

UBF厌氧反应器常温下处理 低浓度啤酒废水的研究

孙慧修

李彦春

(重庆建筑工程学院, 邮编: 630045) (中国市政工程西南设计院, 邮编: 610081)

摘 要

本文对新型高效厌氧反应器(UBF)在常温下处理低COD浓度($S_0 = 500 \pm 50$ mg/l)啤酒废水的特性进行了研究。探讨了HRT, 有机容积负荷, 出流SS, 污泥产率及积累系数等参数对去除效果的影响。论述了滤层的截留能力和去除效率。试验表明: 水力停留时间(HRT)为19—5 h, 夏季处理效率93.3%—82.5%, 秋季为91.8%—63%, 冬季为78%—33.3%。

关键词: 啤酒废水, 厌氧反应器, 废水处理

一、前 言

厌氧技术近来有较大发展, 高效反应器, 如UASB, AF, AFB, DSF等先进装置相继开发。生物膜反应器的特点是微生物附着于载体上生长, 使SRT增大, 泥流失减弱, 但它易产生阻塞短流等水力不良现象, 并且有效容积较小和由于填料而造价提高。Lettinga (1980)开发的UASB^[1], 污泥在其内呈悬浮态, SRT较大, 负荷较高, 处理效果良好。但三相分离器结构复杂, 设备加工较困难。为此, 需开发一种新的高效混合反应器^[1,2]。

UBF反应器由上部滤层和下部污泥床两部份组成。内部微生物小部份附在填料上, 绝大部份在污泥床内。该装置结构简单, 操作管理方便。人工配液中等浓度啤酒废水试验结果证实, 在较高有机负荷和水力负荷下, 处理效果良好^[7,8]。

本文从经济及推广角度出发, 对常温下UBF处理低浓度啤酒废水的试验结果进行了讨论。

二、试验装置及方法

1. UBF装置

UBF反应器构造见图1。柱体由硬塑料制作, 滤层装填瓷环(12×12×9)。总容积21.83 L; 水力计算容积16.27 L; 填料空隙率74%; 污泥床容积9.64 L; 滤层容积6.15 L; 填料比

收稿日期: 90—02—22

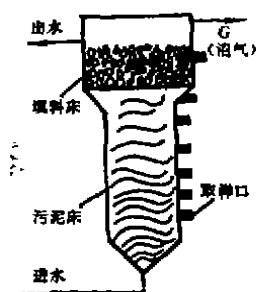


图1 UBF反应器构造图

表面积 $7.91\text{ cm}^2/\text{环}$ 。

2. 水质组成

试验废水来自重庆啤酒厂总出水口，是糖化、发酵及洗瓶车间的混合排水。COD每天波动范围大，一般为 $200\text{--}900\text{ mg/l}$ 。为此本试验采用COD平均浓度为 $500\pm 50\text{ mg/l}$ 的废水，组成见表1。试验在室内进行，因此排除了进水中SS的影响，每次取回废水后放在温度低的房间内。当浓度高时，进料前给以稀释，为了使运行稳定正常，在进反应器前用 NaHCO_3 调节稀释，使废水的pH在 7.0 ± 0.2 左右。

表1 原水水质组成

碳水化合物 (%)	脂肪 (%)	灰份 (%)	蛋白质 (%)	纤维素 (%)	氮 氮 (mg/L)	色	pH
55.3	6.4	3.0	27.3	6.7	30	淡褐色	5~6

3. 取样化验

SS, VSS, COD, VFA, 碱度指标均按《污染源统一监测分析方法》(废水部分)^[9]进行化验。气体组成由色谱分析仪分析，气产量用湿式流量计计量。

4. 试验运行

低浓度废水在中温下处理不经济，因为 CH_4 量远远不足维持中温状态，此外啤酒厂废水量大，外加热将消耗大量能源。技术上也常导致污泥流失、运行失败。所以本试验选择高效厌氧UBF装置在常温下处理低浓度废水，目的在于考察该反应器运行时，温度波动、HRT和容积负荷对处理效果、产气量及运行参数变化情况等的影晌。

