第33卷第4期 上海师范大学学报(自然科学版) Vol.33, No.4
2004年12月 Journal of Shanghai Normal University(Natural Sciences) 2004, Dec.

用 IAL-CHS 反应器降解 2,4-DCP 和处理啤酒废水的比较

张永明[1],全向春[2],施汉昌[3], 钱 易[3]

(1. 上海师范大学 环境工程系, 上海 200234;

2. 北京师范大学 环境学院, 北京 100875;

3. 清华大学 环境科学与工程系,环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 10084)

摘 要: 利用 IAL-CHS 反应器分别吸附单一的微生物 Achromobacter sp. 来降解 2,4-二氯酚(2,4-DCP)和吸附复合微生物菌群来处理啤酒废水. 通过比较试验表明,单一的微生物和复合微生物菌群均能很容易地在蜂窝陶瓷载体的表面上形成生物膜,并表现出较高的生物活性. 在连续降解 2,4-DCP 时,反应器稳定运行之后,2,4-DCP 的去除率达到 98%. 连续流处理啤酒废水时,在水力停留时间为 7h 条件下,随着进水的 COD 浓度逐渐增加,其 COD 去除率达到 95.5%. 有机物负荷也逐渐增高,达到 3.52 kg COD/(m^3 · d).

关键词: 反应器;废水处理;生物膜; 啤酒废水;2,4-二氯酚

中图分类号: X505 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-5137(2004)04-0084-05

0 引 言

生物膜是一层附着在固体表面的微生物细胞及胞外衍生物的聚合体[1]. 固体表面的性质对生物膜的形成及其特性有一定的影响. 选择合适的材料来形成生物膜并用于废水处理是一个值得研究的领域. 其中陶瓷材料对生物膜的形成是有利的,例如利用带有蜂窝陶瓷载体的气升式内循环(internal airlift loop-ceramic honeycomb support, IAL-CHS)生物反应器处理含有喹啉、氯酚、苯酚及油墨废水时已显示出较高效率[2~5]. 同时还具有良好的水力学特性[6,7]. 这些实验已表明 IAL-CHS 反应器具有:(1) 不论水力停留时间长或短,均可防止生物量的流失;(2) 氧传递效率较高;(3) 具有较好的混合效果.

在处理这些废水时主要是选用所筛选出的单一微生物菌种,经过扩大培养后,再固定于蜂窝陶瓷载体上. 当用该反应器处理生活污水或啤酒废水时,能否在较短的时间内自动形成生物活性较好的复合微生物菌群的生物膜,是该反应器能否扩大其应用领域的重要标志.

本实验将采用 IAL-CHS 反应器,加入少量活性污泥,在蜂窝陶瓷表面形成活性较好的生物膜来处理啤酒废水. 啤酒废水主要含有糖类、醇类等有机物,有机物浓度高,虽无毒但易于腐败,排入自然水体要消耗大量的溶解氧. 对水体环境造成严重危害. 啤酒废水的可生化性好,常用的生物处理方法之一是

收稿日期: 2004-08-28

基金项目: 教育部高等学校重点实验室访问学者基金资助项目.

作者简介: 张永明 (1958-), 男, 博士, 上海师范大学环境工程系教授.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

好氧生物处理. 国内外常用的好氧生物处理方法有生物滤池法、普通活性污泥法、接触氧化法等[8]. 其中接触氧化法是比较常见的一种方法. 但是，目前国内外在接触氧化法中所采用的填料用的较多的是塑料填料，其在废水处理过程中挂膜时间相对较长[9]. 因此选用新型的生物膜填料，是生物膜法处理废水的发展方向之一.

在本篇论文中，分别讨论了用单一微生物菌种处理氯酚和混合微生物处理模拟啤酒废水的对比实验，从而可以看出：这两种方法都具有较高的处理效率. 本实验试图通过这些对比研究来说明该反应器应用的普遍性.

1　实验方法

1.1　生物反应器

实验所用的生物反应器[4]主要由一个直径为150mm，高1200mm的有机玻璃管构成反应器壳体，中间有一个直径100mm，高1000mm可拆卸的有机玻璃管作为内循环的导流管，在导流管内可叠装几个固定化细胞用的蜂窝陶瓷载体. 所用的蜂窝陶瓷载体为直径约95mm，高100～120mm. 横截面上均匀分布着8mm×8mm的方形小孔. 反应器有效工作体积约15L.

