

水解酸化-接触氧化-MBR工艺处理月饼加工废水

吴先威, 刘松, 胡耀笛, 王燕, 易俊, 戴捷
(长江大学 化学与环境工程学院, 湖北 荆州 434023)

摘要: 采用水解酸化-两段生物接触氧化-MBR工艺处理含有高SS、高COD的月饼加工废水,设计处理能力为 $100\text{ m}^3/\text{d}$ 。连续90 d的运行结果表明,在进水水质波动较大的情况下,对COD、氨氮和SS的去除率分别达到99%、98%和99%,出水水质达到了《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)的城市绿化标准。各工艺段污水荧光图谱分析结果显示,水解酸化、两段生物接触氧化能显著降低芳香蛋白类物质、可见区类富里酸和类色氨酸物质的荧光强度,仅存较难处理的类腐殖酸物质的特征荧光峰。工程实践表明,该处理系统运行稳定,操作简单,具有良好的经济效益和环境效益。

关键词: 月饼加工废水; 生物接触氧化; 膜生物反应器; 污水再生利用; 荧光图谱
中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)16-0102-04

Food Processing Wastewater Treatment by a Combined Process of Hydrolytic Acidification, Biological Contact Oxidation and MBR

WU Xian-wei, LIU Song, HU Yao-di, WANG Yan, YI Jun, DAI Jie
(College of Chemistry & Environmental Engineering, Yangtze University, Jingzhou 434023, China)

Abstract: The mooncake processing wastewater containing high SS and COD was treated by hydrolytic acidification, two-stage biological contact oxidation and MBR process with a treatment capacity of $100\text{ m}^3/\text{d}$. After continuous operation for 90 days, the results showed that the removal rates of COD, ammonia nitrogen and SS still reached 99%, 98% and 99%, respectively, under great variation of influent quality. The effluent quality met the standard for urban greening in *The Reuse of Urban Water Recycling—Water Quality Standard for Urban Miscellaneous Water Consumption* (GB/T 18920-2002). Fluorescence spectra analysis of each process section indicated that the fluorescence intensities of aromatic protein, fulvic acid-like and tryptophan-like in visible spectrum were obviously reduced through the process of hydrolytic acidification and two-stage biological contact oxidation, and most of the organic matters except remaining refractory humic acid components in the effluent were carbonized by MBR. The engineering practice showed that this treatment system was stable, easy to operate and had great economic and environmental benefits.

Key words: mooncake processing wastewater; biological contact oxidation; membrane bioreactor; wastewater reclamation and utilization; fluorescence spectrum

MBR 是生化处理工艺与膜分离技术的有机结合^[1],已广泛应用于化工、电镀、冶金、造纸、纺织、医药、市政等领域的污水处理^[1,2]。现有工程实践表明,MBR 出水水质优良,但运行过程中产生的膜污染导致运行成本升高,或成为推广应用的限制性因素^[3,4]。以 MBR 为主体工艺处理某月饼加工厂废水,考察出水是否能达到城市污水再生利用标准,并初步核算稳定运行成本,以期为 MBR 工艺在污水再生回用领域的推广提供工程参考。

1 工程概况

该厂废水由生产废水和员工生活污水(约 10%)组成,实际水量约 80 m³/d。设计规模为 100 m³/d。月饼加工废水中的主要污染物成分包含蛋白质、糖类、维生素、氨基酸、淀粉、色素等,以及无机盐、柠檬酸等无机化合物,COD、BOD₅、SS 含量高,含有一定的氨氮,无有毒物质。出水水质执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)标准。设计进、出水水质如表 1 所示。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	pH 值	COD/ (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	氨氮/ (mg · L ⁻¹)	SS/ (mg · L ⁻¹)
进水	6 ~ 9	≤ 1 500	≤ 600	≤ 50	≤ 1 200
出水	6 ~ 9	≤ 40	≤ 20	≤ 10	≤ 15

