

混凝沉淀 - SBBR 技术处理酱菜废水的工程设计

罗晓栋, 姚创, 李诗瑶, 黄力彦, 谭艳来, 吴艳, 岳建雄, 严明, 尹发平

(广东省工程技术研究所/广东省水环境污染控制重点实验室, 广东广州 510440)

摘要 采用混凝沉淀-序批式生物膜反应器(SBBR)工艺处理酱菜废水,工程运行结果表明,工艺适合低盐度酱菜废水处理,当进水 COD 质量浓度为 800.0~1 200.0 mg/L, $\text{NH}_4\text{-N}$ 为 20.0~40.0 mg/L, TP 为 4.0~7.0 mg/L 时,处理后出水 COD 浓度为 64.0~88.0 mg/L, $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度为 2.0~4.0 mg/L, TP 浓度为 0.3~0.5 mg/L, 达到污水综合排放标准(GB 8978—1996)一级标准。

关键词 酱菜废水; SBBR; 工程设计

中图分类号 S181 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)12-079-03

Engineering Design for Pickle Wastewater Treatment by Coagulation Sedimentation - SBBR Technology

LUO Xiao-dong, YAO Chuang, LI Shi-yao et al (Guangdong Research Institute of Engineering Technology, Key Laboratory of Water Environment Pollution Control of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510440)

Abstract The combined process of "coagulation sedimentation-sequencing batch biofilm reactor (SBBR)" was used for treating the pickle wastewater. The results showed that the process was suitable for low salinity pickled wastewater. When the influent COD was 800.0 - 1 200.0 mg/L, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ was 20.0 - 40.0 mg/L and TP was 4.0 - 7.0 mg/L, the effluent COD was 64.0 - 88.0 mg/L, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ was 2 - 4 mg/L, and TP was 0.3 - 0.5 mg/L, which could meet the first grade criteria of the national integrated wastewater discharge standard (GB8978 - 1996).

Key words Pickle wastewater; SBBR; Engineering design

酱菜是我国人民的传统美食,而酱菜生产企业排放的废水量大,处理难度大,采用传统的生物处理方法效果不理想。混凝沉淀-序批式生物膜反应器(SBBR)工艺生物量丰富,污泥活性高,耐冲击负荷。目前国内外学者利用 SBBR 工艺对腌渍废水、餐饮废水、垃圾渗滤液和海水养殖废水等含盐废水进行了大量试验和实践,取得了良好的效果^[1-5]。

混凝沉淀-SBBR 技术处理酱菜废水工程于 2015 年 3~6 月建设,2015 年 6 月开始调试,2015 年 8 月完成调试。现工程运行稳定,出水水质满足《污水综合排放标准》GB8978—96 一级标准。笔者综述了混凝沉淀-SBBR 技术处理酱菜废水工程设计,分析了运行成本和效益,旨在为高盐废水的处理提供借鉴。

1 废水处理工艺

1.1 废水水量水质 混凝沉淀-SBBR 技术处理酱菜废水工程的污水处理站废水主要来源于酱菜生产过程中间歇排放的腌制废水、淘洗水、脱盐水、压榨脱水和车间清洗废水等,废水产生量 72 m³/d。水质状况见表 1。

表 1 进出水水质设计

Table 1 Design of influent and effluent quality mg/L

指标 Index	进水 Influent	出水 Effluent
COD _{Cr}	800.0~1 200.0	90.0
BOD ₅	300.0~400.0	10.0
SS	400.0~500.0	40.0
$\text{NH}_4\text{-N}$	20.0~35.0	5.0
TP	3.0~10.0	0.5

后,会在微生物水解酶的作用下发生降解,在降解过程中消耗大量溶解氧,极易造成水中溶解氧不足,使有机物厌氧发酵,导致水体发黑发臭。

总体来看,该工程具有以下特征:①生产废水分时段排放,水量和水质波动大,不均匀程度很高;②废水中有机物浓度较高, B/C 大于 0.4,且含盐量低,不含其他有毒物质,属于高浓度可生化性强的有机废水;③业主方属于中小型企业,可用于工程的土地有限,且难于承受高昂的处理费用;④废水含有一定的油脂、蔬菜残渣等悬浮固体及泥沙等不可生物化的物质,须在前期去除,以利于减轻后续好氧生化处理负荷,减少工程占地面积。

