

UASB-CASS 工艺处理啤酒废水研究

班福忱 李亚峰 刘 军 袁雅姝

(沈阳建筑大学环境学院 辽宁 沈阳 110168)

摘 要: UASB-CASS 组合工艺处理啤酒废水试验表明,最佳工艺条件为:啤酒废水在调节沉淀池内停留时间为 8 h;UASB 容积负荷为 $7.2 \text{ kg COD}_{\text{cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,反应时间为 15 h;CASS 氧化池内污泥负荷为 $0.55 \text{ kg COD}_{\text{cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。处理后的出水水质稳定,各项指标均可达到国家《污水综合排放标准》(GB8978-96)一级排放标准。本工艺具有技术简单、抗冲击负荷能力强、节省能源、运行稳定可靠、污泥排放量少、便于操作管理等优点,适用于水质变化较大的工业废水处理。

关键词: 啤酒废水; UASB-CASS 工艺; COD; BOD₅

中图分类号:TS262.5;X797 文献标识码:B 文章编号:1001-9286(2005)08-0110-03

Study on UASB-CASS Technology in the Treatment of Beer Wastewater

BAN Fu-chen, LI Ya-feng, LIU Jun and YUAN Ya-shu

(Environment College of Shenyang Architecture University, Shenyang, Liaoning 110168, China)

Abstract: The optimal technical conditions of the application of UASB-CASS technology in the treatment of beer wastewater were as follows: 8 h stay time of beer wastewater in precipitate-regulating pits, the volume load of UASB as $7.2 \text{ kg COD}_{\text{cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 15 h action time, sludge load of CASS in oxidation pits as $0.55 \text{ kg COD}_{\text{cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$. The water after treatment had stable quality with each index in accord with National Sewage Drain Standard (GB8987-96). The technology had the following advantages: simple operation, strong shock resistant capability, saving energy, reliable and stable operation, low sludge drainage, convenient management etc. Such technology was especially preferred in the treatment of industrial wastewater with great changes in water quality. (Tran. by YUE Yang)

Key words: beer wastewater; UASB-CASS technology; COD; BOD₅

近年来,我国的啤酒产业迅速发展,每年啤酒废水的排放量近 $4 \times 10^8 \text{ t}$,占我国废水排放总量的 1%,每年啤酒废水中向环境排放的 COD 总量约为 $45 \times 10^4 \text{ t}$,约占 COD 排放总量的 3.2%。由于啤酒厂排出的废水具有高浓度的有机污染物和一定浓度的悬浮固体,容易造成水体的污染,已经引起了社会各界和有关部门的重视^[1-5]。我国对啤酒废水治理起步较晚,20 世纪 80 年代主要以好氧生化处理工艺为主,该技术存在着投资大、运行费用高、占地面积较大等弊端。到 20 世纪 90 年代,单一的好氧生化工艺已很少被采用,厌氧生化处理技术得到了广泛的重视和应用^[6-8]。啤酒废水有较好的可生化性,仅采用好氧法处理,存在能耗高、费用大等问题,若结合先进的厌氧处理技术,将提高效率、降低处理费用。本研究针对啤酒废水特点,采取了厌氧和好氧相结合的处理新

工艺,将 UASB 反应器和 CASS 反应器结合起来对啤酒废水进行处理。UASB 反应器是目前应用较为广泛的高速厌氧反应器,具有构造简单、不易堵塞、耐冲击负荷、便于操作运行等优点^[9]。CASS 是在好氧生物处理中常用的活性污泥法 SBR 工艺的基础上发展起来的^[10]。试验证明,该工艺非常适合啤酒废水的处理,出水可达到《污水综合排放标准》(GB8978-96)一级排放标准,有很好的推广价值。

1 啤酒废水的来源、水质及工艺

1.1 废水来源及水质

试验废水取自辽宁省某啤酒厂,该厂废水主要来自于糖化、发酵、蒸煮等工段的高浓度有机废水。废水中含有大量的糖类、蛋白质、纤维素等有机物,浓度高,可生

基金项目:国家建设部项目(02-2-2.12)

