



電力設備及配備製造業

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	5
(一) 發電、輸電及配電機械製造業	5
(二) 電池製造業	6
(三) 電線及配線器材製造業	7
(四) 家用電器製造業	7
三、 主要用水標的與用水情形	9
第二章 水利三法相關子法、辦法事宜	11
一、 用水計畫審核管理辦法	11
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	12
三、 再生水用於工業用途水質基礎建議值	13
第三章 用水最適化及回收再利用技術	15
一、 製程用水最適化及回收再利用技術	15
(一) 用水最適化	16
(二) 水回收技術	18
二、 冷卻用水最適化及回收再利用技術	20
(一) 用水最適化	20
(二) 水回收技術	24
三、 鍋爐用水最適化及回收再利用技術	31
(一) 用水最適化	31
(二) 水回收技術	33
四、 放流水回收再利用技術	35
五、 其他水回收技術	40
(一) 生活用水減量	40
(二) 廠內用水管理	41
(三) 雨水貯留供水系統	41
(四) 區域水資源整合	42
(五) 裝設連續監測系統	43
六、 小結	44
第四章 水回收再利用案例介紹	45
一、 案例 A 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	48
二、 案例 B 廠簡介	50
(一) 案例廠簡介	50
(二) 製程流程	50
(三) 廠內用水管理情形	51
(四) 用水效率提升方案	51
(五) 成本效益分析	53
第五章 參考文獻	55

圖 目 錄

	頁次
■ 圖 1 電力設備及配備製造業生產價值百分比	4
■ 圖 2 直流馬達製造流程圖	5
■ 圖 3 電池清洗流程圖	6
■ 圖 4 電線電纜製造流程圖	7
■ 圖 5 電冰箱製造流程圖	8
■ 圖 6 電冰箱鈹金元件噴粉製造流程圖	8
■ 圖 7 電力設備及配備製造業用水結構分析	9
■ 圖 8 電力設備及配備製造業製程廢水水質特性	15
■ 圖 9 製程用水最適化及水回收技術	16
■ 圖 10 噴淋清洗機設備圖	16
■ 圖 11 蒸汽產生器及冷凝水回收管線圖	17
■ 圖 12 砂濾過濾系統設備圖	18
■ 圖 13 離子交換樹脂原理示意圖	19
■ 圖 14 冷卻用水最適化及水回收技術	20
■ 圖 15 濃縮倍數與排放損失關係圖	21
■ 圖 16 冷卻水塔加藥示意圖	22
■ 圖 17 冷卻水塔防飛濺防護設備圖	23
■ 圖 18 冷卻水塔蒸發回收系統圖	24
■ 圖 19 消霧節水冷卻塔設備圖	25
■ 圖 20 旁流過濾系統處理原理示意圖	26
■ 圖 21 陶瓷球水處理系統理論圖	28
■ 圖 22 陶瓷球水處理系統設備圖	28
■ 圖 23 電透析薄膜處理系統原理示意圖	29
■ 圖 24 逆滲透薄膜與倒極式電透析脫鹽技術比較圖	30
■ 圖 25 鍋爐用水最適化及水回收技術	31
■ 圖 26 開放式冷凝水回收系統原理示意圖	33
■ 圖 27 密閉式冷凝水回收系統原理示意圖	34
■ 圖 28 放流水回收技術圖	35
■ 圖 29 各種濾膜去除物質比較	36
■ 圖 30 微過濾系統設備圖	36
■ 圖 31 超過濾系統設備圖	37
■ 圖 32 奈米過濾系統設備圖	37

■ 圖 33 逆滲透系統系統設備圖	37
■ 圖 34 超過濾系統處理原理示意圖	38
■ 圖 35 其他水回收技術	40
■ 圖 36 用水管理模式及效益	41
■ 圖 37 雨水回收流程	42
■ 圖 38 雨水回收過濾設備圖	42
■ 圖 39 區域水資源整合型概念圖	43
■ 圖 40 監測連線傳輸設置圖	43
■ 圖 41 電池鉛片及極板製造流程圖	45
■ 圖 42 案例 A 廠用水平衡圖 (方案實施前)	46
■ 圖 43 案例 A 廠用水平衡圖 (方案實施後)	47
■ 圖 44 案例 B 廠製造流程圖	50
■ 圖 45 案例 B 廠用水平衡圖 (方案實施前)	51
■ 圖 46 案例 B 廠用水平衡圖 (方案實施後)	53

表 目 錄

	頁次
■ 表 1 電力設備及配備製造業類別及定義	2
■ 表 2 產業園區用水管理作業原則摘要	12
■ 表 3 再生水用於工業用途分級水質應用方向表	13
■ 表 4 再生水用於工業用途分級水質建議值表	13
■ 表 5 再生水用於工業用途水質基礎建議值	14
■ 表 6 濃縮倍數與節省水耗消耗比較表	21
■ 表 7 台灣中部地區冷卻水塔蒸發回收分析表	25
■ 表 8 冷卻水塔蒸發回收之成本分析	25
■ 表 9 纖維過濾與傳統砂濾比較表	27
■ 表 10 冷卻排放水以倒極式電透析回收產水水質實例	30
■ 表 11 冷卻排放水以倒極式電透析回收之成本分析	30
■ 表 12 開放式及密閉式冷凝水回收系統差異分析	34
■ 表 13 各薄膜過濾特性比較分析表	38
■ 表 14 超過濾處理系統經費分析	39
■ 表 15 電力設備及配備製造業各用水標的建議之最適化與回收再利用技術彙整	44
■ 表 16 水回收設施經費分析	48
■ 表 17 水回收方案實施前後用水量及費用比較表	48
■ 表 18 水回收方案實施前後水回收率變化	49
■ 表 19 雨水截流系統設計值	52
■ 表 20 水回收設施經費分析	53
■ 表 21 水回收方案實施前後用水量及費用比較表	54
■ 表 22 水回收方案實施前後水回收率變化	54

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)，電力設備及配備製造業為從事發電、輸電、配電機械、電池、電線及配線器材、照明設備及配備、家用電器等電力設備及配備製造之行業，如發電、輸電、配電機械、電池、電線等之行業，依行業標準分類別可細分如表 1 所示。另依經濟部統計處統計，電力設備及配備製造業產值約為新台幣 3,884.3 億元，以電線及電纜製造業產值占比較高，約占電力設備及配備製造業產值 38.88%，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）。

在電力設備製造及配件製造業中，以各項電力及發電設備機件之製造為大宗，上可涵蓋工業、營造及交通等所需之工具及設備，下至民生家電器材等相關產品及零組件製造皆涵蓋在本製造業範圍之內。

電池製造業又可稱作能源產業，不僅在交通工具中扮演要角，更廣泛運用在大型電腦及不斷電系統等，目前我國電池製造業以大型二次電池鉛酸蓄電池為主，部分廠商已轉往價值性較高之新型二次電池的製造；輸電、配電、發電機械製造業，由於產品體積、重量級容量多數具有大的特徵，因此本製造業又可稱為重電產業；電線及配線器材製造，為電子器材等產品之必備媒材，產業關聯性高、市場潛力大，加上有關基礎建設計畫的推動，因此帶動本產業創新穩定之成長；照明設備製造業，已從過去單一功能性需求提升至美學及節能兼具之照明燈飾；有關家用電器製造業，為因應全球的生活品質提升，不僅是功能性走向節能、智能化，商品的外觀設計更趨近精緻化（勞動部，行業職業就業指南-電力設備製造業，2017）。

目前本製造業由於部分產業外移，近年已走向衰減之趨勢，為此，我國針對電力設備材料技術、外觀品質、製程技術等方面進行研發專業人才支配培育，藉此提升產業競爭力（資料來源：勞動部，行業職業就業指南-電力設備製造業，2017）。

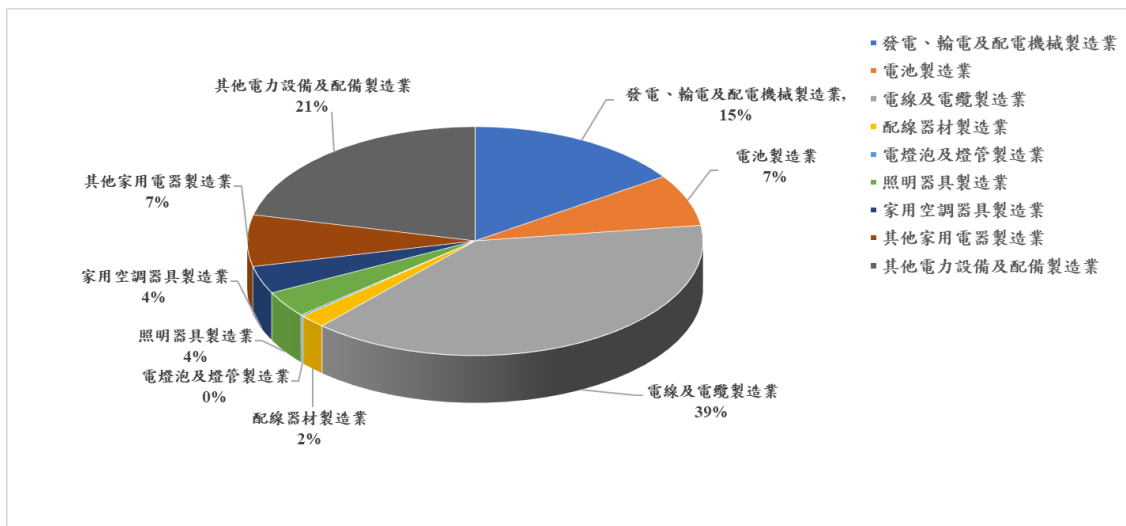


■ 表 1 電力設備及配備製造業類別及定義

分類編號				行業名稱及定義
大類	中類	小類	細類	
C	28			電力設備及配備製造業 從事發電、輸電、配電機械、電池、電線及配線器材、照明設備及配備、家用電器等電力設備及配備製造之行業。 不包括： 電子產品製造歸入 27 中類「電腦、電子產品及光學製品製造業」之適當類別。
		281	2810	發電、輸電及配電機械製造業 從事發電、輸電、配電機械製造之行業，如發電、配電設備及其專用變壓器、電動機、發電機、大電流控制開關及配電盤設備、電力用繼電器及工業用電力控制設備等製造。 不包括： 電動機金屬外殼製造歸入 2599 細類「未分類其他金屬製品製造業」。 電子零組件型態之變壓器及開關製造分別歸入 2620 細類「被動電子元件製造業」及 2699 細類「未分類其他電子零組件製造業」。 配線用電路開關（如按鈕式、切換式）製造歸入 2832 細類「配線器材製造業」。 電力用換流器、整流器及變流器製造歸入 2890 細類「其他電力設備及配備製造業」。 渦輪發電機組製造歸入 2931 細類「原動機製造業」。 汽車用啟動馬達及發電機等電力設備製造歸入 3030 細類「汽車零件製造業」。
		282	2820	電池製造業 從事電池製造之行業，如原電池（內含二氧化錳、氧化汞、氧化銀等）、電力用蓄電池及其零件（隔離板、容器、蓋子）、鉛酸電池、鎳鎘電池、鋰電池、乾（濕）電池等製造。 不包括： 太陽能電池製造歸入 2643 細類「太陽能電池製造業」。 燃料電池製造歸入 2890 細類「其他電力設備及配備製造業」。
		283		電線及配線器材製造業 從事電線、電纜及配線器材製造之行業。
			2831	電線及電纜製造業 從事電線及電纜（含光纖電纜）製造之行業。 不包括： 電腦用連接線、印表機連接線、USB 連接線及其他電子連接線、連接器之製造歸入 2699 細類「未分類其他電子零組件製造業」。 汽車用電纜組件及電線束之製造歸入 3030 細類「汽車零件製造業」。
			2832	配線器材製造業 從事供控制電力迴路之配線器材製造之行業，如電力匯流排、電力連接器、接地短路保護裝置（GFCI）、配線用固定燈座、避雷器、配線用開關、接線盒、開關箱、電線導管及配件、傳輸桿、架線五金器具、塑膠製未載電配線器材（如分線箱、面板、配線槽）等製造。 不包括： 陶瓷絕緣體製造歸入 2329 細類「其他陶瓷製品製造業」。 電子零組件之連接器、插座及開關製造歸入 2699 細類「未分類其他電子零組件製造業」。 大電流控制開關製造歸入 2810 細類「發電、輸電及配電機械製造業」。
		284		照明設備及配備製造業 從事電燈泡、燈管及照明器具等製造之行業。
			2841	電燈泡及燈管製造業 從事電燈泡及燈管製造之行業。

