



紡織業

產業用水最適化及 節水技術指引



目 錄

	頁次
第一章 產業概況說明	1
一、 產業特性	1
二、 製程特性	4
(一) 紡紗業	4
(二) 織布業	5
(三) 不織布業	5
(四) 染整業	6
(五) 紡織品製造業	7
三、 主要用水標的與用水情形	7
第二章 水利三法相關子法、辦法事宜	9
一、 用水計畫審核管理辦法	9
二、 工業區用水管理機制-經濟部工業局產業園區用水管理作業原則	10
三、 再生水用於工業用途水質基礎建議值	11
第三章 用水最適化及回收再利用技術	15
一、 製程用水最適化及回收再利用技術	15
(一) 用水最適化	16
(二) 水回收技術	17
二、 冷卻用水最適化及回收再利用技術	23
(一) 用水最適化	23
(二) 水回收技術	27
三、 鍋爐用水最適化及回收再利用技術	34
(一) 用水最適化	34
(二) 水回收技術	36
四、 放流水回收再利用技術	38
(一) 水回收技術	38
五、 其他水回收技術	41
(一) 生活用水減量	41
(二) 廠內用水管理	42
(三) 雨水貯留供水系統	42
(四) 區域水資源整合	44
(五) 裝設連續監測系統	45

六、 小結	46
第四章 水回收再利用案例介紹	47
一、 案例 A 廠簡介	47
(一) 案例廠簡介	47
(二) 製程流程	47
(三) 廠內用水管理情形	47
(四) 用水效率提升方案	48
(五) 成本效益分析	49
二、 案例 B 廠簡介	52
(一) 案例廠簡介	52
(二) 製程流程	52
(三) 廠內用水管理情形	52
(四) 用水效率提升方案	53
(五) 成本效益分析	54
第五章 參考文獻	57

圖 目 錄

	頁次
圖 1 紡織業生產價值百分比圖	3
圖 2 紡織業各類別次產業示意圖	4
圖 3 天然纖維製造流程圖	4
圖 4 織布業製造流程圖	5
圖 5 不織布業製造流程圖	5
圖 6 染布製造流程圖	6
圖 7 印花製造流程圖	6
圖 8 紡織業用水結構分析	7
圖 9 紡織業製程廢水水質特性	15
圖 10 製程用水最適化及水回收技術	15
圖 11 節能染色機台設備圖	16
圖 12 活性碳塔設備圖	18
圖 13 薄膜蒸餾型式示意圖	18
圖 14 薄膜蒸餾於高溫廢水回收應用示意圖	19
圖 15 電混凝處理技術之原理示意圖	20
圖 16 電混凝處理設備圖	20
圖 17 冷卻用水最適化及水回收技術	23
圖 18 濃縮倍數與排放損失關係圖	24
圖 19 冷卻水塔加藥示意圖	26
圖 20 冷卻水塔防飛濺防護設備圖	26
圖 21 冷卻水塔蒸發回收系統圖	27
圖 22 消霧節水冷卻水塔設備圖	28
圖 23 旁流過濾處理系統示意圖	29
圖 24 陶瓷球水處理理論圖	31
圖 25 陶瓷球水處理設備圖	31
圖 26 電透析薄膜處理系統原理示意圖	32
圖 27 逆滲透薄膜與倒極式電透析系統之脫鹽技術原理比較圖	33
圖 28 鍋爐用水最適化及水回收技術	34
圖 29 開放式冷凝水回收系統原理示意圖	36
圖 30 密閉式冷凝水回收系統原理示意圖	37
圖 31 放流水回收技術	38

圖 32 其他水回收技術	41
圖 33 雨水回收流程圖	42
圖 34 區域水資源整合型態示意圖	44
圖 35 監測連線傳輸設置圖	45
圖 36 案例 A 廠製造流程圖	47
圖 37 案例 A 廠用水平衡圖 (方案實施前)	48
圖 38 案例 A 廠用水平衡圖 (方案實施後)	49
圖 39 案例 B 廠製造流程圖	52
圖 40 案例 B 廠用水平衡圖 (方案實施前)	52
圖 41 案例 B 廠用水平衡圖 (方案實施後)	54

表 目 錄

	頁次
表 1 紡織業類別及定義表	2
表 2 產業園區用水管理作業原則摘要表	10
表 3 再生水用於工業用途分級水質應用方向表	11
表 4 再生水用於工業用途分級水質建議值表	12
表 5 再生水用於工業用途水質基礎建議值表	13
表 6 電混凝處理技術對廢水污染物去除率 (60 秒)	21
表 7 電混凝處理系統經費分析	22
表 8 濃縮倍數與節省水塔消耗量比較表	24
表 9 台灣中部地區冷卻水塔蒸發回收分析表	28
表 10 冷卻水塔蒸發系統成本分析	28
表 11 纖維過濾與傳統砂濾比較表	30
表 12 冷卻排放水以倒極式電透析回收產水水質實例表	33
表 13 倒極式電透析系統水回收成本分析	33
表 14 開放式及密閉式冷凝水回收系統比較表	37
表 15 超過濾處理系統經費分析	39
表 16 活性碳處理系統經費分析	39
表 17 薄膜生物處理及逆滲透薄膜系統經費分析	40
表 18 雨水處理設備與使用程度關係表	43
表 19 雨水截流系統設計值表	43
表 20 紡織業各用水標的建議之最適化與回收再利用技術彙整	46
表 21 水回收方案實施前後用水量及費用比較表	50
表 22 水回收方案實施前後水回收率變化表	51
表 23 水回收設施經費分析表 (超過濾)	54
表 24 水回收設施經費分析表 (活性碳設備)	55
表 25 水回收方案實施前後用水量及費用比較表	55
表 26 水回收方案實施前後水回收率變化表	56

第一章 產業概況說明

一、產業特性

根據行政院主計處所公告之「中華民國行業標準分類」，紡織業為從事紡織之行業，如紡紗、織布、染整及紡織品製造等之行業，依行業標準分類別可細分如表 1 所示。另依經濟部統計處公告資料如圖 1 所示，紡織業產值約為新台幣 2,753 億元，以人造纖維梭織布業及人造纖維加工絲業產值占比較高，合計約占紡織業產值 41%（經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2018）。

紡織業產品製程原料取自於天然纖維或石化原料，經紡紗、織造、漂白、染色、印花及塗佈等過程形成布疋。紡紗是由粗紗轉化為細紗，將細紗於紡織機內梭子不停地來回穿梭織造，稱為梭織布。另外，將筒紗置於機器上，機器調整適當即可織出筒狀織物，稱為針織布。

由於我國天然纖維不足，生產人造纖維比例高達 85%，國內纖維系列產品又以聚醯胺（尼龍）與聚酯產品為主。聚醯胺除了紡織作業有所運用，亦用於汽車零件中之工程塑膠；聚酯產品不僅應用於紡織業，也廣用於製作其他塑膠產品上。

隨著人民消費習性的改變，人造纖維逐漸成為主流，目前國內紡織業成為產業結構中最完整的生產體系，所生產的紡織品已是世界機能性紡織品消費市場主要原料供應源之一，未來紡織業將以增加人造纖維產量為主。目前我國對於機能性紡織產業已建立其產業價值鏈，成為全球國際知名品牌機能布料供應商，未來除持續開拓外銷市場外，並開發高價機能產品，以領先的技術及穩定的品質，吸引國際買家下單（產業價值鏈資訊平台）。

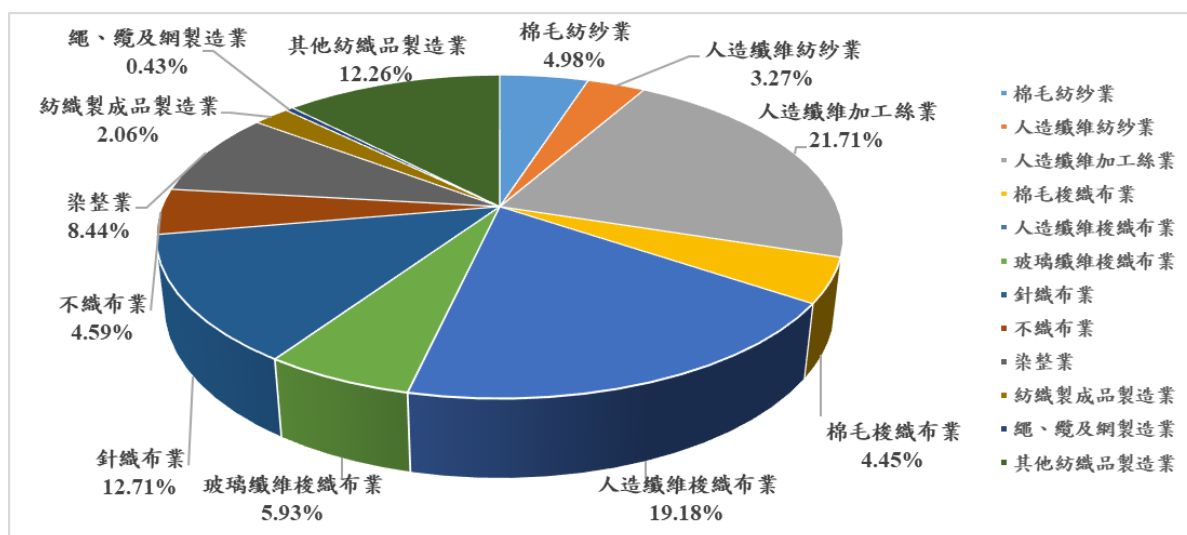


表 1 紡織業類別及定義表

分類編號				行業名稱及定義
大類	中類	小類	細類	
C	11			紡織業 從事紡織之行業，如紡紗、織布、染整及紡織品製造等。 不包括： 成衣製造歸入 12 中類「成衣及服飾品製造業」之適當類別。
		111		紡紗業 從事纖維紡前處理及紗（線）紡製之行業；紙紗紡製及包覆彈性絲之紡紗亦歸入本類。 不包括： 合成或再生纖維製造歸入 1850 細類「人造纖維製造業」。 玻璃纖維製造歸入 2313 細類「玻璃纖維製造業」。
			1111	棉毛紡紗業 從事棉、毛纖維紡前處理及紗（線）紡製之行業。
			1112	人造纖維紡紗業 從事人造纖維紡紗之行業，如嫻榮棉紗（線）、聚酯棉紗（線）等紡製。
			1113	人造纖維加工絲業 從事人造纖維假撚加工或締捲加工之行業，如聚酯加工絲、聚胺加工絲等製造。
			1119	其他紡紗業 從事 1111 至 1113 細類以外纖維紡前處理及紗（線）紡製之行業，如麻紗（線）、蠶絲紗（線）及紙紗等紡製。
		112		織布業 從事以各種材質之紗（絲）為原料織造布疋之行業。不包括： 不織布製造歸入 1130 細類「不織布業」。 地毯及氈類製造歸入 1159 細類「其他紡織品製造業」。
			1121	棉毛梭織布業 從事以棉紗、羊毛紗、其他動物毛紗為主要原料，在梭織機上以經紗（絲）與緯紗（絲）垂直交錯方式織造布疋之行業。
			1122	人造纖維梭織布業 從事以人造纖維紗（絲）為主要原料，在梭織機上以經紗（絲）與緯紗（絲）垂直交錯方式織造布疋之行業。
			1123	玻璃纖維梭織布業 從事以玻璃纖維紗（絲）為主要原料，在梭織機上以經紗（絲）與緯紗（絲）垂直交錯方式織造布疋之行業。
			1124	針織布業 從事以經編、圓編或橫編織造布疋之行業；仿毛皮針織布製造亦歸入本類。
			1129	其他織布業 從事 1121 至 1124 細類以外布疋織造之行業，如麻梭織布、蠶絲梭織布、韌性植物纖維梭織布等製造。
		113	1130	不織布業 從事以天然纖維及人造纖維經膠合、針軋、水軋、熱熔、紡黏及熔噴等方法製成織品之行業。
		114	1140	染整業 從事纖維、紗（線）、布疋、成衣等紡織品漂白、染色、整理及塗佈之行業；同時從事紡織品染整及印花亦歸入本類。 不包括： 以橡膠浸漬、塗佈、被覆或積層之紡織品製造歸入 2109 細類「其他橡膠製品製造業」。

分類編號			行業名稱及定義
			僅從事紡織品網印或壓印歸入 1601 細類「印刷業」。
	115		紡織品製造業 從事紡織品製造之行業，如毛毯、床單、桌巾、毛巾、地毯、繩索、紡織標籤及紡織徽章等製造。 不包括： 成衣及服飾品製造歸入 12 中類「成衣及服飾品製造業」之適當類別。
		1151	紡織製成品製造業 從事以紡織材料製造紡織製成品之行業，如毛毯、床單、桌巾、毛巾等製造；帳篷、船帆、遮陽篷、救生衣及降落傘之縫製亦歸入本類。
		1152	繩、纜及網製造業 從事棉、麻、絲、棕櫚等纖維，或人造纖維、紙、草、蔓及塑膠等編製繩、纜、網之行業，如繩、纜、漁網、裝貨吊索、配有金屬環之繩或纜等製造。 不包括： 髮網製造歸入 1230 細類「服飾品製造業」。 金屬線製品製造歸入 2592 細類「金屬彈簧及線製品製造業」。 桌球、網球、籃球、排球等運動用網製造歸入 3311 細類「體育用品製造業」。
		1159	其他紡織品製造業 從事 1151 及 1152 細類以外紡織品製造之行業，如紡織標籤、紡織徽章、鬆緊帶、花邊、畫布及濾布等製造；地毯、氈類製造及刺繡亦歸入本類。

（資料來源：行政院主計處，中華民國行業標準分類，2016）

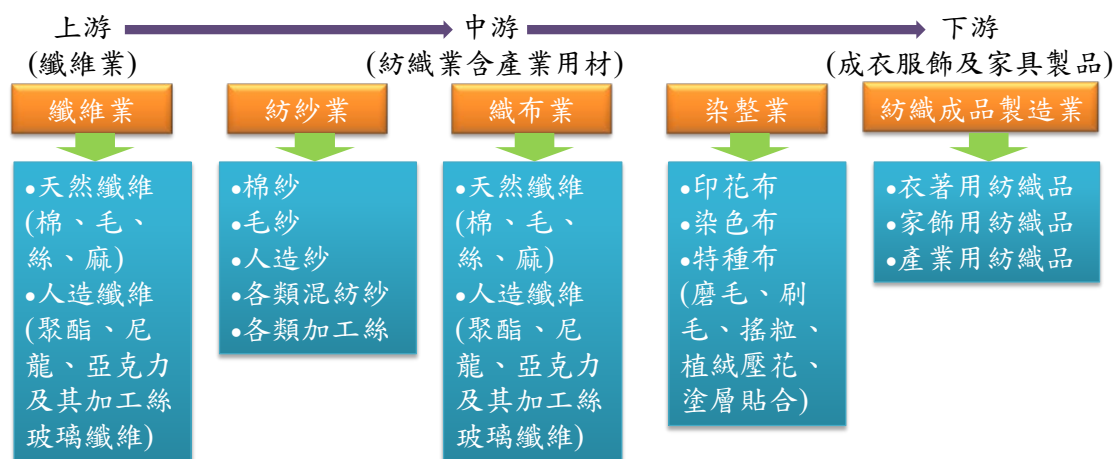


（資料來源：經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2018）

圖 1 紡織業生產價值百分比圖

二、製程特性

本節針對紡織業上、中、下游相關製造業如圖 2 所示，包括紡紗業、織布業、不織布業、染整業及紡織品製造業等，分別概述其製程特性。



(資料來源：吳明機，提升紡織產業競爭優勢措施，經濟部，2015)

圖 2 紡織業各類別次產業示意圖

(一) 紡紗業

紡紗係指將人造纖維及天然纖維按特定比例，紡製出一條條織線或棉紗的過程；製紗是將一束束的纖維集合而成，此為紡織品基本原料，依不同棉紗混合比例可分為不同化纖產物。

依照處理的纖維不同，紡紗廠可分為棉毛紡紗廠及化纖廠 2 種，棉毛紡紗廠中的天然纖維製造如圖 3 所示；在化纖廠中，人造纖維則會經過投入化學原料聚合使化學反應產生融紡（加溫成為酯化）及將液態的融紡做成絲或片狀等程序而成為紗（臺灣區紡紗工業同業公會）。

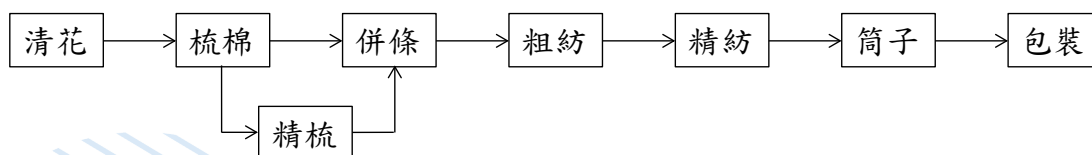
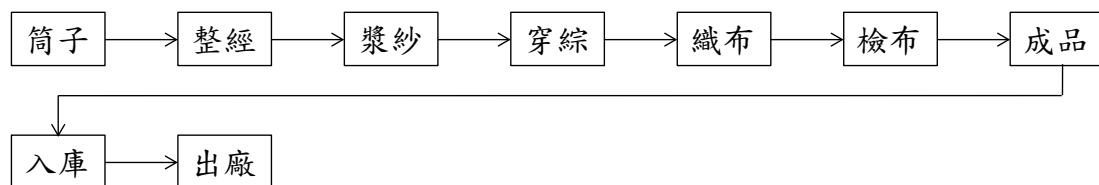


圖 3 天然纖維製造流程圖

(二) 織布業

織布業分為梭織布與針織布兩種，透過編織、編結或集成簇的方式，將紗製成布，此過程稱為織布。透過自動化設備，將紗以所設定之角度形式錯落的編織，藉由不同的編織方法，形成毛胚，製成各款式布疋；編結是利用自動裁縫機將紗線纏繞並縫合成織品；最後透過各種方式改善紗與織布的外觀，即可完成成品，簡易製程流程如圖 4 所示。

