

隔油 / 气浮 / 两段生化法处理炼油厂含油废水

韩国义¹, 郑俊², 王正收³, 宁靓⁴

(1. 中国石油工程建设公司 华东设计分公司, 山东 青岛 266071; 2 安徽工业大学
建筑工程学院, 安徽 马鞍山 243002; 3. 山东汇丰石化有限公司, 山东 淄博 256410;
4. 马鞍山市华骐环保科技发展有限公司, 安徽 马鞍山 243051)

摘要: 采用隔油 / 气浮 / 两段生化 (CASS+BAF) 工艺处理炼油废水。实际运行结果表明, 该组合工艺对炼油废水的 COD、氨氮、石油类的平均去除率分别为 98.1%、98.75% 和 99.2%, 出水平均 COD < 15 mg/L, NH₃-N 为 1.0 mg/L 左右, 远优于《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的一级标准。

关键词: 含油废水; 隔油; 气浮; 两段生化; CASS 工艺; 曝气生物滤池

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2010)02-0064-04

Treatment of Oily Wastewater from Oil Refinery by Oil Separation / Floatation / Two-Stage Biochemical Process

HAN Guo-yi¹, ZHENG Jun², WANG Zheng-shou³, NING Liang⁴

(1. East China Design Branch, China Petroleum Engineering Construction Corporation, Qingdao 266071, China; 2. School of Architectural Engineering, Anhui University of Technology, Maanshan 243002, China; 3. Shandong Hui Feng Petrochemical Co. Ltd., Zibo 256410, China; 4. Huaqi Environment Protection Science and Technology Development Co. Ltd., Maanshan 243051, China)

Abstract: The oil separation/floatation/two-stage biochemical process was used to treat oily wastewater. The actual operation results indicate that the average removal rates of COD, NH₃-N and petroleum oils by the combined process are 98.1%, 98.75% and 99.2% respectively. The average effluent COD and NH₃-N are less than 15 mg/L and about 1.0 mg/L, which are superior to the first class criteria specified in *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978 - 1996).

Key words: oil wastewater; oil separation; air floatation; two-stage biochemical process; CASS process; biological aerated filter

山东汇丰石化有限公司始建于 1997 年, 经过几年的跨越式发展, 目前已成为规模较大的以原油深度加工为主的炼油企业, 而排放的含油废水如何处理达标已成为制约企业发展的瓶颈。

炼油生产装置产生的废水有以下主要特点:
含油量大; 大分子有机物含量高, COD 浓度高, BOD₅ 浓度相对较低, 可生化性差; 氨氮浓度高; 含有一定浓度的挥发酚和硫化物; 水量波动范

围大, 水质变化大。

通常, 一些简单的隔油 / 浮选 / 生化“老三套”处理工艺很难使出水水质达到排放标准。

1 废水水质

该公司炼油生产装置排放的废水水量约为 300 m³/h, 设计进、出水水质见表 1。

要求出水水质执行《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的一级标准。

表 1 设计进、出水水质

Tab 1 Design quality of influent and effluent

项目	COD / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	石油类 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氨氮 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	硫化物 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	挥发酚 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	pH
进水	1 200 ~ 2 500	450	1 000	80	30	50	6 ~ 9
出水	100	30	10	15	1.0	0.5	6 ~ 9

2 废水处理工艺

2.1 工艺流程

工艺流程如图 1 所示。

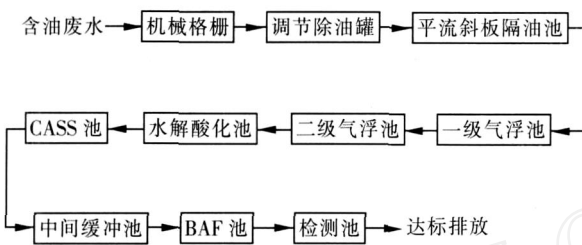


图 1 工艺流程

Fig 1 Flow chart of treatment process

含油废水首先经过机械格栅拦截大块杂物,再经提升泵房提升至调节除油罐。除油罐对废水中的油污和固体颗粒均有一定的去除作用。除油罐的出水自流进入平流斜板隔油池。经隔油处理后的废水再自流进入气浮除油阶段,该阶段分为两级,一级采用涡凹气浮,二级采用部分回流加压溶气气浮。废水通过以上物化处理,基本完成除油任务,同时约有 20% ~ 30% 的有机污染物也得到去除,随后进入生化处理阶段。