2 废水处理工艺

2.1 废水处理工艺选择

原水 B/C 值为 0.40,可生化性较好,故优先选用生物处理工艺。

2.1.1 预处理工艺

预处理综合使用化粪池和细格栅。废水经过化粪池沉淀和厌氧发酵,去除部分大粒径悬浮物,降解部分有机物;然后进入细格栅,去除大部分悬浮物。

2.1.2 主体工艺

废水可生化性较好,通过技术经济比较,采用水解酸化+两段生物接触氧化+MBR 工艺。水解酸化主要是将一些难降解大分子有机物转化为易降解小分子有机物,将一些不溶性有机物转化为溶解性有机物,改善废水的可生化性^[5]。生物接触氧化法的硝化性能优于普通活性污泥法,其更有利于世代较长的硝化细菌生长繁殖。为了更加充分地发挥不同细菌对不同污染物的净化效能,应用微生物生态调控技术分别对两座串联运行的生物接触氧化池提

供不同的营养及环境条件,即提高第一级池中优势菌种的数量和活性,提高第二级池中原生动物和后生动物的数量,从而使两池有不同的微生物种群组成,以提高处理效率^[6]。MBR 中膜组件和生化反应器的有机结合,实现了污泥龄和水力停留时间的分离,不仅提高了系统的处理能力和稳定运行程度,而且还强化了对难降解有机物的去除效果。

2.2 污泥处理工艺

由于主体工艺采用生物接触氧化工艺,污泥产量较少,还兼具污泥性质稳定、污泥龄较长等优点。综合分析,对该工程污泥直接进行收集、储存。

2.3 工艺流程

综合考虑废水水质及出水要求,确定了废水处理工艺流程(见图 1)。

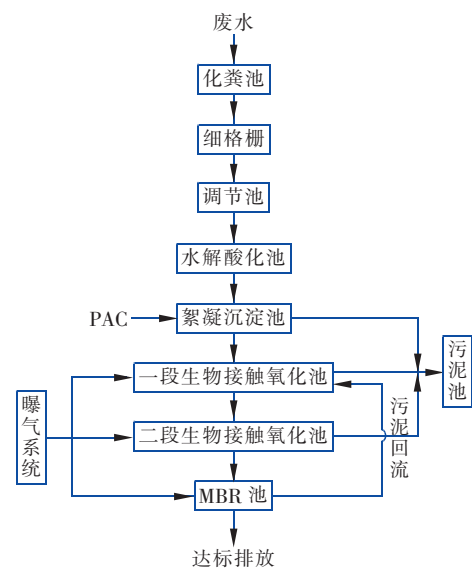


图 1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

3 主要构筑物及设计参数

① 化粪池。地下式钢筋混凝土结构,有效水深为 2.5 m,有效容积为 25 m³。

② 细格栅。格栅渠为矩形单槽式结构,槽宽为 300 mm,栅隙为 5 mm,安装倾角为 70°,槽内配一台手动不锈钢细格栅。

③ 调节池。地下式钢筋混凝土结构,有效容积为 54 m³,池内设潜水排污泵,防止在暴雨时水处理不及时,直接进行排污。

④ 水解酸化池。地下式钢筋混凝土结构,有效容积为 54 m³,HRT 为 12 h。池内装有立体弹性填料,2 台提升泵(1 用 1 备)和浮球液位计。

⑤ 絮凝沉淀池。地下式钢筋混凝土结构,絮凝池有效容积为 12 m^3 ,池内有潜水搅拌机,加药设备1套。沉淀池有效容积为 12 m^3 ,池内装有斜板。

⑥ 生物接触氧化池。生物接触氧化池由池体、填料、布水装置及曝气装置等部分组成。一段生物接触氧化池有效容积为 36 m^3 ,水力停留时间为 8.6 h ;二段生物接触氧化池有效容积为 20 m^3 ,水力停留时间为 4.8 h 。池内装有立体弹性填料,微孔曝气盘,三叶罗茨风机2台(1用1备)。

