

高浓度有机精制甘油废水处理的工艺改造实例

熊鸿斌, 许芳芳

(合肥工业大学 资源与环境工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要: 某生物材料公司以粗植物甘油为原料生产精制甘油,产生高浓度有机废水。由于后期生产废水水质出现较大变化,平均 COD 为 160 000 mg/L 左右,远超过原污水处理站的设计负荷,出水水质难以满足排放标准。因此对原污水站的预处理、厌氧及好氧系统进行改造,处理规模为 50 m³/d,增加调配池、厌氧罐、接触氧化池等处理单元。改造后污水站运行效果良好,出水水质达到接管要求,其中 COD、石油类的去除率分别达到 99.76% 和 99.52%。同时针对该改造工程的投資及运行问题进行分析,并提出相应解决建议。

关键词: 精制甘油; 高浓度有机废水; 预处理; 厌氧系统; 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)22-0100-05

A Project Case of High Concentration Organic Refined Glycerin Wastewater Treatment

XIONG Hong-bin, XU Fang-fang

(School of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: A biomaterial company produces refined glycerin from crude glycerin, and discharges high concentration organic wastewater. Due to the great changes of wastewater quality in the later production stage, the average influent COD is about 160 000 mg/L, far exceeding the design load of the original sewage treatment station, and the effluent water quality can not meet the discharge standard. Therefore, the pretreatment, anaerobic and aerobic systems of the original sewage station were modified, the treatment scale was 50 m³/d, and the processes of mixing pool, anaerobic tank and contact oxidation tank were added. After the transformation, the sewage station had a good operation effect and the effluent quality met the takeover requirements of the local sewage treatment plant. The removal rates of COD and petro were 99.76% and 99.52% respectively. At the same time, according to the investment and operation of the renovation project, economic and technical analysis was carried out, and corresponding solutions were proposed simultaneously.

Key words: refined glycerin; high concentration organic wastewater; pretreatment; anaerobic treatment system; biological contact oxidation

某生物材料公司主要生产各种粗、精甘油及冷冻液产品,可年产 60 000 t 环保型精制甘油。原材料为棕榈油等植物油脂水解产生的粗植物甘油,其中纯甘油成分占 84.64% ~ 85.8%。生产废水主要来自减压蒸馏、多级冷凝、甘油脱色以及反应釜清洗

等过程^[1],属高浓度有机废水。除生产废水外,还包括大量可作为污水站稀释用水的循环冷却水和生活污水。该公司原废水处理站建于 2015 年,因设计进水水质与后期实际进水存在较大差异,进水负荷远远超过原设计所能承受的负荷,出水无法满足该

地区污水处理厂接管标准。为满足正常的污水处理需求,需对原污水处理站进行改造。

1 废水水质、水量及排放标准

企业正常情况下生产废水的排放量约为 42

m³/d,依据企业生产运行实际情况,结合异常排放等因素,设计处理规模确定为 50 m³/d(与原污水处理站设计水量相同),出水水质执行该地区污水处理厂接管标准。具体进、出水水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项 目	COD/(mg · L ⁻¹)	NH ₃ - N/(mg · L ⁻¹)	SS/(mg · L ⁻¹)	石油类/(mg · L ⁻¹)	pH 值
原设计进水	110 000	42	189	3 450	4 ~ 6
实际进水水质	125 000 ~ 195 000	40 ~ 50	155 ~ 223	3 600 ~ 4 000	4 ~ 6
设计进水水质	163 410	46	189	3 850	4 ~ 6
排放标准	≤400	≤30	≤400	≤20	6 ~ 9

2 改造前存在的问题

2.1 原工艺流程

原污水处理站采用隔油 + 气浮 + UASB + IC + 活性污泥法 + 接触氧化工艺,具体流程见图 1。

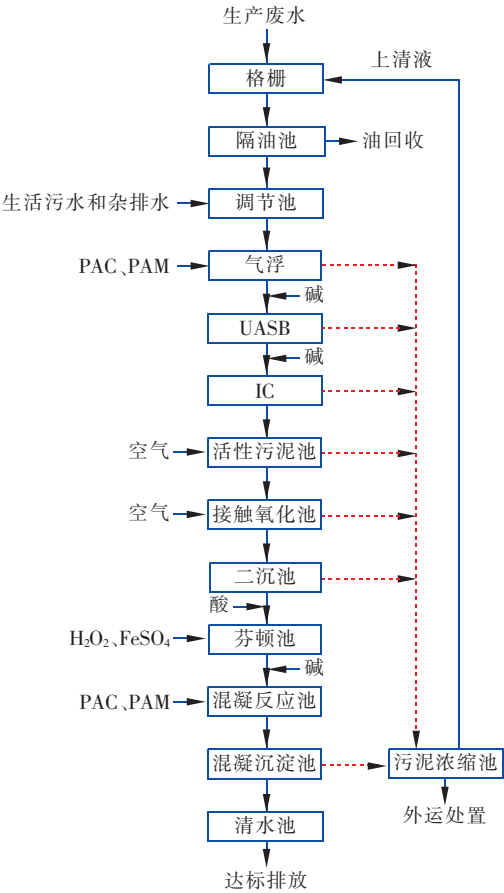


图 1 原废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of existing wastewater treatment process

2.2 原工艺存在的问题

由于后期生产废水水质变动较大,远超出原工艺主要处理单元的设计负荷,同时,运行管理存在不足,原污水处理站已无法满足对现有生产废水的处

理要求,其中,污水处理站出水 COD 严重超标。

① 生产废水水质出现较大变动且水质波动大。由于后期实际生产过程冷凝水中残留甘油、有机脂肪酸等有机物含量的增加,后期生产废水的实际 COD 较原设计进水水质增加约 45.5%,远超出原有污水站处理能力,且原有调节池对于较大的水质波动范围调节作用有限,以致生化处理系统承受较大的冲击负荷。

② 厌氧反应器容积过小,厌氧容积负荷过大,原有 UASB 反应器和 IC 反应器的有效容积分别为 150 m³ 和 300 m³。实际运行过程中,厌氧反应器容积负荷 > 25 kgCOD/(m³ · d),从而导致系统出现“酸化”现象,厌氧反应器内的甲烷菌因酸化而受到抑制,进而导致系统产气受到抑制或基本不产气^[2],COD 的去除效果因此快速下降并持续恶化,过高的好氧系统进水浓度超出原有设计负荷^[3-4],这是导致最终出水 COD 严重超标的主要原因。

③ 好氧处理系统效果不佳。原工艺中的活性污泥池污泥负荷过高,易出现污泥膨胀及泡沫问题,从而导致污泥上浮,污泥含量降低,最终对污水的处理效果产生不利影响。

④ 无污泥处理系统。原污水处理站所产生的污泥经简单重力浓缩后委托有资质的环卫部门定期外运处置,污泥量为 0.4 t/d,含水率为 98%。该做法所产生的运费及处置费用,增加了废水处理成本。

⑤ 运行管理较差。多项污水处理设施参数控制及水质指标监测不到位。

3 工程改造

3.1 改造思路及工艺流程

结合废水水质、水量特点,在保证出水达标排放的前提下,尽可能利用原有构筑物及设备,最终确定

如下改造思路:

