


王静, 李龙飞, 吴云, 等. GO/MIL-100(Fe)复合材料的制备及其对活性黑 KN-B 染料的脱色[J]. 净水技术, 2022, 41(6): 111-117.

WANG J, LI L F, WU Y, et al. Preparation of GO/MIL-100(Fe) composite material and decolorization for reactive black KN-B dye [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(6): 111-117.



扫我试试?

GO/MIL-100(Fe) 复合材料的制备及其对活性黑 KN-B 染料的脱色

王 静, 李龙飞, 吴 云, 王春梅*

(南通大学纺织服装学院, 江苏南通 226019)

摘 要 为了提高铁基金属骨架材料 MIL-100(Fe) 的光催化脱色性能, 以均苯三甲酸(H_3BTC)、七水合硫酸亚铁($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)、氧化石墨烯(GO)为原料, 在室温下制备了 GO/MIL-100(Fe) 复合材料。采用傅里叶变换红外光谱(FTIR)、扫描电镜(SEM)、X 射线衍射(XRD)、热重分析(TGA)方法对复合材料的结构和性能进行了表征。研究了该复合材料在不同条件下对活性黑 KN-B 染液的脱色效果。结果表明, 光照条件加入 H_2O_2 后, GO/MIL-100(Fe) 复合材料对活性黑 KN-B 染液的脱色效果最好, 处理 60 min 后脱色率可达 96.5%。

关键词 铁基金属骨架材料[MIL-100(Fe)] 氧化石墨烯(GO) 光催化 染料脱色 活性黑 KN-B

中图分类号: X703;TQ09 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2022)06-0111-07

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2022.06.015

Preparation of GO/MIL-100(Fe) Composite Material and Decolorization for Reactive Black KN-B Dye

WANG Jing, LI Longfei, WU Yun, WANG Chunmei*

(School of Textile and Clothing, Nantong University, Nantong 226019, China)

Abstract In order to improve the decolorization performance of iron-based metal organic framework material MIL-100(Fe) for dyes, GO/MIL-100(Fe) composite material was prepared at room temperature using 1,3,5-benzenetricarboxylic acid (H_3BTC), ferrous sulfate with seven water molecules ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) and graphene oxide (GO) as raw materials. The structure and performance of GO/MIL-100(Fe) were characterized by Fourier transform infrared spectrometer (FTIR), scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), and thermogravimetric analysis (TGA). The decolorization effects of GO/MIL-100(Fe) for reactive black KN-B dye under different conditions were studied. Results showed that the GO/MIL-100(Fe) composite material had the best decolorization effect for reactive black KN-B dye solution under light conditions and adding H_2O_2 , the decolorization rate could reach 96.5% after photocatalytic 60 minutes.

Keywords iron-based metal organic framework material [MIL-100(Fe)] graphene oxide (GO) photocatalysis dye decolorization reactive black KN-B

[收稿日期] 2021-07-20

[基金项目] 江苏省产学研合作项目(BY2020089);南通大学大学生创新训练计划(2020130)

[作者简介] 王静(1996—),女,硕士,研究方向为光催化材料, E-mail:847770396@qq.com。

[通信作者] 王春梅(1967—),女,教授,博士,研究方向为功能纺织材料, E-mail:w.cmei@ntu.edu.cn。

金属有机骨架材料(MOFs)是一种由有机配体和金属离子组成的多孔材料,因具有较大的比表面积、不饱和金属位点和可调节的纳米级孔结构等优点被运用在催化^[1]、电化学^[2]、生物医学^[3]、吸附^[4]等领域,在废水处理方面也显示出巨大的潜力。由于有机配体和金属离子的多样性,MOFs有许多不

同的类型,其中以铁基金属有机骨架材料[MOF(Fe)]在废水处理方面的研究最为广泛。MOF(Fe)的主要类型有 MIL-53、MIL-100、MIL-88、MIL-101。MOF(Fe)的特殊性在于其有机配体的氧原子和不饱和金属中心离子(Fe^{3+})能够形成强的 Fe-O 配位键,在水中展现了出色的稳定性^[5]。刘湘粤等^[6]发现可以用亚铁盐在室温下制备高结晶度的 MIL-100(Fe),但其光降解效果不如高温水热法制备的 MIL-100(Fe),其应用得到了一定限制。在室温制备 MIL-100(Fe)时,对 MIL-100(Fe)材料进行改性可增加活性位点和比表面积,提高其光降解效果。

