

# 沉淀 - SBR 组合工艺处理肉类加工废水工程实践

蒋绍阶<sup>1</sup> 张显忠<sup>1</sup> 张 智<sup>1</sup> 魏虎兵<sup>2</sup>

(1 重庆大学城市建设与环境工程学院,重庆 400045; 2 合肥世春环境工程有限责任公司,合肥 230041)

**摘要** 介绍了采用沉淀 - SBR 组合工艺处理某肉类加工废水的工程设计调试及运行情况,并对系统调试出现的问题进行了阐述。工程实践表明,该组合工艺具有较好的抗冲击负荷能力,能够很好地达到降解有机物和去除  $\text{NH}_3 - \text{N}$  的目的,处理后水质达到国家《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB 13457—92)一级排放标准,其中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{BOD}_5$ 、SS 和  $\text{NH}_3 - \text{N}$  平均去除率分别为 87.39%、93.46%、94.02%和 90.97%。

**关键词** 肉类加工废水 同步硝化反硝化 SBR 工艺 沉淀

安徽省某县一肉类食品有限责任公司目前主要从事畜牧、家禽、水产和野兔等产品的收购、加工及畜禽饲养业务,随着企业生产规模的扩大,外排的生产废水量也逐渐增大。为使企业生产废水达标排放,选择了一种造价和运行费用低,运行稳定,管理简便的废水处理工艺。

## 1 废水水质、水量及排放标准

根据公司的生猪宰杀规模、水量情况及生产现状条件,确定废水处理规模为  $50 \text{ m}^3/\text{d}$ 。考虑公司最大生产量及远期发展情况,设计能力为  $100 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

该公司在生产过程中,基本做到血液、猪毛回收,内脏集中处理,生产废水中的血液和蛋白质物质

大大削减,但其中的粪便随冲洗水一同排出,其固体悬浮物含量相对较高。设计进水水质根据该公司提供的水质监测资料及类似企业生产废水水质确定,出水执行国家《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB 13457—92)一级排放标准。具体设计进水水质和排放标准见表 1。

## 2 工艺流程及主要构筑物设计参数

近年来,国内外肉类加工废水常用化学法、生物法、厌氧生物处理以及组合工艺处理<sup>[1]</sup>,其中生化法组合工艺应用较多<sup>[2~4]</sup>。针对该公司肉类加工废水可生化性强、生物残体量大、悬浮物含量高、规模小且流量变化大的特点,将经细格网拦截大固体颗粒

效果有一定影响。反应时间过长,连续搅拌的剪力作用将导致形成絮体颗粒的直径变小。采用纯碱-烧碱法对排污水进行软化时,加药后的反应时间宜控制在 30 min 以内。

### 2.4 投药方式的选择

对于现场操作,可采用两种加药方式:定时分析装置进水的  $\text{Ca}^{2+}$  浓度、总硬度和总碱度,根据分析结果确定加药量;根据水质波动的范围,确定一个固定的加药量。试验对这两种方法均进行了考察,结果见表 3。试验用水为模拟水,反应时间为 20 min,沉降时间为 30 min。

由表 3 可知,根据水质实时确定加药量,出水的  $\text{Ca}^{2+}$  浓度、总硬度和总碱度都比较稳定,有利于后续循环水系统的稳定运行,但操作相对复杂。固定加药

量时,出水的  $\text{Ca}^{2+}$  浓度、总硬度和总碱度都有波动,当原水总硬度较高时,可能导致装置出水总硬度超标;而原水总硬度较低,可能导致装置出水碱度过高。对于稳定运行的循环水系统,排污水的水质变化不大,固定合适的加药量投加,即可以获得良好的软化效果。

### 3 经济效益分析

采用纯碱-烧碱软化法,在试验确定的纯碱和烧碱投加量下,药剂费用约为  $0.94 \text{ 元}/\text{m}^3$ ,其他成本(各单元的操作费用、公用工程消耗等)约为  $0.9 \text{ 元}/\text{m}^3$ ,整个装置的运行成本约为  $1.84 \text{ 元}/\text{m}^3$ ,大大低于新鲜水的费用  $3.90 \text{ 元}/\text{m}^3$ ,具有良好的经济性。以进水量  $80 \text{ m}^3/\text{h}$  计算,循环水排污水回用装置的稳定运行每年可为企业节约 144 万元。

表1 设计进水水质及排放标准

项目	COD <sub>Cr</sub> / mg/L	BOD <sub>5</sub> / mg/L	SS / mg/L	pH	NH <sub>3</sub> -N / mg/L	动植物油 / mg/L	粪大肠菌群 / 个/L
进水水质	600	300	1 000	6~9	30	60	20万
排放标准	80	25	60	6~8.5	15	15	5 000

