

治理技术

循环活性污泥法处理丙烯腈废水

孙剑辉, 李 萍

(河南师范大学 化学与环境科学学院河南省环境污染控制重点实验室, 河南 新乡 453007)

[摘要] 采用循环活性污泥法处理模拟丙烯腈废水, 探讨了丙烯腈的微生物降解机理。实验结果表明: 在进水 1 h、厌氧 1 h、曝气 4 h、沉淀 1 h 的处理条件下, 处理后丙烯腈质量浓度由 71 mg/L 降至 4.4 mg/L, 去除率为 93.8%; COD 由 546 mg/L 降至 49 mg/L, 去除率为 91%。用扫描电子显微镜观察反应器中的活性污泥, 发现八叠球菌、诺卡氏菌、链球菌为其主要菌群。

[关键词] 循环活性污泥法; 丙烯腈; 废水处理

[中图分类号] X703.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1006-1878(2005)05-0364-04

丙烯腈是重要的化工原料, 主要用于腈纶纤维、丁腈橡胶、ABS 塑料的生产。丙烯腈是一种易挥发、剧毒的有机化合物, 美国环保局和我国相继将其列入了优先控制污染物名单^[1]。丙烯腈对厌氧菌有较强的毒性^[2], 难以采用厌氧法进行处理。循环活性污泥法 (Cyclic activated sludge technology, CAST) 是 20 世纪 70 年代末美国的 Goronszy 教授将序批式反应器 (SBR) 和生物选择器原理结合起来而开发出来的一种新型废水好氧生物处理工艺^[3], 该工艺具有流程简单、操作简便、有机物去除率高、尤其是耐冲击负荷能力较强等优点, 适用于有毒废水的处理。我们采用 CAST 对人工模拟丙烯腈废水进行处理, 探讨了丙烯腈降解的规律、机理以及污泥特征, 为其工程应用提供了理论依据。

1 实验部分

1.1 实验用水

实验用水为人工模拟废水 (以下称为废水), 以受污染的卫河水为原水加一定量的丙烯腈配制而成, 原水 COD 为 422 mg/L, 配制的模拟废水 COD 为 546 mg/L、丙烯腈质量浓度为 71 mg/L、pH 为 6.9。

1.2 实验装置

实验用反应器由有机玻璃制成, 规格为 50 cm × 10 cm × 35 cm, 容积为 17.5 L。容器内设一挡板, 反应器的前部为一小容积的生物选择区, 其容积约占总反应体积的 10%, 实验装置见图 1。

1.3 实验方法

实验系统初次启动时, 用取自郑州市某污水处

理厂的活性污泥进行培养驯化。污泥的培养驯化在常温下进行, 运行条件为: 进水 1 h、厌氧 1 h、曝气 4 h、沉淀 1 h、排水 1 h; 定期排泥, 控制泥龄为 10 d, 污泥回流比为 20%; 好氧阶段废水 DO 质量浓度为 2.0 ~ 3.0 mg/L; 进水为卫河水加适量的蔗糖或丙烯腈, COD 控制在 500 ~ 600 mg/L。培养驯化过程中逐渐用丙烯腈代替蔗糖, 丙烯腈的加入量以 COD 去除率在 85% 以上为依据。3 周后, 混合液悬浮固体 (MLSS) 达 5 390 mg/L、污泥体积指数 (SVI) 为 94 mL/g、COD 去除率达到 90%, 至此认为污泥的培养驯化完成。

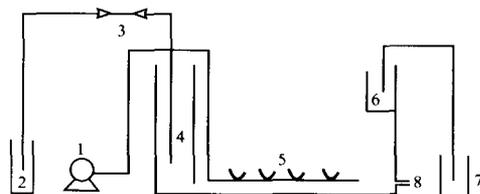


图 1 实验装置示意图

1. 空压机; 2. 进水箱; 3. 转子流量计; 4. 挡板;
5. 微孔曝气头; 6. 滗水装置; 7. 出水箱; 8. 排泥口

用与培养驯化相同的条件处理丙烯腈废水, 定期取各工段水样测定丙烯腈含量、COD、pH 等指标。

1.4 分析方法

废水中丙烯腈的浓度采用 Agilent 1100 型高效液相色谱仪测定, 色谱条件: 色谱柱为 C₁₈ 柱; 流

[收稿日期] 2004-08-17; **[修订日期]** 2005-03-21。

[基金项目] 河南省重点科研攻关项目 (032303040)。

[作者简介] 孙剑辉 (1957—), 男, 河南省偃师市人, 教授, 主要从事水污染控制的教学与科研工作。

动相 $V(\text{CH}_3\text{OH})/V(\text{H}_2\text{O})$ 为 20 : 80; 流速为 1.0 mL/min; 紫外检测波长为 214 nm; 进样量为 5.0 μL 。

废水 pH 采用 PHS - 2C 型酸度计测定; COD, DO, MLSS, MLVSS 分别按照《水和废水监测分析方法》^[4] 测定。

2 结果与讨论

2.1 反应器水样中污染物浓度与反应时间的关系

取反应器中不同反应时间的水样, 分别测定丙烯腈质量浓度、COD 和 pH, 考察其随反应时间的变化情况, 结果见图 2 ~ 图 4。

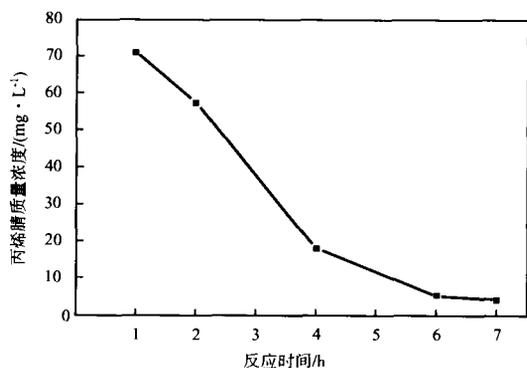


图2 水样中丙烯腈质量浓度与反应时间的关系

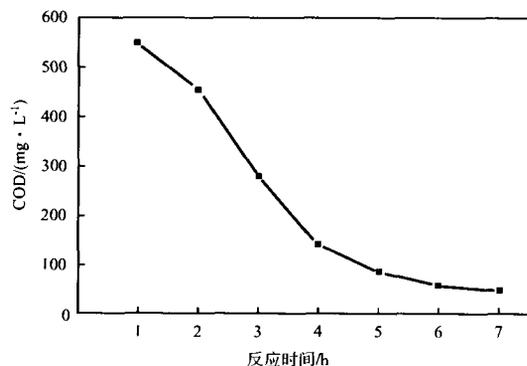


图3 水样 COD 与反应时间的关系

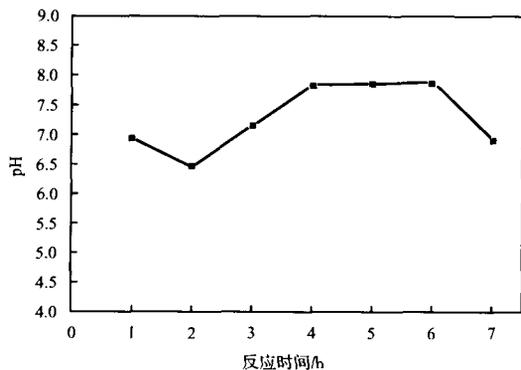


图4 水样 pH 与反应时间的关系

由图 2 可以看出, 丙烯腈质量浓度随反应时间的延长逐渐降低, 丙烯腈的去除主要集中在好氧阶段。在进水丙烯腈质量浓度为 71 mg/L 时, 厌氧 1 h 其质量浓度降至 57 mg/L, 去除率为 19.7%; 曝气 2 h 其质量浓度降至 18 mg/L, 去除率为 74.6%; 曝气 4 h 其质量浓度降至 5.2 mg/L, 去除率为 92.7%; 出水丙烯腈质量浓度为 4.40 mg/L, 总去除率为 93.8%, 说明循环活性污泥法能够有效地去除废水中的丙烯腈。

由图 3 可以看出, 废水中 COD 的去除情况与丙烯腈的去除情况类似, 也是集中在好氧阶段。在进水 COD 为 546 mg/L 时, 厌氧 1 h COD 降至 456 mg/L, 去除率为 16.5%; 曝气 2 h COD 降至 142 mg/L, 去除率为 74%; 曝气 4 h COD 降至 58.2 mg/L, 去除率为 89.3%; 出水 COD 为 49 mg/L, 总去除率为 91%。

由图 4 可以看出, 厌氧 1 h 后废水 pH 下降(这是因为丙烯腈被水解成小分子的有机酸所致); 在曝气的前 2 h 内 pH 逐渐上升(这是因为丙烯腈在微生物作用下转化为 NH_3 所致); 静置 1 h 水样的 pH 下降(这可能是因为硝化-反硝化作用使 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 转化为 N_2 所致)。

2.2 丙烯腈生物降解机理的探讨

为了探讨 CAST 处理丙烯腈废水的反应机理, 我们用高效液相色谱仪对曝气 1 h 后的废水进行分析, 其色谱图见图 5。

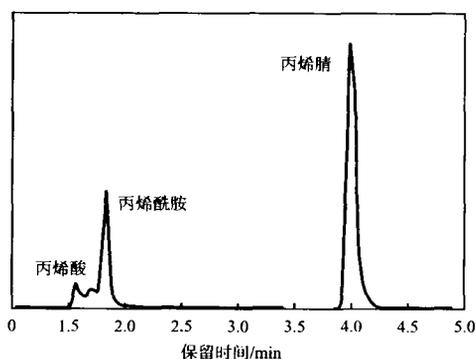
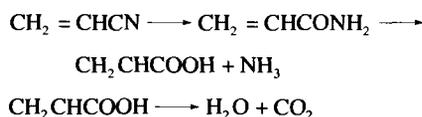


图5 丙烯腈的微生物转化产物色谱图

由图 5 可知, 废水中丙烯腈的微生物转化产物主要是丙烯酰胺和丙烯酸。结合图 4 废水 pH 的变化情况, 推测丙烯腈的微生物降解机理为:



2.3 好氧污泥颗粒的表面特征

取曝气阶段的污泥试样,用浓度为 0.1 mol/L、pH 为 7.3 的磷酸盐缓冲溶液洗涤并离心,按扫描电

镜生物试样制备方法制样,用 AMRAY - 1000 BSEM 扫描电子显微镜观察其表面特征^[5],电镜照片见图 6。

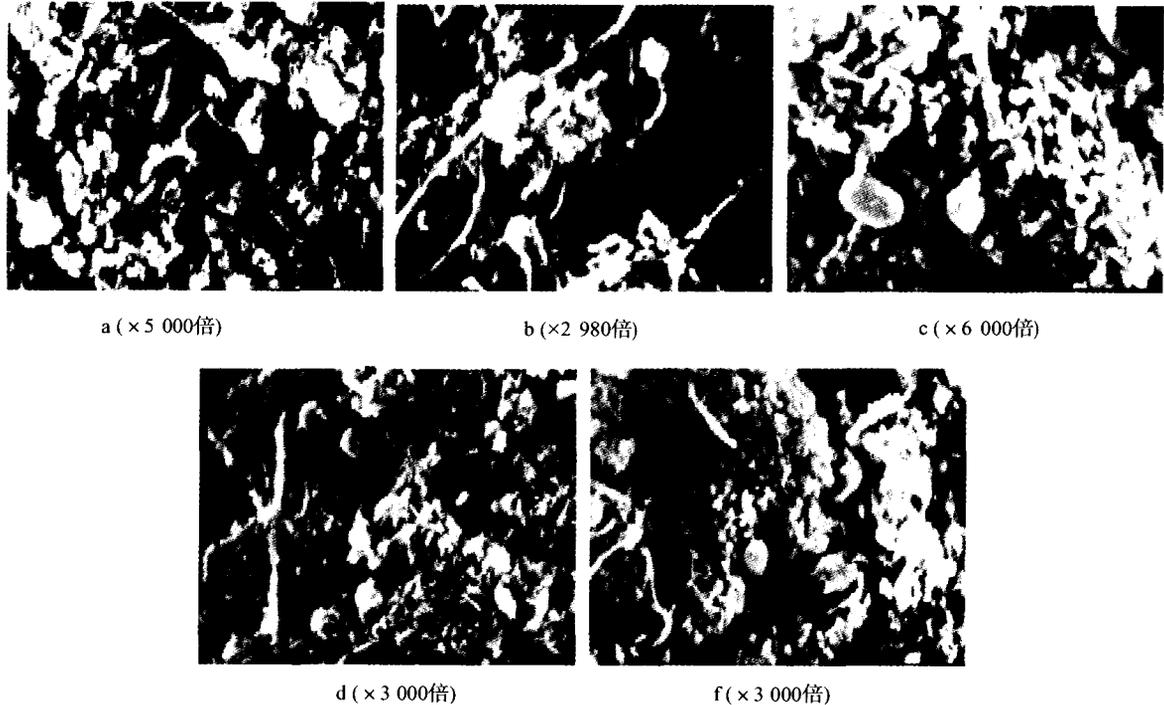


图 6 活性污泥生物相电镜照片

通过扫描电镜观察发现,污泥呈灰褐色,相对规则的椭圆形或球形,边界清晰,其中球菌(如八叠球菌、诺卡氏菌、链球菌)较多(图 6 中的 a、f),同时也发现一些双杆菌、链杆菌等杆状菌(见图 6c)和少量螺旋菌(见图 6a);另外,在图 6 b、d 中还可以看到球衣细菌。整个污泥颗粒内部较为松散,以丝状菌为主,且丝状菌缠绕球菌和杆状菌。

3 结论

a) 循环活性污泥法能有效去除废水中的丙烯腈,在进水 1 h、厌氧 1 h、曝气 4 h、沉淀 1 h 的条件下,丙烯腈质量浓度由 71 mg/L 降至 4.4 mg/L,去除率为 93.8%;COD 由 546 mg/L 降至 49 mg/L,去除率为 91%。

b) 丙烯腈的生物降解机理为:丙烯腈先转化为丙烯酰胺,继而转化为丙烯酸和氨,丙烯酸最终转化为 CO_2 和 H_2O 。

c) 用扫描电子显微镜观察反应器中的活性污

泥发现,八叠球菌、诺卡氏菌、链球菌是其主要菌群。

参 考 文 献

- 1 金相灿. 有机化合物污染化学. 南京: 南京大学出版社, 1997. 116 ~ 117
- 2 肖敏, 闫光绪, 马学良. 高浓度有机氮废水的厌氧生化特性. 辽宁城乡环境科技, 2002, 22(6): 22 ~ 25
- 3 Goronszy M C. Intermittent operation of the extended aeration process for small systems. J Water Pollut Control Fed, 1979, 51(2): 274 ~ 287
- 4 国家环保总局《水和废水监测分析方法》编委会主编. 水和废水监测分析方法. 第三版. 北京: 中国环境科学出版社, 1989
- 5 Jeon C O, Lee D S, Park J M. Morphological characteristics of microbial sludge performing enhanced biological phosphorus removal in a sequencing batch reactor fed with glucose as sole carbon source. Water Sci Technol, 2000, 41(12): 79 ~ 84

Treatment of Acrylonitrile Wastewater by Cyclic Activated Sludge Process

Sun Jianhui, Li Ping

(Henan Key Laboratory for Environmental Pollution Control, College of Chemistry and Environmental Science,
Henan Normal University, Henan Xinxiang 453007, China)

Abstract: Simulated acrylonitrile wastewater was treated by cyclic activated sludge process and the mechanism of acrylonitrile biodegradation was discussed. The experimental results show that after water - feeding for 1 h, anaerobic treatment for 1 h, aeration for 4 h and precipitation for 1 h, the mass concentration of acrylonitrile and COD were reduced from 71 mg/L to 4.4 mg/L and from 546 mg/L to 49 mg/L respectively. The removal rates of acrylonitrile and COD were 93.8% and 91% respectively. Bacteria of *Sarcina* sp., *Nocardia* sp. and *Streptococcus* sp. are found as main flora by observing activated sludge in the reactor with scanning electron microscope.

Key words: cyclic activated sludge process; acrylonitrile; wastewater treatment

(编辑 刘建新)

欢迎订阅《环境工程》杂志 国内外公开发刊

欢迎投稿 欢迎刊登广告

中国自然科学中文核心期刊 中国环境科学类核心期刊

中国科技论文统计源期刊

《环境工程》是国家科技部批准,中冶集团建筑研究总院和中国环境科学学会环境工程分会主办的综合性环保技术刊物。读者对象是从事环境保护科研、设计、生产、教学的广大科技人员、院校师生、管理人员。

本刊主要报道污染防治的实用技术,主要内容有水、烟气、噪声、固体废物的污染防治技术、环境评价、监测分析、厂矿环境污染治理经验、国内外环保科技信息等。

本刊为双月刊,大16开本,每期80页,双月22日出版,每期定价10.00元,全年6期共60.00元(包括邮费)。欢迎读者到当地邮局订阅(邮发代号82-64),也可通过银行或邮局汇款直接向本刊编辑订阅。

经北京市工商行政部门批准,本刊辟有广告专栏,为国内外广告客户服务。

开户银行:中国工商银行北京北太平庄支行 账号:0200010019200071570

单 位:中冶集团建筑研究总院(13)

地 址:北京市海淀区西土城路33号《环境工程》编辑部 邮编:100088

电 话:(010)82227637/7638(编辑)/7236(发行)/7677/7238(广告)