分類編號			行業名稱及定義
		2842	照明器具製造業 從事電力照明設備、配備及其零件製造之行業，如吊燈、檯燈、手電筒、聚光燈、道路照明燈具等製造；以木炭、瓦斯、汽油、煤油等為燃料之非電力照明設備及配備製造亦歸入本類。 不包括： 廣告燈箱製造依材質歸入 C 大類「製造業」之適當類別。 用於照明器具之載電配線器材製造歸入 2832 細類「配線器材製造業」。 具有照明裝置之天花板風扇製造歸入 2859 細類「其他家用電器製造業」。 電力交通號誌設備，如紅綠燈及行人號誌設備製造歸入 2890 細類「其他電力設備及配備製造業」。 汽車燈座製造歸入 3030 細類「汽車零件製造業」。
	285		家用電器製造業 從事家用空調器具、電冰箱及其他電器製造之行業。
		2851	家用空調器具製造業 從事家用冷氣機、除濕機及加濕器製造之行業。 不包括： 產業用中央冷氣系統設備製造歸入 2939 細類「其他通用機械設備製造業」。
		2859	其他家用電器製造業 從事 2851 細類以外家用電器製造之行業，如家用電冰箱、洗衣機、乾衣機、脫水機、電扇、通風機、電鍋、烤麵包機、微波爐、吹風機、果汁機、按摩椅（器）、吸塵器、電動牙刷、電鬍刀、排油煙機、洗碗機、空氣清淨機等製造；瓦斯爐、瓦斯熱水器等製造亦歸入本類。 不包括： 產業用洗衣設備及家用縫紉機製造歸入 2924 細類「紡織、成衣及皮革生產用機械設備製造業」。 產業用電扇、通風機、飲水設備、太陽能熱水器（系統），及冷凍箱（櫃）製造歸入 2939 細類「其他通用機械設備製造業」。
289		2890	其他電力設備及配備製造業 從事 281 至 285 小類以外電力設備及配備製造之行業，如固態電池充電器、電力自動門裝置、電鈴、超音波洗滌機、不斷電設備（UPS）、電子計分板、電力交通號誌設備、燃料電池、具連接頭之延長線等製造；電力用之電容器、電阻器、換流器、整流裝置等製造亦歸入本類。 不包括： 玻璃絕緣體製造歸入 2319 細類「其他玻璃及其製品製造業」。 陶瓷絕緣體製造歸入 2329 細類「其他陶瓷製品製造業」。 電動機（馬達）用定子與轉子之鐵心，如以鐵粉為原料，利用粉末冶金技術製造歸入 2542 細類「粉末冶金業」；如以砂鋼片為原料，利用沖壓技術製造歸入 2599 細類「未分類其他金屬製品製造業」。 定溫器製造歸入 2751 細類「量測、導航及控制設備製造業」。 電動機（馬達）專用零組件如定子、轉子及線圈等製造歸入 2810 細類「發電、輸電及配電機械製造業」。 電力配線用開關及電插座製造歸入 2832 細類「配線器材製造業」。 非電動熔接及焊接設備製造歸入 2939 細類「其他通用機械設備製造業」。 汽車專用電力設備，如發電機、火星塞、點火線裝置、電動門窗系統、電壓調節器等製造歸入 3030 細類「汽車零件製造業」。 實驗室及醫學用超音波洗滌機製造歸入 3329 細類「其他醫療器材及用品製造業」。

（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 電力設備及配備製造業生產價值百分比

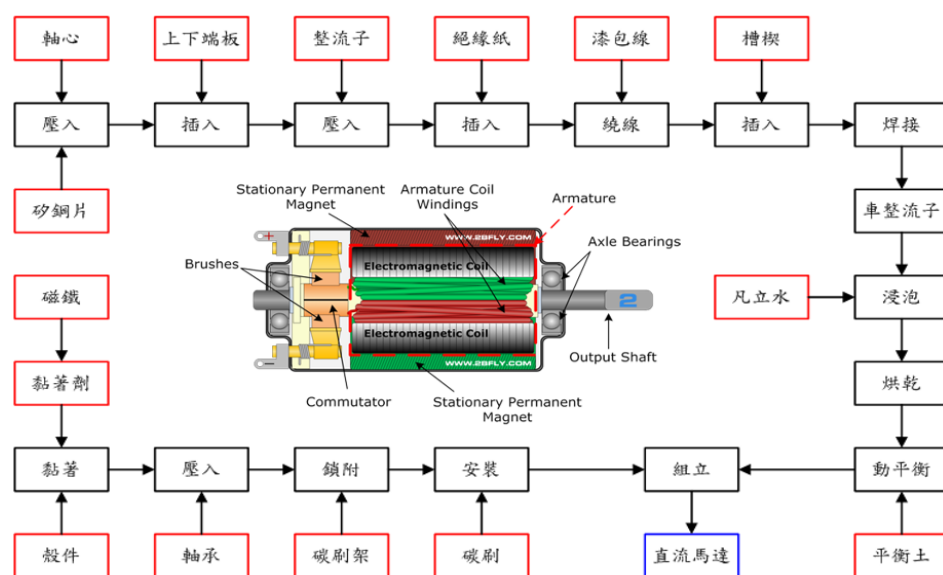
二、製程特性

(一) 發電、輸電及配電機械製造業

在發電、輸電及配電機械製造業中，所包含的製造產品如：發電、配電設備及其專用變壓器、電動機、發電機、大電流控制開關及配電盤設備、電力用繼電器及工業用電力控制設備等產品，由於產品種類多樣，但相關產品主要目的為透過有關機件進行電能或動能的生產製造，因此本小節將以直流馬達為例，進行相關製程概述。

馬達 (**Motor**) 或稱電動機，是最常應用於工業及周邊設備的元件。依結構及供電方式，馬達有許多種類，需依其固有特性及所欲驅動的負載謹慎選用。各類馬達都有共通性，馬達的操作原理可以淺顯直覺，易於理解，各種馬達的增能驅動則是產品的主要關鍵 (經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2016)。

以直流馬達為例，其製造流程如圖 2 所示，由圖可知，在作業過程中，主要製程行為多屬零件組立，因此製程作業多為乾製程，實際製程用水主要來自於零組件的攻牙、塗裝及脫脂水洗，有部分行業生產作業則包含產品外殼電鍍。



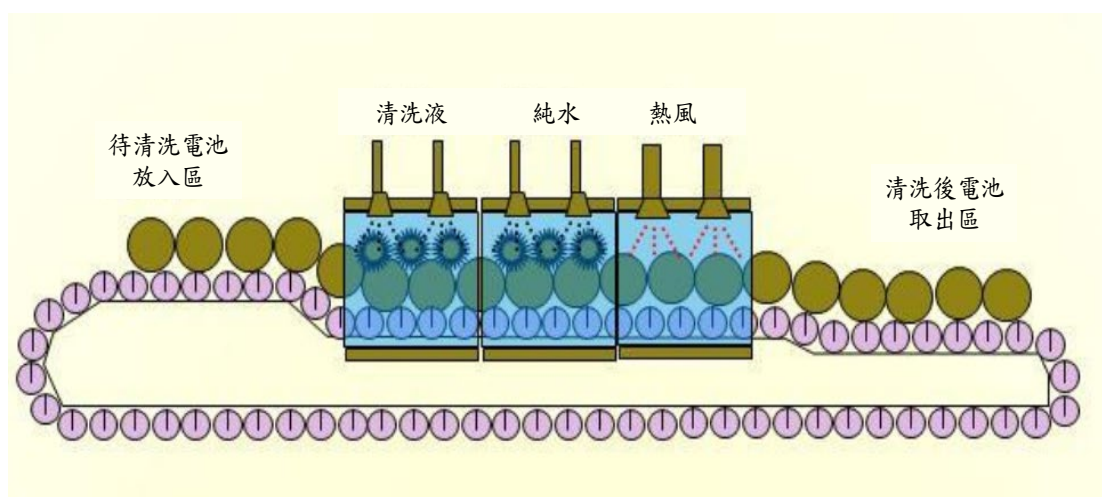
(資料來源：路昌工業股份有限公司，馬達生產與製造 (直流馬達))

圖 2 直流馬達製造流程圖

(二) 電池製造業

電池的廣義定義係指預先儲存好的能量轉成電能的裝置，目前市面上除了常見的一般乾電池、一次性鋰電池之外，各種 3C 產品、汽機車等日常生活中的可充電電池亦包括在本範疇之內。

以鋰電池為例，主要是以正極鋰合金氧化物、液體有機電解液和負極碳材組成，在正負極之間以隔離膜將正負極隔開以避免短路，而液體有機電解液則含在多孔隙的塑膠隔離膜中，負責離子電荷的傳導工作；有關生產程序大致可分成：正/負極配料、塗布、輥壓、分切、烘烤、卷繞、入殼、點焊、烘烤、注液、焊帽、清洗等工作項目才得以出貨，其中，主要用水行為在於完成焊帽後的一次清洗，電池清洗流程如圖 3 所示。



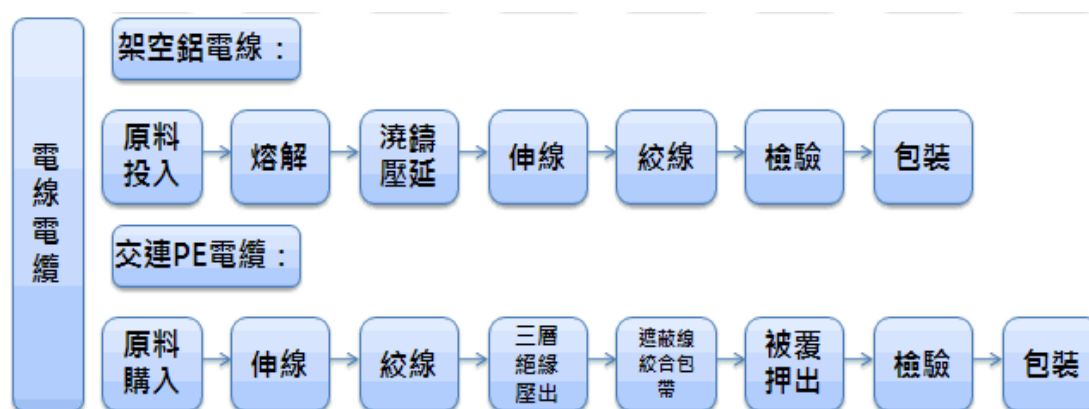
(資料來源：圖解動力鋰電池整個製作過程)

■ 圖 3 電池清洗流程圖

(三) 電線及配線器材製造業

電線電纜的製造與大多數機電產品的生產模式不盡相同，機電產品通常採用將另件裝配成部件、多個部件再裝配成單台產品，產品以台數或件數計量。電線電纜是以長度為基本計量單位。所有電線電纜都是從導體加工開始，在導體的週邊一層一層地加上絕緣、遮罩、成纜、護層等工序而完成電線電纜產品的製作，產品結構越複雜，疊加的層次就越多。

其製造流程主要可分為三類，分別為拉制、絞制、包覆三種工藝（中國強弱電智能化網，每日頭條，2017），以架空鋁電線及交連聚乙烯電纜為例，其製造流程如圖 4 所示。廠家在製造電纜時，部分是由銅板溶解開始生產，因此製造流程會多一道銅爐冷卻用水，部分則是直接採用銅線進行伸線加工等程序來製造電纜、漆包線。



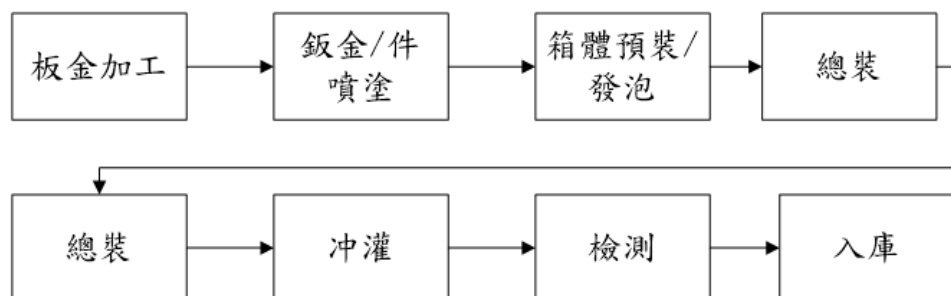
（資料來源：財經知識庫，中華電線電纜股份有限公司）

圖 4 電線電纜製造流程圖

(四) 家用電器製造業

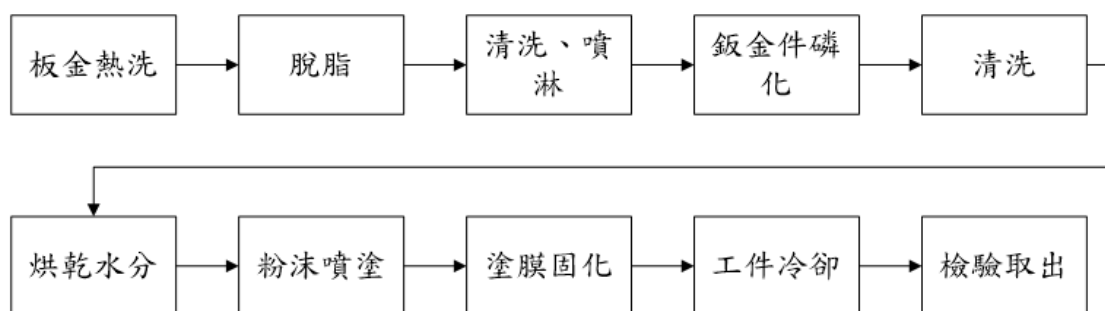
所謂家用電器製造業係指製造家用空調器具、電冰箱及其他電器等，因家用電器設備種類繁多，以下將以電冰箱為例，進行本製造業生產作業相關概述。

電冰箱生產作業中，主要製造流程如圖 5 所示，其中鈹金元件的噴塗有較大的用水。板金透過沖孔、切邊成形後，為使得商品能具有多樣化的色彩，吸引消費者的選購意願，因此多數廠家會進行噴粉作業，其相關製造流程如圖 6 所示，其中的製造清洗、固化冷卻作業為本製造業主要用水（互動百科，噴粉工藝）。



(資料來源：電冰箱生產的過程介紹)

■ 圖 5 電冰箱製造流程圖

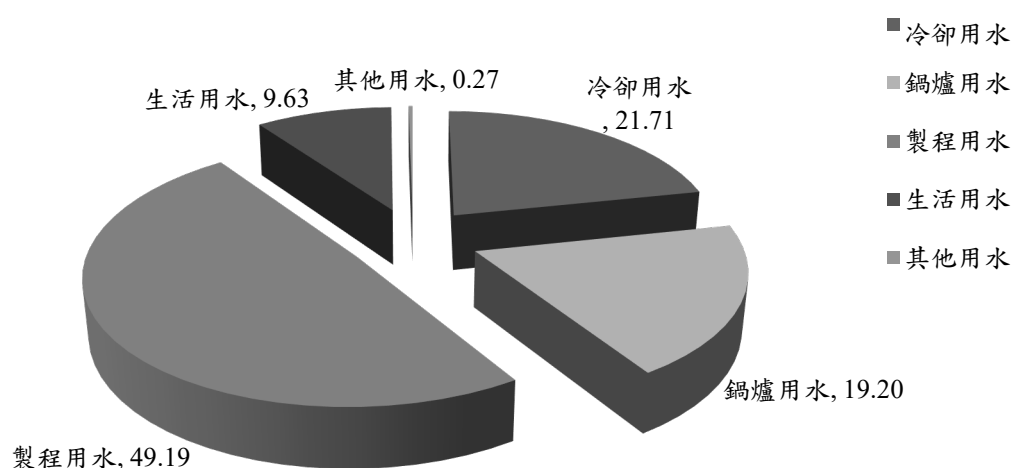


(資料來源：電冰箱生產的過程介紹，2017)