收稿日期:2005-04-05

作者简介:班福忱(1976-),男,硕士,主要研究方向:环境化学和水污染控制等领域的研究。

化性好,其主要污染物指标见表1。水质分析方法全部按照国家环保局颁布的水质监测分析方法进行^[1]。分析项目包括 COD_{cr} , BOD_5 , SS, pH。

表1 啤酒废水主要污染物指标 (mg/L)

项目	COD_{cr}	BOD_5	SS	pH
范围	3000~4000	1200~1600	500~750	8~10

1.2 废水处理工艺

UASB-CASS 工艺流程:

啤酒废水 → 格栅 → 调节沉淀池 → UASB → CASS → 出水

工艺装置组成: UASB 反应器 1 个, 由进水分配器、反应柱、气液固三相分离器等组成, 为常温升流式反应器; CASS 反应器 2 个, 有效容积为 $0.35 m^3$, 水力停留时间为 10.0 h; 采用射流曝气器进行曝气。

2 厌氧、好氧污泥的培养、驯化及处理

按调试方案, 采用间歇培养方法。厌氧菌种取自某味精厂废水处理车间, 厌氧段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_{cr} 去除率稳定一段时间后, 才可往上提升负荷。经过培养、驯化, UASB 反应器内的污泥已经基本成熟, 反应器底部出现了 0.6 mm 的稳定污泥颗粒。运行 65 d 后, 污泥床底部絮状污泥逐渐密实, 表明此系统在此时已经具有较好的去除效果和抗冲击负荷能力^[12]。

好氧段调试时同样采用间歇培养法, 泥种取自该啤酒厂废水处理站所排出的剩余污泥。调试时先向 CASS 池中充满啤酒废水, 往废水中投加泥种, 并投加营养盐和粪便稀释液, 然后进行闷曝; 按照 CASS 工艺的运行周期, 隔一段时间排出适量上清液, 再补充原废水; 随着污泥量的增长, 逐步缩短每周期的曝气时间, 增加每天更换的水量。如此循序渐进, 30 d 后活性污泥培养和驯化成功。

3 调节沉淀池对有机物的去除效果

废水经过格栅处理后, 直接进入调节沉淀池。随着沉淀时间的延长, 在沉淀池内啤酒废水中的污染物浓度逐渐降低。但当沉淀时间超过 8 h 时, 污染物的去除效率并不明显增加, 因此, 本试验确定为废水在调节沉淀池内的最佳停留时间为 8 h。表 2 为废水在沉淀池内停留 8 h 时各种污染物浓度的进出水变化情况。沉淀后的上清液进入 UASB 反应器。

表2 废水停留 8h 时沉淀池内污染物浓度的进出水变化

项目	BOD_5 (mg/L)	COD_{cr} (mg/L)	SS (mg/L)
进水	3500	1500	700
出水	2672	638	321

4 UASB 反应器

4.1 UASB 反应器运行效果

经过培养、驯化以后, 处理负荷达到了设计能力, 全系统运行稳定, 正常运转阶段 COD_{cr} 及处理效果见图 1。

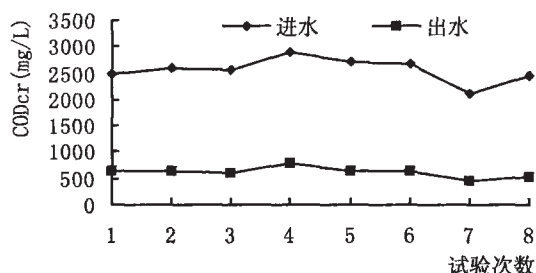


图1 UASB 反应器内 COD_{cr} 进出水前后变化情况

从图 1 可以看出, 厌氧反应器进水的平均浓度为 $COD_{cr} 2560 mg/L$, 经厌氧微生物作用后, 出水平均值为 $COD_{cr} 5360 mg/L$ 。由于啤酒生产中每天排放的污水浓度变化量较大, 系统进水浓度的绝对偏差为 930 mg, 而出水浓度的绝对偏差为 172 mg。这说明, 进水水质的波动对出水水质的影响较小, UASB 反应器有很强的抗冲击负荷的能力。

