



增加内循环的生物反应器对啤酒废水处理效率的研究

张永明^{1,2}, 俞俊棠², 王建龙³, 钱易³ (1. 南昌航空工业学院环境与化学工程系, 南昌 330034, E-mail :zhangym@niat.jx.cn; 2. 华东理工大学生物反应器工程国家重点实验室, 上海 200237; 3. 清华大学环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084)

摘要:用生物流化床反应器和气提式接触氧化生物反应器处理啤酒废水时,分别从废水 COD 的降解速率和去除率考察了有、无内循环时,对啤酒废水降解效率的影响。结果表明,增加内循环装置,可以强化气-液传质,明显地提高啤酒废水处理的效率。

关键词:生物反应器;啤酒废水;流化床;内循环;气提式

Improvement of brewery wastewater treatment by adding internal cycle in airlift bioreactor

ZHANG Yongming, YU Juntang, WANG Jianlong, QAN Yi (1. Department of Environmental and Chemical Engineering, Nanchang Institute of Aeronautical Technology, Nanchang, 330034, E-mail :zhangym@niat.jx.cn; 2. State Key Laboratory of Bioreactor Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237; 3. State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract: When brewery wastewater was treated in fluidized bed bioreactor and biofilm airlift bioreactor, both of the bioreactor equipped with or without internal cycling tube were investigated respectively on the COD removal rate and COD reduction speed. The experimental results indicated that the wastewater treatment was effectively improved by adding internal cycle both in fluidized bed bioreactor and biofilm airlift bioreactor.

Keywords: bioreactor; brewery wastewater; fluidized bed; internal cycle; airlift

好氧生物处理各种有机废水,已有许多应用^[1]。其中常见的是曝气方法,活性污泥法或生物膜接触氧化法就是典型的代表。此外还有在此基础上发展起来的生物流化床等方法^[2,3]。这些方法都还有望进一步提高其处理效率,其中强化气液传质便是一个行之有效的方法。本实验论述了在气提式生物反应器曝气处理啤酒废水的装置上增设一个内循环管来强制液体进行内循环以促进气液传质,从而提高啤酒废水处理的效率,取得了明显的效果。

1 材料与方法

1.1 生物反应器

生物反应器用有机玻璃管制作,直径为 180 mm,高为 500 mm,中间安装一个可拆卸的直

收稿日期:1999-11-15; 修订日期:2000-05-10

基金项目:生物反应器工程国家重点实验室和清华大学环境模拟与污染控制国家重点联合实验室开放基金;江西省自然科学基金(9920015)资助项目

作者简介:张永明(1958—),男,教授(博士)

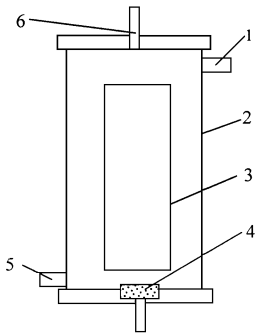


图 1 生物反应器示意图

1. 出水口;2. 反应器;3. 内循环管;4. 曝气口;5. 进水口;6. 出水口

Fig.1 The sketch map of bioreactor

径为 100 mm,高为 300 mm 的内循环管,如图 1 所示.反应器内加装棒状活性炭分别形成流化床,而加挂软性填料则成为接触氧化生物反应器.

1.2 生物膜载体

流化床生物反应器采用棒状活性炭作为生物膜的载体,让微生物生长在其上,形成流态化的生物膜;接触氧化生物反应器采用软性塑料环和丝作为生物膜载体,悬挂在反应器中,形成悬挂的固定生物膜.

1.3 啤酒废水

取自南昌亚洲啤酒有限公司废水处理站的啤酒废水集水井,废水主要包括糖化车间的洗槽废水,灌装车间的啤酒废水和发酵车间的洗涤废水等.

1.4 实验方法

实验分别采用生物流化床反应器和气提式接触氧化生物反应器.比较这两种反应器分别在有、无内循环的条件下,啤酒废水降解速率和 COD 的去除率.实验分别在间歇进水和连续进水两种工艺条件下进行,间歇实验时每小时取样分析测试 COD 的变化情况,连续实验时每天分析进出水样的 COD 值.

2 结果与讨论

2.1 生物流化床反应器处理啤酒废水的结果与讨论

2.1.1 内循环对废水降解的影响 采用间歇式的处理方法,分为有内循环和无内循环,对废水降解的结果如表 1 所示.

表 1 内循环对废水降解的影响

Table 1 The influence of internal circulation on degradation of wastewater

无内循环				有内循环		
停留时间 ,h	0	12	24	0	12	24
COD ,mg/ L	721	296	254	430	138	53
COD 去除率 , %		58.9	64.8		67.9	87.6

这一实验是在微生物培养的初期,所以处理效果尚未处于最佳状态.其 COD 负荷还不是太高.但从表 1 可以看出,增加了内循环后废水 COD 的去除率可以提高 10 %左右,这是由于增加了内循环强化了流体的流动,从而促进了液体和微生物的接触,也提高了气-液传质效率.在实验过程中可以观察到,由于增加了内循环,吸附有微生物的活性炭在反应器内剧烈运动,还起到了打碎气泡的作用,这也有利于氧气的传递.因此有内循环时处理的效果较好.

2.1.2 连续处理啤酒废水 由于增加内循环可以提高废水处理效率,所以生物流化床反应器经过 1 个月的挂膜,在有内循环和室温条件下 (23 —26 °C) 对啤酒废水进行了 18 d 的连续处理,废水平均停留时间为 8 h.实验结果如图 2 所示.

图 3 所示是啤酒进水 pH 值和 COD 去除率的关系曲线,比较图 2 和图 3 可以看出,啤酒废水 COD 值的变化较大.比较图 2 和图 3 可以发现,在第 9 天到第 12 天,废水的 pH 值较低,相

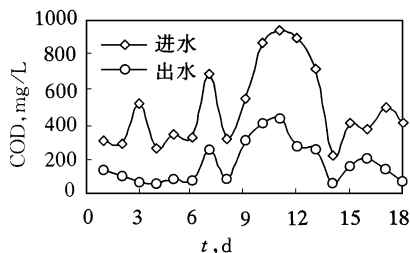


图2 啤酒废水进出水的 COD

Fig. 2 The COD of influent and effluent brewery wastewater

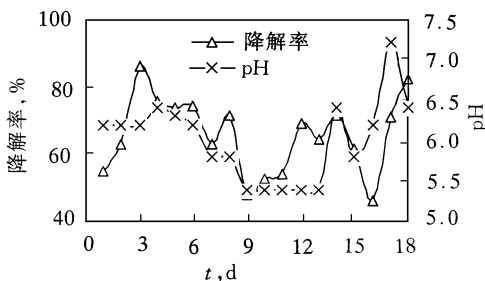


图3 啤酒废水的 pH 与降解率的关系

Fig. 3 The relation of pH of brewery wastewater to degradation rate

应地废水的 COD 值也相应地较高.而 pH 值偏低时,废水的降解率稍微低一些.因此生产中一般通过设置调节池来缓冲这些废水对反应器的冲击.本实验所用废水没有经过缓冲池,主要是想考察该反应器对有机废水负荷变化的适应能力.从反应器处理的效果来看.当进水的 COD 变化不大时,处理后的出水比较稳定,如图 2 中前 6 天的曲线所示.但当进水的 COD 波动较大时,出水也随之波动,但逐渐地又稳定下来.究其原因,这是因为废水的 pH 值偏低,影响了微生物的代谢过程.啤酒废水中的有机物主要是糖类,而糖的降解在好氧条件下主要是在相关酶的作用下,经过三羧酸循环转化为 CO_2 和 H_2O ,从而使其得到降解的.在 pH 值偏低时,相关的酶的活性会受到抑制,因此表现为废水 COD 的去除率较低.由于处理啤酒废水是多种微生物在共同起作用.纵观整个废水处理过程,废水 COD 的降解率最低在 45 % 以上,最高的达到 86 %,平均为 66 %(图 3).

2.2 气提式接触氧化生物反应器处理啤酒废水的结果与讨论

2.2.1 间歇处理啤酒废水 菌种经过培养,在软性填料上生长了大量的微生物菌体,用间歇的方法处理啤酒废水,废水 COD 的变化如图 4 所示.从图中可以看出,使用气提式内循环生物接触氧化反应器处理啤酒废水的效率比较高,经过 6 h 的处理,废水的 COD 分别从 1261、663 mg/L、降到 241、99 mg/L.去除率分别达 80.9 %、85.1 %.有机负荷分别为 4.08、2.26 $\text{kg}(\text{COD})/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$.而无内循环接触方法处理的结果为,废水的 COD 从 728 mg/L 降至 187 mg/L,去除率为 74.3 %,有机负荷为 2.16 $\text{kg}(\text{COD})/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$.由此可见在采用接触氧化法时,增

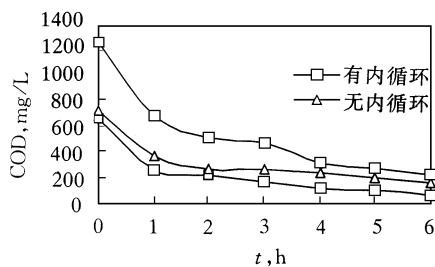


图4 接触氧化生物反应器处理啤酒废水时 COD 降解曲线

Fig. 4 The COD degradation curve in biofilm bioreactor.

增加内循环,也同样强化了气-液传质,废水 COD 的去除率可提高 6—10 %.从图中还可以看到,废水在降解的初期,速率较快,随后逐渐减慢,表现为典型的一级生物反应.在图 4 中于 COD 降解曲线的初始点作切线,根据各个曲线的斜率可以判断出 COD 初始降解速率的大小,如表 2 所示.此外,从 2 h 之后,废水的降解速率趋缓,此时废水降解基本呈直线下降,从其直线下降的斜率也可以看出废水降解的快慢(表 2).从表 2 中的数据还可以看出,有内循环时,废水降

解的速率明显地要比无内循环时要快.

表 2 废水降解速率的斜率

Table 2 The slope of wastewater degradation rate

	有内循环	无内循环
废水降解初始速率的斜率,mg(COD)/(L·h)	- 574	- 394
废水降解速率的斜率,mg(COD)/(L·h)	- 75.7	- 29.8

5 中可以看出,对啤酒废水进行连续处理时,初期即挂膜阶段,废水的 COD 的去除率较低,只有 35 %左右,随后则不断增加.从图中还可以看出,有时 COD 的去除率突然降低,根据图 6 可以看出,当出水的 SS 比较高时 COD 去除率就较低.这主要是因为啤酒废水的排放有很大的成分变化,有时会有大量的酵母排出,使得废水中的悬浮物沉降性能不好而造成的.

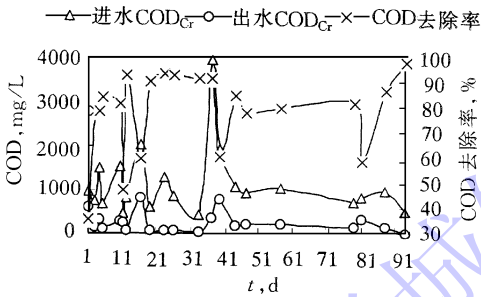


图 5 连续处理啤酒废水时进出水 COD 及去除率

Fig. 5 The COD of influent and effluent brewery wastewater under continuous treatment

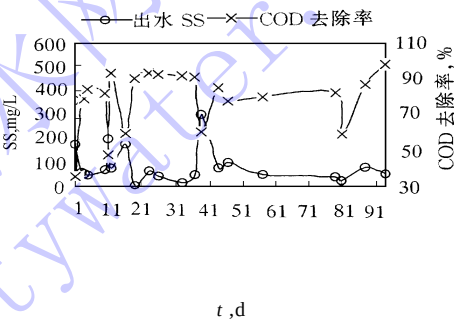


图 6 COD 去除率与 SS 之间的关系

Fig. 6 The relation of COD to the SS

从实验结果来看,用气提式内循环接触氧化生物反应器处理啤酒废水的效果还是比较好的.当排除由于出水中 SS 出现少数几次较大的波动情况外,其 COD 的降解率均在 80 %以上.这也说明,在接触氧化法好氧处理啤酒废水的同时增加内循环,可以强化气-液传质,提高废水的处理效率.

3 结论

通过实验可以看出,增加内循环可以强化气液传质,明显地提高废水处理的效率.该方法可以用于其他污水处理中.

参考文献:

[1] 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.1996.959
[2] Zhao X,Doh K,Cridle C S, et al. Accumulation of metabolic intermediates during shock loads in biological fluidized bed reactors[J].J Environ Eng,1997,123:1185
[3] Lazarova V,Nogudira R,Manem J, et al. Control of nitrification efficiency in a new biofilm reactor[J]. Water Sci Technol, 1997,36(1):31