

用戶端的可行作為-以科技業為例

我國科學園區工業節能案例

委託單位：經濟部能源局

執行單位：工業技術研究院綠能與環境研究所

用戶端的可行作為-以科技業為例

目 錄

- 壹、 前言
- 貳、 科技產業現況
- 參、 需量反應措施
- 肆、 削峰填谷 - 分時管理及應用
- 伍、 抑低基載 - 提升用電效率
- 陸、 緊急備載 - 發電機即時備轉容量
- 柒、 結語

壹、 前言

近年來台灣產業日益蓬勃的發展，在經濟成長驅動加上極端氣候的影響下導致用電需求逐年提高，以 2019 年來看國內產業用電占比已達五成以上，其中因科技產業規模擴大帶動的相關用電成長趨勢顯著，另外因近年來政府推動能源轉型讓大量非傳統基載型的再生能源逐步地加入供電行列，因此台灣電力系統穩定性與供電可靠度將面臨其所帶來的挑戰。

在提升再生能源滲透率所面臨的挑戰中，除了在供電端透過各式輔助服務穩定供電品質以外，用戶端能夠如何協助維持系統的穩定便成為一項值得探討的課題。

借鏡美國加州能源委員會(CEC)「電力承載順序」政策推行的經驗，利用承載順序思維，用戶端可以運用包含需量反應、用電效率提升、削峰填谷與啟動緊急備用電力等方式協同供電端共同努力，維持量足質優的穩定供電品質達到雙贏的境界。

貳、 科技產業現況

(一) 科學園區用電概況

台灣三大科學園區 2020 年營業額破 3 兆元，創造占國內 GDP 15.3%的可觀貢獻，同時也是節能減碳的重要力量。在科學園區廠商以及設備供應商共同努力下，園區內數間指標大廠近年來平均的年節電率都大於 2%，遠超過政府所要求的一倍以上，堪稱產業節能的先驅；但是面對大環境對於淨零排放的迫切需求，高科技產業供應鏈需要有更多創新節能技術的應用，來達到經濟發展與環境永續兼顧的雙贏局面。

根據經濟部能源局數據，國內每使用一度電就相當於 0.509 公斤的碳排放量。在「節電就是減少排碳」與淨零的國際趨勢下，台灣產業紛紛加入百分百再生能源（RE100）國際倡議，承諾全面使用綠電的時程，共同為環境保護做出貢獻。

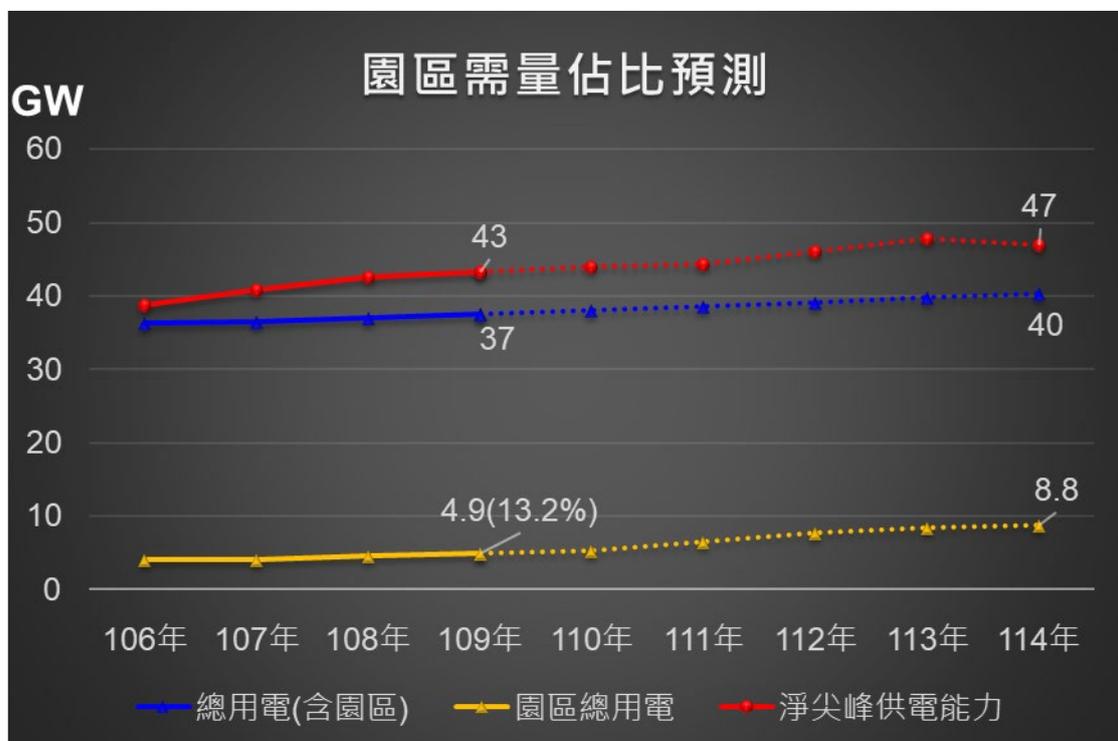


圖 2-1、園區需量占比預測

如圖 2-1 所示，全台灣於 2020 年尖峰負載為 37GW，而淨尖峰供電能力為 43GW，身為科技產業聚集重鎮的科學園區，竹科、中科與南科三大科學園區已占全國用電 13.2%，其占比是相當的高，預估於 114 年用電將超過 2 成以上。從圖 2-2 中可以發現從 109 年度至 114 年度，竹科、中科和南科的最高用電量從約 1,300 MW 至 1,800 MW，預估大幅提升至 2,200 MW 至 3,300 MW，成長至接近 2 倍的幅度，由此可以看出科技業對電力的需求日益增加，同時也代表著電力對科技業的重要性。

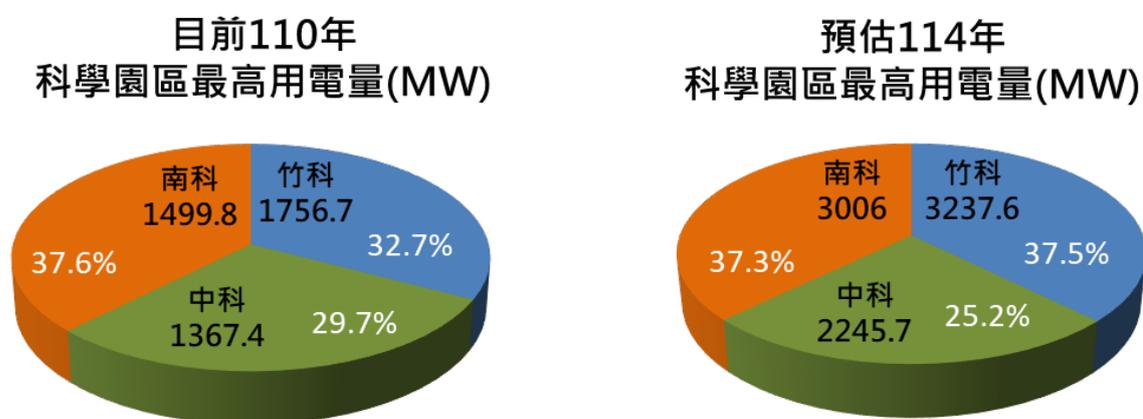


圖 2-2、科學園區年度最高用電量比較

(二) 大型產業用電需求

科學園區前五大產業分別為半導體、面板、光電、精密機械和生物科技產業，其中半導體、面板與光電 3 個產業用電量較高，投入節能也最為積極，主要原因為以下兩點，

1. 政策規範等外部壓力：

例如，能源局要求廠商每年須節電至少 1%，以及用電 5MW 以上的用電大戶 5 年內須自建 10%再生能源設備或儲能裝置，也可採用購買再生能源憑證或繳納代金等方式達到推廣再生能源使用的目的。

2. 企業形象：

綠色供應鏈已是國際趨勢，必須展現節能減碳的成果與決心，才能維持國際競爭力。

（三） 園區節能推廣

園區廠商每年在節能推廣與應用上不斷精進。業者主要從四個方面著手，一是改善設備能源使用效率，例如採用高效率馬達 IE3/IE4；二是透過管理方式降低能耗，以照明管理為例，採用有人才亮、要用才亮與最低照度的管理思維，搭配自動檢測和時間排程等技術來實現；三是降低單位產出的用電量，採改善生產排程或提升生產機台效率等方式來提高產能，以達到在相同用電量的情況下能提升產量，展現能效提升的做法；四是當再生能源滲透率變高情形之下，鴨子曲線已重新定義尖/離峰時段，未來可透過動態移載以「多用再生能源，少用高碳排電力」和「協助維持系統穩定」為目標，也就是透過購買綠電或自行建置再生能源裝置並考量系統用電的充裕度調整用電，達到降低碳排和提升供電穩定度的目的，這對於不能片刻斷電的高科技產業尤其重要。

參、 需量反應措施

台電公司自民國 68 年開始執行需量反應措施，主要是從需求管理面引導用戶改變現有用電型態，並透過分段價格與誘因釋出方式提供用戶更多選擇，進而達到負載管理及需量調整之目的。透過需量反應措施，用戶端可依電力系統的需求與能配合的措施調整特定時段的用電量，除減輕電費負擔以外，亦能重新檢視並調整用電行為的可行性；而供電端也能降低供電成本，並改善供電品質與提升可靠度，延緩靠興建新電廠提升供電量，創造雙贏局面。如圖 3-1 所示，需量反應措施在價格基礎上著重於常態應用並以時間區分，藉由不同時段價格訊號讓用戶端知道在哪個時段為高峰期，並調整用電時機避免以較高電價支付電費，例如季節電價與時間電價，以近期議題為例，近幾年國家能源政策改變，建置並使用再生能源成為主流，2020 年太陽能占總再生能源裝置容量約 63% 並產出 60.9 億度電力，依太陽能只在白天發電的特性，在日間時段已為原本尖峰時段抑低淨負載，於未來 2025 年的 20GW 設置目標勢必改變既有的用電曲線並將淨負載的尖峰時段往後推移至傍晚時刻，時間電價的時段與價格將進行重新檢視；而誘因基礎是在電力高峰期或需要臨時性減少用電的狀況下，配合降載以獲得電費扣減等回饋，如計畫性與臨時性減少用電措施及需量競價措施，達到配合抑低之約定負載量，透過前述措施皆能穩定供電品質並有一定的節能效果。

| | | | | |
|------|---------------|---------|-------|-------|
| 價格基礎 | 季節電價 | 夏月 | 非夏月 | |
| | 時間電價 | 二段式 | 三段式 | 住商型 |
| | 儲冷式空調系統離峰用電措施 | 儲冷式空調系統 | | |
| 誘因基礎 | 計畫性減少用電措施 | 月減8日型 | 日減6時型 | 日減2時型 |
| | 臨時性減少用電措施 | 限電回饋型 | 緊急通知型 | |
| | 需量競價措施 | 經濟型 | 可靠型 | 聯合型 |
| | 空調暫停用電措施 | 中央空調 | 箱型空調 | |

