

# UASB 技术在啤酒废水处理改造中的应用

顾震宇<sup>1</sup>, 况武<sup>2</sup>

(1. 浙江省环境保护科学设计研究院, 浙江 杭州 310007; 2. 浙江博世华环保科技有限公司, 浙江 杭州 310007)

**摘要:** 通过在某啤酒厂的废水处理流程中添加 UASB 处理单元, 形成了 UASB - 水解 - A/O 的处理体系。运行结果表明, 该工艺处理效果稳定, 耐冲击负荷能力强, 出水水质好。对于进水 COD 为 2400 mg/L, BOD<sub>5</sub> 为 1300 mg/L, SS 为 400 mg/L 的啤酒废水, 处理出水各项指标均能达到《啤酒工业污染物排放标准》(GB19821—2005) 一级标准的要求, 其中 COD 50 mg/L, 改造后去除单位 COD 能耗降低 65.8%。

**关键词:** 啤酒废水; UASB; 水解; A/O; 节能

中图分类号: X793

文献标识码: B

文章编号: 1004 - 3950(2009)06 - 0045 - 04

## Application of UASB technology in the transformation of brewery wastewater treatment

GU Zhen-yu<sup>1</sup>, KUANG Wu<sup>2</sup>

(1. Environmental Science Research & Design Institute of Zhejiang Province, Hangzhou 310007, China;

2. Zhejiang Bestwa Environmental Protection Sci-tech Co., Ltd, Hangzhou 310007, China)

**Abstract:** A treatment system of UASB-hydrolysis-A/O was formed, through adding UASB treatment to a brewery wastewater treatment flow. The running results indicated that this technology had steady effects in treating, strong ability of endurance impact loading, and good quality of effluent water. Every index of effluent water can achieve the First Grade of Standard of Pollutants Discharge for beer industry (GB19821—2005) such as COD 50 mg/L, when the influent COD is 2400 mg/L, BOD<sub>5</sub> is 1300 mg/L, and the SS is 400 mg/L for a brewery wastewater. The energy consumption per COD removal can decrease 65.8% after modifying.

**Key words:** brewery wastewater; up-flow anaerobic sludge bed (UASB); hydrolysis; anoxic/oxic (A/O); energy-saving

## 0 引言

杭州千岛湖啤酒有限公司 2004 年在千岛湖坪山建立啤酒厂, 一期规模为 8 万 t/a, 配套建设了 3000 t/d 的污水处理厂一座。2006 年, 企业决定将规模扩至 15 万 t/a, 拟对原污水站进行扩容改造。

### 1 原有污水处理系统

由于企业采取了糖化节能节水技术, 吨酒排水量从原来的 7~8 t 下降至 6~7 t, 因此, 废水浓度有所上升, 改造前后废水水量、水质及排放要求见表 1。

表 1 进水水量、水质及排放要求

项目	pH 值	COD <sub>Cr</sub> /mg·L <sup>-1</sup>	BOD <sub>5</sub> /mg·L <sup>-1</sup>	SS /mg·L <sup>-1</sup>	水量 /m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup>
改造前	6~8	1800	1000	400	3000
改造后	6~8	2400	1300	400	4500
排放要求	6~9	50	20	70	/

注: 废水排放水质执行 GB19821—2005《啤酒工业污染物排放标准》, 但对 COD<sub>Cr</sub> 指标从严要求。

#### 1.1 原有废水处理工艺

原有废水处理工艺采用 A/O 为主体的好氧处理工艺, 工艺流程见图 1。

全厂啤酒生产废水汇集后经过回转格栅进入集水池, 然后一级提升至调节池。在调节池内调

收稿日期: 2009 - 09 - 03

作者简介: 顾震宇 (1972 - ), 男, 浙江海宁人, 高级工程师, 主要从事环境污染治理研究。

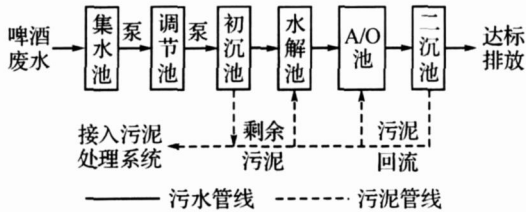


图 1 改造前工艺流程

节水水质后,经二级提升进入初沉池。

在初沉池内,废水中大量的悬浮物从废水中分离出来,COD也得到一定的去除。初沉池出水自流进入水解池。在水解池内,有机物得到部分的降解,废水的B/C有一定的提高,水解池出水自流进入A/O池。A/O段微供氧,DO控制在0.5 mg/L。

