

文章编号:1673-9469(2009)04-0032-04

膜生物反应器处理含盐生活污水的研究

张胜,袁慧,蒋晓昊,王国威

(河北工程大学 城市建设学院,河北 邯郸 056038)

摘要:试验采用膜生物反应器处理不同盐度的生活污水。在进水 COD_{Mn} 为 $47.4 \sim 112.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $NH_3 - N$ 为 $27.5 \sim 49.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 TN 为 $35.2 \sim 57.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 pH 为 $6.0 \sim 8.0$ 、 DO 为 $2.8 \sim 6.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $MLSS$ 为 $5880 \sim 6823 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、温度为 $20 \sim 27 \text{ }^\circ\text{C}$ 的条件下,当进水盐度分别为 0.5% (即含盐量为 $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$)、 1.0% 、 1.5% 时, COD_{Mn} 的平均去除率分别为 88.1% 、 85.1% 、 84.0% ; $NH_3 - N$ 的平均去除率分别为 91.9% 、 90.6% 、 89.7% ; TN 平均去除率分别为 47.1% 、 41.1% 、 35.7% 。在同一盐度时,所测各项指标大都是先下降后升高,最后趋于平稳。但从总体来看,随着盐度升高, COD 、 $NH_3 - N$ 和 TN 的去除率和 $MLSS$ 均呈下降趋势。高盐度环境下微生物所分泌的大量胞外聚合物是造成膜污染的主要原因。

关键词:膜生物反应器;含盐生活污水; COD_{Mn} ; 脱氮;膜污染

中图分类号: X799.3

文献标识码: A

Research on treatment of saline domestic sewage by membrane bioreactor

ZHANG Sheng, YUAN Hui, JIANG Xiao-hao, WANG Guo-wei

(College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: Membrane bioreactor technology was used to treat the different salinity of domestic sewage under the conditions of COD_{Mn} of $47.4 \sim 112.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $NH_3 - N$ of $27.5 \sim 49.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, TN of $35.2 \sim 57.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, pH of $6.0 \sim 8.0$, DO of $2.8 \sim 6.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $MLSS$ of $5880 \sim 6823 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, temperature of $20 \sim 27 \text{ }^\circ\text{C}$. The results show that average removal rate of COD_{Mn} is 88.1% , 85.1% , 84.0% , respectively, average removal rate of $NH_3 - N$ is 91.9% , 90.6% , 89.7% , and average removal rate of TN is 47.1% , 41.1% , 35.7% respectively, when the salinity of the sewage is 0.5% , 1.0% and 1.5% , respectively. Under the same salinity, the items monitored first decrease and then show a stable trend after the rise. On the whole, the removal rate of COD , $NH_3 - N$, TN and $MLSS$ all decline with salinity increasing. The extracellular polymeric substance (EPS) excreted by microorganisms under the high salinity conditions is mainly responsible for membrane fouling.

Key words: membrane bioreactor; saline domestic sewage; COD_{Mn} ; nitrogen removal; membrane fouling

随着世界淡水资源的日益减少,开发和利用海水资源是一个必然的趋势。引海水冲厕可节省部分城市供水,具有很好的社会效益和经济效益。然而,海水冲厕所产生的含盐生活污水便随之成为亟待解决的问题。此外,印染、造纸、化工、农药、海产等行业及沿海城市海水倒灌也会产生含盐污水,这些污水随市政管网进入城镇污水处理

厂,势必影响生活污水的处理效果。

在对含盐污水的处理中,生物法是国内外的主要研究对象。因为采用物理化学法处理含盐废水不但投资大,运行费用高,且难以达到预期的处理效果。而生活在淡水处理构筑物中的微生物经过驯化,便可以用于处理含盐废水,且原生动物的有很多是嗜盐和耐盐微生物,微生物的这些特性

表1 试验原水水质

Tab.1 Characteristics of the raw water

| 项目 | COD _{Mn} / (mg·L ⁻¹) | NH ₃ - N / (mg·L ⁻¹) | TN / (mg·L ⁻¹) | pH |
|------|---|---|----------------------------|-----------|
| 水质范围 | 47.4 ~ 112.4 | 27.5 ~ 49.7 | 35.2 ~ 57.1 | 6.0 ~ 8.0 |
| 水质均值 | 75.7 | 41.8 | 45.3 | 7.0 |

为含盐废水的生物处理提供了保证^[1-4]。国内外在盐度对生物法处理效果的研究中,主要都集中在有机物的降解规律方面,研究氮去除规律的很少,本文采用膜生物反应器工艺研究盐度对 MBR 脱氮效果的影响,具有一定实用价值。

1 材料与方法

1.1 试验装置

MBR 装置(图 1 所示)反应器尺寸为 40cm × 20cm × 50cm,有效体积 30L,内置 PP 中空纤维帘式膜组件,膜孔径为 0.1μm 左右,膜面积为 0.2m²,操作压力为 -0.2 ~ -0.1MPa;膜组件下方设环形穿孔曝气管;膜出水用抽吸泵抽取,抽吸 12min,停 3min。MBR 装置采用间歇曝气、间歇进水,反应器中无搅拌装置,完全靠曝气混合,进水时为缺氧阶段,曝气量很小,仅为了防止污泥下沉,停止进水时曝气量大,为好氧阶段,如此循环,以达到脱氮效果。

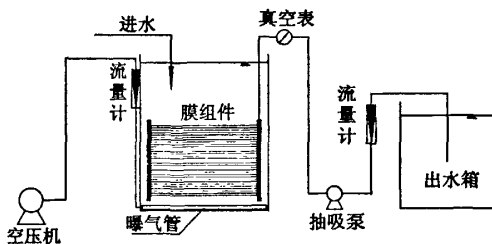


图1 MBR试验装置

Fig.1 Test apparatus of MBR

1.2 试验用水

试验用水为取自学校污水井的生活污水,往里投加定量分析纯 NaCl,来获得不同盐度的生活污水。其原水水质状况见表 1。

1.3 污泥的培养与驯化

污泥的培养采用浓缩污泥接种法,所用的接种污泥取自邯郸西污水处理厂浓缩池,含水率约

为 80 ~ 85%,加水混合成泥浆后放入反应器,加入生活污水闷曝数小时后,开始进水,并不断曝气,直至污泥变成棕黄色微生物恢复活性为止。然后,每天测定 COD、NH₃ - N、TN,待去除率稳定后开始投加 NaCl,待去除率再次稳定后,试验正式启动。

1.4 试验运行条件

试验运行条件为:(1)曝气量 0.05 ~ 0.12m³·h⁻¹; (2)水力停留时间 5h; (3)MLSS 为 5 880 ~ 6 823mg·L⁻¹; (4)DO 为 2.8 ~ 6.2mg·L⁻¹; (5)pH 为 6.0 ~ 8.0; (6)温度为 20 ~ 27℃; (7)膜通量均值为 32.3L·m⁻²·h⁻¹。

1.5 测定项目及方法

由于试验所用污水中氯离子浓度颇高 (> 5 000mg·L⁻¹),对重铬酸钾法测定 COD 的影响很大,所以采用碱性高锰酸钾法。同时,为防止含高浓度 NaCl 的污水在滤纸上结晶而影响 MLSS 的测定结果,在污泥过滤结束后至少用 100mL 的蒸馏水冲洗滤纸,然后烘干至恒重。其他项目包括 NH₃ - N、TN、pH 以及膜通量等均采用常规方法^[5]进行分析测定。

2 结果与结论

2.1 盐度对 MBR 去除有机物的影响

为考察盐度对 MBR 工艺去除有机物的影响,在活性污泥驯化成功且处理效果稳定(此时 COD 平均去除率为 88.9%)后,逐步增加污水中的盐度,监测盐度分别为 0.5%、1.0%、1.5%时 COD 的去除情况,结果见图 2。Tokuz 在研究盐度为 3.05% 的含盐废水时发现盐度对活性污泥处理系统仅有轻微影响,出水的氧吸收率没有明显变化^[6]。

试验结果显示,当盐度为 0.5% 时,MBR 工艺对有机物的平均去除率为 88.1%,所以低盐度对微生物几乎没有影响。在盐度增加的初期,MBR

对有机物的去除率变化较大,且较盐度增加前去除率有所下降,但变化不大,在盐度达 1.5% 时,有机物的平均去除率为 84%,仍优于完全混合式连续流活性污泥法的处理效果(80%)^[7]。由此可见,在一定程度上,盐度对 MBR 处理有机物的效果影响不大,而且采用 MBR 工艺处理含盐生活污水,效果普遍好于常规活性污泥法。分析原因如下:首先,MBR 工艺具有较高的 MLSS,所含微生物体较多,在受到盐度冲击时仍能保持系统相对稳定,从而能达到较好的处理效果;其次,膜的截留吸附作用以及膜表面沉积层的筛滤吸附作用,能将难降解的有机物截留于反应器中继续降解,从而保证了良好出水水质。