負載管理
需量調整

圖 3-1、台電需量反應措施

反觀科技業者(用戶端)在既有的需求面基礎下，除了配合台電需量反應措施改變用電行為以外，受限於科技業者的需求條件，科技業必須做到更好的需量管理與創新想法，達到耗能與節能的需求平衡點，例如設備廠商提供的軟硬體技術支援、設施的創新節能想法與傳統發電機備用能源轉載支援等，將分為削峰填谷、抑低基載和緊急備載三個部分於後續章節中依序進行說明，如圖 3-2。

| | | | | |
|------|---|---|---|---|
| 削峰填谷 | - | - | | |
| | - | - | | |
| | - | - | | |
| | - | - | | |
| 抑低基載 | - | - | - | - |
| | - | - | - | |
| | - | - | - | |
| | - | - | - | |
| 緊急備載 | - | - | - | |

圖 3-2、如何讓科技業有更好的需量管理作為

肆、 削峰填谷—分時管理及應用

削峰填谷如圖 4-1 所示，簡單來說是指透過儲能系統或分段式用電，將電力以時間管理方式進行能源分配，有兩種方案可以達成此目標。第一種是在非尖峰時段將電力儲存至儲能系統中，於尖峰時段或配置需求時即可透過設備釋放電能使用；第二種是透過時間分段，將電力平均分配至各個時段使用，找出最佳的用電時機點。上述方案主要是將用電分散於非尖峰時段，除了讓用戶節省費用支出並使電力供需更加平衡的方法。



圖 4-1、 能源規劃程序之概念圖(削峰填谷)

(一) 分段式用電：Purifier 再生排程

以 XCDA(Extreme Clean Dry Air)氣體系統的純化器(Purifier)為例，將 CDA 經過純化器純化後產出超高純淨度壓縮空氣，其中純化器主要作用為去除 CDA 氣體中之不純物，而 CDA 為半導體業中提供製程使用之氣體。空氣經由空壓機(Compressor)壓縮成高壓高溫氣體後經緩衝槽(Receiver Tank)後再經由乾燥機(CDA Dryer)去除水分，由 PCV (Pressure Control Valve)調整控制所需之供應壓力。因 XCDA 屬於超高純淨度之 P 級氣體，需要有 XCDA CQC (Continuous Quality

Control)連續品質控制監測分析儀器系統，藉由此品質監測分析系統即可 24 小時不間斷的監測 XCDA 供應品質。

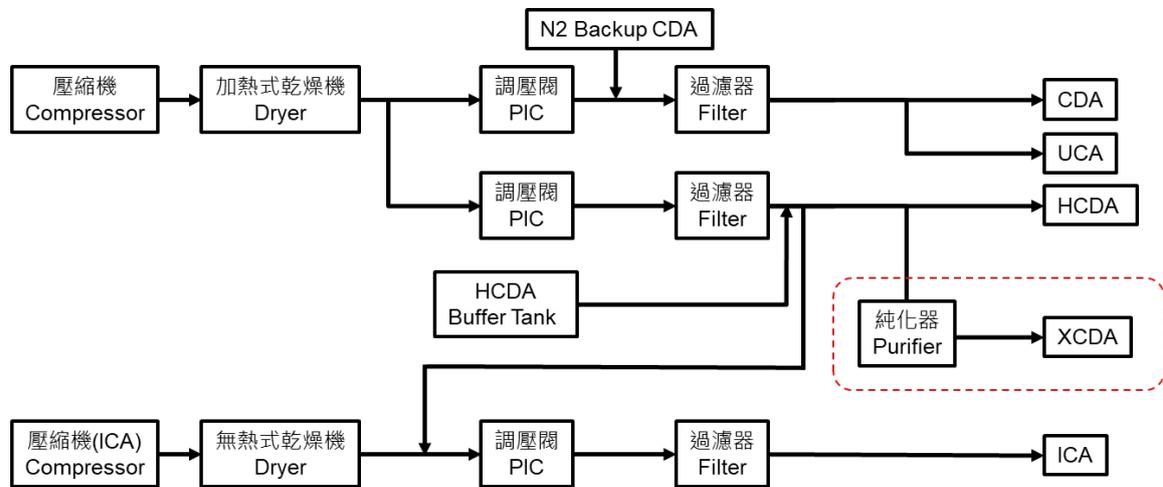


圖 4-2、XCDA 供應流程圖(Purifier)

CDA purifier 利用吸附(Adsorption)與脫附(Desorption)再生原理反覆使用吸附桶(Adsorber)內之物理性吸附材(Alumino Silicates, ALS)，如圖 4-3，需要以電力進行反覆的加熱再生，其吸附時間根據實際用量與容量，可經計算得到最長的再生週期並將各純化器再生時間設定於用電離峰時段，如圖 4-4，可調整或延長吸附時間到離峰後做再生進行動態移載，藉此達到需量平衡目的。

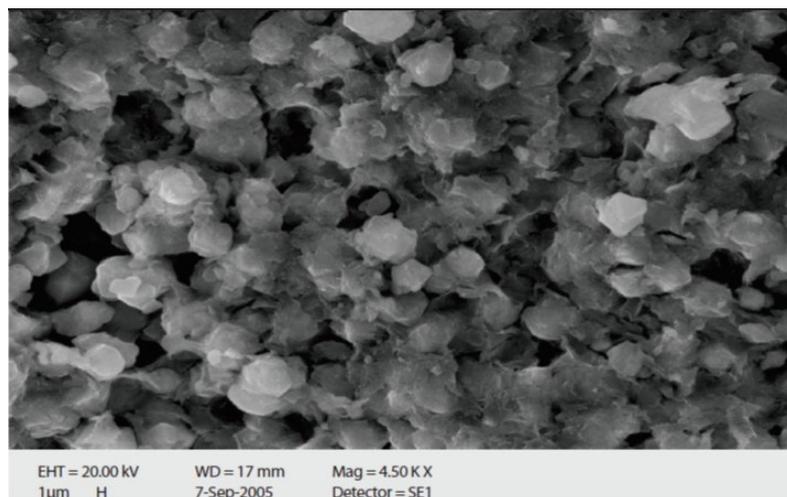


圖 4-3、吸附材 ALS

| Step | Bed A, B | Bed C | Current |
|------|--------------------------------|----------------------------|---------|
| 1 | Purify for 480 min. | Delay regen for 6 sec. | |
| 2 | Insulate adsorber for 480 min. | Vent adsorber for 480 min. | |
| 3 | | Heat up to 250.0 °C | |
| 4 | 吸附時間延長 | Regen for 600 min. | |
| 5 | | Cool wait to 50.0 °C | |
| 6 | | Cool for 180 min. | |
| 7 | | Equalize for 60 min. | |
| 8 | | Condition for 1440 min. | |
| 9 | | | |
| 10 | 瞬間流量 << Capacity | | |

STATUS
Purifier: Time extended Purify 123.4 min
Regen: C Sandly Regen 0:00
Flow 2.757 m³/hr 0.128 psig

圖 4-4、純化器人機介面－延長吸附時間

(二) 分段式用電：SBP 再生時間調配

半導體、液晶、晶圓與精密零組件等製造，都必須使用大量超純水(Ultra-Pure Water)，以確保製程達到完全洗淨之效果，洗淨藥品處理後所沾附的藥品及髒污。超純水製造技術的核心技術包含離子交換技術、膜過濾技術、配管技術及分析技術，而我們所探討的則是離子交換技術樹脂再生時間條配方法及目的。

SBP(Strata Bed Polisher,分層離子樹脂交換塔)，如圖 4-5，為使用於超純水系統精煉純水單元，是將陰陽離子交換樹脂填充在一個塔內的個別空間，屬可再生型離子交換樹脂。使用離子交換樹脂的主要目的是藉由此種樹脂去除溶解在水中各種陰陽離子，可輕易將水中的無機離子排除到 ppb(十億分之一)或 ppt(兆分之一)的等級，利用離子交換原理的水質純化技術，精製成高比電阻值的純水。由圖 4-6 可知樹脂離子交換方式及 SBP 產水與再生程序樹脂塔之流向與方式。

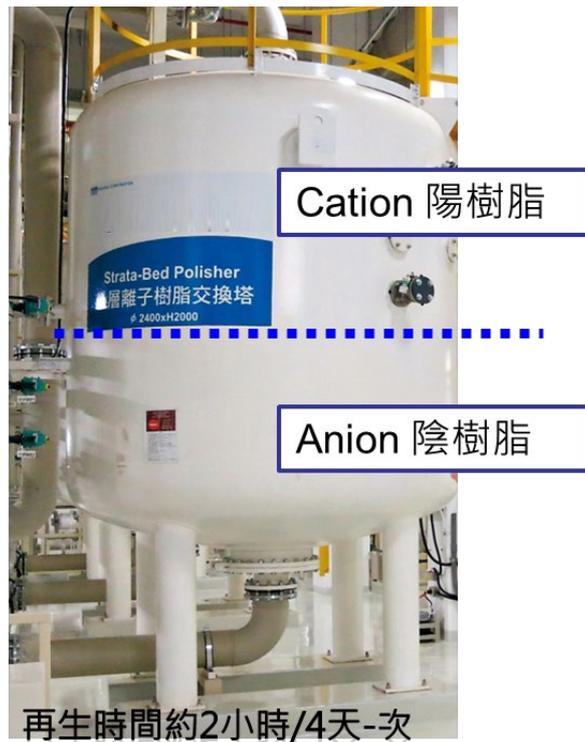


圖 4-5、多層離子樹脂交換塔

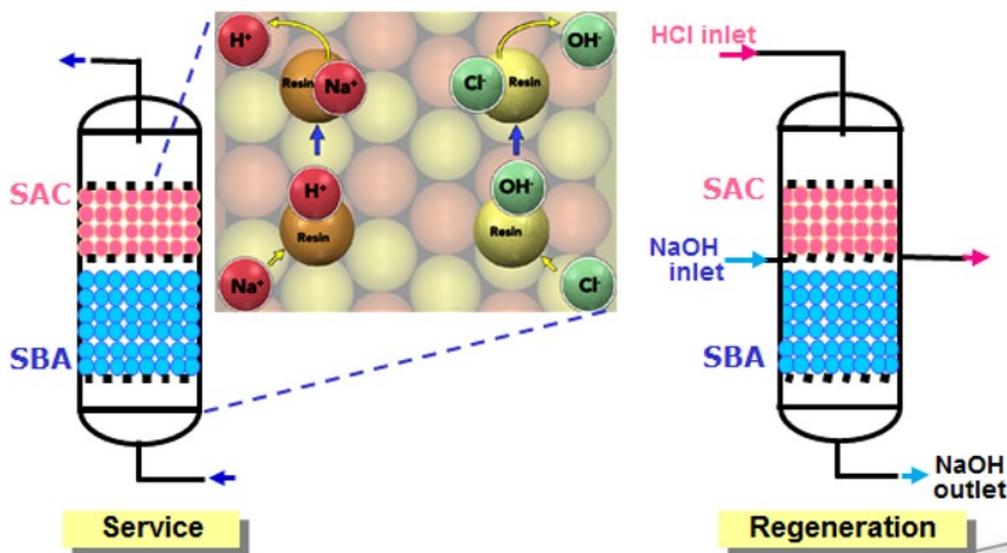


圖 4-6、SBP 產水及再生流程圖

離子交換是一種可逆反應，利用強酸(陽離子)或強鹼(陰離子)可洗去過多的離子使之再生、重複使用。而在再生階段步驟流程如下，壓床→注藥→洗淨→Rinse→循環、水質確認，在這之中是利用 pump 啟動運轉耗用電力消耗，所以在不影響超純水(UPW)供