1.2 工艺流程选择 为保证出水水质稳定,采用以生化为主体,辅以除油和去除悬浮物的混凝工艺。从水量特点、占地及建设运行费用等方面综合考虑,拟采用混凝沉淀-SBBR 为主体的工艺,处理后出水达到表 1 要求。

选用 SBBR 工艺的原因是序批式生物膜法结合生物膜反应器和序批式活性污泥法的优点,利用填料生物膜代替传统活性污泥,以序批式运行,相比传统工艺,提高了系统的污泥浓度,有更大的抗冲击负荷,增加了微生物与污水接触面积,提高了硝化菌和聚磷菌的固着量,防止微生物流失^[6-7];处理效果好,工艺稳定性高,同步脱氮除磷效果更佳^[8];产泥量少,操作简便,建设运行费用低廉^[9]。

1.3 工艺流程说明 该工程处理工艺流程如图 1 所示。根据该生产废水的性质及工艺工况要求,废水首先流经格栅井,利用机械格栅去除废水中的漂浮物和蔬菜残渣等,之后自流进入隔油池去除悬浮性油类物质。经过格栅和隔油池处理的废水进入调节池,均衡水质和水量,降低对后续生化系统的冲击负荷。调节池出水经泵提升至混凝反应池,在混凝反应池中投加药剂,废水与药剂充分混合、反应,然后进入斜板沉淀池,除去大部分的非溶解性污染物和悬浮物质,上清

该工程废水富含有机碳水化合物和油脂类,排入水体

基金项目 广东省直科研机构创新能力建设项目(2013B060600009)。
作者简介 罗晓栋(1984-),男,广东兴宁人,工程师,从事高浓度难降解废水处理研究。
收稿日期 2016-03-21

液进入中间水池。沉淀池内的污泥经污泥泵抽出至污泥浓缩池。预处理后的废水,经泵提升至SBBR池,通过曝气充氧,水中有机物被好氧微生物絮凝、氧化、分解。充氧结束后,泥水混合物静置实现泥水分离,将上清液排放,剩余污泥经污泥泵抽出至污泥浓缩池。工艺工程产生的污泥均排向污泥浓缩池,浓缩池上清液自流入调节池,浓缩污泥经泵压入污泥压滤机进行脱水处理,滤液回流至调节池,泥饼外运处理。

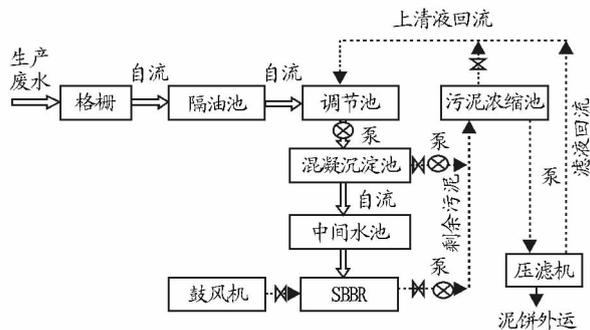


图1 混凝沉淀-SBBR技术处理酱菜废水工程工艺流程

Fig.1 Technical process of processing pickle wastewater by coagulation sedimentation-SBBR

2 主要构筑物和设计参数

2.1 格栅井

污水处理站污水进水从格栅井流入,经格栅除去较大悬浮物和漂浮物后,流入调节池,格栅井设置于调节池内。格栅井平面尺寸为 $2.60\text{ m} \times 0.80\text{ m}$,有效水深 1.80 m ,有效容积 3.70 m^3 。格栅自带栅渣筐,自动收集固体杂质并渗滤出杂质中的部分水分。

2.2 隔油池 隔油池为地下式,钢筋混凝土结构,设计水量为 $11.7\text{ m}^3/\text{h}$,尺寸为 $L \times B \times H = 2.00\text{ m} \times 1.00\text{ m} \times 1.70\text{ m}$,有效水深 0.75 m ,有效容积 1.50 m^3 ,水力停留时间 0.2 h ,钢筋混凝土结构。隔油池主要去除废水中的悬浮动植物油脂类,降低其对后续生化作用的影响。

