

膜分离技术是近30年来迅速发展起来的高效分离技术,因其具有操作方便、设备紧凑、工作环境安全、节约能源和化学试剂等优点,现已广泛应用于化工、环保、电子、石油、食品、医药、生物技术、能源工程等众多领域。因此,膜分离技术被认为是20世纪末至21世纪中期最有发展前途的高新技术之一。随着人民生活水平的不断提高,工业发展引起的水质污染情况日益严重,人们对饮用水水质的要求越来越高,为了改善水质,确保供水安全,一些供水企业开始选择超滤、纳滤、反渗透等膜分离技术。2010年后我国将开始进入严重的缺水期,城市生活污水处理和中水回用将成为解决未来城市水资源危机的有效途径。膜分离技术在未来市政水处理市场中将会具有广阔的空间。本期特邀中国人民大学环境学院、深圳市水务(集团)有限公司、天津膜天膜科技有限公司、迈纳德膜技术(厦门)有限公司等单位的专家们从现状、技术研究、发展趋势和实际应用等不同层面对膜分离技术展开探讨。

运行条件对浸没式超滤膜处理地表水膜污染的影响

齐 鲁¹ 李圭白² 程 荣¹ 郑 祥¹ 王洪臣¹

(1 中国人民大学环境学院, 北京 100872; 2 哈尔滨工业大学城市水资源与水环境国家重点实验室, 哈尔滨 150090)

超滤是以压力为驱动将水质进行净化的技术,是重要的膜分离技术之一。通过超滤技术处理过的水质较好,可超过现代饮用水标准对浊度、杆菌以及病毒的要求,因此,超滤技术成为当今水处理领域的研究热点。低压膜过滤技术已得到全世界范围的广泛认可,其在水处理领域的应用具有巨大的潜力。

运行条件对于实际的膜过滤系统非常重要,适合的操作参数可以很好地控制膜污染。提高整个膜系统的过滤性能和膜的寿命。对于长期运行的膜过程,膜运行条件的选择十分重要,应尽量减少膜污染,从而使膜系统在较长的时间内保持稳定运行。通过中试试验,系统考察运行条件对浸没式超滤膜过滤过程中膜污染的影响,以优化膜系统的运行条件。

1 材料与方法

1.1 原水水质

试验用原水取自苏州内河的一条

支流,由于受生活污水影响,该原水受到一定污染,其水质特点见表1。

表1 中试研究期间苏州内河水的水质特点

水质参数	范围
水温/℃	22 ~ 31.5
pH	7.82 ~ 8.23
浊度/NTU	3.45 ~ 13.41
COD _{Mn} /mg/L	5.16 ~ 7.27
UV ₂₅₄ /cm ⁻¹	0.058 ~ 0.010 8
DOC/mg/L	4.84 ~ 6.52

1.2 试验材料与装置

聚氯乙烯(PVC)超滤膜的主要参数:类型为中空纤维,过滤方式为外压,截留相对分子质量100,接触角67°,内径0.85mm,外径1.45mm。该试验中浸没式超滤膜的中试装置主要由进水系统、预吸附池、混凝反应池、污泥回流系统、平流沉淀池和浸没式超滤膜系统构成。浸没式超滤膜系统中设有曝气、反洗及自控装置,可实现气洗和水洗的自动控制,膜池进水为原水或沉淀池出水,出水方式为泵抽吸,通过设置在浸没式超滤膜组件出水管上的真空压

力表检测跨膜压力。该装置的设计处理水量为5m³/h,混凝反应池分为4格,可以调节混凝时间,平流沉淀池水力停留时间约1.5h。

浸没式超滤膜池的尺寸为170cm×100cm×180cm,按照长度方向平均分为5格。浸没式PVC中空纤维超滤膜的帘式膜组件垂直装于膜池内,膜丝有效长度1.36m,单帘膜面积约8.03m²,一个膜组件中装有3帘膜,膜面积约为24.1m²。

1.3 运行条件

运行条件包括曝气、过滤方式、混凝预处理及反冲洗,分别考察了间歇曝气、间歇过滤、间歇过滤间歇曝气和混凝等在短期或长期膜过滤过程中对浸没超滤膜污染的影响。在用超滤膜直接过滤原水,考察混凝预处理对膜污染影响的试验中,混凝剂采用聚合氯化铝,投加量为10~15mg/L。膜通量均采用20L/(m²·h)。采取的运行方式中,间歇曝气为曝气1min,停

止9min; 间歇过滤为过滤9min, 停止1min, 不曝气; 间歇过滤间歇曝气则为膜过滤9min, 停止1min, 间歇曝气采用曝气1min, 停止9min的方式, 1min的曝气正好在膜停止过滤的时段进行。水力反洗为每24h对浸没式超滤膜反洗1次, 每次反洗5min, 反冲强度为 $60\text{L}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ 。

2 结果与讨论

2.1 曝气对超滤膜运行TMP的影响

不同曝气强度条件下, 连续和间歇曝气在24h的时间内对超滤膜处理苏州内河水运行TMP的影响结果是: 在无曝气条件下, 膜直接过滤原水, TMP由 14.5kPa 升高到 38kPa , 增加了 23.5kPa 。连续曝气可以缓解膜污染, 当连续曝气的强度分别为 $10\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、 $20\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、 $40\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 和 $60\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时, 膜过滤过程中的TMP分别增加 18.5kPa 、 8.8kPa 、 7.2kPa 和 6kPa 。可见, 连续曝气时曝气达到一定强度(试验中是 $20\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$)后, 再提高曝气强度对膜运行TMP的影响显著减小。曝气通过气泡在膜丝表面的振动和摩擦等作用, 使在膜过滤过程中形成的污泥层松动、脱落, 因此曝气可作为一种控制膜污染的方式。

间歇曝气也可缓解膜污染, 当间歇曝气的强度分别为 $20\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、 $40\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、 $60\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 和 $80\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时, 膜过滤过程中的TMP分别增加 19.5kPa 、 12.3kPa 、 8.8kPa 和 7.8kPa 。可见, 随着曝气强度的增加, 膜运行的TMP会降低, 但曝气达到一定强度(试验中是 $40\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$)后, 再提高曝气强度对膜运行TMP的影响显著减小。这表明, 在浸没式超滤膜的实际应用过程中应选择合理的曝气强度, 否则既耗能又

不能对膜污染起到更好的缓解作用。

2.2 过滤方式对超滤膜运行TMP的影响

试验中对比了连续过滤、间歇过滤和间歇过滤间歇曝气三种过滤方式在24h内对超滤膜运行TMP的影响。间歇过滤过程中, 膜运行TMP比连续运行时略有降低, TMP由 15kPa 升高至 35.5kPa , 增加了 20.5kPa , 连续运行时TMP增加了 23.5kPa , 表明间歇过滤对膜污染的缓解作用只是由于膜过滤时间的减少。

间歇过滤间歇曝气条件下, 膜运行TMP比连续运行时有较大程度降低, 该试验条件下膜过滤的TMP由 14kPa 升高至 23.6kPa , 增加了 9.6kPa , 这表明在过滤间隙进行曝气可使膜表面的污泥层得到及时消除, 间歇过滤间歇曝气方式对膜污染有较好的缓解作用。

2.3 混凝预处理对超滤膜运行TMP的影响

试验考察了混凝预处理以及混凝+间歇过滤间歇曝气方式在24h内对超滤膜运行TMP的影响。膜过滤混凝沉淀后的出水, 在24h内TMP从 13.5kPa 升高到 22.4kPa , 增加了 8.9kPa , 混凝+间歇过滤间歇曝气条件下, 在24h内TMP从 14kPa 升高到 18.6kPa , 增加了 4.6kPa 。可见, 混凝对悬浮颗粒物和有机大分子有机物有较好的去除作用, 混凝预处理可以降低膜过滤过程中的TMP, 而且采用间歇过滤间歇曝气的方式, 膜运行TMP可以进一步降低, 这表明预处理与间歇过滤间歇曝气方式相结合可以较好地缓解浸没式超滤膜在实际运行当中的膜污染。

2.4 反冲洗对超滤膜运行TMP的影响

随着过滤时间的延长, 膜池内的污染物浓度会增加, 造成膜的透水

性下降。虽然曝气通过擦洗作用可以在一定程度上去除膜表面的污染层, 但对去除膜孔内部的污染却作用不大。因此, 当过滤达到一定程度后, 需要对膜进行反冲洗并及时排放膜池内的混合液。

试验中每24h对浸没式超滤膜反洗一次, 每次反洗5min, 反冲强度为 $60\text{L}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ 。试验期间, 不同运行条件下超滤膜反冲洗前后TMP的变化情况是: 在连续过滤无曝气的运行条件下, 膜过滤原水的过程中, 反洗可将TMP降低 $13 \sim 18\text{kPa}$, 膜过滤混凝沉淀出水的过程中, 反洗可将TMP降低 $2.5 \sim 6\text{kPa}$ 。在间歇过滤间歇曝气的运行条件下, 膜过滤原水过程中, 反洗可将TMP降低 $4.5 \sim 14.5\text{kPa}$, 膜过滤混凝沉淀出水的过程中反洗可将TMP降低 $0.5 \sim 1.2\text{kPa}$ 。可见, 反冲洗对膜污染有较好的控制效果。虽然反冲洗不但能去除孔内和孔口的污染, 还能通过水力冲洗去除膜表面的污染物质, 但水力反洗一般会消耗超滤产水, 降低产水率, 因此, 在实际膜过滤过程中宜将曝气和水力反洗等运行条件进行优化。

3 结论

在浸没式超滤膜处理苏州内河水的中试试验中, 间歇曝气和连续曝气均能有效缓解膜污染, 但在实际应用过程中应选择合理的曝气强度, 因为曝气强度过大会导致能耗升高, 并且对膜污染不能起到更好的缓解作用。间歇曝气和间歇过滤相结合可以较好地控制膜污染。混凝预处理可有效降低膜运行的TMP, 其与曝气和反洗方式相结合可以更好地缓解膜污染。在膜技术实际应用中应考虑将适当的预处理与合理的曝气反洗方式相结合, 以维持膜系统的长期稳定运行。