■ 圖 6 電冰箱鍍金元件噴粉製造流程圖

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，電力設備製造業全國占地面積為 721.43 公頃，其年用水量約為 33.54 百萬立方公尺，在台灣地區工業用水量占 2.03%，與各產業用水量比較排名第 14（經濟部水利署，工業用水量統計報告，2017）。電力設備及配備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。由於電力設備及配備製造業中因機電設備箱體表面處理等作業項目需要大量用水，因此製程用水比例可高達 49.19%，用水結構分析如圖 7 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 7 電力設備及配備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，申報前半年現況用水情形外，對於後續之查核機制、供水調度及裁罰機制等亦詳列於條文中，希冀透過本原則之擬訂，可強化區內穩定供水之目標。

表 2 產業園區用水管理作業原則摘要

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		

水質參數	Class A	Class B	Class C
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：

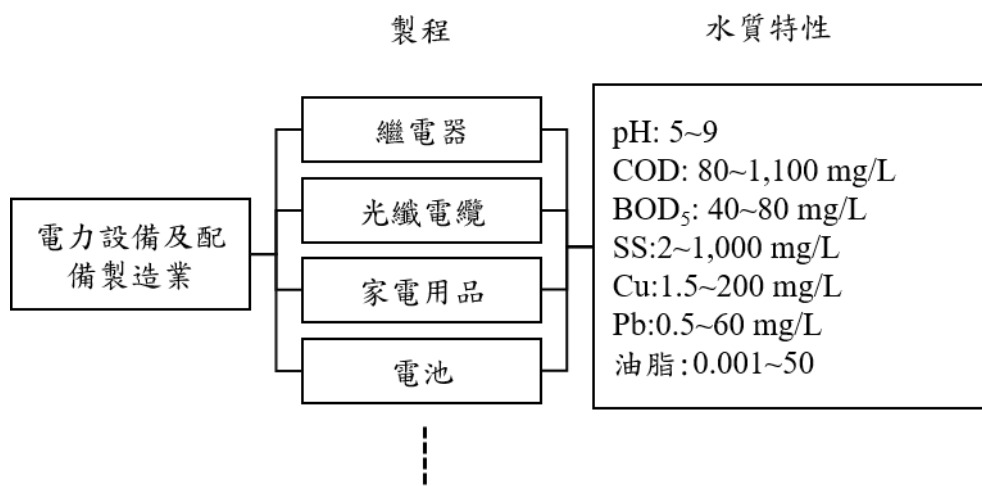
1. 本基礎建議值之擬訂，係以供製程及鍋爐用水之原水，並近似自來水水質為原則。
2. 本建議值所列水質項目與數值僅作為再生水供需媒合協商之參考基礎，不限於此，若使用者另有特殊處理程序、水質項目與數值之需求，應另行協商制定之。
3. 本基礎建議值所指各類工業用水用途，其定義係參照經濟部經授水字第 10620211140 號令，「用水計畫書件內容及格式」之附件四、用水平衡圖繪製說明，說明如下：
 - (1) 製程用水：指作為原料的水或製造過程中原料或半成品進行化學反應或物理作用所需的水。同時亦包括作為原料、半成品與成品、機具、設備等與生產有關之清洗用水等，均可歸納為製程用水。
 - (2) 鍋爐用水：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 CNS 10231 B1312 鍋爐規章（鍋爐給水與鍋爐水水質標準）。
5. 再生水用於冷卻用水用途，若冷卻水塔採開放式系統且可能產生飛濺噴沫者，建議可增加大腸桿菌群或總菌落數等水質項目，其基礎值可參考「再生水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

電力設備及配件製造作業中，繼電器、光纖電纜、家用電器及電池等產物製造過程中，雖有部分製造屬於零件組配，乾製程，但於製造過程之冷卻降溫及押出清洗等作業將會產生清洗或降溫廢水，為本行業製程最大量用水來源，相關製程廢水特性如圖 8 所示，各項用水最適化及水回收技術如圖 9 所示，以下將分別說明各方法及回收技術：



■ 圖 8 電力設備及配備製造業製程廢水水質特性

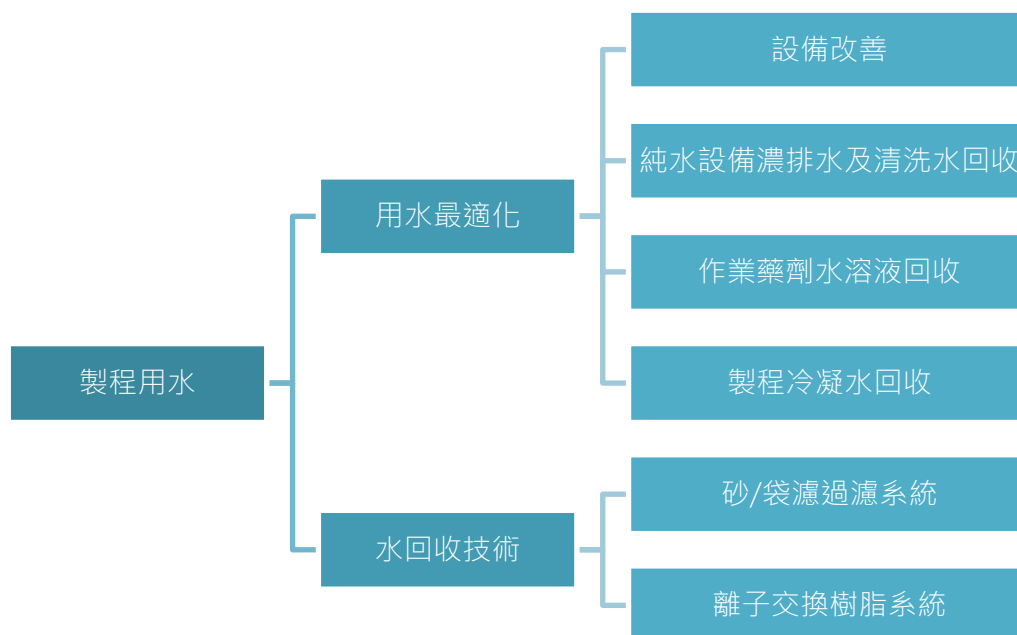


圖 9 製程用水最適化及水回收技術

(一) 用水最適化

1. 設備改善

電力設備製造中如電池製造所使用的清洗、銅爐冷卻用水及家電設備的噴粉作業時的脫脂清洗等將會有用水行為產生，若能將清洗模式改由噴淋或是批次清洗，將可達到降低用水的效益，其實體設備如圖 10 所示。



(資料來源：在線噴淋清洗機，凱爾迪科技股份有限公司)

圖 10 噴淋清洗機設備圖

2. 純水設備濃排水及清洗水回收

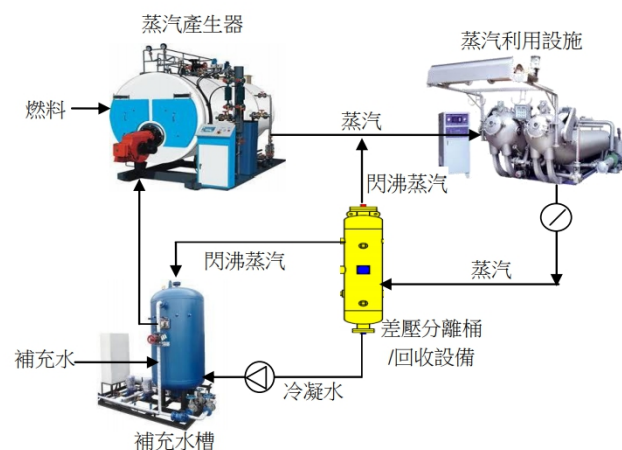
在電力設備產品製造過程中，由於製程作業的需求，部分用水需經過純水或軟水系統處理後才可供應製程使用。在軟水系統的部分，持續生產作業一段時間後，系統逐漸飽和，造成產水效率逐步降低。因此，使用化學藥劑進行再生，恢復系統活性。而反沖洗頻率一般以導電度作為依據，相較於以通過水量視為反沖洗次數評估，導電度評估將更為精確，且可避免過度反洗。當反沖洗作業進行中，經過多次反洗後，其反沖洗水之水質將逐漸提升，後段正洗水質已趨近於自來水，通常水質清澈，具回收再用價值，因此可將該股正洗水回收作為冷卻水塔或洗滌塔補充等次級用水使用；純水系統如逆滲透薄膜 (Reverse Osmosis，簡稱 RO) 濃排水由於水質尚佳，唯導電度較高因此該濃排水可導入水質要求較不嚴苛之用水單元，如：冷卻水塔、洗滌塔等，亦或者將該濃排水與原水源混合後，再度進入純水系統進行產水。

3. 作業藥劑水溶液回收

電力設備製程作業中，有部分生產程序需使用化學藥劑水溶液，若能透過分流回收，可將藥劑水溶液簡易處理回收再利用。如：熱收縮套管生產程序中，會使用乙二醇藥劑，若透過蒸餾設備可將製程使用後之乙二醇廢液經蒸餾設備蒸餾濃縮至濃度 90% 之乙二醇溶液，再回收至製程中使用，以某熱縮套管廠商實施本蒸餾回收措施後，估計可節省廠內約 1.3 CMD (1,250 kg) 之藥劑水溶液。

4. 製程冷凝水回收

電力設備系統作業中，部分作業程序如押出、膨脹等作業需要使用熱水進行製程作業，製程環境產生之熱蒸氣，經由冷卻凝結成冷凝水後，將可收集循環再使用，達到降低原水源取用之效益。圖 11 為蒸汽產生器、相關蒸汽利用設施及冷凝水回收管線及設備等。



(資料來源：行政院環保署，回收冷凝水提高蒸汽系統效率)

圖 11 蒸汽產生器及冷凝水回收管線圖

(二) 水回收技術

1. 砂/袋濾過濾系統

於本製造業中常見的家用電器製造中，沖孔及切邊作業所產生的廢水，在無使用藥劑情況下所產生的廢水，通常僅含有懸浮微粒，水質相對單純，處理難度相對容易，此時透過砂/袋濾過濾在一定的壓力下，使原液通過該介質的觸絮凝、吸附、截留，去除雜質，從而達到過濾的目的。一般常見使用的填充材料為：石英砂、無煙煤、顆粒多孔陶瓷、錳砂等，常見砂濾處理系統如圖 12 所示。

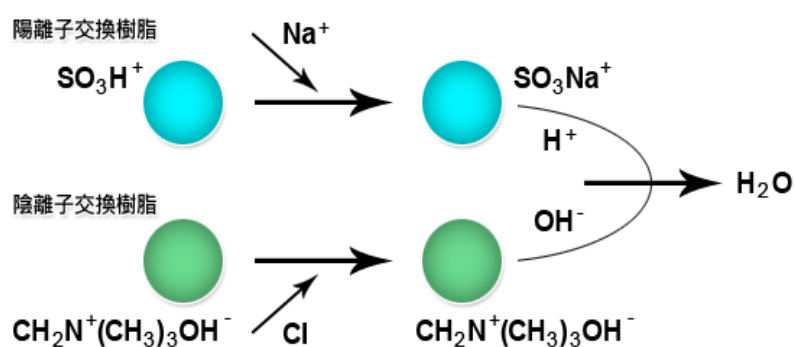


(資料來源：自動逆洗砂濾器，富爾特有限公司)

■ 圖 12 砂濾過濾系統設備圖

2. 離子交換樹脂系統

電力設備生產過程中，部分零組件由於需要進行電鍍以達到防腐防鏽，完成鍍件之產品表面需要透過清洗程序進行表面清洗，在此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：雷鈹科技股份有限公司）

■ 圖 13 離子交換樹脂原理示意圖

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 所示，圖 14 為冷卻用水最適化及水回收常見之相關技術。

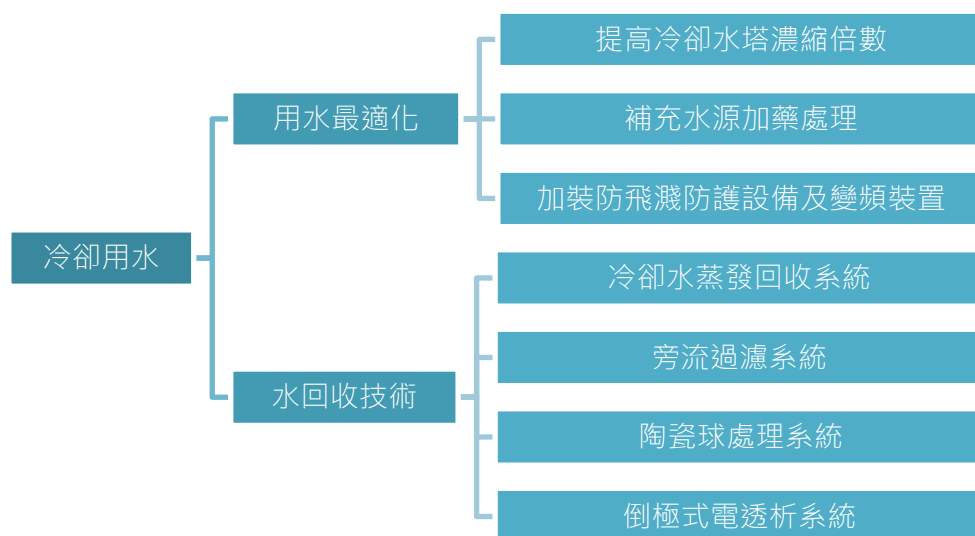


圖 14 冷卻用水最適化及水回收技術

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

$$C = M \text{ (補充水量)} / B \text{ (排水量)}$$

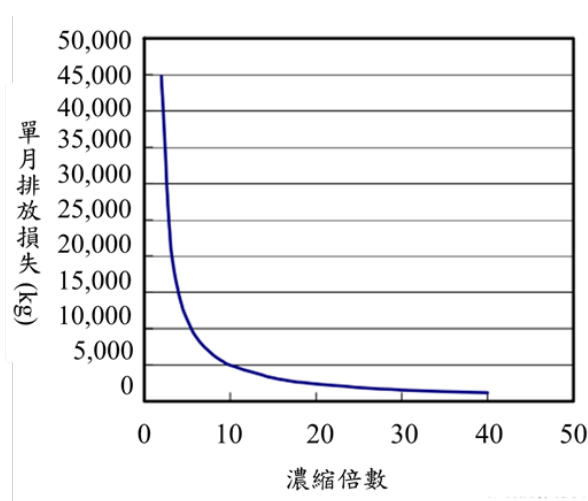
$$= EC_{out} \text{ (排放水導電度)} / EC_{in} \text{ (補充水導電度)}$$