2.3 调节池 调节池为地下钢筋混凝土结构,设计水量 $72\text{ m}^3/\text{d}$,尺寸为 $L \times B \times H = 4.50\text{ m} \times 3.00\text{ m} \times 4.00\text{ m}$,有效水深 3.50 m ,有效容积 47.25 m^3 ,水力停留时间 8.0 h 。调节池内布置曝气系统,曝气搅拌均匀废水水质,保障后续工艺的稳定运行,同时防止废水厌氧酸化。

调节池出口处设1台pH在线监控仪,通过pH在线监控仪在线控制加药间加碱泵的启停。 $\text{pH} < 8.0$ 时,加碱泵启动; $\text{pH} > 8.5$ 时,加碱泵关闭。

调节池出口设1台超声波液位计,当池中水深 $< 0.3\text{ m}$ 时,控制提升泵停;当池中水深 $> 1.0\text{ m}$ 时,控制提升泵启动。

2.4 混凝池 混凝池为地上钢筋混凝土结构,设计水量 $15\text{ m}^3/\text{h}$,尺寸为 $L \times B \times H = 1.50\text{ m} \times 3.00\text{ m} \times 1.50\text{ m}$ (超高 40 cm),有效水深 1.10 m ,有效容积 5.00 m^3 ,停留时间 0.33 h (20 min)。混凝池进水端设1台管道混合器,通过计量泵投加聚合氯化铝。混凝池在搅拌作用下投加PAM。

2.5 斜板沉淀池(半地上式) 设计水量 $18\text{ m}^3/\text{h}$,尺寸为 $L \times B \times H = 3.00\text{ m} \times 3.00\text{ m} \times 4.00\text{ m}$,有效水深 3.50 m ,有效容积 28.20 m^3 ,水力停留时间 50 min 。

2.6 SBBR池(地上式) 设计水量 $72\text{ m}^3/\text{d}$,尺寸为 $L \times B \times H = 4.50\text{ m} \times 3.00\text{ m} \times 4.50\text{ m}$,有效水深 4.00 m ,有效容积 54.00 m^3 ,水力停留时间 12.0 h 。

SBBR池分为2格,每天运行2个周期,每个周期 12.0 h ,其中进水 1.0 h ,曝气 8.5 h ,沉淀 1.0 h ,排水排泥 1.5 h 。

2.7 污泥浓缩池 该浓缩池的尺寸为 $L \times B \times H = 2.00\text{ m} \times 2.00\text{ m} \times 3.00\text{ m}$,浓缩池内污泥每 2 d 用泵抽至板框压滤机进行压滤。

3 工程调试

该废水处理工程于2015年6月初竣工,随后进入调试阶段。SBBR系统采用污泥接种法驯化培菌,接种污泥取自附近某污水处理厂氧化沟的活性污泥。首先,将活性污泥配置成质量浓度为 $4 \sim 5\text{ g/L}$ 的料液,将聚丙烯填料加入料液中,闷曝 48.0 h ,然后停止曝气,自然静沉排去上清液,此时加入少量的新鲜污水,继续闷曝 24.0 h ,而后缩短曝气 12.0 h ,曝气期间保持搅拌。闷曝、搅拌、静沉经历 6 d 后,填料开始挂膜。

之后按周期运行(12 h 为1个周期),每天运行2个周期。待运行稳定后,逐步提高进水负荷,每 $5 \sim 6\text{ d}$ 提高1次负荷,增加幅度为 $20\% \sim 30\%$ 。驯化挂膜过程中通过生物镜检和化验检测等手段观察SBBR池的运行状况,并观察和调试各种设备仪器的运行。

2015年8月下旬,SBBR池污泥活性明显增强,沉降性能良好,镜检池中可见较多钟虫、累枝虫、表壳虫等原生动物,表明污泥已经成熟,同时出水的COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 和TP等指标稳定达标,完成调试。

4 工程运行效果

该工程2015年8月下旬完成调试,日处理水量约 $72\text{ m}^3/\text{d}$,现运行稳定。验收时,连续 15 d 对该工程出水进行了水质监测,出水稳定达标。

从图2~4可以看出,运行期间进水水质波动较大,进水COD浓度为 $800.0 \sim 1\,200.0\text{ mg/L}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度为 $20.0 \sim 40.0\text{ mg/L}$,TP浓度为 $4.0 \sim 7.0\text{ mg/L}$ 。