及猪毛后的废水先进行沉淀,并将该沉淀池设计成具有调节功能的沉淀池,池容积在满足沉淀池技术要求的基础上,再满足调节 12 h 进水量的要求,有效容积为 50 m<sup>3</sup>。由于 HRT 较长,调节池在一定程度上起到了水解酸化作用,使油脂、表面活性剂等大分子有机物得到一定程度的降解,再加入少量 PAC 混凝沉淀后,可去除水中的悬浮物、浮化油和胶体物质。采用“沉淀-SBR”组合处理工艺,其工艺流程见图 1。SBR 反应池主要用于降解有机物,是整个工艺的核心,除了一个周期内的沉淀和排出工序外,可以在池内通过曝气量的改变,起到去除污水中有机物的作用。该工艺主要构筑物及设备参数见表 2。



图1 废水处理工艺流程

### 3 调试运行及验收监测

#### 3.1 调试运行

本工程于 2004 年 7 月运行调试,主要调试工作

### 4 结论

(1) 对于以控制 pH 工艺运行的循环水系统的排污水,纯碱-烧碱法的软化效果优于纯碱法和纯碱-石灰法。

(2) 在排污水中分别加入与其 Ca<sup>2+</sup> 和 Mg<sup>2+</sup> 浓度相同当量的纯碱和烧碱,可以使处理出水的 Ca<sup>2+</sup> 浓度和总硬度达到回用水的指标,出水水质稳定。

(3) 反应时间对絮体的形成和沉降效果有一定影响;采用纯碱-烧碱法对排污水进行软化时,加药后的反应时间宜控制在 30 min 以内。

(4) 对于稳定运行的循环水系统,固定投加合适的加药量,可获得良好的软化效果。

(5) 采用纯碱-烧碱软化法,回用装置运行成本约为 1.84 元/m<sup>3</sup>,具有良好的经济性。

表2 主要构筑物及设备参数

名称	数量	规格及参数
细格网	1	60 目双层不锈钢网,过滤面积 1.44 m <sup>2</sup> ,过滤速度 17.1 m/s
沉淀调节池	1	钢筋混凝土结构,尺寸 5 m × 3 m × 4 m,有效水深 3.3 m,HRT 12 h;沉淀池兼调节功能,池底设锥形泥斗。斗内污泥采用 50QW10-10-0.7 型提升至污泥浓缩池内,沉淀后的废水由 50QW27-15-2.2 型潜污泵提升至 SBR 反应池内
SBR 反应池	1	钢筋混凝土结构,尺寸 8 m × 4 m × 4 m;有效水深 3.75 m,HRT 8 h,其中进水 2 h,曝气 3.5 h(进水 1.5 h 后开始曝气),沉淀 1.5 h,排水 1.5 h;有机物负荷 0.075 kg COD <sub>Cr</sub> /(kgMLSS · d),气水比 12:1,曝气量约 0.7 m <sup>3</sup> /h,需氧量 1.2 kgO <sub>2</sub> /kgBOD <sub>5</sub> ;内设 ∅215 高效可变微孔曝气器 64 只,以提高氧的利用率
消毒池	1	钢筋混凝土结构,尺寸 5 m × 4 m × 3 m,采用 ClO <sub>2</sub> 消毒
污泥浓缩池	1	钢筋混凝土结构,尺寸 3 m × 1.5 m × 2 m;有效水深 1.2 m,内设 50QW10-10-0.75 型潜污泵 1 台
污泥干化池	1	砖混结构,尺寸 5 m × 3 m × 1.5 m,内分 2 格
鼓风机房	1	砖混结构,尺寸 4 m × 3.6 m × 3.3 m;设 SSR-65 型三叶罗茨鼓风机 2 台,1 用 1 备,转速 1 820 r/min,风量 2.6m <sup>3</sup> /min,风压 39.2 kPa,功率 4 kW

为好氧活性污泥的接种、驯化,鉴于该肉类加工废水可生化性良好,活性污泥的培养和驯化可同步进行。

### 参考文献

- 周本省. 工业水处理技术. 第 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2002
- 尹连庆, 关新玉. 石灰软化法处理循环冷却水系统排污水. 工业用水与废水, 2005, 36(4): 32~35
- 沈继军, 潘浩, 李玉刚. 石灰软化法处理循环冷却水. 东北电力技术, 2004, 6: 30~33
- 罗基煌. 利用旁流软化法降低冷却水系统排放量、提升用水效率. 台湾: 合理用水与造水技术研讨会, 1997
- 中国石油化工总公司生产部发展部. 冷却水分析和试验方法. 安庆: 安庆石油化工总厂信息中心, 1993
- 许保玖, 龙腾锐. 当代给水与废水处理原理. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2000

通讯处: 102500 北京市房山区燕山凤凰亭路 15 号  
 电话: (010) 80344845  
 E-mail: wangdong02@tsinghua.org.cn  
 收稿日期: 2006-05-03

