經濟部

橡膠製品製造業

產業用水最適化及節水技術指引

經濟部工業局 編印

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 3
三、　主要用水標的與用水情形 5
第二章　水利三法相關子法、辦法事宜 7
一、　用水計畫審核管理辦法 7
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 8
三、　再生水用於工業用途水質基礎建議值 8
第三章　用水最適化及回收再利用技術 11
一、　製程用水最適化及回收再利用技術 11
(一)　用水最適化 12
(二)　水回收技術 13
二、　冷卻用水最適化及回收再利用技術 14
(一)　用水最適化 14
(二)　水回收技術 18
三、　鍋爐用水最適化及回收再利用技術 25
(一)　用水最適化 25
(二)　水回收技術 27
四、　放流水回收再利用技術 29
(一)　水回收技術 29
五、　其他水回收技術 34
(一)　生活用水減量 34
(二)　廠內用水管理 35
(三)　雨水貯留供水系統 35
(四)　區域水資源整合 36
(五)　裝設連續監測系統 38
六、　小結 39
第四章　水回收再利用案例介紹 41
一、　案例 A 廠簡介 41
(一)　案例廠簡介 41
(二)　製程流程 41

(三) 廠內用水管理情形 41
(四) 用水效率提升方案 43
(五) 成本效益分析 45
二、 案例 B 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 48
(四) 用水效率提升方案 49
(五) 成本效益分析 50
第五章 參考文獻 53

圖　目　錄

頁次

圖 1 橡膠製品製造業生產價值百分比圖 2
圖 2 輪胎製造流程圖 4
圖 3 輪胎製品剖面圖 4
圖 4 橡膠製品製造業用水結構分析圖 5
圖 5 橡膠製品製造業製程廢水水質特性 11
圖 6 製程用水最適化及水回收技術 11
圖 7 砂濾處理系統設備圖 13
圖 8 冷卻用水最適化及水回收技術 14
圖 9 濃縮倍數與排放損失關係圖 15
圖 10 冷卻水塔加藥示意圖 16
圖 11 冷卻水塔防飛濺防護設備圖 17
圖 12 冷卻水塔蒸發回收系統圖 18
圖 13 消霧節水冷卻水塔設備圖 19
圖 14 旁流過濾處理系統示意圖 20
圖 15 陶瓷球水處理理論圖 22
圖 16 陶瓷球水處理設備圖 22
圖 17 電透析薄膜處理系統原理示意圖 23
圖 18 逆滲透薄膜及倒極式電透析系統脫鹽技術原理比較圖 24
圖 19 鍋爐用水最適化及水回收技術圖 25
圖 20 開放式冷凝水回收系統原理示意圖 27
圖 21 密閉式冷凝水回收系統原理示意圖 28
圖 22 放流水回收技術 29
圖 23 水處理薄膜過濾技術分類圖譜 29
圖 24 微過濾薄膜設備圖 30
圖 25 超過濾薄膜設備圖 30
圖 26 奈米過濾薄膜設備圖 30
圖 27 逆滲透薄膜設備圖 31
圖 28 離子交換樹脂系統原理示意圖 32
圖 29 其他水回收技術 34
圖 30 用水管理模式及效益圖 35
圖 31 雨水回收流程圖 36
圖 32 雨水回收過濾設備圖 36

圖 33 區域水資源整合型態示意圖 37
圖 34 監測連線傳輸設置圖 38
圖 35 案例 A 廠製造流程圖 41
圖 36 案例 A 廠用水平衡圖（方案實施前） 42
圖 37 案例 A 廠用水平衡圖（方案實施後） 44
圖 38 案例 B 廠製造流程圖 47
圖 39 案例 B 廠用水平衡圖（方案實施前） 48
圖 40 案例 B 廠用水平衡圖（方案實施後） 50

表　目　錄

頁次

表 1 橡膠製品製造業類別及定義表 2
表 2 產業園區用水管理作業原則摘要表 8
表 3 工業用途之再生水水質分級應用方向表 9
表 4 工業用途分級之再生水水質建議值表 9
表 5 再生水用於工業用途水質基礎建議值表 10
表 6 濃縮倍數與節省水耗消量比較表 15
表 7 台灣中部地區冷卻水塔蒸發回收分析表 19
表 8 冷卻水塔蒸發回收之成本分析表 19
表 9 纖維過濾與傳統砂濾比較表 21
表 10 冷卻排放水以倒極式電透析回收產水水質實例表 24
表 11 冷卻排放水以倒極式電透析回收之成本分析表 24
表 12 開放式及密閉式冷凝水回收系統比較表 28
表 13 各薄膜過濾特性比較分析表 31
表 14 超過濾加逆滲透薄膜系統經費分析 32
表 15 活性碳塔加離子交換樹脂系統經費分析 33
表 16 橡膠製品製造業各用水標的建議之最適化與回收再利用技術彙整表 39
表 17 案例 A 廠進入處理單元之水質資料表 42
表 18 水回收設施經費分析表 45
表 19 水回收方案實施前後用水量及費用比較表 46
表 20 水回收方案實施前後水回收率變化表 46
表 21 案例 B 廠進出處理單元之水質資料表 48
表 22 水回收設施經費分析表 50
表 23 水回收方案實施前後用水量及費用比較表 51
表 24 水回收方案實施前後水回收率變化表 51

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」(106 年 1 月)，橡膠製品製造業為從事橡膠製品製造之行業，依行業標準分類別可細分如表 1 所示。另依經濟部統計處資料顯示，橡膠製品製造業產值約為新台幣 946 億元，以輪胎製造業占比較高，合計約占橡膠製品製造業產值 42%，生產價值百分比如圖 1 所示（經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2018)。

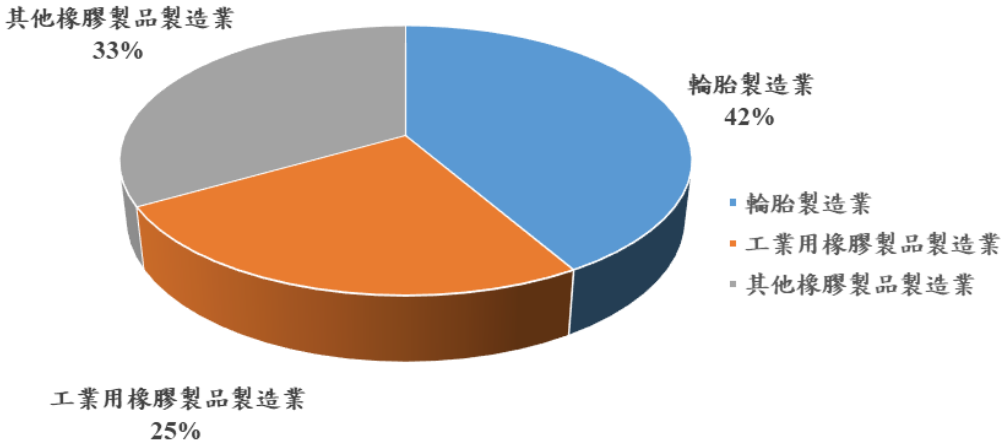
橡膠製品製造業所生產之產品，除部分如：手套、運動用球、氣球等商品得以直接使用外，多數橡膠製品仍須經過再加工或搭配其他物件組合後，依附在其他產業上，譬如輪胎與輪框之搭配設計、液壓橡膠管與兩端金屬接頭之組合件加工、輸送帶與運送設備之組合等，最後應用在汽車、家電、機械成品上，方能顯現橡膠製品的價值。因此，橡膠製品屬於支援性的關鍵配件產業，若能向前與下游產業整合，直接與需求結合，具機能性價值，將具無可取代的前瞻競爭優勢（林清池，台灣橡膠製品產業之特徵與進入障礙，橡膠彈性體工業月刊第 37 卷第 5 期，2013)。

有關本製造業目前產業型態，除輪胎廠經營模式較大外，橡膠製品多屬中小企業，以少量多樣的模式生產。由於產品技術層次的差異性高，市場需求亦有所不同，因此產業發展趨勢也不盡相同（勞動部，行業指南目錄-橡膠製品製造業，2017)。

表 1 橡膠製品製造業類別及定義表

分類編號				行業名稱及定義
大類	中類	小類	細類	
C		210		橡膠製品製造業 從事橡膠製品製造之行業。
			2101	輪胎製造業 從事橡膠輪胎及內胎製造或翻新，及駝背胎面膠製造之行業。 不包括： 內胎修補材料製造歸入 2109 細類「其他橡膠製品製造業」。 汽車輪胎之裝修或更換歸入 9511 細類「汽車維修業」。 機車輪胎之裝修或更換歸入 9591 細類「機車維修業」。
			2102	工業用橡膠製品製造業 從事工業用橡膠製品製造之行業，如橡膠輸送帶、橡膠傳動帶、橡膠滾輪、橡膠密封材、防震橡膠、建築用橡膠零配件、車輛用橡膠零配件、機械用橡膠零配件、電機電子用橡膠零配件等製造。
			2109	其他橡膠製品製造業 從事 2101 及 2102 細類以外橡膠製品製造之行業，如橡膠布、板、管、橡膠衛生保健用品（如保險套及奶嘴等）、橡膠地板等製造；以橡膠浸漬、塗佈、被覆或積層之紡織品製造亦歸入本類。 不包括： 輪胎用簾布製造歸入 1159 細類「其他紡織品製造業」。 橡膠雨衣縫製、彈性織物服裝製造歸入 1210 細類「成衣製造業」。 橡膠鞋製造歸入 1302 細類「鞋類製造業」。 以橡膠為主要材料之膠水及膠黏劑製造歸入 1990 細類「未分類其他化學製品製造業」。 駝背胎面膠製造歸入 2101 細類「輪胎製造業」。 充氣橡皮艇及船製造歸入 3110 細類「船舶及浮動設施製造業」。 橡膠體育用品製造（服裝除外）歸入 3311 細類「體育用品製造業」。 橡膠遊戲用品及玩具製造歸入 3312 細類「玩具及遊戲機製造業」。 廢橡膠製品回收處理成再生原料（如廢輪胎處理後之鋼絲及橡膠粒）歸入 3830 細類「資源回收處理業」。