應水質及水量的前提下，以實際樹脂再生需求及其再生週期具有較長時段靜置待機特性(4 天-次)，可安排於離峰時段進行再生以避開尖峰用電時段。

(三) 分段式用電：CDA Dryer 再生

CDA 為科技業中使用大宗的氣體之一，主要用於設備驅動氣源。空壓機將空氣壓縮後，經緩衝槽再經乾燥機去除水分後，由過濾器去除微粒再由 PCV 調整控制所需之供應壓力，如圖 4-7，供應出口由 CQC 連續品質控制監測分析儀器系統供應至線上。

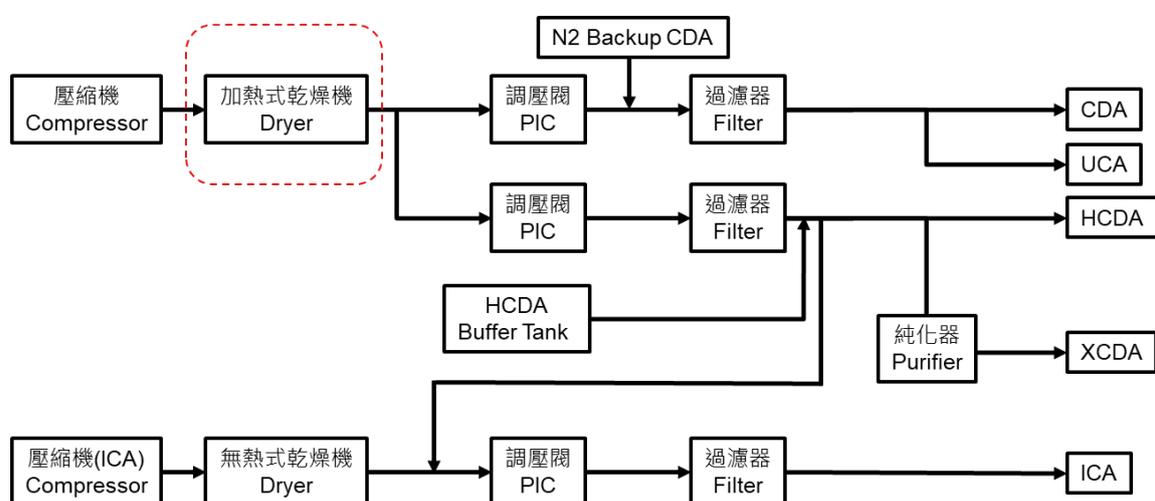


圖 4-7、CDA 供應流程圖(Dryer)

如圖 4-8，當空氣被壓縮時，空氣內的含水率逐漸提升至飽和狀態，為符合線上需求之含水量必須依靠乾燥機去除水分，而乾燥機擁有兩組吸附桶槽交替吸附與再生，以往皆以定時模式運作。

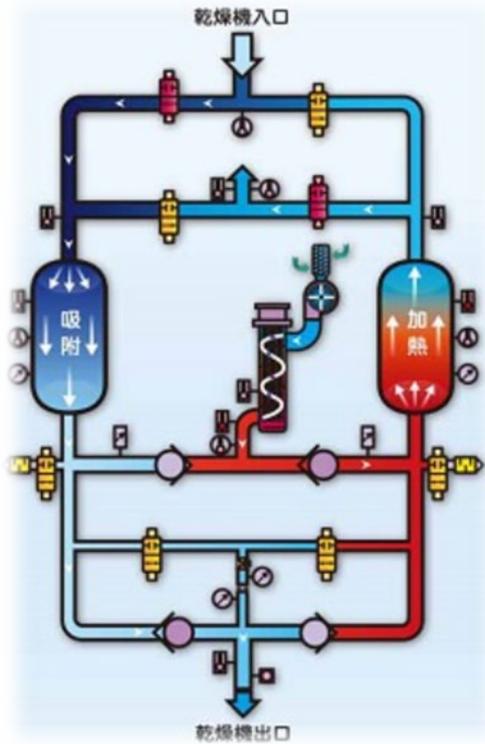


圖 4-8、乾燥機再生示意圖

若全廠乾燥機同時再生會使該時段用電量大增，因此錯開乾燥機同時再生安排利用離峰時段可降低用電量的累積，也可降低含水量，提升壓縮空氣供應的品質，如圖 4-9 所示。

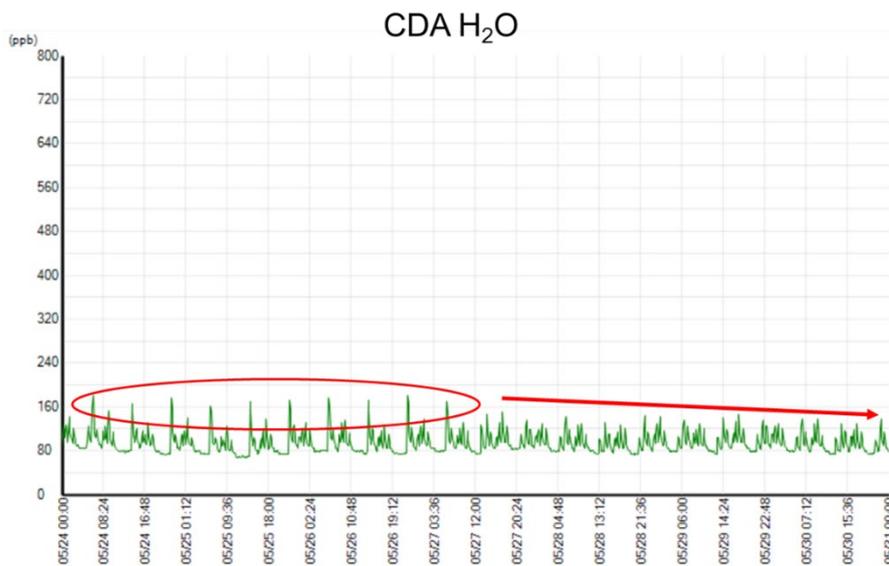


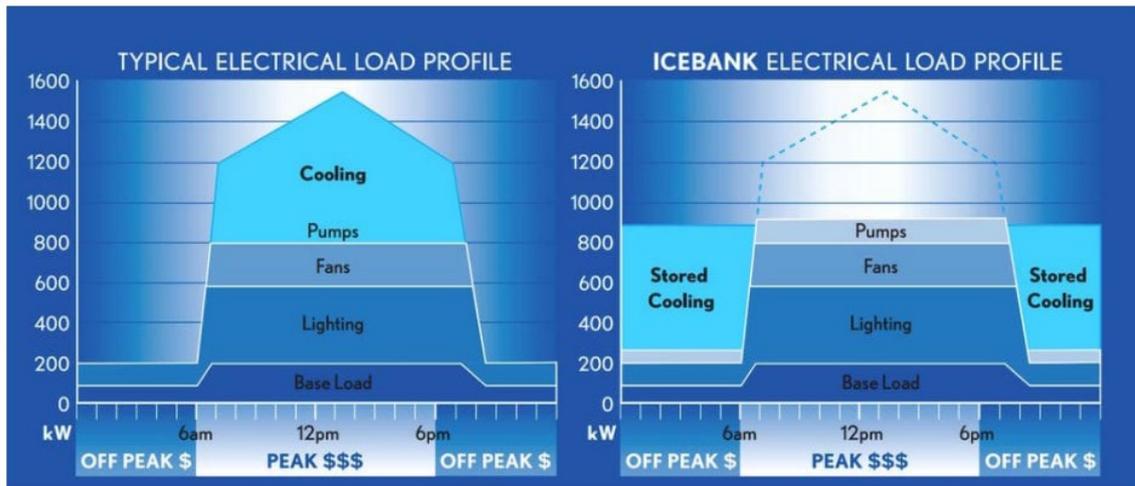
圖 4-9、CDA 水分含量圖

(四) 儲能系統應用：儲冰系統

採用儲冰系統，可將尖峰負載移轉到離峰時間以攤平尖離峰需求。儲冰系統是利用顯熱與潛熱同時儲存的儲能系統，屬於一般業界常見的大型儲能應用，利用內融冰或外融冰兩種型式以鹵水或冷媒製冷並透過壓縮機運轉進行熱交換儲冰。

此種傳統冷凍系統的特性為將離峰或特定時間的電能進行儲冰之後，將冷能轉移至尖峰負載時段，同時具有可應付瞬間最大的負載量。依型式可分為全量與分量儲冰供應方式，全量儲冰系統意指於尖峰時段的所有用量皆以儲冰量來供應，主機於尖峰時段完全停止運轉，可以移轉最多的尖峰用電。如圖 4-10 所示，由於全量儲冰系統儲冰槽的總儲能量必須滿足尖峰時段空調需求，因此儲冰槽的容量以及冰水主機的冷凍容量成本較高；而分量儲冰系統則是以冰機與儲冰系統並行運轉的機制，依照使用者需求決定融冰優先或是主機優先，將尖峰負載部分轉移，取得更好的負載運用，雖只能移轉部分尖峰負載，但其相關設備與電力容量則可降低，也可提高設備使用率，避免過多的前期建置投資。

台電公司對儲冰式空調系統給予的離峰電價為 6 折優惠(需向台電另外申請)，但離峰電價時段僅 9 小時，採用全量儲冰系統較不符合經濟效應。實際上儲冰式空調並不是節省能源的方式，其主要效益為抑制尖峰負載，並獲得離峰電價的優惠。由於儲冰系統的設備建置費用高昂，對於是否採用儲冰系統，業者還需根據效益與成本計算回收使用年限評估考量。



Source: CALMAC

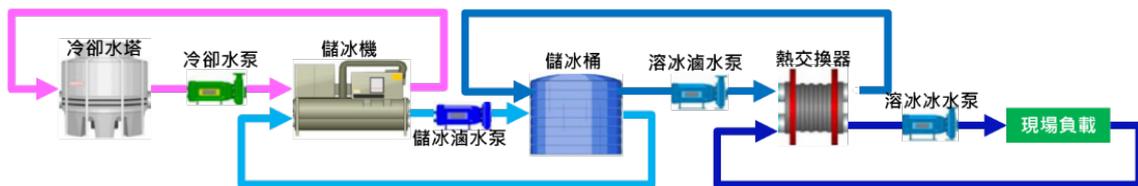


圖 4-10、儲冰系統

伍、 抑低基載—提升用電效率

抑低基載即為抑低電力需求所採取的電力措施，業界普遍可大量抑低方式皆以冰機做為主要節電大宗，而就製程上來說為確保產線穩定，故耗能並非主要考量，在節能項目陸續完成後便無法再更進一步地抑低用電需求，但其實還有很多的節能方式可供參考，如圖 5-1 所示。



圖 5-1、能源規劃程序之概念圖(抑低基載)

(一) 冰水系統

冰水系統在科技業製程中扮演非常重要的角色，其電力需求量占整體用電至少 20%，所以許多同業和專家在冰水系統節能控制方面投入了相當大的精力，但要使冰水系統中各運轉設備運轉於最佳效率點，在業界仍在尋求突破並提升效率的機會點。系統效能提升的作法多元，如硬體設施上的改善、軟體設計上的調整以及環境條件的修正等，都可帶來許多節能效益以及客製化的需量改善。

