



生物膜 SBR 法处理废水的性能研究

姜 峰^{1,2}, 梁 瑞¹, 俞树荣¹

(1. 兰州理工大学 石油化工学院, 甘肃 兰州 730050; 2. 四川大学 化学工程学院, 四川 成都 610065)

摘要: 采用 HP-8-8 型聚丙烯酸酯类多孔高分子载体对污泥实行固定化培养, 以流态化方式进行生物膜 SBR 废水处理试验研究. 结果表明: 该处理系统具有较高的 COD、 NH_4^+-N 去除率, 处理时间短, 处理效率高. 系统具有良好的抗冲击负荷能力, 而且具有处理效果恢复快、对冲击负荷处理效果良好的特点.

关键词: 生物膜 SBR; 多孔高分子载体; 冲击负荷

中图分类号: X703 **文献标识码:** A

Investigation of performance of bio-film sequencing batch reactor for wastewater treating

JIANG Feng^{1,2}, LIANG Rui¹, YU Shu-rong¹

(1. College of Petrochemical Technology, Lanzhou Univ. of Tech., Lanzhou 730050, China; 2. College of Chemistry and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Employing HP-8-8 polyacrylic resins as a porous multimolecular carrier for fixed cultivation of sludge, experimental investigation of wastewater treating was carried out by means of fluidization with bio-film sequencing batch reactor (BSBR). It was shown by the investigation result that this treating system has higher removal efficiency of COD and NH_4^+-N , short treating period, and high treating efficiency. In addition this system has excellent ability to resist impact load and to quickly recover the treating process after load impact.

Key words: biofilm sequencing batch reactor; porous multimolecular carrier; impact load

传统 SBR 系统以活性污泥物为处理介质, 按进水、反应、静置、出水、闲置 5 个主要步骤进行废水生物处理^[1]. 该运行模式工艺设备简单, 反应过程和进出水在同一个反应器中进行, 因而占地面积小, 适用于水质、水量排放不均匀的场合. 在传统 SBR 基础上, 研究人员将各种载体, 如活性炭、软性填料等, 投放到活性污泥 SBR 体系中, 即生物膜 SBR (BSBR), 对微生物进行固定化培养^[2], 克服活性污泥结构松散、沉降性差的缺点. 同时, 由于载体的存在有利于硝化菌的富集和培养, 因此可实现脱氮能力的提高, 抗冲击负荷能力也有所增强.

本实验研究借鉴流化床的运行模式, 将多孔高分子载体投加到活性污泥体系中. 研究考察在多孔高分子载体存在的条件下, BSBR 的处理效果, 同时

研究溶解氧 (DO) 的变化规律, 以及 DO 与 COD、 NH_4^+-N 去除率之间的关系.

1 实验材料和方法

1.1 实验装置

实验研究采用直径 280 mm、高 300 mm 的容器作为 BSBR 反应设备, 有效容积 14 L, 如图 1 所示. 整个装置采用空压机曝气, 粘沙曝气器布气, 采用空气转子流量计测量曝气量, 缺氧处理阶段采用搅拌机搅拌.

1.2 实验废水、污泥及载体

实验所用的废水为人工废水, 由葡萄糖、氯化铵、磷酸二氢钾等配制而成. 配制出的实验废水 COD 为 300~1 300 mg/L, NH_4^+-N 浓度为 33~95 mg/L. 污泥取自成都污水处理厂曝气池. 载体采用 HP-8-8 型聚丙烯酸酯类多孔高分子载体, 该载体以丙烯酸甲酯、醋酸乙烯酯和甲基丙烯酸甲酯为原料

收稿日期: 2004-10-08

基金项目: 甘肃省中青年科技研究基金 (3ZS041-A25-005)

作者简介: 姜 峰 (1969-), 女, 湖南宁乡人, 硕士生, 讲师.

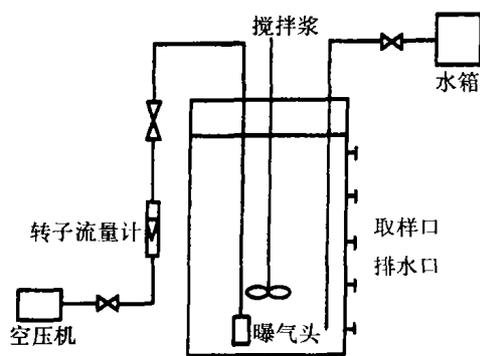


图1 试验装置

Fig. 1 SBR experiment system

聚合而成。此聚合物多孔,水解后的一COO⁻和—OH官能团使其呈极性,带负弱电性,具有较强的亲水性和吸附性^[3~6],其性能见表1。

表1 载体的基本物理性能

Tab. 1 Physical properties of carrier

大孔分率/%	孔容/(ml·g ⁻¹)	干粒径/mm	湿粒径/mm
31.42	2.92	0.32	0.56
骨架密度/(g·ml ⁻¹)	湿堆积密度/(g·ml ⁻¹)	湿态比表面积/(m ² ·m ⁻³)	
1.317	0.98	5.375	

