



高质量浓度豆制品加工废水处理工程试验研究

陈劲松

(安徽省邮政通信发展总公司, 安徽 合肥 230031)

摘要:文章对原豆制品加工废水处理 SBR 工艺存在的问题进行分析,提出了替代工艺 SBR1-接触氧化-SBR2 的技术路线。试验结果表明,进水 COD 的质量浓度为 5 647~6 521 mg/L, SBR1-接触氧化及 SBR2 的水力停留时间分别为 2d、1d 和 4d 时, SBR1 出水 COD 的质量浓度约为 1 436 mg/L, 接触氧化约为 666 mg/L, SBR2 小于 100 mg/L; 总 BOD 和 COD 的去除率能够达到 98.9% 和 98.5% 以上; 改造后工程运行稳定, 出水水质达到国家行业 I 级标准。

关键词:生物接触氧化; 废水处理; 高质量浓度有机废水; 豆制品

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1003-5060(2006)04-0457-04

Experimental study on treatment of high concentration bean-processing wastewater

CHEN Jin-song

(Anhui Postal Service & Communication Development Corporation, Hefei 230031, China)

Abstract: The problems in the former process by the sequencing batch reactor(SBR) for the treatment of the high concentration organic wastewater from bean-processing are analyzed, and an alternative program of SBR1-contact oxidation-SBR2 process to replace the former is proposed. The experimental results show that when the ρ_{COD} of the influent was 5 647~6 521 mg/L and the hydraulic retention time(HRT) in SBR1, contact oxidation and SBR2 was 2 d, 1 d and 4 d respectively, the ρ_{COD} of the discharge from SBR1, contact oxidation and SBR2 was 1 436 mg/L, 6 66 mg/L and less than 100 mg/L respectively. The removal efficiency of total BOD and total COD was over 98.9% and 98.5% respectively. The reconstruction process is stable in operation, and the effluent quality can meet the first class standard in GB8978—1996.

Key words: biological contact oxidation; wastewater treatment; high concentration organic wastewater; bean product

青岛富士屋食品有限公司是一家主要从事豆制品加工的日本独资企业,生产废水主要来源于豆制品生产过程中产生大量的洗豆废水、泡豆废水、煮豆废水、车间冲洗水及职工生活污水等。配套的生产废水处理项目采用 SBR 工艺,经过大半年的运行调试,出水严重超标,影响了工程

验收。为使废水能达标排放,笔者分析了原处理工艺存在的问题,并针对高质量浓度有机废水的特点,进行了专题试验研究,为改造工程提供了合理的处理工艺和设计运行参数。

20 世纪 70 年代起,国内外就对高质量浓度食品废水的处理进行研究,通常采用的处理工艺



为厌氧或厌氧与好氧相结合的方法^[1~3]。近 20 年来,国内外开始采用好氧法处理高质量浓度有机废水,并取得了一定的成果,如采用 AB 活性污泥法处理豆制品废水的研究^[4,5]。好氧生物法为高质量浓度有机废水的处理提供了新途径^[6~8]。

1 废水水质及原处理工艺流程

1.1 废水水质

综合进水水质和处理后要求达到的出水水质^[9],见表 1 所列。原水 $n_{\text{BOD}}/n_{\text{COD}}=0.38$ 左右,可生化性较好。

表 1 废水水质及处理标准

项目	ρ_{COD} /(mg·L ⁻¹)	ρ_{BOD} /(mg·L ⁻¹)	$\rho_{\text{氨氮}}$ /(mg·L ⁻¹)
进水水质	5 647~6 521	2 000~2 300	150
出水标准	100	30	15

1.2 原 SBR 处理工艺流程分析

原生物处理工艺流程为:原水→格栅→调节池→中沉池→SBR 池。经研究分析,原工艺不能达标的主要原因主要有以下几点:

(1) 根据 SBR 反应器的基本原理^[10],当有机污染物降解为一级反应时,出水 COD 的质量浓度为

$$\rho_i = \rho_0 \exp(-kt)$$

其中, ρ_i 、 ρ_0 分别是进、出水 COD 的质量浓度; k 为一级反应速率系数,当水温为 20℃ 时, k 取 0.276 d⁻¹ (反应器内呈兼性状态); t 为水力停留时间。当 COD 去除率达到 98.5% 满足排放要求,即 $\rho_i/\rho_0 = 0.015$ 时,经计算, $t \geq 15.2$ d 才能满足要求,而实际 SBR 水力停留时间仅为 4 d。

