



# 電機電子業 節能應用技術

► 專五部 陳榮樂 工程師

## 一、前言

近年來我國政府陸續推出如「能源用戶訂定節約能源目標及執行計畫規定」、「電子業節約能源及使用能源效率規定」等強制性節約能源管理規定，規範能源用戶節電目標或空調、空壓機等設備操作條件等，期能提升能源使用效率；因此如何透過節約能源改善提升設備能源效率，符合我國節能法規及降低操作成本為重要課題之一，本文主要透過本會於新竹科學工業園區輔導經驗，彙整電機電子業可引入之節能改善措施，供相關業者參考。

新竹科學工業園區於 1980 年 12 月宣告成立，為我國最早成立之高科技園區，至 2014 年已增設至新竹、竹南、銅鑼、龍潭、宜蘭與新竹生物醫學園區等 6 個科學園區，總開發面積達 1,348 公頃，涵蓋產業包含積體電路產業、電腦及周邊產業、通訊產業、光電產業、精密機械產業及生物技術產業等。其中積體電路產業之產值占園區總產值達 7 成，為園區第一大產業，新竹科學園區進駐廠商家數達 478 家，園區年總營業額高達新台幣 1.1 兆元。於能源使用上，新竹、竹南、龍潭及銅鑼園區 2014 年最高用電負載量分別為 131 萬瓩、20 萬瓩、11 萬瓩及 1 萬瓩 [1]。

## 二、電機電子業能源流向

我國電機電子業具產品生命週期短、技術替代頻率高、產業關聯性大，屬生產資本及技術密集度較高之產業，其能源使用種類以電力為主，占整體能源消費 97.6%，而天然氣及燃油占比約 2.4%。電機電子業就用電特性而言，隨不同之製程具有極大之差異，主要可區分為製程及公用設備用能等二大部份，典型的電子廠製程用電約占其總用電量 45%，而公用系統用能則以空調系統（含冰水主機、冰水泵、風機設備、末端熱交換裝置、冷卻水塔）為最大宗，占整體用電 35%、其次為壓縮空氣系統（空壓機、乾燥機、祛水器、過濾器）占整體用電 15%，顯見電機電子業之節能重點多集中於空調及空壓系統。

## 三、電機電子業節能技術介紹

就本會 102 年~104 年針對新竹科學園區內之電機電子業進行實地節約能源輔導，彙整其應用於空調、空壓、電力、照明與鍋爐等系統可改善建議事項，分別如下所述：

### （一）空調系統節能改善技術：

以一般電機電子業常見之無塵室空調為例，其操作流程為空氣於進入無塵室後，先吸收室內之熱負載（以機台之顯熱負荷為主），而後通

過冰水乾盤管降低溫度，再透過風扇濾網機組（FFU）供應至室內使用，如圖 1 所示。因此其節能之重點集中於空氣側及水側系統，以下就相關可推動之節能措施說明如下：

### 1. 空氣側系統節能技術介紹

- (1) 供風壓力調整：可於回風道加裝加壓風扇（Boost Fan），一般建議可控制無塵室上方氣室壓力為-5pa，可有效降低風扇濾網機組之耗電，達到增加無塵室之潔淨度。
- (2) 無塵室正壓調整：部份CLASS10000以上之無塵室室內正壓偏高，經實地測試部份無塵室甚至高達32.6Pa~40Pa，建議可適時導入外氣空調箱變頻或調整暨有變頻器設定，維持室內正壓為15Pa，以降低外氣空調箱風車用能。
- (3) 外氣空調箱加熱加濕器改善：外氣空調箱中加濕器若為電加熱式，可改為水洗（Air Washing）或超音波式，另可視場所考量採用空壓機之冷卻水供應加熱盤管使用。
- (4) 排氣熱回收：電子廠之蝕刻與清洗等過程，必須仰賴大量排氣來維持必要之工作環境，可適時檢討排氣風量並加裝熱回收裝置，使排氣與外氣進行熱交換，藉以降低外氣熱負載，進而降低冰水主機用能。
- (5) 洩漏調整：應針對風扇濾網機組上方氣室進行洩漏率檢查，並視檢查結定期果進行改善，通常透過降低相關洩漏，可使該無塵室

