



# 其他運輸工具及其零件製造業

## 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                         | 4  |
| (一) 自行車零件製造業                    | 4  |
| (二) 機車零件製造業                     | 5  |
| 三、 主要用水標的與用水情形                  | 6  |
| 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             | 9  |
| 第三章 用水最適化及回收再利用技術               | 13 |
| 一、 製程用水最適化及回收再利用技術              | 13 |
| (一) 用水最適化                       | 14 |
| (二) 水回收技術                       | 15 |
| 二、 冷卻用水最適化及回收再利用技術              | 17 |
| (一) 用水最適化                       | 17 |
| (二) 水回收技術                       | 21 |
| 三、 鍋爐用水最適化及回收再利用技術              | 28 |
| (一) 用水最適化                       | 28 |
| (二) 水回收技術                       | 30 |
| 四、 放流水回收再利用技術                   | 32 |
| (一) 水回收技術                       | 32 |
| 五、 其他水回收技術                      | 36 |
| (一) 生活用水減量                      | 36 |
| (二) 廠內用水管理                      | 37 |
| (三) 雨水貯留供水系統                    | 37 |
| (四) 區域水資源整合                     | 38 |
| (五) 裝設連續監控系統                    | 39 |
| 六、 小結                           | 40 |
| 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 | 42 |
| (五) 成本效益分析   | 45 |
| 第五章 參考文獻     | 47 |

## 圖 目 錄

|                             | 頁次 |
|-----------------------------|----|
| 圖 1 其他運輸工具及其零件製造業生產價值百分比    | 3  |
| 圖 2 自行車鍊條製造流程圖              | 4  |
| 圖 3 機車零件製造流程圖               | 5  |
| 圖 4 其他運輸工具及其零件製造業用水結構分析     | 6  |
| 圖 5 其他運輸工具及其零件製造業製程廢水特性     | 13 |
| 圖 6 製程用水最適化及水回收技術           | 14 |
| 圖 7 冷卻用水最適化及水回收技術           | 17 |
| 圖 8 濃縮倍數與排放損失關係圖            | 18 |
| 圖 9 冷卻水塔加藥示意圖               | 19 |
| 圖 10 冷卻水塔防飛濺防護設備圖           | 20 |
| 圖 11 冷卻水塔蒸發回收系統圖            | 21 |
| 圖 12 消霧節水冷卻水塔設備圖            | 21 |
| 圖 13 旁流過濾處理系統原理示意圖          | 23 |
| 圖 14 陶瓷球處理系統理論              | 25 |
| 圖 15 陶瓷球處理系統設備圖             | 25 |
| 圖 16 電透析薄膜處理系統原理示意圖         | 26 |
| 圖 17 逆滲透薄膜與倒極式電透析系統脫鹽技術原理比較 | 27 |
| 圖 18 鍋爐用水最適化及水回收技術          | 28 |
| 圖 19 開放式冷凝水回收系統示意圖          | 30 |
| 圖 20 密閉式冷凝水回收系統示意圖          | 31 |
| 圖 21 放流水回收技術                | 32 |
| 圖 22 各種濾膜去除物質比較             | 33 |
| 圖 23 微過濾處理系統設備圖             | 33 |
| 圖 24 超過濾處理系統設備圖             | 33 |
| 圖 25 奈米過濾處理系統設備圖            | 34 |
| 圖 26 逆滲透薄膜處理系統設備圖           | 34 |
| 圖 27 其他水回收技術                | 36 |
| 圖 28 用水管理模式及效益              | 37 |
| 圖 29 雨水回收流程圖                | 38 |
| 圖 30 雨水回收過濾設備圖              | 38 |
| 圖 31 區域水資源整合型態示意圖           | 39 |
| 圖 32 監測連線傳輸設置圖              | 39 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 圖 33 案例 A 廠製造流程圖           | 41 |
| 圖 34 案例 A 廠用水平衡圖 ( 方案實施前 ) | 42 |
| 圖 35 雨水收集區示意圖              | 43 |
| 圖 36 雨水截流設備系統圖             | 43 |
| 圖 37 案例 A 廠用水平衡圖 ( 方案實施後 ) | 45 |

## 表 目 錄

|                                         | 頁次 |
|-----------------------------------------|----|
| 表 1 其他運輸工具及其零件製造業類別及定義                  | 2  |
| 表 2 產業園區用水管理作業原則摘要                      | 8  |
| 表 3 工業用途分級之再生水應用方向                      | 9  |
| 表 4 工業用途分級之再生水水質建議值                     | 10 |
| 表 5 再生水用於工業用途水質基礎建議值                    | 11 |
| 表 6 濃縮倍數與節省水耗水量比較表                      | 18 |
| 表 7 台灣中部地區冷卻水塔蒸發回收分析表                   | 22 |
| 表 8 冷卻水塔蒸發回收之成本分析                       | 22 |
| 表 9 纖維過濾與傳統砂濾比較表                        | 24 |
| 表 10 冷卻排放水以倒極式電透析回收產水水質實例               | 27 |
| 表 11 開放式及密閉式冷凝水回收系統比較表                  | 31 |
| 表 12 倒極式電透析與逆滲透薄膜在不同總溶解固體濃度下動力消耗比較表     | 34 |
| 表 13 倒極式電透析與逆滲透薄膜系統藥劑成本之差異分析            | 35 |
| 表 14 倒極式電透析與逆滲透薄膜系統初設成本比較               | 35 |
| 表 15 各薄膜特性差異分析表                         | 35 |
| 表 16 其他運輸工具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 | 40 |
| 表 17 水回收設施經費分析                          | 45 |
| 表 18 水回收方案實施前後用水量及費用比較表                 | 46 |
| 表 19 水回收方案實施前後水回收率變化                    | 46 |



# 第一章 產業概況說明

## 一、產業特性

台灣素有「自行車生產王國」美譽，成車年產量在 1987 年攀上 1,074 萬輛的歷史頂峰，而隨著產業外移、中國共享單車熱潮、電動自行車崛起等影響，去年則降至 189 萬輛的歷年新低，但不畏整體產量縮減，業者持續朝向高值化發展，使得產值逆勢攀升，平均銷售單價 2.1 萬元也創歷年新高。自行車向來是台灣品牌的代表產業，2018 年產值達 1,153 億元，其中以自行車零件占 55.6% 為最大宗，成車占 34.9% 次之，電動自行車占 9.5% 再次之；以年增率而言，電動自行車年增 50.2%，表現最為亮眼。受到中國共享單車熱潮的暴起暴落影響，近五年我國自行車成車產值於 2015 年達到 565 億元高峰，之後連續二年呈現二位數負成長，去年則恢復正成長 6.3% (林彥呈，經濟日報「產值谷底翻揚台灣不負自行車生產王國美譽」，2019)。

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)，其他運輸工具及其零件製造業為從事 31 中類製品製造之行業，如漁船、遊艇、機車、電動機車、電動自行車、機車零件、自行車、自行車零件、航空器及零件及其他運輸工具等製造，依行業標準分類別可細分如表 1 所列。另依經濟部統計處統計，其他運輸工具及其零件製造業產值約為新台幣 2,767 億，因涵蓋類別多樣，以自行車零件、機車製造業及自行車製造業合計占總生產價值 61%，生產價值百分比如圖 1 所示 (資料來源：經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2018)。

本製造業細項分類中，由於包含類別繁多，但部分細項業別之生產製造主要為車體組裝，屬於乾製程且用水量低，因此本小節將列舉其中一項總生產價值及用水量較高之細類別作為本製造業性說明：

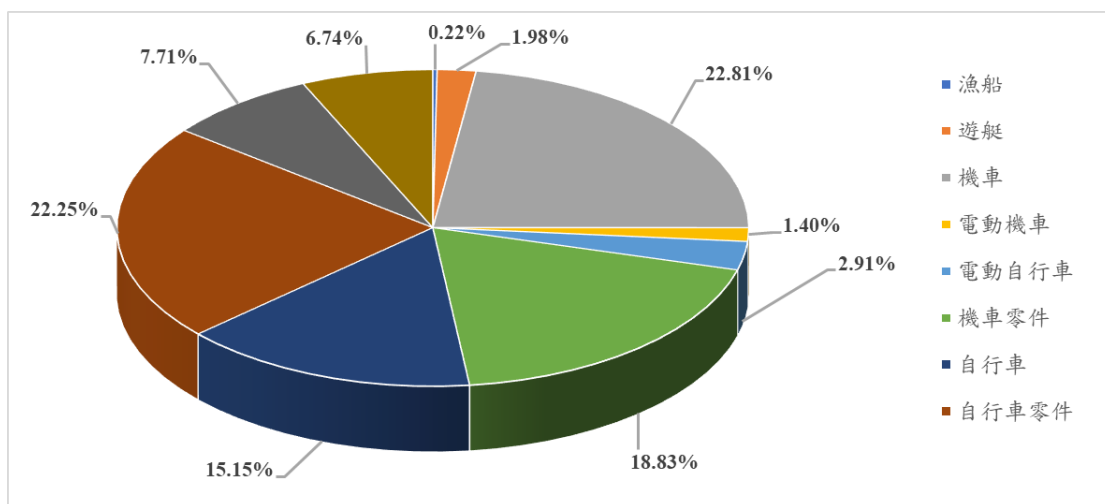
在自行車零件製造業中，產品包含車架、飛輪、花鼓、輪圈、前叉、座墊、鏈條、踏板、擋泥板、變速器、石棉剎車來令、曲柄齒盤、座管及手把管等零件，部分產品之製造為沖壓、擠型或射出成型等乾製程，如車架、坐墊、踏板、擋泥板等，而其中以鏈條、飛輪、輪圈等零件，則是以五金零件電鍍方式製造，通常電鍍上鉻、鋅或鈦，故電鍍製程中經常需要用到化學藥劑如酸、鹼、電鍍液等。