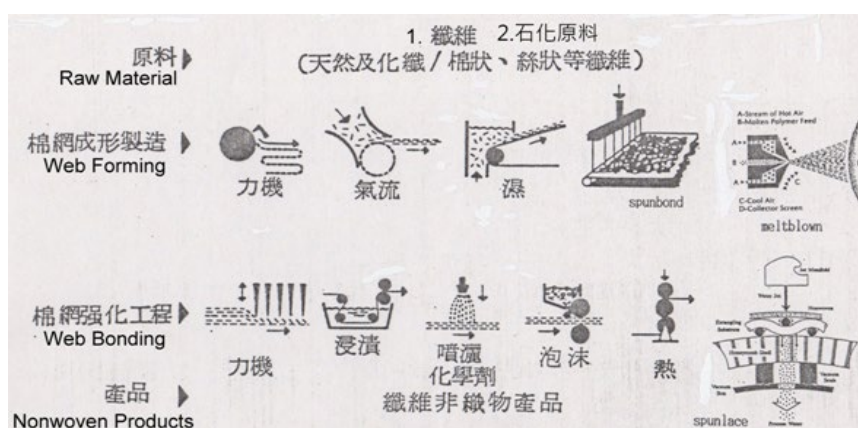


(資料來源：蔡維家，棉紡織業曾經輝煌-蓄勢再起，中華徵信所，2011)

圖 4 織布業製造流程圖

(三) 不織布業

不織布又名「非織物」或「無紡布」，係指未透過針織（梭織）或針織方式所製成的布，即未經紗（Warp yarn）及緯紗（Woof yarn）於其組織結構中的布種，其製作常以人造纖維為材料，製作過程如圖 5 所示，相較於以綿密的紗線經編而成的織布，具有透氣性佳、蓄溫、隔音及產能大等優點。常見的有針軋不織布、水針不織布、熱烘不織布、紡粘不織布及紙襯等（至成不織布公司）。

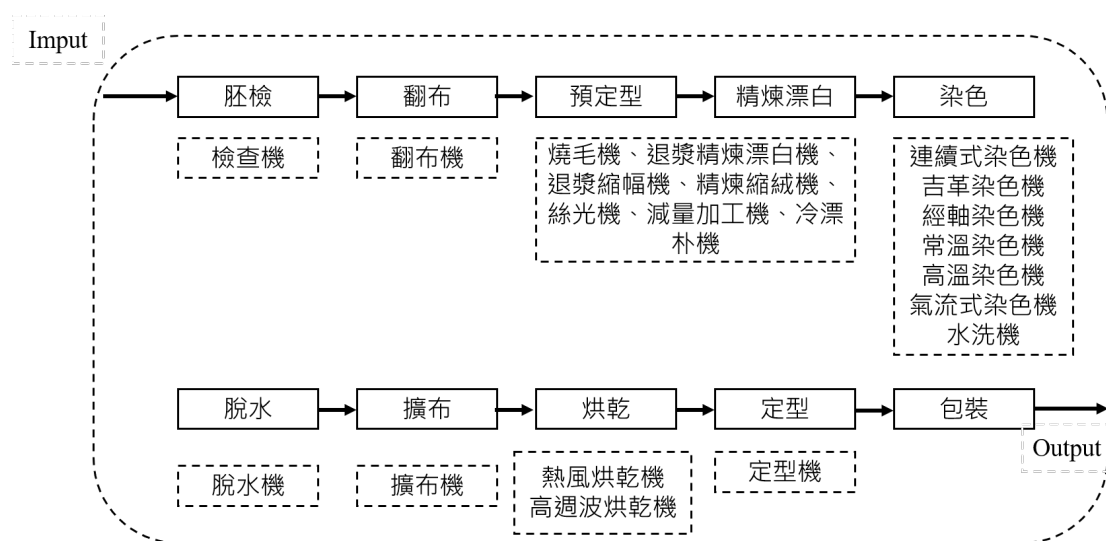


(資料來源：台灣樹強企業有限公司，不織布在過濾/澄清之應用，2001)

圖 5 不織布業製造流程圖

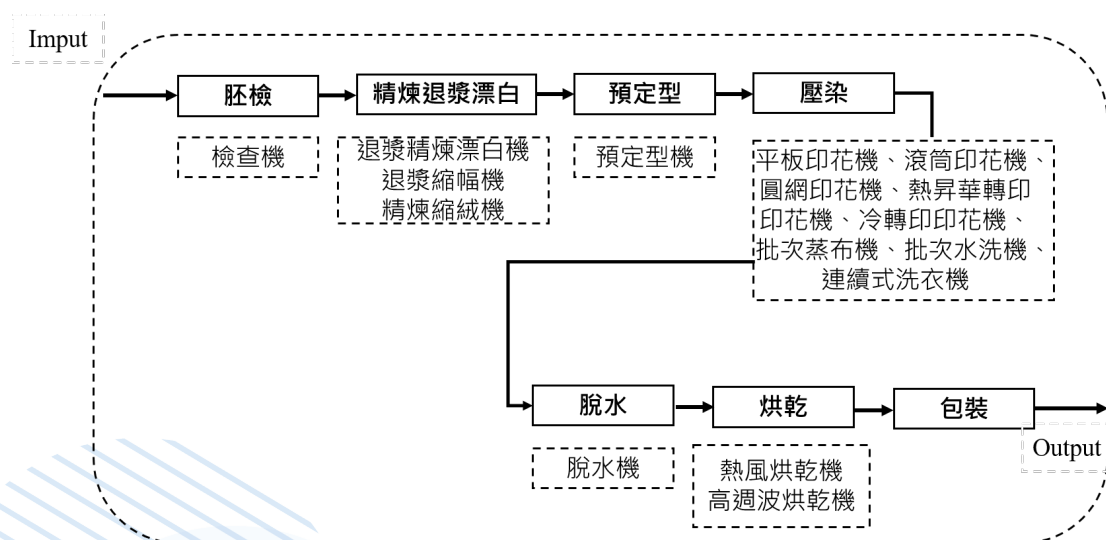
(四) 染整業

染整製程是將處理成紗或布的纖維，透過退漿、精煉、漂白及絲光等前處理後，再經由染色、印花等程序達到染整目的，以提升產品價值。有關針織布及梭織布的染布製程及印花製程如圖 6 及圖 7 所示。



(資料來源：工業技術研究院)

圖 6 染布製造流程圖



(資料來源：工業技術研究院)

圖 7 印花製造流程圖

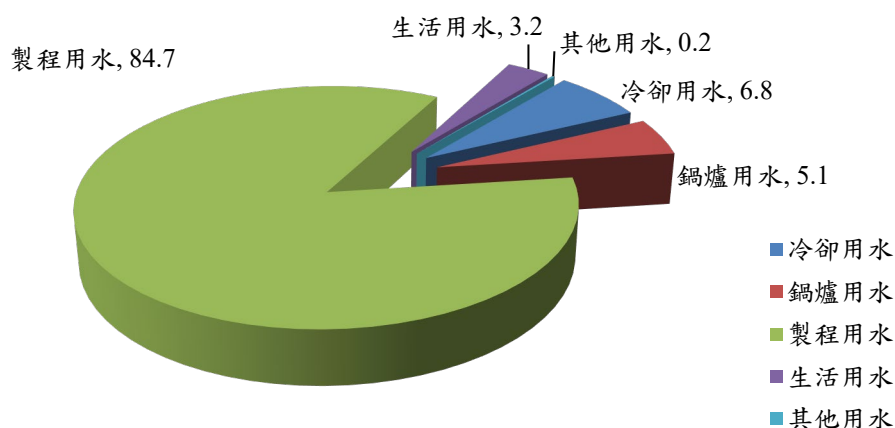
根據 2012 年 Natural Science 資料顯示，於染整作業中，染整廠每日生產布量為 8,000 公斤，其用水量為 160 萬公升，當中染色及印花用水量分別為 16% 及 8%。而依染料之不同，每公斤布料需 30 至 50 公升染色用水。因此，如何於本作業端進行水資源再利用，將是一重點項目 (英宗宏等，紡織業無水-染整技術的遠景，紡織月刊，2016)。

(五) 紡織品製造業

紡織品製造於紡織業產業中屬下游端，其生產是將紡紗、織布、染整所製成之布種再進行加工，並製造成衣著用品、家飾用品及產業用紡織品。

三、主要用水標的與用水情形

根據經濟部水利署 106 年工業用水統計報告中顯示，紡織業全國佔地面積為 1,816.05 公頃，其年用水量可達 155.91 百萬立方公尺 (經濟部水利署，工業用水量統計報告，2017)。依據用水結構分析中，紡織業用水結構可分為五大類，分別為製程用水、冷卻用水、鍋爐用水、生活用水及其他用水等。統計資料顯示，由於紡織業於製程作業需使用大量用水，其中又以染整製程為最大用水項目。圖 8 用水結構分析顯示，製程用水比例可高達 84.7% (經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016)。



(資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016)

圖 8 紡織業用水結構分析

第二章 水利三法相關子法、辦法事宜

節水三法包括再生水資源發展條例（以下稱再生水條例）、水利法，及自來水法等，陸續於 104 年訂定或 105 年修正並完成公告，相關子法修正包括用水計畫審核管理辦法中規定工業區需補提用水計畫及「再生水用於工業用途水質基礎建議值」訂定等法令，對產業影響較大，因此，茲就上述相關水利法令及工業區研擬之用水管理機制進行說明。

一、用水計畫審核管理辦法

依據水利法第 54-3 條第 6 項規定，除農業用水外，經目的事業主管機關核定之開發行為實際用水量達一定規模，且未提出用水計畫者，中央主管機關得令開發單位或用水人限期提出用水計畫。「用水計畫審核管理辦法」業經多次協商，經濟部 107 年 6 月 28 日公告修正完成。

主要依水利法第 54 條之 3 第 6 項規定，開發行為前一年度實際用水量達 3,000 CMD (Cubic Meter per Day，簡稱 CMD) 以上之園區型態開發行為，如現況存續之原開發單位不具用水管理權責者，以達一定規模 (300 CMD 以上) 之區內用水人共同委託原開發單位，且與其並列為開發單位之模式共 23 座工業區分階段提出用水計畫。已完成或提送中工業區包括雲林科技工業區、台南科技工業區、彰濱工業區共三座工業區；另用水量未達或已達 3,000 CMD 工業區共 29 座，暫不需補提工業區用水計畫。

應辦理補提之工業區，依用水量大小分 3 階段進行提送，各階段辦理期程如下說明：

1. 第1階段 (108.06)：用水量達30,000 CMD以上工業區，雲林離島式、觀音、新竹、中壢、林園、臨海及龍德等7座工業區。
2. 第2階段 (108.12)：用水量達10,000~30,000 CMD工業區，共9座工業區。
3. 第3階段 (109.06)：用水量達3,000~10,000 CMD工業區，共7座工業區。

二、工業區用水管理機制-經濟部工業局產業園區用水管理作業原則

為有效管理區內用水人之用水暨合理調度水資源，管理機構應檢視用水人需求與水資源供給能相互配合且符合節約用水政策，並針對核定之用水計畫實際用水進行管理，以達《用水總量管制目標》。依據《用水計畫審核管理辦法》第六條「用水計畫經核定後，開發單位應於用水計畫之各年度計畫用水量範圍內，依總量管制原則自行調度分配及管理區內個別用水人之用水...」。因此，針對園區內已有/補提用水計畫之工業區，研擬產業園區用水管理機制，希冀後續能準確掌握園區用水情形，達到用水彈性調配，並符合多元化之用水需求。

本原則參考本部水利署訂定之《用水計畫審核管理辦法》制定，全文共計 **13** 點，各點訂定原則摘要如表 2 所列，本原則主要規範對象為新設或既設用水人，其計畫用水量或增加用水量達 **100 CMD** 以上，且針對受規範之用水人，除於條文中明訂每年 **3 月 1 日** 及 **9 月 1 日**，依管理機構指定之申報方式，申報上半年現況用水情形外，對於後續之查核機制、供水調度及裁罰機制等亦詳列於條文中，希冀透過本原則之擬訂，可強化區內穩定供水之目標。

表 2 產業園區用水管理作業原則摘要表

經濟部工業局產業園區用水管理作業原則摘要
(第一點) 本要點訂定主旨
(第二點、第三點) 管理對象及用水計畫提送流程
(第四點、第六點及第七點) 管理機構調度分配及管理區內用水人事項
(第五點、第九點及第十點) 審核用水計畫之相關作業規範
(第八點、第十一點、第十二點) 用水人用水狀況查核申報之相關作業規範
(第十三點) 用水人未依規定辦理之處理方式

本原則業於 **20190515** 依經濟部工業局令 (工地字第 **10800465112** 號) 正式公告，本 (**108**) 年將針對已有全區用水計畫之工業區 (彰濱、雲科工、台南科技) 辦理園區用水管理，後續將根據各工業區用水計畫核定時程進行區內用水管理，以利後續園區用水總量管制。

三、再生水用於工業用途水質基礎建議值

再生水水質標準之訂定乃考量產業工業製程及各類用途相異，需求之水質標準不一，為找尋一平衡點，依照工業用途將再生水水質分為 **Class A, B, C** 三級，依照用水單元評估用水水質所需要增設之水再生設施與處理單元，分級方向及應用方向建議參考表 3，各級用水建議值於表 4 所示。

表 3 再生水用於工業用途分級水質應用方向表

項目	再生水品質	標的用途	建議處理程序	水質規格
Class A	最高	高階工業用水 鍋爐給水	過濾+微濾/超濾+逆滲透 +消毒程序	幾可達飲用水標準及 工業高階用水品質程 度
Class B	次之	工業冷卻水系統之 系統水	過濾+微濾/超濾+消毒程 序	可達工業冷卻用水品 質程度
Class C	再次之	工業用水	過濾+消毒程序	

（資料來源：經濟部工業局，下水道系統再生水利用技術參考手冊，2016）

表 4 再生水用於工業用途分級水質建議值表

水質參數	Class A	Class B	Class C
pH	6.0~8.5	6.0~8.5	6.0~8.5
濁度 (NTU)	2	2	2
色度	5	10	10
臭味/外觀	無不舒適感	無不舒適感	無不舒適感
BOD ₅ (mg/L)	-	-	最大限值 15 以下且 連續 7 日平均限值 10 以下 (以生活污水 為水源)
COD (mg/L)	-	30	
TOC (mg/L)	0.5		
總溶解固體物 (mg/L)	100	800	
電導度 (μS/cm)	250	-	
氨氮 (mg/L)	0.5	5	5
硝酸鹽氮 (mg/L)	15		
總硬度 (mg/L as CaCO ₃)	50	400	850
硝酸鹽類 (mg/L)	5		
氟化物 F ⁻ (mg/L)	0.5		
氯化物 Cl ⁻ (mg/L)	20		
二氧化矽 (mg/L)	3		
總三鹵甲烷 (mg/L)	0.08		
餘氯 (mg/L)	2	1	結合餘氯：0.4 自由餘氯：0.1
大腸桿菌群 (CFU/100mL)	不得檢出	10	
總菌落數 (CFU/100mL)	不得檢出		
硼 B (mg/L)	0.5		
鐵 Fe (mg/L)	0.04		
錳 Mn (mg/L)	0.05		
鈉 Na (mg/L)	20		
鋁 Al (mg/L)	0.1		
鋇 Ba (mg/L)	0.1		
鈣 Ca (mg/L)	4		
銅 Cu (mg/L)	0.05		
鋅 Zn (mg/L)	0.1		
銻 Sr (mg/L)	0.1		

(資料來源：經濟部工業局，下水道系統再生水利用技術參考手冊，2016)

「再生水資源發展條例」及「再生水水質標準及使用遵行辦法」已規範國內再生水基礎水質標準，且依再生水示範案推動經驗，國內再生水主要作為工業用水使用，而隨著產業使用用途不同，用水端對於水質項目及標準也有不同的需求，為縮短未來再生水經營業與需水端協商時程，儘速達成共識，似有訂定再生水供應各類工業用途水質建議值之必要，經多次開會協商後於 107 年 6 月 28 日經授水字第 10720208640 號公告如表 5 所示。

表 5 再生水用於工業用途水質基礎建議值表

項目	單位	建議最大容許量		
		製程用水	鍋爐用水	冷卻用水
pH	-	6.0~8.5	7.0~9.0	6.0~8.5
濁度	NTU	2		4
總有機碳 (TOC)	mg/L	5		10
總溶解固體 (TDS)	mg/L	150		500
導電度	μS/cm	250		800
總硬度	mg/L as CaCO ₃	50		400
氯鹽	mg/L	20		-
硫酸鹽	mg/L	50		250
氨氮	mg/L	2		10
硝酸鹽氮	mg/L	10		-
二氧化矽	mg/L	-		25

備註：

1. 本基礎建議值之擬訂，係以供製程及鍋爐用水之原水，並近似自來水水質為原則。
2. 本建議值所列水質項目與數值僅作為再生水供需媒合協商之參考基礎，不限於此，若使用者另有特殊處理程序、水質項目與數值之需求，應另行協商制定之。
3. 本基礎建議值所指各類工業用水用途，其定義係參照經濟部經授水字第 10620211140 號令，「用水計畫書件內容及格式」之附件四、用水平衡圖繪製說明，說明如下：
 - (1) 製程用水：指作為原料的水或製造過程中原料或半成品進行化學反應或物理作用所需的水。同時亦包括作為原料、半成品與成品、機具、設備等與生產有關之清洗用水等，均可歸納為製程用水。
 - (2) 鍋爐用水：指提供生產、加熱或發電所需蒸氣，在鍋爐內進行汽化所使用的水稱之，包括鍋爐給水與鍋爐水處理用水等。
 - (3) 冷卻用水：指吸收或轉移生產設備、製品多餘熱量，或維持正常溫度下工作所用之水。可區分為：直接冷卻用水係指被冷卻物表面直接與水接觸達到冷卻效果；間接冷卻用水係指經過熱交換器而間接達到冷卻效果。另外空調用水係指工作場所或製程中所需溫、濕度控制調節之用水，亦歸類為間接冷卻用水的一種。
4. 本建議值僅作為各項工業用水用途之原水水質參考，使用者取得此原水後，應依據各類用水單元水質需求，另行預處理之，如製程用水可再經純化處理，鍋爐用水則需經軟化處理，並符合 CNS10231B1312 鍋爐規章（鍋爐給水與鍋爐水水質標準）。
5. 再生水用於冷卻用水用途，若冷卻水塔採開放式系統且可能產生飛濺噴沫者，建議可增加大腸桿菌群或總菌落數等水質項目，其基礎值可參考「再生水水質標準及使用遵行辦法」。

第三章 用水最適化及回收再利用技術

本節依據產業用水特性，分別針對製程用水、冷卻用水、鍋爐用水及放流水最適化及回收再利用技術及其他回收或用水減量方案等，摘要說明如下：

一、製程用水最適化及回收再利用技術

紡織作業中，人造纖維、針織布、染整、繩纜及漁網等產物製造過程中，精煉水洗及染色色紗作業具有高用水量，為紡織作業最大量用水來源，相關製程廢水水質特性如圖 9 所示，各項用水最適化及水回收技術如圖 10 所示，以下將分別說明各方法及回收技術：

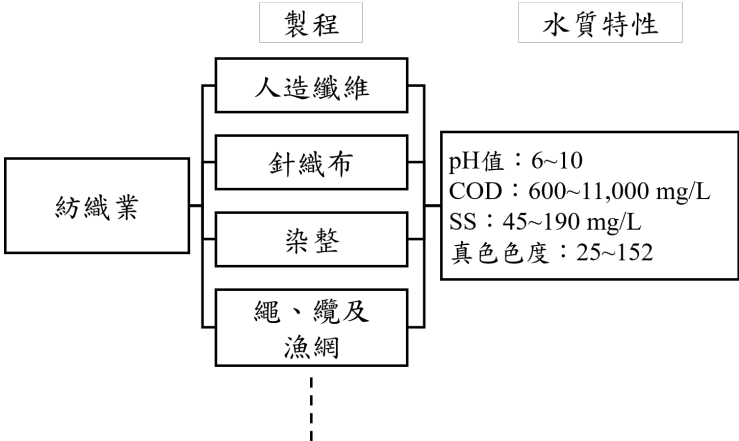


圖 9 紡織業製程廢水水質特性

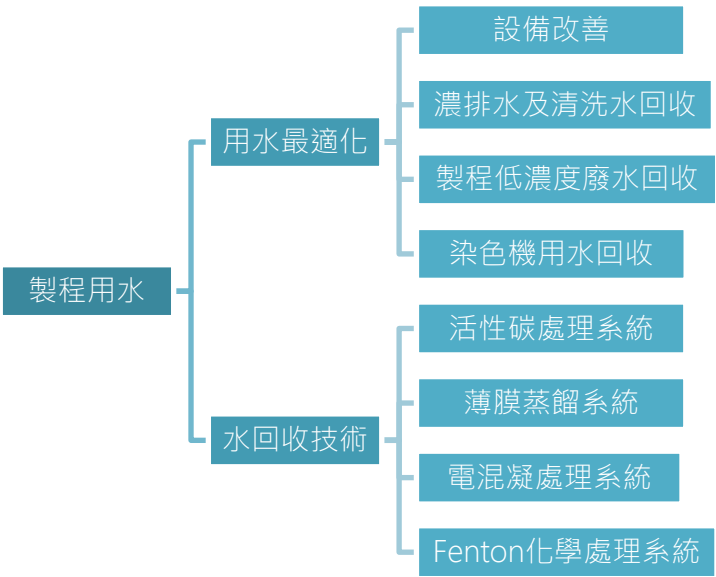


圖 10 製程用水最適化及水回收技術

(一) 用水最適化

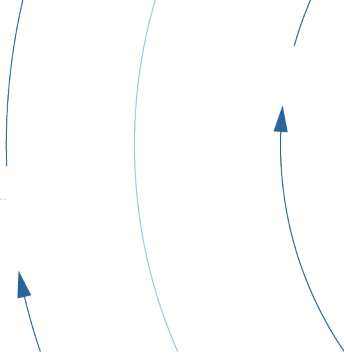
1. 設備改善

由於染色製程往往需要高用水量，若能針對機台進行用水量改善，或是加裝相關水位調整設備，將可達到節水效益。目前改善染色機台用水設備如：低水浴染色機台，其做法是將傳統染色機(HISAKA)更換為節能染色機，染色機台實體如圖 11 所示：更換後單位產品可節省用水量 35%、用電量 25%、蒸汽用量 34.9% (遠東月刊，設備再造、高效減碳-宏遠興業年度節約率集團第一，第 270 期，2013)，達到降低染整作業耗水量；於染整設備中，加裝液位壓差裝置，透過壓差原理進行水量調控，可避免水源的浪費，以某廠實質投資績效顯示，包括裝設節能染色機、熱回收、保溫設備，1 年可省下 3,108 萬元。



(資料來源：台灣紡織產業的綠色先行者—打造綠色節能廠房)

圖 11 節能染色機台設備圖



2. 濃排水及清洗水回收

製程中對於用水的品質有一定限制，故在進入製程前，大都會先經過純水系統或軟水系統處理後再進入製程使用。故在進水系統之 **RO** 純水設備的濃排水水質尚佳，可未經處理直接用於水質要求較不嚴苛之冷卻水塔或洗滌塔等次級用水使用，或者導回純水系統前端與自來水混和後再進入純水系統產水；在軟水系統的部分，持續生產作業一段時間後，系統逐漸飽和，造成產水效率逐步降低。因此，使用化學藥劑進行再生，恢復系統活性。而反沖洗頻率一般以導電度作為依據，相較於以通過水量視為反沖洗次數評估，導電度評估將更為精確，且可避免過度反洗。當反沖洗作業進行中，經過多次反洗後，其反沖洗水之水質將逐漸提升，後段正洗水質已趨近於自來水，通常水質清澈，具回收再用價值，因此可將該股正洗水回收作為冷卻水塔或洗滌塔補充等次級用水使用。

3. 製程低濃度廢水回收

紡織製程作業中所產生之製程廢水因不同製程及區段，產出之廢水濃度不一，對於後段產出之低濃度廢水，可視製程之水質需求再度回入製程端使用。由於染整作業須經過多道洗滌程序，針對洗滌用水可線上偵測後段水洗水之水質如濁度，當符合回收條件下，予以部分回收並補充原水再回用，以降低原水取用量。

4. 製程染色機用水回收

染色機水洗水為後段清洗水，較為潔淨具回收利用價值，可將染色機水洗水回用至染色的清洗製程，或回收至中深色染色程序使用。

(二) 水回收技術

1. 活性碳吸附 (活性碳+樹脂+微過濾) 處理系統

活性碳是一種多孔性物質，其中由微孔 (孔徑小於 **2 nm**) 構成的內表面積約佔總面積的 **95%** 以上，中孔洞和大孔洞僅佔 **5%** 左右。由於具有許多綿密發達的微細孔洞，**1 克** 的活性碳可能擁有超過 **1,000 m²** 的表面積，對分子量 **500 ~ 1,000** 範圍內的有機物具有較強的吸附能力，同時對於去除水中的化學需氧量 (**Chemical Oxygen Demand**，簡稱 **COD**)、生化需氧量 (**Biochemical Oxygen Demand**，簡稱 **BOD**)、有機氯、有機汞及芳香族化合物等物質亦有良好效果 (李中光等，淺談生物活性碳在廢水處理中之應用，環保簡訊，**2015**)。

紡織染整作業中，染色機台進行淺色系染色作業之時，廢水經過活性碳塔表面積之多孔洞結構特性，可吸附廢水中懸浮微粒，預估可有效去除 **70%** 色度，活性碳塔實體如圖 **12** 所示。淺色染色機台處理水經活性碳吸附處理後，可回用至深色染色機台。

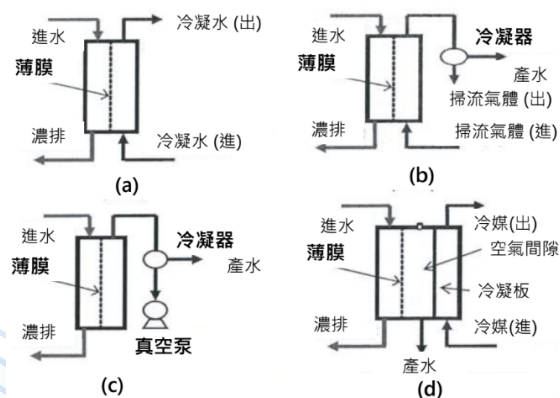


(資料來源：康淳科技)

圖 12 活性炭塔設備圖

2. 薄膜蒸餾系統

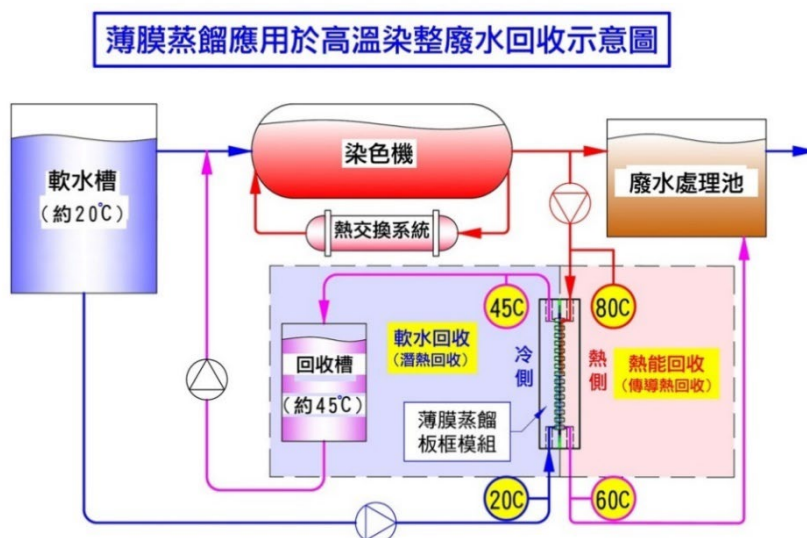
薄膜蒸餾處理系統是透過微孔洞疏水性薄膜隔開高溫與低溫溶液。高溫水流動至極度疏水性的薄膜表面，以溫度梯度產生薄膜兩側流體接觸面的蒸氣壓差為趨動力，使水蒸氣分子經薄膜孔洞，由高溫側傳輸至低溫側，於低溫側凝結成液體，其適用範圍廣，特別適用於有高溫製程用水的紡織業，且較不受總溶解固體 (Total Dissolved Solids, 簡稱 TDS) 濃度影響，可以獲得高品質之產水 (工業技術研究院) (林伯勳等，薄膜蒸餾技術應用在中鋼煉焦廢水氨氮脫除之可行性研究，鑛冶，五十九卷，第二期，2015)。薄膜蒸餾設備可分成直接接觸式 (Direct Contact Membrane Distillations, 簡稱 DCMD)、氣體掃流式 (Sweeping Gas Membrane Distillations, 簡稱 SGMD)、真空式 (Vacuum Membrane Distillations, 簡稱 VMD) 及空氣間隙式 (Air Gap Membrane Distillations, 簡稱 AGMD)，各項薄膜類型操作方法如圖 13 所示。



(資料來源：黃育德等，以薄膜蒸餾再生高溫染整原廢水，2017)

圖 13 薄膜蒸餾型式示意圖

在紡織業作業中，高溫染整由於用水量多、能耗大、廢水污染性高及溫度高（50~80℃），透過薄膜蒸餾處理可有效去除水中部分污染物，但水中若含有可能導致疏水性薄膜極化之物質，需藉由前處理去除污染物，以維持產水品質，使得再生水得以回收再利用，高溫廢水回收應用如圖 14 所示。



（資料來源：瑞儀企業有限公司）

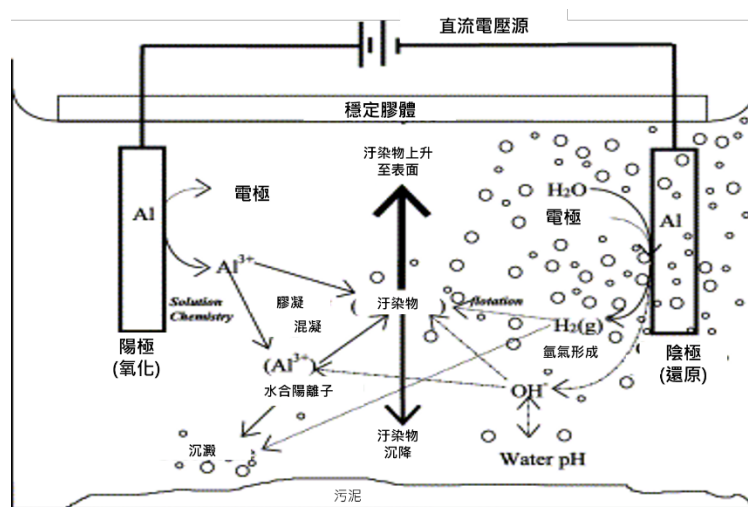
圖 14 薄膜蒸餾於高溫廢水回收應用示意圖

3. 電混凝處理系統

電混凝（Electro-Coagulation，簡稱 EC）處理系統是一種電化學水處理方式，俗稱電明礬，可將絕大部分的雜質凝聚成大顆粒，浮懸到水中去除。電混凝處理原理如圖 15 所示，透過在水中放入兩片金屬板（鋁或鐵），電極接上直流電即可進行混凝，600 GPM（加侖/分鐘）電混凝處理設備如圖 16 所示。

本處理技術不需要用任何化學藥劑，也不需要酸鹼中和，因此不會對環境產生二次污染，透過電混凝法處理，可去除水中絕大部分的雜質，處理後的廢水，進一步透過 RO 或超微濾網淨化，可降低淨化處理難度、節省濾網費用。

電混凝處理水溶液 60 秒後雜質去除率如表 6 所示，多數物質透過電混凝系統可有良好去除效果，但對於易與水混合的液體（如：酒精、乙二醇等）或是溶解度太高無法產生不溶解沈澱物質（如：鈉鹽、鉀鹽或糖），電混凝用在 1% 以下水溶液效果最好，若借助絮凝劑，可處理 5% 的溶液（高家傑，電明礬水處理，2014）。以電混凝產水 12,000 CMD 為例，相關設施概估經費如表 7 所示：



(資料來源：李光中等，電凝凝技術在廢水處理中之應用，桃園大學校院產業環保技術服務團，第 39 期環保簡訊)

圖 15 電凝凝處理技術之原理示意圖



(資料來源：Powell Water Systems, Inc)

圖 16 電凝凝處理設備圖

表 6 電混凝處理技術對廢水污染物去除率（60 秒）

污染物	處理前（mg/L）	處理後（mg/L）	去除率（%）
Aluminum 鋁	224.0000	0.6900	99.69
Ammonia 氨	49.0000	19.4000	60.41
Arsenic 砷	0.0760	<0.0022	97.12
Barium 鋇	0.0145	<0.0010	93.10
Benzene 苯	90.1000	0.3590	99.60
BOD 生物需氧量	1050.0000	14.0000	98.67
Boron 硼	4.8600	1.4100	70.98
Cadmium 鎘	0.1252	<0.0040	96.81
Calcium 鈣	1,321.0000	21.4000	98.40
Chromium 鉻	139.0000	<0.1000	99.92
Cobalt 鈷	0.1238	0.0214	82.71
Copper 銅	0.7984	<0.0020	99.75
氰化物（Free）	723.0000	<0.0200	99.99
Ethyl Benzene 乙基苯	428.0000	0.3720	99.91
Fluoride 氟化物	1.1000	0.4150	62.27
Gold 金	5.7200	1.3800	75.87
Iron 鐵	68.3400	0.1939	99.72
Lead 鉛	0.5900	0.0032	99.46
Magnesium 鎂	13.1500	0.0444	99.66
Manganese 錳	1.0610	0.0184	98.27
Mercury 水銀	0.7200	<0.0031	98.45
Molybdenum 鉬	0.3500	0.0290	91.71
MP-Xylene 二甲苯	41.6000	0.0570	99.86
MTBE	21.5800	0.0462	99.79
Nickel 鎳	183.0000	0.0700	99.96
Nitrate 硝酸鹽	11.7000	2.6000	77.78
Nitrite 亞硝酸鹽	21.0000	12.0000	42.86
NitrogenTKN 氮	1,118.8800	59.0800	94.72
NTU	35.3800	0.3200	99.10

污染物	處理前 (mg/L)	處理後 (mg/L)	去除率 (%)
O-Xylene 二甲苯	191.0000	0.4160	99.78
Phosphate 磷酸鹽	28.0000	0.2000	99.28
Platinum 白金	4.4000	0.6800	84.55
Potassium 鉀	200.0000	110.0000	45.00
Selenium 硒	68.0000	38.0000	44.00
Silicon 矽	21.0700	0.1000	99.50
Sulfate 硫酸鹽	104.0000	68.0000	34.61
Silver 銀	0.0081	0.0006	92.59
Tin 錫	0.2130	<0.0200	90.61
Toluene	28,480.0000	0.2270	99.99
TSS	1,560.0000	8.0000	99.49

(資料來源：電明礬水處理，高家傑，2014)

表 7 電混凝處理系統經費分析

項目	電混凝
產水量 (CMD)	1,200
總建設成本 (元)	18,000,000
單位產水成本-建設 (元/噸)	6
單位產水成本-營運 (元/噸)	5
單位產水總成本 (元/噸)	11
年營運成本 (元)	2,160,000
產水總成本 (元/月)	4,731,432

註：1. 單位建設成本以折舊年限 7 年估算。
 2. 每年工作天以 300 天計。
 3. 管佈設費以 2,000 元/噸及電混凝設備以 18,000,000 元預估，但經費分析結果僅供參考，實際金額仍以工程公司報價為主。

(資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2016)

4. Fenton化學處理系統

Fenton 氧化法 ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$) 被認為是一種最有效、簡單且經濟的方法，其他方法因設置及操作成本高而較難普及。Fenton 氧化法雖有高效率、低操作費的優點，但同時會產生大量鐵污泥，為應用時的一大缺點。自 1994 年起以 Fenton 氧化法產生 $\cdot\text{OH}$ (hydroxyl radical) 為基礎，開發改良低污泥的廢水高級氧化處理技術，我們稱此為高級氧化處理系統。

二、冷卻用水最適化及回收再利用技術

冷卻用水單元主要作用為吸收及轉移熱量，使用水溫度維持作業需求，因冷卻用水具有量體大、消耗少及污染低之特性，因此透過相關節水技術將可得到回收再利用之效益，有關冷卻水水質標準可參照第二章表 4 及表 5，圖 17 為紡織業中冷卻用水最適化及水回收常見之相關技術。

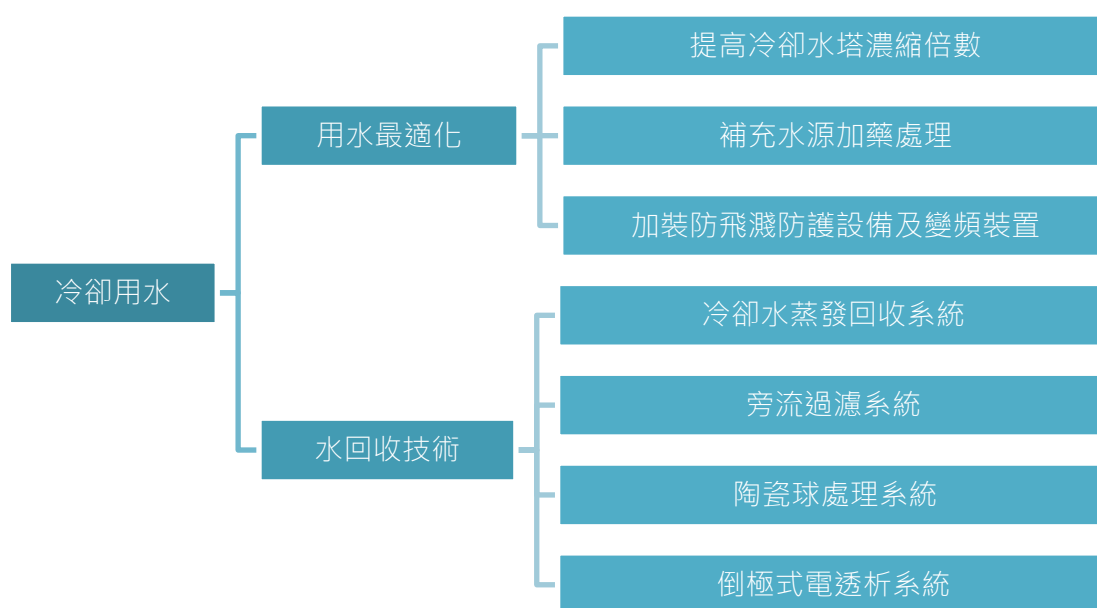


圖 17 冷卻用水最適化及水回收技術

(一) 用水最適化

1. 提高冷卻水塔濃縮倍數

冷卻水塔循環水透過換熱器交換熱量或直接接觸換熱方式來交換介質熱量後達到降溫之目的，之後進入冷卻水塔中循環使用，以降低用水量。但循環過程中，會因蒸發、飛散與濺灑、排放等作用而必須補充水源。蒸發作用係藉由一部分水蒸發，使得循環水溫度下降，可達到冷卻的功能；飛散與濺灑作用則因水滴噴濺或側風吹散，造成水滴逸散或被風扇吸出塔外損失；當冷卻水蒸發損失，持續重複循環利用，水中雜質將累積於水池中，加入補充水亦含有溶解固體，長時間累積及飽和濃度上升，固體物沉積管壁逐漸增厚，將可能造成管路阻塞問題，故須部分排放。補充水量與排水量間之關係可以濃縮倍數 (**Cycles of Concentration**) 來表示：

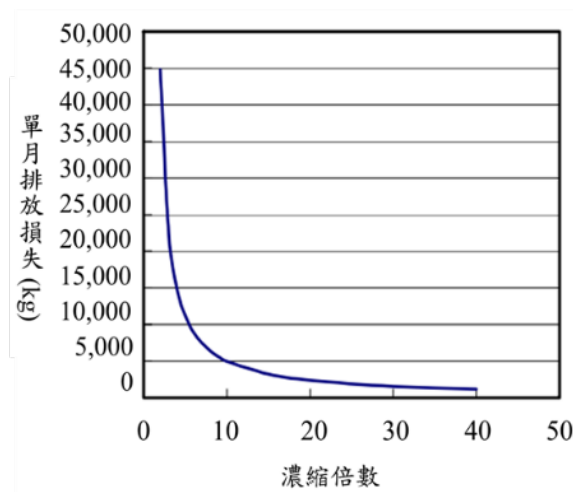
$$C = M \text{ (補充水量)} / B \text{ (排水量)}$$
$$= EC_{out} \text{ (排放水導電度)} / EC_{in} \text{ (補充水導電度)}$$

以節約用水觀點而言，提高濃縮倍數，可達到減少排水量、降低加藥量及能源損耗。濃縮倍數節省冷卻用水量之情形如表 8 所示，但過高濃縮倍數將可能造成水質問題，依操作經驗濃縮倍數以 5~6 倍時效益最佳。以 100 噸冷卻水塔與濃縮倍數與排放量的關係為例，其濃縮倍數與排放損失關係如圖 18 所示，當濃縮倍數高於 20，對於節水百分比效益已逐漸趨緩，持續濃縮除了增加藥品之費用開銷外，亦會導致設備產生副作用及環境污染。

表 8 濃縮倍數與節省水塔消耗量比較表

提高排放濃度上限後之濃縮倍數												
原濃縮倍數		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10
	1.5	33%	44%	50%	53%	56%	58%	60%	61%	62%	63%	64%
	2.0		17%	25%	30%	33%	38%	40%	42%	43%	44%	45%
	2.5			10%	16%	20%	25%	28%	30%	31%	33%	34%
	3.0				7%	11%	17%	20%	22%	24%	25%	26%
	3.5					5%	11%	17%	17%	18%	20%	21%
	4.0						6%	11%	13%	14%	16%	17%
	5.0							4%	7%	9%	10%	11%
	6.0								3%	5%	6%	7%

（資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016）



（資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016）

圖 18 濃縮倍數與排放損失關係圖

2. 補充水源化學加藥處理

為降低冷卻水塔補充之自來水量，一般可將廠內污染程度較低之排放水、製程生成水或蒸氣冷凝水等，經過簡易加藥處理作為冷卻水塔補充水，以降低自來水消耗量，處理模式如圖 19 所示。

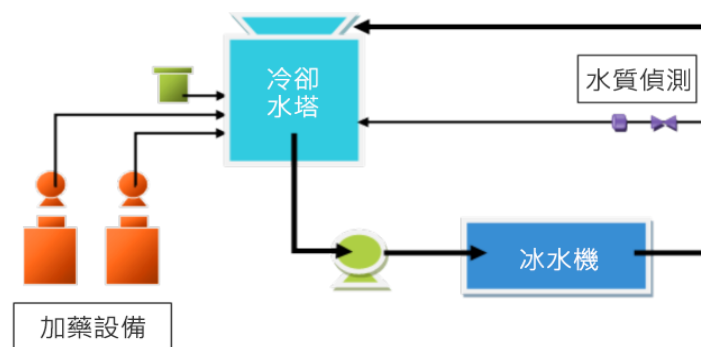
運用替代水源做為冷卻補充用水，其水質之穩定度，可透過藍氏飽和指數 (**Langelier Saturation Index**，簡稱 **LSI**) 做為判定，其計算模式為透過碳酸鈣在水中飽和程度作為積垢的參考指數，計算的公式為： $LSI = pH - pH_s$ ，計算過程所需參數包括：酸鹼值 (**pH**)、**Ca** 硬度、**M** 鹼度 (**M_{alk}**) 及總溶解固體 (**Total Dissolved Solids**，簡稱 **TDS**) 的數據值。首先經由理論公式： $pH_s = pCa (-\log[Ca^{2+}]) + pM_{alk} (-\log[M_{alk}]) + C_{scale} (f (T, TDS))$ 的計算，得到水中飽和時之 **pH** 值 (**pH_s**)；再經由 **pH** 與 **pH_s** 間的相減，其代表的意義可以顯示出碳酸鈣於此冷卻循環系統中呈現沉積或是溶解的傾向。飽和指數雖未考量硫酸鈣、氫氧化鎂、矽酸鹽、磷酸鈣等水中其他積垢成分數值，但其足以做為水體是否有積垢傾向的判定，是水體使用、維護管理之重要依據：

LSI<0，碳酸鈣會溶於水中不易形成水垢，但管路易有腐蝕趨勢 (**Corrosion**)；可添加腐蝕抑制劑如磷酸鹽、矽酸鹽、亞硝酸鹽及鉬酸鹽等，以抑制腐蝕或於金屬表面形成一種保護膜。

LSI>0，水體中可能產生碳酸鈣沉澱，易形成水垢 (**Scaling**)；可添加抗垢劑如有機磷酸鹽及硫酸，將水中部份的重碳酸鈣 (**Ca(HCO₃)₂**) 轉換成溶解度較高之硫酸鈣。

LSI=0，處於平衡狀態水質穩定，無結垢傾向，但 **LSI** 指數可能因溫度或水質變化產生影響。

若替代補充水中含藻類或菌類等時，將容易產生菌藻污塞，使得結垢及腐蝕問題更加惡化，產生冷卻水塔壓降及熱傳效率不良情形，處理方法為選擇添加如次氯酸鈉、氯錠、二氧化氯等滅菌劑，抑制微生物及藻類之滋長，惟較適合水量小及水質結垢者。

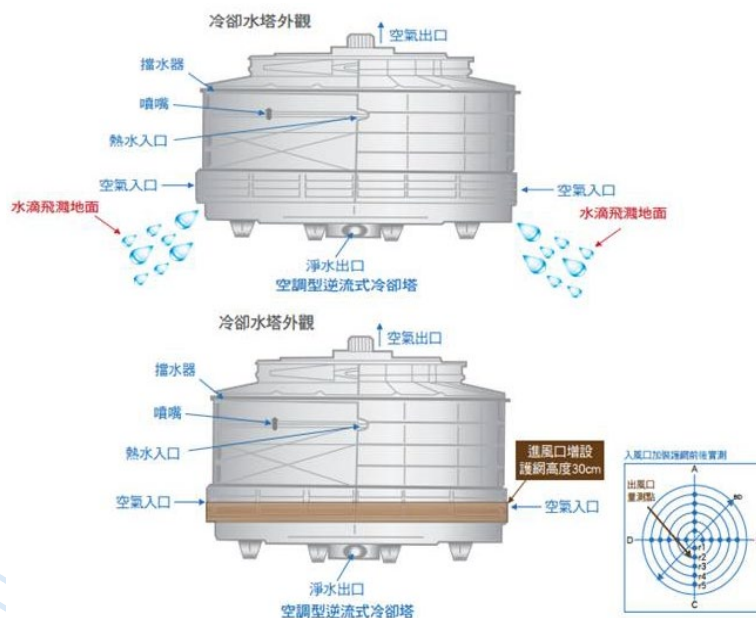


（資料來源：佳友股份有限公司）

圖 19 冷卻水塔加藥示意圖

3. 加裝防飛濺防護設備及變頻裝置

為減少冷卻水塔之補充用水量，增設防飛濺防護設備減少飛濺耗水量及加裝變頻裝置等均為常見用法。冷卻水塔運轉時，當轉速過快及水量過大，會產生冷卻水溢散現象，防飛濺防護設備如圖 20 所示。此外，冷卻水塔風扇安裝多式變頻器進行調速運轉，以大氣濕球溫度及出水需求控制水溫，進行風扇馬達變頻或兩段式設計，並參考冰水主機運轉台數，控制冷卻風扇轉速，可有效減少冷卻塔蒸發水量，估計約可節省 10% 之冷卻水蒸發逸散量，同時也可節省風扇所需的用電量。



（資料來源：經濟部水利署，節水紀實，2012）

圖 20 冷卻水塔防飛濺防護設備圖

(二) 水回收技術

1. 冷卻水蒸發回收系統

一般造成冷卻水蒸散量大，蒸散比率高之原因包括工廠冷卻循環水量大、風扇風量大及散熱片效率差等。依據研究顯示，典型開放式冷卻水塔耗水量依序為蒸發、排放、濺灑與飛散。因此，降低蒸發損失為主要節水重點 (國科會計畫編號 NSC90-2212-E-006-126，邱政勳、謝博丞、林政德，冷卻水塔之節水策略，2005)。

美國加州理工學院機械系之研究顯示，以簡單的纖維濾料 (Fiber Filter) 即可吸附 10% 的冷卻蒸發水量，達到減少蒸發的目的 (Research Paper of California Institute of Technology · Kim, C.S. · Increasing Cooling Tower Water Efficiency 2009)。針對冷卻水蒸發回收，國外研發 Air2Air™ 蒸發回收系統，以周圍較冷空氣進行蒸氣降溫，回收系統如圖 21 所示；Marley ClearSky™ 消霧節水冷卻水塔，採用冷凝模組在塔內凝結水分降低水霧排放，經估算可回收 15 ~ 22% 的冷卻水蒸發量，冷卻水塔設備如圖 22 所示；以 150 HP 冷卻水塔於缺水時期使用為例，蒸發回收分析如表 9 所示，其每年 11~4 月缺水期間運作之單位回收成本如表 10 所示。

(資料來源：賴建宇，冷卻用水效率提升，產業用水效率提升輔導說明會，2016)

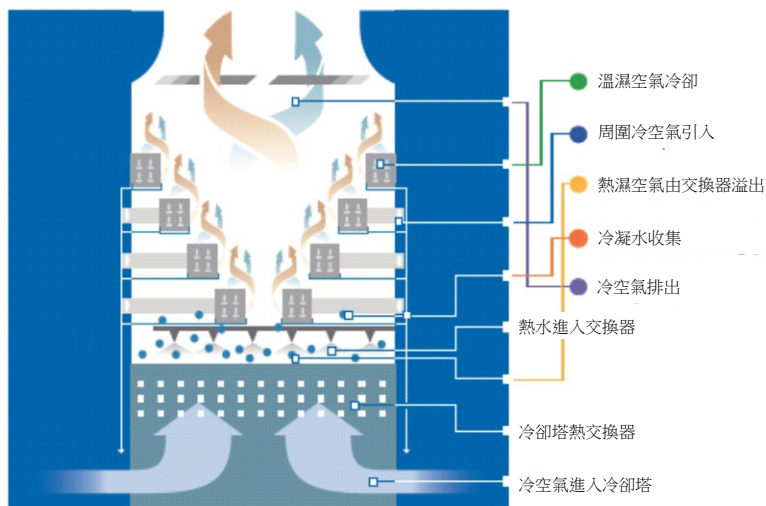
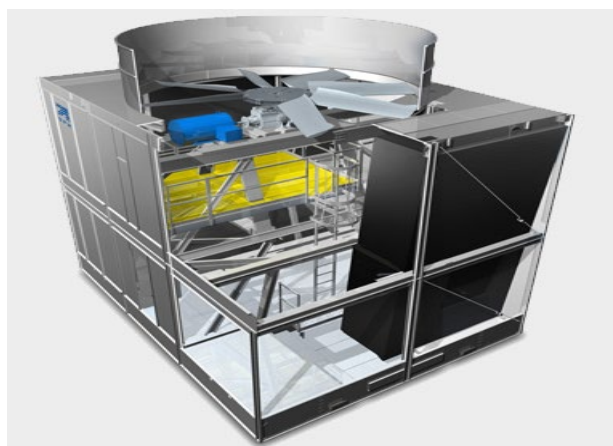


圖 21 冷卻水塔蒸發回收系統圖



(資料來源：SPX Cooling Technologies, Inc)

圖 22 消霧節水冷卻水塔設備圖

表 9 台灣中部地區冷卻水塔蒸發回收分析表

月份	濕球溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	乾球溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	原蒸發量 (m^3/h)	可回收量 (m^3/h)	蒸發水量 (m^3/h)	風門開度 (%)	水回收率 (%)
1	13.9	16.6	11.5	2.5	9.0	100	21.6
2	14.8	17.3	11.5	2.5	9.0	100	21.6
3	16.9	19.6	12.0	2.5	9.5	100	20.8
4	20.3	23.1	12.2	2.3	9.9	100	18.5
5	22.9	26.0	12.7	1.8	10.8	45	14.3
6	24.6	27.6	12.7	0.0	12.7	0	0
7	25.1	28.6	12.9	0.0	12.9	0	0
8	25.1	28.3	12.9	0.0	12.9	0	0
9	24.0	27.4	12.7	0.0	12.7	0	0
10	21.6	25.2	12.7	1.8	10.8	70	14.3
11	18.5	21.9	12.2	2.3	9.9	100	18.5
12	15.0	18.1	11.8	2.5	9.3	100	21.2

註：計算基準：150 馬力風扇，降溫 $37.5\sim 32^{\circ}\text{C}$ ，冷卻循環水量 $1,576 \text{ m}^3/\text{h}$

(資料來源：經濟部工業局，工業污染防治，第 141 期，2017)

表 10 冷卻水塔蒸發系統成本分析

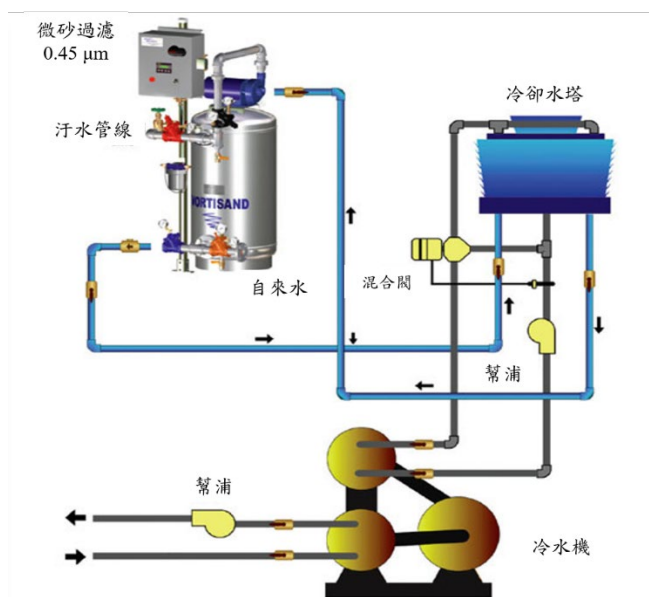
項目	蒸發回收冷卻水塔	傳統冷卻水塔	加裝蒸發回收差異
風扇馬達功率	110 kW (150 馬力)	93 kW	17 kW
建造成本	22,000 千元	10,000 千元	12,000 千元
回收水量 (11-4 月)	58,240 m^3	0	58,240 m^3
營運成本 (11-4 月)	1,100 千元	930 千元	22,000 千元
單位產水建造成本 (25 年折舊) (元/ m^3)			8.24
單位產水營運成本 (元/ m^3)			2.92
單位產水成本 (元/ m^3)			11.16
註：計算基準：建造成本折舊年限 25 年，電費 2.5 元/度			

(資料來源：經濟部工業局，工業污染防治，第 141 期，2017)

2. 旁流過濾系統

透過冷卻水塔加裝旁流過濾裝置，可達到去除水中絮狀物、灰塵及水中懸浮物質，此類雜質具有低溶解度特性，因此於冷卻系統管路上安裝過濾器去除雜質，可達到良好處理效果，旁流過濾處理系統如圖 23 所示。當水塔抽水模式若可由冷卻水塔中心抽出，將可提升取水率並有效降低結垢及污塞。

過去常見傳統旁流過濾設備多採砂濾，但砂濾具有反洗水量大、壓力易上升及易結塊等問題，以過濾量 $100 \text{ m}^3/\text{hr}$ 為例，纖維過濾與傳統砂濾比較如表 11 所示，纖維過濾除反洗水量較少外，同時可有效濾除膠狀物質及鐵、錳物質及過濾精度高等多項優點，可有效解決傳統沙濾問題（冷卻水塔旁濾設備應用及其節水成效，全澤股份有限公司）。



(資料來源：Oasis Engineering & Supplies Sdn Bhd.)

圖 23 旁流過濾處理系統示意圖

表 11 纖維過濾與傳統砂濾比較表

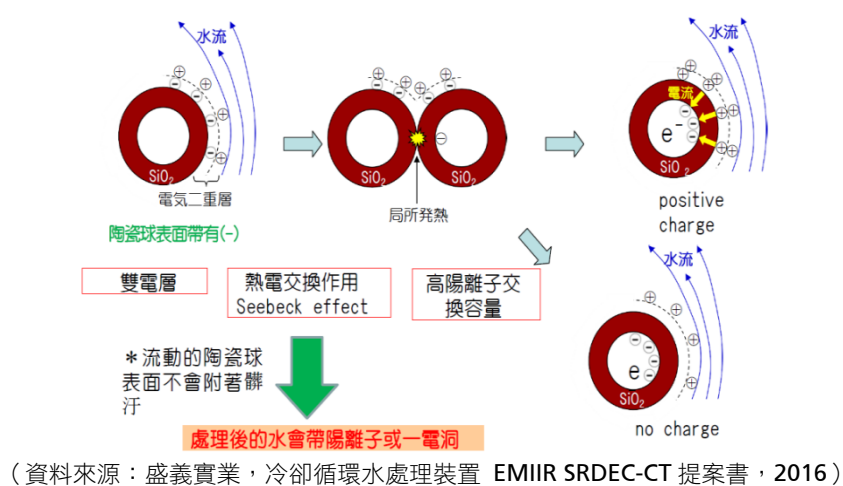
	傳統砂濾	纖維過濾
過濾速度 (LV 線性流速)	10 m/hr.	一般過濾 30 m/hr. 高速過濾 60~100 m/hr.
過濾表面積	10 m ² 佔用面積大 (LV=10 時)	一般：3.3 m ² (LV=30 時) 高速：1.25 m ² (LV=80 時)
反洗總耗水量 (如每天反洗一次)	36,500 m ³ /year	一般：13,140 m ³ /year 高速：5,110 m ³ /year
截污量	淺層過濾，截污量少，相對反洗頻率高	深層過濾，截污量多，相對反洗頻率低
過濾精度	10 μm 以上粒徑的顆粒方可濾除	10 μm 濾除 100% 2 μm 濾除 50%以上
濾材更換	1~3 年需更換一次，視污染情況而定	正常狀況下使用 10 年以上
對膠狀物質及鐵份處理	無法濾除膠體物質及鐵、錳	可濾除膠狀物質及鐵、錳
結塊問題	濾材會因微生物及污染物凝聚而結塊，過濾時造成短流	濾材用氣水清洗不結塊不影響過濾效果
油脂過濾	會受油污染而凝結	可過濾少量油脂
使用動力	需倍量水反洗及較高水頭損失，耗用能源大	比採水量小的反洗水及較低的水頭損失，耗用能源小
過濾水頭損失	初始壓力隨濾材粒徑而定，一般 0.5 kg/cm ² ，壓差 0.5 kg/cm ² 時需反洗	初始壓力為 0.2~0.4 kg/cm ² 壓差 0.5~1.0 kg/cm ² 時才需反洗
設備選擇性	設備單一無選擇性	設備多樣化

(資料來源：全澤股份有限公司)

3. 陶瓷球處理系統

在循環水處理裝置中，冷卻水流經陶瓷球後帶陽離子， Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等二價陽離子與碳酸鹽等陰離子產生膠體化形成水垢，使得水垢沉積在水流流速低的冷卻水塔水盤中。

該用水因透過陶瓷球處理系統，管線及熱交換器的管壁不會附著水垢，可大幅降低排水量來控制濃度，相關設備水處理理論及實體設備如圖 24 及圖 25 所示。



(資料來源：盛義實業，冷卻循環水處理裝置 EMIIR SRDEC-CT 提案書，2016)

圖 24 陶瓷球水處理理論圖

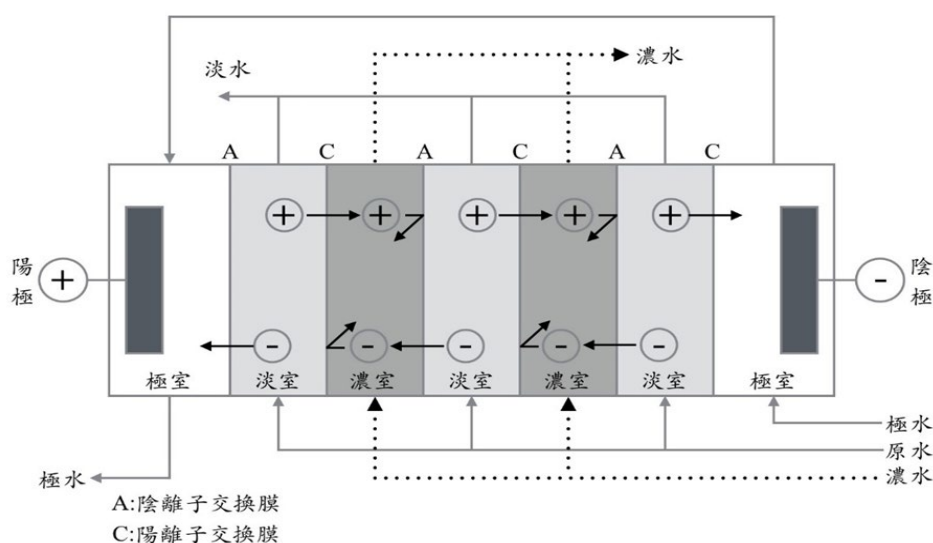


(資料來源：盛義實業，冷卻循環水處理裝置 EMIIR SRDEC-CT 提案書，2016)

圖 25 陶瓷球水處理設備圖

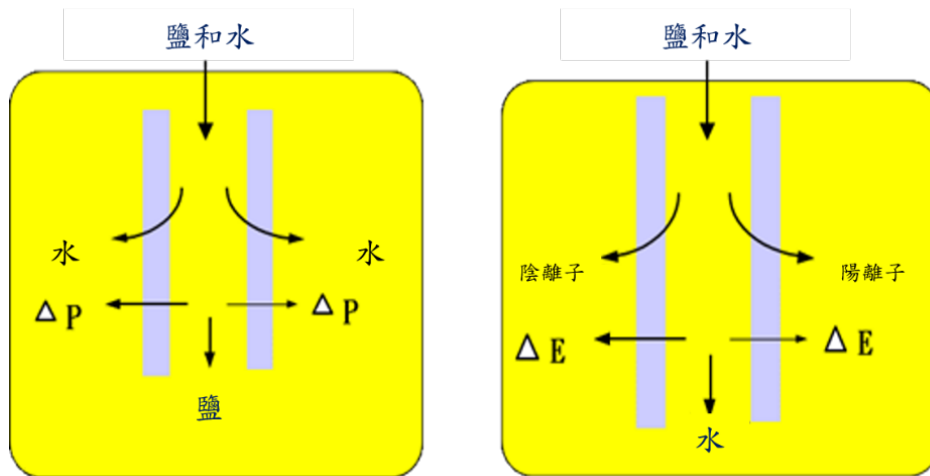
4. 倒極式電透析系統

倒極式電透析 (**Electrodialysis Reversal**，簡稱 **EDR**) 主要是利用異相型離子交換膜組成，電透析薄膜處理系統原理如圖 26 所示。利用陽離子只能穿透陽離子膜，而陰離子只能穿透陰離子膜的特性，在外加直流電場的作用下，水中陰離子移向陽極，陽離子移向陰極，最後得到淡水及濃水，達到淡化除鹽的目的，並利用切換直流電正負極和內部導流的方式延長薄膜使用壽命。**EDR** 可處理導電度高達 $8,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，化學耐受性高，**pH** 值處理範圍介於 1~10 之間，可用 3%**HCl** 清洗薄膜表面結垢或用 H_2O_2 或氯殺菌，且容許原水污泥密度指數 (**Silt Density Index**，簡稱 **SDI**) 限值 ($\text{SDI} < 15$)，較 **RO** 處理設備容許限值 ($\text{SDI} : 3 \sim 5$) 寬鬆，清洗維修週期長，動能消耗低 ($45 \sim 90 \text{ psi}$ 操作)，故在操作成本上較 **RO** 低，水回收率最高可達 90%，氟離子濃度負荷可達 $1,500 \text{ mg/L}$ ，去除效率約 80%，**RO** 與 **EDR** 脫鹽技術之比較如圖 27 所示，經由 **EDR** 系統處理後可以有效的淡化水或廢水中的離子，降低水中的導電度及 **TDS**，處理後之水源可做為冷卻水塔補充水。



(資料來源：梁德明，薄膜相關新技術用於電導躡控制技術及處理成本分析，排放水電導躡控制技術講習會，財團法人中技社綠色技術發展中心，2003)

圖 26 電透析薄膜處理系統原理示意圖



RO分離機制：以壓力(20bar)為驅動力

EDR分離機制：以電力為驅動力

(資料來源：梁德明，薄膜相關新技術用於電導躡控制技術及處理成本分析，排放水電導躡控制技術講習會，財團法人中技社綠色技術發展中心，2003)

圖 27 逆滲透薄膜與倒極式電透析系統之脫鹽技術原理比較圖

國內已有大用水工廠以 **EDR** 進行冷卻排放水回收，此舉除可回收約 **75%** 冷卻排放水外，亦可有效減少冷卻系統循環水之藥劑使用量。表 12 表 13 為冷卻排放水以 **EDR** 回收產水之案例及成本分析，生產之再生水水質較自來水佳，更適合作為冷卻水塔補充水。

表 12 冷卻排放水以倒極式電透析回收產水水質實例表

項目	pH	導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	鈣硬度 (mg/L as CaCO_3)	鎂硬度 (mg/L as CaCO_3)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)
排放水	8.0~8.5	1520±30	275±25	30±5	250±30	290±30
再生水	5.0~6.2	295~315	20~27	0.5~1.4	9~12	91~112

1. (資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2016)

表 13 倒極式電透析系統水回收成本分析

(元/立方公尺)					
項目	電費	藥費	換/洗膜費用	折舊費用	操作維修費用
費用	1.41	0.72	4.62	4.83	1.00
產水成本	12.58				

(資料來源：經濟部工業局，工業污染防治，工業冷卻水循環再利用技術及效率之探討，2017)

三、鍋爐用水最適化及回收再利用技術

鍋爐用水係指在鍋爐內進行汽化所需之用水，其蒸氣將用於工業生產及發電，由於蒸汽凝結水具有較佳水質，因此適合用於回收再利用，且鍋爐用水循環再利用，多於密閉系統下進行，較無微生物孳生之困擾，但會產生腐蝕及結垢現象，因此藉由除氧、調節 pH 值、添加螯合劑、利用電磁場及脫鹼等控制腐蝕結垢，使得設備得以正常操作並降低用水量，相關用水最適化及水回收技術如圖 28 所示，說明如下。

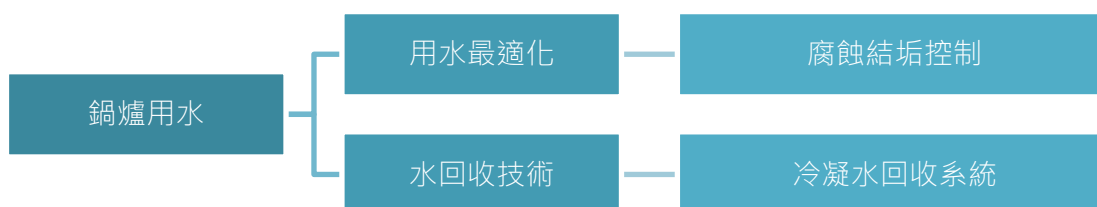


圖 28 鍋爐用水最適化及水回收技術

(一) 用水最適化

1. 腐蝕結垢控制

在鍋爐腐蝕預防控制技術中，預防結垢之方式如下：

(1) 除氧

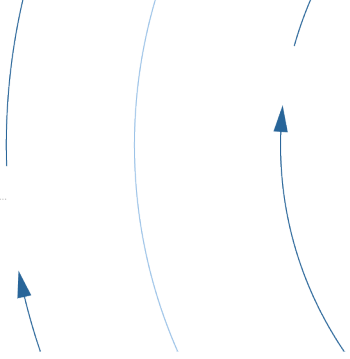
對於鍋爐進水水質進行除氧，相關常見技術如化學除氧及熱力除氧。在化學除氧中，利用化學反應來除去水中溶解氧氣量，常用的有鋼屑除氧法、亞硫酸鈉除氧等方法；熱力除氧技術中，一般有大氣式熱力除氧和噴射式熱力除氧，原理是將鍋爐給水加熱至沸點，使氧溶解度減小，水中氧不斷逸出，再將水面上產生的氧氣連同水蒸汽一道排除，是目前應用最多且發展最成熟的一種除氧方法。

(2) pH 值控制

由於鍋爐材質為金屬材料，預防鍋爐腐蝕，對於進水應調高 pH 值，常用方式是以添加胺、有機胺中及二氧化碳以提高 pH 值。在高純度鍋爐給水中，pH 值需控制在 6.5 至 7 中，並加入強氧化劑形成保護膜防止金屬腐蝕。

(3) 螯合劑處理

於鍋爐水中，添加乙二胺四乙酸(Ethylene Diamine Tetraacetic Acid，簡稱 EDTA)，使其於水中鐵離子形成鐵螯合物，避免金屬腐蝕。



(4) 電磁場處理

係利用電磁感應產生的電磁場作用於流體，在電磁場的作用下，水中的鈣、鎂離子會處於高速運動的狀態，暫時性改變電荷，因此讓鈣、鎂離子無法形成水垢，達到防阻水垢生成的目的。

(5) 脫鹼處理

當鍋爐水質鹼度偏高時，可能會引起水冷壁管的鹼性腐蝕和應力腐蝕破裂，還可能使鍋爐水產生泡沫而影響蒸氣品質，對於鉚接或脹接鍋爐，鹼度過高也可能引起苛性脆化，因此利用脫鹼軟化水質，若排放異常即進行校正。

(6) 不同壓力鍋爐

由於鍋爐工作壓力不同，對於水質要求及控制方法上也有所不同。壓力越高的鍋爐，對水質要求亦越高。低壓鍋爐可以在爐內水處理，但一般採用以軟化水作為補充水在爐外處理；中壓鍋爐及部分高壓鍋爐通常採用脫鹼、除二氧化矽、脫鹽和鈉離子交換（中壓鍋爐）後的軟化水作為補充水，在爐內主要採用磷酸鹽處理。

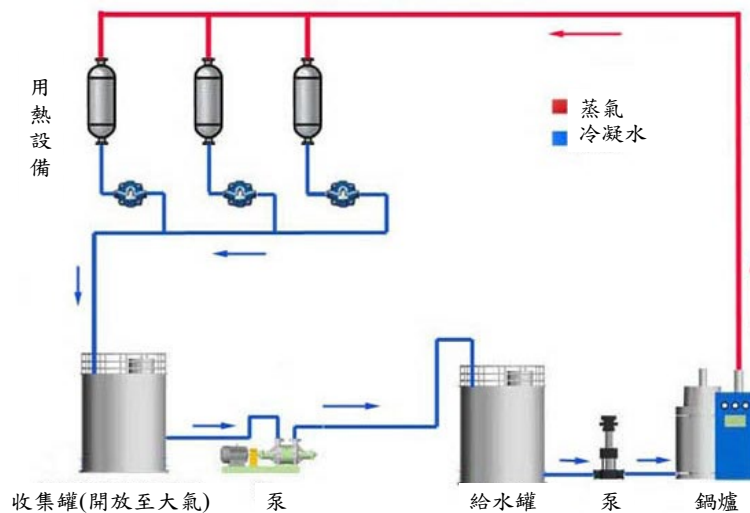


(二) 水回收技術

1. 冷凝水回收系統

冷凝水來源是透過收集所有間接蒸汽使用端的冷凝水，應作適當餘熱回收，減少閃沸蒸汽排放損失，以達最大節能效益。在鍋爐冷凝水回收系統中，提高鍋爐給水溫度及品質，不僅可降低用水量，同時也可減少鍋爐負荷及處理成本。鍋爐冷凝水回收系統可區分為開放式及封閉式，以下將分別說明兩者的原理。