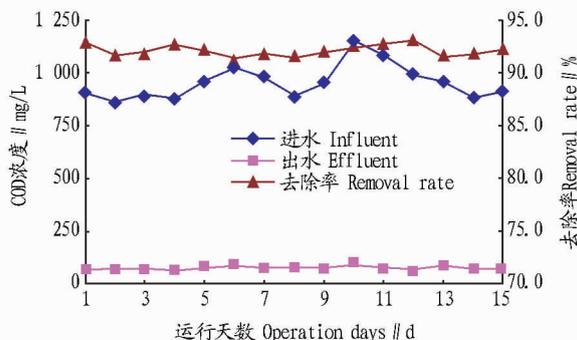


图2 COD浓度随运行天数的变化情况

Fig.2 The change of COD content with operation days

该工程设置的隔油-混凝沉淀预处理工艺表现出良好的处理效果,去除了大部分的悬浮性固体和油脂类物质,同时调节池均衡了水质水量。预处理后废水COD浓度为 $350.0 \sim 400.0\text{ mg/L}$,TP小于 3.0 mg/L , $\text{NH}_4\text{-N}$ 为 $14.0 \sim 18.0\text{ mg/L}$,

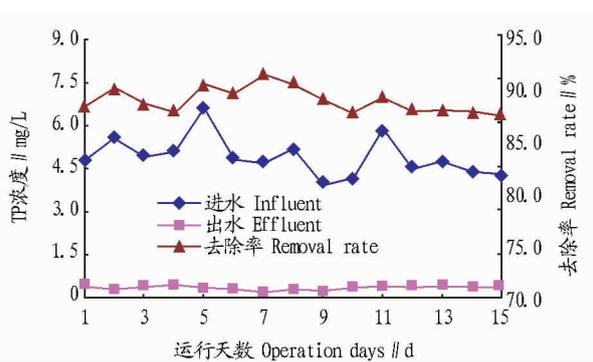
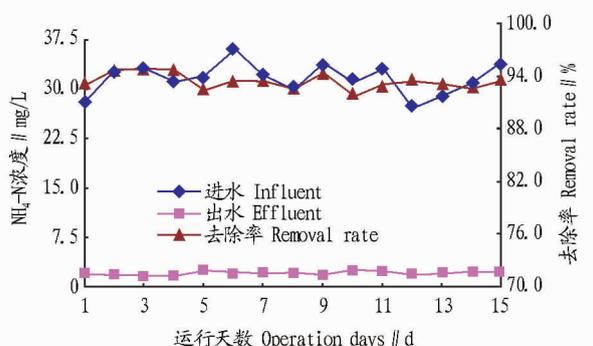


图3 TP 浓度随运行天数的变化情况

Fig.3 The change of TP content with operation days

图4 NH₄-N 浓度随运行天数的变化情况Fig.4 The change of NH₄⁺-N content with operation days

BOD 为 120.0 ~ 150.0 mg/L,符合 SBBR 工艺进水要求。

预处理废水经 SBBR 最终处理后排放,出水 COD 浓度为 64.0 ~ 88.0 mg/L,NH₄-N 浓度为 2.0 ~ 4.0 mg/L,TP 浓度为 0.3 ~ 0.5 mg/L,COD、TP 和 NH₄-N 的去除率均超过 90.0%,各项指标达到且优于设计出水水质要求。

表2 项目运行成本

Table 2 The project operation cost 元/t

序号	费用项目	运行成本
Serial No.	Project cost	Operation cost
1	动力费	0.55
2	工资福利费	0.91
3	药剂费	0.11
合计		1.57

5 运行成本和效益分析

5.1 运行成本

该工程运行费用主要包括动力费,运行管

理人员工资福利和药剂费用。工程总装机运行功率 120.0 kW/d,实际运行功率 65.5 kW/d,电费按 0.6 元/(kW·h) 计算,动力费约 0.55 元/t。该废水处理站机械化、自动化程度较高,只需设置管理人员 1 名,因此,工资福利费为 24 000 元/a。药剂主要包括絮凝剂的使用,费用约 0.11 元/t。通过上述测算表明,该工程污水的运行成本为 1.57 元/t(表 2),年运行费用 3.39 万元。