1.3 实验测定项目

本实验检测项目包括 COD_{Cr}、NH₄⁺-N、DO、载体悬浮物(SS)浓度及 pH 值等^[7]。

1.4 驯化、挂膜及运行

实验阶段,在容器中投入 1 L 多孔高分子载体。初期采用低 COD(约 300 mg/L)进水,水量 10 L,进行挂膜培养。1 个周期中,曝气 7 h,搅拌 1 h,静置 1 h 出水。每日运行 1 个周期,逐日增加 COD 值,直至进水 COD 达到 1 200 mg/L,历时约 13 d(见图 2)。此时目测载体已挂膜,处理效果稳定。

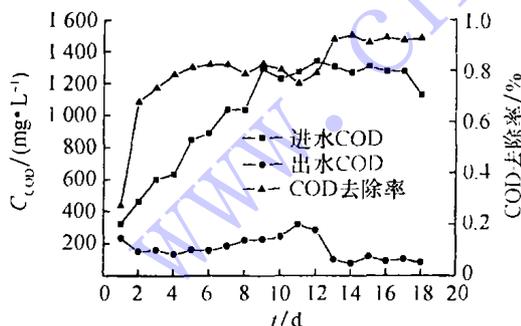


图2 周期内处理效果

Fig. 2 Periodic effect of COD removal

完成挂膜后,正式进入运行阶段。运行第一阶段,采用曝气 5 h,搅拌 1 h,静置 1 h 出水的模式,每一小时检测各项指标的变化。第二阶段,曝气时间减少为 3 h,其余同第一阶段。第三阶段,取出部分载体和污泥,在 SS 浓度减小的情况下,监测处理效

果,并进行冲击负荷试验。试验过程 pH 值基本保持在 6.0~7.5。

2 实验结果分析

2.1 曝气量、曝气时间对处理效果的影响

实验中,配置 COD 浓度约为 1 200 mg/L 的原水 10 L,进入反应器混合后,COD 浓度稀释到 500~950 mg/L。第一、第二阶段处理过程,SS 浓度平均为 7 000 mg/L,曝气量分别为 0.2 m³/h、0.4 m³/h、0.5 m³/h、0.6 m³/h。反应期 DO、COD_{Cr}、NH₄⁺-N 浓度的变化如图 3 和图 4 所示。

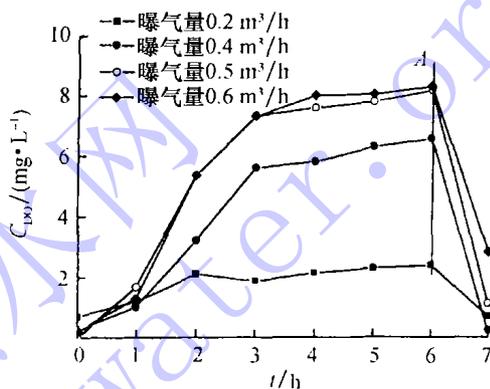


图3 反应期 DO 浓度的变化曲线

Fig. 3 Variation of DO in reaction period

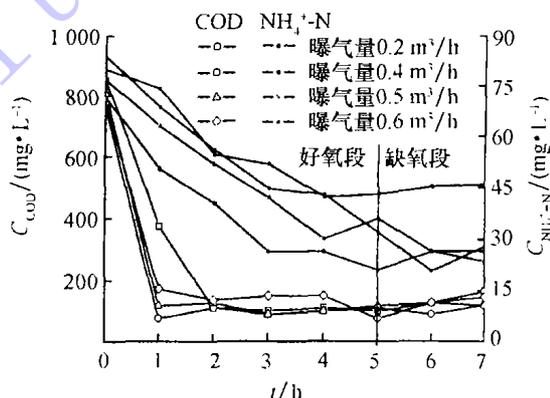


图4 反应期 COD_{Cr} 和 NH₄⁺-N 浓度的变化曲线

Fig. 4 Variation of COD and NH₄⁺-N in reaction period

DO 浓度在进水混合后,迅速被消耗。曝气的第一个小时,DO 浓度维持较低值,此时 COD 正处于快速下降时期,低的 DO 浓度与高的 COD 去除率具有较好的对应关系。曝气 1 h 后,DO 浓度迅速升高。停止曝气后,DO 浓度有一个微小的上升,如图 3 中的 A 点。试验中发现,曝气量越大,这一上升现象越明显,这与载体的吸附、扩散作用有关。在曝气阶段,载体与污泥吸附了一定量的溶解氧。停止曝气后,由于污泥消耗部分 DO,使水中 DO 浓度降低,与载体吸附的 DO 形成浓度差,载体吸附的溶解氧扩散到

水中. 表现为在不曝气阶段, DO 浓度先降低, 而后微升, 然后迅速下降.

从图 4 中可以看出, 曝气量为 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 时, 在反应的第一小时, COD 去除率已达到最大去除率 93.9%. 随后 4 h 的曝气过程中, 去除率变化很小. 曝气量为 $0.2 \text{ m}^3/\text{h}$ 时, 达到 COD 最大去除率的时间明显加长. 本试验中, 曝气量大于等于 $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 与曝气量 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 相比, 在 COD 去除效率达到最大去除率所用时间等方面并未显示明显优势. 这是因为反应效率及反应时间不但与溶解氧相关, 也与反应中微生物浓度等因素相关. 过大的曝气量并没有有效地缩短反应时间, 却造成能源的浪费. 过长的曝气时间同样不能使 COD 去除率得到有效地降低. 这个试验中, 从 COD 去除的角度看, 最理想的曝气量为 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$, 曝气时间为 3 h.

曝气过程中, COD 曲线并不是严格下降的, 在某些时刻呈现波折上升趋势. 缺氧搅拌阶段, COD 值也有略为上升的现象发生, 这与载体颗粒的性质有很大关系. 本试验所用载体多孔、亲水性强, 并具微弱极性, 有较强的吸附性. 在反应过程中, 载体与污泥首先吸附废水中的成分, 使 COD 较明显降低. 而另一方面, 被吸附的成分会发生再扩散现象, 表现为 COD 值的升高. 吸附达到饱和后载体及污泥失去吸附能力, 但通过污泥氧化分解被吸附的成分, 载体与污泥又恢复了吸附能力^[6]. 在该试验中表现为 COD 曲线明显的起伏.

试验中, NH_4^+-N 比 COD 的去除速率慢. 曝气量较大的情况下, 经过 4~5 h 的曝气, NH_4^+-N 的去除率可达 70% 以上. 曝气量为 $0.2 \text{ m}^3/\text{h}$ 时, 其降解效果较差, 仅为 50% 左右.

曝气阶段, NH_4^+-N 浓度逐渐降低. 曝气量大于 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 时, NH_4^+-N 浓度的下降趋势延续到停曝后 1 h 的缺氧段. 这一阶段中, 与之对应的 DO 浓度仍保持较高值, 满足了 NH_4^+-N 硝化所需的氧. 随后, 由于 DO 浓度大幅度降低, 不足以满足反应需要, 因此 NH_4^+-N 浓度基本不再变化.

2.2 不同载体悬浮物浓度下的处理效果

试验中, 微生物主要以生物膜状态附着于载体上, 同时还有部分自由生物絮体及碎裂生物膜悬浮于废水中. 由于生物膜与载体难以剥离开来, 实验中采用以下方法比较微生物浓度. 在废水与附着有微生物的载体污泥充分混合的情况下, 采 1 L 体积的水样, 过滤出载体污泥, 并在 $110 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱中烘 2 h, 称取滤出物的质量作为载体悬浮物(SS)浓度.

在进水 COD 约 1200 mg/L , 曝气量 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 、

曝气时间 3 h、静置 1 h 的工艺条件下, SS 浓度为 9516 mg/L 时, 以及取出部分载体污泥后, SS 浓度分别为 7257 、 6640 及 5640 mg/L 时, 进行 COD 和 NH_4^+-N 去除率的分析, 结果见表 2.

表 2 不同 SS 浓度下去除率的比较

Tab. 2 Removal efficiency for different SS

SS 浓度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	9 516	7 257	6 640	5 640
COD 去除率/%	85.6	93.9	92.6	87.6
NH_4^+-N 去除率/%	64.4	79.3	76.5	55.6

SS 浓度为 7257 和 6640 mg/L 时, 处理效果良好, COD 去除率可达 92% 以上, NH_4^+-N 去除率达 76% 以上.

SS 浓度为 9516 mg/L 时, COD 和 NH_4^+-N 的去除率并没有明显地提高, 而载体污泥所占体积却大的多, 出水沉淀时间增加. 过大的 SS 对 COD 和 NH_4^+-N 去除率的提高作用不大, 这是由于废水中 DO 浓度与曝气量、曝气时间相关. 微生物浓度尽管高, 但 DO 浓度限制了微生物的氧化分解作用.

SS 浓度降至 5640 mg/L 时, COD 最大去除率降为 87.6%, NH_4^+-N 去除率降低更为明显, 仅为 55.6%. 考虑到 SS 浓度中尚包含一定量的载体, 此时微生物浓度实际已很低, 可 COD 仍然具有相当高的去除率, 这说明本试验 BSSR 法能适应较低微生物的浓度条件.

在 SS 为 5640 mg/L 、曝气量仍为 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 的条件下, 将曝气时间延长至 5 h. COD 和 NH_4^+-N 的去除率分别达到 91.3% 和 70.6%. 综合 2.1 节中的分析可见, 曝气量、曝气时间与污泥浓度是相关联的 3 个量, 直接影响到废水处理的效果.

2.3 BSBR 的抗冲击负荷性能

试验中, 对 BSBR 法进行了冲击负荷影响的研究. 在曝气量 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 、曝气时间 3 h、静置 1 h 的工艺条件下, 除第 4 和第 11 周期外, COD 负荷基本保持在 1200 mg/L , 第 4 个周期将进水 COD 增加为 2340 mg/L , 第 11 个周期将进水 COD 降为 633 mg/L . 各周期的处理效果如图 5 所示.

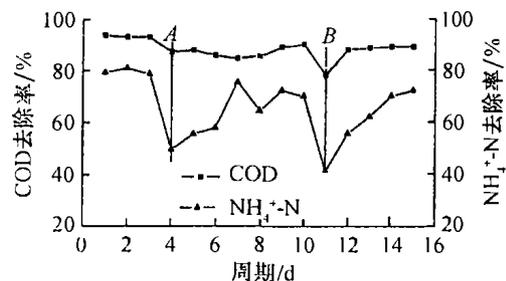


图 5 各周期的处理效果

Fig. 5 Removal rate in different treatment period

图 5 中, A 点进水 COD 2 340.5 mg/L, COD 去除率达 87.3%, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率达 49.7%。系统随后恢复正常进水, 接下来的周期处理效果并未受到该点明显的影响, COD 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除率分别很快恢复至 90% 和 70% 以上。B 点进水 COD 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的浓度分别仅为 633.6 mg/L 和 61.6 mg/L, 处理后 COD 去除率为 80%, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率降至 40%。随后经 4 个处理周期, 恢复到正常处理效果, 恢复期相对较长。

本试验中 BSBR 系统具有良好的抗冲击负荷能力, 而且具有处理效果恢复快, 对冲击负荷处理效果良好的特点。此外, 该试验系统对 COD 较高的废水的适应性更强一些, 而且恢复期较短, 处理效果优于 COD 较低的废水。

3 结论

1) 采用 HP-8-8 型聚丙烯酸酯类多孔高分子载体对污泥实行固定化培养, 采用流态化方式进行 BSBR 废水处理具有较高的 COD 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率, 处理时间短, 处理效率高。在曝气量为 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 、曝气时间 3 h、静置 1 h 的工艺条件下, COD 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除率分别可达 90% 和 70% 以上。

2) 常温条件下, SS 浓度平均为 7 000 mg/L 时, 本试验最佳处理条件为: 曝气量 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$, 曝气时间 3 h。

3) 本试验中, BSBR 系统能适应较低微生物浓度条件, 在悬浮物浓度为 5 640 mg/L, 曝气量为 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 时, 适当延长曝气时间, COD 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除率分别达到 91.3% 和 70.6%, 仍具有较高的处理效率。

4) 本试验中 BSBR 系统具有良好的抗冲击负荷能力, 而且具有处理效果恢复快, 对冲击负荷处理效果良好的特点。

参考文献:

- [1] 桥本奖, 须藤隆一. 新活性污泥法 [M]. 李至时译. 北京: 学术书刊出版社, 1990.
- [2] 国家环境保护局. 生物接触氧化处理废水技术 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1991.
- [3] 方治华, 柯益华, 杨平, 等. 厌氧流化床反应器微生物固定化载体筛选的研究 [J]. 环境科学学报, 1995, 15(4): 399-406.
- [4] 刘峰, 杨平, 方治华, 等. 预酸析-厌氧流化床处理碱法草浆黑液的研究 [J]. 环境科学学报, 1999, 19(2): 214-217.
- [5] 方治华, 黄勇, 姜德成, 等. 新型多孔高分子载体厌氧流化床启动实验研究 [J]. 应用与环境生物学报, 1996, 2(2): 147-151.
- [6] 刘峰. 预酸析-厌氧流化床处理碱法草浆黑液的实验研究 [D]. 成都: 四川大学, 1997.
- [7] 中国环境保护局. 水和废水监测分析方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [8] 顾夏声, 黄铭荣, 王占生, 等. 水处理工程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1985.