在A/O池内,废水与大量的活性污泥接触,有机物得到降解,COD被有效去除。泥水混合液自流进入二沉池进行分离,活性污泥回流至A段;上清液达标排放。

### 1.2 原有构筑物

#### 1.2.1 格栅井

格栅井1座,设栅条间隙10 mm的人工格栅一道及机械格栅一台。

#### 1.2.2 集水池

集水池1座,有效容积16 m<sup>3</sup>。配WQB145-10-7.5提升泵两台,1开1备。

#### 1.2.3 调节池

调节池1座,有效容积1000 m<sup>3</sup>,停留时间8 h,内设穿孔曝气系统。配WLHA145-10-7.5提升泵两台,1开1备。

#### 1.2.4 初沉池

初沉池1座,表面负荷0.81 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)。下设泥斗,重力排泥。排泥阀采用气动蝶阀。

#### 1.2.5 水解池

水解池1座,有效容积749 m<sup>3</sup>,停留时间6.0 h。水解池填料采用YDT弹性填料648 m<sup>3</sup>。

#### 1.2.6 A/O池

A/O池1座,有效容积2640 m<sup>3</sup>,停留时间21.12 h,其中A段1.0 h,O段20.12 h。设计MLSS浓度3000 mg/L。选用SSR200型罗茨鼓风机3台,2开1备。单台参数:风量32.03 m<sup>3</sup>/min,升压53.9 kPa,功率45 kW。采用ZX-65可提升式微孔曝气器130套,单套供气量28~32 m<sup>3</sup>/h。

#### 1.2.7 二沉池

二沉池1座,表面负荷0.62 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)。选用WLHA145-10-7.5型污泥回流泵2台,1开1备。

#### 1.2.8 污泥浓缩系统

初沉污泥、A/O池剩余污泥均进入污泥浓缩池,经重力浓缩减量后,送入均质池,采用带式脱水机脱水,泥饼外运填埋。滤液回集水池,再行处理。选用DYL2000型带式压滤机1台,带宽2 m。

### 1.3 原有设施运行情况

该项目于2005年5月建成,投入试运行,并于当年通过环保验收。整体运行效果良好,出水COD稳定在50 mg/L以下。其中春秋季节一般为25~35 mg/L,夏季和冬季为30~45 mg/L,这与微生物生长适宜温度有关。

## 2 改造工艺选择与改造方法

### 2.1 改造工艺选择

该企业规模扩大后,水量增加50%,有机物浓度明显提升,生化处理单元需要扩容。根据啤酒废水处理的经验,有好氧与厌氧两种工艺可以选择。

对啤酒废水而言,如果是新建项目,好氧工艺的特点是可以直接处理至达标,且投资相对较低,但能耗较高;厌氧工艺的特点是运行费用低,但需在后面配套好氧处理单元,总投资相对较高。

本项目为改造项目,考虑到已有一套好氧生化装置,结合企业不断进行节水技术改造导致废水浓度逐步上升的趋势,在现有好氧处理单元前增设厌氧处理单元无疑是最佳选择。采用该工艺后,可以使投资与运行费用均为最低。

上流式厌氧污泥床<sup>[1]</sup>(简称UASB)是第二代高效厌氧反应器,通过使上流的废水与厌氧污泥接触,在适宜的温度、pH值条件下,产酸菌群和甲烷菌群的共同作用使大分子的有机物降解,在进水方式、布水系统及三相分离器的设计上都有独到之处,是目前广泛使用的高效厌氧反应器。与厌氧滤池、厌氧接触反应器及厌氧流化床等新型厌氧反应器相比,UASB具有内部构造简单、不易堵塞,运行费用低,维护方便等优点,且运转费用及构筑物造价均较低<sup>[2]</sup>,符合本项目的改造条件,因此选用UASB作为本项目的厌氧处理技术。