石墨烯具有独特的物理性能、机械性能和化学特性^[7],可作为纳米吸附材料。石墨烯具有高表面积、优异的活性位点、高化学稳定性和大的离域 π 电子排列,适合用作废水处理的吸附剂^[8]。氧化石墨烯(GO)是石墨烯的氧化形式,含有羧酸、羟基和环氧基团,因此,很容易分散在水介质中^[9]。在制备光催化剂时,引入 GO 能降低电子-空穴对复合速率,加速电荷转移和诱导光吸收的能力,提高光催化效率^[10]。

为了解决 MIL-100(Fe)存在的氧化催化活性低、对染料的脱色速率不高等问题,本文以均苯三甲酸(H_3BTC)、七水合硫酸亚铁($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)、GO 为原料,在室温下制备了 GO/MIL-100(Fe)复合材料,研究了 GO/MIL-100(Fe)在不同条件下对活性黑 KN-B 染液的脱色效果。

1 试验材料和方法

1.1 材料

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 H_2O_2 、NaOH、冰醋酸(HAc)(分析纯,西陇化工股份有限公司); H_3BTC (分析纯,南京协尊医药科技有限公司);活性黑 KN-B(工业级,上海雅运纺织化工股份有限公司);GO(实验室自制)。

1.2 仪器

EL303 电子天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司];KS-300D 超声波清洗器(宁波科生仪器厂);SHA-C 水浴恒温振荡器(常州润华电器有限公司);101AB-1 电热恒温鼓风干燥箱(海门市恒瑞通用仪器厂);TU-1901 双光束紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司);XPA 系列光化学反应仪(南京胥江机电厂);赛默飞 NICOLET iS10

傅里叶变换红外光谱仪(FTIR)(泽泉国际集团上海泽权仪器设备有限公司);GeminiSEM 300 型扫描电子显微镜(SEM)(德国 Carl Zeiss 公司);Ultima IV 型组合型多功能水平 X 射线衍射仪(XRD)(日本 Rigaku 公司);TG 209 F1 型热重分析仪(德国 NETZSCH 公司)。

1.3 GO/MIL-100(Fe)复合材料的制备

配制一定量摩尔浓度为 1 mol/L 的 NaOH,按 $n(\text{H}_3\text{BTC}) : n(\text{NaOH}) = 1 : 3.75$ 的摩尔比分批加入 H_3BTC ,溶解后用 HAc 调节 pH 值至 6.5~7.0,加入 GO,使其质量浓度为 1 g/L,并用超声波分散均匀。按 $n(\text{H}_3\text{BTC}) : n(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 1 : 1.5$ 的摩尔比配制一定量的 FeSO_4 溶液,将 FeSO_4 溶液缓慢滴加至含有 GO 的 H_3BTC 溶液中,滴加完后继续室温搅拌反应 24 h,反应结束后离心得到产物,用蒸馏水和乙醇分别清洗搅拌 2 h,离心后在 80 °C 烘干,即得到产物。制备流程如图 1 所示。

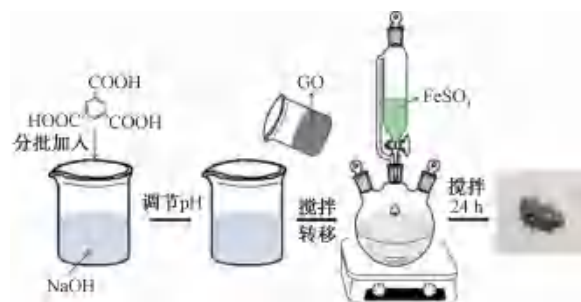


图 1 GO/MIL-100(Fe)复合材料的制备流程示意图

Fig. 1 Schematic Diagram of Preparation Process of GO/MIL-100(Fe) Composite Material

1.4 性能测试

1.4.1 化学结构分析

采用傅里叶变换红外光谱仪对 MIL-100(Fe)、GO 和 GO/MIL-100(Fe)进行测试,扫描波长为 400~4 000 cm^{-1} 。

1.4.2 表面形貌观察

采用扫描电子显微镜对 MIL-100(Fe)和 GO/MIL-100(Fe)的表面形貌进行观察。

1.4.3 物相结构表征

采用 X 射线衍射仪分析 MIL-100(Fe)和 GO/MIL-100(Fe)的物相结构,衍射靶是 $\text{CuK}\alpha$,扫描角(2θ)为 $3^\circ \sim 30^\circ$ 。

