

厌氧 UASB-混凝沉淀法处理高浓度屠宰废水^{*}

郭永福^{1,2} 储金字¹

(1. 江苏大学生物与环境工程学院, 镇江 212013; 2. 苏州科技学院环境科学与工程系, 苏州 215011)

摘要 应用 UASB-混凝沉淀法对高浓度屠宰废水的处理进行了试验研究。用 UASB 反应器处理屠宰废水, COD_{Cr} 容积负荷可达 $6.8 \text{ g}/(\text{L}\cdot\text{d})$, COD_{Cr} 去除率达 93% 左右, 并对 UASB 出水投加一定量的混凝剂 PFS 和助凝剂 MZ, 实验表明: 系统出水达到《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB13457-92) 二级标准。

关键词 屠宰废水 UASB 混凝沉淀 颗粒污泥

0 引言

屠宰废水是一种浓度较高的有机废水, 以高浓度含氮有机化合物、悬浮物、溶解性固体、油脂和蛋白质为主。废水呈褐红色, 具有较强的腥臭味, 且废水量较大。本实验采用厌氧 UASB 加混凝沉淀法, 对某屠宰厂在生产过程中排放的废水进行了长期的实验研究, 从实验结果来看, 利用本系统来处理屠宰废水是完全可行的, 仅厌氧部分的处理效率就达到 93% 以上, 出水达到了《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB13457-92) 二级标准。

1 屠宰废水实验内容

1.1 水源与水质

实验废水采用苏州某屠宰厂生产过程中产生的, 经沉淀后的综合屠宰废水, 该厂废水量约为 $3600 \text{ m}^3/\text{d}$, COD_{Cr} 约为 5200 mg/L 左右, 日排放 COD_{Cr} 约 19 t。综合废水主要含有大量的血液和蛋白质物质、胃肠内的未消化物及排泄物、悬浮物等, 有机物浓度较高, 颜色较深。

屠宰车间综合废水的水质情况见表 1。

表 1 屠宰车间综合废水的水质

色度/ 倍	$\text{COD}_{\text{Cr}}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{BOD}_5/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{SS}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	氨氮/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH
35~92	6150~4560	250~3100	185~2900	64~128	5.9~7.8

1.2 试验装置与方法

实验装置采用内径 1.1 mm, 高度 1.95 mm, 总容积为 1.5 m^3 的 UASB 反应器, 7 mm 有机玻璃制成, 进水量以恒流泵控制, 所产沼气经三相分离器后由反应器顶部排出。UASB 出水直接进入絮凝反应池, 絮凝池内加药充分混合后出水进入沉淀池, 进行泥水分

离。采用的工艺流程见图 1。实验温度为室温。

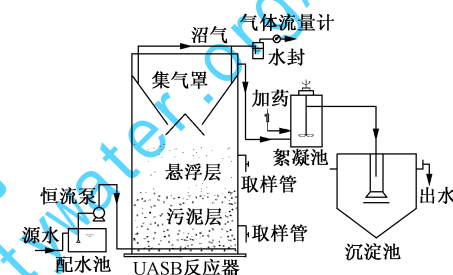


图 1 实验装置流程图

1.3 UASB 污泥接种

UASB 反应器中污泥直接采用由柠檬酸工业废水驯化后形成的厌氧颗粒污泥。污泥形状呈球状, 黑色, 表面发亮, 粒径为 $0.18 \sim 2.4 \text{ mm}$, 接种量约为 UASB 反应器容积的 $\frac{1}{3}$ 。

1.4 混凝剂的确定

混凝剂的种类很多, 根据屠宰废水的特点, 本试验选取 3 种混凝剂分别进行静态与动态实验, 分别为: 聚合硫酸铁(PFS)、聚合氯化铝(PAC)和聚丙烯酰胺(PAM)。