① 增强预处理阶段对废水的均质、均量作用,以减轻水质、水量变化对后续处理工艺的冲击。

② 针对精制甘油生产废水高 COD 的特点,增加厌氧处理系统有效容积,降低实际运行过程中过高的容积负荷,保证厌氧出水水质,为后续好氧处理创造条件。

③ 针对原有活性污泥法易出现污泥膨胀的问题,用生物接触氧化法进行替代,以强化好氧处理系统。

④ 结合实际污泥产生量,增设污泥脱水设备。改造后的工艺流程如图 2 所示。

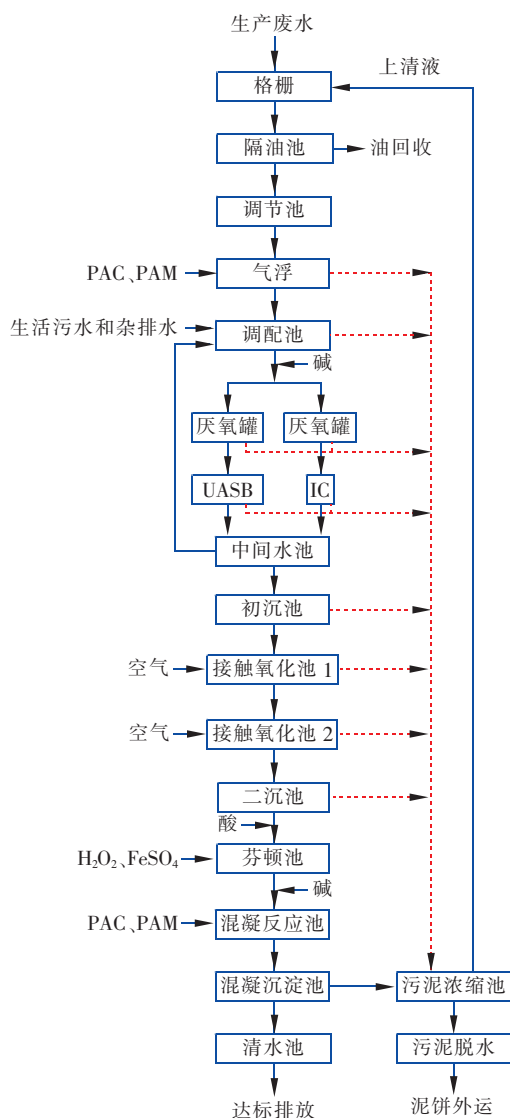


图 2 改造后废水处理工艺流程

Fig. 2 Flow chart of wastewater treatment process after reconstruction

3.2 改造工艺

3.2.1 预处理

新增调配池 1 座,气浮出水进入调配池(调配池内设置潜水搅拌机 1 台,充氧搅拌,使废水均质均量)和厌氧系统出水(回流)混合,并且将厂区生活污水和其他杂排水引至该池(厌氧调试初期需要补充一定量的清水,后期视运行情况而定),以降低污染物浓度,同时提高废水可生化性。另外,向废水中投加碱,将 pH 值调至 8~9,保证厌氧反应高效进行^[5]。待整个厌氧处理系统基本正常后,将少投加碱或基本不加碱。

3.2.2 厌氧处理

新增厌氧罐 2 座,分别串联在原有 UASB 和 IC 反应器前。新增厌氧罐由污泥反应区、气液固三相分离器(包括沉淀区)和气室三部分组成。在底部反应区内存留大量厌氧污泥,具有良好的沉淀和凝聚性能的污泥在下部形成污泥层。废水从厌氧污泥床底部流入,与污泥层中污泥进行混合接触,污泥中的微生物分解废水中有机物,将其转化为沼气。沼气以微小气泡形式不断放出,微小气泡在上升过程中合并形成较大气泡,在污泥床上部由于沼气的搅动形成一个污泥浓度较稀薄的区域,污泥和水一起上升进入三相分离器,沼气碰到分离器下部的反射板时,折向反射板的四周,然后穿过水层进入气室,集中在气室的甲烷、 H_2S 等经导气孔由导气管密闭引入水封池处理,固液混合液经过反射进入三相分离器的沉淀区,废水中的污泥发生絮凝,颗粒逐渐增大,并在重力作用下沉降。沉淀至斜壁上的污泥沿着斜壁滑回厌氧反应区内,使反应区内积累大量的污泥,与污泥分离后的处理出水从沉淀区溢流堰上部溢出,然后排出污泥床。厌氧罐负荷能力很大,适用于高浓度有机废水的处理。运行良好的厌氧罐有很高的有机污染物去除率,不需要搅拌,能适应较大幅度的负荷冲击、温度和 pH 值变化。该改造工程采用常温厌氧,同时也考虑到操作人员的操作水平,为保证系统正常稳定运行,厌氧容积负荷按 $5 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 左右取值,运行水温要求控制在低温不得低于 20°C 、高温不得超过 38°C ,并尽可能保持温度均衡稳定。

新增中间水池 1 座,置于 UASB 和 IC 反应器之后,厌氧系统出水后进入中间水池,部分混合液因工艺需要回流至厌氧罐。

3.2.3 好氧处理

新增初沉池 1 座,厌氧出水进入初沉池进行泥水分离,污泥排入污泥池。新增接触氧化池 1 座,包括池体、填料、布水装置、曝气装置。生物接触氧化法是一种介于活性污泥法与生物滤池之间的生物膜法工艺,该工艺中微生物所需氧气由鼓风机曝气供给,生物膜生长至一定厚度后,填料表面的微生物会因缺氧而进行厌氧代谢,产生的气体及曝气形成的冲刷作用会造成生物膜的脱落,并促进新生物膜的生长,脱落的生物膜将随出水流出。生物接触氧化法

具有生物活性高、污泥产量低、无需污泥回流、无污泥膨胀问题的优点^[6-8]。

3.2.4 污泥处理

原工艺污泥产生量为 0.4 t/d,含水率为 98%,污泥呈流态,较难存放且污染易扩散,需要密封性极好的专业运输车辆定期进行污泥运输。改造后新增叠螺式污泥压滤机 1 套,污泥含水率可降至 80%,污泥体积大幅减少,污泥运输处置成本降低。

