



PAC 对膜产水量和 MBR 净化效能的影响研究

封 莉, 张立秋, 吕炳南, 顾仁政

(哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘 要:以 MBR 处理啤酒废水为例, 考察了 PAC 投加量对膜产水量的影响, 在 PAC 投量为 0、0.5、1.0、2.0 g/L 时, 所对应的稳定膜产水量分别为 22、28、33 和 35 mL/min, 即 PAC 投量的增加有助于提高膜的稳定产水量, 同时发现, 随着 PAC 投量的增加, 膜稳定产水量的增加量逐渐减少, 因而应该合理地确定 PAC 的投加量. 在 PAC 投量为 1.0 g/L 的条件下, 考察了 MBR 对 COD 和 TN 去除效果的影响, 发现在 PAC 投加初期, 反应器对 COD 和 TN 的去除率都有明显提高, 但运行大约 10 d 以后, PAC 的作用不再明显.

关键词:MBR; PAC; 膜产水量; 啤酒废水

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1672-0946(2005)02-0143-04

Study on effect of adding PAC on membrane flux and treatment performance in MBR

FENG Li, ZHANG Li-qiu, LV Bing-nan, GU Ren-zheng

(School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: As a case of using MBR treating brewery wastewater, the effect of amounts of adding PAC on membrane flow was tested. The stable membrane flow was 22, 28, 33 and 35 mL/min respectively as the amounts of adding PAC were 0, 0.5, 1.0 and 2.0 g/L, so raising PAC adding amounts was helpful to improve membrane flow. However, it was also found that the improving amounts of membrane flow decreased gradually with the increasing of PAC adding amounts, so the amounts of adding PAC should be determined properly. Under the condition of adding PAC 1.0 mg/L, the removal efficiencies of COD and TN were studied. During the initial period of adding PAC, COD removal efficiency and TN removal efficiency by bioreactor were both improved. But after 10 day's operation, the effect of improving the removal efficiencies of COD and TN by PAC was not obvious.

Key words: membrane bioreactor; PAC; membrane flux; brewery waste water

膜污染是 MBR 运行过程中遇到的主要问题之一, 采取有效措施来防止膜污染, 提高膜的产水量是研究的热点. 许多的研究表明^[1-3], 向反应器内投加一定的吸附剂(如粉末活性炭 PAC), 可以改变

反应器内污泥混合液特性, 防止膜污染, 延长膜组件的工作周期. 试验中以 MBR 处理合成啤酒废水为研究对象, 考察了向反应器内投加 PAC 对膜产水量和 MBR 净化效能的影响.

1 试验材料与方法

1.1 试验装置

试验装置如图 1 所示.配制的啤酒废水在贮水箱 1 中贮存,通过平衡水箱 2 来自动调节反应器内进水量;反应器 3 共设 2 个,编号为 I 号和 II 号,以方便进行研究,反应器为有机玻璃材料,内径为 10 cm,总高度为 1.2 m,在其中安装温控加热器 4;反应器内安装中空纤维膜组件 5,膜孔径为 $0.1\ \mu\text{m}$,聚丙烯材质,膜表面积为 $1.5\ \text{m}^2$;反应器底部设置砂头曝气器 6,空气来自供气泵 7;出水依靠反应器液面与出水管液面的位置差重力出水.

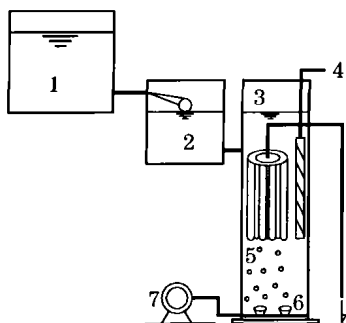


图 1 试验装置示意图

1.2 试验方法

考察了不同 PAC 投加量对膜产水量的影响,在水温为 $24\ ^\circ\text{C}$ 、DO 为 $2\sim 3\ \text{mg/L}$ 、pH 值为 $7\sim 8$ 、反应器内污泥质量浓度为 $6\ 000\ \text{mg/L}$ 左右的条件下, PAC 投加量分别为 $0, 0.5, 1.0, 2.0\ \text{g/L}$ 时,测定了膜产水量的变化情况.

考察了投加 PAC 对 COD 和 TN 去除效果的影响.向 I 号反应器内投加 PAC(投加量按 $1\ \text{g/L}$ 计算),II 号反应器内不投加,2 个反应器内保持相同的环境条件和操作条件,控制反应器内的水温为 $24\ ^\circ\text{C}$, pH 值为 $7\sim 8$, DO 为 $2\sim 4\ \text{mg/L}$,反应器内起始污泥质量浓度为 $6\ 000\ \text{mg/L}$ 左右,未投加氮、磷等营养物质,连续 30 d 考察了 I 号和 II 号反应器对 COD 和 TN 的去除效果.