（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 橡膠製品製造業生產價值百分比圖

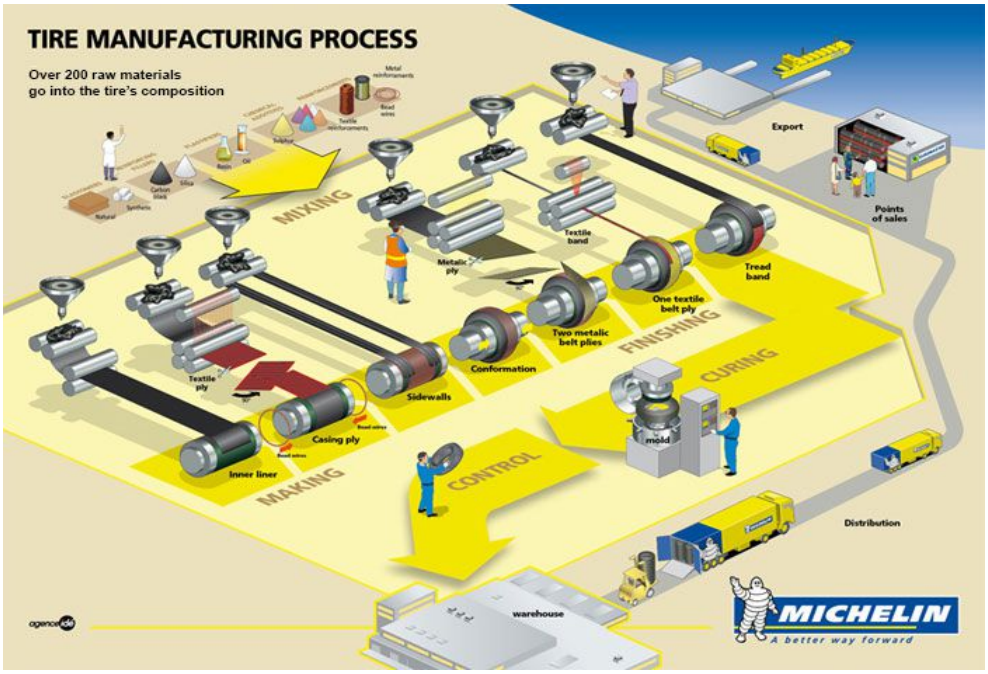
二、製程特性

橡膠製品使用方式通常將天然橡膠或合成橡膠加以素煉，使其可塑化後，搭配各種配合劑混煉，即完成混合橡膠料，再根據不同需求用來製程各類製品。本節針對橡膠製品製造業中，輪胎製造業進行該產業之製程特性概述。

有關輪胎製造主要可分為幾大項目，分別為原料製備、加工生產、品管檢測及出貨，有關整體製造流程如圖 **2** 所示，各單元作業程序將於下列進行說明。

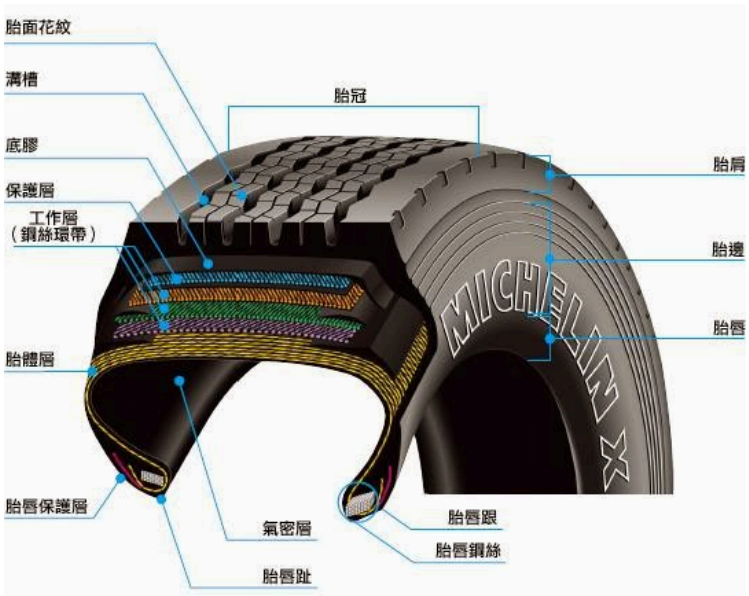
由於輪胎使用過程中，需承受很高的形變壓力、高負荷和巨大的溫差，因此製造過程中需添加碳黑、天然(合成)橡膠、油、添加劑及促進劑等，進而生產出「混合膠料」，混合後的膠料經比例放進擠出機頭，機器擠出不同的半成品膠部件：胎面、胎側/子口、三角膠條和帘布等，再將相關半成品上機組成生胎，生胎被裝到硫化機上，在模具里經過適當的時間及適宜的條件，從而硫化成成品輪胎。硫化完的輪胎即具備了成品輪胎的外觀圖案/字體及胎面花紋，最後經過品檢修補、測試檢驗即可獲得之成品如圖 **3** 所示(每日頭條，**3** 分鐘了解輪胎的製作過程)。

在上述生產作業流程中，主要用水程序為混煉、押出及加硫單元；混煉過程中，為使配合劑均勻地分散於生膠中，以製得品質均一的混合膠並且使膠料具有適當的可塑性，以確保加工順利進行(謝立生，橡膠的混煉加工(上))，塑料技術，**2010**)，因此作業中所產生的高溫熱，需要透過冷卻水進行熱量的移除。押出工程主為進行熟成及壓出的動作，利用膠與膠間的磨擦會產生熱能，使膠料進行熟成，待熟成後會送到押出進行各項膠條壓出的動作(新竹工業區勞安促進會，輪胎簡易製程分享)，在此段作業工程中，同樣需要加入水源進行該作業中多餘的熱量移除，才得以進行後續的作業程序。在加硫階段中，生胎被放入加熱的模具中加壓固化是為硫化，所有輪胎的部件被壓合在一起並賦予其輪胎的最終形狀，包括其胎面花紋和製造商的胎側標記(**GOODYEAR**，輪胎是如何生產的)，加硫作業過程中，將會產生水蒸氣逸散、加硫作業廢水及冷凝水等，為製程作業中主要用水單元。



（資料來源：台灣米其林輪胎，製胎過程步驟）

圖 2 輪胎製造流程圖



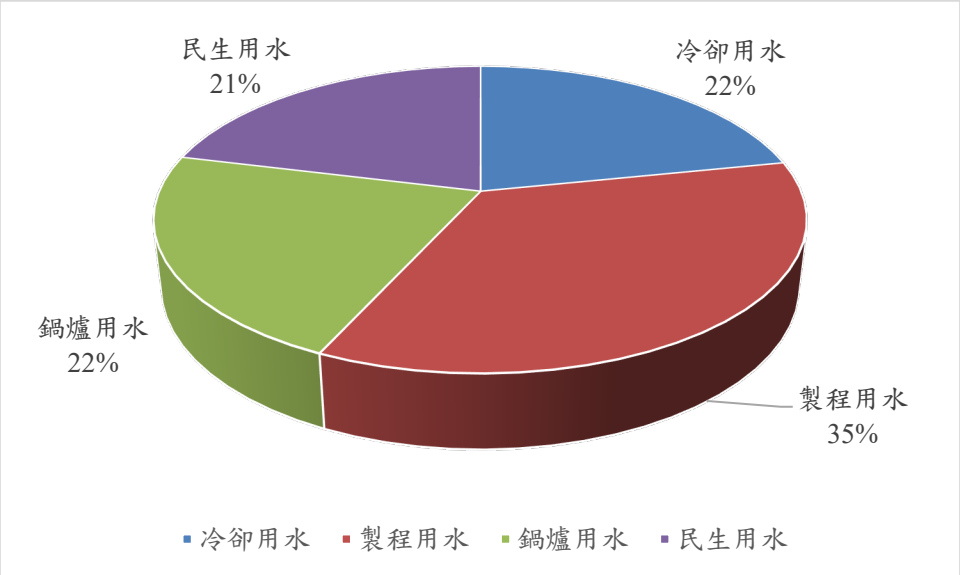
（資料來源：U-CAR 售後市場，守護駕駛的荷包與安全 Michelin 卡客車胎科技，2014）

圖 3 輪胎製品剖面圖

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提出，橡膠製品製造業全國占地面積為 364.40 公頃，其年用水量可達 47.86 百萬立方公尺（經濟部水利署，工業用水量統計報告，2017）。橡膠製品製造業在用水結構可分為四大類，分別為製程用水、冷卻用水、鍋爐用水及生活用水等。

在行業別分類中，部分橡膠製品行業別除了有橡膠製品製造業外，仍涵蓋其他產業業別，造成製程用水占比有偏高的情形，若單純只有橡膠製品製造業的廠商，用水大多是以冷卻用水與鍋爐用水為主，用水結構如圖 4 所示。（經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2019）。



（資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2019）

圖 4 橡膠製品製造業用水結構分析圖

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 3 座工業區；另用水量未達 3,000 CMD 或已達 3,000 CMD 以下工業區共 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，申報前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**，各級用水建議值列於表 **4**。

表 3 工業用途之再生水水質分級應用方向表

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 工業用途分級之再生水水質建議值表

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		
鍶 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. 再生水用於冷卻水用水用途，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「再生水質標準及使用遵循辦法」。

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

橡膠製品製造作業中，常見製程產物如：輪胎、橡膠手套、橡膠墊圈及奶嘴等。於生產作業中，輪胎生產主要用水為押出、硫化等作業，以橡膠 O-Ring 而言，製程主要用水以水磨作業即去毛邊，前述各類作業為橡膠製品生產主要用水來源，相關製程廢水特性如圖 5 所示，各項用水最適化及水回收技術如圖 6 所示，以下將分別說明各方法及回收技術：

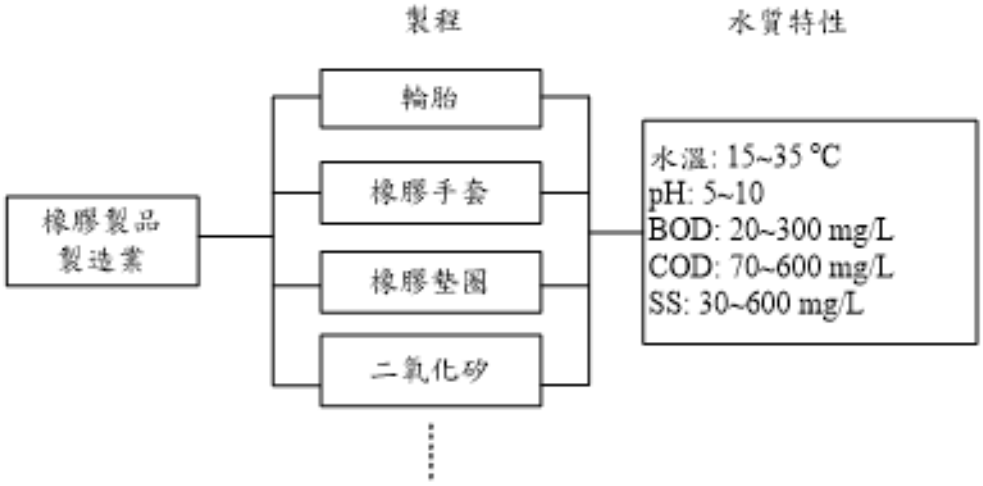


圖 5 橡膠製品製造業製程廢水水質特性

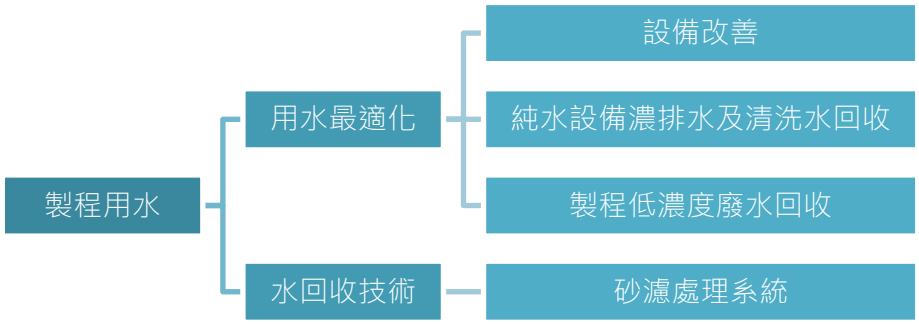


圖 6 製程用水最適化及水回收技術

(一) 用水最適化

1. 設備改善

橡膠製品中，如：橡膠手套作業於初始作業中，需要進行消毒液、機器洗刷、開水消毒等程序，若能改變相關用水的模式，調節清洗作業出水量、供水模式，可達到降低水源使用量，提升水源使用的效率。

2. 純水設備濃排水及清洗水回收

橡膠製品的生產作業中，為因應製程產品等級的需求，因此部分流程所使用的水源需經過軟水或純水系統進行處理，方可作為製程使用。此時，純水系統於作業過程將會產生一股濃縮水，由於該股水源水質尚佳，若能將此濃縮水作為次級用水單元，如：冷卻水塔、洗滌塔等設備作為部分補充水，或者回流進入造水系統與原水混合再製，方可達到降低原水源之取水水量；另有關軟水系統的部分，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

於前端生產作業中，若能將各單元所產生的廢污水進行分流處理，可減輕後端污水處理設施的負擔，降低廢污水處理難度，如橡膠手套生產作業中，模具清洗作業首先透過藥劑洗淨，後段水洗清洗作業由於水質較為單純，當清洗模式為多段作業時，可將末端清洗水作為前端洗淨使用。

(二) 水回收技術

1. 砂濾處理系統

由於橡膠製品業所生產之組件產品多樣，除常見橡膠輪胎外，小至機械零件橡膠片皆為本業別，橡膠製品再生產過程中，製程單元常見有製程清洗，由於製程清洗對於水質的要求較低，因此可將製程清洗水透過砂濾處理系統將水中部份物質去除，經處理過後將可做為部分清洗水補充使用，常見砂濾處理系統如圖 7 所示。

（資料來源：自動逆洗砂濾器，富爾特有限公司）

圖 7 砂濾處理系統設備圖

二、冷卻用水最適化及回收再利用技術

冷卻用水主要功效為吸收轉移熱量，使得用水溫度維持於作業需求，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，有關冷卻用水內部循環水質標準可參照第二章表 4 及表 5，圖 8 為冷卻用水最適化及水回收常見之相關技術。

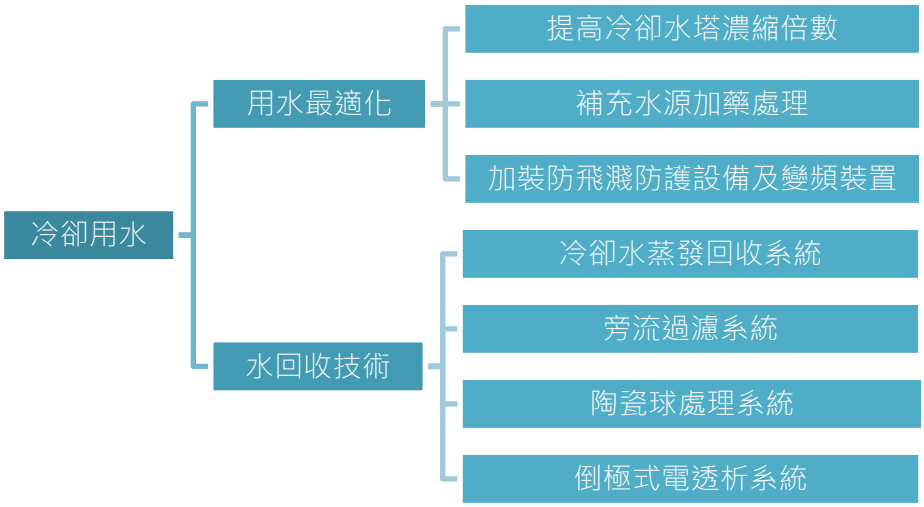


圖 8 冷卻用水最適化及水回收技術

(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。補充水量與排放水量間之關係可以濃縮倍數（Cycles of Concentration）來表示：

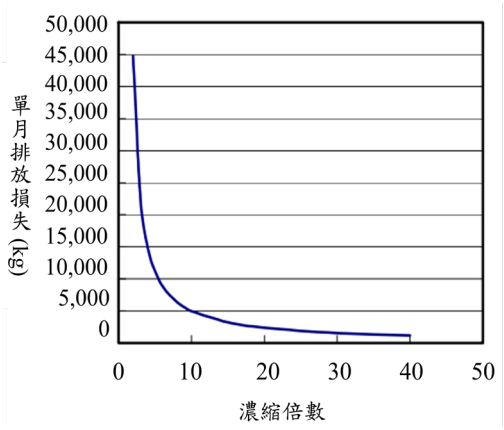
C=M（補充水量）/B（排放水量）
$=EC_{out}$（排放水導電度）/EC_{in}（補充水導電度）

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 6 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 9 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 6 濃縮倍數與節省水耗消量比較表

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%	443%	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 9 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 10 所示。

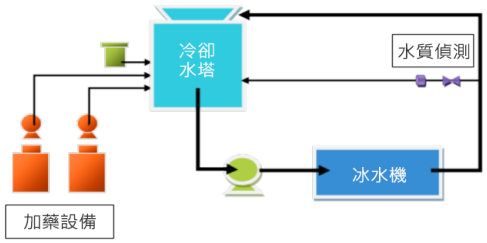
運用替代水源做為冷卻補充用水，其水質之穩定度，可透過藍氏飽和指數（Langelier Saturation Index，簡稱 LSI）做為判定，其計算模式為透過碳酸鈣在水中飽和程度作為積垢的參考指數，飽和指數雖未考量硫酸鈣、氫氧化鎂、矽酸鹽及磷酸鈣等水中其他積垢成分數值，但其足以做為水體是否有積垢傾向的判定，是水體使用、維護管理之重要依據：

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（$Ca(HCO_3)_2$）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（Algae）或菌類（Bacteria）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，處理方法為可選擇添加次氯酸鈉（NaClO）、氯錠、二氧化氯（ClO2）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。

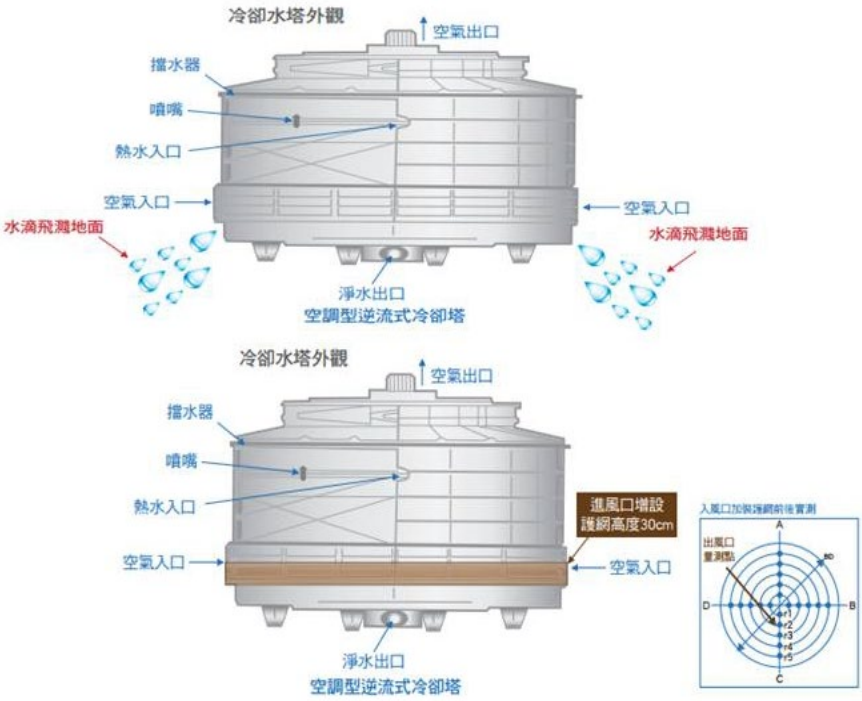


（資料來源：佺友股份有限公司）

圖 10 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之用法。冷卻水塔運轉時，當轉速過快及水量過大，會產生冷卻水逸散的現象，透過耐隆纖維及酚醛樹脂所組成之防飛濺裝置，可有效降低逸散發生，防飛濺防護設備如圖 **11** 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）

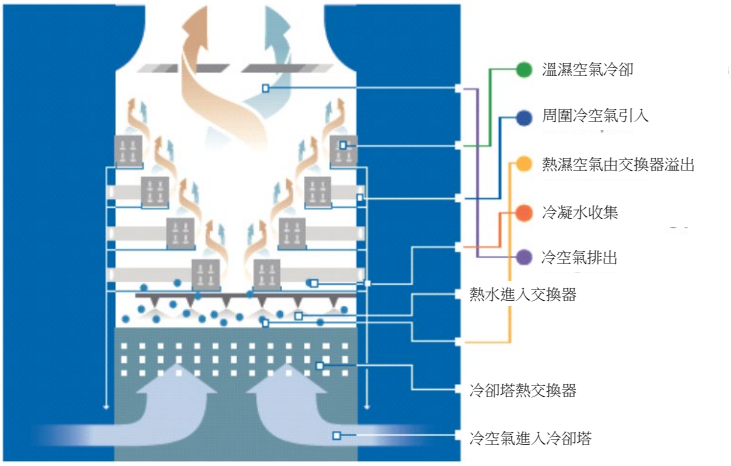
圖 11 冷卻水塔防飛濺防護設備圖

(二) 水回收技術

1. 冷卻水蒸發回收系統

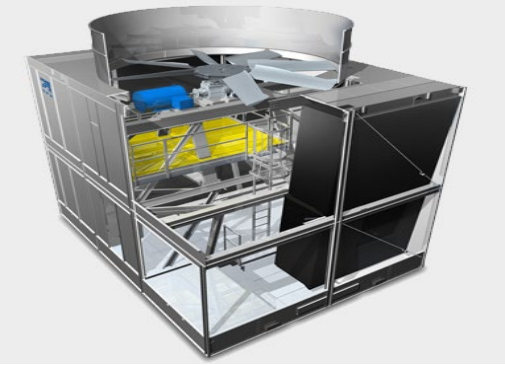
一般造成冷卻水蒸散量大，蒸散比率高之原因包括工廠冷卻循環水量大、風扇風量大及散熱片效率差等。依據研究顯示，典型開放式冷卻水塔耗水量依序為蒸發、排放、濺灑與飛散。因此，降低蒸發損失為主要節水重點（國科會計畫編號 NSC90-2212-E-006-126，邱政勳、謝博丞、林政德，冷卻水塔之節水策略，2005）。

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 12 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，節水冷卻水塔設備如圖 13 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 7 所示，其每年 11~4 月缺水期間運作之單位回收成本如表 8 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 12 冷卻水塔蒸發回收系統圖



（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 13 消霧節水冷卻水塔設備圖

表 7 台灣中部地區冷卻水塔蒸發回收分析表

月份	濕球溫度（℃）	乾球溫度（℃）	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 37.5~32℃，冷卻循環水量 1,576 m^3/h

（資料來源：經濟部工業局，工業污染防治，第 141 期，2017）

表 8 冷卻水塔蒸發回收之成本分析表

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，旁流過濾系統如圖 **14** 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。

