, 探究等质量纳米二氧化钛在相同光强光照条件下对于甲基橙分解的影响使用 1 至 100 纳米的二氧化钛。称量 40mg 纳米二氧化钛, 放入试管, 在试管中加入磁石分两次加入甲基橙溶液, 每加入一次用磁石搅拌机进行搅拌, 使二氧化钛与溶液充分接触即可。放入将试管用氙光灯照射, 确保每个面都均匀收光, 同时用磁石搅拌机不断搅拌混合物, 催化 30 分钟每六分钟将样品取一部分出来用离心机离心, 取离心完后的样品将最终的样品用分光光度计进行吸光度检测, 绘制图像。

### (三) 数据分析

利用分光光度计测得的吸光度数据, 从图 1 中直观可得, 每一条线从下往上是催化时间不断增加后的催化结果, 每隔 6 分钟取一次样进行测试, 得出催化得越久, 溶液的吸光度越高, 在光的波长为 465nm 到 470nm 之间效果最为明显, 在光波长大于 550nm 之后, 吸光度的差别不大。

同时由图 1 可以看出, 在甲基橙浓度为 10 mg/L 时, 光催化时间为 24h 时的吸光度最高; 在甲基橙浓度为 50 mg/L 时, 光催化时间为 48h 时的吸光度最高; 在甲基橙溶液浓度为 100 mg/L 时, 光催化时间为 72h 时的吸光度最高; 在甲基橙溶液浓度为 200 mg/L 时, 光催化时间为 96h 时的吸光度最高。说明甲基橙溶液在纳米二氧化钛上的催化效果随着其浓度的增大而变得越来越好。