1.4.4 热稳定性测试

采用热重分析仪在氮气氛围下对 MIL-100

(Fe) 和 GO/MIL-100(Fe) 进行测试, 测试温度为 48~790 °C, 升温速率为 20 °C/min。

1.4.5 对染料脱色性能的测试

(1) 染料最大吸收波长的测定

配制一定浓度的染液, 使其吸光度在 0.2~0.8, 然后用紫外可见分光光度计测出染料的吸收光谱曲线, 如图 2 所示, 活性黑 KN-B 染料的最大吸收波长是 598 nm。

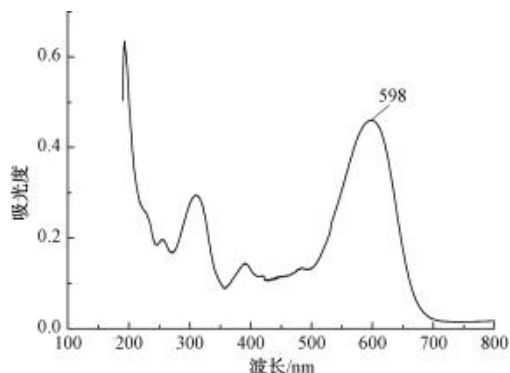


图 2 活性黑 KN-B 染料的吸收光谱曲线

Fig. 2 Absorption Spectral Curve of Reactive Black KN-B Dye

(2) 活性黑 KN-B 染料的标准曲线

配制不同浓度梯度的染液, 在其最大吸收波长处测定对应浓度下染液的吸光度, 绘制标准曲线如图 3 所示。

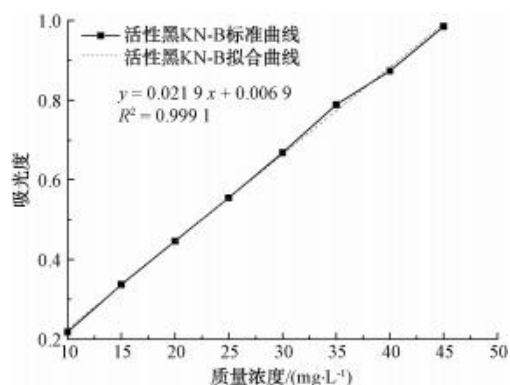


图 3 活性黑 KN-B 染料吸光度的标准曲线

Fig. 3 Standard Curve of Reactive Black KN-B Dye Absorbance

由图 3 可知, 在质量浓度为 10~50 mg/L 时, 染液浓度与染液的吸光度值呈线性关系。因此, 可通过测定样品与染液反应前后的吸光度, 计算其对染料的脱色率 D 。

(3) 黑暗条件下脱色率的测试

称取 0.01 g 的 MIL-100(Fe) 和 GO/MIL-100

(Fe) 复合材料加入到 50 mL 质量浓度为 50 mg/L 的活性黑 KN-B 溶液中, 避光振荡 60 min, 期间每隔 10 min 测定染液的吸光度。黑暗条件下的脱色率 D 按式(1)计算。

$$D = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1)$$

其中: A_0 ——染液脱色前的吸光度;

A_1 ——染液脱色后的吸光度。

(4) 光催化条件下脱色率的测试

称取 0.01 g 的 MIL-100(Fe) 和 GO/MIL-100(Fe) 复合材料加入到 50 mL 质量浓度为 50 mg/L 活性黑 KN-B 溶液中, 加入体积分数为 0.12 mL/L 的 H_2O_2 , 在 1 000 W 氙灯光照条件下光催化处理 60 min, 期间每隔 10 min 测定染液的吸光度。光催化条件下的脱色率 D' 按式(2)计算。

$$D' = \frac{A'_0 - A_2}{A_0} \times 100\% \quad (2)$$

其中: A'_0 ——染液光催化脱色前的吸光度;

