



# 啤酒厂废水的生物分质处理效果

刘建龙<sup>1,2</sup>, 申文波<sup>3</sup>, 周焕祥<sup>2</sup>, 杨连生<sup>1</sup>

(1. 华南理工大学食品与生物学院, 广州 510641; 2. 山东省轻工业设计院, 济南 250014; 3. 山东华狮啤酒有限公司, 沂源 256100)

**摘要:**啤酒厂废水来自不同的啤酒生产车间,其污染程度存在着相当大的差别。根据这种特点,采取先高浓度废水厌氧UASB处理,后再与其它低浓度废水混合进行生物氧化处理。运行结果表明,处理后废水的 $COD_{Cr}$ 、 $BOD_5$ 、SS和pH分别为131mg/L、29.2mg/L、102mg/L和7.65,低于国家排放二级标准,且运行费用明显降低,沼气易于回收。

**关键词:**啤酒废水; 厌氧好氧; 分质处理

**中图分类号:**TS262.5; TS261.9 **文献标识码:**B

目前,啤酒厂的废水处理大多采用对来自全厂不同生产车间的废水混合后进行处理,由于各车间的废水污染程度不同,甚至存在着很大差别,造成了运行费用高,出水水质不稳定,沼气无法集中回收等缺点。山东华狮啤酒有限公司年产啤酒15万吨,原有污水处理设施已不能满足需要,我们在对其废水处理改造过程中,结合了原有处理设施,设计采用了新型厌氧好氧分质处理工艺,即先对啤酒厂部分高浓度废水进行厌氧UASB处理,再与其它车间的低浓度废水混合后生物氧化处理。改造工程连续运行半年来效果良好,出水水质指标平均为, $COD_{Cr}=131\text{mg/L}$ 、 $BOD_5=29.2\text{mg/L}$ 、 $SS=102\text{mg/L}$ 、 $pH=7.65$ ,达到了国标GB8978-1996规定的二级排放标准。实践证明:该工艺技术先进、运行稳定、操作管理简单、出水水质好、沼气易于集中回收,是一种高效低耗的啤酒废水处理新技术。

## 1 废水来源、水质及水量

啤酒生产废水主要来源有:(a)糖化车间的糖化锅、糊化锅、煮沸锅、过滤槽、沉淀槽等设备及管道清洗废水及麦糟废水,这部分废水约占总废水量的5%~10%, $COD_{Cr}=5000\sim 6000\text{mg/L}$ 、 $pH=4.5\sim 5.5$ (b)发酵车间的发酵罐、储酒罐、酵母罐、过滤机等设备及管道洗涤冲刷废水,这部分废水约占总废水的20%~25%, $COD_{Cr}=2500\sim 3000\text{mg/L}$ 、 $pH=4.5\sim 5.5$ (c)罐装车间洗瓶、杀菌、破瓶啤酒及冷却水排污和预洗车间刷瓶废水等,这部分废水约占总废水的65%~75%, $COD_{Cr}=500\sim 800\text{mg/L}$ 、 $pH=8\sim 9$ 。可以看出,糖化、发酵车间排出的是高浓度废水,其主要成分有糖化麦糟、糖类、果胶、酒花、废酵母、蛋白质、纤维素等有机物及少量无机盐类,该废水非连续性排放,水质不稳定;灌装车间排出的是低浓度废水,该水质相对比较稳定。该厂废水总排放量约为 $4000\text{m}^3/\text{d}$ 。

## 2 改造方案

### 2.1 设计参数

2.1.1 设计处理废水量为 $4000\text{m}^3/\text{d}$ ,流量 $167\text{m}^3/\text{h}$ ,其中高浓度废水量 $1200\sim 1500\text{m}^3/\text{d}$ 。

#### 2.1.2 设计进水水质

高浓度酿造废水水质: $COD_{Cr}=5000\text{mg/L}$ 、 $BOD_5=3000\text{mg/L}$ 、 $SS=500\text{mg/L}$ 、 $pH$ 值 $4.5\sim 5.5$ 。

低浓度灌装废水水质: $COD_{Cr}=800\text{mg/L}$ 、 $BOD_5=400\text{mg/L}$ 、 $SS=600\text{mg/L}$ 、 $pH=8\sim 9$ 。

2.1.3 设计排水水质: $COD_{Cr}\leq 150\text{mg/L}$ 、 $BOD_5\leq 60\text{mg/L}$ 、 $SS\leq 150\text{mg/L}$ 、 $pH$ 值 $6\sim 9$ (符合国标GB8978-1996二级标准)。

