

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.18.023

气浮—陶瓷膜耦合工艺处理炼油厂含油废水

潘国强¹, 邓亮²

(1. 江苏创新环境工程有限公司, 江苏 宜兴 214205; 2. 宜兴市创新环保有限公司, 江苏 宜兴 214205)

摘要: 针对炼油厂含油废水、含油雨水和生活污水形成的混合废水,采用气浮—平板陶瓷膜耦合工艺进行处理。工程运行结果表明,出水SS、COD、BOD₅、NH₄⁺-N、硫化物、挥发酚和石油类等分别低于3.0、50、20、8.0、1.0、1.0和10 mg/L,出水水质满足《石油炼制工业污染物排放标准》(GB 31570—2015)。该工艺具有运行稳定、处理成本低及出水水质好等优点,可为其他炼油厂含油废水的处理提供参考。

关键词: 炼油厂; 含油废水; 气浮; 平板陶瓷膜

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)18-0118-04

Oily Wastewater Treatment by a Coupling Process of Air Floatation and Ceramic Membrane

PAN Guo-qiang^{1,2}, DENG Liang²

(1. Jiangsu Chuangxin Environmental Engineering Co. Ltd., Yixing 214205, China; 2. Yixing Chuangxin Environmental Protection Co. Ltd., Yixing 214205, China)

Abstract: The coupling process of air floatation and flat ceramic membrane was used to treat the mixed wastewater from oily refinery, stormwater and domestic sewage. The operation results indicated that the effluent indicators such as SS, COD, BOD₅, NH₄⁺-N, sulfide, volatile phenol and petroleum pollutants were less than 3.0, 50, 20, 8.0, 1.0, 1.0 and 10 mg/L, respectively, which were superior to the discharge limits of *Emission Standard of Pollutants for Petroleum Refining Industry* (GB 31570-2015). The coupling process had the advantages of stable operation, low treatment cost and good effluent quality, which could provide reference for other oil refinery wastewater treatment.

Key words: oil refinery; oily wastewater; air floatation; flat ceramic membrane

随着我国经济的高速发展及工业化进程的逐步加快,水环境污染问题日趋严重,尤其以石化行业排放的废水更为突出^[1]。炼油厂排放的废水中含浮油、分散油和乳化油等,其处理成本高、难度大,已成为制约石化行业发展的瓶颈^[2]。炼油厂含油废水具有水质变化大、有机物含量高、可生化性差等特点^[3-4],目前国内多采用上流式曝气生物滤池^[4]、气

浮—UASB—芬顿—AO工艺^[5]、隔油—气浮—两段生化^[6]、气浮—水解酸化—生化—膜工艺^[3]等传统工艺处理炼油厂含油废水,其中浮油和分散油普遍可通过隔油、气浮等工艺除去,但COD、NH₄⁺-N及挥发酚等污染物去除效果不佳。

膜技术是新型水处理技术,与传统活性污泥法相比,具有占地面积小、污泥产量低、出水水质好等

基金项目:江苏省科技成果转化专项基金资助项目(BA2018004); 宜兴市科技创新(工业类)专项

优势^[7-8],尤其在含油废水处理领域优势显著,可以同时处理浮油、分散油和乳化油^[9]。研究表明,UASB-SMBR工艺对含油废水中COD、石油类、悬浮物、氨氮以及挥发酚等各类污染物的平均去除率均高于96%^[7];吕东伟等^[10]研究发现,TiO₂陶瓷膜能有效去除乳化油废水中的乳化油,出水COD<15 mg/L;张吉库等^[11]采用曝气-强化混凝-陶瓷膜微滤组合工艺处理含油废水,对油和COD总的去除率可达到91%~94%。为进一步提高炼油厂污水处理能力并满足环保排放要求,以某炼油厂含油废水、含油雨水和生活污水形成的混合废水为研究对象,新建污水处理站采用气浮-陶瓷膜耦合工艺,考察实际工程处理效果。

表1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	pH 值	SS/ (mg·L ⁻¹)	COD/ (mg·L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N/ (mg·L ⁻¹)	硫化物/ (mg·L ⁻¹)	挥发酚/ (mg·L ⁻¹)	石油类/ (mg·L ⁻¹)
进水	6.0~9.0	≤300	≤2 000	≤500	≤100	≤30	≤40	≤500
出水	6.0~9.0	≤70	≤60	≤20	≤80	≤1.0	≤0.5	≤20