A_2 ——染液光催化脱色后的吸光度。

2 结果与讨论

2.1 GO/MIL-100(Fe) 复合材料的表征

2.1.1 化学结构分析

MIL-100(Fe)、GO 和 GO/MIL-100(Fe) 复合材料的 FTIR 谱图如图 4 所示。

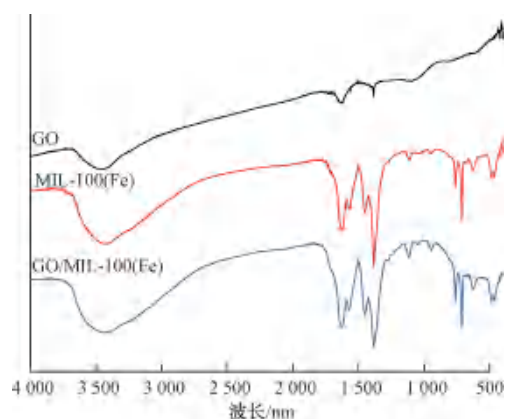


图 4 GO、MIL-100(Fe) 和 GO/MIL-100(Fe) 的 FTIR 图

Fig. 4 FTIR Image of GO, MIL-100(Fe) and GO/MIL-100(Fe)

由图 4 可知, GO 的特征峰主要在 1631 cm^{-1} 处碳碳键的伸缩振动峰、 1087 cm^{-1} 处碳氧(烷氧基)

的拉伸振动峰。MIL-100(Fe)的特征峰主要是 $1\ 623\ \text{cm}^{-1}$ 和 $1\ 378\ \text{cm}^{-1}$ 处苯环上羧基被取代后的酯基的非对称和对称吸收峰, $759\ \text{cm}^{-1}$ 和 $711\ \text{cm}^{-1}$ 处碳氢的拉伸振动吸收峰。GO/MIL-100(Fe)的特征峰与 GO、MIL-100(Fe)的特征峰基本一致,但在掺杂 GO 后,GO/MIL-100(Fe)在 $1\ 631\ \text{cm}^{-1}$ 处碳碳键的伸缩振动峰明显加强,并发生红移。

2.1.2 物相结构分析

MIL-100(Fe)和 GO/MIL-100(Fe)复合材料的 XRD 图如图 5 所示。

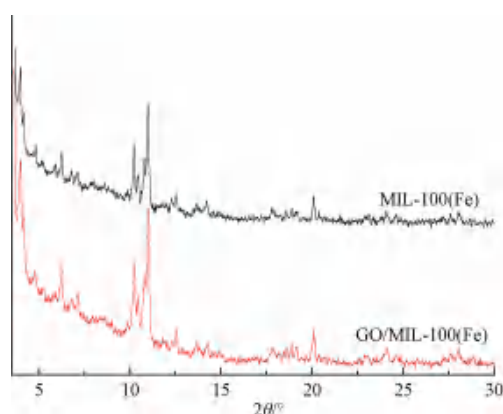


图 5 MIL-100(Fe)和 GO/MIL-100(Fe)的 XRD 图

Fig. 5 XRD Patterns of MIL-100(Fe) and GO/MIL-100(Fe)

由图 5 可知,室温合成的 MIL-100(Fe)在 $2\theta = 3.9^\circ, 6.2^\circ, 10.2^\circ, 11.0^\circ, 14.2^\circ, 20.0^\circ, 24.0^\circ, 27.6^\circ$ 出现特征衍射峰,分别对应 MIL-100(Fe)的(113)、(333)、(660)、(428)、(088)、(4814)、(6618)、(9321)晶面。在掺杂 GO 后,GO/MIL-100(Fe)复合材料除了出现 MIL-100(Fe)的特征衍射峰,还在 9.9° 出现 GO 的特征衍射峰,对应 GO 的(001)晶面^[11]。GO/MIL-100(Fe)复合材料在 $6.2^\circ, 10.2^\circ, 11.0^\circ$ 处的特征衍射峰加强,可能是引入 GO 使晶格间的距离增大^[12],特征衍射峰更加明显。

2.1.3 表面形貌分析

MIL-100(Fe)和 GO/MIL-100(Fe)复合材料的 SEM 图如图 6 所示。

由图 6(a)可知,室温下合成的 MIL-100(Fe)为类八面体,MIL-100(Fe)的大小略有差异,且较为聚集。由图 6(b)可知,在掺杂 GO 后,GO 的片层包覆在 MIL-100(Fe)表面上。