### 2.2 工艺流程

该厂原有废水处理能力 $3000\text{m}^3/\text{d}$ ,废水混合后采用调节水解酸化+好氧生物氧化+气浮工艺处理。由于混合废水在水解酸化工段停留时间过长,废水中 $BOD_5$ 去除率过高,致使 $BOD_5/BOD_{Cr}$ 值偏低,可生化性较差,进入好氧生化后 $COD_{Cr}$ 去除率下降,出水不能实现稳定达标排放,处理能力每天仅在 $1000\text{m}^3/\text{d}$ 以下。针对现有工程存在问题,为了提高有机物去除效率,实现废水稳定可靠达标排放,确定采用污水分质处理工艺,即将糖化发酵车间高浓度有机废水单独收集进行厌氧UASB生物预处理后,再与灌装车间低浓度废水混合进入原有废水处理系统进行水解调节与好氧生化处理及气浮净化。工艺流程见图1。

废水处理系统由高浓度废水厌氧处理系统、低浓度混合废水好氧处理系统及污泥处理系统组成。高浓度废水厌氧处理系统包括机械细格栅、预沉调节池及UASB厌氧反应器;低浓度混合废水好氧处理系统包括调节水解酸化池、生物氧化池及气浮池。为满足 $4000\text{m}^3/\text{d}$ 废水处理能力,结合原有构筑物及设备进行了改造,改造后各处理单元构筑物及设备情况见表1。

### 2.3 主要构筑物及设备(表1)

## 3 调试及处理效果

### 3.1 预沉

啤酒废水中含有部分废酒糟、酵母残渣类悬浮物质等,应加强预处理。通过细格栅及预沉调节池可及时去除废水中悬浮物质,减少厌氧酸化危险,可节省中和碱液用量,降低后处理负荷,提高厌氧污泥颗粒化进程。

收稿日期:2004-03-03

作者简介:刘建龙(1961-)男,高级工程师,博士生,已发表论文20余篇。

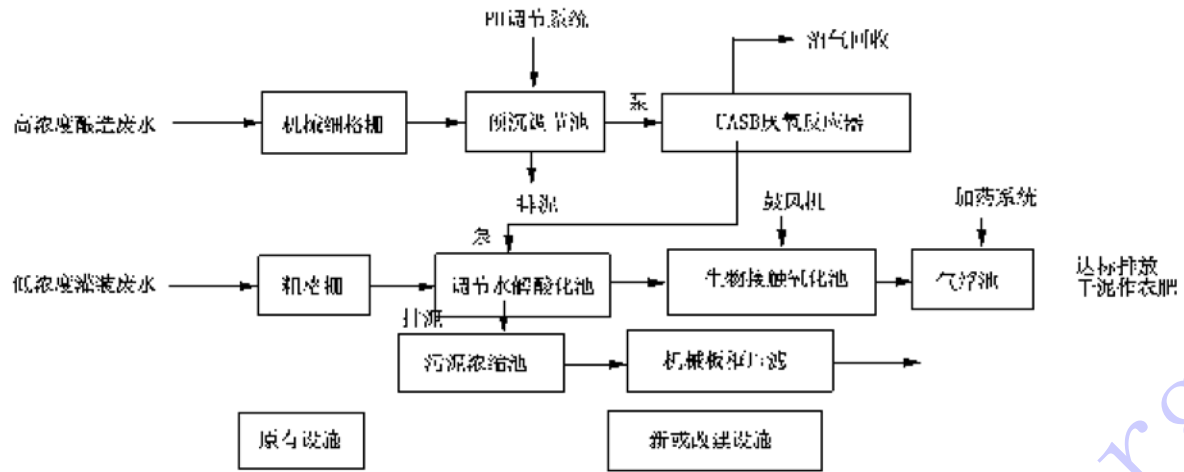


图1 改造后废水处理工艺流程图

表1 改造后各处理单元构筑物及设备情况

构筑物	结构形式	尺寸/m 及参数	主要设备	备注
机械细格栅	钢,地上	3×1		新建
粗格栅	钢,地上	5×2		原有
预沉调节池	钢砼,地下	18×10×4.5, HRT= 9.5h Φ12×16.6, 容积负荷 4~5kgCOD/	污水泵3台, 潜污泵2台 三相分离器、脉冲布水器、排泥系	新建
UASB 反应器	钢,地上	m <sup>3</sup> ·d, HRT= 22h	统等	新建
水解调节池	钢砼,地下	32×17×6, HRT= 16h	潜污泵3台	原有
氧化池	钢砼,地下	26×10.5×5, HRT= 12.5h	Φ150×80 填料床 KBB- 215 曝气 器、罗茨风机3台	原有1座, 新建1座
气浮池	钢砼,地下	8.1×3.2×2.5, HRT= 0.5h	射流器、释放器	改造2座
污泥浓缩池	砖混,地下	Φ3×4.5, HRT= 12h	G32-1 螺杆泵2台	原有2座
板框压滤机		120m <sup>2</sup> , 1500kg/d (DS)		原有1台