从供气量方面考虑(假定温度为 20℃),需氧量为

$$R = O_2 = a' Q \rho_i + b' \rho_v V$$

其中

$$V = 4Q$$

反应器中溶解氧饱和和质量浓度的平均值为

$$\rho_{\text{sm}} = \rho_s \left(\frac{P_b}{2P_a} + \frac{Q_i}{42} \right)$$

其中

$$P_b = P_a + 9.8 \times 10^3 H$$

$$Q_i = \frac{21(1 - E_A)}{79 + 21(1 - E_A)} \times 100\%$$

标准条件下反应器的总需氧量为

$$R_0 = \frac{R \rho_{\text{sm}}}{\alpha[\beta \lambda \rho_{\text{sm}} - \rho_L]1.02^{(t-20)}}$$

供气量为

$$G_s = \frac{R_0}{0.3E_A} \times 100\%$$

取 $a' = 0.5$, $b' = 0.1$, $\lambda = 1$, $\rho_i = 2\,000$ mg/L, $\rho_v = 3\,500$ mg/L, $H = 4.5$ m, $E_A = 15\%$, $\rho_s = 9.2$ mg/L, $\alpha = 0.85$, $\beta = 0.95$, $\rho_L = 0.5$ mg/L。经计算得: $G_s = 70Q$ 。由此看出,气水比高达 70,这在实际工程中是不可能的。

(2) 水质的波动对单级好氧生物处理系统的冲击较大,特别是食品废水中往往含有不定期排放的消毒液,对微生物产生抑制作用。

(3) 豆制品加工废水中含有一些碎豆瓣,经发酵后浮于水面,但其沉淀性能较差,中沉池的设置不能达到预期的目的。

(4) 进水 BOD 的质量浓度太高,导致供氧不足,反应器内溶解氧维持在 0.5 mg/L 左右,呈兼性状态,污泥沉降性能较差。

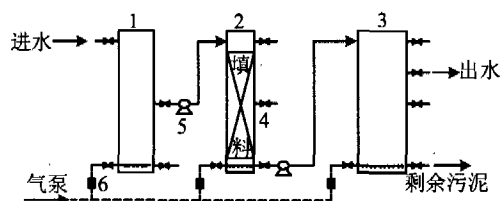
2 试验材料与方法

试验用水的 $n_{\text{BOD}}/n_{\text{COD}}$ 约为 0.38,属于可生化性较好的废水,可以直接采用生物法进行处理。根据该水质特点、原工艺设计运行存在的问题以及探索性试验结果和实践经验,确定采用 SBR1—接触氧化—SBR2 的生物处理工艺。即原工艺中调节池改为 SBR1,中沉池改为接触氧化池, SBR 池改为 SBR2。本研究的小试模拟流程是在考虑充分利用原有设施的情况下而确定的,试验结果可以直接用于原有处理系统的改造。

2.1 试验装置

试验装置如图 1 所示。试验装置反应器均为透明有机玻璃加工而成,1 级、2 级、3 级反应器的有效容积比为 2:1:4。试验用 SBR1 尺寸为 181 mm×181 mm×1 000 mm,有效容积为 32.76 L。接触氧化池为 141 mm×141 mm×824 mm,有效容积为 16.38 L,内置组合生物填料 D150,片间距 70 mm,共计 13 片。SBR2 尺寸为 290 mm×992 mm,有效容积为 65.52 L。每个反

应器均由气泵产生的空气通过反应器底部的穿孔管进行曝气充氧。



1. 1级反应器(SBR1) 2. 2级反应器(ABCO)
3. 3级反应器(SBR2) 4. 阀门 5. 计量泵 6. 流量计
图1 试验工艺流程图

2.2 试验用水与操作过程

试验用水取自原污水处理系统调节池,整个系统运行周期为 24 h,其中进水 1 h,曝气 21 h,静沉 1 h,排水 1 h。每次 SBR2 排出 1/4 的水量(即 16.38 L),然后接触氧化池中的水全部泵入 SBR2,SBR1 中 1/2 的水量泵入接触氧化池。由于 SBR1 负荷较高,污泥沉降性能较差,不能沉降的污泥也一并泵入接触氧化池。SBR1 不设滗水器,提升水泵进水口设置在有效水深的 1/2 高处。