表 1 其他運輸工具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    | 31 |     |      | 其他運輸工具及其零件製造業<br>從事汽車以外其他運輸工具及其專用零配件製造之行業。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|      |    | 311 | 3110 | 船舶及浮動設施製造業<br>從事船舶與海上浮動設施建造製造之行業，如客船、貨輪、漁船、帆船、水上摩托車、浮塢、浮碼頭、浮筒及橡皮艇等製造。<br>不包括：<br>船帆縫製歸入 1151 細類「紡織製成品製造業」。<br>船錨製造歸入 2599 細類「未分類其他金屬製品製造業」。<br>船用導航設備製造歸入 2751 細類「量測、導航及控制設備製造業」。<br>船舶電力設備製造歸入 2810 細類「發電、輸電及配電機械製造業」。<br>船用照明設備製造歸入 2842 細類「照明器具製造業」。<br>船用舵機製造歸入 2929 細類「未分類其他專用機械設備製造業」。<br>船用引擎製造歸入 2931 細類「原動機製造業」。<br>風浪板、衝浪板製造歸入 3311 細類「體育用品製造業」。<br>船舶維修歸入 3400 細類「產業用機械設備維修及安裝業」。<br>廢船處理歸入 3830 細類「資源回收處理業」。<br>船舶內部裝潢工程歸入 4340 細類「建物完工裝修工程業」。 |
|      |    | 312 |      | 機車及其零件製造業<br>從事機車及其專用零配件製造之行業。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|      |    |     | 3121 | 機車製造業從事二輪或三輪機車、機車引擎、機車之邊車、電動自行車及電動輔助自行車等製造之行業。<br>不包括：機車維修歸入 9591 細類「機車維修業」。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|      |    |     | 3122 | 機車零件製造業從事機車專用零配件製造之行業，如汽缸、曲軸、輪圈、制動系統、離合器等製造。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|      |    | 313 |      | 自行車及其零件製造業從事自行車及其專用零配件製造之行業。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|      |    |     | 3131 | 自行車製造業<br>從事自行車製造之行業。<br>不包括：<br>電動自行車製造歸入 3121 細類「機車製造業」。<br>騎乘玩具（如玩具腳踏車、玩具三輪車）製造歸入 3312 細類「玩具及遊戲機製造業」。<br>自行車修理歸入 9599 細類「未分類其他個人及家庭用品維修業」。                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|      |    |     | 3132 | 自行車零件製造業從事自行車專用零配件製造之行業，如車架、飛輪、花鼓、輪圈、前叉、座墊、鏈條、踏板、擋泥板、變速器、石棉剎車來令、曲柄齒盤、座管及手把管等製造。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|      |    | 319 | 3190 | 未分類其他運輸工具及其零件製造業<br>從事 311 至 313 小類以外其他運輸工具及其專用零配件製造之行業，如軌道車輛、航空器、軍用戰鬥車輛、手推車、行李推車、購物車、畜力車、電動代步車、輪椅及嬰兒車等製造。<br>不包括：<br>鐵路電力設備製造歸入 2810 細類「發電、輸電及配電機械製造業」。<br>起重機及搬運設備製造歸入 2935 細類「輸送機械設備製造業」。<br>餐廳用食品推車製造歸入 32 中類「家具製造業」之適當類別。                                                                                                                                                                                                                             |

(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 其他運輸工具及其零件製造業生產價值百分比



其他運輸工具及其零件製造業

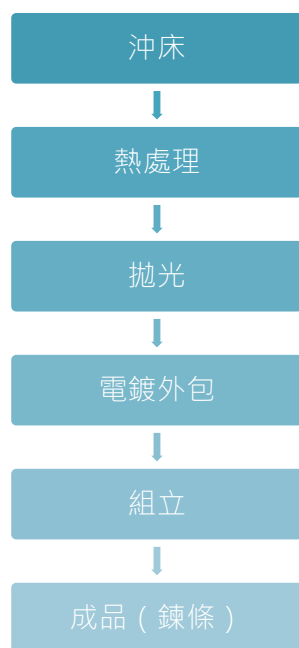
產業概況說明

## 二、製程特性

本節針對其他運輸工具及其零件製造業之自行車零件製造業及機車零件製造業，依序概述該項小類別之製程特性。

### (一) 自行車零件製造業

自行車零件製造中包含如：車架、飛輪、花鼓、輪圈、前叉、座墊、鏈條、踏板、擋泥板、變速器、石棉剎車來令、曲柄齒盤、座管及手把管等製造，自行車鍊條製造流程如圖 2 所示，在此製造過程中，主要用水區段如：零組件的焊接組裝、表面清洗、鑄造冷卻、產品外殼射出成形及原物料調配等項目。以鏈條製造為例，生產流程可概分為沖床、熱處理、拋光、電鍍外包、組立、成品（鏈條），而拋光、電鍍為鍊條生產所需的主要用水階段。



（資料來源：桂盟企業股份有限公司，製造流程圖）

圖 2 自行車鍊條製造流程圖

## (二) 機車零件製造業

機車零件製造產品涵蓋範圍有汽缸、曲軸、輪圈、制動系統及離合器，其製造流程包含壓鑄、研磨、**CNC** 銑床、拋光、噴砂、烤漆及電鍍等，從用水差異上分析，用水較多為電鍍表面處理，通常鍍上之金屬以鋅、鋁為主。常見之機車零件製造流程如圖 3 所示

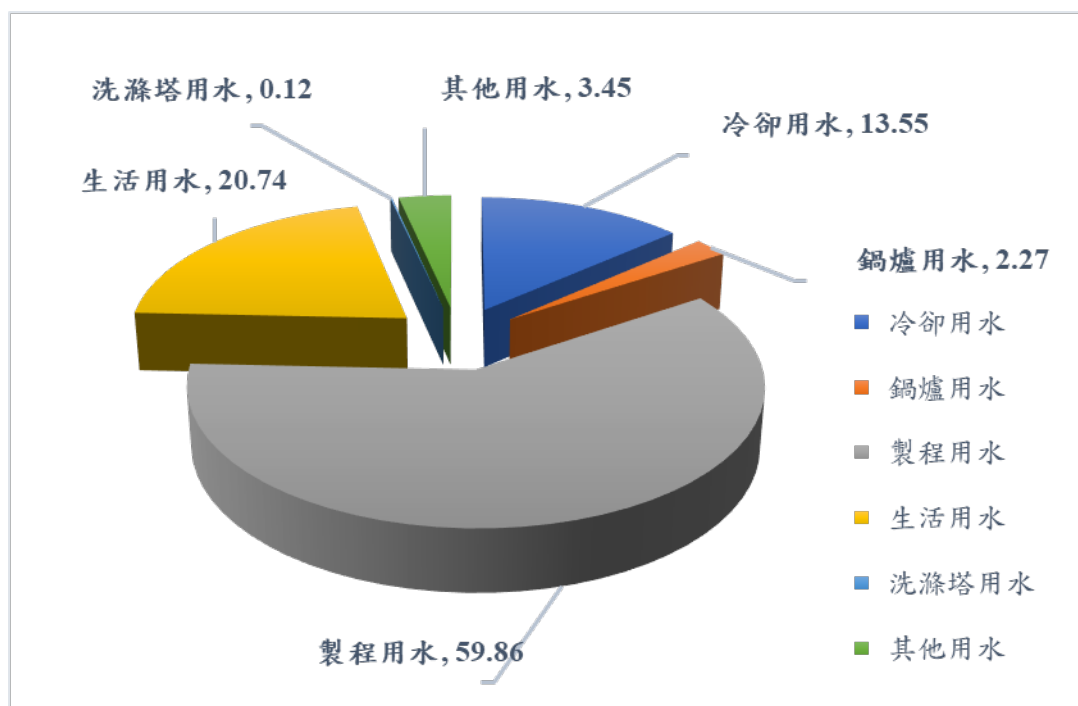


(資料來源：得裕精密壓鑄有限公司，製造流程圖)

圖 3 機車零件製造流程圖

### 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，其他運輸工具及其零件製造業全國占地面積為 585.18 公頃，其年用水量為 7.69 百萬立方公尺(資料來源：經濟部水利署，工業用水量統計報告，2017)。其他運輸工具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，由於其他運輸工具及其零件製造業於製程作業中，主要用水段為零件之電鍍處理，其中又以清洗製程為最大用水項目，因此製程用水比例可高達 59.86%，用水結構分析圖 4 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 4 其他運輸工具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，各級用水建議值如表 4 所列。

表 3 工業用途分級之再生水應用方向

| 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<br>鍋爐給水  | 過濾+微濾/超濾+逆滲透<br>+消毒程序 | 幾可達飲用水標準及<br>工業高階用水品質程<br>度 |
| Class B | 次之    | 工業冷卻水系統之<br>系統水 | 過濾+微濾/超濾+消毒程<br>序     | 可達工業冷卻用水品<br>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

| 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 <sub>5</sub> (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 <sub>3</sub> ) | 50      | 400     | 850                                   |
| 硝酸鹽類(mg/L)                      | 5       |         |                                       |
| 氟化物 F <sup>-</sup> (mg/L)       | 0.5     |         |                                       |
| 氯化物 Cl <sup>-</sup> (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<br>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 所列。

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 <sub>3</sub> | 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

其他運輸工具及其零件製造業中，自行車零件如車架、飛輪、花鼓、輪圈、前叉、座墊、鏈條、踏板、擋泥板、變速器、石棉剎車來令、曲柄齒盤、座管及手把管等產品；機車零件如汽缸、曲軸、輪圈、制動系統、離合器等產品，其製造過程多數相似於金屬製品製造業中的電鍍製程，包含五金零件（鍍件）之振動研磨、脫脂清洗、電鍍及後清洗，為本行業別製程主要用水區段，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：