1.2　微生物菌种

降解氯酚的微生物是从活性污泥中筛选的一株菌种，经鉴定为Achromobacter sp.，用肉汤培养基进行扩大培养至一定量后，吸附在蜂窝陶瓷载体上. 然后将残余溶液排出，加入无机盐培养基和2,4-二氯酚50～100 mg/L，曝气下让固定的微生物细胞在陶瓷载体上增殖生长. 固定于陶瓷载体上的Achromobacter sp. 如图1所示. 从图中可以看出，陶瓷载体的表面上附着了许多杆状菌，这说明陶瓷表面能够较好地形成生物膜.

降解模拟啤酒废水的微生物，直接从啤酒废水处理厂的活性污泥中取含有污泥的废水，放入反应器中，经过简单的吸附和3d的培养，形成含有复合微生物菌群的生物膜，如图2所示. 从图中可以看出，经过简单的吸附和培养，生物膜同样可以很容易地在陶瓷表面形成.

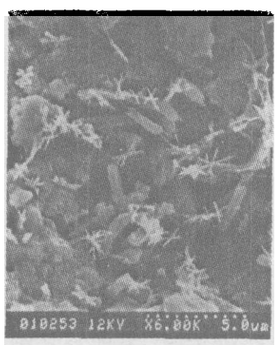

图1　陶瓷表面上的Achromobacter sp.

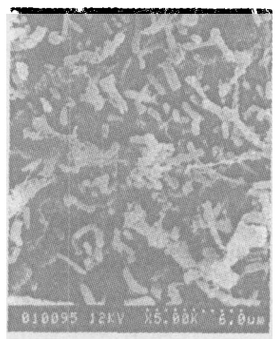

图2　陶瓷表面上的复合微生物菌群

1.3　降解含氯酚废水

配制不同浓度的含氯酚废水，分别进行批式和连续流的生物处理，曝气量约0.5m^3/h. 当进行分批处理时，每隔一定时间取样分析. 当进行连续流处理时，用计量泵以一定的流量将废水连续泵入反应器内，废水在反应器内的平均水力停留时间为6h，并改变进水中氯酚的浓度，以考察反应器的耐负荷冲击能力.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.4 处理模拟啤酒废水

用市售的啤酒加自来水配制模拟啤酒废水,根据一般啤酒废水的情况,其 COD 配制在 400 ~ 1100mg/L 范围. 同样也分别进行批式和连续流的处理. 实验过程中,曝气量为 0.5m^3/h. . 批式处理时,每隔 1h 取样分析废水的 COD 的变化情况. 待每批废水 COD 降低到小于 100mg/L 以下之后,排放掉反应器内的水,重新加入一批模拟啤酒废水. 连续处理时,其水力停留时间约为 7h.

2 实验结果

2.1 分批处理含氯酚废水

图 3 是固定的 Achromobacter sp. 先后进行的降解的实验结果. 从图中可以看出,在第一次处理时,降解浓度约为 18mg/L 氯酚用时约 33h,而紧接着进行的第二次降解,对同样浓度的氯酚的降解,仅用 12h. 其降解氯酚的速率大大提高,说明 Achromobacter sp. 很快就适应了反应器内陶瓷表面的新环境.

2.2 连续处理含氯酚的废水

进行连续流实验时,用计量泵将人工配制的含氯酚废水连续输入反应器内,其平均水力停留时间为 6h. 经过约 350h 的连续流处理,其结果如图 4 所示. 此外在实验中,不断改变进水中氯酚的浓度. 在连续流降解 50h 后,出水中氯酚的含量就基本稳定在 2 mg/L 以下,只在 150h 的时候由于进水浓度突然从 25 mg/L 升高至 35 mg/L 时,出水中的氯酚含量出现了一点波动. 而在其他时刻,出水中氯酚含量基本稳定. 即使在 266h 时,进水中的氯酚含量从 31 mg/L 升高至 45 mg/L,出水中的氯酚含量仍然在 1 mg/L 以下. 平均去除率为 91%,而在反应器稳定运行到 200h 之后,即达到稳定运行状态后,2,4-DCP 的去除率达到 98%. 说明该反应器降解氯酚时具有较好的稳定性和抵抗有机物负荷冲击的性能.