试验分启动和负荷研究两个阶段，启动接种菌来自西安污水处理厂消化池，污泥的活性较低， $\text{VSS}:\text{SS}=0.35$ 。经过桶内预先人工配液培养，装柱时 $\text{VSS}:\text{SS}=0.40$ 。启动开始选择在初夏，温度 25°C 左右，经2个月启动运行，于7月初结束，此时污泥床内污泥 $\text{VSS}:\text{SS}=0.65$ 。在负荷研究阶段，HRT变化为19, 12, 10, 8, 6, 5 h，进料COD浓度控制在 $500\pm 50\text{ mg/l}$ 内。春季和秋季在试验地区的温度变化相似，所以一年划分夏秋冬三个温度区。在每段，HRT从19 h至5 h作一个周期，探讨HRT的影响。在每种HRT下达到稳态后，连续取值，取其平均结果为该点试验值。研究的变量参数为：HRT 19h—5h；COD $500\pm 50\text{ mg/l}$ ；温度 $30^\circ\text{C}\text{--}10^\circ\text{C}$ 。

三、试验结果

1. 去除效率

随HRT增大，去除率逐渐提高，最后趋于平缓(图2)。不同温度区内，HRT相同，其处理率变化趋势随温度下降而减小，即夏季比冬季处理效果好。处理率受HRT影响变化幅度在高温区小，而在低温区内则大。夏季HRT为5 h，去除率(η)为82.3%，秋季HRT为8 h， η 仍可达78%，但冬季，要达到77.1%，HRT需延至19 h。在不同温度区内，

HRT 与处理率的定量关系通过回归分别得出:

$$\eta_I = 96.88 - \frac{68.42}{\text{HRT}} \quad (30^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}, R = 0.98)$$

$$\eta_{II} = 105.4 - \frac{214.00}{\text{HRT}} \quad (25^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}, R = 0.98)$$

$$\eta_{III} = 92.42 - \frac{291.8}{\text{HRT}} \quad (15^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}, R = 0.997)$$

在夏秋冬三季,最高负荷运行时,处理效率分别为82.5%, 62.3%, 33.2%(图3),可见随着温度下降,去除效果变差。在相同温度区,容积负荷的提高,去除率逐渐下降。L(容积负荷)与处理率(η)的定量关系可用下式表达:

$$\eta_I = 1 - e^{-2.27/L} \quad (30^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}, R = 0.95)$$

$$\eta_{II} = 1 - e^{-1.88/L} \quad (25^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}, R = 0.978)$$

$$\eta_{III} = 1 - e^{-0.987/L} \quad (15^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}, R = 0.987)$$

试验结果表明处理低浓度废水时,采用 HRT 比用有机容积负荷作为设计指标更合理,该结论与文献[5]的观点相同。

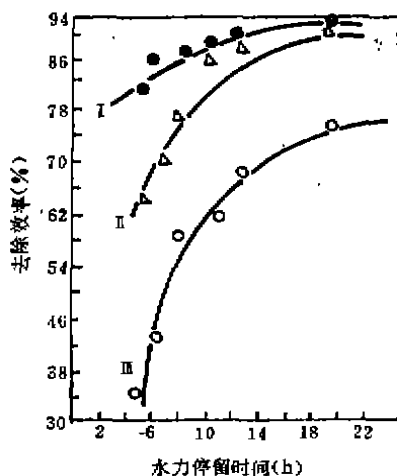


图2 水力停留时间与去除效率的关系

I 为夏季, II 为春、秋季, III 为冬季

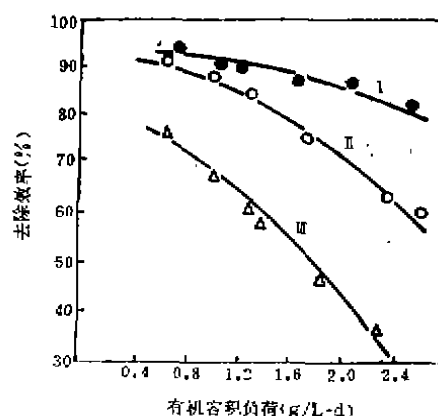


图3 有机容积负荷与去除效率的关系

图注同图2

2. 污泥产率系数和积累系数

反应器内污泥产率主要与菌种组成,基质和某些环境条件有关。在本试验中,温度在改变,所以在不同季节运行时,产率大小即可反应出温度影响。通过试验数据计算三个温度区内微生物产率值,波动微小,表明温度变化时对产率系数的影响是较弱的。

作 $\text{CH}_4(\text{l/l}\cdot\text{d})$ 与 COD 去除 $(\text{g/l}\cdot\text{d})$ 间的直线可求解斜率,该斜率大小与理论 COD 产 CH_4 量 (0.35 l/g) 之差即为转化微生物的部份(污泥与 COD 转换系数, COD/VSS 为 1.33)。

通过求解,夏秋冬三季节微生物平均产率, VSS/COD 分别为: $Y_I = 0.1923$, $Y_{II} = 0.1990$, $Y_{III} = 0.210$ 。产率随温度下降还有所增大,在较高温下,虽然细胞活性好,分裂快,但持续时间不长,细胞易老化。而在较低温度下,尽管细胞活性差分裂慢,但维持时间较久,

细胞总产量反而较大些。

由于温度对产率的影响较小,可认为 Y 值是常量,温度波动引起的变化可以忽略^[6]。

由上所述,污泥平均产率一般在环境条件稳定时维持常量。由于出流SS的影响,污泥产量不可能全部截留在反应器内,有一部份随出流流失。反应器截留能力的强弱是评价装置是否高效的一个重要指标,通常用积累系数来反映该性能。本试验采用试验测试法,分别计算出三个温度区内污泥平均积累系数, VSS/COD ,分别为: $\gamma_I = 10.075 \times 10^{-3}$, $\gamma_{II} = 14.436 \times 10^{-3}$, $\gamma_{III} = 33.5 \times 10^{-3}$,即图4中回归直线的斜率。这些值与其它反应器相比较,显然污泥截留能力颇强(表2)。

表2 各种反应器积累系数表

反应器类型	基 质	$\gamma \times 10^{-3}$	研 究 者
挡板反应器	蛋白质·糖(1:2)	6	Bachman ^[1]
DSSF	含糖废水	5	Kennedy ^[1]
UASB	蔗糖蒸馏水	9	Gail ^[1]
向上流絮凝反应器	蔗糖蒸馏水	11	Gail ^[1]
UBF	啤酒废水	10.075(夏)	本文
		14.436(秋)	本文
		33.5(冬)	本文
UBF	糖 废 水	17	Guio ^[1]

3. COD 去除能力

当水力停留时间由大变小时,COD去除速率则由低到高(图5)。当HRT缩至5h,COD去除速率最大,但与进反应器COD量相比仍低得多,即去除效果较差。

在容积负荷低时,图6中曲线接近理论直线(由 $\eta = 100\%$ 点组成),即进COD量基本上被去除,处理效果很好。容积负荷增大,曲线偏离理论直线,处理效率减小。温度越低和负荷越大,这种偏离度越大,即去除率降低的速度也较快。COD去除能力有个限度,本试验条件下,最大COD去除速率分别为夏季:2.06 g/(l·d),秋季1.63 g/(l·d),冬季:0.805 g/(l·d)。

4. 产气量

图7及图8表明了产沼气量及产 CH_4 量与温度和HRT之间的关系。在生物沼气中, CO_2 含量相当低,原因可能是由于HRT相对短,使绝大部份溶解度高的 CO_2 从出流中以溶解形式排出,另外,柱内挥发酸较低,从而不会使标示碱度大小的碳酸盐中的 CO_2 释放出来。

5. 污泥流失,挥发酸及碱度

出流SS和VFA受HRT及温度影响。在同一温度区,出流SS随HRT延长而变小,

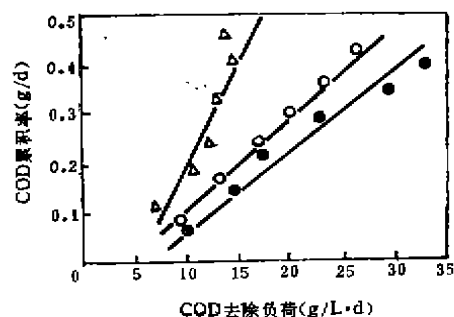


图4 COD去除负荷与累积率关系

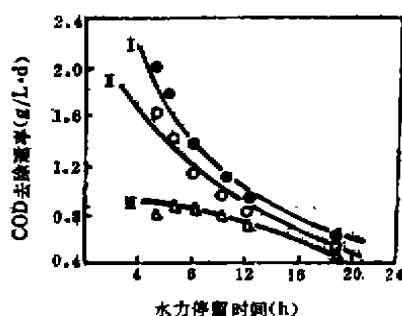


图5 HRT与去除速率关系
图注同图2

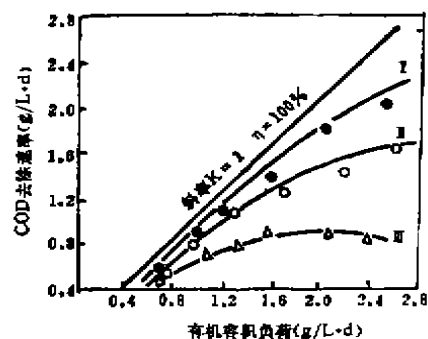


图6 有机容积负荷与去除速率关系
图注同图2

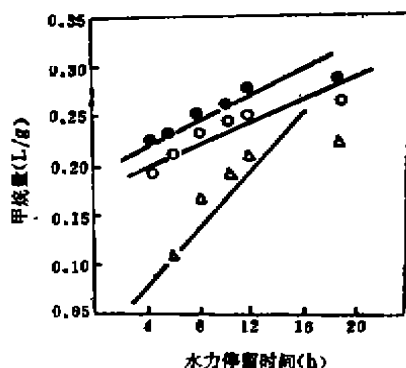


图7 HRT与甲烷产量的关系

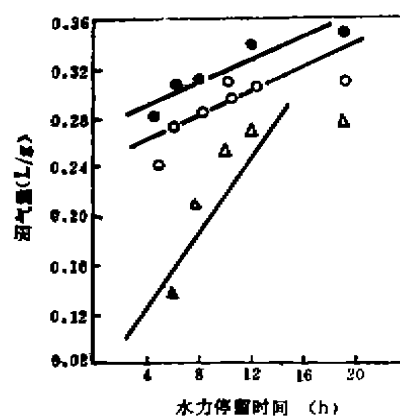


图8 HRT与沼气产量关系

而随温度上升则增大,因为反应器表面产气率在较高温度时增大了,其向上游离使出流SS也有所提高(图9)。

常温下厌氧处理低浓度废水,挥发酸较低,不能对细菌形成抑制作用,即使在最短HRT,最低温度区时,本试验VFA为319.4 mg/l。由于VFA低,对缓冲能力要求相应减弱。试验表明只要进料pH调节在适当范围 7.0 ± 0.2 ,碱度都可满足要求,使消化液的pH维持正常。

6. 滤层作用

反应器填料层经试验表明不但有截留污泥等优点,而且对去除COD也有一定的效果。在进滤层浓度基准上,其处理效率大致在20%—50%。不同温度和HRT下,其值也是按规律变化的(图10)。

滤层高度是关键的问题之一。高度大,截留能力较强,但造价高,存在阻塞等问题。高度小,出流SS增大,污泥截留得不到解决,装置性能达不到设计要求。本试验用40 cm, 74%空隙率的填料,处理试验结果令人满意。经10个月运行,滤层截留大量污泥,并绝大部分附在填料表面上。

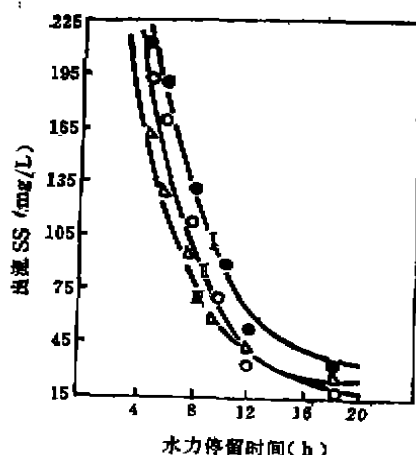


图9 HRT与出流SS关系

图注同图2

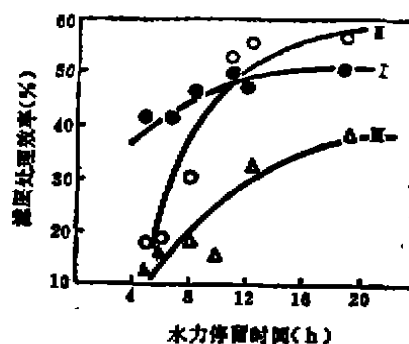


图10 HRT与滤层处理效率的关系

图注同图2

四、结 论

1. 接种活性差的污泥启动时,为缩短启动时间,进行柱外间歇进料培养是较佳的途径。常温厌氧处理废水,启动最佳选择在夏季。UBF装置有较好的截留污泥能力,可缩短启动时间。

2. UBF常温处理低浓度啤酒废水时,夏,秋(春),冬三季中污泥产率, VSS/COD, 分别为: 0.1923, 0.199, 0.219。积累系数分别是 10.075×10^{-3} , 14.436×10^{-3} , 33.5×10^{-3} 。

3. 水力停留时间及容积负荷对处理率和产气量的影响可用数学经验方程式计算,以指导试验与设计。

4. 在本试验中VFA最大值为319.4 mg/L,由于该值较小,碱度在1200—2000 mg/L范围内,进水pH调在7.0左右,一般都能满足缓冲能力要求。

5. 填料层有20—50%去除COD效果;截留在滤层中的污泥绝大部分附着在载体表面上。

参 考 文 献

- 1 S R Guiot, L Van den Berg, Biotechnology and Bioengineering, 1985, Vol XXVII, 800—806
- 2 K J Kennedy, S R Guiot, Water Science Technology, 1986, 8(12), 71—86
- 3 William J Jewell, Switzenbau, WPCF, 1980, 52(7), 1953—1965
- 4 G Lettinga, Biotechnology and Bioengineering, 1980, Vol XXII, 699—734
- 5 W A Pretorius, Water Research, 1971, 5, 681—687
- 6 L D Benefield, C W Randall, Biological Process Design for Waste Water Treatment, (N. J. 07632) (book)
- 7 周亚, UBF反应器工况的试验研究(硕士论文), 1986
- 8 周琪, UBF反应器处理啤酒废水的研究(硕士论文), 1987
- 9 污染源统一监测分析方法(废水部分), 技术标准出版社, 1983

THE TREATMENT OF LOW CONCENTRATION BREWERY BY-PRODUCT

WASTEWATER BY ANAEROBIC REACTOR UBF AT AMBIENT

TEMPERATURE

Sun Huixiu

(Chongqing Institute of Architecture and Engineering)

Li Yanchun

(Southwest Design Institute of China Municipal Engineering)

Abstract

A new kind and highly efficient anaerobic wastewater treatment reactor, the up-flow anaerobic blanket-filter (UBF), was used to treat the low COD concentration ($S_0 = 500 \pm 50$ mg/L) brewery by-product at ambient temperature. Its characteristics were studied in this article. The influence of HRT, organic volumetric loading, effluent SS, sludge yield coefficient and accumulation yield coefficient on treatment efficiency was explored. And the capacity of retaining activated sludge and treatment, efficiency of filter in the reactor were also surveyed. The test shows that when hydraulic retention time (HRT) is 19 to 5 hours, the treatment efficiency in summer is 93.3% to 82.5%, and in autumn, 91.8% to 63%, and in winter 78% to 33.3% respectively.

Key words: up-flow anaerobic blanketfilter, treatment, low concentration, brewery by-product

首届全国膜和膜过程学术报告会

首届全国膜和膜过程学术报告会于10月14日至18日在大连市召开。这次会议由国家自然科学基金委和中国科学院主办,由中国科学院大连化学物理研究所,中科院长春应用化学研究所,中科院化学研究所,中科院生态环境中心,国家教委清华大学,国家海洋局第二海洋研究所承办。64个单位的160名代表参加了会议。中国科学院、国家海洋局、国家自然科学基金委和大连市的领导出席会议并讲了话。国家科委主任宋健、中国科学院前任院长卢嘉锡、现任院长周光召为会议题词,对会议寄予厚望。中国海水淡化与水再利用学会,北京膜学会和浙江省膜学会向会议致词祝贺。

会议接收论文121篇,大会报告8篇,分组会议报告113篇。

这次会议全面反映了我国膜科学技术领域近年来的研究和应用状况。应用于水处理的反渗透、超滤、微滤膜和电渗析在成膜机理和方法,膜结构和性能表征以及膜污染机理和防治方面的研究更加深入,并拓展了在生物和医药等领域中的应用。气体分离技术在我国获得迅速发展,已开发了多种新膜材料, N_2-H_2 分离和富氧取得了应用性成果,其他气体如富氮、 CO_2 , CH_4 等的分离研究也在加紧进行中。汽化渗透和无机膜是本次会议的热点,实验室工作已有突破性进展,是今后几年内研究工作竞争的重点之一。另外,膜催化、膜电极和除湿等方面的研究也显示了可喜的势头。

这次会议对于推进我国膜科学技术的发展必将起积极作用,在膜科学技术发展史上将留下意义深远的影响。这个领域的科学工作者正在努力攀登,争取以更丰硕的成果迎接第二次膜和膜过程会议的召开。

(张志诚)