以節約用水觀點而言，提高濃縮倍數，可達到減少排水量、降低加藥量及能源損耗。濃縮倍數節省冷卻用水量之情形如表 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 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 6 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												
原濃縮倍數		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10
	1.5	33%	44%	50%	53%	56%	58%	60%	61%	62%	63%	64%
	2.0		17%	25%	30%	33%	38%	40%	42%	43%	443%	45%
	2.5			10%	16%	20%	25%	28%	30%	31%	33%	34%
	3.0				7%	11%	17%	20%	22%	24%	25%	26%
	3.5					5%	11%	17%	17%	18%	20%	21%
	4.0						6%	11%	13%	14%	16%	17%
	5.0							4%	7%	9%	10%	11%
	6.0								3%	5%	6%	7%

（資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016）



（資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016）

圖 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。

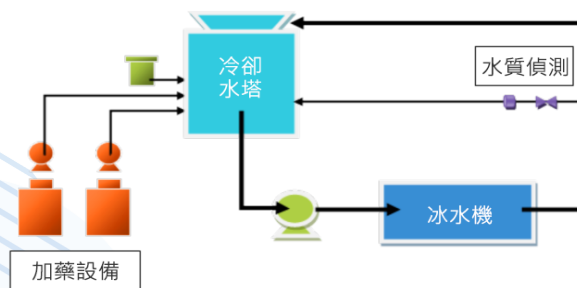
運用替代水源做為冷卻補充用水，其水質之穩定度，可透過藍氏飽和指數 (**Langelier Saturation Index**，簡稱 **LSI**) 做為判定，其計算模式為透過碳酸鈣在水中飽和程度作為積垢的參考指數，計算的公式為： $LSI = pH - pH_s$ ，計算過程所需參數包括：酸鹼值 (**pH**)、**Ca** 硬度、**M** 鹼度 (**Malk**) 及總溶解固體 (**Total Dissolved Solids**，簡稱 **TDS**) 的數據值。首先經由理論公式： $pH_s = pCa (-\log[Ca^{2+}]) + pM_{alk} (-\log[M_{alk}])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

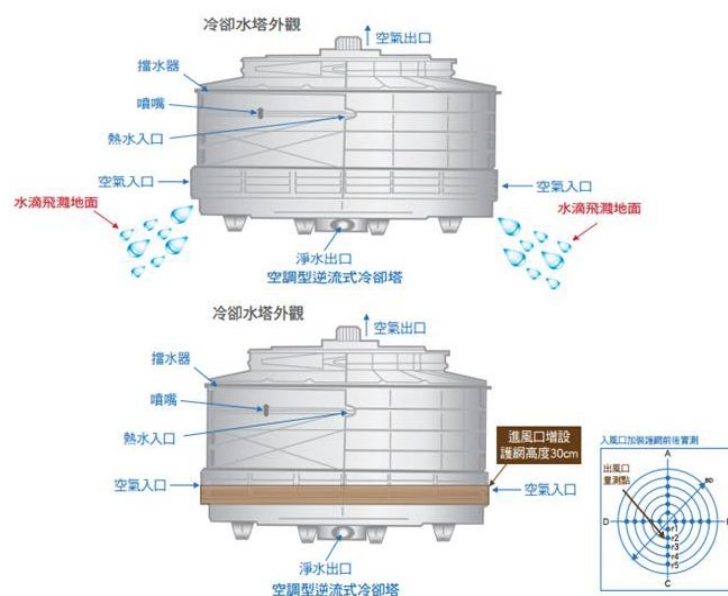


(資料來源：仝友股份有限公司)

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)

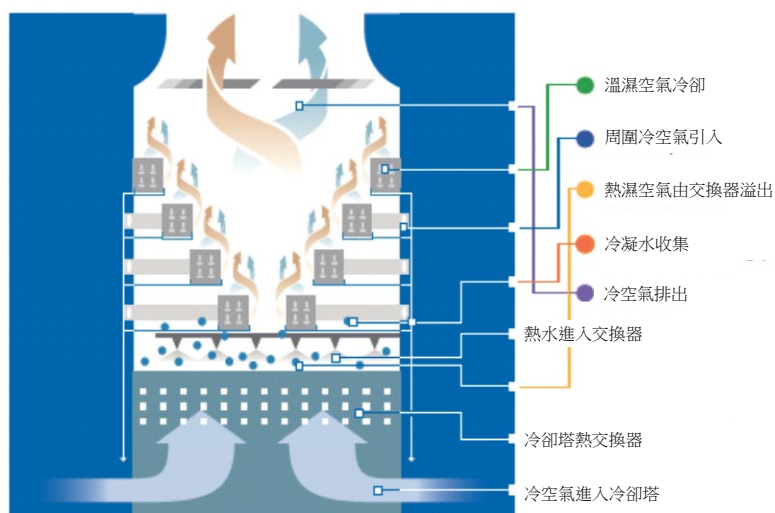
圖 17 冷卻水塔防飛濺防護設備圖

(二) 水回收技術

1. 冷卻水蒸發回收系統

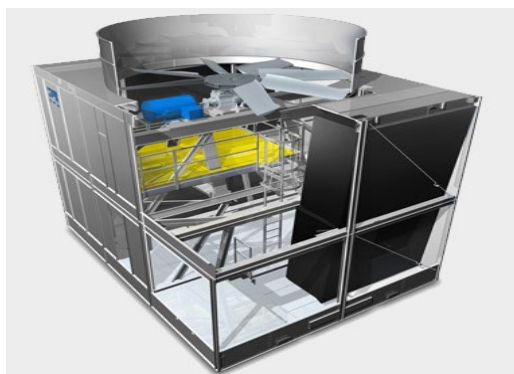
一般造成冷卻水蒸散量大，蒸散比率高之原因包括工廠冷卻循環水量大、風扇風量大及散熱片效率差等。依據研究顯示，典型開放式冷卻水塔耗水量依序為蒸發、排放、濺灑與飛散。因此，降低蒸發損失為主要節水重點（國科會計畫編號 NSC90-2212-E-006-126，邱政勳、謝博丞、林政德，冷卻水塔之節水策略，2005）。

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 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 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 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 (°C)	乾球溫度 (°C)	原蒸發量 (m³/h)	可回收量 (m³/h)	蒸發水量 (m³/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 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	170 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)



電力設備及配備製造業

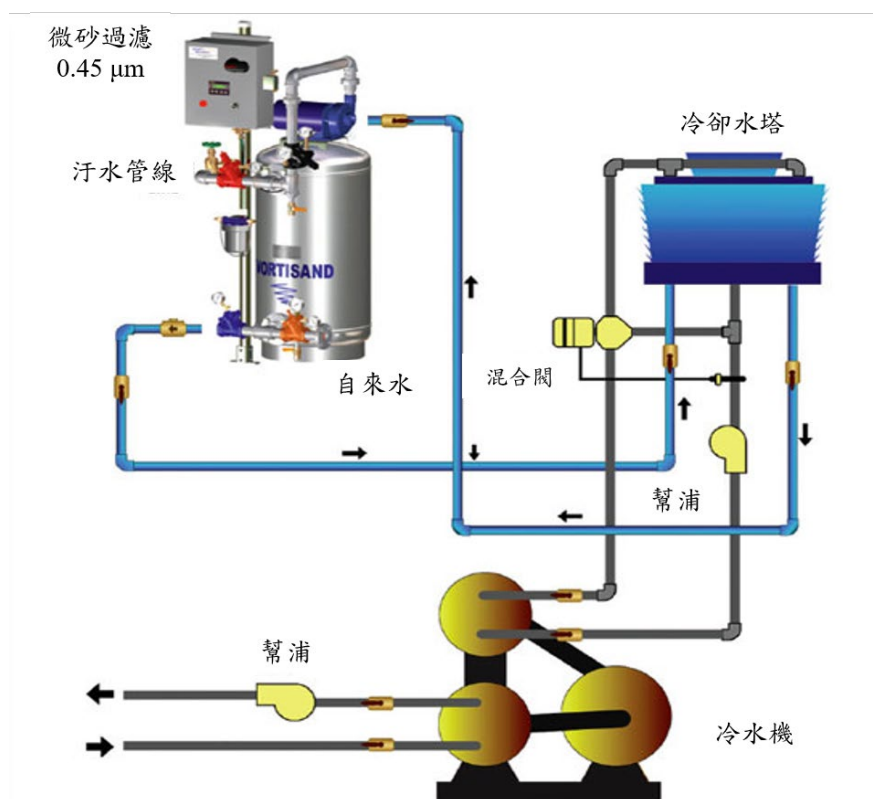
用水最適化及回收再利用技術

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，由於此類雜質具有對水中溶解度低的特性，因此於系統管路上安裝過濾器達到良好效果，圖 20 為旁流過濾處理示意圖。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過濾，但砂濾有反洗水量大、壓力易上升及易結塊等問題，以過濾量 $100 \text{ m}^3/\text{hr}$ 為例與傳統砂濾比較如表 9 所示，因此針對冷卻水塔旁流過濾設施可以透過纖維過濾設備取代傳統砂濾，除反洗水量少外，亦可濾除膠狀物質及鐵、錳。

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 20 旁流過濾系統處理原理示意圖

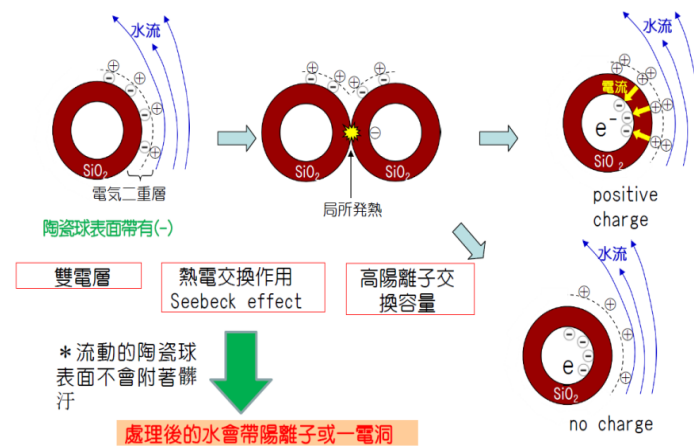
表 9 纖維過濾與傳統砂濾比較表

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

(資料來源：全澤股份有限公司)

3. 陶瓷球處理系統

在循環水處理裝置中，冷卻水流經陶瓷球後帶陽離子， Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等二價陽離子與碳酸鹽等陰離子產生膠體化形成水垢，使得水垢沉積在水流流速低的冷卻水塔水盤中，因此水垢不會附著到管線及熱交換器的管壁上，以減緩管線的腐蝕，可大幅降低排水量來控制濃度，相關設備水處理理論及實體設備如圖 21 及圖 22 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 21 陶瓷球水處理系統理論圖

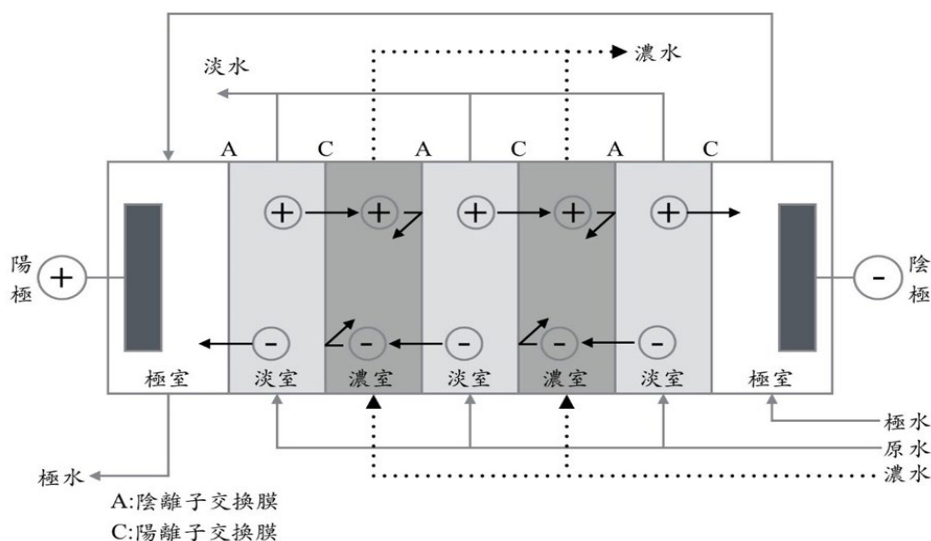


（資料來源：盛義實業，冷卻循環水處理裝置 EMIIR SRDEC-CT 提案書，2016）

圖 22 陶瓷球水處理系統設備圖

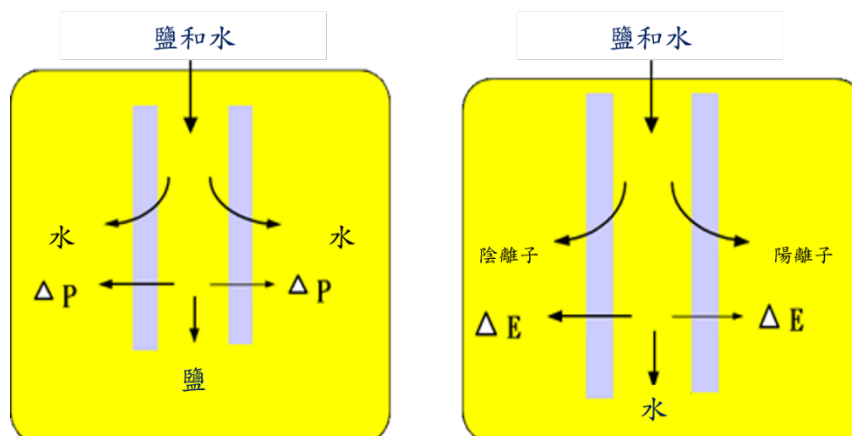
4. 倒極式電透析系統

倒極式電透析 (Electrodialysis reversal, 簡稱 EDR) 主要是利用異相型離子交換膜組成 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 、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 $1,500 \text{ mg/L}$, 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總溶解固體 (Total Dissolved Solids, 簡稱 TDS), 處理後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 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鹽控制技術及處理成本分析，排放水電導鹽控制技術講習會，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脫鹽技術比較圖

