

ASBBR 反应器处理高盐榨菜废水的效能研究

周 健, 甘春娟, 龙腾锐, 柴宏祥

(重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045)

摘 要: 采用 ASBBR 反应器作为高盐 (10 gCl⁻/L)、高有机物浓度 (COD 为 4 000 mg/L) 榨菜废水的厌氧处理单元, 考察了挂膜密度、负荷、水温等对去除 COD 的影响。结果表明: 当水温为 30 ℃、挂膜密度为 50% 时, 分别在 0.22 kgCOD/(m³·d) 和 4 kgCOD/(m³·d) 的负荷下运行, 相应的出水 COD 为 95 mg/L 和 1 520 mg/L, 分别满足直接排放和后续脱氮工艺对碳源的要求。当水温为 10 ℃ 时, 反应器对 COD 的去除率较 30 ℃ 的下降了 32%, 将挂膜密度提高到 70% 可使 COD 去除率增加约 4.5%; 此外, 向废水中投加 0.1 mmol/L 的甜菜碱, 可提高 COD 去除率约 9.5%。

关键词: 榨菜废水; 厌氧; ASBBR; 甜菜碱

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2006)17-0077-04

Research on Efficiency of Anaerobic Sequencing Batch Biofilm Reactor for Hypersalt Mustard Tuber Wastewater Treatment

ZHOU Jian, GAN Chun-juan, LONG Teng-rui, CHAI Hong-xiang

(Key Laboratory of Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment

<Ministry of Education>, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: Anaerobic sequencing batch biofilm reactor (ASBBR), an innovative anaerobic treatment technique, was used to treat composite mustard tuber wastewater with high concentration organic substances (COD 4 000 mg/L), high salt (10 gCl⁻/L) and high nitrogen. The results in various operational conditions are as follows: When the water temperature is 30 ℃ and the biofilm density of the reactor is 50%, the reactor operates with loading rates of 0.22 kgCOD/(m³·d) and 4 kgCOD/(m³·d) respectively, and the effluent COD is 95 mg/L and 1 520 mg/L respectively, satisfying the demand of direct discharge and denitrification. When the water temperature is 10 ℃, the COD removal rate can decrease by 32%, thus increasing the biofilm density to 70%, it can also increase COD removal rate by 4.5%; furthermore, when 0.1 mmol/L of betaine is added into the wastewater, the COD removal rate can increase by 9.5%.

Key words: mustard tuber wastewater; anaerobic treatment; ASBBR; betaine

高盐、高有机物浓度榨菜综合废水的处理难度较大, 目前尚无适宜的处理方法。Stewart 等认为当 Na⁺ 浓度为 2 g/L 时会对厌氧处理过程的甲烷化产

生抑制^[1]; Yerkes 等的研究表明, 当 Na⁺ 浓度为 15 g/L 时需要经过 50 d 以上才能开始明显产生甲烷^[2]。顾国维等认为高浓度的 Na⁺ 会导致厌氧微

基金项目: 重庆市科委攻关项目 (7986)

生物产生胞外聚合物的能力下降,使得细菌多呈游离态生长,并影响到污泥的沉降性能^[3]。P. Balslev Olesen 利用厌氧滤池 (AF) 和厌氧流化床 (AFB) 处理含盐废水的研究表明:对含盐量为 2~4 g/L (以 NaCl 计) 的废水,未出现生物抑制现象^[4]。郑展飞利用厌氧接触氧化工艺处理高盐食品废水^[5],在进水盐度为 2~5 g/L (以 NaCl 计) 时对 COD 的去除率为 70%。Ramon Mendez 利用中温和高温厌氧滤池 (MAF) 处理 Cl⁻ 浓度为 8~9 g/L、Na⁺ 浓度为 5~12 g/L 的高盐工业废水时^[6],对 COD 的去除率为 73%。

针对榨菜综合废水高盐、高有机物浓度的特性,采用厌氧及好氧组合工艺对其进行处理,其中厌氧段选择了厌氧序批式生物膜反应器 (ASBBR),考察了挂膜密度、负荷、温度等因素对其除污效能的影响,以期为榨菜废水的厌氧生物处理提供科学依据。

