

# Fenton + 生化法 + 物化法处理高浓度化工废水

计建洪<sup>1</sup>, 庄惠生<sup>2</sup>

(1. 江阴职业技术学院 环境与材料工程系, 江苏 江阴 214433; 2. 上海交通大学 环境科学与工程学院, 上海 200240)

**摘要:** 某化工企业生产废水 COD 达 10 000 mg/L 以上, 难以直接采用常规、简单生化方法进行处理。采用 Fenton + 生化法 + 物化法组合工艺处理该高浓度有机废水, 原水 COD 高达 12 400 mg/L, 出水满足 COD ≤ 500 mg/L 的接管标准, 增加的直接处理成本为 2.26 元/m<sup>3</sup>。

**关键词:** 高浓度有机废水; 化学法; 生化法

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)08-0108-03

## Treatment of High Concentration Organic Wastewater by a Combined Fenton, Biochemical and Physicochemical Process

Ji Jian-hong<sup>1</sup>, ZHUANG Hui-sheng<sup>2</sup>

(1. Department of Environment and Materials Engineering, Jiangyin Polytechnic College, Jiangyin 214433, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

**Abstract:** The COD of wastewater produced by a chemical enterprise was more than 10 000 mg/L, which was difficult to be directly treated by conventional and simple biochemical methods. The combined process of Fenton pretreatment, biochemical method and physicochemical method was adopted to treat the high concentration organic wastewater. The COD of influent was up to 12 400 mg/L, and the effluent met the takeover standard of COD no more than 500 mg/L. The direct treatment cost was increased by 2.26 yuan/m<sup>3</sup>.

**Key words:** high concentration organic wastewater; chemical method; biochemical method

### 1 工程概况

某化工企业储罐数量有限, 但需要储存的化工产品多达几十种, 所以要经常更换储罐内的产品, 产生大量的洗罐废水。原水 COD 为 2 000 mg/L 左右时, 通过常规的生化处理可以达到 COD ≤ 500 mg/L 的目标; 随着业务发展, 需要处理 COD 达 10 000 mg/L 以上的废水, 难以直接采用常规、简单生化方法进行处理。原工艺流程: 废水→原水池→调节池→水解酸化池→SBR 池→接触氧化池→二沉池→清水池→排放池。

该有机废水为高浓度原水去除溶剂后的出水与低浓度污水按 1:9 混合(体积比), 处理水量为 50 m<sup>3</sup>/d, 生活污水为 50 m<sup>3</sup>/d。进水水质及接管协议水质见表 1。

表 1 进水水质及接管协议水质

Tab. 1 Influent quality and accepted standards

mg · L<sup>-1</sup>

项目	COD	BOD <sub>5</sub>	TP	NH <sub>3</sub> -N	TN	SS
进水	12 000	—	3	50	55	200
接管标准	500	300	2	35	40	200

基金项目: 江苏省现代职业教育质量提升计划项目(2017-PPZY-B-X-09)

## 2 工艺选择及设计参数

### 2.1 工艺选择

① 为充分利用现有废水治理设施,降低工程投资和污染治理成本,决定不改变原有生化池。水解酸化池与厌氧池都是将有机大分子转化成小分子,但厌氧条件苛刻,将水解酸化池改为厌氧池不经济,不如化学法、物化法处理效果明显且投资低。

② 因为场地有限,在保证工艺流程顺畅的情况下力求布置紧凑,尽可能节省用地面积,所以在生化池前增加一座钢结构催化反应塔。

③ 因为要在原有废水处理装置上进行改进,结合污染源管理、污水达标处理、总量控制与清洁生产等各个方面,为确保废水达标排放,最后增加了活性炭吸附塔。

### 2.2 新工艺流程及主要构筑物

#### 2.2.1 新工艺流程

由于需要处理的废水中含有大量有毒有害有机物,所以在生化处理系统前增设催化塔,将有毒有害的大分子变成无毒无害的小分子,在降低 COD 的同时使生化池菌群稳定,发挥最大处理效果。新的工艺流程见图 1。