### 3.2 厌氧好氧污泥培养驯化

本工程主要调试工作是厌氧 UASB 污泥床的培养驯化和好氧生物接触氧化池的生物填料挂膜培养,采用间歇培养方法进行。厌氧污泥取自某酒厂厌氧污泥,稀释后泵入 UASB 池完成接种,好氧菌种取自当地人畜粪尿。按设计负荷 1/5、2/5 3/5 4/5 5/5 五个负荷阶段逐步提高进水量,以增加反应器内污泥的有机负荷,但不能提高太快,以防污泥被出水带走。调试时每日都需进行常规水质项目的分析监测,每个负荷阶段需在 COD<sub>cr</sub> 去除率稳定一段时间后,才可往上提负荷。好氧段调试时测定池中各点溶解氧,控制好鼓风量,注意观察是否有污泥膨胀。在调试阶段水解酸化污泥全部排入厌氧 UASB 反应器。调试过程中测得不同阶段进处水 COD<sub>cr</sub> 的处理结果数据见表 1。

表1 调试过程不同阶段 COD 处理效果数据

负荷阶段	COD <sub>cr</sub> / (mg/L)		
	预沉调节池	厌氧池出水	好氧生化池 (气浮后)出水
1/5	4160	840	141(调试 UASB)
2/5	4390	874	139(调试 UASB)
3/5	3850	692	115
4/5	4310	732	126
5/5	4240	634	132

3.3 正常运行情况及分析 经过 45D 左右的运行,基本完成 1/5 2/5 3/5 4/5 四个负荷段的过渡,随即进入满负荷运行。经过前四个阶段的培养及驯化,生化池内污泥已基本成熟,生物膜已长至 1~2mm,去除效果及耐冲击负荷能力均较

理想,镜验生化池内不同高度处的生物膜种类都比较一致,上部原生物数量较多且个体较大,下部菌胶团较多且结构紧密。二级生化池内出现大量钟虫、轮虫、线虫类后生动物,游离菌和生物膜厚度由上而下逐步增大。池内特别是上层生长大量菌丝体。其对碳源要求较高,反应灵敏,对有机物有较强的吸附氧化能力<sup>[1]</sup>。大量丝状菌固着在填料表面,增加了微生物与污水的接触面积,提高了处理效果。

氧化曝气池控制条件:

COD <sub>cr</sub>	< 900mg/L
MLSS	2~ 4g/L
SV <sub>30</sub>	32%
DO	2~ 3mg/L

经过 4 个月的调试运行后,厌氧罐污泥颗粒化程度较高,结构密实,沉降性能好,污泥浓度达 40g/L 以上;此时厌氧池产气稳定,耐冲击负荷能力强,出水呈浅黑色,悬浮物少,去除效果明显。由于啤酒废水 pH 值有一定的波动,在运行过程中除需通过酸碱调节外,还须投加化学药物,要保持调节池内废水 pH 在 5.6 以上,方可使后边的厌氧处理顺利进行。

满负荷运转后,各单元的平均处理效果见表 2 表 3(2003 年 8 月份)。

表2 满负荷运转后各单元平均处理效果

项目	高浓度废水厌氧	低浓度混合废
	UASB	水好氧生化池
去除率(%)	84.5	89.5

表3 满负荷运行后处理效果测试值

项 目	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	pH 值
	/ (mg/L)	/ (mg/L)	/ (mg/L)	
预沉调节池	4240	2460	850	6.51
UASB 出水	634	295	720	7.52
气浮池出水	131	29.2	102	7.65
总去除率/%	96.9	98.8	88	
排放标准	≤150	≤60	≤150	6~9

3.4 高浓度废水进出调节池-厌氧池(UASB) COD<sub>Cr</sub>变化情况见图1,混合后废水进出好氧-气浮 COD<sub>Cr</sub>变化情况见图2。

