

海藻酸钠溶液对阳离子聚丙烯酰胺膜污染的清洗性能研究

张颖, 吕恺, 张雪艳, 李文文, 王刘勇, 史西志, 陆茵*

(宁波大学 食品与药学院, 浙江 宁波 315832)

摘要: 使用不同浓度的海藻酸钠溶液在碱性环境下对阳离子聚丙烯酰胺(CPAM)污染膜进行清洗, 测量清洗前后膜的纯水通量及孔径变化, 探讨海藻酸钠对 CPAM 污染膜的清洗流程与清洗效果. 结果表明, 使用质量分数为 0.05%~0.70%氢氧化钠与 0.03%~0.09%海藻酸钠共混溶液对膜进行清洗, 可以有效地恢复膜的纯水通量, 但是直接清洗会导致膜孔径变大, 膜表皮受损; 而在过滤前将膜预先浸泡在质量分数为 0.05%~0.10%可溶性阴离子聚合物海藻酸钠溶液中, 可在膜表面形成海藻酸钠预保护层, 在其过滤 CPAM 污水受到污染后, 再采用碱性海藻酸钠溶液清洗 2~3 h, 就可在膜表面形成由海藻酸钠预保护层-CPAM 污染层-海藻酸钠清洗层构成的可溶性的“三明治”型聚集体, 在保护膜结构和过滤孔径基本不变的基础上实现清洗效果, 且多次重复清洗的膜仍具有良好的过滤性能.

关键词: 阳离子聚丙烯酰胺; 膜污染; 清洗方法; 碱性海藻酸钠溶液

中图分类号: TQ028.8

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2021) 01-0021-06

膜分离技术以其分离效率高、能耗低、操作方便、环保等优势, 被广泛应用于水处理、食品、医药等领域^[1-2]. 但膜在应用中产生的污染问题已成为限制膜分离技术发展的一个重要因素.

传统自来水处理采用絮凝、沉淀、氯气消毒等工艺, 这种处理工艺显然已经不能满足人们对饮用水质量的要求. 在絮凝沉淀后采用微滤膜或超滤膜过滤处理, 可有效地截留大分子杂质和一些微生物、细菌^[3-4], 保证饮用水水质. 目前常用的絮凝剂分为无机絮凝剂和有机絮凝剂. 无机絮凝剂使用存在投放大、絮凝效果差、污染环境等缺点, 限制了其在工业中的应用^[5]; 而有机絮凝剂因其投入量小、黏性大、絮凝效果好, 被广泛应用于污水处理. 聚丙烯酰胺是目前水处理中最常用的有机絮凝剂, 但残留在水体中的聚丙烯酰胺是造成水处理工业中膜污染问题的根源之一. 膜污染会导致过滤通量下降、过滤效率降低, 严重缩短了膜的使用寿命^[6-9]. 此外, 聚丙烯酰胺降解后的单体也会影响饮用水水质.

近年来, 针对膜污染问题的研究较多, 通过表面工程技术在膜表面引入聚乙烯亚胺、氧化石墨烯、马来酸酐、聚甲基丙烯酸、聚多巴胺、聚乙二醇、甜菜碱等亲水性基团, 提高膜的抗污染性能是当前一个研究热点^[10-15]. 但由于聚丙烯酰胺与膜材料的强结合力, 这些改性仍不能完全解决膜污染问题^[16-17], 而膜清洗技术是解决膜污染问题的一个重要研究方向^[18-19]. 常用的清洗剂分为酸碱类, 如盐酸、磷酸、柠檬酸、氢氧化钠等^[20-22]; 强氧化剂类, 如次氯酸钠、次氯酸钙等^[23]; 表面活性剂类, 如直链烷基苯磺酸钠、仲烷基磺酸钠、十二烷基磺酸钠等^[24-25]. 以上清洗剂中, 酸碱类清洗剂及强氧化剂类清洗剂易对膜材质造成损伤, 从而缩短膜的使用寿命^[23]; 而表面活性剂类清洗剂难以与聚丙烯酰胺相结合, 达不到清洗效果, 限制了其在水处理领域的应用^[26].

目前膜分离在自来水生产及其他水处理工艺中已得到广泛应用, 但工业实践中针对广泛使用的絮凝剂聚丙烯酰胺残留造成的膜污染问题并没

收稿日期: 2019-12-26.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家自然科学基金(31772856); 宁波大学王宽诚幸福基金.

第一作者: 张颖(1993-), 女, 黑龙江绥化人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 膜分离及其应用. E-mail: 781092373@qq.com

*通信作者: 陆茵(1966-), 女, 江苏南京人, 教授, 主要研究方向: 膜分离及其应用. E-mail: luyin@nbu.edu.cn

有较好的应对之策. 考虑到常用絮凝剂阳离子聚丙烯酰胺是偏阳离子性的高分子聚合物, 可与阴离子聚合物产生较强结合能力, 因此本研究尝试选用具有良好水溶性的阴离子聚合物海藻酸钠做清洗剂, 使其与膜上阳离子聚丙烯酰胺絮凝剂形成的污染物紧密结合, 利用海藻酸钠的水溶性, 将阳离子聚丙烯酰胺冲刷清洗干净, 达到清洗效果.

1 实验部分

1.1 主要试剂及仪器

1.1.1 试剂

氢氧化钠(分析纯)、聚乙二醇(PEG6000)、阳离子聚丙烯酰胺(CPAM)购于上海阿拉丁试剂有限公司; 海藻酸钠(化学纯)、聚乙烯吡咯烷酮(PVP)购于国药集团化学试剂有限公司; 超纯水由 UPH-1-5T 型超纯水制造系统制备; 聚醚砜(PES)购于 Solvay Advanced Polymers, LLC; PES 平板膜由膜分离实验室采用液致相分离法制备; N-N 二甲基乙酰胺(DMAC)购于上海金山经纬化工有限公司.

1.1.2 仪器

电子天平 YP10002 型(上海光正医疗仪器有限公司); 集热式恒温加热磁力搅拌器 DF-101S 型(金坛市白塔新宝仪器厂); 泡点流速法孔径分布测定仪和膜过滤装置(实验室自制); 超纯水制造系统 UPH-1-5T 型(成都超纯科技有限公司); 恒温振荡器 THZ-C-1 型(常州诺基仪器有限公司); 数显恒温水浴锅 HH-6 型(常州智博瑞仪器制造有限公司); 离子溅射仪 HITACHI E-1010 型、扫描电子显微镜 SU-70 型(日本日立公司).

1.2 实验方法

1.2.1 膜污染

选取典型污染物阳离子型聚丙烯酰胺, 配制质量浓度为 $10^{-6} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的水溶液, 选取孔径 $(0.25 \pm 0.02) \mu\text{m}$, 有效过滤面积 10.17 cm^2 的 PES 膜, 在跨膜压差 0.1 MPa 下进行死端过滤, 当过滤通量下降 80% 时, 膜受到严重污染.

1.2.2 对污染膜的清洗流程与清洗效果

将受污染的 PES 膜置于不同浓度的清洗液中, 并放入恒温振荡器中清洗, 控制清洗时间, 使膜中污染物与不同浓度的清洗液充分结合, 以除去膜表面污染物. 将清洗后的膜用纯水浸泡, 以除去膜

表面残留的清洗剂, 在跨膜压差 0.1 MPa 下测定其纯水通量, 并与受污染前 PES 膜初始纯水通量比较, 观察其通量的变化, 计算清洗后膜的纯水通量恢复率, 确定不同配比清洗剂的清洗效果.

1.2.3 膜的表征

采用实验室自制泡点流速法^[27]孔径分布测定仪测定 PES 膜清洗前后的孔径分布, 观察孔径的变化; 对清洗前后的 PES 膜进行恒温干燥, 液氮淬断, 膜面镀铂后, 在扫描电子显微镜(SEM)下观察清洗前后膜表面和截面的结构和形貌特征.

