



移动扫码阅读

刘臣亮.乳酸菌饮料生产废水生物处理工艺实例分析[J].能源环境保护,2019,33(4):28-32.

LIU Chenliang. Case study on the treatment of lactobacillus beverage wastewater by biological treatment process [J]. Energy Environmental Protection, 2019, 33(4): 28-32.

# 乳酸菌饮料生产废水生物处理工艺实例分析

刘臣亮

(煤科集团杭州环保研究院有限公司,浙江 杭州 311201)

**摘要:**为实现  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  和 COD 的有效去除,采用完全混合式水解酸化+生物接触氧化为主体工艺处理乳酸菌饮料生产废水。该工程总投资 355 万元,直接运行成本为 1.19 元/吨。运行结果表明,生化处理单元在水力总停留时间为 24 h、进水 COD 872~1 389mg/L、进水  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  5.8~15.0 mg/L 的条件下,出水 COD 和  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  最大浓度分别为 137 mg/L 和 3.8 mg/L,对 COD 和  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  的平均去除率分别为 94.2 % 和 79.4 %,混凝沉淀出水 COD 可达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准要求。

**关键词:**乳酸菌饮料废水;水解酸化反应器;生物接触氧化

中图分类号:X703 文献标志码:A 文章编号:1006-8759(2019)04-0028-05

## Case study on the treatment of lactobacillus beverage wastewater by biological treatment process

LIU Chen-liang

(Hangzhou Environmental Research Institute of China Coal Technology &amp; Engineering Group, Hangzhou 311201, China)

**Abstract:** Completely mixed hydrolysis-acidification reactor and bio-contact oxidation process were applied to treat Lactobacillus beverage wastewater to achieve high removal of  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  and COD. The total investment of this project is 3,550,000 RMB and the direct operation cost is 1.19 RMB/t. The operation results show that, when the influent COD was 872~1 389mg/L, influent  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  was 5.8~15.0 mg/L and HRT was 24 hours, the maximum effluent COD and  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  concentrations would be 137 mg/L and 3.8 mg/L, respectively. The average removal rates of COD and  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  were 94.2 % and 79.4 %, respectively. After coagulation and sedimentation processes, the effluent COD satisfied the first level requirements specified in the Integrated Wastewater Discharge Standard (GB8978-1996).

**Key word:** Lactobacillus beverage wastewater; Hydrolysis - acidification reactor; Bio - contact oxidation process

## 0 引言

近年来大健康概念逐渐成为饮料行业的主流趋势,消费者对于高含糖量、高热量饮料的偏好度持续走低。含乳饮料和植物蛋白饮料等蛋白质饮料因其在健康需求上能够提供补脑、补钙、促消化、促进睡眠等一系列相关功能,逐渐成为更多人

的选择。乳酸菌饮料是指以乳或乳制品为原料,经乳酸菌发酵制得的乳液中加入水、食糖或甜味剂、酸味剂、果汁、茶、咖啡、植物提取液等的一种或几种调制而成的饮料<sup>[1]</sup>。饮料废水主要来自杀菌废水、CIP 设备清洗废水、生产车间地面冲洗废水以及残次品、不合格产品的废液<sup>[2]</sup>。

浙江某饮料企业主要生产乳酸菌饮料及乳酸

菌水饮料,产生的废水量大,其中有机物浓度高、pH 值波动大。为保证废水达标排放,企业配套一套处理能力为 1 200m<sup>3</sup>/d 的污水处理系统,出水水质要求达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准,处理系统的核心工艺是复合式水解酸化器和生物接触氧化法组合处理工艺。

近年来针对如酒糟废液、乳制品废水和畜禽粪便废水等可生化性好、有机物浓度较高的废水,可利用水解酸化法去除其中的高浓度悬浮物,水解酸化反应器亦可替代初沉池,在将污水中不易生物降解的大分子有机物降解为易生物降解的小分子有机物同时也可以在一定程度上降低有机物总量<sup>[3-8]</sup>。生物接触氧化法是以生物膜为净化主体的一种高效水处理工艺,兼有活性污泥法和生物膜法的优点<sup>[9]</sup>,因其具有高效节能、耐冲击负荷、运行管理方便等特点被广泛用于各行业的污水处理。基于以上特点,水解酸化+生物接触氧化

组合工艺被广泛用于印染、电镀、食品加工等多个行业的污水处理<sup>[10-15]</sup>。文章以浙江某饮料企业废水处理工程为例,对其污水处理工艺流程、主要构筑物设计、运行效果和运行成本进行介绍。