5.2 效益分析

该工程污水处理能力 $Q = 72 \text{ m}^3/\text{d}$,工程总占地面积约 80 m²,工程总投资 49.54 万元,其中土建费用 20.70 万元,设备费 26.16 万元。运行成本 1.57 元/t,年运行费用 3.39 万元。

废水处理站投入运行后,减少了污染物的排放,降低了对周边水体和生态环境的影响。工程运行期间的污染物年削减量 COD_{Cr} 为 23.65 t/a,BOD₅ 9.27 t/a,NH₄-N 0.53 t/a,TP 0.15 t/a。

6 结论

混凝沉淀-SBBR 技术处理酱菜废水工程运行表明,SBBR 工艺间歇性运行的特征很好地解决了酱菜生产企业排水水量水质波动大的问题,具有良好的操作性,投资运行成本低。工艺处理效果好,出水各项指标均可达到《污水综合排放标准》GB8978—96 一级标准,运行稳定,适合于低盐度酱菜生产废水的治理。

参考文献

- [1] 陈焱,曾朝银,龙腾锐,等. 榨菜综合废水好氧生物处理工艺的选择试验[J]. 中国给水排水,2009,25(15):21-25.
- [2] 毛雪梅. 多维曝气 SBBR 工艺处理餐饮废水实验研究[D]. 重庆:重庆工商大学,2014.
- [3] 徐峥勇,杨朝晖,曾光明,等. 序批式生物膜反应器(SBBR)处理高氨氮渗滤液的脱氮机理研究[J]. 环境科学学报,2006,26(1):55-60.
- [4] 常凤民,王启宝,周岳溪,等. SBBR 处理腈纶生产废水的实验研究[J]. 环境科学与技术,2012,35(9):117-120.
- [5] 王哲. SBR 和 SBBR 工艺处理海水养殖废水的研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2014.
- [6] ANDRADE DO CANTO C S, RODRIGUES J A D, RATUŠZNEI S M, et al. Feasibility of nitrification/denitrification in a sequencing batch biofilm reactor with liquid circulation applied to post treatment[J]. Bioresource technology, 2008, 99(3):644-654.
- [7] 王荣娟,杨朝晖,曾光明,等. 不同供氧策略对 SBBR 反应器实现短程硝化厌氧氨氧化的影响分析[J]. 环境科学学报,2007,27(11):1809-1817.
- [8] 易艳红,李小江,孙红松,等. 新型 SBBR 工艺处理低 C/N 值生活污水的研究[J]. 中国给水排水,2011,27(3):12-15.
- [9] 汪大群,雷乐成. 水处理新技术及工程设计[M]. 北京:化学工业出版社,2001.

(上接第 78 页)

参考文献

- [1] CARPENTER D J, CARPENTER S M. Modeling inland water quality using Landsat data[J]. Remote sensing of environment, 1983, 13:345-352.
- [2] 周先传,徐升. 巢湖蓝藻水华遥感监测初探[J]. 中国环境监测,2010,26(3):36-39.
- [3] 宋瑜,宋晓东,江洪. 太湖藻类的遥感监测研究[J]. 遥感信息,2008(4):102-108.
- [4] 李亚春,孙佳丽,谢志清,等. 基于 MODIS 植被指数的太湖蓝藻信息提取方法研究[J]. 气象科学,2011,31(6):737-741.
- [5] 刘莹. 巢湖蓝藻富营养化监测与预警优化研究[D]. 合肥:合肥工业大

- 学,2012.
- [6] 陈静,吴传庆,申维,等. 基于环境一号卫星 CCD 数据的巢湖叶绿素 a 的动态监测[J]. 中国环境监测,2012,28(1):116-119.
- [7] 陈春波,周宝同,田永中,等. 环境一号卫星多光谱数据在巢湖蓝藻动态监测中的应用[J]. 中国环境监测,2014,30(1):200-204.
- [8] 杨何群,周红妹,尹球,等. FY-3 气象卫星 MERSI 数据快速预处理的 IDL 实现[J]. 遥感技术与应用,2012,27(4):566-574.
- [9] 李旭文. Landsat-7 SLC-OFF ETM 遥感数据下载及在太湖蓝藻水华监测中的应用[J]. 环境监测管理和技术,2009(3):54-57.
- [10] 刘淑英,牛志春,徐升. 巢湖富营养化遥感监测[J]. 环境监测管理和技术,2010,22(4):55-57.