2.3 污泥培养驯化与挂膜

接种污泥取自原废水处理设施 SBR 池,SBR 和接触氧化反应器,采用挂膜和驯化同步进行的快速接种连续流动态培养方法。

取回的活性污泥分别置于 3 个反应器中,再分别加入少量原水和部分清水,使反应器中 COD 质量浓度控制在 250 mg/L 左右,然后开始曝气。每天测定各个反应器中出水(上清液)的 COD 值,根据出水水质,逐渐提高各个反应器进水量,提高反应器负荷。经过 14 d 的驯化培养,反应器 SBR1 和 SBR2 活性污泥和接触氧化池生物膜生长良好。通过显微镜观察 SBR 中污泥菌胶团密实,钟虫等原生动动物活跃,接触氧化反应器中生物膜分布均匀,颜色呈灰褐色,有钟虫、轮虫等动物出现,表明污泥培养驯化和挂膜阶段已经完成,可转入条件试验阶段。

3 试验结果与分析

(1) 从 9 月 3 号开始为期 10 d 的第 1 阶段试验,在进水体积流量为 16.38 L/d,SBR1、接触氧化、SBR2 的水力停留时间分别为 2.0 d、1.0 d 及

4.0 d 时,SBR1、接触氧化和 SBR2 反应器中的 COD_{Cr} 平均容积负荷分别达到 $2.32\text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 、 $0.82\text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 和 $0.15\text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。系统出水 COD 的质量浓度为 $88.3\sim 119.3\text{ mg/L}$,平均为 99.2 mg/L 。COD 总去除率平均为 98.5%,且出水水质稳定,可以达到较好的处理效果,结果如图 2 所示。

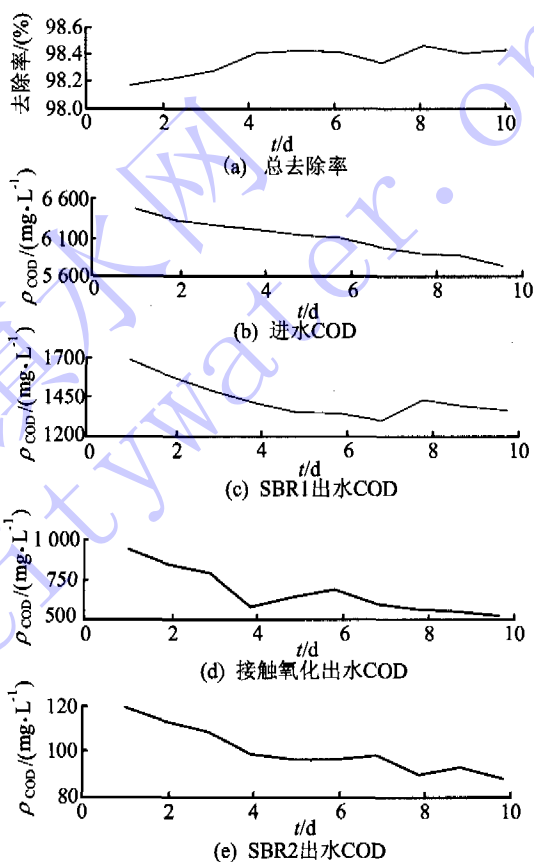


图2 系统稳定运行 COD 去除效果

(2) 试验系统具有较好的去除氨氮功能,氨氮的去除率较高,总去除率在 97.76%~98.63%,平均为 98.29%,最终出水氨氮质量浓度小于 2 mg/L,如图 3 所示。

(3) 从 9 月 13 号开始为期 10 d 的第 2 阶段试验,在进水体积流量为 32.76 L/d,SBR1、接触氧化、SBR2 的水力停留时间分别为 1 d、0.5 d、2 d 时,SBR1、接触氧化和 SBR2 反应器中的 COD_{Cr} 平均容积负荷分别达到 $2.37\text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 、 $2.10\text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 和 $0.68\text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。系统出水 COD 的质量分数为 155.4 mg/L,如图 4 所示。

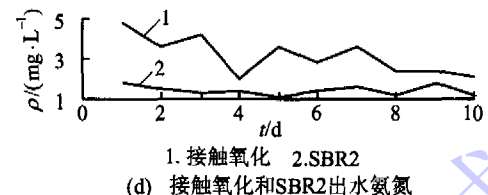
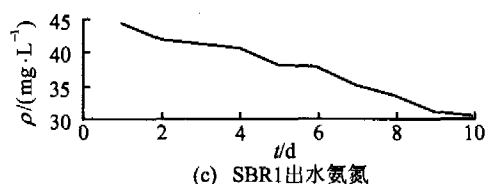
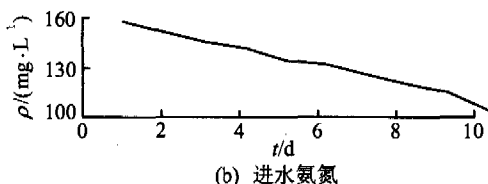
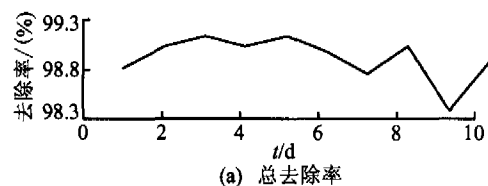