2.1.4 热稳定性分析

MIL-100(Fe)和 GO/MIL-100(Fe)复合材料的 TG 图如图 7 所示。

由图 7 可知, MIL-100(Fe)和 GO/MIL-100(Fe)复合材料都存在 3 个失重阶段。MIL-100(Fe)的第一个失重阶段温度为 $48 \sim 158\ ^\circ\text{C}$,质量损

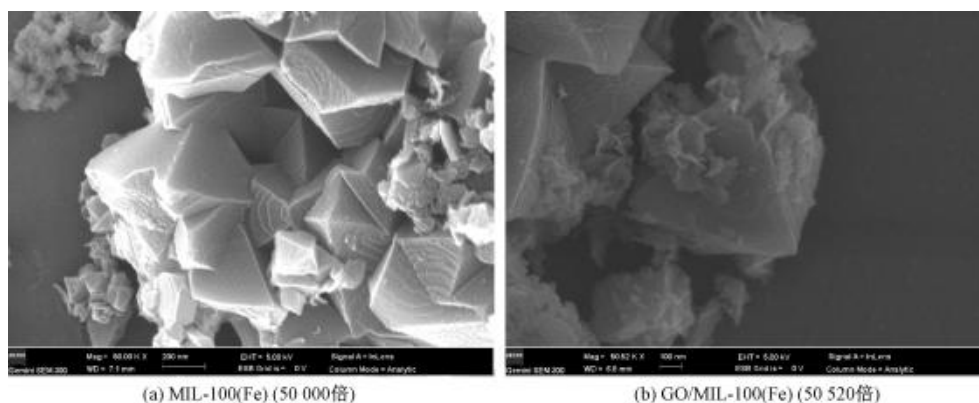


图 6 两种材料的 SEM 图

Fig. 6 SEM Images of Two Materials

失率为 30.3%,这是由于升温使 MIL-100(Fe)孔隙中游离态水分蒸发;第二个失重阶段的温度为 $158 \sim 425\ ^\circ\text{C}$,质量损失率为 13.4%,这是由于 MIL-100(Fe)孔隙中残留的一部分 H_3BTC 有机配体随着温度升高分解;第三个失重阶段在 $425 \sim 515\ ^\circ\text{C}$,质量损失率为 15.8%,这是因为随着温度升高,MIL-100

(Fe)框架开始崩塌,造成了质量损失,在温度达到 $515\ ^\circ\text{C}$ 时,MIL-100(Fe)的框架完全崩塌,部分物质成炭。温度在 $515\ ^\circ\text{C}$ 后,质量损失较小,最终在 $790\ ^\circ\text{C}$ 时,残炭量为 34.2%。GO/MIL-100(Fe)复合材料的失重阶段与 MIL-100(Fe)相似,但每个阶段的残炭量比 MIL-100(Fe)高,这是因为掺杂了 GO 后,

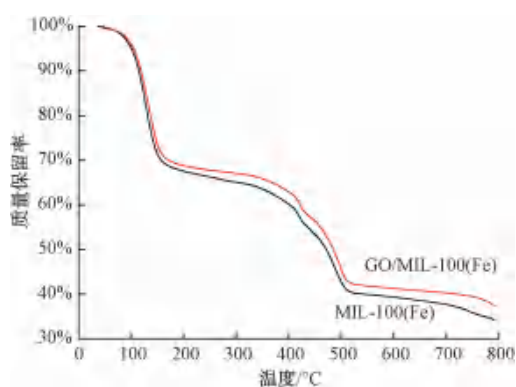


图7 MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)复合材料的TG图
Fig. 7 TG Image of MIL-100(Fe) and GO/MIL-100(Fe)

残炭量提高,最终在790℃时,GO/MIL-100(Fe)复合材料的残炭量为37.4%。

2.2 对染料的脱色效果

2.2.1 黑暗条件下的脱色效果

在黑暗条件下, MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)复合材料对活性黑KN-B染液在不同时间下的脱色率如图8所示。

