

# 厌氧-好氧-物化组合工艺处理木薯淀粉废水<sup>\*</sup>

## Experiment of Treating the Cassava Starch Wastewater with Anaerobic-aerobic and Phy-chemistry Combination Process

韩彪<sup>1</sup> 黎洪<sup>2</sup> 张萍<sup>1</sup> 樊如凤<sup>2</sup> 韦英洵<sup>1</sup> 张维维<sup>1</sup>

HAN Biao<sup>1</sup> ,LI Hong<sup>2</sup> ,ZHANG Ping<sup>1</sup> ,FAN Ru-feng<sup>2</sup> ,WEI Ying-xun<sup>1</sup> ,ZHANG Wei-wei<sup>1</sup>

(1. 广西环境保护科学研究院,广西南宁 530022; 2. 崇左市环境科学研究所,广西崇左 532200)

(1. Guangxi Academy of Environmental Protection ,Nanning ,Guangxi ,530022 ,China; 2. Chongzuo Environmental Protection Science Research Institute ,Chongzuo ,Guangxi ,532200 ,China)

摘要: 采用厌氧-好氧法处理木薯淀粉废水。废水处理规模为 2000m<sup>3</sup>/d,厌氧停留 5h,好氧为 8h。COD 为 12000 ~ 15000 mg/L, BOD 为 7200 ~ 9000 mg/L, SS 为 4500 ~ 5500 mg/L,色度 50 倍, pH 值为 3.5 的木薯淀粉废水经工艺处理后,出水的 COD 为 55 ~ 73mg/L, BOD 为 10 ~ 12 mg/L, SS 为 27 ~ 28 mg/L,色度为 20, pH 值为 7.5 ~ 7.6,主要指标达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级排放标准。

关键词: 废水 淀粉 木薯 厌氧(UASB) 好氧(CASS)

中图分类号: X799.3 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2011)04-0348-03

**Abstract:** In the thesis ,anaerobic-aerobic process was used for cassava starch wastewater treatment (2000m<sup>3</sup>/d). The hydraulic retention time of anaerobic process and aerobic process are 5h and 8h , respectively. Results showed , after treatment , the chroma decreases from 50 to 20; pH value increase from 3.5 to 7.5 ~ 7.6; COD ,BOD and SS of influent decrease from 12000 ~ 15000mg/L , 7200 ~ 10000mg/L ,4500 ~ 5500mg/L to 55 ~ 73mg/L ,10 ~ 12mg/L ,27 ~ 28mg/L ,respectively. The main indexes of effluent meet the First Grade of Integrated Wastewater Discharge Standard (GB8978-1996) .

**Key words:** wastewater ,starch ,cassava ,upflow anaerobic sludge bed (UASB) ,cyclic activated sludge system(CASS)

木薯在生产淀粉过程中产生大量的废水,这些废水中有机物含量比较高<sup>[1-4]</sup>,若不经处理直接排放,其水中所含有有机污染物进入水体后迅速消耗水中的溶解氧造成水体缺氧,影响水生动物生存;同时废水中悬浮物容易在厌氧条件下分解产生臭气,恶化水质,因此对木薯淀粉废水进行治理将有极其

重要的现实意义。

木薯淀粉废水为高浓度有机废水,目前研究与应用均趋向于厌氧生物处理方法。在高效厌氧处理系统中,厌氧(UASB)工艺被广泛应用于大规模的生产装置上,运行实践表明处理效果优良,经济效益显著。但是单纯采用厌氧生物处理,出水 COD 浓度仍然很高,无法达到排放标准。因此,采用厌氧-好氧生物处理法来处理高浓度有机废水,已经成为高浓度有机废水处理的发展趋势<sup>[5,6]</sup>。

收稿日期:2011-09-10

作者简介:韩彪(1969-)男,高级工程师,主要从事环境保护方面的研究工作。

\* 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻 0992008-8)资助。

## 1 废水水质和水量

每生产 1t 木薯淀粉约产生 10 ~ 20m<sup>3</sup> 的废水。木薯淀粉废水中的主要成份为淀粉、蛋白质和糖类, 有机物含量比较高。一般条件下, COD 为 12000 ~ 16000mg/L; BOD 值为 7000 ~ 9000mg/L, SS 值为 4000 ~ 6000mg/L, pH 值为 4 ~ 6; BOD/COD 为 0.625 ~ 0.66 属于酸性高浓度可生化废水<sup>[7~10]</sup>。废水设计规模 2000m<sup>3</sup>/d, 处理水质要求达到《污水综合排放标准》(GB8978 - 1996) 一级排放标准(表 1)。