图3 系统稳定运行氨氮去除效果

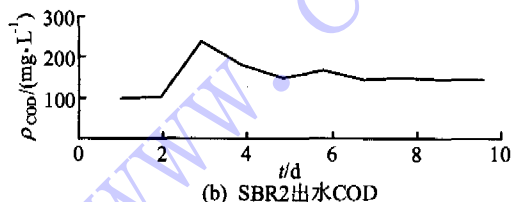
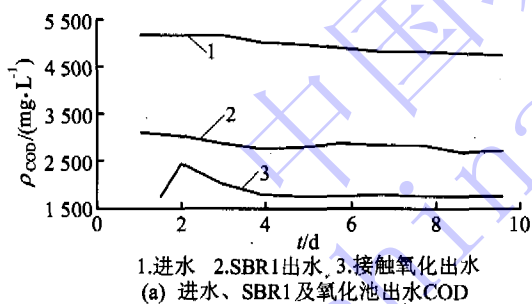


图4 提高负荷后系统运行COD去除效果

通过分析可知:①1级反应器COD平均去除率由76.4%降至45.7%,其容积负荷基本不变,由 $2.32 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 升高至 $2.36 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。②2级反应器COD平均去除率由55.3%降低至39.4%,其容积负荷得到很大的提高,由原来的 $0.82 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 升高至 $2.10 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

③3级反应器COD平均去除率由85.4%升高至89.1%,去除率仍然维持在较高的水平,其容积负荷由 $0.15 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 升高至 $0.68 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,得到较大的提高,但最终出水COD的质量浓度已远远高于 100 mg/L ,不能满足国家一级排放标准。④随着系统容积负荷的提高,水力停留时间的降低,2级、3级反应器在试验系统中去除COD的质量浓度的作用,将得到很大的提高。

4 结 论

(1) SBR1-接触氧化-SBR2 三级好氧生物法处理高质量浓度豆制品加工废水是可行的。

(2) 整个系统运行周期为24 h,其中进水1 h,曝气21 h,静沉1 h,排水1 h。

(3) 系统出水COD的质量浓度为 $88.3 \sim 119.3 \text{ mg/L}$,平均为 99.2 mg/L 。COD总去除率平均为98.5%,且出水水质稳定,达到较好的处理效果。

(4) 本工程已于2002年12月完工,2003年4月调试合格并通过环保部门的验收。目前运行稳定,出水水质达到国家行业标准。

【参 考 文 献】

- [1] 王芳,王增长,候安清.高浓度有机废水处理技术的应用研究[J].科技情报开发与经济,2005,15(23):139-141.
- [2] Lozinsky V I, Plieva F M. Poly(vinylalcohol) cryogels employed as matrices for cell immobilization (3): overview of recent research and developments[J]. Enzyme and Microbial Technology, 1998, 23: 227-242.
- [3] Chang C C, Tseng S K. Immobilization of *Alcaligenes eutrophus* using PVA crosslinked with sodium nitrate[J]. Biotechnology Techniques, 1998, 12: 865-868.
- [4] 陈亮,朱铮. AB活性污泥法处理豆制品废水的工艺研究[J]. 上海环境科学, 1997, 16(2): 19-21.
- [5] 杨秀山,李军,田沈,等. 固定化甲烷八叠球菌及处理高浓度有机废水研究[J]. 环境科学学报, 2003, 23(2): 282-284.
- [6] 安大力,刘香兰,王伟,等. 药厂、啤酒厂等有机废水厌氧处理试验研究[J]. 环境保护科学, 2005, 31(8): 23-24.
- [7] 腾仕峰,王熋. 气浮+生物接触氧化工艺处理食品加工废水[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2005, 15(4): 71-73.
- [8] 邓福生,杨友强,廖利. 超高浓度有机废水处理工程简介[J]. 安全与环境工程, 2005, 12(3): 35-38.
- [9] GB8978-1996, 污水综合排放标准[S].