

# 厌氧—好氧串联法处理啤酒废水

曹利江, 任辉, 秦凤贤, 赵慧娟  
吉林大学生物与农业工程学院 (130022)  
E-mail (caolj@email.jlu.edu.cn)

**摘要:** 针对某啤酒厂废水特点, 采用厌氧—好氧串联法处理啤酒废水。介绍其工艺流程, 并进行取样试验, 对主要设备 IC 反应器和曝气池进行废水主要指标试验分析, 论证厌氧—好氧串联使用的合理性和优越性。该方法 COD、SS 去除率高, 出水水质完全达到国家污水综合排放标准, 且设备运行稳定, 工作效率高, 是目前较为先进的啤酒废水处理方法。

**关键词:** 啤酒废水; 厌氧—好氧串联法; IC 反应器; COD; SS

## 1 引言

据国家统计局公布, 中国啤酒 2002 年产量为 2386.83 万吨, 超过美国, 成为世界啤酒第一大生产国。若以生产 1t 啤酒平均产生 15m<sup>3</sup> 废水计算, 啤酒废水排放量将超过 35 亿 m<sup>3</sup>/a<sup>[1]</sup>。废水处理给啤酒企业带来了巨大的环保压力和财政压力, 严重的影响了啤酒企业扩大再生产的要求, 成为企业实施清洁生产的一大障碍<sup>[2~4]</sup>。目前国内外大量采用生化技术或生化与物化相结合的方法来处理啤酒工业废水<sup>[5]</sup>。长春某啤酒厂 (年产 20 万吨) 采用厌氧—好氧串联法处理废水, 并取得成功。该方法中的 IC 反应器为 90 年代中后期才引入中国, 仅在少数几家啤酒厂运行, 尚处于试用推广阶段。同时, 该方法对整个酿造发酵行业废水处理都有着十分重要的参考价值。

## 2 啤酒废水来源、水质及相关分析

本研究均以长春某啤酒厂为实例。

啤酒生产过程中排出的废水主要包括: 糖化车间的糊化锅、糖化锅及压滤机等洗涤废水, 占废水总量 6%~10%, COD 5000~6000mg/L; 发酵车间的发酵罐洗涤, 板框过滤机清洗, 占废水总量 25%~30%, COD 2500~3000mg/L; 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, 占废水总量 55%~70%, COD 500~800mg/L。其中糖化、发酵车间废水属高浓度有机废水, 排水量虽小, 但其污染负荷高, 主要成分有糖化麦糟、糖类、果胶、啤酒花、酵母残渣、蛋白质、纤维素等有机物和少量无机盐类, 该废水非连续性排放 (每日一班或二班、三班) 时变化系数大, 水质不稳定; 灌装车间废水排放浓度较低, 且水质比较稳定, 排水量大但波动较小。

该厂对所有车间废水进行集中混合治理, 其废水水质主要指标如下表 1:

表 1 车间来水水质主要指标

Table 1 The quality index of brawage wastewater

水量 (m <sup>3</sup> /d)	温度 (℃)	COD <sub>cr</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	pH
1500~3000	20~32	3000~5000	800~1500	6~9