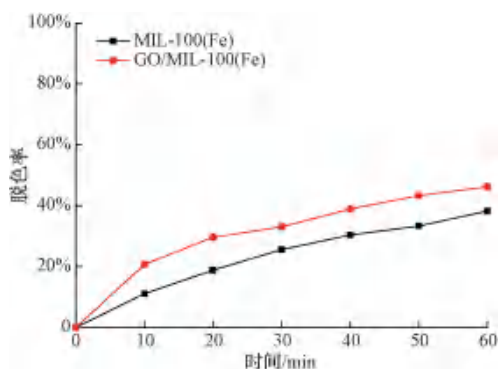


图8 黑暗条件下MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)的脱色效果

Fig. 8 Decolorization Effect of MIL-100(Fe) and GO/MIL-100(Fe) under Dark Condition

由图8可知,黑暗条件下,随着处理时间的增加, MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)复合材料对活性黑KN-B染液的脱色率不断增加,60 min时, MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)对活性黑KN-B染液的脱色率分别为38.2%和46.2%。这可能是MIL-100(Fe)对染料有吸附作用,负载了GO后,GO的片层包覆在MIL-100(Fe)晶体的表面,从而增大了MIL-100(Fe)晶体间的间距,减少了团聚,使GO/MIL-100(Fe)比MIL-100(Fe)展现出更多

的孔隙,因此,GO/MIL-100(Fe)的脱色率更高。

2.2.2 黑暗条件下加入H₂O₂的脱色效果

在黑暗条件下,加入0.12 mL/L的H₂O₂, MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)复合材料对活性黑KN-B染液在不同时间下的脱色率如图9所示。

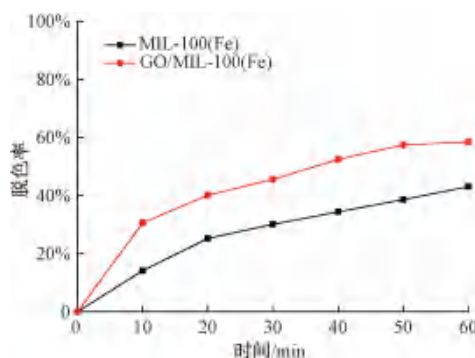


图9 黑暗条件下加入H₂O₂后MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)的脱色效果

Fig. 9 Decolorization Effect of MIL-100(Fe) and GO/MIL-100(Fe) with Dosing H₂O₂ under Dark Condition

由图9可知,黑暗条件下,加入H₂O₂后,随着处理时间的增加, MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)对活性黑KN-B染液的脱色率不断增加,处理60 min时, MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)复合材料对活性黑KN-B染液的脱色率分别为43.1%和58.4%。对比黑暗下没有加H₂O₂的脱色率,加入H₂O₂后, MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)复合材料脱色率分别提高了4.9%和12.2%。这是因为MIL-100(Fe)会催化H₂O₂分解,提高脱色率;GO/MIL-100(Fe)的脱色率提高量比MIL-100(Fe)高,可能是GO/MIL-100(Fe)晶体间间距增大,H₂O₂与MIL-100(Fe)的接触面增多。

2.2.3 光照条件下的脱色效果

在光照条件下, MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)复合材料对活性黑KN-B染液在不同时间下的脱色率如图10所示。

由图10可知,光照条件下,随着处理时间的增加, MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)复合材料对活性黑KN-B染液的脱色率不断增加,60 min时, MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)复合材料对活性黑KN-B染液的脱色率分别为57.7%和63.3%。对比黑暗下没有加H₂O₂的脱色率,在光照条件下, MIL-100(Fe)和GO/MIL-100(Fe)复合材料脱色率

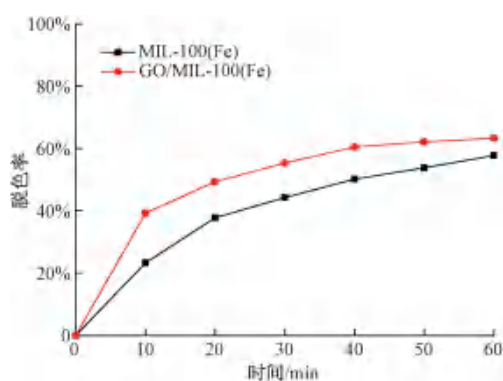


图 10 光照条件下 MIL-100(Fe) 和 GO/MIL-100(Fe) 的脱色效果

Fig. 10 Decolorization Effect of MIL-100(Fe) and GO/MIL-100(Fe) under Light Condition

分别提高了 19.5% 和 17.1%。这是因为在光照条件下 MIL-100(Fe) 中的 Fe 在两个价态中转换,形成电子离域状态,会产生一定量的活性物质,使染料脱色率增加。

2.2.4 光照条件下加入 H_2O_2 的脱色效果

在光照条件下加入 0.12 mL/L 的 H_2O_2 , MIL-100(Fe) 和 GO/MIL-100(Fe) 复合材料对活性黑 KN-B 染液在不同时间下的脱色率如图 11 所示。

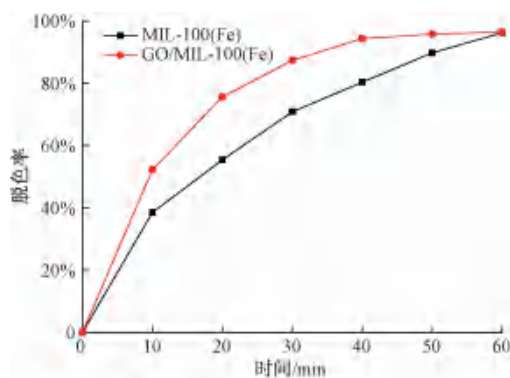


图 11 光照条件下加入 H_2O_2 后 MIL-100(Fe) 和 GO/MIL-100(Fe) 的脱色效果

Fig. 11 Decolorization Effect of MIL-100(Fe) and GO/MIL-100(Fe) with Dosing H_2O_2 under Light Condition

由图 11 可知,光照条件下,加入 H_2O_2 后,随着反应时间的增大, MIL-100(Fe) 和 GO/MIL-100(Fe) 复合材料对活性黑 KN-B 染液的脱色率不断增加,反应 60 min 后, MIL-100(Fe) 和 GO/MIL-100(Fe) 复合材料对活性黑 KN-B 染液的脱色率分别为 96.2% 和 96.5%, 最终 MIL-100(Fe) 和 GO/MIL-

100(Fe) 脱色率相差不大,但 GO/MIL-100(Fe) 复合材料比 MIL-100(Fe) 更快达到脱色平衡。对比黑暗条件下的脱色率,光照条件下脱色率明显增加,这是因为在光、 H_2O_2 及 MIL-100(Fe) 的协同作用下,反应体系中产生了大量的 $HO\cdot$ 和 $HO_2\cdot$,从而大大提高了对染料的氧化降解脱色。

3 结论

(1) 以 H_3BTC 、 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 、GO 为原料,在室温下制备了 GO/MIL-100(Fe) 复合材料。利用 FTIR、SEM、XRD、TGA 等表征手段,证明了 GO 成功掺杂到 MIL-100(Fe) 中。

(2) 掺杂 GO 后, MIL-100(Fe) 在不同条件下对活性黑 KN-B 的脱色效果均提高。在黑暗条件下处理 60 min 后, GO/MIL-100(Fe) 复合材料对活性黑 KN-B 染液脱色率达 46.2%; 黑暗条件下加入体积分数为 0.12 mL/L 的 H_2O_2 处理 60 min 后,脱色率进一步提高到 58.4%; 在光照条件下,加入 0.12 mL/L 的 H_2O_2 处理 60 min 后,脱色率可达 96.5%。

(3) 在室温制备 MIL-100(Fe) 时,通过掺杂 GO 可提高 MIL-100(Fe) 复合材料的催化性能,这为开发新型 MIL-100(Fe) 复合材料提供了思路。但本研究只针对活性黑 KN-B 染料进行催化脱色,在实际应用中还需要验证对其他难降解有机污染物、持久性有机污染物的普遍适用性,使其能够成为高效经济的新型复合材料。

参考文献

- [1] YANG Q, CHEN D, CHU L B, et al. Enhancement of ionizing radiation-induced catalytic degradation of antibiotics using Fe/C nanomaterials derived from Fe-based MOFs [J]. Journal of Hazardous Materials, 2020, 389: 122148. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.122148.
- [2] LIU B B, WANG X Y, ZHAI Y Y, et al. Facile preparation of well conductive 2D MOF for nonenzymatic detection of hydrogen peroxide: Relationship between electrocatalysis and metal center [J]. Journal of Electroanalytical Chemistry, 2020, 858: 113804. DOI: 10.1016/j.jelechem.2019.113804.
- [3] WU Y, ZENG K, WANG C Y, et al. Histone acetyltransferase MOF is involved in suppression of endometrial cancer and maintenance of ER α stability [J]. Biochemical and biophysical research communications, 2019(2): 541-548.
- [4] YANG K, LI Y F, ZHAO Z J, et al. Amorphous porous layered- Al_2O_3 derived from AlFu MOFs as an adsorbent for removing fluoride ions in industrial $ZnSO_4$ solution [J]. Chemical