國內已有大用水工廠以 **EDR** 進行冷卻排放水回收，此舉除可回收約 **75%** 冷卻排放水外，亦可有效減少冷卻系統循環水之藥劑使用量。表 10 及表 11 為冷卻排放水以 **EDR** 回收後，產出優質再生水之案例及成本分析，生產之再生水水質較自來水佳，更適合作為冷卻水塔補充水。

■ 表 10 冷卻排放水以倒極式電透析回收產水水質實例

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 11 冷卻排放水以倒極式電透析回收之成本分析

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

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

三、鍋爐用水最適化及回收再利用技術

鍋爐用水係指在鍋爐內進行汽化所需之用水，其蒸氣將用於工業生產及發電，由於蒸汽凝結水具有較佳水質，因此適合用於回收再利用，且鍋爐用水循環再利用，多於密閉系統下進行，較無微生物孳生之困擾，但會產生腐蝕及結垢現象，因此藉由除氧、調節 pH 值、添加螯合劑、利用電磁場及脫鹼等控制腐蝕結垢，使得設備得以正常操作並降低用水量，相關用水最適化及水回收技術如圖 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，是目前應用最多且發展最成熟的一種除氧方法。

(2) pH 值控制

由於鍋爐材質為金屬材料，預防鍋爐腐蝕，對於進水應調高 pH 值，常用方式是以添加胺、有機胺或二氧化碳提高 pH 值。

(3) 螯合劑處理

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

(4) 電磁場處理

於鍋爐用水中，利用電磁感應產生的電磁場作用於流體，在電磁場的作用下，水中的鈣、鎂離子處於高速運動的狀態，暫時改變電荷，而無法形成水垢，達到防阻水垢生成的目的。

(5) 脫鹼處理

當鍋爐水質鹼度偏高時，可能會引起水冷壁管的鹼性腐蝕和應力腐蝕破裂，還可能使鍋爐水產生泡沫而影響蒸氣品質，對於鉚接或脹接鍋爐，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

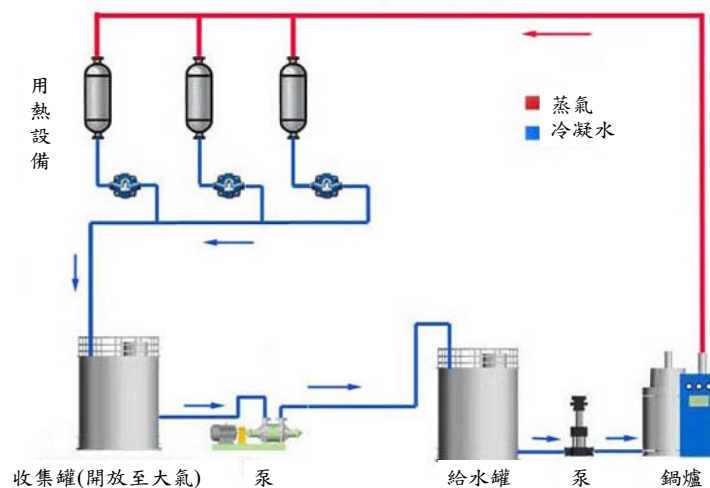
由於鍋爐工作壓力不同，對於水質要求及控制方法上也有所不同。壓力越高的鍋爐，對水質要求亦越高。低壓鍋爐可以在爐內水處理，但一般採用以軟化水作為補充水在爐外處理；中壓鍋爐及部分高壓鍋爐通常採用脫鹼、除二氧化矽、脫鹽和鈉離子交換（中壓鍋爐）後的軟化水作為補充水，在爐內主要採用磷酸鹽處理。

(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 。

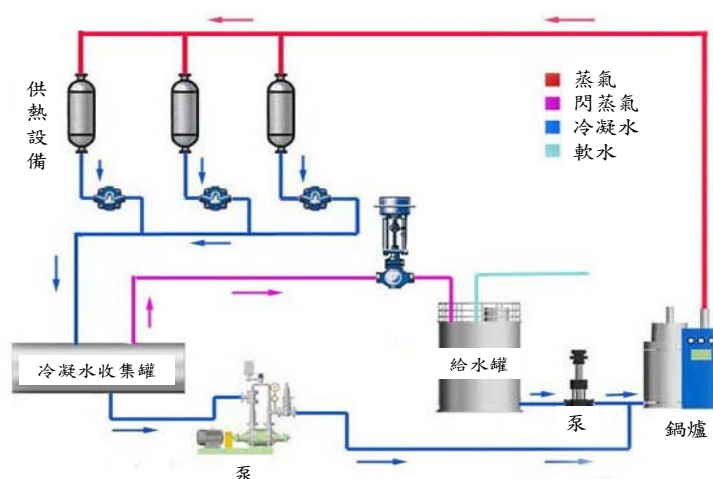


（資料來源：唐山聯鼎蒸汽節能技術開發有限公司）

■ 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℃。

開放式冷凝水回收系統配置較簡單，初期投資較低，但由於收集罐是開放至大氣的，當冷凝水發生閃蒸時，大量的熱量會釋放到空氣中；封閉式的系統的投資成本較高，在設計時也需要考慮較複雜的參數，例如調節閃蒸氣的專用閥等，但可回收的熱量比開放式系統來得高，相較開放式的冷凝水回收系統可節省更多能源，此兩者回收系統比較如表 12 所示。



（資料來源：唐山聯鼎蒸汽節能技術開發有限公司）

圖 27 密閉式冷凝水回收系統原理示意圖

表 12 開放式及密閉式冷凝水回收系統差異分析

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

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

四、放流水回收再利用技術

放流水回收再利用，除可降低廢水納管所衍生之費用外，亦可回收作為原水補充或其他次級用水使用，降低原水取水量。常見的放流水回收再利用技術包括薄膜處理等如圖 28 所示，分別說明如下：



■ 圖 28 放流水回收技術圖

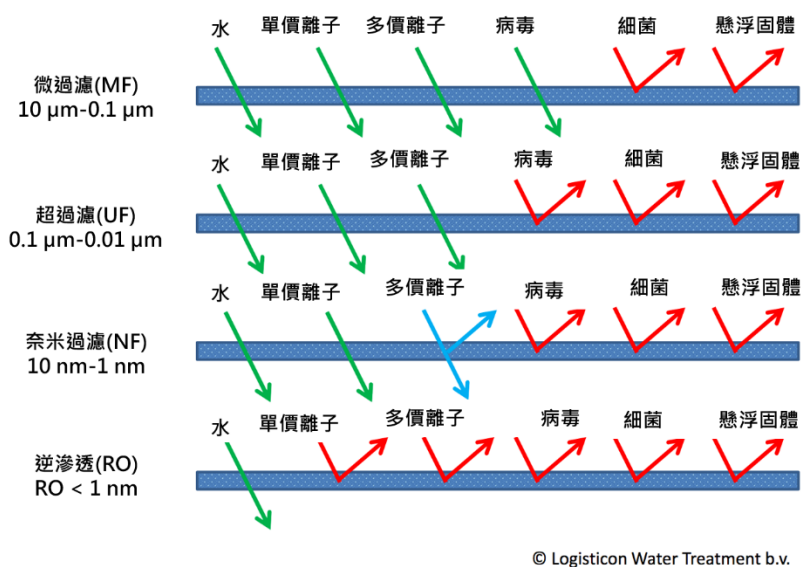
1. 薄膜處理系統

當管末廢水透過前處理設備預處理後，處理效果良好，唯水中含有部分物質無法分離，透過薄膜設備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。

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)。另針對離子態 (如：單價離子及多價離子) 的過濾，則需透過奈米過濾 (**Nanofiltration**，簡稱 **NF**) 及 **RO** 系統 (**Reverse Osmosis**，簡稱 **RO**)，以達到分離之效果，有各類箔膜去除物質比較如圖 29 所示，相關實體設備如圖 30 至圖 33 所示，各薄膜處理技術比較如表 13 所列。



濾膜技術比較



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

圖 29 各種濾膜去除物質比較



(資料來源：卓峰環境科技有限公司)

圖 30 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 31 超過濾系統設備圖



(資料來源：工研院材化所，淨水處理設備介紹)

■ 圖 32 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 33 逆滲透系統設備圖



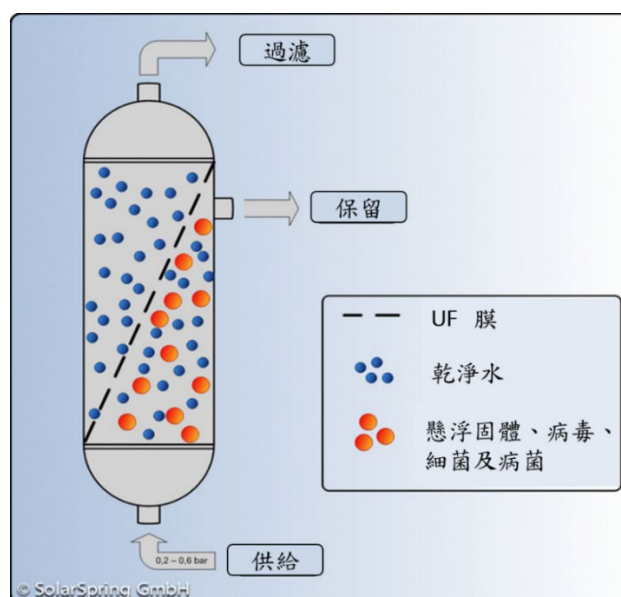
電力設備及配備製造業

用水最適化及回收再利用技術

表 13 各薄膜過濾特性比較分析表

薄膜處理名稱	微過濾 (Microfiltration)	超過濾 (Ultrafiltration)	奈米過濾 (Nanofiltration)	逆滲透 (Reverse Osmosis)
薄膜處理簡稱	MF	UF	NF	RO
膜過濾口徑	0.1 μm	10 nm	1 nm	0.1 nm
膜材質	聚丙烯	中空纖維、聚砵、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，達到有機物和無機物的分離及濃縮。	是滲透的逆向過程，以壓力作為驅動力，利用逆滲透膜只讓水分子或溶劑透過的特性，進行混合物液體的分離
主要功能	去除懸浮固體	去除有機物、懸浮固體、大分子染料	去除病毒、大分子無機離子、大分子有機物、小分子染料、兩價鹽類	完全去除有機物、溶解鹽類、濾過性病毒、細菌

以某廠放流水回收為例，其納管水質良好，pH 為 7.08、化學需氧量 (Chemical Oxygen Demand，簡稱 COD) 為 18.8 mg/L、懸浮固體 (Suspended Solids，簡稱 SS) 為 6.2 mg/L，透過於處理設備後端加裝 UF 系統去除水中懸浮微粒，以提升回收水量，UF 系統處理原理如圖 34 所示，此回收水將可作為部分製程補充或次級用水單元使用，本回收方案建置經費分析如表 14 所列，設備處理原理如圖 34 所示。



(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 34 超過濾系統處理原理示意圖

■ 表 14 超過濾處理系統經費分析

項目	UF 系統
產水量 (CMD)	100
總建設成本 (元)	900,000
單位產水成本-建設 (元/噸)	4.5
單位產水成本-營運 (元/噸)	10.0
單位產水總成本 (元/噸)	14.5
年營運成本 (元)	288,000
產水總成本 (元/年)	416,571

註：1. 單位建設成本以折舊年限 7 年估算。
 2. 每月工作天以 24 天計。
 3. UF 系統初估建設經費 900,000 元，實際建設經費仍以工程公司報價為主。

(資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2016)

2. 倒極式電透析系統

當放流水水質獲得良好處理，唯僅導電度偏高時，為使得該股放流水得以有效回收再利用，透過倒極式電透析 (**Electrodialysis reversal**，簡稱 **EDR**) 可有效透析水中鹽類，此股回收水可視廠內製程需求作為次級用水或導入造水系統取代部分原水。有關 **EDR** 系統運作原理請參考前節所述。

五、其他水回收技術

其他水回收技術減量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 35 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：

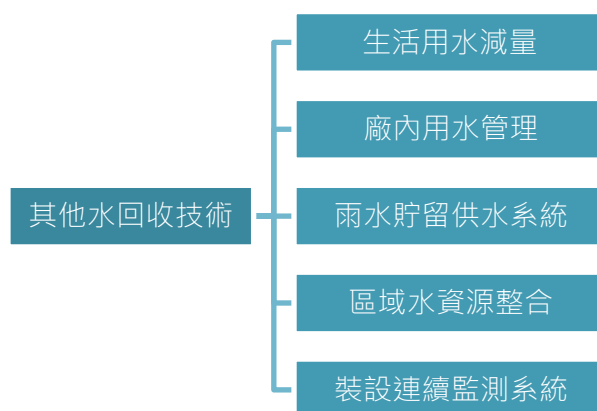


圖 35 其他水回收技術

(一) 生活用水減量

據經濟部水利署公布之單位用水量計算參考，民生類用水量非住宿人員每日用水量 **50 L**，住宿人員則約以 **250 L/天** 做計算，若能經由省水器材加裝及正確的節水觀念，方可減少使用水量及避免水資源的浪費，可施行之節水方案如下：

