

## 廢(污)水處理類

# 染整前處理廢水回收過濾再利用 模廠案例分享

吳孟育\*、林彥儕\*\*

### 摘 要

紡織品是民生不可或缺的必需品，卻也是高耗能及耗水資源的產業，現今服飾講求多功能紡織，製程改變導致耗水量日趨增加；加上氣候變遷近年來國內的梅雨與颱風季減少，導致乾季時間更長、造成缺水風險，故水資源再利用是產業重要議題。若能將染整流程中整理段廢水現地處理後直接回收使用，除可節省水的消耗外，亦能節省製程藥品的使用量還能減輕後續廢水處理的負荷，為本專案探討之重點。

織物在染色前需先前處理加工，分別為退漿、水洗、解撚、精練、漂白等過程，為了防止經紗斷裂，會在織造前對經紗進行上漿處理，以提高經紗的斷裂強度和耐磨損性。胚布上漿料的存在若無法完整去除則不利後續的流程，因此退漿過程是織物前處理的基礎，該過程可以去除織物上大部分的漿料和部分天然雜質，以利後續的加工。解撚段是將強撚的布鬆開，紗線中油脂去除洗淨達到布種收縮效果，會使用到不少水量進行此工段。

本文探討 2 股廢水主要以退漿及解撚製程為優先，使用氧化劑在鹼性環境下進行退漿及解撚，藥劑有螯合分散劑、乳化精練劑、過硫酸鈉和液鹼 (45%)，該股水質特性 pH 7.0~12.0，溫度約 80~90 °C，現況該水源經過熱交換器回收熱能後直接排放，

#### 44 染整前處理廢水回收過濾再利用模廠案例分享

排放水量約 100~130 CMD，由於漿料及雜質造成水中濁度高，約 300~900 NTU，其中較為棘手是高溫、高 pH 條件下對許多膜過濾材料是一大挑戰。

本文以現地模廠及規劃日後實廠建置案例進行說明，採用有機高分子管式膜採內壓式過濾對該股水源進行回收再利用，該濾材優勢為切向流型式不易堵塞、可處理高固含量、高濃度之廢液。經過處理後濁度降至 3 NTU，去除率高達 97%，每日可以省下近 100 CMD 的解摻退漿整理流程用水量。

【關鍵字】節水(Water conservation)、廢水回收模廠測試(Wastewater recycle pilot test)、有機高分子管式膜(Organic Polymer Tubular Membrane)、內壓式過濾(Inside-out)、退漿(Desizing)、現地處理(On-site treatment)

\* 宏遠興業股份有限公司  
\*\* 宏遠興業股份有限公司

副理  
股長

## 一、前言

有鑑於全世界資源永續意識日見抬頭，為推動水資源之有效利用，降低環境負荷。因此，必須提升原料使用效率，降低生產失敗成本，並可減少污染排放。從產品開發之可行性技術達成污染減量、節能減碳、促進水資源與廢棄物循環再利用、維護環境等，而以重新思考 (Rethink)、重新設計產品或流程 (Redesign)、減量 (Reduce)、重複使用 (Reuse)、修復 (Repair)、再生 (Recycle)、生態復原 (Recovery) 等，進一步達成經濟面、社會面與環境面均衡發展。

紡織染整業是極耗水資源的產業，為 6 大耗水產業之一。現今服飾講求多功能紡織導致耗水量日趨增大；加上全球暖化近年來國內的梅雨季或颱風季減少，導致乾季時間更長、造成缺水風險，因此紡織染整業的水資源再利用為重要的議題。以 2023 年為例，統計全廠每月平均使用水量為 15 萬噸，其中染整製程用水 10 萬噸，占比全廠將近 70% 的用水量，因此，若能有效將染整廢水處理回收再利用，將可提升用水效率，節省水的消耗及能節省製程藥品的使用量並減輕後續廢水處理的負擔，達到水資源永續再利用目標。

另外，近年來，紡織產品所需機能性逐漸增加，染料與染助劑所訴求功能性日新月異，且染整各製程單元及原料纖維種類不同，所使用的加工方法、添加藥劑及用水量亦不相同，根據染整製程特性將用水分為三大部分 (經濟部, 2018)：

1. 製程用水，其中分為，前處理 (退漿、水洗、解摺、精練 .. 等) 和染色兩大項；
2. 設備冷卻水和鍋爐蒸汽冷凝水；
3. 公共區及環境清潔用水。

退漿是前處理中的重點，在織布過程中，為了防止經紗斷裂，會在織布前對經紗進行上漿處理，以提高經紗的斷裂強度和耐磨損性，但原布上漿料的存在反而不利後續的加工 (誠興貿易有限公司, n.d.)。退漿不僅可以去除織物上大部分的漿料外，同時將紡織纖維上的雜質去除，以利後續的加工。常用的退漿的方法有酶、鹼、酸和氧化劑退漿等。

本文研究的退漿機是使用氧化劑在鹼性環境下進行退漿，使用的藥劑有螯合分散劑、乳化精練劑、過硫酸鈉和液鹼 (45%)。針對退漿及水洗製程用水單元，個別進行廢水處理，達到退漿製程之用水標準，回收於退漿製程重複使用，解撚製程亦同。藉由該兩股廢水回收再重複使用，可減少新鮮水的使用量，提高回收率外，還能節省廢水處理費並減少製程藥劑用量，達到節省能源與降低生產成本之目標。

## 二、處理廢水調查與回收方法

### (一) 現況調查

以 2023 年統計染整製程用水量平均 3,500 CMD，占比全廠將近 70% 的用水量，目前廠內的退漿製程流程主要分為垂掛式無張力退漿機 Boil-Off (BO) 與鬆弛收縮解撚 Relax (RE)，其中 BO 排水量較多，排放量為 200~250 CMD，RE 則排出 100~120 CMD 廢水。

1. 垂掛式無張力退漿機 Boil-Off (BO)：是由多座水槽組成的設備，水槽分別為預濕槽、退漿主槽、水洗槽兩座及冷卻槽，主槽是 BO 的工段核心，透過化學藥品與高溫高鹼環境下除去織物的漿料與雜質，其中主槽及水洗槽 A 廢水排放經過熱交換器回收熱能後直接排放至廢水廠處理，水洗槽 B 與冷卻槽溢流水則會分別回到上一槽回收再使用，其設備流程如圖 1 所示：

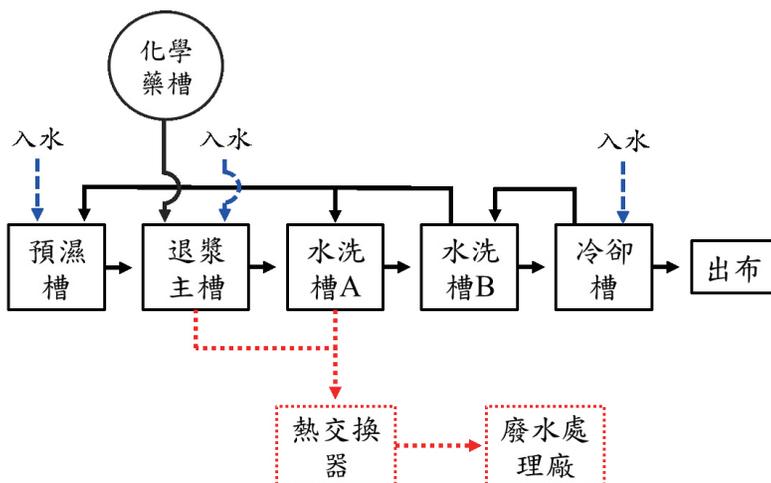


圖 1 垂掛式無張力退漿機 BO 退漿流程圖

2. 鬆弛收縮解攪 Relax (RE)：布種視情況要達到收縮效果時，才會進入此製程，相較於 BO 需要五座水槽進行工段，RE 是由 1 台染缸進行該工段，用水與廢水量較少，RE 工段需入二次軟水，第一次的軟水經過加藥等工段後，會將缸內的廢水排放經過熱交換器回收熱能後直接排放至廢水廠，第二次入水經行工段後這股水不會進行排放，會將剩餘的水留給第一次入水延續使用，其操作流程如圖 2 所示：

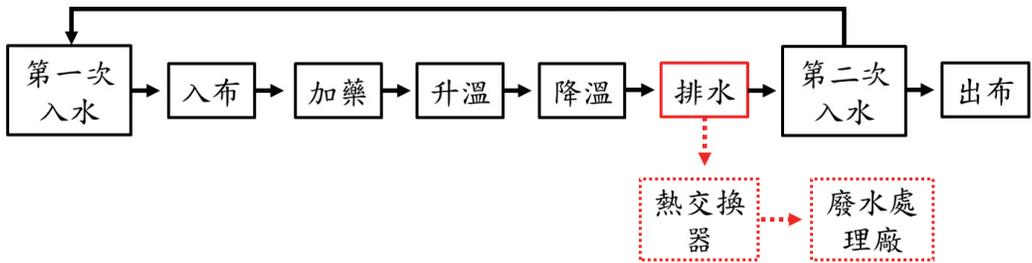


圖 2 鬆弛收縮解攪 RE 退漿流程圖

(二) 廢水特性

該 2 股廢水主要含有織物上的污物、油脂及不同比例混合漿料 ( 壓克力、PVA 及澱粉漿料 )，特性為高溫、高 pH、高濁度。依照退漿方式及處理布種不同而產生不同特性的廢水，其差異參閱表 1。

表 1 退漿水質特性差異表

退漿方式	處理布種	水溫 (°C)	pH	濁度 (NTU)	懸浮固體物 (mg/L)	導電度 (µs/cm)	化學需氧量 (mg/L)
BO	不限	80~90	11~12	600~900	200~400	14,000~16,000	9,000~12,000
RE	Nylon	55~65	7~9	50~200	50~100	1,000~2,000	300~1,000
	Poly	65~75	10~12	200~400	100~200	4,000~8,000	1,000~3,000

### (三) 處理技術

依水質特性大致可分為：物理處理法(分離)、化學處理法(加藥混凝)及生物處理法(活性污泥或厭氧處理)。其中物理與化學處理法所需處理時間較短，且可用於處理高 COD 之廢水；但化學處理法因添加化學藥品改變廢水中的化學性質，重複回到製程使用恐有污染產品之疑慮，因此本文研究以物理處理法為主。物理方法主要以分離方式回收廢水中不溶解的懸浮狀物質，在處理過程中並不會改變其化學性質，且操作方式簡單。常用的方法分別為：重力/離心分離法、膜過濾法、蒸發法及結晶法。

膜過濾技術 (Membrane filtration) 為廣泛使用的分離與純化技術之一，主要是透過半透膜 (Semi permeable membrane) 將不同物質、粒子或分子選擇性的通過達到過濾效果。過濾方式主要分為直流式過濾 (Direct Flow Filtration, DFF)(如圖 3 所示) 及切向流過濾 (Tangential Flow Filtration, TFF) (如圖 4 所示)。

直流式過濾是傳統的過濾方法，液體流向垂直於膜的表面，靠著正壓(如：擠壓)或負壓(如：真空)提供動力過濾大分子物質，但此方式會讓膜表面迅速生成高濃度的凝膠層 (Gel layer)，造成過濾樣品會殘留在膜表面且效率會急劇下降。(欣梗科技股份有限公司, n.d.)

切向流過濾液體流向平行於膜表面，藉由壓差原理推動溶質或小分子物質以垂直流向通過濾膜，當液體以一定速度連續流過膜表面時，除了過濾外也對膜表面進行了沖洗，使膜表面不易形成凝膠層，從而保持穩定的過濾速度。切向流過濾該系統的優點為 (1) 節省能源；(2) 清洗方便；(3) 提高產量效率與品質管理。(欣梗科技股份有限公司, n.d.)

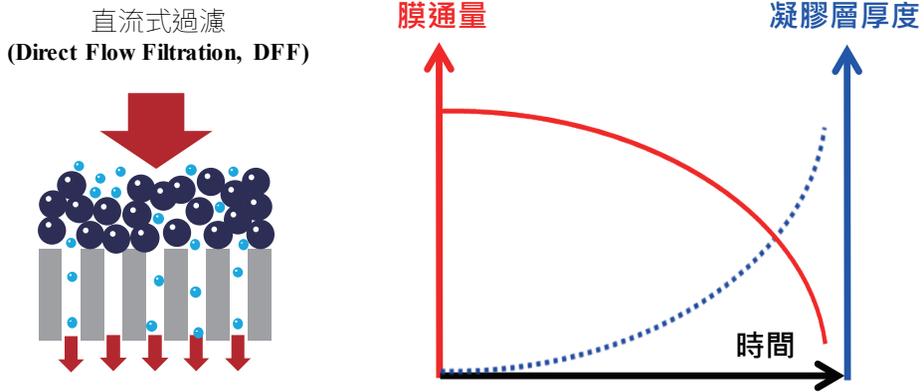


圖 3 直流式過濾 (Direct Flow Filtration, DFF) 工作示意圖

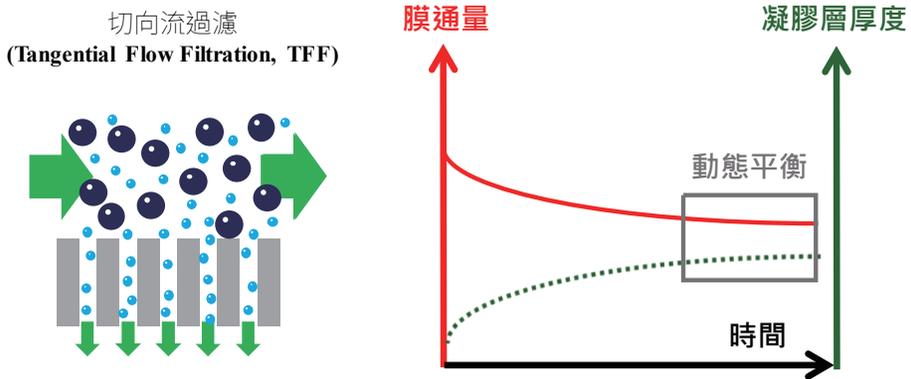


圖 4 切向流過濾 (Tangential Flow Filtration, TFF) 工作示意圖

市面上常見的 TFF 過濾膜依型式可分為：平板式 (Flat plate)，又稱為卡匣式 (Cassette)；卷式 (Spiral wound) 及中空纖維膜 (Hollow fiber)；但這些膜型式的入水條件不適合高溫、高 pH 及高油脂的退漿廢水 (洛科儀器股份有限公司, n.d.)。

有機管式膜是近幾年來創新的 TFF 過濾膜型式，與其它膜型式比較參閱表 2，有機管式膜特點在於流道較寬，對於進料之液體無嚴格要求，可處理高固含量、高濃度之液體，耐壓性高，不會像中空纖維有斷根之現象，後續維護及清洗過程簡單，有化學及物理清洗，皆可線上操作，節省人力 (大成過濾材料有限公司, 2020)。



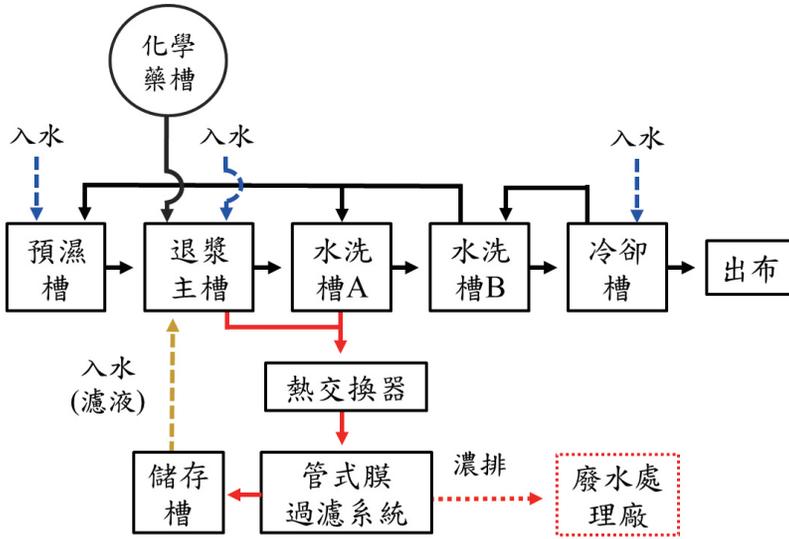


圖 5 BO 廢水連接管式膜系統流程圖

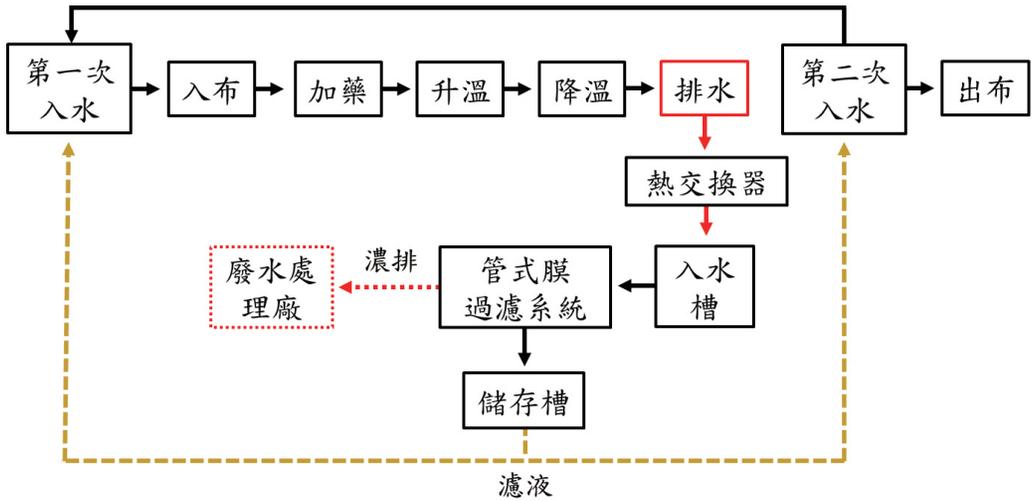


圖 6 RE 廢水連接管式膜系統流程圖

本專案所採用之有機管式膜過濾系統為錯流式過濾，進流水部分流過膜濾，設計膜殼內含有機管式膜（圖 7 為示意圖），其為內壓式過濾 (inside-out) 處理水由膜絲內腔進入，經過膜絲過濾後，濾液在膜絲外收集。管式膜數量由膜殼尺寸而定，廠商依照 RE 與 BO 廢水排放量設計測試機規格及膜管選擇，RE 測試機規格如圖 8 所示，BO 測試機規格如圖 9 所示，連續測試 3 個月，每日紀錄水溫、膜通量、pH、導電度、懸浮固體及濁度。

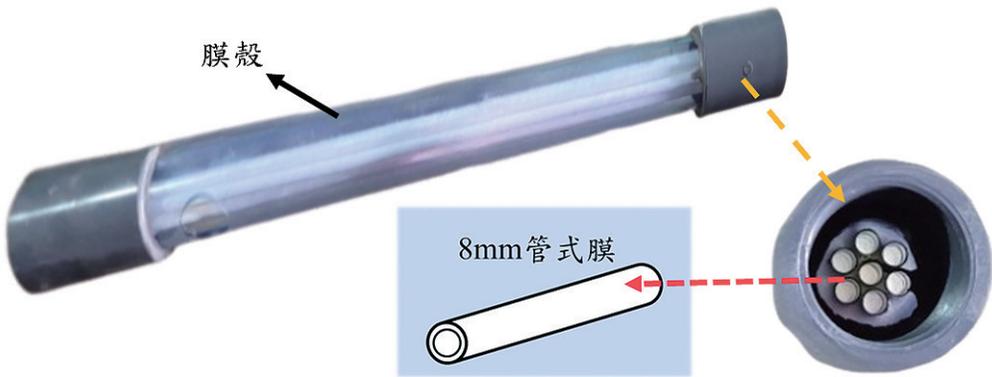


圖 7 膜殼及管式膜示意圖

測試機規格表 (RE)	
名稱	有機管式超濾膜 pilot 設備
設備大小	45cm × 60cm × 150cm
電力需求	220V, 單相 10A
膜規格	1.5吋, 0.5米長
膜材質	PES/PET
膜孔径	10萬截留分子量
操作壓力	2 kg/cm <sup>2</sup>
產水量	1.4L/min (一天約2噸)
回收率	95%

圖 8 RE 測試機

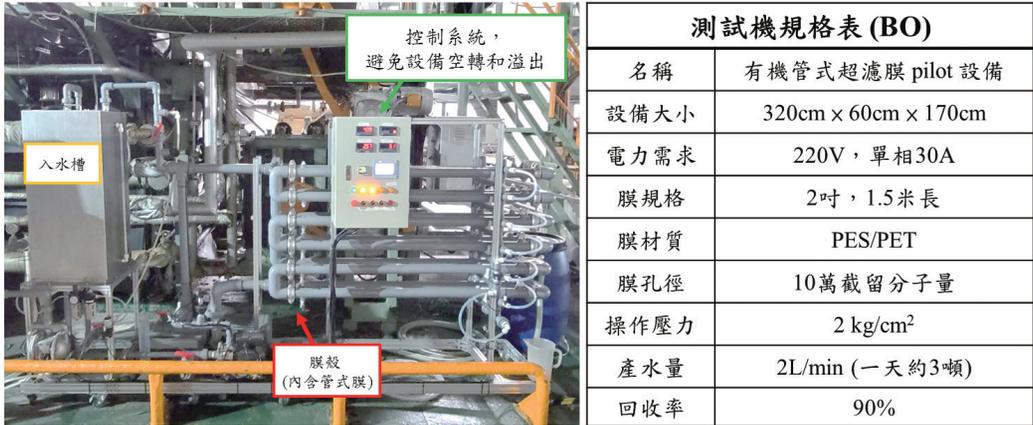


圖 9 BO 測試機

#### 四、測試結果

本文測試結果以 RE 廢水模廠測試為主要討論方向，已完成建置實廠回收系統；BO 退漿廢水因污染濃度較高，目前仍以模廠連續測試中。在此感謝大成過濾材料公司提供設備測試。

##### (一) 濁度分析結果

該股廢水含有漿料及分解物等污染物，造成水體濁度高，水樣過濾前後如圖 10 所示，可以明顯看出濾後的水樣清澈透明；退漿廢水依照布種及退漿藥劑不同，濁度範圍在 70~500 NTU，經過 3 個月的測試，濁度變化趨勢如圖 11。整體去除率高達 98%。

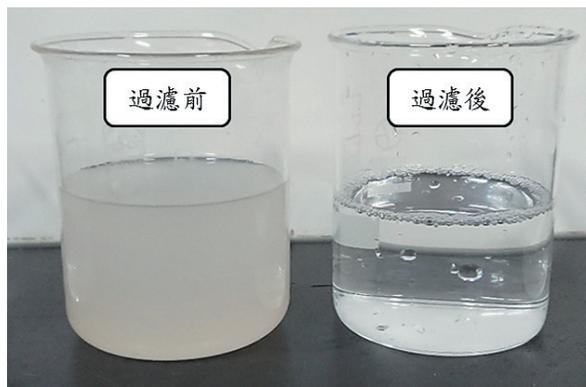


圖 10 水樣過濾前後變化

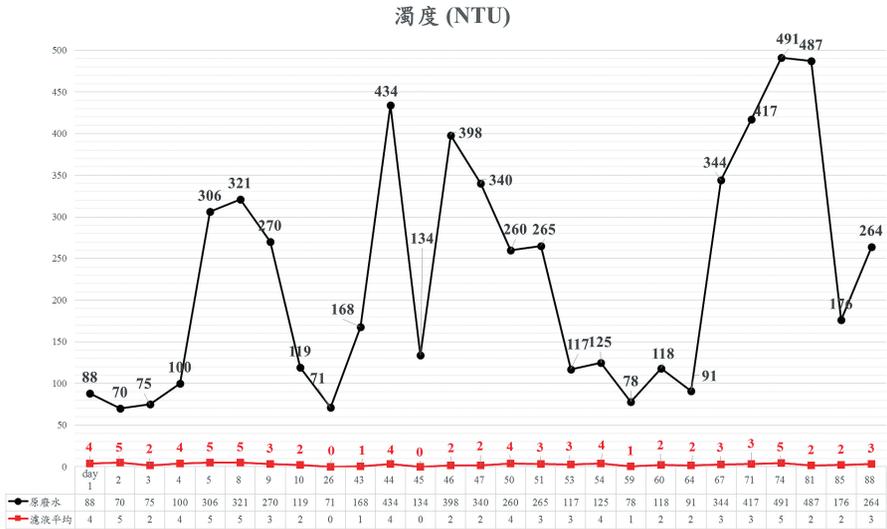


圖 11 濁度變化趨勢

(二) 懸浮固體物 (Suspended solids, SS) 分析結果

織物在進行退漿時會將纖維上的雜質藉由藥劑分離出來，並根據布種不同，所排放的廢水 SS 含量也不同，約在 7 ~ 45 mg/L，過濾前後的水樣 SS 變化趨勢如圖 12。而有部分濾液 SS 數值偏高，原因為入水槽內濃水濃度太高沒有定期排放所導致，整體去除率平均在 87%，進行排放後即恢復正常。

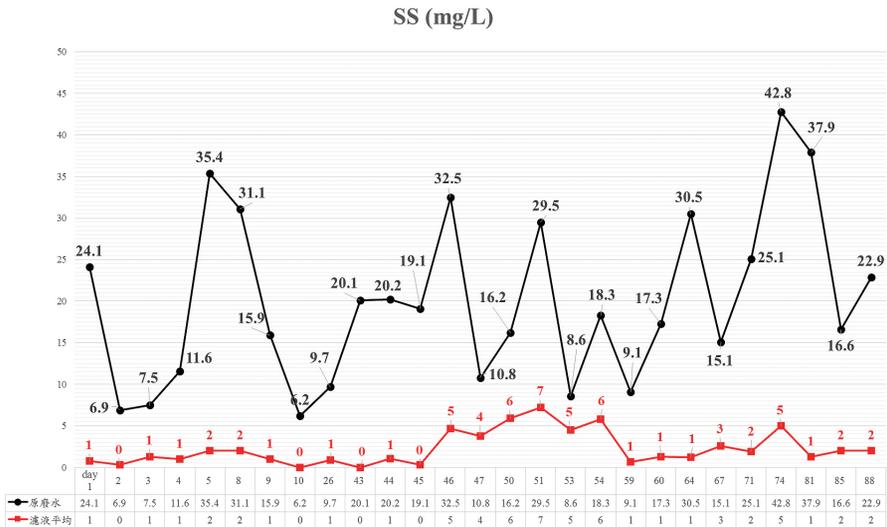


圖 12 SS 變化趨勢

(三) pH 分析結果

退漿會添加液鹼做為溶解聚合物的方法，而 Poly 廢水 pH 7~9；Nylon 廢水 pH 10~12，過濾前後的水樣 pH 值變化趨勢如圖 13。結果表示原廢水及濾液 pH 值相近，過濾對 pH 值影響並不大，推測是液鹼殘留，濾液若回收到製程可節省液鹼使用量。

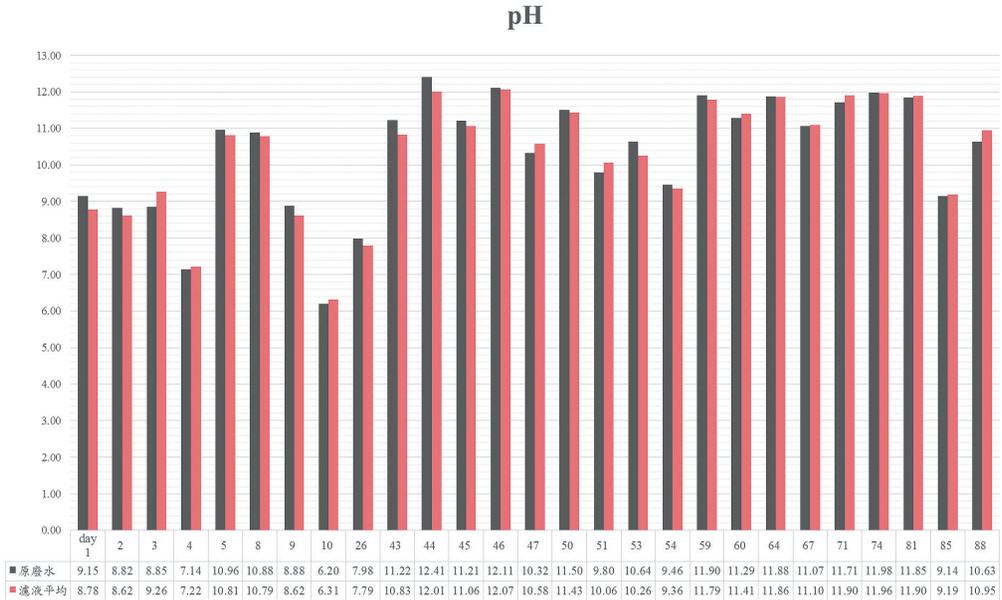


圖 13 pH 值變化趨勢

(四) 導電度分析結果

根據胚布的布種、在織布段所上的漿料組成、退漿配方要求和工廠設備，選用合適的退漿流程。退漿後，要及時用熱水洗淨，因為漿料的分解產物等雜質會重新凝結在織物上，嚴重妨礙後續加工過程。必須再經水洗去除水解產物而達到退漿目的。

退漿除了溶解織物上的聚合物外，同時對織物有一定的漂白效果，為了增加織物的溶解會添加退漿劑(過硫酸鈉)、螯合分散劑及乳化精練劑加強效果，且藥劑的添加皆為貢獻水體中的導電度值。經膜濾前後的水體導電度值變化趨勢如圖 14。結果表示原廢水及濾液導電度值相近，過濾對導電度值影響並不大，推測是藥劑殘留，濾液若回收到製程可節省藥劑使用量。

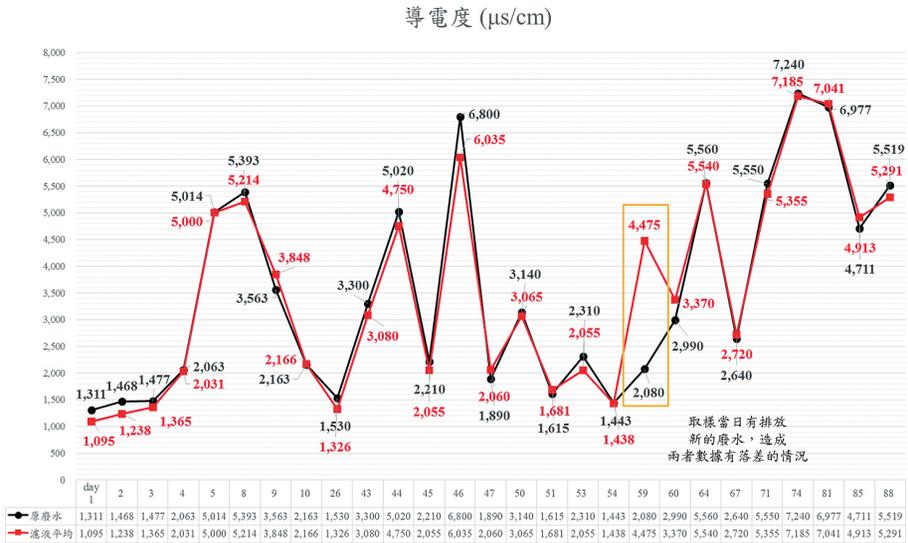


圖 14 導電度值變化趨勢

(五) 膜通量

膜通量是指每小時在每平方公尺的過濾面積所產出多少公升的水量 (L/m<sup>2</sup>·hr)。管式膜的通量範圍 30~100 L/m<sup>2</sup>·hr，測試機結果趨勢如圖 15 所示，平均通量約為 60 L/m<sup>2</sup>·hr，隨時間運轉下產生濃水或積垢會導致通量的衰減，則必須進行膜管清洗，建議使用鹼性熱水除垢，可恢復至通量 60 L/m<sup>2</sup>·hr 以上。

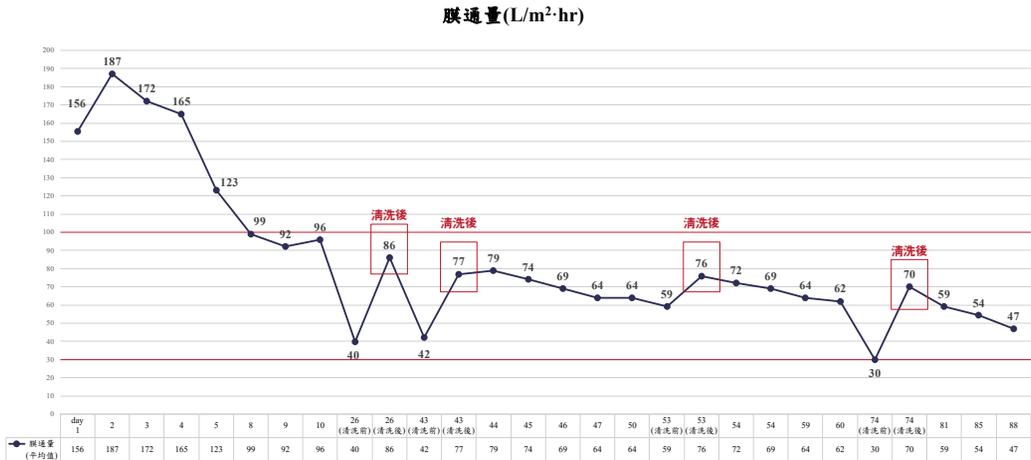


圖 15 膜通量變化趨勢

## (六) 成本分析

### 1. 操作成本估算

以廠內 2023 年數據為例，RE 退漿廢水 120 CMD 之水量為基準，預估操作成本為 10.8 元 / 噸；管式膜的保固為 2.5 年，因此膜的攤提費用為 6.0 元 / 噸；可得出每噸水的操作成本為  $10.8 + 6.0 = 16.8$  元 / 噸。

### 2. 回收成本估算

廠內的廢水處理成本為 19.6 元 / 噸，製程所使用之軟水成本為 12.0 元 / 噸，因此可得出每噸水的回收成本為  $19.6 + 12.0 - 16.8 = 14.8$  元 / 噸。

### 3. 碳排放量估算

根據經濟部能源局於 2023 年 6 月公布 2022 年電力排碳係數為 0.495，也就是每發一度電的碳排放量為 0.495 公斤 (經濟部能源局, 2023)；廠內以 2023 年數據為例，製造軟水所用電量每日平均為 7,800 度，因此可得出碳排放量為  $7,800 \times 0.495 = 3,861$  kg CO<sub>2</sub>e / 日。

根據台灣自來水公司提供的每度用水排放 CO<sub>2</sub> 約當量計算方式 = 用電量產生 CO<sub>2</sub> 量 (kg) ÷ 水量 (度) (台灣自來水公司, 2023)；廠內以 2023 年數據為例，井水每日平均用量為 4,500 噸，因此可得出每生產 1 噸軟水排放 0.858 kg CO<sub>2</sub>e。

若將 RE 解摺 (100~120 CMD) 與 BO 退漿 (200~250 CMD) 廢水回收於製程使用，以有機管式膜過濾回收率 90 % 計算，每日可回收共 270~333 噸濾液，相當於每日減少排放 231~285 kg CO<sub>2</sub>e，若每年以 350 天計算，可減少將近 81 噸~100 噸 CO<sub>2</sub>e 排放量。

## 五、結論

本文以探討 BO 及 RE 退漿廢水為主，分析水質特性後評估回收可行性及選擇合適通量管式膜規格及封裝耐受性測試，大成過濾材料公司提供相關設備，進行小型模廠回收再利用評估，以利後續實廠建置參考，初步獲得以下之結論：

## (一) 改善前後比較

處理前後濾液及退漿用水水質特性比較如表 3，從濁度與 SS 方面相比，兩者數值與製程退漿用水相近，驗證該股濾液回用於製程是可行的，因設備為 UF 過濾所以 pH 與導電度部分較無效果，推測為液鹼與退漿藥劑殘留所貢獻，濾液若回收到製程可節省藥劑使用量。

表 3 水質特性比較表

項目	濁度 (NTU)	SS (mg/L)	pH	導電度 (μs/cm)
退漿廢水	50~900	50~400	8.5~12.0	2,000~7,000
濾液	≤ 3	≤ 3	8.5~12.0	2,000~7,000
退漿用水(軟水)	≤ 2	≤ 2	6.8~7.5	1,000~2,000

## (二) 回收率改善前後比較

目前本廠染整製程用水量平均為 3,500 CMD，回收再利用於製程的水量約為 150 CMD 回收率為 4.3%，若日後加入 RE 與 BO 濾液產水共 333 CMD 回收到製程使用，回收率從 4.3 % 提高至 13.8%。從成本角度看，廠內的廢水處理成本 (19.6 元 / 噸) 且軟水製造成本 (12.0 元 / 噸)，若 RE 與 BO 濾液回收再使用，每日可省下近 1 萬元費用。以減碳排放效益，每年可減少 81 噸~100 噸 CO<sub>2</sub>e 排放量。

## 參考文獻

經濟部 (2018)，紡織業低碳製程技術彙編，產業特性與發展趨勢，p 13

誠興貿易有限公司 (n.d.)，紡織上漿，<https://reurl.cc/vvvm0k>

欣梗科技股份有限公司 (n.d.)，何謂膜濾系統，<https://reurl.cc/KlIX2e>

洛科儀器股份有限公司 (n.d.)，切向流過濾濾膜形式，<https://reurl.cc/2jj839>

大成過濾材料有限公司 (2020)，有機高分子管式膜介紹，<https://reurl.cc/xvv14b>

經濟部能源局 (2023)，111 年度電力排碳係數，<https://reurl.cc/GppXYv>

台灣自來水公司 (2023)，每度用水排放二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 約當量計算，<https://reurl.cc/RecOG6>