3.3 主要构筑物及设备参数

主要构筑物及设备参数见表 2。

表 2 主要构筑物及设备参数

Tab.2 Parameters of main structures and equipment

项 目	设计参数	数量	备注
隔油池	尺寸为 2.0 m×2.0 m×3.0 m,有效水深为 2.0 m	1 座	原有
调节池	尺寸为 2.0 m×3.0 m×4.0 m,HRT=8.6 h	1 座	原有
气浮系统	尺寸为 3.0 m×1.5 m×1.8 m,处理能力为 2.5 m ³ /h	1 套	原有
调配池	尺寸为 6.0 m×5.0 m×4.0 m,有效水深为 3.5 m,HRT=48 h	1 座	新增
厌氧罐	尺寸为 Ø6.5 m×24.0 m,有效容积为 786 m ³ ,HRT=31 d	2 座	新增
UASB 反应器	尺寸为 Ø5.0 m×9.0 m,有效容积 150 m ³ ,HRT=36 h	1 座	原有
IC 反应器	尺寸为 Ø5.0 m×16.5 m,有效容积 300 m ³ ,HRT=72 h	1 座	原有
中间水池	尺寸为 5.0 m×4.5 m×4.0 m,有效容积为 80 m ³	1 座	新增
初沉池	尺寸为 Ø6.0 m×4.5 m,表面负荷为 0.7 m ³ /(m ² ·h)	1 座	新增
接触氧化池	尺寸为 5.0 m×4.0 m×5.0 m,有效容积为 80 m ³ ,HRT=17 h 尺寸为 4.0 m×3.0 m×4.5 m,有效容积为 50 m ³ ,HRT=12 h	2 座	新增 原有
芬顿池	尺寸为 1.0 m×1.0 m×3.0 m,有效容积为 2.5 m ³ ,HRT=1 h	1 座	原有
混凝沉淀池	尺寸为 2.0 m×2.0 m×3.0 m,表面负荷为 1.25 m ³ /(m ² ·h)	1 座	原有
污泥脱水系统	叠螺式污泥压滤机,处理量为 2.5 m ³ /h	1 套	新增

4 运行效果

该工程改造完毕后投入使用,调试运行一年以来处理效果稳定,实际平均进水量为 32.3 m³/d,具体出水水质见表 3。

表 3 各处理单元运行效果

Tab.3 Performance of main wastewater treatment units

项 目	COD/ (mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N/ (mg·L ⁻¹)	SS/ (mg·L ⁻¹)	石油类/ (mg·L ⁻¹)	pH 值
生产废水	149 545	46	185	3 780	4~6
调配池出水	15 504	37	45	75	5~7
厌氧出水	2 855	15	39	41	8~9
好氧出水	386.2	13	38	18	8~9
混凝沉淀出水	357.8	13	36	18	8~9

由表 3 可知,最终工艺对废水 COD 和石油类的去除率分别达到 99.76% 和 99.52%,出水达到该地区污水处理厂接管标准。其中,改造后厌氧系统对 COD 的去除率达到了 81.58%,值得注意的是,当实

际运行水温 < 20 ℃ 时,需要对废水进行加热,以避免过低的运行水温影响厌氧系统正常运行。

5 主要技术经济分析

原工艺经改造后,运行费用分为改造前和改造后新增费用。电价为 0.6 元/(kW·h),操作人员工资按 3 000 元/(人·月)计,废水处理费用如下:

改造前电费为 112 元/d;操作工 2 名,人工费为 200 元/d;药剂费为 302 元/d,合计 12.28 元/m³。

改造总投资为 205 万元,其中土建费用 45.0 万元,设备费用 142 万元,其他费用 18 万元。新增运行电费 25 元/d,新增药剂费 73 元/d,合计 1.96 元/m³。改造后总运行费用为 14.24 元/m³。

其中,改造后污泥产生量约为 0.5 t/d(含水率按 98% 计),相比于原污水处理站污泥直接外运处置,经叠螺式污泥压滤机脱水后的污泥含水率可降至 80%,质量约为原来的 1/10,污泥外运处置费用按 400 元/t 计,机械脱水后污泥运输处置费用较之

前可减少3.65万元/a。考虑到现有污泥脱水设备高负荷运行情况下可能发生故障情况,建议企业后期增设1台备用污泥脱水设备。

6 结论及建议

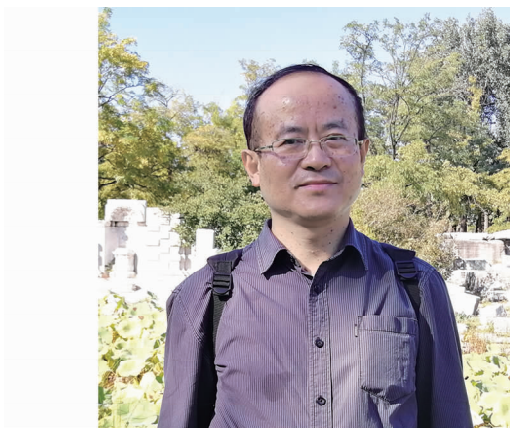
① 该改造工程对精制甘油生产废水具有良好的处理效果,整体运行稳定,出水各项指标均达到接管标准。新增调配池进一步对生产废水进行均质、均量;厌氧罐分别与UASB和IC反应器串联保证了对高浓度有机物的稳定去除,同时提高了系统的抗冲击负荷能力;新增接触氧化工艺进一步强化了对废水中有机物的去除。

② 该工程出水COD虽低于排放标准中的COD限值,但考虑到该公司生产工序管控不规范所造成的生产废水水量、水质波动问题以及低温对厌氧系统出水水质造成的影响,后期可能存在COD超标的问题,因此建议该公司对生产工艺进行严格管控,确保生产废水水质水量稳定。

③ 建议对所产沼气2600 m³/d进行收集并加以利用,有利于节省企业的能源消耗。

参考文献:

- [1] 高湘,王智峰,董宏宇,等. UASB/活性污泥/接触氧化/微滤工艺处理甘油废水[J]. 中国给水排水,2015,31(14):97-100.
Gao Xiang, Wang Zhifeng, Dong Hongyu, *et al.* UASB/activated sludge/contact oxidation/microfiltration process for treatment of refined glycerin wastewater[J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(14): 97-100 (in Chinese).
- [2] 于雷,彭剑峰,宋永会,等. 厌氧反应器的酸化及其恢复研究进展[J]. 工业水处理,2011,31(8):1-4,34.
Yu Lei, Peng Jianfeng, Song Yonghui, *et al.* Research progress in the acidification of highly efficient anaerobic reactor and its recovery[J]. Industrial Water Treatment, 2011, 31(8): 1-4, 34 (in Chinese).
- [3] 周鹏. 高浓度难生化有机废水的预处理方法[J]. 能源与环境,2017(6):46-47.
Zhou Peng. Pretreatment method for high concentration hard-to-biochemical organic wastewater[J]. Energy and Environment, 2017(6): 46-47 (in Chinese).
- [4] 黄春晓. 提高难降解有机废水可生化性的预处理技术[J]. 许昌学院学报,2011,30(5):93-96.
Huang Chunxiao. Pretreatment technology for improving biodegradability of refractory organic wastewater[J]. Journal of Xuchang University, 2011, 30(5): 93-96 (in Chinese).
- [5] 李亚峰,张文静,马晨曦. pH值和DO对厌氧氨氧化脱氮性能的影响[J]. 沈阳建筑大学学报:自然科学版,2013,29(4):715-720.
Li Yafeng, Zhang Wenjing, Ma Chenxi. The impact of pH and DO on nitrogen removal of Anammox[J]. Journal of Shenyang Jianzhu University: Natural Science, 2013, 29(4): 715-720 (in Chinese).
- [6] 吴国旭,杨永杰,王旭. 生物接触氧化法及其变形工艺[J]. 工业水处理,2009,29(6):9-11.
Wu Guoxu, Yang Yongjie, Wang Xu. Biological contacted oxidation process and its development technology[J]. Industrial Water Treatment, 2009, 29(6): 9-11 (in Chinese).
- [7] 姜瑞,于振波,李晶,等. 生物接触氧化法的研究现状分析[J]. 环境科学与管理,2013,38(5):61-63,93.
Jiang Rui, Yu Zhenbo, Li Jing, *et al.* Research situation of bio-contact oxidation process[J]. Environment Science and Management, 2013, 38(5): 61-63, 93 (in Chinese).
- [8] 赵贤慧. 生物接触氧化法及其研究进展[J]. 工业安全与环保,2010,36(9):26-28.
Zhao Xianhui. Bio-contact oxidation and its research process[J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2010, 36(9): 26-28 (in Chinese).



作者简介:熊鸿斌(1963-),男,安徽合肥人,博士,教授,博士生导师,研究方向包括水污染处理技术、噪声污染控制技术、城市环境规划与管理、环境影响评价理论与方法、生态与可持续发展。

E-mail: xhb6324@sina.com

收稿日期:2019-02-27