## 1 废水来源、处理规模及水质特征

废水处理规模为 1 200 m<sup>3</sup>/d,包括杀菌废水、CIP 设备清洗废水、地面冲洗废水及生活污水,尤以杀菌废水和 CIP 清洗废水的水量和污染物浓度较高。乳酸菌饮料产品采用热水喷淋杀菌,杀菌过程中热水与饮料包装物接触,并不与饮料直接接触,但在实际生产中会有少量饮料包装物会出现破损导致杀菌水受到污染,作为污水排放;CIP 清洗系统会先后使用碱性清洁剂与酸洗清洁剂及轻松清洗生产设备管道,调配及灌装时会有微量奶粉、柠檬酸、糖类残留在设备上,随 CIP 设备清洗时进入废水中。各类废水水量及水质情况详见表 1。

表 1 原水水质及外排标准

项目	COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N(mg/L)	SS(mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	pH	水量(m <sup>3</sup> /d)
杀菌废水	700~800	8~15	200~300	300~500	6~7	1000
CIP 设备清洗废水	5000~6000	30~50	1500~2000	2000~3000	3~10	100
地面清洗废水	150~200	5~10	80~100	30~60	6~8	70
生活污水	200~350	15~35	100~250	100~200	6~8	30
设计值	1000~1500	10~15	300~500	400~600	5~8	1200
外排标准	100	15	70	20	6~9	

## 2 废水处理工艺流程

车间生产废水经管网收集后进入集水井,在集水井前设置粗细格栅隔除杂物,然后废水经泵抽入调节池进行均质均量,在调节池内设空气搅拌系统,可以起到搅拌作用,防止有机物沉淀;废水经泵提升至中和池将 pH 值调整至中性后流入水解酸化池,水解酸化池内设置潜水搅拌机以保证泥水充分混合,通过水解-酸化反应,水中大分子有机物(如蛋白质)转化为小分子有机物,在降解部分有机物的同时提高了废水可生化性;之后废水流入接触氧化池,有机物在微生物凝聚、吸附、氧化等作用下降解,氨氮则通过硝化作用转化为(亚)硝酸盐。接触氧化池出水进入二沉池,污泥经污泥泵回流入接触氧化池(部分补充至水解酸化池),二沉池出水流入混凝反应池加入絮凝剂后进入终沉池沉淀,出水达标排放。

污泥处理:污泥主要为生化剩余污泥及部分终沉物化污泥,定期污泥泵排入污泥池。污泥池

内的污泥经压滤机脱水处理,滤液流入调节池,泥饼定期由环卫部门外运进行安全处置。

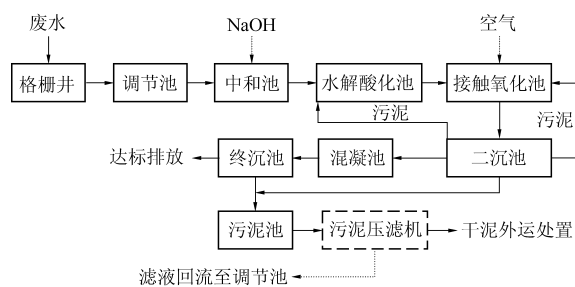


图 1 废水处理工艺流程图

## 3 主要构筑物及工艺参数

各主要构筑物尺寸见表 2。

### 3.1 格栅井及调节池

在格栅井设置粗、细格栅装置,用以拦截废水中混有的瓶盖、锡纸等细小杂物,避免潜污提升泵被堵塞,从而降低维修频率。粗格栅建议选用 10.0~15.0 mm 的栅距,细格栅选用栅距为 3.0~

5.0 mm 的栅距。

表 2 主要构筑物

名称	净尺寸 (L×B×H, m)	数量(座)	备注
调节池	23.8×9.2×5.0	1	地上钢砼
中和池	2.3×1.5×5.0	2	地上钢砼
水解酸化池	8.9×4.0×5.0	3	地上钢砼
	7.0×5.0×5.0	1	
接触氧化池	8.9×5.1×5.0	2	地上钢砼
	9.5×3.1×5.0	1	
二沉池	5.0×4.1×5.0	1	地上钢砼
	8.5×8.5×5.0	1	
终沉池	8.5×8.5×5.0	1	地上钢砼

考虑车间排水的周期性及排水浓度、水质的变化,设置有足够停留时间的调节池, HRT = 20 h。池底设置穿孔曝气管道,进行间歇曝气搅拌(汽水比 3 : 1),以更充分的均质、均量。

### 3.2 中和池

CIP 设备管道清洗因清洗剂不同,清洗废水在不同时段 pH 可为强酸性或强碱性,排入调节池后虽充分搅拌混合,但无法做到完全酸碱中和,加之废水中的蛋白质极易酸化,造成调节池废水通常呈酸性(pH < 5)。因此设置中和反应池,通过投加氢氧化钠溶液调节 pH,保证进入生化系统的废水 pH 为 6~7。