⑦ MBR池。有效容积为 14 m^3 ,池内有膜组件、PVDF膜、污泥回流泵、自吸泵(1用1备)、反冲洗泵(1用1备)、浮球液位计。

⑧ 污泥池。有效容积为 12 m^3 。

4 运行效果

废水处理设施建成后,对处理效果进行了为期90 d的连续监测。

4.1 对污染物的去除效果

① COD

运行过程中对COD的去除效果见图2。

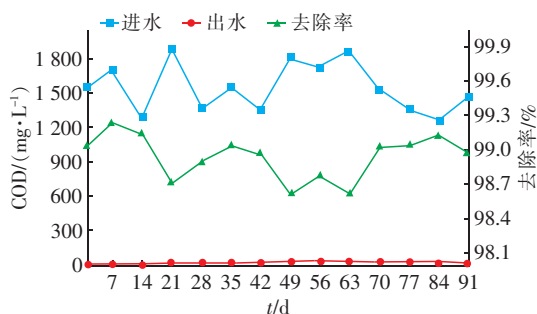


图2 运行过程中对COD的去除效果

Fig. 2 Concentration and removal rate of COD during operation

由图2可以看出,运行初期系统出水COD浓度较高且波动较大,通过进一步调试,COD去除率逐渐提高,出水COD一直稳定达标。系统运行到第40天时,由于风机出现故障,5天后出水变红,生化池内有大量污泥上浮,出水COD浓度升高;立即启动备用风机,两天后生化池中浮泥消失,出水COD稳定在 15 mg/L 左右。49天之后出水COD稳定在 $12 \sim 18 \text{ mg/L}$,平均值为 15 mg/L ,COD去除率稳定在 $98.1\% \sim 99.2\%$ 。出水 BOD_5 平均值为 7 mg/L , BOD_5 去除率稳定在 98.8% 左右。

② 氨氮

运行过程中对氨氮的去除效果见图3。

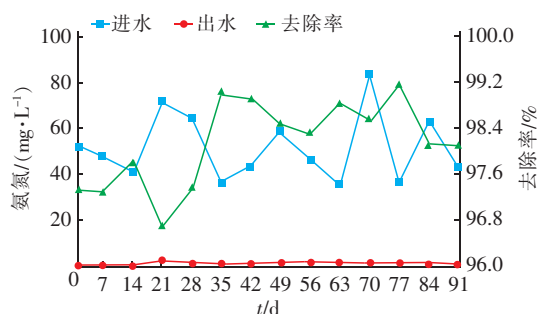


图3 运行过程中对 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的去除效果

Fig. 3 Concentration and removal rate of $\text{NH}_3 - \text{N}$ during operation

由图3可知,在运行初期进水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 波动较大,最高达到 70 mg/L ,导致出水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 升高。系统稳定运行后,出水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 为 $0.5 \sim 0.8 \text{ mg/L}$,去除率为 $96\% \sim 99\%$ 。

③ SS

进水SS较高,经过化粪池、细格栅拦截后SS降至 500 mg/L 左右,通过絮凝沉淀池后,SS降至 100 mg/L 左右。工艺末端废水经过膜组件抽吸,出水SS直接降到约 1.2 mg/L ,SS去除率稳定在 99% 左右。

4.2 荧光图谱分析

不同工段出水荧光光谱见图4。

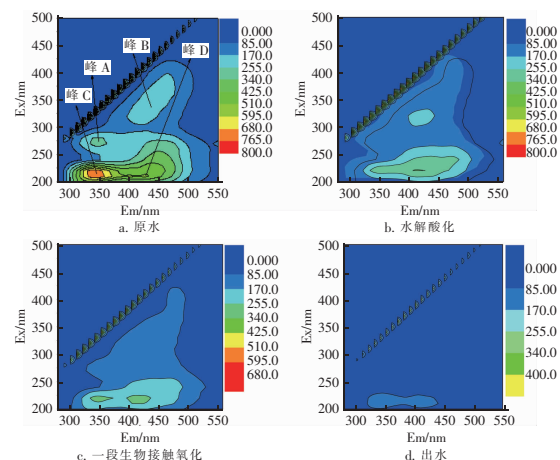


图4 月饼加工废水不同工艺段出水荧光光谱

Fig. 4 Fluorescence spectrum of effluent from different process sections of mooncake processing wastewater

废水原水样三维荧光光谱图中共有4个荧光特征峰,分别为荧光峰A(类芳香蛋白质荧光峰, $\text{Ex}/\text{Em} = 270 \sim 280 \text{ nm}/335 \sim 363 \text{ nm}$)、荧光峰B(可见区类富里酸荧光峰, $\text{Ex}/\text{Em} = 300 \sim 390 \text{ nm}/428 \sim 439 \text{ nm}$)、荧光峰C(类色氨酸荧光峰, $\text{Ex}/\text{Em} = 210$)。

