



汽車及其零件製造業

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	3
(一) 汽車製造業	3
(二) 汽車零件製造業	4
三、 主要用水標的與用水情形	4
第二章 水利三法相關子法、辦法事宜	5
一、 用水計畫審核管理辦法	5
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	6
三、 再生水用於工業用途水質基礎建議值	6
第三章 用水最適化及回收再利用技術	9
一、 製程用水最適化及回收再利用技術	9
(一) 用水最適化	10
(二) 水回收技術	11
二、 冷卻用水最適化及回收再利用技術	15
(一) 用水最適化	15
(二) 水回收技術	19
三、 鍋爐用水最適化及回收再利用技術	26
(一) 用水最適化	26
(二) 水回收技術	28
四、 放流水回收再利用技術	30
(一) 水回收技術	30
五、 其他水回收技術	32
(一) 生活用水減量	32
(二) 廠內用水管理	32
(三) 雨水貯留供水系統	33
(四) 區域水資源整合	35
(五) 裝設連續監控系統	36
六、 小結	37
第四章 水回收再利用案例介紹	39
一、 案例 A 廠簡介	39
(一) 案例廠簡介	39

(二) 製程流程	39
(三) 廠內用水管理情形	39
(四) 用水效率提升方案	40
(五) 成本效益分析	43
二、 案例 B 廠簡介	45
(一) 案例廠簡介	45
(二) 製程流程	45
(三) 廠內用水管理情形	46
(四) 用水效率提升方案	46
(五) 成本效益分析	47
第五章 參考文獻	49

圖目錄

	頁次
■ 圖 1 汽車及其零件製造業生產價值百分比	2
■ 圖 2 汽車製造流程圖	3
■ 圖 3 汽車及其零件製造業用水結構分析	4
■ 圖 4 汽車及其零件製造業製程廢水水質特性	9
■ 圖 5 製程用水最適化及水回收技術	9
■ 圖 6 纖維過濾系統原理示意圖	11
■ 圖 7 纖維過濾系統設備圖	11
■ 圖 8 各種濾膜去除物質比較	12
■ 圖 9 微過濾系統設備圖	12
■ 圖 10 超過濾系統設備圖	13
■ 圖 11 奈米過濾系統設備圖	13
■ 圖 12 逆滲透薄膜系統設備圖	13
■ 圖 13 離子交換樹脂系統原理示意圖	14
■ 圖 14 冷卻用水最適化及水回收技術	15
■ 圖 15 濃縮倍數與排放損失關係圖	16
■ 圖 16 冷卻水塔加藥示意圖	17
■ 圖 17 冷卻水塔防飛濺防護設備圖	18
■ 圖 18 冷卻水塔蒸發回收系統圖	19
■ 圖 19 消霧節水冷卻水塔設備圖	20
■ 圖 20 旁流過濾系統處理原理示意圖	21
■ 圖 21 陶瓷球處理系統理論圖	23
■ 圖 22 陶瓷球處理系統設備圖	23
■ 圖 23 電透析薄膜處理系統原理示意圖	24
■ 圖 24 逆滲透薄膜與倒極式電透析系統之脫鹽技術原理比較圖	25
■ 圖 25 鍋爐用水最適化及水回收技術	26
■ 圖 26 開放式冷凝水回收系統原理示意圖	28
■ 圖 27 密閉式冷凝水回收系統原理示意圖	29
■ 圖 28 放流水回收技術	30
■ 圖 29 薄膜處理系統廢水回收示意圖	31
■ 圖 30 其他水回收技術	32
■ 圖 31 雨水回收流程圖	33
■ 圖 32 區域水資源整合型態示意圖	35

■ 圖 33 監測連線傳輸設置圖	36
■ 圖 34 案例 A 廠生產製造流程圖	39
■ 圖 35 案例 A 廠用水平衡圖 (方案實施前)	40
■ 圖 36 雨水貯留設計示意圖	41
■ 圖 37 案例 A 廠用水平衡圖 (方案實施後)	42
■ 圖 38 案例 B 廠製造流程圖	45
■ 圖 39 案例 B 廠用水平衡圖 (方案實施前)	46
■ 圖 40 案例 B 廠用水平衡圖 (方案實施後)	47

表 目 錄

	頁次
■ 表 1 汽車及其零件製造業類別及定義	1
■ 表 2 產業園區用水管理作業原則摘要	6
■ 表 3 再生水用於工業用途分級水質應用方向表	7
■ 表 4 再生水用於工業用途分級水質建議值表	7
■ 表 5 再生水用於工業用途水質基礎建議值	8
■ 表 6 各薄膜過濾特性比較分析表	14
■ 表 7 濃縮倍數與節省水耗量比較表	16
■ 表 8 台灣中部地區冷卻水塔蒸發回收分析表	20
■ 表 9 冷卻水塔蒸發回收之成本分析	20
■ 表 10 纖維過濾與傳統砂濾比較表	22
■ 表 11 陶瓷球處理系統經費分析	23
■ 表 12 冷卻排放水以倒極式電透析回收產水水質實例	25
■ 表 13 倒極式電透析回收回收冷卻排放水之經費分析	25
■ 表 14 開放式及密閉式冷凝水回收系統差異分析	29
■ 表 15 雨水處理設備與使用程度關係	34
■ 表 16 雨水截流系統設計值	34
■ 表 17 汽車及其零件製造業各用水標的建議之最適化與回收再利用技術彙整	37
■ 表 18 水回收方案實施前後用水量及費用比較表	43
■ 表 19 水回收方案實施前後水回收率變化	44
■ 表 20 水回收方案實施前後用水量及費用比較表	47
■ 表 21 水回收方案實施前後水回收率變化	48



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」(105年1月)，汽車及零件製造業為從事汽車及其專用零配件製造之行業，行業標準分類別如表 1 所示。另依經濟部統計處資料顯示，汽車及零件製造業產值約為新台幣 3,639.9 億元，以汽車製造業及汽車零件製造業為本業別主要生產價值，合計占汽車及其專用零配件製造業總產值約 98.71%，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）。

汽車工業屬於資本密集與技術密集的传统產業，因供應鏈涵蓋範圍廣泛，一輛汽車組裝完畢約需要 8,000 至 15,000 種零件所組成，各項零件所涉及的專業廣泛，涵蓋電子、鋼鐵、塑膠及石化等許多重要產業，整體所形成的經濟效益，在我國汽車產業中占有相當的份量（黃怡君，汽車零件製造業之產業發展，台灣趨勢研究院）。

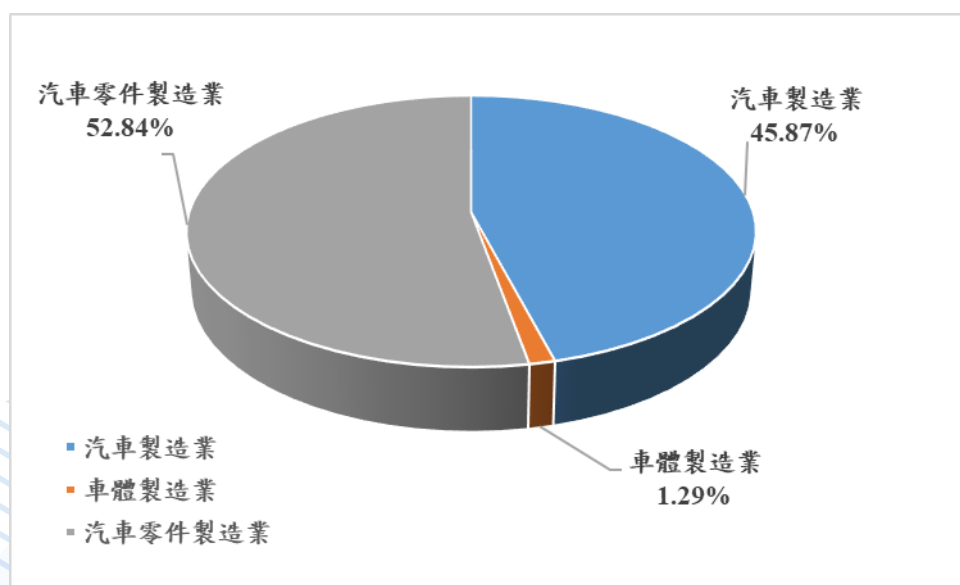
在汽車零件製造中，可分為二主軸，一為原廠委託製造（Original Equipment Manufacture，簡稱 OEM）：由採購方提供設備和技術，由製造方負責生產、提供人力和場地，採購方負責銷售的一種現代流行生產方式；另一為非正廠零件（After Market，簡稱 AM）：以售後維修服務為主要市場的零件體系。目前國內 OEM 的業者大多以國內市場為主，受國內汽車市場景氣的影響較大，且與汽車廠有密切的合作關係，然而有不少業者的開發與製程能力逐漸提升，並承襲原廠委託的設計水準，轉型為原廠委託設計製造（Original Design Manufacture，簡稱 ODM）具有設計兼製造的供應鏈體系；從事 AM 的業者則多以外銷導向為主，主要出口國家為美國，而業者的經營表現須仰賴國外訂單需求（汽車零組件產業）。

表 1 汽車及其零件製造業類別及定義

分類編號				行業名稱及定義
大類	中類	小類	細類	
C	30			汽車及其零件製造業 從事汽車及其專用零配件製造之行業。
		301	3010	汽車製造業 從事汽車製造之行業，如客車、客貨兩用車、卡車、貨車、曳引車、越野車及高爾夫球車等製造；汽車引擎及裝有引擎之車身底盤製造等亦歸入本類。 不包括： 農業專用曳引機，如碎土機、除草機及耕耘機等有輪機械製造歸入 2921 細類「農用及林用機械設備製造業」。 營建工程業專用曳引機，如鏟土機、挖土機及推土機等有輪機械製造歸入 2922 細類「探礦及營造用機械設備製造業」。 吊車、滑車、托板車等輸送及搬運設備製造歸入 2935 細類「輸送機械設備製造業」。

分類編號		行業名稱及定義	
			車體製造歸入 3020 細類「車體製造業」。 汽車專用零配件製造歸入 3030 細類「汽車零件製造業」。 汽車維修歸入 9511 細類「汽車維修業」。
	302	3020	車體製造業 從事汽車車體、拖車、半拖車、貨櫃等製造之行業。不包括： 汽車車體、拖車、半拖車之零配件製造歸入 3030 細類「汽車零件製造業」。 畜力車製造歸入 3190 細類「未分類其他運輸工具及其零件製造業」。
	303	3030	汽車零件製造業 從事汽車專用零配件製造之行業，如煞車器、齒輪箱、輪圈、懸吊避震器、散熱器、消音器、排氣管、離合器、方向盤、安全帶、安全氣囊、車門、保險桿、車用電力設備等製造；汽車座椅製造亦歸入本類。 不包括： 輪胎製造歸入 2101 細類「輪胎製造業」。 車輛用橡膠零配件（輪胎除外）製造歸入 2102 細類「工業用橡膠製品製造業」。 汽車塑膠配件製造歸入 2203 細類「塑膠外殼及配件製造業」。 汽車用玻璃製造歸入 2311 細類「平板玻璃及其製品製造業」。 汽車電子控制設備製造歸入 2751 細類「量測、導航及控制設備製造業」。 車用電池製造歸入 2820 細類「電池製造業」。 車用燈泡製造歸入 2841 細類「電燈泡及燈管製造業」。 內燃機之活塞及活塞環製造歸入 2931 細類「原動機製造業」。 汽車引擎用泵製造歸入 2933 細類「泵、壓縮機、活栓及活閥製造業」。 汽車冷氣系統製造歸入 2939 細類「其他通用機械設備製造業」。 汽車安全座椅（幼童專用）製造歸入 3219 細類「其他非金屬家具製造業」。

（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 汽車及其零件製造業生產價值百分比

二、製程特性

汽車工業的製造，是透過上千種不同元件組合而成，各項零組件的生產製造所涉及的專業領域廣泛，因此獨立性高，本節將針對汽車及其零件製造業概述相關製程特性。

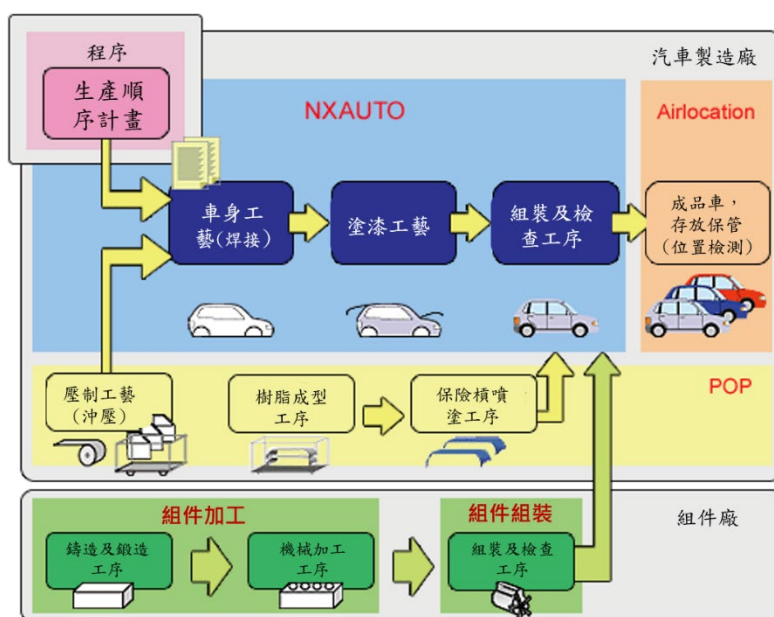
(一) 汽車製造業

汽車製造程序主要可分為三大類別，分別為車體焊接組配、表面塗漆及車件組裝後完成車輛成品進行相關安全性測試，相關製造流程如圖 2 所示。

於車體焊接組配作業中，首先由鋼捲入料，把整卷鋼板裁剪成大小不等的幾塊後，分類整理，以便有各自不同的用處；透過沖壓、拉延、沖孔、翻邊、整形等工作程序後，完成一批批的汽車鋼板就變成了形狀結構複雜的車身零部件；接下來進行各種車身衝壓部件焊接、完成車身，確認了焊接沒有問題之後，白車身即可送入塗裝車間進行下一道工序（機械前線，直觀學機械）。

根據車體不同部位進行分組焊接組裝後，為防止車身鏽蝕，使車身具有亮麗的外表，組裝完成的車身將被吊裝到噴漆車間，進行電泳防鏽處理（每日頭條，史上最全汽車生產流程詳解），處理程序可概分五階段：脫脂除鏽-水洗-表調-磷化-水洗，此階段為汽車製造業最主要用水單元。

當電泳作業處理完畢後，將透過人工進行表面清理、機械噴漆，完成車體外殼製造；最後將車身、底盤和內裝設備等各個部分組裝到一起，完成汽車製造程序。



(資料來源：日立集團，汽車製造工程的解決方案示意圖)

圖 2 汽車製造流程圖

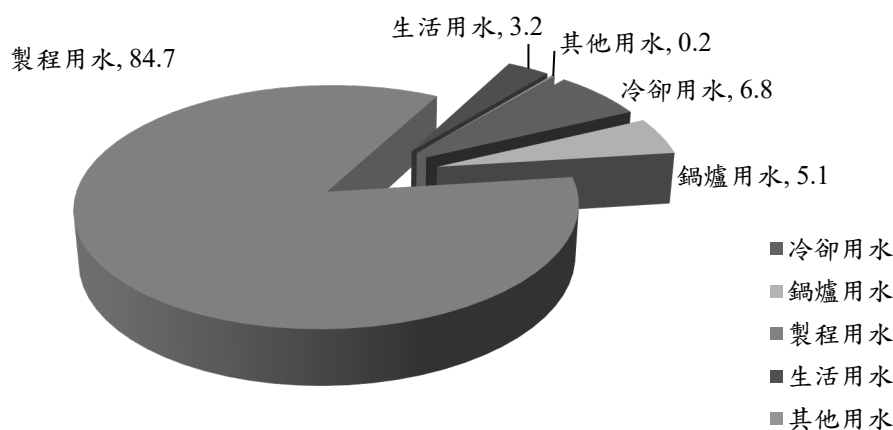
(二) 汽車零件製造業

所謂汽車專用零配件製造之行業，如煞車器、齒輪箱、輪圈、懸吊避震器、散熱器、消音器、排氣管、離合器、方向盤、安全帶、安全氣囊、車門、保險桿、車用電力設備等製造，由於零件類型品項多樣，各項零組件生產模式亦有所差異，因此本小節將以車門為例，進行相關製程特性敘述。

以車門生產為例，首先透過壓力機上的模具對材料施加壓力，使其產生分離或塑性變形，從而獲得所需零件的一種壓力加工方法，此生產模式為所謂的沖壓製造，在製造過程中，為確保沖壓產品完美的近似原型模具，因此將進行快速冷卻，從而實現更好的特性，在此過程中，將會注入冷卻水進行模具冷卻，但多數冷卻水應循環再做利用，因此製造過程所消耗之水量多為蒸發損失；經沖壓後之產物再透過焊接及電著塗裝，即可完成產品製造。

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，汽車及其零件製造業全國占地面積為 804.12 公頃，其年用水量可達 10.67 百萬立方公尺（經濟部水利署，工業用水量統計報告，2017）。汽車及其零件製造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。根據統計資料顯示，由於塗裝及零件沖壓於製造中，需大量用水，其中又以拋光水洗等為最大用水項目，因此製程用水比例可高達 84.7%，用水結構分析如圖 3 所示（經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2017）。



（資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2017）

圖 3 汽車及其零件製造業用水結構分析

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 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 所示，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

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，水質建議值如表 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

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

汽車及其零件製造作業中，主要包含汽車、煞車器、輪圈及保險桿等產物，於製造過程中，電泳防銹、拋光水洗等作業，為汽車及其零件製造作業中最大量用水來源，相關製程廢水特性及常見處理技術如圖 4 所示，各項用水最適化及水回收技術如圖 5 所示，以下將分別說明各方法及回收技術：

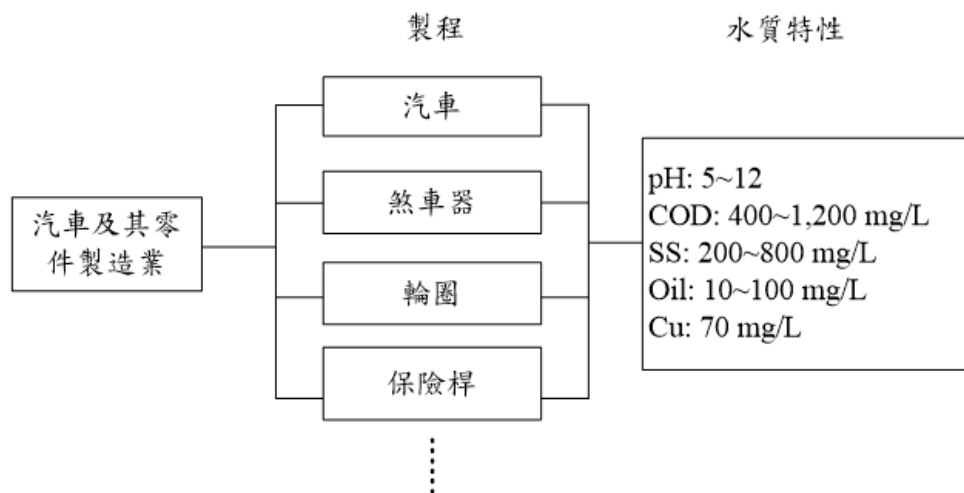


圖 4 汽車及其零件製造業製程廢水水質特性

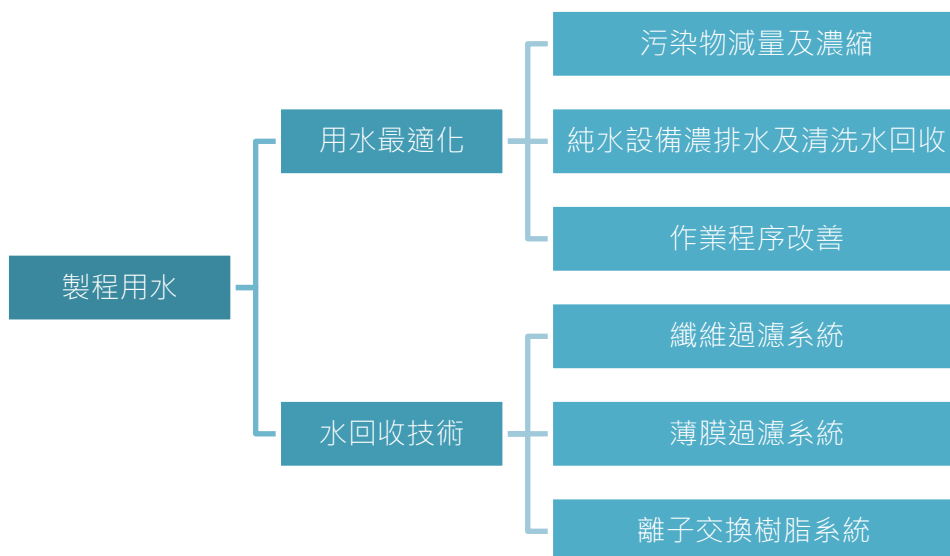


圖 5 製程用水最適化及水回收技術

(一) 用水最適化

1. 污染物減量及濃縮

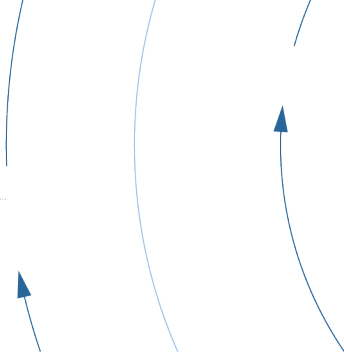
於本行業生產製造中，電鍍、脫脂及皮膜處理等流程，依生產性質，將使用各類酸鹼藥劑進行處理，於此過程中，將會產生各類廢污染物；若能有效於源頭進行加藥或改變設備操作等方式，將可減少污染源的產生及處理難度，提高回收再利用之可行性。

2. 純水設備濃排水及清洗水回收

因部分製程作業對於用水的品質有所限制，在進入製程單元前，將預先透過軟水或純水系統進行水質優化。純水系統處理過程所產生之濃排水，唯導電度較高，對於用水標準較寬鬆之標的（如：洗滌塔、冷卻水塔等），部分進水改以此水源，可降低原水用水量，減少水源浪費；在軟水系統設備中，當系統使用達飽和階段後，需進行相關再生程序如：逆洗、靜置、注鹽、沉澱、順洗等，將得以恢復正常造水，末端順洗程序由於該水質已趨近自來水標準，惟可能含少量雜質，因此可將此水源混入自來水池中再利用，達到資源循環的價值。