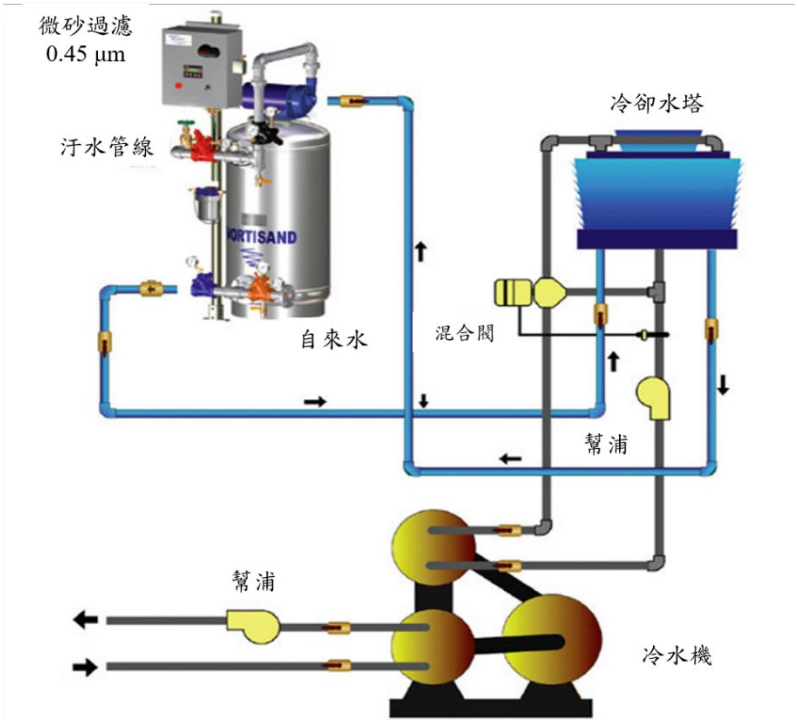
過去常見傳統旁流過濾設備多採砂濾，但砂濾具有反洗水量大、壓力易上升及易結塊等問題，以過濾量 **100** m^3/hr 為例，纖維過濾與傳統砂濾比較如表 **9** 所示，纖維過濾除反洗水量較少外，同時可有效濾除膠狀物質及鐵、錳物質及過濾精度高等多項優點，可有效解決傳統沙濾問題 (冷卻水塔旁濾設備應用及其節水成效，全澤股份有限公司)。

在有旁流處理設備下，可採：

(1) 未經處理就再循環利用於其他用途。

(2) 部分處理後，再循環利用於其他用途。

(3) 處理後再循環做補充用水或原用途水源。



(資料來源：Oasis Engineering & Supplies Sdn Bh)

圖 **14** 旁流過濾處理系統示意圖

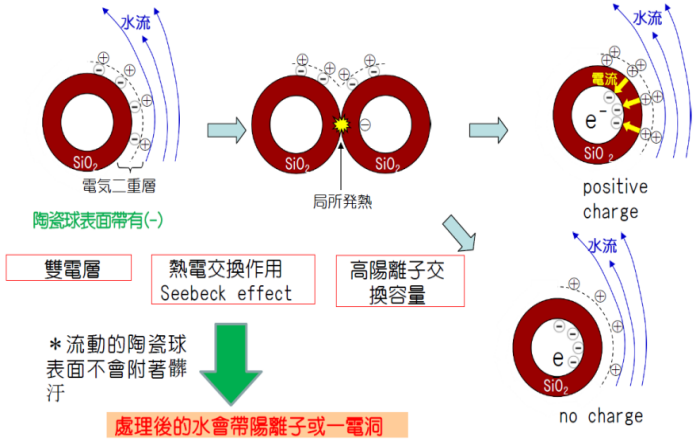
表 9 纖維過濾與傳統砂濾比較表

項目	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，因此水垢不會附著到管線及熱交換器的管壁上，以減緩管線的腐蝕，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 15 及圖 16 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）

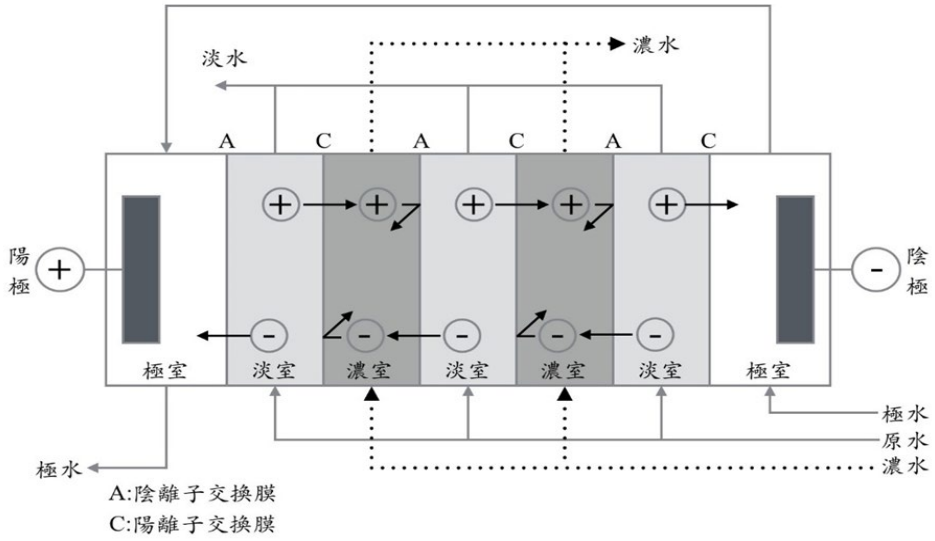
圖 15 陶瓷球水處理理論圖

（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 16 陶瓷球水處理設備圖

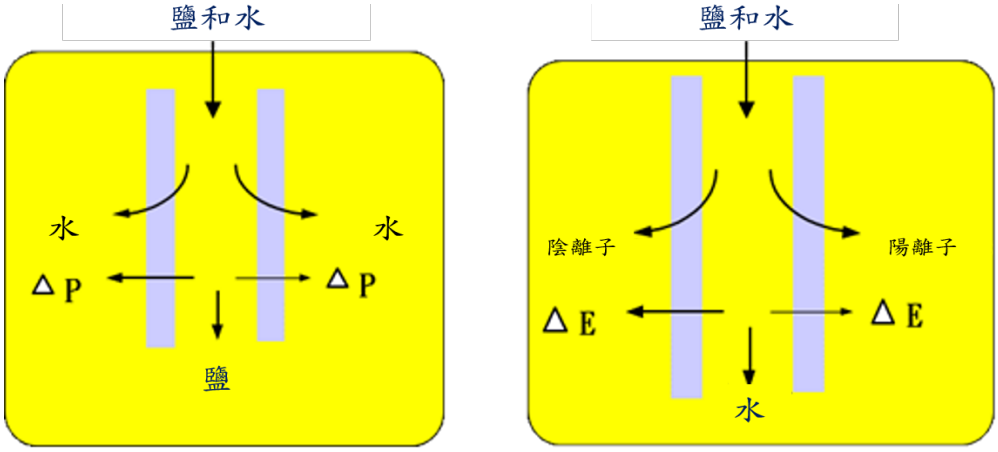
4. 倒極式電透析系統

倒極式電透析系統（Electrodialysis reversal，簡稱 EDR）主要是利用異相型離子交換膜組成 EDR 模組，電透析薄膜如圖 17 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 可處理之導電度高達 8,000 μS/cm，化學耐受性高，pH 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，且對原水污泥密度指數（Silt Density Index，簡稱 SDI）限值小於 15，清洗維修週期長，動能消耗低（45~90 psi 操作）故在操作成本上較逆滲透薄膜系統（Reverse Osmosis，簡稱 RO）低，水回收率最高可達 90%，氟離子濃度負荷可達 1,500 mg/L，去除效率約 80%。其 RO 與 EDR 脫鹽技術之比較如圖 18 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總溶解固體（Total Dissolved Solids，簡稱 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躆控制技術及處理成本分析，排放水電導躆控制技術講習會，財團法人中技社綠色技術發展中心，2003）

圖 17 電透析薄膜處理系統原理示意圖



RO分離機制：以壓力(20 bar)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躆控制技術及處理成本分析，排放水電導躆控制技術講習會，財團法人中技社綠色技術發展中心，2003）

圖 18 逆滲透薄膜及倒極式電透析系統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 10 表 11 為冷卻排放水以 EDR 回收後，產出優質再生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 10 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（μS/cm）	鈣硬度（mg/L as $CaCO^3$）	鎂硬度（mg/L as $CaCO^3$）	Cl-（mg/L）	SO42-（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

（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 11 冷卻排放水以倒極式電透析回收之成本分析表

（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 19 所示，說明如下。

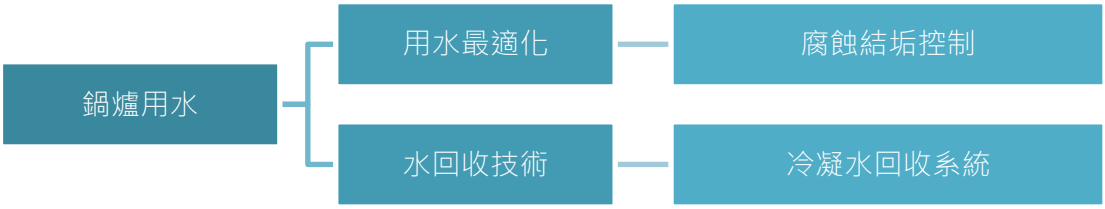


圖 19 鍋爐用水最適化及水回收技術圖

(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、有機胺或二氧化碳提高 pH 值。在高純度鍋爐給水之中，pH 值需控制於 6.5 至 7.5 中，並加入強氧化劑形成保護膜以防止金屬腐蝕。

(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

於鍋爐用水中，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、鎂離子處於高速運動的狀態，暫時改變電荷，而無法形成水垢，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，對於銲接或脹接鍋爐，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

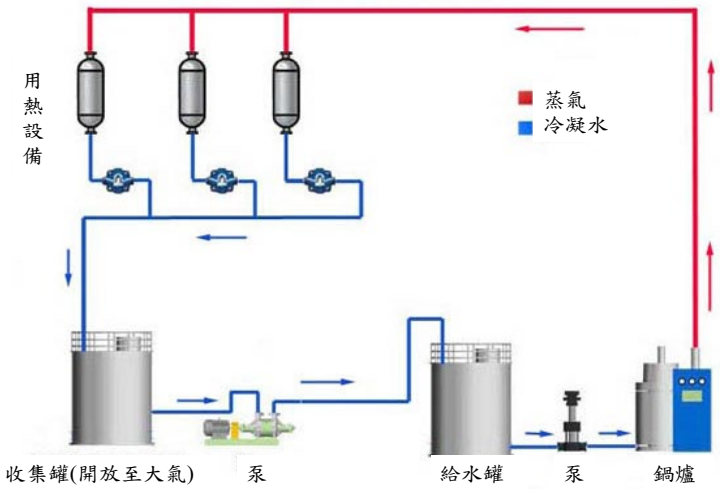
由於鍋爐工作壓力不同，對於水質要求及控制方法上也有所不同。壓力越高的鍋爐，對水質要求亦越高。低壓鍋爐可以在爐內水處理，但一般採用以軟化水作為補充水在爐外處理；中壓鍋爐及部分高壓鍋爐通常採用脫鹼、除二氧化矽、脫鹽和鈉離子交換（中壓鍋爐）後的軟化水作為補充水，在爐內主要採用磷酸鹽處理。

(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 **20** 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**℃。