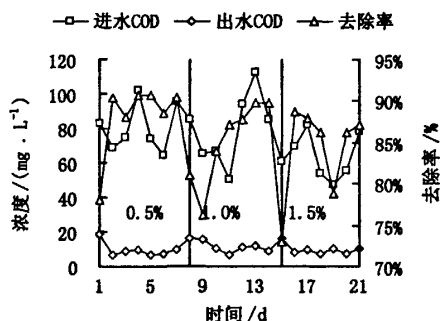


图2 不同盐度下COD的去除率

Fig.2 COD removal rate under different salinity

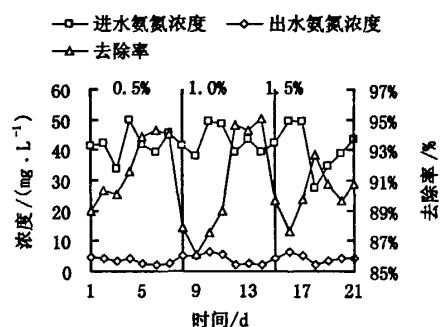


图3 不同盐度下NH₃-N的去除率

Fig.3 NH₃-N removal rate under different salinity

2.2 盐度对 MBR 去除 NH₃-N 的影响

考察盐度对 MBR 工艺去除 NH₃-N 的影响与对有机物去除率的影响同步进行,结果如图 3 所示。经监测,加盐前 NH₃-N 的去除率基本稳定在 97% 以上。试验结果显示,当盐度为 0.5% 时,去除率逐渐升高,后趋于稳定。盐度刚增加到 1.0% 及 1.5% 时, NH₃-N 去除率较盐度增加前有所下

降,随之又有所升高,最后趋于稳定,也就是说,加盐后 NH₃-N 去除率基本都是先下降后升高,最后趋向平稳。盐度为 0.5%、1.0% 和 1.5% 时, NH₃-N 的平均去除率分别为 91.9%、90.6% 和 89.7%,即从总体来看,随着盐度的增加,MBR 对 NH₃-N 的去除率也呈下降趋势。分析其原因为:由于盐度冲击,微生物尚未适应新的含盐环境,所以去除率有所下降,后来随着微生物对含盐环境的适应,去除率又逐渐开始升高。故盐度的增加对微生物会有冲击,但经过一段时间也基本能适应,但是随着盐度的逐渐增加,微生物总体的存活数量与种类会有所减少,所以总体的去除率会有所下降。

结合图 2、图 3 可以看出,同一盐度情况下 MBR 对 NH₃-N 的去除效果比对有机物的去除效果好。分析后认为由于污水中有机物的降解要靠大量微生物共同完成,盐度增加导致了活性污泥中微生物的种类与数量减少,从而对系统中有机物的去除影响较大,但硝化菌只占活性污泥微生物的 0.5% 左右,因此盐度对硝化的影响要小于对有机物降解的影响。

2.3 盐度对 MBR 去除 TN 的影响

考察盐度对 MBR 去除 TN 的影响也与对去除有机物的影响同步进行,结果见图 4。加盐前, TN 的平均去除率为 48.6%,当盐度为 0.5%、1.0% 和 1.5% 时, TN 的平均去除率分别为 47.10%、41.10% 和 35.7%。由图 3、图 4 可知, TN 去除率是随着盐度的增加而逐渐下降的, NH₃-N 的去除率较高(图 3),但系统对 TN 的去除率不高(图 4);而且比起 COD 和 NH₃-N 去除率的变化, TN 的去除率随着盐度的变化并不大。分析其原因如下:一体式 MBR 对 TN 的去除主要是靠高 MLSS 下的同步硝化反硝化,高浓度环境能提供更多的缺氧环境,利于反硝化的进行;本试验采用间歇曝气,通过调节曝气量来更好的实现硝化反硝化,但是由于供气系统不够稳定,不能很好的控制曝气量,致使 TN 去除率不够稳定,效果欠佳。

2.4 膜污染问题

采用 MBR 工艺,膜污染是不可避免的问题。为了解本试验过程中膜污染的成因,利于采取措施减小污染,仔细观察清洗前的膜丝,可以看出被污染膜的表面及膜丝之间附有一层粘滑的棕黄色

物质,分析它是由悬浮固体在膜表面沉积形成的。这是由于系统中微生物的新陈代谢定会产生大量的胞外聚合物,随着盐度的增加,系统中溶液粘度增加,当泵抽吸排水时,使其聚集在膜表面,生成了一层凝胶层,使得膜的传质阻力增加,膜通量减小(如图 5 所示),这是膜污染的主要原因。