### 3.3 水解酸化池

乳酸菌饮料废水基本没有有毒物质或抑制剂,可生化性好,虽然有机物浓度较高,但主要由些大分子有机物组成(如增稠剂、蛋白质等),大分子有机物因相对分子量巨大,不能透过细胞膜,因此不可能为细菌直接利用。它们在水解阶段被细菌胞外酶分解为小分子。例如,纤维素被纤维素酶水解为纤维二糖与葡萄糖,淀粉被淀粉酶分解为麦芽糖和葡萄糖,蛋白质被蛋白质酶水解为短肽与氨基酸等。这些小分子的水解产物能够溶解于水并透过细胞膜为细菌所利用。在酸化阶段,上述小分子的化合物在酸化菌的细胞内转化为更为简单的化合物并分泌到细胞外,从而更利于后续好氧生物降解。厌(缺)氧微生物为异养型微生物细菌,必须从环境中汲取养分,将部分有机物降解用于合成自身细胞,而实现有机物浓度下降。

采用完全混合式水解反应器,在池内填充 Ø180×80H 型组合填料,其结构是将塑料圆片压扣改成双圈大塑料环,并将醛化纤维或涤纶丝压在环的环圈上,使纤维束均匀分布,以利于微生物挂膜并提高膜面积;内圈是雪花状塑料枝条,既能

挂膜,又能有效切割气泡,提高氧的转移速率和利用率。每个水解酸化池内设置潜水搅拌机 2 台,推流方向呈对角,并与废水过流方向交叉,从而维持污泥和废水处于一个稳定的混合状态。水解池的水力停留时间为 12 h,容积负荷取 1.5~2.5 kg [COD<sub>Cr</sub>]/(m<sup>3</sup>·d),溶解氧的质量浓度控制在 0.1~0.5 mg/L 之间。

### 3.4 接触氧化池

好氧阶段采用生物接触氧化工艺。该工艺具有运行稳定、抗负荷冲击能力强、无污泥膨胀、能耗节约,且操作简单、管理方便等特点。接触氧化池分四格串联布置,池内填充 Ø180×80H 组合填料,可大大增加单位容积的生物膜面积,强化污染物的传递和生物膜的脱落,组合填料填充率约 70%;池底上方 20 cm 设置 Ø215 型盘式微孔曝气器,氧气利用率为 20%~25%,选用低噪音、节能型三叶罗茨风机供氧,并配置重载型变频器,可通过调节风机频率以控制溶解氧浓度,四格好氧池内溶解氧浓度依次控制为 1~2 mg/L、2~3 mg/L、3~4 mg/L、4~5 mg/L;接触氧化池的水力停留时间为 12.0 h,容积负荷取 0.8~1.5 kg [BOD<sub>5</sub>]/(m<sup>3</sup>·d),污泥浓度控制在 3 000~4 000 mg/L,污泥龄 12~14 d。

### 3.5 二沉池

二沉池采用辐流式沉淀池,设置中心传动刮泥机;沉淀池表面负荷取 1.0 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h),二沉池设置污泥回流泵,回流比 50%~100%。二沉池污泥同时回流至水解酸化池进水端和接触氧化池进水端,回流量比值 1 : 4。

### 3.6 终沉池及污泥脱水系统

终沉池采用辐流式沉淀池,设置中心传动刮泥机;沉淀池表面负荷取 1.0 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h),二沉池设置污泥回流泵,回流比 50%~100%,终沉池前端设置混凝反应池,视二沉池出水水质投加混凝、絮凝剂,以保证出水 SS 正常。该项目所产生污泥主要为生化剩余污泥及部分终沉混凝反应产生的物化污泥,污泥脱水采用厢式压滤机脱水,即污泥池中的污泥通过气动隔膜泵打入压滤系统,压滤机采用 XMZ100/1000-UB 一台,过滤面积 100 m<sup>2</sup>。

## 4 工程运行效果与分析

### 4.1 运行情况

该废水处理系统于 2019 年 2 月份开始调试运行,经过三个月的运行,处理效果较好,出水水

质稳定达标,生化系统处理效果详见图2、图3。

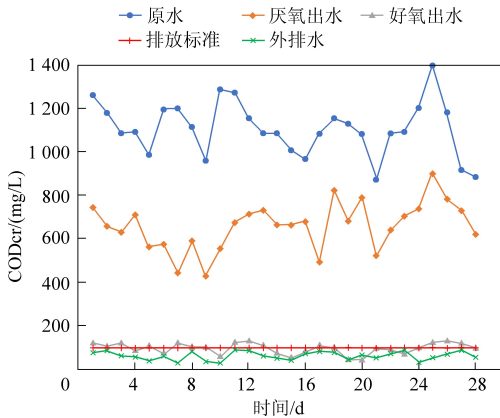


图2 生化系统  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  去除效果图

由图2可见,生化系统稳定运行后,在28天的运行过程中,在进水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  为  $872\sim 1389\text{ mg/L}$  条件下,水解酸化池出水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  在  $430\sim 902\text{ mg/L}$ , 平均去除率  $40.13\%$ ; 再经生物接触氧化处理后,出水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  保持在  $52\sim 137\text{ mg/L}$ ; 最后经混凝沉淀处理,最终外排水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  为  $29\sim 94\text{ mg/L}$ , 低于排放标准要求  $100\text{ mg/L}$ 。