2 工艺流程及构筑物设计

2.1 工艺流程

具体工艺流程见图1。

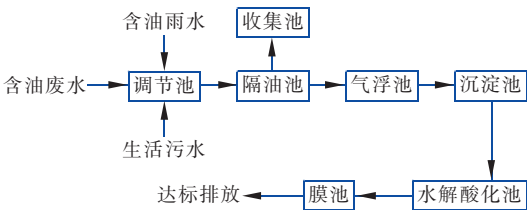


图1 炼油厂含油废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of oily wastewater treatment process

含油废水、含油雨水及生活污水经细格栅去除大块杂物和漂浮物后进入调节池混合,调节池内设置浮动收油器去除浮油,同时进行水质、水量调节;随后混合废水进入斜板隔油池进行隔油和沉淀,上层油样排入收集池进行回收利用;经隔油处理后的废水进入气浮池,再次进行破乳、除油,同时去除部分COD和石油类污染物,提高废水可生化性。

经物化处理后的废水首先进入水解酸化池,大分子有机物发生水解、酸化反应,降解为小分子物质,随后在膜池好氧微生物作用下彻底分解,COD、氨氮、石油类、挥发酚等污染物指标基本达到排放标准。

1 工程概况

该炼油厂含油废水原采用隔油-浮选-生化工艺处理达标后外排,因炼油厂生产规模扩大且环保排放要求日益提升,现有工艺已不能满足排放要求。炼油厂废水主要来源于炼油生产装置及附属装置的含油废水、含油雨水和厂区生活污水,废水污染物指标主要有COD、BOD₅、NH₄⁺-N、硫化物、挥发酚和石油类等,废水量约220 m³/d。

综合考虑污水处理能力及当地环保要求,将新建污水处理站1座,处理能力为250 m³/d,设计进、出水水质如表1所示。废水经处理后,出水水质应满足《石油炼制工业污染物排放标准》(GB 31570—2015)。

2.2 构筑物设计

① 调节池

为确保废水水质及水量不影响后续生化处理工艺,设置调节池1座,采用半地下式钢筋混凝土结构,池内设浮动收油器,同时在含油废水、含油雨水及生活污水进口设置细格栅(栅隙5 mm),除去浮油、大块杂物和漂浮物。调节池有效容积为160 m³,水力停留时间(HRT)为15.36 h。

② 隔油池

隔油池用于进一步去除浮油、乳化油及细小固体颗粒物。设置斜板隔油池2座,半地下式钢筋混凝土结构,斜板倾角取30°,斜板间距为50 mm,单池有效容积为20 m³,HRT为3.84 h。

③ 气浮池

设气浮池2座,半地下式钢筋混凝土结构,单池有效容积为16 m³,HRT为3.07 h。池内各设置设涡凹气浮成套设备1套,单套处理能力为50 m³/h,主要包括气浮装置本体、溶气水泵、溶气罐、回流系统、刮渣机、刮泥机及控制柜等。

④ 沉淀池

设沉淀池1座,半地下钢筋混凝土结构,有效容积60 m³,HRT为5.76 h。设污泥泵、潜污泵各2台(1用1备),Q=5 m³/h,H=100 kPa,P=1.2 kW。

⑤ 水解酸化池

设水解酸化池1座,半地下式钢筋混凝土结构,有效容积为100 m³,反应停留时间为9.6 h。池内设潜水搅拌器6台,单台搅拌机功率为1.2 kW。

⑥ 膜生物反应池

设置膜生物反应池对废水进行深度生化处理,保证出水稳定达标排放或回用。设置膜池2座,采用半地下式钢筋混凝土结构,单池有效容积为30 m³,HRT为5.76 h。单池共设置3组平板陶瓷膜组件(每组200片膜元件),膜元件膜通量为60 L/(m²·h),膜孔径为0.1~0.2 μm,单片有效膜面积为1.5 m²;膜池内设曝气鼓风装置(配曝气管),曝气量为60 m³/min,功率为20 kW,正常运行