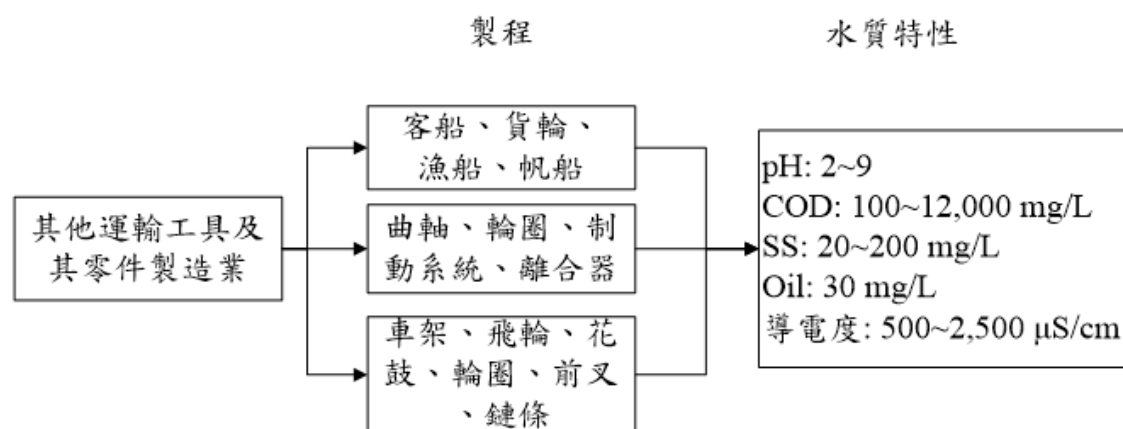


圖 5 其他運輸工具及其零件製造業製程廢水特性

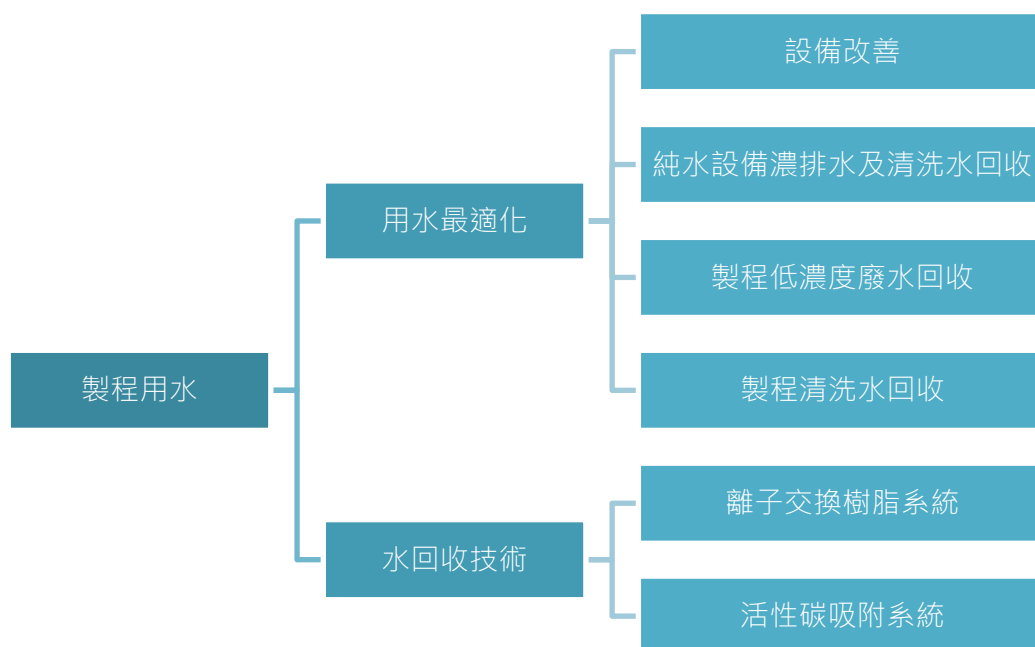


圖 6 製程用水最適化及水回收技術

## (一) 用水最適化

### 1. 設備改善

由於本業別中，產品製造過程主要用水為電鍍製程之前、後清洗，如：鏈條、飛輪、齒輪、車架及花鼓等製造作業等，若能針對不同產品研擬合理使用水量，並針對現行清洗機台供水進行調整及供應模式修正，將可達到降低用水之效益。

### 2. 純水設備濃排水及清洗水回收

由於生產特性的需求，不同製程作業所需要之水質潔淨度也將有所差異，因此該作業水源將根據不同需求進行軟水或純水系統的處理，以達到製程所需潔淨度。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

製程作業中，有部分產品會進行車削、切削作業，作業過程會使用各類油劑以達到冷卻、潤滑及防鏽等效能，該股作業廢水若能於前端進行處理，不僅可降低後端處理系統負荷，若該廢水中含有相關有價物質，亦可將相關物質進行回收再利用，達到節水及能資源之效益。

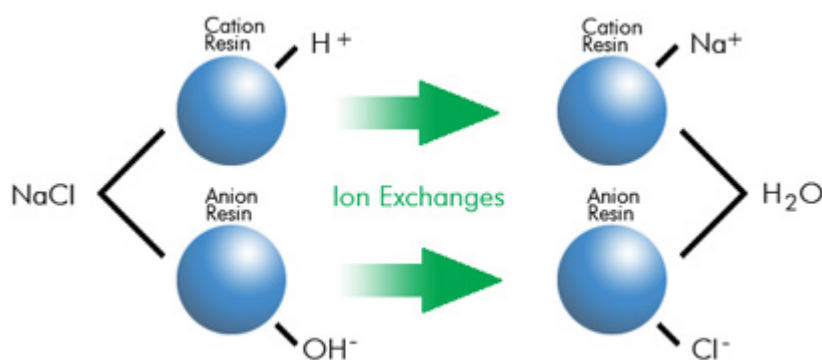
### 4. 製程清洗水回收

本業別中，如超音波清洗、浸泡清洗等，皆屬於製程單元的主要耗水項目，當清洗流程為多段清洗模式，由於末端清洗作業相對初始端，水質較為潔淨，因此，若將洗滌槽設計「逆流」方式，可將末端清洗水導入初始端使用，將能減少原水源取用，達到用水減量之效益。

## (二) 水回收技術

### 1. 離子交換樹脂系統

離子交換樹脂是將水中各種無機鹽電離生成的陽(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)，經由樹脂塔發生置換反應，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)，有關離子交換樹脂系統原理如圖 7 所示。



(資料來源：Apec Water)

圖 7 離子交換樹脂系統原理示意圖

由於本業別所包含之生產特性多樣且繁複，當生產作業中有金屬電鍍作業（如：鏈條電鍍），該股作業廢水可經 pH 調整槽後，懸浮固體（**Suspended Solids**，簡稱 **SS**）及化學需氧量（**Chemical Oxygen Demand**，簡稱 **COD**）藉由砂濾及活性碳所去除，最後以離子交換樹脂系統去除重金屬，回收至純水設備處理後作使用。

## 2. 活性碳吸附系統

本行業類別中，如鏈條生產、飛輪、齒輪或車架製造等，為使得產品美觀及防鏽，產品將會進行電鍍作業以達到前述目的。電鍍作業所產生之廢污水可能含有鉻、銅、鎳、鋅、錫、鋁等金屬離子，其次是酸、鹼類污染物，有些還含有氰化物、表面活性劑等（活性碳吸附電鍍廢水中 **COD<sub>Cr</sub>** 的實驗研究，中國污水處理工程網，2015），其中鋅、鉻是電鍍中用量較大的一種金屬原料，在廢水中的六價鉻會隨 pH 值的差異分別以不同的形式存在，因此透過活性碳的微孔結構和較高的比表面積及具有極強的物理吸附能力，能有效地吸附廢水中的鉻（活性碳的吸附性及在水處理中的作用，承德北方活性碳有限公司，2018），再根據處理後水質特性進行其他處理措施，將可使得該股廢水回收做為次級單元使用。吸附後之活性碳主要有有下列三種方式處理：

- (1) 熱處理再生法：以熱將吸附質氧化，並使活性碳活化。
- (2) 化學處理再生法：以溶解度或氧化力將吸附質置換，並使活性碳再生。
- (3) 生物處理再生法：利用好氧細菌產生細胞外酵素將吸附質分解，並使活性碳再生（工業廢水活性碳處理，工業汙染防治技術手冊，經濟部工業局工業汙染防治技術服務團，財團法人中國技術服務社，1993）。

## 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 表 5，圖 7 為冷卻用水常見之相關節水技術。

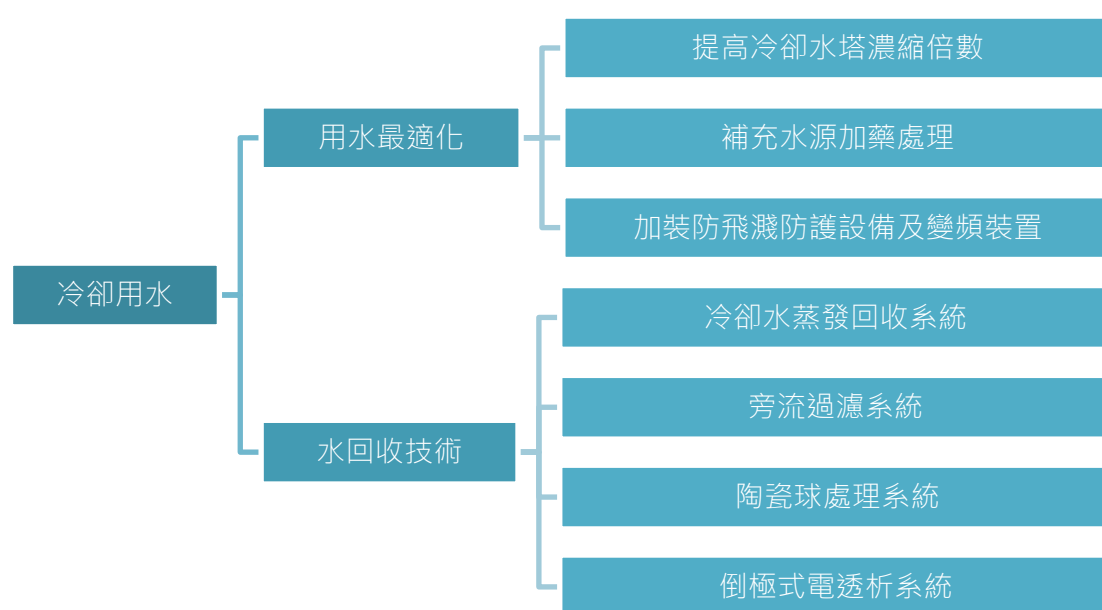


圖 7 冷卻用水最適化及水回收技術

### (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：

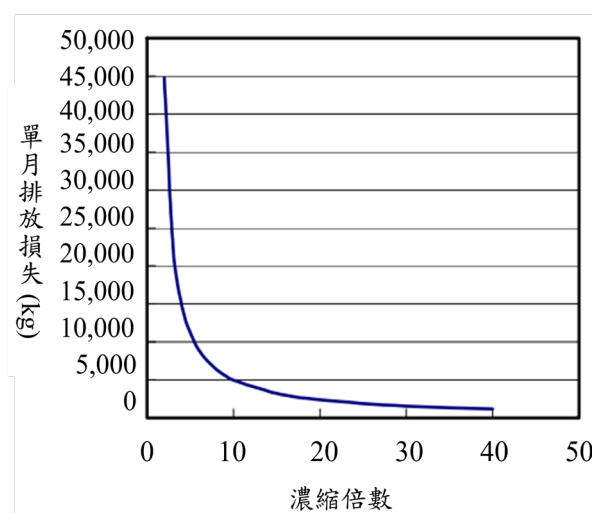
$$\begin{aligned} C &= M \text{ (補充水量)} / B \text{ (排水量)} \\ &= EC_{out} \text{ (排放水導電度)} / EC_{in} \text{ (補充水導電度)} \end{aligned}$$

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 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 8 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耗比較表

| 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 8 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 9 所示。

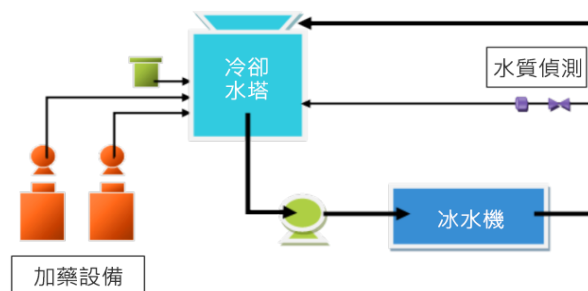
運用替代水源做為冷卻補充用水，其水質之穩定度，可透過藍氏飽和指數（**Langelier Saturation Index**，簡稱 **LSI**）做為判定，其計算模式為透過碳酸鈣在水中飽和程度作為積垢的參考指數，計算的公式為： $LSI = pH - pH_s$ ，計算過程所需參數包括：酸鹼值（**pH**）、**Ca** 硬度、**M** 鹼度（**Malk**）及總溶解固體（**Total Dissolved Solids**，簡稱 **TDS**）的數據值。首先經由理論公式： $pH_s = pCa (-\log[Ca^{2+}]) + pM_{alk} (-\log[M_{alk}]) + C_{scale} (f(T, TDS))$  的計算，得到水中飽和時之 **pH** 值（**pH<sub>s</sub>**）；再經由 **pH** 與 **pH<sub>s</sub>** 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(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**）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（**ClO<sub>2</sub>**）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。

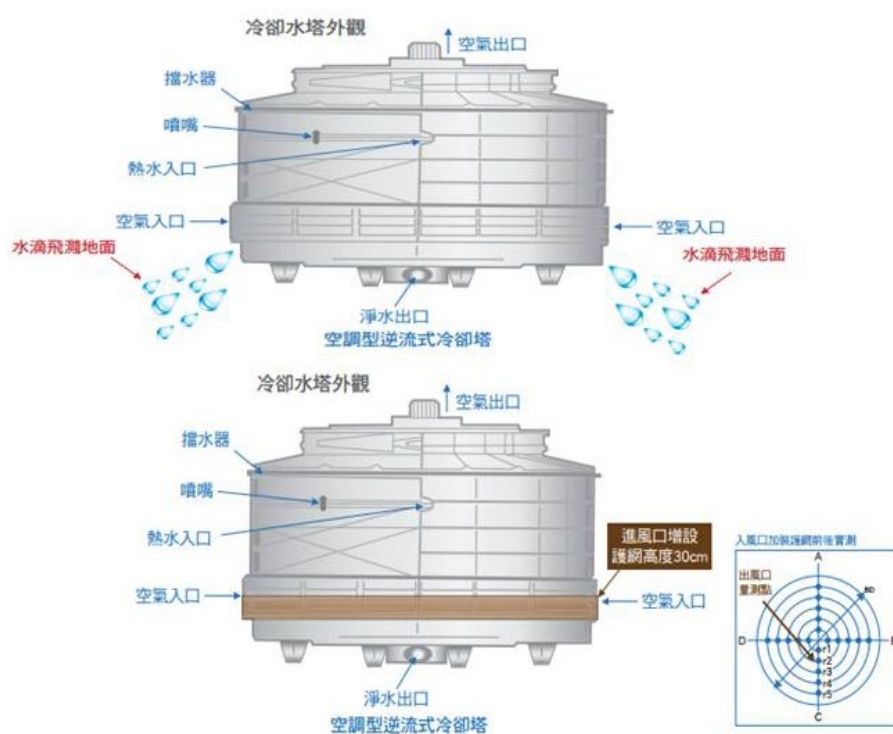


（資料來源：仝友股份有限公司）

圖 9 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 10 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)

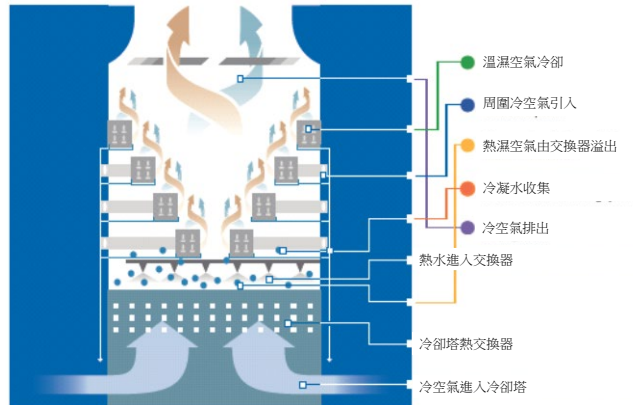
圖 10 冷卻水塔防飛濺防護設備圖

## (二) 水回收技術

### 1. 冷卻水蒸發回收系統

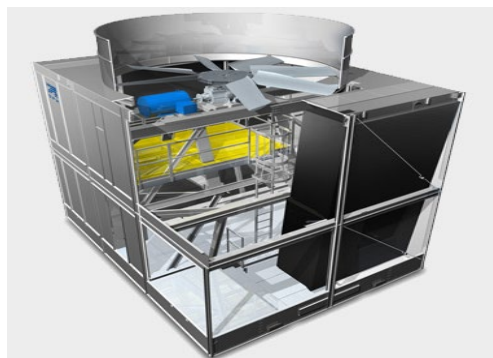
一般造成冷卻水蒸散量大，蒸散比率高之原因包括工廠冷卻循環水量大、風扇風量大及散熱片效率差等。依據研究顯示，典型開放式冷卻水塔耗水量依序為蒸發、排放、濺灑與飛散。因此，降低蒸發損失為主要節水重點 ( 國科會計畫編號 NSC90-2212-E-006-126，邱政勳、謝博丞、林政德，冷卻水塔之節水策略，2005 )。

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 11 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 12 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 11 冷卻水塔蒸發回收系統圖



(資料來源：SPX Cooling Technologies, Inc)

圖 12 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<br>(°C) | 乾球溫度<br>(°C) | 原蒸發量<br>(m³/h) | 可回收量<br>(m³/h) | 蒸發水量<br>(m³/h) | 風門開度<br>(%) | 水回收率<br>(%) |
|----|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|-------------|-------------|
| 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 8 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 m³       | 0         | 58,240 m³ |
| 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/m³) |                 |           | 8.24      |
| 單位產水營運成本 (元/m³)          |                 |           | 2.92      |
| 單位產水成本 (元/m³)            |                 |           | 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）

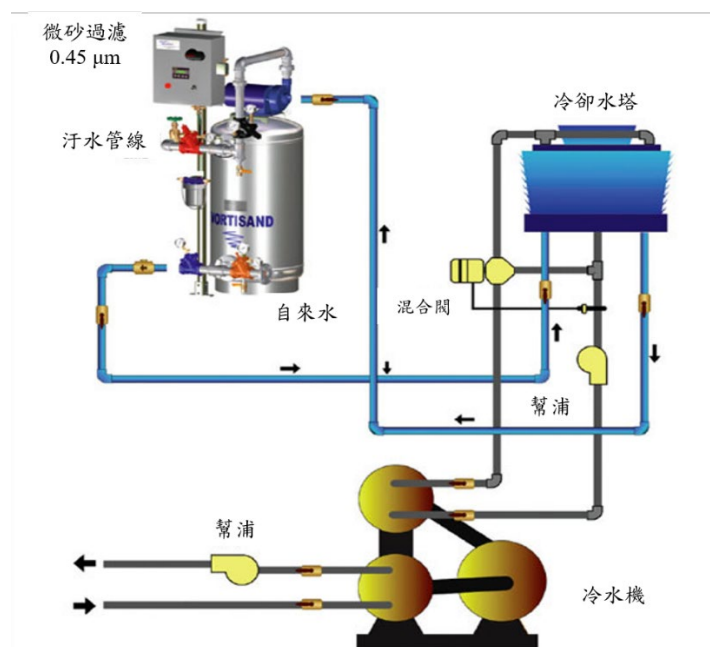
## 2. 旁流過濾系統

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 13 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 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 Bhd.）

圖 13 旁流過濾處理系統原理示意圖

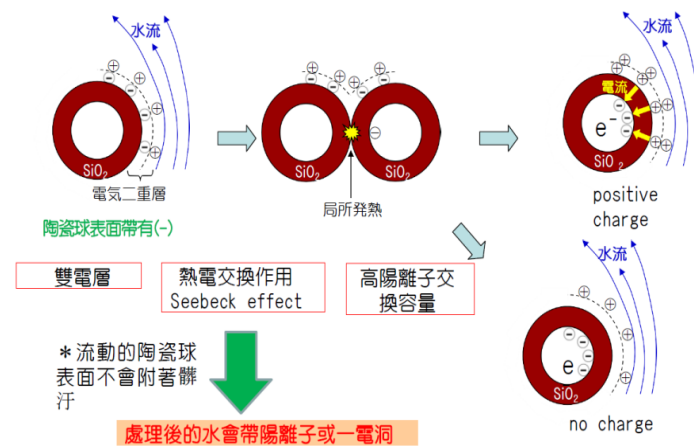
表 9 纖維過濾與傳統砂濾比較表

| 項目                  | 傳統砂濾                                                                  | 纖維過濾                                                                    |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 過濾速度<br>(LV 線性流速)   | 10 m/hr.                                                              | 一般過濾 30 m/hr.<br>高速過濾 60~100 m/hr.                                      |
| 過濾表面積               | 10 m <sup>2</sup> 佔用面積大 (LV=10 時)                                     | 一般：3.3 m <sup>2</sup> (LV=30 時)<br>高速：1.25 m <sup>2</sup> (LV=80 時)     |
| 反洗總耗水量<br>(如每天反洗一次) | 36,500 m <sup>3</sup> /year                                           | 一般：13,140 m <sup>3</sup> /year<br>高速：5,110 m <sup>3</sup> /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%<br>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 <sup>2</sup> ，壓差 0.5 kg/cm <sup>2</sup> 時需反洗 | 初始壓力為 0.2~0.4 kg/cm <sup>2</sup><br>壓差 0.5~1.0 kg/cm <sup>2</sup> 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)

## 1. 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， $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 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 14 及圖 15 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 14 陶瓷球處理系統理論

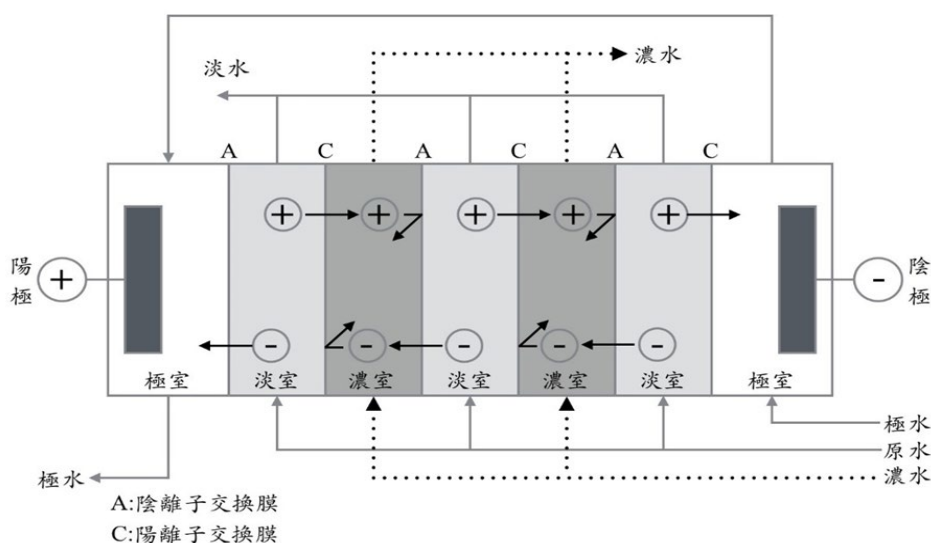


(資料來源：盛義實業，冷卻循環水處理裝置 EMIIR SRDEC-CT 提案書，2016)

圖 15 陶瓷球處理系統設備圖

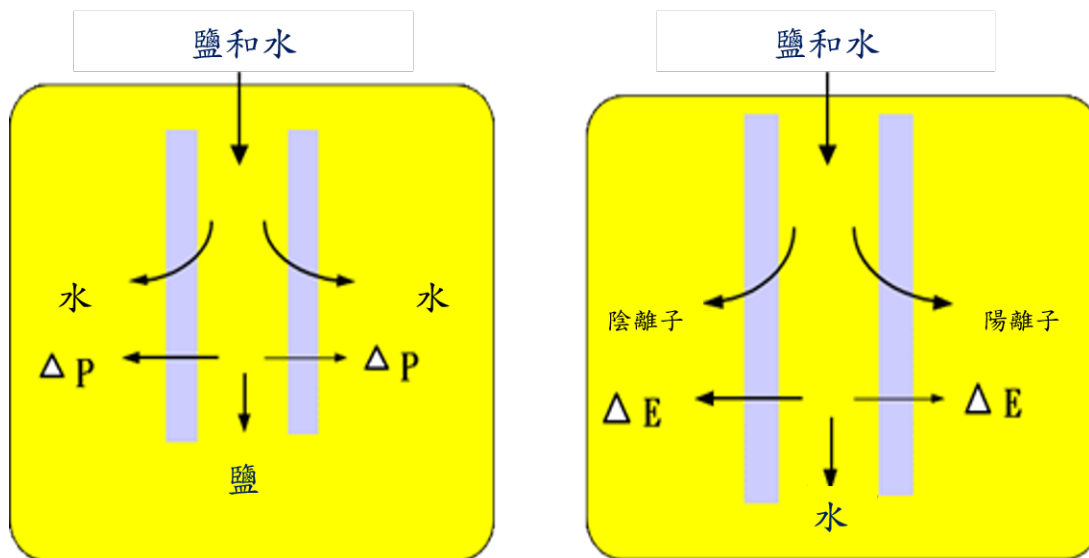
## 2. 倒極式電透析系統

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 16 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  $\text{H}_2\text{O}_2$  或氯殺菌，且對原水污泥密度指數 (Silt Density Index, 簡稱 SDI) 較低 ( $\text{SDI} < 15$ )，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 17 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 16 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 17 逆滲透薄膜與倒極式電透析系統脫鹽技術原理比較

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 10 為冷卻排放水以 **EDR** 回收後，產出優質再生水之案例，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

| 項目  | pH      | 導電度<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | 鈣硬度<br>( $\text{mg}/\text{L}$ as $\text{CaCO}_3$ ) | 鎂硬度<br>( $\text{mg}/\text{L}$ as $\text{CaCO}_3$ ) | $\text{Cl}^-$<br>( $\text{mg}/\text{L}$ ) | $\text{SO}_4^{2-}$<br>( $\text{mg}/\text{L}$ ) |
|-----|---------|------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 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 )

### 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 18 所示，說明如下。

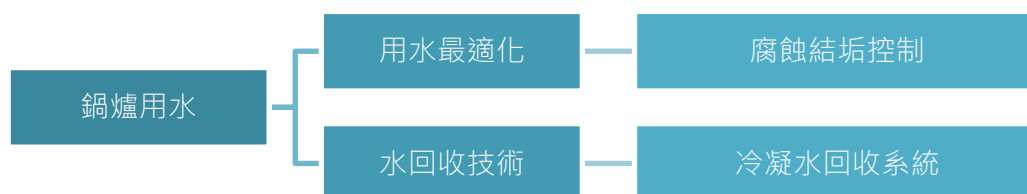


圖 18 鍋爐用水最適化及水回收技術

#### (一) 用水最適化

##### 1. 腐蝕結垢控制

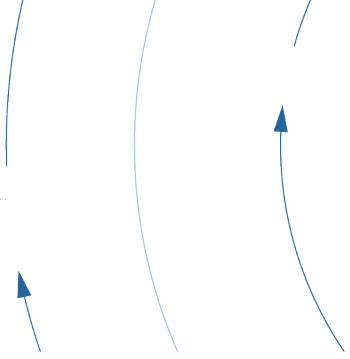
在鍋爐腐蝕預防控制技術中，預防結垢之方式如下：

##### (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 值。



### (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

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，暫時性改變電荷，使鍋爐中無法形成水垢，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。

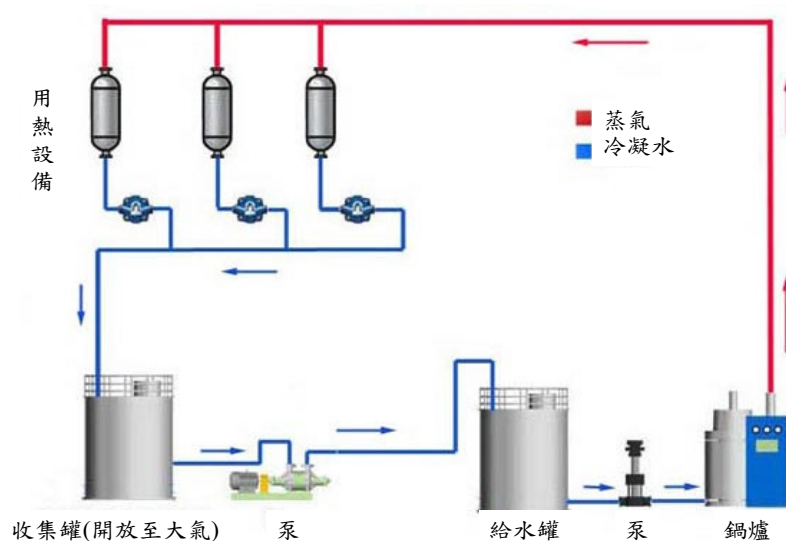


## (二) 水回收技術

### 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 19 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  $100^{\circ}\text{C}$ 。

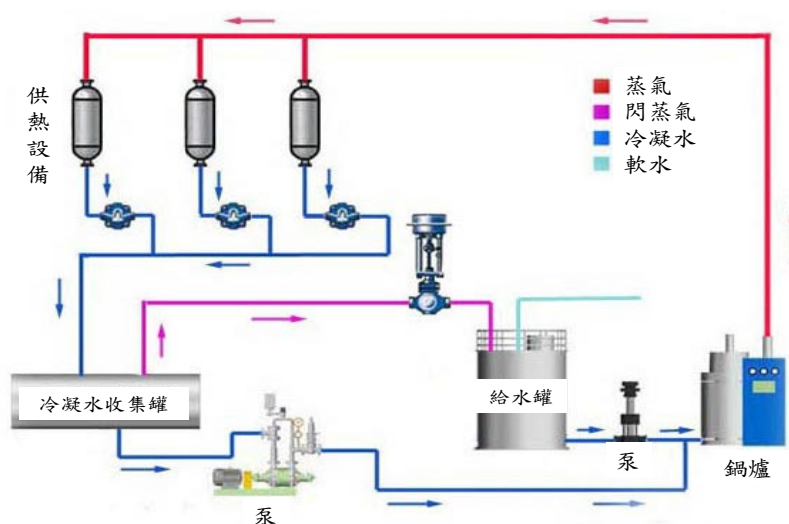


(資料來源：唐山聯鼎蒸汽節能技術開發有限公司)

圖 19 開放式冷凝水回收系統示意圖

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 20 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 11 所示。



（資料來源：唐山聯鼎蒸汽節能技術開發有限公司）

圖 20 密閉式冷凝水回收系統示意圖

表 11 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°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<br>(冷凝水和空氣接觸) | 輕微<br>(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及薄膜處理等如圖 21 所示，分別說明如下：



圖 21 放流水回收技術

### (一) 水回收技術

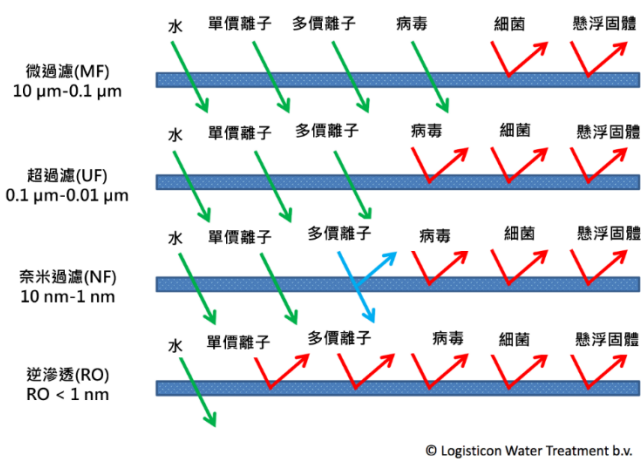
#### 1. 倒極式電透析系統

倒極式電透析 ( **Electrodialysis reversal**，簡稱 **EDR** ) 系統主要針對水中鹽類進行相關除鹽處理，當管末廢水中污染物多數已獲得良好處理，唯導電度偏高時，本技術將可達到良好的處理效益，經處理後之管末水將可視需求直接用於其他用水標的或導入暨有製水系統處理後，作為補充水源，有關 **EDR** 系統詳細操作原理可參照前小節相關敘述。

#### 2. 薄膜處理系統

薄膜處理系統是利用膜孔大小來篩選可通過的粒子與分子，其如同一多孔性的牆面，只允許較小的水分子 ( 稱為滲液 ) 通過孔洞，來到牆面的另一側，體積較大的分子則被薄膜滯留，藉此達到分離純化的目的 ( 莊清榮等，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 )。常見濾膜如：微過濾 ( **Microfiltration**，簡稱 **MF** )、超過濾 ( **Ultrafiltration**，簡稱 **UF** )、奈米過濾 ( **Nanofiltration**，簡稱 **NF** ) 及 **RO** 系統 ( **Reverse Osmosis**，簡稱 **RO** )，各類膜孔濾材去除物質比較將如圖 22 所示，相關實體設備如圖 23 至圖 26。**EDR** 與 **RO** 在不同 **TDS** 濃度下動力消耗比較如表 12 所列，與 **RO** 的藥劑成本及初設成本比較如表 13、表 14 所列，各薄膜比較分析如表 15 所列。

濾膜技術比較



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

圖 22 各種濾膜去除物質比較



(資料來源：MGC Contractors, Inc.)

圖 23 微過濾處理系統設備圖



(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 24 超過濾處理系統設備圖



其他運輸工具及其零件製造業

用水最適化及回收再利用技術



### NANOFILTRATION SYSTEMS

(資料來源：Enviromatch, Inc.)

圖 25 奈米過濾處理系統設備圖



(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 26 逆滲透薄膜處理系統設備圖

表 12 倒極式電透析與逆滲透薄膜在不同總溶解固體濃度下動力消耗比較表

| TDS (mg/L) | EDR (KWh/m <sup>3</sup> ) | RO (KWh/m <sup>3</sup> ) |
|------------|---------------------------|--------------------------|
| 500        | 0.3                       | 0.6                      |
| 1000       | 0.6                       | 0.75                     |
| 2000       | 1.25                      | 1                        |

(資料來源：梁德明，薄膜相關新技術應用於電導度控制及處理成本分析，工研院環安中心環境科技研究組，2003)

表 13 倒極式電透析與逆滲透薄膜系統藥劑成本之差異分析

| 設備   | EDR                      | RO                     |
|------|--------------------------|------------------------|
| 使用藥劑 | 酸鹼抑垢劑                    | 抑垢劑<br>酸鹼清洗劑           |
| 來源   | 中國大陸                     | 一般                     |
| 初設成本 | 0.2~0.5 萬/m <sup>3</sup> | 0.5~1 萬/m <sup>3</sup> |

（資料來源：梁德明，薄膜相關新技術應用於電導度控制及處理成本分析，工研院環安中心環境科技研究組，2003）

表 14 倒極式電透析與逆滲透薄膜系統初設成本比較

| 設備                | EDR                                       | RO                                        |
|-------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 規格                | TDS:1,000 mg/L<br>水量:1,000 CMD<br>脫鹽率 60% | TDS:1,000 mg/L<br>水量:1,000 CMD<br>脫鹽率 90% |
| 來源                | 中國大陸                                      | 一般                                        |
| 初設成本<br>（不含前處理設備） | 0.3~0.5 萬/m <sup>3</sup>                  | 0.8~1.2 萬/m <sup>3</sup>                  |

（資料來源：梁德明，薄膜相關新技術應用於電導度控制及處理成本分析，工研院環安中心環境科技研究組，2003）

表 15 各薄膜特性差異分析表

| 薄膜處理名稱 | 微過濾<br>(Microfiltration)            | 超過濾<br>(Ultrafiltration)         | 奈米過濾<br>(Nanofiltration)                                     | 逆滲透<br>(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、聚砜、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                            |

## 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等如圖 27 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：

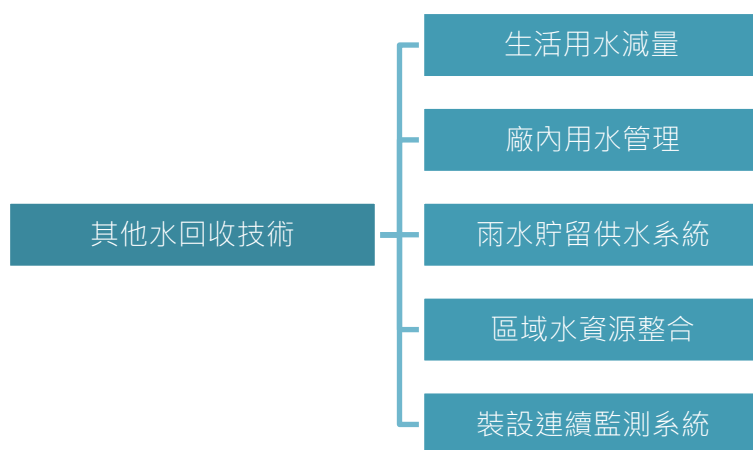


圖 27 其他水回收技術

### (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，劃分為製程、民生、鍋爐、洗滌塔...等單元，針對各主要用水單元進行智慧水錶架設，將可無需透過人力抄表，便能擁有相關具體數據資料，達到加速管理廠內用水，瞭解廠內用水習性，並及早發覺廠內異常用水，模式如圖 28 所示；針對用水水質的部分，於回收水槽加裝自動水質檢測設備，確保回收水用量及用水品質。

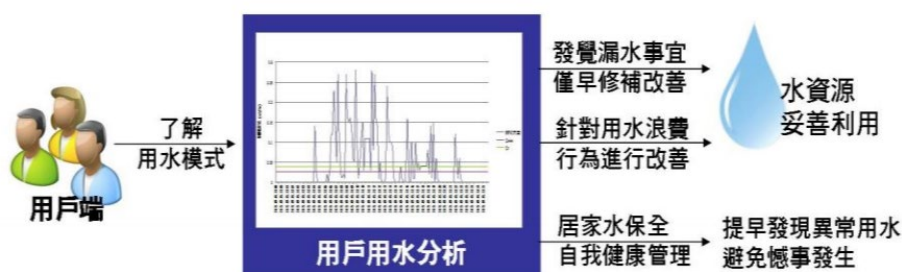


圖 28 用水管理模式及效益

## (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 29 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）。

雨水可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，雨水過濾設備如圖 30 所示。

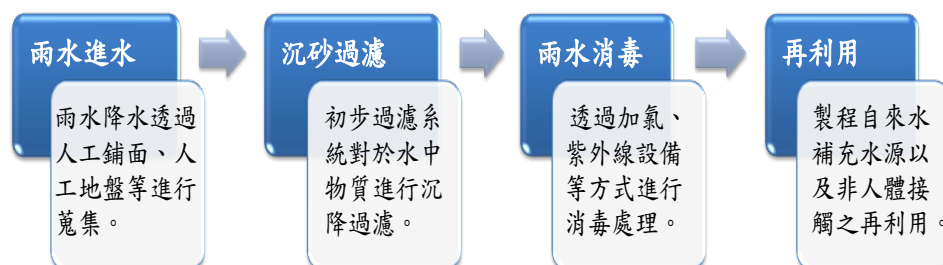


圖 29 雨水回收流程圖



(資料來源：寶閥精密工業，2018)

圖 30 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以下類型如圖 31 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。

本行業製造過程中，主要用水單元為製程及冷卻，若鄰近有食品或洗衣業等用水較為單純之業別，用水端可將供水端放流水根據需求進行處理後供應廠內各單元使用，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。

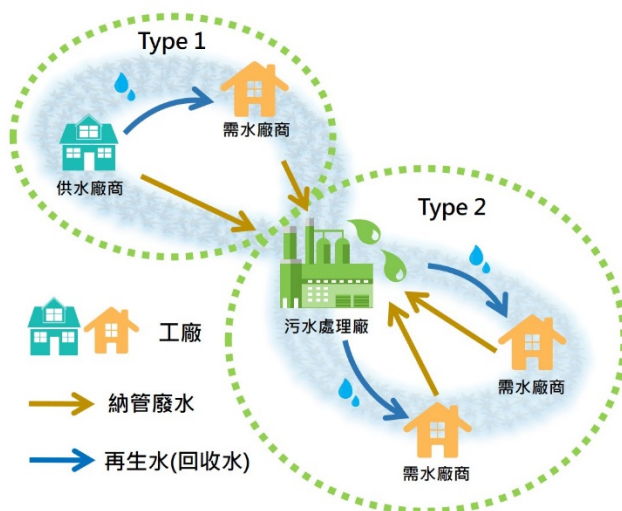
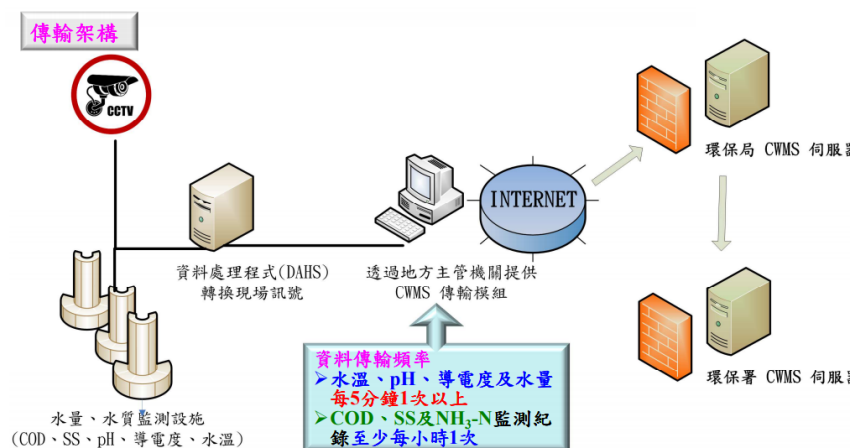


圖 31 區域水資源整合型態示意圖

#### (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圖 32 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（汙）水自動監測（視）及連線傳輸設置程序，2014）

圖 32 監測連線傳輸設置圖

## 六、小結

茲將其他運輸工具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 16。

表 16 其他運輸工具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<br>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<br>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      |      | ✓    |      |      |     |
|                   | 製程清洗水回收        |      | ✓    |      |      |     |
|                   | 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<br>技術       | 離子交換樹脂系統       |      | ✓    |      |      | ✓   |
|                   | 活性碳吸附系統        |      | ✓    |      |      |     |
|                   | 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         |      |      |      |      | ✓   |

## 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 1937 年，製程以造船及造艦為主，產品主要為商用船舶、公務艦艇及特殊船舶等。用水以製程單元為主要用水占全廠為 40% 以上，廠內廢水處理設施以物化處理法為主，經處理後之廢水符合放流水標準後，直接排放至承受水體。

#### (二) 製程流程

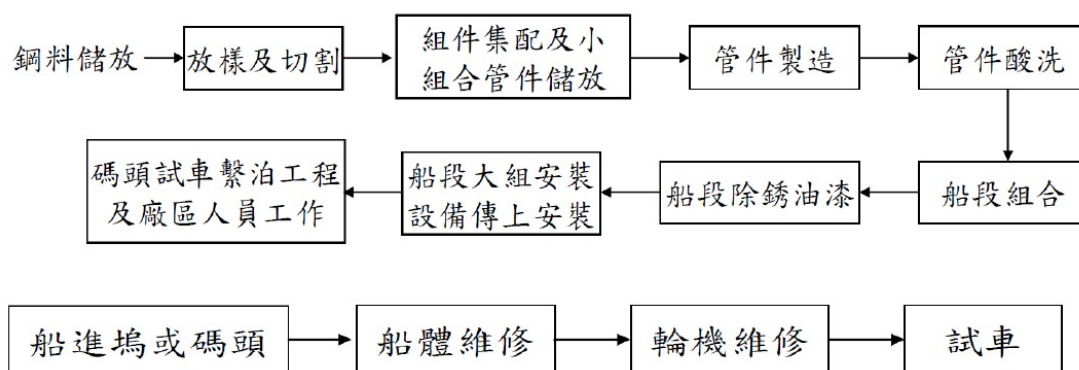


圖 33 案例 A 廠製造流程圖

#### (三) 廠內用水管理情形

依據所提供資料及經水平衡圖修正後得知，廠內總用水量約 1,472 CMD，取得水源為自來水，主要用於製程（40.7%）、冷卻（27.2%）、民生（28.5%）、洗滌塔（0.3%）、其他用水（3.3%）為主。廢水排放量約為 469 CMD，經處理後之廢水符合放流水標準後，直接排放至承受水體。各用水標的將分述如下，有關廠內用水平衡圖如圖 34 所示。

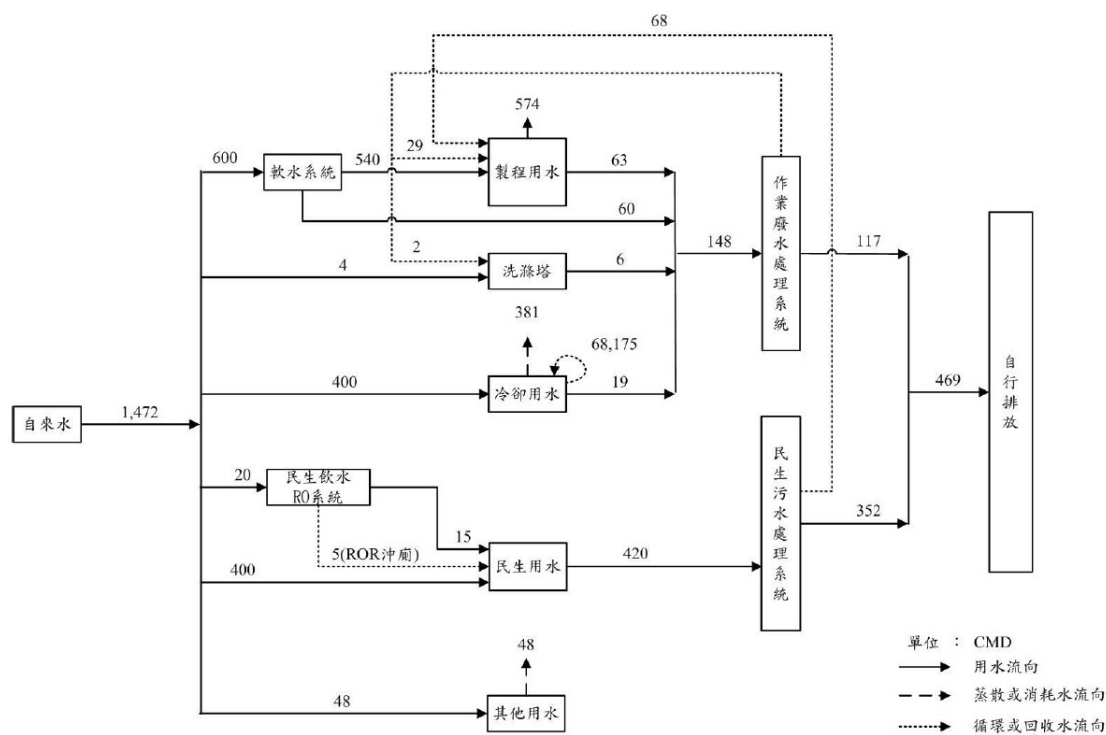


圖 34 案例 A 廠用水平衡圖（方案實施前）

#### (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，具有下列節水或水再生規劃之機會：

##### 方案一、雨水貯留利用措施

由於全廠占地面積大，經評估具有雨水貯留利用可行性，初步建議該廠設置雨水貯留設施再設計簡易處理設施，利用廠內已有的雨水收集槽及地下儲水筏基，可將雨水截流經簡易過濾設施、殺菌設施將可儲存再利用。雨水截流系統設計參考營建署公告之「建築物雨水貯留利用設計技術規範修正規定」，其代表點（測站）為高雄，平均日雨量為 **6.02 mm**，日降雨概率為 **0.252**，預估可收集面積約 **30,000** 平方公尺，雨水收集區如圖 35 所示，根據本團隊現場訪視發現，該廠行政大樓旁有數個閒置的地下儲水井，該水井可作為雨水暫存之空間，故具有貯留雨水再利用之潛能目前規劃收集之雨水經沙濾及消毒後可作為洗滌塔用水、部份民生用水及消防儲備用水，依規劃雨水利用設計為 **10 CMD**。雨水截流設備系統如圖 36 所示，雨水降至屋頂由導管系統截流送至雨水儲水槽儲存，中間需經簡易之過濾、消毒設備將初期收集之雨水所帶來的泥砂去除。屋頂需設置雨水專用高層水塔，將儲水槽之雨水打入暫存，以隨時供應洗滌塔或冷卻塔使用，預估回收水量 **50 CMD**。



圖 35 雨水收集區示意圖

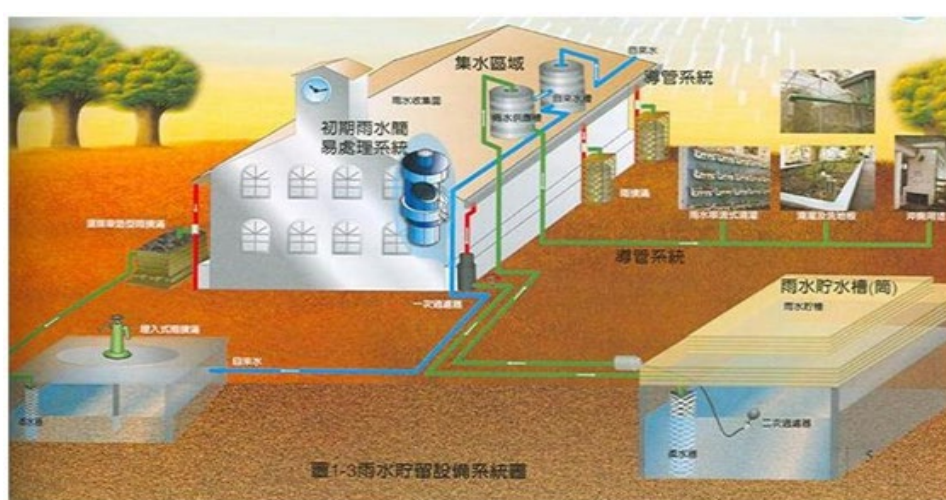


圖 36 雨水載流設備系統圖



其他運輸工具及其零件製造業

水回收再利用案例介紹

## 方案二、強化用水管理機制

經由本團隊進行節水診斷，發現該廠對於細部的用水量不甚明白，為幫助該廠人員了解用水流向及用量大小，建議於供水之主幹管，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，以了解用水狀況並避免漏水，藉此可適度的調解廠內用水情形。此外，建議於回收水槽加裝水錶外，亦可增設簡易的自動水質檢測設備，確保回收水用量及用水品質。

## 方案三、民生污水回收及管理

該廠民生污水放流量大且水質尚優，具再利用之潛能。建議可回收做為廢氣洗滌塔補充水或其他可再利用之用途。預計可增加回收水量 **4 CMD**。此外，民生用水已經經過處理系統，若再經由 **EDR** 處理，回收做為冷卻水塔補充用水，可再減少自來水用量，預計可增加回收水量約 **80 CMD**。最後，亦建議廠商加裝二段式沖水馬桶，預期可節省 **50 CMD** 民生用水。

## 方案四、冷卻水塔風扇加裝變頻及用水管理方式改善

冷卻用水占比大，且蒸發量高達 **381 CMD**，建議冷卻水塔風扇改成變頻式，間接節省約 **12%** 蒸發逸散損失量，蒸發逸散損失量為 **381 CMD**，可降為 **335 CMD**，間接節省自來水量約 **46 CMD**。

本輔導所規劃的水回收方案，可將該廠自來水取水量由原來之 **1,472 CMD** 降至 **1,292 CMD**，同時，也降低了該廠廢水量，由原排放水量為 **469 CMD**，輔導改善後排放水量降至 **335 CMD**，如圖 37 所示。

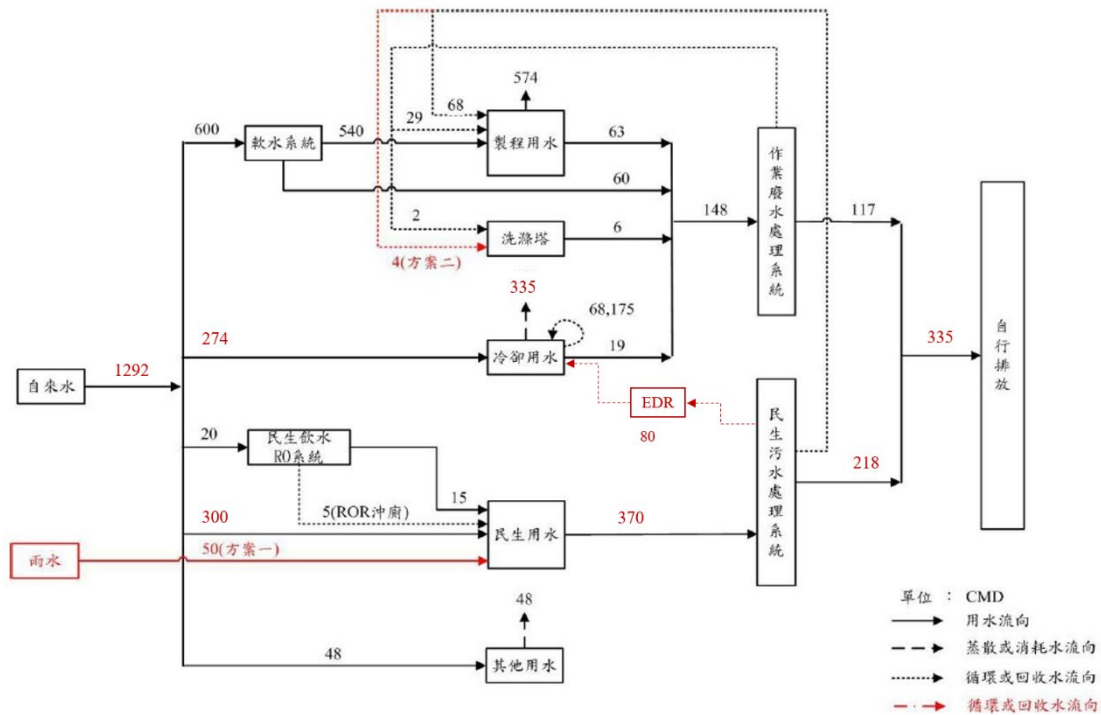


圖 37 案例 A 廠用水平衡圖（方案實施後）

## (五) 成本效益分析

### 1. 方案產水成本分析

所建議之輔導水回收方案，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，建議之節水措施，為雨水貯留利用措施，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 17 所示。

表 17 水回收設施經費分析

| 項目           | 方案內容    | 產水量<br>(CMD) | 總建設<br>成本<br>(元) | 單位產水成本<br>(元/噸) |      | 單位產水<br>總成本<br>(元/噸) | 年營運成本<br>(元/年) | 產水<br>總成本<br>(元/年) |
|--------------|---------|--------------|------------------|-----------------|------|----------------------|----------------|--------------------|
|              |         |              |                  | 建設              | 營運   |                      |                |                    |
| 方案一<br>雨水回收  | 砂濾<br>塔 | 50           | 90,000           | 1.28            | 1    | 2.28                 | 14,040         | 32,011             |
|              | 消毒      |              | 90,000           | 1.28            | 2    | 3.28                 | 28,080         | 46,051             |
| 方案三<br>冷卻水補充 | EDR     | 80           | 2,000,000        | 13.9            | 12.5 | 26.4                 | 360,000        | 760,320            |

註：1.單位建設成本以折舊年限 5 年估算。

2.每月工作天以 21 天計。

3.砂濾及消毒系統建設費以 180,000 元預估，但分析結果僅供參考，實際金額以工程公司報價為主。

## 2. 經濟效益分析

A 公司使用水源為自來水，目前工業區的自來水價格為 12.5 元/噸，原自來水取水量為 1,472 CMD，排放量為 469 CMD，經節水輔導後，自來水取水量降為 1,292 CMD，排放量降為 335 CMD，回收前後費用變化如表 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        | 方案實施前             |                        | 方案實施後              |                         | 節省費用<br>(元/年) |
|-----------|-------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|---------------|
|           | 水量<br>(噸/月)       | 費用<br>(元/月)            | 水量<br>(噸/月)        | 費用<br>(元/月)             |               |
| 自來水<br>費用 | 1472×21<br>=30912 | 30912×12.5<br>=386,400 | 1292×21<br>=27,132 | 27,132×12.5<br>=339,150 | 567,000       |
| 廢水處理費     | 469×21<br>=9849   | 9849×8<br>=78,792      | 335×21<br>=7035    | 7035×8<br>=56,280       | 270,144       |
| 合計        | —                 | 465,192                | —                  | 395,430                 | 837,144       |

註：1.每月工作天以 21 天計。

2.工業用水水價 12.5 元/噸、廢水處理費 8 元/噸。

## 3. 水回收率提升分析

該廠原用水量約為 1,472 CMD，排放量約為 469 CMD，冷卻循環約為 68,175CMD，預計經由實施相關回收方案，可將回收水量提升為 188 CMD，用水量降低為 1,292 CMD，而排放量降低為 335 CMD，改善後全廠回收率 R2 由 6.60% 提高至 14.01%，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                                                                                                                                                                                                                                                               | $97.89\% = \frac{104+68,175}{1,472+104+68,175}$              | $6.60\% = \frac{104}{1,472+104}$               |
| 實施後                                                                                                                                                                                                                                                               | $98.07\% = \frac{104+4+80+68,175}{1,292+50+104+4+80+68,175}$ | $14.01\% = \frac{104+4+80}{1,292+50+104+4+80}$ |
| 註：<br>全廠回收率（重複利用率，R1）= $\frac{\text{總回收水量} + \text{總循環水量（含冷卻、製程及鍋爐循環）}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{總循環水量（含冷卻、製程及鍋爐循環）}} \times 100\%$<br>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. Apec Water · <https://www.freedrinkingwater.com/water-education/quality-water-filtration-method.htm>
2. Enviromatch, Inc. · <http://www.mgccontractors.com/microfiltration/>
3. MGC Contractors, Inc. · <http://www.mgccontractors.com/microfiltration/>
4. Oasis Engineering & Supplies Sdn Bhd. · [http://www.oasis-eng.com.my/products\\_ct4.asp](http://www.oasis-eng.com.my/products_ct4.asp)
5. Research Paper of California Institute of Technology · Kim, C.S. · Increasing Cooling Tower Water Efficiency 2009
6. SPX Cooling Technologies, Inc · <http://spxcooling.com/products/nc-everest>
7. 全澤股份有限公司 · <http://www.molykem.com/new/fiber5.htm>
8. 行政院主計處，中華民國行業標準分類，2016
9. 每日頭條，離子交換的工作原理 · <https://kknews.cc/zh-tw/news/p8pmjn8.html>
10. 佺友股份有限公司 · <http://www.chemyol.com.tw/index.php?do=prod>
11. 工業廢水活性碳處理，工業汙染防治技術手冊，經濟部工業局工業汙染防治技術服務團，財團法人中國技術服務社，1993
12. 林彥呈，經濟日報「產值谷底翻揚 台灣不負自行車生產王國美譽」，2019
13. 活性碳吸附電鍍廢水中 CODCr 的實驗研究，中國污水處理工程網，2015
14. 活性碳的吸附性及在水處理中的作用，承德北方活性碳有限公司，2018
15. 桂盟企業股份有限公司，製造流程圖 · <http://www.kmc-international.com>
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](http://www.rebeng123.com/product_view.php?id=18)
17. Logistion Water Treatment · comparison membrane techniques ·  
<https://www.logisticon.com/en/technologies/membrane-filtration/>
18. 得裕精密壓鑄有限公司，製造流程圖 · <http://www.tedyue.com.tw/tc/service.php>

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. 產業價值鏈資訊平台，醫療器材產業鏈簡介，  
<http://ic.tpex.org.tw/introduce.php?ic=C200>
22. 盛義實業，冷卻循環水處理裝置 EMIIR SRDEC-CT 提案書，2016
23. 莊清榮等，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
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，2017
27. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2015
28. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2016
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. 經濟部商業司，育樂用品業產業分析，2003
32. 經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2017
33. 經濟部統計處，產業經濟統計簡訊，2016
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
35. 寶閥精密工業，<http://www.kingtech-valve.com.tw/default.asp>，2018

## 其他運輸工具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、鄭湘漣

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



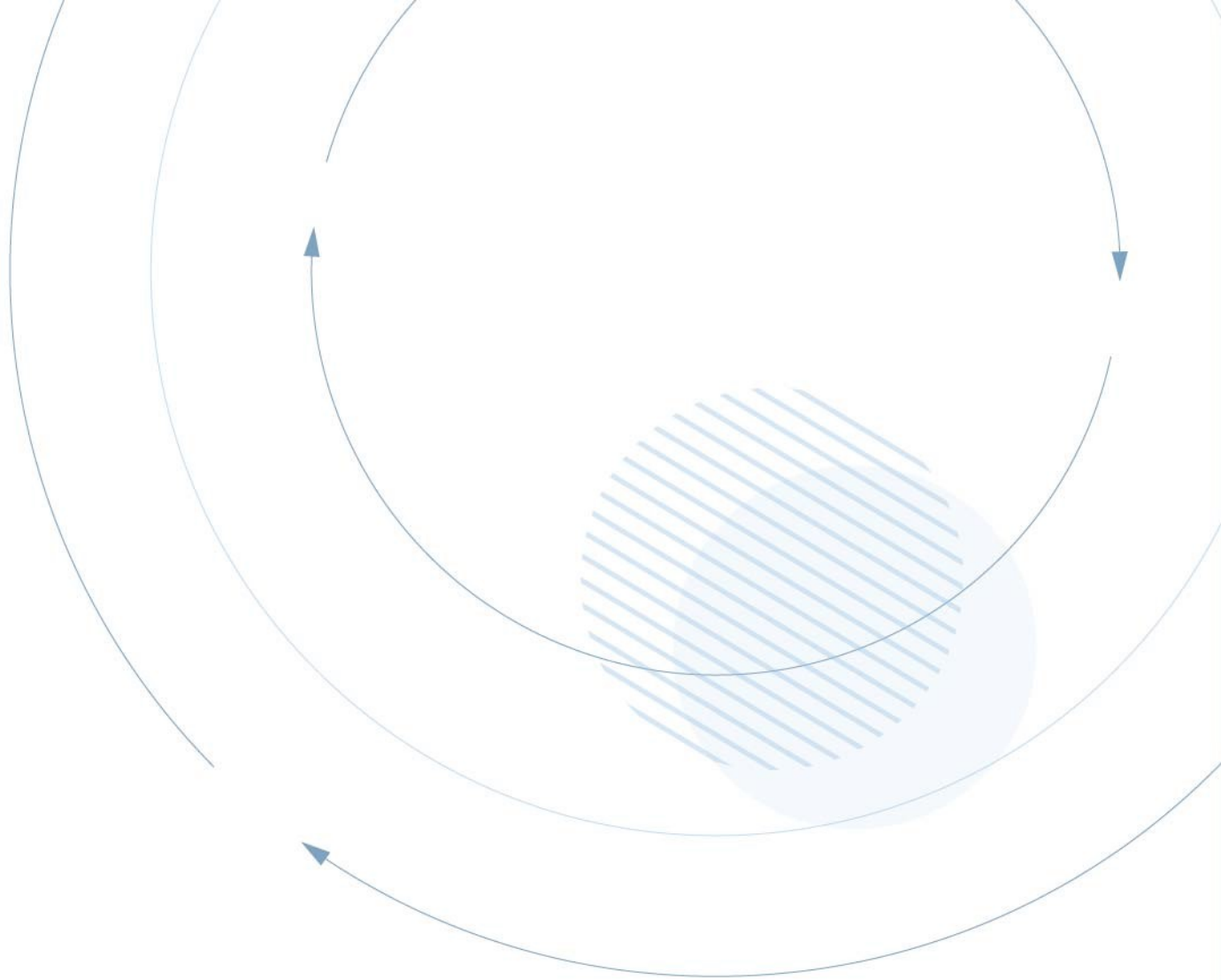


## 其他運輸工具及其零件製造業產業用水最適化及節水技術指引 勘誤表

| 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

