

# 混凝气浮/UASB/接触氧化/混凝沉淀处理油脂废水

邬容伟<sup>1</sup>, 饶钦富<sup>2</sup>, 邓 觅<sup>3</sup>, 万金保<sup>3</sup>

(1. 南昌理工学院 新能源与环境工程学院, 江西 南昌 330044; 2. 江西省建筑设计研究总院, 江西 南昌 330046; 3. 南昌大学 资源环境与化工学院, 江西 南昌 330031)

**摘 要:** 江西某油脂有限公司的生产废水和冲洗废水采用混凝气浮/UASB/生物接触氧化/混凝沉淀组合工艺处理。采用隔油+混凝气浮进行预处理, 油脂去除率高且稳定; 以 UASB 和生物接触氧化为主体工艺, 污泥浓度高, 处理效果好。稳定运行后, 出水 COD 为 89 mg/L, BOD<sub>5</sub> 为 19 mg/L, SS 为 69 mg/L, 动植物油为 10 mg/L, 均达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的一级标准。

**关键词:** 油脂废水; 混凝气浮; UASB; 生物接触氧化

**中图分类号:** TU993 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)10-0100-05

## Treatment of Oil Wastewater by Coagulation Air Floatation/UASB/Biological Contact Oxidation/Coagulation Sedimentation Process

WU Rong-wei<sup>1</sup>, RAO Qin-fu<sup>2</sup>, DENG Mi<sup>3</sup>, WAN Jin-bao<sup>3</sup>

(1. Energy and Environment Engineering Institute, Nanchang Institute of Technology, Nanchang 330044, China; 2. Jiangxi Provincial General Institute of Architectural Design and Research, Nanchang 330046, China; 3. School of Resources Environment & Chemical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

**Abstract:** The integrated process of coagulation air floatation/UASB/biological contact oxidation/coagulation sedimentation was adopted to treat the production and washing wastewater from an oil company in Jiangxi Province. The oil separator and coagulation air floatation were used in the pretreatment with a high and stable oil removal rate. The UASB and biological contact oxidation process were used as the main process with high sludge concentration and stable treatment effect. The effluent COD, BOD<sub>5</sub>, SS, oil and grease were 89 mg/L, 19 mg/L, 69 mg/L, and 10 mg/L, respectively, which could meet the requirement of first level in *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978-1996).

**Key words:** oil wastewater; coagulation air floatation; upflow anaerobic sludge blanket (UASB); biological contact oxidation

油脂生产废水含有高浓度的油脂, 具有有机物浓度高、可生化性好、水质水量波动大等特点, 但其精炼工艺不同, 产生的污染负荷也不同。根据精

炼原理可将其分为物理精炼法和化学精炼法。物理精炼利用同温条件下的蒸气压进行分离, 工艺简单, 产生的污染负荷较轻; 化学精炼废水污染严重, 但其

副产品有较高经济效益。在油脂废水处理工程中,采用物化—生物组合工艺通常能够达到比较理想的处理效果<sup>[1]</sup>。

1 废水水质

江西某油脂有限公司以山茶、稻米为原料,采用低温冷榨和物理精炼技术生产山茶油、稻米油及其

相关产品,产生的污染负荷较轻。主要废水来源为生产废水和冲洗废水,排放规模约为 300 m<sup>3</sup>/d。废水水质、水量瞬时变化较大,温差较大,SS 浓度高,动植物油浓度较高。根据当地环保要求,企业出水水质需达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。废水水质及排放标准见表 1。

表 1 废水水质及排放标准

Tab. 1 Wastewater quality and discharge standard

项目	COD/(mg · L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> /(mg · L <sup>-1</sup> )	SS/(mg · L <sup>-1</sup> )	动植物油/(mg · L <sup>-1</sup> )	pH 值
混合废水	2 500	1 000	1 800	250	5 ~ 7
排放标准	≤100	≤30	≤70	≤20	6 ~ 9

2 废水处理工艺选择

2.1 油脂废水处理现状

油脂废水处理技术相对成熟,主体工艺一般由隔油 + 气浮 + 生物处理组成,隔油池主要去除浮油,而乳化油需通过破乳、气浮去除。对于废水中主要的有机物,常采用生物法去除。乔大磊等<sup>[2]</sup>采用 EGSB - SBBR 厌氧好氧生物组合工艺处理植物油脂废水,对 COD、BOD<sub>5</sub> 和 SS 的去除率分别达到 95.0%、95.3%、88.9%;刘富安等<sup>[3]</sup>采用 UASB - MSBR 厌氧好氧生物组合工艺处理油脂废水,对 COD、SS 的去除率分别达到 98.0%、99%;郭勇等<sup>[4]</sup>采用气浮 - 反相破乳 - IC 塔处理高浓度油脂废水,出水水质达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的三级标准。在油脂废水处理过程中,虽主体工艺类似,但实际工艺的确定需考虑废水的水质特征、出水水质要求,以及工艺组合的可靠性和经济性<sup>[5]</sup>。

2.2 废水处理工艺

废水有机物浓度高,SS 高,含有大量的脂肪酸、甘油、表面活性剂等难降解有机物,且含有油脂,因此需进行预处理去除大量的 SS 和油脂,再采用生化处理(见图 1)。设计最大处理水量为 15 m<sup>3</sup>/h。

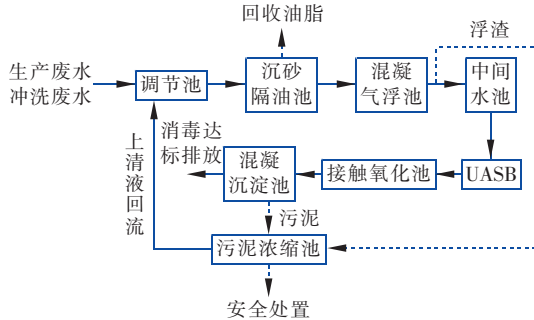


图 1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

因废水排放不连续,故设置调节池调节废水水质水量和温度,同时调整 pH 值;之后废水自流进入沉砂隔油池去除大部分浮油,以及密度较大的悬浮颗粒;出水自流到混凝气浮池,加入混凝剂去除大量悬浮物质和乳化油,并且降低色度;经混凝气浮处理后的废水进入中间水池,通过提升泵提升进入 UASB 厌氧池,难降解有机物通过水解酸化转化成简单物质,并提高废水的可生化性;厌氧处理后的废水自流到生物接触氧化池,进一步完成有机物的去除;生物接触氧化池出水进入混凝沉淀池,通过投加 PAC、PAM 混凝沉淀去除废水中的悬浮物质,同时加快污泥的沉降,从而使出水水质达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准。

污泥以及浮渣排入污泥浓缩池,经浓缩处理后,外运妥善处置,上清液回流到调节池,隔油池产生的油渣进行回收利用。

3 主要构筑物及设备参数

① 收集水池

1 座,钢筋混凝土结构,有效容积为 60 m<sup>3</sup>,停留时间为 4 h。

② 沉砂隔油池

隔油池 1 座,钢筋混凝土结构,有效容积为 30 m<sup>3</sup>,停留时间为 2 h。沉砂隔油池主要去除浮油和部分密度较大的悬浮物<sup>[6-7]</sup>。因产生的油渣含油量较高,可回收利用。

③ 混凝气浮池

废水中部分油脂以乳化油状态存在,且大量悬浮物不能通过自由沉淀作用沉降,因此在气浮池中设置加药系统(与混凝沉淀池共用)加入混凝剂 PAC 和助凝剂 PAM,去除废水中乳化油和大量的悬浮物<sup>[8-9]</sup>,以便后续生物处理正常运行。

采用方形气浮池,2座,碳钢防腐结构,设计尺寸为:2 500 mm×2 000 mm×4 000 mm。采用回流加压溶气气浮法,回流比为30%。设1台加压容器水泵、4台溶气释放器、2台配套刮渣机。

#### ④ 中间水池

1座,钢筋混凝土结构,有效容积为15 m<sup>3</sup>。气浮池出水自流到中间水池,进行部分好氧生物反应,同时降低废水中的溶解氧,利于后续厌氧生物处理的进行。设提升泵2台(1备1用),同时利用液位控制仪控制中间水池水位。