以下將以三點節能案例進行探討：

1. 改善冰水系統硬體設備提升用電效率

對系統每個區域做最適化的硬體改善並相互匹配及分工變頻運轉，根據不同天候條件及空調負載變化需求，使其運轉處於最佳狀態而達到最佳化節能運轉。

以空調冰水系統而言，冰水主機水路系統包括散熱過程及吸熱過程，係由流量、水之比熱及冰水進出水溫差(吸熱)或冷卻水出回水溫差(散熱)決定。泵浦的揚程用於克服水路系統的壓力損失，配合系統操作則需要搭配容量、揚程、壓力、最低要求及馬達功率。由於冰水管路屬密閉迴路系統且同時供應至各區空調負載，所以系統揚程會隨時變化，因此揚程及流量為選用泵浦之主要參數。而空調節能模式應用即於一次冰水泵（CHP）、冷卻水泵（CWP）及冷卻水塔風扇（CT Fan）增設變頻器，從水側最佳化節能分析與實際運轉效益，捨棄冰水主機最佳效率之運轉點，尋求新的節能運轉模式以達到最大之節能效益，如圖 5-2。

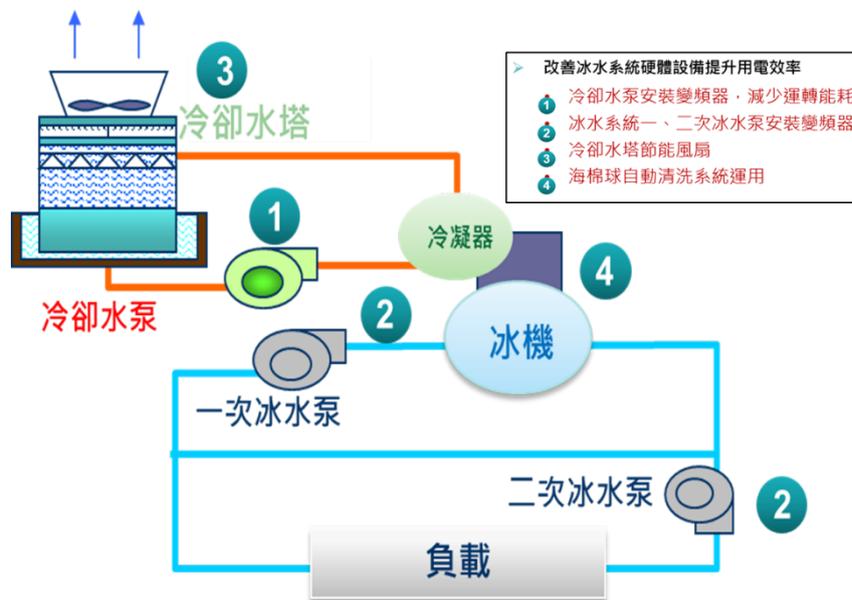


圖 5-2、改善冰水系統硬體設備提升用電效率圖

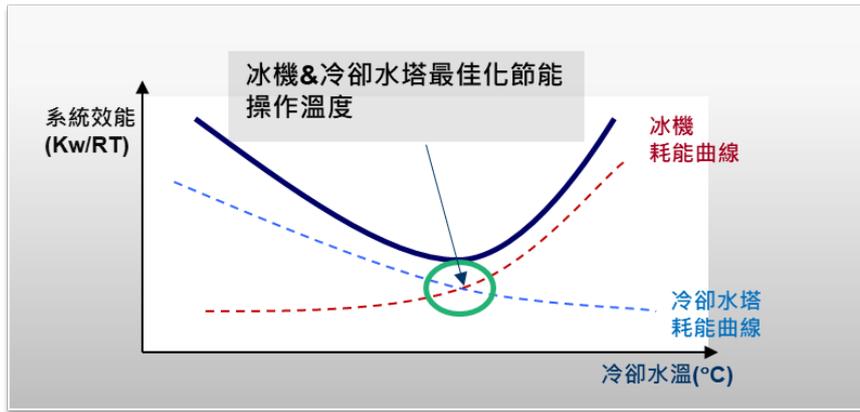


圖 5-3、冰機與冷卻水塔最佳節能操作

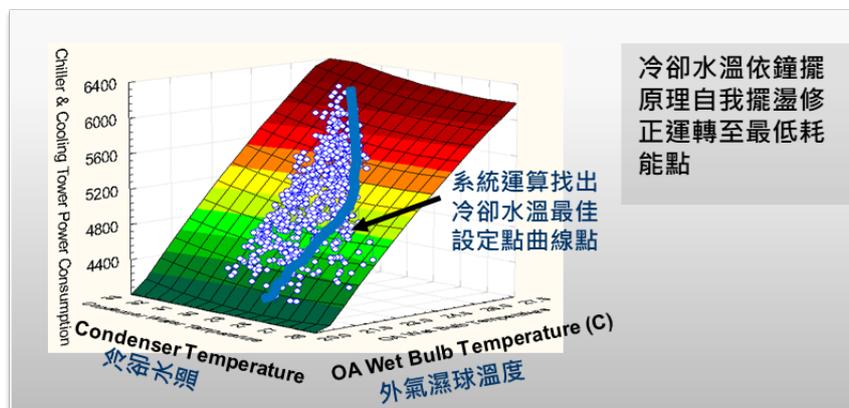


圖 5-4、冷卻水溫低能耗溫度

冷卻水塔風扇控制係根據大氣濕球溫度與趨近溫度之關係曲線，並以貼近系統最佳曲線運轉，可採二次方程式控制，讓冷卻水溫控制係以貼近曲線運轉，如圖 5-3 所示。改善冷卻水塔風扇最佳化節能運轉控制，其冷卻水設定溫度應隨外氣濕球溫度及空調負荷之變化做適時修正及調整，如圖 5-4 所示，才能達到最大節能效益。

冰水主機冷凝側係由冷卻水進行冷媒散熱作用，為保持熱交換器熱傳效果，常以化學添藥法維持冷卻水質，減少其污垢累積速率、有機物薄膜生成與銅管壁腐蝕，如圖 5-5，但其僅能「減緩」無法根除，故運轉達一段時間後，需停機改以人工機械清潔方式，利用酸洗來軟化污垢，配合高壓水柱並以尼龍刷徹底清除管壁污垢，以復

原熱交換器之最佳效率。導入海綿球清洗系統(如圖 5-6)，可於運轉過程中利用海綿球自動清洗管內結垢，時刻保持良好的冷凝器熱交換效率，增進冰機運轉效率。

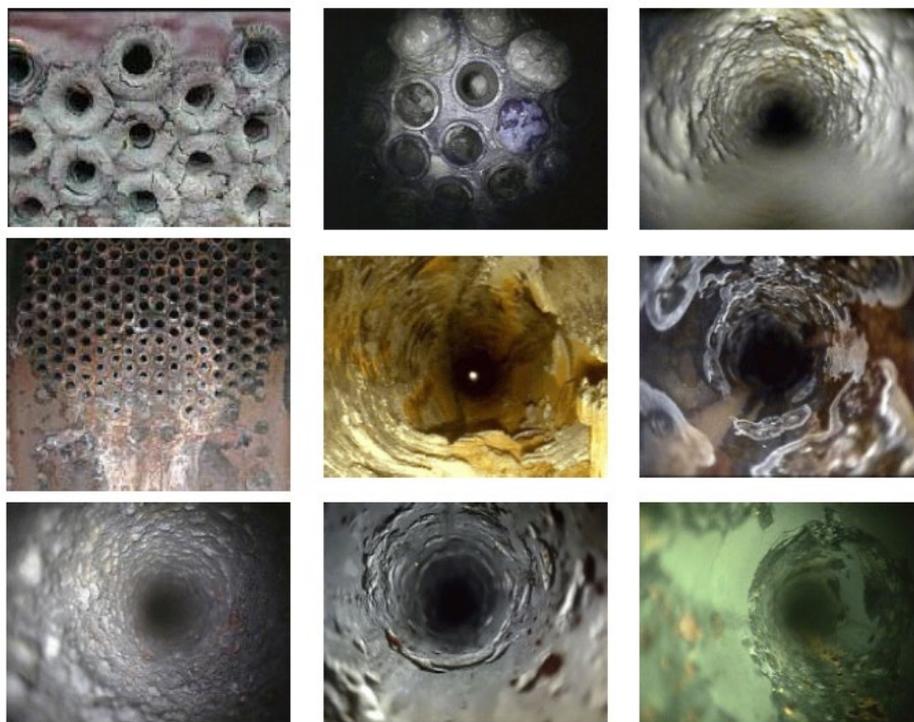


圖 5-5、熱交換管壁結垢、腐蝕現象

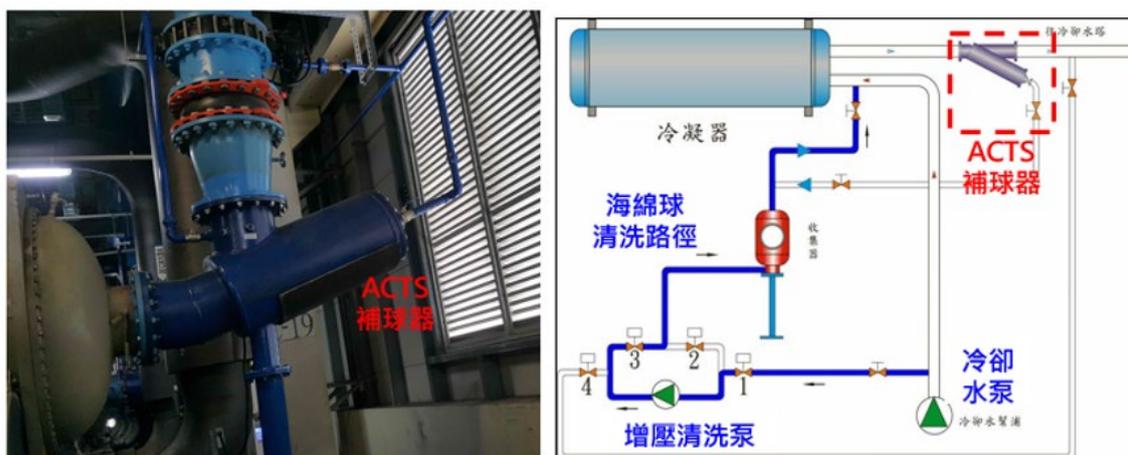


圖 5-6、冰機海綿球自動清洗系統

2. 依季節變化變化控制冰機供應溫度，將用電效率最佳化

在廠房中，為維持無塵室內恆溫恆濕需求以及將生產機台產生的熱量帶走，所以需相當大的冰水用量，而這些冰水是由冰水系統製造及供應，應用大數據分析及各運轉設備的性能曲線，以回歸分析方式開發出冰水系統整體設備的最佳能源效率控制。

依據冰機莫里爾曲線特性，如圖 5-7 得知，冰機功率因冰水溫度提升 1°C，冰機節能約 3%，因此得知冰水主機耗電量與冰水溫度成線性反比，與冷卻水溫度成線性正比。在冰機負載固定下，冷卻水泵之冷卻水進入冰機與離開冰機之溫差改變會造成冷卻水流量變化，並依泵浦/風車相似定律得知冷卻水泵功率變化與流量變化之 3 次方成正比，如圖 5-8。冷卻水將冰機熱量由冷卻水泵帶至水塔將廢熱散至外氣，離開冷卻水塔之冷卻水溫度改變會造成風扇風量變化，依泵浦/風車相似定律得知冷卻水塔風扇功率變化與風量變化之 3 次方成正比。

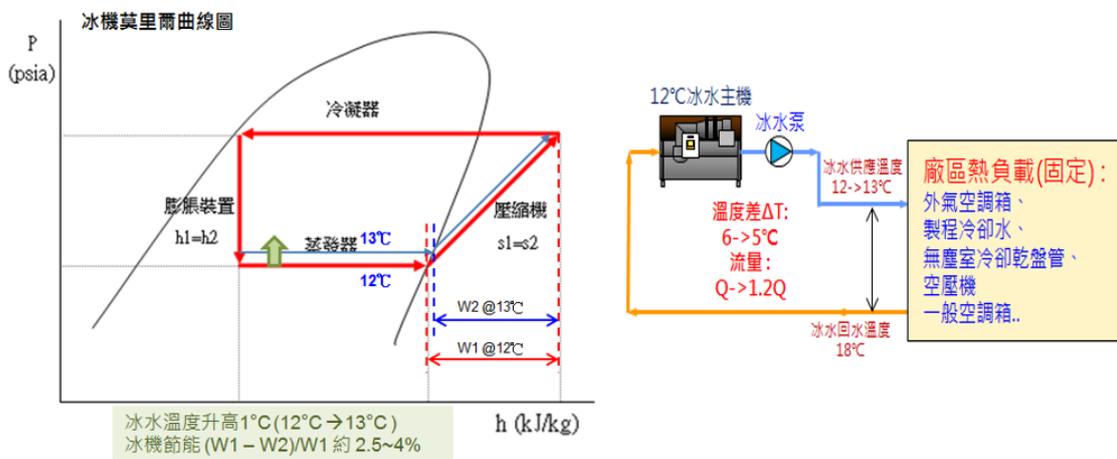


圖 5-7、莫里爾曲線改善措施(冰水)

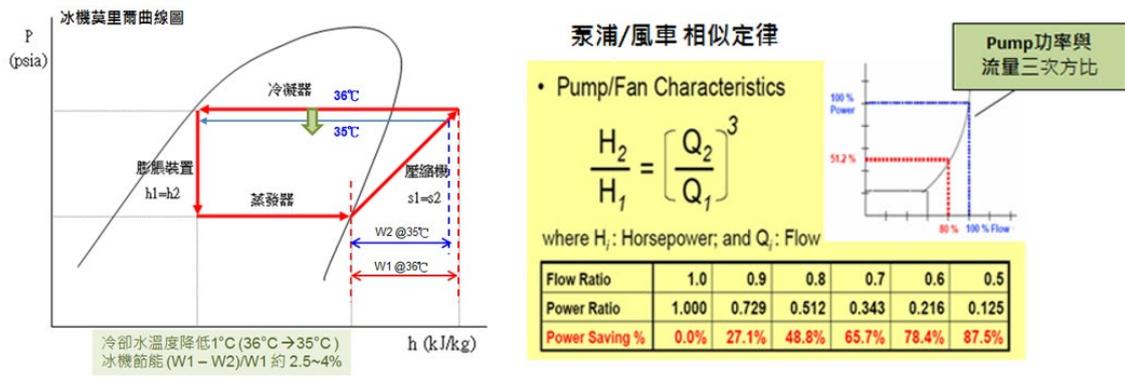


圖 5-8、莫里爾曲線改善措施(泵浦)

利用冰機之莫里爾曲線及冰水泵(CHP)、冷卻水泵(CWP)、冷卻水塔(CT)之性能曲線進行應用大數據(外氣、空調、製程冷卻水和散熱排氣)分析，以回歸分析開發出冰水系統能源效率最佳化控制程式，分別為冰機與冰水泵、冰機與冷卻水泵、冰機與冷卻水塔在不同溫度下相互關聯之能耗關係式，如圖 5-9，此三種程式可在不同的外氣狀況與現場負載隨時變動下，自動即時修正最佳設定溫度。而冰水主機及附屬設備依據此溫度，運轉於最佳節能控制點節能效益可達 8~17%，相較一般控制方式節能效率能夠提升 5~12%。

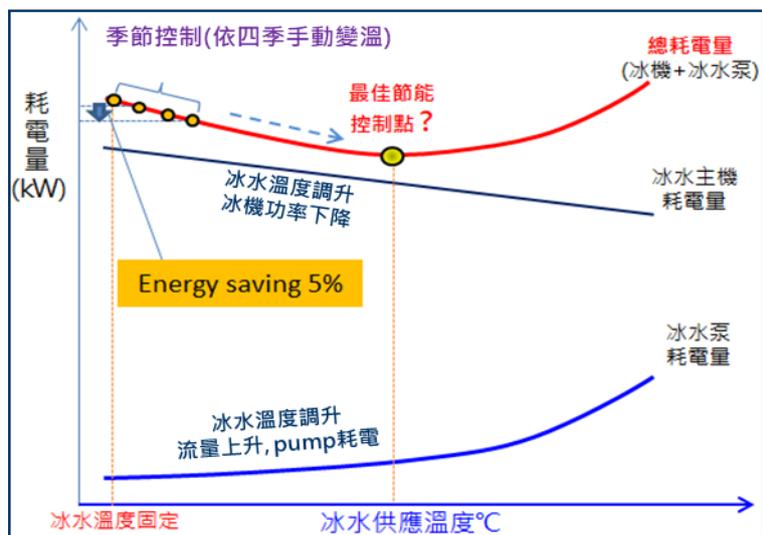


圖 5-9、冰水系統最佳節能控制點

3. 人工智慧-機器學習(AI-ML)節能控制全自動化取代人工調節

冰水系統的溫度改變與基礎設備(冰機、冷卻水塔、熱回收、泵等)的負載變化呈現出複雜的非線性相關，外氣條件也會影響冰水系統的耗電效率，如此高維度與複雜度的系統，以傳統理論公式的預測建模通常難以捕獲這種複雜的相互依賴性，且於實際運轉與理論有著不可避免的差異因素存在，如運轉時間久造成效率變差、管路結垢摩擦損失變大等。

科技業使用深度學習中常見的類神經網路演算法，將與冰水系統相關的傳感器參數將近 1000 個，先利用機械學習常用的 feature selection 篩選出第一波與耗能相關的近 300 個參數，其次透過廠務冰水系統專家的經驗與專業，再精確篩選出近 100 個重要參數當作神經網路的輸入值，數據收集以每 15 分鐘一組，範圍至少 13 個月以上，將數據分為訓練群與測試群，訓練群包含總數據集的 80%、剩餘 20%為測試群。

我們建構的深度學習類為反向傳播訓練神經網路模型架構，將冰水系統耗能相關參數(壓縮機、水泵、水塔、熱回收、冷凍噸、外氣條件等)視為輸入神經元，中間層為數個隱藏層組成，接著定義輸入層、隱藏層和輸出層之間變量維度，確保資料於訓練期間傳遞的順暢性。模型進行訓練期間多採用小批量規模培訓，每一組小批都是由訓練群中亂數選取後分批送進網路系統，得出相對應的權重和偏差變量，將其作為輸入提供給下一批當作初始值，直到所有訓練群分送完畢後並重複該過程，當輸出達到收斂時或者達到設定的 epoch 過程訓練後停止。預測模型 $R^2 > 0.9$ 即算為精確模型，表示模型成功完成訓練，利用此模型即能預測於當下系統溫度為小變化範

圍中的最低耗能溫度組，再將此溫度組回饋給冰水系統作為節能溫度設定。

節能效益上導入機器人學習可建構對環境專屬的模型外，另一個優勢是建立好的模型本身有自我學習(self-retraining)的功能，隨著時間的演化，模型不斷在學習冰水系統的最佳狀態，而後自動調整參數，以機器學習模型取代人工調節，如圖 5-10，不斷推衍出最佳化效益的結果，除前述兩個階段的效益外，依此可再持續增加約 2% 節能效益。

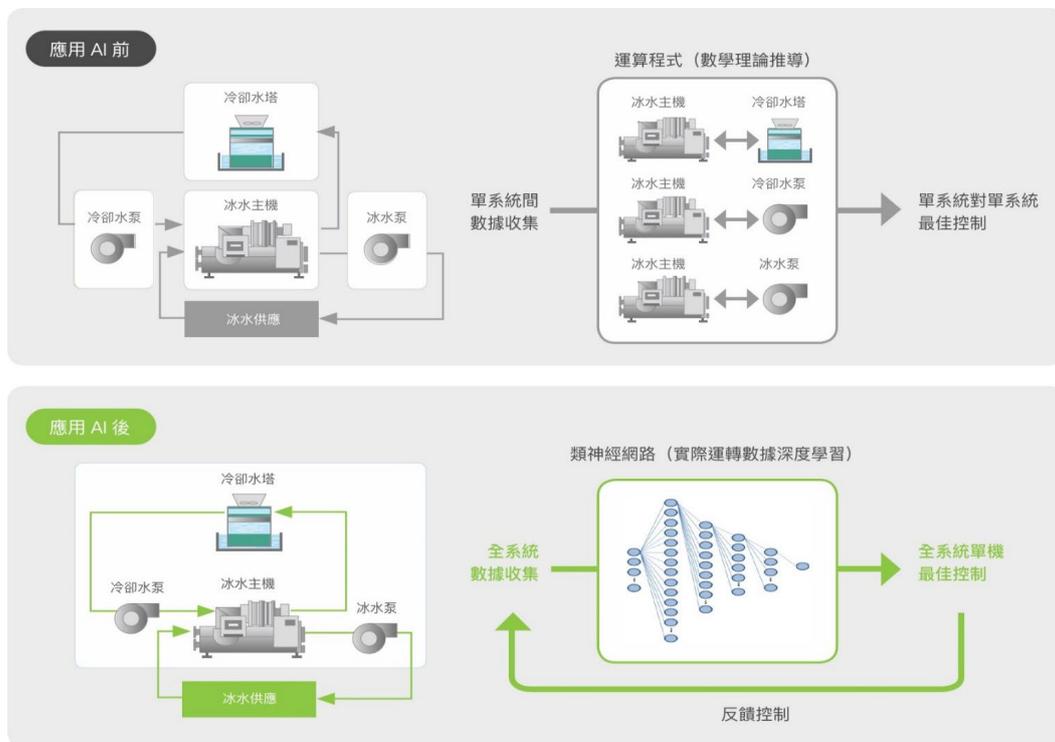


圖 5-10、冰水系統類神經網路演算法應用

(二) MAU 加濕技術

大氣中充滿各種化學氣態污染物例如 SO_x、NO_x、CO 及其它的有機污染物等，這些氣體污染物無法以傳統機械方式過濾，必須以化學方式加以去除，常見的方式如採用化學過濾器及空氣洗滌器等方式，外氣空調箱(MAU)為空氣洗滌器外，附有調