### 2.2 改造方法

改造以后工艺流程见图2。

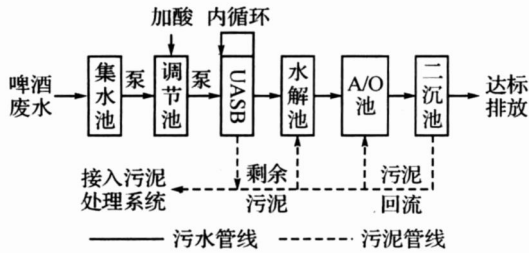


图 2 改造后工艺流程

UASB采用钢砼结构,数量 1座。有效容积 3600 m<sup>3</sup>,容积负荷为 3.0 kgCOD/(m<sup>3</sup>·d)。底部设穿孔管布水,上部设三相分离器,数量 40组。单组平面尺寸 6 m ×2.5 m,材质为玻璃钢。设计出水浓度为 500 mg/L。

设内回流泵两台,1开 1备,流量 150 m<sup>3</sup>/h,扬程 12 m,功率 11 kW。数量 2台,回流的目的是使 UASB 保持比较恒定的升流速度<sup>[2]</sup>,从而可以保持污泥床稳定的膨胀和搅动,避免产生配水不均匀和沟流等现象。另外,回流还可以稀释进水 COD 浓度,增强反应器的抗冲击能力。

为保证流程顺畅,厌氧池液位高于水解池,且改造后废水量增加,故二级提升泵扬程和流量有所增加。二级提升泵参数:流量 150 m<sup>3</sup>/h,扬程 15 m,功率 15 kW,数量 2台,1开 1备。

后续水解、好氧、污泥处理等单元利用原有设施。

### 3 改造后运行情况

#### 3.1 系统启动

啤酒废水调整 pH 值控制在 6.8~7.2,废水投加至设计液位下 1 m。厌氧污泥较难获得,从其他啤酒企业购得厌氧污泥 30 t,另逐步添加现有好氧系统的剩余污泥约 100 t(二沉池污泥)。4 d后开始间歇进水,初始进水量控制在 200 t/d,7 d

后开始启动内回流泵。以出水 COD 低于 800 mg/L 且能稳定运行 3 d 以上作为后续增加负荷的依据,2 个月后,进水量已经增加到 1500 t/d,出水 COD 降至 500 mg/L。开始连续进水,并逐步增加进水量,至 170 d 时,进水量达到 4000 t/d,出水 COD 稳定在 400~500 mg/L,说明厌氧系统已顺利启动完成。

#### 3.2 水解池及 A/O 池调试

由于 UASB 对有机负荷的大幅削减,在原废水水量增加、水质浓度提高的情况下,水解池和 A/O 的污染物负荷反而大幅下降。厌氧正常运行后,不仅使得好氧出水稳定保持在 20~30 mg/L,而且现有 3 台鼓风机从 2 开 1 备变为 1 开 2 备,大大节省了电耗。

#### 3.3 运行效果

经过半年的调试,随着生产旺季的到来,进水量逐步增加至 4000~4500 t/d,出水厌氧池出水 COD 稳定在 250~350 mg/L,厌氧池出水进入现有好氧处理系统,出水仍稳定在 20~30 mg/L。改造后各主要处理单元进、出水水质监测数据如表 2。

表 2 改造后主要处理单元进、出水水质运行监测数据

项目	UASB			水解 + A/O			排放标准
	进水	出水	去除率	进水	出水	去除率	
COD <sub>Cr</sub> /mg·L <sup>-1</sup>	2320	298	87.2%	298	27	90.9%	50
SS/mg·L <sup>-1</sup>	453	185	59.2%	185	40	78.4%	70
pH 值	6~8			6.5	6.8		6
				~7.3	~7.5		~9

#### 3.4 效益分析

##### (1) 能耗分析

改造前后能耗状况见表 3。

表 3 改造前后能耗分析

	3000 (改造前)		4500 (改造前)	
功率消耗 /t·d <sup>-1</sup>				
一级提升泵	7.5 kW/台	×1台 ×20 h/d	11 kW/台	×1台 ×20 h/d
二级提升泵	7.5 kW/台	×1台 ×24 h/d	15 kW/台	×1台 ×24 h/d
鼓风机	45 kW/台	×2台 ×24 h/d	45 kW/台	×1台 ×24 h/d
UASB 内回流泵	/		11 kW/台	×1台 ×24 h/d
二沉池污泥回流泵	7.5 kW/台	×1台 ×24 h/d	7.5 kW/台	×1台 ×24 h/d
带式压滤系统	18.88 kW/套	×1台 ×12 h/d	18.88 kW/套	×1台 ×8 h/d
使用容量 /kW	131.38		108.38	
总能耗 /kWh·d <sup>-1</sup>	2462		1917	
单位能耗 /kWh·t <sup>-1</sup>	0.821		0.426	
单位能耗 /kWh·kg <sup>-1</sup> COD <sub>Cr</sub>	0.529		0.181	