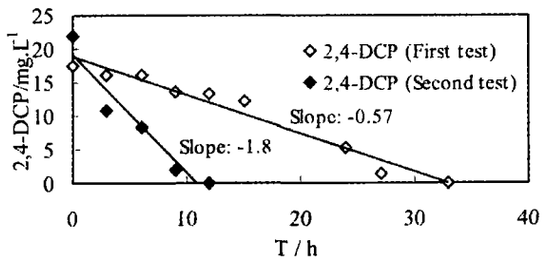

图 3 陶瓷表面上的 Achromobacter sp. 在适应前后降解氯酚的情况

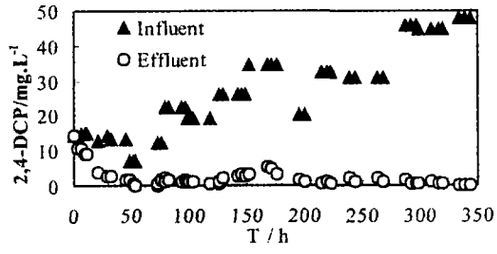

图 4 连续降解氯酚时的进出水中氯酚浓度的变化情况

2.3 分批处理模拟啤酒废水

经过 3d 曝气,蜂窝陶瓷表面上形成生物膜之后,开始对模拟啤酒废水进行分批的间歇实验. 实验结果如图 5 所示. 从图中可以看出,实验过程中,废水的 COD 去除呈线性关系,表现为零级反应的形式. 随着实验的进行,COD 逐渐升高,COD 降解的速率也逐渐提高. 这表明在实验范围内,初始 COD 浓度越高,其反应器速率也越大. 这可能一方面是生物量不断增加,另一方面形成的微生物也适应了环境,导致模拟啤酒废水 COD 去除速率加快.

2.4 连续流处理模拟啤酒废水

在分批的间歇实验结束之后,紧接着进行连续流处理模拟啤酒废水的实验. 实验结果如图 6 所示. 从图 6 可以看出,进水 COD 浓度逐渐增高,从 30h 之后,出水的 COD 均低于 60mg/L,出水 COD 浓度平均为 54.4mg/L,说明整个反应器具有较好的效率. 如果把整个处理过程划分为 3 个阶段,则从开始到 104h 为第一阶段,从 112 到 216h 为第二阶段,从 224 到 336h 为第三阶段,对应的进水 COD 平均浓度分

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

别是487 mg/L, 775 mg/L, 1066mg/L,而对应的出水COD平均浓度为82 mg/L, 41 mg/L, 40 mg/L.运行100h之后,COD去除率高达95.5%.有机物负荷达到3.52 kg COD/(m^3 · d).对于连续处理啤酒废水,由于时间较长,可以认为反应器内的生物膜已处于稳定状态.比较间歇和连续流处理啤酒废水的结果,可以发现,当连续流处理啤酒废水处于稳定后,其速率常数处于间歇处理时的COD去除速率常数范围之内.因而可以认为COD去除效率较高的原因,主要是在陶瓷表面形成的生物膜已适应环境并具有较高的生物活性,从而导致IAL-CHS生物反应器具有较高的处理废水能力.相比所报道的几个啤酒废

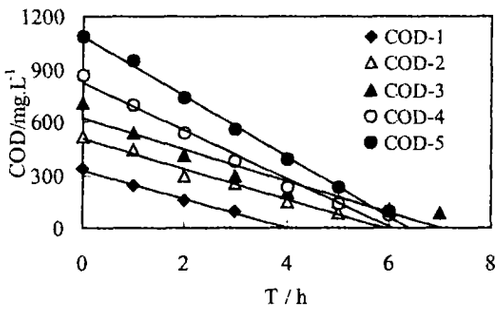

图5　分批处理啤酒废水时其COD的去除情况

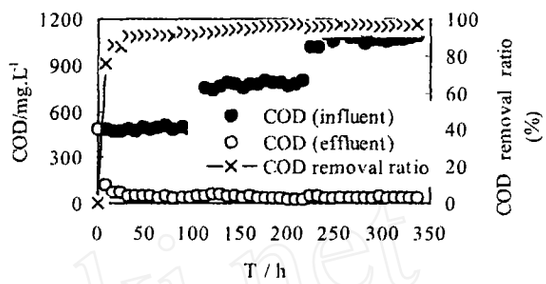

图6　连续处理啤酒废水时COD去除及去除率

水处理研究结果[10,11],其COD去除率和有机负荷是比较高的.

3　结　论

通过以上对比实验可以看出,通过简便的方法,无论是单一微生物菌种或混合的微生物菌群在IAL-CHS反应器内的蜂窝陶瓷表面都可以很容易形成生物膜.而利用它们降解含有较难生物降解的含氯酚废水和易于生物降解的啤酒废水时,都表现出较好的生物活性,使得反应器具有较高的废水处理效率.

参考文献:

[1] RITTMANN B E, MCCARTY P L. Environmental Biotechnology: Principles and Applications[M]. New York: McGraw-Hill Book Co, 2001.

[2] ZHANG Y, HAN L, WANG J, etal. An internal airlift loop bioreactor with burkholderia pickettii immobilized onto ceramic honeycomb support for degradation of quinoline[J]. Biochemical Engineering Journal, 2002, 11(2-3): 149-157.

[3] 全向春,张永明,王建龙,等.气升式内循环蜂窝陶瓷反应器降解2,4-二氯酚的研究[J].环境科学, 2002,23(4): 42-46.

[4] 张永明,全向春,施汉昌,等.内置蜂窝陶瓷的气升式内循环生物反应器(Ⅱ)固定化Achromobacter sp.降解氯酚和苯酚[J].华东理工大学学报, 2003, 29(2): 148-151.

[5] ZHANG Y, SHI H, QIAN Y. Biological Treatment of Printing Ink Wastewater[J]. Water Science and Technology, 2003, 47(1): 271-276.

[6] 张永明,俞俊棠,王建龙,等.蜂窝陶瓷固定化细胞气升式内循环生物反应器的水力学特性[J].环境科学, 2001, 22(1): 53-56.

[7] 张永明,尹永华,全向春,等.内置蜂窝陶瓷的气升式内循环生物反应器(Ⅰ)水力学特性及其影响因素[J].华东

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

理工大学学报, 2003, 29(2): 144-147.
[8] 张自杰. 环境工程手册(水污染防治卷)[M]. 北京:高等教育出版社,1996.
[9] 汪印,柏承志,苏宏,等. 接触氧化法处理啤酒废水的研究[J]. 吉林化工学院学报, 2000, 17(4): 19-20.
[10] 湛建宇,刘晓文. 厌氧 UASB - 新型生物接触氧化工艺处理啤酒废水[J]. 给水排水, 2000, 26(4): 34-36.
[11] 曹翠荣. 生物接触氧化加气浮法处理啤酒废水[J]. 环境工程, 1994, 12(2): 7-9.

Comparison of 2,4-DCP degradation and brewery wastewater treatment by IAL-CHS reactor

ZHANG Yongming[1], QUAN Xiangchun[2], SHI Hangchang[3], QIAN Yi[3]
(1. Department of Environmental Engineering, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China;
2. School of Environment, Beijing Normal University, Beijing, 100875;
3. Department of Environmental Science and Engineering, State Joint Key Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Tsinghua University, Beijing, 100084)

Abstract: Internal airlift loop with ceramic honeycomb support (IAL-CHS) reactor was respectively used for degradation of 2,4-DCP by Achromobacter sp. and treatment of brewery wastewater by complex microorganisms. Biofilm was all easily formed on surface of ceramic support by strain of Achromobacter sp. and complex microorganisms and presented higher biological activity according to the comparative experiments. When 2,4-DCP was degraded continuously during stabilization, the 2,4-DCP removal rate was 98% under continuous operation and hydraulic resident time (HRT) of 6 hours. The COD of brewery wastewater was removed about 95.5% with increasing of influent under HRT of 7 hours during continuous treatment, and its organism loading was 3.52 kg COD/(m^3 · d).

Key words: reactor; wastewater treatment; biofilm; brewery wastewater; 2,4-DCP

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net