

絮凝-厌氧-好氧处理抗菌素废水的试验研究*

邓良伟 彭子碧 唐 一 黄志龙

(农业部沼气科学研究所, 成都 610041 E-mail: dlwbrtc@cd.col.com.cn)

摘要 血清瓶毒性实验表明, 抗菌素废水对厌氧消化具有强烈的抑制作用, 废水经过絮凝处理, 可以降低废水的毒性, 筛选到一种混凝剂(试剂B), 可以去除废水 COD 50%。预处理后的废水经过厌氧污泥床(UASB)的处理, 可以去除 60% 的 COD, 处理系统内形成了颗粒污泥。厌氧处理后的出水, 再通过两级好氧处理, 出水 COD 可降至 300mg/L 以下, 达到生物制药废水行业排放标准。

关键词 抗菌素废水, 毒性, 絮凝剂, 升流式厌氧污泥床, 好氧处理。

Treatment of Antibiotic Wastewater by Flocculation-A/O Process

Deng Liangwei Peng Zibi Tang Yi Huang Zhilong

(Biogas Research Institute of the Ministry of Agriculture, Chengdu 610041 E-mail: dlwbrtc@cd.col.com.cn)

Abstract The toxicity experiment in serum bottle showed that antibiotic wastewater has serious inhibitory effect on anaerobic fermentation, pre-treatment (flocculation) can reduce this inhibitory effect. A flocculant, reagent B which can remove 50% COD of wastewater was obtained. After being pre-treated, wastewater was treated by UASB reactor, 60% COD was removed, and granular sludge was formed in reactor. Then the wastewater went through two grade aerobic treatment, the COD of effluent can be reduced to below 300mg/L, meeting the wastewater discharge standard of biological pharmacy.

Keywords antibiotic wastewater, toxicity, flocculant, UASB, aerobic treatment.

目前国内外对抗菌素类工业废水的处理主要采用好氧、厌氧或厌氧加好氧的生物处理方法^[1], 由于废水中残留抗生素以及有机溶剂残留物对微生物的强烈抑制作用, 使废水处理过程复杂, 成本高, 处理效果不稳定, 单纯依靠生物处理, 出水难以达到排放标准。并且抗菌素种类繁多, 各厂家生产的抗菌素品种不同, 废水毒性各异, 因此, 针对某几种抗菌素生产废水, 研究、开发一些处理效果好, 厂家经济上能承担的处理方法, 获得有关设计参数, 具有重要的现实意义。

1 试验装置与方法

1.1 试验废水水质特征

本研究所用的废水取自某制药厂, 该厂生产青霉素、四环素、利福平以及螺旋霉素等多种

抗生素, 每天排放约 7000m³ 废水, 其水质特征为: pH2—10, COD 2600—5800mg/L, BOD₅1200—2100mg/L, TN 150—300mg/L, TP 15—25mg/L, SS 480—820mg/L, SO₄²⁻ 540—3300mg/L, 色度 800—1200 度, 水温 13—28 。pH 变化大, 多数时候呈酸性, 洗罐废水呈碱性, 硫酸盐浓度较高, 具有强烈的刺激性气味。

1.2 废水毒性试验

废水毒性试验在血清瓶中进行。实验废水 pH 调至 7, 接种污泥 VSS 浓度 22mg/L, 发酵温度 35 。实验所用葡萄糖溶液 COD7500mg/L, 预处理前废水 COD4500mg/L, 预处理后(处

* 四川省应用基础研究资助项目
邓良伟: 男, 32 岁, 理学硕士, 助理研究员
收稿日期: 1998-03-14

理方法见预处理试验) COD2300mg/L, 用史氏发酵管测量产气量, 直到不再产气为止. 试验处理组合见表 1.

表 1 血清瓶试验各处理组分/ml

处理序列	1	2	3	4	5
葡萄糖溶液	80.0	80.0	80.0	80.0	0
废水	40.0	20.0	10.0	0	80.0
蒸馏水	0	20.0	30.0	40.0	40.0
污泥	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

1.3 预处理试验

采用化学混凝沉淀方法, 选用三氯化铁、硫酸亚铁、聚合氯化铝 (PAC)、聚丙烯酰胺 (PAM) 以及试剂 A、试剂 B 进行组合对比试验, 所有实验在烧杯中进行, 不另行调 pH.

1.4 生化处理试验

采用厌氧加好氧的工艺, 厌氧段为升流式厌氧污泥床 (UASB), 好氧段采用两级接触氧化工艺. UASB 反应器的工作体积为 15.3L, 反应器内水温 16—28, 产气率 0.03—0.3m³/(m³·d). 接触氧化反应器的工作体积均为 5L, 内装弹性填料, 曝气量为气水比 15:1, 反应器内水温 16—28, DO 3.5mg/L. 厌氧段停留时间 (HRT) 16—30h. 好氧段分别停留 5—10h. UASB 反应器接种污泥取自污水处理厂消化污泥. 接种量为反应器体积的 20%. 生化试验工艺流程见图 1.

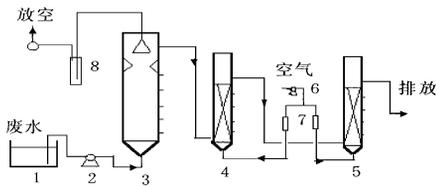


图 1 生化处理试验工艺流程

1. 贮水槽 2. 计量泵 3. UASB 反应器 4. 接触氧化反应器 5. 接触氧化反应器 6. 空气泵 7. 流量计 8. 水封

2 结果与讨论

2.1 毒性试验结果

实验中随着葡萄糖发酵溶液中抗菌素废水加入量的增加, 发酵液的产气量下降, 当废水的加入量占葡萄糖溶液一半时, 发酵液几乎不产

气, 说明这种废水对厌氧发酵微生物有强烈的抑制作用 (图 2a). 其抑制作用随废水加入量的增加而加剧. 从图 2b 可知, 当废水经过预处理后, 随着废水加入量的增加, 发酵液产气量不再下降, 而是略微增加, 说明预处理后的废水对厌氧发酵微生物的毒性很低, 而且微生物还能利用废水中的部分有机物. 因为预处理去除了部分有机物, 降低了有毒物质的浓度, 且能降低抗生素效价, 具有解毒作用^[2,3].

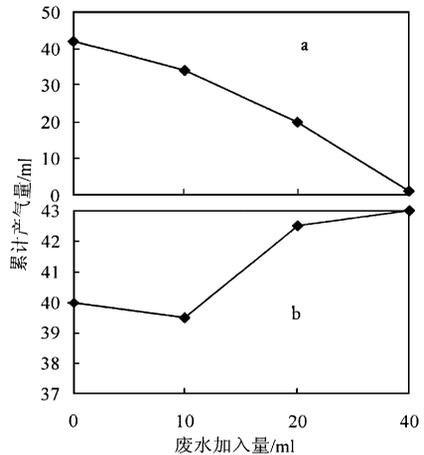


图 2 预处理前后废水毒性试验结果

a. 预处理前 b. 预处理后

2.2 预处理试验结果

预处理试验结果见表 2, 从表 2 可知: 试剂 B, FeCl₃+ 试剂 A, FeSO₄+ 试剂 A, FeSO₄+ 试剂 B, PAC+ 试剂 B, PAM+ 试剂 B 几种组合, COD 去除率均在 50% 以上. FeCl₃ 与试剂 A 组合效果最好, 但费用高, 试剂 B 处理能达到较好的去除效果, 价格便宜. 因此, 选择试剂 B 作为废水预处理的混凝剂.

2.3 生化处理试验结果

2.3.1 厌氧段试验结果

厌氧段采用 UASB 工艺, 启动时, 接种污水处理厂的消化污泥, 污泥呈絮状, 沉降性能差. 初期 (05-30—07-08) 进水 COD 浓度 250—700mg/L, COD 容积负荷 0.25—0.75kg/(m³·d), COD 去除率 20%—60%, 产气量低于 1.5L/d. 运行 1 个月后, 进水浓度从 700 mg/L 增加到 2000mg/L. 在 07-08—07-30, 由

表 2 不同絮凝剂对 COD 去除率及药剂费用的影响

药 剂	COD 去除率/%	药剂费用/ 元·m ⁻³ 水
FeCl ₃	23.3	1.80
FeSO ₄	30.0	0.22
PAC	36.2	1.30
PAM	15.5	0.03
试剂 A	39.2	2.2
试剂 B	51.4	0.32
FeCl ₃ + 试剂 A	53.2	4.0
FeSO ₄ + 试剂 A	50.2	2.4
PAC+ 试剂 A	45.0	3.5
PAM+ 试剂 A	40.5	2.21
FeCl ₃ + 试剂 B	48.9	2.12
FeCO ₄ + 试剂 B	50.6	0.54
PAC+ 试剂 B	50.0	1.62
PAM+ 试剂 B	52.0	0.33
FeCl ₃ + 试剂 B+ PAM	41.7	2.13
FeSO ₄ + 试剂 B+ PAM	43.7	0.55
PAC+ 试剂 B+ PAM	46.3	1.63

于负荷提高过快,引起了系统酸化,COD 去除率从 60% 降到 25% 左右.07-30 再向反应器接种消化污泥,经过驯化培养,到 8 月中旬,COD

去除率恢复到 40%—50%.08-26—09-22 由于所用洗罐废水呈强碱性,毒性很大,对系统产生抑制作用,COD 去除率又降到 20% 左右.9 月下旬,换用具有代表性的废水,经过 20 多天的运行,系统性能恢复,COD 去除率稳定在 60% 以上,进水 COD 浓度 967—2460mg/L,出水 COD 333—980mg/L,COD 容积负荷 2.0kg/(m³·d) 左右,最高达 3.7kg/(m³·d) (图 3).并且在反应器下部形成了颗粒污泥.

经过半年多的运行调控,在反应器底部形成了颗粒污泥,污泥呈亮黑色,形态不规则,基本上为卵形,直径一般在 0.1—3mm 之间,最大为 5mm.颗粒污泥 SVI 值 26.7ml/g,通过在清水中的沉降实验表明,颗粒污泥沉降速度达 17—33m/h,说明污泥沉降性能较好.用荧光显微镜观察,污泥中产甲烷细菌主要是甲烷杆菌,另有少量甲烷八叠球菌,具有较高的稳定性和较强的机械性能.

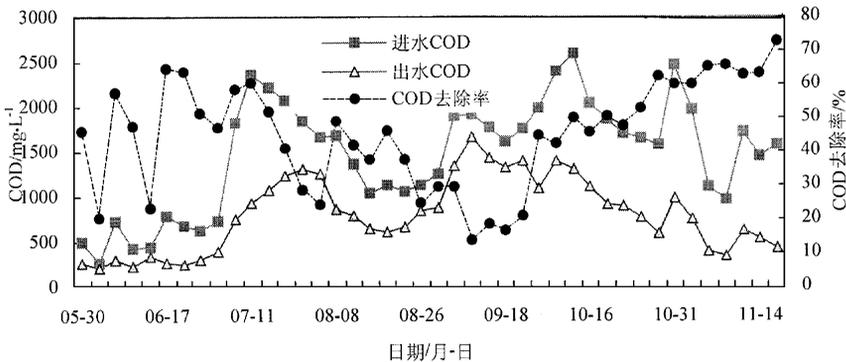


图 3 厌氧段对 COD 的去除情况

2.3.2 好氧段试验结果

由于接触氧化法具有耐冲击负荷,基本无污泥膨胀,维护管理方便等优点,所以选用接触氧化法作为好氧处理工艺.采用一级接触氧化,出水 COD 仍然达不到排放标准,后又增加了一级接触氧化.从图 4a 可知,尽管第一级接触氧化进水 COD 浓度波动很大,从 333mg/L 到 1655mg/L,出水浓度相对较稳定,基本在 600mg/L 以下.COD 去除率 20%—70%,并随进水浓度的增加而增加.

从图 4b 可知,经过第二级接触氧化处理,出水 COD 浓度小于 300mg/L,能达到生物制药行业废水排放标准.COD 去除率 10%—65%,并随进水 COD 浓度而变化,当进水 COD < 300mg/L 时,去除率仅百分之几,说明在此浓度,废水中可生化降解物质已很少.

3 经济分析

按日处理 7000m³ 抗菌素废水的规模计算.接触氧化气水比取 15 : 1,曝气需耗电 0.5

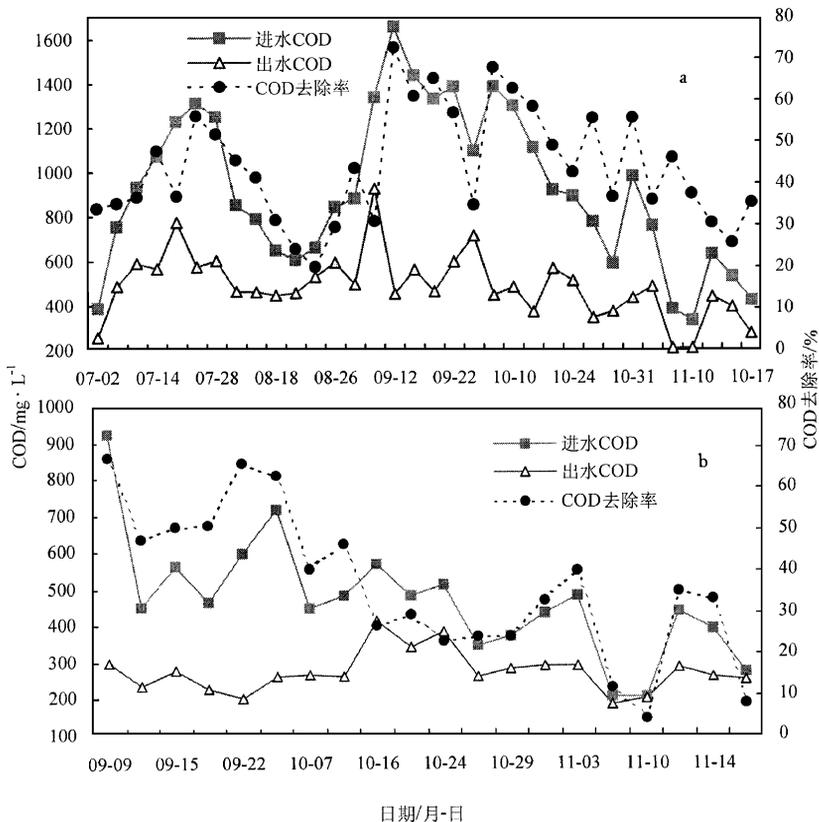


图4 接触氧化反应器对COD的去除

a. 第一级 b. 第二级

h/m^3 , 絮凝沉淀、污泥脱水耗电 $0.3\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$, 污水提升耗电 $0.3\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$, 共计耗电: $0.5 + 0.3 + 0.3 = 1.1\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$, 按每 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 电 0.5 元计算, 则需电费 0.55 元/ m^3 . 需管理人员 13 人, 每人每月工资 500 元, 则需人工费 0.03 元/ m^3 . 预处理药剂费: 0.32 元/ m^3 . 因此, 废水处理运行费 = $0.55 + 0.03 + 0.32 = 0.9$ 元/ m^3 . 再加一些不可预见费用, 处理 1m^3 废水大约需运行费 1 元左右.

4 结论

(1) 血清瓶毒性实验表明, 抗菌素废水对厌氧发酵微生物有强烈的抑制作用, 当向葡萄糖发酵溶液加入其 $1/2$ 体积的抗菌素废水时, 发酵液停止产气. 经预处理, 可以降低废水的毒性.

(2) 经过杯式预处理试验, 筛选到一种混凝剂: 试剂 B, 可以去除废水 COD 50% , 大大消减了生物处理负荷, 降低了废水的生物毒性.

(3) 预处理后的废水经过厌氧污泥床 (UASB) 的处理, 可以去除 60% 的 COD, 处理系统内形成了颗粒污泥, 其沉降性能良好.

(4) 厌氧处理后的出水, 再通过两级好氧处理, 出水 COD 可降至 $300\text{mg}/\text{L}$ 以下, 达到生物制药废水行业排放标准.

参 考 文 献

- 1 杨军, 陆正禹, 胡纪萃等. 抗菌素工业废水生物处理技术的现状与展望. 环境科学, 1997, 18(3): 83—85
- 2 饶义平, 唐文浩. 复合絮凝处理抗菌素废水对其抑菌效力的影响. 上海环境科学, 1996, 15(8): 37, 9
- 3 马寿权, 韦巧玲. 抗菌素制药废水治理研究. 重庆环境科学, 1995, 17(6): 23—27