注: 功率因数按 0.85 计算; 计算单位能耗时,废水量及进、出水 COD 数值按表 1 值。

从表 3 中可以看出,经改造后,吨水能耗从 0.821 kWh 降至 0.426 kWh,去除 1 kgCOD<sub>Cr</sub>的能耗从 0.529 kWh 降至 0.181 kWh,分别下降了 48.1%和 65.8%,节能效果明显。若以电费 0.6 元/kWh,1年 300 个工作日计算,采用厌氧方法改造比原有好氧方式年节约电费 66.2 万元。

### (2) 沼气回收价值分析

UASB 池正常运行后,每天产生大量的沼气,将其回收作为热风炉的燃料,可供饲料烘干使用。以表 2 中数据计算,UASB 每天去除 COD 达 9099 kg,以沼气产率 0.45 m<sup>3</sup>/kgCOD 计算,UASB 产气量为 4095 m<sup>3</sup>/d。甲烷的热值为 35994 kJ/m<sup>3</sup>,经测定沼气中甲烷含量为 59%,即沼气的热值约为 21236 kJ/m<sup>3</sup>,与 1 kg 原煤的热值大致相当。这样可节煤约 4.095 t/d,以原煤价格 400 元/t,1年 300 个工作日计算,年收益约为 49.14 万元。

### (3) 污泥处置费用分析

废水经过 UASB 处理后,85%以上的有机物被去除,使后续好氧处理负荷大大降低,产泥量相应减少。部分好氧剩余污泥也可进入 UASB 消化,使得污泥量进一步减少。改造前,带式压滤机平均工作时间约 12 h,外运干泥量约 9.5 t/d,改造后,带式压滤机平均工作时间约 8 h,外运干泥量约 5 t/d。以污泥处置费用 100 元/t,1年 300 个工作日计算,年节约费用 12.5 万元。

## 4 结论和建议

(1) 采用 UASB - 水解 - A/O 工艺处理啤酒废水工艺成熟,运行管理方便,能够确保水质稳定达标排放。

(2) 采用 UASB 工艺污泥产生量少,后续好氧压力轻,能耗低。在啤酒行业推行节水,废水浓度逐步提高的背景下,对于已有一套好氧处理装置的企业,采用增加 UASB 单元的改造方法是一种高性价比的改造工艺。

(3) UASB 单元可以产生作为能源的沼气。啤酒企业可以就地烘干饲料用,数量大的也可以考虑沼气发电。

### 参考文献:

- [1] 缪凯,史洪辉,薛中群.气浮-UASB-兼氧工艺处理化工综合废水[J].中国涂料,2006,21(1):35-37.
- [2] 匡武,殷福才,孙世群,等.UASB工艺在啤酒废水处理中的应用[J].中国给水排水,2006,22(16):62-66.
- [3] 汤爱君,马海龙,董玉平.提高生物质热解气化燃气热值的甲烷化技术[J].可再生能源,2003(6):56-58.

## 报道

## IPCC 研究显示全球气候变化形势更加严峻

联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)2009年12月8日在哥本哈根联合国气候变化大会上披露的最新研究进展显示,全球气候变化形势比以前更加严峻,大气中二氧化碳浓度2009年创历史新高。

IPCC主席帕乔里当天在新闻发布会上提前披露了预计将于2013年完成的IPCC第五次评估报告的部分内容。最新研究显示,当前的气候变化形势比过去更加严峻,地球大气中二氧化碳浓度在2009年达到387ppm,是历史最高值。

研究表明,南极和格陵兰岛的冰盖正在快速融化,并因此造成海平面上升。此前估计认为,全球海平面在1993到2003年间的上涨幅度约为每年3.1mm。而最新测算显示,这一上涨幅度约为3.5mm。

研究还预测,北极海冰到2100年将可能完全消失,目前北极海冰面积约为1950年时的一半。此外,根据植物开花、动物行为等迹象的综合测算表明,春季开始的日期每10年提前2.3天。

IPCC是联合国进行有关气候变化科学研究的主要机构,迄今已发布了4次有关气候变化的评估报告,其中2007年发布的第四次报告正是当前哥本哈根会议的科学基础。

本刊