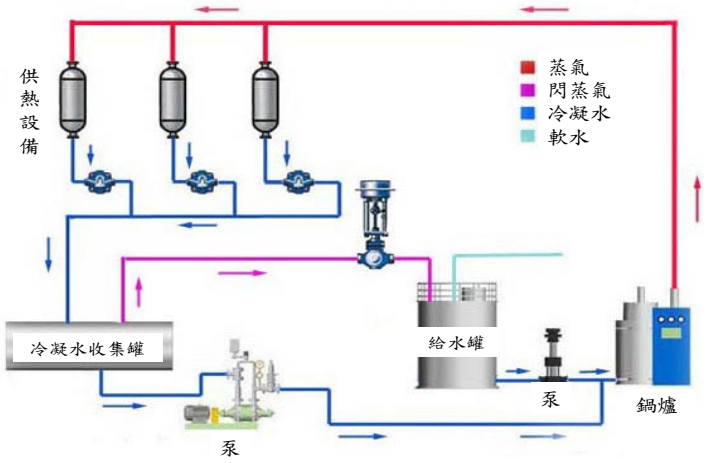


（資料來源：唐山聯鼎蒸汽節能技術開發有限公司）

圖 20 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 **21** 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 **12** 所示。



（資料來源：唐山聯鼎蒸汽節能技術開發有限公司）

圖 21 密閉式冷凝水回收系統原理示意圖

表 12 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

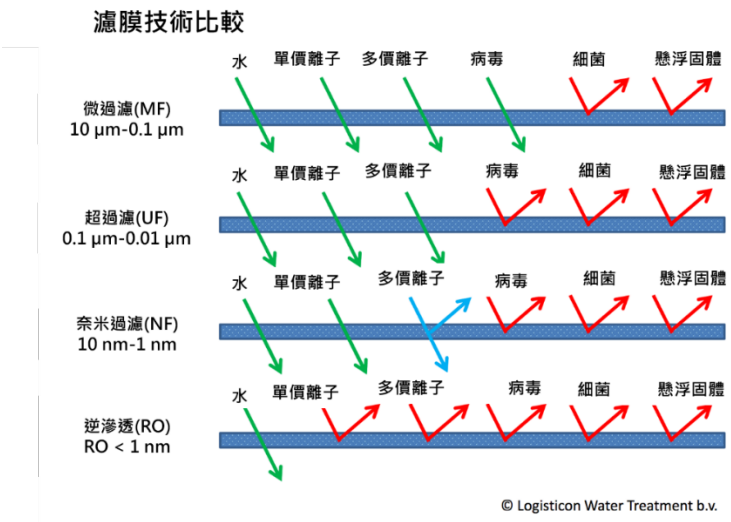
放流水回收再利用，除可降低廢水納管所衍生之費用外，亦可回收作為原水補充或其他次級用水使用，降低原水取水量。常見的放流水回收再利用技術包括薄膜處理等如圖 22 所示，分別說明如下：

圖 22 放流水回收技術

(一) 水回收技術

1. 薄膜處理系統

微過濾（Microfiltration，簡稱 MF）與超過濾（Ultrafiltration，簡稱 UF）是薄膜處理中運用最廣的技術，其分離機制是利用膜孔大小來篩選可通過的粒子與分子，比薄膜孔徑大的顆粒便會被阻擋於膜面（莊榮清等，薄膜科技的應用：流體中的最適守門員–微過濾與超過濾，科技大觀園，2008）。如：懸浮物等可透過 MF 及 UF 達到良好去除效率；對於單/多價離子則需透過奈米過濾（Nanofiltration，簡稱 NF）及逆滲透薄膜系統（Reverse Osmosis，簡稱 RO），達到分離之效果，上述各類薄膜種類去除物質比較將如圖 23 所示。相關實體設備如圖 24 至圖 27 所示，各薄膜過濾處理特性如表 13 所示。



（資料來源：Logistion Water Treatment，comparison membrane techniques）

圖 23 水處理薄膜過濾技術分類圖譜

（資料來源：卓峰環境科技有限公司）

圖 24 微過濾薄膜設備圖

（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，2015）

圖 25 超過濾薄膜設備圖

（資料來源：Enviromatch, Inc.）

圖 26 奈米過濾薄膜設備圖

（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）

圖 27 逆滲透薄膜設備圖

表 13 各薄膜過濾特性比較分析表

薄膜處理名稱	微過濾（Microfiltration）	超過濾（Ultrafiltration）	奈米過濾（Nanofiltration）	逆滲透（Reverse Osmosis）
薄膜處理簡稱	MF	UF	NF	RO
膜過濾口徑	0.1 μm	10 nm	1 nm	0.1 nm
膜材質	聚丙烯	中空纖維、聚碸、陶瓷膜	聚醯胺	聚丙烯醯胺
膜類型	對稱膜	非對稱膜	非對稱膜	非對稱膜
操作原理	利用微濾膜的篩分機制，在壓力驅動下，截留顆粒物、微粒的一種膜分離過程。	使用壓力作為驅動力，根據物質大小的不同，利用篩分機制截留溶液中。	是一種介於超濾或逆滲透的膜分離程序。可截留重金屬或高價數的鹽類，也可截留小分子量有機物，達到有機物和無機物的分離及濃縮。	是滲透的逆向過程，以壓力作為驅動力，利用逆滲透膜只讓水分子或溶劑透過的特性，進行混合物液體的分離
主要功能	去除懸浮固體	去除有機物、懸浮固體、大分子染料	去除病毒、大分子無機離子、大分子有機物、小分子染料、兩價鹽類	完全去除有機物、溶解鹽類、濾過性病毒、細菌

以本製造業別而言，排放水種類單純，多為民生廢水及製程作業清洗水，以某廠為例，其排放水水質導電度約 2,500 μS/cm，化學需氧量(Chemical Oxygen Demand，簡稱 COD ）約 10~20 mg/L、懸浮固體（ Suspended Solids，簡稱 SS ）約 50 mg/L 以下，若以 UF/RO 系統回收部分廢水，處理後之純水經軟水樹脂處理可回於製程，流入 UF/RO 系統之廢水為 1016 CMD，約回收 508 CMD，其 UF/RO 系統回收率為 33.3%。有關本系統相關建置經費分析如表 14 所示。

表 14 超過濾加逆滲透薄膜系統經費分析

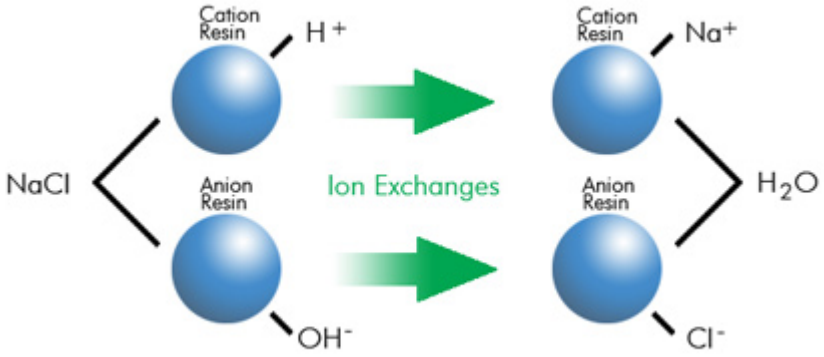
項目	UF+RO 系統
產水量（CMD）	508
總建設成本（元）	9,000,000
單位產水成本-建設（元/噸）	4.9
單位產水成本-營運（元/噸）	12.0
單位產水總成本（元/噸）	16.9
年營運成本（元）	1,828,800
產水總成本（元/月）	214,900

註：1. 單位建設成本以折舊年限 12 年估算。
2. 每月工作天以 25 天計。
3. 總建設成本不含水管佈設費用。

（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，2014）

2. 離子交換樹脂系統

離子交換樹脂系統是將預處理水源中的各種無機鹽電離生成的陽離子(鈣、鎂、銅、鈉等金屬離子)、陰離子 (碳酸根、硝酸根、硫酸根等非金屬離子)，經過陽、陰樹脂層 (離子交換管柱內的交換離子劑) 時，跟樹脂上的氫離子和氫氧根離子發生置換反應，而被樹脂吸附。從樹脂上置換下來的氫離子和氫氧根離子結合成了水分子（ H_2O ），從而達到去除水中無機鹽類及金屬 (每日頭條，離子交換的工作原理)，有關離子交換系統原理如圖 28 所示。



（資料來源：Apec Water）

圖 28 離子交換樹脂系統原理示意圖

以某製造業之放流水為例，其廢水經前處理設備後，放流水水質 pH：6-9、SS：30 mg/L、COD：100 mg/L、生化需氧量(Biochemical oxygen demand，簡寫 BOD)：100 mg/L，此股放流水若利用活性碳塔中活性碳吸附原理去除水中有機化合物後再利用離子交換樹脂塔去除水中無機性鹽類及重金屬，預計放流水經過此裝置後，其水中污染物可達 80%的去除率，該水源可做為部分製程（如輪胎製造）前段使用，達到減排廢水提升廠內水回收率同時減少工業用水使用量，有關本技術方案系統建置所需相關建置經費分析如表 15 所示。

表 15 活性碳塔加離子交換樹脂系統經費分析

項目	活性碳塔+2B3T 系統
產水量（CMD）	72
總建設成本（元）	1,078,000
單位產水成本-建設（元/噸）	18.5
單位產水成本-營運（元/噸）	5.5
單位產水總成本（元/噸）	24
年營運成本（元）	106,722
產水總成本（元/月）	38,838

註：1. 單位建設成本以折舊年限 3 年估算。
2. 每月工作天以 30 天計。
3. 活性碳塔+2B3T 設備建設費以 1,078,000 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

其他水回收技術方案方案包括生活用水減量、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控系統等如圖 29 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：

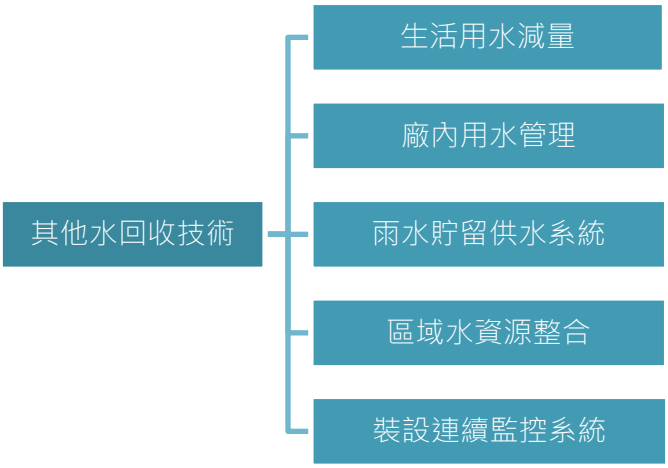


圖 29 其他水回收技術

(一) 生活用水減量

據經濟部水利署公布之單位用水量計算參考，民生類用水量非住宿人員每日用水量 50 L，住宿人員則約以 250 L/天做計算，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及用量大小，可於供水之主幹管，可劃分為製程、民生、鍋爐、洗滌塔...等管線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，並能作為漏水檢視，避免水源浪費，且透過回收水槽加裝水錶及自動水質檢測設備，確保回收水用量及用水品質，有關上述智慧管理模式如圖 30 所示。

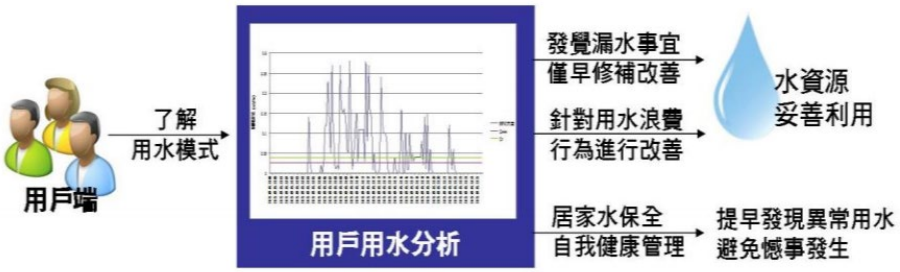


圖 30 用水管理模式及效益圖

(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 31 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 32 為常見雨水過濾設備，雨水透過重力流進入過濾器，因內部構造設計，使雨水旋轉產生離心力，並將乾淨雨水甩出至出水口。

圖 31 雨水回收流程圖

（資料來源：寶閥精密工業）

圖 32 雨水回收過濾設備圖

(四) 區域水資源整合

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。水資源整合推動的型態包括兩種類型如圖 33 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。

在本製造業的生產過程中，常見用水單元為製程清洗及冷卻用水，若鄰近廠商有食品飲料業，可將其放流水經相關處理技術 (如：化學混凝、EDR 等) 後，供應本行業別作為次級補充用水或製程清洗單元等使用，以降低工業用水使用量。

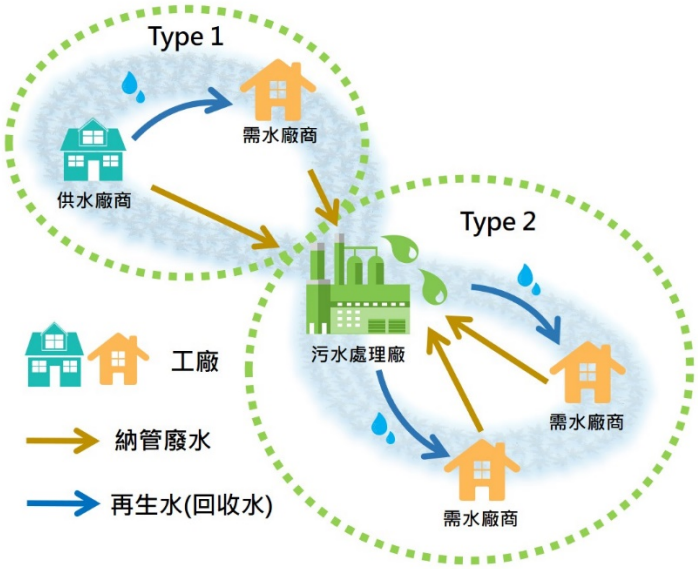
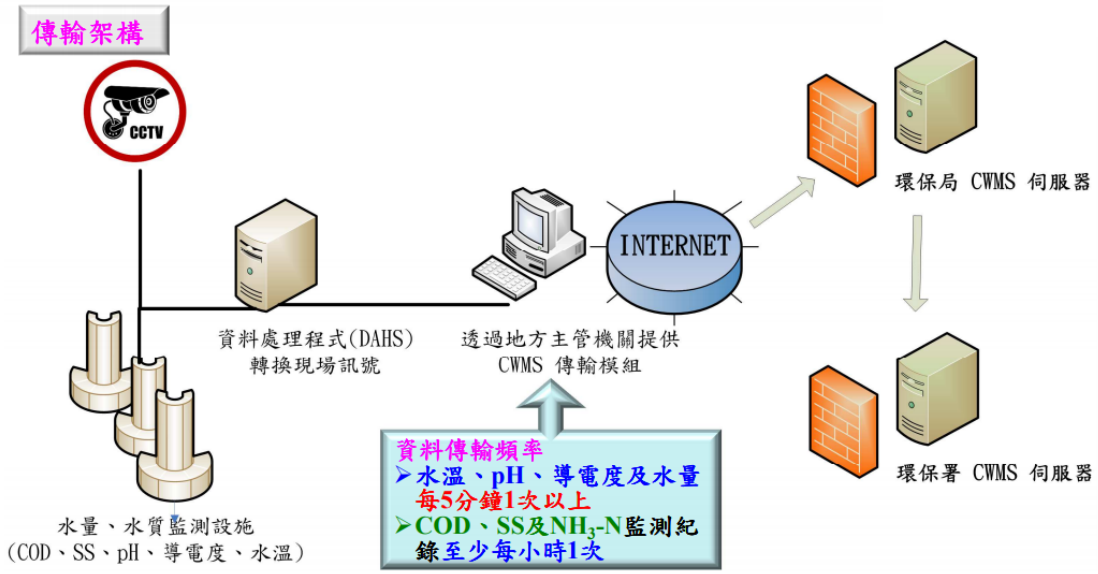


圖 33 區域水資源整合型態示意圖

(五) 裝設連續監測系統

若工廠與工業區排放水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 34 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、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 34 監測連線傳輸設置圖

六、小結

茲將橡膠製品製造業各用水標的建議之最適化與回收再利用技術彙整表 16。

表 16 橡膠製品製造業各用水標的建議之最適化與回收再利用技術彙整表

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	V			
	純水設備濃排水及清洗水回收	V			
	製程低濃度廢水回收	V			
	提高冷卻水塔濃縮倍數		V		
	補充水源加藥處理		V		
	加裝防飛濺防護設備及變頻裝置		V		
	腐蝕結垢控制			V	
回收再利用技術	砂濾處理系統	V			
	冷卻水蒸發回收系統		V		
	旁流過濾系統		V		
	陶瓷球處理系統		V		
	倒極式電透析系統		V		
	冷凝水回收系統			V	
	薄膜處理系統				V
	離子交換樹脂系統				V

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 1982 年，座落於新竹工業區，為全球知名之輪胎製造廠，於國際市場連續 12 年蟬連橡膠業世界第一，品牌知名度及市場佔有率皆名列前茅。

(二) 製程流程

A 廠主要產品為輪胎，輪胎製造過程中不會利用到水，水僅用於機台冷卻，生產製程如圖 35 所示。

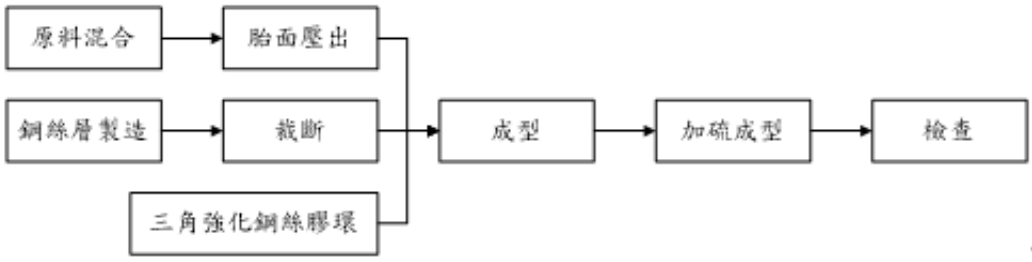


圖 35 案例 A 廠製造流程圖

(三) 廠內用水管理情形

該廠使用自來水為水源，用水量約 300 CMD，製程中不須耗用自來水，多數自來水耗用於鍋爐及機台冷卻中。200 CMD 自來水進入淨水系統，分別製成 100 CMD 軟水供機台冷卻使用，60 CMD 製成純水供鍋爐使用，40 CMD 則為淨水系統反洗再生廢水，其餘 100 CMD 為生活用水；此外，廠內部分屋頂設有雨水貯留設備，雨水收集後混入自來水池作為原水使用，但因收集量未知故未納入水平衡圖。廠內水平衡圖如圖 36 所示，A 廠內所產出廢水之污染成分如表 17 所列。鍋爐用水及冷卻用水於使用過程中蒸發逸散，排放量僅 10 CMD；生活用水 50 CMD 為蒸發飲用，其餘 50 CMD 則成為生活污水，上述兩股水加上淨水程序廢水 40 CMD，總計產生 100 CMD 廢水；廠內廢水進入中和池調勻即納管至工業區污水下水道，無其他處理設備，但在排放口前設有監測貯槽，監測放流水 pH、溫度、SS 及 COD，如系統異常將立即阻斷排放並進行現場清查。納管 SS 約 30 mg/L，COD 約 100~140 mg/L，皆符合新竹工業區納管標準。

工廠蒸氣總用量為 270 CMD，除自行燃燒重油產生蒸氣外，亦從鄰近之長春人造樹脂公司購買 120 CMD 蒸氣使用，購買蒸氣成本低於自行生產，且蒸氣冷凝水亦回收至鍋爐使用，回收量為 90 CMD。

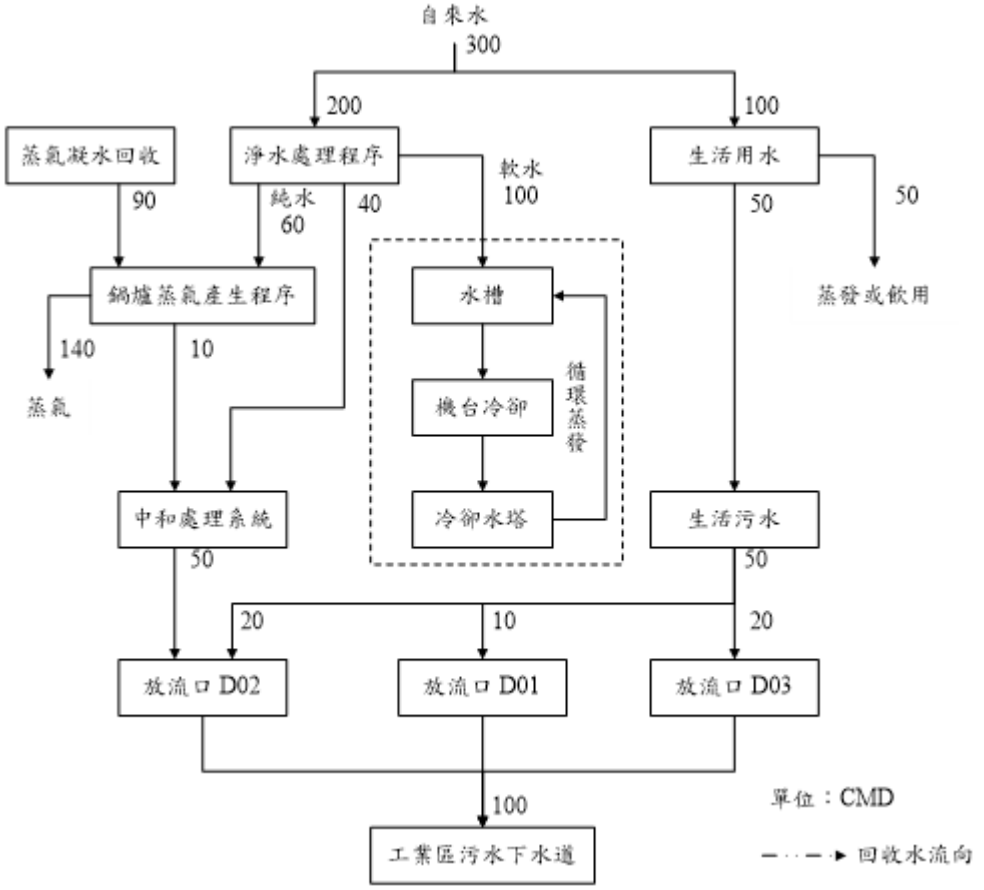


圖 36 案例 A 廠用水平衡圖（方案實施前）

表 17 案例 A 廠進入處理單元之水質資料表

檢驗項目	原廢水
水溫（℃）	48.1
氫離子濃度指數	2.5
懸浮固體（mg/L）	1.5
化學需氧量（mg/L）	25.5

(四) 用水效率提升方案

經現場勘查、瞭解廠內用水現況、參觀廠內設施、清查用水資料及與廠商討論後，尚具有下列節水或水再生規劃之機會：

方案一、增設生物流體化床設備

該廠放流水水量為 100 CMD，於放流口前設有放流水監測井，全時自動監測放流水，放流水質 pH：7、SS：30 mg/L、COD：100 mg/L，導電度約 300 μS/cm，皆符合工業區納管標準。如欲提高放流水利用可行性，建議可增設生物流體化床，降低 COD 濃度，偶後可將處理後支出流水混合自來水作為原水使用，建議回收量為 50 CMD，與自來水混合比例為 1：5。

方案二、淨水處理程序反洗及再生清洗水回收

廠內設有砂濾及離子交換系統，提供軟水供給冷卻水塔使用，反洗及再生第二段清洗水，水質皆已達到可以回收再用之水準，建議將清洗水獨立收集可作為非人體接觸之沖廁、灑掃或澆灌等次級用水；如以現行廢水量 40 CMD 推估，約有 25%具有回收潛力，預估回收量約 10 CMD。

方案三、生活用水減量

以員工人數 700 人，其中 50 人住宿計算，每人每日辦公室用水量約 50 L，生活用水量約 300 L，總計生活用水量約 50 CMD，比廠內現行之生活用水量 100 CMD 有 50 CMD 之差距，即使是以高於平均用水量之標準計算，每日生活用水量仍落於 65 CMD 左右；建議進行下列節水措施，降低生活用水量，估計可節省水量為 30 CMD，蒸發飲用量約 20 CMD。

(a). 行政區及宿舍區適切降低用水壓，降低用水量。

(b). 採用省水馬桶或噴霧式省水龍頭。

(c). 定期巡檢確認輸水管線無漏水，並使用水錶了解實際用水量。

(d). 員工節水教育宣導。

所規劃的水回收方案，預計可回收水量為 60 CMD。原自來水用量為 300 CMD，輔導後取水量降至 210 CMD；而原排放水量為 100 CMD，輔導改善後排放水量降至 40 CMD。規劃的水回收方案，經改善後回收水量可提升至 582 CMD。原水用量為 4,483 CMD(自來水 783 CMD、地下水 3,700 CMD)，方案實施後取水量降低至 3,975 CMD（自來水 275 CMD、地下水 3,7000 CMD），如圖 37 所示。

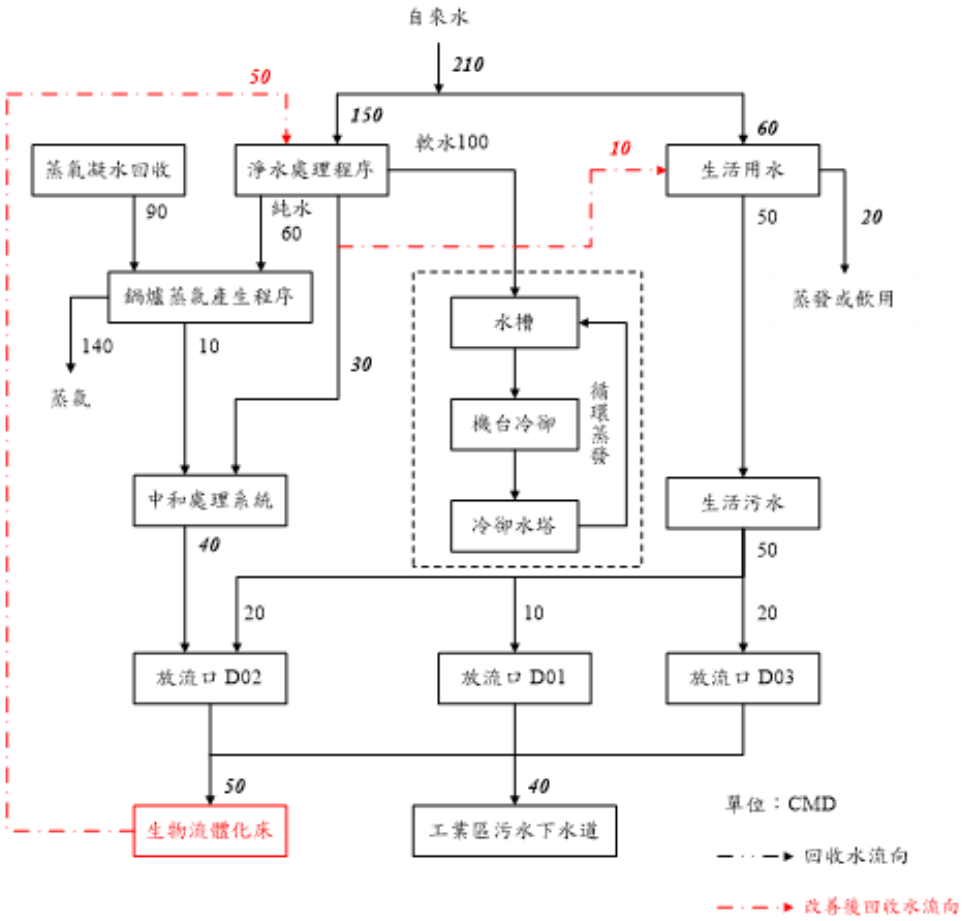


圖 37 案例 A 廠用水平衡圖（方案實施後）

(五) 成本效益分析

1. 產水成本分析

考量該廠廢水組成包含鍋爐排放水、淨水處理程序反洗/再生廢水及生活污水，組成單純且水質尚可，惟 COD 需增設生物處理加以降解，故建議增設生物流體化床，佔地面積較小但仍可有效降解 COD，初步估計建設費為 450,000 元；針對水質較好之第二段反洗/再生清洗水，亦可考慮配管作為沖廁、灑掃澆灌等非人體接觸之次級用水，配管費用可於廠內自行評估施作；另經計算後生活用水高出一般平均水準，建議可進行管控以確保用水量無異常。單位產水成本的建設費以 12 年攤提計算其經費分析如表 18 所示。

表 18 水回收設施經費分析表

項目	方案設備	產水量（CMD）	總建設成本（元）	單位產水成本-建設（元/噸）	單位產水成本-營運（元/噸）	單位產水總成本（元/噸）	年營運成本（元）	產水總成本（元/月）
方案一	生物流體化床	50	450,000	2.08	1.3	3.38	23,400	5,070
方案二	配管	10	場內配管	–	–	–	–	–

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.總建設成本已含水管佈設費用

2. 方案經濟效益分析

廠內使用水源為自來水，目前工業區的自來水價格為 12.5 元/噸，原取水量為 300 CMD，經有輔導改善取水量降低為 210 CMD；該廠單位納管成本為 13.8 元/噸，原排放量為 100 CMD，經由管末放流水回收使納管水量降至 40 CMD，如表 19 所示。

表 19 水回收方案實施前後用水量及費用比較表

項目	方案施實前		方案施實後		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	300×30 =9,000	12.5×9,000 =112,500	210×30 =6,300	12.5×6,300 =78,750	33,750
納管費	100×30 =3,000	13.8×3,000 =41,400	40×30 =1,200	13.8×1,200 =16,560	24,840
合計	-	153,900	-	95,310	58,590

註：1. 每月工作天以 30 天計。
2.工業用水水價 12.5 元/噸，普利司通放流水納管費為 13.8 元/噸。

3. 水回收效益分析

原用水量為 300 CMD，排放量為 100 CMD，並外購 120 CMD 蒸氣，回收蒸氣冷凝水 90 CMD，；預計經由實施的回收及節水方案可將回收水提升至 150 CMD，並減少生活用水量 30 CMD，而用水量與排放量各降低為 210 CMD 與 40 CMD，改善後全廠回收率 R2 由 47.4%提高至 78.9%，水回收計算結果如表 20 所示。

表 20 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	$47.4\%=\left(\frac{90+0}{300+120+90-290-30}\right)\times 100\%$	$47.4\%=\left(\frac{90+0}{300+120+90-290-30}\right)\times 100\%$
實施後	$78.9\%=\left(\frac{150+0}{210+120+150-260-30+0}\right)\times 100\%$	$78.9\%=\left(\frac{150+0}{210+120+150-260-30+0}\right)\times 100\%$

註：

$$\text{全廠回收率（重複利用率，R1）}=\frac{\text{總回收水量+總循環水量（含冷卻、製程及鍋爐循環）}}{\text{取水量+總回收水量+總循環水量（含冷卻、製程及鍋爐循環）}}\times 100\%$$

$$\text{全廠回收率（不含循環水量，R2）}=\frac{\text{總回收水量+非冷卻循環水量}}{\text{取水量+總回收水量+非冷卻循環水量}}\times 100\%$$

二、案例 B 廠簡介

(一) 案例廠簡介

B 廠成立於 1967 年，總公司位於台灣彰化縣大村鄉，主要產品為各式輪胎及橡膠製品，所生產的輪胎規格為自行車輪胎、機車輪胎、農工車輪胎、卡汽車輪胎及高速鋼絲轎車輪胎。B 廠用水以鍋爐用水及製程用水占全廠 70%以上，全廠廢水納管排放至工業區廢水處理廠，納管費用以排放量為主要依據。

(二) 製程流程

輪胎製造程序主要為混練、押出、程型及硫化等步驟，生產流程圖如圖 38 所示，輪胎製造業主要用水量單元為製程冷卻及機台清洗用水。

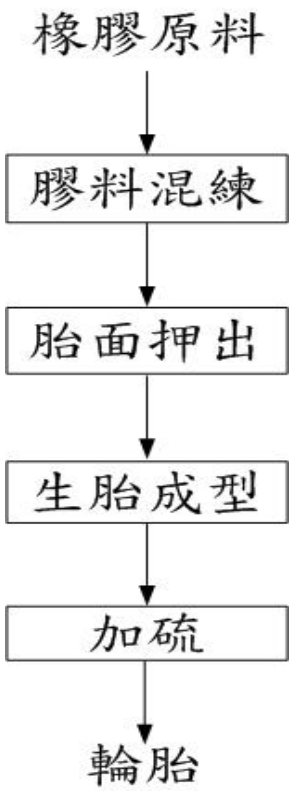


圖 38 案例 B 廠製造流程圖

(三) 廠內用水管理情形

B 廠每日用水量約 390 CMD，取得水源為工業用水及自來水，工業用水主要用於製程、純水系統及鍋爐為主；自來水主要用於民生用水；有關廠內用水平衡圖如圖 39 所示，而 B 廠內所產出廢水之污染成分如表 21 所列。

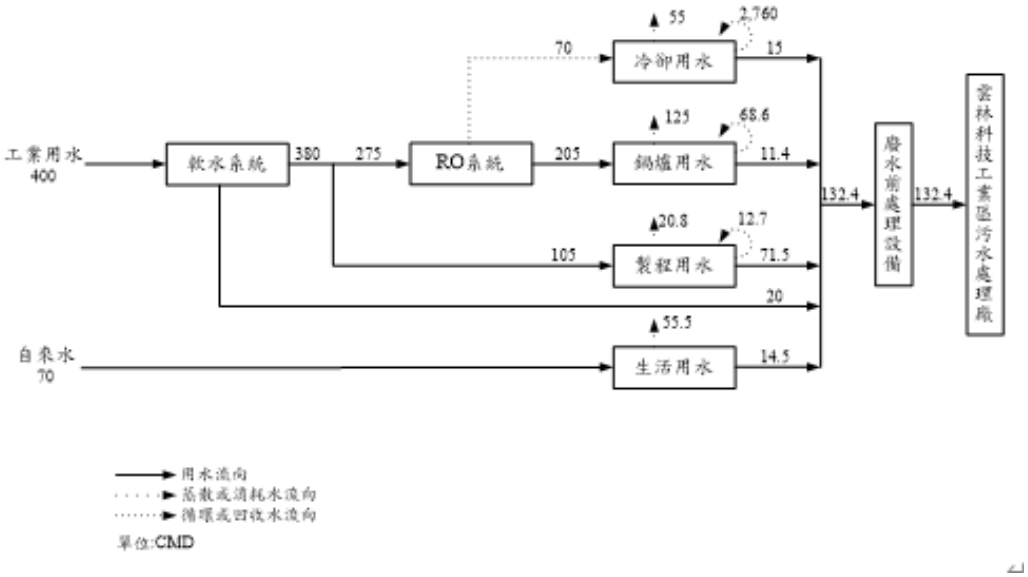


圖 39 案例 B 廠用水平衡圖（方案實施前）

表 21 案例 B 廠進出處理單元之水質資料表

檢驗項目	原廢水	放流水
水溫（℃）	36.4	31.6
氫離子濃度指數	6.8	6.9
水量（CHM）	8.92	8.92
懸浮固體（mg/L）	11.0	14.8
化學需氧量（mg/L）	92.5	12.9
生化需氧量（mg/L）	26.5	6.6
油脂（mg/L）	10.5	0.8

(四) 用水效率提升方案

經現場勘查、瞭解廠內用水現況、參觀廠內設施、清查用水資料及與廠商討論後，尚具有下列節水或水再生規劃之機會：

方案一、區域水資源整合

區域水資源整合，利用 A 廠放流水供給 B 廠使用，有效減少 A 廠排水量及 B 廠之取水量。該 B 廠址鄰近區域有飲料廠，其廢水經 EDR 處理可達到放流水標準及冷卻水塔建議補充水質。建議 B 廠可取用飲料廠經 EDR 處理後之放流水再與工業用水充分混合後使用，以降低工業用水使用量，預估回收水量 95 CMD。

方案二、離子交換樹脂回收法

該廠廢水排放量約 132.4 CMD，廢水經廠內廢水前處理設備處理後，經評估可採用離子交換樹脂回收法（活性碳塔+二床三塔（2B3T），去除水中有機化合物、無機性鹽類及重金屬，預計放流水經過此裝置後，可回收至前段製程使用，達到減排廢水提升水回收率同時減少工業用水使用量，預計約可節水 72 CMD。離子交換樹脂可能受到有機物污染，造成樹脂表面產生大量微生物，為避免樹脂受到污染，有以下控制方法，包含確保純水水質（導電度或電阻值）、合理時間內更換耗材、系統運作足夠時間及改善配水管線流路設計。

所規劃的水回收方案，可將工業用水取水量由原來之 400 CMD 降至 233 CMD，同時也降低了該廠納管水量，由原排放水量為 132.4 CMD，方案實施後排放水量降至 60.4 CMD，如圖 40 所示。

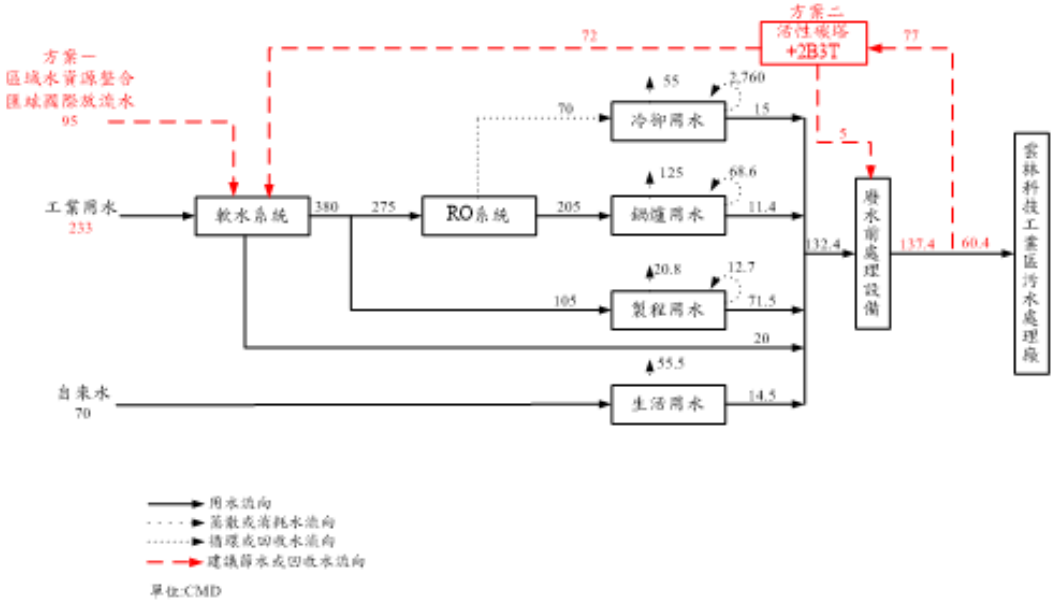


圖 40 案例 B 廠用水平衡圖（方案實施後）

(五) 成本效益分析

1. 產水成本分析

所建議之水回收改善方案，以廠商現有之設備與條件進行修正與改善，以符合經濟效益之狀況進行規劃，建議之節水方案為區域水資源整合及離子交換樹脂回收法，若將管線配修費與節水方案建置設備費用一併納入評估，其經費分析如表 22 所示。

表 22 水回收設施經費分析表

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	區域水資源整合	95	-	-	-	-	-	-
方案三	活性碳塔+2B3T	72	1,078,000	18.5	5.5	24	106,722	38,838
合計		148.9	1,078,000	18.5	5.5	24	106,722	38,838

註：1.單位建設成本以折舊年限 3 年估算。
2.每月工作天以 30 天計。
3.活性碳塔+2B3T 設備建設費以 1,078,000 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。

2. 方案經濟效益分析

廠內使用水源為工業用水及自來水，目前工業區的工業用水水價為 12.3 元/噸；自來水價格為 12.5 元/噸，經計算後，納管水量價格為 38.2 元/噸，原工業用水取水量為 400 CMD；自來水區水量 70 CMD；排放水量為 132.4 CMD，經節水輔導後，工業用水取水量為 233 CMD；自來水取水量 70 CMD；排放水量為 60.4 CMD，回收前後費用變化如表 23 所示。

表 23 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）		
工業用水水量費	400×22 =8,800	8,800×12.3 =108,240	233×22 =5,126	5,126×12.3 =63,050	45,190	542,282
廢水處理費	132.4×22 =2,913	2,913×8 =23,302	60.4×22 =1,329	1,329×8 =10,630	12,672	152,064
納管水量費	132.4×22 =2,913	2,913×38.2 =111,269	60.4×22 =1,329	1,329×38.2 =50,760	60,509	726,106
合計	-	242,811	-	124,440	118,371	1,420,452

3. 水回收效益分析

現行用水量約為 400 CMD，排放量約為 132.4 CMD，冷卻循環約為 2,760 CMD，回收水量約為 128.6 CMD，預計經由實施的回收方案，約可增加回收水量 167 CMD，可將回收水量提升為 305.6 CMD，用水量降低為 303 CMD，而排放量降低為 60.4 CMD，改善後全廠回收率 R2 由 24.35%提高至 51.23%，水回收計算結果如表 24 所示。

表 24 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	$86.10\%=\frac{138.6+2,772.6}{400+138.6+2,772.6}\times100\%$	$23.45\%=\frac{138.6+12.6}{400+138.6+12.6}\times100\%$
實施後	$91.04\%=\frac{305.6+2,772.6}{303+305.6+2,772.6}\times100\%$	$51.23\%=\frac{305.6+12.6}{303+305.6+12.6}\times100\%$

註：

全廠回收率（重複利用率，R1）$=\frac{\text{總回收水量+總循環水量（含冷卻、製程及鍋爐循環）}}{\text{取水量+總回收水量+總循環水量（含冷卻、製程及鍋爐循環）}}\times100\%$

全廠回收率（不含循環水量，R2）$=\frac{\text{總回收水量+非冷卻循環水量}}{\text{取水量+總回收水量+非冷卻循環水量}}\times100\%$

第五章　參考文獻

1. Apec Water，https://www.freedrinkingwater.com/water-education/quality-water-filtration-method.htm
2. GOODYEAR，輪胎是如何生產的，https://www.goodyear.com.tw/learn/how-tyres-are-made
3. Oasis Engineering & Supplies Sdn Bhd.，http://www.oasis-eng.com.my/products_ct4.asp
4. Logisticon Water Treatment，https://www.logisticon.com/en/technologies/membrane-filtration
5. Polymeric Membrane for Separation Market 2017 by Size, Global Trends, Share and Forecast to 2022，Market Research Reports® Inc.，2017
6. Research Paper of California Institute of Technology，Kim, C.S.，Increasing Cooling Tower Water Efficiency 2009
7. U-CAR 售後市場，守護駕駛的荷包與安全 Michelin 卡客車胎科技，2014
8. 台灣米其林輪胎，製胎過程步驟，http://www.michelin.com.tw/TW/zh/help-and-support/tire-manufacturing.html
9. 先進過濾技術產學聯盟，http://www.filtration.org.tw/
10. 全澤股份有限公司，http://www.molykem.com/new/fiber5.htm
11. 行政院主計處，中華民國行業標準分類，2016
12. 每日頭條，3 分鐘了解輪胎的製作過程，https://kknews.cc/zh-tw/car/va932e2.html
13. 每日頭條，離子交換的工作原理，https://kknews.cc/zh-tw/news/p8pmjn8.html
14. 佺友股份有限公司，http://www.chemyol.com.tw/index.php?do=prod
15. 林清池，台灣橡膠製品產業之特徵與進入障礙，橡膠彈性體工業月刊第 37 卷第 5 期，2013
16. 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

17. 卓峰環境科技有限公司，https://www.zhecheng.com.tw/product-detail-1025598.html

18. 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

19. 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

20. 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

21. 盛義實業，冷卻循環水處理裝置 EMIIR SRDEC-CT 提案書，2016

22. 勞動部，行業指南目錄-橡膠製品製造業，2017

23. 新竹工業區勞安促進會，輪胎簡易製程分享，http://momogulu.pixnet.net/blog/post/28163439

24. 經濟部工業局，工業污染防治，第 141 期，2017

25. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016

26. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2019

27. 自動逆洗砂濾器，http://www.kmate.com.tw/product.php?id=46，富爾特有限公司

28. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2014

29. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2016

30. 經濟部工業局，下水道系統再生水利用技術參考手冊，2016

31. 經濟部水利署，工業用水量統計報告，2017

32. 經濟部水利署，公共場所節約用水技術手冊，2004

33. 經濟部水利署，節水紀實，2012

34. 經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2018

35. 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

36. 謝立生，橡膠的混煉加工（上），塑料技術，2010

37. 寶閥精密工業，http://www.kingtech-valve.com.tw/default.asp，2018

橡膠製品製造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、台灣橡膠暨彈性體工業同業公會

編　　撰：蔡人傑、徐秀鳳、林子皓、陳建璋、鄭湘澐

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

橡膠製品製造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