

文章编号: 1001-7453(1999) 02-0064-04

两级厌氧工艺处理酒精废液的工业化研究

任洪强,陈 坚,伦世仪

(无锡轻工大学生物工程学院,江苏无锡 214036)

摘要: 研究了工业规模两级上流式厌氧污泥床反应器 (300 m³) 在不同温度、不同运行方式下对酒精废液的处理效能. 结果表明, 将一级高温上流式厌氧污泥床与一级中温上流式厌氧污泥床反应器串联, 系统出水水质最佳. 当进水 COD值为 21 000~ 25 700 mg/L, 有机负荷 7 kg/(m³· d) 左右, 系统出水 COD值可降低到 1 500 mg/L 以下.

关 键 词: 高温厌氧消化; 中温厌氧消化; U ASB 反应器; 酒糟废液

中图分类号: X 505; X703 文献标识码: A

自 20 世纪 70 年代第一座酒精废液沼气池在河南南阳酒精厂投入运行, 废水的厌氧处理技术便开始逐渐得到广泛的应用, 研制出一批高速厌氧反应器, 使得废水厌氧处理成为一种能源净生产过程, 或者说是一种产能的污水处理工艺^[1]. 这些反应器的不断成熟并走上工业化, 使厌氧处理效率和沼气生产量有了很大提高, 特别是上流式厌氧污泥床 (upflow anaerobic sludge blanket, 简称 U ASB) 反应器, 已成为国内有机废水处理最优先选择的设备.

酒精废液主要来源于酒精生产过程中的蒸馏工序, 是一种含高悬浮物的高浓度有机废水, 已成为我国主要的工业污染源之一. 厌氧发酵技术是处理食品发酵工业废水最为经济、有效的办法之一, 适合我国国情^[2]. 本文在总结作者多年的研究工作的基础上, 结合近年来所承担的酒精废液生物处理工程的实际运行数据, 重点介绍厌氧发酵技术处理酒精废液的工业化研究成果.

1 材料和方法

1.1 废水水质

酒精废液经过分离机固液分离后的典型废水水质见表 1.

表 1 典型的酒糟废水水质

项 目	数 值	项 目	数 值	项 目	数 值
水温 /℃	65~ 75	碱度 /(mg/L)	953. 8	Fe 质量浓度 /(mg/L)	28. 7
pH	3. 6~ 4. 2	总糖质量浓度 /(g/dL)	0. 23	Zn 质量浓度 /(mg/L)	5. 6

收稿日期: 1998-09-18; 修订日期: 1999-03-01

作者简介: 任洪强 (1964 年 5 月生), 男, 河北石家庄人, 博士研究生.

续表 1 典型的酒糟废水水质

项 目	数 值	项 目	数 值	项 目	数 值
COD/(mg/L)	22482.4	VFA/(mg/L)	537	Mg 质量浓度/(mg/L)	152.4
BOD ₅ /(mg/L)	18368.0	K 质量浓度/(mg/L)	628.6	N 质量浓度/(mg/L)	453.3
SS/(mg/L)	8000.0	Na 质量浓度/(mg/L)	330.4	P 质量浓度/(mg/L)	240.3
灰份/(mg/L)	5.0	Ca 质量浓度/(mg/L)	137.5		

1.2 工艺流程

试验所采用的工艺流程见图 1.

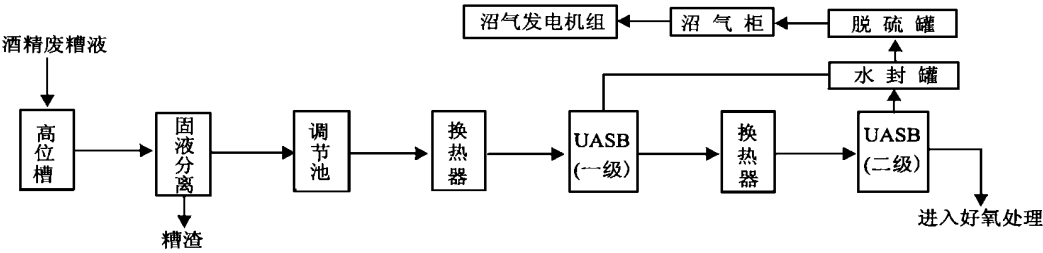


图 1 酒精废液处理工艺流程

来自蒸馏车间的酒精废液经离心机(竖流式)分离后,分离的糟渣可用作饲料;分离得到的糟液(夏天经换热器降温)进入调节池,用进料泵送入 I 级 UASB 反应器中,其出水经过换热器调节温度后进入 II 级 UASB 反应器,II 级反应器的出水进入后续处理阶段(好氧处理).产生的沼气经过水封、脱硫罐、沼气柜送入沼气发电机组用于发电.

1.3 主要设备

厌氧反应器采用的上流式厌氧污泥床(UASB)为钢制结构,有效容积为 300 m³,共 3 台,反应器底部设有进水布水器,进水采用大阻力脉冲进水方式.每座反应器从下向上设有取样口 4 个,另有测温装置,并设有人孔、排污管等.反应器内部用环氧树脂防腐,外部用 15 cm 厚的岩棉板保温.

1.4 分析项目及测定方法

- pH 用 pHs-2 型酸度计测^[3]
- COD 采用标准重铬酸钾法^[3]
- SS 采用重量法^[3]

2 结果与讨论

在 UASB 反应器成功启动后,为了获得两步厌氧技术处理酒精废液的最佳效果,在保证反应器正常运行的前提下,本研究在较稳定的进水有机负荷的条件下,重点考察了反应器在不同温度、不同运行方式下对酒精废液的处理效能.

高温厌氧消化(55℃)具有较高的微生物增长速率和较高的比生物活性,其发酵效率通常可以达到中温(30~35℃)的 2.5 倍以上^[4].为了有效地处理酒精废液中的污染物,充分利用来自酒精蒸馏塔废液自身的热能(>70℃),I 级 UASB 反应器采取高温厌氧发酵方式,以期得到较好的净化效果.

2.1 单级 UASB 反应器在高温(53~55℃)条件下的运行

为了缩短厌氧 UASB 反应器的启动时间,采取并联形式作为主体处理工艺,控制适宜

的进水负荷,对反应器采用相同的启动条件和方法,使反应器均达到较稳定的处理效果后,连续稳定运行了 21 d,每天进行常规监测,每 3 d 的均值为一组数据.运行结果见表 2

表 2 高温 UASB反应器并联处理酒糟废液的运行结果

停留时间 /d	有机负荷 /(kg / (m ³ · d))	进水 COD 浓度 /(mg/L)	COD 去除率 %	沼气产率 /(m ³ /kg)
2.52	6.88	22 807	85.2	0.56
2.50	6.59	21 054	85.3	0.59
2.61	7.10	22 009	86.5	0.61
2.58	6.96	24 020	86.9	0.62
2.53	7.01	21 925	84.2	0.58
2.51	7.12	23 750	83.7	0.61
2.52	7.05	25 768	85.4	0.59

从表 2 可以看出,当反应器控制在 53~ 55℃,反应器进水 COD 在 21 000~ 25 700 mg / L,有机负荷 6.18~ 7.12 kg / (m³ · d),水力停留时间 2.50~ 2.61 d 的条件下,COD 去除率在 83.7% ~ 86.9% 之间,气体产率在 0.56~ 0.62 m³ /kg.

2.2 两级串联 UASB 反应器处理

2.2.1 两级高温 UASB 串联处理结果 两级厌氧处理反应器串联是指两步厌氧消化工艺,即产酸反应和产甲烷反应器串联以处理一些成分复杂的废水^[5].本研究中采用的为两级产甲烷厌氧反应器串联运行,根据反应动力学原理,这种串联方式应比并联运行有更高的生产强度.Lettinga^[6]也证明了这种方式能达到更好的整体处理效果.

在厌氧系统的进水 COD 浓度以及整体有机负荷基本不变的条件下,作者对两级高温 UASB 系统进行了研究.表 3 为两级高温 UASB 反应器串联处理酒精废液的运行结果.

从表 3 可以看出,反应器进水 COD 在 20 987~ 23 765 mg / L,有机负荷 6.69~ 7.20 kg / (m³ · d) 的运行条件下,整个系统 COD 去除率在 90% 左右,II 级的 COD 去除率一般在 59.3% ~ 62.3% 之间.酒精废液在经过两级 UASB 反应器处理后,废水中的 COD 浓度在 1 800~ 2 500 mg / L 范围内,其出水水质得到了较明显的改善.

2.2.2 两级不同温度 UASB 反应器串联处理结果 为了比较不同条件下厌氧处理系统的效率和出水水质,充分利用中温和高温条件下不同种类的厌氧微生物的特性,作者分别控制第一级 UASB 反应器为高温发酵 (53~ 55℃),第二级 UASB 为中温发酵 (33~ 35℃),在与上述研究相似的进水 COD 浓度和有机负荷下,考察采用这种组合方式系统的运行效果见表 4.研究发现,系统 COD 的最佳去除率为 94% 左右,酒精废液经过处理后 COD 浓度降到了

表 3 高温 UASB 反应器串联处理酒精废液运行结果

有机负荷 / (kg / (m ³ · d))	进水 COD 浓度 /(mg/L)	I 级 COD 去除率 %	II 级 COD 去除率 %	总 COD 去除率 %
6.69	21 876	76.2	59.3	90.3
6.76	23 078	75.9	61.2	90.6
7.21	22 767	77.8	62.3	91.6
7.08	21 876	78.2	60.9	91.5
6.98	22 341	75.9	61.5	90.7
7.18	21 098	76.1	62.3	91.0
6.86	23 765	74.5	61.8	90.2
7.17	22 872	73.5	59.7	89.3
7.20	21 853	75.2	62.0	90.6
7.08	20 986	76.9	62.1	91.2

表 4 两级 UASB 反应器串联处理酒精废液运行结果

有机负荷 / (kg / (m ³ · d))	进水 COD 浓度 /(mg/L)	I 级 COD 去除率 %	II 级 COD 去除率 %	总 COD 去除率 %
6.96	21 687	75.9	73.8	93.6
7.06	21 147	76.3	74.5	94.0
7.11	23 762	75.7	75.3	94.1
7.18	21 357	76.9	76.6	94.6
6.99	22 691	73.8	78.2	94.3
7.21	22 098	75.2	75.3	93.8
7.06	20 861	76.9	74.9	94.2
6.97	21 896	77.8	75.7	94.6
7.02	21 357	76.3	76.4	94.4
7.14	21 013	76.9	77.5	94.8
7.08	23 061	76.3	76.2	94.4
7.23	22 765	74.9	77.1	94.2
7.32	21 076	75.8	77.9	94.7
7.38	22 149	76.7	78.6	95.1
7.52	22 765	77.2	77.3	94.8

1 500 mg/L以下,为后续好氧处理至出水达标排放创造了良好条件.

3 结 论

1) 采用单级高温 UASB反应器处理酒精废液,当进水 COD 21 000~ 25 700 mg/L,有机负荷 6.18~ 7.12 kg/(m³·d),水力停留时间 2.50~ 2.61d的条件下,COD去除率在 83.7%~ 86.9%范围内;将两级 UASB反应器串联,在相近的运行条件下,出水水质可降低到 2000 mg/L左右.

2) 将一级高温 UASB与一级中温 UASB反应器串联,由于可发挥不同种类厌氧微生物的效能,在基本相同的条件下,与两级高温 UASB串联方式相比,系统出水 COD可进一步降低到 1 500 mg/L以下,在此基础上采用好氧处理后,可完全达到国家规定的排放标准.

参考文献:

- [1] 陈坚.厌氧污泥颗粒化和 UASB反应器放大的研究 [D].无锡:无锡轻工大学,1990
- [2] 张毅,陈西平,凌霄云等.微生物发酵工业生产与污染防治 [M].北京:中国环境科学出版社,1991.
- [3] 美国公共卫生协会编著.水和废水监测方法 [M].宋元仁译.北京:中国建筑出版社,1985.
- [4] WIEGANT W N, LETTINGA G. Thermophilic Anaerobic Digestion of Sugars in Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors [J]. *Biotechnology and Bioengineering*, 1985, 27: 1603~ 1607
- [5] 陈坚,伦世仪.颗粒污泥 UASB反应器处理高浓度有机废水的研究 [J].轻工环保,1987,9(3): 1~ 16
- [6] LETTINGA G, WIEGANT W N. Anaerobic Wastewater Treatment as an Appropriate Technology for Developing Countries [J]. *Trib Cebedeau*, 1987, 519(40): 21~ 32

Anaerobic Treatment of Wastewater from Alcohol Distilleries with Industrial Scale UASB Reactors of Two-stages

REN Hong-qiang, CHEN Jian, LUN Shi-yi

(School of Bioengineering, Wuxi University of Light Industry, Jiangsu Wuxi 214036)

Abstract A two-stage UASB reactor for the treatment of alcohol distilleries' wastewater was studied. Result show that the best process was the combination of one thermophilic UASB reactor with one mesophilic UASB reactor. With the influent COD of 21 000~ 25 700 mg/L, the effluent COD and organic loading rate of the composite system reached 1 500 mg/L and 7 kg/(m³·d) respectively.

Key words thermophilic and mesophilic anaerobic digestion; upflow anaerobic sludge blanket reactor(UASB); alcohol distilleries' wastewater