经厌氧反应后, 废水的可生化性能提高, BOD/COD 由原来的 0.43 增加到 0.51。在整个反应过程中, 容积负荷与产气量呈线性关系。随着容积负荷的增加, 产气量先升高后降低。在容积负荷为 $7.2 kg COD_{cr}/(m^3 \cdot d)$ 时, 此时表明 UASB 反应器处理啤酒废水效果最佳, 有机污染物此时的去除率能够达到 70% 以上。

4.2 pH 值对 UASB 反应器去除效果的影响

在厌氧污泥为完全颗粒化且污泥浓度不高的情况下, UASB 反应器耐冲击负荷能力不强, 尤其是对 pH 值的变化较为敏感。在运行过程中我们发现, UASB 反应器对碱性废水的耐冲击负荷能力远远大于耐酸性废水的冲击能力。图 2 为不同 pH 值时对污染物去除效果影响的曲线。

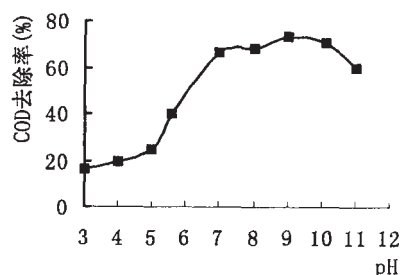


图2 pH 值对 COD 去除效果的影响

分析图 2 可知, 在废水 $7 < pH < 10$ 的情况下, 出水水质较好, 此时去除效果相对稳定; 而在进水 $pH < 5$ 的情况下, 去除率明显下降, 而且出水水质还有恶化的迹象,

出水泛白、浑浊且有明显酸味,这是由于厌氧 UASB 内有机酸不断累积的结果。由于啤酒生产废水 pH 值有一定的波动,所以在满负荷运行阶段除通过酸、碱废水的相互中和外,还需辅以投加化学药剂加以调节,确保 pH 值稳定在一定范围,以求达到较好的去除率。

4.3 厌氧反应时间对 COD 去除率的影响

将 pH 值控制在一个比较稳定的范围内,并保证进水 COD 浓度在 2500 mg/L 左右,此时 COD 的去除率随着不同厌氧反应时间的变化曲线见图 3。随着厌氧反应时间的延长,COD 的去除率也越来越高,当反应时间为 4 h 时,COD 的去除率为 25%;当反应时间为 8 h 时,去除率为 40%;当反应时间为 15 h 时,去除率达到 75%。试验中,要综合考虑各种因素的影响,所以,本试验厌氧反应时间确定为 15 h。

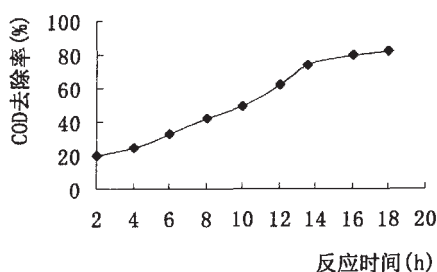


图 3 厌氧反应时间对 COD 去除率的影响

5 CASS 好氧反应器运行效果分析

经过 UASB 反应器处理后的污水,将直接流入 CASS 反应器,啤酒废水经 UASB 处理后,可去除 70% 以上的有机污染物(以 COD_{cr} 计),此时可以大幅度地减轻好氧处理 CASS 工段的负荷。在试验中,采用两个 CASS 反应器并联运行。图 4 为 CASS 反应器运行正常后不同浓度的啤酒废水经过 CASS 反应器后出水水质的变化情况。

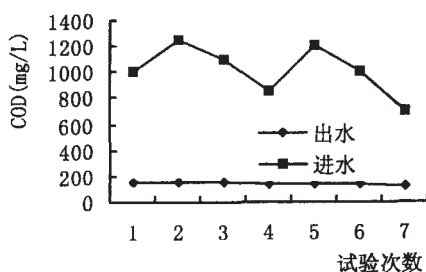


图 4 CASS 池氧化运行效果

从图 4 可以看出,当进水浓度有较大波动时,经 CASS 反应器处理后出水水质仍然比较稳定。原因是在一个反应器排水的阶段,由另外一个反应器单独接受啤酒废水。CASS 在反应阶段是曝气的,微生物处于好氧状态;在沉淀和排水阶段不曝气,微生物处于缺氧甚至是

厌氧状态。因此,反应池中的溶解氧是周期性变化的,池内氧浓度梯度大、转移效率高,这样就更大大提高了对有机物的去除效率,从而使 CASS 反应器具有较强的抗冲击负荷能力。

一般情况下,COD 的去除率还和反应器内的污泥负荷有一定关系,整体上随着污泥负荷的增加而呈下降趋势,大致可以描绘为线性关系。综合考虑多方面影响因素,并根据本试验的运行经验,当污泥负荷为 $0.55 \text{ kg COD}_{cr}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时对出水 COD 的去除效果较好,有机物去除率可以达到 90% 以上。这说明 CASS 反应器耐冲击负荷能力较强,特别适合于类似啤酒废水这样水量波动较大的废水处理工程。

6 其他运行功能

6.1 BOD_5 变化

图 5 为啤酒废水经 UASB-CASS 系统处理后 BOD_5 的变化情况。系统进水的 BOD_5 平均值约 1400 mg/L,而出水的 BOD_5 值远低于国家一级废水排放标准 (30 mg/L),整个系统的 BOD_5 去除率达 96.8%,取得了较彻底的处理效果。

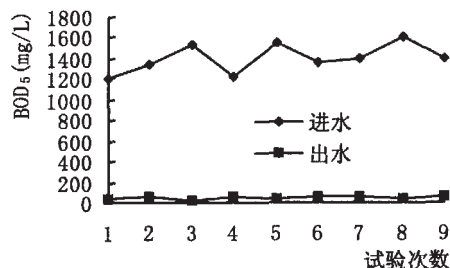


图 5 系统运行 BOD_5 的变化

6.2 系统的 SS 变化

啤酒生产排放的废水,其悬浮固形物主要为细小的麦糟和酵母。系统在废水处理前,对悬浮固形物先进行沉淀处理,大颗粒的淀粉被沉淀排除。废水进入系统后,微小颗粒被降解后被微生物充分利用。因此,经过系统处理后,悬浮固形物被消除,出水的固形物远远低于国家一级排放标准 (70 mg/L)。

7 结论

7.1 该试验最佳工艺条件为:调节沉淀池内停留时间为 8 h;UASB 容积负荷为 $7.2 \text{ kg COD}_{cr}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$;反应时间为 15 h;CASS 氧化池污泥负荷为 $0.55 \text{ kg COD}_{cr}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

7.2 试验结果表明,采用 UASB-CASS 工艺处理啤酒废水是可行的,废水经 UASB 反应器处理后,可以大幅度减轻 CASS 工段的负荷;啤酒废水经 UASB-CASS 后可

(下转第 117 页)

(或甜味剂)名称,都怕承认后影响产品销售和遭遇同行指责。目前多数中、低档产品未按各香型白酒标准要求生产,标签标注方面未严格按照 GB7718 的要求进行标注,却在标签上错误标注各香型标准作执行标准。另一方面标准滞后制约了白酒行业的发展。QB/T1498-92 不能满足大量采用新工艺的液态法白酒生产需要,在 GB2760-96《食品添加剂使用卫生标准》中,只有配制酒种才能加入甜味剂,其他任何酒种不得添加甜味剂。针对液态法白酒的生产标准 QB/1498-92 还仅仅停留在 10 多年前的认识基础上,应及时修订。

4 完善甜味剂添加的国标和执行

今年开始,国家将加强食品标准的清理、整治工作,理顺标准体系结构,构建食品安全标准体系,将积极采用国际标准和国外先进标准,加快标准制订修订步伐,并在 2005 年 6 月底完成食品国家标准、行业标准、地方标准的全面清理,解决现行食品标准的交叉、重复和矛盾,并完成已备案食品企业生产标准的清理,提高食品标准采用国际标准的比例,全面与国际食品类标准接轨,以满足社会发展的需要,保障消费者安全健康。新工艺液态法白酒的生产标准《固液勾调白酒行业标准》正在制订中,这将逐步解决标准滞后的问题。

随着国家对食品安全问题的日益重视,各级质量、卫生监督部门加大了对食品添加剂违规使用问题的查处,围绕在酿酒生产中突出的违规使用糖精钠等甜味剂

问题,要求严格按照相应标准正确、科学、合理使用甜味剂等食品添加剂。因此,在鼓励企业多产优质固态白酒的同时,坚持中、低档新工艺液态法白酒的长期发展,规范新工艺液态白酒的生产和销售。尽快制订新工艺白酒的行业标准、国家标准来规范中、低档新工艺白酒的生产,解决标准滞后的问题。要改变现状,单靠政府行政力量还不够,行业内部需加强行业内的管理力度,白酒生产企业要自我约束,规范企业行为准则,提高行业标准安全水平,加强企业间相互监督,提高技术进步和整体质量,并积极向政府相关部门反馈行业情况和提供合理建议。在相应的国标、行标未出台之前,各白酒生产企业应参照目前各香型白酒的国家标准,重点引用 GB/T17204《饮料酒分类》和 GB2760-96《食品添加剂使用卫生标准》,依据 QB/T1498-92《液态法白酒》、GB2757《蒸馏酒及配制酒卫生标准》、GB10345《白酒试验方法》、GB7718《预包装食品标签通则》、GB10344《饮料酒标签标准》、GB10346《白酒检验规则》、GB10343《食用酒精》等相关标准来制订能满足生产需要的新工艺白酒或配制酒的企业标准,按此标准生产,严格执行 GB2760-96, GB7718 标准,科学、谨慎、合理地使用食用添加剂,提高酒的品质和口味,引导消费者正确认识甜味剂等食品添加剂,并在生产和销售过程中规范企业行为,净化市场竞争环境,提高甜味剂等食品添加剂使用的透明度,杜绝在甜味剂使用上弄虚作假的行为,生产安全合格的中、低档白酒产品,从而推动白酒行业的健康发展。●

(上接第 112 页)

去除 90% 以上的有机污染物,出水水质可达到《污水综合排放标准》(GB8978-96)一级排放标准。整个处理工艺投资省、运行费用低、污泥量少、运行稳定。UASB-CASS 工艺对进水有机物浓度的波动有较强的缓冲能力,适用于处理水质变化较大的工业废水。

参考文献:

- [1] 郑平,梅玲玲, Fogno Jean Clalld. 喀麦隆啤酒废水厌氧生物处理的研究[J]. 太阳能学报, 2001, 22(2):230-235.
- [2] 陈亚平,付永胜,李湘梅,魏剑斌. 啤酒工业废水的特点及其处理方法[J]. 污染防治技术, 2003, 16(4):146-149.
- [3] 王松林,汪大庆. 内循环 UASB 反应器+氧化沟工艺在啤酒废水处理中的应用[J]. 工业用水与废水, 2001, 32(2):23-24.
- [4] 孙骏. 啤酒废水的厌氧-好氧生化处理[J]. 工业用水与废水, 2001, 32(3):32-33.
- [5] 赵勇,易军. 啤酒废水生物治理工艺的综合评价[J]. 环境工程, 2002, 20(2):66-69.
- [6] JOURNERY W K, SCOTT M C. Niren. Anaerobic enhanced treatment of wastewater and options for further treatment [M]. Washington DC:ACDI/VOCA, 1996.127-134.
- [7] ROSS WR. Practical application of the ADUF process to the fullscale treatment of a maize processing effluent[J]. Water Science and Technology, 1992, 25(10):27-39.
- [8] Comelissen ER, W. Janse J, Koing. Wastewater treatment with the internal MEMBIORD[J]. Esalination, 2002, 146:463-466.
- [9] 石明岩. 啤酒废水处理技术的革新与实践[J]. 工业水处理, 2003, 23(1):16-18.
- [10] 金兆丰,余志荣. 污水处理组合工艺及工程实例[M]. 北京:化学工业出版社, 2003.
- [11] 国家环保局. 水和水质监测分析方法(第三版)[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1987.
- [12] 傅金祥,腾险峰,李彤岩. 低温下 DAT-IAT 工艺污水处理厂活性污泥培养驯化[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版)2005, 21(1):43-45.