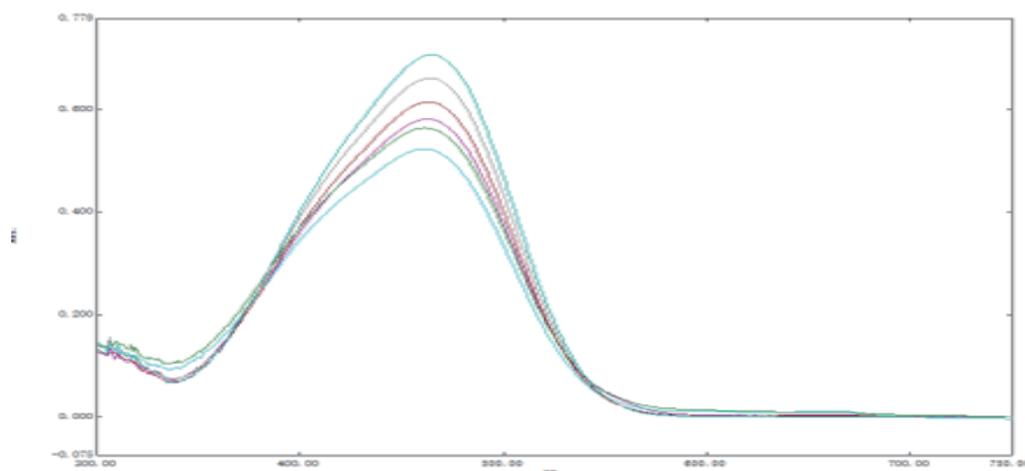


图 1: 不同光催化时间时甲基橙溶液的吸光度

### 三、结果与讨论

#### (一) 光催化时间对降解率的影响

实验结果显示,随着光催化时间的增加,甲基溶液的降解率逐渐增加。如图 1 所示,在光催化时间为 6 min 时,甲基橙溶液的降解率较低,仅为 7% 左右;当光催化时间增加至 24 min 时,降解率显著提高至 22% 以上;继续延长光催化时间至 30 min,降解率趋于稳定,约为 27% 左右。在初始阶段,降解率增长迅速;但随着时间的推移,降解率增长趋势逐渐放缓,最终趋于稳定。这可能是由于随着反应的进行,催化剂表面的活性位点逐渐被占据,导致光催化效率下降。本实验条件下,甲基橙溶液的降解率与光催化时间呈现出较为明显的对数关系,这表明随着光催化时间的增加,甲基橙溶液的降解速率逐渐加快。可能是由于甲基橙溶液中的有机污染物在光照下会发生光降解,而在催化剂表面产生 $\cdot\text{OH}$ 等活性物质,从而加速甲基橙的降解。此外,实验中发现光催化时间越长,反应速率越快,这可能与 $\text{TiO}_2$ 在光照下能够产生大量电子和空穴有关。而在甲基橙溶液中, $\cdot\text{OH}$ 是主要的活性物质之一。随着光催化时间的增加, $\cdot\text{OH}$ 越多,所以反应速率越快。而 $\cdot\text{OH}$ 多导致了甲基橙溶液中有机污染物发生降解反应更快,从而提高了降解效率。

#### (二) 光催化机理

当波长为 387nm 的入射光照射到 $\text{TiO}_2$ 上时,价带中的电子就会发生跃迁,形成电子-空穴对,光生电子具有较强的还原性,光生空穴具有较强的氧化性。在半导体悬浮水溶液中,材料的费米能级会倾斜而在界面上形成一个空间电荷层,此时光生电子与空穴分离并迁移到粒子表面的不同位置,还原和氧化吸附在表面上的物质。空穴将吸附在其表面的水分子氧化为有高度活性的 $\cdot\text{OH}$ ,其活性对降解有机物成水和二氧化碳具有高效率。可见,光催化降解过程是一种可逆的化学反应,通过提高光的吸收效率、降低电子-空穴对产生的几率、促进反应中电子和空穴分离等途径,提高了光催化反应的效率。而在相同条件下,染料分

子对 $\text{TiO}_2$ 半导体材料光催化降解效果的影响随时间的变化不大,这表明光催化降解染料是一种可逆反应。在光催化降解过程中,光催化剂不仅能将甲基橙溶液中的有机物完全降解,而且还能将其中的有毒有害物质如苯酚等转化为 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 和小分子有机酸等小分子,这些小分子可被吸附到催化剂表面,通过吸附和光解反应降解。同时还能将吸附在表面的有机染料进一步脱除。

### 四、结论

本文研究了纳米二氧化钛( $\text{TiO}_2$ )光催化时间对甲基橙溶液分解程度的影响。实验结果表明,随着光催化时间的增加,甲基橙溶液的降解率逐渐增加,但达到一定时间后降解率趋于稳定。这一研究结果为 $\text{TiO}_2$ 光催化技术的实际应用提供了重要参考。未来研究可进一步探讨其他因素对 $\text{TiO}_2$ 光催化性能的影响,如催化剂投加量、光源类型、溶液 pH 值等,以优化 $\text{TiO}_2$ 光催化技术在实际应用中的效果。此外,由于不同染料分子之间的氢键作用,甲基橙溶液的降解过程也可能会受到多种因素的影响,如 pH 值、温度、染料浓度等。未来的研究可进一步探究各种因素对甲基橙降解过程的影响,以期从动力学角度探究甲基橙降解过程中的反应机制。另外,通过优化光催化时间和其他因素,如染料种类、光催化剂用量等,可以实现对甲基橙溶液的快速有效处理。虽然当前的研究已经证实了 $\text{TiO}_2$ 光催化技术在降解有机污染物方面具有良好的应用前景,但在实际应用中仍需要进一步深入研究。在未来研究中,应更加注重纳米材料对污染物降解过程的影响以及反应动力学规律的探究。

### 参考文献:

[1] 谢宝庚,黄遵红,易绣光, et al.  $\text{LaVO}_{4-x}/\text{TiO}_2$  在分解甲基橙中的光催化性能研究[J]. 井冈山大学学报(自然科学版), 2022(6): 27-32.