

# Fenton—活性炭联合处理酸性高盐有机化工废水

蒋立先

(杭州职业技术学院 临江学院, 浙江 杭州 310018)

**摘 要:** 某化工企业排放的酸性高盐有机化工废水采用 Fenton 氧化和活性炭吸附工艺进行处理。该废水具有酸性强、COD 浓度高、可吸收卤化物(AOX)浓度高、可生化性较差等特点,经过 Fenton—活性炭联合处理后,出水水质稳定达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)三级排放标准,满足化工园区纳管标准。

**关键词:** 酸性高盐有机化工废水; Fenton 氧化; 活性炭吸附

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)10-0111-04

## Treatment of Acidic Organic Chemical Wastewater Containing High Concentration of Salt by Fenton Oxidation and Active Carbon Adsorption Process

JIANG Li-xian

(Linjiang School, Hangzhou Vocational and Technical College, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Fenton oxidation and active carbon adsorption were applied to treat the acidic organic chemical wastewater containing high concentration of salt in a chemical plant. The influent has the characteristics of high acidity, high COD concentration, high absorbable organic halogen (AOX) concentration, and poor biodegradation. The effluent quality after the combined treatment could stably meet the third level criteria of the *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978 - 1996) and reached the requirements of influent quality for the local chemical industrial park wastewater treatment plant.

**Key words:** acidic organic chemical wastewater containing high concentration of salt; Fenton oxidation; active carbon adsorption

### 1 概述

废水中含有大于或等于 2% ~ 5% 盐度(以 NaCl 计)则被称为高盐度废水,主要来源于直接利用海水的工业生产和化工生产过程<sup>[1]</sup>。在化工生产中会产生大量高盐度废水,同时酸性有机化工废水含有大量的酸和结构复杂的有机物<sup>[2]</sup>,因此处理酸性高盐有机化工废水,使其符合排放标准尤为必

要<sup>[3]</sup>。针对此类废水的特征污染物,以某项目为例,针对具体废水水质、水量和当地环保要求,采用 Fenton 和活性炭吸附联合处理工艺,出水水质符合处理要求。

### 2 废水水质、水量及排放标准

#### 2.1 废水水质、水量

该项目处理邻氯苯甲酸、邻氯对硝基甲苯及邻

氯苯甲醛生产废水。各股废水水质见表 1。由表 1 可知,废水总量为  $36.92 \text{ m}^3/\text{d}$ ,考虑到为企业的发展预留一定余量,设计水量为  $40 \text{ m}^3/\text{d}$ ;其中酸洗废水及漂洗废水产生量较大;酸洗废水、酸解废水、漂洗脱水废水及漂洗废水酸性很强;酸洗废水、冷凝废水及漂洗脱水废水 COD 浓度高;酸解废水、冷凝废

水及漂洗脱水废水 AOX 浓度较高;仅漂洗废水含硝基苯类;酸洗废水、酸解废水、碱喷淋废水及漂洗脱水废水含盐较高,超过生化接触限值。结合环评资料分析可知,该生产废水的主要成分为邻氯甲苯、邻氯苯甲酸、邻氯对硝基甲苯及邻氯苯甲醛等,废水可生化性较差。

表 1 企业废水产生情况

Tab. 1 Wastewater generation from the enterprise

项 目	水量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ )	pH 值	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	可吸收卤化物 (AOX)/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	硝基苯类/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	含盐量/%	来源
酸洗废水	14.00	3~4	3 500	0	0	9.20	邻氯苯甲酸生产线
酸解废水	1.06	3~4	2 400	200	0	23.12	邻氯苯甲醛生产线
碱喷淋废水	0.95	7~8	1 000	0	0	5.60	新项目废气喷淋工序
冷凝废水	0.44	5~7	4 000	400	0	—	邻氯苯甲酸生产线
漂洗脱水废水	2.82	4~6	3 500	200	0	0.16	邻氯苯甲酸生产线
漂洗废水	17.65	3~4	2 000	0	30	1.99	邻氯对硝基甲苯生产线

## 2.2 废水排放标准

废水经过处理后纳入排到市政污水管网,按当地环境主管部门要求,出水水质需达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的三级标准: $\text{pH} = 6 \sim 9$ 、 $\text{COD} \leq 500 \text{ mg/L}$ 、 $\text{AOX} \leq 8 \text{ mg/L}$ 、硝基苯类  $\leq 5 \text{ mg/L}$ 。

## 3 处理工艺

### 3.1 处理工艺的选择

废水处理工艺流程见图 1。

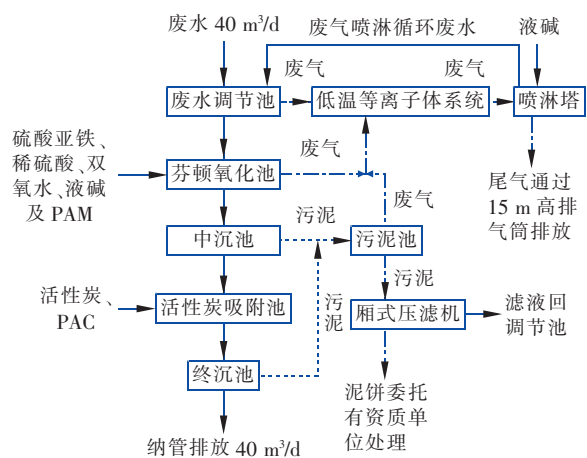


图 1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

因废水含盐量较高,可生化性较差,结合废水酸性较强及以往工程经验,设计主体工艺为芬顿氧化。为确保废水中的 AOX 及硝基苯类达标排放,在主体工艺后端增加活性炭吸附处理工序。

企业生产废水中含邻氯对硝基甲苯等有机物,挥发后会形成臭味较重的废气,为减轻其对周边影响,根据企业要求并结合实际情况,对调节池、芬顿氧化池及污泥池进行加盖处理,将产生的废气收集后通过低温等离子体 + 碱喷淋进行处理,尾气通过 15 m 高排气筒排放。

### 3.2 流程说明

① 调节池。生产废水经收集后进调节池进行水质水量的均衡。为更好地实现均质,池底设曝气系统。

② 芬顿氧化池 + 中沉池。生产废水 pH 值约 3~5,选择芬顿氧化处理工序,将生产废水由调节池泵入芬顿氧化池,通过投加芬顿试剂去除 COD、AOX 及硝基苯类,出水进中沉池进行泥水分离。中沉池出水进入活性炭吸附池,污泥排入污泥池。为避免芬顿氧化池出水出现“返色”现象,池内增设曝气,将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化成  $\text{Fe}^{3+}$  并沉淀。

③ 活性炭吸附池 + 终沉池。废水经芬顿氧化处理后,出水不能保证稳定达标,故在后端增加活性炭吸附处理单元。通过在活性炭吸附池内投加活性炭与 PAC,吸附废水中的 COD、AOX 及硝基苯类污染物,并进终沉池进行泥水分离。终沉池出水达标排放,污泥排入污泥池。

④ 污泥脱水系统。污泥池内的污泥泵入厢式压滤机进行污泥脱水,脱水干污泥为危险废物,委托有资质单位处理,滤液回流至调节池。

⑤ 废气收集处理系统。调节池、芬顿氧化池

及污泥池内的废气经收集后由风机送入低温等离子体系统,邻氯对硝基甲苯等污染物被氧化成小分子的酸和醇等,然后进入碱洗塔,通过液碱喷淋,中和废气中的酸性物质,处理后的尾气通过15 m高排气筒排放。喷淋塔内的循环水循环一定时间后定期排入调节池。

#### 4 主要构筑物及设备

① 调节池。1座,尺寸为10 m×5 m×3 m, $Q=40\text{ m}^3/\text{d}$ ,有效水深为2.5 m,停留时间为75 h,地下式钢筋混凝土结构,池顶采用玻璃钢封盖,内壁新衬PVC材料防腐,并对PVC板进行隔油处理。设备:提升泵2台(1用1备),单台 $Q=4\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=120\text{ kPa}$ , $N=0.55\text{ kW}$ ,氟塑料材质; $\varnothing 250\text{ mm}$ 真空引水罐1个,PP材质;浮球液位计1套;DN50转子流量计1台,塑料材质;罗茨风机2台(1用1备),单台 $Q=0.93\text{ m}^3/\text{min}$ , $\Delta P=34.3\text{ kPa}$ , $N=1.1\text{ kW}$ ,Q235A材质,备用的风机同时作为调节池及芬顿氧化池曝气备用。

② 芬顿氧化池。1座,设计流量 $40\text{ m}^3/\text{d}$ ;池体尺寸为2.7 m×2.3 m×1.7 m,内分6组,有效水深为1.4 m,停留时间为2 h;地上Q235A结构,池顶加盖,内衬玻璃钢防腐,外刷油漆防腐,下部用支架支撑。设备:反应搅拌机5台,转速分别为30、30、15、12、8 r/min,功率分别为1.1、1.1、0.75、0.75及0.55 kW,Q235A材质(衬塑);罗茨风机1台, $Q=0.15\text{ m}^3/\text{min}$ , $\Delta P=19.6\text{ kPa}$ , $N=0.55\text{ kW}$ ,Q235A材质;pH计2套。

③ 中沉池。竖流式沉淀池1座,设计流量 $40\text{ m}^3/\text{d}$ ,池体尺寸为2.7 m×2.7 m×4.5 m;表面负荷率为 $0.55\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,地上式Q235A结构,内衬玻璃钢防腐,外刷油漆防腐。

④ 活性炭吸附池。1座,设计流量 $40\text{ m}^3/\text{d}$ ,池体尺寸为2.7 m×1.3 m×1.6 m;有效水深为1.2 m;停留时间为1 h;地上Q235A结构,内衬玻璃钢防腐,外刷油漆防腐,下部用支架支撑。设备:反应搅拌机2台,转速分别为30、8 r/min,功率分别为1.1、0.75 kW,Q235A材质(衬塑)。

⑤ 终沉池。竖流式沉淀池,1座,设计流量 $40\text{ m}^3/\text{d}$ ;池体尺寸为2.7 m×2.7 m×4.3 m;表面负荷率为 $0.55\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ;地上式Q235A结构,内衬玻璃钢防腐,外刷油漆防腐。

⑥ 污泥池。1座,湿污泥量约 $10.6\text{ m}^3/\text{d}$ (含

水率为98%),池体尺寸为2.7 m×1.0 m×4.3 m;有效水深为3.9 m;贮泥时间为1 h;地上Q235A结构,池顶加盖,内衬玻璃钢防腐,外刷油漆防腐。

⑦ 综合钢棚。放置风机、脱水机、加药系统及电控系统等,尺寸为9.0 m×8.0 m。设备:硫酸亚铁(液体)投加系统1套,含1个 $5\text{ m}^3$ PE水箱及2台126 L/h加药泵, $N=0.2\text{ kW}$ ;稀硫酸投加系统1套,含1个 $2\text{ m}^3$ PE水箱及2台50 L/h加药泵, $N=0.2\text{ kW}$ ;双氧水投加系统1套,含1个 $6\text{ m}^3$ PE水箱及2台75 L/h加药泵, $N=0.2\text{ kW}$ ;液碱投加系统1套,含1个 $6\text{ m}^3$ PE水箱及2台75 L/h加药泵, $N=0.2\text{ kW}$ ;PAM(固体)投加系统1套,含1个 $2\text{ m}^3$ PE水箱、1台Q235A衬塑搅拌机及2台30 L/h加药泵, $N=0.95\text{ kW}$ ;活性炭(固体)投加系统1套,含1个 $5\text{ m}^3$ PE水箱、1台Q235A衬塑搅拌机及2台75 L/h加药泵, $N=0.95\text{ kW}$ ;PAC(液体)投加系统1套,含1个 $2\text{ m}^3$ PE水箱及2台30 L/h加药泵, $N=0.2\text{ kW}$ ;鼓风机3台;电控系统1套;螺杆泵1台, $Q=12\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=600\text{ kPa}$ , $N=4.0\text{ kW}$ ,Q235A材质。

⑧ 废气处理相关设施。调节池、芬顿氧化池及污泥池产生的臭气情况见表2,合计 $1\,133\text{ m}^3/\text{h}$ 。

表2 废气产生情况

Tab.2 Flue gas generation

项 目	数量/座	换气次数/(次·h <sup>-1</sup> )	收集风量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	收集方式
调节池	1	10	1 000	玻璃钢封盖集气
芬顿氧化池	1	10	25	Q235A封盖集气
污泥池	1	10	108	Q235A封盖集气

#### 5 工程运行情况

该工程调试期间各工艺处理单元运行正常。经试运行后满负荷运行,连续监测各项水质指标平均值如表3所示。

表3 各处理单元的处理效果

Tab.3 Effluent quality of main treatment units

项 目	pH值	COD/(mg·L <sup>-1</sup> )	AOX/(mg·L <sup>-1</sup> )	硝基苯类/(mg·L <sup>-1</sup> )
调节池	3~5	3 225	43	14
芬顿氧化池+中沉池	6~9	484	10	6
活性炭吸附池+终沉池	6~9	436	7	5
排放标准	6~9	500	8	5

#### 6 经济分析

该工程运行费用主要为动力费(电费)、人工

费、药剂费。正常运行负荷为  $220 \text{ kW} \cdot \text{h/d}$ , 电耗为  $3.3 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^3$ , 电价按  $0.7 \text{ 元}/(\text{kW} \cdot \text{h})$  计, 则电费为  $2.31 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。设专业管理维护人员 1 名, 工资为  $2500 \text{ 元/月}$ , 人工费为  $2.08 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。药剂主要为硫酸亚铁 (20%)、稀硫酸、双氧水 (50%)、PAM、液碱 (30%)、PAC 及活性炭, 药剂费约  $5 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。综上, 正常运行总费用为  $9.39 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

## 7 结语

工程实践证明, 采用 Fenton—活性炭联合处理该酸性高盐有机化工废水, 系统运行稳定, 各项出水指标均达到当地污水厂的纳管标准。该工程的成功运行可为同类废水处理工程的设计和运行提供借鉴并具有一定的推广价值。

## 参考文献:

- [1] 韩冬妮. 电催化氧化法处理含盐有机废水方法[J]. 环境科技, 2017, 30(3): 40–42.  
Han Dongni. Method for treating organic wastewater containing salt by electrocatalytic oxidation [J]. Environmental Science and Technology, 2017, 30(3): 40–42 (in Chinese).
- [2] 纪钦洪, 熊亮, 于广欣, 等. 煤化工高盐废水处理技术进展及对策建议[J]. 现代化工, 2017, 37(12): 1–6.  
Ji Qinong, Xiong Liang, Yu Guangxin, et al. Status and suggestions of treatment technologies for high-salinity

wastewater from coal chemical industry [J]. Modern Chemical Industry, 2017, 37(12): 1–6 (in Chinese).

- [3] 时钰, 杨晓芳, 杨招艺, 等. 可用于去除高盐废水中有机污染物的混凝—Fenton 氧化联合工艺[J]. 环境工程学报, 2017, 11(9): 4958–4964.

Shi Yu, Yang Xiaofang, Yang Zhaoyi, et al. Organic pollutant removal from high-salinity wastewater by coagulation—Fenton integrated process [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2017, 11(9): 4958–4964 (in Chinese).



作者简介: 蒋立先 (1988 – ), 男, 安徽安庆人, 硕士, 讲师, 主要研究方向为水污染控制及环境催化技术。

E-mail: chayedan110@sina.com

收稿日期: 2018–08–07

完善水利基础设施网络  
增强水安全保障能力