~220 nm/310~359 nm)、荧光峰 D(类腐殖酸荧光峰, $E_x/E_m = 210 \sim 223 \text{ nm}/418 \sim 431 \text{ nm}$), 每个特征荧光峰代表着不同类的有机物^[7]。从图 4 看出, 在整个系统处理过程中, 光谱图中的特征荧光峰在不断发生变化, 总体表现为荧光强度持续降低, 这与图 2 中进、出水 COD 值的信息一致。对比 4 个光谱图, 发现峰 A、峰 B、峰 C 经过一系列处理后, 荧光强度显著降低, 其特征峰在出水中已消失, 说明水解酸化+两段生物接触氧化+MBR 对这三类有机污染物的降解效果很显著。在出水光谱图中类腐殖酸物质的特征峰 D 仍然存在, 原因是该类物质难以降解。总体而言, 系统出水 COD 已降到 15 mg/L 左右, 完全达到了《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)的城市绿化标准。

5 效益分析

本工程总投资为 63.53 万元, 包括建筑工程费 37.01 万元、设备供货及安装费 12.7 万元、其他费用 13.82 万元。实际处理水量按 80 m³/d 计, 运行费用主要包括药剂费和电费, 因工程不需专人实时维护, 暂不考虑人工费。核算如下: ①药剂费为 0.099 7 元/m³, 其中 PAC 用量为 2.5 kg/d, 次氯酸钠溶液用量为 100 kg(每三个月); ②电费为 0.907 5 元/m³, 各类用电设备运行总功率为 6.9 kW, 电价按 0.57 元/(kW·h)计。总运行费用为 1.007 2 元/m³。如果使用工艺出水进行园林绿化, 当地水价按 1.06 元/m³、回用量按 60 m³/d 计, 则可以节约 63.6 元/d。

6 结论

采用水解酸化+两段生物接触氧化+MBR 处理月饼加工废水, 运行结果表明, 该工艺处理月饼加工废水具有良好的效果, 对 COD、氨氮和 SS 的去除率分别达到 99%、98% 和 99%, 出水水质达到了《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)的城市绿化标准。该系统抗冲击负荷的能力强, 运行能耗较低, 有推广应用价值。

参考文献:

- [1] 刘会应, 冯志江, 戴捷, 等. 复合式膜生物反应器废水处理技术研究进展[J]. 工业水处理, 2016, 36(1): 7-11.
Liu Huiying, Feng Zhijiang, Dai Jie, et al. Research progress in wastewater treatment techniques by using compos-

ite membrane bioreactor[J]. Industrial Water Treatment, 2016, 36(1): 7-11 (in Chinese).

- [2] Malamis S, Katsou E, Chazilias D, et al. Investigation of Cr(Ⅲ) removal from wastewater with the use of MBR combined with low-cost additives[J]. J Membr Sci, 2009, 333(1/2): 12-19.
- [3] Feng Z J, Wu M, Dai J, et al. The effects of different carriers on removal performance and membrane fouling by HMBR in treating sewage with low carbon-to-nitrogen ratio[J]. Process Saf Environ Prot, 2016, 102: 768-776.
- [4] 沈悦嘯, 王利政, 莫颖慧, 等. 膜生物反应器的最新研究进展[J]. 中国给水排水, 2010, 26(12): 22-27.
Shen Yuexiao, Wang Lizheng, Mo Yinghui, et al. State of the art of membrane bioreactors[J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(12): 22-27 (in Chinese).
- [5] 陆迪春, 王秀华, 吴成强. 高浓度酯化废水处理工程运行实践[J]. 中国给水排水, 2013, 29(22): 113-115.
Lu Dichun, Wang Xiuhua, Wu Chengqiang. Operation practice of high-concentration esterification wastewater treatment project[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(22): 113-115 (in Chinese).
- [6] 景长勇, 纪献兵, 凌绍华. 大蒜切片加工废水处理工程实践[J]. 中国给水排水, 2016, 32(22): 124-127.
Jing Changyong, Ji Xianbing, Ling Shaohua. Practice of garlic slice wastewater treatment project[J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(22): 124-127 (in Chinese).
- [7] Sun M X, Wu M, Dai J, et al. 3DEEM spectroscopy analysis to assess the EPS composition in HMBR systems[J]. Water Sci Technol, 2016, 74(11): 2708-2716.



作者简介: 吴先威(1991-), 男, 湖北麻城人, 硕士研究生, 研究方向为水处理技术。

E-mail: 15872137910@163.com

收稿日期: 2017-12-11