



電腦電子光學製造業

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) 電腦及其周邊設備製造業	4
(二) 通訊傳播設備製造業	4
(三) 視聽電子產品製造業	4
(四) 光學製品製造業	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	8
第三章 用水最適化及回收再利用技術	11
一、 製程用水最適化及回收再利用技術	11
(一) 用水最適化	12
(二) 水回收技術	13
二、 冷卻用水最適化及回收再利用技術	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	29
(一) 用水最適化-	29
(二) 水回收技術	31
四、 放流水回收再利用技術	33
(一) 水回收技術	33
五、 其他水回收技術	36
(一) 生活用水減量	36
(二) 廠內用水管理	36
(三) 雨水貯留供水系統	37
(四) 區域水資源整合	39
(五) 裝設連續監測系統	40
六、 小結	41
第四章 水回收再利用案例介紹	43

一、 案例 A 廠簡介	43
(一) 案例廠簡介	43
(二) 製程流程	43
(三) 廠內用水管理情形	44
(四) 用水效率提升方案	44
(五) 成本效益分析	46
二、 案例 B 廠簡介	48
(一) 案例廠簡介	48
(二) 製程流程	48
(三) 廠內用水管理情形	49
(四) 用水效率提升方案	49
(五) 成本效益分析	50
第五章 參考文獻	53

圖 目 錄

	頁次
圖 1 電腦電子光學製造業各類別生產價值占比	3
圖 2 電腦及其周邊設備製造流程圖	4
圖 3 玻璃鏡片製程流程圖	5
圖 4 電腦電子光學製造業用水結構分析	6
圖 5 電腦電子光學製造業製程廢水水質特性	11
圖 6 製程用水最適化及水回收技術	11
圖 7 砂濾過濾系統原理示意圖	13
圖 8 各種濾膜去除物質比較圖	14
圖 9 微過濾設備實體圖	14
圖 10 超過濾設備實體圖	15
圖 11 奈米過濾設備實體圖	15
圖 12 冷卻用水最適化及水回收技術	17
圖 13 濃縮倍數與排放損失關係圖	18
圖 14 冷卻水塔加藥示意圖	19
圖 15 冷卻水塔防飛濺防護設備圖	20
圖 16 冷卻水塔蒸發回收系統圖	21
圖 17 消霧節水冷卻水塔設備圖	21
圖 18 旁流過濾處理系統原理示意圖	23
圖 19 陶瓷球處理系統理論圖	25
圖 20 陶瓷球處理系統設備圖	25
圖 21 電透析薄膜處理系統原理示意圖	26
圖 22 逆滲透薄膜與倒極式電透析系統之脫鹽技術原理比較圖	27
圖 23 鍋爐用水最適化及水回收技術	29
圖 24 開放式冷凝水回收系統原理示意圖	31
圖 25 密閉式冷凝水回收系統原理示意圖	32
圖 26 放流水回收技術	33
圖 27 電混凝系統實廠模組	34
圖 28 活性污泥與薄膜生物處理系統原理示意圖	34
圖 29 其他水回收技術	36
圖 30 雨水回收流程圖	37
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	40

圖 33 案例 A 工廠空白光碟片製造流程圖	43
圖 34 案例 A 廠用水平衡圖 (方案實施前)	44
圖 35 案例 A 用水平衡圖 (方案實施後)	45
圖 36 案例 B 廠光學鍍膜製程流程圖	48
圖 37 案例 B 廠用水平衡圖 (方案實施前)	49
圖 38 案例 B 廠用水平衡圖 (方案實施後)	50

表 目 錄

	頁次
表 1 電腦電子光學製造業類別及定義	1
表 2 產業園區用水管理作業原則摘要	8
表 3 再生水用於工業用途分級水質應用方向表	9
表 4 再生水用於工業用途分級水質建議值表	9
表 5 再生水用於工業用途水質基礎建議值	10
表 6 各薄膜過濾特性比較分析表	16
表 7 濃縮倍數與節省水耗消耗比較表	18
表 8 台灣中部地區冷卻水塔蒸發回收分析表	22
表 9 冷卻水塔蒸發回收之成本分析	22
表 10 纖維過濾與傳統砂濾比較分析表	24
表 11 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	27
表 12 倒極式電透析與逆滲透薄膜初設成本比較表	27
表 13 冷卻排放水以倒極式電透析回收產水水質實例	28
表 14 冷卻排放水以倒極式電透析回收之成本分析	28
表 15 倒極式電透析系統經費分析	28
表 16 開放式及密閉式冷凝水回收系統差異分析	32
表 17 雨水處理設備與使用程度關係	38
表 18 雨水截流系統設計值	38
表 19 電腦電子光學製造業各用水標的建議之最適化與回收再利用技術彙整	41
表 20 水回收設施經費分析	46
表 21 水回收方案實施前後用水量及費用比較表	46
表 22 水回收方案實施前後水回收率變化	47
表 23 水回收設施經費分析	50
表 24 水回收方案實施前後用水量及費用比較表	51
表 25 案例 B 廠水回收率	51



第一章 產業概況說明

一、產業特性

根據行政院主計處所公告之「中華民國行業標準分類」(105年1月)，電腦電子光學製造業分為電腦及其週邊設備製造業、通訊傳播設備製造業等製造業，依行業標準分類別可細分如表1所示。另依經濟部統計處資料顯示，電腦電子光學製造業產值約為新台幣6,410.2億元，以其他電腦週邊設備製造業及其他通訊傳播設備製造業產值占比較高，合計約占電子光學製造業產值41%，生產價值比例如圖1所示（經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2018）。

電腦電子光學製造業主要是生產電腦、電子產品及光學相關產品，包含電腦及其週邊設備、通訊傳播設備、視聽電子產品、資料儲存媒體、量測/導航/控制設備及鐘錶、輻射及電子醫學設備、光學儀器、照相機、顯示器及終端機、電話及手機等製造，產品用途幾乎包含人們日常接觸到的數位生活所有產品，可滿足個人、家庭及企業之需要，是一個與現代日常生活息息相關的行業。尤其近年來光學技術不斷發展，使光學元件更加普遍被大量使用在消費性、資訊及通訊市場中（勞動部，電腦、電子產品及光學製品製造業）。

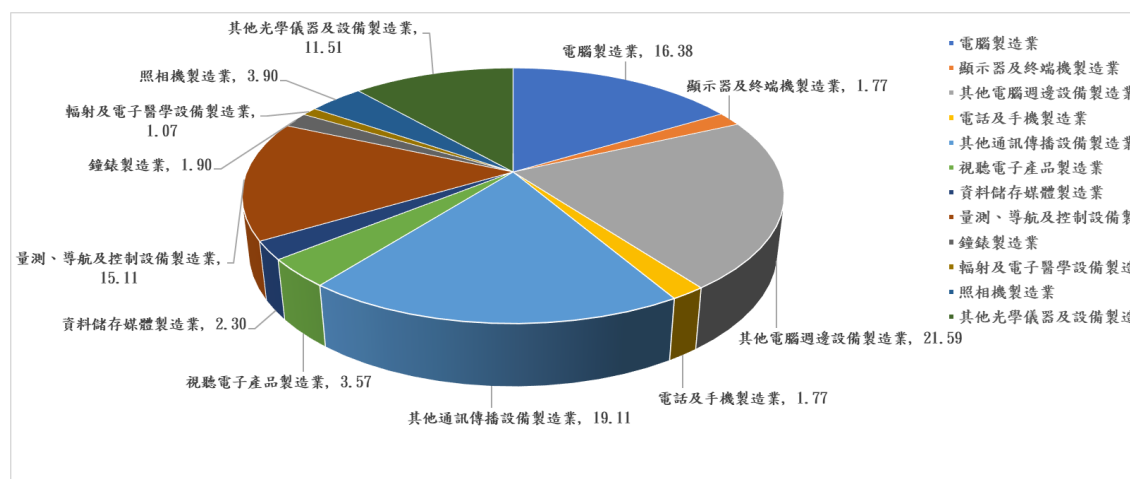
表1 電腦電子光學製造業類別及定義

分類編號				行業名稱及定義
大類	中類	小類	細類	
C	27			電腦、電子產品及光學製品製造業 從事電腦及其週邊設備、通訊傳播設備、視聽電子產品、資料儲存媒體、量測設備、導航設備、控制設備、鐘錶、輻射設備、電子醫學設備、光學儀器及設備等製造之行業。 不包括： 電子零組件製造歸入26中類「電子零組件製造業」之適當類別。
		271		電腦及其週邊設備製造業 從事電腦及其週邊設備製造或組裝之行業。
			2711	電腦製造業 從事電腦製造或組裝之行業，如大型主機、個人電腦、筆記型電腦、電腦伺服器、微型電腦等製造或組裝。
			2712	顯示器及終端機製造業 從事顯示器及終端機製造之行業。
			2719	其他電腦週邊設備製造業 從事2711及2712細類以外電腦週邊設備製造之行業，如滑鼠、鍵盤、印表機、光碟機、光碟燒錄器、硬碟機、掃描器等製造；自動櫃員機（ATM）、生物辨識裝置、電腦控制桿裝置及隨身碟製造亦歸入本類。 不包括： 電腦用外掛喇叭製造歸入2730細類「視聽電子產品製造業」。
		272		通訊傳播設備製造業 從事電話、有線通訊傳播設備、無線通訊傳播設備、廣播及電視傳播設備等製造之行業。

分類編號			行業名稱及定義
		2721	電話及手機製造業 從事電話（有線、無線）及手機製造之行業；電話答錄機製造亦歸入本類。
		2729	其他通訊傳播設備製造業 從事 2721 細類以外通訊傳播設備製造之行業，如電話交換（PBX）設備、傳真設備、呼叫器、橋接器、路由器、閘道器、廣播及電視發射設備、區域網路（LAN）及廣域網路（WAN）之通訊傳播設備、數據機、防盜防災系統設備、遙控設備等製造。 不包括：應用於通訊傳播設備之電子零組件製造歸入 26 中類「電子零組件製造業」之適當類別。 交通號誌燈或電子計分板之製造歸入 2890 細類「其他電力設備及配備製造業」。
	273	2730	視聽電子產品製造業 從事供家庭娛樂、汽車等視聽電子產品製造之行業，如電視機、錄放影機、家庭劇院視聽設備、光碟片播放機、點唱機、揚聲器、擴音器、麥克風、耳機、家用攝影機等製造。 不包括： 廣播及電視錄音室之傳送及接收天線等設備製造歸入 2729 細類「其他通訊傳播設備製造業」。 不可更換軟體之電子遊樂器製造歸入 3312 細類「玩具及遊戲機製造業」。
	274	2740	資料儲存媒體製造業 從事磁性及光學之空白資料儲存媒體製造之行業，如空白光碟片製造。 不包括： 將母帶（片）之聲音、影像資料複製到空白資料儲存媒體歸入 1603 細類「資料儲存媒體複製業」。 智慧卡（IC 卡、SIM 卡）製造歸入 2699 細類「未分類其他電子零組件製造業」。 隨身碟及硬碟機製造歸入 2719 細類「其他電腦週邊設備製造業」。
	275		量測、導航、控制設備及鐘錶製造業 從事量測、導航及控制設備製造之行業；計時功能之量測裝置（如鐘錶及相關裝置）製造亦歸入本類。
		2751	量測、導航及控制設備製造業 從事量測、導航及控制設備製造之行業，如航空器專用儀器、衛星導航系統（GPS）設備、雷達系統設備、聲納系統設備、環境自動控制及調節裝置、工業製程變數控制儀器及裝置、計量器（量測氧氣、水、電流等）、計程車表、機動車輛儀表、半導體檢測設備、實驗室專用分析儀器及系統設備等製造；非電力之量測、檢查、導航及控制設備製造亦歸入本類。 不包括： 輻射設備及醫學檢測設備製造歸入 2760 細類「輻射及電子醫學設備製造業」。 光學定位設備製造歸入 2779 細類「其他光學儀器及設備製造業」。 簡單的機械量測工具（如水準儀、捲尺）製造歸入 2939 細類「其他通用機械設備製造業」。 航空器引擎製造歸入 3190 細類「未分類其他運輸工具及其零件製造業」。
		2752	鐘錶製造業 從事鐘錶、計時器及其零配件製造之行業。 不包括： 非金屬（如紡織、皮革、塑膠之材質）錶帶製造歸入 1309 細類「其他皮革及毛皮製品製造業」。 貴金屬及金屬錶帶製造歸入 3391 細類「珠寶及金工製品製造業」。

