

多种电极电氧化深度处理焦化 废水生化出水的研究

许驰¹, 杨艺², 马磊², 范秋雨¹, 张博宇¹, 张建国^{1*}

(1. 中科院大连化物所盘锦产业技术研究院有限公司, 辽宁 盘锦 124000;
2. 北京石油化工学院新材料与化工学院, 北京 102617)

摘要:考察了电氧化方法处理焦化废水生化出水的效果和可行性。选取3种不同类型的阳极材料(BDD电极、亚氧化钛电极和钌钛电极)进行电氧化评价,考察了电流密度、溶液初始pH和废水流速对反应结果的影响。结果表明,3个因素对3种电极氧化效果的影响趋势是一致的,从电氧化能力来看,BDD电极电氧化能力最强(COD去除率>95%),亚氧化钛电极次之(COD去除率维持在60%左右),最差的是钌钛电极(COD去除率保持在45%左右)。

关键词:电催化氧化技术;BDD电极;亚氧化钛电极;焦化废水

中图分类号:X703

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2022)08-0177-06

DOI:10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2022.08.035

Advanced treatment of biochemical effluent from coking wastewater by electro-oxidation of various anodes

XU Chi¹, YANG Yi², MA Lei², FAN Qiu-yu¹, ZHANG Bo-yu¹, ZHANG Jian-guo^{1*}

(1. Panjin Institute of Industrial Technology, Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Panjin 124000, China; 2. College of New Materials and Chemical Engineering, Beijing Institute of Petrochemical Technology, Beijing 102617, China)

Abstract: The effect and feasibility using the electro-oxidation method to treat with the biochemical effluent of coking wastewater is studied. Three different types of anode materials (BDD electrode, titanium suboxide electrode and ruthenium titanium electrode) are selected for evaluating the electrooxidation, and the effects of current density, initial aqueous pH of the solution and wastewater flow rate on the reaction results are investigated. It is found that these three factors exhibit the same influence rule on the oxidation effect of these three types of electrodes. From the perspective of the electrooxidation ability, BDD electrode shows the strongest electrooxidation ability, over which the removal rate of COD exceeds 95%, followed by titanium suboxide electrode, with a COD removal rate more than 60%. The removal rate of COD by ruthenium-titanium electrode maintains at about 45%.

Key words: electrocatalytic oxidation technology; BDD electrode; titanium oxide electrode; coking wastewater

焦化废水是一种较难降解的工业废水,具有污染物浓度高、盐含量高、成分复杂以及毒性强的特点^[1]。焦化废水中含量最高的污染物种类为酚类和多环芳烃,其中酚类包括苯酚、间甲酚、氯酚等多种酚类,这些污染物具有较大的毒性,是影响污水处理厂生化系统稳定运行的主要原因^[2]。因此焦化废水的深度处理研究受到了学者的广泛关注。

为了降低废水处理成本,焦化废水处理常采用生化法+深度处理相结合的方式^[3]。常见的深度氧化处理方法有高级氧化法和反渗透处理技术等^[4]。近年来,高级氧化中的电催化氧化技术由于其降解效率高、操作简单、易控制等特点备受关注。焦化废

水生化出水中由于含有较高的盐度,因此特别适用于电催化氧化工艺。目前电催化领域常用的阳极材料主要有硼掺杂金刚石薄膜电极(BDD)^[5-7]、钛基二氧化锡电极^[8-9]、钛基二氧化铅电极^[10-11]、亚氧化钛电极(Ti₄O₇)^[12-16]、碳材料电极^[17-19]以及DSA电极(钛基钌钛网状电极)^[20-22]等。这些电极在处理焦化废水时均有优异的表现。

DSA电极属于形稳阳极,其在工业上常用于氯碱工业中,同时在电氧化处理含氯有机废水时也表现出了优异的效果^[23-24],废水可生化性明显提高,有利于后续生化反应的进行。Ti₄O₇电极是一类性能优良的新型电化学阳极材料,它有着比石墨电极

收稿日期:2021-09-06;修回日期:2022-06-06

基金项目:盘锦市自然科学基金计划指导性计划项目(202101017)

作者简介:许驰(1988-),男,博士,高级工程师,研究方向为工业催化和废水处理,xuchi@hsdmat.com;张建国(1973-),男,博士,副研究员,研究方向为工业催化和废水处理,通讯联系人,pjicy2019@163.com。

更高的导电性和电氧化能力,近年来学者们对它的研究越来越广泛^[12,25]。BDD 电极是一种优良的电氧化阳极材料,其对于有机污染物降解有着极强的电氧化效果。Haidar 等^[26]用 BDD 作为阳极来处理难降解物质磺氯吡啶,结果表明污染物能够被迅速矿化,TOC 去除率高达 95% 以上。Ennouri 等^[27]在紫外光的照射下采用 BDD 电极氧化降解水中氯霉素,结果表明 BDD 电极的电化学氧化与紫外光协同作用有利于氯霉素的降解和矿化,仅需 3 h 废水中的氯霉素即可完全矿化。

研究表明,电氧化技术特别适用于焦化废水的深度处理,但运行成本较高。可以考虑先用生化的方法对焦化废水进行处理,处理后生化出水再使用电氧化的方法进行深度处理。目前相关研究还比较少^[28],但从电氧化技术的工程应用实际来看,进行焦化废水生化出水的研究显得更为重要。因此,笔者将考察 3 种电极电氧化降解焦化废水生化出水的实验效果,为焦化废水的深度处理提供技术支持。

1 实验部分

1.1 实验药品

焦化废水生化出水,山西某焦化厂生产;浓硫酸(98%),辽宁新兴试剂公司生产;氢氧化钠,化学纯,天津市科密欧化学试剂有限公司生产;COD 专用耗材、氨氮专用耗材,兰州连华环保科技有限公司生产。

1.2 实验仪器

PHS-2F 型 pH 计,上海仪电科学仪器股份有限公司生产;电子天平,FA2204N 型,常州市衡正电子仪器有限公司生产;COD 快速测定仪,5B-1 型,兰州连华环保科技有限公司生产;电磁隔膜计量泵,WS-01-07-S 型,北京 WELL-OFF 公司生产;智能多参数消解仪,LH-25A 型,北京连华永兴科技发展有限公司生产;循环水式多用真空泵,SHB-III 型,郑州长城科工贸有限公司生产;直流稳压电源,HY3005MT 型,杭州华谊电子实业有限公司生产。

BDD 电极,中南大学生产;钎钛电极,宝鸡亿科金属有限公司生产。采用喷涂法制备亚氧化钛电极,具体工艺如下:钛基体经裁剪、清洗和打磨后进行喷涂,喷涂时,需要先将钛板装在固定夹具上,将钛板预热到 600~800℃,运用等离子喷涂系统进行喷涂,粉末为亚氧化钛颗粒,电弧电流为 500 A,电压为 48 V,送粉速度为 18 g/min,喷涂距离为 110 mm,喷涂速度为 30 mm/s^[16]。钛板喷涂完毕后,真空室继续通入氩气,直到电极完全冷却。本实验所用阴

极均为钛板。阴阳极有效尺寸均为 40 mm×60 mm。

1.3 实验装置

采用连续式反应模式。焦化废水生化出水通过泵打入电化学反应器后,通电进行电氧化实验,每隔 1 h 取出水水样进行监测,测量出水 COD。主要考察电流密度、流速以及废水初始 pH 3 个条件对处理效果的影响。

2 结果与讨论

焦化废水生化出水水质 COD 为 330 mg/L,氯离子质量浓度为 450 mg/L。

2.1 电极表征

2.1.1 BDD 电极的表征

BDD 薄膜的 SEM 及 EDS 分析如图 1 所示。从图 1(a)中可以看出,金刚石薄膜由一个个晶体结构良好的晶粒组成,金刚石薄膜表面以三角形晶面为主^[29],晶粒尺寸均匀且棱角清晰^[30]。因此 BDD 电极降解效果较好的主要原因归功于该薄膜中结晶度良好的晶粒为电化学反应提供了足够的反应活性位点^[31]。除此之外,此薄膜具有较高的活性表面积,对于电子和离子的转移会起到促进作用,因此会在后续的电化学检测中提供更多的比电容量^[32]。

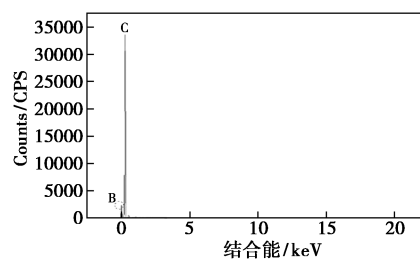
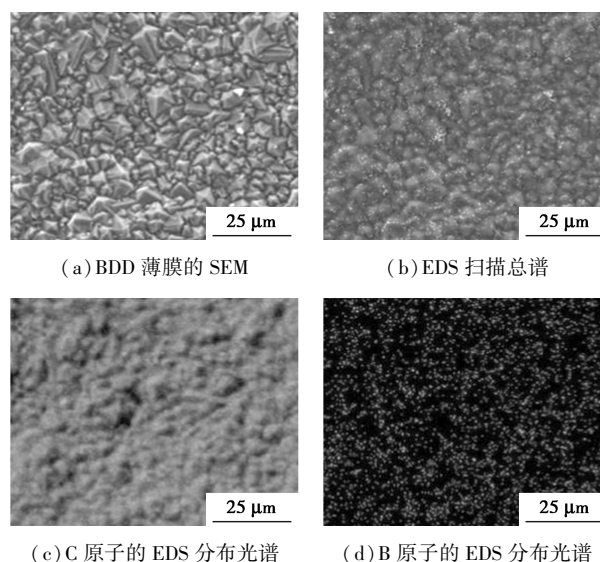
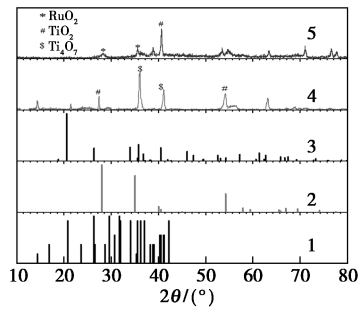


图 1 BDD 薄膜的 SEM 及 EDS 分析

从图 1(b)中可以看出,BDD 薄膜主要由 C、B 2 种元素组成,其中碳元素含量较多且多分布于表层,B 元素含量相对较少但也均匀分布于薄膜表面。

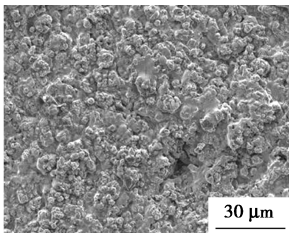
2.1.2 钌钛电极和亚氧化钛电极

亚氧化钛电极和钌钛电极的 XRD 谱图和 SEM 图分别如图 2 和图 3 所示。

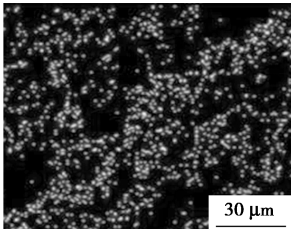


1—PDF#18-1402, Ti₄O₇; 2—PDF#40-1290, RuO₂; 3—PDF#53-0619, TiO₂; 4—Ti₄O₇; 5—Ru-Ti 电极

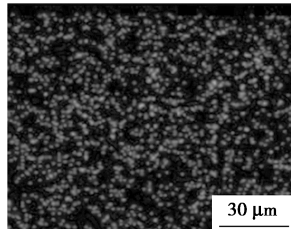
图 2 钌钛电极和亚氧化钛电极 XRD 谱图



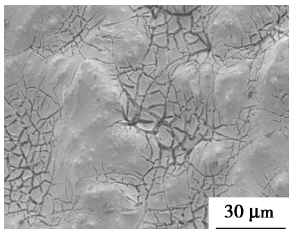
(a) 亚氧化钛电极的 SEM 图



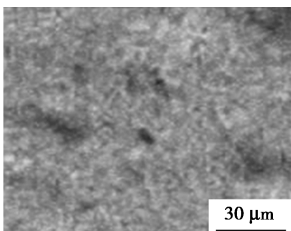
(b) 电极 Ti 的 EDS 分布图



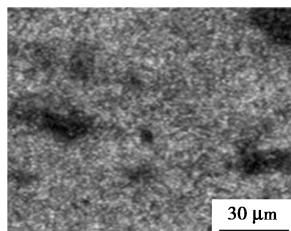
(c) 电极 O 的 EDS 分布图



(d) 钌钛电极的 SEM 图



(e) 电极 Ti 的 EDS 分布图



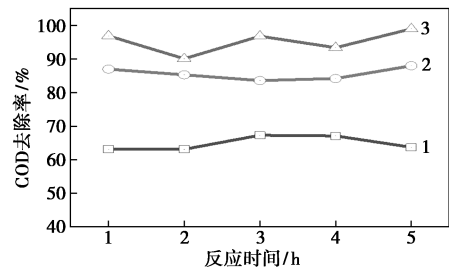
(f) 电极 Ru 的 EDS 分布图

图 3 钌钛电极和亚氧化钛电极 SEM 图

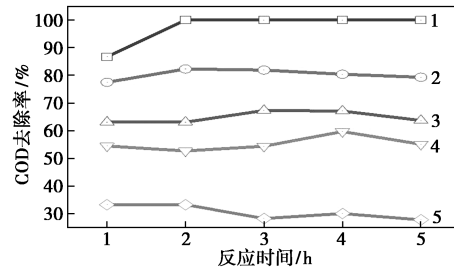
从图 2 中可以看出,所使用的 2 个电极为典型的亚氧化钛电极和钌钛电极。亚氧化钛电极在 37.1°和 41.1°的衍射峰为典型的亚氧化钛衍射峰。所用钌钛电极在 41.2°有 1 个明显的 TiO₂ 衍射峰,并有少量 RuO₂ 衍射峰。从图 3(a)中可以看出,亚氧化钛电极表面比较粗糙有较多的球状颗粒,为电氧化提供了较多的反应位点。由图 3(b)和图 3(c)中可以看出,2 种元素实现了均匀的混合。从图 3(d)中可以看出,钌钛电极涂层以层状结构较好地覆盖在基底表面。从图 3(e)和图 3(f)中可以看出, Ti 和 Ru 元素实现了均匀的混合。

2.2 BDD 电极电氧化降解焦化废水生化出水实验效果

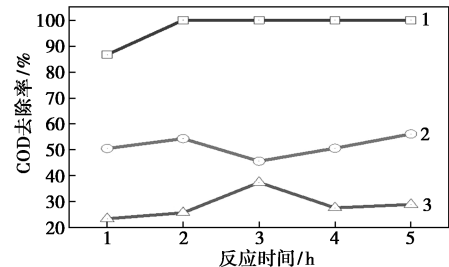
BDD 阳极电氧化降解焦化废水生化出水的实验结果如图 4 所示。



1— $I=2.5 \text{ mA/cm}^2$; 2— $I=5.0 \text{ mA/cm}^2$; 3— $I=10.0 \text{ mA/cm}^2$
(a) 电流密度的影响(废水流量:50 mL/h,废水初始 pH:6.0)



1—pH=2.0; 2—pH=4.0; 3—pH=6.0; 4—pH=8.0; 5—pH=10.0
(b) 废水初始 pH 的影响(流量:50 mL/h,电流密度 2.5 mA/cm²)



1—50 mL/h; 2—100 mL/h; 3—150 mL/h
(c) 废水流量的影响(电流密度 2.5 mA/cm²,溶液初始 pH:2.0)

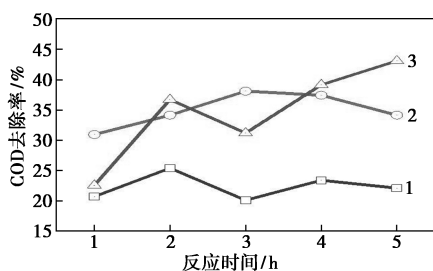
图 4 BDD 电极电氧化降解焦化废水生化出水实验结果

从图 4(a)中可以看出,随着电流密度的上升,BDD 电极电氧化降解焦化废水生化出水的 COD 去

除率明显上升,在电流密度升高到 10 mA/cm² 时达到最大。当电流密度从 2.5 mA/cm² 增加到 5.0 mA/cm² 时,COD 去除率上升最快(从大约 65% 左右升高到 88% 左右),进一步的增大 COD 去除率的快速趋缓,所以电流密度确定为 5.0 mA/cm²。从图 4(b)中可以看出,随着 pH 的升高 COD 去除率明显下降,最优 pH 为 2.0。这是由于酸性溶液有利于电氧化过程产生强氧化性的羟基自由基^[33],从而促进污染物的快速降解,因此,确定最佳 pH 为 2.0。从图 4(c)中可以看出,随着流速的增大,电氧化效果在迅速变差,因此,确定废水流速为 50 mL/h。在该最优条件(电流密度 2.5 mA/cm²,溶液初始 pH:2.0,废水流速:50 mL/h)下,COD 去除率可以达到 100%。

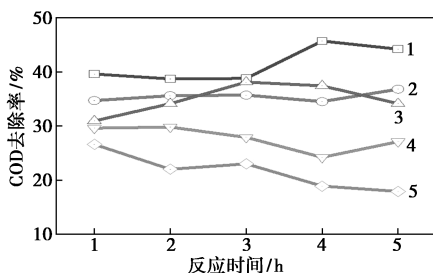
2.3 钌钛电极电氧化降解焦化废水生化出水实验效果

钌钛电极电氧化降解焦化废水生化出水的实验结果如图 5 所示。



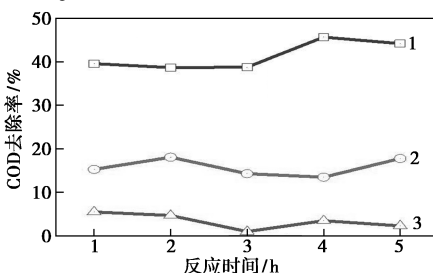
1—*I* = 2.5 mA/cm²; 2—*I* = 5.0 mA/cm²; 3—*I* = 10.0 mA/cm²

(a) 电流密度的影响(废水流量:50 mL/h,废水初始 pH:6.0)



1—pH = 2.0; 2—pH = 4.0; 3—pH = 6.0; 4—pH = 8.0; 5—pH = 10.0

(b) 废水初始 pH 的影响(流量:50 mL/h,电流密度 5.0 mA/cm²)



1—50 mL/h; 2—100 mL/h; 3—150 mL/h

(c) 废水流量的影响(电流密度 5.0 mA/cm²,溶液初始 pH:2.0)

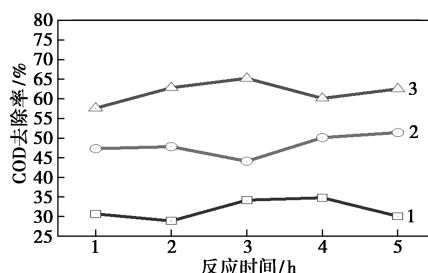
图 5 钌钛电极电氧化降解焦化废水生化出水实验结果

从图 5(a)中可以看出,电流密度从 2.5 mA/cm² 升高到 5 mA/cm² 时,钌钛电极电氧化降解焦化废水生化出水的 COD 去除率有一定上升;但电流密度从 5.0 mA/cm² 升高到 10 mA/cm² 时,COD 去除率并没有明显上升,说明钌钛电极的电流密度升高到一定程度后,更多的电流被用于发生副反应(电解水产生氧气)。该结果与 BDD 电极存在明显差异,这是由于两者不同的作用机理所致。因此,确定电流密度为 5.0 mA/cm²。从图 5(b)中可以看出,随着 pH 的下降 COD 去除率会有明显上升,其中最优 pH 为 2.0,与 BDD 电极的变化趋势一致。原因是酸性溶液有利于电氧化过程产生强氧化性的羟基自由基^[33],从而促进污染物的快速降解,因此,确定后续实验中最佳 pH 为 2.0。从图 5(c)中可以看出,随着流速的增大,钌钛电极电氧化降解废水效果迅速变差,因此,确定废水流速为 50 mL/h。在电流密度为 5.0 mA/cm²、溶液初始 pH 为 2.0、废水流速为 50 mL/h 的最优条件下,COD 去除率可以达到 43% 左右,该结果与 BDD 电极有较大差距。

2.4 亚氧化钛电极电氧化降解焦化废水生化出水实验效果

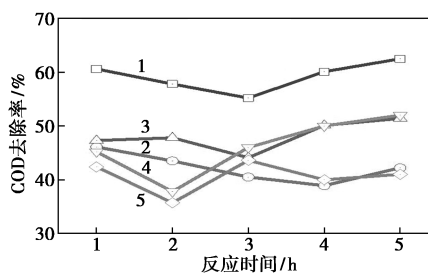
亚氧化钛电极电氧化降解焦化废水生化出水的实验结果如图 6 所示。

从图 6(a)中可以看出,随着电流密度的增大,亚氧化钛电极电氧化降解焦化废水生化出水的 COD 去除率明显上升,当电流密度从 2.5 mA/cm²



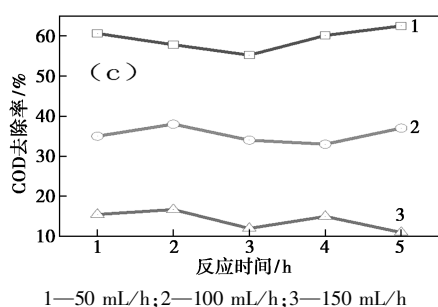
1—*I* = 2.5 mA/cm²; 2—*I* = 5.0 mA/cm²; 3—*I* = 10.0 mA/cm²

(a) 电流密度的影响(废水流量:50 mL/h,废水初始 pH:6.0)



1—pH = 2.0; 2—pH = 4.0; 3—pH = 6.0; 4—pH = 8.0; 5—pH = 10.0

(b) 废水初始 pH 的影响(流量:50 mL/h,电流密度 5.0 mA/cm²)



(c) 废水流量的影响(电流密度 5.0 mA/cm^2 , 溶液初始 pH: 2.0)

图6 亚氧化钛电极电氧化降解焦化废水生化出水实验结果

增大到 10 mA/cm^2 时, COD 去除率从 35% 左右升高至 63%。说明亚氧化钛电极的电氧化机理不同于钌钛电极, 与 BDD 电极的作用机理比较一致^[7,12,34]。为了与钌钛电极进行比较, 确定电流密度为 5.0 mA/cm^2 。由图 6(b) 中可以看出, 随着 pH 的下降, 亚氧化钛电极电氧化降解有机污染物的 COD 去除率呈现升高趋势, 其中最优 pH 为 2.0, 与 BDD 电极和钌钛电极的实验结果一致。由图 6(c) 中可以看出, 与 BDD 电极和钌钛电极类似, 随着流速的增大, 钌钛电极电氧化降解废水效果在迅速变差, 因此, 确定废水流速为 50 mL/h 。

在电流密度为 5.0 mA/cm^2 、溶液初始 pH 为 2.0、废水流速为 50 mL/h 的最优条件下, COD 去除率可以达到 63% 左右, 该结果与 BDD 电极相比较差, 但优于钌钛电极。该最佳条件下, 亚氧化钛电极处理的焦化废水生化出水 COD 可以保持在 100 mg/L , 基本能达到焦化废水排放标准。

通过对比发现, 对于 3 种电极来说上述 3 个因素的影响趋势均一致。从电极氧化能力来看, BDD 电极的电氧化能力最强, 其次是亚氧化钛电极, 最差的是钌钛电极。目前 3 种电极均实现了商业化生产, 从生产成本来看, BDD 电极的成本最高, 达到 10 万元/m^3 左右, 而另 2 种电极的成本在 $3\ 000 \sim 8\ 000 \text{ 元/m}^3$, 成本差异巨大。因此, 综合考虑成本和处理效果, 推广使用亚氧化钛电极。

3 结论

(1) 通过对 3 种电极进行 SEM 和 XRD 分析发现, BDD 电极上金刚石薄膜由晶体结构良好的晶粒组成, 表面以三角形晶面为主, 晶粒尺寸均匀且棱角清晰, 元素硼均匀地掺入到电极表面。亚氧化钛电极的表面比较粗糙有较多的球状颗粒, 可以为电氧

化提供较多的反应位点。钌钛电极中可以看到较为明显的 TiO_2 和 RuO_2 衍射峰, 电极涂层可以较好的覆盖在基底表面, 表明该电极优异的稳定性。

(2) 通过 3 种电极进行电氧化降解焦化废水生化出水实验, 考察了电流密度、流量和溶液初始 pH 等对反应结果的影响。对于 3 种电极来说上述 3 个因素的影响趋势均一致。从电极氧化能力来看, BDD 电极电氧化能力最强, 其次是亚氧化钛电极, 最差的是钌钛电极。综合考虑成本和处理效果, 推广使用亚氧化钛电极。

参考文献

- [1] Ji Q, Tabassum S, Hena S, *et al.* A review on the coal gasification wastewater treatment technologies: Past, present and future outlook [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 126(10): 38-55.
- [2] 刁春鹏. 焦化废水处理过程苯系物、苯胺类、重金属污染物的存在及去除特性分析[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [3] 曲余玲, 毛艳丽, 翟晓东. 焦化废水深度处理技术及工艺现状[J]. *工业水处理*, 2015, 35(1): 14-17.
- [4] 孙秋红, 孙晓敏. 活性炭纤维对废水中对硝基苯酚的吸附特性研究[J]. *安徽农学通报*, 2018, 24(21): 123-125, 64.
- [5] 孟令聪. CVD 金刚石薄膜的掺杂及其电化学性能的研究[D]. 长沙: 中南大学, 2012.
- [6] 吕江维, 贾文婷, 魏亚青, 等. 硼掺杂金刚石薄膜电极的制备及电化学行为研究[J]. *化工新型材料*, 2018, 46(8): 158-61.
- [7] 曲有鹏, 吕江维, 冯玉杰, 等. 硼掺杂金刚石薄膜电极降解青霉素 G 钠废水机制[J]. *哈尔滨工业大学学报*, 2020, 52(6): 119-25.
- [8] 林娟. 二氧化锡电极的制备及其催化性能的研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2013.
- [9] 胡海如, 杨文忠. 钛基掺锡二氧化锡电极中间层对其电氧化性能的影响[J]. *电镀与涂饰*, 2013, 32(8): 1-3.
- [10] Zhen W, Xuanqi K, Shangyuan X, *et al.* Electrochemical oxidation of Rhodamine B with cerium and sodium dodecyl benzene sulfonate co-modified Ti/PbO₂ electrodes: Preparation, characterization, optimization, application[J]. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 2020, 32: 191-202.
- [11] Deng D, Xiaohua W, Mingyuan L, *et al.* Electrochemical degradation of three phthalate esters in synthetic wastewater by using a Ce-doped Ti/PbO₂ electrode[J]. *Chemosphere*, 2020, 259: 127488.
- [12] 王愚. 亚氧化钛电化学阳极氧化降解印染废水研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
- [13] 王静莹. 亚氧化钛电极制备及三维电极体系降解含酚废水效能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2020.
- [14] 谭阳. 亚氧化钛电极膜反应器降解 4-氯酚废水的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018.
- [15] 杨志伟. 超声强化亚氧化钛阳极电化学氧化处理氯霉素废水的

- 研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2019.
- [16] 黄国胜,刘峰,李相波,等.钛基亚氧化钛电极强化电解行为研究[J].稀有金属材料与工程,2018,47(7):2067-2071.
- [17] 段平洲.碳纳米管复合电极的制备及其电催化降解头孢类抗生素的研究[D].北京:北京化工大学,2019.
- [18] Lu J, Liu X, Chen Q, *et al.* Coupling effect of nitrogen-doped carbon black and carbon nanotube in assembly gas diffusion electrode for H₂O₂ electro-generation and recalcitrant pollutant degradation[J]. Separation and Purification Technology, 2021, 265(15):118493.
- [19] 余杨,王黎,鲁逸飞,等.碳纳米管/氧化石墨烯复合电极制备及除镉研究[J].现代化工,2021,41(6):134-139.
- [20] 王晓培.改性 RuO₂-TiO₂ 氧化物涂层催化剂析氧析氯性能研究[D].重庆:重庆大学,2012.
- [21] 蒋梦琪.钛基氧化物涂层电极应用于化工废水深度处理中的实验研究[J].辽宁化工,2016,45(6):679-81.
- [22] 陈康宁,汪治平.钛基贵金属氧化物电极析氯机理研究[J].氯碱工业,1995,(8):7-10.
- [23] Perea L, Palma-Goyes R, Vazquez J, *et al.* Efficient cephalixin degradation using active chlorine produced on ruthenium and iridium oxide anodes: Role of bath composition, analysis of degradation pathways and degradation extent[J]. Science Total Environment, 2019, 648(15):377-387.
- [24] 雷庆铎,刘依林,谷启源,等.电催化氧化预处理焦化废水的实验研究[J].工业水处理,2014,34(4):51-54.
- [25] 袁浩,于萍,罗运柏.亚氧化钛修饰钛电极处理焦化废水的试验研究[J].工业用水与废水,2016,47(1):28-31.
- [26] Haidar M, Dirany A, Sires I, *et al.* Electrochemical degradation of the antibiotic sulfachloropyridazine by hydroxyl radicals generated at a BDD anode[J]. Chemosphere, 2013, 91(9):1304-1309.
- [27] Ennouri R, Lavecchia R, Zuurro A, *et al.* Degradation of chloramphenicol in water by oxidation on a boron-doped diamond electrode under UV irradiation[J]. Journal of Water Process Engineering, 2021, 41:101995.
- [28] 刘伟军.三维电极电催化氧化深度处理焦化废水生化出水研究[D].北京:北京化工大学,2019.
- [29] Huibin H, Jiahui L, Liyan Z, *et al.* Fabrication of Bn modified Ti/PbO₂ electrodes with tunable hydrophobic characteristics and their electrocatalytic performance[J]. Technology News Focus, 2020, 828(5):154049.
- [30] 王曙光.金刚石/石墨复合纳米片的外延生长与电化学性能研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2018.
- [31] 张静.多孔掺硼金刚石薄膜制备及其超级电容器性能研究[D].北京:中国地质大学(北京),2020.
- [32] Lim Y, Lee E, Lee C, *et al.* Fabrication of hollow boron-doped diamond nanostructure via electrochemical corrosion of a tungsten oxide template[J]. Nanotechnology, 2018, 29(32):325602.
- [33] Di P, Yue L, Haiou S, *et al.* Trace Ti³⁺ and N-codoped TiO₂ nanotube array anode for significantly enhanced electrocatalytic degradation of tetracycline and metronidazole[J]. Chemical Engineering Journal, 2021, 405(1):126982.
- [34] 肖鹤.活性炭改良芬顿反应处理亚甲基蓝染料废水研究[D].重庆:重庆工商大学,2019. ■

霍尼韦尔与中国天楹携手打造大型废塑料化学回收商业化项目

近日,霍尼韦尔与中国天楹股份有限公司(以下简称“中国天楹”)签署合作协议,在废塑料化学循环领域展开深入合作。中国天楹将在江苏省建立商业化塑料回收工厂,使用霍尼韦尔 UpCycle 工艺将混合废弃塑料制成优质再生聚合物原料(RPF),助力塑料循环经济的发展,并将成为中国首个使用霍尼韦尔 UpCycle 工艺的废塑料化学再生商业化运行装置。

霍尼韦尔 UOP 将向该项目提供 UpCycle 工艺技术许可、工程设计和技术服务直至开车和调试,并提供技术支持服务,以便在工厂服务期内对其进行运营、优化、监测和维护。

本项目标志着霍尼韦尔和中国天楹在先进塑料回收领域合作的开端,也标志着霍尼韦尔先进的 UpCycle

工艺技术首次应用于中国市场。中国天楹计划基于首套装置的成功实践,在未来复制更多采用霍尼韦尔 UpCycle 工艺的废弃塑料回收工厂,双方还将探索在废弃塑料预处理和热裂解设备制造等方面的合作机会。

霍尼韦尔的 UpCycle 工艺技术采用行业内领先的分子转化、热解和污染物管理技术,可将废弃塑料转化成回收聚合物原料,然后用于制造新塑料。UpCycle 工艺技术大幅拓宽了可回收塑料的种类,包括原本无法回收的废塑料,如彩色、柔性、多层包装或聚苯乙烯。如结合其他化学和机械回收工艺以及收集和分类过程的改进,UpCycle 工艺技术有望将全球可回收的塑料废弃物比例提高到 90%,这意味着可转化为聚合物原料的废塑料规模将大大增加。

(郭新宇)