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

(二) 廠內用水管理

為使得廠內人員能清楚掌握廠內用水流向及用量大小，可於供水之主幹管劃分為製程、民生、鍋爐、洗滌塔...等管線或用水量大之設備加裝水錶、導電度計、pH計等，以得知水源流向，並能作為漏水檢視，降低水源浪費，有關智慧管理執行模式如圖 36 所示。

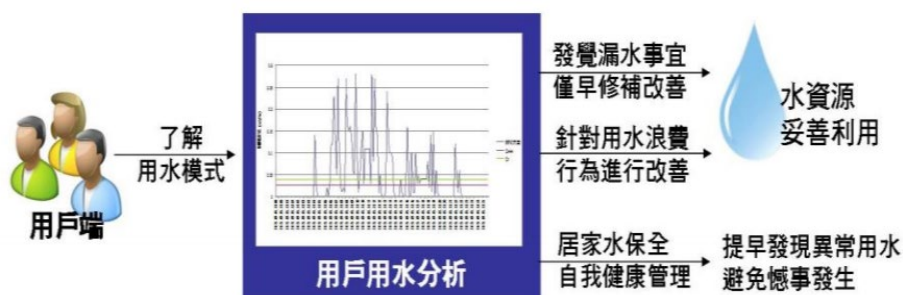


圖 36 用水管理模式及效益

(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 37 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）。

常見雨水過濾設備如圖 38 所示，雨水透過重力流進入過濾器，因內部構造設計，使雨水旋轉產生離心力，並將乾淨雨水甩出至出水口。

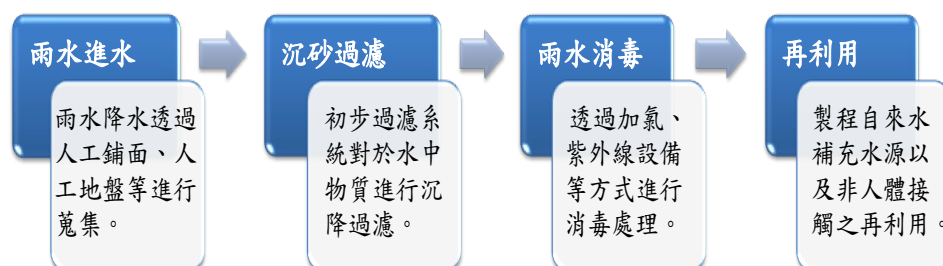


圖 37 雨水回收流程



(資料來源：寶閥精密工業)

圖 38 雨水回收過濾設備圖

(四) 區域水資源整合

為提升水循環再利用，針對管末廢水排放水量大，但水質尚佳的行業，可將該廠放流水規劃回收供給他廠利用，降低工業區內原水取水量，有關水資源整合推動的型態包括以下類型如圖 39 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。

本行業生產作業中，常見用水單元為製程及冷卻，針對製程洗淨及間接冷卻的部分，若鄰近廠商有食品飲料業，由於該產業廢水相對單純，經相關處理程序後，可將該股放流水供應給本製造業作為製程單元清洗使用，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未來將徵收之耗水費相關費用繳納。

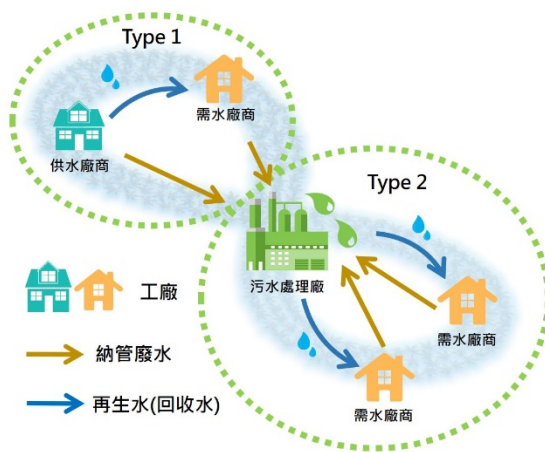
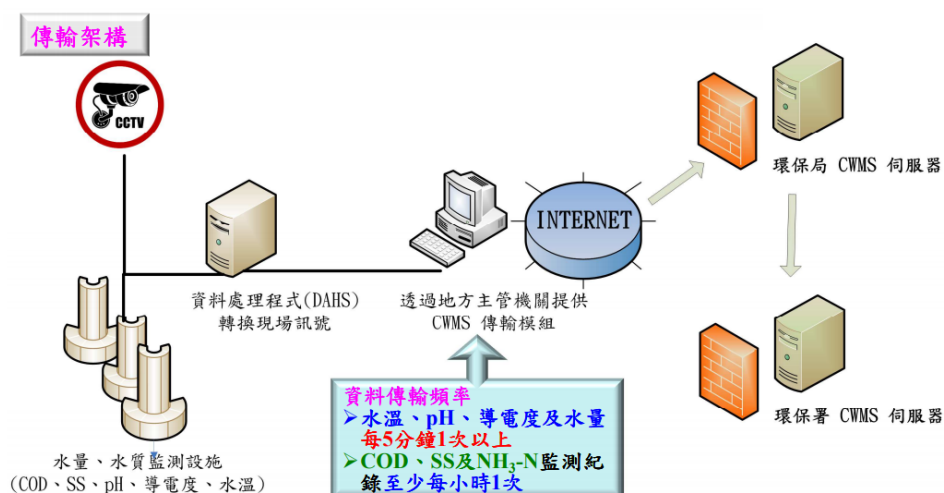


圖 39 區域水資源整合型概念圖

(五) 裝設連續監測系統

若工廠與工業區排放量達行政院環境署之規定，須依據「水污染防治措施及檢測申報管理辦法規定」裝設廢汙水自動監測設施。監測傳輸設置裝置如圖 40 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 40 監測連線傳輸設置圖

六、小結

茲將電力設備及配備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 15。

表 15 電力設備及配備製造業各用水標的建議之最適化與回收再利用技術彙整

用水標的		製程用水	冷卻用水	鍋爐用水	放流水
最適化管理 與回收再利用技術	最適化管理技術				
	回收再利用技術				
	設備改善	✓			
	純水設備濃排水及清洗水回收	✓			
	作業藥劑 水溶液回收	✓			
	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			✓	
	砂/袋濾過濾系統	✓			
	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			✓	
	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 公司成立於西元 1964 年，公司位於台灣宜蘭縣龍德工業區，為日商企業共同投資之公司，於西元 2002 年取得 IOS/TS16949：2002 品保認證，主要產品為汽機車用電池及產業電池。A 公司用水以製程用水占全廠 65% 以上，製程中以蓄電池充電程序及極板製造程序為用水量最高；全廠廢水納管排放至龍德工業區廢水處理廠，納管費用以排放量為主要依據。

(二) 製程流程

有關 A 公司電池鉛片及極板製造流程，如圖 41 所示。

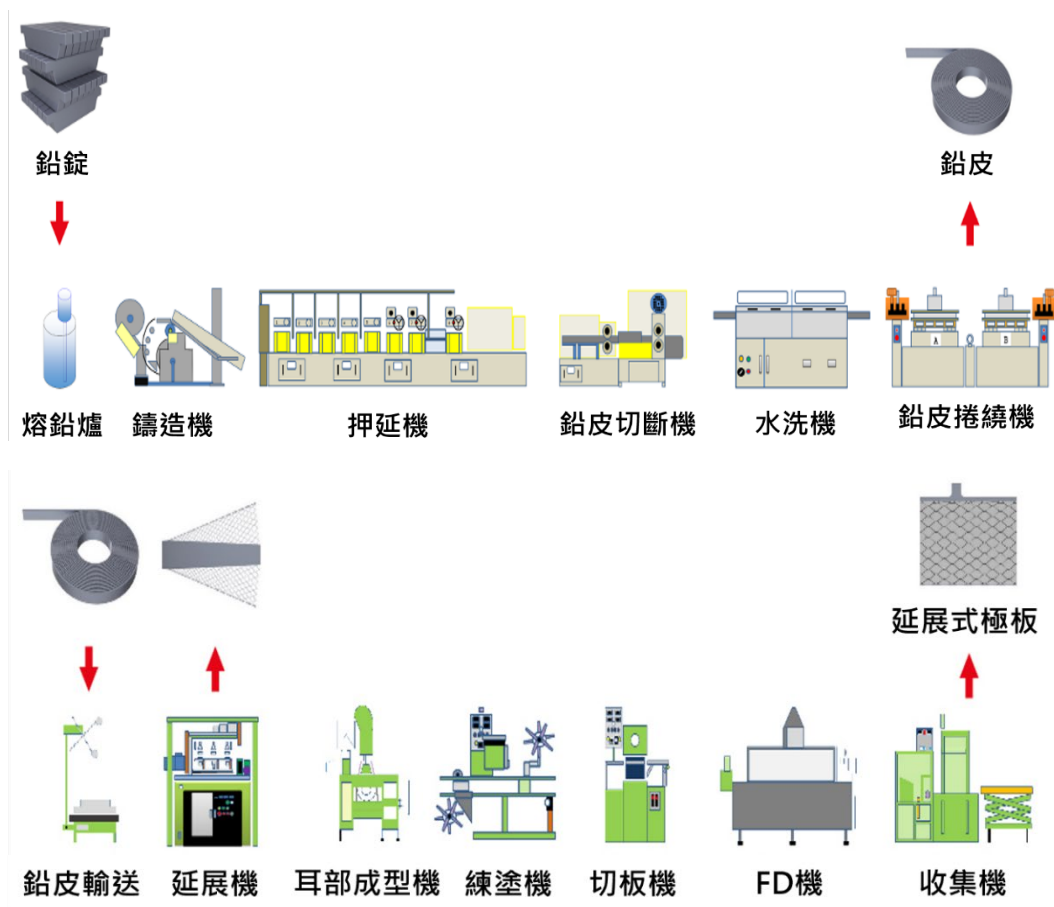
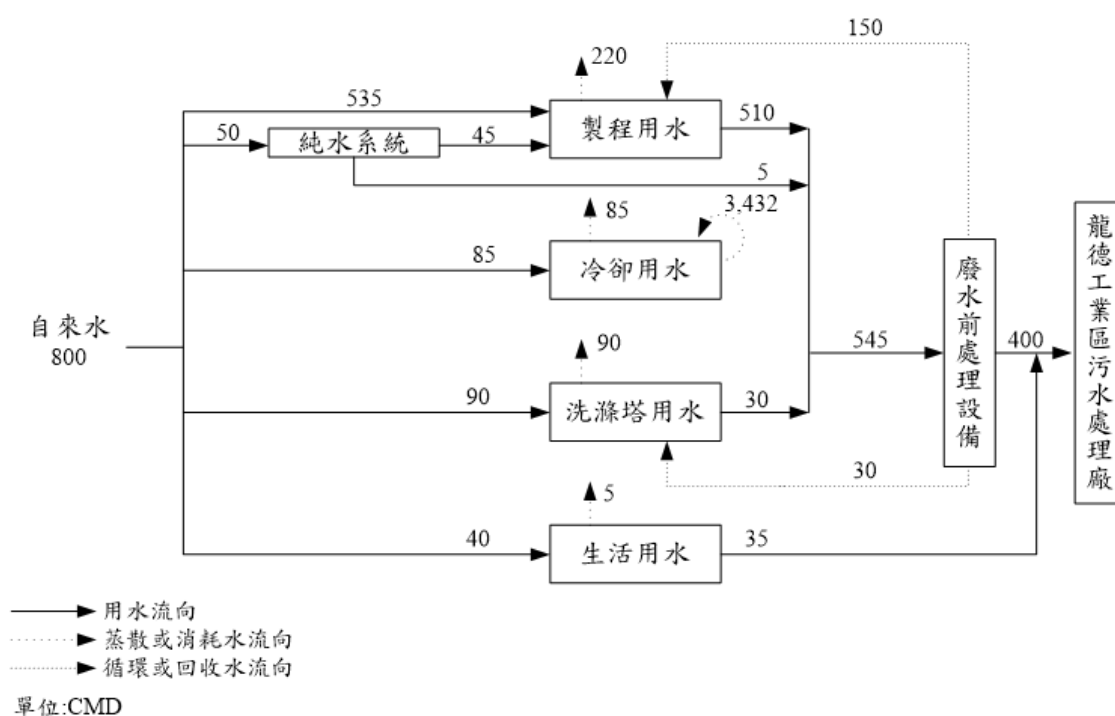


圖 41 電池鉛片及極板製造流程圖

(三) 廠內用水管理情形

廠內總用水量約 **800 CMD**，取得水源為自來水，部份自來水經純水系統處理後主要用於製程為主；部份未經軟水系統處理水用於製程、冷卻、洗滌塔及生活用水，有關廠內用水平衡圖如圖 42 所示。



■ 圖 42 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，尚具有下列節水或水再生規劃之機會：

方案一、管末放流水回收

該廠廢水前處理設備處理效果良好(納管水質為 pH 值:7.08、COD:18.8 mg/L、SS:6.2 mg/L) 並回收部份放流水至製程及洗滌塔使用水量約 **180 CMD**，本團隊建議於廢水前處理設備後加裝 **UF** 系統去除水中懸浮微粒，以提升回收水量，估計 **UF** 系統進水量 **360 CMD**、產水率 **70%**、產水 **250 CMD**，建議將其回收至製程使用。預計可增加回收水量 **100 CMD**。

方案二、冷卻水塔加裝導電度監控提升濃縮倍數

目前廠內冷卻水塔進放流水水質之導電度並未監控，濃縮倍數約 4 倍，可藉著增加循環水次數將其提高至 6 倍，預計可節省 10% 補水量，自來水補水量由原本 85 CMD 降低至 75 CMD，預估可節省自來水量 10 CMD。