分類編號				行業名稱及定義
	276	2760		輻射及電子醫學設備製造業 從事輻射及電子醫學設備製造之行業，如醫學用超音波設備、電子助聽器、電子醫學內視鏡設備等製造；食品殺菌輻射設備製造亦歸入本類。 不包括： 非電子醫療設備製造歸入 3329 細類「其他醫療器材及用品製造業」。
	277			光學儀器及設備製造業 從事照相機及其他光學儀器與設備製造之行業。
		2771		照相機製造業 從事照相機製造之行業。 不包括： 電視傳播專用攝影設備及監視攝影機製造歸入 2729 細類「其他通訊傳播設備製造業」。 家用攝影機製造歸入 2730 細類「視聽電子產品製造業」。
		2779		其他光學儀器及設備製造業 從事 2771 細類以外光學儀器及設備製造之行業，如望遠鏡、顯微鏡、光學定位設備、電影及幻燈片放映機、菱鏡、光學反射鏡片、非眼鏡鏡片鍍膜或磨光、火災控制或照相用途（如曝光計及測距儀）之光學量測及檢查裝置等製造。 不包括： 電子及質子顯微鏡製造歸入 2751 細類「量測、導航及控制設備製造業」。 醫療用電子感測器製造歸入 2760 細類「輻射及電子醫學設備製造業」。 影印機製造歸入 2936 細類「事務機械設備製造業」。 眼鏡及其鏡片製造歸入 3321 細類「眼鏡製造業」。

（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 電腦電子光學製造業各類別生產價值占比



二、製程特性

電腦電子光學製造業，其製程特色為生產線環境乾淨、較無噪音，且耗水標的多數為製程作業清洗等作業，以下將分別敘述電腦及其周邊設備製造業、通訊傳播設備製造業、視聽電子產品製造業及光學製品製造業等細項類別特性。

(一) 電腦及其周邊設備製造業

電腦及其周邊設備製造業於本製造業其他行業中，屬於發展相對成熟，其生產相關生產設備為電腦所延伸之相關裝置，如：電腦、電子辭典、個人數位助理器(**Personal Digital Assistant**，簡稱 **PDA**) 及電子計算機等；電腦終端裝置製造業之主要產品為我們看到的電腦液晶螢幕(**Liquid Crystal Display monitor**，簡稱 **LCD monitor**)；電腦周邊設備製造業常見的產品有滑鼠、列表機、鍵盤、光碟機、影像掃描器、光碟燒錄器等；電腦零組件製造業之主要產品有介面卡、音效卡、伺服器及網路卡等，其製造流程如圖 2 所示(勞動部，電腦、電子產品及光學製品製造業)。

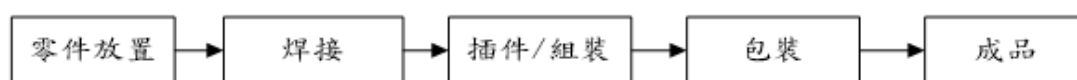


圖 2 電腦及其周邊設備製造流程圖

(二) 通訊傳播設備製造業

通訊傳播設備製造業部分，隨著行動電話的普及加上行動通訊的發展，市場具有高成長性，生產作業包含通訊器材等製造，其細行業包含有線通信機械器材製造業、無線通信機械器材製造業。有線通信機械器材製造業是指從事利用金屬導體或是介質傳遞、收發電波信號之機械器材製造者，產品包含傳真機、數據機、電話答錄機、有線對講機、有線電話機及視訊傳輸設備等；無線通信機械器材製造業是指從事利用電磁波經由空間傳遞收發電波信號之機械器材製造者，產品包含手機、無線電話機、聲納設備及電視衛星接收器等(勞動部，行業指南-電腦、通訊及視聽電子產品製造業，2012)。

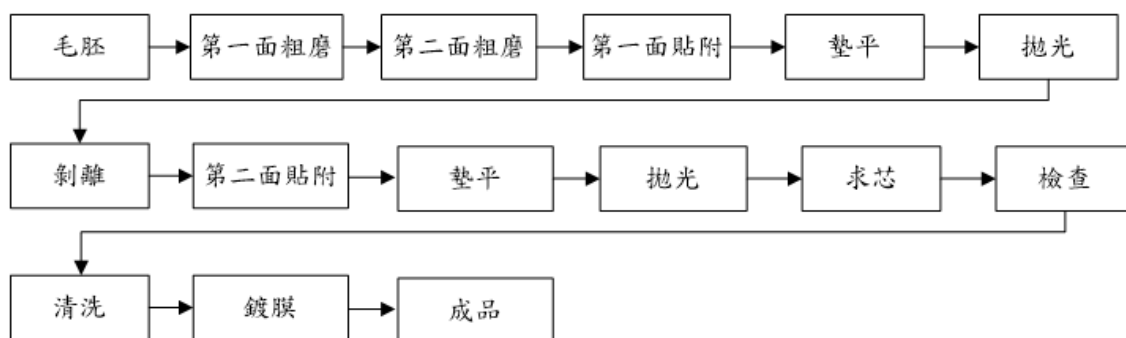
(三) 視聽電子產品製造業

視聽電子產品製造業則因數位家庭的風潮使消費市場對相關設備需求提升而帶動產業發展，影音視覺娛樂的相關產品皆屬此範疇。細行業包含電視機、錄放影機製造業等，產品有錄影機、電視機、家庭劇院視聽設備、影音光碟機、點唱機、揚聲器、擴音器、麥克風、耳機、家用攝影機等。

(四) 光學製品製造業

光學製品製造業包括照相機製造、光學元件製造及其他光學儀器及配件製造業。主要產品像是傳統相機、數位相機、望遠鏡、顯微鏡、光學比較儀、光學槍械瞄準設備、光學量測位置設備、投影機、光學放大儀器、電影及幻燈片放映機、菱鏡、光學鏡片、光學鏡子等都屬此類；在光學製造中，一般玻璃鏡片製程流程如圖 3 所示，由於製程作業中，需進行拋光研磨等作業，因此光學製品製造為電腦電子光學製造業中具最大耗水量之製程作業。

現行的產業結構中，相機產業已不復見過去爆發性的成長，因此消費性數位相機市場需求成長趨緩，走入低毛利時代，以致市場無法有效擴大，因此在光學製品領域反而以應用於智慧型手機、遊戲機、平板電腦內的光學元件，為主要成長動能（勞動部，電腦、電子產品及光學製品製造業）。

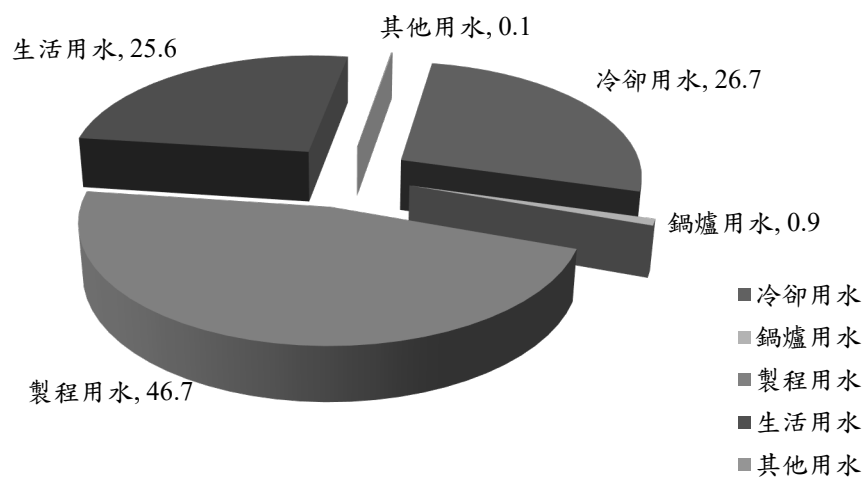


（資料來源：施維宣等，化材 3C-光學玻璃）

圖 3 玻璃鏡片製程流程圖

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，電腦電子光學製造業用水量佔比於全國 26 類工業用水量中，比例為 1.11%，用水量約為 18.42 百萬立方公尺（經濟部水利署，工業用水量統計報告，2017）。電腦電子光學製造業中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，由於光學製造作業中，製程作業多數為水洗清洗作業，因此電腦電子光學製造業多數用水為製程用水，其比例可高達 46.7%，電腦電子光學製造業用水結構分析如圖 4 所示（經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，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 4 電腦電子光學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、供水調度以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，各級用水建議值於表 4 所示。

表 3 再生水用於工業用途分級水質應用方向表

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

（資料來源：經濟部工業局，下水道系統再生水利用技術參考手冊，2016）

表 4 再生水用於工業用途分級水質建議值表

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

（資料來源：經濟部工業局，下水道系統再生水利用技術參考手冊，2016）



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

表 5 再生水用於工業用途水質基礎建議值

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

電腦電子光學製造業中，製程產物舉凡電腦伺服器、光碟燒錄機、手機、光學儀器、光碟片等，因製程需使用大量水源進行清洗研磨，因此以製程用水為最大耗水項目，相關製程廢水水質特性如圖 5 所示，製程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：

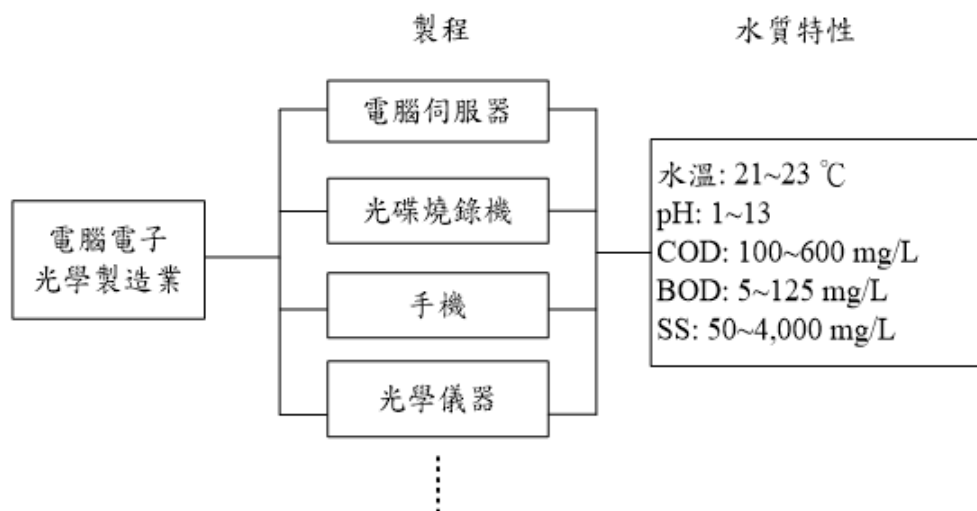


圖 5 電腦電子光學製造業製程廢水水質特性

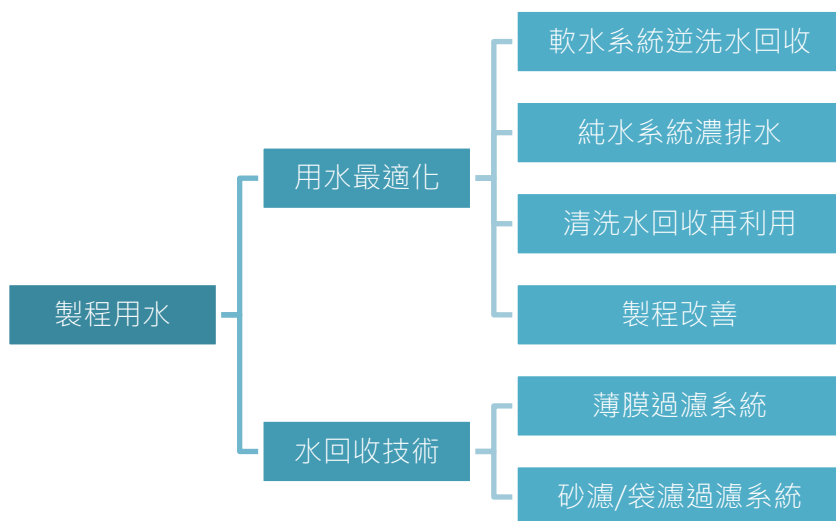


圖 6 製程用水最適化及水回收技術

(一) 用水最適化

1. 軟水系統逆洗水回收

軟水系統有部分再生模式為注鹽再生，再生程序包含逆洗、靜置、注鹽、沉澱、順洗至可正常造水，除前段逆洗、注鹽及初期順洗程序因含大量雜質及導電度較高不適回收外，後段順洗程序因導電度已趨近自來水且雜質含量低，故可進行回收，此回收水導電度約等同自來水，唯可能含少量雜質，如欲導入冷卻水塔使用可先經過簡單的小型砂濾或袋濾設備，亦可以考量混入自來水池重新分配使用。

2. 純水系統濃排水

由於製程作業中，對於製程用水品質有一定限制，因此進流水會透過薄膜過濾系統等進行前處理後再行使用，處理過程所產生濃排水唯導電度高，可用於對於水質要求較不嚴苛之其他區段，如：清洗、冷卻及洗滌塔之使用。

3. 清洗水回收再利用

於本製造業中，多數用水主要作為製程清洗，如：透過超音波清洗機台進行產品洗淨，各清洗水槽清洗水再以溢流方式流出，若能將後端較為乾淨之清洗水回用作為前端清洗水補充，採用分段清洗，將可減少原水取水量。

4. 製程改善

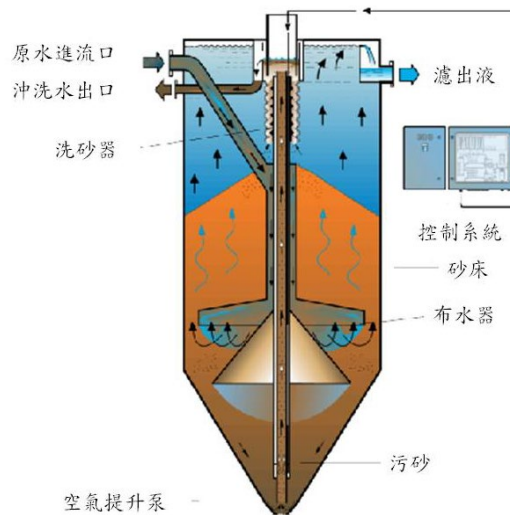
製程程序的簡化、優化 (如：冰水機重新配置及修改管路使用，以達到最適之優化程序)，或者改變製程清洗模式 (如：清洗機台清洗方式由水柱噴射狀改由水槽溢流方式與增設自動水槽液位、時間控制補水設計)、洗滌出水量等，可達到降低水量使用及後端廢水處理之負荷，達到節水效益。

針對製程作業中所產生之各類廢水，於製程端進行分流處理，該股水源可導入洗滌塔作為廢氣洗滌水，減少取水量，亦或者作為廢水調勻池調整 pH 值使用。

(二) 水回收技術

1. 砂濾/袋濾過濾系統

本行業生產作業中，由於多數製程作業如：玻璃鏡頭清洗等作業，清洗目的為去除基板上殘留灰塵等雜質，因此具有高度回收價值，故可透過袋濾或砂濾藉由物理性的貯留作用及沉澱作用，將懸浮物質自水中分離並加以捕捉，其過程包括將懸浮物質移送至濾材表面使其附著於濾材後而達到分離之程序，常見砂濾過濾系統原理如圖 7 所示，經處理後之去除雜質製程用水可回收作為冷卻水塔補充水，亦或者再作為清洗水重複再利用。



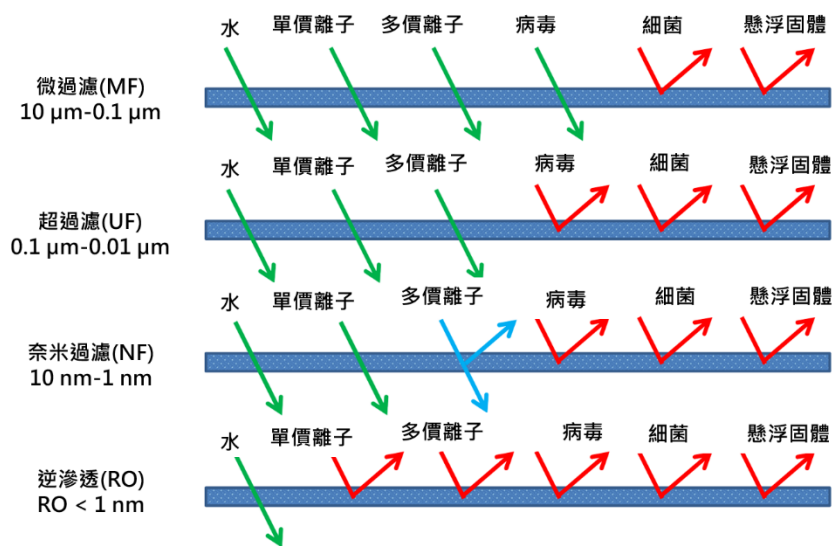
(資料來源：上海奧德水處理科技有限公司)

圖 7 砂濾過濾系統原理示意圖

2. 薄膜過濾系統

製程作業中，由於製程前端排放水體相對管末廢水單純，可降低處理難度，若能將廢水於前端進行分流處理，將更具回收效益及經濟價值。微過濾(Microfiltration，簡稱 MF)與超過濾 (Ultrafiltration，簡稱 UF) 是薄膜處理中運用最廣的技術，其分離機制是利用膜孔大小來篩選可通過的粒子與分子，比薄膜孔徑大的顆粒便會被阻擋於膜面 (莊榮清等，薄膜科技的應用：流體中的最適守門員—微過濾與超過濾，科技大觀園，2008)，如：懸浮物等可透過 MF 及 UF 達到良好去除效率；對於單/多價離子則需透過奈米過濾 (Nanofiltration，簡稱 NF) 及逆滲透系統 (Reverse Osmosis，簡稱 RO)，達到分離之效果，上述各類薄膜種類去除物質比較將如圖 8 所示，相關實體設備如圖 9 至圖 11 所示。

濾膜技術比較



© Logisticon Water Treatment b.v.

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

圖 8 各種濾膜去除物質比較圖



(資料來源：卓峰環境科技有限公司)

圖 9 微過濾設備實體圖



(資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2015)

圖 10 超過濾設備實體圖



(資料來源：工研院材化所，淨水處理設備介紹)

圖 11 奈米過濾設備實體圖



電腦、電子產品及光學製品製造業

用水最適化及回收再利用技術

本行業製程作業中，廢水大部分為水洗水、酸鹼廢水等，透過薄膜過濾將可去除水中膠體粒子、高分子等有機物及離子等粒子，常見模組選擇為板框式模組、圓管式模組、螺捲式模組及中空纖維模組等（李雨霖，中原大學薄膜技術研發中心，水處理用薄膜模組及其應用）。處理後之廢水可供給為次級用水或製程回收使用。

表 6 各薄膜過濾特性比較分析表

薄膜處理名稱	微過濾 (Microfiltration)	超過濾 (Ultrafiltration)	奈米過濾 (Nanofiltration)	逆滲透 (Reverse Osmosis)
薄膜處理簡稱	MF	UF	NF	RO
膜過濾口徑	0.1 μm	10 nm	1 nm	0.1 nm
膜材質	聚丙烯	中空纖維、聚砵、陶瓷膜	聚醯胺	聚丙烯醯胺
膜類型	對稱膜	非對稱膜	非對稱膜	非對稱膜
操作原理	利用微濾膜的篩分機制，在壓力驅動下，截留顆粒物、微粒的一種膜分離過程。	使用壓力作為驅動力，根據物質大小的不同，利用篩分機制截留溶液中。	是一種介於超濾或逆滲透的膜分離程序。可截留重金屬或高價數的鹽類，也可截留小分子量有機物，達到有機物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

二、冷卻用水最適化及回收再利用技術

冷卻用水主要功效為吸收轉移熱量，使得用水溫度維持於作業需求，因冷卻用水具有量體大、消耗少及污染低之特性，因此透過相關節水技術將可得到回收再利用之效益，有關冷卻用水內部循環水質標準可參照第二章表 4 及表 5，圖 12 為冷卻用水最適化及水回收常見之相關技術。

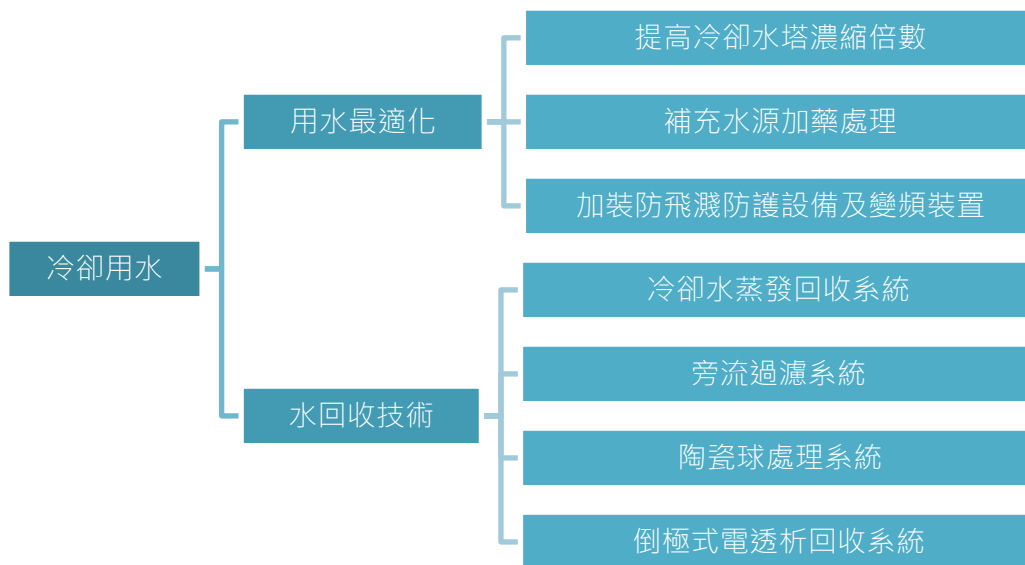


圖 12 冷卻用水最適化及水回收技術

(一) 用水最適化

1. 提高冷卻水塔濃縮倍數

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

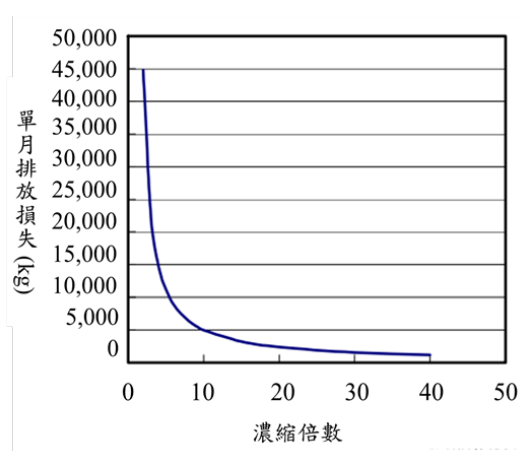
$$\begin{aligned}
 C &= M \text{ (補充水量)} / B \text{ (排放水量)} \\
 &= EC_{out} \text{ (排放水導電度)} / EC_{in} \text{ (補充水導電度)}
 \end{aligned}$$

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 7 所示，但過高濃縮倍數將可能造成水質問題，依操作經驗濃縮倍數以 5~6 倍時效益最佳。以 100 噸冷卻水塔與濃縮倍數與排放量的關係為例，其濃縮倍數與排放損失關係如圖 13 所示，當濃縮倍數高於 20，對於節水百分比效益已逐漸趨緩，持續濃縮除了增加藥品之費用開銷外，亦會導致設備產生副作用及環境污染。

表 7 濃縮倍數與節省水耗消耗比較表

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 13 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 14 所示。

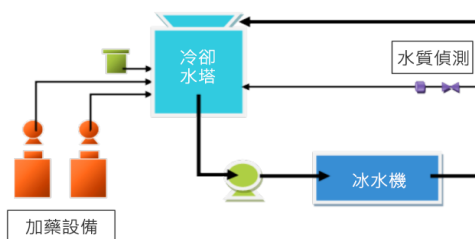
運用替代水源做為冷卻補充用水，其水質之穩定度，可透過藍氏飽和指數（**Langelier Saturation Index**，簡稱 **LSI**）做為判定，其計算模式為透過碳酸鈣在水中飽和程度作為積垢的參考指數，計算的公式為： $LSI = pH - pH_s$ ，計算過程所需參數包括：酸鹼值（**pH**）、**Ca** 硬度、**M** 鹼度（**Malk**）及總溶解固體（**Total Dissolved Solids**，簡稱 **TDS**）的數據值。首先經由理論公式： $pH_s = pCa (-\log[Ca^{2+}]) + pM_{alk} (-\log[M_{alk}])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



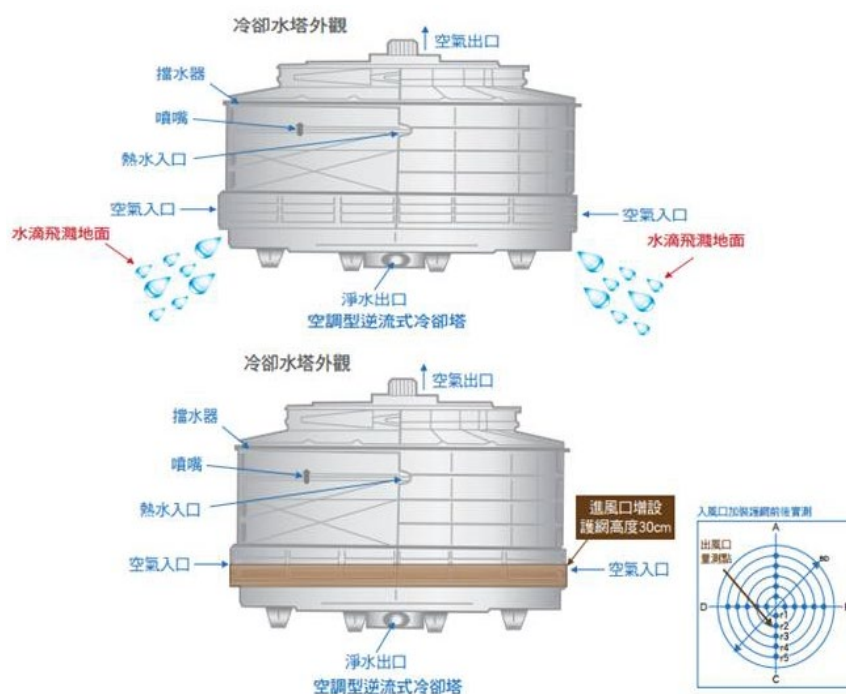
（資料來源：佺友股份有限公司）

圖 14 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 15 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)

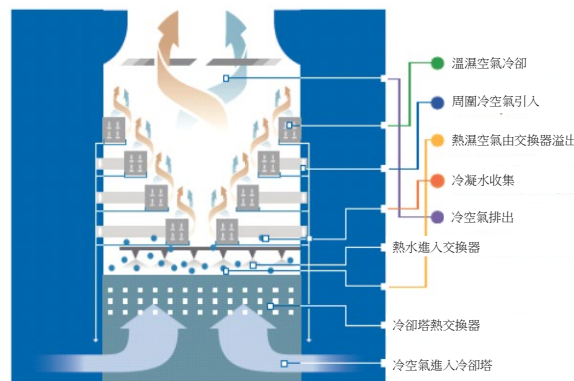
圖 15 冷卻水塔防飛濺防護設備圖

(二) 水回收技術

1. 冷卻水蒸發回收

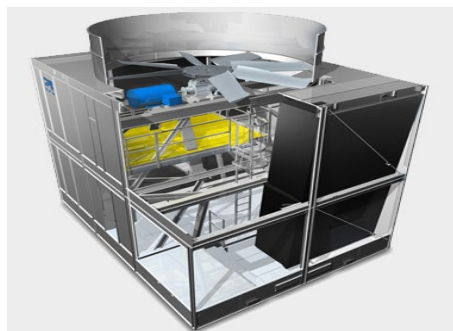
一般造成冷卻水蒸散量大，蒸散比率高之原因包括工廠冷卻循環水量大、風扇風量大及散熱片效率差等。依據研究顯示，典型開放式冷卻水塔耗水量依序為蒸發、排放、濺灑與飛散。因此，降低蒸發損失為主要節水重點 (國科會計畫編號 NSC90-2212-E-006-126，邱政勳、謝博丞、林政德，冷卻水塔之節水策略，2005)。

美國加州理工學院機械系之研究顯示，以簡單的纖維濾料 (Fiber Filter) 即可吸附 10% 的冷卻蒸發水量，達到減少蒸發的目的 (Research Paper of California Institute of Technology，Kim, C.S.，Increasing Cooling Tower Water Efficiency，2009)。針對冷卻水蒸發回收，國外研發 Air2Air™ 蒸發回收系統，以周圍較冷空氣進行蒸氣降溫，回收系統如圖 16 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 17 所示；以 150 HP 冷卻水塔於缺水時期使用為例，蒸發回收分析如表 8 所示，其每年 11~4 月缺水期間運作之單位回收成本如表 9 所示。



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

圖 16 冷卻水塔蒸發回收系統圖



(資料來源：SPX Cooling Technologies, Inc)

圖 17 消霧節水冷卻水塔設備圖

表 8 台灣中部地區冷卻水塔蒸發回收分析表

月份	濕球溫度 (°C)	乾球溫度 (°C)	原蒸發量 (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 9 冷卻水塔蒸發回收之成本分析

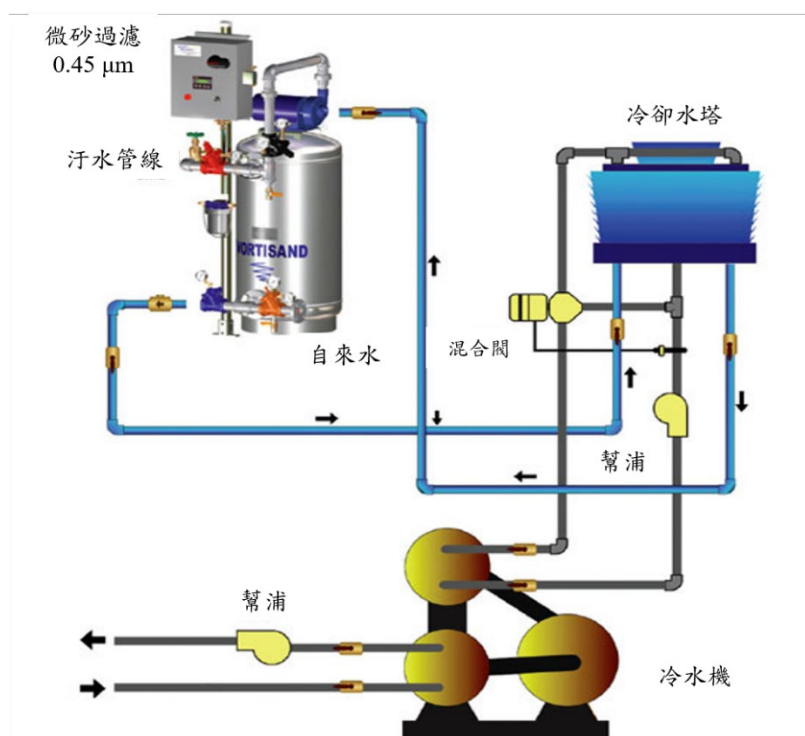
項目	蒸發回收冷卻水塔	傳統冷卻水塔	加裝蒸發回收差異
風扇馬達功率	110 kW (150 馬力)	93 kW	17 kW
建造成本	22,000 千元	10,000 千元	12,000 千元
回收水量 (11-4 月)	58,240 m³	0	58,240 m³
營運成本 (11-4 月)	1,100 千元	930 千元	22,000 千元
單位產水建造成本 (25 年折舊) (元/m³)			8.24
單位產水營運成本 (元/m³)			2.92
單位產水成本 (元/m³)			11.16
註:計算基準:建造成本折舊年限 25 年，電費 2.5 元/度			

（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系統，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 18 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系統多採砂濾，但砂濾具有反洗水量大、壓力易上升及易結塊等問題，以過濾量 $100 \text{ m}^3/\text{hr}$ 為例，纖維過濾與傳統砂濾比較如表 10 所示，纖維過濾除反洗水量較少外，同時可有效濾除膠狀物質及鐵、錳物質及過濾精度高等多項優點，可有效解決傳統沙濾問題（冷卻水塔旁濾設備應用及其節水成效，全澤股份有限公司）。在有旁流處理設備下，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及(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 18 旁流過濾處理系統原理示意圖

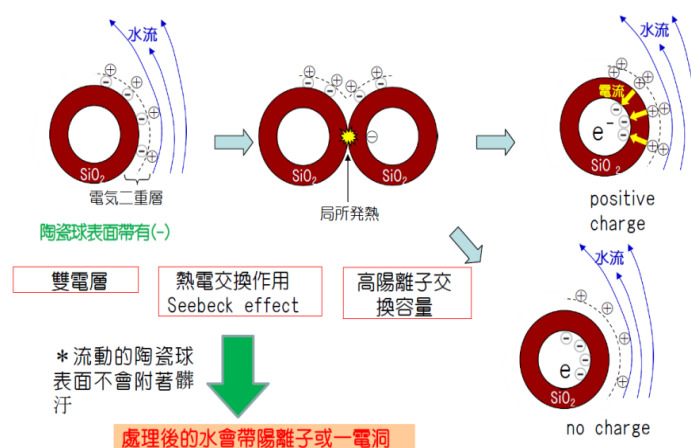
表 10 纖維過濾與傳統砂濾比較分析表

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 19 及圖 20 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 19 陶瓷球處理系統理論圖

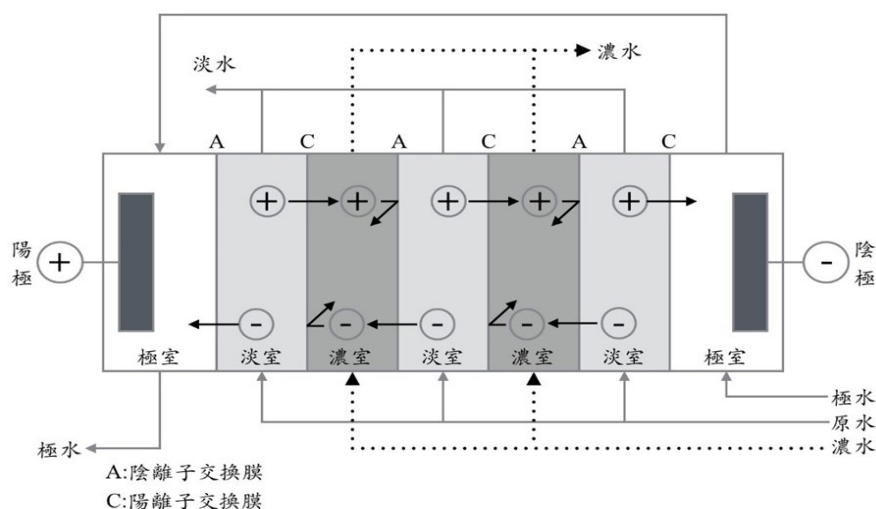


(資料來源：盛義實業，冷卻循環水處理裝置 EMIIR SRDEC-CT 提案書，2016)

圖 20 陶瓷球處理系統設備圖

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 21 所示。利用陽離子只能穿透陽離子膜，而陰離子只能穿透陰離子膜的特性，在外加直流電場的作用下，水中陰離子移向陽極，陽離子移向陰極，最後得到淡水及濃水，達到淡化除鹽的目的，並利用切換直流電正負極和內部導流的方式延長薄膜使用壽命。**EDR** 可處理之導電度高達 $8,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，化學耐受性高，**pH** 值處理範圍介於 1~10 之間，可用 3%**HCl** 清洗薄膜表面結垢或用 H_2O_2 或氯殺菌，且對原水污泥密度指數 (**Silt Density Index** , 簡稱 **SDI**) 限值低於 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，其 **EDR** 與 **RO** 動力消耗比較如表 11 所列，初設成本如表 12 所列。**EDR** 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 22 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）

圖 21 電透析薄膜處理系統原理示意圖

表 11 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

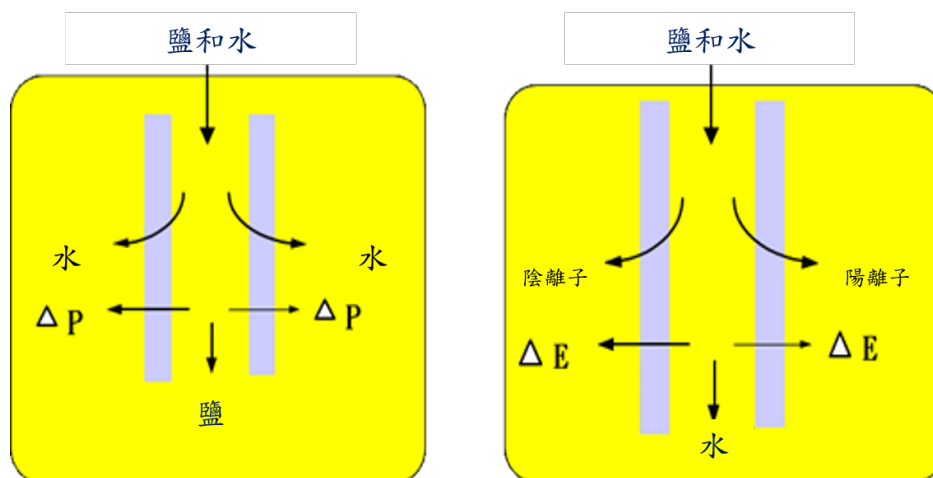
TDS (mg/L)	EDR (KWh/m ³)	RO (KWh/m ³)
500	0.3	0.6
1000	0.6	0.75
2000	1.25	1

(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 12 倒極式電透析與逆滲透薄膜初設成本比較表

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

(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)



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)

圖 22 逆滲透薄膜與倒極式電透析系統之脫鹽技術原理比較圖

國內已有大用水工廠以 EDR 進行冷卻排放水 (Blow Down) 回收，此舉除可回收約 75% 冷卻排水外，亦可有效減少冷卻系統循環水之藥劑使用量。表 13 及表 14 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。以某廠規劃 EDR 系統處理回收，此方案預估產水率約 50%，相關水回收設施經費分析如表 15 所示。

表 13 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 14 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)

表 15 倒極式電透析系統經費分析

項目	EDR 系統
產水量 (CMD)	200
總建設成本 (元)	5,000,000
單位產水成本-建設 (元/噸)	9.9
單位產水成本-營運 (元/噸)	12.5
單位產水總成本 (元/噸)	22.4
年營運成本 (元)	900,000
產水總成本 (元/月)	1,614,288

註：1.單位建設成本以折舊年限 7 年估算
2.每月工作天以 30 天計
3.建設費以 5,000,000 元預估，但經費分析結果僅供參考，實際仍以工程公司報價為主

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 23 所示，說明如下。



圖 23 鍋爐用水最適化及水回收技術

(一) 用水最適化-

1. 腐蝕結垢控制

在鍋爐腐蝕預防控制技術中，預防結垢之方式如下：

(1) 除氧

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

(2) pH 值控制

由於鍋爐材質為金屬材料，預防鍋爐腐蝕，對於進水應調高 pH 值，常用方式是以添加胺、有機胺中和二氧化碳以提高 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

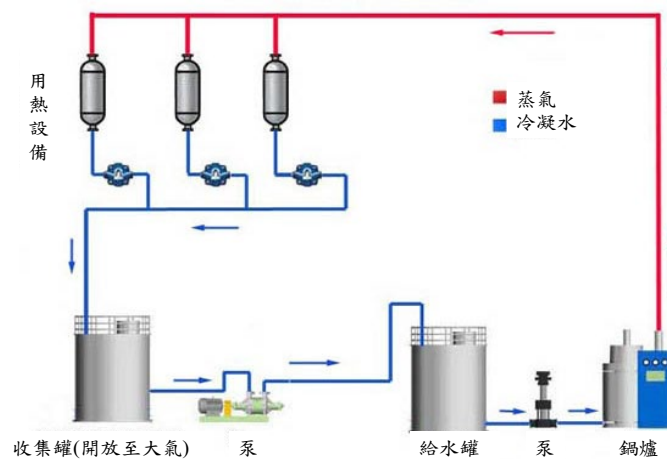
由於鍋爐工作壓力不同，對於水質要求及控制方法上也有所不同。壓力越高的鍋爐，對水質要求亦越高。低壓鍋爐可以在爐內水處理，但一般採用以軟化水作為補充水在爐外處理；中壓鍋爐及部分高壓鍋爐通常採用脫鹼、除二氧化矽、脫鹽和鈉離子交換（中壓鍋爐）後的軟化水作為補充水，在爐內主要採用磷酸鹽處理。

(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 24 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 。

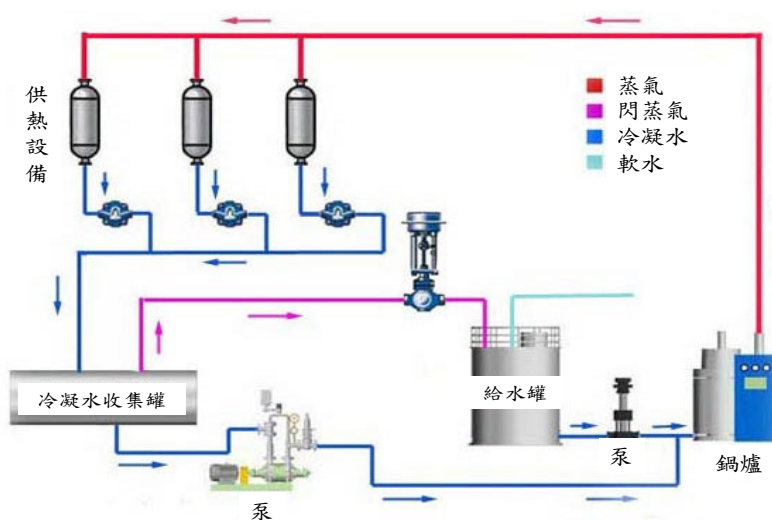


（資料來源：唐山聯鼎蒸汽節能技術開發有限公司）

圖 24 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 25 圖 25 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 16 所列。



（資料來源：唐山聯鼎蒸汽節能技術開發有限公司）

圖 25 密閉式冷凝水回收系統原理示意圖

表 16 開放式及密閉式冷凝水回收系統差異分析

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

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

四、放流水回收再利用技術

放流水回收再利用，除可降低廢水納管所衍生之費用外，亦可回收作為原水補充或其他次級用水使用，降低原水取水量。常見的放流水回收再利用技術包括倒極式電透析系統、電混凝處理系統、薄膜生物處理系統及薄膜處理系統等如圖 26 所示，分別說明如下：

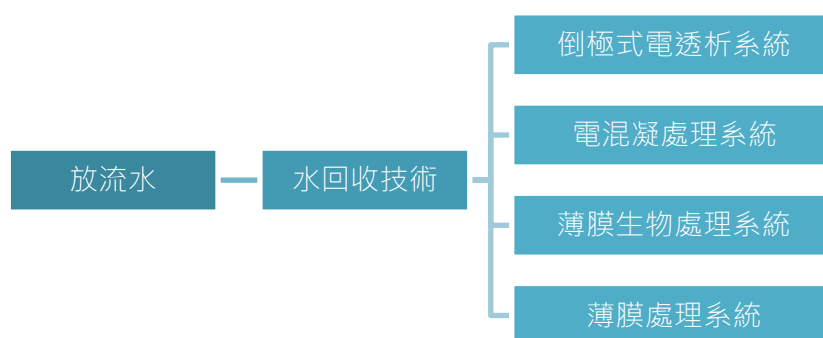


圖 26 放流水回收技術

(一) 水回收技術

1. 倒極式電透析系統

倒極式電透析回收請參閱前小節冷卻用水最適化及回收再利用技術。

2. 電混凝處理系統

電混凝處理系統是利用電化學反應將無機/有機物進行氧化還原反應，透過混凝浮除作用將水中污染物進行分離並且處除，藉由可溶解性金屬為極板，於電解槽中以直流電促使廢水中電解質的電子傳遞，產生氧化、還原、混凝、浮除等一系列作用，在這樣的一個處理程序中，所發生的物理及化學現象繁多且複雜的，除了電混凝之外，還有電分層，電浮除，電芬頓等同時在系統中進行，因其設備簡單、操作簡易，產生污泥量少，可做為取代傳統之化學混凝回收法，達到良好之回收效益，實體運作模組如圖 27 所示。

經電混凝系統處理系統去除廢水中油脂、化學需氧量 (**Chemical Oxygen Demand**，簡稱 **COD**)、懸浮固體 (**Suspended Solids**，簡稱 **SS**)、色度、氨氮、硝酸鹽類及微量重金屬等污染物後，可將此回收水做為次級用水來源。



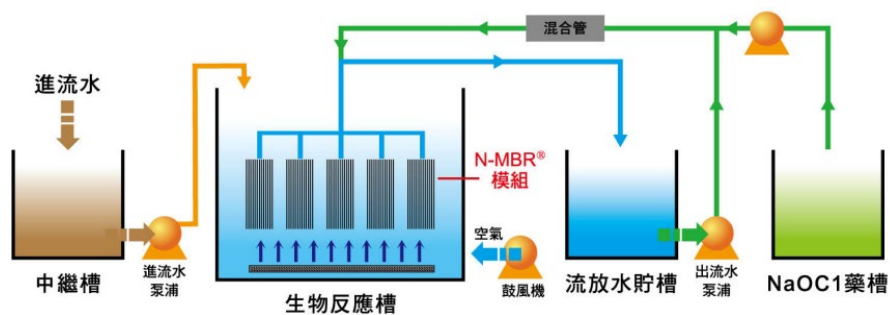


圖 27 電混凝系統實廠模組

3. 薄膜生物處理系統

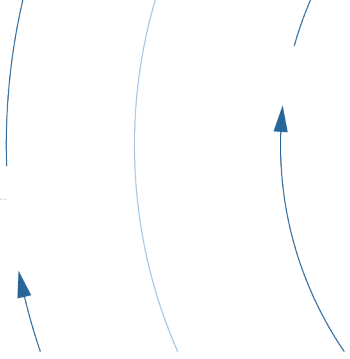
由於本製造業之產業特性，部分製程並不需要使用水源，因此該產業之廢水來源以民生為主，放流水若透過薄膜生物反應系統(**Membrane Bioreactors**，簡稱 **MBR**) 取代傳統活性生物處理法之活性污泥槽、沉澱槽、砂濾槽及消毒槽，不僅能使得用地面積下降、擴充性能佳，且獲得優良之處理程序，有關 **MBR** 系統如圖 28 所示(莊順興等，薄膜生物反應系統應用於水回收再利用之潛力，台灣環境資源永續發展研討會，2004)。

經過 **MBR** 處理程序，不但可處理廢水中難分解污染物，且硝化及脫氮效率高，經過處理之放流水，可回收做為廠內次級用水使用，有效降低原水源取用量。



(資料來源：胡衍榮，MBR 應用於廢水回收再利用，經濟部工業局產業用水效率提升輔導說明會，2014)

圖 28 活性污泥與薄膜生物處理系統原理示意圖



4. 薄膜處理系統

薄膜處理系統可定義為利用非移動性質 (Immobilized Material)，作為水中分子或離子成分由一相流向另一相的屏障，以達分離效果之處理程序，再放流水回收技術中，超濾膜 (Ultrafiltration，簡稱 UF)、逆滲透膜 (Reverse osmosis，簡稱 RO)、納膜 (Nanofiltration，簡稱 NF) 為常見之技術，根據水體粒子大小之差異，將選用不同薄膜進行處理。

當管末廢水經由污水處理系統處理過後，且水質良好之情況下，為提高回收可行性，先以 UF 系統去除水中雜質顆粒 (SS 去除率約可達 90%)，再以 RO 系統去除導電度 (去除率約可達 90%) 及 COD (去除率約可達 80%)，其產水率可達 60%，經過此處理系統後之水源可達到自來水等級，甚至其導電度可低於自來水標準 (350 $\mu\text{S}/\text{cm}$)，此股水體可根據需求與自來水進行比例混合後再利用，或者供冷卻水塔補充水等次級用水端使用，降低自來水用量。

五、其他水回收技術

其他水回收技術方案包括生活用水減量、廠內用水管理、雨水貯留供水系統、區域水資源整合及裝設連續監測系統等如圖 29 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：

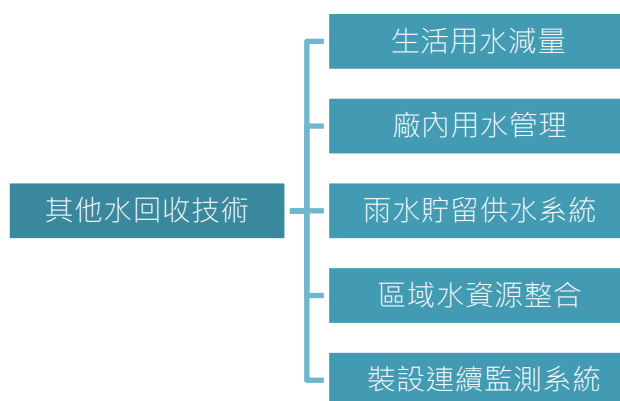


圖 29 其他水回收技術

(一) 生活用水減量

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

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

(二) 廠內用水管理

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

(三) 雨水貯留供水系統

雨水貯留供水系統是將雨水以天然地形或人工方法截取貯存，做為替代性補充水源。一般可藉由廠區之建物屋頂或頂樓樓板、公園綠地、停車場、廣場道路鋪面等進行雨水收集，經雨水處理系統（初步沉澱、過濾、消毒）後，流入貯水槽，以做為雜用水如沖廁、澆灌、補充空調用水或景觀池及生態池之補充水源，其回收處理流程如圖 30 所示。

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

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

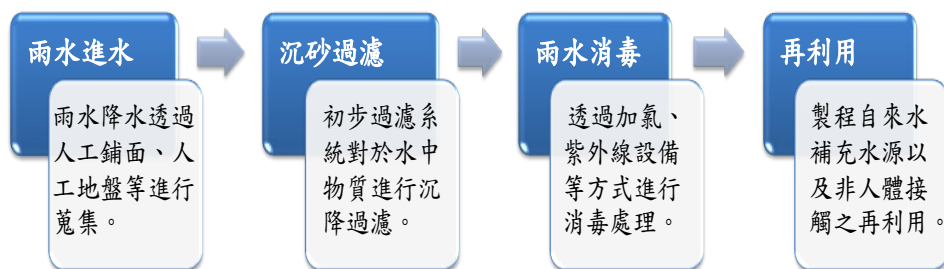


圖 30 雨水回收流程圖

設計準則參考收集雨水處理設備與使用程度關係如表 17 所示，雨水截流系統設計值計算如表 18 所示，根據中央氣象局氣候分區相關氣象資料顯示，預估平均雨量、降雨概率規劃雨水利用設計量。

表 17 雨水處理設備與使用程度關係

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

（資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016）

表 18 雨水截流系統設計值

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

（資料來源：經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016）

(四) 區域水資源整合

對於有缺水風險工業區，依供水端廠商放流水水質水量，規劃其排放水回收再供給他廠利用，降低工業區內原水取水量。水資源整合推動的型態包括以下類型如圖 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。

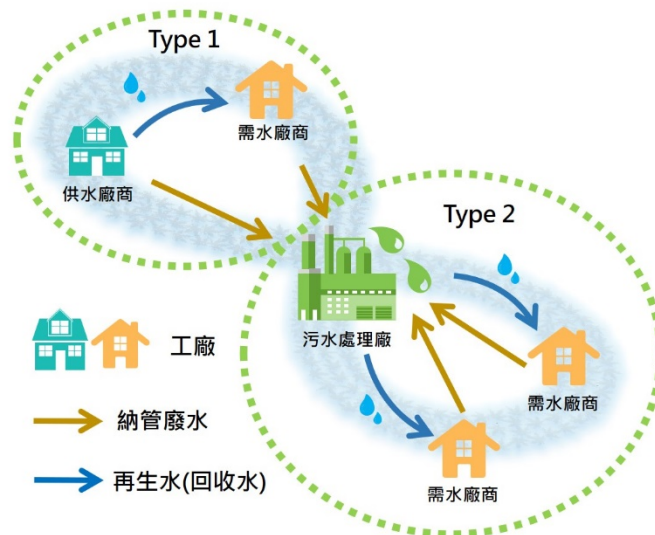
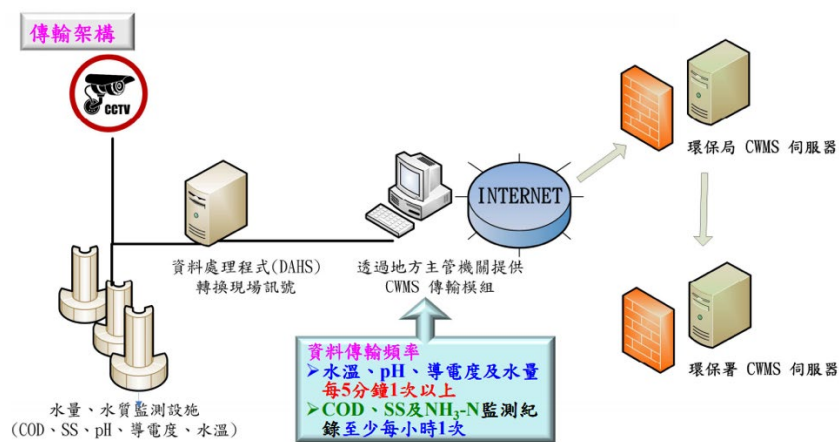


圖 31 區域水資源整合型態示意圖

(五) 裝設連續監測系統

若工廠與工業區排放量達行政院環境署之規定，須依據「水污染防治措施及檢測申報管理辦法規定」裝設廢汙水自動監測設施。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，廢水自動監測及連線傳輸設置程序，2014)

圖 32 監測連線傳輸設置圖

六、小結

茲將電腦電子光學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 19。

表 19 電腦電子光學製造業各用水標的建議之最適化與回收再利用技術彙整

最適化管理 與回收再利用技術		用水標的	製程用水	冷卻用水	鍋爐用水	放流水
最適化管理 技術	軟水系統逆洗水回收		V			
	純水系統濃排水		V			
	清洗水回收再利用		V			
	製程改善		V			
	提高冷卻水塔濃縮倍數			V		
	補充水源加藥處理			V		
	加裝防飛濺防護設備及變頻裝置			V		
回收再利用 技術	腐蝕結垢控制				V	
	薄膜過濾系統		V			V
	砂濾/袋濾過濾系統		V			
	冷卻水蒸發回收系統			V		
	旁流過濾系統			V		
	陶瓷球處理系統			V		
	倒極式電透析系統			V		V
	冷凝水回收系統				V	
	電混凝處理系統					V
	薄膜生物處理系統					V



第四章 水回收再利用案例介紹

一、案例 A 廠簡介

(一) 案例廠簡介

A 廠成立於 1988 年，為台灣第一家成立的光碟廠，生產第一片光碟及有機發光二極體 (Organic Light Emitting Diode，簡稱 OLED) 顯示器，並為全球可攜式儲存媒體的領導廠商，產品涵蓋光學儲存媒體 (CD、DVD 光碟片及 BD 藍光碟片)、電子儲存媒體 (快閃記憶卡、隨身碟及行動硬碟等)、平面顯示器產業 (顯示面板、導電玻璃及觸控面板)、太陽能產業 (矽晶型太陽能模組組裝、整廠設備輸出及太陽能系統整合建置服務) 及照明產品 (LED 戶外照明、室內燈源及 OLED 照明等)，月生產量為 8 千萬片。

(二) 製程流程

A 廠屬於資料儲存媒體製造業，主要產品為空白光碟片 (包含 CD、DVD 及 BD)，製造流程包括射出成型、染料塗佈、濺鍍、上膠、膠合及印刷等，屬於無水製程，而各程序所產生的廢氣，收集後以洗滌塔處理，其製程流程如圖 33 所示。

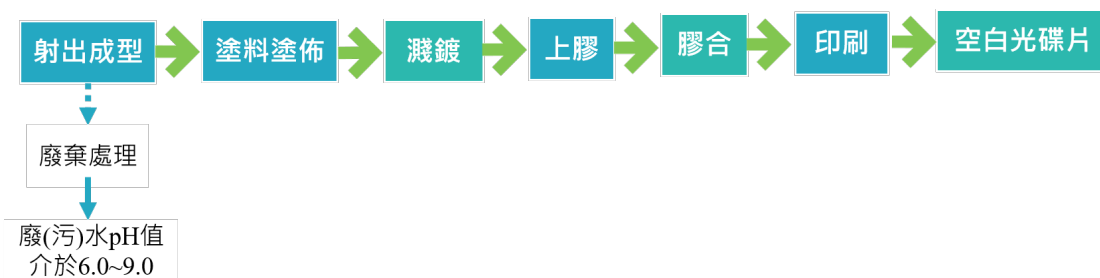


圖 33 案例 A 工廠空白光碟片製造流程圖

(三) 廠內用水管理情形

目前廠內自來水取水量約 1,000 CMD，其廠內水平衡圖如圖 34 所示，用水單元中其中以冷卻水塔為主要取水單元，佔總取水量 62.3%。

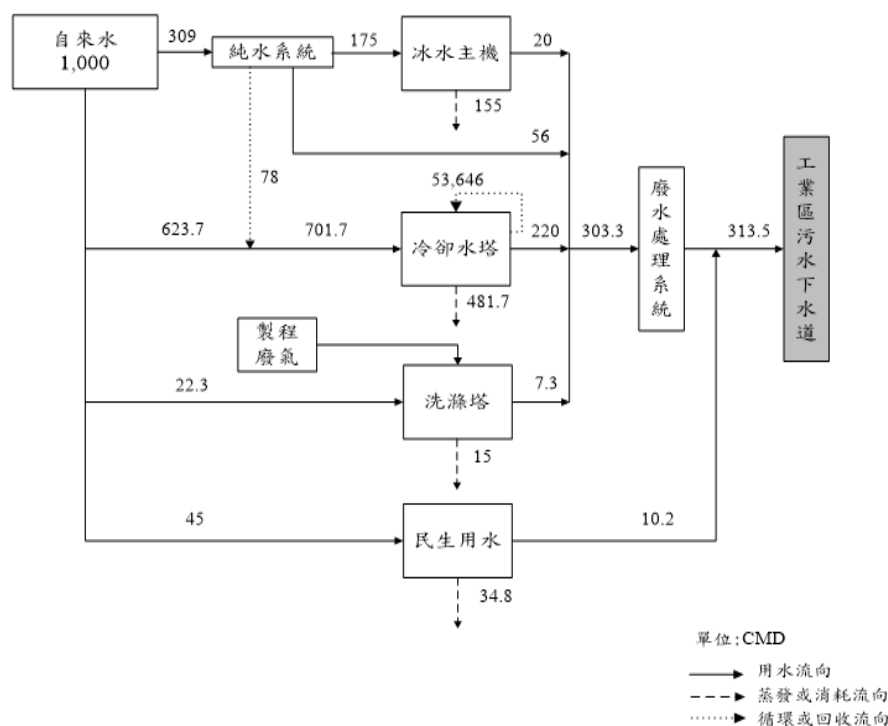


圖 34 案例 A 廠用水平衡圖（方案實施前）

(四) 用水效率提升方案

依據圖 34 之全廠用水平衡圖，經節水診斷之結果，可規劃之回收方案：

方案一、管末放流水回收

蒐集目前廠內放流水水質資料(104 年 2~4 月)，其 COD 濃度平均為 47.7 mg/L、SS 濃度平均為 9.5 mg/L 及導電度約為 1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，考量該廠用地面積有限，建議可將放流水經 UF + RO 設備，去除細懸浮微粒、總溶解固體物及鹽分，以降低放流水導電度；其中以 UF 作為 RO 前處理，確保廢水 SDI 值小於 5 以減少 RO 負荷量，預估 RO 產水的導電度可降低至 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以內。回收系統設計進水量為 100 CMD，回收率為 50%，可獲得回收水量為 50 CMD，其中 22.3 CMD 回用至洗滌塔，其餘 27.7 CMD 回用至冷卻水塔使用。

方案二、洗滌塔放流水回收使用

三廠製程皆為光碟片製造，洗滌塔主要用於處理生產過程之射出、塗佈及印刷行為所產生之 VOCs；其目前排放水水質之 pH 約為 6~9，導電度與 COD 含量甚低，水質尚稱良好。當洗滌塔用水水源為使用方案一回收水後，預估其排放水質良好，建議將其回收做為冷卻水塔補水源之一，預計可回收 7.3 CMD。

方案三、冷卻水塔放流水回收

考量冷卻水塔放流水質良好，且排放量大，故建議安裝砂濾設備，回收冷卻水塔放流水，經過砂濾處理後作為冷卻水塔補充水源，以減少自來水使用水量，預計可減少 30 CMD 之自來水用量。

綜合上述方案，總計約可減少 65 CMD 之自來水用量，並減少 65 CMD 之污水排放量；另外因廠內各用水單元未裝設水流量計，故各單元用水量為概估值，建議可加裝水流量計，以確實掌握水用量。廠內既有回收量為 78 CMD，方案實施後回收量提升至 143 CMD；有關方案實施後水平衡圖如圖 35 所示。

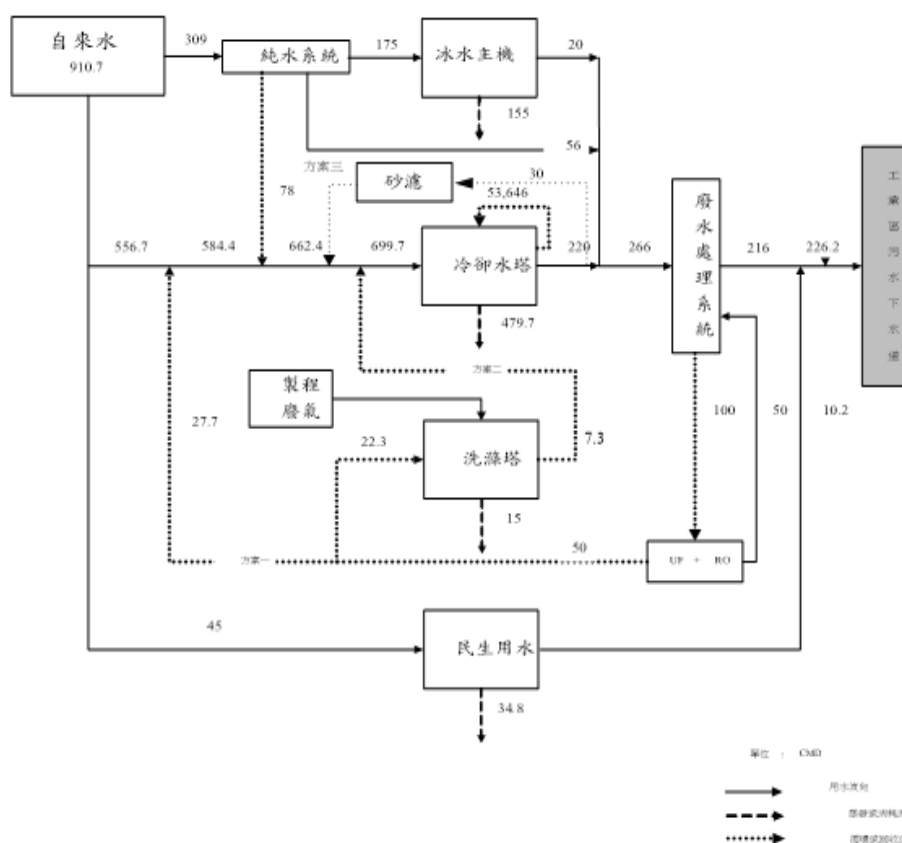


圖 35 案例 A 用水平衡圖（方案實施後）

(五) 成本效益分析

1. 方案產水成本分析

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，以符合經濟效益進行規劃。方案一建議設置 **UF+RO** 系統，方案三建議設置砂濾設備，另外管線修改費用請廠內自行評估外，詳細所需費用如表 20 所示。

表 20 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-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/年)
方案一	UF+RO	50	1,250,000	5.8	15	20.8	270,000	374,400
方案三	砂濾	30	60,000	0.5	1.0	1.5	10,800	16,200
	合計	80	1,310,000	3.8	9.8	13.6	280,800	390,600

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，自來水價格以 12.5 元/噸計算，原自來水取水量為 1,000 CMD，經改善取水量降低為 910.7 CMD；另納管費用部分，以 A 廠廢水量單價 7.08 元/噸計算，原排放量為 313.5 CMD，經由實施各項回收方案後排放量降低至 226.2 CMD，方案實施前後水費差異如表 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/年)
	水量 (噸/月)	費用 (元/月)	水量 (噸/月)	費用 (元/月)	
自來水量費	1,000×30 =30,000	30,000×12.5 =375,000	910.7×30 =27,321	28,221×12.5 =341,513	401,844
納管水量費	313.5×30 =9,405	9,405×7.08 =66,588	226.2×30 =6,786	6,786×7.08 =48,045	222,516
合計	—	441,588	—	389,558	624,360

註：1.每月工作天以 30 天計。

2.工業用水水價 12.5 元/噸，新竹工業區納管水量收費為 7.08 元/m³，COD 處理費為 2.6 元/m³，SS 處理費為 1.44 元/m³。

3. 水回收率提升分析

工廠原用水量為 1,000 CMD，排放量為 313.5 CMD，預計經由實施節水方案後，取水量降為 910.7 CMD，排放量降為 226.2 CMD，進一步減少 65 CMD 之自來水用水量，排放量減少 65 CMD，且全廠回收率 R2 由 7.24% 提高至 13.57%，水回收方案實施前後水回收率變化如表 22 所示。

表 22 水回收方案實施前後水回收率變化

項目	全廠水回收率 (R1)	全廠水回收率 (R2)
實施前	$98.17\% = \left(\frac{78 + 53,646}{1,000 + 78 + 53,646} \right) \times 100\%$	$7.24\% = \left(\frac{78}{1,000 + 78} \right) \times 100\%$
實施後	$98.34\% = \left(\frac{143 + 53,646}{910.7 + 143 + 53,646} \right) \times 100\%$	$13.57\% = \left(\frac{143}{910.7 + 143} \right) \times 100\%$
註：		
全廠回收率 (重複利用率, R1) = $\frac{\text{總回收水量} + \text{總循環水量 (含冷卻、製程及鍋爐循環)}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{總循環水量 (含冷卻、製程及鍋爐循環)}} \times 100\%$		
全廠回收率 (不含循環水量, R2) = $\frac{\text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}} \times 100\%$		

二、案例 B 廠簡介

(一) 案例廠簡介

B 公司成立於 2008 年，專精於光學膜的鍍膜設計與生產的公司，其中技術團隊來自於中科院及國內上市企業，在相關的光學產品上已累積了超過 20 年的經驗。主要生產光學膜，如高精度光學通訊密集波長分波多工系統 (Dense Wavelength Division Multiplexing，簡稱 DWDM)、濾鏡及各類數位投影機專用分光鏡。

(二) 製程流程

光學鍍膜製程一般分為前處理 (超音波清洗)、蒸鍍、冷卻、切割、印刷及後處理加工 (包裝)。工廠製程如圖 36 所示。

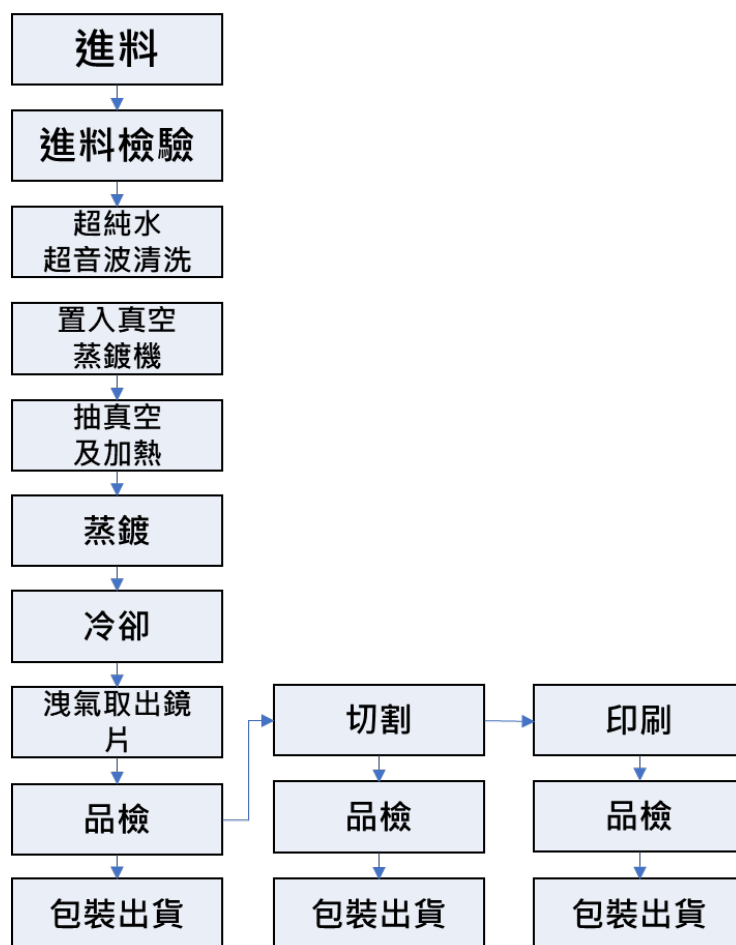


圖 36 案例 B 廠光學鍍膜製程流程圖

(三) 廠內用水管理情形

依據 B 公司所提供資料及經水平衡圖修正後得知，廠內總用水量約 85 CMD，水源水量為自來水，用水單元主要為光學鍍膜製程及清洗製程為主，其用水量約 60 CMD，佔全廠取水量之 70% 以上。而其他用水單元為民生用水約 5 CMD 及冷卻用水約 15 CMD，廢水排放量約為 67 CMD，此廢水直接納管排放至污水處理廠，如圖 37 全廠用水平衡圖所示。

