

# 膜过滤结合 Fenton 法处理焦化废水的实验研究

欧阳曙光,冯 驰\*,刘兆越,刘佳成

(武汉科技大学绿色与智能煤化工工程技术研究中心,湖北省煤转化与新型炭材料重点实验室,湖北 武汉 430081)

**摘要:**焦化废水以其成分复杂、难降解有机物多、COD 排放不达标等问题,给环境带来了严重的威胁。采用合理的实验设计方案,探讨膜过滤结合 Fenton 法处理焦化废水。结果表明,在最佳铸膜液配比、凝固浴温度、预蒸发时间条件下,当添加剂  $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$  的质量分数为 0.8% 时,所制备出的改性膜具有最优的综合评分,其焦化废水通量达到  $115.23 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,COD 截留率达到 90.2%。该方法可为焦化厂的废水处理提供参考和借鉴。

**关键词:**膜过滤;Fenton 法;焦化废水;COD 截留率

中图分类号:TQ319

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2019)04-0162-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2019.04.036

## Experimental study on treating with coking wastewater by membrane filtration combining with Fenton method

OUYANG Shu-guang, FENG Chi\*, LIU Zhao-yue, LIU Jia-cheng

(Research Centre for Green and Intelligent Coal Chemistry Engineering of WUST, Key Laboratory of Hubei Province for Coal Conversion and New Carbon Materials, Wuhan 430081, China)

**Abstract:** Coking wastewater, which is one of the difficulties in the treatment of industrial wastewater, poses a serious threat to the environment due to its complex composition, high levels of refractory organics and substandard COD discharge. This paper intends to use reasonable experiment design scheme to treat with coking wastewater by membrane filtration combining with Fenton method. It is shown from results that the best comprehensive grade point is gained by the membrane produced under the optimal test conditions including namely optimum ratio of casting solution, temperature of coagulation bath and pre-evaporation time, as the mass concentration of  $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$  is 0.8%. By using this membrane to treat with coking wastewater, the flux can reach  $115.23 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}$  and the COD retention rate can reach 90.2%. This treatment method with such a membrane can provide a certain reference for coking plant wastewater treatment.

**Key words:** membrane filtration; Fenton method; coking wastewater; COD retention rate

现阶段我国焦化厂废水的主要来源有煤炭在高温裂解、煤气净化以及焦炭成形过程中的排水阶段<sup>[1]</sup>。焦化废水作为一种典型的工业有机废水,含有高浓度的氨、苯酚、氰化物、硫氰酸盐和其他芳香烃,以及各种含氮、氧、硫的杂环化合物,具有高有机负荷、成分复杂、强毒性等特点<sup>[2-3]</sup>,其中大多数化合物被认为对环境有害并且对人类具有遗传毒性风险<sup>[4]</sup>。我国作为最大的焦炭生产国,在处理焦化废水的污染方面正面临巨大挑战。

目前焦化行业一般采用 A/A/O/O 工艺和 SBR 工艺进行焦化污水的处理,但是这 2 种处理方式对焦化废水的色度以及 COD 质量浓度的处理并不理想。随着《炼焦化学工业污染物排放标准》(GB 16171—2012)的颁布以及环保要求的不断提高,对

于焦化废水的处理不再局限于达到污水的二级排放标准,而是寻求经济最大化和水资源回用技术,以提高焦化厂的水资源重复利用率<sup>[5]</sup>。膜技术作为一种分离、提纯、浓缩的新技术,以其工艺简单、能耗低、出水质量好等特点在 21 世纪得到广泛应用,成为时下焦化废水深度处理的研究热点之一<sup>[6]</sup>。Fenton 法对高浓度有机废水深度处理是目前焦化厂、印染厂、制药厂等企业比较常用的处理方法<sup>[7-8]</sup>。

笔者以湖北某焦化厂二沉池出水为研究对象,以聚醚砜为超滤膜的基料,将  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  负载在超亲水性、抗菌的无机材料纳米  $\text{TiO}_2$  上,从而制备出既亲水又能降低焦化废水化学需氧量的共混 PES 膜。通过控制无水氯化铁、七水合硫酸亚铁与  $\text{TiO}_2$  的比例制备出  $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$  改性剂,并进行平行对照实

收稿日期:2018-08-02;修回日期:2019-02-18

作者简介:欧阳曙光(1968-),男,硕士,教授,研究方向为化工废水治理、化工工艺(焦化方向)和焦化废渣综合利用,105258565@qq.com;冯驰(1990-),男,在读硕士,主要从事高分子膜处理焦化废水,通讯联系人,fengchi@wust.edu.cn。

验,分析其对膜的孔隙率、接触角、水通量、截留率的影响情况,从而确定最适宜的改性剂添加量。

## 1 实验部分

### 1.1 实验材料及仪器

聚醚砜(PES),德国巴斯夫生产;*N,N*-二甲基乙酰胺(DMAC);聚乙烯吡咯烷酮(PVP K-30);二氧化钛( $\text{TiO}_2$ );七水合硫酸亚铁( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ );无水三氯化铁( $\text{FeCl}_3$ );浓盐酸;浓氨水;浓硫酸(98%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ );重铬酸钾( $\text{K}_2\text{CrO}_7$ );六水合硫酸亚铁铵( $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ );1,10-菲罗啉(一水合物)( $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_{12} \cdot \text{H}_2\text{O}$ );硫酸银( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ );硫酸汞( $\text{HgSO}_4$ );过氧化氢(30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ )。

X射线衍射(XPert PRO MPD);静滴接触角测量仪(JC2000C1);鼓风干燥箱(DZF6050);超声波分散仪(CH-01BM);通量测试仪(500 mL),自制。

### 1.2 $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ 添加剂的制备

采用共沉淀法制备纳米  $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$  颗粒:称取适量的  $\text{TiO}_2$  于装有 100 mL 去离子水的锥形瓶中,用超声波分散仪超声分散 1 h 后,移到三颈烧瓶并加适量的稀盐酸,用氮气驱氧 30 min 并加热到 80℃。再以  $n(\text{Fe}^{2+}):n(\text{Fe}^{3+})=1:2$  的比例称取适量的七水合硫酸亚铁和无水三氯化铁,溶于 20 mL 去离子水中,并缓慢地滴加到三颈烧瓶中,持续搅拌 1 h。准确地量取 1 mL 浓氨水并用去离子水稀释至 10 mL,用恒压漏斗逐滴加入到三颈烧瓶中,持续搅拌并老化 2 h,全程控制温度使其恒定 80℃,最后磁分离出产物,用去离子水反复洗涤至溶液呈中性,抽滤后置于 60℃ 的干燥箱中 24 h,冷却后研磨,即得到纳米  $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$  复合物。

### 1.3 改性膜的制备

采用浸没沉淀相转化法制备膜,以  $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$  为改性剂进行共混改性,设计实验配比,如表 1

所示。

表 1 铸膜液成分

| 膜编号 | $m(\text{PES})/\text{g}$ | $m(\text{PVP})/\text{g}$ | $m(\text{DMAC})/\text{g}$ | $w(\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4)/\%$ |
|-----|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| M1  | 18                       | 7                        | 75                        | 0.0  |
| M2  | 18                       | 7                        | 75                        | 0.2  |
| M3  | 18                       | 7                        | 75                        | 0.4  |
| M4  | 18                       | 7                        | 75                        | 0.6  |
| M5  | 18                       | 7                        | 75                        | 0.8  |
| M6  | 18                       | 7                        | 75                        | 1.0  |

按照表 1 的实验配比进行实验,铸膜液在电加热套中以 75℃ 恒温加热搅拌 12 h 至铸膜液澄清透亮,置于 60℃ 的真空箱内静置脱泡 4 h。脱泡后将铸膜液缓慢地倾倒在玻璃板上,用玻璃棒快速地刮膜,预蒸发 40 s 后将其匀速缓慢地浸没在 30℃ 的去离子水中,待膜自动从玻璃板上脱落,转移入另 1 份去离子水中浸泡,并定期更换去离子水以洗涤膜上残留的铸膜液,2d 后取出在室内自然晾干,装袋备用。

### 1.4 性能测试与表征

#### 1.4.1 $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ 的表征

利用荷兰 PANalytical 分析仪器公司生产的 X 衍射仪进行 XRD 测试,分别对  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  标准样、 $\text{TiO}_2$  标准样、制备的添加剂进行表征分析。

#### 1.4.2 接触角的测定

将样品裁剪为长条形,贴在 40 mm×20 mm 的载玻片上,利用 JC2000C1 静滴接触角测量仪进行膜接触角的测定。

#### 1.4.3 孔隙率的测定

膜的孔隙率的测定采用干湿膜称重法,其计算式为:

$$\varepsilon = [(W_1 - W_2)/\rho_w] / [(W_1 - W_2)\rho_w + W_1/\rho_m] \quad (1)$$

其中: $W_1$  为湿膜的质量,kg; $W_2$  为干膜的质量,kg; $\rho_w$  为水的密度,取 0.998  $\text{kg}/\text{m}^3$ ; $\rho_m$  为膜的密度,取 1.37  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(上接第 161 页)

[8] Cui Z M, Liu Q, Ma Z, et al. Direct observation of olefin homologations on zeolite ZSM-22 and its implications to methanol to olefin conversion[J]. Journal of Catalysis, 2008, 258(1): 83-86.

[9] Baerlocher C, McCusker L B, Olson D H. Atlas of zeolite framework types (sixth edition) [M]. Amsterdam: Elsevier Science, 2007: 128-129.

[10] Treacy M M J, Pring A M J. Collection of simulated XRD powder patterns for zeolites[J]. Applied Catalysis, 1986, 21(2): 388-389.

[11] 徐如人, 庞文琴, 屠昆岗, 等. 沸石分子筛的结构与合成[M]. 长春: 吉林大学出版社, 1987: 90-126.

[12] 李满枝, 徐军, 韩丽, 等. SAPO-17 分子筛的合成表征及催化性

能研究[J]. 化工新型材料, 2015, 4(43): 166-168.

[13] Shewangizaw Teketel, Wegard Skistad, Sandrine Benard, et al. Shape selectivity in the conversion of methanol to hydrocarbons: The catalytic performance of one-dimensional 10-ring zeolites: ZSM-22, ZSM-23, ZSM-48, and EU-1[J]. ACS Catalysis, 2012, 2: 26-37.

[14] 魏民, 于跃, 许跃, 等. 水热合成法与机械混合法制备 SAPO-34/ZSM-5 复合分子筛的比较研究[J]. 应用化工, 2015, (9): 1694-1697.

[15] Duan Chao, Zhang Xin, Zhou Rui, et al. Comparative studies of ethanol to propylene over HZSM-5/SAPO-34 catalysts prepared by hydrothermal synthesis and physical mixture [J]. Fuel Processing Technology, 2013, 108: 31-40. ■

### 1.4.4 水通量的测定

利用自制的通量测试仪进行水通量测定,首先将制备好的超滤膜在 0.1 MPa 下预压 15 min,倒掉去离子水,然后装满混有过氧化氢的焦化废水(过氧化氢的体积分数为 5%),每 10 min 记录 1 次渗透的水的体积,共记 6 组数据。每组膜测量 3 次取平均值,膜水通量的计算式为:

$$J = Q / (A \times t) \quad (2)$$

其中:Q 为渗透的水量,L;A 为膜的有效过滤面积,取  $2.83 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ;t 为过滤时间,h。

### 1.4.5 COD 截留率的测定

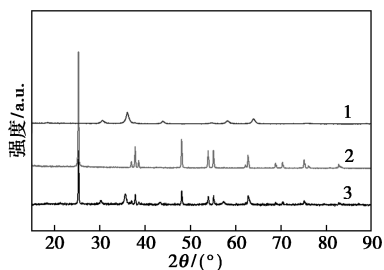
利用重铬酸钾法测定 COD,记原始焦化废水的 COD 值为  $M_0$  (mg/L),透过膜的滤液的 COD 值为  $M_1$  (mg/L),COD 截留率的计算式为:

$$R = (M_0 - M_1) / M_0 \times 100\% \quad (3)$$

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 XRD 分析

$\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{TiO}_2$  和复合物的 X 射线衍射图谱如图 1 所示。由图 1 可以看出,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  标准样在  $2\theta$  为  $30.6^\circ$ 、 $35.9^\circ$ 、 $43.9^\circ$ 、 $58.1^\circ$ 、 $63.9^\circ$  时有较为明显的衍射峰,说明该样品为尖晶石结构的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 。  $\text{TiO}_2$  标准样在  $2\theta$  为  $25.3^\circ$ 、 $37.8^\circ$ 、 $48.1^\circ$ 、 $53.9^\circ$ 、 $55.1^\circ$ 、 $62.7^\circ$ 、 $68.8^\circ$ 、 $70.3^\circ$ 、 $75.1^\circ$  处有较为明显的衍射峰,说明其为体心立方结构,属于锐钛矿晶型。而复合物在  $2\theta$  为  $35.6^\circ$ 、 $37.8^\circ$ 、 $48.1^\circ$ 、 $53.9^\circ$ 、 $55.1^\circ$ 、 $62.7^\circ$  处有较为明显的衍射峰,在  $2\theta$  为  $25.3^\circ$ 、 $37.8^\circ$ 、 $48.1^\circ$ 、 $53.9^\circ$ 、 $55.1^\circ$ 、 $62.7^\circ$ 、 $68.8^\circ$ 、 $70.3^\circ$ 、 $75.1^\circ$  的衍射峰明显减弱,说明  $\text{TiO}_2$  的衍射峰被  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的衍射峰削弱,证明复合物是  $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$  复合物。



1— $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ; 2— $\text{TiO}_2$ ; 3— $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$

图 1  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{TiO}_2$  和复合物的 XRD 图谱

### 2.2 膜接触角

膜的接触角随  $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$  质量分数不同的散点图如图 2 所示。

由图 2 可以看出,当不添加共混改性剂时,接触角最大,说明单纯的 PES 膜是疏水性比较强的膜,

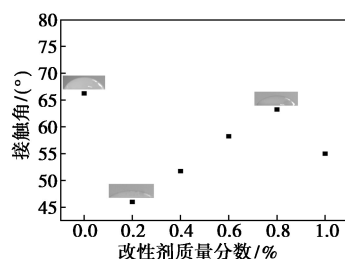


图 2 添加不同质量分数改性剂时膜的接触角变化图

因为 PES 含有  $\text{O}=\text{S}=\text{O}$  基团,所以表现出疏水性。而改性剂  $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$  的质量分数为 0.2% 时,接触角急剧减小,并且接触角是最小的,可知亲水性明显提高,说明  $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$  作为添加剂对膜的亲水性改性效果较好,原因是纳米  $\text{TiO}_2$  表面富含羟基,从而表现出较高的亲水性。此外,随着改性剂质量分数的增加,接触角先变大后变小,这是因为当  $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$  的质量分数较低时, $\text{TiO}_2$  表现出来的团聚性能较弱,在外力的作用下,能够均匀地分布在 PES 膜的孔隙中,从而增加了膜的亲水性。然而随着改性剂质量分数的增加, $\text{TiO}_2$  显示出较强的团聚性,使其聚集在一起,即使在外力的作用下也不能使其在膜上分布均匀,从而使其亲水性相比低质量分数改性剂降低了。随着改性剂质量分数的进一步增加, $\text{TiO}_2$  在团聚之后因其量大,依然能在膜上有较为广泛的分布,所以亲水性又再次增加。

### 2.3 膜的孔隙率与焦化废水通量

膜的孔隙率与焦化废水通量变化情况如表 2 所示。

表 2 膜的孔隙率与焦化废水通量

| 膜编号  | M1    | M2     | M3    | M4     | M5     | M6     |
|--|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 孔隙率/%  | 83.80 | 84.14  | 83.24 | 83.18  | 83.51  | 83.28  |
| 焦化废水通量/<br>[ $\text{L} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h})^{-1}$ ] | 78.95 | 145.21 | 95.15 | 107.25 | 115.23 | 110.06 |

由表 2 可以看出,所制备的膜的孔隙率均在 80% 以上,说明 PES 膜是一种多孔膜材料。其中,当添加剂质量分数为 0.2% 时膜的孔隙率最大,为 84.1%;质量分数在 0.6%、0.8%、1.0% 时均较小,这是由于纳米  $\text{TiO}_2$  具有团聚性,质量分数较高时容易聚集在一起造成膜孔堵塞,从而导致膜的孔隙率降低。同时,M2 的水通量最大,M1 的水通量最小,结合图 3 可以看出,这与膜表面的接触角有一定的关系,这是因为纳米  $\text{TiO}_2$  的表面有很多羟基,是很好的亲水性基团,随着膜亲水性的提高,其与水的接

触就越大,也就越有利于水分子的进入与传递,同时还有孔隙率的协同作用,从而更有利于水分子进入膜孔。随着改性剂质量分数的不断增加,大量的TiO<sub>2</sub>团聚在一起,从而导致膜孔堵塞,抑制水透过膜,导致水通量降低,但是由于亲水性的拮抗作用,所以焦化废水通量并没有出现急剧下降现象。

## 2.4 COD 截留率

膜的截留率随 TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 质量分数的变化情况如表 3 所示。

表 3 COD 截留率

| 膜编号       | M1   | M2   | M3   | M4   | M5   | M6   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| COD 截留率/% | 39.3 | 56.9 | 70.6 | 80.4 | 90.2 | 88.3 |

由表 3 可以看出,未改性时,PES 膜的截留率仅为 40%左右,而当 TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 质量分数为 0.8%时其截留率高达 90%。由 Fenton 法可知,焦化废水呈酸性,膜表面的四氧化三铁会溶解出来,在 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的作用下全部变成 Fe<sup>2+</sup>,然后 Fe<sup>2+</sup>和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 反应生成氧化能力很强的·OH,和废水中的有机物反应从而降低 COD 值。当 TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 的质量分数从 0 增加到 0.8%时,COD 值逐渐降低,但是当其大于 0.8%之后,COD 值基本保持不变,这是因为加入到焦化废水中 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 质量分数的最优值是一定的,所以当 TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 的质量分数为 0.8%时,Fe<sup>2+</sup>已经达到了饱和状态,继续增加其质量分数也不会再增加其 COD 的处理能力。

## 2.5 综合评定分析

综上所述,添加的 TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 质量分数不同,对膜的结构与性能的影响也不同,所以综合考虑,选用膜的水通量和膜的截留率以及制作成本的节约值作为评价指标,应用统计学的方法对原始数据进行归一化处理,使结果更加可靠,更有说服力。其中水通量的权重设定为 0.4,截留率权重设定为 0.5,成本节约的权重设定为 0.1,数据处理结果如表 4 所示。

表 4 膜水通量、截留率和成本节约综合评定表

| 质量分<br>数/% | $J/[L \cdot (m^2 \cdot h)^{-1}]$ | $R/\%$ | 成本节<br>约权重 | $J$ 归<br>一化 | $R$ 归<br>一化 | 成本节约<br>归一化 | 综合<br>评定值 |
|------------|----------------------------------|--------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| 0          | 78.98                            | 39.22  | 10         | 0           | 0           | 1           | 0.10      |
| 0.2        | 145.23                           | 56.86  | 8          | 1           | 0.35        | 0.8         | 0.65      |
| 0.4        | 95.17                            | 70.59  | 6          | 0.24        | 0.62        | 0.6         | 0.47      |
| 0.6        | 107.30                           | 80.39  | 4          | 0.43        | 0.81        | 0.4         | 0.61      |
| 0.8        | 115.23                           | 90.20  | 2          | 0.55        | 1           | 0.2         | 0.74      |
| 1.0        | 110.07                           | 88.24  | 0          | 0.47        | 0.96        | 0           | 0.67      |

由表 4 可以看出,TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 的质量分数为 0.8%时,处理焦化废水的综合性能最好,其次是 TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 的质量分数为 1.0%时,但是由于改性剂的质量分数大,因而制备改性剂所需的成本较高,不符合工业实际利益要求。质量分数为 0.2%时水通量最大,但是由于其降低 COD 性能差,后续仍然需要降 COD 的步骤,也会增加处理成本,故而在 PES 膜中添加 0.8%的改性剂最具有经济效益。

## 3 结论

膜过滤结合 Fenton 法对焦化废水 COD 的降低取得较好的成果,通过改变改性剂 TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 的质量分数,使得 PES 膜的水通量、亲水性以及截留率都得到极大的改善,在其质量分数为 0.2%时,水通量由 78.98 L/(m<sup>2</sup>·h)提高到 145.23 L/(m<sup>2</sup>·h),接触角由 66.25°降低到 46°,得到的膜的亲水性能以及水通量效果最好。质量分数为 0.8%时,截留率从 39.22%增加到 90.20%,得到改性膜 M5 降低 COD 的能力最强。再结合综合生产实际考虑,得出最适的改性剂 TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 的质量分数为 0.8%,其综合评定值最高,此时改性膜的渗透性能和 COD 截留率均最佳,即能以较低的成本、较高的效率处理焦化废水,在实际工业生产中具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 刘斌.焦化废水处理存在的问题及其解决对策[J].低碳世界,2017,(18):17-18.
- [2] Xie R, Wu M, Qu G, et al. Treatment of coking wastewater by a novel electric assisted micro-electrolysis filter[J]. Journal of Environmental Sciences, 2018, 66(4):166-172.
- [3] Yu X, Xu R, Wei C, et al. Removal of cyanide compounds from coking wastewater by ferrous sulfate: Improvement of biodegradability[J]. J Hazard Mater, 2016, 302:468-474.
- [4] Zhu N, Li H, Li G, et al. Coking wastewater increases micronucleus frequency in mouse in vivo via oxidative stress[J]. Journal of Environmental Sciences, 2013, 25(10):2123-2129.
- [5] 马昕, 安东子, 寇彦德, 等. 焦化废水膜法组合深度处理工艺设计与应用[J]. 工业水处理, 2017, 37(4):102-105.
- [6] Ouyang S G, Yao J Y, Zhu G H W, et al. Hydrophilic modification of a poly(ether sulfone) flat-sheet ultrafiltration membrane applied to coking sewage[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2017, 134(31).
- [7] 陈斌. Fenton 法处理焦化废水的试验研究[J]. 能源环境保护, 2017, 31(5):60-62.
- [8] 贾玉. 化学沉淀结合 Fenton 法处理焦化废水中氧化物的研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2017, 7(11):30-32. ■