

气浮/UASB/芬顿/AO 工艺处理含油废水

荆王松^{1,2}, 梅荣武², 王泉源³

(1. 浙江大学 环境与资源学院, 浙江 杭州 310012; 2. 浙江省环境保护科学设计研究院, 浙江 杭州 310007; 3. 杭州市环境保护科学研究院, 浙江 杭州 310005)

摘要: 通过对含油废水处理工艺的研究,筛选并确定采用气浮+UASB+芬顿+AO 工艺处理某企业含油废水。该工艺能将含油废水中的分散油、乳化油、溶解油有效去除,COD 去除率>95.10%。出水 COD<500 mg/L,SS<40 mg/L,石油类<30 mg/L,达到市政管网三级纳管标准,运行成本为 29.79 元/m³。

关键词: 含油废水; 气浮; UASB; 芬顿; AO 工艺

中图分类号: TU993 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)08-0103-04

Application of Air Flotation/UASB/Fenton/AO Process in Oily Wastewater Treatment

JING Wang-song^{1,2}, MEI Rong-wu², WANG Quan-yuan³

(1. College of Environmental & Resource Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310012, China; 2. Environmental Protection Science and Design Institute of Zhejiang Province, Hangzhou 310007, China; 3. Hangzhou Academy of Environmental Protection Science, Hangzhou 310005, China)

Abstract: Based on the research of oily wastewater treatment technologies, the combined process of air flotation/UASB/Fenton/AO was selected and applied in the case project. The treatment process removed the dispersed oil, emulsified oil and dissolved oil effectively, and the removal efficiency of COD was up to 95.10%. Besides, concentrations of the COD, SS, petroleum pollutants were less than 500 mg/L, 40 mg/L and 30 mg/L, respectively. The effluent can meet the third level criteria in *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978-1996) for discharging into municipal pipe network, and the operation cost is 29.79 CNY/m³.

Key words: oily wastewater; air flotation; UASB; Fenton; AO

随着工业的迅速发展,伴随而来的环境问题也日益严重。含油废水因其来源广、危害性大而备受关注。除了石油开采及加工过程排放大量的含油污水外,石油化工、机械制造、餐饮业^[1]、固体燃料热加工、铁路及交通运输业、纺织与轻工和清洗作业都会产生含油废水^[2]。废水中不同形态的油有着不同的理化性质,这在很大程度上决定相应处理工

艺的选择。通常油类在废水中有五种主要的存在形式,根据理化性质可以分为浮油、分散油、乳化油、溶解油以及油粒附着在固体悬浮表面而形成的油-固体附合物。目前含油废水处理工艺多采用混凝-沉降-过滤,且以混凝式处理工艺为主^[3]。

浙江某燃料再生企业主要从事制造、加工再生燃料油、润滑油、防水涂料(除危险化学品外)。为

保证企业产品质量、降低企业能耗、减少“三废”排放量,拟对该厂进行技术改造,将原有老旧设备全部拆除或淘汰,重建(新建)一套再生基础油的生产装置,并建设配套污水处理站。

1 工程概况

该企业废水分为生产废水和生活污水。生产废水主要包括油水分离废水、真空泵废水、地面冲洗废水和初期雨水,其水质、水量如表 1 所示。废水总量为 9.5 m³/d,其中初期雨水 1.7 m³/d,含油废水 7.8 m³/d。经过现场调查和水质分析发现,厂区含油废水中 COD 值较高,且废水中的油大部分以分散油、乳化油和溶解油的形式存在,浮油量较少。厂区除预处理池外并无其他污水处理设施。因此,在技术改造中主要针对 COD、分散油、乳化油、溶解油含量高的问题。

表 1 废水水质、水量

Tab. 1 Wastewater quality and quantity

废水种类	水量/ (m ³ · d ⁻¹)	COD/ (mg · L ⁻¹)	石油类/ (mg · L ⁻¹)
油水分离废水	4.9	90 000	500
地面冲洗废水	0.9	1 000	100
真空泵废水	3.0	800	100
初期雨水	1.7	300	

2 工程设计

2.1 设计水量、水质

根据当地环保管理部门要求,厂区将配套污水处理站,项目建成后形成年产 3.5 × 10⁴ t/a 废矿物油再生基础油的生产能力。根据企业要求,满足项目废水经厂区污水站预处理达到《石油炼制工业污染物排放标准》(GB 31570—2015)的间接排放标准及《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的三级标

准。设计处理水量为 15 m³/d。设计进、出水水质分别见表 2。

表 2 设计进、出水水质

Tab. 2 Design influent and effluent quality

项 目		pH 值	COD/ (mg · L ⁻¹)	SS/ (mg · L ⁻¹)	石油类/ (mg · L ⁻¹)
进水	含油废水	6 ~ 9	90 000	500	500
	初期雨水	6 ~ 9	300	150	40
出水	三级纳管 标准	6 ~ 9	500	400	30

2.2 工艺筛选

① 油污废水的成分较为复杂。该企业废水中的油大部分以分散油、乳化油和溶解油的形式存在,浮油量较少,结合国内外油污废水处理的实践经验,主体工艺采用物化和生化相结合的方法,并配套深度处理工艺,确保稳定达标排放。

② 为了减少浮油对主体工艺处理效果的影响,在主体工艺前设置斜板隔油池。由于浮油的颗粒较大,通过自动式刮油机就可以刮除斜板隔油池顶部的浮油。

③ 含油废水中的分散油和乳化油难以通过重力分离法实现油水分离,因此可以利用气浮产生的微小气泡黏附废水中的细微油粒上浮,从而达到油水分离的效果,同时工艺中通过投加碱、硫酸铝及助凝剂等进行破乳,提高气浮效果。

④ 物化处理采用芬顿氧化法,快速反应去除污染物后在碱性环境下产生絮凝效果,提高废水的可生化性;生物处理采用 UASB 和 AO 工艺,UASB 能有效去除 COD 和 BOD₅,AO 法能有效去除 COD 和溶解油,保证出水水质。

2.3 工艺流程

改造后工艺流程见图 1。

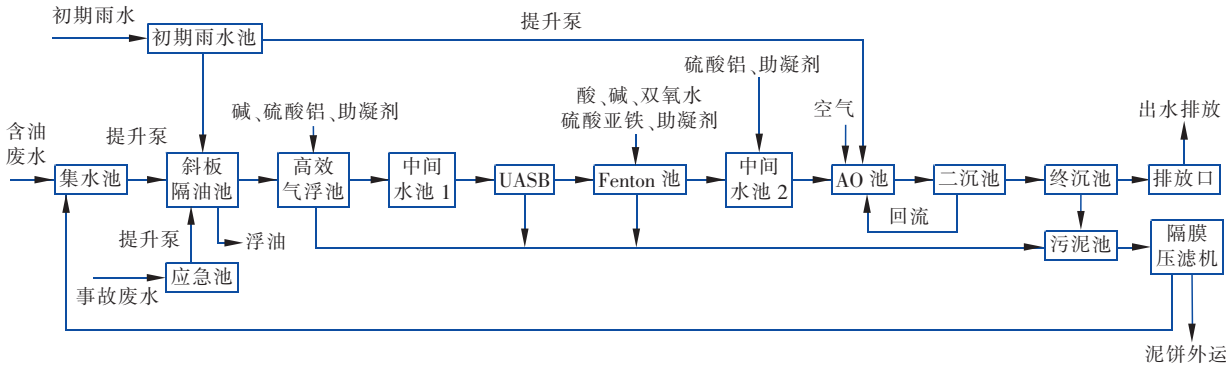


图 1 改造后工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process after upgrading

含油废水自流入集水池,初期雨水自流入初期雨水池。初期雨水通过初期雨水池收集后泵入 AO 池处理,当含油量较高时泵入斜板隔油池。集水池出水泵入斜板隔油池去除表面浮油后进入高效气浮池,投加碱及助凝剂等进行破乳,去除一部分污染物。气浮反应出水进入物化+生化处理系统。产生的污泥先进入污泥池,再泵入高压隔膜压滤机脱水,泥饼外运处置。

进入主体处理工艺的废水,首先进入 UASB 反应系统。UASB 采用间歇运行方式,定期排出上清液。上清液出水进入芬顿氧化池,为保证出水达标,新建两座芬顿氧化池,将有机物和还原性物质氧化分解为小分子物质,在去除 COD 和石油类的同时可提高废水的可生化性。其中芬顿池出水进入间歇式运行的 AO 池,首先进入缺氧池,使难降解的污染物转化为易生物降解的物质,随后进行好氧生物降解,以有效去除 COD 和溶解油。

物化+生化处理系统的出水经二沉池沉淀后进入终沉池,并投加聚丙烯酰胺、碱式氯化铝进一步去除 COD、SS 及石油类。污泥经污泥池收集后,泵入高压隔膜压滤机脱水,产生的泥饼外运处置。

3 主要设备及构筑物

新建污水处理站主要设备和构筑物分别见表 3、4。

表 3 主要设备及参数

Tab. 3 Main equipment and parameters

项 目	规格型号	功率/ kW	数量
斜板填料	1 m×1 m×11 块		1 套
刮油机	100 mm×1 000 mm, 集油 60 L/h	60	1 台
多相流泵	PBU, 1 m ³ /h	1.5	1 台
刮渣机	1 500 mm×3 000 mm	0.75	1 台
溶气罐	100 L		1 台
溶气释放器	TV-1, 25 mm		1 台
立式排污泵	10 m ³ /h, 100 kPa	0.75	7 台
立式排污泵	15 m ³ /h, 160 kPa	1.5	2 台
水封罐	DN1 000×2 000 mm		1 套
工业 pH 计	量程 0~14		2 台
卧式防腐泵	5 m ³ /h, 200 kPa	1.1	2 台
微孔曝气器	Ø215 mm		100 只
罗茨鼓风机	2.7 m ³ /min, 49 kPa	4	2 台
中心导流筒	DN400×2 500 mm		2 套

表 4 主要构筑物及设计参数

Tab. 4 Main constructs and parameters

项 目	尺寸	结构	数量/座
斜板隔油池	1.0 m×3.8 m×2.5 m	钢制防腐	1
高效气浮池	3.8 m×1.5 m×2.5 m	钢制防腐	1
中间水池 1	2.5 m×2.0 m×5.0 m	钢制防腐	1
UASB(罐体)	Ø4.6 m×6.0 m	碳钢防腐	1
UASB(罐体基础)	5.6 m×5.6 m×0.5 m	钢混	1
芬顿氧化池	Ø2.0 m×4.0 m	不锈钢	2
中间水池 2	Ø2.0 m×4.0 m	不锈钢	1
缺氧池	2.3 m×2.0 m×5.0 m	钢制防腐	1
好氧池	5.0 m×5.0 m×5.0 m	钢制防腐	1
二沉池	3.0 m×2.5 m×5.0 m	钢制防腐	1
终沉池	3.0 m×2.5 m×5.0 m	钢制防腐	1
污泥池	Ø2.0 m×4.0 m	钢制防腐	1

4 试运行效果与经济分析

4.1 试运行效果

该项目于 2016 年 10 月 1 日整套设备调试完毕,随后进入试运行阶段,1 个月后废水处理效果趋于稳定。进水 COD 为 4 200~9 600 mg/L,石油类为 120~328 mg/L,SS 及 pH 值均满足设计进水要求;出水 COD 为 122~458 mg/L,石油类为 7~13 mg/L,SS 为 30~98 mg/L,pH 值为 6.44~8.61,出水指标优于设计要求。COD 平均去除率>95.10%,石油类去除率>95.25%。

4.2 运行费用

该项目总投资约 115.6 万元,废水处理费用如表 5 所示,处理成本合计 29.79 元/m³。

表 5 工程运行费用

Tab. 5 Operational cost

项 目	消耗	单价	运行费用/ (元·m ⁻³)
电	14.7 kW·h/m ³	0.7 元/ (kW·h)	10.29
药剂	液碱	5 000 mg/L	1 300 元/t
	浓硫酸	300 mg/L	1 300 元/t
	双氧水	200 mg/L	1 200 元/t
	硫酸亚铁	1 000 mg/L	600 元/t
	絮凝剂	1 000 mg/L	2 000 元/t
	助凝剂	50 mg/L	20 000 元/t
人工	1 人	32 000 元/a	8.77

5 结果与讨论

采用气浮法+UASB+芬顿法+AO 工艺处理含油废水,出水 COD<500 mg/L、SS<40 mg/L、石油类
(下转第 109 页)