



# 電力系統 能源查核及節約能源手冊



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

---

# 電力系統節能技術應用

## 目 錄

壹、 前言.....	1
貳、 電力系統概況 .....	2
參、 電力系統節能措施與策略.....	4
肆、 節能績效評估 .....	19
伍、 節能改善實際案例 .....	24
陸、 結論.....	33
參考文獻.....	34





## 壹、前言

我國自產能源缺乏，百分之九十八以上之能源使用量需仰賴國外進口，因之節約能源是政府既定之政策，也是國人應有之共識，共同努力積極推動提高能源的使用效率，使每一度電力都能發揮最大的效果，尤其最近國際燃料價格急遽攀升，加上國際間對於環保之重視，要降低用電成本，減少二氧化碳之排放，推動節能減碳工作是當前刻不容緩之急務。

我國進口之能源約百分之四十八使用於電力，從電力系統上有效的改善，提高能源的使用效率，對節能減碳將可獲得很好的效果，由於台灣地理環境位於亞熱帶地區，夏季炎熱潮溼形成電力系統之尖峰負載，抑低尖峰用電及提高用電之使用效率都是達到節約能源同時是減少用電成本之最佳手段，本教材提供產業界有關電力系統節能技術之應用，包括如需量監控、無效電力改善、減少線路損失等技術以及節能改善之成效評估方法，可參考仿倣引進工廠執行應用，落實節約能源之推動，如此可降低工廠用電成本，同時獲得減少污染排放之效果，達成對企業與社會均可獲利之局面。



## 貳、電力系統概況

電力系統從發電廠發電，經過輸、配電系統，將電力供電給用戶使用如圖 2-1 所示，為維持供應充足可靠且價格低廉之電力，整個電力系統都應做好節約能源工作，在供給端即電力公司方面，其重點為提高發電效率、減少線路損失、降低尖離峰負載差距等項目，在需求端即用戶用電側，其重點為提高用電效率、減少用電浪費以及獲得舒適用電環境等項目，欲達成此目的必須先了解目前各供電階段之電力系統概況，茲分別敘述如下：

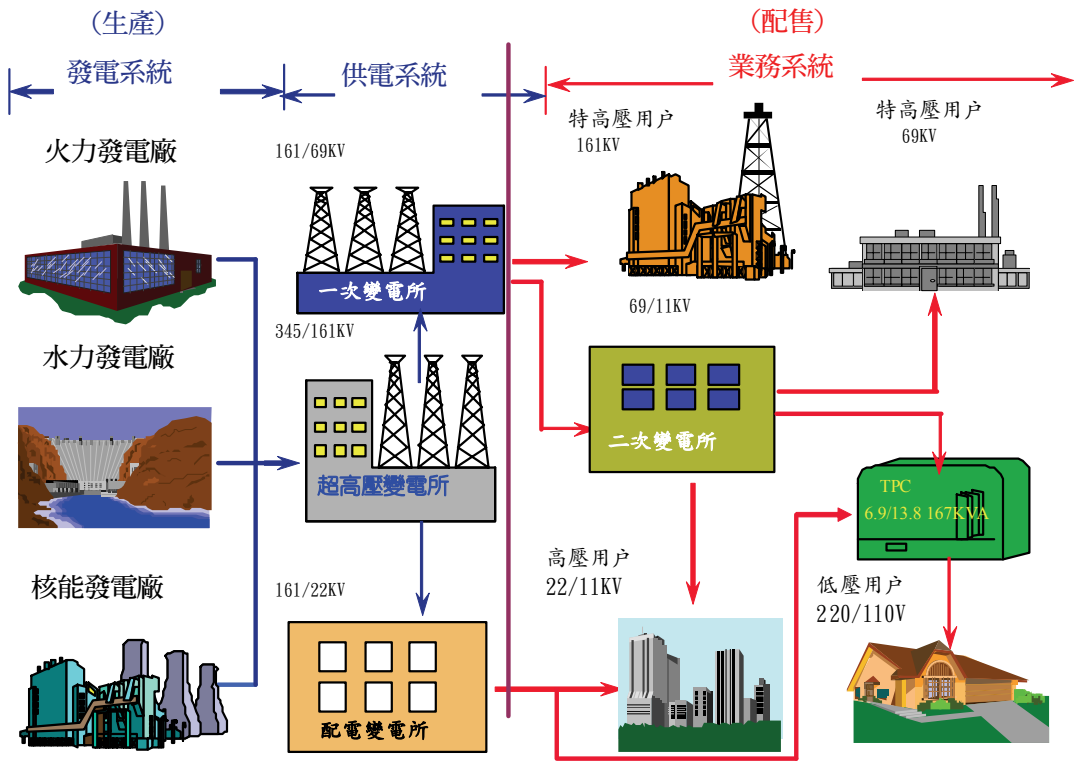


圖 2-1 各供電階段電力系統圖

### 一、供給面

供給面指電力供電端，由於我國電力市場由於尚未開放為自由化，因此僅由一家獨佔之台灣電力公司經營購售電業務並供應全國電力，由於台灣地理位置處於亞熱帶

地區，夏季氣候炎熱且濕度高，冷氣用電特別多，造成夏季用電影響電力系統尖峰負載，目前電力系統尖峰負載為 3,132 瓩，尖、離峰負載差距為 1,031 瓩，電力公司為能供應充裕可靠的電力且維持電價低廉，必須積極推動負載管理，因之訂有許多負載管理推動之措施，如時間電價、季節電價、可停電力電價、推廣儲冰式空調、中央空調暫停用電、需量反應電價、推廣汽電共生等，並且已有顯著的績效。

## 二、需求面

需求面指用戶用電端，電力系統由於尖離峰用電負載差距逐年擴大，電力公司為降低供電成本訂有許多負載管理策略，用戶用電由電力公司引接供電如圖 2-2 所示負載接線圖，自會受到電力公司經營策略之影響，如電價高低之影響會改變用電行為，尖峰電價高用戶會設法移轉尖峰用電至離峰時間使用，以便降低用電成本，另一方面在高電價時代，節約用電不失為降低電費負擔之好方法，用戶可行之策略如選擇適當之時間電價、可停電力電價等，或投資汽電共生、儲冰空調等，加強用電管理方面如使用高效率用電器具，減少用電浪費等都是可行之方法。

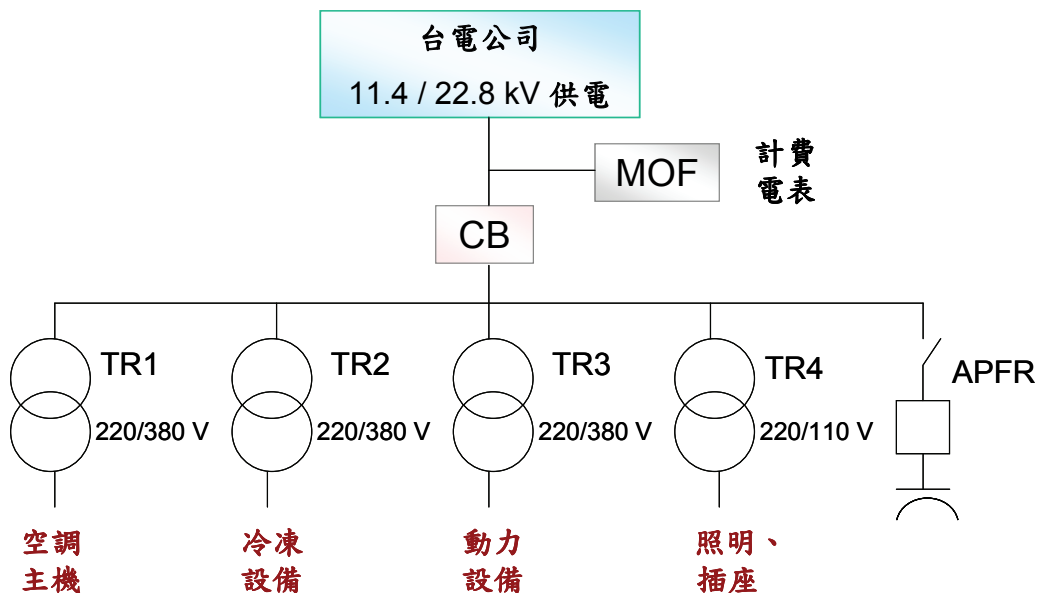


圖 2-2 一般高壓供電配電系統示意單線圖



## 參、電力系統節能措施與策略

### 一、節能策略

要著手改善工廠用電使用效率，首先要了解工廠的用電特性，就是要知道工廠本身是如何用電，才能診斷用電是否有改善之空間，因此必須收集各供電階段的用電數據，檢討分析用電是否合理，例如在某一製程中沒有生產，而電動機仍然在運轉，空載運轉就是一種損失。欲了解用電情形就是進行用電特性調查，調查及分析的項目如下：

#### (一) 調查項目

##### 1. 最高負載、平均負載、離峰負載

- (1) 最高負載(Peak load)就是特定時間內(年、月、日)單位時間(每小時)之輸出電力(KW)最高值。
- (2) 平均負載(Average load) 就是特定時間內(年、月、日)單位時間(每小時)之輸出電力(KW)之總和除以特定時間。
- (3) 離峰負載(Off Peak Load) 就是離峰時間內(年、月、日)單位時間(每小時)之輸出電力 (KW)值。

最高負載、平均負載及離峰負載係評估工廠用電設備容量之依據，將會影響到投資成本，最高負載高時，用戶設備容量應能承受最高負載，則其設備投資成本會增加，離峰負載高時，可以提高平均負載，降低最高負載，平均負載高時，顯示工廠用電設備利用率高，可以降低設備投資成本。

##### 2. 負載率

負載率(Load factor)是指平均負載與最高需量之百分比，其計算方式如下：

$$\text{負載率(LF)(\%)} = (\text{總用電量(KWH)} / \text{用電時數(Hr)}) / \text{最高負載(KW)}$$

負載率係評估工廠用電設備效率之評估指標，負載率高用電設備利用率高，反之負載率低則表示用電設備同時使用之機率低，會有用電設備閒置或不用，自然投資成本高。

##### 3. 用電量(KWH)、最高需量(Max KW)、契約容量(KW)

契約容量係用戶與電力公司雙方約定之用電最高需量，並以契約容量作為計算電費之依據，電力公司依照契約容量的多寡向用戶計收基本電費。用電量指用戶在某一期間使用之電度數，電力公司依照電表記錄之用電度向用戶計收流動電費。

#### 4.有效電力(kW:P)、無效電力(kvar:Q)、視在電力(kva)

功率因數(Power Factor ; p.f)之計算方式如下：

$$\text{功率因數 (p.f)} = \cos\phi = P / (P^2 + Q^2)^{1/2}$$

功率因數影響到無效電力與線路損失，功率因數高線路損失小，如功率因數偏低線路損失大，必需裝設電容器等設備改善無效電力，將涉及改善設備之投資問題，因之在電價表中訂有功率因數條款，對於功率因數偏低之用戶會加收電費，反之功率因數高之用戶會減收電費。

#### 5.負載曲線

負載曲線包括下列各種不同需要而繪製之用電資料曲線圖：

- (1) 年、月、週、日之負載曲線
- (2) 行業別(如鋼鐵、水泥、石化、造紙、電機電子等行業)不同行業用戶之負載曲線
- (3) 用電類別(工業、商業或住宅)不同之負載曲線
- (4) 電壓別(特高壓345,161,69Kv、高壓11.4,22.8Kv、低壓110,220v)之不同用戶的負載曲線
- (5) 用電器具(如馬達、電熱、空調、電梯等)不同之負載曲線由負載曲線圖可以了解用戶用電之變化情形，如春、夏、秋、冬季節性用電之變化，也可用來比較不同行業或設備用電之變化，是電力系統電能管理應用上重要的參考資料。
- (6) 生產流程圖

依生產流程繪製能源平衡圖，如下例所示：

電機電子業如圖 3-1，可以了解用電製程與用電量變化之關係。

依下例從造紙業不同廠家之用電負載，可繪其綜合日負載曲線圖如圖 3-3 所示，分析其負載參差情形，可作為負載管理應用之參考。



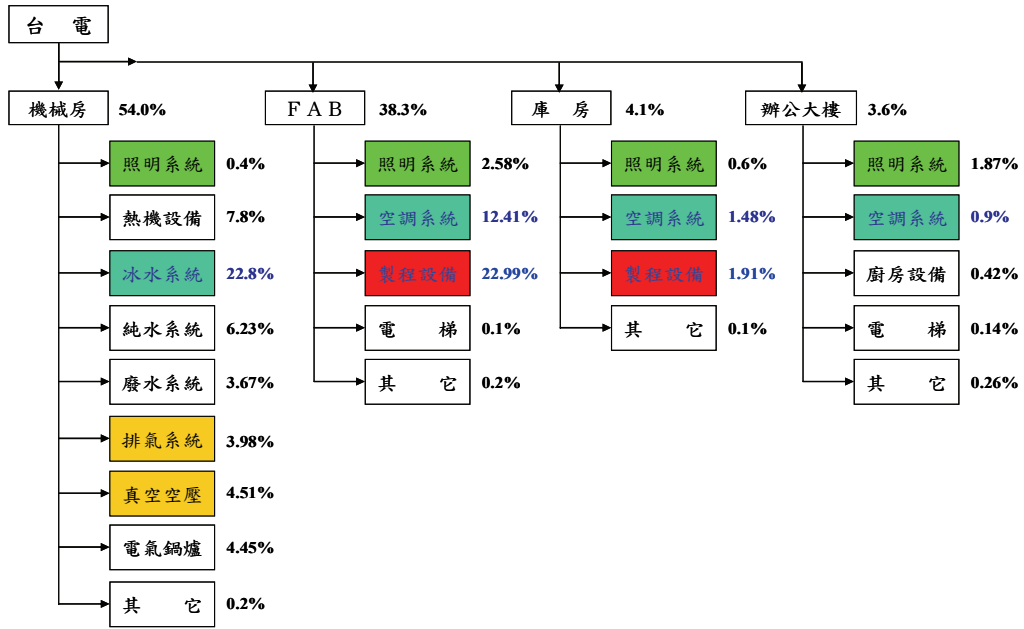


圖 3-1 IC 廠能源平衡圖

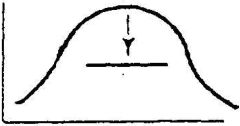



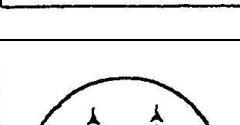

## (二) 應用策略

需求面因在用戶用電端，用戶數多，行業各不相同，用電大小、需求亦不相同，執行較為困難但節能效果較佳，故需有不同之策略以適用不同用戶之需要，分述如下。從改善電力系統負載型態可區分如下之策略及其應用之方法如圖 3-2 所示。

1. 抑低尖峰負載(Peak clipping)----卸載、直接控制、時間電價、可停電力。
2. 拉高離峰負載(Valley filling)---時間電價、季節電價、電能儲存。
3. 移轉系統負載(Load shifting)----時間電價。
4. 策略性節約(Strategic conservation)----能源查核、提高用電效率、節約用電。
5. 策略性成長(Strategic load growth)----分散電源、推廣用電。
6. 靈活系統負載(Flexible load shape)----電能管理、需量管理。

其中 1~3 項抑低尖峰、拉高離峰及移轉系統負載之主要目的在於將尖峰時段用電設法移轉到離峰時段使用，是需求面管理中負載管理(Load Management)

策略，其應用之方法大致採用價格策略，以尖、離峰價差為手段，或以負載控制技術來抑低尖峰負載。至於 4~5 項策略性節約與策略性成長則是需求面管理中節約能源(Energy Conversation)策略，以提高用電設備之使用效率，採用法規規定效率標準及獎勵措施為手段，如提高馬達之國家標準(CNS)，或對購買高效率馬達給予補助等措施。最後第 6 項綜合兩者結合為需求面管理。能源管理工作就是要將需求面管理實際應用到工廠整廠用電之管理，以達到降低用電成本之目的。

DSM techniques, impact	Objective	Alternatives
Peak clipping		Load shedding Direct load control Time-of-use-rates Interruptible rates
Valley filling		Thermal storage Seasonal rates Off-peak rates Times-of-use rates
Load shifting		Thermal storage Time-of-use-rates Appliance control
Strategic conservation		Audits Low-interest loans End-use solar Efficient energy use Conservation rates Cogeneration
Strategic load growth		Heat pumps Dual-fuel heating Promotional rates
Flexible load shaping		Demand subscription Variable reliability

Resource : Electric Word "DSM a cornucopia of techniques and technologies" Special Report. Feb.1989

圖 3-2 需求面管理策略



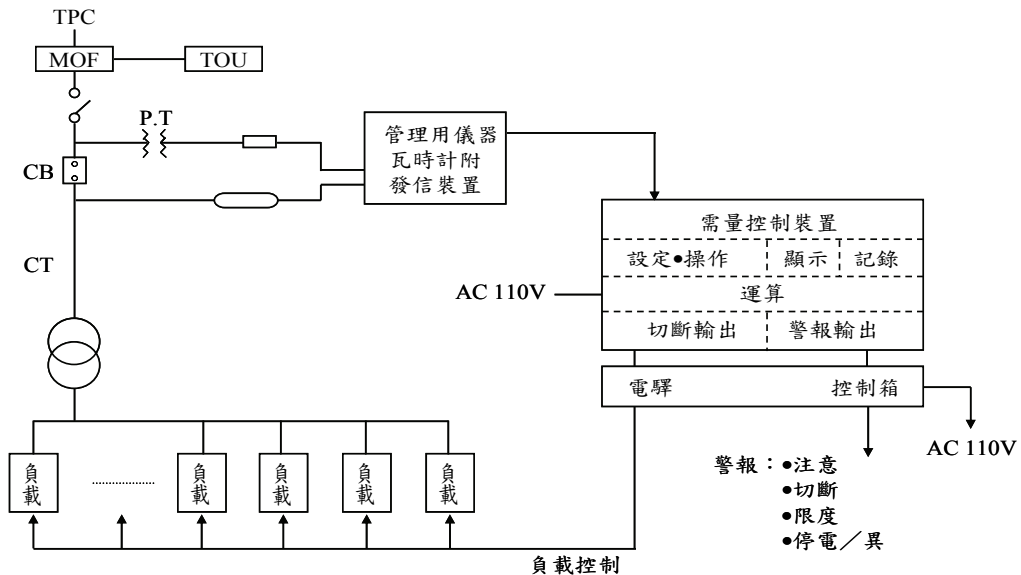
## 二、應用技術

### (一)電力負載管理

#### 1. 選擇適當契約容量裝設最大電力需量監視控制系統

裝置電力需量監視控制系統，可有效控制最高負載如圖 3-3 所示。當用電負載將超過契約容量時，自動緊急切斷與生產無直接關係之負載，如冷氣設備壓縮機、抽水機、部份照明等以有效控制用電最高需量，以減輕電費，電力監控系統之特點如下：

- (1) 有多種數據可同時顯示及自動列印記錄，如目標電力值、日最大電力值、預測電力值、調整電力值、視在電力值等，以了解用電情況如圖 3-4 所示記錄用戶用電負載曲線圖。以造紙業為例，不同造紙廠所記錄之各用戶每日日負載曲線圖，從圖中可了解到用電負載每日變化情形。
- (2) 有初期警報、控制警報、高負載警報、超約緊急警報及裝置故障異常等警報指示，可切斷部份負載。
- (3) 有多回路的負載控制，可由手動或自動方式來控制，並採優先順序控制及循環控制方式。
- (4) 可做長距離場所之遠方用電監視及控制。



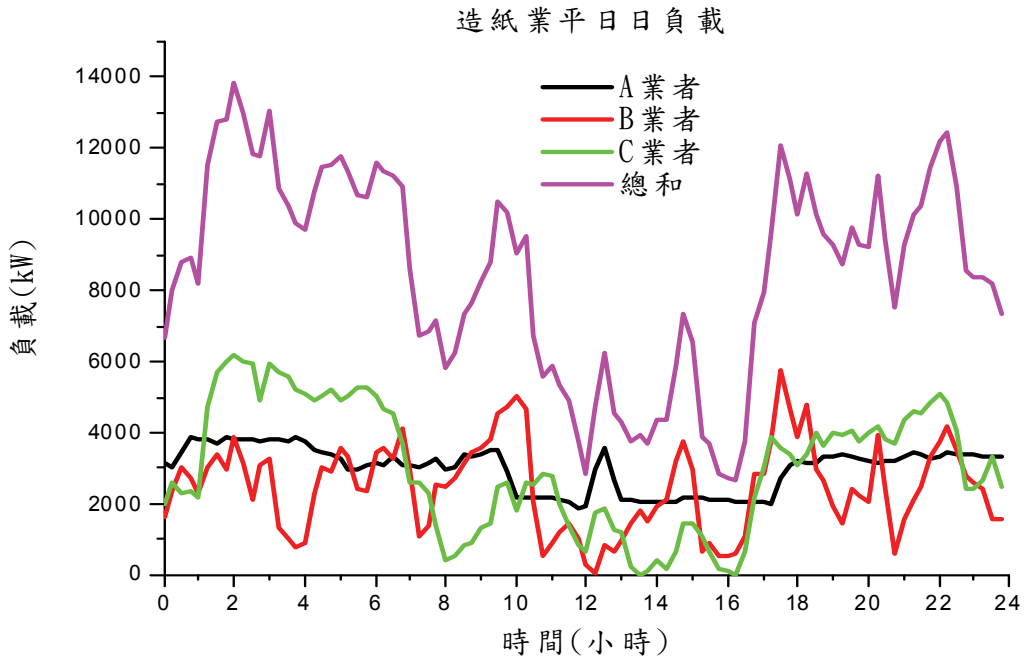


圖 3-4 用戶日負載曲線圖—造紙業(參差率高)

## 2. 善用低廉離峰電力的時間電價

(1) 時間電價是反映不同供電時間不同供電成本之計價方式，由於各段時間供電成本不同，尖峰時間成本高，離峰時間成本較低，為反映成本，進而提供用戶正確價格訊號，促進電能有效利用，時間電價因而產生，凡是低壓以上之電力用戶，均可採用。

(2) 可配合之措施：

- a. 裝設儲冷式空調系統：利用夜間離峰時間運轉冷凍壓縮機製冰儲存於儲存槽，再於日間尖峰時間，將儲存的冰融解，供空調系統使用。
- b. 調整製程：將部份生產過程改到半尖峰或離峰時間作業，以減低電費支出。
- c. 工廠設備之維護檢點工作盡量安排在半尖峰及尖峰時間，大修尤應安排在尖峰時間。



- d. 調整作業時間，例如星期日或例假從事生產而改於週一至週五擇日休假。

## (二)變壓器節能

### 1.採用高效率變壓器

購買變壓器時，請選擇無載損(鐵損)及負載損(銅損)較小與效率較高的變壓器。

### 2.調整變壓器組之負載以提高變壓器的效率

#### (1) 停用時切斷高壓側電源

季節性的負載，在停止運轉期間，以及休假停工時，停用的變壓器宜切斷高壓側電源，以減少鐵損如圖 3-5 所示。

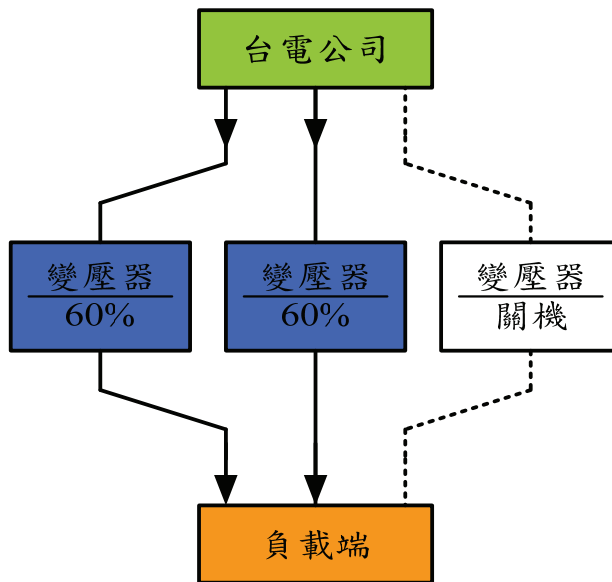


圖 3-5 變壓器不用時切離

#### (2)適當容量的運轉

一般變壓器滿載銅損與鐵損之比等於 3 時，而負載率 57.7%其效率最高，除可減輕電費並減少電力損失外，還可穩定電壓提高用電品質，因此負載率維持在 50%—65%之間運轉最為理想。