節無塵室濕度的功能，近年來已逐漸有將空氣洗滌器及加濕器功能合而為一的趨勢，一般稱為水洗加濕器，而此種水洗加濕器本身亦具備蒸發冷卻的功能，如圖 5-11。因此種同時兼具「洗滌」、「冷卻」或「加熱加濕」等功能的外氣空調箱設計，目前已實用化而廣為相關科技業界採用。

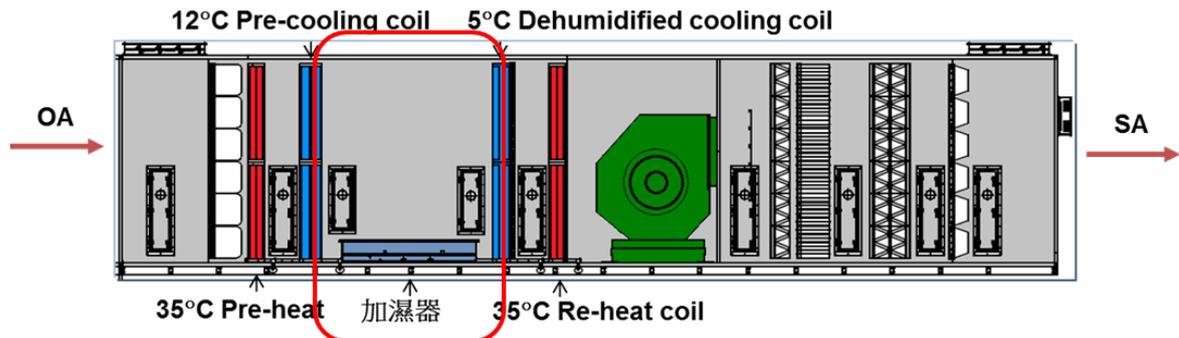


圖 5-11、外氣空調箱示意圖

傳統的水洗加濕器大多藉由加壓循環泵輸送洗滌水，直接吸收來自外界的固態微粒及氣態污染物，然而考量到接觸時間與面積，大多以提高循環水量來確保質傳性能，但也因此造成洗滌加濕裝置的電能消耗量的增加。為賦與系統足夠的接觸時間與面積，利用「質傳膜板」概念的洗滌架構，以降低水洗加濕過程所需耗能。「質傳」的強化裝置為主體外氣水洗加濕器的主要構形即以濕膜板或類似的設計搭配或全面取代噴嘴架及高揚程的水洗泵，如圖 5-12，在搭配潔淨室的外氣空調箱後相較於一般傳統性能，其空氣側壓降低於傳統的除水板，更進一步降低了外氣空調箱風機的靜壓需求，從而外氣空調箱整體耗能更能進一步的降低，對於新型水洗加濕器之電力需求可降至原有設計的 10%，耗能比較如表 5-1 所示。另外水洗馬達可同時採用 IE3/IE4 節能馬達也可增加節電效率。

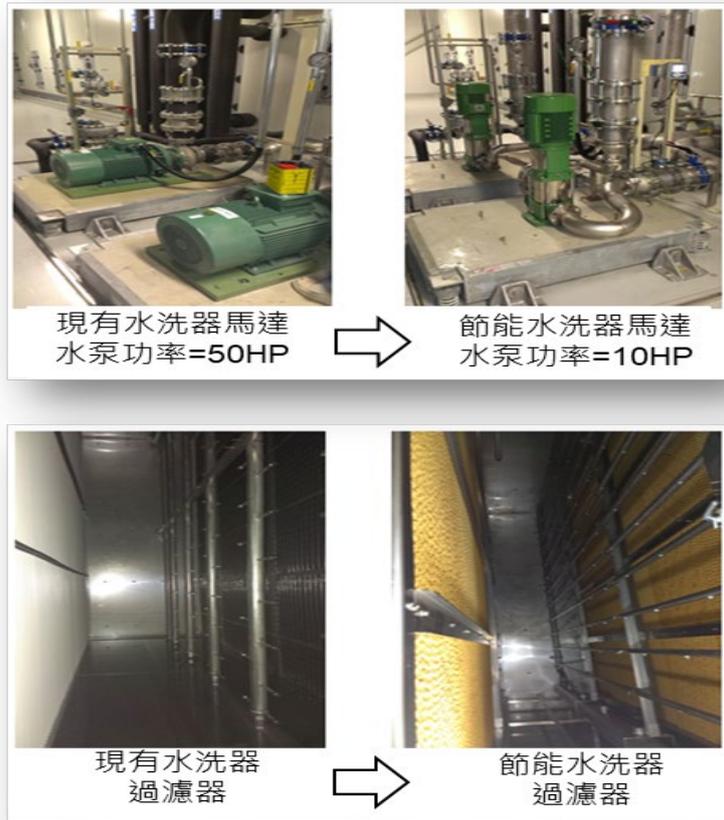


圖 5-12、濕模板技術取代原有水洗方式

表 5-1、濕模板與原水洗方式耗能比較表

| | 傳統 AW | 濕模板 AW |
|---------|------------------------|------------------------|
| 去除效率 | Efficiency Avg.: 95.7% | Efficiency Avg.: 96.2% |
| Pump 耗能 | 37.5kw | 7.5kw |
| 空氣側壓損 | 300pa(約耗能12kw) | 150pa(約耗能6kw) |

(三) UPS 模式轉態

隨著科技業快速成長，精密設備對於供電品質的要求越來越高，不斷電系統(UPS)在供電中的重要性與日俱增，成為業界間常態性使用的基礎配備，為了維持不間斷的穩定電源供應，部分的能量在 UPS 內部轉換過程中損失，造成額外的能源浪費，因此在現今技術下提供了一種節能模式。

正常情況下 UPS 會切換至旁路使整流器停止運行進行節能，供電依然正常，對於壓降造成的電壓異常，必須從節能模式切換至不斷電模式(On-Line Mode 或 Inverter Mode)並維持在不斷電模式以保護下游負載不受壓降影響；若 UPS 內部故障造成的電壓異常，UPS 應該從節能模式轉跳至旁路模式(Bypass Mode)，隔離 UPS 內部故障點並維持輸出供電。

此技術相較於多年前已是較成熟的產品，除了可獲得更多的節能量也兼具良好的供電品質，對於精密的產業不斷電持續 24 小時的產線運作，在不影響 UPS 供電可靠度與安全性的前提下，若將現有 UPS 運轉模式轉換於節能模式，可將轉換效率由原本約 94%提升至 99%，如圖 5-13 所示，以現有 kVA 等級的 UPS 數量換算起來之年節能用電量非常可觀。

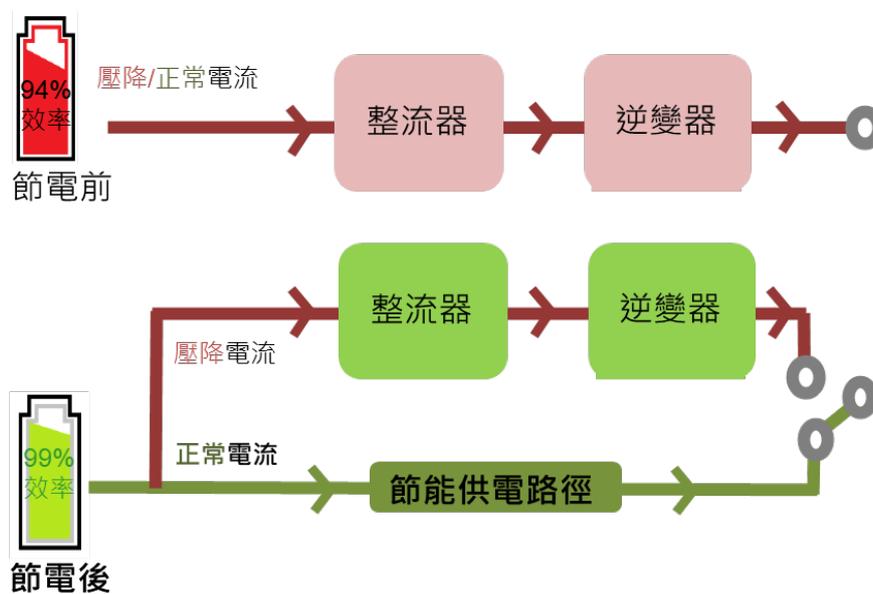


圖 5-13、UPS 節能模式示意圖

以 825kVA 為例，每台 825kVA UPS 可節省 18kW 的功率損耗，如圖 5-14 所示。以半導體業某廠為例，啟用 UPS 節能模式後，每年

約可節省 19 百萬度電並減少 12,536 公噸排碳量，約占廠務 4.6%之節能比例。

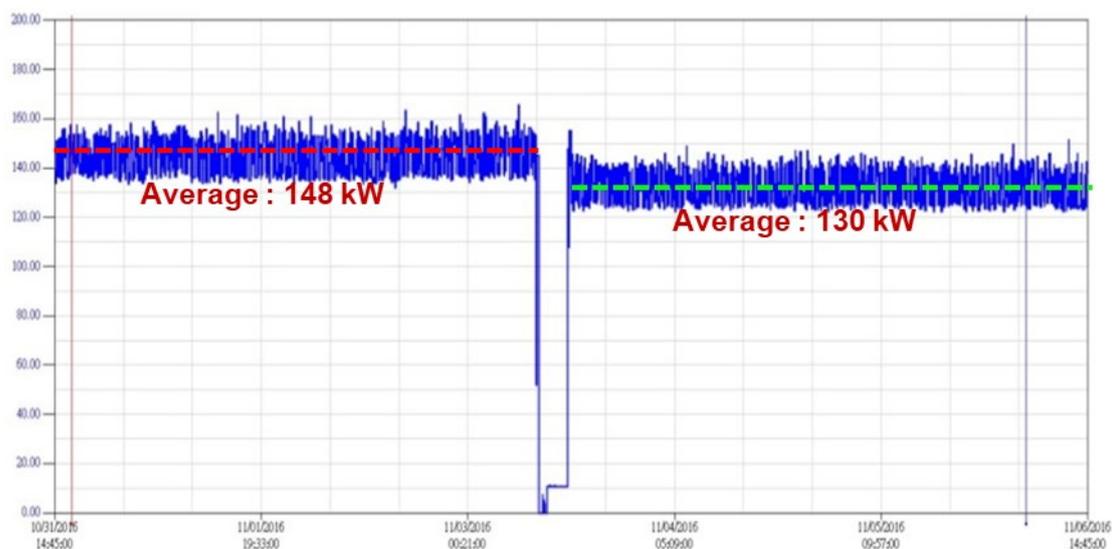


圖 5-14、UPS 節能模式功耗比較圖

(四) 照明&一般用電

為因應全球照明市場轉變以及產業型態變化，各產業對照明設備的需求不斷增加。照明設備除了在工廠白天作息提供人員工作的必須照度外，也在夜間工作時段占了重要的地位，有了照明才能維持廠房的 24 小時運作。考慮到並非所有區域都需要 24 小時的照明，加上廠區的照明設備眾多，照明總耗電量不可小覷，因此在經過詳細的評估後發展了「照明節能控制系統」，在達到現場要求所需的照度下有效地控制照明迴路，提高照明設備的使用效率。

部分產業、辦公區域需要 24 小時全時的照明，若要進行夜間照明節能，必需現場手動進行關燈，造成人力負擔又無法確認執行成效。照明節能控制系統主要是建立在當人員有照明需求時，既可以達到法規要求照度，又能夠達到節能效果。

1. 照明節約抑低用電管理

照明節約抑低用電管理可分為三個原則：「有人才亮」、「要用才亮」、「最低照度」。

「有人才亮」：由於各產業並非所有廠區都一直有人員在工作，希望在廠區無人時節約照明能源。現今許多公司與廠商合作開發感應器來控制照明，完成照明自動控制系統。其一，在工廠中少人的區域裝設紅外線感應器，透過偵測來達到調光控制功能，其效果為使用紅外線感應器偵測是否有人，若無人時則自動關閉照明；其二，在廠區的樓梯間的電燈維持 30%的照度，感應器偵測有人時，才會將照度恢復至 100%，藉此達到「有人才亮」的原則，如圖 5-15 所示。

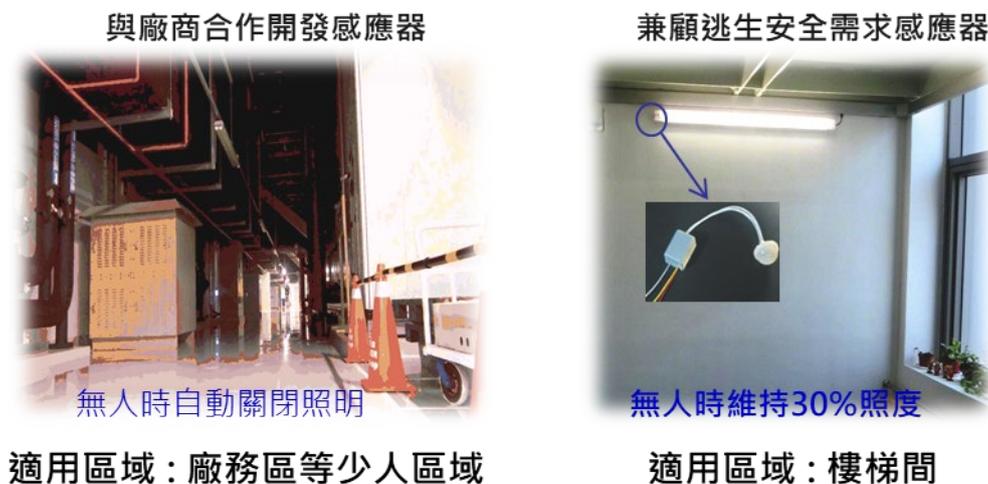


圖 5-15、「有人才亮」示意圖

「要用才亮」：由於科技產業在夜間、假日時段有較少人員作業，部分機台在某些時段無人使用，可以在不必要時段減少照度或是關閉照明，採「要用才亮」的原則。在符合法規規定與配合工廠作息下，使用可程式化控制器(PLC)控制廠區不同時段的照度。例如上班日間會維持 100%的照度，夜間與假日則使用 75%的照度，在指定時

段減少 25%照度。除此之外，公司會開發現地型機械定時開關 (Timer)，裝設在廠務大設備區，進入廠務大設備區前先使用機械定時開關設定使用時間，避免人員忘記關閉電源造成能源浪費，達到「有人才亮」的原則，如圖 5-16 所示。



圖 5-16、「要用才亮」示意圖

「最低照度」：由於在各產業無人或是不需要高度照明的區域，並不需要開啟 100%照度，可以將照明關閉或是減少照明設備來達到節能的效果，來達到「最低照度」的原則，例如走道區不需要 100%照度，則在符合安全限度下將燈管減量，包含隔盞亮或是將燈管由 2 支改成 1 支，以維持 1/4 燈管常開；而變電站、機房與管道間等區域平時無人，則會在平時無人時關閉照明 100%，維持全黑運轉達到「最低照度」的原則，如圖 5-17 所示。

燈管減量 (符合安全限度)



維持1/4燈管常開

適用區域：走道區

平時無人關閉照明(全黑運轉)



無人時關閉照明100%

適用區域：變電站/機房/管道間等

圖 5-17、「最低照度」示意圖

2. 黃光替換成節能 LED 燈管提升用電效率

半導體產業的黃光區之傳統黃光燈管數量多，如圖 5-18 所示，若將傳統螢光燈管替換成節能 LED 燈管，能大量提升用電效率。儘管如此，由於光線波長與照度範圍會影響晶圓的量率，需要驗證安裝方式不會影響產能才能大量汰換。



圖 5-18、黃光區裝設一般燈管

若能將黃光區燈管由一般燈管改為 LED 燈管，其節能量(kWh/天)可達到 0.552，如下表 1 所示。

表 5-2、照明節能改善前後比較表

| | 項目 | 改善前 | 改善後 |
|----------------------|------------|-------------|-------------|
| | | 一般燈管 | LED100% |
| 照明節能 (Ex. 傳統 58W) | 額定效率 | 58W | 35W |
| | 耗電量計算 | 24(h)*58(W) | 24(h)*35(W) |
| | 耗電量(kWh/天) | 1.392 | 0.84 |
| | 節能量(kWh/天) | 0.552 | |

但因不同波段會影響晶圓的良率，需要經過驗證才能更換黃光區的燈管。從光譜上來說，LED 發的光與傳統的螢光燈管發出的光非常不同，傳統的螢光燈管發的光與太陽光一樣都具有「紅橙黃綠青藍紫」這 7 種顏色。但是一般 LED 發的光只有「RGB」這 3 種顏色，其中 R 就是 red，表示紅光；G 表示 green，就是綠光；而 B 表示 blue，就是藍光。這 3 種顏色的 LED，以 400nm 到 500nm 之間的「藍光 LED」最為重要和基本。藍光光子的能量高，所以用它可以激發螢光。一般用藍光 LED 產生的藍光打在螢光粉上產生黃光（與傳統螢光燈管的原理類似，螢光燈的光是紫外線打在日光燈管內壁上的螢光粉上發出來的）。黃光被藍光激發出來以後，它們一起從 LED 裡發射出來，我們會感覺好像是看到了白光，其實這只是藍與黃兩種顏色混合在一起的復合光而已。正因為這個原理，所以很多廠家為了提高白光 LED 的亮度，直接提高藍光的強度，這樣黃光也會相應增加，最後形成的白光的亮度也就增加了，但這將造成藍光過量問題。另外，黃光與藍光之波段不同，黃光波長範圍為

570~590nm，藍光之波長範圍為 400~500nm，白光之波長範圍為 380~780nm，黃光缺少白光部分波長(380~570nm 與 590~780nm 的波長)，又藍光與黃光之波長、能量不同，會影響到 WAFER 的量率。因此黃光區之燈管無法隨意更換，需要再經過驗證何種更換方法能夠在不嚴重影響良率的情況下，達到節能的效果。

除此之外，科技廠某公司為例，透過照度模擬軟體進行照度模擬，將螢光燈管與 LED 燈管進行比較，可以觀察到 58W 螢光燈管的平均照度為 245lux，而 35W LED 燈管平均照度為 322lux；再者，由照度分析圖可以發現，LED 的照度較平均，而螢光燈管的照度會隨著照明區域改變，如圖 5-19 所示。

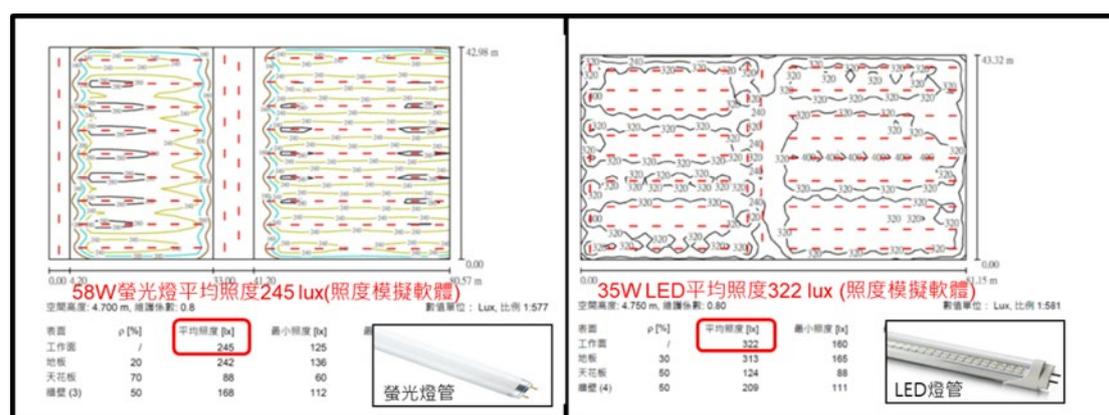


圖 5-19、一般燈管(螢光燈管)與 LED 燈管之模擬軟體結果

總結來說，由於一般燈管與 LED 燈管在平均照度、照度範圍以及波長不同，會影響到晶圓的效率，因此黃光區的燈管更換需要經過良率影響與節能之間平衡的評估。

3. 辦公區域抑低用電措施

由於辦公區域有眾多人員進行作業，因此對照明需求量大，如何兼顧舒適的工作環境與節能效益是目前許多產業致力改善的議題。辦公區域透過節能整合方案與智能控制系統來實行抑低用電措施。其中節能整合方案包含燈管系統節能與個人空調設備節能。在節能

系統中，燈管系統節能是在個人位置上裝設電燈拉線開關，可自行控制頭頂上的電燈，在人員離開座位時能夠手動關閉，如圖 5-20 所示；而照明時序控制系統，能透過離峰時間程式自動關燈節約能源，僅留約 1/5 緊急電照明。個人空調設備節能是透過設置空調節能開關，於夜間節能模式下透過定時開關關閉空調系統，如圖 5-21 所示，人員有需要時可以開啟空調夜間啟動開關，提供舒適之工作環境。



圖 5-20、燈管系統節能-電燈拉線開關



圖 5-21、個人空調設備節能

另外，智能控制系統包含電梯節能措施與手扶梯節能措施，其中電梯節能系統共有三種方式可執行，節能模式、平時運載控制與尖峰時間運載控制，都已是市面上各產業非常常見的節能手法。節能模式會在電梯 5 分鐘無人搭載時自動關閉電梯車廂內電燈照明，

平時運載控制則是 50% 電梯單數樓層停靠及 50% 電梯雙數樓層停靠，尖峰時間運載控制則是電梯在尖峰時間時僅運送高樓層。

手扶梯節能措施也是各業界常用的節能手段，如圖 5-22 所示，為 2 分鐘無人搭載時會自動降載轉成怠速模式，再過 2 分鐘則會停止運轉，直至人員需要搭乘經過紅外線感應重啟電扶梯。



圖 5-22、手扶梯節能措施-手扶梯啟動怠速模式

陸、 緊急備載—發電機即時備轉容量

緊急備載分為長時備載輔助與短時備載輔助，如圖 6-1，主要配合台電需求尋求不同可行的解決方案，來彌補目前台灣的尖峰用電與臨時用電等不足的需求，在輔助規劃上，大部分以發電機與儲電設備作為備轉方案，但其優缺點也需一併考量。

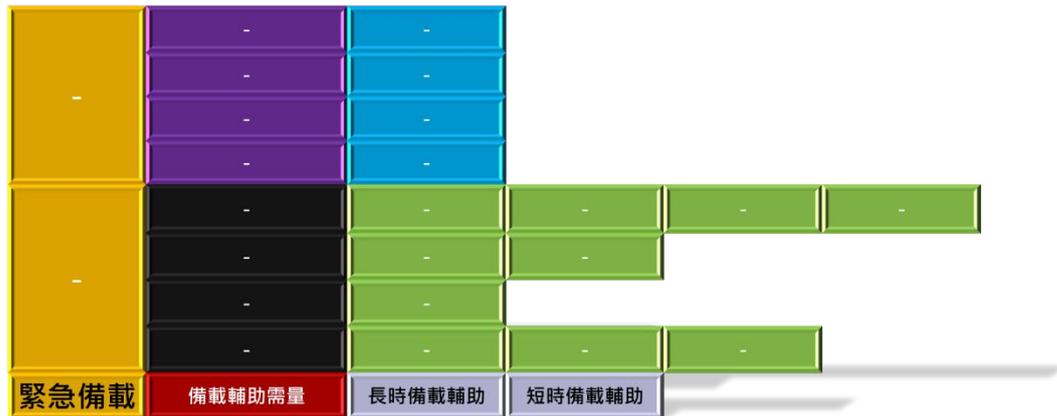


圖 6-1、能源規劃程序概念圖(緊急備載)

(一) 長時備載輔助

台灣歷經多次限電危機，企業面對了緊繃的缺電壓力，而在高科技產業更需要 24 小時不斷電並維持一定的供電品質，近年政府大量投入再生能源或燃氣機組取代高污染的核電與燃煤機組。為了建構更完善的綠色能源加入國際供應鏈，政府修訂再生能源發展條例規定，要求用電大戶須負擔 10% 再生能源義務，實行能源轉型政策，能源轉型改變了發電結構，在轉型過程中，因風力與太陽能等自發自用的再生能源雖可獲得即時需量調整，但並非 24 小時不中斷且維持穩定的有效抑低電力來源，同時供電品質也備受考驗，所以許多大型科技企業將當初視為緊急安全供電之緊急發電機設備做為長時備載之需量因應方案。

自用緊急發電機設備在業界內部屬於高密度能源產出設備，主要應付供電機組跳機、系統負載突增與電力系統嚴重事故時進行電力輔助，對於大量用電之企業為確保基本用電，通常會設置一般用電 30~40%甚至更高的發電機容量，以維持基本運轉需求。而這些容量在一般時非使用狀態，若配合台電應用在即時備轉容量與補充備轉容量等長時間之需量反應輔助將會有很大的幫助。反觀各企業對發電機組參與需量反應看法不一，除了交易市場外，有些風險是需要考量的。舉兩個例子，第一，現有高密度發電機組以柴油為主要的使用資源，其燃燒不完全的廢氣排放加上機組本身的振動與噪音，長期運轉將影響環境，廢氣中的 SO_x, NO_x, TOC 等的排放對於高科技廠房潔淨室高要求的空氣品質環境也會有直接的影響，如圖 6-2 所示；第二，當發電機組併入市電系統時，因為鄰近發電系統切換接載過程會使電壓改變，對於精密設備可能無法承受電壓波動而異常。以上都是環境與能源需抉擇的課題。

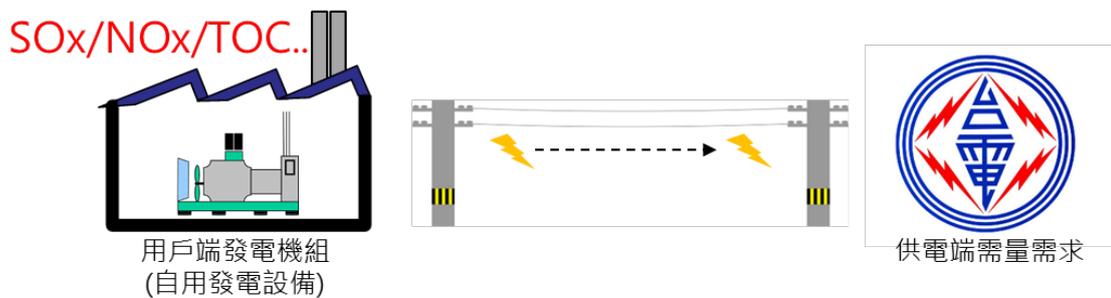


圖 6-2、自用發電機設備對環境影響

(二) 短時備載輔助

近年民間電力市場機制崛起，台電因應需量反應需求建立電力調度平台，為多方面整合合適的備轉容量並進行分類，將配置及調度各類型備轉容量之輔助服務使系統發電與負載得以平衡，其中快速反應備轉容量(Fast Responsive Reserve)與調頻備轉容量(Regulation

Reserve)屬於臨時性的短時備載需求，用以因應再生能源高變動性或系統偶發事故所導致的瞬時頻率變化，差別在於反應時間從幾分鐘甚至低到幾秒內的承載速度，可以緩解頻率驟降的問題，化解電網崩潰的危機。

為符合立即性的需求短時備載分為儲能系統(秒級)與備載輔助(分鐘級)。備載輔助緊急發電機與再生能源設備皆可符合短時間需求，以緊急發電機平時保養為例，如圖 6-3 所示，其能在目標時段或緊急需求時快速啟動提供分鐘級輔助，並且亦可作為平時的啟動保養一舉兩得，然而廢氣、噪音與併網造成電壓波動和配合短時備載頻繁啟停對機組的影響皆是需要一併考量的問題。儲能系統將能量儲存於電池等儲能元件中，當有需求時可瞬間供電給負載，具有快速功率緩衝、儲存餘電、功率補償、穩定間歇性再生能源輸出等優勢，如科技業最常使用的 UPS 不斷電系統，如圖 6-4 所示，因廠房有 24 小時不斷電需求，即使有小範圍的電力中斷也會造成不小損失。單一廠區 UPS 數量眾多，其具有快速反應的緩衝功能，非常適合用於快速反應備轉機制秒級補償，是非常有潛力的設備，但因 UPS 的負載都是重要設備會有直接性的影響，切換時的供電穩定度、UPS 技術是否到位、電池的供電能力，台電臨時性備載需求時同步連動的通訊技術，都是需要考量及克服的因素。

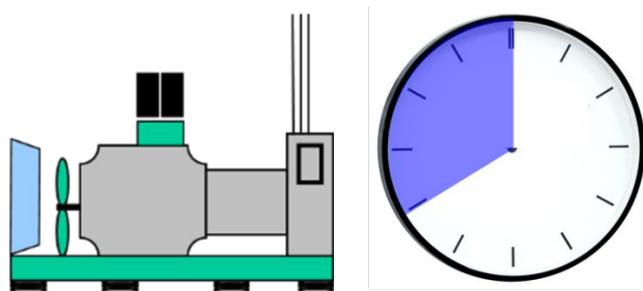


圖 6-3、備載輔助—發電機平時啟動保養

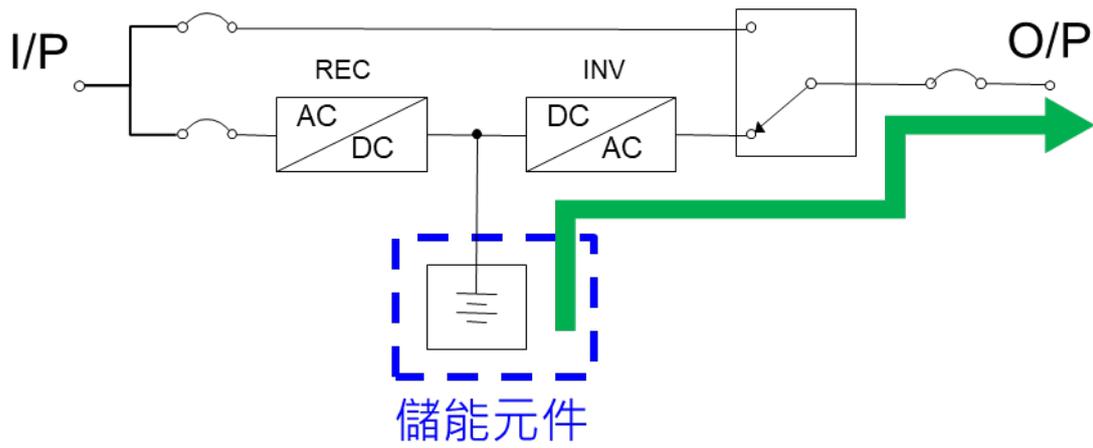


圖 6-4、儲能系統—不斷電系統(UPS)儲能元件

柒、 結語

近期全球對於半導體需求激增，帶動國內科技相關產業蓬勃發展，投資價值的提升讓股票不斷創新高，展現台灣科技業強大競爭力。在這分秒必爭的產業裡，產線幾乎一年 365 天 24 小時不停運轉，一旦供電不穩，生產中的貨品就會報廢，受影響機台復機生產也需時間，形同失去市場先機與商機，想要解決電力穩定與品質問題，需靠電網上的供電與用電雙方共同努力，用電方可透過建置自主發電與儲電（如不斷電）系統，輔以完善用電管理機制，在兼顧用電的穩定可靠下提升用電效率當一個聰明用電者，達到在不影響生產製程下有效降低電費支出，更能減少對環境的衝擊。

這種來自用電方的電力需求面管理做法，能夠降低碳排放，有助於台灣跟隨國際步伐，朝 2050 年零碳排的目標邁進，同時也符合電力承載順序（Loading Order）思維，把節約能源、需量反應、分散式能源等需求面管理當成有供電需求時的首選。

在需求面管理上，科技業廠商主要有四大面向作法，把每度電妥善運用不浪費，

1. 提升用電設備效率：

例如透過更換高效認證馬達以及直流變頻空調，減少用電設備耗電量。

2. 強化能源使用管理：

例如在辦公室照明上，採用「有人才亮」的即時管理、「要用才亮」的定時管理、以及「最低照度」的全時管理，避免能源浪費。

3. 削峰填谷：

例如再生設備等非線上即時製程機台，選在離峰時間運轉不在尖峰時段搶電；或是設置儲能系統，離峰時段儲電，尖峰時進行放電；還有離峰時啟動冰水機製冰，尖峰時啟動融冰；以上均可達到雙贏也就是既能抑制尖峰同時也能降低電費的使用；

4. 降低單位產出所需的電力：

透過生產排程優化，例如在相同耗能下產出 4 件產品，提高至 8 件產品，藉此讓單位產品用電量降低。

身為科技產業聚集重鎮的科學園區，在需量管理上已有不少典範案例值得參考借鏡，比如國內晶圓製造大廠就全面導入 ISO 50001 標準，在營運過程安裝各式用電監控儀器，精確掌握個別設備的用電效率；另外，像是國內某間科技廠商的製程必須嚴密控制溫濕度，但期間又需使用到加熱設備，當加熱設備的溫度溢散到生產環境，空調就必須強力運轉才能降溫，因此廠商便透過將加熱設備的熱源進行有效隔離，以降低熱逸散進而減少加熱設備用電，同時也降低了空調負載雙重節省達成大幅度的節電成效。這些廠商善用需求端電力管理，不但成為減緩暖化的推手，更以身作則為台灣提供許多強化用電效率與穩定供需平衡的方法，優質的典範引領更多其他產業的加入，提高產業競爭力，共創雙贏。