在生化处理阶段,废水首先进入厌氧水解池,通过水解酸化作用提高可生化性后进入 CASS 池。一般情况下,CASS 池出水 COD、挥发酚等指标已基本达到排放标准,为深度去除氨氮和保证出水水质稳定达标,CASS 池出水进入曝气生物滤池 (BAF) 进行再处理。

2.2 主要设备及构筑物设计

调节除油罐

为了稳定废水水质及水量,该工程设置了调节除油罐,同时在罐内设置了旋流除油设施,可将废水中的浮油和固体颗粒初步分离出来。油污浮于液面,通过收油设施回收;悬浮杂物沉于罐底,可通过一定的措施排出罐体。调节罐共 2 座,钢混结构,单罐有效容积为 $3\ 000\ \text{m}^3$,HRT 为 10 h。废水通过调节除油罐后含油量降至 $100\ \text{mg/L}$ 以下。

平流斜板隔油池

平流斜板隔油池用于进一步去除污水中的浮油及固体颗粒。油珠上浮于水面,通过刮油刮泥机集中到集油管内,排至收油管路中;而池底沉积的油泥由刮板刮至集泥坑,通过排泥阀排至污泥回收管道。平流斜板隔油池共 4 座,单池尺寸为 $25\ \text{m} \times 4.5\ \text{m} \times 3.0\ \text{m}$,钢混结构,废水停留时间为 2 h,出水中的油降至 $50\ \text{mg/L}$ 以下。

一级涡凹气浮池

一级气浮池进一步去除水中微小悬浮物及悬浮物。涡凹气浮系统主要由曝气区、气浮区、回流系统、刮渣系统及排水系统等几部分组成。废水首先进入装有涡凹曝气机的曝气区,该区曝气机通过底部中空叶轮的快速旋转形成一个真空区,使水面上的空气通过中空管道抽送至水下,并在底部叶轮快速旋转产生的三股剪切力下粉碎成微气泡,微气泡在上升过程中与废水中的含油絮凝体颗粒粘附在一起,到达液面后依靠这些微气泡支撑和维持在水面上形成浮渣,通过刮渣机刮入污泥收集槽,净化出水由溢流槽排出。

一级气浮池共 2 座,HRT 为 30 min,出水含油量可降至 $20\ \text{mg/L}$ 以下。

二级气浮池

二级气浮采用部分污水回流加压溶气气浮,即该级气浮池 30% ~ 40% 的出水加压至 $0.4\ \text{MPa}$ 后回流进入溶气罐,然后带压的废水连同带压的空气再次进入气浮分离段,通过压力释放器将压力废水转变为水和微细气泡混合物,细小而分散的气泡粘附废水中经混凝剂凝聚的分散微细油粒和悬浮物形成絮体漂浮物浮出水面,进而从污水中分离出来。

二级气浮池共 3 座,HRT 为 40 min,出水含油量可降至 $10\ \text{mg/L}$ 以下。

水解酸化池

经过除油处理的废水通过水解酸化作用,废水中的高分子有机物转化为易生化降解的小分子有机物。经过水解酸化之后,废水的 COD 变化不大,

BOD₅有明显的提高,同时 pH 值明显降低,因此需在水解酸化池出水中投加 Na₂CO₃ 溶液,调节废水的 pH 值到中性。

水解酸化池 2 座,单池尺寸为 10 m × 13 m × 6.0 m,钢混结构,HRT 为 4 h。

CASS 池

CASS 工艺不但可以有效降解废水中的有机物,还能高效地进行硝化和反硝化。

共设 CASS 池 4 座,钢混结构,单池尺寸为 50 m × 12 m × 6 m, BOD₅ 负荷为 0.10 kg/(kgMLSS · d), COD 负荷为 0.20 kg/(kgMLSS · d), NH₃ - N 负荷为 0.10 kg/(kgMLSS · d)。

经过 CASS 工艺处理后,出水 COD 100 mg/L, NH₃ - N 50 mg/L。

BAF 系统

BAF 集曝气池、二次沉淀池和滤池的功能于一身,是一种新型高负荷淹没式三相反应器,它将生化反应与吸附过滤两种处理过程合并在同一构筑物中完成^[1];可用于石化废水的二段生化处理^[2],是一种运行可靠、自动化程度高、出水水质好和抗冲击能力强的好氧生物处理新工艺^[3];它增加了废水的处理弹性,是处理出水水质全面、稳定达标的有力保障。

BAF 池以去除氨氮为主要目的,共 8 座,分成两组,作为两级串联运行,每组 4 座并联运行,滤料层厚度为 3.0 m,单池尺寸为 7 m × 7 m × 7 m,钢混结构, NH₃ - N 负荷为 0.3 kg/(m³ 滤料 · d), HRT 为 1.96 h,水力负荷为 1.53 m³/(m² · h)。

经过 BAF 系统处理后,出水水质优于《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准,甚至达到再生水利用标准。

3 自动控制

废水处理厂设置了一套 DCS 系统,对工艺运行过程进行集中监控与管理。操作室布置系统操作员站 2 个(其中 1 个兼作工程师站),机柜室布置控制柜、端子柜等。主要仪表设备见表 2。

表 2 主要仪表设备

Tab 2 Main instruments

设备名称	数量
插入式电磁流量计	1 台
差压变送器	4 台
单法兰液位变送器	2 台

续表 2 (Continued)

设备名称	数量
超声波液位变送器	3 台
在线溶解氧分析仪 (DO)	8 套
在线 COD 分析仪	1 套
可燃气体检测器 (带报警仪)	5 套
有毒气体检测器 (带报警仪)	2 套
气动切断蝶阀	32 套
UPS 6 kVA	1 台
DCS 系统 (工程师站、控制柜、软件等)	1 套

4 运行情况

该废水处理厂自 2008 年 10 月建成投产以来,经过近一年的运行,处理出水合格率达到 100%,出水水质优于《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。各单体构筑物平均出水水质见表 3。

表 3 各单体平均出水水质

Tab 3 Average effluent quality of each unit

项目	mg · L ⁻¹		
	COD	氨氮	石油类
废水集水池	800	80	500
均质调节罐	760	80	100
平流斜板隔油池	730	76	50
一级气浮池	680	75	18
二级气浮池	650	73	6
水解酸化池	590	65	6
CASS 池	85	40	5
BAF 池	15	1.0	4

运行过程中的主要物料消耗情况见表 4。

表 4 主要物料消耗指标

Tab 4 Consumption of main materials

物料名称	消耗量
新鲜水/(m ³ · h ⁻¹)	1.0
饱和低压蒸汽/(m ³ · h ⁻¹)	1.5
用电量/(10 ⁴ kW · h · a ⁻¹)	290
聚丙烯酰胺 (PAM)/(t · a ⁻¹)	7.2
聚合铝 (PAC)/(t · a ⁻¹)	288
Na ₂ CO ₃ /(t · a ⁻¹)	100
非净化风/(m ³ · h ⁻¹)	50
净化风/(m ³ · h ⁻¹)	20

电费。用电量为 1.104 kW · h/m³,电价按 0.7 元/(kW · h)计,则电费为 0.773 元/m³。

药剂费。a PAM 投加量为 2.739 g/m³, PAM 单价按 16 000 元/t 计,则 PAM 投加成本为 0.044 元/m³; b 聚合铝投加量为 109.6 g/m³, PAC 单价按 2 000 元/t 计,则 PAC 投加成本为 0.219 元/

m^3 ; c Na_2CO_3 投加量为 $38.05 \text{ g}/\text{m}^3$, Na_2CO_3 单价按 $1300 \text{ 元}/\text{t}$ 计,则 Na_2CO_3 投加成本为 $0.049 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

综上,吨水直接运行成本为 $1.08 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

5 结论

该炼油废水处理厂在物化段采用隔油/两级气浮工艺,有效去除了油污染,保证了进入生化段的油含量 $< 10 \text{ mg}/\text{L}$;生化段采用水解酸化/CASS/BAF工艺,具有废水处理弹性大、运行稳定、自动化程度高、处理效果好等特点。

自 2008 年 10 月建成投产以来,出水水质稳定达标,COD 平均去除率为 98.1% 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 平均去除率为 98.75% 、石油类平均去除率为 99.2% ,出水平均 COD $< 15 \text{ mg}/\text{L}$ 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 为 $1.0 \text{ mg}/\text{L}$ 左右,有时甚至达到 $0.5 \text{ mg}/\text{L}$ 以下,远远优于《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准,甚至

优于再生水利用标准。

该炼油废水组合处理工艺直接运行成本仅为 $1.08 \text{ 元}/\text{m}^3$,处理费用较低,是一种高效低耗的炼油废水处理新工艺。

参考文献:

- [1] 郑俊,吴浩汀,程寒飞. 曝气生物滤池污水处理新技术及工程实例 [M]. 北京:化学工业出版社,2002
- [2] 肖文胜. UBAF处理炼油厂含油废水 [J]. 工业水处理,2005,25(3): 66 - 68
- [3] 汤苏云,朱元臣. 曝气生物滤池在石化污水处理工程中的应用 [J]. 油气田环境保护,2006,(2): 26 - 28.

电话: 13305551660

E - mail: zhengjun@huaqitech. com. cn

收稿日期: 2009 - 10 - 09

· 征订启事 ·

欢迎订阅 2010 年《中国给水排水》(半月刊)

全国中文核心期刊 中国科技论文统计源期刊 中国期刊方阵双效期刊

《中国给水排水》杂志 1985 年创刊,由中华人民共和国住房和城乡建设部主管、中国市政工程华北设计研究总院和国家城市给水排水工程技术研究中心主办,编辑部设在天津。

《中国给水排水》是面向全国给水排水和环境工程界的专业性科技期刊,具有较高的理论导向性和较强的工程实践性,被誉为中国水行业的“首席杂志”。2008 年被科技部评为中国精品科技期刊(全国共 300 种),是水行业唯一入选期刊。近年国内权威机构的评价结果显示,《中国给水排水》杂志的总被引频次和影响因子均居同行业期刊的前列。据《2009 年版中国期刊引证报告(核心版)》,其总被引频次和影响因子大幅攀升,分别达到了 2 613 和 0.575。

《中国给水排水》创刊 20 余年来,发表了许多质量高、有影响的文章,并被国内外多家信息检索中心收录,已成为专业工作者交流科研成果和实际经验、了解国内外技术动向和热点信息、展示先进生产设备的重要窗口。读者对象主要是自来水、市政排水、建筑给排水、水与废水处理等行业的设计、科研、教学、信息管理、施工、生产、分析、监测人员和大中专院校师生等。

欢迎踊跃投稿,欢迎到各地邮局订阅《中国给水排水》杂志(可破季订阅)。《中国给水排水》杂志全年 24 期,大 16 开本,每期 112 页(不计广告页),定价:12.50 元/册,全年价:300 元。邮发代号:6-86。如果错过邮局订期,也可在编辑部直接订阅。2010 年本刊推出优惠订阅措施,凡直接在编辑部订阅全年期刊者,均可享受八折优惠,即全年定价为 240 元。

杂志社地址:天津市和平区新兴路 52 号都市花园大厦 21 层(300070)

编辑部电话:022 - 27835450 27836225 传真:022 - 27835592

广告部电话:022 - 27835639 27835592 传真:022 - 27835592

发行部电话:022 - 27832819

E - mail: cnwater@vip.163.com

网址:www. watergasheat. com