2 实验结果与讨论

2.1 动态试验

2.1.1 UASB 启动与污泥驯化阶段

UASB 反应器的启动过程, 实质上是对菌种驯化、选择和增殖的过程, 目的是为了在 UASB 反应器中形成颗粒污泥。

在这一阶段, 主要进行颗粒污泥的培养与驯化。首先用屠宰废水加一定量的营养物质配成营养液, COD_{Cr} 浓度从 1100 mg/L 上升到 2500 mg/L , 连续进水 1 个月, 水力停留时间为 20 h, 出水 COD_{Cr} 从 392 mg/L 降到 174 mg/L , 进出水 COD_{Cr} 去除效率从 66% 上升到

^{*}江苏省环境科学与工程重点实验室资助项目(ZD200104)

93%, 见图 2, COD_{Cr} 容积负荷从 $1\text{ g}/(\text{L}\cdot\text{d})$ 上升到 $3.1\text{ g}/(\text{L}\cdot\text{d})$, 同时产气率上升到 0.4 L/g 。

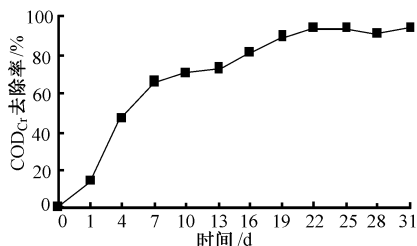


图2 驯化培养阶段 COD_{Cr} 去除率变化

2.1.2 UASB 提高负荷阶段

驯化结束后进入提高负荷阶段, 首先是在相同的水力停留时间为 20 h 情况下, 不同的进水浓度对反应器运行状况的影响。这一阶段持续运行了 3 个月, 进水 COD_{Cr} 浓度从 $2\,500\text{ mg/L}$ 逐渐上升到 $5\,500\text{ mg/L}$ 。 COD_{Cr} 容积负荷从 $3.1\text{ g}/(\text{L}\cdot\text{d})$ 上升到 $6.8\text{ g}/(\text{L}\cdot\text{d})$, 同时 COD_{Cr} 去除率上升到 93%~94%, 其运行结果见图 3。

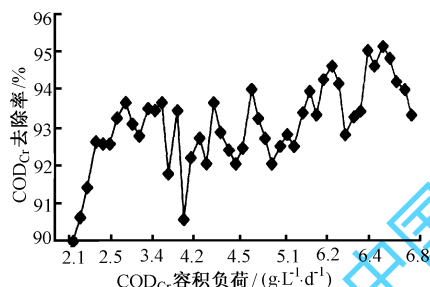


图3 COD_{Cr} 去除率与容积负荷关系

然后是在不同水力停留时间下, 保持进水浓度不变, 考查对反应器运行状况的影响。在这一阶段, 进水 COD_{Cr} 浓度保持在 $5\,500\text{ mg/L}$ 左右。水力停留时间从 20 h 缩短到 18 h, 最后缩短到 16 h, 出水 COD_{Cr} 去除率始终保持在 93% 左右, 产气率达到 0.65 L/g 。图 4 为 COD_{Cr} 去除率与停留时间的关系图。这一阶段持续运行了近 50 d。

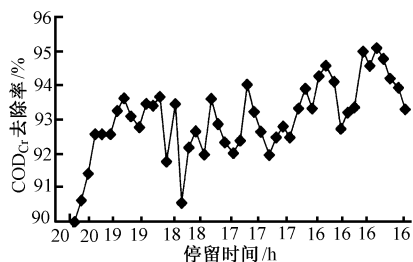


图4 COD_{Cr} 去除率与停留时间关系

在驯化阶段以及提高负荷阶段, 进水 pH 值保持在 6.5~7.3, 出水 pH 值始终保持在 7.3 以上, 产气情况良好, 用出水 pH 值来作为监测 UASB 反应器运行

状态的参数。

由图 4 可以看出, 虽然水力停留时间由 20 h 缩短到 16 h, 但 COD_{Cr} 去除率基本保持在 93% 左右, 由试验表明, 随着负荷的增加, COD_{Cr} 去除率保持在较高的水平, 并没有因为负荷的增加而降低, 可见采用厌氧 UASB 系统来处理屠宰废水是完全可行的, 相对于好氧处理方法, 有着较高的处理效率和处理负荷。

2.1.3 UASB 反应器中污泥变化情况

实验从第 1 个月末开始从 UASB 反应器中取泥观测。接种后的污泥平均粒径比最初明显变大, 颗粒多呈圆形, 反应器中污泥层和悬浮层的污泥浓度在后期分别保持在 25 g/L 和 15 g/L 。污泥层中厌氧污泥的沉降性能良好, 10 min 的沉降比为 65%, 30 min 的沉降比为 55%。

2.1.4 动态混凝效果

UASB 反应器的出水首先进入絮凝反应池, 在这里通过流量计加入静态实验确定的混凝剂 PFS, 反应时间采用 90 s, 然后直接进入沉淀池进行泥水分离。沉淀时间为 25 min。沉淀池出水水质见表 2。 COD_{Cr} 、 BOD_5 、SS、pH、以及色度都达到了《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB13457-92) 二级标准, 只是氨氮超标。

表2 沉淀池出水水质一览表

COD_{Cr} $/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	BOD_5 $/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	色度 /倍	SS $/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	氨氮 $/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	pH 值
97.2	47.5	20	73.1	44.6	7.0~7.4

试验后期取 UASB 出水投加 PFS 和助凝剂 MZ (和 PFS 配合使用的一种酸性助凝剂), 沉淀 20 min 后测定上清液中氨氮含量。测定结果见表 3。

表3 氨氮混凝沉淀效果一览表 mg/L

PFS/MZ	氨氮	PFS/MZ	氨氮
1:1	36.5	1:2.5	18.6
1:1.5	24.1	1:3	18.4
1:2	20.2		

从表 3 可见, 为保证沉淀出水氨氮达到二级标准, 可以在 UASB 出水中使用一定比例的 PFS 和助凝剂 MZ。通过对比试验可知, PFS 和 MZ 的比例(体积比)宜控制在 1:2 左右。

2.2 静态试验

静态试验是在动态试验的基础上进行的。取 1 000 mL UASB 出水 9 份, 分别加入 PFS、PAC 和 PAM

混凝剂,加入量为 1、1.5、2 mL。以 120 r/min 搅拌强度搅拌 90 s,静置 25 min。分别测其上清液 COD_{Cr}和色度值,去除效率见表 4。

表 4 静态试验混凝沉淀去除效率一览表 %

混凝剂 种类	投加量 1 mL		投加量 1.5 mL		投加量 2 mL	
	COD _{Cr}	色度去	COD _{Cr}	色度去	COD _{Cr}	色度去
	去除率	除率	去除率	除率	去除率	除率
PFS	62.6	70.1	73.3	76.4	77.8	80.5
PAC	46.4	52.6	51.2	60.3	58.6	65.9
PAM	50.2	56.4	55.6	62.1	61.7	67.8

根据静态实验数据,本试验混凝剂选用聚合硫酸铁(PFS),投加量为 1.5 mL/L。

3 结论

(1)对于屠宰废水的处理,采用厌氧 UASB-混凝沉淀法是完全可行的,水力停留时间从 20 h 减少到 16 h, COD_{Cr} 去除率保持在 93%左右, COD_{Cr} 处理负荷可以达到 6.8 g/(L·d)。

(2)建议在实际设计过程中, COD_{Cr} 容积负荷可取为 5~6 g/(L·d),水力停留时间为 15 h 左右,运行操作温度为 37℃,进水 pH 值宜控制在 7.0 左右。混凝剂可以选用 PFS 和 MZ, PFS 和 MZ 的比例宜控制在 1:2 左右为宜。

参考文献

[1] Del. Pozo, R. Diez, V. Beltran, S. Anaerobic pre-treatment of slaughterhouse wastewater using fixed-film reactors, Bioresource

Technology, 2000, 71(2): 143-149.
[2] Munez, L. A, Martinier, B. Anaerobic treatment of slaughterhouse wastewater in an expanded granular sludge bed reactor. Wat. Sci. Tec., 1998, 40(8): 99-106.
[3] Ruiz, I. veiga, M. C, de Santiago P, et al. Treatment of slaughterhouse wastewater in an UASB reactor and an anaerobic filter. Bioresource Technology, 1997, 60(3): 251-258.
[4] 韩相奎,崔玉波,张文华.用 SBR 法处理屠宰废水.中国给水排水, 2000, 31(1): 27-28.
[5] 陈立波,李凤亭.屠宰废水处理工艺研究及设计.给水排水, 2005, 31(4): 62-64.
[6] 陈立杰,苏永渤,王恩德等.化学混凝-SBR 法处理肉禽屠宰废水的研究.安全与环境学报, 2003, 3(2): 65-68.
[7] 于文汇,张延青,于向阳.混凝沉淀+SBR 工艺在屠宰废水处理中的应用.工业安全与环保, 2005, 3(2): 10-12.
[8] 张捍民,张兴文,杨凤林.屠宰废水处理改造工程实例.环境工程, 2003, 21(5): 27-28.
[9] 张学,王敦球,喻泽斌等.两相厌氧/好氧工艺处理屠宰废水的工程应用.重庆大学学报, 2003, 26(8): 123-126.
[10] 陈莉娥,周兴求,高峰等.屠宰废水处理技术的现状及进展.工业用水与废水, 2003 34(6): 9-13.
[11] 贺延龄.废水的厌氧生物处理.北京:中国轻工业出版社, 1998, 123-160.

作者通讯处 郭永福 215011 苏州市滨河路 1701 号 苏州科技学院环境科学与工程系给排水教研室
E-mail yongfuguo@163.com

2005-11-07 收稿

简讯 城市污水脱氮除磷研讨会召开

为了总结和交流近年来中国城市污水脱氮除磷与污水处理厂工艺优化及过程控制技术的研究开发及工程应用成果,促进和提高技术水平,中国环境科学学会环境工程分会与青岛理工大学共同举办了“城市污水脱氮除磷与污水处理厂工艺优化及过程控制技术研究研讨会”。大会于 2006 年 6 月 7~10 日在山东省青岛市召开。

山东省环保局副局长张波、山东省建设厅城建处周善东处长、青岛理工大学校长仪垂杰等同志出席了此次大会并讲话。参会代表既有来自全国高等院校及科研院所从事环境保护、市政管理方面的专家学者,也有来自污水处理厂等一线企业的代表以及国内外的环保设备生产厂商代表。

大会由翁仲颖秘书长主持,张波做了关于“倒置 A²/b 工艺原理与应用”主题报告,所提出的新观点代表们很感兴趣。

与会代表分别就我国目前污水处理厂工艺优化及过程控制技术,并对污水处理难题除磷脱氮技术进行了广泛而深入地交流,许多代表都是结合不同的应用案例进行了探讨分析,会场气氛热烈。

会议期间还组织参观了青岛市团岛污水处理厂、青岛市李村河污水处理厂。从污水处理厂的运营情况到日常维护管理现状,都能感觉到环保部门的监管十分得力有效,使得运营状况良好。代表们纷纷表示这次大会各有所获,并相约 8 月桂林会上见。

TEST OF A_mO_n INTEGRATIVE BIOREACTOR FOR WASTEWATER TREATMENT

Liu Changqing Zhang Yalei Zhao Jianfu et al (7)

Abstract The bench-scale study on A_mO_n integrative process was discussed. The result shows that A_mO_n integrative process has high efficiency of removing COD_{Cr} and nitrogen, and the concentration of COD_{Cr} , NH_3-N and TN in effluent reaches the national effluent emission standard. A_mO_n integrative process has widespread prospect for application and high value for further research. But the process has poor efficiency on TP removal, and it will be improved by equipment and technique modification next time.

Keywords wastewater treatment, A_mO_n , integrative bioreactor and N&P removal

ENGINEERING PRACTICE OF TREATING CHEMICAL WASTEWATER BY THE HYDROLYSIS+A/O PROCESS

Li Tong Yin Ailing Wang Yongqing (10)

Abstract Lanzhou Petrochemical Company used the hydrolysis (acidification) + A/O new process to treat chemical wastewater. After treatment, BOD_5/COD_{Cr} of wastewater was increased from 0.2 to 0.37 and the biodegradability of chemical wastewater was raised. After treating the chemical wastewater by facultative-aerobic microbes, the COD_{Cr} removal rate was about 85% and NH_3-N removal rate was about 85%.

Keywords chemical wastewater, wastewater treatment, hydrolysis acidification and A/O treatment process

TREATMENT OF HIGH CONCENTRATION SLAUGHTERHOUSE WASTEWATER WITH ANAEROBIC UASB AND COAGULATION SEDIMENTATION

Guo Yongfu Chu Jinyu (12)

Abstract The process of UASB reactor and coagulation-sedimentation was used to study treatment of high concentration slaughterhouse wastewater. With UASB reactor to treat slaughterhouse wastewater, the volume load of COD_{Cr} could reached $6.8 g/(L \cdot d)$, and the removal rate of COD_{Cr} was about 93%. A certain quantity of poly-ferric sulfate and auxiliary agent MZ was added to the effluent of UASB, the experimental results showed the effluent of slaughterhouse wastewater system could be up to the second order of "Discharge Standard of Water Pollutants for Meat Processing Industry" (GB13457-92).

Keywords slaughterhouse wastewater, UASB, coagulation sedimentation and granular sludge

TREATMENT METHOD OF WASTE WATER OF EXTRACTING SODIUM AESCINATE

Su Hong Zhang Xiaojie Chang Xianbo (15)

Abstract There are starch, pigment and pectin in the waste water of extracting sodium aescinate. Sodium aescinate in the extractant is easy to form foam and difficult to be reclaimed and treated. The concentration of synthetic waste water was reduced by foam inhibitor (YP-1), and was used to treat and recover residual effluent, thus reducing the concentration of the synthetic wastewater. The COD_{Cr} of effluent was less than $100 g/L$, which could meet the national discharge standard by three hours treatment of hydrolytic acidification and six hours treatment of aerobic biotreatment.

Keywords waste water of sodium aescinate, hydrolytic acidification and treatment of waste water

USING OXYGEN-LIMITED ANAEROBIC BIOLOGICAL DESULPHURIZATION PROCESS TO TREAT MOLASSES DISTILLERY WASTEWATER

Xie Qinglin Li Yawei Li Lifang (17)

Abstract The molasses distillery wastewater, one of the typical high-concentration organic wastewater with high sulfate, was treated using oxygen-limited anaerobic biological desulphurization process. The sulfate in molasses distillery wastewater was firstly reduced into sulfide by sulfate reducing bacterium (SRB). Then, the sulfide formed in the former stage was oxidized biologically into sulfur with colorless sulfur bacterium (CSB) under oxygen-limited condition, in which the sulfide poisonous influence on methanogenesis could be eliminated. The experimental results showed that this process had a remarkable desulphurization effect.

Keywords oxygen-limited anaerobic process, sulfate-reducing biological desulphurization and molasses distillery wastewater

DESIGN, DEBUGGING AND OPERATION OF SAPONIN WASTEWATER TREATMENT PROJECT

Dan Jinfeng Yuan Songhu Liu Lixiang et al (20)

Abstract It is introduced the practical engineering of treating saponin wastewater by combination of inner-electrolysis UASB anaerobic, aeration and advanced treatment, and the quality of the effluent confirms to the first class of "Integrated Discharge Standard of Wastewater" (GB8978-1996). The debugging and operation of the system are introduced as well.

Keywords inner-electrolysis, UASB, anaerobic, aerobic and saponin wastewater

THE ADJUSTED PRACTICE OF OPERATIONAL PARAMETERS OF THREE-TANK OXIDATION DITCH UNDER LOW ORGANIC LOADING

Zhou Shuxiang Cao Guoping Sun Jincheng (22)

Abstract Because the organic loading of the influent of a wastewater treatment plant on the east outskirts of Tangshan is far below the design