- Engineering Research and Design, 2020, 153: 562-571. DOI: 10.1016/j.cherd.2019.11.019.
- [5] YANG M, ZHOU Y N, CAO Y N, et al. Advances and challenges of Fe-MOFs based materials as electrocatalysts for water splitting [J]. Applied Materials Today, 2020, 20: 100692. DOI: 10.1016/j.apmt.2020.100692.
- [6] 刘湘粤, 张宇, 王晨, 等. 亚铁盐制备高结晶度 MIL-100 (Fe) 纳米材料及其光降解有机染料性能 [J]. 材料工程, 2018, 46(10): 127-134.
- [7] LEI X M, YOU M H, PAN F, et al. CuFe₂O₄ @ GO nanocomposite as an effective and recoverable catalyst of peroxymonosulfate activation for degradation of aqueous dye pollutants [J]. Chinese Chemical Letters, 2019, 30 (12): 2216-2220.
- [8] WANG J, GAO X L, YU H, et al. Accessing of graphene oxide (GO) nanofiltration membranes for microbial and fouling resistance [J]. Separation and Purification Technology, 2019, 215: 91-101. DOI: 10.1016/j.seppur.2019.01.018.
- [9] KAUR K, JINDAL R, MEENU. Self-assembled GO incorporated CMC and Chitosan-based nanocomposites in the removal of cationic dyes [J]. Carbohydrate Polymers, 2019, 225: 115245. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115245.
- [10] 许妍妍. 氧化石墨烯/Fe-MOF 衍生材料的合成及其活化 PS 催化降解 2,4,6-三氯苯酚的研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- [11] REVATHY R, VINISHA B, MATHAVA K, et al. Effect of ZnO morphology on GO-ZnO modified polyamide reverse osmosis membranes for desalination [J]. Desalination, 2019, 467: 245-256. DOI: 10.1016/j.desal.2019.06.018.
- [12] NINGARAJU S, JAGADISH K, SRIKANTASWAMY S, et al. Synthesis of graphite oxide nanoparticles and conductivity studies of PSF/GO and PSAN/GO polymer nanocomposites [J]. Materials Science and Engineering: B, 2019, 246: 62-75. DOI: 10.1016/j.mseb.2019.06.002.

设计案例

深圳首座水厂——深圳市东湖水厂工程

深圳市东湖水厂(原名深圳水库水厂)位于市区东北郊,在深圳水库右付坝脚下,采用“微絮凝-过滤”的工艺流程,设计了投加混凝剂、投加氯、氨及送水等计算机最佳控制系统,对于减少药耗及能耗、降低治水成本具有重要意义。且水厂有大量绿化和水面,是一座典型的花园式水厂。工程中引进了部分先进的国外水质连续监测仪和投药、消毒设备,给水厂的安全经济生产和可靠的全自动化运行提供了良好的条件,可供国内同行学习和借鉴。工程获得城乡建设环境保护部城乡建设优秀设计二等奖、四川省人民政府四川省科技进步三等奖。

(供稿单位:中国市政工程西南设计研究总院有限公司)



扫描二维码阅读全文

滇池含藻原水的设计样板——昆明市第五水厂

昆明市第五水厂以滇池为水源,净水厂位于昆明市火车南站之南的福德村,工程审计被昆明市审计局评为“设计单位信誉评价 A 级”。昆明市第五水厂建成后,除了自来水公司的自身效益外,更主要的是国民经济效益与社会效益。本工程初估年间接经济效益约为 2 300 万~2 500 万元。由于昆明市地区近来连续 3 年干旱,给全市人民的生活用水,工业生产用水及社会安定带来严重威胁。1990 年 3 月 1 日第五水厂一次投运成功,使昆明市供水渡过难关,春城人民称赞,社会效益显著。工程获得建设部优秀工程勘察设计三等奖。

(供稿单位:中国市政工程西南设计研究总院有限公司)



扫描二维码阅读全文