表 1 木薯淀粉废水治理工程进水水质及排放标准

项目	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	pH 值	色度
进水水质	12000 ~ 16000	7000 ~ 9000	4000 ~ 6000	4 ~ 6	50
排放标准	100	30	60	6 ~ 9	50

## 2 废水处理工艺流程

### 2.1 处理工艺

由于木薯淀粉废水中的有机物浓度高, 可生化性 BOD<sub>5</sub>/COD 大于 0.5, 属于高浓度易生化有机废水。为了确保稳定达标, 我们在调节池 + 厌氧(UASB 反应器) + 好氧(CASS 池) 处理工艺<sup>[5,6]</sup> 的基础上, 增加物化处理系(图 1) 统进行混凝处理, 以去除废水中残余的有机物。

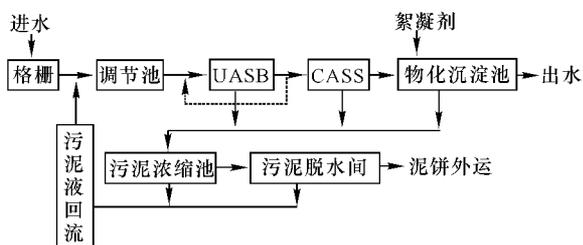


图 1 污水及污泥处理工艺流程

### 2.2 工艺设计

生产废水经机械格栅截留大块悬浮物, 进入调节池调节<sup>[5]</sup>。调节池设有机机械搅拌装置, 通过酸碱剂、回流液和机械搅动使原水混合均匀, 并使废水 pH 值达到中性; 出水进入 UASB 反应器, 在反应器中产酸菌和产甲烷菌的作用下, 大部分的有机物分解为无机小分子物质和甲烷, 剩余污泥进入污泥浓缩池, 甲烷可以通过三向分离器收集, 净化处理后可以作为能源供生产或排放; 出水则进入 CASS 进行好氧生物处理, 以进一步降解水中的有机物; CASS 出水在管道混合器中与混凝剂混合, 进入物化沉淀池沉淀后, 可以达标排放。

调节池、UASB、CASS、物化沉淀池沉淀等处理单元产生污泥排入污泥浓缩池进行浓缩, 提高污泥的含固率, 使污泥含水率低于 95%。污泥经浓缩后进入污泥脱水进行机械脱水, 产生泥饼外运。污泥浓缩池、上清液及机械压滤液回流至调节池再继续处理。

## 3 主要构筑物

### 3.1 调节池

调节池采用矩形对角线出水, 废水由左右两侧进入池后, 经过不同的时间流到出水槽, 设置机械搅拌装置, 主要阻止废水中悬浮物质沉淀。调节池采用钢筋混凝土结构, 容积为 500m<sup>3</sup>, 停留为 6h。

UASB 反应器采用半地下工钢筋混凝土结构, 确保池内厌氧状态并防止臭气散逸, UASB 池上部采用盖板密封, 出水管和出气管分别设水封装置。由于 CASS 的水回流, 此时 UASB 水量为 3000m<sup>3</sup>/d, 反应区容积为 3300m<sup>3</sup>, 采用 3 座 UASB 并联运行, 处理水量为 125m<sup>3</sup>/h, 在常温条件下运行, COD 容积负荷为 5.0kg/(m<sup>3</sup>·d), 反应区停留时间为 8.0h。

### 3.2 CASS 反应器

采用 2 个 CASS 反应器并联进行, 一个反应池进水完成后, 停止进水; 在进行曝气、沉淀、出水等工艺时, 另一个反应池进行水, 反应池容量为 1500m<sup>3</sup>, BOD 污泥负荷 0.3kg/(kg·d), 运行周期为 8h, 其中进水为 4h, 曝气为 3h, 沉淀为 0.5h, 排水为 0.5h。曝气阶段每池供氧量 10kg/h, 排出比约为 1/4。

### 3.3 物化沉淀池

物化沉淀池是在生化处理后增加的混凝处理, 以去除废水中残余的有机物。投加 PAC 采用泵前加药, 管道混合器前投加 PAM<sup>[5,6]</sup>。

设物化沉淀池 1 座, 埋地式钢混结构, 尺寸 23.0m×4.5m×4.5m, 水力停留时间 4h, 有效水深 4.0m, 有效容积 400m<sup>3</sup>。

## 4 工程启动及运行

### 4.1 UASB 和 CASS 启动

接种污泥取自城市污水厂的消化污泥。污泥体积 50m<sup>3</sup>, 经过滤投入 UASB 反应器, 注入淀粉废水浸泡。在启动开始采用间歇进水, 同时由于甲烷菌活性在酸性条件下会受到抑制, 所以 UASB 反应器内的最佳 pH 值为 6.8 ~ 7.2。在启动开始应投入酸碱剂进行调节控制 pH 值和回流比, 待出水 COD 去

除率达到80%左右,再增加进水量和进水频率。控制COD容积负荷由 $2.2\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 逐步提高到 $5\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。当出水COD去除率7d内稳定在80%左右时,才可进入下一阶段提高负荷。运行1个月后,反应器内污泥的质量浓度逐渐增大,产气量稳定,COD去除率稳定为80%~90%。

CASS启动时接种污泥也采用城市污水厂污泥,污泥的质量浓度为 $3000\text{mg}/\text{L}$ ,连续投加营养剂,闷曝至污泥呈现黄褐色后逐步增加水量,每曝10h后静置2h,排出1/3的上清液再补充新鲜污水,经2个多月调试后进入稳定运行期。

#### 4.2 工程的运行结果

工程经过近5个月的调试运行,出水水质较好。工程验收时对各单元处理结果进行监测(表2),出水结果表COD为 $55\sim 73\text{mg}/\text{L}$ ,BOD为 $11\sim 12\text{mg}/\text{L}$ ,SS为 $27\sim 28\text{mg}/\text{L}$ ,色度为20,pH值为 $7.5\sim 7.6$ ,主要指标达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级排放标准。

表2 处理后水质监测结果

处理单元	色度	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	pH值
调节池	50	12000~15000	7200~9000	4500~5500	3.5
UASB出口	50	505~740	100~120	790~855	6.8~6.9
CASS出水	25	93~150	15~30	55~132	6.9~7.6
物化出水 (总排放口)	20	55~73	10~12	27~28	7.5~7.6

#### 4.3 工程运行效果讨论

##### 4.3.1 COD容积负荷的选择

厌氧-好氧-物化工艺可以有效处理木薯淀粉生产废水,在对厌氧(UASB反应器)的容积负荷按 $3\sim 5\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 进行设计时,可以使出水达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级排放标准。UASB对COD的容积负荷理论上可以达到 $6\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ,但是绝大多数木薯淀粉企业属季节性生产企业,每个榨季只生产3个月甚至更短的时间,并且是在冬季生产。由于企业生产的时间短,环保设施的运行不稳定;冬天气温较低,影响菌种活性;加上作为新建的生化处理设施,各设季间的参数匹配有待进一步完善,污泥菌种的驯化有待进一步成熟。在实际生产过程中,UASB的容积负荷普遍是稳定在 $3\sim 5\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。因此,为了确保淀粉废水的稳定达标,在UASB的设计时,应充分考虑其实际所能达到的容积负荷。

##### 4.3.2 pH值对UASB和CASS反应器的影响

厌氧反应器中pH值稳定非常重要,产甲烷菌

最适宜pH值为 $6.8\sim 7.2$ 。如果pH值低于6.3或高于7.8,甲烷化速率降低。产酸菌的pH值为 $4.0\sim 7.0$ ,超过甲烷菌最佳pH值范围,酸性发酵可能超过甲烷发酵,结果反应器内将发生“酸化”。

工程运行时UASB曾出现酸化现象,由于操作失误,过快提高进水COD浓度导致了UASB池出现酸化现象,采取取出部分污泥,同时加入新鲜污泥和一部分碳酸氢钠,通过污泥驯化,UASB酸化得到控制。UASB后续工艺CASS出水出现pH值偏低,通过投加少量石灰水到CASS调节pH值到 $7.0\sim 7.5$ ,出水 $\text{COD}_\text{Cr}$ 浓度达到排放标准。因此,在工程运行实践中,需研究最优投加比和投加量。

##### 4.3.3 水力负荷对颗粒化的影响

适时调整水力负荷,对促进颗粒污泥的形成是重要的。高水力负荷可以淘汰沉降性能差的絮状污泥,而保留沉降性能好的污泥。

本工程调试启动初期采用较小的水力负荷,有利于形成颗粒污泥的初生体。当出现一定数量的颗粒污泥后,提高水力负荷可冲出部分絮状污泥,而使密度较大的颗粒污泥沉降到反应器底部,形成颗粒污泥层。这部分污泥可首先获得充足的营养而较快地增长,污泥能够实现颗粒化。

##### 4.3.4 温度对工程运行结果的影响

温度对UASB池和CASS池中的细菌微生物有着较大的影响。整个工程运行期间,淀粉原水水温为 $15\sim 43^\circ\text{C}$ 。原水通过调节池后,原水水温在此范围内变化。由于工程运行期较短,并经过冬季的变化,因此对整个系统在低温下长期运行还需进一步控制好温度。

##### 4.3.5 工程设施的维护与管理

UASB和CASS的启动时间比较长,主要是为了对污泥菌种进行培养。由于过度使用酸碱剂,好氧(CASS池)需经常补充好氧菌所需营养剂。而淀粉企业作为季节性生产企业,每年只生产约3个月的时间,所以在停榨期间,必需持续加强对设施维护,保持菌种的活性,以保证新榨季来临时,环保设施能最快地调试正常。避免因设施的启动调试时间过长而延误或者错过开榨时机,或者废水得不到有效处理而超标排放。

#### 参考文献:

- [1] 王绍文,罗志腾,钱禹.高浓度有机废水处理技术与工程应用[M].北京:冶金工业出版社,2003.

(下转第354页)

- [3] 全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程编写组. 全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程[Z]. 北京: 海洋出版社, 1986.
- [4] 杨惠芬, 沈文, 邹宗富, 等. GB2762-1994 食品中汞限量卫生标准[S]//中华人民共和国卫生部. 中华人民共和国国家标准, 1994.
- [5] 王淮洲, 田永碧, 陆冰贞, 等. GB4810-1994 食品中砷限量卫生标准[S]//中华人民共和国卫生部. 中华人民共和国国家标准, 1994.
- [6] 叶世柏, 王淮洲, 韩驰. GB13106-1991 食品中锌限量卫生标准[S]//中华人民共和国卫生部. 中华人民共和国国家标准, 1991.
- [7] 吴其乐, 王淮洲, 顾伟勤, 等. GB14935-1994 食品中铅限量卫生标准[S]//中华人民共和国卫生部. 中华人民共和国国家标准, 1994.
- [8] 李珏声, 张秀珍, 王淮洲, 等. GB14961-1994 食品中铬限量卫生标准[S]//中华人民共和国卫生部. 中华人民共和国国家标准, 1994.
- [9] 陆冰贞, 朱有昭, 张秀珍, 等. GB15199-1994 食品中铜限量卫生标准[S]//中华人民共和国卫生部. 中华人民共和国国家标准, 1994.
- [10] 吴其乐, 韩驰, 杨慧芬, 等. GB15201-1994 食品中镉限量卫生标准[S]//中华人民共和国卫生部. 中华人民共和国国家标准, 1994.
- [11] 张敬怀, 李小敏, 兰胜迎. 广西近岸海域底栖生物体内重金属含量与污染评价[J]. 广西科学, 2006, 13(2): 143-146.
- [12] Cuninghuam P A. The use of bivalve mollusks in heavy metals pollution research[C]//Vembery W B, Calabrese A, Thurberg F P, et al. Marine pollution: functional responses. New Yoke: Academic Press, 1979: 183-211.
- [13] 何雪琴, 温伟英, 张观希, 等. 大亚湾底栖生物重金属现状与评价[J]. 河海大学学报, 2001, 29(3): 103-106.
- [14] Kenaga E E. Predicted bioconcentration factors and soil sorption coefficients of pesticides and other chemicals[J]. Ecotoxicol Environ Safety, 1980(4): 26-38.
- [15] 广东省海岸带和海涂资源综合调查大队, 广东省海岸带和海涂资源综合调查领导小组. 广东省海岸带和海涂资源综合调查报告[M]. 北京: 海洋出版社, 1987: 306.

(责任编辑: 陈小玲)

(上接第350页)

- [2] 杨启峰, 张萍, 赵永志. 淀粉废水的处理技术[J]. 黑龙江环境通报, 2000, 24(2): 55-56.
- [3] 买文宁. 功气浮提取蛋白-UASB-SBR工艺处理淀粉废水[J]. 工业水处理, 2002, 22(6): 42-44.
- [4] 李善于, 甘海南. 淀粉生产废水处理的运行与管理[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000.
- [5] 韩彪, 张萍, 张维维, 等. 厌氧-好氧-物化工艺处理淀粉废水的工程实例[J]. 环境科学与技术, 2010(12): 25-27.
- [6] 韩彪, 张萍, 张维维, 等. UASB-CASS-混凝工艺处理木薯淀粉废水[J]. 工业水处理, 2010(8): 75-77.
- [7] 买文宁. 生物生工废水处理技术及工程实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [8] 王凯军, 秦人伟. 发酵工业废水处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [9] 王晓林. 木薯淀粉放心水治理工程实例分析[J]. 木薯精细化工, 2001(4): 7-9.
- [10] 李娟, 廖安平, 梁炳池, 等. 混凝法处理木薯淀粉废水[J]. 广西民族学院学报: 自然科学版, 2001, 7(2): 161-163.
- [11] 李生. 利用气浮-UASB-SBR工艺处理红薯淀粉废水[J]. 周口师范学院学报, 2006, 23(5): 82-85.
- [12] 张振家, 王太平, 张虹, 等. UASB反应器处理淀粉废水试验研究[J]. 工业水处理, 2002, 22(1): 28-31.

(责任编辑: 邓大玉)