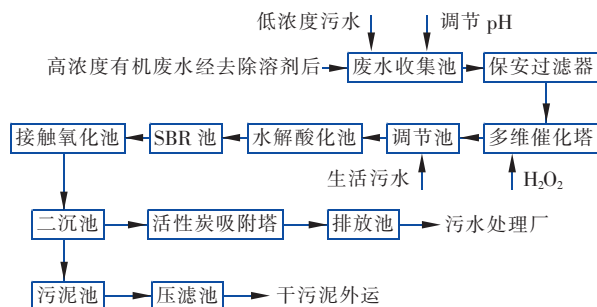


图1 废水处理新工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

#### 2.2.2 主要构筑物及设计参数

① 多维催化塔。利用双氧水在催化剂填料作用下氧化高浓度有机污染物。在降解 COD 的同时,将有机物的双键打开,苯环类开环,发色基团随之脱离,从而达到脱色的目的,处理后的废水可生化性得到提高<sup>[1]</sup>。催化剂因为烧结在多孔材料的填料上,而多孔材料提供了巨大的比表面积,使得催化反应效率高,保证了活性组分的高利用率,并且解决了均相催化系统的催化剂须定时添加、催化剂流失率高等问题,可防止二次污染。该催化剂填料机械强度高、耐冲刷等性能,产生的  $\text{Fe}^{3+}$  大部分以结晶或沉

淀附着在填料表面,然后  $\text{Fe}^{3+}$  铁盐与芬顿体系形成协同作用进而转化为  $\text{Fe}^{2+}$ ,在减少污泥量的同时又提供了催化剂。钢结构,1座,尺寸为  $\varnothing 2 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ ,有效容积为  $20 \text{ m}^3$ ,停留时间为 3 h。控制 pH 值为 3.5 左右,双氧水(30%/27.5%)用量为  $1 \text{ kg/m}^3$ 。

② 调节池。主要控制生化反应池进水浓度,对污水处理负荷有缓冲作用。在调节池底部设穿孔曝气装置,通过曝气可以防止污泥积泥,同时可使污水得到充分混合,便于后续处理。钢筋混凝土结构,1座,尺寸  $9 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ ,有效容积为  $200 \text{ m}^3$ ,停留时间为 24 h。

③ 水解酸化池。催化氧化塔出水与生活污水 1:1 混合,含有的有机物在大量水解菌、酸化菌作用下转化为易生物降解的小分子物质,进一步改善废水的可生化性<sup>[2]</sup>,为后续处理奠定良好基础。钢结构,1座。尺寸为  $\varnothing 8 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ ,有效容积为  $150 \text{ m}^3$ ,停留时间为 24 h。

④ SBR 池。原有构筑物。进水时不断曝气 1 h。反应阶段不进水,但继续曝气,溶解氧(DO)为  $4 \text{ mg/L}$ ,曝气总计 19 h。沉淀阶段不曝气,静止 2 h。排水阶段不曝气。钢筋混凝土结构,1座 3 池,尺寸为  $15 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ ,有效容积为  $225 \text{ m}^3$ 。

⑤ 接触氧化池。钢筋混凝土结构,1座 2 池,尺寸为  $10 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ ,容积为  $200 \text{ m}^3$ 。溶解氧控制在  $2.5 \sim 3.5 \text{ mg/L}$ ,停留时间为 24 h,气水比约  $(15 \sim 20):1$ 。

⑥ 二沉池。钢筋混凝土/钢板结构,1座,尺寸为  $5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ ,有效容积为  $80 \text{ m}^3$ 。

⑦ 吸附塔。主要作用是除杂、脱色等,需进一步优化出水时使用。钢结构,1座,尺寸为  $\varnothing 2 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ ,有效容积为  $18 \text{ m}^3$ 。

⑧ 排放池。钢筋混凝土结构,1座,尺寸为  $9 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ ,容积为  $100 \text{ m}^3$ 。

## 3 调试运行

### 3.1 调试过程

① 先对原水进行催化氧化试验,小试结果显示,预处理采用双氧水多维催化氧化系统既可大大降低废水的 COD,同时改善废水的可生化性,而且不需要再经大量自采水的稀释。中试逐步加大处理量,关键要控制 pH 值在 3.5 左右,30% 的双氧水用量为  $1 \text{ kg/m}^3$ ,反应时间为 3 h 左右,此时 COD 去除率较高。

② 启动泵进水,沿流程开启各种设备、阀门,检查各种电气设备是否正常工作,自控系统能否满足设计要求。核对进出水、回流等流量计计量是否准确,各种仪表显示的数值是否准确。

③ 活性污泥的培养与驯化。在原有生化池中投加一定量的催化剂反应后的出水闷曝2 d;间歇进水,每天增加一定的水量,筛选出适合该污水的细菌,并投加营养物;梯度进水,逐步增大进水量,直至全部进水。

④ 工艺控制参数的确定。设计参数是在预估的水量、水质条件下确定的,而实际运行时的水量、水质一般与设计有差异,因此要根据实际水量、水质确定工艺控制参数,以保证工艺正常运行和出水水质达标,同时尽可能降低能耗。具体做法是首先保持工艺的正常运转,然后严格控制工艺参数,调整pH值在6~9之间,适宜温度为15~35℃。水解酸化池DO控制在0.5 mg/L以下,曝气时在3 mg/L左右,好氧池曝气时间 $\geq 5$  h,污泥负荷一般为0.12 kgBOD<sub>5</sub>/(kgMLVSS·d)。外回流比为80%,内回流比为200%,且每天排除30%的剩余污泥。随时监测进、出水水质,直到各指标达到要求。

### 3.2 运行结果

废水处理效果见表2。

表2 废水处理效果

Tab.2 Effect of wastewater treatment

主要工段	进水 COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	出水 COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	COD 去除率/ %
多维催化塔	12 400	5 200	58.0
水解酸化池	2 600	2 110	18.8
SBR+接触氧化池	2 110	480	77.2
注: 因为污水处理厂只要COD指标,所以其他指标未列出。			

可见,高浓度有机废水经过Fenton预处理后,再经过生化处理,能够达到COD $\leq 500$  mg/L的接管标准。

### 3.3 技术经济分析

本项目主要在原工艺前段增加一座催化反应塔,因为需要加入双氧水、酸等,出水还需要加碱中和,所以新增药剂费为1.74元/m<sup>3</sup>,加上新增的设备电费0.52元/m<sup>3</sup>,新增直接处理成本(以处理50 m<sup>3</sup>/d高浓度废水计,不含设备折旧费、人工费、维修费等)为2.26元/m<sup>3</sup>。

## 4 结论

① 催化氧化处理效果较好。对化工废水COD的去除率高达58%,而且提高了可生化性,为后续生化反应创造了条件。此环节是关键,如果控制不好pH值、反应时间、双氧水的量等工艺参数,就会导致后续生化反应无法进行甚至崩溃。

② 生化处理效果显著提高。水解酸化段将大分子有机污染物变为小分子有机污染物,或者将有生物毒性有机物转变为无生物毒性的有机污染物,进一步改善了有机污染物的可生化性,好氧生化处理COD去除率达77.2%。再经过沉淀池、活性炭吸附塔后确保达到COD $\leq 500$  mg/L的接管标准,而且增加的直接处理成本不高,约为2.26元/m<sup>3</sup>。

### 参考文献:

- [1] 金龙,赵由才,王罗春. Fenton试剂-生物法联合处理有机废水研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002,3(8):52-57.  
Jin Long, Zhao Youcai, Wang Luochun. Progress of studies on combination of Fenton agent and biological process for wastewater treatment [J]. Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control, 2002, 3(8):52-57 (in Chinese).
- [2] 计建洪. 印染废水为主的污水处理工艺改造实例分析[J]. 印染助剂, 2016,33(10):54-56.  
Ji Jianhong. Analysis of an example of the improvement process of the sewage treatment of the mainly containing printing and dyeing wastewater[J]. Textile Auxiliaries, 2016,33(10):54-56 (in Chinese).



作者简介:计建洪(1970-),男,江苏江阴人,硕士,副教授,研究方向为水处理技术。

E-mail:260322578@qq.com

收稿日期:2018-08-09