方案三、純水系統離子交換樹脂再生水回收

該廠純水系統進水量為 50 CMD 經離子交換樹脂產生製程用水，離子交換樹脂再生程序須經由分層、再生(注入酸液及鹼液)、清洗(使塔內 pH 值達中性)、混合、沖洗 (導電度達該廠標準)，前段為酸洗或鹼洗，故清洗水含有酸鹼故不建議回收，但沖洗階段為清水大量清洗樹脂顆粒使導電度達到該廠設定標準，若無法符合標準即再次進行再生。預估每次沖洗時間約 120 分鐘，總再生水量約為進水量 50 CMD 的 10% 約 5 CMD，而沖洗水量又占總再生水量的 30% 約 1.5 CMD，建議將其回收至洗滌塔使用，預計可增加回收水量 1.5 CMD

所規劃的水回收方案，可將自來水取水量降至 688.5 CMD，同時也降低了該廠納管水量，由原排水量為 400 CMD，方案實施後排水量降至 330 CMD，如圖 43 所示。

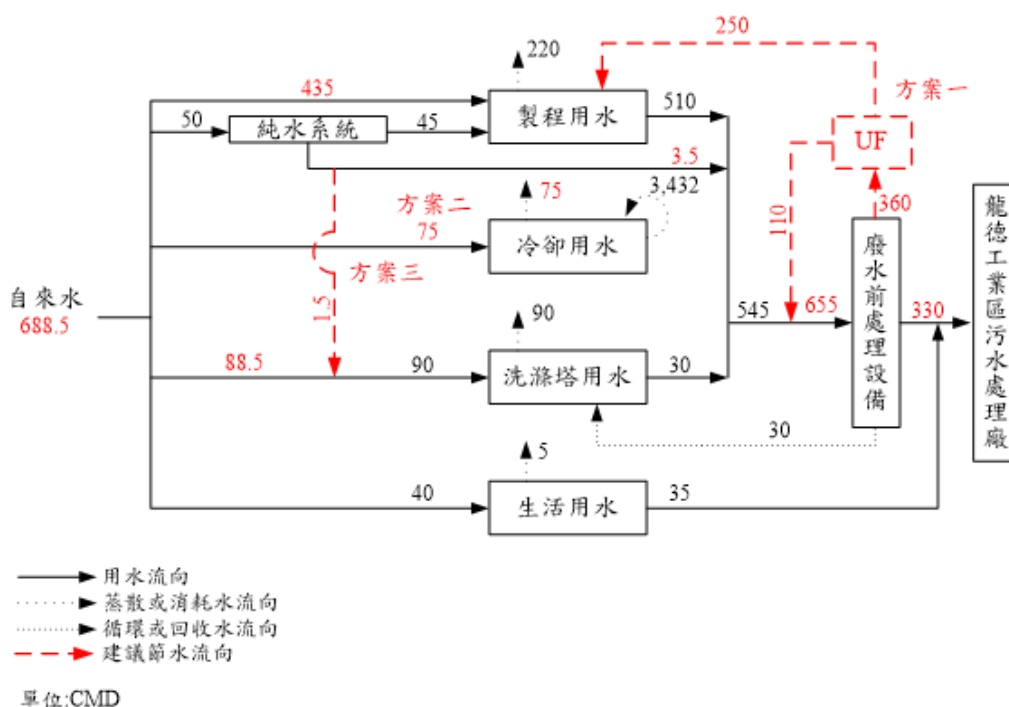


圖 43 案例 A 廠用水平衡圖（方案實施後）

(五) 成本效益分析

1. 產水成本分析

所建議之水回收改善方案，以廠商現有之設備與條件進行修正與改善，以符合經濟效益之狀況進行規劃，建議之節水方案為管末放流水經 UF 系統回收、冷卻水塔加裝導電度監控提升濃縮倍數及離子交換樹脂再生水回收，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 16 所示。

■ 表 16 水回收設施經費分析

項目	方案內容	產水量 (CMD)	總建設成本 (元)	單位產水成本 (元/噸)		單位產水總成本 (元/噸)	年營運成本 (元/年)	產水總成本 (元/年)
				建設	營運			
方案一 管末放流水回收	UF	100	900,000	4.5	10.0	14.5	288,000	416,571
方案三 離子交換樹脂再生水回收	配管	1.5	-	-	-	-	-	-
合計		101.5	900,000	4.5	10.0	14.5	288,000	416,571

註：1. 單位建設成本以折舊年限 7 年估算。

2. 每月工作天以 24 天計。

3. UF 系統初估建設經費 900,000 元，實際建設經費仍以工程公司報價為主。

2. 方案經濟效益分析

廠內使用水源為地下水及自來水，目前工業區自來水價格為 12.5 元/噸，依 A 公司提供資料並經計算後，納管水量價格為 15.32 元/噸，原自來水取水量為 800 CMD；排放水量為 400 CMD，經方案實施後，自來水取水量為 688.5 CMD；排放水量為 330 CMD，回收前後費用變化如表 17 所示。

■ 表 17 水回收方案實施前後用水量及費用比較表

項目	方案實施前		方案實施後		節省費用 (元/月)	節省費用 (元/年)
	水量 (噸/月)	費用 (元/月)	水量 (噸/月)	費用 (元/月)		
自來水 水量費	800×24 =19,200	19,200×12.5 =240,000	688.5×24 =16,524	16,524×12.5 =206,550	33,450	401,400
廢水 處理費	400×24 =9,600	9,600×8 =76,800	330×24 =7,920	7,920×8 =63,360	13,440	161,280
納管 水量費	400×24 =9,600	9,600×15.3 =146,880	330×24 =7,920	7,920×15.3 =121,176	25,704	308,448
合計	-	463,680	-	391,086	72,594	871,128

註：1. 每月工作天以 24 天計。

2. 工業用自來水單價以 12.5 元/噸估算、廢水處理費以 8 元/噸及納管費以 15.3 元/噸估算。

3. 水回收效益分析

現行用水量約為 800 CMD，排放量約為 400 CMD，回收水量約為 180 CMD，預計經由實施建議節水方案，約可增加回收水量 101.5 CMD，可將回收水量提升為 281.5 CMD，用水量降低為 688.5 CMD，而排放量降低為 330 CMD，方案實施後，全廠回收率 R2 由 18.37% 提高至 29.02%，水回收計算結果如表 18 所示。

表 18 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	$81.87\% = \frac{180+3,432}{800+180+3,432} \times 100\%$	$18.37\% = \frac{180+0}{800+180+0} \times 100\%$
實施後	$84.36\% = \frac{281.5+3,432}{688.5+281.5+3,432} \times 100\%$	$29.02\% = \frac{281.5+0}{688.5+281.5+0} \times 100\%$
註： 全廠回收率（重複利用率，R1）= $\frac{\text{總回收水量} + \text{總循環水量（含冷卻、製程及鍋爐循環）}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{總循環水量（含冷卻、製程及鍋爐循環）}} \times 100\%$ 全廠回收率（不含循環水量，R2）= $\frac{\text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}} \times 100\%$		

二、案例 B 廠簡介

(一) 案例廠簡介

B 公司於 1950 年 4 月設立，公司廠址座落於大園工業區，占地約 271,121 平方公尺，屬電力設備製造業。B 公司主要將銅線製作成各類漆包線、鍍錫線、電纜等產品，該廠無設置廢水處理設施，生活污水與冷卻水塔排放水經沈澱池收集後排入新街溪水體。

(二) 製程流程

全廠主要處理各類漆包線、鍍錫線、電纜，製程主要經銅線熔融射出後由 190℃ 降至室溫，再視產品需求製成各類漆包線、鍍錫線、電纜，其用水量主要用於製程冷卻水及生活用水，流程如圖 44 所示。

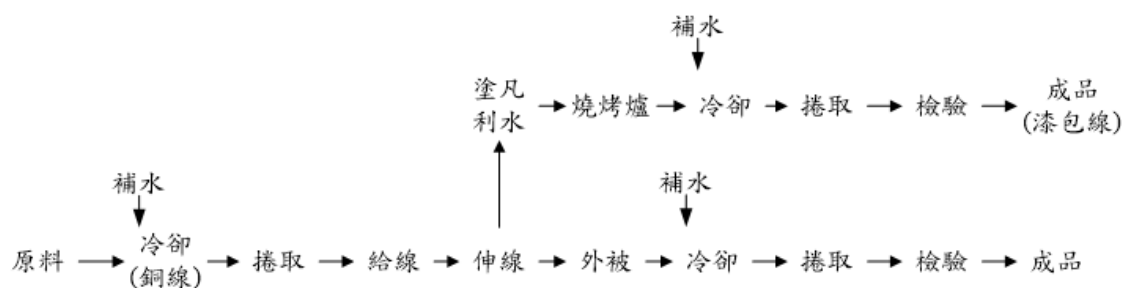
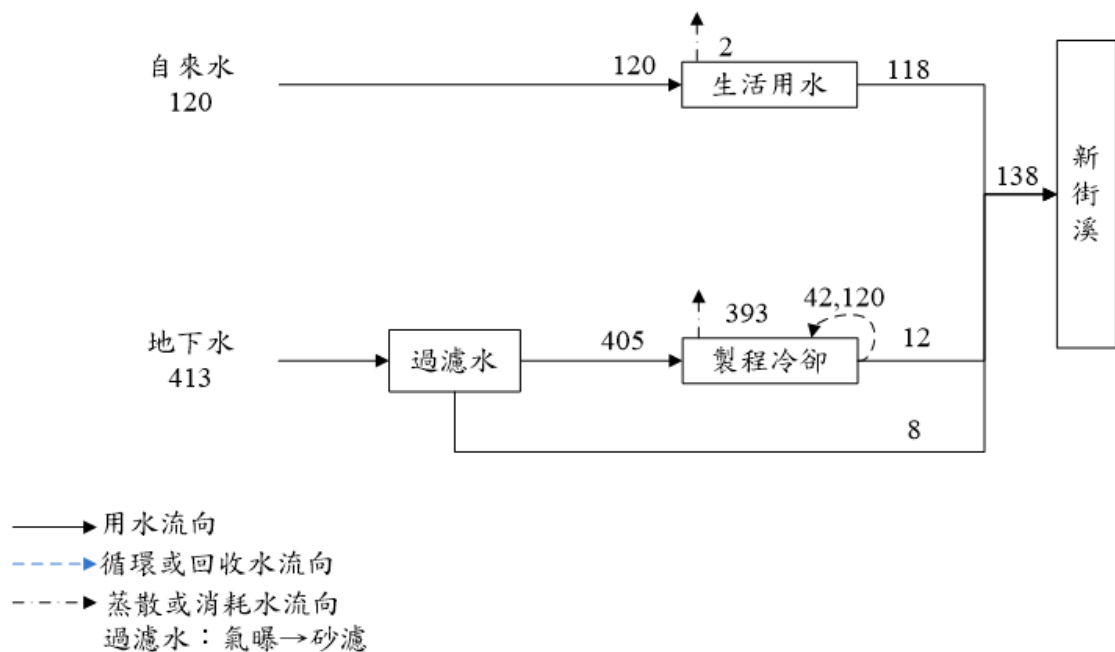


圖 44 案例 B 廠製造流程圖

(三) 廠內用水管理情形

B 廠每日用水量約 533 CMD，所使用的主要水源為地下水 (413 CMD)，其次為自來水 (120 CMD)，消耗水量為冷卻水塔及民生飲用等共消耗 395 CMD，剩餘水量主要提供民生及製程冷卻用水使用，有關廠內用水平衡圖詳如圖 45 所示。



■ 圖 45 案例 B 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，尚具有下列節水或水再生規劃之機會：

方案一、生活用水節約用水

廠內自來水皆用於民生用水，廠內員工數約 405~427 人 (24 小時輪班)，其中宿舍約 100 人，實際用水量約 120 CMD，以每人每日合理用水量計算，推估用水量約 34.81 CMD 差距甚大，建議可自主設置相關省水裝置如省水龍頭、馬桶等，預估可先行節約 10 CMD，未來可進一步設置細部水錶掌握自來水用水情況，以制定節水策略。

方案二、雨水截流回收再利用

由於全廠占地面積大 (約 **271,121** 平方公尺)，因此可阻絕生活廢水和各式廢水進入雨水溝後，可設置雨水收集槽，進行雨水回收再利用。故設計雨水儲存系統及簡易處理設施後，可將雨水截流儲存再利用，該廠雨水截流系統設備僅需簡易處理流程即可，其包含簡易過濾設施、殺菌設施與儲水設施等。

規劃集水面積約 **40,000** 平方公尺，雨水截流系統設計值如表 19 所列，根據中央氣象局氣候分區相關氣象資料顯示，可預估桃園地區日雨量為 **5.36 mm**、日降雨概率為 **0.344**，目前規劃收集之雨水作為原水補注，依規劃雨水利用設計量 **30 CMD** 來計算，儲水池容量為 **147** 噸槽，即可備有 **3** 天蓄水量。

表 19 雨水截流系統設計值

項目	公式
地區日集雨量	$\text{日降雨量 (mm)} \times \text{集雨面積} \times (\text{m}^2) \times \text{日降雨概率}$ $= 5.36 \times 40,000 \times 0.344$ $= 73,753.6 \text{ L/天} \approx 73.8 \text{ CMD}$
雨水利用設計量	補充部分原水供應 $= 30 \text{ CMD}$
儲水槽容量	$\text{預備 3 天蓄水量} + \text{日集雨量} - \text{雨水利用設計量}$ $= 3 \times 30 + 73.8 - 30$ $= 133.8 \text{ 噸} \times 1.1 \text{ (加 10\% 安全係數)}$ $= 147.18 \text{ 噸} \approx 147 \text{ 噸}$
*集雨面積估算約 40,000 平方公尺	

方案三、管末廢水水回收

廠內冷卻廢水主要為直接接觸冷卻水，除製銅線以冷卻水塔降溫外，其餘皆主要利用廠內開放式冷卻水池進行循環使用，故放流廢水水質良好，導電度約 **400 $\mu\text{S/cm}$** (廠內推估)，故建議於沈澱池後放流水收集用於次級沖廁、洗地等，約可回收 **10 CMD**。