10 min,反冲洗2 min。膜池配备抽吸泵2台、污泥泵2台、风机2台、膜清洗装置1套,膜清洗装置设有水反洗、化学反洗及化学清洗系统。

⑦ 收集池

收集用于存储回收的废油,地上式钢筋混凝土结构,有效池深4.0 m,总有效容积9 m³。

3 运行效果及成本分析

3.1 运行效果

该工程于2018年2月初开始施工,5月底完工后开始调试。通过近1年半的运行,系统处理效果良好,出水水质稳定。2018年11月底和2019年5月初对污水处理站进水和出水水质进行检测,结果如表2所示。

表2 炼油厂含油废水处理效果

Tab.2 Oily wastewater treatment effect

项 目	pH 值	SS/ (mg·L ⁻¹)	COD/ (mg·L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N/ (mg·L ⁻¹)	硫化物/ (mg·L ⁻¹)	挥发酚/ (mg·L ⁻¹)	石油类/ (mg·L ⁻¹)
2018年11月27日进水	8.38	308	1 460	318	35.5	18.7	68.8	154
2018年11月28日出水	7.79	1.97	46.7	15.6	6.51	0.95	0.93	5.74
2019年5月6日进水	8.17	321	1 650	307	33.8	14.6	64.3	138
2019年5月7日出水	7.83	2.45	44.1	18.2	5.24	0.81	0.97	5.25

由表2可知,该工艺在2018年11月底和2019年5月初对污水处理效果显著,针对进水pH值为6.0~9.0、SS为300~330 mg/L、COD为1 400~1 700 mg/L、BOD₅为300~320 mg/L、NH₄⁺-N为30~40 mg/L、硫化物为14~19 mg/L、挥发酚为64~69 mg/L、石油类为130~160 mg/L的含油废水,运行半年后出水SS、COD、BOD₅、NH₄⁺-N、硫化物、挥发酚和石油类污染物等分别小于3.0、50、20、8.0、1.0、1.0和10 mg/L,出水pH值为7.83,出水水质满足《石油炼制工业污染物排放标准》(GB 31570—2015)。

3.2 运行成本

该工程总投资费用为247.7万元,其中土建费用78.5万元,设备及其他费用共计169.2万元。运行总功率为36.4 kW(其中,鼓风曝气装置按每天工作20 h计,污泥泵按每天工作2 h计,其余设备按每天工作24 h计),电价按0.8元/(kW·h)计算,功率因数0.8,电费为3.49元/m³;平板陶瓷膜组件6组共1 200片,膜元件价格按500元/片计,膜片使用周期为5年,则膜处理成本为1.33元/m³;白夜班操作工共2人轮岗,人均工资2 500元/(月·人),人工运行成本为0.67元/m³。综上,炼油厂含油废

水处理运行费用为5.49元/m³。

4 结论与建议

采用气浮-陶瓷膜耦合工艺处理含油废水,工程运行监测数据表明,经处理后出水SS、COD、BOD₅、NH₄⁺-N、硫化物、挥发酚和石油类等分别低于3.0、50、20、8.0、1.0、1.0和10 mg/L,出水水质满足《石油炼制工业污染物排放标准》(GB 31570—2015)。

气浮-陶瓷膜耦合工艺有效解决了传统物化-生化处理系统占地面积大、药剂用量多、污泥产量高、出水水质不达标等系列问题,但是在隔油、气浮和沉淀阶段对浮油、乳化油及细小固体颗粒物去除效果不佳时,容易导致后续生化阶段污染物去除性能差、膜孔易堵塞等问题,因此,必须有效控制物化阶段SS和石油类污染物的去除效果。

参考文献:

- [1] 谢文玉,陈建军,钟理,等. 循环生物曝气滤池和过滤组合工艺处理炼油轻度污染废水[J]. 化工学报, 2008,59(5):1251-1256.
- Xie Wenyu, Chen Jianjun, Zhong Li, et al. Treatment of slightly polluted wastewater in a petroleum refinery by

- combined process of circulating biological aerated filter and filtration [J]. Journal of Chemical Industry and Engineering (China), 2008, 59(5): 1251 - 1256 (in Chinese).
- [2] 彭松水,李默,陈志强. 油田采出水处理机理与工艺综述[J]. 水处理技术, 2014, 40(8): 6 - 11.
Peng Songshui, Li Mo, Chen Zhiqiang. Review of oilfield produced water treatment mechanism and process [J]. Technology of Water Treatment, 2014, 40(8): 6 - 11 (in Chinese).
- [3] 宋红伟,叶万东. 炼油厂含油污水处理工程设计[J]. 工业用水与废水, 2009, 40(5): 80 - 82.
Song Hongwei, Ye Wandong. Engineering design for oil refinery wastewater treatment [J]. Industrial Water & Wastewater, 2009, 40(5): 80 - 82 (in Chinese).
- [4] 肖文胜,徐文国,杨桔才. UBAF 处理炼油厂含油废水[J]. 工业水处理, 2005, 25(3): 66 - 68.
Xiao Wensheng, Xu Wenguo, Yang Jucui. Upflow biological aerated filter for treating oil-bearing wastewater [J]. Industrial Water Treatment, 2005, 25(3): 66 - 68 (in Chinese).
- [5] 荆王松,梅荣武,王泉源. 气浮/UASB/芬顿/AO 工艺处理含油废水[J]. 中国给水排水, 2018, 34(8): 103 - 105, 109.
Jing Wangsong, Mei Rongwu, Wang Quanyuan. Application of air flotation/UASB/Fenton/AO process in oily wastewater treatment [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(8): 103 - 105, 109 (in Chinese).
- [6] 韩国义,郑俊,王正收,等. 隔油/气浮/两段生化法处理炼油厂含油废水[J]. 中国给水排水, 2010, 26(2): 64 - 67.
Han Guoyi, Zheng Jun, Wang Zhengshou, et al. Treatment of oily wastewater from oil refinery by oil separation/floatation/two-stage biochemical process [J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(2): 64 - 67 (in Chinese).
- [7] 李薇,潘力军,刘锋平,等. UASB-SMBR 工艺处理某油田含油废水的可行性研究[J]. 环境科学学报, 2014, 34(5): 1242 - 1248.
Li Wei, Pan Lijun, Liu Fengping, et al. The feasibility study of UASB - SMBR process for treating oily wastewater from oilfield [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2014, 34(5): 1242 - 1248 (in Chinese).
- [8] 薛娟琴,王森,韩小龙,等. 氧化石墨烯/聚偏氟乙烯杂化超滤膜处理乳化含油废水的研究[J]. 膜科学与技术, 2017, 37(5): 28 - 35.
Xue Juanqin, Wang Sen, Han Xiaolong, et al. Treatment of emulsified oily wastewater using graphene oxide/polyvinylidene fluoride hybridized ultrafiltration membrane [J]. Membrane Science and Technology, 2017, 37(5): 28 - 35 (in Chinese).
- [9] 李爱阳,朱志杰. PAC 絮凝-膜分离法处理油田废水的研究[J]. 工业水处理, 2008, 28(2): 20 - 22.
Li Aiyang, Zhu Zhijie. Study on oilfield wastewater treatment by PAC flocculation - membrane separation [J]. Industrial Water Treatment, 2008, 28(2): 20 - 22 (in Chinese).
- [10] 吕东伟,刘乾亮,张涛,等. 超滤陶瓷膜处理乳化油废水的抗污染性能研究[J]. 中国给水排水, 2018, 34(9): 111 - 115.
Lü Dongwei, Liu Qianliang, Zhang Tao, et al. Anti-fouling performance of ultrafiltration ceramic membrane in treatment of emulsified oil wastewater [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(9): 111 - 115 (in Chinese).
- [11] 张吉库,张馨,关亮. 电解气浮/陶瓷平板膜过滤组合工艺处理含油废水的实验[J]. 水处理技术, 2015, 41(6): 100 - 103.
Zhang Jiku, Zhang Xin, Guan Liang. Experimental treatment of oily wastewater filtration by electrolytic flotation/ceramic plate membrane [J]. Technology of Water Treatment, 2015, 41(6): 100 - 103 (in Chinese).



作者简介:潘国强(1970 -),男,江苏宜兴人,学士,工程师,主要从事污水处理及回用技术研究。

E-mail: 452170635@qq.com

收稿日期:2019 - 10 - 08