2 试验结果与讨论

2.1 PAC 投加量对膜产水量的影响

不同 PAC 投加量情况下,膜产水量的变化情况如图 2 所示.

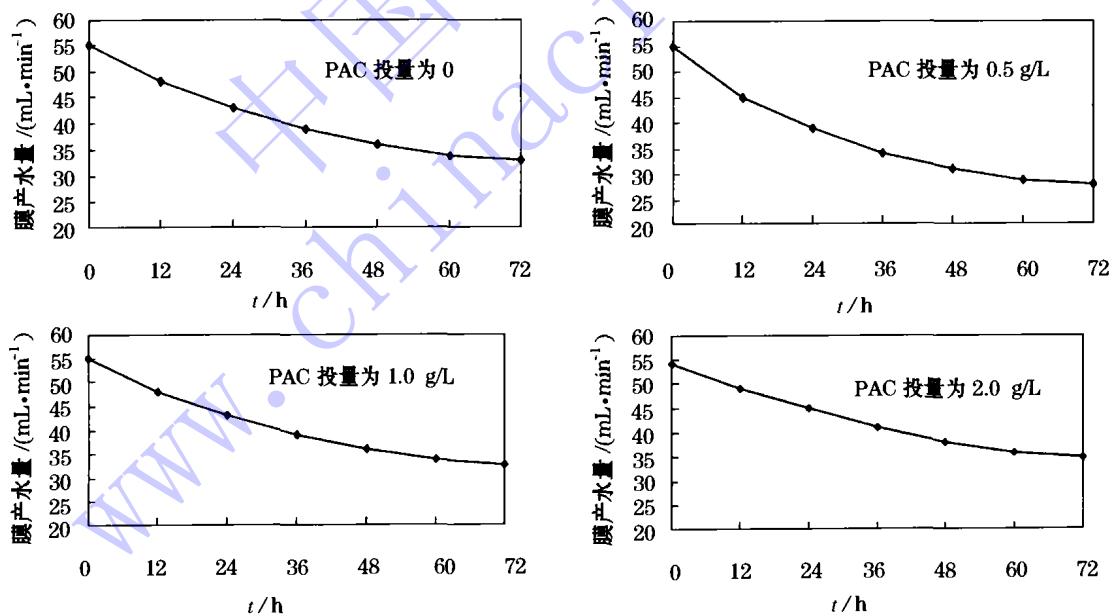


图 2 不同 PAC 投量下膜产水量变化曲线

从图 2 中可以看出,膜产水量总的变化规律为:膜过滤开始后,膜产水量开始以较快的速度下降,之后逐渐趋于稳定,产水量下降的速度变缓.在未投加 PAC 时,膜的稳定产水量大约在 $22\ \text{mL/min}$ 左右, PAC 投加量增大,膜的稳定产水量值也就随之增大,如在 PAC 投量为 $0.5\ \text{g/L}$ 时,膜的稳定产

水量约为 $28\ \text{mL/min}$, PAC 投量为 $1.0\ \text{g/L}$ 时,膜的稳定产水量约为 $33\ \text{mL/min}$, PAC 投量为 $2.0\ \text{g/L}$ 时,膜的稳定产水量约为 $35\ \text{mL/min}$.所以,投加 PAC 在一定程度上可以延缓膜污染,提高膜通量,延长膜组件的工作周期.同时可以看出,随着 PAC 投量的不断增加,膜产水量的增加量逐渐减少,对

于提高膜通量的效果下降,因而应该合理地确定 PAC 的投加量。

为了能够清楚地看出不同 PAC 投量下膜产水量的变化,将膜组件刚开始过滤时的产水量 Q_0 定为 100%,以其他时间的产水量 Q_t 与 Q_0 的比值为纵坐标,以运行时间为横坐标,将不同 PAC 投量时膜产水量的变化在同一坐标上表示出来,如图 3 所示。

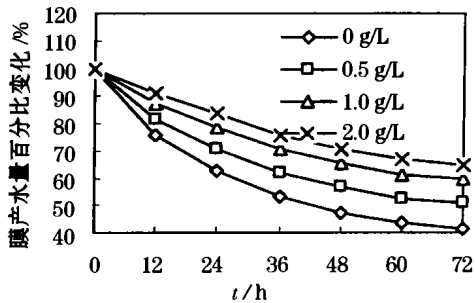


图 3 不同 PAC 投量下膜产水量百分比变化

从图 3 可以看出,随着 PAC 投量的增加,膜组件稳定的产水量随之提高,在未投加 PAC 时,稳定的膜产水量占初始产水量的 41.5%,PAC 投量为 0.5 g/L 时,稳定的膜产水量占初始产水量的 50.9%,PAC 投量为 1.0 g/L 时,稳定的膜产水量占初始产水量的 60%,PAC 投量为 2.0 g/L 时,稳定的膜产水量占初始产水量的 64.8%。

在反应器内投加 PAC 后,改善了混合液特性,降低了污泥混合液的黏度,同时 PAC 在膜纤维表面形成疏松的动态膜,可吸附水中的大分子溶解性有机物,防止了溶解性有机物在膜表面的沉积,降低了过膜阻力,从而提高了膜通量。

2.2 投加 PAC 对 COD 和 TN 去除效果的影响

I 号反应器和 II 号反应器对 COD、TN 的去除效果见表 1。

表 1 投加 PAC 对 MBR 处理效果的影响

序号	进水 COD 质量浓度 /(mg·L ⁻¹)	上清液 COD 质量浓度 /(mg·L ⁻¹)		出水 COD 质量浓度 /(mg·L ⁻¹)		反应器 COD 去除率/%		系统 COD 去除率/%		进水 TN 质量浓度 /(mg·L ⁻¹)	上清液 TN 质量浓度 /(mg·L ⁻¹)		出水 TN 质量浓度 /(mg·L ⁻¹)		反应器 TN 去除率/%		系统 TN 去除率/%	
		反应器		反应器		反应器		反应器			反应器		反应器		反应器		反应器	
		I	II	I	II	I	II	I	II		I	II	I	II	I	II	I	II
1	1 129	84.5	124.8	62.7	70.6	92.51	88.94	94.45	93.75	12.44	3.22	3.08	2.66	2.82	74.11	75.24	78.62	77.33
2	1 088	90.2	119.6	58.4	66.5	91.71	89.01	94.63	93.89	11.82	2.12	2.55	1.86	2.11	82.06	78.43	84.26	82.15
3	1 245	102.3	145.2	50.4	58.6	91.78	88.34	95.95	95.29	10.63	2.34	3.14	1.55	2.67	77.99	70.46	85.42	74.88
4	1 042	98.7	122.4	48.4	55.7	90.53	88.25	95.36	94.65	11.25	1.48	3.02	1.12	2.35	86.84	73.15	90.04	79.11
5	1 135	105.4	135.8	48.2	52.3	90.71	88.04	95.75	95.39	13.34	1.35	3.42	0.88	2.84	89.88	74.36	93.40	78.71
6	967	82.5	92.7	36.8	46.5	91.47	90.41	96.19	95.19	11.72	1.64	2.68	0.65	2.12	86.01	77.13	94.45	81.91
7	1 136	124.5	128.6	42.6	48.2	89.04	88.68	96.25	95.75	10.38	1.27	2.35	0.74	1.58	87.76	77.36	92.87	84.78
8	1 425	131.4	136.7	52.6	63.1	90.78	90.41	96.06	95.57	10.25	1.23	2.01	0.45	1.12	88.00	80.39	95.61	89.07
9	1 329	105.3	125.3	48.6	53.1	92.08	90.57	96.34	96.00	10.56	1.44	1.98	0.55	0.89	86.36	81.25	94.79	91.57
10	1 248	96.5	98.3	35.7	55.6	92.27	92.12	97.14	95.54	11.36	1.68	2.02	0.72	0.77	85.21	82.22	93.66	93.22
11	1 125	86.4	92.3	44.2	48.2	92.32	91.80	96.07	95.72	11.43	2.01	2.35	1.12	1.25	82.41	79.44	90.20	89.06
12	1 066	107.2	112.8	33.2	41.4	89.94	89.42	96.89	96.12	13.65	2.56	3.02	1.02	1.42	81.24	77.88	92.53	89.60
13	1 145	98.7	104.6	40.3	50.2	91.38	90.86	96.48	95.62	11.85	2.22	2.35	1.66	1.48	81.26	80.17	85.99	87.51
14	1 012	88.6	93.1	33.6	40.2	91.24	90.80	96.68	96.03	10.47	1.23	1.44	0.56	0.82	88.25	86.25	94.65	92.17

注:上清液 COD 与 TN 质量浓度测定为取反应器内污泥混合液进行过滤后测得;反应器去除率是指用上清液测得 COD 和 TN 结果进行计算得到,系统去除率是指用膜组件出水 COD 和 TN 结果计算得到。

从表 1 中可以看出,I 号反应器内投加 PAC 后,反应器与系统对 COD 的去除率都有提高,但提高的幅度不同.在试验的初期,投加 PAC 的 I 号反应器的 COD 去除率明显高于未投加 PAC 的 II 号反应器,大约在 10 d 后,2 个反应器对 COD 去除率的差别不再明显;在整个试验过程中,I 号和 II 号系统对 COD 的去除率相差不多,投加 PAC 的 I 号略好于未投加 PAC 的 II 号.产生这种现象的原因是:

PAC 刚投到反应器内时,在曝气的搅动作用下迅速与混合液进行混合,由于 PAC 具有较大的比表面积,吸附能力很强,对水中溶解性的有机物具有较好的吸附效果,因而造成了上清液中 COD 质量浓度的迅速降低,使得 I 号反应器的 COD 去除率明显高于 II 号反应器;随着运行时间的延长,PAC 的吸附能力逐渐下降,对有机物的吸附能力减弱,使得 2 个反应器对 COD 的去除率差别不再明显.值



得注意的是,不管反应器内是否投加 PAC,反应器对 COD 的去除率和系统对 COD 的去除率之间都略有差别,平均差 5% 左右,也就是说在 MBR 内,膜组件对 COD 平均约有 5% 的去除率,这对于保证系统最终的出水水质具有非常重要的意义。

从表 1 中还可以看出,反应器内投加 PAC 后对 TN 的去除率具有较大的影响。在试验的初期,Ⅰ号反应器与Ⅱ号反应器对 TN 的去除率相差不大,Ⅰ号反应器略高于Ⅱ号反应器;随着运行时间的延长,2 个反应器对 TN 的去除率都呈上升趋势,其中Ⅰ号反应器对 TN 的去除率提高得更快,同Ⅱ号反应器相比,TN 的去除率平均高 10% 左右;到了试验后期,大约 22 d 以后,2 个反应器对 TN 去除率之间的差距开始逐渐缩小,最后基本相当。产生这种现象的原因是:PAC 投到反应器内,运行一段时间后污泥就会以活性炭作为载体形成生物膜,生物膜的形成更加有利于缺氧或厌氧微环境的形成,从而提高了Ⅰ号反应器对 TN 的去除率。随着试验的进行,反应器内的污泥质量浓度逐渐增加,氧传质受到限制,2 个反应器内缺氧或厌氧区域扩大,PAC 投加后所造成的影响相对减弱,因而造成了 2 个反应器对 TN 去除率相差不多的结果。同样应该注意,在Ⅰ号和Ⅱ号 2 个 MBR 处理系统中,膜组件对 TN 平均约有 8% 的去除率,这说明膜组件不仅仅起到固液分离的作用,而且与反应器内生物降解作

用协同作用,保证了出水水质。

3 结 论

1)膜组件的稳定产水量随着 PAC 投加量的增加而增加,但增加的速度逐渐变小,因而应该合理地确定 PAC 的投加量。试验中,PAC 投量为 0、0.5、1.0、2.0 g/L 时,所对应的稳定膜产水量分别为 22、28、33 和 35 mL/min。

2)反应器内投加 PAC,试验初期可以提高反应器和系统对 COD 的去除率,其中反应器对 COD 去除率提高的幅度更为明显;大约经过 10 d 左右的时间,由于 PAC 的吸附作用减弱,PAC 对于提高 COD 去除率的作用不再明显。PAC 的投加,同样可以提高反应器和系统对 TN 的去除率,主要是因为 PAC 加入后有利于缺氧或厌氧微环境的形成;随着试验的进行,污泥质量浓度的增加,PAC 的作用逐渐减弱,对提高 TN 去除率的作用也不再明显。

参考文献:

- [1] Jae - sok Kim. . Comparison of ultrafiltration characteristics between activated sludge and BAC sludge[J]. Water Research, 1998, 32(11): 3443 - 3451.
- [2] 罗 虹,顾 平,杨造燕.应用投加粉末活性炭的膜生物反应器处理生活污水的研究[J].重庆环境科学,2002,24(3): 28 - 31.
- [3] 罗 虹,顾 平,杨造燕.投加粉末活性炭对膜阻力的影响研究[J].中国给水排水,2001,17(2):1 - 4.