## 3 厌氧—好氧串联法工艺流程及运行结果分析

### 3.1 该工艺流程简图

工艺流程简图，见图 1。

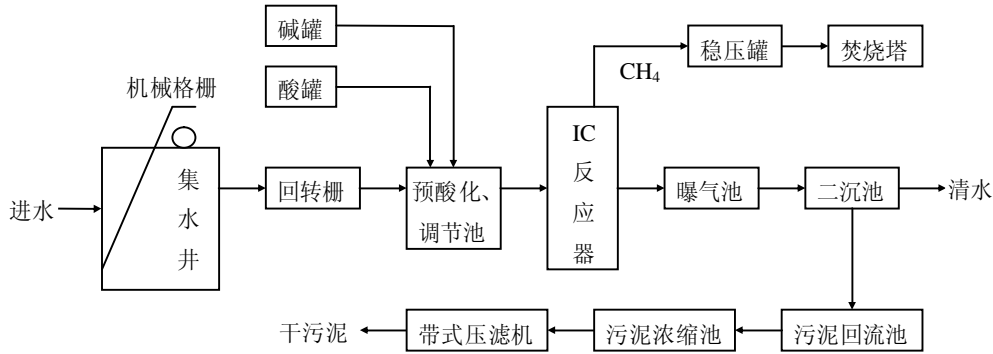


图 1 厌氧—好氧串联法工艺流程图

Fig.1 The technological process of anaerobic and aerobic methods in series

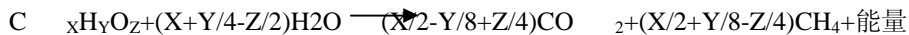
全部废水先经过格栅去除废渣（主要是石块、废纸、塑料袋、大悬浮物等），进入预酸化、调节池调节 pH 值和温度，使之达到内循环式（Internal Circulation, IC）反应器的进水要求<sup>[6]</sup>；IC 反应器由混合区、污泥膨胀床、精处理区和循环系统四个部分组成，内有两个厌氧反应室，实现对废水的内循环处理，通过厌氧颗粒活性污泥中的甲烷菌，使大部分的有机物转化为沼气；串联一个曝气池，使废水中剩余有机污染物质与活性污泥充分接触，吸附和氧化分解有机污染物质；二沉池的作用是用于沉淀分离废水中的悬浮物，使出水澄清。污泥除一部分回流至曝气池外，其余压制成干泥外运。

### 3.1.1 工艺特点

(1) 该方法对来水要求没有严格限制，不管来水有机浓度或大或小，都可以通过预酸化、调解池进行负荷调解，保证整个工艺运行的稳定性和可靠性。

(2) 调解池进水和 IC 反应器进出废水的温度、pH 值、水位，以及期间各个阀门的开关都由 PLC 自动进行操作，免去了人为操作的不准确性和人为事故的发生。

(3) IC 反应器通过污泥内甲烷菌把有机物转化为沼气的反应式：



### 3.2 试验运行数据分析

每天由专业人员对进出水及关键监测点进行取样分析，对整个工艺的运行情况，主要是进出水水质进行随时跟踪和监测。本试验数据采集日期为 2004 年 8 月 1~20 日。见表 2：

表 2 进、出水水质主要指标值

Table 2 The quality index of wastewater passing in and out

日期	pH		COD <sub>c</sub> (mg/L)		SS(mg/L)	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水
0801	8.10	7.85	3762	29	1327	47
0802	6.34	7.88	3197	59	534	35
0803	7.27	7.88	1335	65	1335	65
0804	6.58	7.06	3796	63	1196	49
0805	6.29	7.86	5897	59	1257	57

0806	6.79	7.15	5001	72	897	48
0807	9.62	7.80	3075	79	1200	51
0808	7.31	7.86	3579	21	3079	29
0809	10.20	7.78	3014	47	624	50
0810	8.83	7.74	4975	37	908	39
0811	9.11	7.82	6050	25	802	49
0812	7.02	7.84	3143	27	1927	52
0813	7.05	7.86	3973	21	1920	21
0814	9.19	7.86	5005	32	928	39
0815	11.56	7.76	4259	35	928	39
0816	7.51	7.83	7599	34	979	39
0817	6.97	7.80	2197	42	1121	57
0818	8.54	7.80	4156	41	1299	39
0819	9.68	7.80	4036	62	1921	49
0820	6.35	7.90	3105	43	918	49

由表 2 分析各指标进、出水质的波动情况。见图 2、图 3、图 4:

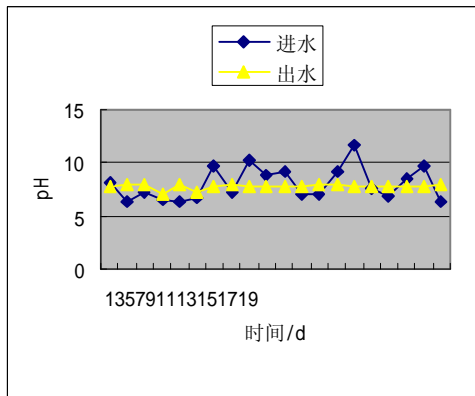


图 2 进、出水 pH 比较

Fig.2 The pH of wastewater compared with passing in and out out

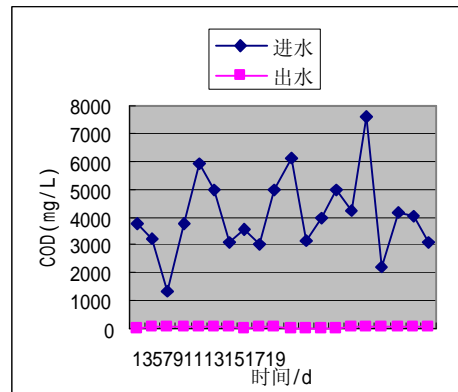


图 3 进、出水 COD 比较

Fig.3 The COD of wastewater compared with passing in and out out

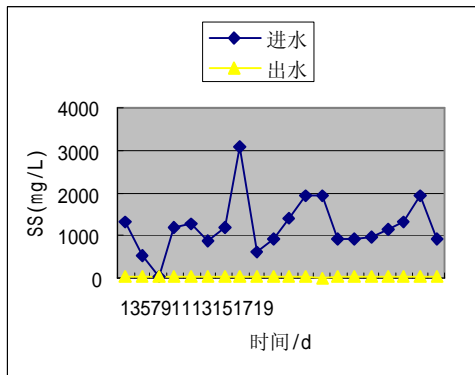


图 4 进、出水 SS 比较

Fig.4 The SS of wastewater compared with passing in and out

由图 2、图 3、图 4 可知，进水 pH、COD、SS 每天都有变化，但是波动范围整体而言比较稳定，有几天排放水质明显偏离平均值，这与车间当天实际生产排污情况相符；而出水水质上述指标非常稳定，说明该工艺整体流程设计合理，能适应突发的废水水质波动。

下面对厌氧—好氧串联的合理性进行定量说明，主要从 IC 反应器（厌氧设备）和曝气池（主要是好氧反应）的进、出水 COD 和 SS 值来进行分析。见图 5、图 6：

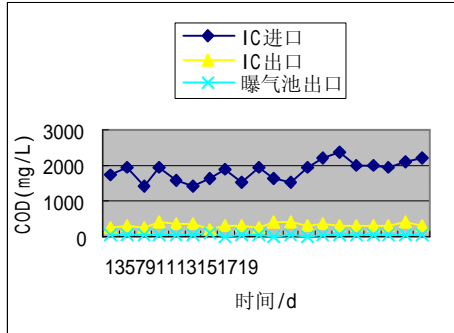


图 5 各主要取样点 COD 比较

Fig.5 The COD of wastewater compared with different sampling points

由图 5 知，进入 IC 反应器的废水的 COD 值较来水（见图 3）稳定，其主要依靠预酸化、调节池对各车间来水进行混合均匀，使之不出现大幅度的波动，COD 维持在 1500~2500 之间，达到 IC 反应器工作要求。经过 IC 反应器处理的废水，其 COD 为 250~350 之间，去除率维持在 80~85%，但尚没有达到国家污水综合排放标准。再通过曝气池的氧化分解之后，废水中 COD 一般为 30~45 之间，去除率为 86% 左右。

由图 6 知，SS 主要是通过曝气池中活性污泥的吸附作用之后，经二沉池的沉淀分离后去除，出水 SS 值平均为 40~45，达到国家污水综合排放标准。

整个工艺流程出水水质主要指标均达到国家排放标准，见表 3：

表 3 试验出水水质与国家排放标准比较

Table 3 The quality index of this experimentation compared with the national Discharging Standard

	pH	SS(mg/L)	COD(mg/L)
污水综合排放标准 (GB8978—1996)	6~9	≤70	≤100
本工艺实际排放	7~8	40~45	30~45