所規劃的水回收方案，回收水量可由 **0 CMD** 提升至 **40 CMD**。原自來水用量為 **120 CMD**，經方案實施後取水量降低至 **100 CMD**；地下水則由 **413 CMD** 降至 **383 CMD**，如圖 46 所示。

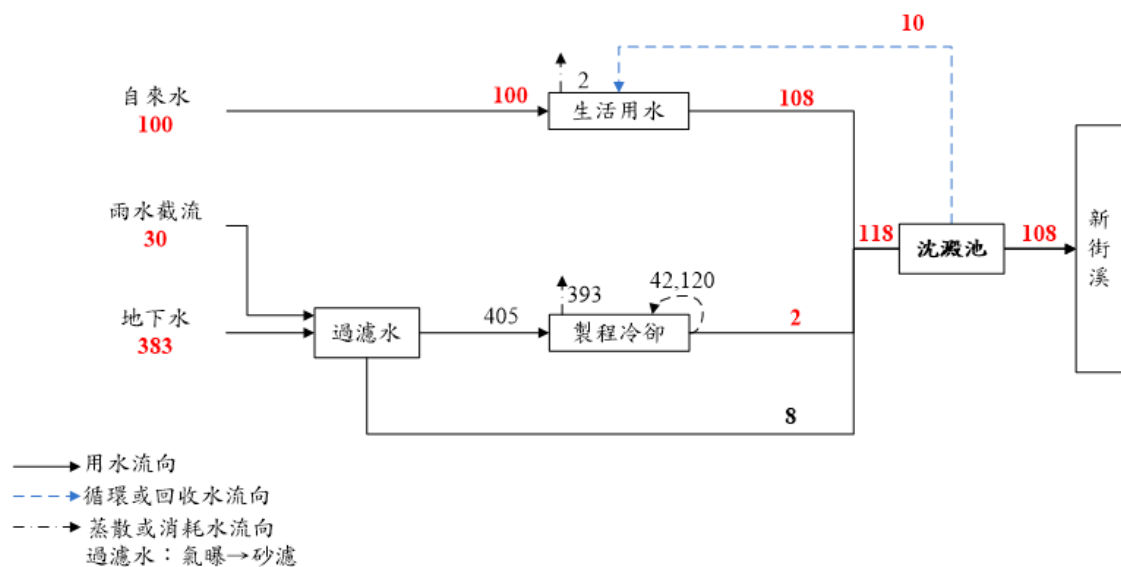


圖 46 案例 B 廠用水平衡圖（方案實施後）

(五) 成本效益分析

1. 產水成本分析

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。預計規劃民生用水節水、雨水截流及管末廢水回收至次級用水，約可回收 40 CMD (節水 10 CMD)。其總建設費總計約 72,000 元，如表 20 所示。

表 20 水回收設施經費分析

項目	方案設備	產水量 (CMD)	總建設成本 (元)	單位產水成本-建設 (元/噸)	單位產水成本-營運 (元/噸)	單位產水總成本 (元/噸)	年營運成本 (元)	產水總成本 (元/月)
方案一	民生自主節水	10	-	-	-	-	-	-
方案二	雨水截流 (管線)	30	-	-	-	-	-	-
方案三	管末回收沖廁、洗地 (儲桶 10 噸)	10	72,000	1.7	1.5	3.2	5,400	950
合計		50	72,000	1.7	1.5	3.2	5,400	950

註：1. 單位建設成本以折舊年限 12 年估算。
2. 每月工作天以 30 天計。
3. 總建設成本不含水管佈設費用。

2. 經濟效益分析

廠內使用水源為自來水，目前工業區自來水價格約為 **13.61 元/噸**，原取水量為 **533 CMD** (自來水 **120 CMD**、地下水 **413 CMD**)，經現況瞭解後，可經由民生用水節水、雨水截流及管末廢水回收至次級用水，約可回收 **40 CMD** (節水 **10 CMD**)。該廠廢水排放依據自然水體標準排放，故無納管費用，相關費用如表 21 所示。

表 21 水回收方案實施前後用水量及費用比較表

項目	方案實施前		方案實施後		節省費用 (元/月)
	水量 (噸/月)	費用 (月/元)	水量 (噸/月)	費用 (月/元)	
自來水費用	$120 \times 30 = 3,600$	$13.61 \times 3,600 = 48,996$	$100 \times 30 = 3,000$	$13.61 \times 3,000 = 40,830$	8,166
地下水費用	$413 \times 30 = 12,390$	$3 \times 12,390 = 74,610$	$383 \times 30 = 11,490$	$3 \times 11,490 = 34,470$	2,700
納管費	$138 \times 30 = 4,140$	-	$108 \times 30 = 3,240$	-	0
合計	-	86,166	-	75,300	10,866

註：1.每月工作天以 30 天計。

2.工業用自來水單價以 13.61 元/噸估算、地下水單價以 3 元/噸估算。

3. 水回收率提升分析

廠內現行用水量為 **533 CMD** (自來水 **120 CMD**、地下水 **413 CMD**)，預計經由實施建議節水方案可回收水量約 **40 CMD** (節水量 **10 CMD**)，改善後全廠回收率 **R1** 由 **98.74%** 提升至 **98.86%**，增加 **0.12%**，**R2** 由 **0%** 提升至 **14.21%**，增加 **14.21%**，相關水回收計算結果如表 22 所示

表 22 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	$98.74\% = \frac{0 + 41,715}{533 + 0 + 41,715} \times 100\%$	$0.00\% = \frac{0 + 0}{533 + 0 + 0} \times 100\%$
實施後	$98.86\% = \frac{40 + 41,715}{483 + 40 + 41,715} \times 100\%$	$14.21\% = \frac{40 + 0}{483 + 40 + 0} \times 100\%$
註：		
全廠回收率 (重複利用率, R1) = $\frac{\text{總回收水量} + \text{總循環水量 (含冷卻、製程及鍋爐循環)}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{總循環水量 (含冷卻、製程及鍋爐循環)}} \times 100\%$		
全廠回收率 (不含循環水量, R2) = $\frac{\text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}} \times 100\%$		

第五章 參考文獻

1. Enviromatch, Inc. · [http : //www.mgccontractors.com/microfiltration/](http://www.mgccontractors.com/microfiltration/)
2. MGC Contractors, Inc. · [http : //www.mgccontractors.com/microfiltration/](http://www.mgccontractors.com/microfiltration/)
3. Oasis Engineering & Supplies Sdn Bhd. · [http : //www.oasis-eng.com.my/products_ct4.asp](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](http://spxcooling.com/products/nc-everest)
6. 互動百科，噴粉工藝，[http : //www.baike.com/wiki/](http://www.baike.com/wiki/)
7. 全澤股份有限公司，[http : //www.molykem.com/new/fiber5.htm](http://www.molykem.com/new/fiber5.htm)
8. 富爾特有限公司，自動逆洗砂濾器，[http :
//www.kmate.com.tw/product.php?id=46](http://www.kmate.com.tw/product.php?id=46)
9. 佳友股份有限公司，[http : //www.chemyol.com.tw/index.php?do=prod](http://www.chemyol.com.tw/index.php?do=prod)
10. 卓峰環境科技有限公司，[https : //www.zhecheng.com.tw/product-detail-1025598.html](https://www.zhecheng.com.tw/product-detail-1025598.html)
11. 侯萬善，離子交換，[http : //ebooks.lib.ntu.edu.tw](http://ebooks.lib.ntu.edu.tw)，1981
12. 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)
13. Logistion Water Treatment · comparison membrane techniques · [https :
//www.logisticon.com/en/technologies/membrane-filtration/](https://www.logisticon.com/en/technologies/membrane-filtration/)
14. 財經知識庫，中華電線電纜股份有限公司，[https :
//www.moneydj.com/KMDJ/wiki/wikiViewer.aspx?keyid=c7c3cff5-df43-4b14-96c8-f3cdf40bbe57](https://www.moneydj.com/KMDJ/wiki/wikiViewer.aspx?keyid=c7c3cff5-df43-4b14-96c8-f3cdf40bbe57)
15. 路昌工業股份有限公司，馬達生產與製造 (直流馬達) · [https : //lutron-ind.weebly.com/](https://lutron-ind.weebly.com/)
16. 凱爾迪科技股份有限公司 [http : //bit.ly/2oBtEBH](http://bit.ly/2oBtEBH)

17. 雷鎔科技股份有限公司，[http：//www.lasers.com.tw/?f=Methods-Water-Quite](http://www.lasers.com.tw/?f=Methods-Water-Quite)
18. 電冰箱生產的過程介紹，[https：
//wenku.baidu.com/view/1bdf014e767f5acfa1c7cdcc.html](https://wenku.baidu.com/view/1bdf014e767f5acfa1c7cdcc.html)，2017
19. 圖解動力鋰電池整個製作過程，[https：//kknews.cc/zh-tw/news/r8zr6kn.html](https://kknews.cc/zh-tw/news/r8zr6kn.html)
20. 工研院材化所，淨水處理設備介紹，[https：//reurl.cc/GkXW8W](https://reurl.cc/GkXW8W)
21. 中國強弱電智能化網，每日頭條，2017
22. 中國強弱電智能化網，每日頭條，2017
23. 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
24. 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
25. 盛義實業，冷卻循環水處理裝置 EMIIR SRDEC-CT 提案書，2016
26. 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
27. 勞動部，行業職業就業指南-電力設備製造業，2017
28. 行政院環保署，回收冷凝水提高蒸汽系統效率，2013
29. 行政院主計處，中華民國行業標準分類，2016
30. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016
31. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2017
32. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2015
33. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2016
34. 經濟部水利署，工業用水量統計報告，2017
35. 經濟部水利署，公共場所節約用水技術手冊，2004
36. 經濟部水利署，節水紀實，2012
37. 經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2018
38. 賴建宇，冷卻用水效率提升，產業用水效率提升輔導說明會，2016

電力設備及配備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、台灣區電機電子工業同業公會

編撰：蔡人傑、徐秀鳳、林子皓、陳建璋、鄭湘漚

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



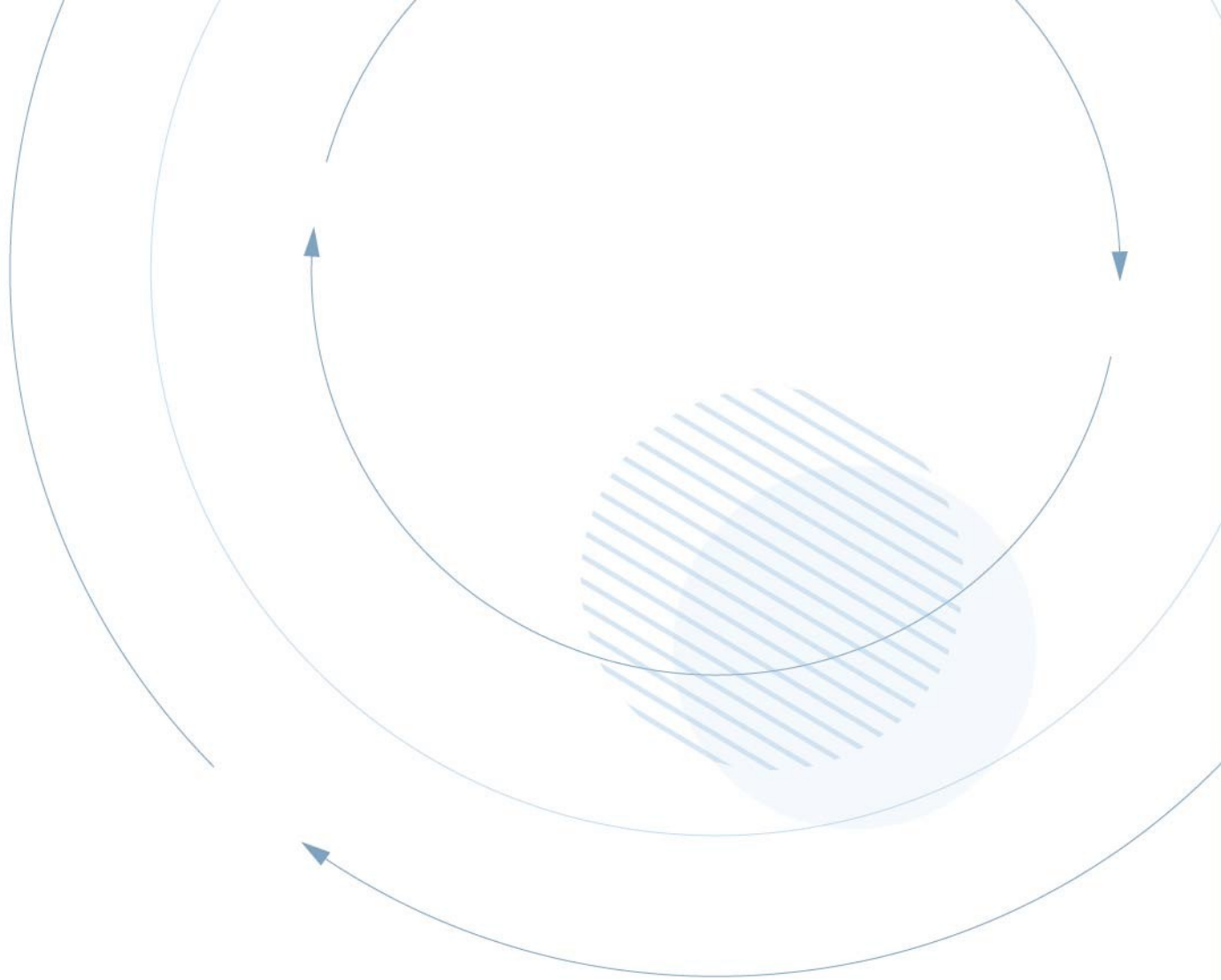
電力設備及配備製造業產業用水最適化及節水技術指引勘誤表

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



電力設備及配備製造業



經濟部工業局

INDUSTRIAL DEVELOPMENT
BUREAU, MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS