

2.4.38-1 淨水設備－MF/UF 薄膜系統

一、設備名稱：MF/UF 薄膜系統

二、設備說明：

薄膜過濾法基本上係以薄膜為濾材，當原水以高壓通過薄膜時，水中不純物質被薄膜分離而去除的一種淨水方式。其分離機制仍照以往之分離方式，即大於薄膜孔徑之物質因遭薄膜阻擋而分離，進而獲得濁度極低之清水。充分了解這些特性，對維護管理之臻於至善相當重要。

在水處理領域中之薄膜過濾，大致上以微濾法(簡稱 MF)及超濾法(簡稱 UF)為主。這種過濾法與傳統之慢濾法及快濾法，同為去除濁度之淨水處理方式。逆滲透法(Reverse Osmosis 簡稱 RO)係以去除原水(海水、鹽水等)中之離子為主。至於奈濾法(簡稱 NF)則以去除溶解性物質為主，惟其日後之普及性尚待提升，故在薄膜過濾法領域中，只就目前逐漸被採用之微濾法(MF)及超濾法(UF)兩種過濾法及海水淡化之逆滲透過濾法。

微濾膜及超濾膜是一種以壓力驅動之薄膜過濾技術。微濾的結構為網篩型，孔徑範圍在 $0.05\sim 5\mu\text{m}$ ，因而微濾過程是滿足篩分機理，可去除 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 的物質及尺寸大小相近的其他雜質，如細菌、藻類等。其操作壓力一般小於 0.3MPa ，典型操作壓力為 $0.07\sim 0.2\text{MPa}$ 。

超濾是介於微濾及奈濾之間的一個壓力驅動過程，其實三者並無明顯的分界線。一般而言，超濾的截留分子量在 $500\sim 300,000$ ，而相應的孔徑在 $5\sim 100\text{nm}$ 之間。滲透壓很小，一般為 $0.1\sim 0.5\text{MPa}$ 。由於超濾膜具有精密的微細孔，當原水流過薄膜表面時，在壓力的作用下，水、無機鹽和溶解性有機物等小分子物質可透過薄膜；而水中的懸浮物、膠體、微粒、細菌和病毒等大分子物質則被截留，從而完成水的淨化過程。

薄膜過濾法依可分離物質之範圍及所施予之驅動力分為兩大類：

(一)依分離物質機制分類

- 1.根據尺寸差別(篩分作用)加以分離之微濾法、超濾法(UF)及透析法
- 2.根據溶解度或薄膜內材質之擴散性(溶液-擴散機制)加以分離之逆滲透法(RO 及 PV)
- 3.根據物種之帶電荷(電化學效應)加以分離之電氣透析(ED)與東楠(Donnan)透析；若依薄膜結構來分，則可分為大孔徑、中孔徑、小孔徑與非孔性。

(二)依所施驅動力機制分類

- 1.電氣透析是屬於以電勢梯度作為驅動力的一種處理方法。
- 2.利用壓差，產生相(phase)變化及化學變化，進而將懸浮物質、膠體與有機物等，加以分離的一種處理方法。

薄膜之材質包含有機膜及無機膜兩大類。另依其材質除有親水性及疏水性之差異，尚有耐熱性及耐藥性高低之分別，故對薄膜之保管及進行物理性清洗、藥品清洗時，應十分留意材質之特性。

(一)有機膜材料

有機膜的材料包括：聚乙烯、醋酸纖維質、聚丙烯腈、聚丙烯、聚偏二乙烯、四氟化乙烯(PTFE)、聚砵、鐵氟龍、聚酯砵、聚醚砵、纖維素衍生物、聚醯胺、聚偏二氟乙烯樹脂等。

(二)無機膜材料

無機膜的材料包括： γ -氧化鋁/ α -氧化鋁、氧化鋯、氧化鈦、二氧化鋯/不鏽鋼或二氧化鋯/碳等陶瓷為主。無機膜比有機膜之耐久性、耐熱性及耐藥性強，且物理強度也較強為其特點，但因耐衝擊性較弱，故處理上應加以留意。

薄膜模組(Membrane Modules)係將薄膜、支撐材(Supporter)及水流通路用之間隔片(Spacer)等材料，全部一起裝入容器內(Casing)，作為過濾裝置之單元。薄膜模組之通水方法分為外壓式及內壓式兩種。前者是進流水自薄

膜外側流入，在薄膜內側獲得過濾水；後者則是進流水自薄膜內側流入，在薄膜外側獲得過濾水。

薄膜組件形式包括管式、板式、中空纖維式、螺捲式、單體型式、圓盤式和盒式等七種。對於大規模之水處理則多採用中空纖維式及管式模組。無機膜目前只有管式模組商品化。

(一)管(Tube)式

做成之管式模組裝置是在多孔質圓管的內壁或外壁直接塗上或裝上外徑 3~15 公釐程度之圓筒管狀薄膜而成。管式裝置可分為內壓式及外壓式。以管的尺寸可分為粗管、細管、空心面條式管、短管和長管。按其形狀可分為直管、U 型管、螺捲管。依管的組合方式又可分為單管、列管、管束和套管。

管式超濾膜裝置優點是流體在膜面上的流動狀態好，有利於控制濃度極化和膜的污染，可以處理高濃度懸浮顆粒的原水，缺點是投資和運轉費用高、薄膜的填充密度(指單位模組體積所提供之膜過濾面積)小、佔地面積大、裝置的彎頭連接較多且安裝工作量大。

(二)板(Plate)式

板式裝置中的模組呈平板形，是由數十張至數百張薄膜組合而成薄膜堆，這種結構一般皆要有固定薄膜堆所需的封板螺栓或框架等。其優點是結構比較簡單、組裝方便、可拆性強、更換膜費用少、且易於工業化連續生產、投資和運轉費用較管式模組略低，缺點是薄膜的填充密度小、佔地面積大，較廣泛應用在純水的製造和溶液的濃縮分離等。

(三)中空纖維式

由外徑 0.5~3mm 程度之中空纖維薄膜集積而成，常用數千支至數十萬支左右所構成之模組。與其他模組裝置相比，中空纖維式模組裝置的最大優點，在於它沒有膜支撐材料，而是靠空心纖維本身的強度承擔工作壓力。這種模組一般分為內壓式和外壓式，其最大的優越性

是它具有最大的填充密度、製作成本低、佔地面積小、工作效率高；缺點是進流水水質要求比較嚴(污泥密度指數 < 3)、清洗比較困難、發現斷絲或破漏現象時難以彌補，但在淨水處理領域則被廣泛應用。

(四)螺捲式

螺捲式構造實際上是板式構造的變形，主要是在兩張平面薄膜之間夾著作為水流通路用之間隔片(spacer)，並以模組開口部所裝置之過濾水集水管為中心，捲成圓筒狀之模組。膜的外側鋪設原水導流網，膜的三邊用黏接劑貼接密封，一端開口與中心管連接，中心管上有許多小孔以收集透過水。螺捲式的薄膜元件裝入容器內，原水在膜面穿過導流網，平行於中心管流動，濃縮水從另一端引出。螺捲式超濾組件之組合比較靈活，在一個容器內可裝一個或多個膜元件，其優點是投資和運轉費用低、膜的填充密度大、佔地面積小、工作效率高，缺點是膜面污染物清洗較難，一旦發現有膜破漏現象，需要更換整根膜元件，故在應用上受到較大限制。

(五)單體式

單體式是以數支柱狀無機膜(陶瓷製品)作為水流通路的支持體，其內部再以薄膜為壁面所組成之模組。

模組設置方式包含以下兩種，裝箱方式(incasing type)將薄膜元件(elements)置於容器中形成模組，再用泵將原水壓入容器中使之進行薄膜過濾。槽浸泡方式(tank-submerged type)將薄膜浸置於槽中，藉由槽中之水位差，起動泵進行過濾。

薄膜過濾方式分為全量過濾及切線流過濾。全量過濾方式係薄膜之進流水並非循環供給，而是水流方向面對薄膜，與砂濾一樣全部正面流經薄膜之方式。此方式因其過濾抵抗阻力高，致須使用抑制薄膜阻塞之抗垢劑，比切線流過濾方式使用之動力費較少。切線流過濾方式則是進流水順著薄膜水平方向循環流動，懸浮物或膠體等不至於堆積在薄膜表面上。薄膜表面上之流速即為其進流水流速，因水流與薄膜表面平行，故懸浮物質不易

附著，因此過濾抵抗阻力不高。在藥品清洗時間之間隔上比全量過濾方式長，薄膜表面流速高時其動力費則比較高。

三、維護方式

(一)運轉管理之基本事項

1.添加藥劑

使用薄膜過濾處理法，在處理過程中可節省藥品使用量為其最大之優點，但因應原水水質之變化，需添加少量之膠凝劑以提高過濾效果。一般使用之膠凝劑有硫酸鋁(Alum)及多元聚合氯化鋁(PAC)，其效果除可阻止維繫懸濁物質之膠羽侵入薄膜內部外，可提高腐植質及色度成份之去除率。

使用薄膜設備處理污濁之原水，除須有充分之前處理及後處理設備外，亦須選用適當對應之薄膜模組，以茲應對。因為當原水濁度高時，若用反洗等物理方式進行薄膜清洗時，不但無法將模組內的濁質完全排除乾淨，且有造成模組中原水流路被阻塞之虞。因此須選用抗阻塞性較強的模組。有此薄膜處理設備之前段須設置微篩(Strainer)及膠凝設備。

使用 MF 膜時，添加膠凝劑可改善薄膜之污染程度，降低過濾抵抗、抑制薄膜壓差之上升、並阻止雜質侵入薄膜細孔內，因此原水中之濁質高或濁度變動大時，若設有膠凝處理設備，則可確保薄膜過濾之性能維持在安定狀態下。至於 UF 膜因其孔徑較小，不像 MF 膜添加膠凝劑可改善薄膜污染效果，故不需添加膠凝劑。

在反沖洗時添加氯氣。前加氯雖可抑制設備內細菌及微生物之繁殖，但也會導致少量三鹵甲烷之生成，而且以醋酸纖維質系列為薄膜材質者，會因微生物之繁殖而劣化，故非添加氯氣不可。

2.運轉管理監視事項

薄膜進流水之水溫、濁度及 pH 值等，是運轉管理穩定進行上，必要監視之事項。另外薄膜過濾水之濁度、**薄膜**過濾通量及薄膜壓差等，是判斷薄膜污垢及薄膜損傷等困擾問題之重要監視項目，茲詳述如下：

(1)水溫、原水濁度、pH 值

超濾系統的運轉管理與原水水質有密切關聯性。原水的濁度和 TOC 是重要的控制參數，為了使其單位製水成本趨於最小，宜採用自動方式以實現處理場操作之最佳化。通常進水壓力和濁度的大小，用於耗能優化，控制系統運轉方式(如全量流方式和切線流方式等)，有時壓力上限可用以確定反沖洗的頻率，而 UV₂₄₅/TOC 值(單位有機碳的紫外吸光度，簡稱比 UV 吸光值(SUVA)或是芬香度，可反應水中有機物碳的紫外吸光度構造化程度)主要用於控制超濾膜的進水流量。這種過程控制的優點在於節省能源及減少藥品清洗之要求。

水溫降低時不僅水的黏滯係數會上升，也會招致薄膜壓差之上升，因而大大影響薄膜過濾設備之運轉，故水溫應經常加以監視。原水濁度可能引起污垢，特別是濁度高的情況下更有此強烈的傾向，故應經常加以監視。pH 值在必要情況下也應加以監視。

(2)薄膜過濾水之濁度

發生薄膜損傷等情況時，薄膜過濾水之濁度及微小粒子數會上升，因而招致處理水質之惡化。薄膜過濾水之濁度及微小粒子數持續測定並予記錄，在薄膜過濾設備狀態之管理上非常重要。

(3)薄膜壓差

薄膜壓差在運轉開始後，起初藉由物理清洗大都可以恢復其功能，但持續進行運轉時，薄膜污垢將隨著慢慢上升。

因此在持續運轉時，若藉由物理清洗仍無法恢復過濾能力，此時便須進行藥品清洗。

另外，急劇產生污垢之情況時，也會發生薄膜異常壓差上升現象，造成薄膜過濾水流量變小，縱使在水溫低之情況下，薄膜壓差也會變大。依上述理由，為能適當的進行藥品清洗以應付異常之情況，薄膜壓差須予監視並加以記錄。

(4) 薄膜模組更換時刻

進行藥品清洗初期，尚可使薄膜壓差回升到所定之值，但若無法獲得所定之薄膜持續過濾時間，會進而造成薄膜損傷及薄膜劣化等。若薄膜過濾水濁度持續超過設定值以上致無法修補時，薄膜模組須予更換。

(5) 薄膜過濾水通量

薄膜過濾水通量是單位時間通過薄膜單位面積之水量， $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 表示。薄膜過濾水通量，不僅是影響設備之設計、運轉管理、經濟評估之重要因素，也與操作壓力保持著相互之關連性。

要適當設定薄膜過濾水通量，須綜合判斷構成薄膜過濾系統、設備成本、運轉成本、運轉管理之容易性等要素。薄膜過濾設備長期運轉後，因薄膜會慢慢結垢致無法獲得必要之過濾水量。此時須依賴藥品清洗使之再生。惟經藥品清洗後，如仍無法充分回復原有薄膜功能，即須以正常的模組加以更換。

3. 薄膜模組保管等應注意事項

(1) 薄膜模組、薄膜元件之保管

在有機薄膜之 MF/UF、薄膜模組及元件尚未使用前就加以保管，或者薄膜模組裝在薄膜過濾設備上，長期停止運轉

之情況下，為防止微生物之繁殖，應加入經指定之保存液(也可浸泡在保存液中)；至於無機薄膜之薄膜元件在尚未使用前就加以保管時，雖經凍結、乾燥及長期保管，在化學上或生物學上雖然暫且不發生問題，但須注意避免掉落受到衝擊。另外，無機薄膜之模組裝在過濾設備上，在長期停止運轉之情況下，為防止因微生物之繁殖致污染薄膜，尚應以次氯酸鈉溶液予以封存。

(2) 保管場所

薄膜模組遇陽光直射會因高溫而變質；反之，若處於潮濕狀態則易遭細菌污染，故保管時應放置在陰冷的場所，以避免高溫或潮濕。

(3) 開始運轉時之措施

尚未使用或正在保管中的薄膜模組，其為輸送、保管之需要所封存之保存液，在開始運轉前須先予以洗淨。

一般而言，無機膜均以乾燥狀態保存，以乾燥狀態保存之薄膜大都在原水通水後即可獲得清水，但因薄膜表面上塗有甘油或界面活性劑，故必須以藥品加以充分洗淨。至於有機膜有些是可以濕潤狀態予以保存。在保存中為免表面生成黴菌或細菌，大都封入福馬林(Formalin)或次氯酸鈉溶液中，故取出安裝前須將防腐劑充分洗淨，封在次氯酸鈉溶液中之薄膜更須在安裝後，再以原水通水洗淨。另外，油脂不僅會使薄膜材質劣化，還會將細孔阻塞，徒使薄膜過濾遭到不良影響，連帶的使薄膜過濾水水質惡化，故在機械工程施工時，必須非常留意，避免讓油脂流入模組內。

4. 使用過薄膜模組之處理

薄膜模組使用過後做廢棄處理，須遵照「廢棄物清理法」及相關規定辦理，有機薄膜是屬於產業廢棄物之「塑膠類」；無機薄膜

(陶瓷)應該是屬於「陶瓷類」。使用過之薄膜模組大都由業者自行回收，再以產業廢棄物加以處理。

5.停止運轉時應注意事項

停止運轉前須先將薄膜表面附著之濁質以反沖洗法充分洗淨，若欲長期停止運轉，更須以藥品加以洗淨，並封入適當之溶液加以保存。若只短期停止 1 至 2 週。則可只封入次氯酸鈉溶液中，以防止微生物或黏質物之產生。在停止運轉期間，薄膜模組有可能被微生物污染，故使用它開始運轉時，薄膜及配管等有關之材料，特別是在儘可能方便之下，須事先用次氯酸鈉等予以消毒充分洗淨之。

6.重新開始運轉時應注意事項

重新開始運轉時，若模組封在溶液中，應將其內外部充分洗淨；若未封在溶液中，應包括下游之配管先行消毒並充分洗淨。另因機械工程而停止運轉時，俟完工後配管內之機械油、切屑、油脂等應充分予以洗淨。

7.突然停電時應注意事項

為維持停電時淨水設施之機能，應就必要應對部分之容量設置備用電源，若能於短時間復電，為確保出水水質之衛生性，須有確保持續消毒設備之備用電源。另為防止槽類之溢流或洩水，其相關之閥類應採用自動關閉型，並考慮其備用電源。

至於薄膜方面，有些薄膜會因乾燥而影響其性能，故停電時應避免洩水；若需長時間才能復電，為防止微生物黏質物之污染，再次重新開始運轉時，須先以清水充分洗淨。

四、檢查項目週期及內容

檢驗別	檢驗週期	檢驗項目內容
定期檢驗	每季	薄膜過濾水流量、薄膜壓差、薄膜出入口壓力
		薄膜過濾水水質之確認(濁度、餘氯等)
		薄膜過濾進流水水質之確認(濁度、pH 值、水溫等)
		藥品貯存槽液位下降之確認(混凝劑、次氯酸鈉等)
		循環水量(切線流過濾時)
		清洗狀況之確認(水量、空氣量、水壓、空氣壓、反沖洗時間等)
		清洗排水餘氯之確認
		藥品加入量之確認
		微篩及網篩流入及流出壓力之測定
		各種泵與空氣壓縮機震動時之聲音、壓力之測定
		確認添加氯氣及膠凝劑之加入量

五、文件管制

藉由巡迴、檢查點發現故障或不順暢時，不僅須進行詳細之清查，就其狀態及原因加以確認，且須加以修理或補強。為此，日報、月報等之清查、設備內容之正確記錄，並妥為保存。

六、注意事項

薄膜過濾設施是由前處理、薄膜處理、後處理等之土建、管線、電氣、機械及儀表設備等所構成之系統。定期性之巡視、實施清查，並掌握各種設備、機械類等之狀態、早期發現故障或異常，俾加以修補及整合，對薄膜過濾設施經常保持穩定運轉狀態非常重要。當薄膜過濾設備發生異常狀況，應講求迅速切實措施，另有關設備發生事故之戒備，以及緊急時可予應變之體制，應力求完備。

做好清查，各種設備、機械等之清查項目、清查週期及其方法等之內容，詳細清查要領，須預先加以訂定。在此情形下，依各種設備及機械之

種類、規模、特性及設置場所的重要性等，清查內容將互有差異，故依成為對象之設備、機器的重要性、使用頻率及經歷時間等之實際狀態，加以綜合訂定是非常重要的。薄膜過濾設施之反沖洗次數比快濾設施多，故與反沖洗相關之泵、閥類等，容易因摩擦造成劣化等。機器類零件之更換及儀表機器檢查點之清洗、校正等，必須做定期性預防上之整合。

自來水設備檢驗報告表

編號：04-38-01-A

檢驗日期： 年 月 日

設備名稱	MF/UF 薄膜系統			
檢驗期程	☐ 日檢 ☐ 週檢 ☐ 月檢 ☒ 季檢 ☐ 半年檢 ☐ 年檢 ☐ 其他_____			
設備形式				設備編號
設備地點		數量		檢驗單位
檢驗細項		檢驗方法/標準	實際 檢驗情形	檢驗結果
1	薄膜過濾水流量、薄膜壓差、薄膜出入口壓力	量測/_____ 量測/_____		
2	薄膜過濾水水質之確認(濁度、餘氯等)	量測/____NTU 量測/____mg/L		
3	薄膜過濾進流水水質之確認(濁度、pH 值、水溫等)	量測/____NTU 量測/____ 量測/____℃		
4	藥品貯存槽液位下降之確認(混凝劑、次氯酸鈉等)	目視/有無		
5	循環水量(切線流過濾時)	目視/有無		
6	清洗狀況之確認(水量、空氣量、水壓、空氣壓、反沖洗時間等)	目視/有無		
7	清洗排水餘氯之確認	目視/有無		
8	藥品加入量之確認	目視/有無		
9	微篩及網篩流入及流出壓力之測定	目視/有無		
10	各種泵與空氣壓縮機震動時之聲音、壓力之測定	目視/有無		
11	確認添加氯氣及膠凝劑之加入量	目視/有無		
12				
13				
14				
15				
預計改善期限		年 月 日		
檢驗人員		審核人員		批示
備註： 1.檢驗結果合格者註明「√」，不合格者註明「×」，如無需檢驗之細項則打「/」。 2.檢驗有缺失應填具「缺失改善報告表」進行追蹤改善。 3.本表由檢驗人員實地檢驗後覈實記載。				

自來水設備檢驗缺失改善報告表

編號：04-38-01-B

檢驗日期： 年 月 日

設備名稱	MF/UF 薄膜系統				
改善日期	年 月 日 ~ 年 月 日				
設備形式				設備編號	
設備地點		數量		檢驗單位	
缺失項目		缺失狀況		改善過程/結果	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
備註： 1. 2.					
填報人員		審核人員		批示	