2 结果与讨论

2.1 不同清洗液和清洗流程的效果对比

选取经 CPAM 过滤后已被污染的膜, 采用 3 种不同配比的清洗剂, 经不同清洗流程进行处理: A 为污染膜在 0.05% 海藻酸钠溶液中清洗 3 h; B 为污染膜在 0.05% 海藻酸钠溶液中清洗 3 h 后, 再放入 0.10% NaOH 溶液中清洗 3 h; C 为污染膜在 0.10% NaOH、0.05% 海藻酸钠共混溶液中清洗 3 h. 不同清洗流程的膜通量恢复率见表 1.

表 1 不同清洗流程的膜通量恢复率

清洗 流程	$J_{w0}/$ ($\text{L} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h})^{-1}$)	$J_c/$ ($\text{L} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h})^{-1}$)	$J_{w1}/$ ($\text{L} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h})^{-1}$)	恢复 率/%
A	764.33	58.99	191.08	25.00
B	573.25	47.20	191.08	33.33
C	573.25	47.20	477.71	83.33

注: J_{w0} 为初始纯水通量; J_c 为污染后膜过滤通量; J_{w1} 为清洗后纯水通量. 下表同.

由表 1 可知, A 通量恢复率仅为 25.00%, B 通量恢复率为 33.33%, C 通量恢复率明显高于 A 和 B, 说明采用共混清洗剂清洗污染膜可快速恢复膜的水通量. 其原因可能是海藻酸钠在中性环境下易发生水解, 溶解性降低, 导致 A 和 B 清洗效果较差; 而在碱性环境下, 海藻酸钠不易发生水解反应, 可以保持较高的可溶性, 并与膜表面的聚丙烯酰胺强烈结合, 在水流的冲刷下聚丙烯酰胺随海藻酸钠一并被冲走, 从而有较好的清洗效果. 故在此基础上进一步探究不同配比的 C 型共混清洗剂对污染膜的清洗效果.

2.2 不同配比的共混清洗剂清洗效果对比

选取不同配比的共混清洗剂: C1 为 0.01%

NaOH 和 0.01%海藻酸钠共混溶液; C2 为 0.05% NaOH 和 0.03%海藻酸钠共混溶液; C3 为 0.30% NaOH 和 0.06%海藻酸钠共混溶液; C4 为 0.70% NaOH 和 0.09%海藻酸钠共混溶液. 将 4 种共混溶液分别对污染膜清洗 3 h, 清洗后污染膜的纯水通量恢复率及孔径见表 2.

表 2 不同清洗剂对污染膜纯水通量恢复率及孔径的影响

清洗 剂	$J_{w0}/$ ($L \cdot (m^2 \cdot h)^{-1}$)	$J_c/$ ($L \cdot (m^2 \cdot h)^{-1}$)	$J_{w1}/$ ($L \cdot (m^2 \cdot h)^{-1}$)	恢复 率/%	初始孔 径/ μm	清洗后 孔径/ μm
C1	573.25	47.20	95.54	16.67	0.23	0.22
C2	471.98	35.40	412.98	87.50	0.23	0.67
C3	573.25	47.20	573.25	100.00	0.27	1.15
C4	573.25	47.20	955.41	166.67	0.24	1.40

由表 2 可知, 随着共混清洗剂浓度的增大, 通量恢复率逐渐升高, 说明较高浓度的清洗剂对于膜表面的聚丙烯酰胺脱除效果更好, 但经过高浓度清洗剂 C2、C3、C4 清洗后的膜, 孔径明显大于初始孔径, 膜结构可能受到破坏, 故通过 SEM 观察膜内部形貌, 结果如图 1 所示. 图 1 展示了 C3 清洗剂清洗前后的 PES 膜内部结构, 其他清洗剂清洗后的膜结构表现出相似规律.

由图 1 可知, 清洗后膜中作为过滤面的上表面孔径变大, 膜下表面与初始膜结构相差无几; 从图 1(d)和(h)可以观察到, 上截面中靠近过滤面部分结构是孔径逐渐变大的“梯度”结构. 从电镜照片可以看出, 清洗后膜上表面孔径变大, 推测是因为过

滤后具有阳离子属性的 CPAM 污染物与带有阴离子属性的膜材料表面紧贴, 在对污染后膜进行清洗时, 清洗剂中的阴离子性海藻酸钠与膜表面的 CPAM 污染物紧密结合, 连同膜表层一同被水流冲刷清除, 导致膜表层受损; 表层被揭掉后, 露出内部的大孔部分, 因而表现出孔径变大的现象, 这与测得的膜孔径变大结果吻合.

由此可知, 直接用共混清洗剂清洗会破坏膜表层结构, 导致膜孔径变大, 截留性能降低, 因而需要进一步优化清洗工艺, 保护膜结构的完整性, 并恢复膜初始纯水通量.

2.3 “三明治”型清洗方法和影响因素

因 CPAM 是阳离子性能的污染物, 可与阴离子膜材料表面紧密结合, 造成清洗困难或清洗时损伤, 故尝试将膜浸泡在具有较好水溶性的海藻酸钠溶液中, 在膜表面形成一层海藻酸钠预保护层, 保护膜表面不受损伤; 在其过滤污水, 并受到 CPAM 污染后, 再选用合适的碱性海藻酸钠清洗剂, 试图形成可溶性的海藻酸钠-CPAM-海藻酸钠 3 层聚集体进行清洗, 即“三明治”型清洗方法.

将新膜分别浸泡在质量分数为 0.05% 和 0.10% 的海藻酸钠溶液中, 在其过滤 CPAM 水溶液受到污染后, 选用通量恢复效果较好的 C2、C3、C4 清洗剂对污染膜分别清洗 1、2、3 h, 将通量恢复率大于 85% 的膜按照图 2 流程重复过滤清洗, 重复 2~3 次后测定膜孔径; 对通量恢复率小于 85% 的膜

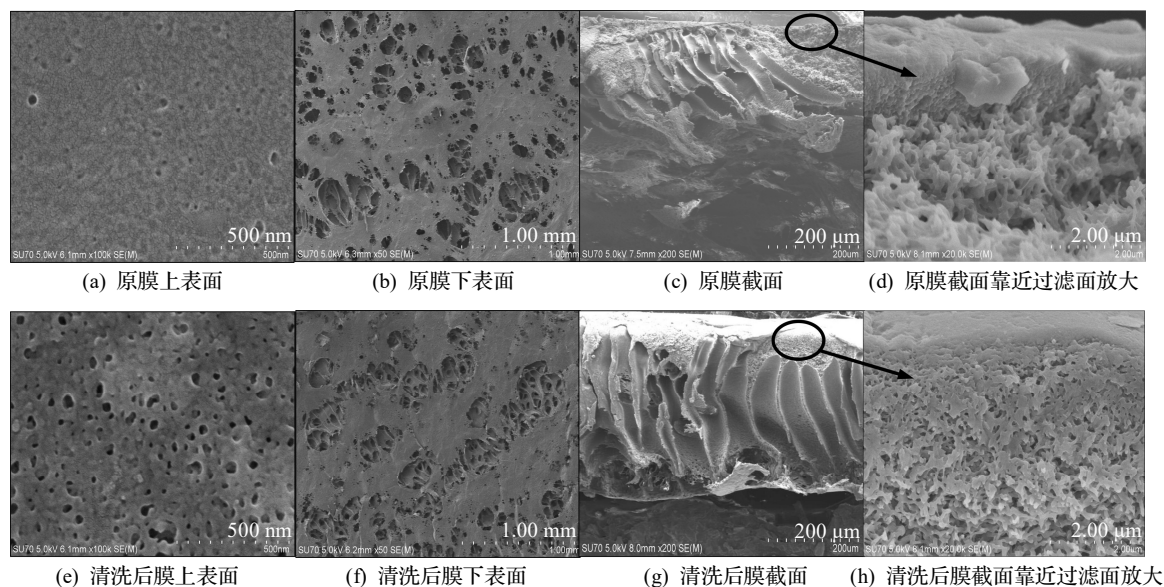


图 1 原膜与 C3 清洗后膜的 SEM 照片

则直接测定孔径, 不再重复清洗. 多次清洗过程中膜的纯水通量恢复率及孔径变化见表 3. 重复过滤 CPAM 通量变化如图 3 所示.