3. 作業程序改善

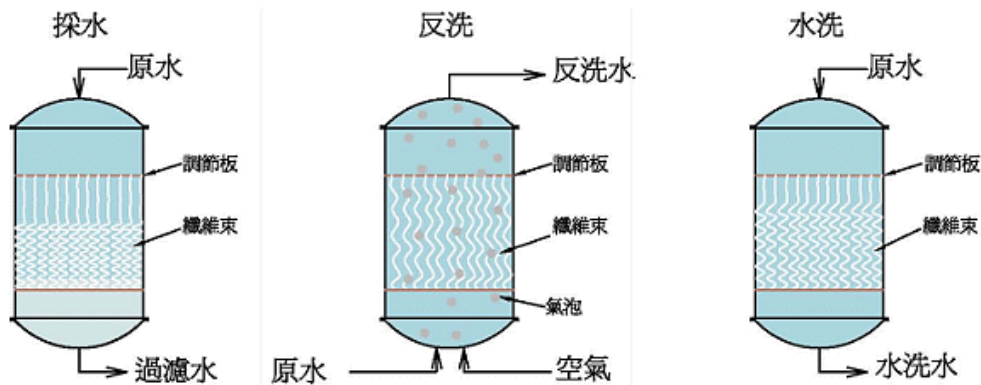
製程作業中，部分汽車零件製造（如：金屬輪框、零件電鍍）流程近似於金屬製造程序，在此製造程序作業中，於脫脂程序後的藥洗、水洗及電鍍等流程，若能將其程序加以簡化，如：調整清洗模式、縮短沖洗時間、設備裝設液位控制、電磁閥控制清水入水量等方案，將可達到減少用水量。



(二) 水回收技術

1. 纖維過濾系統

汽車零組件製造過程中，研磨除鏽作業後之水洗所產生的沖洗水，針對無加藥的沖洗水，水質相對加藥沖洗單純，水中多數物質為研磨所產生的懸浮物，透過纖維過濾設備 (Fiber Filtration，簡稱 FF) 可有效針對水中懸浮固體 (Suspended Solids，簡稱 SS)、有機物、鐵、錳等污染物，針對砂濾難以去除之鐵份及膠狀物，過濾效果佳，且具有運轉成本低、反洗水量少等特點，其原理及實體設備如圖 6 及圖 7 所示。



(資料來源：全澤股份有限公司)

■ 圖 6 纖維過濾系統原理示意圖



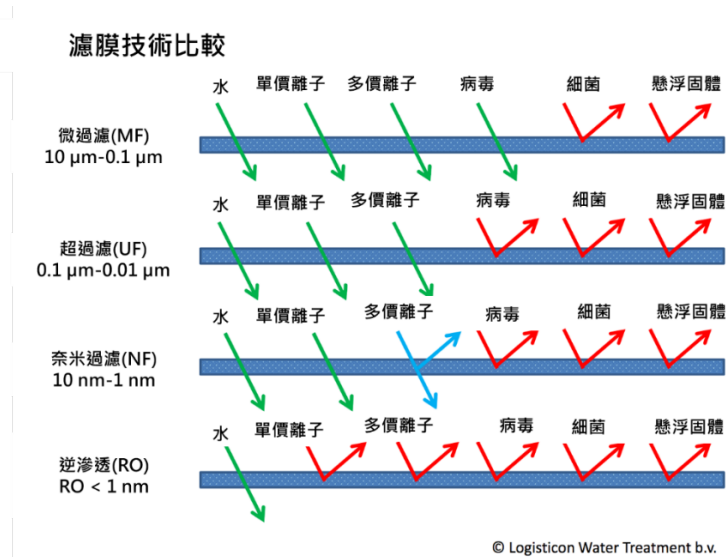
(資料來源：全澤股份有限公司)

■ 圖 7 纖維過濾系統設備圖



2. 薄膜過濾系統

薄膜過濾系統是施加一驅動力(壓力差、濃度差、電位差等等)，利用物質通過薄膜的差異性，以達到分離、濃縮或純化等目的之操作。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)；對於單/多價離子則需透過奈米過濾(Nanofiltration，簡稱NF)及RO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8所示，相關實體設備如圖9至圖12。各薄膜特性比較分析如表6所示。



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

■ 圖 8 各種濾膜去除物質比較



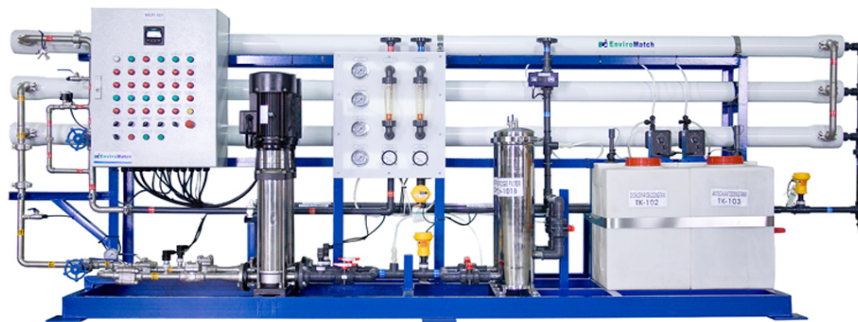
(資料來源：MGC Contractors, Inc.)

■ 圖 9 微過濾系統設備圖



(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 10 超過濾系統設備圖



NANOFILTRATION SYSTEMS

(資料來源：Enviromatch, Inc.)

■ 圖 11 奈米過濾系統設備圖



(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 12 逆滲透薄膜系統設備圖



汽車及其零件製造業

用水最適化及回收再利用技術

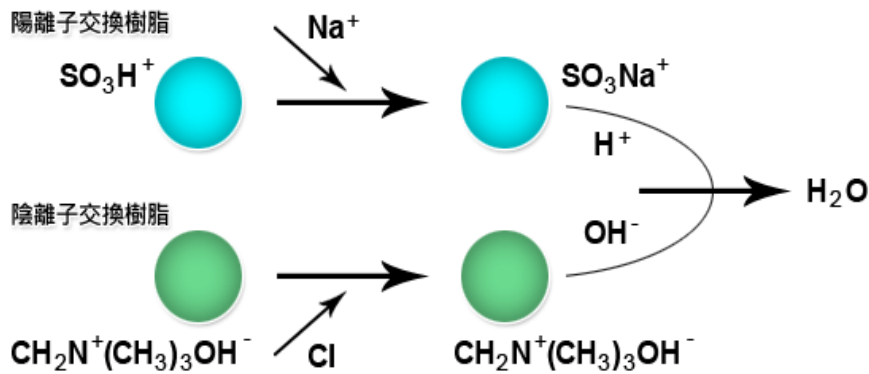
表 6 各薄膜過濾特性比較分析表

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、聚砵、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，達到有機物與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

相關零組件電鍍處理作業後，將會產生如：鉻系、氟系等廢水，該股廢水可透過與其他混合性清洗水於源頭做好分流管理，透過 RO 系統對於混合性清洗廢水進行過濾，由於含鉻廢水有很強的氧化能力，需先經過適當的預處理以保護 RO 膜，處理後的清洗水將可再度供應製程單元做使用。

3. 離子交換樹脂系統

零組件電鍍作業時，由於鍍件的表面需要透過清洗程序進行鍍面清洗，清洗作業所產生的溶液含有多樣性的無機藥劑，且於水中是以離子狀態呈現（侯萬善，離子交換，1981），因此透過離子交換樹脂的不溶性去除水中正負離子，同時將等當量相同電荷的離子釋入水中進行可逆式相互交換反應，其原理如圖 13 所示。



（資料來源：雷鈞科技股份有限公司）

圖 13 離子交換樹脂系統原理示意圖

對於含有重金屬的鉻離子廢水，首先以 pH 調整槽後，SS 及化學需氧量（Chemical Oxygen Demand，簡稱 COD）藉由砂濾及活性炭所去除，最後以離子交換樹脂系統有效去除重金屬六價鉻，經處理過後之廢水，將可再用於製程單元使用。

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，有關冷卻用水內部循環水質標準可參照第二章表 4 及表 5，圖 14 為冷卻用水最適化及水回收常見之相關技術。

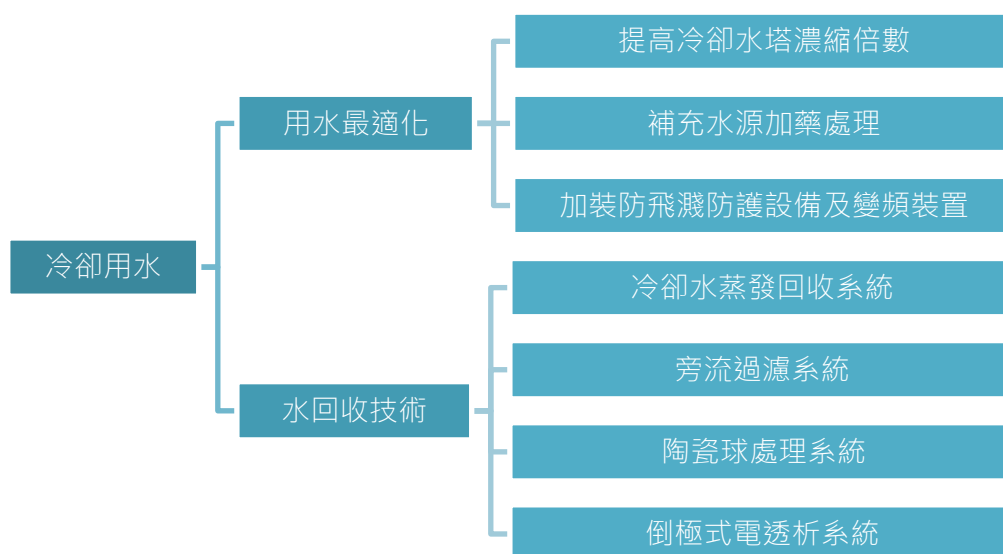


圖 14 冷卻用水最適化及水回收技術

(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：

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

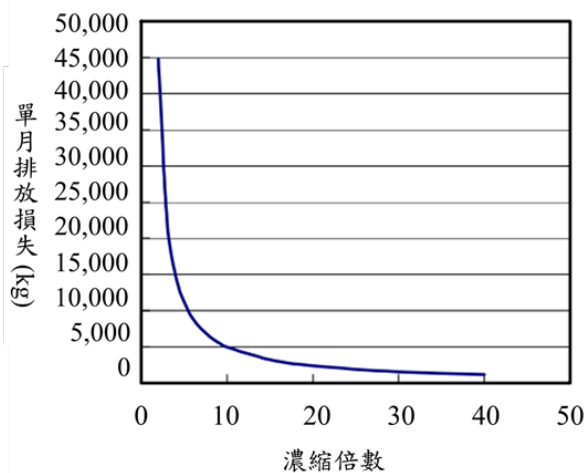


以節約用水觀點而言，提高濃縮倍數，可達到減少排水量、降低加藥量及能源損耗。濃縮倍數節省冷卻用水量之情形如表 7 所示，但過高濃縮倍數將可能造成水質問題，依操作經驗濃縮倍數以 5~6 倍時效益最佳。以 100 噸冷卻水塔與濃縮倍數與排放量的關係為例，其濃縮倍數與排放損失關係如圖 15 所示，當濃縮倍數高於 20，對於節水百分比效益已逐漸趨緩，持續濃縮除了增加藥品之費用開銷外，亦會導致設備產生副作用及環境污染。

表 7 濃縮倍數與節省水耗量比較表

		提高排放濃度上限後之濃縮倍數										
		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10
原濃縮倍數	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 15 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 16 所示。

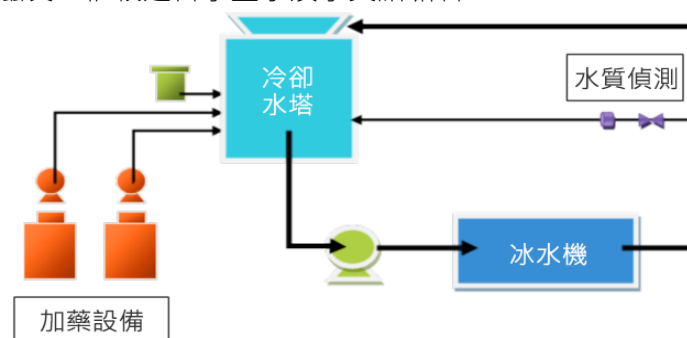
運用替代水源做為冷卻補充用水，其水質之穩定度，可透過藍氏飽和指數 (Langelier Saturation Index, 簡稱 LSI) 做為判定，其計算模式為透過碳酸鈣在水中飽和程度作為積垢的參考指數，計算的公式為： $LSI = pH - pH_s$ ，計算過程所需參數包括：酸鹼值 (pH)、Ca 硬度、M 鹼度 (M_{alk}) 及總溶解固體 (Total Dissolved Solids, 簡稱 TDS) 的數據值。首先經由理論公式： $pH_s = pCa (-\log[Ca^{2+}]) + pM_{alk} (-\log[M_{alk}]) + C_{scale} (f(T, TDS))$ 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 (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。



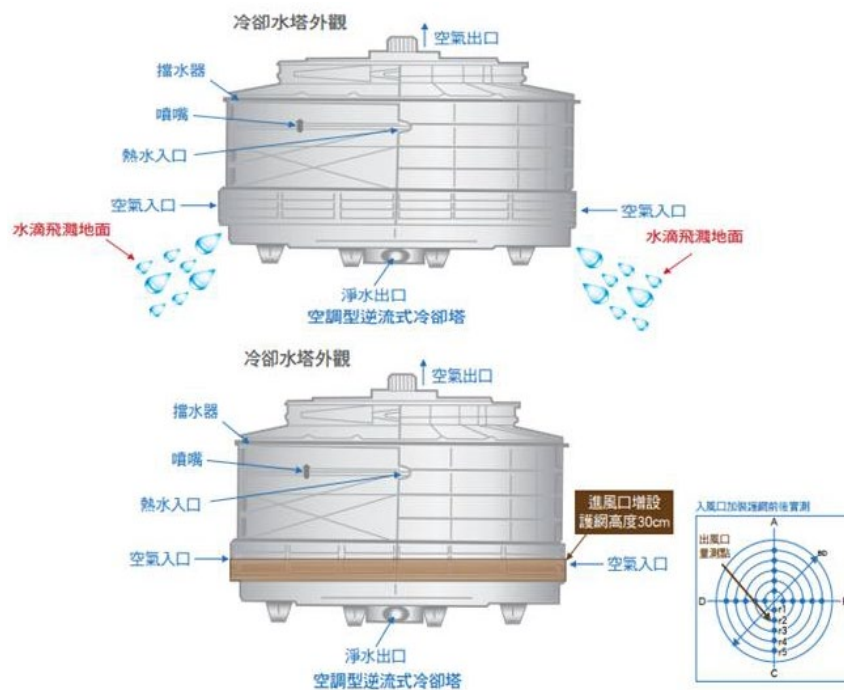
(資料來源：佺友股份有限公司)

圖 16 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 17 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)

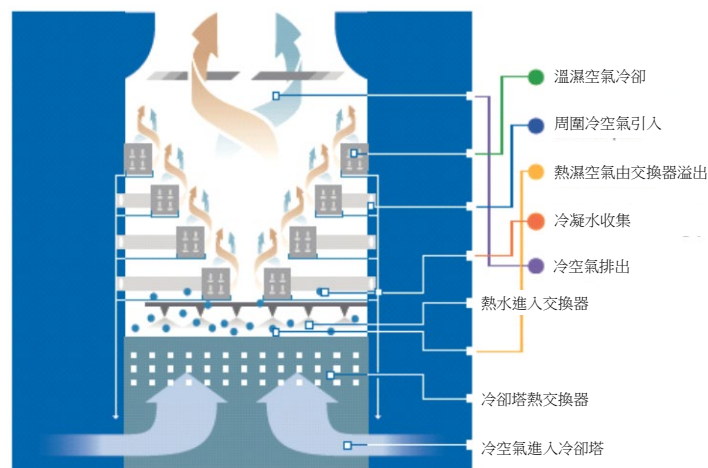
圖 17 冷卻水塔防飛濺防護設備圖

(二) 水回收技術

1. 冷卻水蒸發回收

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 18 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 19 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 8 所示，其每年 11~4 月缺水期間運作之單位回收成本如表 9 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 18 冷卻水塔蒸發回收系統圖





(資料來源：SPX Cooling Technologies, Inc)

■ 圖 19 消霧節水冷卻水塔設備圖

■ 表 8 台灣中部地區冷卻水塔蒸發回收分析表

月份	濕球溫度 (°C)	乾球溫度 (°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 37.5~32°C，冷卻循環水量 1,576 m³/h

(資料來源：經濟部工業局，工業污染防治，第 141 期，2017)

■ 表 9 冷卻水塔蒸發回收之成本分析

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

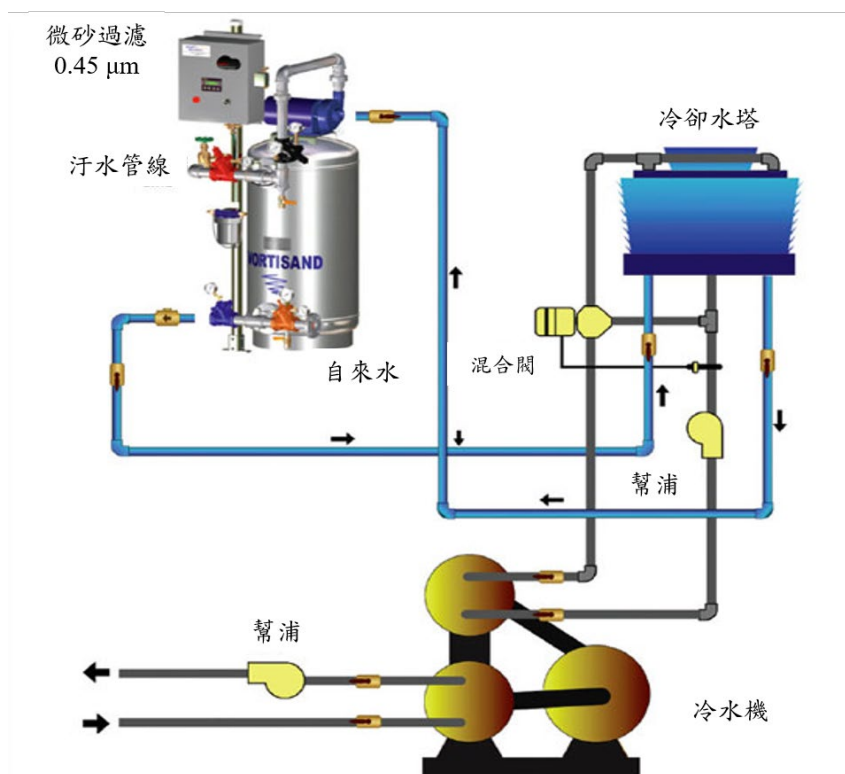
註：計算基準：建造成本折舊年限 25 年，電費 2.5 元/度

(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，旁流過濾系統如圖 20 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 10 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）。在有旁流過濾處理設備下，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 Bhd.)

■ 圖 20 旁流過濾系統處理原理示意圖



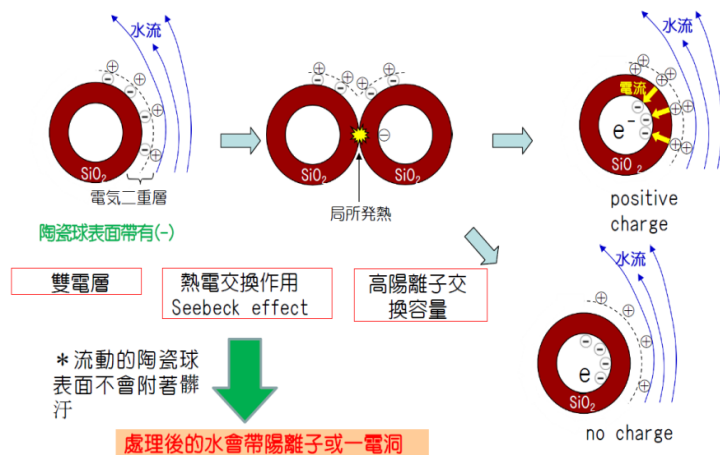
表 10 纖維過濾與傳統砂濾比較表

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，Ca²⁺、Mg²⁺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 21 及圖 22 所示，設備成本如表 11 所列。



(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 21 陶瓷球處理系統理論圖



(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 22 陶瓷球處理系統設備圖

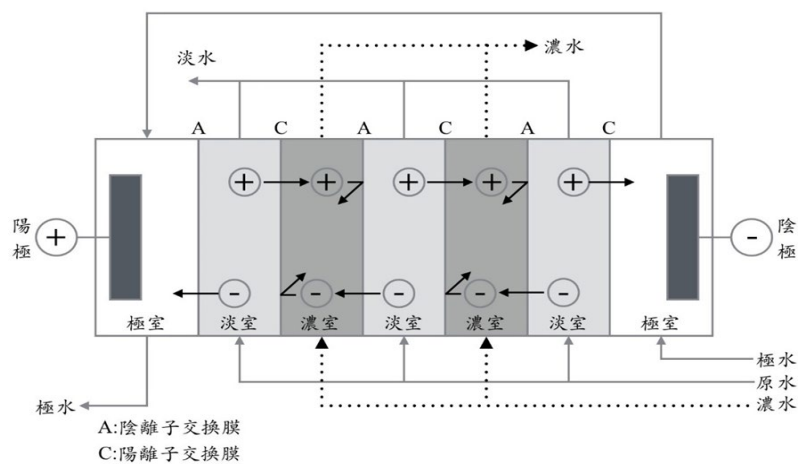
表 11 陶瓷球處理系統經費分析

冷凍噸	EC-CT-型號	適合處理範圍 (L/min)	費用
100RT	EC-CT-1	10~66	295,000
200RT	EC-CT-2	101~142	426,000
300RT	EC-CT-3	184~245	560,000
400RT	EC-CT-4	246~380	845,000
500RT	EC-CT-5	381~541	1,540,000

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

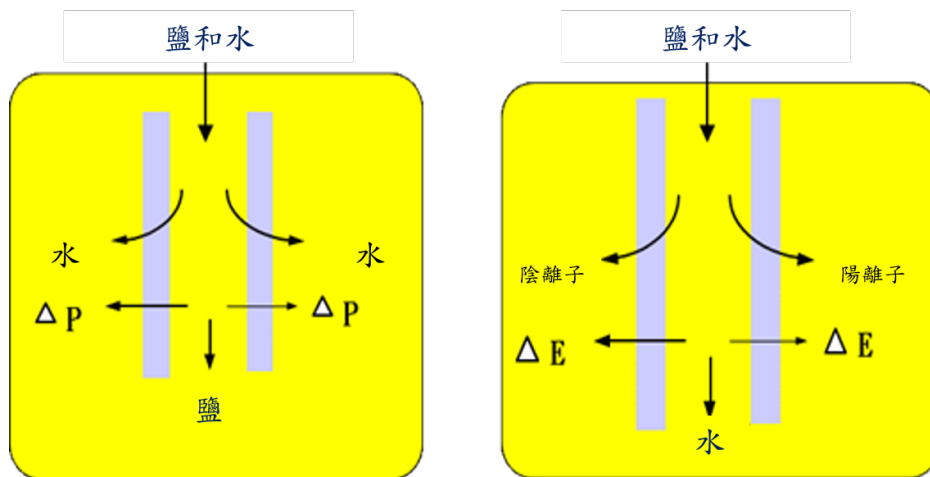
4. 倒極式電透析系統

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 模組如圖 23 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 $8,000 \mu\text{S}/\text{cm}$, 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 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 24 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 23 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 24 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 (Blow Down) 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 12 冷卻排放水以倒極式電透析回收產水水質實例

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

(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 倒極式電透析回收回收冷卻排放水之經費分析

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 25 所示，說明如下。

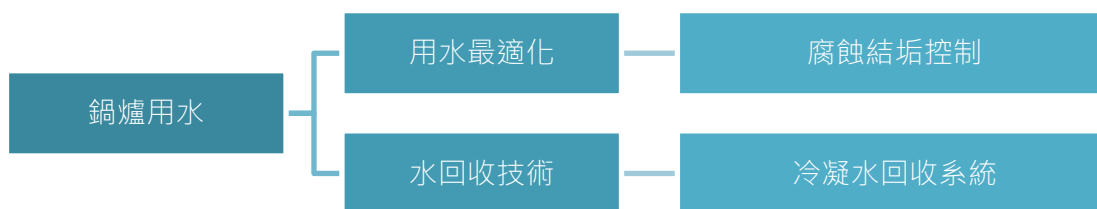


圖 25 鍋爐用水最適化及水回收技術

(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

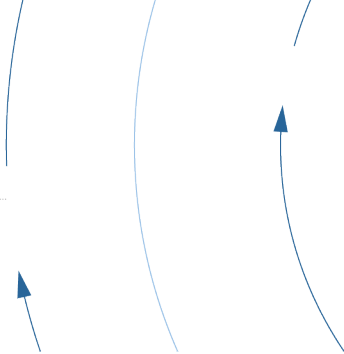
對於鍋爐進水水質進行除氧，相關常見技術如化學除氧及熱力除氧。在化學除氧中，利用化學反應來除去水中溶解氧氣量，常用的有鋼屑除氧法、亞硫酸鈉除氧等方法；熱力除氧技術中，一般有大氣式熱力除氧和噴射式熱力除氧，原理是將鍋爐給水加熱至沸點，使氧溶解度減小，水中氧不斷逸出，再將水面上產生的氧氣連同水蒸汽一道排除，是目前應用最多的一種除氧方法且普遍採用的成熟技術。

(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。

(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。

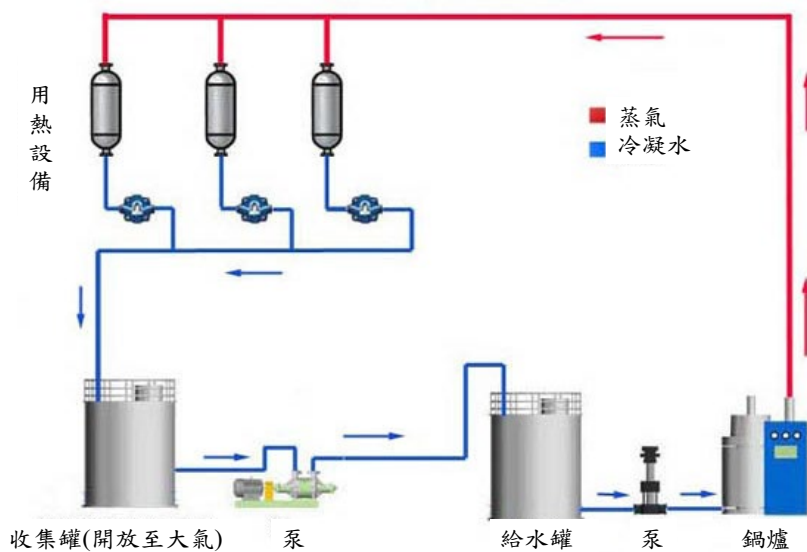


(二) 水回收技術

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 26 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。

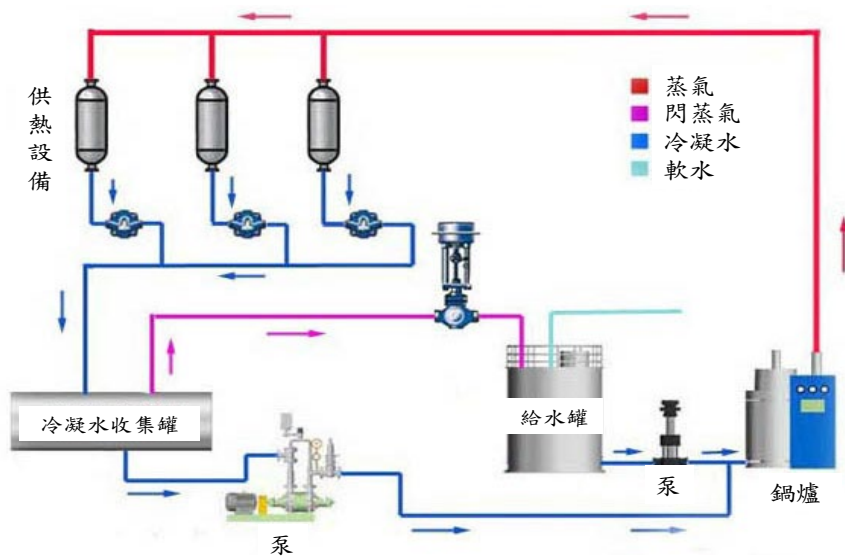


(資料來源：唐山聯鼎蒸汽節能技術開發有限公司)

■ 圖 26 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 27 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°C。

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 27 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差異分析

	開放式回收	密閉式回收
冷凝水回收溫度	最高 100°C	最高 180°C
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倒極式電透析系統及薄膜處理系統等如圖 28 所示，分別說明如下：

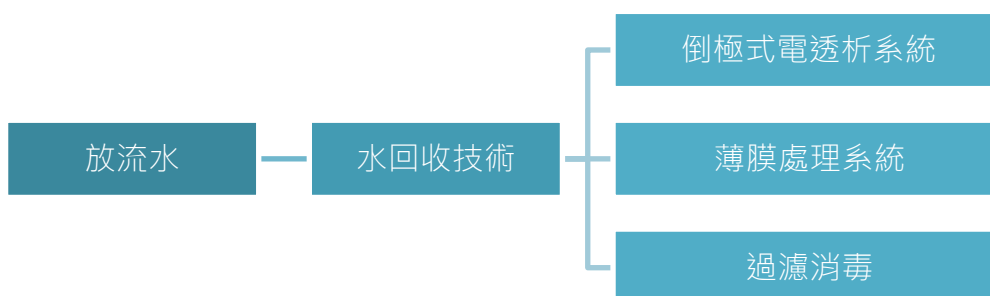


圖 28 放流水回收技術

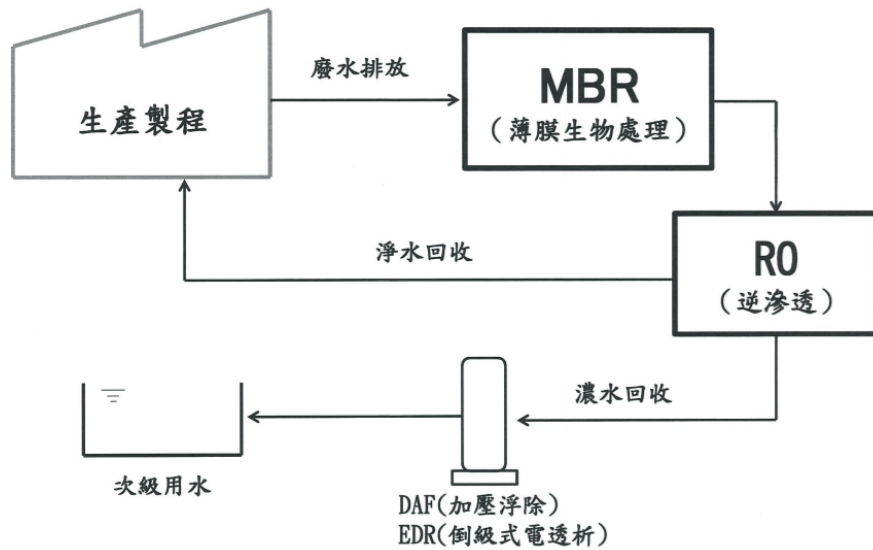
(一) 水回收技術

1. 倒極式電透析系統

倒極式電透析 (**Electrodialysis reversal**，簡稱 **EDR**) 工作方法是透過外加直流電場的作用下，陰陽離子交換膜可有效的淡化水或移除廢水中的離子，降低水中的導電度及總溶解固體，且藉由定時切換電透析模組的正負極和內部導流，能自動清洗離子交換膜表面上的結垢，以增加電透析系統的操作穩定性及壽命 (創新水科技研發服務)，當放流水中僅導電度偏高時，**EDR** 可有效透過透析技術降低水體導電度，經處理後之放流水將可再回用於既有的軟水系統與純水系統，以作為製程補注水源，詳細運作原理可參照前小節

2. 薄膜處理系統

當放流廢水水質優良僅存在少量 **COD** 及 **SS** 之情況下，增設薄膜系統 (如 **FF+UF+RO**) 於廢水前處理設備放流槽前，可有效回收管末放流水，回收之放流水可做為次級用水單元補水及製程作業清洗等使用，其廢水回收示意圖如圖 29 所示。



■ 圖 29 薄膜處理系統廢水回收示意圖

3. 過濾消毒

當管末廢水經廠內廢水處理措施後，水中 COD、SS 等濃度獲得良好去除效率時，可透過過濾消毒降低水中濁度及大腸桿菌數等，部分回收做為次級用水單元及不與人體接觸（如：澆灌、沖廁等）之標的做使用。



五、其他水回收技術

其他水回收技術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測系統等如圖 30 所示，亦可以達到水回收再利用，並減少原水取水量之效益，說明如下：

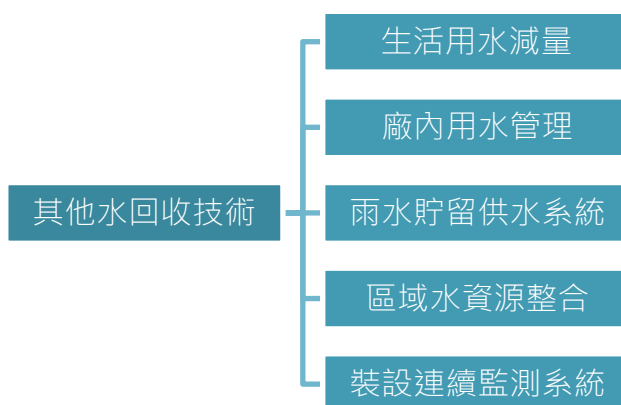


圖 30 其他水回收技術

(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、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，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 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）。

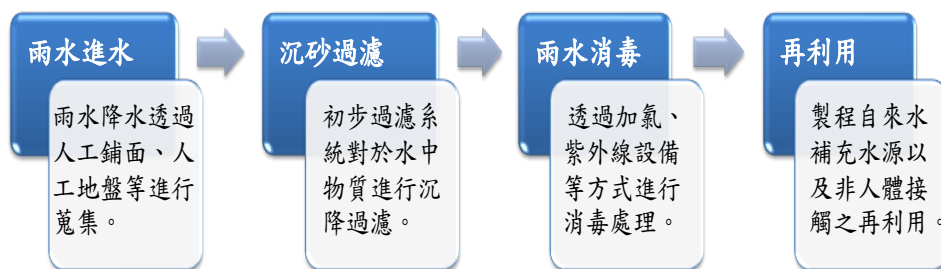


圖 31 雨水回收流程圖

設計準則參考收集雨水處理設備與使用程度關係如表 15 所示，雨水截流系統設計值計算如表 16 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 15 雨水處理設備與使用程度關係

集水場所	利用途徑	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							
廣場、道路、人工鋪面、停車場			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		

(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 16 雨水截流系統設計值

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

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 32 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。

由於本製造業用水目的多數為製程清洗，若鄰近廠區有食品、洗衣等業別，可將該廠區所排放之管末放流水，透過相關處理技術（如：化學混凝、浮除過濾等）後，放流水可供給本業別作為部分原水源的替代用水，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。

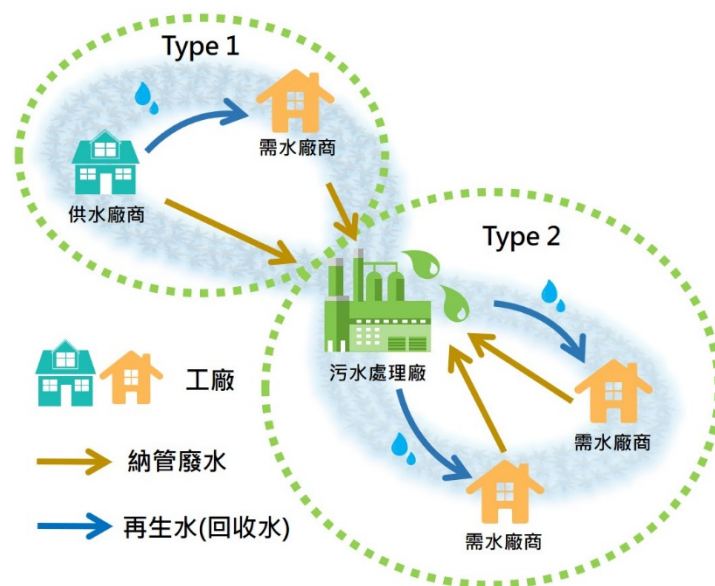


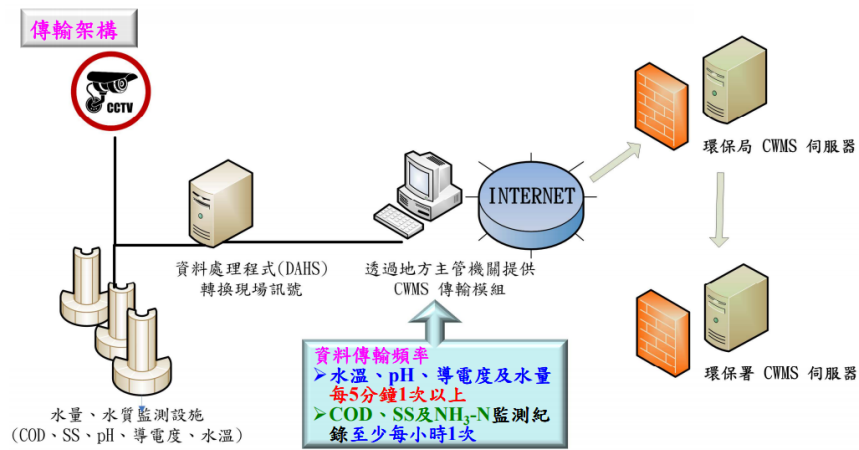
圖 32 區域水資源整合型態示意圖



(五) 裝設連續監控系統

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」裝設廢汙水自動監測設施。監測傳輸設置裝置如

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 33 監測連線傳輸設置圖

六、小結

茲將汽車及其零件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 17。

表 17 汽車及其零件製造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	污染物減量濃縮	√			
	純水設備濃排水及清洗水回收	√			
	作業程序改善	√			
	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	纖維過濾系統	√			
	薄膜過濾系統	√			√
	離子交換樹脂系統	√			
	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			√	
過濾消毒				√	





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，位於雲林科技工業區，是台灣最大閉合模鍛造廠，主要產品為鍛造鋁合金輪圈、汽車底盤及航太零件等，為全球前三大汽車鍛造輪圈供應商之一。相關產品供應勞斯萊斯 (Rolls-Royce)、寶馬 (BMW)、賓士 (BENZ)、法拉利 (FERRARI)、保持捷 (PORSCHE)、通用 (GM)、福特 (FORD)、克萊斯勒 (CHRYSLER)、豐田 (TOYOTA)、捷豹 (JAGUAR) 等世界級車廠。

(二) 製程流程

A 公司主要產品為汽車底盤、零件與鍛造鋁合金輪圈，在兩層樓高的大型鍛造機，以高達 8,000 噸的力量，將放在底下的鋁錠加壓成形，其製造程序包含鍛輪、機制、拋光及塗裝等，其金屬鍛造加工製造流程如圖 34 所示。

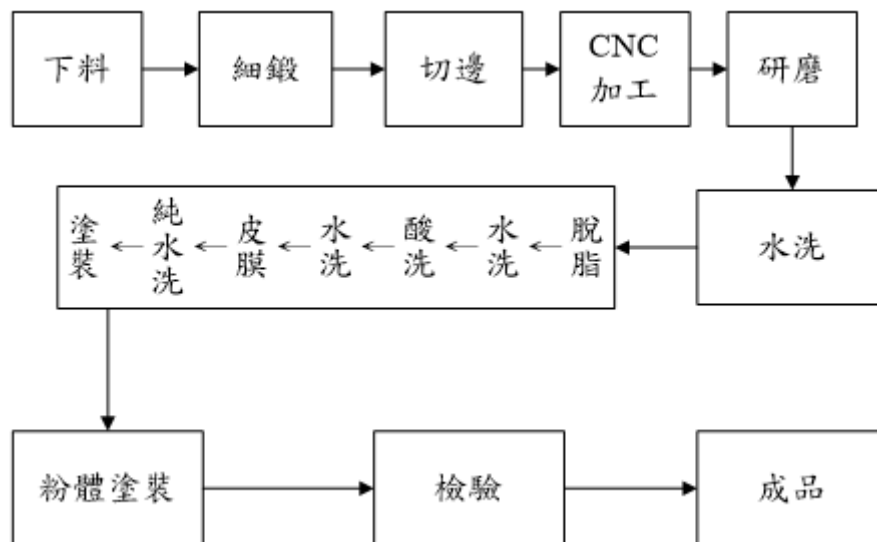


圖 34 案例 A 廠生產製造流程圖

(三) 廠內用水管理情形

A 公司目前每日用水量約 1,121 CMD，經廢水處理廠自行處理後，排放至工業區污水廠流量約 823 CMD，其中大宗用水以製程用水與冷卻用水為主，廠內各用水單元用水平衡圖如圖 35 所示。

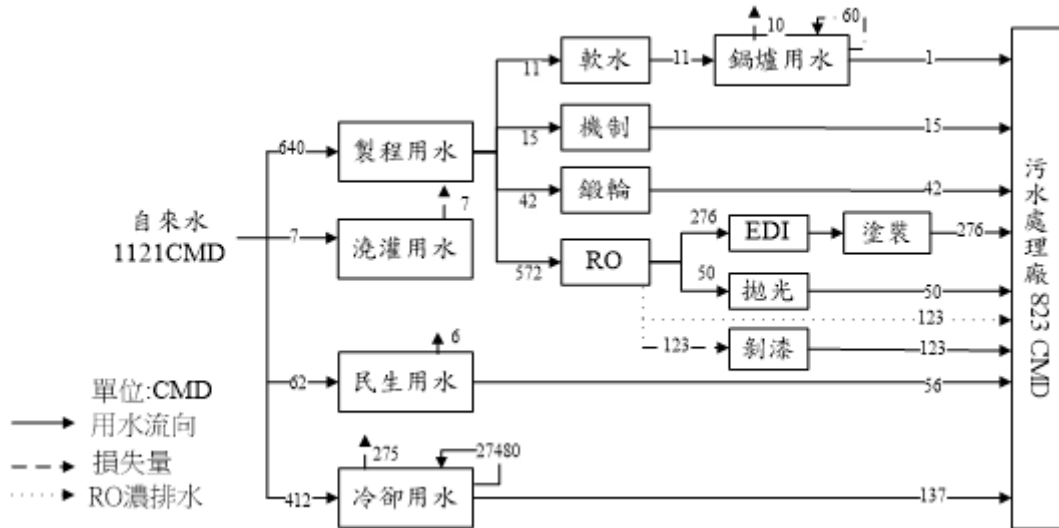


圖 35 案例 A 廠用水平衡圖（方案實施前）

(四) 用水效率提升方案

依據圖 35 案例 A 廠用水平衡圖，經參考節水診斷之結果，針對廠內現行狀況規劃以下方案：

方案一、水洗水回收利用措施

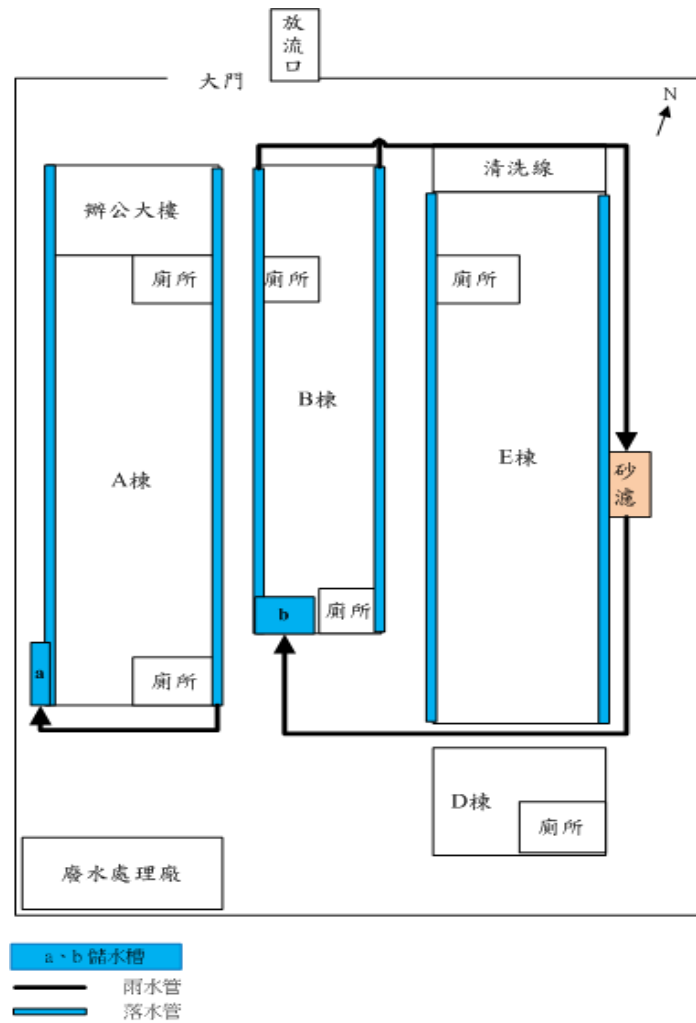
輔導團隊檢測 A 廠房之混合排放廢水，其水質 pH 值：5.12、導電度：80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、SS：9 mg/L。此股廢水導電度、SS 皆低，建議以袋濾+UF 處理，去除混合廢水之顆粒及雜質，再與自來水混合進入純水系統產水。經估算塗裝製程與水洗水部分之廢水量約為 720 CMD，而 RO 濃縮水則導入剝漆線用水槽使用，預計皮膜水洗水與酸洗清洗水共回收水量約 720 CMD。

方案二、雨水貯留利用措施

經輔導團隊與廠商討論雨水貯留利用可行性，初步建議該廠雨水貯留設施分為 2 區域進行，區域 A 為利用 A 棟廠房收集雨水，A 棟廠房面積約 8,615 m^2 。區域 B、E 為利用 B、E 兩棟廠房集雨水，B、E 棟廠房面積分別為 4,685、13,576.24 m^2 。

經參考營建署公告之「建築物雨水貯留利用設計技術規範修正規定」可知雲林科技工業區位於低雨量區，其代表點(測站)為嘉義，該區平均日雨量為 5.61 mm、日降雨概率為 0.296、雨水收集效率以 0.9 計，可估算 A、B 及 E 廠房分別集雨量為 12.9、7.0、20.3 CMD，合計約 40 CMD。

據廠商表示，A 廠房收集之雨水可儲於 A 廠房西南方，純水系統濃縮水 (Reverse osmosis reject，簡稱 ROR) 儲槽旁，混合 ROR 可供澆灌及沖廁使用或補充冷卻水塔用水。B 廠房收集之雨水與 E 廠房收集之雨水經管線輸送至東側砂濾系統 (新設) 處理後，經管線輸送至 B 廠房南側之地下筏基，再經抽水泵供各區冷卻水塔使用。



(資料來源：經濟部工業局，節水推動成果發表會，2014)

圖 36 雨水貯留設計示意圖



汽車及其零件製造業

方案三、RO 濃排水回收

將 RO 之濃排水回收至剝漆用水與冷卻水塔使用，預計回收量約 72 CMD。

根據所規劃之各項方案，合計可回收水量共約 832 CMD，原自來水取水量可降至約 568 CMD，輔導改善後排放水量降至約 521 CMD，如圖 37 所示。

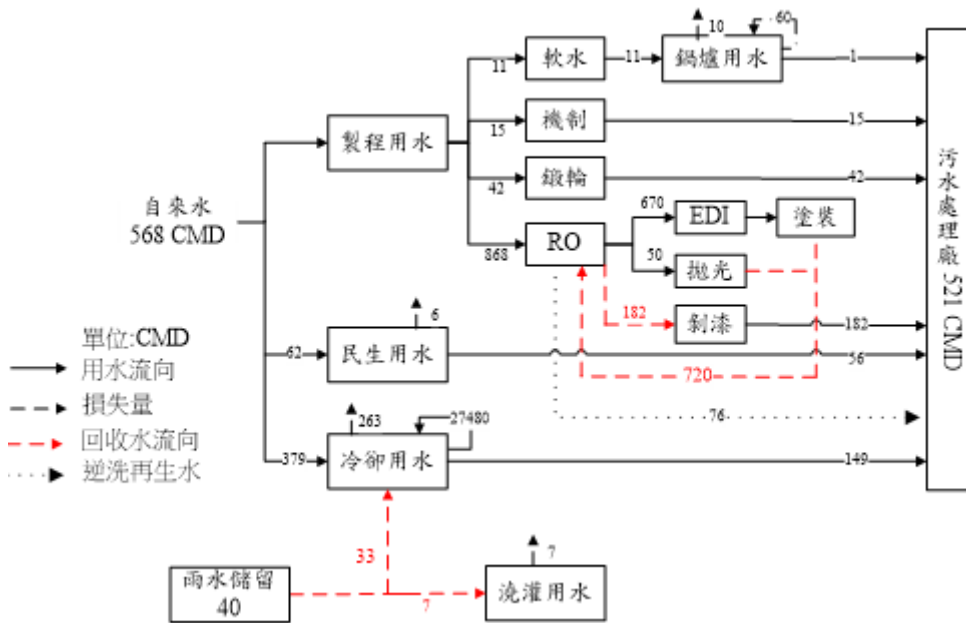


圖 37 案例 A 廠用水平衡圖（方案實施後）

(五) 成本效益分析

1. 方案產水成本分析

輔導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，以符合經濟效益之狀況進行規劃。藉由回收水洗清洗廢水、雨水貯留措施與回收 RO 濃排水，預計可減少約 **832 CMD** 之自來水取水量。

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**，產能增加後原取水量須為 **1,400 CMD**，經由節水措施改善，取水量降低為約 **568 CMD**；原排放量為 **823 CMD**，經由執行各項水回收方案，放流量降為約 **521 CMD**，而目前納管水質 **COD 約 130 mg/L**、**SS 約 20 mg/L**，估算水量費為 **17 元/噸**、**COD 為 79.13 元/Kg**、**SS 為 76.28 元/Kg**，目前每月可節省自來水費 **270,400 元**及納管水量費 **498,617 元**的開銷，其經濟效益約為 **9,228,211 元/年**，如表 18 所示。

表 18 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)	
自來 水量費	$1,400 \times 26$ =36,400	$36,400 \times 12.5$ =455,000	568×26 =14,768	$14,768 \times 12.5$ =184,600	270,400
納管 水量費	$1,400 \times 26 \times 0.8$ =29,120	$29,120 \times 17$ =495,040	$568 \times 26 \times 0.8$ =11,814	$11,814 \times 17$ =200,845	294,195
納管 COD 費	$1,400 \times 26 \times 0.8$ =29,120	$29,120 \times 0.13 \times 79.13$ =299,555	$568 \times 26 \times 0.8$ =11,814	$11,814 \times 0.13 \times 79.13$ =121,534	178,021
納管 SS 費	$1,400 \times 26 \times 0.8$ =29,120	$29,120 \times 0.02 \times 76.28$ =44,425	$568 \times 26 \times 0.8$ =11,814	$11,814 \times 0.02 \times 76.28$ =18,024	26,401
合計	-	1,294,020	-	525,002	769,018

註：1. 每月工作天以 26 天計。

2. 放流水納管收費水量為 17 元/噸、COD 為 79.13 元/公斤、SS 為 76.28 元/公斤。

3. 水回收效益分析

由前述結果，廠內實施節水方案若為 RO 系統產水約 1,263 CMD，須花費 164,736 元/月（僅建設費與耗材費），而節水方案若為離子系統產水約 792 CMD，須花費 317,756 元/月（僅建設費與耗材費）；預估產能擴增時，原自來水用水量約 1,400 CMD，經由節水措施方案實施後，自來水用水量降至約 568 CMD，而廢水納管量經節水方案執行後，可由原排放 823 CMD 降至 521 CMD，其每月水費及納管費用，預計省下約 769,018 元/月。惟方案中僅估算水回收設備費，關於配置地點及管線設置須請廠商再另行評估。

全廠經節水改善方案後，其全廠水回收率 R2 由 8% 提高至 59.43%，水回收計算結果如表 19 所示。

表 19 水回收方案實施前後水回收率變化

項目	全廠水回收率 (R1)	全廠水回收率 (R2)
實施前	$95.17\% = \left(\frac{123+27,480}{1,400+123+27,480} \right) \times 100\%$	$8\% = \left(\frac{123+0}{1,400+123+0} \right) \times 100\%$
實施後	$98.03\% = \left(\frac{832+27,480}{568+832+27,480} \right) \times 100\%$	$59.43\% = \left(\frac{832+0}{568+832+0} \right) \times 100\%$
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）= $\frac{\text{總回收水量}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}} \times 100\%$		

二、案例 B 廠簡介

(一) 案例廠簡介

B 公司創立於 1975 年，為汽車零件之專業製造廠商，務實的 40 餘年的汽車零件 OEM、ODM 生產。B 公司用水以製程用水為主占全廠 87% 以上，廠內廢水處理設施以化學混凝為主，經處理後之廢水符合土城工業區納管水質標準直接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

廠內主要產品為汽車飾件電鍍，其程序為原料、脫脂及電鍍理等步驟，生產流程圖如圖 38 所示。

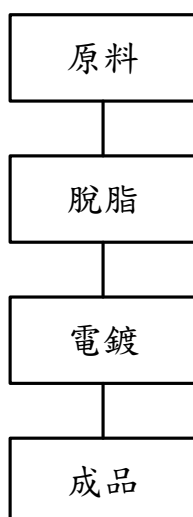
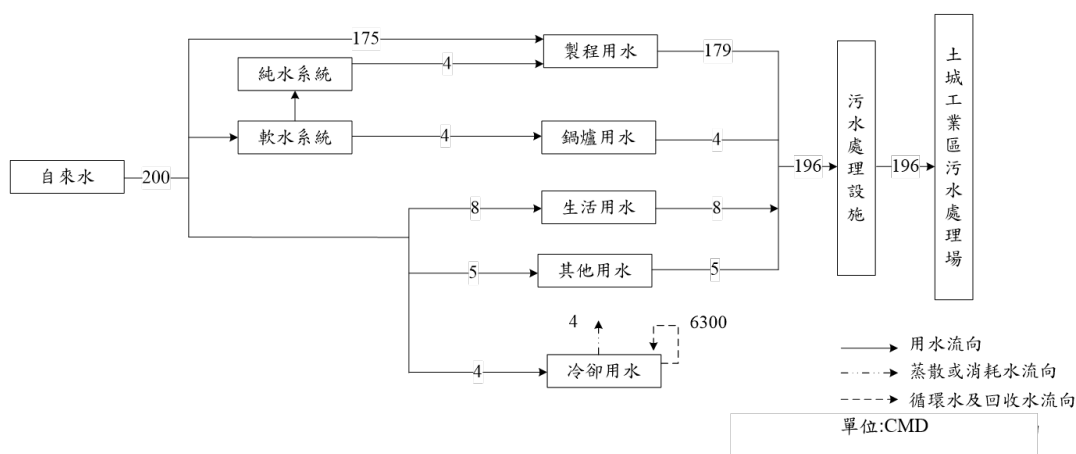


圖 38 案例 B 廠製造流程圖



(三) 廠內用水管理情形

廠內總用水量約 **200 CMD**，取得水源為自來水，主要用於純水、軟水、製程用水、冷卻用水及民生用水為主，其用水量約占全廠取水量之 **87%**以上，廢水排放量約為 **196 CMD**，廠內各用水單元用水平衡圖如圖 39 所示。



■ 圖 39 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 39 全廠用水平衡圖，經參考節水診斷之結果，針對廠內現行狀況規劃以下方案：

方案一、線上離子交換樹脂回收

廠內主要用水單元為製程，且電鍍時需耗用大量清水洗淨，因此建議可在此段裝設線上回收系統，將廢水循環利用。將水導回線上再利用，預計可節水 **70 CMD**。

根據本輔導所規劃之各項方案，可將該廠取水量由原來之 **200 CMD** 降至 **130 CMD**，且排放水量由 **196 CMD** 降至 **126 CMD**，如圖 40 所示

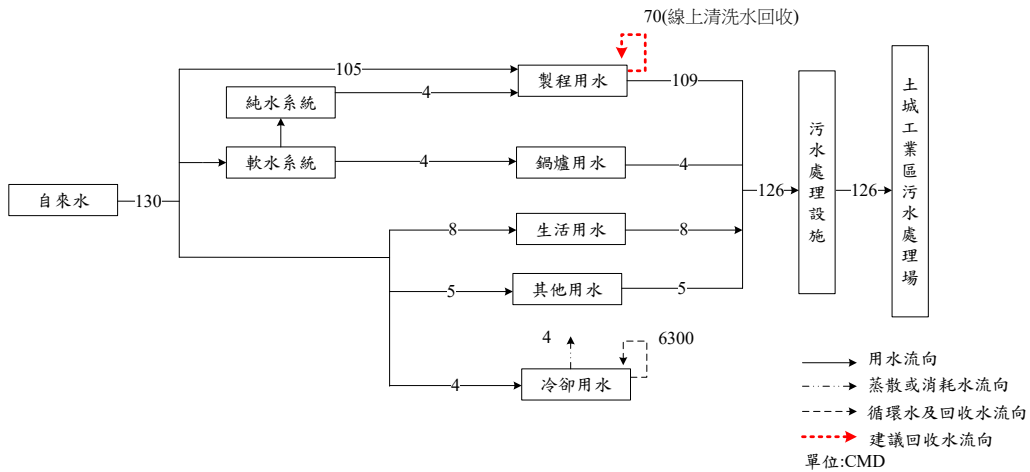


圖 40 案例 B 廠用水平衡圖（方案實施後）

(五) 成本效益分析

1. 產水成本分析

所建議之輔導水回收方案，以廠商現有之設備與條件進行規劃與改善，以符合經濟效益，本團隊建議之節水措施方案，需由廠商自行評估增設裝置之費用，故無方案產水成本分析。

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，另，依 B 廠提供資料並經計算後，納管水量價格為 15 元/噸，原取水量為 200 CMD，排放水量為 196 CMD，經節水輔導後，自來水取水量降為 130 CMD，排放水量降為 126 CMD，回收前後費用變化如表 20 所示。

表 20 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/年)
	水量 (噸/年)	費用 (元/年)	水量 (噸/年)	費用 (元/年)	
自來水量費	50,000	50,000	32,500	406,250	218,750
污水處理費	49,000	392,000	31,500	252,000	140,000
納管費	49,000	735,000	31,500	472,500	262,500
合計	148,000	1,752,000	95,500	1,130,750	621,250

註：1.每年工作天數為 250 天。

2.水費計算：工業用水水價 12.5 元/噸、污水處理費 8 元/噸、納管水費以 15 元/噸。

3. 水回收效益分析

該廠原用水量約為 200 CMD，排放量約為 196 CMD，冷卻循環約為 6,300 CMD，預計經由實施本輔導團隊的回收方案，約可節水 70 CMD，可將用水量降低為 130 CMD，改善後全廠回收率 R2 由 0% 提高至 35.00%，水回收計算結果如表 21 所示。

表 21 水回收方案實施前後水回收率變化

項目	全廠水回收率 (R1)	全廠水回收率 (R2)
實施前	$96.92\% = \left(\frac{0+6,300}{200+0+6,300} \right) \times 100\%$	$0\% = \left(\frac{0+0}{200+0+0} \right) \times 100\%$
實施後	$98.00\% = \left(\frac{70+6,300}{130+70+6,300} \right) \times 100\%$	$35.00\% = \left(\frac{70+0}{130+70+0} \right) \times 100\%$
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）= $\frac{\text{總回收水量}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}} \times 100\%$		

第五章 參考文獻

1. Enviromatch, Inc. · <http://www.mgccontractors.com/microfiltration/>
2. MGC Contractors, Inc. · <http://www.mgccontractors.com/microfiltration/>
3. Oasis Engineering & Supplies Sdn Bhd. · http://www.oasis-eng.com.my/products_ct4.asp
4. Research Paper of California Institute of Technology · Kim, C.S. · Increasing Cooling Tower Water Efficiency 2009
5. SPX Cooling Technologies, Inc · <http://spxcooling.com/products/nc-everest>
6. 日立集團，汽車製造工程的解決方案示意圖，http://www.hitachi.com/businesses/infrastructure/cn/product_site/car/
7. 全澤股份有限公司，<http://www.molykem.com.tw/fiber2.htm>
8. 全澤股份有限公司，<http://www.molykem.com/new/fiber5.htm>
9. 每日頭條，史上最全汽車生產流程詳解，<https://kknews.cc/zh-tw/car/45m55x.html>
10. 汽車零組件產業，<https://www.moneydj.com/kmdj/report/reportviewer.aspx?a=1d804a78-719a-48e5-bfda-41d37a90747d>
11. 佺友股份有限公司，<http://www.chemyol.com.tw/index.php?do=prod>
12. 侯萬善，廢水金屬處理回收技術簡介，經濟部環保技術 e 報，11 期，2004
13. 侯萬善，離子交換，<http://ebooks.lib.ntu.edu.tw>，1981
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. Logistion Water Treatment · comparison membrane techniques · <https://www.logisticon.com/en/technologies/membrane-filtration/>

17. 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
18. 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
19. 盛義實業，冷卻循環水處理裝置 EMIIR SRDEC-CT 提案書，2016
20. 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
21. 創新水科技研發服務，<http://www.itriwater.org.tw/technology/More?id=64>
22. 黃怡君，汽車零件製造業之產業發展，台灣趨勢研究院
23. 經濟部工業局，工業污染防治，第 141 期，2017
24. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016
25. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2017
26. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2015
27. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2016
28. 經濟部水利署，工業用水量統計報告，2017
29. 經濟部水利署，公共場所節約用水技術手冊，2004
30. 經濟部水利署，節水紀實，2012
31. 經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2018
32. 雷絕科技股份有限公司，<http://www.lasers.com.tw/?f=Methods-Water-Quite>
33. 機械前線，直觀學機械，<http://wemedia.ifeng.com/33329396/wemedia.shtml>
34. 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

汽車及其零件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、台灣區車輛工業同業公會

編撰：蔡人傑、徐秀鳳、林子皓、陳建璋、鄭湘灃

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

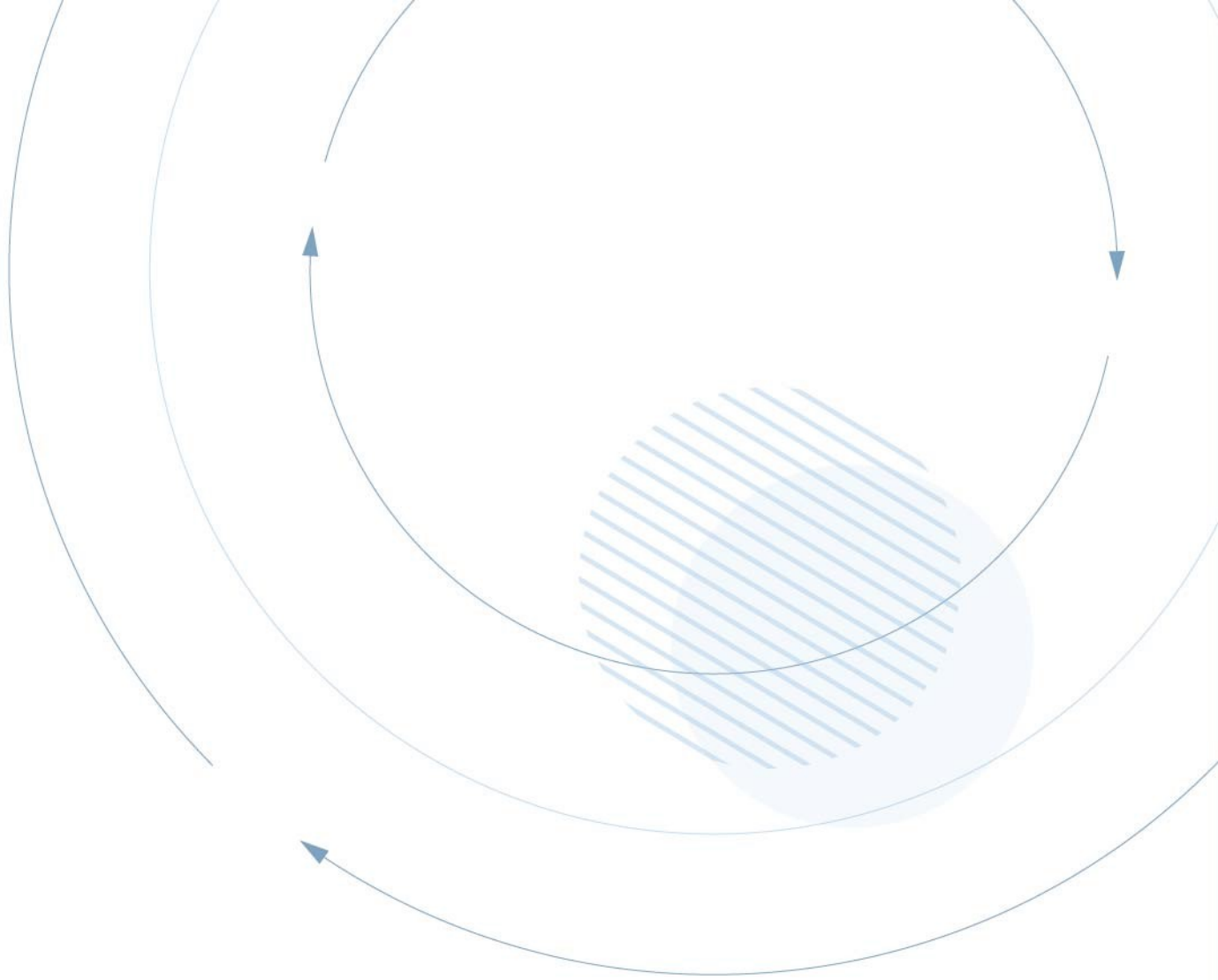
版次：初版

汽車及其零件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
 新竹縣竹東鎮中興路四段 195 號 52 館 512 室





經濟部工業局

INDUSTRIAL DEVELOPMENT
BUREAU, MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS

