

水处理过程中膜污染问题及其预处理技术研究进展

周国锋

宁波水艺膜科技发展有限公司, 浙江 宁波 315000

[摘要]膜技术处理水体的方式已在我国工业废水处理、生活污水处理中被广泛的应用,其处理效果好、处理流程简单、处理效率高,故而应用效果较好。但在实际应用过程中,常存在膜污染问题,且一旦膜表面被污染,则导致其不能够继续使用,故而处理成本增加。基于此,文中主要研究污废水处理过程中膜污染问题及其预处理技术,希望对相关人员有所启示。

[关键词]生活污水;水处理;膜污染;混凝预处理;吸附预处理

DOI: 10.33142/sca.v4i4.4304

中图分类号: TQ028.8

文献标识码: A

Research Progress on Membrane Fouling and Its pretreatment Technology in Water Treatment

ZHOU Guofeng

Ningbo Shuiyi Membrane Technology Development Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315000, China

Abstract: Membrane technology has been widely used in industrial wastewater treatment and domestic wastewater treatment in China. It has good treatment effect, simple treatment process and high treatment efficiency. However, in the process of practical application, there is often the problem of membrane pollution, and once the membrane surface is polluted, which can not continue to be used, so the treatment cost increases. Based on this, this paper mainly studies the membrane pollution and its pretreatment technology in the process of wastewater treatment, so as to give some enlightenment to relevant personnel.

Keywords: domestic sewage; water treatment; membrane fouling; coagulation pretreatment; adsorption pretreatment

引言

由于膜表面或膜分离层的孔隙被堵塞或者缝隙变小,从而导致水体流通受阻。通常情况下,形成膜污染的主要影响因素为水体的组成成分,若水体中含有大量的微生物、胶体、微粒等物质,则会导致水体中此类物质在膜分离过程中被膜面吸附,从而导致膜孔隙变小,若长时间不处理则会导致膜孔被不可逆的堵塞。

1 膜污染的成因机理及处理措施

1.1 膜污染的形成机理

总体而言,膜污染是指膜受污染物质影响发生物化、机械或生物作用导致膜分离效率下降的现象。膜的渗透能力与膜表面性质之间有着密切的关系,膜表面性质主要包括膜表面的亲水性、粗糙度以及电性;而膜表面性质也是膜物化性质的一种体现,因此可以说膜的渗透能力与膜物化性质也有着直接的关系。如膜的电负性越强,则膜吸附水体中污染物质的能力就越强,膜污染则会加剧,而当膜表面张力越强,水体中污染物质在膜孔隙间流通能力就会提高,故而膜污染则会减小,膜亲水性越高,则说明膜的渗水能力越强,故而膜污染会降低^[1]。

1.2 延缓膜污染的主要措施及优劣势

当发生膜污染之后,膜通量会下降,进而使得膜透水能力降低,跨膜压差上升;此时则需要对膜进行清洗处理或者更换。现阶段,膜污染问题已经严重制约了膜技术在我国污水处理领域的发展;同时,在节能减排、经济高效的社会趋势下,如果不对膜污染进行有效预防和处理,将阻挠膜技术在我国进一步的发展与推广。通常情况下,膜表面发生污染之后是需要对其进行清洗处理或更换;而一旦污染即对膜直接进行更换则导致资源的巨大浪费。因此,膜污染处理技术的研发与推广尤为重要^[2]。

就目前情况而言,常用的延缓膜污染的主要措施包括预处理技术、反冲洗技术及膜改性技术。

首先,从反冲洗技术的角度来分析。反冲洗即是指让水体反向流动,从而促使形成反向跨膜压,在反向跨膜压的作用下,水流能够清理掉膜表面的污染物,从而恢复膜的使用功能。通常情况下,反冲洗技术能够减少化学清洗的频率;但过长的反冲洗时间和过高的反冲洗水通量将导致膜的产水效率下降,影响膜系统的整体出水率。因此,如何高效且低能耗的设计反冲洗是多数膜系统处理效率高低的關鍵。

其次，从膜改性技术的角度来分析。膜改性技术即是指通过改变膜的物化性质来提高膜的渗透能力，其并不是将膜上的污染物清除，而是要减少污染物对膜的影响，即在膜使用的过程中减少污染物质对膜的污染。膜改性技术具有可清洗性好、节能等优势，且研发成本较高，使用成本较低。通常情况下是将疏水性的膜改性为亲水性的膜，从而延缓蛋白质等污染物在膜表面的吸附，进而提高膜的抗污染能力。

预处理技术是目前阶段处理污水使用效果最佳的技术，预处理技术主要是通过改变污水的物理、化学、生物性质，从而改变污水中污染物质对膜的影响，并最终实现对膜污染的良好控制。预处理技术成本低、操作方便，且在使用过程中，不会对水资源产生二次影响，能够很好的保护水资源的质量，同时，预处理技术主要是对污水中污染物质进行处理，其并不会破坏膜材料，故而其能够保证膜的使用性能及使用寿命。现阶段，预处理技术被广泛的应用于膜技术处理污水中常发生的膜污染的防治与处理^[3]。

2 膜污染预处理技术

2.1 混凝预处理

混凝预处理技术主要是将水体内大部分污染物质凝聚成较大的颗粒，随后利用过滤、沉淀的方式将颗粒清除，从而减轻膜表面的污染负荷。混凝技术成本低、使用方式简单，通过双电层、吸附层和吸附架桥原理能够将污染物很好的凝聚在一起，进而促使当水体流过膜时，减少污染物质在膜上的累积。混凝预处理技术不仅能够清除水体中的颗粒物，还能够很好的清除水体中的有机物质，从而延缓蛋白质等污染物在膜上的吸附沉积，使得膜的渗水能力能够有效的维持。通常情况下，在使用混凝预处理技术时会加入助凝剂以提高污染物质的凝聚效率，从而帮助助凝剂提升自身的性能，同时，助凝剂的加入还能够减少污染物质对膜的破坏，从而对膜形成了一定的保护作用。但是，需要注意的是，过量的助凝剂残留同样会导致其在膜表面的吸附，影响膜的过滤效率；且此类膜污染尚无较好的清洗方案。因此，在助凝剂使用过程中，需要特别注意助凝剂的投加量。

现阶段，混凝预处理技术常用的混凝剂为 $ZrOCl_2$ ，相比于传统 $Al_2(SO_4)_3$ 混凝剂和 PAC 混凝剂而言，其使用效果较好，对水体内污染物质的处理能力较高，故而被广泛的应用于混凝预处理技术当中。但在添加 $ZrOCl_2$ 混凝剂时，一定要先根据水体内实际污染物质的含量合理的选择 $ZrOCl_2$ 混凝剂的用量，避免过度添加导致 $ZrOCl_2$ 混凝剂不能够完全使用。一方面，能够减少 $ZrOCl_2$ 混凝剂浪费的现象，促使混凝剂完全被使用，另一方面也能够避免 $ZrOCl_2$ 不完全混凝对水体产生影响。通常情况下，混凝预处理技术主要应用于处理水体内的带电的疏水性较高的有机物和胶体物质，对于亲水性的有机物处理能力较差，因此，亲水性的有机物还是会附着在膜上，依旧会对膜造成污染。同时，使用混凝剂处理水体会导致水体中存在一定量的化学污泥，若不及时清理，则会对水体造成二次污染，因此，经历过混凝预处理的水体均需要进行二次处理。

2.2 吸附预处理

通常情况下，水体内有机污染物质会吸附在膜的表面，从而导致膜孔径变小甚至堵塞，进而导致膜的渗透能力降低；而吸附预处理便是通过减少水体内有机物含量来降低对膜的污染，促使膜能够正常的维持其渗透能力。现阶段，吸附预处理技术在处理生活污水中被广泛的应用，这是由于生活污水中含有大量的有机物。笔者为了更好的分析吸附预处理技术，选择以某城市生活污水为例，下表为该城市生活污水组成和浓度表。

表 1 生活污水组成和浓度表

成分	含量 (mg/L)	成分	含量 (mg/L)
葡萄糖	267.0	蛋白胍	17.0
可溶性淀粉	267.0	氯化镁	3.0
碳酸氢钠	233.0	氯化铁	3.0
氯化铵	83.0	氯化钙	3.0
碳酸二氢钾	27.0		

利用吸附预处理技术处理生活污水时，主要处理目标为污水中的氨氮及正磷酸盐等物质，其主要是利用树脂对其污染物质进行清理，现阶段常用的吸附预处理方法为MBMBR反应系统，包括吸附-MBMBR1、吸附-MBMBR2和吸附-SMBR。

首先，从氨氮去除效率的角度来分析。据笔者调查研究显示，四种反应系统对氨氮的处理率均达到了94%以上，故

而处理效果较好，其中，处理效果最好的便是吸附-MBMBR2，下表为四种反应系统去除氨氮的对比分析表。

表2 四种反应系统去除氨氮的对比分析表

反应系统	上清液正氨氮 (mg/L)	上清液氨氮去除率 (%)	出水氨氮 (mg/L)	出水氨氮去除率 (%)
SMBR	2.54	94.99	0.81	95.54
吸附-MBMBR1	1.13	97.80	0.70	98.42
吸附-MBMBR2	0.62	98.68	0.51	98.93
吸附-SMBR	2.45	95.80	2.20	95.49

其次，从正磷酸盐去除效率的角度来分析。若水体内含有过量的正磷酸盐则会导致水体富营养化，藻类增长速度过快，水体内含氧量低，进而使得水体发臭、水质恶化，不适合水生生物生存。据笔者调查研究显示，吸附-MBMBR2处理正磷酸盐的效果最好，下表为四种反应系统去除正磷酸盐的对比分析表。

表3 四种反应系统去除正磷酸盐的对比分析表

反应系统	上清液正磷酸盐 (mg/L)	上清液正磷酸盐去除率 (%)	出水正磷酸盐 (mg/L)	出水正磷酸盐去除率 (%)
SMBR	4.86	46.91	3.15	66.13
吸附-MBMBR1	3.76	58.51	2.67	69.11
吸附-MBMBR2	2.72	69.47	1.60	82.40
吸附-SMBR	7.24	21.52	3.50	61.54

3 结论

综上所述，膜技术在处理污水中应用效果较好，但其在使用过程中长存在膜污染问题，致使膜无法发挥其真正的功能与价值。现阶段，常用的膜污染处理技术为混凝预处理技术和吸附预处理技术，混凝预处理技术主要是向水体中添加混凝剂 $ZrOCl_2$ ，吸附预处理技术主要是利用 MBMBR 反应系统去除水体内的有机污染物质。

[参考文献]

- [1] 雷蕾, 汤秋香, 陈利军. 新疆典型覆膜地区农户残膜污染治理行为调查与分析[J]. 中国农学通报, 2021, 6(15): 147-159.
- [2] 李洋. 化工废水处理中反渗透膜污染的产生及清洗研究[J]. 煤炭与化工, 2021, 4(16): 156-158.
- [3] 贺维鹏, 吴慧英, 许仕荣. 助凝剂投加量及 pH 对 BF-UF 工艺膜污染的影响[J]. 环境工程学报, 2021, 3(19): 123-125.
- 作者简介: 周国锋 (1987.6-), 男, 毕业院校: 浙江理工大学; 所学专业: 应用化学, 当前就职单位: 宁波水艺膜科技发展有限公司, 职务: 产品应用总监, 职称级别: 中级工程师。