因此,可以定期对膜进行清洗,以减小膜的传质阻力,可以先用清水冲洗以洗脱附着在膜丝间及膜表面的滤饼层,然后用 pH 在 11~12 之间的次氯酸钠溶液浸泡 8h,以除去膜表面的有机污染物^[8],最后再用清水清洗。

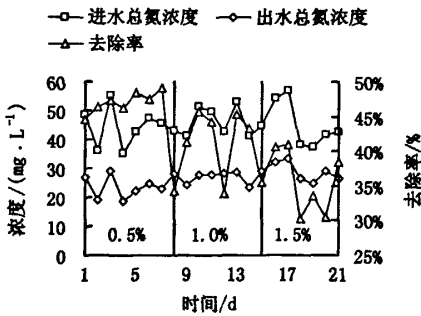


图4 不同盐度下TN的去除率

Fig.4 TN removal rate under different salinity

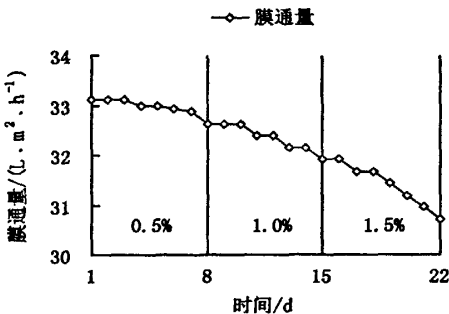


图5 膜通量的变化曲线

Fig.5 Curve of the membrane flux

3 结论

1)采用 MBR 工艺处理含盐生活污水要优于传统活性污泥法。当盐度为 0.5%时,有机物的去除效果基本不受影响,平均去除率可达 88.1%;当盐度为1.0%时,对有机物的去除效果有轻微影

响,平均去除率为 85.1%;当盐度为 1.5%时,有机物的去除效果有所下降,平均去除率为 84.0%。

2)MBR 工艺对 NH₃-N 的去除能力要优于其对 COD 的去除能力。当盐度为 0.5%时,NH₃-N 平均去除率可达 91.9%;当盐度为 1.0%时,NH₃-N 的平均去除率为 90.6%;当盐度为 1.5%时,NH₃-N 的平均去除率为 89.7%。即使随着盐度增加,硝化效果开始变差,出水水质也能达到处理效果,在各个盐度下,都能达到排放要求。

3)MBR 对 TN 的去除能力有待提高。本试验采用间歇曝气一体式 MBR 工艺,主要是靠调节曝气量来实现硝化反硝化,盐度为 0.5%、1.0% 和 1.5% 时,TN 的平均去除率分别为 47.1%、41.1% 和 35.7%。

4)MBR 工艺完全可以用于含盐污水的处理。冲厕用海水一般占城市用水总量的 30%左右(此时盐度约为 1.05%),而在盐度为 1.5% 时,MBR 对有机物及氮的去除仍能达到很好的效果。

5)造成膜污染的主要因素是微生物所分泌的大量胞外聚合物,当泵抽吸排水时,使其聚集在膜表面,生成了一层凝胶层,使得膜的传质阻力增加,膜通量减小。

参考文献:

- [1] 崔有为,张国辉,计立平,等. 海水冲厕污水生物可行性研究[J]. 工业水处理, 2003, 23(12): 33-36.
- [2] 王爱兵,李雅,李淑贤,等. 超滤过程中膜污染控制和膜清洗的研究进展[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2009, 26(2): 98-102.
- [3] 吴莎. 光合细菌处理 VB₁₂ 废水降解动力学研究[J]. 河北科技大学学报, 2008, 29(3): 242-245.
- [4] 吴莎. 光合细菌—膜生物反应器处理 VB₁₂ 废水的研究[J]. 河北科技大学学报, 2008, 29(1): 23-26.
- [5] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法(4版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [6] TOKUZ R Y. The effects of inorganic salts on the activated sludge process performance [J]. Water Research, 1989 (23): 99-104.
- [7] 张雨山,王静,蒋立东,等. 利用海水冲厕对城市污水处理的影响研究[J]. 中国给水排水, 1999, 15(9): 4-7.
- [8] 于德爽,李津,陆婕. MBR 工艺处理含盐污水的试验研究[J]. 中国给水排水, 2008, 24(3): 5-8.

(责任编辑 马立)