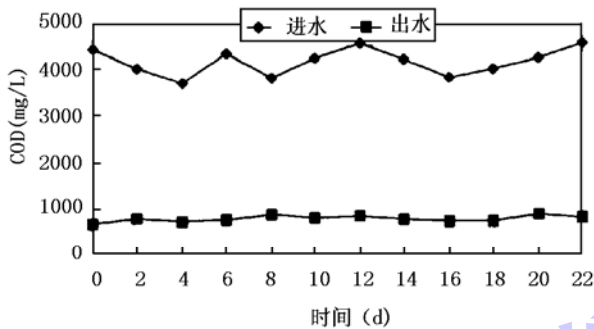


图1 调节池-UASB 进出水 COD 变化

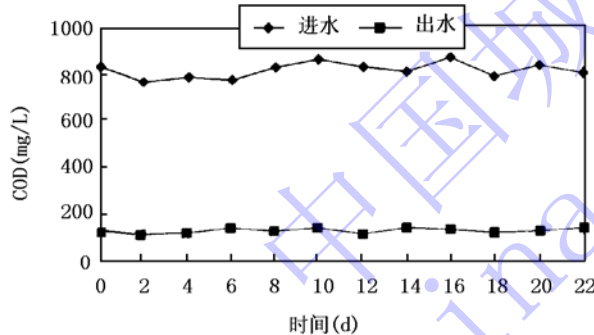


图2 好氧-气浮进出水 COD 变化

3.5 改造前后主要指标对比分析见表4

#### 4 结果与讨论

4.1 采用厌氧UASB先处理啤酒高浓度酿造废水,既降低了这部分废水的浓度,又产生了较多的沼气集中回收,另外进入好氧处理阶段的有机物大大减少(约75~80%被除去),后

再与其它低浓度废水混合处理可以大幅度降低好氧曝气能耗和剩余污泥量,从而降低了运行费用。啤酒高浓度废水经过UASB处理后,COD<sub>Cr</sub>平均去除率在80%以上。

4.2 好氧生化系统采用均负荷推流式工艺,具有容积负荷高、占地少、出水水质稳定、无污泥膨胀现象产生、操作管理简单的优点。尤其采用高效可变微孔曝气器,比原有大孔散

表4 改造前后主要指标对比

项目	改造前	改造后	备注
处理工艺	水解酸化+生物氧化+气浮	高低浓度分质厌氧好氧	
处理量	3000m <sup>3</sup> /d 实际<1000m <sup>3</sup> /d	满足4000m <sup>3</sup> /d能力	
COD <sub>Cr</sub> 值	100~500mg/L	<150mg/L	改造前不稳定排放
电耗	0.71°/t	0.45°/t	节电37%
沼气	无	2500m <sup>3</sup> /d	折标准煤2.5/d
污泥量	4t/d(DS)	1.5t/d(DS)	减少处理费用近2/3

流曝气器,氧利用率高,节省动力消耗35%以上,具有明显的经济效益。

4.3 由于啤酒生产淡旺季明显,排水量不均衡,特别是啤酒生产淡季时排水量少,水中有机物浓度低,为了保持微生物活性又不能停机断气,因此必须及时测定水中有机物浓度和DO值,来确定鼓风机开启次数,淡季生产中应保证生化处理出水中DO值不少于2mg/L为宜。

4.4 由于啤酒酿造废水中含有部分糖化麦糟、废酵母残渣、废硅藻土等悬浮物,特别是废酵母和跑漏麦糟,有机物含量高,极易腐败分解酸化<sup>[2]</sup>,对厌氧反应器冲击较大,因此,应及时清除预沉池中沉淀物,以降低后处理负荷,并可减少碱液中和药剂量,降低处理成本。实践证明,采用细格栅除污机和预沉调节池进行预处理,对防止UASB反应器堵塞,提高污泥颗粒化程度起到了关键作用<sup>[3]</sup>。

#### [参考文献]

- [1]周焕祥. 水解酸化-生物接触氧化法处理啤酒污水[J],工业水处理,1998,18(2):37-38.
- [2]靳国正. 啤酒废水处理设计剖析[J],给水排水,2001,27(2):51-52.
- [3]贺延龄. 废水的厌氧生物处理[M],北京:中国轻工业出版社,1998,35-36.

## Effet of Biological Separating Treatment of Brewery Wastewater

LIU Jan-long<sup>1,2</sup>, SHEN Wen-bo<sup>3</sup>, ZHOU Huan-xiang<sup>2</sup>

(1. College of Food and Biological Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China;  
2. Shandong Light Industry Design Institute, Jinan 250014, China; 3. Shandong Debier Brewing Co., Yiyuan 256100, China)

**ABSTRACT:** The brewery wastewater comes from the different beer production units, its degrees of contamination are very different, according to this kind of characteristics, in the first step, the high concentration wastewater was treated by anaerobic process(UASB), then the new mix with other low concentration wastewater was treated by aerobic process again. The results showed the COD<sub>Cr</sub>, BOD<sub>5</sub>, SS and pH of the final effluent are 131mg/L, 29.2mg/L, 102mg/L and 7.65, which is lower than The National Wastewater Discharge Standard, the charge of running was reduced and the produced methane can be efficiently reclaimed.

**KEY WORDS:** brewery wastewater; anaerobic and aerobic; separating treatment