開放式冷凝水回收系統是透過疏水閥將冷凝水回收至開放式之收集罐內，其回收原理如圖 29 所示。此回收冷凝水將可做為鍋爐補充水或者其他製程用途，但由於冷凝水為直接排放到大氣常壓下，因此有較多的閃蒸汽直接排放到大氣中，冷凝水溫度不會高於 100°C 。



（資料來源：唐山聯鼎蒸汽節能技術開發有限公司）

圖 29 開放式冷凝水回收系統原理示意圖

密閉式冷凝水回收系統是將冷凝水回收至密閉收集罐內，是一種高於常壓的回收方式，其回收原理如圖 30 所示。在此封閉迴路中，於集水罐回收之冷凝水，溫度可以遠高於 100℃。

開放式冷凝水回收系統配置較簡單，初期投資較低，但由於收集罐是開放至大氣的，當冷凝水發生閃蒸時，大量的熱量會釋放到空氣中；封閉式的系統的投資成本較高，在設計時也需要考慮較複雜的參數，例如調節閃蒸氣的專用閥等，但可回收的熱量比開放式系統來得高，相較開放式的冷凝水回收系統可節省更多能源，此兩者回收系統比較如表 14 所示。

（資料來源：唐山聯鼎蒸汽節能技術開發有限公司）

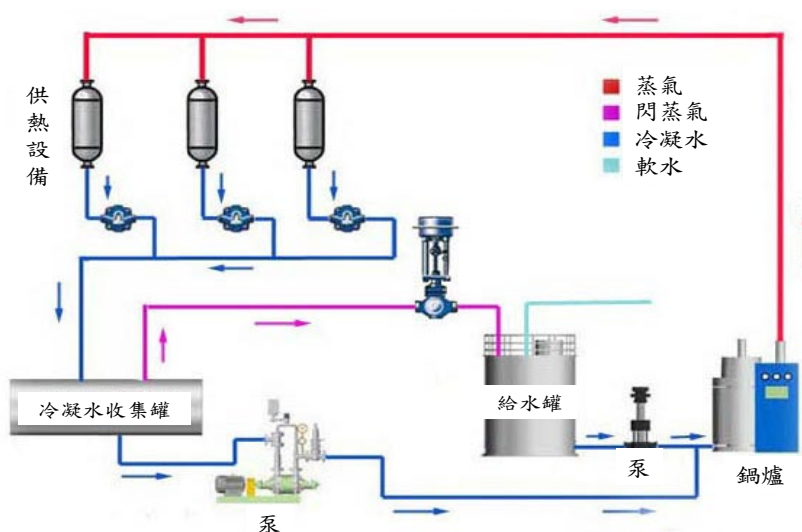


圖 30 密閉式冷凝水回收系統原理示意圖

表 14 開放式及密閉式冷凝水回收系統比較表

	開放式回收	密閉式回收
冷凝水回收溫度	最高 100℃	最高 180℃
系統參數	簡單	複雜
初期投資	較低	較高
管道侵蝕	顯著 (冷凝水和空氣接觸)	輕微 (冷凝水不和空氣接觸)
水霧	大量	少量
回收工藝	鍋爐給水、預熱及清洗用水	回收到鍋爐中或閃蒸氣回收工藝中

（資料來源：迪埃爾維流體控制商貿有限公司，冷凝水回收：開放式系統 vs 封閉式系統）

四、放流水回收再利用技術

放流水回收再利用，除可降低廢水納管所衍生之費用外，亦可回收作為原水補充或其他次級用水使用，降低原水取水量。常見的放流水回收再利用技術包括電混凝、薄膜處理、活性碳及薄膜生物處理等系統如圖 31 所示，分別說明如下：

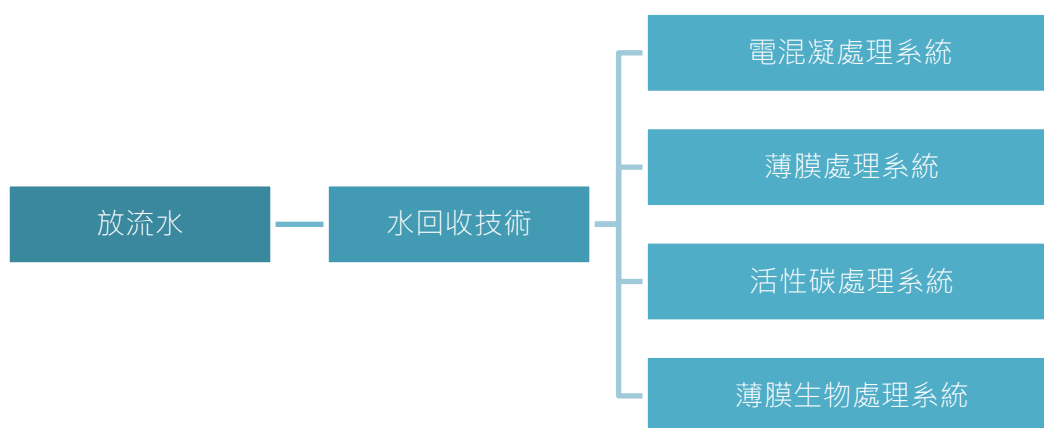


圖 31 放流水回收技術

(一) 水回收技術

1. 電混凝處理系統

亦可用於回收製程排放水，已於此章第一節詳細說明。

2. 薄膜及活性碳處理系統

製程所產生之廢水，可依據導電度做低濃度 (導電度 $500\sim600\ \mu\text{S}/\text{cm}$) 及高濃度 (導電度 $> 1,000\ \mu\text{S}/\text{cm}$) 區分。高濃度廢水經廢水處理設備後，納管至污水下水道，而低濃度廢水經污水處理設備處理過後，可透過 **UF** 過濾或活性碳吸附，達到去除溶解性大分子物質，處理後之水源可用作製程洗布用水、袋濾式脫水機清洗亦或者用水需求水質標準不高之程序或用水單元。

以產水量 **250 CMD** 估計，使用 **UF** 或活性碳系統所需建置費用分別表 15 及表 16 所示 (本估算分析結果僅供參考，實際金額仍以工程公司報價為主)。

表 15 超過濾處理系統經費分析

項目	UF
產水量 (CMD)	250
總建設成本 (元)	1,000,000
單位產水成本-建設 (元/噸)	1.8
單位產水成本-營運 (元/噸)	3.3
單位產水總成本 (元/噸)	5.1
年營運成本 (元)	257,400
產水總成本 (元/月)	400,258
註：1. 單位建設成本以折舊年限 7 年估算。 2. 每月工作天以 26 天計。	

(資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2016)

表 16 活性碳處理系統經費分析

項目	活性碳塔
產水量 (CMD)	250
總建設成本 (元)	530,000
單位產水成本-建設 (元/噸)	1.0
單位產水成本-營運 (元/噸)	3.5
單位產水總成本 (元/噸)	4.5
年營運成本 (元)	273,000
產水總成本 (元/月)	348,715
註：1. 單位建設成本以折舊年限 7 年估算。 2. 每月工作天以 26 天計。 3. 活性碳設備經費分析僅包含活性碳塔 (含面前管，不含儀錶與閥件)、活性碳及平台，不包含盤面。經費分析結果僅供參考，實際金額仍以工程公司報價為主。	

(資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2016)

3. 薄膜生物處理+逆滲透 (或離子交換樹脂) 系統

管末放流水於放流前，需經過廢水處理設備進行處理，常見處理設備為化學混凝系統，倘若增加生物處理槽如薄膜生物處理系統 (**Membrane Bioreactors**，簡稱 **MBR**)，將可有效處理製程產生高濃度化學需氧量 (**Chemical Oxygen Demand**，簡稱 **COD**) 廢水問題，加上逆滲透 (**RO**) 或離子交換樹脂系統以去除水中離子及鹽類，此時水體經過處理系統得以回用至製程端，減少自來水或地下水之取用，同時降低廢水處理費用。以產水 **300 CMD** 為例，相關建設、營運經費及產水成本如表 17 所示。

表 17 薄膜生物處理及逆滲透薄膜系統經費分析

項目	MBR+RO
產水量 (CMD)	300
總建設成本 (元)	14,250,000
單位產水成本-建設 (元/噸)	11
單位產水成本-營運 (元/噸)	17
單位產水總成本 (元/噸)	28
年營運成本 (元)	1,836,000
產水總成本 (元/月)	251,958
註：1. 單位建設成本以折舊年限 12 年估算。 2. 每月工作天以 30 天計。 3. MBR+RO 以 14,250,000 元預估，但經費分析結果僅供參考，實際金額仍以工程公司報價為主。	

(資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2016)

五、其他水回收技術

其他水回收技術包括生活用水減量、廠內用水管理、雨水貯留供水系統、區域水資源整合及裝設連續監測系統如圖 32 所示，以達到水回收再利用，並減少原水取水量之效益，說明如下：

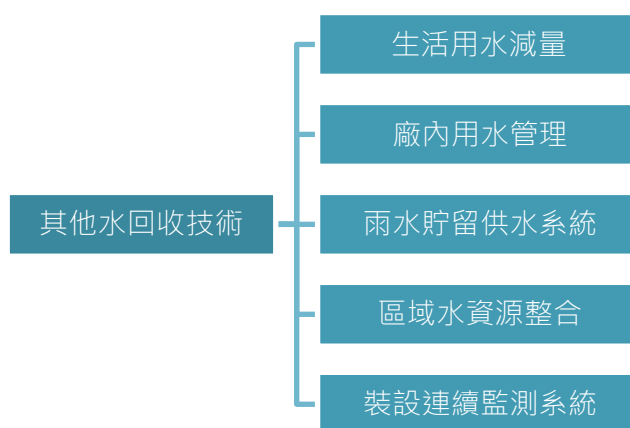


圖 32 其他水回收技術

(一) 生活用水減量

據經濟部水利署公布，工廠人員平均每人每日用水量以 **50 L** 估算，住宿人員則約以 **250 L/天** 計算，若能經由省水器材加裝及正確的節水觀念，方可減少使用水量及避免水資源的浪費，可施行之節水方案如下：

1. 檢討辦公室或宿舍供水壓力之合理性，適切調降用水水壓，降低用水量。
2. 採用省水器材或配件，如加裝省水/感應式水龍頭、二段式馬桶沖水器。
3. 用/控水器材定期巡查、維護、檢漏。
4. 實施員工節水教育宣導。

(二) 廠內用水管理

為使得廠內人員能清楚掌握廠內用水流向、用量大小及水質監控，可於主要供/排水管路或用水量大之設備加裝水錶、導電度計、pH 計等，以了解水源流向及用水量，並能作為漏水檢視，除可避免水源浪費外，同時有助於水質監控預警，亦能檢討評估廢水處理操作成效。

(三) 雨水貯留供水系統

雨水貯留供水系統是將雨水以天然地形或人工方法截取貯存，做為替代性補充水源。一般可藉由廠區之建物屋頂或頂樓樓板、公園綠地、停車場、廣場道路鋪面等進行雨水收集，經雨水處理系統（初步沉澱、過濾、消毒）後，流入貯水槽，以做為雜用水如沖廁、澆灌、補充空調用水或景觀池及生態池之補充水源，其回收處理流程如圖 33 所示。

台灣雨量雖然豐沛，但降雨分布不均及降雨延時短，容易產生極端降雨的情形。雨水貯留供水系統可在降雨量大時，將雨量收集起來做為原水補充，有效利用雨水資源，不僅能減少自來水的耗用，更可有效降低暴雨時期都市洪峰負荷。

一般較大規模雨水貯留槽會設置雨水-自來水自動切換系統，在缺水時使用自來水補給，以確保貯留槽有足夠水量。當雨水貯留槽內水位過低時，槽內所設計之球形閥或電擊棒受到感應，會打開補給管的閥門，自動補給自來水（雨水利用之設計要點，工研院能資所節水服務團）。

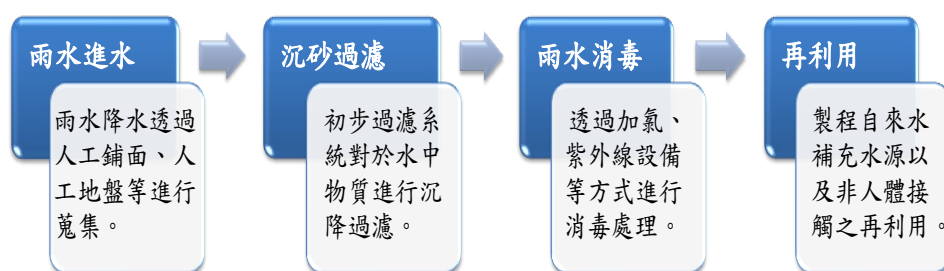


圖 33 雨水回收流程圖

設計準則參考收集雨水處理設備與使用程度關係如表 18 所示，雨水截流系統設計值計算如表 19 所示，根據中央氣象局氣候分區相關氣象資料顯示，預估平均雨量、降雨概率規劃雨水利用設計量。

表 18 雨水處理設備與使用程度關係表

利用途徑 集水場所	經常與身體接觸用途或緊急時飲用水	清掃浴室及室內地板	洗車、灑水、清洗戶外地板、消防用水	水景、植栽澆灌	冷卻水塔的補給用水	廁所馬桶衛生器具之沖洗
屋頂或頂樓樓板	經處理程序後加氯消毒	沉澱加碎石過濾處理後使用	自然沉澱及簡易處理流程後使用			簡單清除垃圾即可使用
公園綠地						
經透水處理之人工地盤		自然沉澱加過濾機處理	沉澱加碎石過濾處理後使用	自然沉澱及簡易處理流程後使用		
廣場、道路、人工鋪面、停車場						

（資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016）

表 19 雨水截流系統設計值表

項目	公式
地區日集雨量	$\text{降雨概率} \times \text{日平均降雨量} \times \text{集雨面積} \div 1000$ 日集雨量：平均單日集雨量（立方公尺/日） 降雨概率：降雨可能性的指標（無單位） 日平均降雨量：每日平均的降雨量（毫米/日） 集雨面積：單位長度和寬度下集結雨水面的大小（平方公尺）
雨水利用設計量	補充部分原水供應（CMD）
儲水槽容量	$\text{預備 3 天蓄水量} + \text{日集雨量} - \text{雨水利用設計量} = Z \text{（噸）}$ $Z \times 1.1 \text{（加 10\% 安全係數）} = \text{（噸）}$

（資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016）

(四) 區域水資源整合

再生水資源發展條例公告實施後，將強制新設廠或擴廠後總用水量 $>3,000$ CMD 廠商須使用一定比例再生水，趨使廠商須尋覓再生水源，故規劃整合該區域內廠商之水資源，將特定產業聚落地、水質特性相近者及需水品質要求，評估作為需水廠商再利用，達成區域水資源整合再利用之目標。對於有缺水風險工業區，依供水端廠商放流水水質水量，規劃其排放水回收再供給他廠利用，降低工業區內原水取水量，推動的型態如圖 34 所示：

1. A 廠放流水提供 B 廠使用，有效減少 A 廠排水量及 B 廠之取水量。
2. 工業區相似性質之廢污水分類分流收集，並集中處理及回收，提供鄰近廠商使用；聯合污水廠做到外部處理而可因地制宜送至各別工廠時，由各別工廠時採內部處理。

在紡織作業中，紡紗、織布作業所產生之排放廢水，經過相關處理技術（如：化學混凝、浮除過濾等）後，放流水可供給染整業作為製程單元使用，供水端可降低廢污水排放量，用水端可減少自來水使用量及日後耗水費的相關費用繳納。

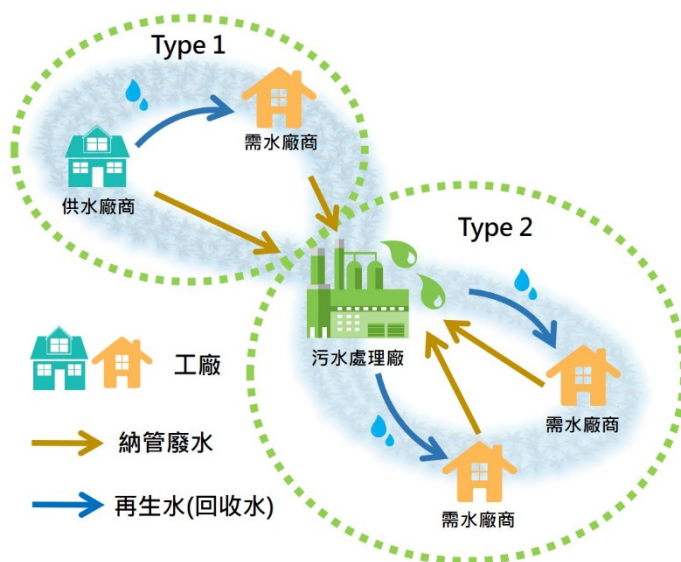
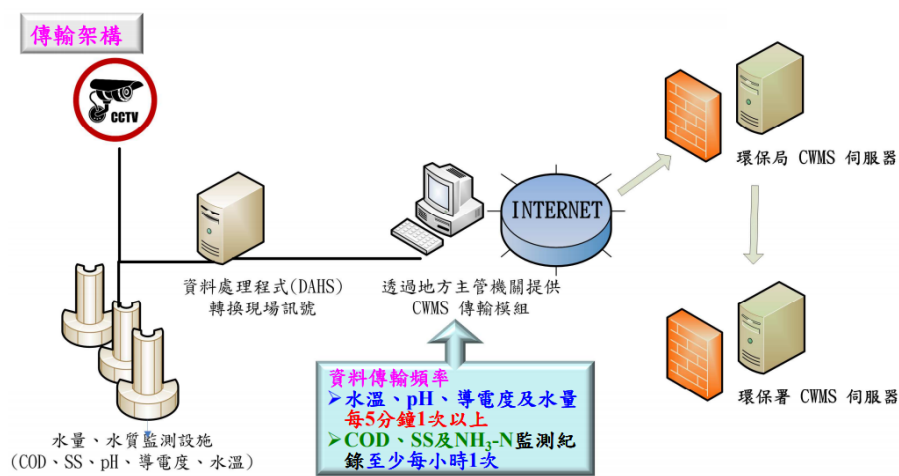


圖 34 區域水資源整合型態示意圖

(五) 裝設連續監測系統

若工廠與工業區排放量達行政院環境署之規定，須依據「水污染防治措施及檢測申報管理辦法規定」裝設廢污水自動監測設施。監測傳輸設置裝置如圖 35 所示。裝設廢水連續監測系統，以隨時掌握排放水質及水量狀況如 COD、懸浮固體 (Suspended Solids，簡稱 SS)、pH、導電度及水溫等，透過資料處理程式轉換現場訊號，有助於廢水水質監控預警，亦能檢討評估廢水處理操作成效。



(資料來源：行政院環保署，廢水自動監測及連線傳輸設置程序，2014)

圖 35 監測連線傳輸設置圖

六、小結

茲將紡織業各用水標的建議之最適化與回收再利用技術彙整如表 20。

表 20 紡織業各用水標的建議之最適化與回收再利用技術彙整

最適化管理 與回收再利用技術		用水標的	製程用水	冷卻用水	鍋爐用水	放流水
最適化管理 技術	設備改善		✓			
	純水設備濃排水及清洗水回收		✓			
	製程低濃度廢水回收		✓			
	染色機用水回收		✓			
	提高冷卻水塔濃縮倍數			✓		
	補充水源加藥處理			✓		
	加裝防飛濺防護設備及變頻裝置			✓		
	腐蝕結垢控制				✓	
回收再利用 技術	活性炭吸附系統		✓			✓
	薄膜蒸餾系統		✓			
	電混凝處理系統		✓			✓
	冷卻水蒸發回收系統			✓		
	旁流過濾系統			✓		
	陶瓷球處理系統			✓		
	倒極式電透析系統			✓		
	冷凝水回收系統				✓	
	薄膜處理系統					✓
	薄膜生物處理系統					✓

第四章 水回收再利用案例介紹

一、案例 A 廠簡介

(一) 案例廠簡介

A 公司創立於民國 66 年，為彈性機能性針織面料製造廠商，進而垂直整合為全球專業功能性服裝製造廠，做到專業化上、中、下游垂直整合之生產據點，因此彈性機能性布種和專業功能性服裝製造為商品的主軸。

(二) 製程流程

A 公司主要生產兩大類產品，分別為布料及成衣，產品為彈性針織布料及一般性針織布料、運動休閒服裝、時裝、泳衣、韻律服與內睡衣等款式服裝，並以代工製作多家世界知名品牌服裝為主，如 Nike、adidas、Champion、JONES、GAP...等。另外也自行設計服裝系列供客戶作多元化的選擇生產製程如圖 36 所示。

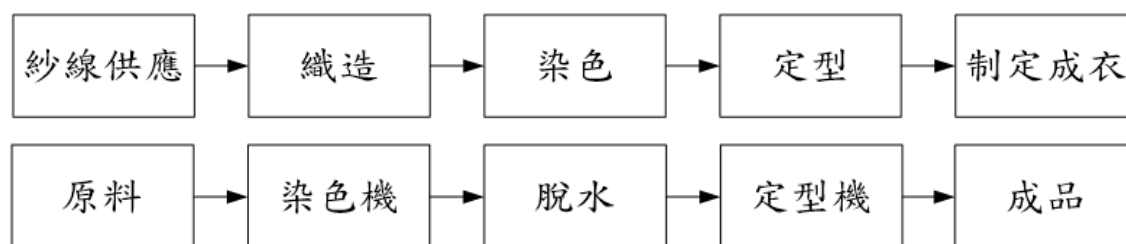


圖 36 案例 A 廠製造流程圖

(三) 廠內用水管理情形

該廠用水來源分為自來水及地下水，自來水與地下水取用水量各佔 50%，平均取水量各為 1,766 CMD，每日用水量共 3,532 CMD。所使用水源為自來水公司提供的自來水及自行鑿井抽取地下水。廠內水平衡圖如圖 37 所示，主要提供製程、生活用水及少量的鍋爐用水。

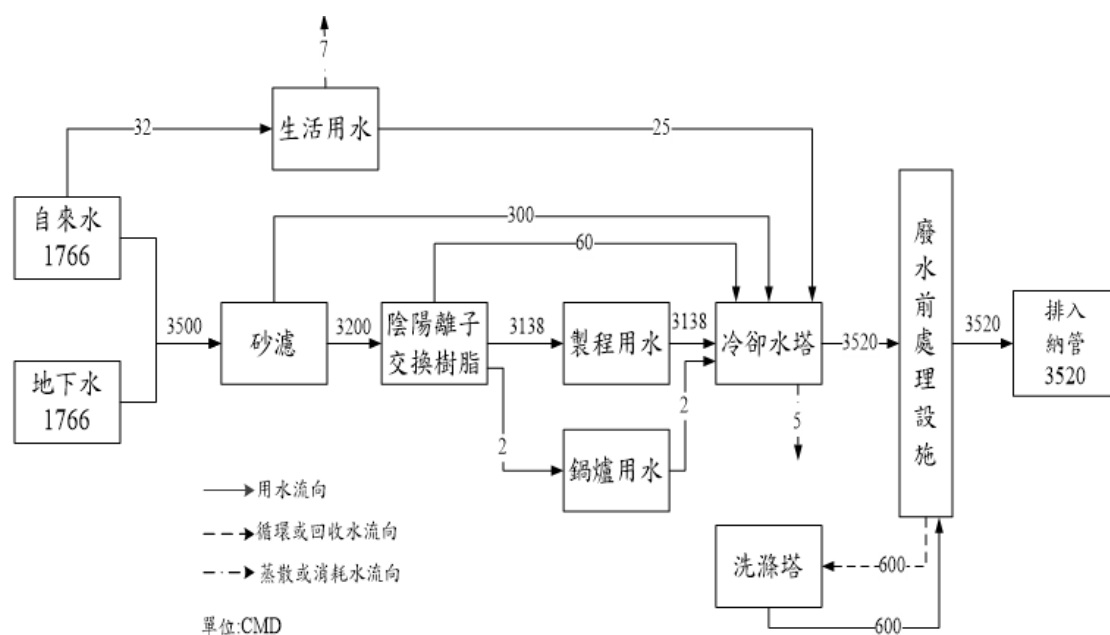


圖 37 案例 A 廠用水平衡圖（方案實施前）

(四) 用水效率提升方案

依據圖 37 之全廠用水平衡圖，經節水診斷之結果，可規劃三種水回收方案：

方案一、製程節水措施

製程節水需解析製程各單元之用水量，全廠染色機台共有 32 台，製程用水約 3,138 CMD。建議於染色機進水端加裝液位計來進行補水之調整，預計經由改善可使染整一公斤的布料僅需耗費 120 公升的水量，而製程用水縮減為 2,100 CMD，節水量可達 1,038 CMD。

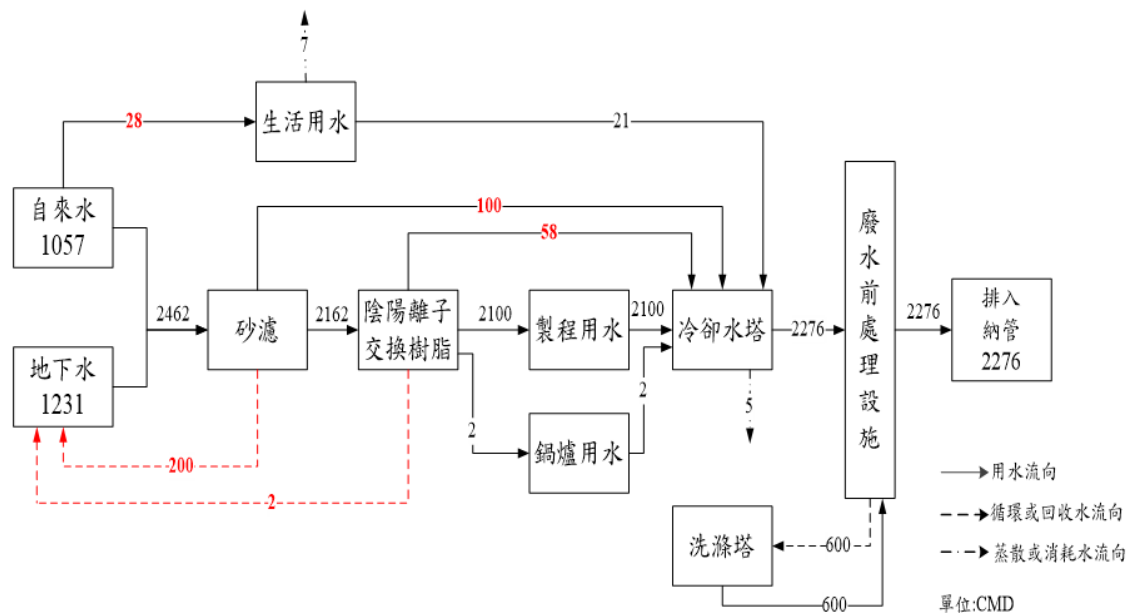
方案二、砂濾逆洗水及離子交換樹脂再生水回收

該廠具有兩套砂濾設施，製程用水前處理為砂濾及陰陽離子交換樹脂，砂濾每一日均反洗一次，總反洗時間約為 30 分鐘，經該廠人員提供資訊，砂濾的總反洗水量為 300 CMD，而砂濾前段清洗水含有大量雜質，故不建議回收使用，建議取總反洗時間 1/3 後清洗水進行回收，其實際可回收水量為 200 CMD，可將此股反洗水導入地下水池提供製程使用。而陰陽離子交換樹脂共具有 4 套，每日需清洗再生一套，該廠離子交換樹脂每日再生水量約為 60 噸。預估沖洗水量可回收 2 CMD 的再生沖洗水至地下水池提供製程使用。

方案三、生活用水減量

由於廠內員工人數約 **180** 人，總生活用水量為 **32 CMD**，若能經由加裝省水器材及正確的節水觀念，能使不當用水的情形獲得改善，達到節水之目的，預計約可節水 **2~6 CMD** (平均節水量 **4 CMD**)。

所規劃的水回收方案，預計可回收水量為 **202 CMD** 及節水 **1,042 CMD**。自來水用量透過回收及節水方案減少取水量，而原排放量為 **3,520 CMD**，實施改善後，排放量降可至 **2,276 CMD**，如圖 38 所示。



(五) 成本效益分析

1. 產水成本分析

水回收方案預計以廠商現有之設備與條件進行修正與改善，以符合經濟效益。藉由製程液位計控水、回收砂濾逆洗水及離子交換樹脂再生水及生活節水，便可使自來水量及排放量減少。所建議的方案需配管輸水，其配管經費未包含於成本分析。該廠因收集乾淨之廢水來源，故無須設置回收設備處理，而儲槽可依貴廠視需求興建，建議導入原有之地下水池儲槽，便可省去儲槽建設費。

2. 經濟效益分析

廠內使用水源為自來水及地下水，目前工業區的自來水價格為 12.5 元/噸，自來水取水量為 1,766 CMD，原排放量為 3,520 CMD；工業區納管收費標準，水量單價 9.59 元/噸、COD：19.41 元/Kg、SS：68.51 元/Kg。於節水方案實施前需花費 246 萬元/月，經由實施改善後為 156 萬元/月，每月即可節省 90 萬元左右，如表 21 所示。

表 21 水回收方案實施前後用水量及費用比較表

項目	方案實施前		方案實施後		節省費用 (元/月)
	水量 (噸/月)	費用 (月/元)	水量 (噸/月)	費用 (月/元)	
用水費用	$1,766 \times 30 = 52,980$	$12.5 \times 52,980 = 662,250$	$1,057 \times 30 = 31,710$	$12.5 \times 31,710 = 396,375$	265,875
納管水量費	$3,520 \times 30 = 105,600$	$9.59 \times 105,600 = 1,012,704$	$2,276 \times 30 = 68,280$	$9.59 \times 68,280 = 654,805$	357,899
納管 COD 費	$3,520 \times 30 = 105,600$	$19.41 \times 105,600 \times 0.233 = 477,579$	$2,276 \times 30 = 68,280$	$19.41 \times 68,280 \times 0.233 = 308,798$	168,781
納管 SS 費	$3,520 \times 30 = 105,600$	$68.51 \times 105,600 \times 0.042 = 303,856$	$2,276 \times 30 = 68,280$	$68.51 \times 68,280 \times 0.042 = 196,470$	107,385
合計	-	2,456,389	-	1,556,449	899,940

註:1. 每月工作天以 30 天計。

3. 水回收率提升分析

該廠原用水量為 3,532 CMD，排放量為 3,520 CMD，已進行 600 CMD 的廢水回收至洗滌塔。若經由改善建議實施方案，預計可使用水量與排放量各降低為 2,288 CMD 與 2,276 CMD。此外，節水量達 1,042 CMD 及回收量為 202 CMD，故改善後全廠回收率 R1 及 R2 由 14.52% 提高至 25.95%。水回收方案實施前後水回收率變化如表 22 所示。

表 22 水回收方案實施前後水回收率變化表

項目	全廠水回收率 (R1)	全廠水回收率 (R2)
實施前	$14.52\% = \left(\frac{600+0}{3,532+600+0} \right) \times 100\%$	$14.52\% = \left(\frac{600}{3,532+600} \right) \times 100\%$
實施後	$25.95\% = \left(\frac{802+0}{2,288+802+0} \right) \times 100\%$	$25.95\% = \left(\frac{802}{2,288+802} \right) \times 100\%$
註：		
全廠回收率 (重複利用率, R1) = $\frac{\text{總回收水量} + \text{總循環水量 (含冷卻、製程及鍋爐循環)}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{總循環水量 (含冷卻、製程及鍋爐循環)}} \times 100\%$		
全廠回收率 (不含循環水量, R2) = $\frac{\text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}} \times 100\%$		

二、案例 B 廠簡介

(一) 案例廠簡介

B 廠成立於民國 81 年，該廠主要產品為針織纖維布（為聚酯纖維材質）染整，每月平均產量為 250~450 噸，產品型式以代客加工型式為主。

(二) 製程流程

針織布染整流程為縫布、精煉、染色及刷磨等步驟，其中精煉製程及是否添加柔軟劑、增硬劑及抗菌劑將依據客戶要求而定，整體生產流程圖如圖 39 所示，其中精煉水洗及染色為最主要耗水程序。

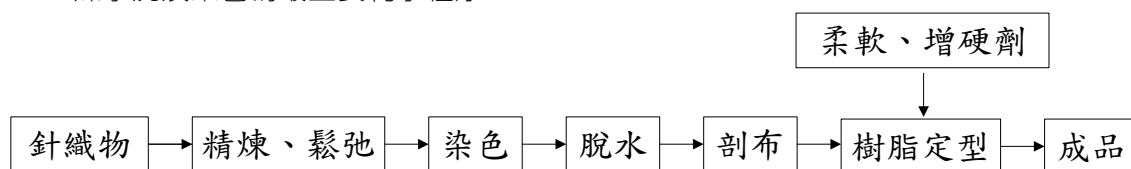


圖 39 案例 B 廠製造流程圖

(三) 廠內用水管理情形

依據 B 廠所提供的資料得知，廠內用水水源為自來水 1,000 CMD 與地下水 2,000 CMD，合計取水量為 3,000 CMD，自來水主要供民生與製程用水使用；地下水主要供製程與其他單元使用。其中地下水需經軟水樹脂塔處理後再供各用水單元使用。廠內廢水排放量約為 2,748.5 CMD，此廢水經由廠內廢水處理設施處理後納管至污水下水道系統。全廠用水現況之水平衡圖如圖 39 所示，製程用水為主要用水單元。

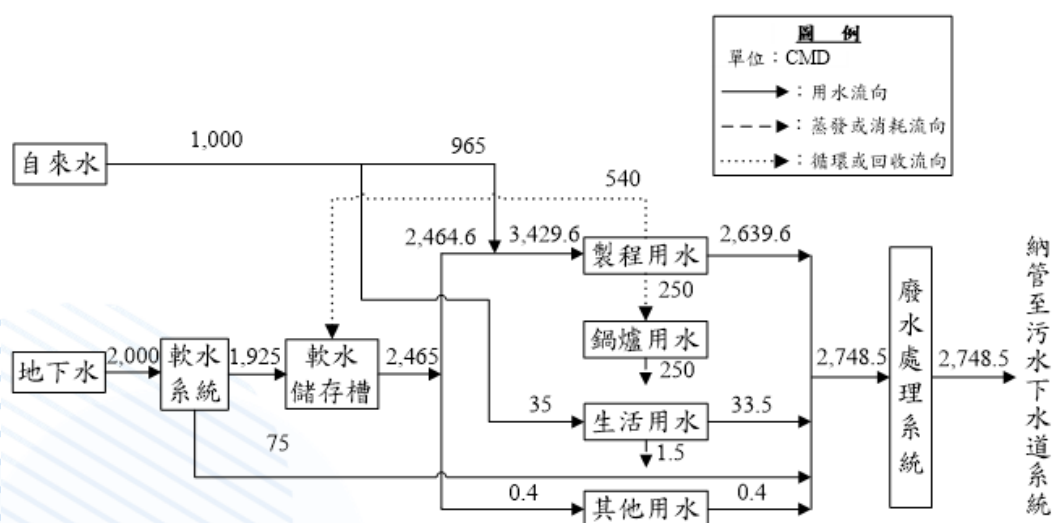


圖 40 案例 B 廠用水平衡圖（方案實施前）

(四) 用水效率提升方案

依據圖 40 之全廠用水平衡圖，經參考節水診斷之結果，可規劃方案如下：

方案一、製程廢水分流並將其中低濃度廢水經污水處理設備處理及過濾(或活性炭)處理後回用至製程用水：

由於廠方管末廢水量達 **2,748.5 CMD**，建議廠方可將製程廢水分成低濃度(導電度 **500~600 $\mu\text{S/cm}$**)與高濃度(導電度 **> 1,000 $\mu\text{S/cm}$**)，二股廢水分別經污水處理設備處理後，高濃度納管至工業區污水下水道，低濃度廢水建議再進一步經 **UF** 過濾或是活性炭吸附系統以去除溶解性大分子物質，估計此股回收水可回收 **250 CMD** 至製程洗布用水、脫水機清洗使用或是用水水質標準不高的程序或單元。

UF 膜孔大約在 **5~100 nm**，利用膜孔大小篩選通過的粒子與分子，可有效去除分子量(**Molecular Weight Cut Off**，簡稱 **MWCO**)在 **0.5~50 萬** 之有機分子或膠體，施於膜之壓力則在 **1~10 大氣壓**。

活性炭設備以固定床式吸附設備(活性炭吸附塔)最常見，利用液-固(廢水-活性炭)之間的介面化學去除污染物，於固定床式吸附設備內部填充活性炭吸附劑，利用其吸附劑多孔性固體之比表面積吸附廢水中的非極性有機分子，在操作過程中需注意原廢水溫度宜控制在 **40°C**，因吸附過程為放熱反應，溫度越低吸附效率越佳。

方案二、軟水系統再生程序正洗水回收

廠方每日原水取水量 **3,000 CMD**，其中地下水量即佔三分之二，考量軟水樹脂塔每日皆會再生 **1 次**，建議廠方可將再生程序後段正洗廢水(前段因為注鹽再生故不宜回收)回收作為軟水樹脂塔進水源之一，該後段正洗廢水回收標準可依據導電度 **< 600 $\mu\text{S/cm}$** 者水質為標準，估計可回收 **3 CMD** 的再生沖洗水。

所規劃的水回收方案，可使該廠原水取水量由原來之 **3,000 CMD** 降至 **2,747 CMD**，管末廢水排放量由 **2,748.5 CMD** 降至 **2,495.5 CMD**，如圖 41 所示。

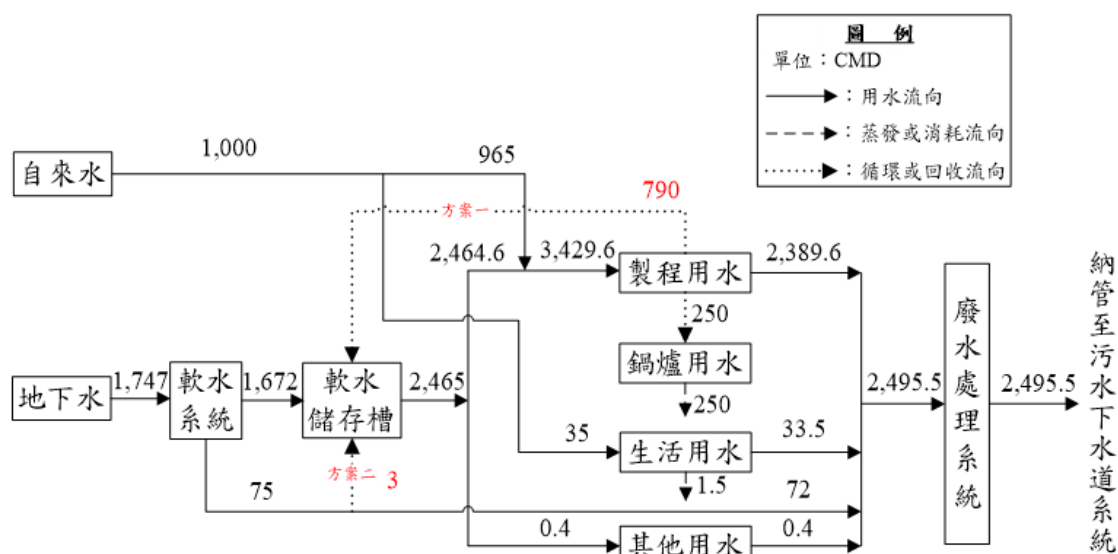


圖 41 案例 B 廠用水平衡圖（方案實施後）

(五) 成本效益分析

1. 產水成本分析

所建議之水回收方案一與方案二，為符合經濟效益將以廠商現有之設備與條件改善與規劃，方案一建議裝設 UF 過濾設備或是活性炭吸附塔，方案二則建議於軟水再生廢水排放管裝設電磁閥或是人工閥以利正洗廢水回收。電磁閥或是人工閥、桶槽費用及管線配修費建議以工程公司現場評估為主，僅針對方案一 UF 設備與活性炭設備經費分析如表 23 與表 24 所示，由廠方自行決定選擇 UF 或是活性炭塔。

表 23 水回收設施經費分析表（超過濾）

項目	方案內容	產水量 (CMD)	總建設成本 (元)	單位產水成本 (元/噸)		單位產水總成本 (元/噸)	年營運成本 (元/年)	產水總成本 (元/年)
				建設	營運			
方案一 放流水回收	UF	250	1,000,000	1.8	3.3	5.1	257,400	400,258
合計		250	1,000,000	1.8	3.3	5.1	257,400	400,258

註：1.單位建設成本以折舊年限 7 年估算。

2.每月工作天以 26 天計。

3.經費分析結果僅供參考，實際金額仍以工程公司報價為主。

表 24 水回收設施經費分析表（活性碳設備）

項目	方案內容	產水量 (CMD)	總建設 成本(元)	單位產水成本 (元/噸)		單位產水 總成本 (元/噸)	年營運成本 (元/年)	產水總成本 (元/年)
				建設	營運			
方案一 放流水回收	活性 碳塔	250	530,000	1.0	3.5	4.5	273,000	348,715
合計		250	530,000	1.0	3.5	4.5	273,000	348,715

註：1.單位建設成本以折舊年限 7 年估算。

2.每月工作天以 26 天計。

3.活性碳設備經費分析僅包含活性碳塔（含面前管，不含儀錶與閥件）、活性碳及平台，不包含盤面。
經費分析結果僅供參考，實際金額仍以工程公司報價為主。

2. 經濟效益分析

廠內用水水源為地下水與自來水，目前工業區的自來水價格為 12.5 元/噸與地下水價格為 2.5 元/噸。另外廢水排放部分、廢水處理設施之處理費約 8 元/噸及納管價格約 17.45 元/噸。原自來水取水量為 1,000 CMD、地下水取水量為 2,000 CMD 及廢水排放量為 2,748.5 CMD。經節水輔導後自來水量維持不變、地下水取水量降至 1,747 CMD，廢水排放量降至 2,495.5 CMD，原水源使用費用與廢水費用詳細變化如表 25 所示。

若方案一選定 UF 設備，1 年產水總成本為 400,258 元，另由表 25 之計算顯示水回收方案實施後，可使該廠節省 2,206,260 元/年之原水費用及水污費用。UF 設備以 7 年攤提為設計約 0.52 年可回本。若方案一選定活性碳設備，每年產水總成本為 348,715 元，同樣以 7 年攤提為設計則約 0.28 年可回本。

表 25 水回收方案實施前後用水量及費用比較表

項目	方案實施前		方案實施後		節省費用 (元/月)	節省費用 (元/年)
	水量 (噸/月)	費用 (元/月)	水量 (噸/月)	費用 (元/月)		
自來水費	1,000×26 =26,000	26,000×12.5 =325,000	1,000×26 =26,000	26,000×12.5 =325,000	0	0
地下水費	2,000×26 =52,000	52,000×2.5 =130,000	1,747×26 =45,422	45,422×2.5 =113,555	16,445	197,340
廢水處理費	2,748.5×26 =71,461	71,461×8.0 =571,688	2,495.5×26 =64,883	64,883×8.0 =519,064	52,624	631,488
納管費	2,748.5×26 =71,461	71,461×17.45 =1,246,995	2,495.5×26 =64,883	64,883×17.45 =1,132,209	114,786	1,377,432
合計	-	2,273,683	-	2,089,828	183,855	2,206,260

註：1.每月工作天以 26 天計。

2.工業用自來水單價以 12.5 元/噸估算、地下水單價以 2.5 元/噸估算、廢水處理費以 8 元/噸及納管費以 17.45 元/噸估算。

3. 水回收率提升分析

由於廠內無空調用冷卻水塔設施故無冷卻循環水量且製程並無非冷卻循環水量，故 R1 與 R2 水回收率相等。改善前總原水取水量為 3,000 CMD 與回收水量 790 CMD，R1 與 R2 皆為 20.84%，改善後總原水取水量降至 2,747 CMD 與回收水量增加至 1,043 CMD，R1 與 R2 皆提升至 27.52%，R1 與 R2 皆增加 6.68%，水回收計算結果如表 26 所示。

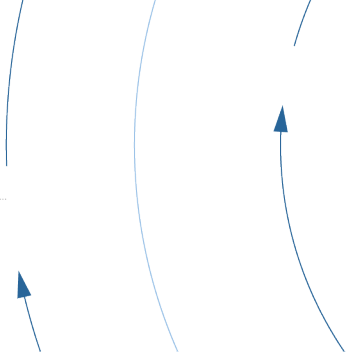
表 26 水回收方案實施前後水回收率變化表

項目	全廠水回收率 (R1)	全廠水回收率 (R2)
實施前	$20.84\% = \left(\frac{790 + 0}{3,000 + 790 + 0} \right) \times 100\%$	$20.84\% = \left(\frac{790 + 0}{3,000 + 790 + 0} \right) \times 100\%$
實施後	$27.52\% = \left(\frac{1,043 + 0}{2,747 + 1,043 + 0} \right) \times 100\%$	$27.52\% = \left(\frac{1,043 + 0}{2,747 + 1,043 + 0} \right) \times 100\%$
註： 全廠回收率（重複利用率，R1）= $\frac{\text{總回收水量} + \text{總循環水量（含冷卻、製程及鍋爐循環）}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{總循環水量（含冷卻、製程及鍋爐循環）}} \times 100\%$ 全廠回收率（不含循環水量，R2）= $\frac{\text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}} \times 100\%$		

第五章 參考文獻

1. Oasis Engineering & Supplies Sdn Bhd. · http://www.oasis-eng.com.my/products_ct4.asp
2. Powell Water Systems, Inc · <http://powellwater.com/products/>
3. Research Paper of California Institute of Technology · Kim, C.S. · Increasing Cooling Tower Water Efficiency 2009
4. SPX Cooling Technologies, Inc · <https://spxcooling.com/cooling-towers/marley-nc-everest/>
5. Logisticon Water Treatment · <https://www.logisticon.com/en/technologies/membrane-filtration>
6. 臺灣區紡紗工業同業公會 <http://www.tsa.org.tw/>
7. 工業技術研究院 · <https://www.itri.org.tw/chi/Content/MsgPic01/Contents.aspx?SiteID=1&MmmID=620624053553646440&MSid=620634562504145406>
8. 台灣紡織產業的綠色先行者—打造綠色節能廠房 · <http://energy-smartcity.energypark.org.tw/case-info3-1.htm>
9. 台灣樹強企業有限公司，不織布在過濾/澄清之應用，2001
10. 全澤股份有限公司 · <https://www.molykem.com.tw/fiber5.htm>
11. 印染生產流程-<https://wenku.baidu.com/view/942eba47cc17552706220816.html>
12. 至成不織布公司 · http://www.jcnonwoven.com/tch/about_3.htm
13. 佳友股份有限公司 · <http://www.chemyol.com.tw/index.php?do=prod>
14. 唐山聯鼎蒸汽節能技術開發有限公司 · http://www.rebeng123.com/product_view.php?id=18
15. 康淳科技 · <http://www.concordtech.com.tw/zh-tw/products/equipment-introduction/91-acf>

16. 迪埃爾維(上海)流體控制商貿有限公司，冷凝水回收：開放式系統 Vs 封閉式系統，
<https://www.tlv.com/global/CN/steam-theory/vented-pressurized-condensate-recovery.html>
17. 瑞儀企業有限公司，<http://www.raye.com.tw/goods.php?pc=17&no=76>
18. 電混凝雜質去除率，<http://www.airglobalenergy.com/water-treatment-electrocoagulation/>
19. 產業價值鏈資訊平台，<http://ic.tpex.org.tw/introduce.php?ic=O000>
20. 行政院主計處，中華民國行業標準分類，2016
21. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016
22. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2016
23. 經濟部工業局，下水道系統再生水利用技術參考手冊，2016
24. 經濟部水利署，工業用水量統計報告，2017
25. 經濟部水利署，節水紀實，2012
26. 經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2018
27. 梁德明，薄膜相關新技術用於電導度控制技術及處理成本分析，排放水電導度控制技術講習會，財團法人中技社綠色技術發展中心，2003
28. 林伯勳等，薄膜蒸餾技術應用在中鋼煉焦廢水氨氮脫除之可行性研究，鑛冶，五十九卷，第二期，2015
29. 英宗宏等，紡織業無水-染整技術的遠景，紡織月刊，2016
30. 高家傑，電明礬水處理，2014
31. 吳明機，提升紡織產業競爭優勢措施，經濟部，2015
32. 國科會計畫編號 NSC90-2212-E-006-126，邱政勳、謝博丞、林政德，冷卻水塔之節水策略，2005
33. 盛義實業，冷卻循環水處理裝置 EMIIR SRDEC-CT 提案書，2016

- 
34. 黃育德等，以薄膜蒸餾再生高溫染整原廢水，中興工程，第 134 期，2017
35. 遠東月刊，設備再造、高效減碳-宏遠興業年度節約率集團第一，第 270 期，2013
36. 李光中等，電混凝技術在廢水處理中之應用，桃園大學校院產業環保技術服務團，第 39 期環保簡訊
37. 蔡維家，棉紡織業曾經輝煌-蓄勢再起，中華徵信所，2011
38. 賴建宇，冷卻用水效率提升，產業用水效率提升輔導說明會，2016

紡織業產業用水最適化及節水技術指引

發行人：經濟部工業局

審查委員：歐陽嶠暉、張添晉、陳見財、台灣區棉布印染整理工業同業公會

編撰：蔡人傑、徐秀鳳、林子皓、陳建璋、鄭湘濤

出版所：經濟部工業局

台北市信義路三段 41-3 號

TEL : (02) 2754-1255 FAX : (02) 2704-3753

<https://www.moeaidb.gov.tw>

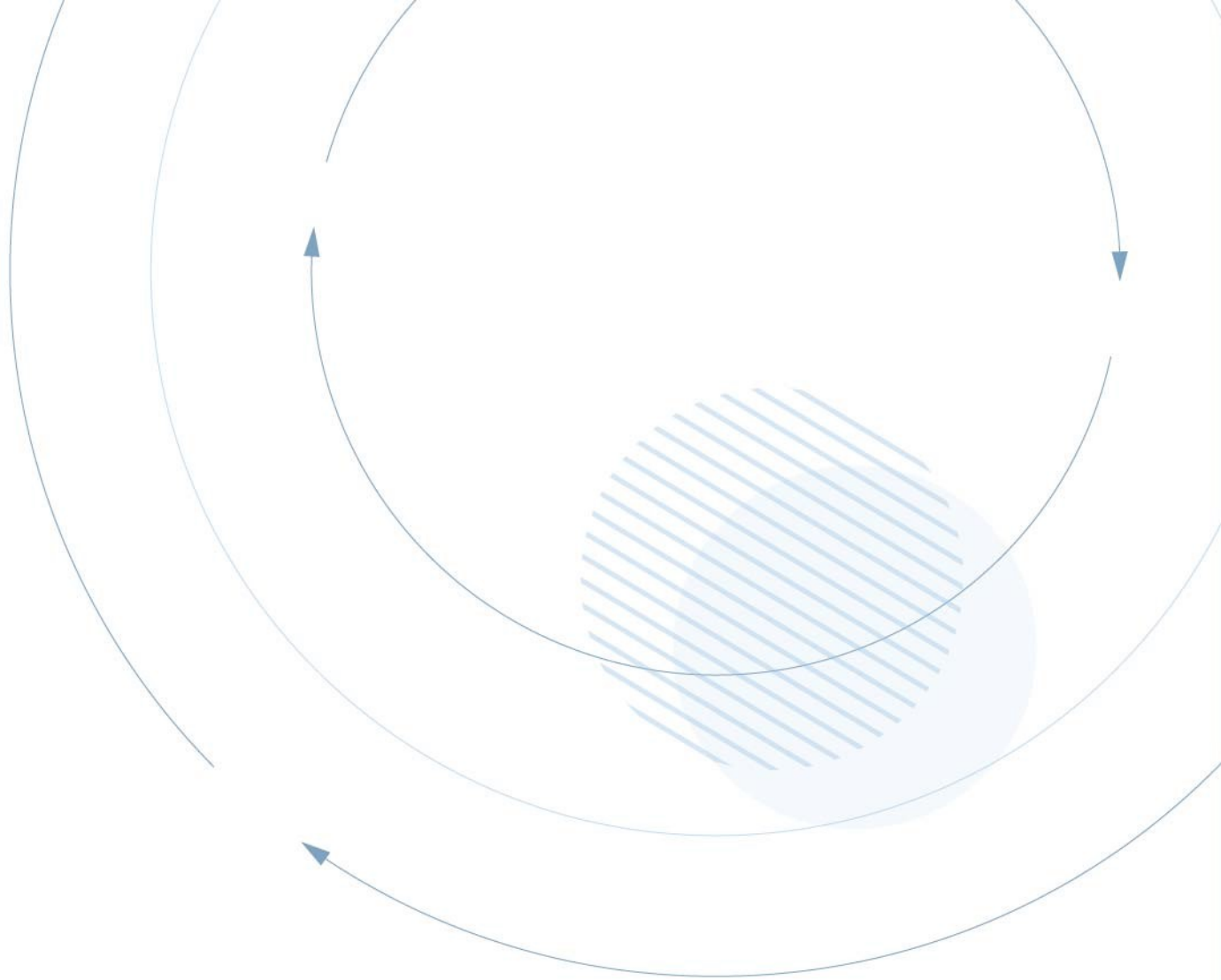
出版日期：中華民國 108 年 12 月

版次：初版

紡織業產業用水最適化及節水技術指引勘誤表

編號	內容格式錯誤處	頁數	修正後內容格式	頁數	說明

註：
若有需修正內容格式，煩請填寫勘誤表寄至：
財團法人環境與發展基金會
新竹市東區光復路二段 321 號 2 館 507 室



經濟部工業局

INDUSTRIAL DEVELOPMENT
BUREAU, MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS