

應用薄膜分離技術回收製程廢水

南亞塑膠工業股份有限公司

環境安全衛生室

摘要

經濟部自1994年起即積極推動各項工業節約相關政策，並針對工業用水之回收率，設定民國100年達到65%之回收目標，但目前我國工業用水回收率遠低於此，並落後於歐美日等工業化國家甚遠，亟待迎頭趕上；目前產業界節水途徑不外採：循環再利用製程用水、提高冷卻水濃縮倍

數、回收蒸氣冷凝水、鍋爐排放水、收集雨水、處理後排放水設中水系統回收為衛生澆灌用水、回收製程廢水為製程用水等，其中又以最後一項最為複雜與困難，本文旨在介紹應用薄膜分離技術「膜前處理系統+微過濾膜(MF)+逆滲透膜(RO)」，成功完成廢水回收之實例，俾供產學先進參考，並期共同探討開發節水相關技術以因應未來之挑戰。

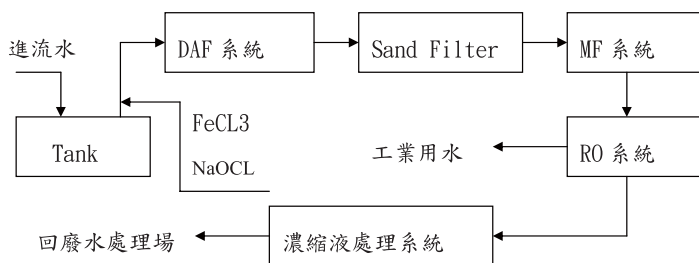
一、前言

南亞錦興廠區常受限於枯水期水源不足及桃園大圳每年定期歲修，造成生產相當困擾，估計缺水期間每日至少有1,500~2,000噸之缺口，經檢討，為確保枯水期水源穩定供應生產需要，及為配合政府政策提高用水回收率，落實環保減廢作業，特自排放水中選擇水質較適合排放廢水，每日取用2,500噸作水源，回收處理成1,800噸工業用水。

本案例水回收係採「膜前處理系統+微過濾膜(MF)+逆滲透膜(RO)」製程。

二、水回收系統與技術之探討

2-1 流程 (如附圖說明)



表一 待處理回收之廢水水質

COD	70~120 mg/L
Copper	0.7~3.0 mg/L
Conductivity	1200~2000 μ S/cm
PH	6.0~9.0
SO ₄ ²⁻	500~800 mg/L
Cl ⁻	80~150 mg/L

2-2-1 待處理回收之廢水水質：
製程廢水經二級生物處理後，其水質如表一。

(1) 上述水質已達電路板廠污水排放管制標準，但與工業用水水質比較，不論是 COD、Conductivity 或 PH、Cl⁻ 皆差距甚大。

(2) 廢水回收之困難在於廢水來源多，水質水量都呈動態變動，特別是影響成敗關鍵的微量成份如金屬離子、微小膠體、生物菌種等必須仔細評估確認，並設置適當之膜前處理膜系統。

2-2-2 膜前處理系統

(1) 膜前處理系統是保障逆滲透(RO)膜正常運轉與使用年限的重要裝置，設計上必須具備防止膜 Fouling、Scaling、Deterioration 之功能。

(2) 製程廢水中之懸浮粒子(Suspended Solid)與有機物(Organic matter)會造成 Fouling 問題，雖絕大部分會在廢水二級處理中去除，惟較微小(如小於0.1micron)膠體

(Colloidal matter)與有機高分子(Organic Polymer)是無法有效去除的。

(3) 本案例採用「浮除混凝裝置(DAF, Dissolved Air Flotation)+多層濾料過濾(Sand Filters)+細砂過濾(Polishing Filter)」來進行膜前處理，並配以 FeCl₃，作為凝聚劑(Coagulant)，將污泥密度指數SDI(Silt Density Index)降至1~5之間，此基本上已符合RO膜進流水之要求。

(4) 另為延長RO膜之壽命，本案例在RO膜前設有MF膜過濾系統，確保SDI < 3，並依水質狀況，投入NaOCl、殺菌劑等藥劑，抑制生物長菌機率。

2-2-3 薄膜分離系統

(1) 各類不同薄膜之等級用途，說明如表二。

— MF/UF 之分離功能可以用傳統過濾模

式來解釋其「孔洞」大小不同，所能達成過濾效果之差異。

RO 不同於「孔洞」概念，其分離效果可應用「溶解擴散的物理模式」來解釋，RO 逆滲透膜可讓水分子滲透過去，但水合離子或分子都過不去，故 RO 是用來去除「溶解性物質」。

(2) RO 膜材質選用要領，說明如表二。

表二 不同薄膜之等級、孔徑與用途

薄膜	孔徑 (μm)	目標污染物
MF	0.1~10	SS、致病菌
UF	0.01~0.1	Organic、病毒、膠體
NF	0.001~0.01	細菌、色度、金屬離子、有機農藥
RO	0.0001~0.001	溶解鹽類

表三 RO 膜材質選用影響因子

項目	Cellulose Acetate	Polyamid	Thin-film Composite
PH	4~8	1~11	1~11
遊離氯	0.2~1.0	易損害	易損害
菌數	賴自由氯殺菌	不影響	不影響
溫度	4~30°C	4~30°C	4~50°C
SDI	<5	<5	<5
濁度	<1NTU	<1NTU	<1NTU
藍式飽和指數	Negative	Negative	Negative

(3) 影響因子說明

— 游離氯(Free chloride)與細菌

Cellulose Acetate 材質之RO膜，須要游離氯來抑制細菌生長避免RO膜受損，但Polyamid與Thin-film Composite之RO膜，卻會被游離氯損害，因此若選用後兩種材質之，必須在進RO膜前，加設活性碳濾床來吸附游離氯或添加還原劑將游離氯反應去除。

— 水溫影響

一般而言，RO膜設計水溫基準為25~35°C，實際水溫在此之下時，每降1°C處理量就降約3%，水溫過高超過35°C，則可能傷害膜壽命。

— 污泥密度指數SDI₁₅(Silt Density Index)

可供估計水體物質可能造成污染或阻塞傷害程度之指標。檢測方法為：以孔徑0.45μm之膜材之阻塞程度來估

算：

$SDI_{15} = 100 \cdot (1 - T1/T2) / T3$

T1=收集剛開始透過500ml水體所需秒數

T2=最後時間收集透過500ml水體所需秒數

T3=總測試時間，常用為15分

— 藍式飽和指數(LSI, Langelier Saturation Index)

$LSI = pH - pHS$

整體而言，PH為待測水實際PH值；PHs為待測水飽和PH值，此值為硬度、鹼度、總溶解固體物及溫度的函數

若LSI > 0 則不易形成水垢，但傾向腐蝕

若LSI = 0 則無結垢傾向；

若LSI < 0 則易形成水垢(Scaling)。

(4) 運轉操作

— 由於膜分離操作對進流水水質之變化相當敏感，前段之二級廢水處理若有異常(如排出高濃度之COD)，無法由膜前處理系統克服時，膜將到傷害，因此監測及確保系統進流水水質，是日常操作管理的第一步。

— MF之操作，正常操作之逆洗及化學清洗(CIP)(約90天一次)頻率是其操作重點，主要以壓差控制，壓差增加情形受入流水質影響，平常以逆洗及藥劑控制，壓差達設定範圍時即需進行化學清洗，經MF濾過之水質，SS應測不到，SDI < 3，一般而言，此段之回收率可達92%以上。

— MF膜阻塞積垢問題，依據經驗，若係結垢或生物造成之阻塞，可以加藥控制，但廢水處理使用之高分子凝聚劑

殘留在進料水中，常為造成阻塞的因素，此需藉由IR來分析阻塞物成份，如証實是凝聚劑問題，應檢視凝聚劑是否過量使用或嘗試改用不同成份之凝聚劑來測阻塞程度，此外，除上述分析膜面上物質外，觀察分析化學清洗(CIP)後之清洗物，亦可找出阻塞之原因。

— RO膜之操作，控制其壓差上升速率使不結垢為其操作重點，進入RO膜前，水質若能確保SDI < 3，則RO可長期操作，一般可維持2~3個月方需化學清洗(CIP)，若加藥控制得宜，清洗間隔可延長，過濾穩定時，回收率可達80%以上。

— 經MEMRO膜濾除之濃縮廢液通常含高濃度之有機物與重金屬離子等，無法達到直接放流之標準，可視原廢水處

理場容量送回處理，惟濃縮後物質，偶會影響原廢水處理場處理能力，此時可考慮再加設廢液處理設施進行處理(如生物反應床、活性炭床、離子交換樹脂等)。另爲了避免增加廢液處理之複雜度，系統設計時，宜嚴格篩選水質，排除高濃度COD、重金屬高含量之進料水源。

2-3 回收效益

2-3-1 廢水回收率

— 廢水進料2,500 噸/日，回收水1,800 噸/日，回收率=72%。

— 約700噸/日之高濃度水，再循環送回廢水處理場處理。

2-3-2 進料廢水經水回收系統處理後，其前後之水質差異比較如表四。

2-3-3 回收水製造成本

(1) 估算回收成工業用水等級之製造成本爲15~16元/噸，進一步製成純水等級之製造成本爲21~22元/噸。(註：依97年運轉結果，實際製造成本不含折舊，約爲10~12元/噸)

表四 進料廢水與處理後水質比較表

項目	進料廢水	處理後水質
COD	70~120 mg/L	<10 mg/L
Copper	0.7~3.0 mg/L	<0.01 mg/L
Conductivity	1200~2000 μ S/cm	<200 μ S/cm
PH	6.0~9.0	5.7~8.5
SO ₄ ²⁻	500~800 mg/L	<30 mg/L
CL ⁻	80~150 mg/L	<20 mg/L

處理後之水質已遠到工業用水等級

(2) 因為廢水直接回收，故上述製造成本可以再減0.77元噸之排污費。

三、結論

1. 廢水回收的困難在於廢水來源複雜，水質水量都呈動態變動，如何取得正確的代價值作為設計基準，是重要的第一步。

2. 廢水回收技術選擇多，如何選擇最適之處理製程方法需審慎評估，最理想的方是決定前先進行小型Pilot模型試驗，經由周詳的試驗取得足夠的數據，才能判斷技術可行性。

3. 目前廢水回收成本偏高，主要係因廢水回收技術與設備大都掌握在歐、美、日廠商，爲了要降低回收水製造成本，須設法降低設備費用，將「非關鍵性」之

設備改用國產設備，降低投資費用，另回收之工業水水質佳，應用於製造純水時相較於一般工業水作水源，可降低製造純水之費用，如此可達全面降低回收成本之目的。

四、參考文獻

1. 南亞公司委託，朝陽科技大學環境工程與管理系研究報告(2005)「麥寮廠區製程廢水回收再利用之研究計畫」，期末報告，頁34~40
2. 林正欣、陳效禹、陳柏榕、林東源(2000)等，「薄膜系統回收印刷電路板業放流水之研究」，第五屆水再生及再利用研討會