

文章编号:1006-544X(2004)01-0093-04

甘蔗糖蜜酒精废液生物过程尾水的物化处理

成官文^{1,2}, 章非娟², 廖雷¹, 吴志超², 周军²

(1. 桂林工学院 资源与环境工程系, 广西 桂林 541004; 2. 同济大学 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要: 试验采用 $Al_2(SO_4)_3$ 、碱式氯化铝、 $FeCl_3$ 、复合脱色剂、阳离子聚丙烯酰胺和粉末活性炭等混凝剂、助凝剂、吸附剂对甘蔗糖蜜酒精废水厌氧-好氧处理尾水进行了后处理研究. 结果表明: 采用 10% $FeCl_3$ 溶液和粉末活性炭处理该尾水, 色度和 COD 一般分别可降到 30 倍与 300 mg/L 以下, 达到酒精行业废水排放二级标准. $Al_2(SO_4)_3$ 、碱式氯化铝和复合脱色剂均对该尾水色度有良好的去除效果, 去除率可达 70% 以上, 但 COD 去除率小于 65%, 后处理出水难以达标.

关键词: 物化处理; 色度; COD; 糖蜜酒精废水

中图分类号: X792

文献标识码: A^①

本研究内容为糖蜜酒精废液生物处理出水的后处理. 糖蜜酒精废液取自于广西某糖厂, 含 COD 49 650 mg/L, NH_3-N 2 158 mg/L, SO_4^{2-} 6 873 mg/L, pH 值 7.82 (已氨化), 色度 4 000 倍. 经二相 UASB + 好氧生物处理后, 尾水 COD 1 000 ~ 3 000 mg/L, BOD 100 mg/L 以上, NH_3-N 4 ~ 50 mg/L, pH 6.5 ~ 7.9, 色度 125 ~ 250 倍, 出水 COD 和色度未能达到 GB 8978 - 1996 酒精工业废水二级排放标准, 需采用适宜的物理化学方法进行脱除.

甘蔗糖蜜酒精废液生物处理出水中的有机物主要为环己酸、4-咪喃、6-咪喃、1 甲醚基丁酸、3-咪喃等难降解产物^[1], 因此, 难降解有机物等色素脱除成为糖蜜酒精废水生物处理出水达标的關鍵.

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

(1) 试验用水采用甘蔗糖蜜酒精废水二相 UASB + 好氧生物处理尾水, 其 COD 1 545 mg/L, BOD 115 mg/L, NH_3-N 3.7 mg/L, pH 值 6.79,

色度 150 倍.

(2) 试验用混凝剂 $Al_2(SO_4)_3$, 碱式氯化铝 ($w(Al) = 10.08\%$, $w(B) = 74\%$), $FeCl_3$, 复合脱色剂, 吸附剂粉末活性炭和助凝剂阳离子聚丙烯酰胺 (PAM).

1.2 试验方法

试验采用烧杯法, 对 4 种混凝剂和一种吸附剂进行筛选. 取 500 ml 水样分别装于已编号的 500 ml 烧杯中, 投加混凝剂后, 快速搅拌 1 min, 之后慢速搅拌 10 min, 静置沉淀 30 min. 若要投加 PAM, 则在加入混凝剂并快速搅拌 1 min 后投加. 而吸附试验则慢速搅拌 30 min, 静置沉淀 30 min. 之后用针筒抽取上清液作 COD 和色度分析水样. COD 测定采用重铬酸钾法, 色度采用目视比色法.

2 结果与讨论

2.1 $Al_2(SO_4)_3$ 投加量对 COD 和色度去除的影响

$Al_2(SO_4)_3$ 在水中水解时生成中间产物碱式

① 收稿日期: 2002-12-11

基金项目: 广西区科技攻关项目 (桂科攻 9919053)

作者简介: 成官文 (1962-), 男, 博士研究生, 副教授, 环境工程专业.

盐,然后生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 具有混凝作用,能捕集水中的胶态杂质而形成絮状沉淀,但 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 水解产物 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 只有在水的 pH 为 6~7 时才具有最小的溶解度,且在 pH 4~7 范围有较好的脱色效果^[2]. 试验的水温 28℃, pH 值 6.79, 在 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 使用的适宜范围内.

从表 1 中可以看出, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 具有较好的脱色性能,但 COD 去除率不高. 当投加量 800 mg/L 时,脱色效果最好,其色度去除率可达 83%, COD 去除率达 46.7%. 为考察提高混凝效果的可行性,在投加 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 的基础上投加 5 mg/L 0.5% 阳离子聚丙烯酰胺,但其投加对色度和 COD 的去除没什么影响. 据研究^[3], 絮凝沉淀效果主要受 pH 值和絮凝剂投加量的影响:在废水 pH 值为 6.79 时,铝盐水解产物主要以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 为主(95% 左右),投加絮凝剂 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 的最佳浓度范围是 30~100 mg/L,沉淀型絮凝范围小. 当实际投加量较小或较大时,会使絮凝过程靠近再稳区,或偏离沉淀絮凝区,絮凝效果较差,故铝盐的 COD 去除效果不够理想.

2.2 投加碱式氯化铝

在水温 28℃、pH 值 6.79 的条件下,碱式氯化铝也具有较好的脱色性能(表 2),但 COD 去除率不高. 碱式氯化铝投加量以 600 mg/L 为最好,色度去除率达 83%, COD 去除率达 65.1%. 碱式氯化铝的效果同 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 有相似之处,这可能与 Al 的水解产物偏离沉淀型絮凝范围有关. 在碱式氯化铝投加量 600 mg/L 基础上,再增加 PAM 助凝,其色度和 COD 去除效果变化不大(表 3),可见 PAM 对焦糖等大多数溶解性色素无去除效果.

2.3 投加 FeCl_3 溶液

表 1 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 去除效果

Table 1 Rate of COD and colority removal after throwing in $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

20% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 投加量/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	PAM 投加量 /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	色度 /倍	色度去 除率/%	$\rho(\text{COD})$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	COD 去 除率/%
400	0	100	33	1 514	2.0
600	0	30	80	832	46.2
800	0	25	83	824	46.7
1 000	0	30	80	816	47.2
400	5	120	20	1 381	10.6
600	5	40	73	836	45.9
800	5	25	83	817	47.2
10 000	5	25	83	808	47.7

表 2 碱式氯化铝去除 COD 及脱色效果

Table 2 Rate of COD and colority removal after throwing in aluminum chloride

碱式氯化 铝投加量/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	PAM 投加量 /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	色度 /倍	色度去 除率/%	$\rho(\text{COD})$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	COD 去 除率/%
200	0	100	33	1 152	24.4
400	0	50	67	704	54.5
600	0	25	83	540	65.1
800	0	25	83	592	61.7
1 000	0	40	73	740	52.1
200	10	100	33	1 080	30.1
400	10	40	73	648	58.1
600	10	25	83	572	63.0
800	10	25	83	600	61.2
1 000	10	30	80	652	57.8

表 3 碱式氯化铝与 PAM 的去除效果

Table 3 Rate of COD and colority removal after throwing in aluminum chloride and PAM

碱式氯化 铝投加量/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	PAM 投加量 /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	色度 /倍	色度去 除率/%	$\rho(\text{COD})$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	COD 去 除率/%
600	5	30	80	630	59.2
600	10	25	83	632	59.1
600	15	25	83	572	63.0
600	20	30	80	640	58.6
600	25	25	83	620	59.9

FeCl_3 溶液对废水的色度和 COD 均有良好的去除效果(表 4), 其中投加 FeCl_3 1 000 mg/L 时, 色度和 COD 去除率分别达到 90% 和 79.8%; 当增投 PAM 10 mg/L 助凝时, 对色度和 COD 去除效果有较大改善, 其色度和 COD 去除率分别达到了 90% 和 83.2%, 出水 COD < 300 mg/L、色度 15 倍, 达到了酒精行业废水排放二级标准. 据研究^[3], 当 pH 值为 6.79 时, 铁盐水解成分主要为 $\text{Fe}(\text{OH})_2^{2-}$ (约占 75%), 其次为 $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$, 铁盐(Ⅲ、Ⅱ)水解产物发生沉淀型絮凝的最佳浓度范围在 2.7~2 700 mg/L, 沉淀型絮凝范围很大, 药剂投加量位于最佳范围内, 絮凝沉淀效果好.

2.4 投加复合脱色剂

试验采用同济大学研制开发的复合脱色剂, 其处理效果如表 5. 当复合脱色剂投加量为 1.0 ml/L 时, 色度和 COD 去除率最高, 分别达到了 83% 和 63.3%. 复合脱色剂有很好的脱色效果, 但由于复合脱色剂内含有一定量的有机物, 增加复合脱色剂投加量后 COD 去除率反而降低.

表4 FeCl₃溶液的去除效果

Table 4 Rate of COD and colority removal after throwing in Iron (III) Chloride

10% Al ₂ (SO ₄) ₃ 投加量/ (mg · L ⁻¹)	PAM 投加量 /(mg · L ⁻¹)	色度 /倍	色度去 除率/%	ρ(COD)/ (mg · L ⁻¹)	COD去 除率/%
500	0	125	17	996	35.5
1 000	0	15	90	312	79.8
1 500	0	40	73	372	75.9
2 000	0	50	67	436	71.8
500	10	100	33	927	40.0
1 000	10	15	90	260	83.2
1 500	10	15	90	252	83.7
2 000	10	40	73	328	78.7
2 500	10	60	60	348	78.5

表5 复合脱色剂的去除效果

Table 5 Rate of COD and colority removal after throwing in compound decolorant

水样 /mL	脱色剂投 加量/mL	色度 /倍	色度去 除率/%	ρ(COD)/ (mg · L ⁻¹)	COD去 除率/%
500	0.5	25	83	625	59.5
500	1.0	25	83	567	63.3
500	1.5	25	83	650	57.9
500	2.0	50	67	920	40.5

2.5 投加粉末活性炭

活性炭具有较好的色度和有机物去除功能^[4-6]. 实验采用国产粉末活性炭, 粒径 < 0.15 mm (100 目). 吸附实验表明, 粉末活性炭在吸附 8 h 后达到饱和, 其中前 30 min 吸附量可达吸附容量的 70%. 实验取水样 500 mL, 磁力搅拌, 吸附时间 30 min, 处理效果见图 1、2.

色度和 COD 的去除率与活性炭的投加量密切相关. 当活性炭投加量达到 16 g/L 时, 其处理出水 ρ(COD) = 280 mg/L, 色度 30 倍, COD 和色度去除率分别达到了 81.9% 和 77%, 并达到了酒精行业废水排放二级标准 (ρ(COD) < 300 mg/L). 焦糖分子和其它大多数有机色素的粒径分别为 2.8 nm、1~3 nm, 而活性炭的微孔孔径一般在 5~20 nm, 是吸附质直径的 3~6 倍^[5], 正是吸附焦糖和其它大多数有机色素的有效孔径, 故 COD 去除和色素脱除效果好.

3 结论

(1) 试验的 4 种混凝剂对糖蜜酒精废水二相 UASB + 好氧处理尾水的色度和 COD 均有一定的脱

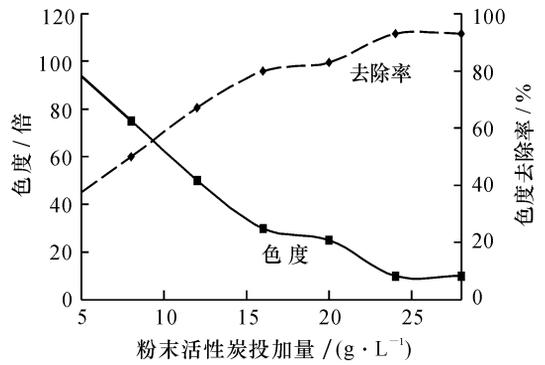


图1 粉末活性炭去除色度的效果

Fig. 1 Rate of colority removal after throwing in powdered carbon

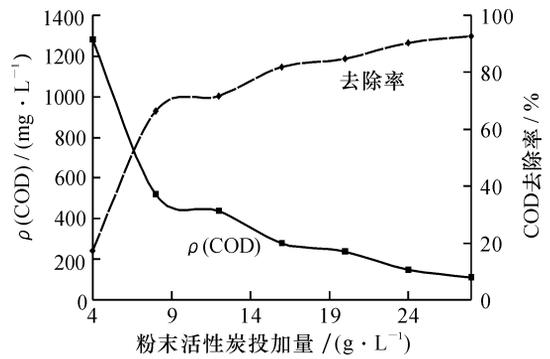


图2 粉末活性炭去除 COD 的效果

Fig. 2 Rate of COD removal after throwing in powdered carbon

除效果, 其中 FeCl₃ 的脱除效果最好、复合脱色剂次之、Al₂(SO₄)₃ 和碱式氯化铝略差. 采用 10% FeCl₃ 溶液作混凝剂处理可使后处理出水达到酒精行业废水排放二级标准.

(2) 粉末活性炭对糖蜜酒精废水二相 UASB + 好氧处理尾水的色度和 COD 均有良好的去除效果. 投加粉末活性炭 16g/L, 可使后处理出水 ρ(COD) < 300 mg/L, 色度 30 倍, 达到了酒精行业废水排放二级标准.

(3) Al₂(SO₄)₃、碱式氯化铝和复合脱色剂具有很好的脱色性能, 色度去除率一般可达 80% 左右, 但其 COD 去除效果一般, 后处理出水 COD 难以达标.

参考文献

- [1] 张仁江, 张振家, 谷成, 等. 糖蜜酒精废水二相 UASB 处理有机物去除特征 [J]. 城市环境与城市生态, 2000, 13 (4): 23-25.

- [2] 何铁林. 水处理化学品手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2000. 5-36.
- [3] 王九思, 陈学民, 肖举强, 等. 水处理化学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002. 87-93.
- [4] 许建华, 杨人隽, 王嘉宝. 水的特种处理 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1989. 92-144.
- [5] 邓先伦, 蒋剑春, 刘汉超, 等. 活性炭对柠檬酸及其盐溶液中色素的吸附机理和应用研究 [J]. 林产化学与工业, 2002, 22 (1): 55-58.
- [6] Gordon McKay. Use of Adsorbents for the Removal of Pollutants from Wastewaters [M]. Boca Raton; USA CRC Press, 1995. 60-74.

Sugarcane molasses physico-chemistry wastewater treatment after two-phase UASB and aerobic process

CHENG Guan-wen^{1,2}, ZHANG Fei-juan², LIAO Lei¹, WU Zhi-chao², ZHOU Jun²

(1. *Department of Resources and Environmental Engineering, Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, China*; 2. *State Key Lab of Pollution Control and Reuse Research, Tongji University, Shanghai 200092, China*)

Abstract: An experiment is introduced, in which coagulating agent, coagulant aids and adsorbent are used along with aluminum chloride, iron (III) chloride, compound decolorant, polyacrylamide and powdered carbon to treat sugarcane molasses wastewater after anaerobic-aerobic process. It is shown that colority and chemical oxygen demand of the wastewater can be decreased to thirty times and less than 300 mg/L respectively by 10% iron (III) chloride liquor and powdered carbon. It is expected to meet the second class discharge standard of alcohol industry. The removal efficiency of wastewater will reach more than 70% with aluminum sulfate, aluminum chloride and compound decolorant. But the removal efficiency of chemical oxygen demand is generally lower than 65% and the effluent fails to meet the national discharge criteria.

Key words: physico-chemistry treatment; colority; chemical oxygen demand; sugarcane molasses wastewater