## 4 经济性分析

整套设备从荷兰帕克公司引进，一次性设备投资近 1000 万元，二期工程追加投资 500 万元，用于配套设施的建设。反应器为立式结构，高度为 16~25m，占地面积小，运行自动化程度高，相应的减少了劳动力的投入。而且设备运行稳定，维护费用并不大。吨水处理成本由过去的近 2.0 元降至 1.2 元，每年节约成本近 100 万元。经过该方案处理后的废水，不仅可做为农业用水，而且可以回收一部分废水用于啤酒厂区的绿化灌溉。

企业通过实施该废水处理工程，已大大缓解了和周边居民的关系，同时在环保上获得了相关部门的肯定，多次被评为“绿色食品生产企业”，无形中为企业增加了大量的声誉，其经济效益和社会效益都十分明显。

## 5 结论

(1) 采用厌氧—好氧串联法处理废水，合理利用厌氧、好氧两种方法，互取优点，有效去除废水中的 COD 和 SS，平均去除率能达到 95%以上，出水水质完全达到国家污水排放标准。

(2) 该废水处理工程运行稳定，可靠性高，为企业节约大量成本，不仅适于在啤酒企业，对整个酿造发酵行业废水处理都可以进行推广运行。

(3) 废水处理是整个啤酒生产过程的重要环节，是啤酒企业建立 HACCP 体系的重要参考点。根据废水的水质和处理情况，及时跟踪车间生产，从而降低啤酒生产车间排污量，对整个啤酒生产具有十分重要的意义。

(4) 啤酒行业废水治理的最终出路还是要从源头抓起，利用生命周期评价 (LCA) 方法<sup>[7~8]</sup>，从啤酒生产工艺技术、管理和服务整个生命周期角度出发，减少每一步工艺的废水产生，降低废水处理阶段的负荷，减轻企业治污负担。

### 参 考 文 献

- [1] 许为义. 啤酒混合废水处理利用的生态工程系统实验研究[J]. 工业水处理, 2004, 24(3): 27—30.
- [2] 郭斌, 庄源益. 清洁生产工艺[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [3] 罗德裕, 潘培丰, 林克明. 啤酒行业清洁生产评价初探[J]. 环境保护科学, 2001, 28(109): 48—50.
- [4] 张华, 阚久方. 啤酒工业清洁生产[J]. 环境科技, 2001(3): 17—20.
- [5] 梁多, 彭超英. 啤酒工业废水治理及清洁生产实例[J]. 酿酒, 2004, 31(3): 84—86.
- [6] 陈坚, 任洪强, 堵国成. 环境生物技术应用与发展[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.
- [7] 邓南圣, 王小兵. 生命周期评价[M]. 北京: 化学工业出版社环境科学与工程出版中心, 2003.
- [8] YANG Jian-xin, WANG Ru-song, FU Hao. Life cycle assessment of mobile phone housing. Journal of Environmental Sciences[M], 2004, 16(1): 100—103.

## Treating Wastewater From Beer Production

### With Anaerobic And Aerobic Methods In Series

CAO Lijiang, REN Hui, QIN Fengxian, ZHAO Huijuan

(College of Biological and Agricultural Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

#### Abstract

The anaerobic and aerobic methods in series was proposed to treat wastewater from a brewery with its own specialties. Introduced its technological process , and take some samplings for experimentation, analysed the wastewater's quality index of IC reactor and aeration tank what were the most important equipments , and demonstrated its rationality of this method. It has high COD and SS removal rate, make the wastewater achieve the national Discharging Standard, futhemore, it has good stabilization and high efficiency, so it can be the quite advanced method to treat brawage wastewater.

**Key words:** brawage wastewater; anaerobic and aerobic methods in series; IC reactor ; COD; SS

作者简介：曹利江，硕士研究生，专业为食品科学与工程，研究方向为绿色食品制造及食品清洁生产技术研究。