### (3) 提高變壓器負載率

停用負載太輕的變壓器，將該負載接到其他可供利用的變壓器，若使用 3 台單相變壓器供給 3 相電源的場合，可利用其中 2 台改成 V-V 接線供電，而停用 1 台。若負載太重時，亦須考慮換大容量變壓器容量或增加變壓器組。

## (三) 電動機節能

改善電動機使用效率以節省用電，分述如下：

### 1. 換用適當容量之電動機

一般電動機負載率 75%—100% 之間運轉效率最高，使用容量太大電動機，不但投資費高而且耗電量也多。換用適當容量的電動機可提高效率節省電費支出。

### 2. 電動機汰舊換新

近年來國內製造電動機的技術和材料都有很大進步，電動機效率普遍提高，所以用了 10 年以上應考慮汰舊換新高效率電動機。

### 3. 避免電動機的空轉

(1) 電動機在空轉時耗電量也會高達額定容量 10% 左右，所以每次空轉時間較長時應考慮設置程序控制或變速控制措施。

(2) 一般電動機空轉之損失：以 3.7Kw(5 馬力) 的工作機械為例，經實測電力損失為 0.44Kw，如以一年運轉 300 天，一天中有 1 小時的空轉，那一年就有 132 度的電力損失。因工廠內使用電動機為數眾多，如常有空轉情形，將會損失龐大的電力。

### 4. 採用變頻器控制速度

電動機需要變更速度時，採用變頻控制速度，是一種有效的方法，因利用頻率變化改變速度，其電力損失較少且速度較穩定，因之對於負載變動需要改變速度之製程，可考慮加裝變頻器控制速度。

## (四) 無效電力改善

改善功率因數亦是節省用電項目之一。功率因數低，表示無效電力偏大，也就會使線路電流增大，而增加線路及用電設備的電力損失如圖 3-6 所示。一般改



善方法，除用電設備選用高功率設備外，在靠近負載端的地方如圖 3-7 所示 C1、C2 或 C3 位置，加裝電容器以提高功率因數。任何改善功率因數的設備都可抵減無效電力的 KVAR 值，如果供給電容過量時，又會形成部份電容性的無效電流，而降低原來的省電效果。因此，採用自動功率因數調整器來適時調節適當的 KVAR 量，更可收到最大的效益。台電公司為鼓勵用戶提高用電設備功率因數，在電價表中訂定用戶用電的功率因數如超過 80%時，每超過 1%當月電費減少 0.15%，如低於 80%時，每低於 1%當月電費增加低 0.3%。改善功率因數除了可以減輕電費並減少電力損失外，還可穩定電壓提高用電品質。

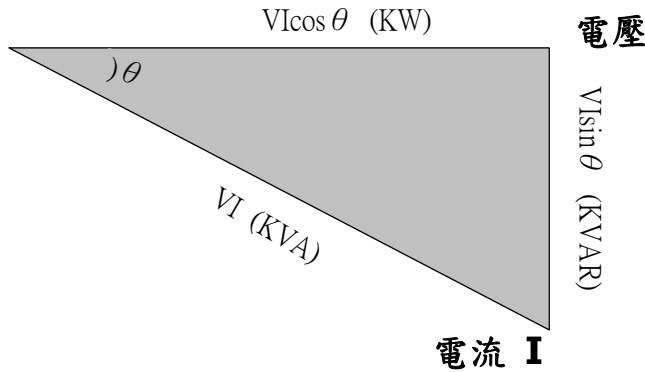


圖 3-6 功率因數示意圖

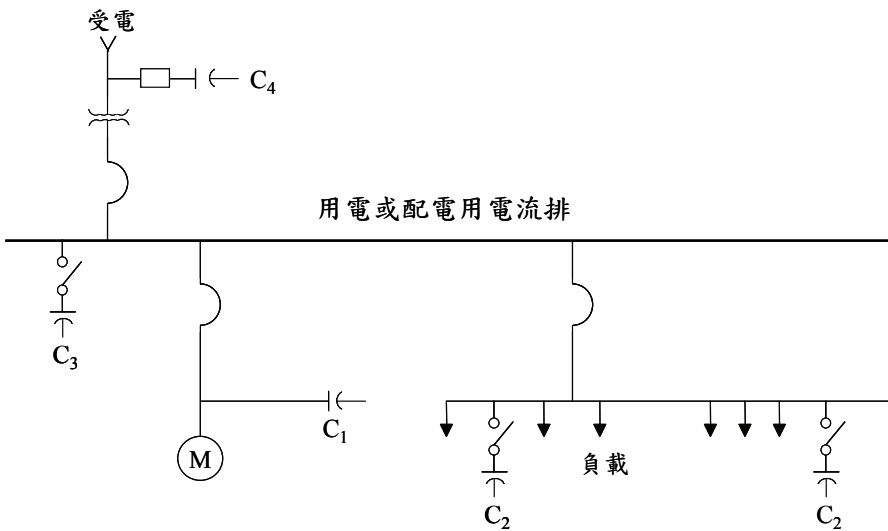


圖 3-7 並聯電容器可能裝設位置

## (五)配電線路減少線路損失

電力系統配電線路加壓供電，因線路有阻抗會產生線路損失，線路損失應儘量降低。

### 1.線路損失計算

$$\text{線路損失} = 3 \times I^2 R L \times 10^{-3} \text{ (kW)}$$

$$\text{年線路損失} = 3 \times I^2 R L \times F \times 8.76 \text{ (kWh)} \quad F: \text{損失系數}$$

### 2.減少線路損失方法

- (1) 檢討線徑大小，是否能承受供應之負載
- (2) 電源與負載設備間距離儘量縮短
- (3) 避免超載用電

## (六)改善電壓

### 1.改善電壓降

- (1) 電壓降為送電端與受電端之電位差
- (2) 電壓降依電業法容許之範圍為電燈(+5%~ -5%)目前電力系統運轉電壓低壓為110伏特在(±5%)範圍內應為104.5V~115.5V，電力(+10%~ -10%)系統運轉電壓為220伏特在(±5%)內應為198V~242V。另外在屋內線路裝置規則第9條亦有規定，工廠內部電壓降之規定，即供應電燈、電力、電熱或該混合負載之低壓分路，其電壓降不超過該分路標稱電壓之百分之三，分路前尚有幹線者，幹線電壓降不得超過百分之二。

### (3) 電壓降之計算

a. 三相線路： $V.D = kVA \times L \times (R \cos\theta + X \sin\theta) / 3^{1/2} \times kV$

$$\%V.D = kVA \times L \times (R \cos\theta + X \sin\theta) / 10 \times kV$$

b. 單相線路： $V.D = kVA \times L \times (R \cos\theta + X \sin\theta) / kV$

$$\%V.D = 2kVA \times L \times (R \cos\theta + X \sin\theta) / 10 \times kV$$

$\theta$ :相角     $L$ :線路長度     $R$ :電阻     $X$ :電抗

### 2.三相不平衡改善

三相供電系統常因系統各相阻抗不完成相同，或所接之負載不平衡造成三相間電壓不平衡，由於電壓不平衡會造成供電不穩定以及電力線路損失增





加，三相電壓不平衡之計算公式如下：

電壓不平衡率(%)=(最高或最低電壓與三相平均電壓之差)/ 三相平均電壓  
-----(%)

三相電壓不平衡率(%)以不超過 4.5% 為原則，如超過 4.5% 就應設法調整三相負載使其維持三相平衡。

### (七)照明系統改善

工廠照明節約用電的方法如下：

#### 1. 提昇既設照明設備之照明效率

##### (1) 定期清理照明燈具：

燈具久未清理時，燈管及反射罩等逐漸聚積塵埃，導致輸出效率降低，故燈具至少每 3 個月定期清潔 1 次，以維持燈具輸出效率。

##### (2) 定期更換老舊燈管：

白熾燈及日光燈管使用至其壽命的 80% 時，輸出光束約減為 85%，故宜在壽命結束前更換。對於照明數量龐大的辦公大樓光源的定期更換尤其重要，除可節省更換燈具之人工費用及提高室內照度，更可節約用電。

#### 2. 汰換低效率之光源與燈具

##### (1) 以日光燈替代白熾燈：

白熾燈耗電約為日光燈的 3 倍，對於點燈時間較長或是開關動作不頻繁的場所，例如客廳、臥室...等，將白熾燈取下改用日光燈系列光源，可立即達到節約用電的目約。

##### (2) 以 40W 日光燈管替代二支 20W 燈管：

40W 白色日光燈管單位全光束輸出(光源效率)為 77.5Lm/W，而 20W 僅為 59Lm/W，若以 40W 一支替代二支 20W 燈管可節省電能 31%。

##### (3) 以鈉氣燈替代水銀燈：

水銀燈的演色性為 40，光源效率為 52Lm/W，而鈉氣燈的演色性為 60，光源效率為 98Lm/W，如以鈉氣燈替代水銀燈，除演色性提高外，

效率亦大大的提高，可節省電能 50%以上。

(4) 汰換傳統安定器以電子式安定器替代：

電子式安定器燈具具有多項優點，例如免用起動器、立即起動、不閃爍、發熱量少.....等，與傳統安定器比較可減少耗電 20%~30%，故於選購燈具時，應優先選擇具電子式安定器之高品質燈具。

3. 採取有效照明方式

(1) 全面照明與局部照明相互配合：

全面提高室內之全般照明以配合如閱讀、製圖、化妝...等特定活動或工作，為不經濟浪費電力的作法。因此對於需較高照度的視覺活動時，一般只需利用閱讀燈、檯燈等做為局部照明，提供所需照度即可。

(2) 適當的照度：

各種場所有其適當的照度，過與不及均屬不當，照度過高浪費電力，照度過低有礙視力健康，影響工作效率。

4. 利用自然光源

(1) 晝光利用：

台灣地區日照充足，如果能夠有效利用晝光，將可節省大量照明用電。目前以家庭及工廠的晝光利用較為普遍，但是照明用電較大之辦公大樓對晝光利用則顯著的不足。高頻電子式安定器具有優越的品質，如能與自動感光控制系統結合，將對晝光利用，推展節約用電，減少電費支出有很大的幫助。如有良好的採光，加以自動感知調光控制系統，可節省電費高達 50%以上。

(2) 建築物採光：

- a. 採用清玻璃為窗戶材料，可獲得較充足的自然光線。
- b. 運用高窗設計可提供較深又均勻的晝光。
- c. 採用導光板、導光筒等輔助晝光，可達成省能效果。
- d. 室內牆壁窗簾等採用淡色，可提高屋內光線漫射效果節省電能。
- e. 保持窗玻璃之乾淨，可提高採光效果。

5. 良好的照明管理



- (1) 專人負責管理。
- (2) 定期保養維護。
- (3) 宣導隨手關燈的習慣。

### 三、執行方法

節約能源之執行，應有整體之概念，也就是說工廠節約能源執行的項目彼此間都有相互關連性，例如空調系統改善與電力運用包括用電需量及用電量有關，還有無效電力之容量也有關係，所以節能改善是要分項著手改善，整體效益評估。執行節能改善之步驟可從工廠用電系統劃分、進行診斷、找出節能空間到發包改善，略述如下：

#### (一)系統劃分

由於整個工廠用電設備很多，各有不相同之專業，因此可依其功能劃分為：

- 1.電力系統：包括變壓器、配電線路、電容器器等設備。
- 2.動力系統：包括傳動電動機、製程用電動力設備、起重機等。
- 3.空調系統：空調設備及其周邊設備、無塵室、冷凍庫等。
- 4.空壓系統；空壓機及其周邊傳輸控制設備。
- 5.熱能系統：鍋爐、電熱及其相關設備。
- 6.排抽水系統：排水、抽水等設備。
- 7.照明系統：工廠照明、辦公室照明、廠區及道路照明等。

#### (二)診斷評估節能潛力

由用電特性調查數據與資料，診斷評估節能空間，檢討是否有可改善之節能空間，檢討之項目如下：

##### 1. 檢討最適當契約容量

工廠因生產需要裝置有許多用電設備，依設備銘牌上之額定容量統計全廠之設備容量稱之為裝置容量。由於生產產程的關係，同一時間並不一定所有設備都在使用，可能因生產流程，或淡、旺季生產的關係，用電需量會有高低之變化，欲要求電力公司供應充裕穩定之電力，用戶必需與電力公司訂定合約，明訂契約容量多少瓩，電力公司即依此全年每日供應足夠之電力，並依此向用戶計收基本電費。由於基本電費係反映電業之固定成本，因之無論當月用戶是否用電，電力公司均每月按此契約容量向用戶計收基本電

費，所以用戶契約容量應該詳加檢討，根據工廠製程需要統計全年用電的最高需量評估後再與電力公司訂定契約容量。契約容量訂得太高但每月實際均沒達到，仍然要負擔多訂之基本電費，如契約容量訂得太低則會造成超約用電，依現行電價表超約用電部份要計收 2~3 倍基本電費，反而負擔更多之基本電費，亦不經濟。所以用戶要依據製程用電需要計算出全年負擔之基本電費最少者即是最適當之契約容量，契約容量研訂之要點如下：

- (1) 用戶與電力公司雙方約定之最高用電需量 $(kW)$ 為契約容量，再依契約容量計收基本電費。
- (2) 契約容量訂定太高或太低均會增加電費支出。
- (3) 檢討契約容量應按全年(1~12月)最高需量評估，並考慮淡、旺季或季節性用電影響。
- (4) 現行電表記錄最高需量係每15分鐘累計平均值計算。
- (5) 考慮近期工廠用電是否有擴充計畫。
- (6) 估算全年基本電費為最少時之最高需量者為最適當契約容量。

## 2. 檢討可控制負載

依製程需要找出可控制之負載對象並計算出其容量，以影響生產最小為原則，建立控制方式及其控制負載之優先順序。一般連續性的製程，其用電設備控制較不容量，間斷性的製程以及可調整的製程，則較容易接受負載控制，列舉如下：

- (1) 具有儲存設備之負載，如供水、供料、加熱等
- (2) 可降低速度之負載，如軋鋼、輾磨設備。
- (3) 可暫時停止之負載，如風扇、冷氣、冷凍等負載。
- (4) 可增供電力設備，如發電設備。

## 3. 檢討節約能源項目

- (1) 檢討現行使用之器具設備是否已經老化汰換更新，如屬老舊低效率之產品，利用汰舊換新時，更換高效率之產品。
- (2) 檢討現行平方式是否可以改善  
許多用電設備之運轉是否在必要使用的時間運轉，例如馬達是否有空轉情形，有無改善方法，照明在無人使用時之切離都要檢討。



- (3) 分散的用電設備是否有整合之潛力空間，例如分散之空壓設備能否改為集中管理更有效率。

### (三)執行節能改善

由診斷發覺之節能空間，經評估經濟效益後，採用可行之節能技術進行實地改善，可選擇由工廠自行施工改善或委由外界施工改善，目前節約能源改善工作，政府正推動由節能技術服務業(ESCOs)以節能績效保證契約方式來執行節約能源改善施工，是一種有效的方法。ESCO 就是能源服務公司，它是在能源使用上幫助業主(使用者)以降低能源費用與減少溫室氣體排放為目標，達到節省能源與保護環境之目的，透過 ESCO 專業的節能服務業來執行節能改善工作，較可落實節能效果。

## 肆、節能績效評估

推動節約能源降低用電成本，減少電費支出，必須評估其績效，以便作為是否投資之依據，實施電力系統節能獲得之績效來自一、因降低尖峰負載提高負載率所得到減少尖峰負載容量之電費支出以及尖峰時段高價格之能量電費支出。二、為因有效的負載控制使設備使用之效率提高，節約用電之電費支出。為利於分析依其功能區分為負載管理與節約用電分別評估，最後可再綜合後評估減少二氧化碳(CO<sub>2</sub>)排放量之效果，電力系統節能績效評估方法分別敘述如下：