在乳制品废水中,氨氮的浓度并不高,氮元素主要以有机氮,如蛋白质的形式存在。在厌氧或者缺氧状态下,蛋白质分解,有机氮转换为氨氮。如图3所示,生化系统稳定运行后,在28天的运行过程中,进水  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  浓度为  $5.8\sim 15.0\text{ mg/L}$ , 而水解酸化池出水  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  浓度达到  $13.0\sim 28.0\text{ mg/L}$ ; 经生物接触氧化处理后,大部分  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  经硝化作用转化为硝态氮及亚硝态氮,最终外排水  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  浓度在  $0.8\sim 3.8\text{ mg/L}$  左右,低于排放标准要求  $15\text{ mg/L}$ 。

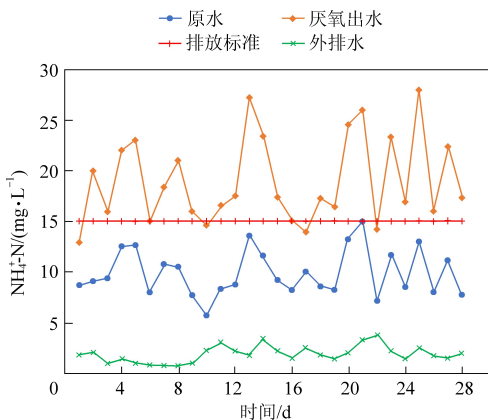


图3 生化系统  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  去除效果图

水解酸化+生物接触氧化工艺能有效降解去除乳酸菌饮料生产废水的污染物,其中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的

平均去除率达到  $94.23\%$ ,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的平均去除率达到  $79.40\%$ ,出水水质稳定达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准。

#### 4.2 直接运行成本分析

该项目总投资  $355$  万元,正常生产运行费用为  $1.19$  元/吨水,主要费用组成详见表3。

表3 运行费用组成

费用组成	药剂			电费	人工	设备损耗	合计
	碱	PAC	PAM				
成本/(元/吨)	0.04	0.2	0.01	0.54	0.32	0.08	1.19

## 5 结论与建议

(1) 采用水解酸化+生物接触氧化工艺处理乳酸菌饮料生产废水,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  平均去除率达  $94.23\%$ ,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的平均去除率达到  $79.40\%$ ,出水水质稳定达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的一级标准。

(2) 针对运行期间存在的问题及经验总结如下:a.对于 CIP 清洗废水浓度高、pH 波动大的特点,应设置单独收集池及收集管路,避免生产高峰期对生化系统形成冲击负荷,同时可以避免酸性废水对格栅井、集水池设备的腐蚀;b.该类废水极易水解酸化,应重点关注生化前端 pH 调节反应效果;在调节池内可选择潜水搅拌机替代穿孔曝气管路,提供缺氧环境以利于“预酸化”更充分;c.水解酸化池出水带有部分污泥进入接触氧化池,建议在水解酸化池末端设置沉淀池以截留缺氧污泥,可以减轻对前端好氧池的冲击,也有利于调试期间缺氧污泥的培养;d.污泥脱水滤布容易堵塞,应注意及时清洗更换滤布,在不计较投资成本的前提下可选用带式压滤机替代厢式压滤机。

## 参考文献

- [1] 顾瑞霞.乳与乳制品工艺学[M].北京:中国计量出版社,2006:210.
- [2] 邱毅军,秦树林,郦朝晖.DAF-A/O 工艺在饮料废水处理中的应用[J].能源环境保护,2008,22(6):42-44.
- [3] 刘翔.水解酸化+A/O 工艺在屠宰生产废水治理中的应用[J].能源环境保护,2017,31(4):53-54.
- [4] 赵庆良,温鹏震,王琨,等.气浮-水解酸化-生物接触氧化工艺处理乳饮料废水[J].水处理技术,2008,34(12):89-92.
- [5] 梁文钟,周伟坚,谢丹平,等.UASB+生物接触氧化处理酸性饮料废水工程实例[J].工业水处理,2016,36(12):103-105.
- [6] 邱毅军,李昌耀.气浮+生物接触氧化法处理饮料废水的技术研究[J].能源环境保护,2010,24(2):45-47.