为了缩短培养、驯化时间,接种污泥采用该县一小型污水厂的生化污泥(含水率 99.7%)。采用间歇培养法,由于沉淀调节池 HRT 较短(6~7 h),增大了后续负荷,废水中油脂含量较高,碳氮比和碳磷比也较大,氮、磷相对不足,产生了油性泡沫使污泥松散和指数增高,出现了污泥迅速膨胀现象。针对该问题,现场采取了适当措施,如加入粪便等补充氮、磷,调节水质,调节 SBR 反应池曝气时间,有效地控制了污泥膨胀,抑制了丝状菌的大量繁殖和过度生长。系统正式运行后确定调节池 HRT 为 12 h。根据多次监测,当 MLSS 为 2 000~4 000 mg/L 时,处理效果良好,此时 SV<sub>30</sub> 超过 20%。系统正常运行后需定期排放剩余污泥,实际运行中以 MLSS 和 SV 为控制指标。

### 3.2 处理效果

经过 1 个月左右的试运行,微生物生长良好,出水稳定。经当地环境监测站连续 3 d 取样监测,出水完全达标。废水监测按照国家环境保护局颁布的《水和废水监测分析方法》进行。进出水水质监测结果见表 3。

表 3 进出水水质监测结果

项目		COD <sub>Cr</sub> / mg/L	BOD <sub>5</sub> / mg/L	SS / mg/L	pH	NH <sub>3</sub> -N / mg/L	动植物 油 / mg/L	粪大肠菌 群/个/L
进 水	最高值	519	287	946	7.6	19.2	126	15 万
	最低值	426	228	798	7.3	17.6	98	13 万
	平均值	482	246	837	7.4	18.6	116	14 万
出 水	最高值	70.2	17.5	52	7.6	2.15	13.5	4 400
	最低值	50.4	14.2	42	7.3	0.98	10.8	3 900
	平均值	60.8	16.1	50	7.4	1.68	12.9	4 100
平均去除率/ %		87.39	93.46	94.02		90.97	88.88	97.23

从监测结果可知,系统能很好地降解有机物,对 NH<sub>3</sub>-N 也有较高的去除率,这是由于 SBR 反应池内设有搅拌装置,废水在好氧曝气(DO 约 2 mg/L)停止后沉淀、排水段缺氧(DO 为 0.3~0.5 mg/L)运行,反硝化菌将好氧曝气时储存于体内的碳源释放,进行 SBR 工艺所特有的储存性反硝化作用,使 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 进一步去除而脱氮。这与 Keller<sup>[5]</sup>等人在研究处理屠宰废水脱氮的过程中,发现通过控制 DO 浓度可使约 50% 的氮通过同步硝化反硝化

(SND) 去除的结论一致。而控制这种脱氮过程对减少处理费用,提高出水水质有重要意义<sup>[6]</sup>。

### 4 主要技术经济指标

本工程处理规模 50 m<sup>3</sup>/d,设计能力满足 100 m<sup>3</sup>/d,占地 120 m<sup>2</sup>,装机容量 13.92 kW,工程总投资 29.48 万元。每天运行 8 h,直接运行成本为 1.25 元/m<sup>3</sup>,其中电费 0.89 元/m<sup>3</sup>,人工费 0.26 元/m<sup>3</sup>,药剂 0.1 元/m<sup>3</sup>。随着企业远期发展规模扩大,排放废水增加,则运行费用将更经济。

### 5 结论

(1) 工艺实践表明,该组合工艺具有较好的抗冲击负荷能力,能够达到高效降解有机物和去除 NH<sub>3</sub>-N 的目的,生产废水排放水质达到国家《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB 13457-92)一级排放标准。

(2) 系统运行一年多以来,未发生过污泥膨胀现象。工艺在保证处理效果的同时,总投资、占地面积、运行成本和能耗均比传统活性污泥工艺低,且工艺环节少,运行操作管理简便可靠。

### 参考文献

- 1 陈莉娥,周兴求,高锋,等. 屠宰废水处理技术的现状及进展. 工业用水与废水, 2003, 34(6): 9~13
- 2 Masse D I, Masse L. Characterization of wastewater from hog slaughterhouses in Eastern Canada and evaluation of their in-plant wastewater treatment systems. Canadian Agricultural Engineering, 2000, 42(3): 139~146
- 3 许玉东. UASBAF-SBR 工艺处理屠宰废水. 给水排水, 2001, 27(6): 35~37
- 4 董海山,杨敏. 水解酸化+SBR 工艺处理小规模养殖屠宰废水. 环境污染治理技术与设备, 2005, 6(6): 61~63
- 5 Keller J, Subramaniam K, Goosswein J, et al. Nutrient removal from industrial wastewater using single tank sequencing batch reactors. Wat Sci Tech, 1997, 35(6): 137~144
- 6 高大文,彭永臻,郑庆柱. SBR 工艺中短程硝化反硝化的过程控制. 中国给水排水, 2002, 18(11): 13~18

通讯处:400045 重庆大学 B 区 3 舍 1018 室 张显忠  
 电话:(023)65127191  
 E-mail: zhangxianzhongcq@163.com  
 收稿日期:2006-04-06  
 修回日期:2006-05-25