1 试验装置及方法

1.1 试验装置

ASBBR 装置见图 1。

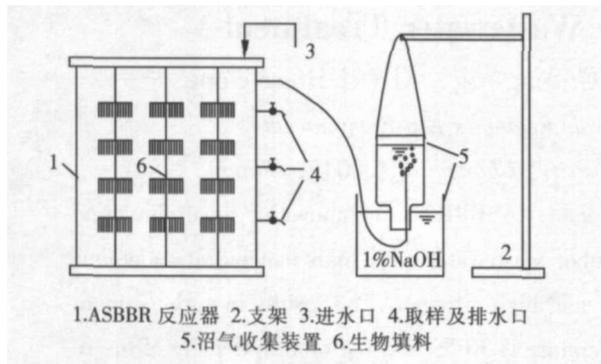


图 1 ASBBR 试验装置

Fig 1 Experiment equipment of ASBBR

反应器由塑料制作,有效容积为 24 L,尺寸为 30 cm × 16 cm × 50 cm,内设半软性纤维填料。CH₄ 的收集采用血清瓶液体置换系统。

1.2 试验水质

试验采用的榨菜废水取自某榨菜厂,其水质如表 1 所示。

表 1 榨菜废水的水质

Tab 1 Quality of mustard tuber wastewater

项目	COD / (mg · L ⁻¹)	总氮 / (mg · L ⁻¹)	氨氮 / (mg · L ⁻¹)	pH	盐度 / (gCl ⁻ · L ⁻¹)
数值	4 000	500	150	6.2 ± 0.3	10

1.3 试验方法

1.3.1 挂膜密度试验

采用 4 个反应器进行平行对比试验,控制各反应器的挂膜密度分别为 15%、30%、50%、70%,反应器的运行温度 (即水温,下同) 为 (30 ± 2) °C, N_v 为 1.33 kgCOD / (m³ · d), pH 值为 7.0。

1.3.2 负荷影响试验

采用 10 个反应器进行平行对比试验,控制各反应器的负荷分别为 0.22、0.33、0.44、0.50、0.67、1.00、1.33、2.00、2.67、4.00 kgCOD / (m³ · d), 运行温度为 (30 ± 2) °C, 挂膜密度为 50%, pH 值为 7.0。

1.3.3 温度影响试验

采用 3 个反应器作对比,控制各反应器的运行温度分别在 (30 ± 2)、(20 ± 2)、(10 ± 2) °C, 反应器的 N_v 为 1.33 kgCOD / (m³ · d), 挂膜密度为 50%, pH 值为 7.0。

1.3.4 改善冬季除污效能的试验

增加挂膜密度

采用 2 个反应器作平行对比。控制挂膜密度分别为 50% 和 70%, N_v 为 1.33 kgCOD / (m³ · d), 运行温度为 (10 ± 2) °C, pH 值为 7.0。

投加甜菜碱调渗剂

采用 2 个反应器进行对比,其中一个作空白,另一个投加甜菜碱为 0.1 mmol/L,挂膜密度均为 50%,反应器的运行温度为 (10 ± 2) °C, N_v 为 1.33 kgCOD / (m³ · d), pH 值为 7.0。

1.4 测定项目及方法

定期测试出水的 COD、挥发性脂肪酸、碱度及污泥中的脱氢酶含量等,皆采用国家标准方法。

2 试验结果及分析

2.1 挂膜密度对除污效能的影响

试验结果表明,当挂膜密度为 15% 时出水 COD 为 960 mg/L,对 COD 的去除率为 71.5%;当提高挂膜密度至 50% 时出水 COD 为 380 mg/L,对 COD 的去除率为 90.5%,即反应器的出水水质随挂膜密度的增加而提高。当挂膜密度从 50% 增加至 70% 时出水 COD 为 350 mg/L,对 COD 的去除率为 91.3%,提高幅度很小。对脱氢酶的测定结果显示,当挂膜密度从 15% 增加到 50% 时污泥的脱氢酶含量从 5.8 μgTF / (gMLSS · h) 降至 5.10 μgTF / (gMLSS · h),当挂膜密度升至 70% 时污泥的脱氢酶含量为 5.0 μgTF / (gMLSS · h),与挂膜密度为 50% 的接近。经

分析认为,随着挂膜密度的增加则反应器内的生物量升高,有利于对基质的去除;虽然所承担负荷的降低会导致单位质量污泥内的微生物数量及单位质量污泥所含脱氢酶的数量减少,但脱氢酶的总量却是增加的,因而随挂膜密度的提高,对 COD 的去除率增加。当挂膜密度 > 50% 后,挂膜密度的增加虽可提高生物量,但也增加了传质阻力,使微生物不能和废水中的有机物充分接触,导致反应器的除污效能变化不大。

2.2 负荷对除污效能的影响

不同负荷下对 COD 的去除情况如图 2 所示。

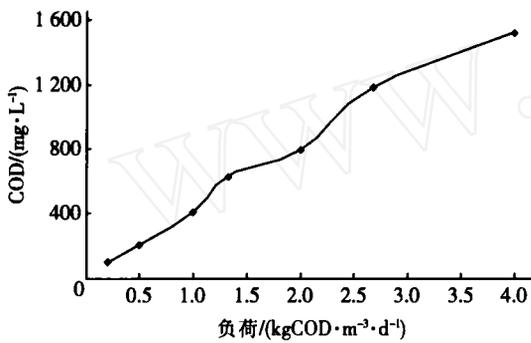


图 2 负荷对 ASBBR 反应器出水 COD 的影响

Fig 2 Effect of loading rate on effluent COD

由图 2 可知,当 N_v 为 $0.22 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时出水 COD 为 95 mg/L ,对 COD 的去除率为 97.6% ;当 N_v 为 $4 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时出水 COD 为 1520 mg/L ,对 COD 的去除率为 62% ,随着负荷的提高,对 COD 的去除率降低。在此过程中出水 VFA < 500 mg/L ,未发生挥发性脂肪酸的积累;反应器内的碱度均在 1200 mg/L 左右,能维持其正常运行。

根据试验结果及处理出水的排放去向,可确定 ASBBR 反应器在不同处理目标时的最佳运行负荷:

当出水排入城镇下水道并被集中至城镇污水处理厂处理时,出水水质应达到《污水排入下水道水质标准》(CJ 18—86)的要求,即出水 COD 500 mg/L 。根据试验结果,在水温为 30°C 时,ASBBR 反应器在 $1.2 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 的负荷下运行,可使处理出水的 COD 达到排放标准;而在水温为 10°C 时则需要后续的好氧工艺承担部分 COD 的降解,以使之达标排放。

当出水直接排入 Ⅲ 类水体时其水质应达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准,即出水 COD 100 mg/L 。根据试验结果,当水

温为 30°C 时,采用负荷为 $0.22 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 的 ASBBR 反应器可使出水 COD 降至 95 mg/L ,而在低温时则应由后续的好氧工艺承担部分 COD 的降解以使之达标排放。同时,为了满足污水综合排放标准对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的要求,后续的好氧工艺应具有硝化功能。

当出水排入对总氮排放量有限且自净容量小的水体时,应对 ASBBR 反应器出水作进一步的脱氮处理。根据课题组的后续好氧脱氮试验结果,榨菜废水脱氮的适宜 COD/TN 值为 $2.83:2$,由于榨菜综合废水中的总氮为 500 mg/L ,故应确保 ASBBR 反应器出水的 COD 在 1500 mg/L 左右,以保证脱氮所需的碳源。因此,当水温为 30°C 时 ASBBR 反应器可在负荷为 $4 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 下运行。

2.3 运行温度对除污效能的影响

不同运行温度下的试验结果见图 3、4。

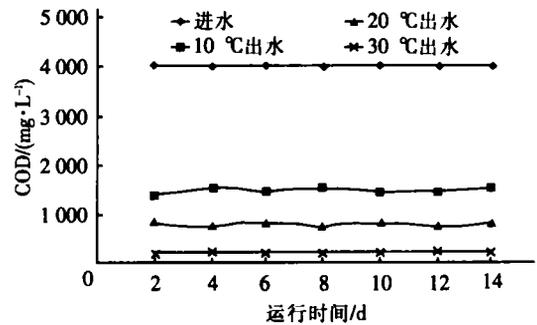


图 3 水温对反应器去除 COD 的影响

Fig 3 Effect of temperature on COD removal

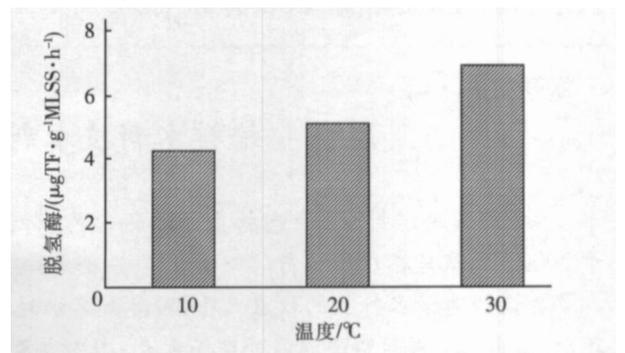


图 4 水温对脱氢酶含量的影响

Fig 4 Effect of temperature on dehydrogenase content

由图 3 可知,ASBBR 反应器出水的 COD 浓度随着水温的增加而降低,当水温从 10°C 增加到 30°C 时,对 COD 的去除率从 58% 提高到 90% ,增加了 32% 。

由图 4 可知,当水温为 10°C 时,污泥的脱氢酶

含量为 $4.22 \mu\text{gTF}/(\text{gMLSS} \cdot \text{h})$, 当水温为 30°C 时脱氢酶含量升高至 $6.87 \mu\text{gTF}/(\text{gMLSS} \cdot \text{h})$, 提高了近 1 倍。由于温度对厌氧微生物细胞内某些酶(如脱氢酶)的活性有影响, 进而会影响微生物的生长速率及其对基质的代谢速率, 故温度对 ASBBR 反应器的除污效能有显著影响。

2.4 冬季处理榨菜废水的效能

增加挂膜密度对除污效能的影响

试验结果表明, 当反应器的挂膜密度为 50% 时, 其出水 COD 平均为 1680 mg/L , 对 COD 的去除率为 58%; 当挂膜密度为 70% 时出水 COD 平均为 1500 mg/L , 对其去除率为 62.5%, 说明通过提高挂膜密度来增加反应器内的生物量, 可提高反应器在低温下的除污效能。

投加甜菜碱对除污效能的影响

试验结果表明, 未投加甜菜碱时反应器出水 COD 平均为 1680 mg/L , 对 COD 的去除率为 58%; 投加了甜菜碱后反应器出水 COD 平均为 1300 mg/L , 对其去除率为 67.5%, 提高了约 9.5%。这是因为投加甜菜碱能增强厌氧微生物细胞的抗渗透压性能, 并提高了厌氧微生物的活性。

3 结论

ASBBR 反应器处理榨菜废水的较佳挂膜密度为 50%, 适宜的运行温度为 30°C 。

在水温为 30°C 的条件下, 当反应器分别于 $0.22 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 和 $4 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 的负荷下运行时, 相应的出水 COD 为 95 mg/L 和 1520

mg/L , 分别满足直接排放及后续脱氮工艺对碳源的要求。

随运行温度的升高则 ASBBR 反应器的除污效能显著增强。当反应器在低温下运行时, 增加挂膜密度或向废水中投加甜菜碱均可提高对 COD 的去除率。

参考文献:

- [1] Stewart M S, Ludwig H F. Effects of varying salinity on the extended aeration process[J]. Sewage and Industrial Wastes, 1992, 34(11): 1161 - 1177.
- [2] Yerkes D W, Boonyakitsombut S, Speece R E. Antagonism of sodium toxicity by the compatible in anaerobic methanogenic systems[J]. Water Sci Technol, 1991, 36(6 - 7): 15 - 18.
- [3] 顾国维. 水污染治理技术研究[M]. 上海: 同济大学出版社, 1997.
- [4] Balslev Olesen P. Pilot scale experiments on anaerobic treatment of wastewater from a fish processing plant[J]. Water Sci Technol, 1990, 22(1): 463 - 474.
- [5] 郑展飞. 高盐分食品废水的治理实践[J]. 工业水处理, 2002, 22(4): 58 - 60.
- [6] Ramon Mendez. Eatement of wastewaters in the mesophilic and thermophilic anaerobic filters[J]. Water Environ Res, 1995, 67(1): 33 - 45.

电话: (023) 66357572

E-mail: zhoujiantt@126.com

收稿日期: 2006 - 05 - 08

· 本刊简讯 ·

给排水新技术新设备研讨会征文启事

由《中国给水排水》杂志社主办的新工艺、新设备在自来水厂、污水处理厂和回用水厂的应用研讨会拟于 2006 年 11 月在广州举行。

会议将邀请水行业的权威人士, 国际知名水处理技术和设备供应商, 国内具有代表性的自来水厂、污水处理厂、回用水厂及垃圾渗滤液处理场代表, 国内大型市政设计院的代表以及港、澳、台地区的代表就国内给水、污水、回用水及垃圾渗滤液处理的新技术和新设备的研发、设计和应用情况进行交流。本次会议重点关注: 膜处理工艺及设备、污泥脱水装置、小型一体化(污水、回用)处理设备、滤池(曝气生物滤池、翻板滤池等)、新型滤料、除臭设备、消毒设备、污泥处置设备、新型药剂、投料曝气工艺、臭氧氧化和活性炭吸附工艺等。

会议论文正在征集中, 论文征集截止日期为 2006 年 9 月 10 日。欢迎围绕上述内容选题, 将有关市政给排水新工艺、新设备的开发、设计、应用等的第一手资料整理成文, 参加交流。

(本刊编辑部)