上方氣室之負壓保持在-10~-5 Pa，具以提高風扇濾網機組之效能。

### 2. 水側系統節能技術介紹

- (1) 冰水主機最佳化調整：建議定期檢討冰水主機運轉情況，依實際負載需求調整冰水主機開機台數，避免冰水主機於低負載情況下運轉。
- (2) 採用雙溫冰水系統：針對既有冰水系統建議可改正為雙溫度冰水系統，採用獨立高溫冰水系統（13°C~15°C）直接供應予製程冷卻水（PCW）系統，以避免增加低溫冰水之使用，提升冰水主機效能。
- (2) 提高出水溫度：以無塵室等級為CLASS10000以上之無塵室，其溫濕度要求通常為23~24°C、55%，於該溫濕度要求下，可適時提高冰水主機之出水溫度（通常設定為5°C~6°C），於實務上可先行調高至7°C，後再逐步提高至9°C以上，以避免外氣空調箱（MAU）後端之電熱再熱器啟動，同時提升冰水主機運轉效率。
- (4) 冷卻水塔變頻控制：目前電機電子業冷卻水塔多採冷卻水出水溫度進行變頻控制，建議改以外氣濕球溫度進行控制可達最佳節能效果。
- (5) 冷凝水回收：外氣空調箱及空調箱形成之冷凝水，可適時回收至冷卻水塔使用。

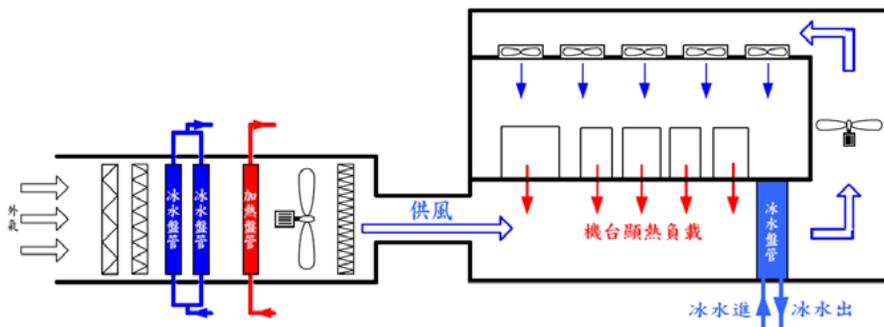


圖1、典型潔淨室空調系統循環示意圖[3]



## (二)空壓系統節能改善技術：

電機電子廠房為提供氣動設備及製程所需之高壓空氣，通常需設置空壓系統(典型系統配置如圖2所示)，其主要元件包含空壓壓縮機、冷卻器、儲氣槽、乾燥設備及輸送管線等。空氣在進入壓縮機之後，壓縮機將空氣壓縮至高壓狀態，由於壓縮過程將使得空氣溫度升高，因此高壓空氣在離開壓縮機後必須透過冷卻器進行降溫，後再送入儲氣桶中儲存備用，儲器桶須設置凝結水的排放設備，當用氣設備需要使用高壓空氣時，由儲氣桶提供的高壓空氣必須再經過乾燥設備將空氣中的水分去除，而後才供應至用氣設備。空壓系統節能技術分別如下：

- 1.最佳化運轉效率調整：建議建立空壓系統監控系統，隨時掌控空壓系統實際耗能狀況及各主機性能效率，並可依負載狀況，調配以高效率之空壓機優先運轉方式，降低空壓機系統整體耗能(機台效率以 $0.11 \text{ kWh/m}^3$ 較佳)。
- 2.現場操作壓力合理化：現場操作壓力建議依使用情形，於合理情況下逐步調降供氣壓力，藉以降低空壓系統耗能(調降 $1 \text{ kg/cm}^2$ 約可減少6~8%耗電量)。
- 3.汰換無耗氣式乾燥機：多數電機電子業均採無熱式吸附乾燥機，相關乾燥機在再生時排放

(purge)壓縮空氣量理論上約在17%，唯現場排放量通常高達25%~40%。建議以加熱式或熱回收式零排放吸附乾燥機取代，以有效減少壓縮空氣排放量，並可降低壓力之波動。

- 4.空壓機之洩漏調整：空壓系統產生空氣洩漏之主要原因，通常為凝水排放方式不當、快速接頭與噴嘴處接合不良、以及排放管線之閥件直接以全開排放凝水等，建議選擇無耗氣式祛水器，使在排水時而不會排氣，降低非必要的洩漏損失。
- 5.空壓機冷卻水系統調整：大部分空壓機之冷卻均使用冰水進行冷卻，於溫度為 $6^\circ\text{C}$ 進水情況下，易造成過冷之現象，對空壓機本身或管線會產生腐蝕現象。建議以一般常溫冷卻水進行冷卻即可。
- 6.空壓機冷卻系統廢熱回收：建議加裝空壓機廢熱回收設備(回收溫度約為 $40^\circ\text{C}$ )，作為外氣空調箱或其他需要熱水之設備使用。
- 7.配管調整：部份電機電子業因產能增加，進而增設空壓機，造成原使設計管徑不足，導致管路壓損增加，進而降低空壓機效率，建議進行管徑調整。

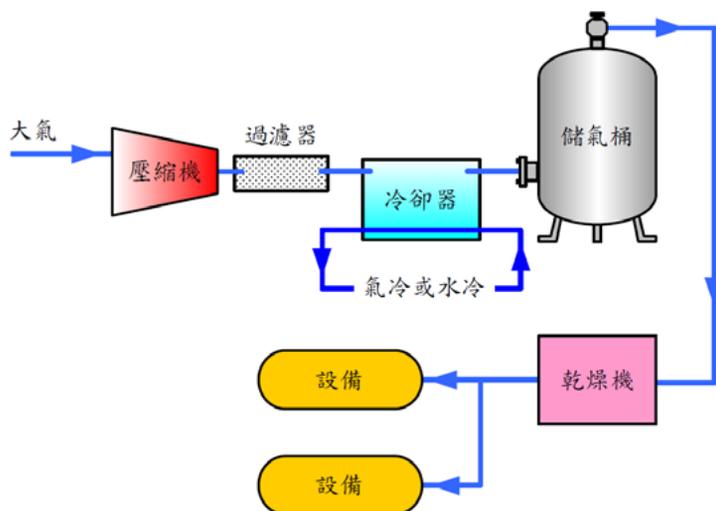


圖2、典型的空壓系統配置圖[3]

8.進氣品質改善：建議於機房外建設“自潔式進氣室”，將冷空氣直接供給空壓機作為入口，進而降低進氣溫度並減少壓差，提高空壓機進氣之空氣質量。

### (三)電力系統節能改善技術：

#### 1.導入能源監控系統：

(1)公用設備效率監視系統：建議針對公用設備中空調及空壓等系統，架設相關感測器(如流量計、溫度計及智慧電表等)收集設備運轉資訊，藉以建立各系統運轉效率基準值，並定期檢討系統之運轉效率。

(2)電力監控系統：針對廠區之主要電力盤面架設智慧電表，掌握各向設備之能源流向，分析各用電之合理性，並定期就電情況進行契約容量合理性檢討。

2.廠區內變電站室內溫度建議設定為28°C(一般電子廠多半設定為25°C)，以避免因溫度太低時，變壓器停用後再啟用可能會因結露造成短路損害。

3.對廠區內各變壓器之負載率宜定期檢討，操作以上以負載率50%~55%為原則，就負載率偏低之變壓器應檢討整併之可行性，以降低變壓器因銅損及鐵損造成之損失。

4.針對採迫油循環(FOA)方式冷卻之變壓器，若其常年處於低負載率且無整併之可行性，則可考慮評估冷卻系統之風扇、油泵等附屬設備導入變頻控制之可行性。

5.台電公司針對功率因數達80%以上之用戶，其功率因數80%以上每增加1%，電費折扣千分之1.5，因此建議定期檢討廠區用電之功率因數，功率因數未達97%時，可檢討電容投入之合理性(通常原因為自動功因調整器故障或設置之電容器容量無法有效匹配)。

6.由於高次諧波會導致電動機定子鐵心磁滯損耗和渦流損耗增加(鐵損=渦流損耗+磁滯損耗)，進而引起電機額外的發熱及能源消耗，建議定期針對廠區之諧波進行檢測。

7.政府公告馬達效率實施時間，2015年1月1日起實施IE2，2016年7月1日起實施IE3效率標準。未來設備馬達汰換或採購新設備，建議多考慮高效率馬達(IE3或IE4等級)，長年運轉下其節能效益可觀。

### (四)照明系統節能改善技術：

電子廠之照明特色為依不同用途採高空、半腰與低空等三種照明模式進行搭配，其廠房日間照明通常以自然採光為主、近距照明為輔，而夜間則以近距照明為主，半腰照明為輔。通常於電子廠照明改善措施分別如下：

1.採用高效率燈具：於辦公器之燈具若為傳統鐵磁式日光燈具，則應考量以T5電子式或LED日光燈進行汰換。另建議廠房內工作現場6米以下照明之燈具，若為水銀燈(400~1000W)則可考慮以LED或無極燈等(80~160W)節能燈具進行汰換。

2.區域燈具啟停控制或拆除不必要的燈具：電子廠中廠房為了維持安全，在照明設計常為過量之設計，在進行節能考量時，可依照明現場條件及照度需求，適時移除不必要之燈具(管)或採二線式照明控制，藉以降低照明用電。

3.採用太陽能路燈：太陽能路燈是利用路燈上方設置的太陽能電池板，將太陽能收集並且轉換成電能儲存於專用的電池裡，在夜晚時則將蓄電池中的電能提供給路燈照明，不需使用設備電力即可自行運作，兼具省電與環保等優點。

### (五)鍋爐系統：

鍋爐是藉由燃燒加熱水產生高溫高壓的蒸汽，作為供應製程加熱的熱源，典型的鍋爐系統如圖3所示。空氣由送風機送入蒸汽鍋爐之後與燃料混合燃燒提供熱能，此熱能用來加熱進入鍋爐中的水使其產生蒸汽，並供氣至製程使用，而後燃燒後的廢氣應由引風機輸送，經過集塵及脫硫過程之後經由煙囪排出。鍋爐系統節能技術分別如下：

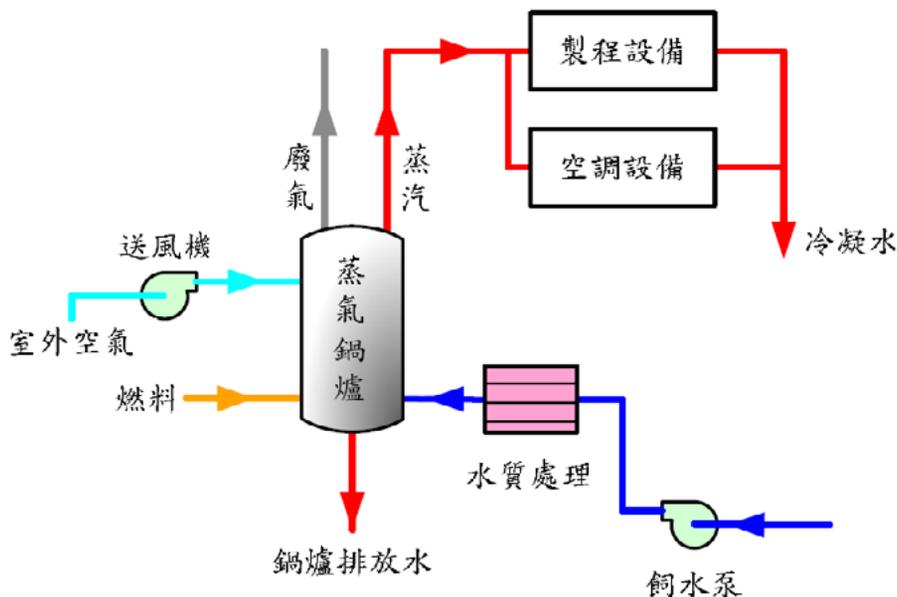


圖3、典型鍋爐蒸汽系統配置圖[3]

1. 加裝熱回收系統：電子廠中熱水鍋爐多以天然氣為燃料，排氣溫度平均約為 $160^{\circ}\text{C}$ 、排氣含氧量約在4%，於此範圍建議做熱回收裝置，鍋爐排氣溫度可降至約 $100\sim 110^{\circ}\text{C}$ 。
2. 含氧量最佳化控制：鍋爐理想的排氣含氧量應在3~5%之間，過多的空氣會造成熱能被空氣帶走，但空氣量不足則造成燃燒不完全，因此合理的排氣含氧量，可降低排氣熱損失有效節省燃料使用量及能源費用。
3. 天然氣鍋爐使用於去離子水 (De Ion Water, DI water)，由於去離子水使用溫度僅有 $70^{\circ}\text{C}$ ，建議可採用高溫熱泵(最高出水溫約  $80\sim 85^{\circ}\text{C}$ )，藉以降低能源消耗。
4. 高壓冷凝水經祛水器降壓後即形成閃沸蒸汽，經回收管至貯槽排氣口排放，不僅熱能浪費，亦造成水資源流失。可在進回收槽前裝設熱交換器來預熱補充水，或在排氣口裝預熱冷凝器回收熱能及水資源。

#### 四、結語

以本會於102年~104年實地節約能源輔導30家新竹科學園區業者為例，30家業者總耗用電量13.93億度/年，節約能源潛力共計每年電能0.71億度/年，其中約76%之改善措施可於短期3年內完成回收(措施投資效益如圖4所示)，顯見電機電子業節能改善具相當之投資效益。另針對於未來電機電子業投入節能改善，建議如下：

- (一) 建議各廠以ISO 50001能源管理系統組織概念原則做出發點，於節能輔導時以全廠各部門為團隊，從廠務至製程皆有主管加入討論。除了廠務公用設備節能外，由製程條件著眼，在不影響生產及製程條件下，利用節能措施來降低生產成本。
- (二) 各類別系統耗能為目前掌握各設備群體能源使用量的重要依據，建議各廠以增置量測儀錶方式，收集各耗能設備用電資訊。以建立

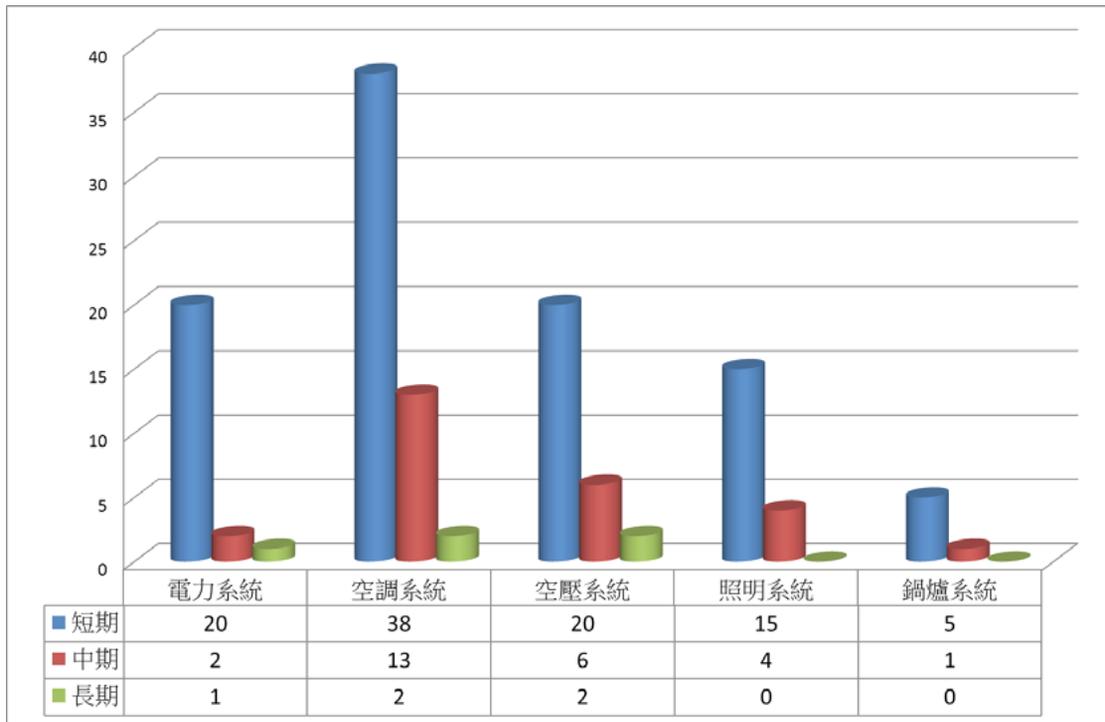


圖4、各項系統評估節能方案短、中、長期件數分佈情形

各項設備或系統效率值，並與標準或法規要求作為節能績效指標比較觀察點，藉以達到自發性節能的目標。

(三)經濟部於104年3月4日依據能源管理法第八條第二項公告「電子業節約能源及能源使用效率規定」，其中對於冰水機群組、風機、吸附上乾燥機、壓縮空氣系統作相關運轉操作上的技術規範，並經由詳盡的抄錶(儀錶一律要求定期檢驗)紀錄填報程序，對於影響能源使用的關鍵參數作定期的紀錄追蹤以符合規定，不合格者依法要求改善。日後應該有更多相關規定公告，園區電子產業都應為此作好準備，共同為節能減碳而努力。

(四)如工程初設成本過高，廠商無預算可執行改善，建議可以 ESCO 模式執行，可避免廠

商擔心初次成本投資過大，及享有節能成效保證等好處。從104年度起經濟部已將製造業納入「節能績效保證專案示範推廣補助要點」，園區電子產業應該藉此良機積極申請爭取補助款落實節能。

#### 參考資料

1. 新竹工業園區103年年報
2. 電機電子業能源使用現況與節能實例，薛劍青、蔡憲坤、詹益亮、楊國祥，2011年
3. 產業節能技術手冊-電機電子業，陳輝俊，2006
4. 新竹科學工業園區 102 年度園區廠商節水節能減碳輔導計畫節能輔導總結成果報告
5. 新竹科學工業園區 103 年度園區廠商節水節能減碳輔導計畫節能輔導總結成果報告
6. 新竹科學工業園區 104 年度園區廠商節水節能減碳輔導計畫節能輔導總結成果報告