#### ⑤ UASB 厌氧反应器

1座,钢筋混凝土结构,直径为5 m,高度8 m,有效容积为130 m<sup>3</sup>,平均停留时间为8 h。除油后的废水先进到UASB去除大量的有机物,通过水解酸化作用将难降解的有机物转化成简单有机物,提高废水可生化性<sup>[10]</sup>,有利于后续好氧生物处理。UASB反应器设排泥管线,且内设的三相分离器和出水管均设防腐措施。

#### ⑥ 生物接触氧化池

1座,钢筋混凝土结构,有效容积为150 m<sup>3</sup>,停留时间为10 h,有效水深为3 m;池内安装Ø150 mm组合弹性填料,采用穿孔管曝气,反应时间快,停留时间短<sup>[11-12]</sup>。

#### ⑦ 混凝沉淀池

在混凝沉淀池中添加PAC和PAM(与混凝气浮池共用一套加药设备),进一步去除废水中的悬浮固体及胶体<sup>[13]</sup>,而且能够加快生物接触氧化池出水的泥水分离,从而优化出水水质<sup>[14]</sup>。混凝池停留时间为1 h,沉淀停留时间为2 h,有效容积45 m<sup>3</sup>,混凝池和沉淀池合建,尺寸为3 000 mm×3 000 mm×5 500 mm,1座,钢筋混凝土结构。

### 4 工艺调试及运行

#### 4.1 调试过程

工艺调试主要是对UASB厌氧反应器和生物接触氧化池的调试。

##### 4.1.1 UASB 厌氧反应器

UASB反应器中接种污水处理厂脱水后的消化污泥,对污泥加水搅拌稀释后用泵均匀输送到反应器中,接种污泥量为反应器体积的1/3左右。用自来水稀释,使其COD浓度约为1 000 mg/L,隔1天进一次稀释后的废水,并监测出水COD,待去除率达到80%左右,以200 mg/L的梯度增加COD的浓

度对污泥进行驯化,驯化过程中监测废水pH值、温度和COD,同时确保pH值为6.5~8.0。经3个月调试后,UASB的出水基本稳定,调试完成。在UASB调试过程中,因废水水质水量瞬时变化大,pH值存在波动,因此需要监控废水pH值,确保UASB中产甲烷菌的生长。

##### 4.1.2 生物接触氧化池

生物接触氧化池的启动随着UASB启动同时进行,其接种生活污水污泥,反应器中加入污泥后先闷曝24 h,后正常连续进、出水,出水中污泥全部回流,待污水呈土褐色,出现絮状混浊后,根据出水水质指标停止污泥回流。

#### 4.2 调试结果

污水处理系统经3个月调试后投入运行,各处理单元达到了设计处理效果,最终出水指标平均值:COD为89 mg/L,BOD<sub>5</sub>为19 mg/L,SS为69 mg/L,动植物油为10 mg/L,满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。各处理单元出水水质监测数据见表2。

表2 各主要构筑物的处理效果

Tab.2 Treatment efficiency of main structures

项目		COD	BOD <sub>5</sub>	SS	动植物油
沉砂隔油池	进水/(mg·L <sup>-1</sup> )	2 500	1 000	1 800	250
	去除率/%	25	30	35	85
	出水/(mg·L <sup>-1</sup> )	1 875	700	1 170	37
混凝气浮池	去除率/%	20	20	80	40
	出水/(mg·L <sup>-1</sup> )	1 500	560	234	21
中间水池	去除率/%	10	15	5	5
	出水/(mg·L <sup>-1</sup> )	1 350	476	222	20
UASB	去除率/%	75	68	25	25
	出水/(mg·L <sup>-1</sup> )	405	152	162	15
生物接触氧化池	去除率/%	75	80	15	10
	出水/(mg·L <sup>-1</sup> )	102	30	138	13
混凝沉淀池	去除率/%	15	35	50	20
	出水/(mg·L <sup>-1</sup> )	89	19	69	10
排放标准/(mg·L <sup>-1</sup> )		100	20	70	10
总去除率/%		96.5	98.1	96.2	96.0

#### 5 主要技术经济指标

该工程总投资为43.985万元。废水处理成本包括人工费、动力费和药剂费。现场由2人管理,工资为2 500元/(月·人),人工费为0.56元/m<sup>3</sup>;总装机功率为28 kW,每天运行功率为16 kW,耗电量为336 kW·h/d,电价为1.0元/(kW·h),则电费

为 1.12 元/ $\text{m}^3$ ;主要投加 PAC 和 PAM, PAC 投加量平均为 80 mg/L, 单价为 2.2 元/kg, PAM 投加量为 20 mg/L, 单价为 24 元/kg, 则药剂费为 0.66 元/ $\text{m}^3$ 。综上可知, 运行成本为 2.34 元/ $\text{m}^3$ 。

## 6 结论

该公司油脂废水有机物浓度比同类废水低, 但废水量大, 采用混凝气浮/UASB/生物接触氧化/混凝沉淀工艺能够有效去除污染物, 出水水质达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 一级标准, 运行成本约 2.34 元/ $\text{m}^3$ 。采用隔油、混凝气浮来去除油脂;核心处理单元为 UASB 和生物接触氧化, 与其他同类处理工艺相比, 污泥浓度高, 能确保处理效果达到要求。

## 参考文献:

- [1] 于英华. 气浮+厌氧+接触氧化法处理食用油生产废水实例研究[J]. 辽宁化工, 2014, 43(11): 1433-1434.  
Yu Yinghua. Treatment of edible oil production wastewater by air flotation and anaerobic treatment and contact oxidation method[J]. Liaoning Chemical Industry, 2014, 43(11): 1433-1434(in Chinese).
- [2] 乔大磊, 黄玉兵. CAF-EGSB-SBR 组合工艺应用于植物油脂废水处理[J]. 工业用水与废水, 2016, 47(1): 66-69.  
Qiao Dalei, Huang Yubing. Treatment of wastewater containing vegetable oil and fat by CAF-EGSB-SBR combined process[J]. Industrial Water & Wastewater, 2016, 47(1): 66-69(in Chinese).
- [3] 刘富安, 颜智勇, 谭秀益, 等. UASB-MSBR-Fenton-混凝处理油脂废水实例[J]. 水处理技术, 2015, 41(4): 132-135.  
Liu Fuan, Yan Zhiyong, Tan Xiuyi, et al. Treatment of oil wastewater in UASB/MSBR/Fenton/coagulation process[J]. Technology of Water Treatment, 2015, 41(4): 132-135(in Chinese).
- [4] 郭勇, 梁媛, 王荷芳, 等. 气浮—反相破乳—IC 塔处理高浓度油脂废水[J]. 工业水处理, 2011, 31(6): 85-86, 92.  
Guo Yong, Liang Yuan, Wang Hefang, et al. Study on the treatment of highly concentrated oil wastewater by air flotation-inverse demulsification-IC tower process[J]. Industrial Water Treatment, 2011, 31(6): 85-86, 92(in Chinese).
- [5] 刘国防, 梁志伟, 杨尚源, 等. 油脂废水生物处理研究进展[J]. 应用生态学报, 2011, 22(8): 2219-2226.  
Liu Guofang, Liang Zhiwei, Yang Shangyuan, et al. Bio-treatment of grease wastewater: Research progress[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(8): 2219-2226(in Chinese).
- [6] 杨阳, 王玲玲, 李伟, 等. 酸析—隔油—ABR—两级曝气工艺处理油脂废水[J]. 工业水处理, 2015, 35(7): 102-104.  
Yang Yang, Wang Lingling, Li Wei, et al. Treatment of grease wastewater by acid-out-oil separation-ABR-two stage aeration technology[J]. Industrial Water Treatment, 2015, 35(7): 102-104(in Chinese).
- [7] 林方敏, 庞志华, 骆其金, 等. 三级隔油—气浮—A/O 工艺处理植物油精炼废水[J]. 水处理技术, 2017, 43(3): 128-130.  
Lin Fangmin, Pang Zhihua, Luo Qijin, et al. Oil separation-air flotation-A/O process for treatment of vegetable oil refining wastewater[J]. Technology of Water Treatment, 2017, 43(3): 128-130(in Chinese).
- [8] 孙春玲, 崔兆杰, 侯薇, 等. 气浮—厌氧滤池—CASS 工艺处理植物油废水[J]. 中国给水排水, 2006, 22(18): 52-54.  
Sun Chunling, Cui Zhaojie, Hou Wei, et al. Vegetable oil wastewater treatment using air flotation/anaerobic filter/CASS process[J]. China Water & Wastewater, 2006, 22(18): 52-54(in Chinese).
- [9] 邱贤华, 杨莉, 孙红燕. 气浮—SBR 工艺处理油脂废水[J]. 中国油脂, 2006, 31(3): 55-56.  
Qiu Xianhua, Yang Li, Sun Hongyan. Treatment of oils wastewater by air floating and SBR process[J]. China Oils and Fats, 2006, 31(3): 55-56(in Chinese).
- [10] 张志辉, 鄢婧轩, 郑天龙, 等. 混凝—微气泡气浮法预处理油田采出废液[J]. 水处理技术, 2014, 40(5): 103-107.  
Zhang Zhihui, Li Jingxuan, Zheng Tianlong, et al. Pretreatment of oilfield production wastewater using coagulation/microbubble air flotation technology[J]. Technology of Water Treatment, 2014, 40(5): 103-107(in Chinese).
- [11] 张俊, 赵庚. UASB-生物接触氧化法处理油脂水解生产废水[J]. 广西轻工业, 2009(8): 109, 131.  
Zhang Jun, Zhao Geng. Treatment of oil hydrolysis wastewater by UASB-biological contact oxidation[J]. Guangxi Journal of Light Industry, 2009(8): 109, 131(in Chinese).
- [12] 张谦益, 包李林, 熊巍林, 等. 隔油—无机陶瓷膜—水



解酸化-生物接触氧化工艺在油脂精炼洗涤废水中的应用[J]. 中国油脂,2013(11):88-91.

Zhang Qianyi, Bao Lilin, Xiong Weilin, *et al.* Application of oil-inorganic ceramic membrane-hydrolytic acidification-biological contact oxidation process in oil refining wastewater[J]. China Oils and Fats,2013,38(11):88-91 (in Chinese).

- [13] 谢光健. 气浮-好氧生物接触氧化工艺处理油脂废水[J]. 广东化工,2005,32(5):14-15,24.

Xie Guangjian. Gas floatator-biological contact process treating grease wastewater[J]. Guangdong Chemical Industry,2005,32(5):14-15,24 (in Chinese).

- [14] 刘富安. UASB-MSBR-Fenton/混凝处理油脂废水[D]. 长沙:湖南农业大学,2015.

Liu Fuan. UASB-MSBR-Fenton/Coagulation Process for Treatment of Oil Wastewater [D]. Changsha:Hunan Agricultural University,2015 (in

Chinese).



作者简介:邬容伟(1989-),女,江西宜春人,硕士,讲师,从事水污染治理技术研究工作。

E-mail:1318253583@qq.com

收稿日期:2018-10-28

(上接第99页)

analysis of sludge anaerobic digestion system at Bailonggang wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater,2013,29(9):33-37 (in Chinese).

- [2] 刘京,刘頔,韩丽,等. 北方地区污泥厌氧消化工艺应用现状分析[J]. 中国给水排水,2012,28(22):46-49.

Liu Jing, Liu Di, Han Li, *et al.* Application status analysis of anaerobic sludge digestion process in northern China [J]. China Water & Wastewater,2012,28(22):46-49 (in Chinese).

- [3] Hejnfelt A, Angelidaki I. Anaerobic digestion of slaughterhouse by-products[J]. Biomass Bioenergy,2009,33(8):1046-1054.

- [4] 王玉兰,余传戴,林鸿,等. 低有机质污泥高温热处理对高温厌氧消化性能的影响[J]. 福建师范大学学报:自然科学版,2018,34(3):64-70.

Wang Yulan, Yu Chuandai, Lin Hong, *et al.* The effect of low organic content sludge high-temperature thermal hydrolysis on thermophilic anaerobic digestion [J]. Journal of Fujian Normal University: Natural Science Edition,2018,34(3):64-70 (in Chinese).

- [5] 王火根,李娜. 沼气工程企业效益分析及政策建议

- [J]. 可再生能源,2018,36(6):25-33.

Wang Huogen, Li Na. Benefit analysis and policy recommendations based on biogas engineering [J]. Renewable Energy Resources,2018,36(6):25-33 (in Chinese).



作者简介:杜朝丹(1976-),女,福建古田人,大学本科,副总裁,高级工程师,主要从事市政污水处理与管理。

E-mail:chddu2000@163.com

收稿日期:2018-12-11