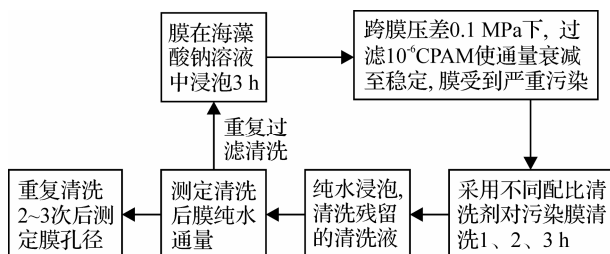


图2 “三明治”型清洗方法应用流程

表3 纯水通量恢复情况及孔径变化

指标和 流程	浸泡液质量分数 0.05%			浸泡液质量分数 0.10%		
	C2*	C3*	C4*	C2**	C3**	C4**
$J_{w0}/(L \cdot (m^2 \cdot h)^{-1})$	767	708	944	590	1 121	708
R1-1/%	62	83	106	90	79	75
R1-2/%	77	125	125	110	84	108
R1-3/%	77	125	125	110	84	108
R2-2/%	—	42	50	30	—	42
R2-3/%	—	50	56	50	—	50
R3-2/%	—	58	56	40	—	58
R3-3/%	—	58	56	50	—	58
初始孔径/ μm	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
清洗后孔径/ μm	0.24	0.33	0.32	0.28	0.26	0.32

注: R1-1、R1-2、R1-3、R2-2、R2-3、R3-2、R3-3 分别表示 1 次过滤清洗 1 h、1 次过滤清洗 2 h、1 次过滤清洗 3 h、2 次过滤清洗 2 h、2 次过滤清洗 3 h、3 次过滤清洗 2 h、3 次过滤清洗 3 h 的恢复率; C2、C3、C4 中*代表预浸泡液为 0.05% 的海藻酸钠溶液,**代表预浸泡液为 0.10% 的海藻酸钠溶液.

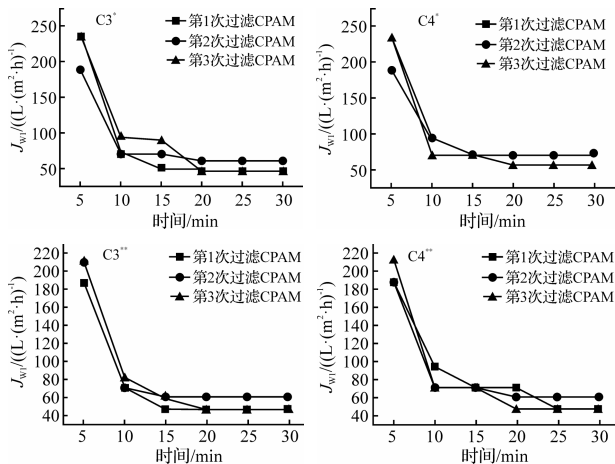


图3 重复过滤 CPAM 通量变化

由表 3 可看出, C2* 与 C3** 清洗至 2 h 时纯水通量达到稳定, 但未能完全恢复膜的纯水通量, 清洗效果较差, 因此放弃此流程. C3*、C4*、C2**、C4** 清洗 2 h 后, 膜的纯水通量恢复率达到稳定, 有较好的恢复效果; 其中在低浓度浸泡液下, C3*、C4* 清洗流程通量恢复率达 125%.

按照 C3*、C4*、C2**、C4** 清洗流程重复浸泡、过滤、清洗 2~3 次, 清洗时间为产生最佳清洗效果的 2 h 和 3 h. 结果表明, 经过重复清洗膜的纯水通量恢复率保持在 50% 以上, 清洗效果逊于第 1 次清洗, 效果变差的原因可能是过滤次数增加, 导致 CPAM 沉积过多, 难以完全清洗. 但从图 3 可看出, 虽然清洗后膜的纯水通量恢复率下降, 其继续过滤 CPAM 的平衡通量与初次过滤 CPAM 的平衡通量相差无几, 实际过滤通量几乎没有衰减, 仍具有良好的过滤性能.

从表 3 还可以看出, 经“三明治”型清洗方法清洗后, 膜的孔径在 $(0.27 \pm 0.06) \mu m$ 范围内波动, 与初始膜相比, 膜的孔径变化幅度不大. 而直接使用海藻酸钠与氢氧化钠共混溶液清洗后, 膜的孔径由初始的 $(0.25 \pm 0.02) \mu m$ 增加到 $0.67 \sim 1.40 \mu m$ (表 2), 相比之下, “三明治”型清洗方法清洗后的膜能够保证其过滤精度.

从图 4 可观察到, 经过 3 次重复过滤, 并采用“三明治”型清洗方法清洗后的膜结构与初始膜结构相差无几, 且清洗前后膜表面部分为相似的小孔结构(图 4(a)和(e)), 孔径几乎没有变化, 与孔径测定结果相吻合, 这与未经预处理的清洗膜表面孔径变大(图 1(a)和(e)), 以及孔径变大的测定结果(表 2)形成鲜明对比, 表明经过预处理后的膜表层在清洗时没有受损, 预处理可以有效地保护膜表层结构. 其原因可能是具有较强水溶性的阴离子聚合物海藻酸钠在膜表面形成预保护层, 这层预保护层在过滤时与正电荷的阳离子聚丙烯酰胺有较强的结合力, 在膜表面形成聚集体, 并在后期的清洗过程中, 清洗剂中的可溶性阴离子海藻酸钠继续与污染物阳离子聚丙烯酰胺通过氢键产生较强的结合力, 形成预保护层海藻酸钠-CPAM 污染层-海藻酸钠清洗剂结构的可溶性的“三明治”型的聚集体, 在水流的冲刷作用下从膜表面被冲走, 达到清洗效果.

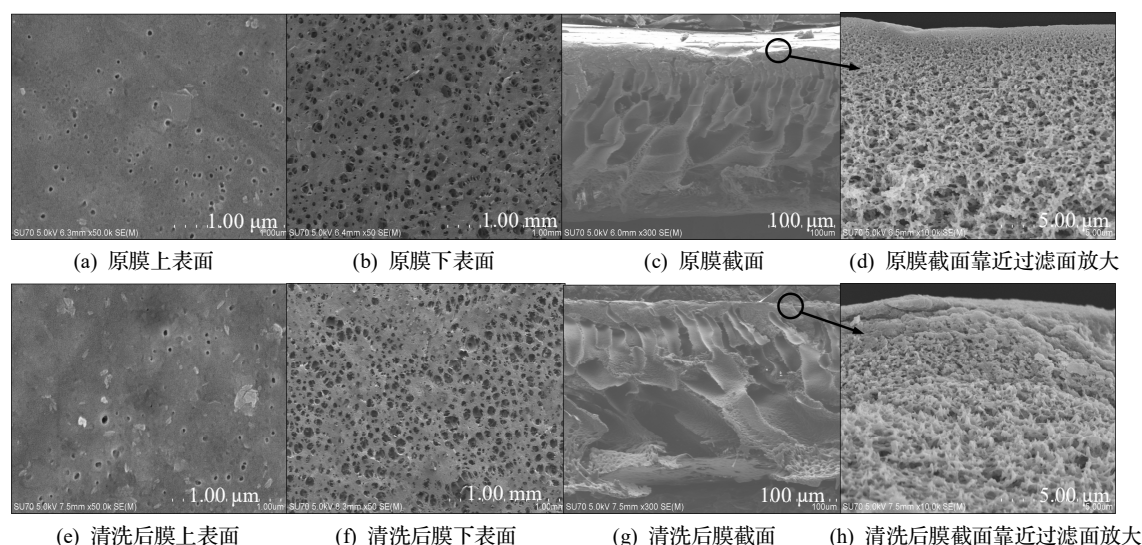


图4 C4*原膜与3次“三明治”型清洗方法清洗后膜的SEM照片

3 结论

在水处理中常用阳离子聚丙烯酰胺絮凝剂对原水进行絮凝沉淀, 残留的阳离子聚丙烯酰胺在后续膜过滤过程中易造成难以清洗的污染, 会降低膜的过滤通量. 对此类污染膜采用不同的清洗流程表明, 将膜浸泡在质量分数为0.05%~0.10%可溶性阴离子聚合物海藻酸钠溶液中预处理, 可在膜表面形成阴离子预保护层, 在其过滤含阳离子聚丙烯酰胺絮凝剂残留的水溶液使膜受到污染后, 再采用0.05%~0.70% NaOH与0.03%~0.09%海藻酸钠共混清洗剂对污染膜进行清洗, 可在膜表面形成海藻酸钠预保护层-CPAM污染层-海藻酸钠清洗层的“三明治”型可溶性聚集体, 使其在水流作用下较易清除, 可有效地恢复膜的过滤通量, 且对膜结构几乎没有损伤, 保证了膜的过滤精度.

参考文献:

- [1] 张振闯, 韩秀丽, 方书起, 等. 膜分离法处理乙醇发酵废水研究[J]. 水处理技术, 2018, 44(8):57-60.
- [2] 胡文政, 高昌录, 孙秀花. 耐高温膜材料研究进展[J]. 水处理技术, 2019, 45(8):10-15.
- [3] 李红果, 李天祥, 朱静, 等. 膜分离技术处理工业废水研究进展[J]. 应用化工, 2018, 47(12):2739-2743.
- [4] 郑义, 陆茵, 张盛杰, 等. 几种物质在聚醚砜膜、聚砜膜、聚氯乙烯膜上的污染特性研究[J]. 水处理技术, 2016, 42(10):30-33.
- [5] 王子杰, 王郑, 许锴, 等. 新型絮凝剂在水处理领域的开发和应用[J]. 应用化工, 2019, 48(3):646-650; 655.
- [6] Yu Z Y, Song Z H, Wen X H, et al. Using polyaluminum

chloride and polyacrylamide to control membrane fouling in a cross-flow anaerobic membrane bioreactor[J]. Journal of Membrane Science, 2015, 479:20-27.

- [7] Yao M, Nan J, Chen T, et al. Influence of flocs breakage process on membrane fouling in coagulation/ultra-filtration process: Effect of additional coagulant of poly-aluminum chloride and polyacrylamide[J]. Journal of Membrane Science, 2015, 491:63-72.
- [8] Yi X S, Shi W X, Yu S L, et al. Comparative study of anion polyacrylamide (APAM) adsorption-related fouling of a PVDF UF membrane and a modified PVDF UF membrane[J]. Desalination, 2012, 286:254-262.
- [9] 王红宇, 胡超, 陈红英, 等. 阴离子聚丙烯酰胺对MBR抗膜污染作用[J]. 浙江工业大学学报, 2014, 42(4):359-362.
- [10] 张航, 王捷琪, 曾宣中, 等. 水凝胶涂层法用于PTFE平板膜的亲水改性研究[J]. 水处理技术, 2019, 45(8): 82-85; 98.
- [11] Zhang W, Li G W, Fang Y J, et al. Maleic anhydride surface-modification of crosslinked chitosan membrane and its pervaporation performance[J]. Journal of Membrane Science, 2007, 295(1/2):130-138.
- [12] Meng J Q, Chen C L, Huang L P, et al. Surface modification of PVDF membrane via AGET ATRP directly from the membrane surface[J]. Applied Surface Science, 2011, 257(14):6282-6290.
- [13] Tan K T, Obendorf S K. Surface modification of microporous polyurethane membrane with poly (ethylene glycol) to develop a novel membrane[J]. Journal of Membrane Science, 2006, 274(1/2):150-158.
- [14] Li F, Meng J Q, Ye J F, et al. Surface modification of PES

- ultrafiltration membrane by polydopamine coating and poly (ethylene glycol) grafting: Morphology, stability, and anti-fouling[J]. *Desalination*, 2014, 344:422-430.
- [15] Shen X, Gao Y Z, He Y, et al. Preparation and anti-fouling property of carboxybetaine-based zwitterionic PVDF membrane[J]. *Separation Science and Technology*, 2016, 51(7):1189-1198.
- [16] Qiu W Z, Yang H C, Xu Z K. Dopamine-assisted co-deposition: An emerging and promising strategy for surface modification[J]. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2018, 256:111-125.
- [17] Ayyavoo J, Nguyen T P N, Jun B M, et al. Protection of polymeric membranes with antifouling surfacing via surface modifications[J]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2016, 506: 190-201.
- [18] Rabiller-Baudry M, Bégoïn L, Delaunay D, et al. A dual approach of membrane cleaning based on physico-chemistry and hydrodynamics[J]. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 2008, 47(3):267-275.
- [19] Ruengruehan K, Fagkaew P, Ahn G, et al. Relating membrane surface properties and flux recovery during the chemical cleaning of forward osmosis membrane[J]. *Desalination and Water Treatment*, 2016, 57(55):26621-26628.
- [20] 杨晓明, 彭文博, 吴正雷, 等. 硅铝粉体陶瓷膜分离过程分析及膜清洗方法探讨[J]. *广东化工*, 2018, 45(11): 99-101.
- [21] 徐先刚. 一种适用于超滤膜或反渗透膜的酸性清洗剂[J]. *清洗世界*, 2016, 32(7):20-21.
- [22] Kweon J H, Jung J H, Lee S R, et al. Effects of consecutive chemical cleaning on membrane performance and surface properties of microfiltration[J]. *Desalination*, 2012, 286:324-331.
- [23] 林振锋, 刘春玲, 单永广, 等. 含次氯酸钠的膜生产废水处理工艺研究[J]. *水处理技术*, 2019, 45(1):122-127.
- [24] 张艳, 马宁, 张智. 膜污染及其清洗方法研究进展[J]. *中国给水排水*, 2016, 32(12):26-29.
- [25] Kingma A J. Compatibility of nonionic surfactants with membrane materials and their cleaning performance[J]. *Food and Bioproducts Processing*, 2015, 93:304-309.
- [26] 冯辉霞, 张娟, 张婷. 表面活性剂废水处理技术应用研究进展[J]. *应用化工*, 2011, 40(10):1828-1832.
- [27] 马均治. PVC 抗污染膜的制备及性能研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2013.

Study of the cleaning performance of alginate sodium solution on membrane fouling induced by cationic polyacrylamide

ZHANG Ying, LÜ Kai, ZHANG Xueyan, LI Wenwen, WANG Liuyong, SHI Xizhi, LU Yin*
(College of Food and Pharmaceutical Sciences, Ningbo University, Ningbo 315832, China)

Abstract: This paper used different concentrations of sodium alginate solution to clean the cationic polyacrylamide (CPAM) polluted membrane in an alkaline environment, and measure the membrane pure water flux and pore size changes before and after cleaning. The study was aimed to investigate the cleaning process and effect of sodium alginate on cationic polyacrylamide fouling membrane. The results showed that the water flux of the membrane was effectively restored using mixing solution of 0.05%–0.70% sodium hydroxide and 0.03%–0.09% sodium alginate. The direct cleaning damaged the membrane surface layer and produced larger membrane pore size. The membrane was pre-soaked in 0.05%–0.10% soluble anionic polymer sodium alginate solution before filtration, in order to form a pre-protective layer on the membrane surface. After the membrane filtered the sewage and was contaminated with CPAM, it was washed with an alkaline sodium alginate solution for 2–3 hours. It enabled to form soluble “sandwich” type aggregates that was composed of sodium alginate pre-protection layer-CPAM pollution layer-sodium alginate cleaning layer on the membrane surface. The aggregate was washed away by water flow. This “sandwich” cleaning method may achieve the cleaning effect while protecting the membrane structure and maintaining the pore size basically unchanged. Moreover, the membrane still showed good filtration performance after cleaned repeatedly.

Key words: cationic polyacrylamide; membrane fouling; cleaning method; alkaline sodium alginate solution

(责任编辑 史小丽)