### 一、節能效益評估

#### (一)負載管理

電力監控節能技術運用於負載管理之重點在於抑低尖峰負載量，評估效益之方法，大都採用工程法以實際現場量測值作為計算之依據。其評估指標略述如下：

##### 1. 抑低尖峰負載量：

計算因實施電力監控，比較原來尖峰負載容量值(kW)與實施後之尖峰負載容量值(kW)，其差距為所抑低尖峰負載量。

##### 2. 負載率改善分析

負載率為平均負載與尖峰負載之比，負載率越高表示設備使用率高，尖峰負載與離峰負載差距小，可使用電成本大幅減少，比較實施前後之負載率。

##### 3. 負載曲線變化分析

由於用戶用電負載係隨時變動，因之可以繪製負載曲線圖，比較實施前後之負載曲線變化情形，評估其績效。

##### 4. 成本效益分析

###### (1) 益本比>1

益本比是利益與成本比較，利益為減少之電費支出，成本則為因實施電力監控所支付之設備、人力等成本，益本比要大於 1 才有投資之價值。

###### (2) 投資回收年限

益本比要大於 1 後再計算投資回收年限，回收年限越短越值得投資。



## (二)節約用電

實施電力監控計畫方案所獲得節約用電之效益評估方法，一般可按廠內用電之功能別，分成幾個系統依節能工作項目個別評估，再彙總整廠之效益，例舉如下：

### 1. 電力系統：

電力系統改善項目如變壓器負載率提升、功率因數提高、高效率變壓器或馬達更新等。

### 2. 照明系統：

照明系統改善項目如照明控制、更換高效率燈具等。

### 3. 空調系統：

空調系統改善項目如空調主機操作、運轉模式改善、空調風箱操作、運轉模式改善、溫控操作方式改善、冰水主機效率提升等。

### 4. 空壓系統：

空壓系統改善項目如空壓機操作、運轉模式改善、漏氣偵測改善、空壓機效率提升等。

### 5. 公共設施：

公共設施改善項目如公共區域照明控制、停車場排風控制等

## 二、ESCO節能績效之量測與驗證(M&V)

近年來國際間由於對於環保之重視以及電力市場自由化趨勢之加速，致在節約能源推動上政府積極鼓勵發展「能源服務產業」(Energy Service Company:ESCO)，在國外 ESCO 產業急速發展，並且已有良好的成效，在執行節約能源方案係依據節約能源之成效作為支付費用之計算數據如圖 4-1 所示，因之對於節約能源績效評估成為非常重要之指標，無論企業主、政府、銀行或 ESCO 業者均非常重視，美國更發展出一套「國際節能成效量測及驗證協定」(International Performance Measurement Verification Protocol:IPMVP)作為評估節約能源績效之工具如圖 4-2 所示，已為國際許多國家所認定接受之方法，國內亦正積極推動中。其目的為：

- 1.明確計算出節省能源之數量與金額。
- 2.確保並維持改善設備之運轉性能。

- 3.提高保證節約能源之可靠性。
- 4.若無法由執行者作保證時，投資者可適切的評價改善之效果。

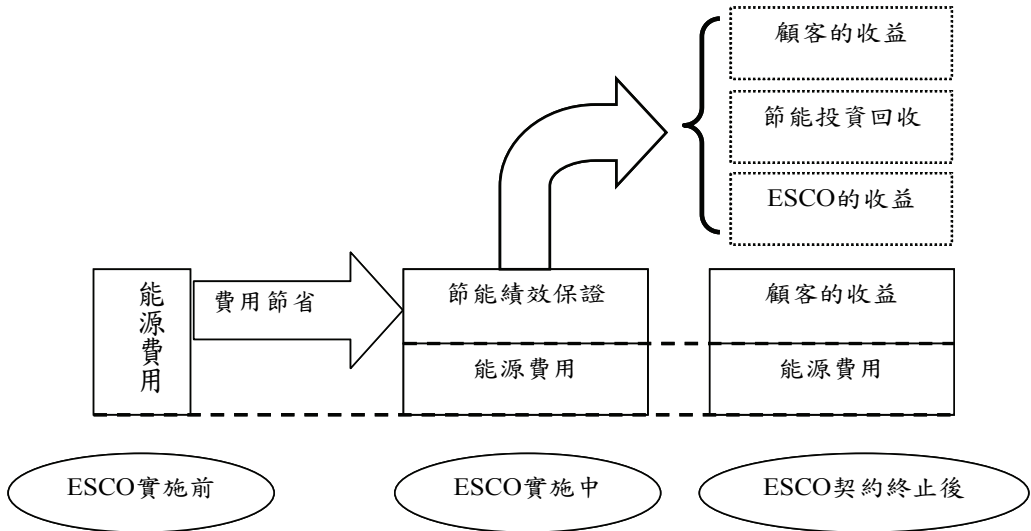
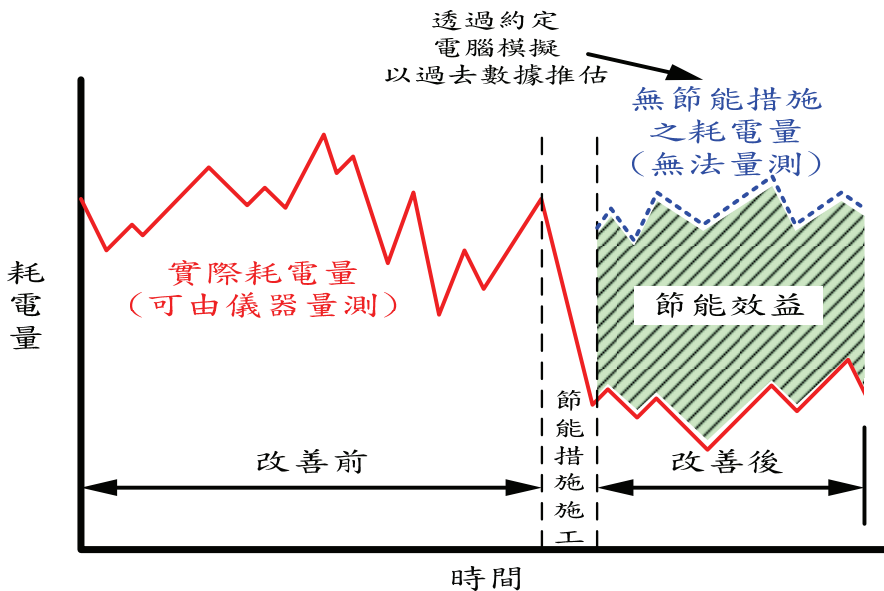


圖 4-1 ESCO 節能績效保證合約模式



$$\text{節能量} = \text{基準線的耗能量} - \text{改善後的耗能量} \pm \text{調整量}$$

圖 4-2 節能績效量測與驗證評估模式





依據 IPMVP 節能成效量測及驗證之方法可分為 A,B,C,D 四種，分別敘述如下：

#### A. 簡易節能績效檢測與驗證

對於節能改善之機器設備，算出每種系統之性能差異數量，利用設備容量與運轉時間計算，作為評價節能效果之方法。一般而言，對於如高效率照明燈具的更換等，運轉時負載變動小，較適合以此方式測量節能效果。

#### B. 長期節能績效檢測與驗證

對於節能改善之機器設備，必需經一定期間或長期量測其耗能量，比較其改善前後之差異所採用之方法，適用於負載變動較大之節能改善之機器設備，如空調主機效率提升、能源管理系統(EMS)之改善等。

#### C. 統計法之節能績效檢測與驗證

對於節能改善之機器設備及其節能輔助措施有相互影響，因之對於改善之全部或分項系統之耗能量實測數據再以統計方法處理，計算出節能績效，其執行程序如下：

- a. 利用節能對策改善實施前之資料，將耗能量及耗能費用之關係予以公式化。
- b. 節能對策改善實施前後，將適用之參數納入計算公式中，以便訂出耗能基準線(Base Line)，計算耗能量。
- c. 從比較實測耗能量與依耗能基準線(Base Line)計算之耗能量，驗證節能對策改善執行之效果。

此方法適用於較大之節能改善方案，如整廠改善，空調主機更新、能源管理系統(EMS)之改善，或建築物改建等。

#### D. 模擬分析節能績效檢測與驗證

以電腦模擬分析軟體計算耗能量，並藉由實際量測數據校正計算結果。此方法適用於較大之節能改善方案，如整廠改善，建築物改建，或特定對象之改善計畫。

### 三、計算投資回收年限

應用電力監控節能技術進行能源管理，獲得效益之多寡，為決定是否投資改善之關鍵，因之從成本效益分析益本比大於一後，接著即要計算投資回收年限，投資回收

年限越短越有利，太長用戶投資意願低，一般節能措施之投資回收年限在五年以內，用戶較有興趣改善，投資回收年限之計算有許多方法，以一般常用之工程經濟計算方法如下列公式：

年回收金額(M)=設備投資金額(P) × 資本回收係數(K)

$$K = [i + (1+i)^n] / E[(1+i)^n - 1]$$

E：年節省電費淨額

E=R(年節省電費)-C(年增加經費包括人力、設備)

i=年利率

回收年限= $\log[M/(M-iP)]/\log(1+i)$



## 伍、節能改善實際案例

### 一、節能改善成功案例資訊

#### (一) 節能績優廠家之節能案例

節約能源是政府既定之政策，而廠家執行節能工作除配合政府政策外對於本身用電成本之降低更為重要，因之許多工廠對於節約能源之推動不遺餘力，並且有良好之績效，為鼓勵這些節能成功之廠家，給予表揚並希望此節能成功之經驗能讓同業或其他業者可以仿效施行，政府每年辦理節約能源績優廠家表揚活動，獲得入選績優廠家，給予實質的獎勵外並辦理觀摩會，邀各界參訪研習及分享其節能經驗，並公布於網站上，各界可參加觀摩活動或從網佔上獲得經驗，此對於節約能源之推動，擴大推行之效果極有助益，網站為：節約能源園區 <http://www.tenergy.park.org.tw/>。

#### (二) 節能技術服務業(ESCOs)節能改善成功案例

政府為加速並擴大節約能源改善工作，引進國外由節能技術服務業執行採用節能績效保證契約模式(IPMVP)，此種模式為國際間節能減碳推動最普遍採用之方式，我國要與國際接軌，因此政府也推動此方式已有多年之經驗，其中有許多節能成功案例，每年也辦理成功案例觀摩會供各界參考仿效，也可以從網站上獲得相關資訊，網址為：台灣能源技術服務產業發展協會 <http://www.taesco.org.tw>

### 二、能源技術服務業(ESCOs)節能績效保證契約模式案例

以 ESCO 執行電力需量控制改善方案為例，能源技術服務業執行節能改善方案應包括下列項目：

- 1.單位相關簡介及能源管理摘要說明
- 2.改善方案
- 3.節能經濟效益分析
- 4.節能績效驗證

#### (一) 各項詳細內容分述如下：

##### 1.單位機關改善方案簡介

- (1) 此節能案源於台北市立某高級中學為減免夏季尖峰需量 ( KW ) 所發

生之超約罰款及能自動長期記錄用電資料分析、建立管理機制、提高使用效率和降低用電成本。

- (2) 藉由ESCO協助於x年x月進行測試評估可行性及效益並提出報告，x年x月正式按裝測試，經驗證原預計可調控容量120 KW達到預計目標。

2.系統概要說明

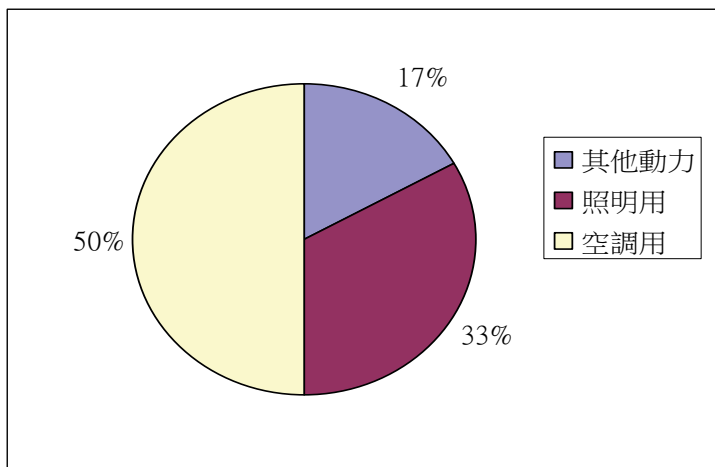
(1) 電力系統

台電供電系統3相3線式 11.4 KV供電，契約容量為480 KW。

(2) 空調設備 共計520 KW

空調設置地點	裝置容量
圖書館空調設備	3 台 共 190 KW
體育館空調設備	3 台 共 75 KW
教學大樓空調設備	2 台 共 30 KW
合作社空調設備	1 台 共 10 KW
教務處空調設備	2 台 共 20 KW
行政大樓空調設備	1 台 共 120 KW
南棟空調設備	3 台 共 30 KW
北棟空調設備	2 台 共 45 KW

(3) 用電分配圖





3.現有系統用電狀況列表說明

契約容量為 480 KW

最高需量(9 月)：643 KW 最低需量(2 月)：209 KW

年度需量差距：434 KW ( 90%)

年度超約比率：以 9 月份 643 KW 時，超約比率為 34%

年度超約罰款：NT\$243,415 元

月份	當月最高電力需量	超約罰款
01	225	
02	209	
03	217	
04	242	
05	480	
06	578	41,057.4
07	554	38,906.4
08	508	12,521.6
09	643	98,607.6
10	574	52,322.4
11	398	
12	379	
合計 1 年的超約罰款共：243,415		

(二)改善方案

1.問題改善對策

(1) 改善前系統說明

- a. 原有電力系統上並沒有建置中央監控系統或需量監控裝置等設備，所以用電歷史資料沒有，只能以台電之電費單做同期之比較。
- b. 為解決此項問題建構智慧型電能管理監控裝置進行用電資料收集記錄及分析再配合空調主機等做適當調控。

2.解決方法

(1) 改善策略

a. 節能方式分二大方法：

(a) 從硬體設備改善，如加裝變頻器、高效率馬達、進相補償電容器等等，進行節能。

(b) 從軟體方面改進，製程改善、系統調整、管理調控等，可大幅降低能源費用，通常以軟體方式所投資的成本低，所產生的效益大。

b. 採用智慧型電能管理監控裝置，透過管理手段提高能源使用效率，達到合理用電降低用電成本支出。

(2)改善方法

a. 控制空調運轉參數節省流動電費

(a) 舒適度(PMV)控制程式之建立應用任務週期控制程式整合界面與舒適度(PMV)控制程式(Predicted Mean Vote)結合，改變調控指令把一般以溫度為調控指標之方式改用舒適度 (PMV) 為調控指標。

調控之常數包含室內出風口溫度、風量、濕度、輻射熱及活動率...等參數，經調控後實際運轉之節能效益高達 15~30%之多。應用上極大之突破。

(三)節能經濟效益分析

1.投資金額：80萬元

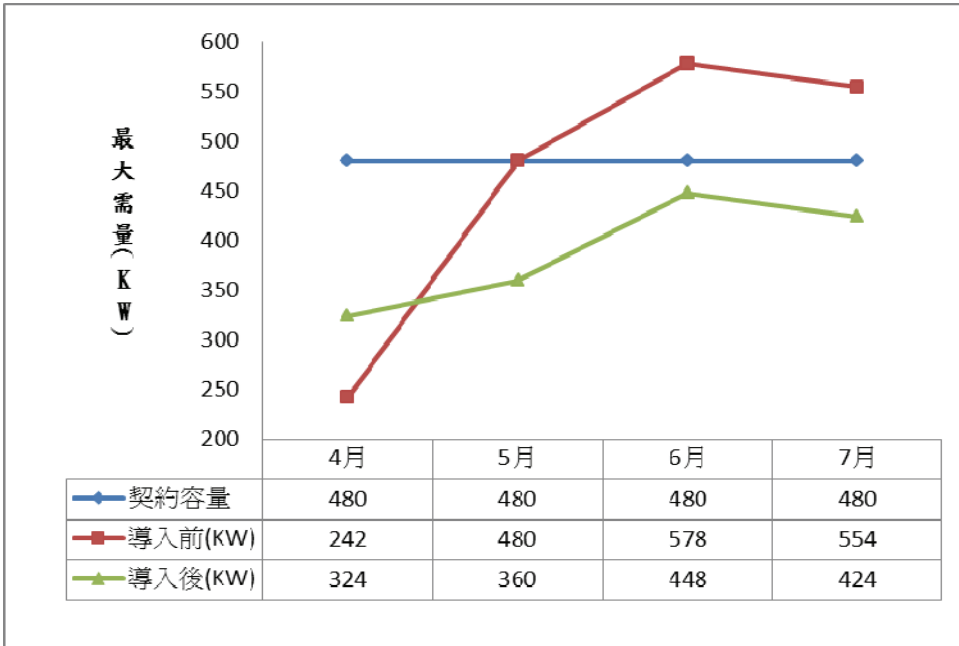
2.節能成效：降低尖峰需量130kW;節省用電量60,000kWh/年

3.投資回收年限：2年

4.節能成效

(1) 節能量: 降低尖峰需量130 KW，減少電力量60,000KWH  
空調設備容量共計520 KW

(2) 改善前後比較



#### 5.回收年限

- 每年節省電費 NT\$409,900元
- 節電調控90KW 減少流動電費 NT\$120,000元
- 需量調控 130KW減少超約罰款 NT\$289,900元

#### 6.投資報酬率

- 投資金額約80萬
- 回收年限：約2年以內

### (四) 節能績效驗證

#### 1.評估績效模式

採用IPMVP M&V Option B

#### 2.節能績效驗證

以節能看板顯示實績

節能看板(SAVE MONITOR)				
日期： 年 月 日			時間： 時 分	
EMC 節能項目	B.L 基準線	WPMD 節能管理	SAVEVALUE 節能效益	TVR 目標值比(%)
KW (基本電費)				
KWH (流動電費)				
CO <sub>2</sub> 減量	297KG/CO <sub>2</sub> (1KWH=0.638KG/CO <sub>2</sub> )			

### 三、產業別節能改善措施

對於工廠用電依產業別：鋼鐵、石化、紡織、電子等各行業，因用電特性不同，各有不同之節能改善措施，以紡織業為例，可行之節能改善措施如下所列：

#### 1. 製程改善

- (1) 棉再利用。
- (2) 產能調整，調配中央集塵系統。
- (3) 縮減染色工程。
- (4) 精片機轉速提昇並標準化。
- (5) 貼合產品降低壓花輪加工溫度。
- (6) MB機生產時降低熱空氣溫度。
- (7) 減少空車運轉率，使稼動率提升。
- (8) 製程速度提升提高產能。
- (9) 製程設備汰舊更新。
- (10) 假撚切線器整修。
- (11) 改善精紡錠子轉動耗能。
- (12) 高壓離心機處理效率提升改善。
- (13) 冷卻水塔定量排放控制自動化。
- (14) 改善配油設備以節省乾燥機蒸汽。

#### 2. 空調改善





- (1) 空調主機冷卻水塔散熱風扇採用變頻器 控制。
- (2) 提昇冰水機出口冰水溫度。
- (3) 冬天冷凍主機關機採外氣供應。
- (4) 冷凍主機外氣溫度 $20^{\circ}\text{C}$ 以下，調節外氣控制使用。
- (5) 冰水PUMP變頻器。
- (6) 現場恆溫調控。
- (7) 提高夏季冰水主機水出水溫度。
- (8) 間歇式啟用冷氣。
- (9) 冰水管路連通，冷凍主機少開一台。
- (10) 冷凍主機及空調系統定期保養。

### 3.空壓機系統改善

- (1) 空壓機連通使用。
- (2) 降低空壓機使用壓力。
- (3) 空壓機系統調配運轉。
- (4) 空壓機備運轉容量降低。
- (5) 空壓機進氣入口修改，加強空壓機進氣口清潔。
- (6) 空壓機汰舊換新及使用變頻式空壓機。
- (7) 空壓機採用連鎖控制。
- (8) 原用空壓機降壓供氣，改為使用鼓風機供給氣。
- (9) 空氣管路定期檢查。
- (10) 風管及接頭全面更換，空壓機採用無耗氣式卻水器。

### 4.照明系統改善

- (1) 路燈自動點滅。
- (2) 照明分區限定用電。
- (3) 照明設備自動點滅。
- (4) 照明燈具改用電子式燈具。
- (5) 免安定器水銀燈更換為復金屬水銀燈。

### 5.馬達系統改善

- (1) 冷卻水塔風扇等設備改用變頻器控制。

- (2) 變壓器散熱風車改溫度控制。
- (3) 汰舊換新改用高效率馬達。
- (4) 久齡之一般馬達汰換為高效率馬達。
- (5) 馬達定期量測電流值及馬達線圈、軸承保養維修，減少馬達燒毀。
- (6) 抽水泵浦改用不銹鋼葉輪，並定期量測磨損環間隙及進行適當調整。

#### 6. 電力系統改善

- (1) 安裝低壓電容器提高功因。
- (2) 調降契約容量減少基本電費支出。
- (3) 自發電夏月尖峰滿載發電，半尖峰離峰減少發電。
- (4) 變壓器整合減少損失。
- (5) 電力系統整修汰舊換新。

#### 7. 鍋爐效率改善

- (1) 鍋爐新增O<sub>2</sub>偵測儀，並控制鍋爐排氣含氧量在3%以下。
- (2) 熱媒鍋爐系統併聯停開熱媒泵浦，熱媒鍋爐風車加裝變頻器。
- (3) 鍋爐安裝管垢處理器，熱交換器整修及保養。
- (4) 鍋爐蒸汽管更新。
- (5) 鍋爐汰舊換新。
- (6) 熱交換器汰舊換新。
- (7) 冷凝水回收管及蒸汽管路保溫。

#### 8. 汽電共生系統改善

- (1) 柴重油發電停止運轉；重油發電機於非尖峰時段停轉改由台電供電。
- (2) 實施可停電力一及可停電力五之方案，減少基本電費支出。
- (3) 冷卻水塔排放水改善，增加回收量。
- (4) 公用廠脫氧器給水泵夾套保溫增厚改善。
- (5) 增設汽電共生系統，提高整廠能源使用效率。

#### 9. 蒸汽系統改善

- (1) 染機等製程設備加強保溫。
- (2) 蒸汽卻水器更新。
- (3) 熱能管線查漏檢修，保溫檢修，廢熱回收加強管理。



- (4) 增加蒸汽冷凝水回收量。
- (5) 鍋爐給水脫氧塔蒸氣排放系統改善。
- (6) 提高蒸氣鍋爐補水溫度。
- (7) 蒸氣溫度控制節能。

## 陸、結論

- 一、我國自產能源缺乏，98%以上能源仰賴進口，節約能源全民應有共識，積極推動節能減碳之工作。
- 二、電力系統用電為工廠耗用能源之最大部分，應有效管理以達降低生產成本，從了解用電特性著手，使所耗用之每一度電能，都能充分的利用。
- 三、節約能源是經常性、永續性的工作，選擇最有效的方法，落實到全員執行，持續的推動才能見效。



## 參考文獻

1. 電業法，修正日期：民國 100 年 01 年 26 日
2. 屋內線路裝置規則，修正日期：民國 98 年 08 年 14 日
3. 楊正光，「電力系統需量控制之發展趨勢」，節約能源技術報導，第 42 期，民國 90 年 9 月。
4. 經濟部能源局網站，[http:// www.moeaboe.gov.tw](http://www.moeaboe.gov.tw)
5. 台灣電力公司網站，<http://www.taipower.com.tw>
6. 工業技術研究院網站，<http://itri.org.tw>
7. 台灣能源技術服務業發展協會網站，<http://www.taesco.org.tw>



經濟部能源局  
BUREAU OF ENERGY, MOEA

<http://www.moeaboe.gov.tw>



工業技術研究院

Industrial Technology  
Research Institute

<http://emis.erl.itri.org.tw>