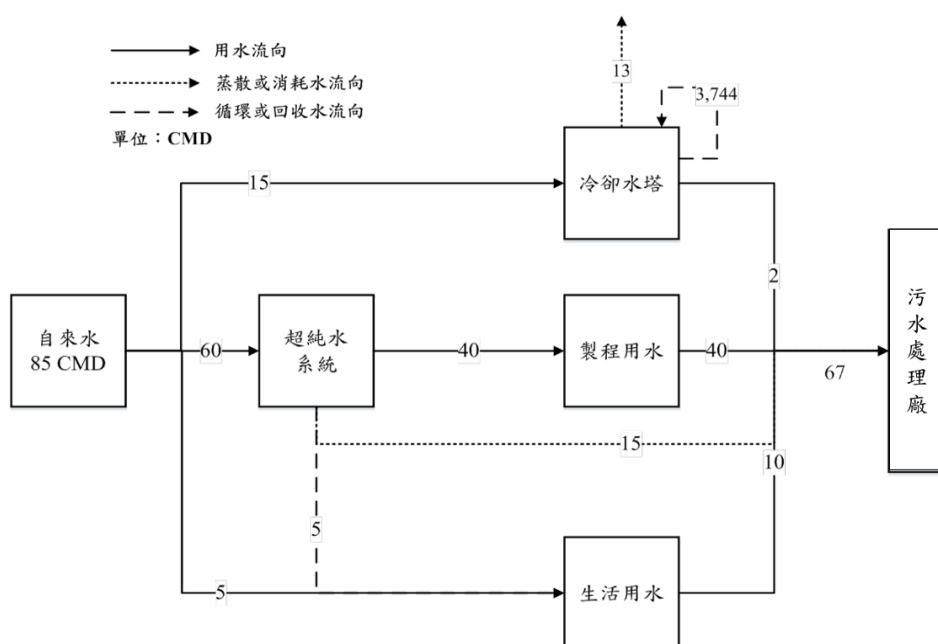


圖 37 案例 B 廠用水平衡圖（方案實施前）

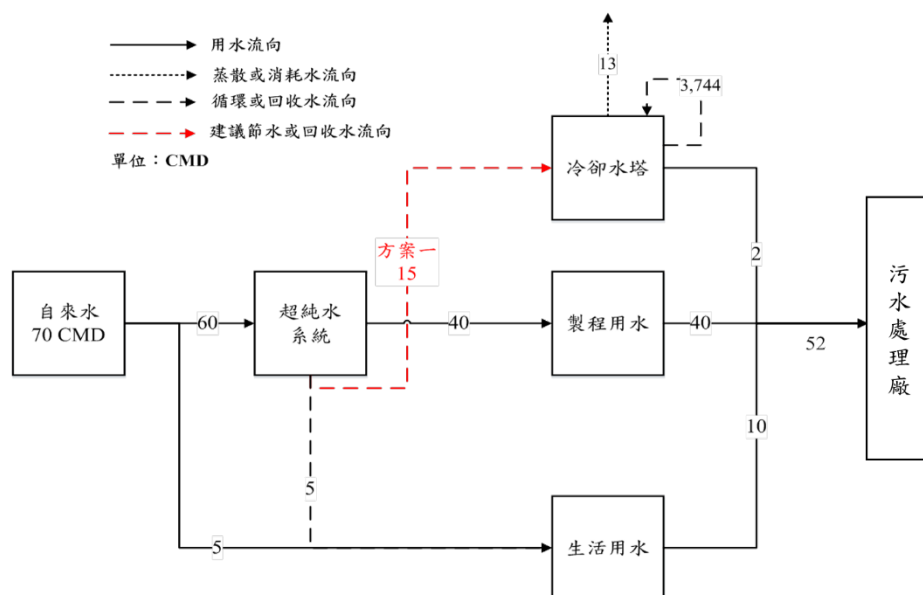
(四) 用水效率提升方案

依據圖 37 之全廠用水平衡圖，經參考節水診斷之結果，可規劃方案如下：

方案一、RO 濃排水補充至冷卻水塔

建議可將廠內 RO 濃排水補充至冷卻水塔使用，預估可減少自來水用量約 15 CMD。

所規劃的水回收方案，可將該廠總取水量由原來之 85 CMD 降至 70 CMD，同時也降低了該廠納管水量，由原排放水量為 67 CMD，改善後排放水量降至 52 CMD，如圖 38 所示。



(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，本團隊建議之節水措施，為 RO 濃排水回收至冷卻水塔使用，因管線配修費須考量廠內現況，故須請廠商自行評估，其經費分析如表 23 所示。

表 23 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	RO 濃排水回收至冷卻用水	15	—	—	—	—	—	—
合計		—	—	—	—	—	—	—

註：1.單位建設成本以折舊年限 5 年估算。

2.每月工作天以 25 天計。

2. 經濟效益分析

廠內使用水源為自來水及地下水，目前工業區的自來水價格為 12.5 元/噸，依該廠提供資料並經計算後，納管水量價格為 20.48 元/噸，原總取水量為 85 CMD，排放水量為 67 CMD，經節水輔導後，總取水量降為 70 CMD，排放水量為 52 CMD，回收前後費用變化如表 24 所示。

表 24 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 量費	85×30 =2,550	2,550×12.5 =31,875	70×30 =2,100	2,100×12.5 =26,250	5,625	30,000
納管費	67×30 =2,010	2,010×20.48 =41,165	52×30 =1,560	1,560×20.48 =31,949	9,216	110,592
合計	-	73,040	-	58,199	14,841	140,592

註：1.每月工作天以 30 天計。

2.工業用水水價 12.5 元/噸，納管費用以 20.48 元/噸估算。

3. 水回收率提升分析

該廠原用水量約為 85 CMD，排放量約為 67 CMD，預計經由實施回收方案後，約可增加節水量約 15 CMD，用水量降低為 70 CMD，而排放量降低為 52 CMD，改善後全廠回收率 R2 由 5.56% 提高至 22.22%，水回收計算結果如表 25 所示。

表 25 案例 B 廠水回收率

項目	全廠水回收率 (R1)	全廠水回收率 (R2)
實施前	$97.78\% = \left(\frac{5 + 3,744}{85 + 5 + 3,744} \right) \times 100\%$	$5.56\% = \left(\frac{5+0}{85+5} \right) \times 100\%$
實施後	$98.17\% = \left(\frac{20 + 0 + 3,744}{70 + 20 + 3,744} \right) \times 100\%$	$22.22\% = \left(\frac{20+0}{70+20} \right) \times 100\%$
註：		
全廠回收率 (重複利用率, R1) = $\frac{\text{總回收水量} + \text{總循環水量 (含冷卻、製程及鍋爐循環)}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{總循環水量 (含冷卻、製程及鍋爐循環)}} \times 100\%$		
全廠回收率 (不含循環水量, R2) = $\frac{\text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}}{\text{取水量} + \text{總回收水量} + \text{非冷卻循環水量}} \times 100\%$		

第五章 參考文獻

1. Enviromatch, Inc. · [http : //www.mgccontractors.com/microfiltration/](http://www.mgccontractors.com/microfiltration/)
2. Oasis Engineering & Supplies Sdn Bhd. · [http : //www.oasis-eng.com.my/products_ct4.asp](http://www.oasis-eng.com.my/products_ct4.asp)
3. Research Paper of California Institute of Technology · Kim, C.S. · Increasing Cooling Tower Water Efficiency 2009
4. SPX Cooling Technologies, Inc · [http : //spxcooling.com/products/nc-everest](http://spxcooling.com/products/nc-everest)
5. 上海奧德水處理科技有限公司 · [http :
//www.odsh.net/odsh_Product_8947196.html](http://www.odsh.net/odsh_Product_8947196.html)
6. 中原大學薄膜技術研發中心 · 水處理用薄膜模組及其應用 · [http :
//setsg.ev.ncu.edu.tw/](http://setsg.ev.ncu.edu.tw/)
7. 全澤股份有限公司 · [http : //www.molykem.com/new/fiber5.htm](http://www.molykem.com/new/fiber5.htm)
8. 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)
9. 施維宣等 · 化材 3C-光學玻璃 · [https :
//www.emaze.com/@AFLQRWI/%E5%85%89%E5%AD%B8%E7%8E%BB%E7%92%83](https://www.emaze.com/@AFLQRWI/%E5%85%89%E5%AD%B8%E7%8E%BB%E7%92%83)
10. 胡衍榮 · MBR 應用於廢水回收再利用，經濟部工業局產業用水效率提升輔導說明會，2014
11. 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)
12. Logistion Water Treatment · comparison membrane techniques · [https :
//www.logisticon.com/en/technologies/membrane-filtration/](https://www.logisticon.com/en/technologies/membrane-filtration/)
13. 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)
14. 迪埃爾維 (上海) 流體控制商貿有限公司 · 冷凝水回收：開放式系統 Vs 封閉式系統 · [https : //www.tlv.com/global/CN/steam-theory/vented-pressurized-condensate-recovery.html](https://www.tlv.com/global/CN/steam-theory/vented-pressurized-condensate-recovery.html)

15. 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
16. 工研院材化所，淨水處理設備介紹，<https://reurl.cc/GkXW8W>
17. 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
18. 盛義實業，冷卻循環水處理裝置 EMIIR SRDEC-CT 提案書，2016
19. 莊順興等，薄膜生物反應系統應用於水回收再利用之潛力，台灣環境資源永續發展研討會，2004
20. 莊榮清等，薄膜科技的應用：流體中的最適守門員—微過濾與超過濾，科技大觀園，2008
21. 勞動部，行業指南-電腦、通訊及視聽電子產品製造業，2012
22. 勞動部，電腦、電子產品及光學製品製造業，<https://www.mol.gov.tw/media/1672/ac13%E9%9B%BB%E8%85%A6%E9%9B%BB%E5%AD%90%E7%94%A2%E5%93%81%E5%8F%8A%E5%85%89%E5%AD%B8%E8%A3%BD%E5%93%81%E8%A3%BD%E9%80%A0%E6%A5%AD.pdf>
23. 經濟部工業局，工業污染防治，第 141 期，2017
24. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，期末報告，2016
25. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2015
26. 經濟部工業局，產業用水效率提升計畫，節水輔導報告，2016
27. 經濟部水利署，工業用水量統計報告，2017
28. 經濟部水利署，公共場所節約用水技術手冊，2004
29. 經濟部水利署，節水紀實，2012
30. 經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2018
31. 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
32. 經濟部統計處，工業產銷存動態調查，2018

電腦電子光學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、台灣光學工業同業公會、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



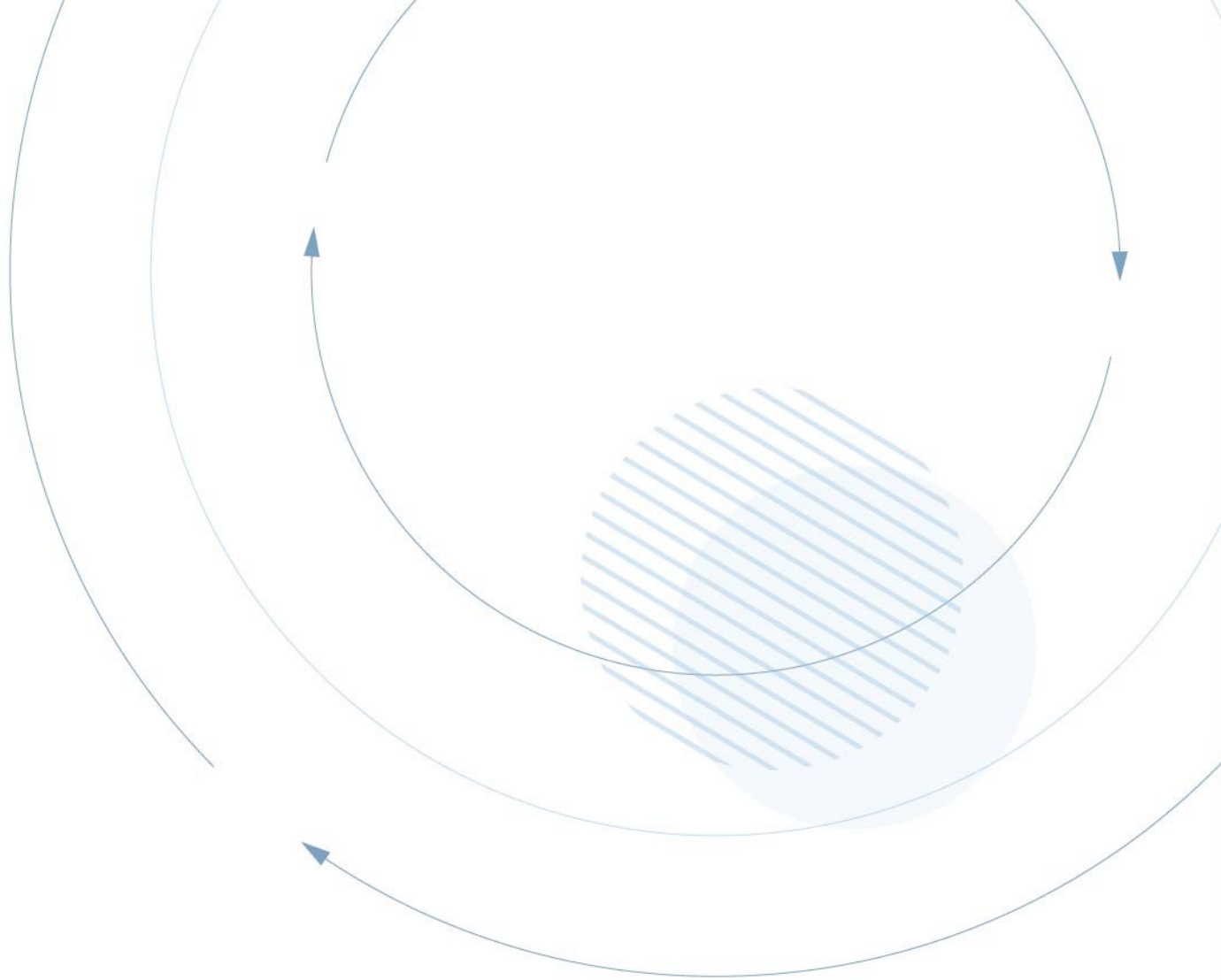
電腦、電子產品及光學製品製造業

電腦電子光學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