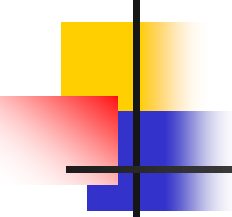


# 電力系統之節能管理

---

主講人：楊正光  
台灣綜合研究院  
2012.03.20



# 內 容

---

壹、前言

貳、電力系統概況

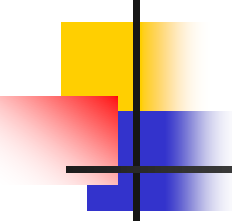
參、工商業用電概況

肆、電力系統節能規劃設計

伍、節能應用

陸、績效評估

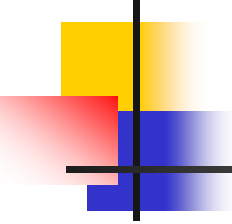
柒、結論



# 壹、前言

---

- 一、我國自產能源不足，99%需仰賴國外進口，節約能源為政府政策，國人應有共識積極推動節約工作。
- 二、國際重視環保，京都議定書生效，我國要與國際接軌，提高能源使用效率，為當前之急務。
- 三、能源價格高漲，發電成本攀升，實施電能管理有效用電，降低生產用電成本，兼顧減少環境污染。
- 四、節能改善需經常持續的推動，才能獲得實際績效。



## 貳、電力系統概況

---

一、供電端電力系統

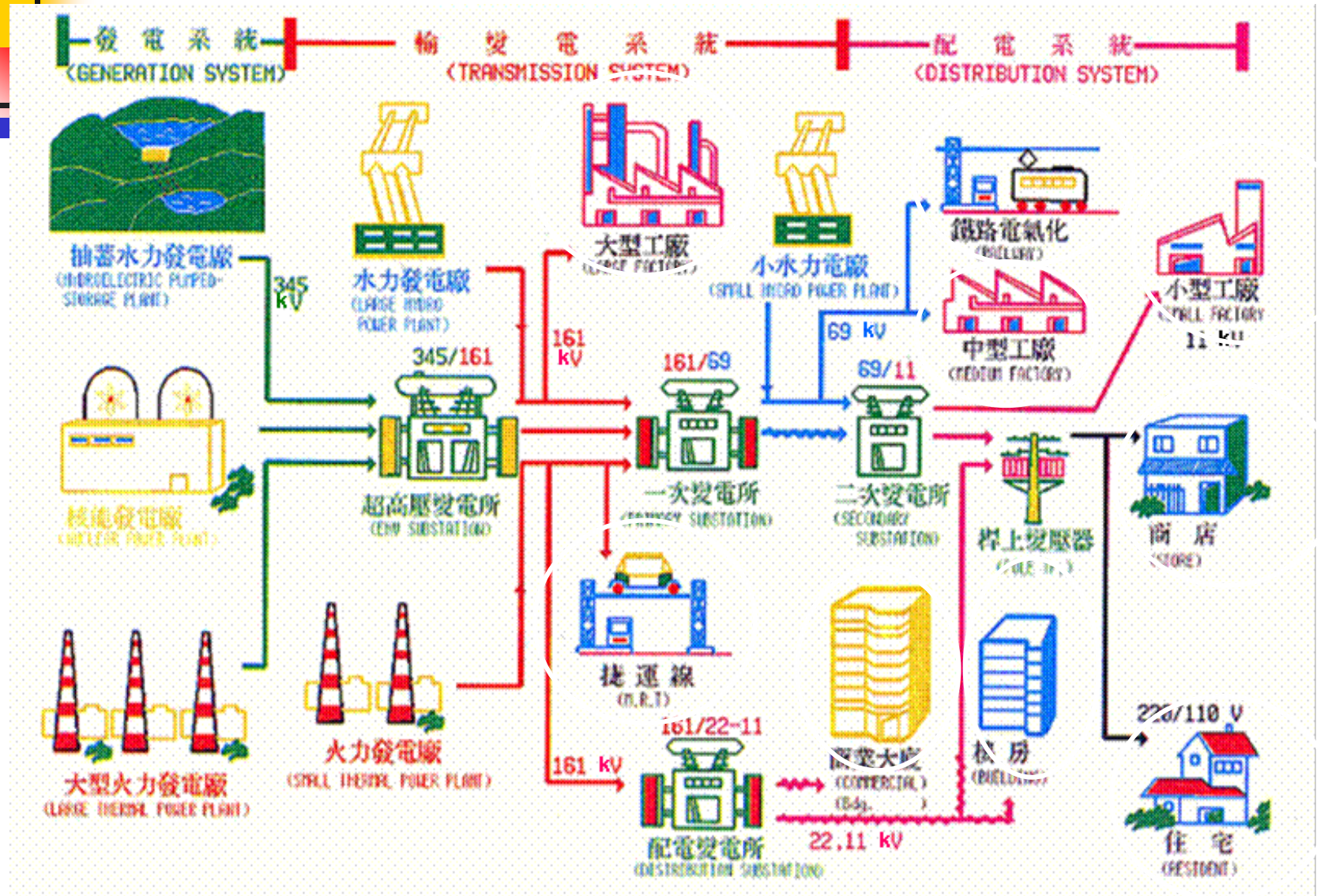
二、用電端電力系統

三、電力系統特性尖、離峰負載差距大

(一)、夏季用電多，形成系統尖峰

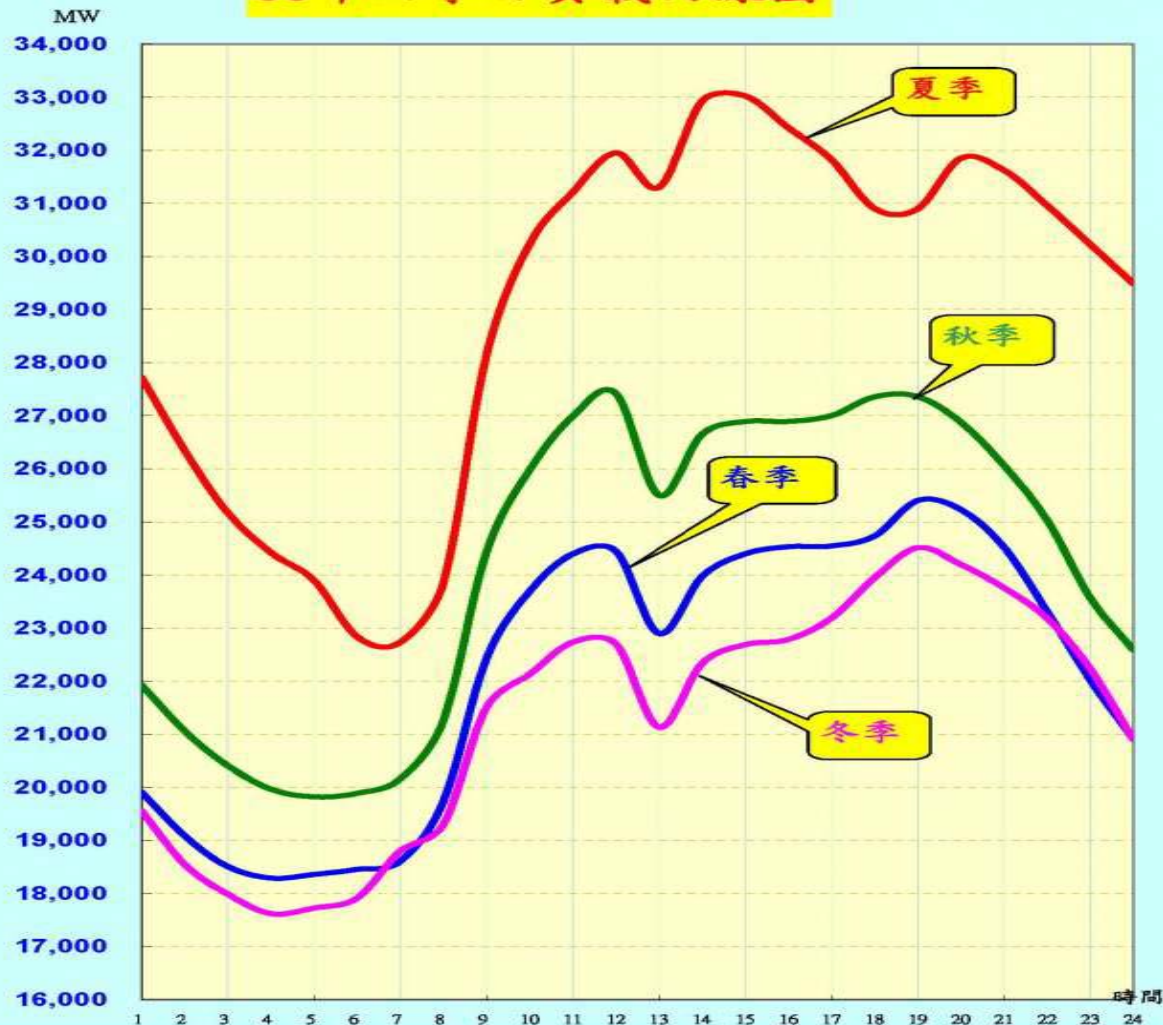
(二)、尖、離峰負載差距逐年增大

# 台灣電力公司電力系統流程圖



# 電力系統日負載曲線

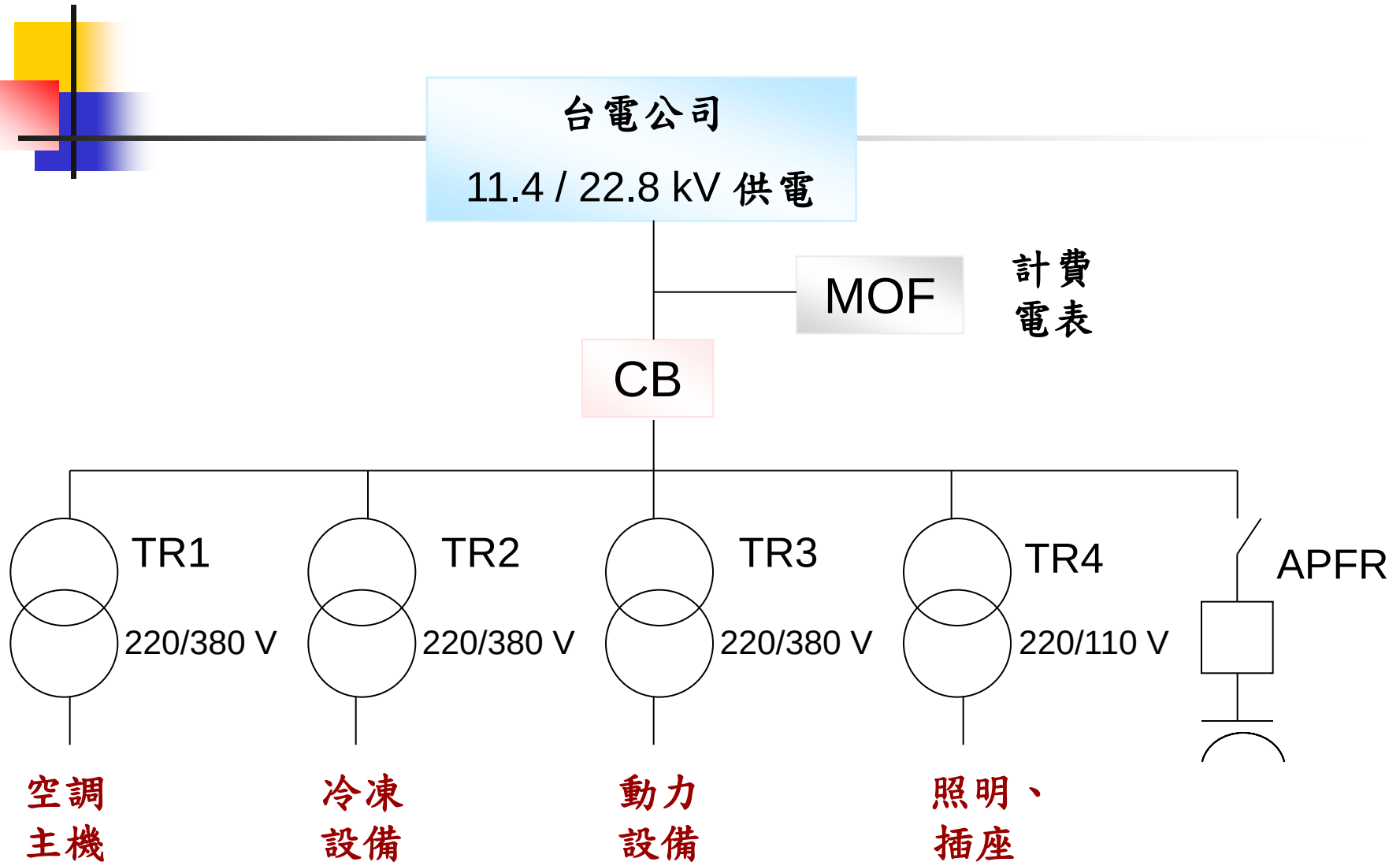
99年四季日負載曲線圖



夏季用電尖峰  
6~9月份

每日尖峰負載  
11,15,20時

# 一般高壓供電配電系統示意單線圖

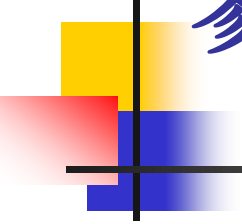




# 日負載曲線圖操作畫面







# 參、工商業用電概況

---

一、用電分佈統計

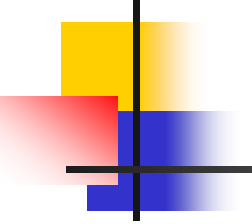
二、各類用電之主要設備

# 一、用電分佈圖

| 用電場所 | 用電分佈 (佔比) |           |             |           |
|------|-----------|-----------|-------------|-----------|
|      | 空調<br>(%) | 照明<br>(%) | 冷凍冷藏<br>(%) | 動力<br>(%) |
| 量販店  | 45        | 29        | 17          | 12        |
| 超級市場 | 6.7       | 23.7      | 57.7        | 11.8      |
| 購物中心 | 47        | 30        | 23          |           |

## 一、用電分佈圖(續)

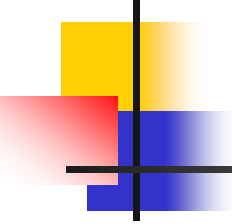
| 用電場所 | 用電分佈 (佔比) |           |           |           |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|      | 空調<br>(%) | 照明<br>(%) | 動力<br>(%) | 其他<br>(%) |
| 政府機關 | 56.3      | 18.0      | 6.7       | 19.0      |
| 旅館業  | 47        | 28.5      | 11.8      |           |
| 百貨業  | 45.6      | 48.2      | 6.2       |           |



## 二、主要用電設備

---

1. 電力設備如變壓器、電容器、配電線路
2. 空調設備及空調系統周邊設備
3. 電熱設備如熱水器、現煮設備、電暖器
4. 照明設備
5. 動力設備如馬達、電梯、抽排水設備
6. 其他如辦公室用電設備



# 肆、電力系統節能規劃設計

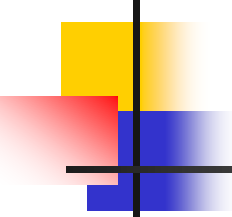
---

## 一、電力系統劃分方式

- 1.依供電階段劃分
- 2.依功能別劃分

## 二、節能規劃項目

- 1.電力設備節能
- 2.動力設備節能



# 一、依供電階段劃分

---

1. 供電端---電力公司電源側

2. 受電端---廠內負載側

(1). 電壓別:特高壓、高壓、低壓

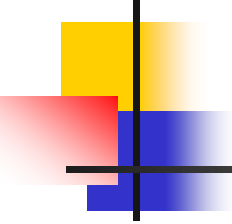
161kV--69kV—22.8/11.4kV

440/380V 或220/380V—110/220V

(2). 設備別:

供電設備：發變電、配電線路、配電室、變壓器

用電設備：馬達、電燈、空調、電梯---等



## 二、依功能別劃分

---

1. 電力系統

3. 電熱系統

4. 照明系統

6. 排水系統

8. 辦公室設備

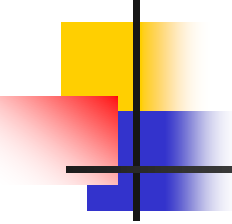
2. 動力系統

3. 空調系統

5. 空氣壓縮系統

7. 消防系統





## (一). 節能規劃

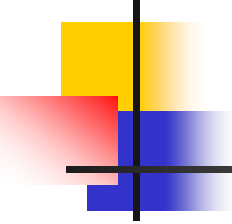
---

### 1. 電力系統之節能

- (1). 變壓器
- (2). 功率因數
- (3). 電力監控系統
- (4). 配電線路

### 2. 配合之相關問題

- (1). 供電可靠度
- (2). 電力品質

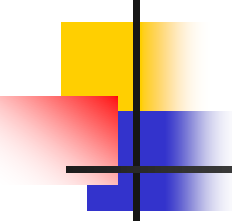


# 1. 變壓器節能

---

## (1).採用高效率變壓器

- 變壓器之損失為無載損失與負載損失：  
無載損失包括鐵損、激磁電流損、介質損。  
負載損失包括銅損、雜散損失。
- 非晶質變壓器(Amorephous Metal Transformer)  
鐵損為傳統矽鋼片變壓器之40%。



## (2).適當容量運轉

- 一般變壓器滿載時銅損與鐵損之比為3時，  
負載率在57.7%效率最高。
- 故負載率維持於50%~65%運轉最理想。

## (3).運轉溫度

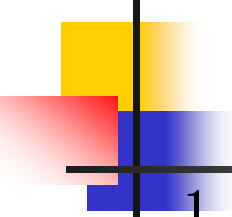
- 冷卻空氣平均溫度比30°C時，每減1°C可增加連續負載之額定容量1%



## 2.提高功率因數

### a. 規劃原則

- (1).現行電價表：用戶功率因數在80%以下每減1%電費加收0.3%；每加1%電費減收0.15%。
- (2).提高功率因數可維持電壓穩定，減少線路損失，一般以裝置電容器組最經濟有效。
- (3).電容器組應儘量裝置於負載中心。
- (4).一次側裝設固定電容器組，二次側可裝設自動功因調整可變電容器組。



## b.改善功率因數之效益

### 1. 減少線路電流

裝置電容器可提供前段越前無效電流；

$$I_2 = \left[ (I_1 \cos \psi_1)^2 + (I_1 \sin \psi_1 - I_c)^2 \right]^{1/2}$$

### 2. 改善電壓

電容器後段電壓提升；  $v\% = kVAR \times X / 10(kV)^2$

### 3. 線路損失降低

線路損失與線路總電流平方成反比：

線路損失減少 = 原損失  $\left[ 1 - (\text{原功率因數} / \text{改善後功因})^2 \right]$

### 4. 系統容量增加

可增加供電負載容量

## C. 電容器組裝置位置

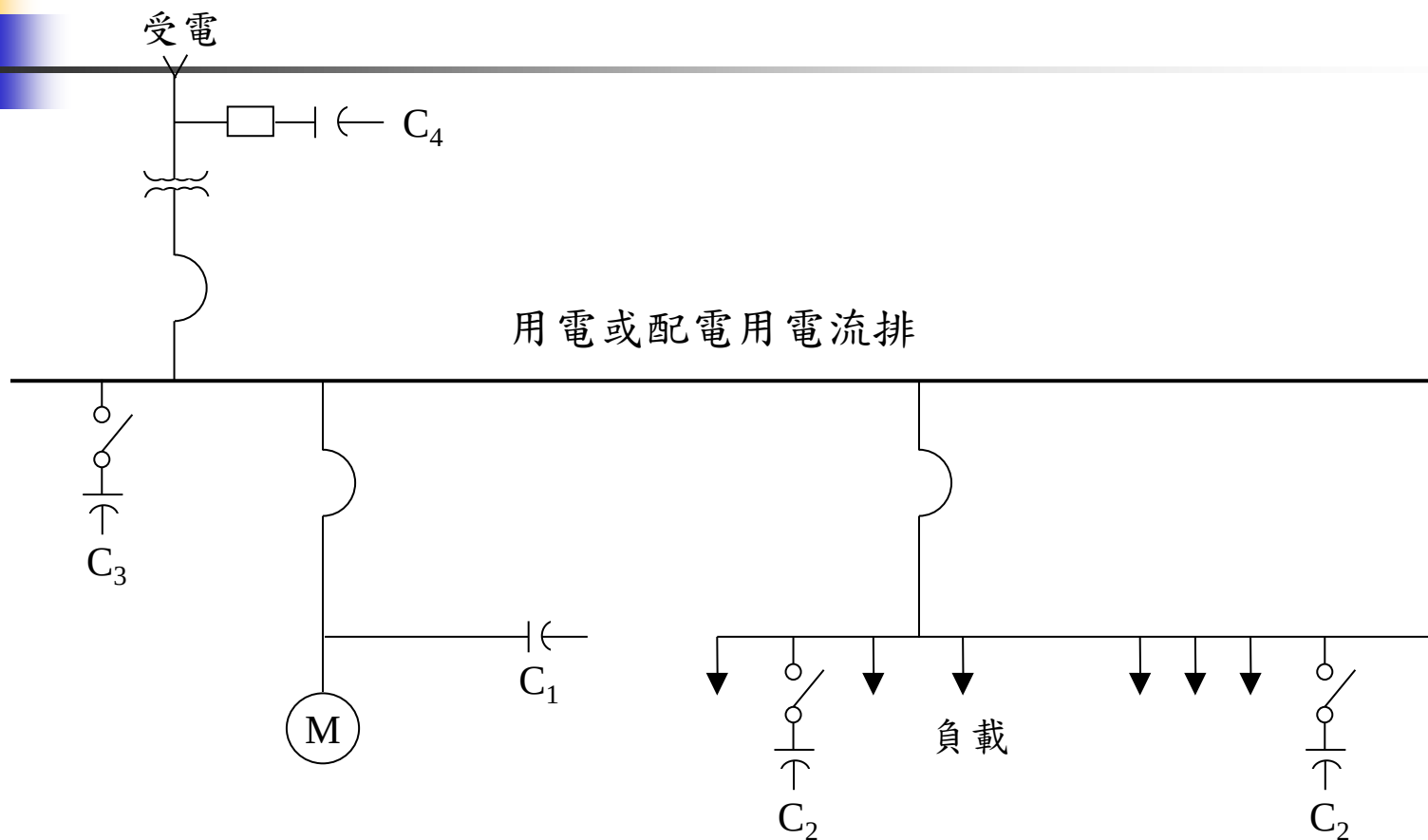
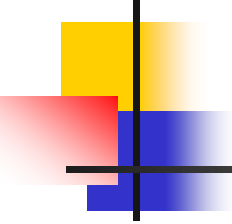


圖 並聯電容器可能裝設位置



## d. 裝設電容器容量之計算

---

### (1). 電容器裝置容量

$$C \text{ (kVAR)} = kW(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)$$

C: 電容器裝置容量

$\theta_1$ : 改善前功率因數角

$\theta_2$ : 改善後功率因數角

$\tan\theta_1 - \tan\theta_2$ : 查表

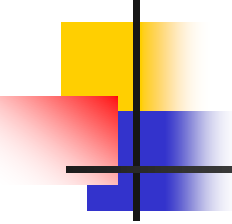
### (2). 換算低壓電容器容量

$$C \text{ (微法拉)} = kVAR \times 10^9 / 2\pi fV^2$$

| 原有功因<br>$\cos \theta_1$ | 需要改善的功率因数 $\cos \theta_2$ |       |       |       |       |
|-------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                         | 100                       | 95    | 90    | 85    | 80    |
| 60                      | 1.333                     | 1.004 | 0.849 | 0.713 | 0.583 |
| 62                      | 1.266                     | 0.937 | 0.782 | 0.646 | 0.516 |
| 64                      | 1.201                     | 0.872 | 0.717 | 0.581 | 0.451 |
| 66                      | 1.138                     | 0.809 | 0.654 | 0.458 | 0.388 |
| 68                      | 1.078                     | 0.749 | 0.594 | 0.400 | 0.270 |
| 70                      | 1.020                     | 0.691 | 0.536 | 0.344 | 0.214 |
| 72                      | 0.964                     | 0.635 | 0.480 | 0.289 | 0.159 |
| 74                      | 0.909                     | 0.580 | 0.425 | 0.235 | 0.105 |
| 76                      | 0.855                     | 0.526 | 0.371 | 0.182 | 0.052 |
| 78                      | 0.802                     | 0.473 | 0.318 | 0.130 | 0.000 |
| 80                      | 0.750                     | 0.421 | 0.266 | 0.078 |       |
| 82                      | 0.698                     | 0.369 | 0.214 | 0.026 |       |
| 84                      | 0.646                     | 0.317 | 0.162 |       |       |
| 86                      | 0.593                     | 0.264 | 0.109 |       |       |
| 88                      | 0.540                     | 0.211 | 0.056 |       |       |
| 90                      | 0.484                     | 0.155 | 0.000 |       |       |
| 92                      | 0.426                     | 0.097 |       |       |       |
| 94                      | 0.363                     | 0.034 |       |       |       |
| 96                      | 0.292                     |       |       |       |       |
| 98                      | 0.203                     |       |       |       |       |
| 100                     | 0.000                     |       |       |       |       |

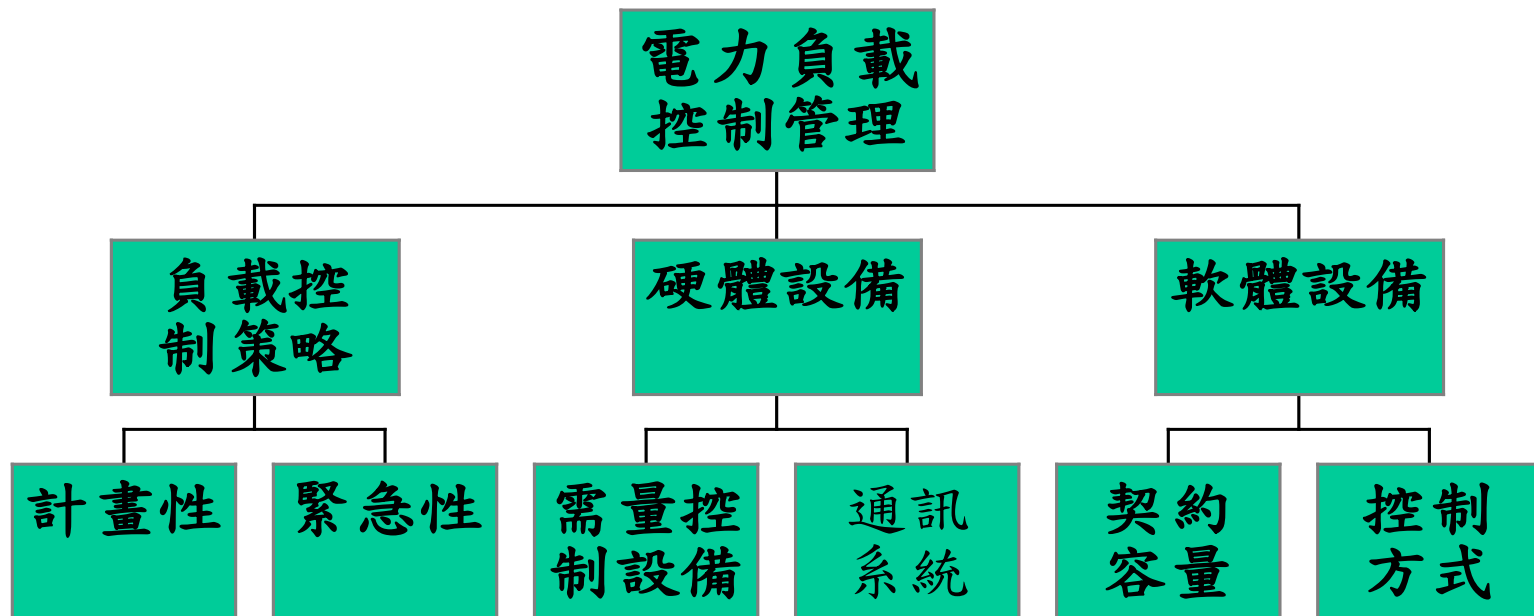
改善功率因数  $(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$  值  
查 表

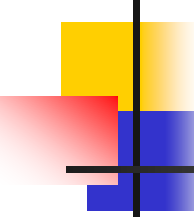




## 3. 電力監控系統

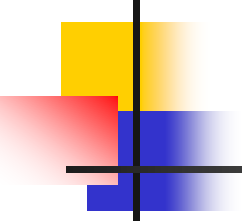
### (1). 電力系統監控方法





## (2)、契約容量

- a. 依用戶設置之用電器具總入力千伏安(kVA)數  
訂定契約容量，每一千伏安(kVA)為一瓩(kW)。
- b. 器具標示：
  - 器具標示千伏安(kVA)=瓩(kW)
  - 馬達標示馬力=瓩(KW)
  - 馬達標示瓩(kW)=(kW)/0.75=瓩(kW)
- c. 用戶依用電需求與台電公司訂定每月「經常用電需量(kW)」稱為契約容量，並作為每月計費之依據



### (3)、超約用電

---

用戶每月用電最高需量超出契約容量稱為超約用電  
其計費放方式如下：

- a. 超出契約容量未滿10%部分，基本電費按2倍計收。
- b. 超出契約容量10%以上部分，基本電費按3倍計收。

## (4). 最大需量控制器 (Max demand controller)

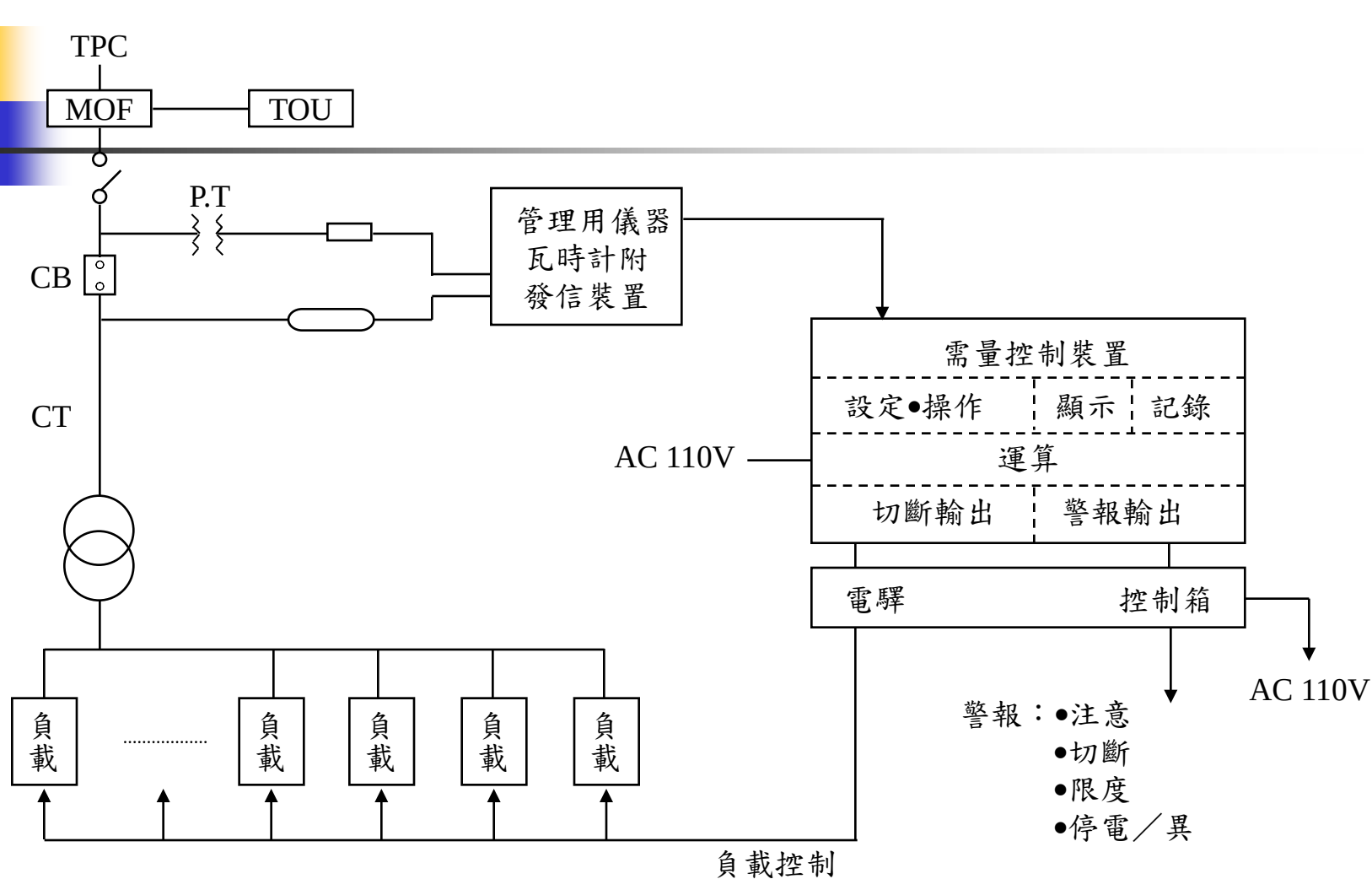
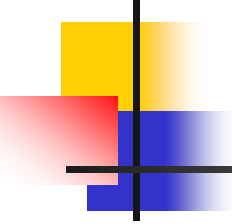


圖 需量控制裝置構造圖



## 4. 配電線路

---

### (1). 線路電壓

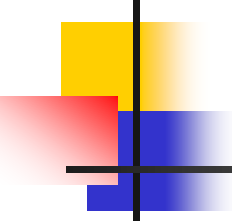
a. 適當之供電電壓 b. 線路電壓降 c. 電壓不平衡

### (2). 供電可靠

a. 供電系統型態 b. 線路過載 c. 電力品質

### (3). 線路負載分配

a. 負載分配均勻 b. 提高負載率 c. 減少線路損失



## (1).臺灣壓降規範

---

### a. 電業法第36條

供電電壓之變動率以不超過下列百分比為準：

- 電燈電壓，高低各**百分之五**。

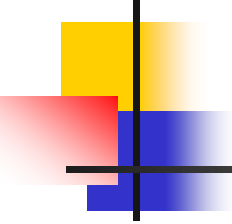
(104.5~110~115.5)

- 電力及電熱之電壓，高低各**百分之十**。

(198~220~242)

### b. 屋內線路裝置規則第9條

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**。



## (2). 壓降計算

---

$$\text{壓降}(E) = kI(R\cos\theta \pm X\sin\theta)$$

$$3\phi 3W \quad k=3, \quad 1\phi 3W \quad k=2$$

$V$ : 線電壓,  $I$ : 線電流

## (3) 改善方法

1. 換較粗導線(線路 $R$ ,  $X$ 減少)
2. 改善功率因數值(功因角度減少)
3. 提高系統供電電壓(減少線路電流)

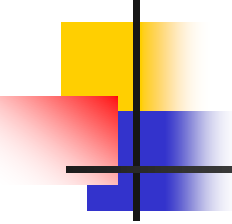
## 電壓變動率標準

| 機器      | 容許電壓變動      | 備註                                                                  |
|---------|-------------|---------------------------------------------------------------------|
| 交流發電機   | $\pm 5 \%$  | 在額定頻率及功率因數下                                                         |
| 交流同步電動機 | $\pm 10 \%$ | 如電壓、頻率同時變動時，應在電壓 $\pm 10 \%$ 、頻率 $\pm 5 \%$ 範圍內，且二種變動%之絕對值之和應在10%以下 |
| 變壓器     | $\pm 5 \%$  | 在額定頻率及功率因數下                                                         |
| 電容器     | $\pm 10 \%$ | 在額定頻率下                                                              |
| 日光燈     | $\pm 6 \%$  |                                                                     |
| 白熾燈     | $\pm 6 \%$  |                                                                     |

資料來源：節約能源技術手冊 77年 p.198

2012/4/2





## 2. 動力系統節能

---

- (1). 電動機節能
- (2). 空壓機節能
- (3). 其他傳動機械

# (1). 電動機省電運用對策

## 1. 適當負載率

- (1)感應電動機之最大效率設計於正常負載率75%~125%間，最好電動機運轉於此負載率。
- (2)負載率低於50%功因及效率急速惡化，應改用小容量電動機。

## 2. 防止空載

長時間空載會增加電力耗費。

## 3. 適當傳動裝置

一般傳動效率如下：

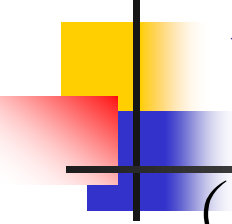
|       |        |
|-------|--------|
| 皮帶輪傳動 | 70~90% |
| 鏈條傳動  | 75~85% |
| 齒輪傳動  | 93~96% |
| 直接傳動  | 100%   |

#### 4.選擇效率高變速方式

| 變建方式    | 成本 | 總合效率    | 變速範圍 | 維護  |
|---------|----|---------|------|-----|
| 極數變換控制  | 低  | 80%~90% | 定速   | 容易  |
| 二次電阻控制  | 低  | 40%~85% | 中    | 稍容易 |
| 電磁藕合器控制 | 中  | 30%~75% | 中    | 稍難  |
| 一次頻率控制  | 高  | 80%~85% | 大    | 稍難  |
| 直流控制    | 高  | 80%~85% | 大    | 稍難  |

#### 5.採用高效率 電動機

採用高級鐵芯材料及增加銅線減少鐵損、銅損。由於電動機長久運轉，高效率電動機可減少更多用電耗損。



## 伍、節能應用

---

### (一). 負載管理

1. 用電特性調查--負載分析
2. 抑低尖峰-提高離峰

### (二). 價格策略之應用

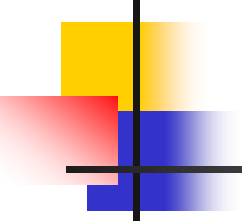
1. 電價計算
2. 選用節能電價

### (三). 節約能源

1. 高效率用電設備
2. 有效管理使用電能

### (四). 執行方式

1. 自行辦理
2. 能源服務業ESCO執行



# 1. 用電特性調查分析

---

## 1. 最高需量(Peak load)

特定時間內(年、月、日)單位時間(每小時)之輸出電力(KW)最高值。

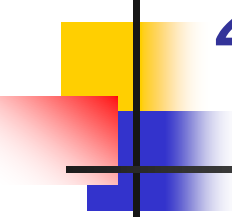
## 2. 平均負載(Average load)

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. 負載率(Load factor)

平均負載與最高需量之百分比。

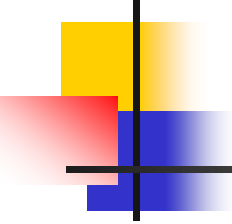
負載率(LF)(%) =  $\frac{\text{總用電量(KWH)} / \text{用電時數(Hr)}}{\text{最高負載(KW)}}$



## 2. 移轉尖峰用電

---

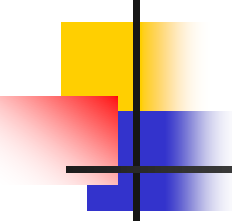
- (1). 工廠之維護檢點安排尖峰時刻作業。
- (2). 調查作息時間，假日從事生產，週間擇日休假。
- (3). 使用儲存設備，移轉部分產品於離峰時段作業。
- (4). 採用儲冷式或吸引式空調系統減少尖峰用電。
- (5). 裝設需量控制設備，控制尖峰最高需量。
- (6). 採自備發電設備於系統尖峰時段發電，離峰時段向電力公司購電。



## 2.選用適當負載管理電價：

---

- (1).時間電價。
- (2).季節電價。
- (3).尖峰時間配合減少用電優惠電價值  
(可停電力電價)。
- (4).儲冰式中央空調措施。
- (5).中央空調及箱型冷氣暫停用電措施。
- (6).北部地區中央空調遙控降載計畫。
- (7).推廣汽電共生系統
- (8).需量反應電價



### 3. 契約容量最佳化

---

- (1). 檢討全年(12個月各月份)用電最高需量
- (2). 檢討超約用電次數與月份
- (3). 檢討可調整用電負載
- (4). 檢討訂定之契約容量
- (5). 評估全年支出之基本電費
- (6). 訂定最適當之契約容量
- (7). 最高需量係每15分鐘累計平均值計算。



# 契約容量最佳化分析

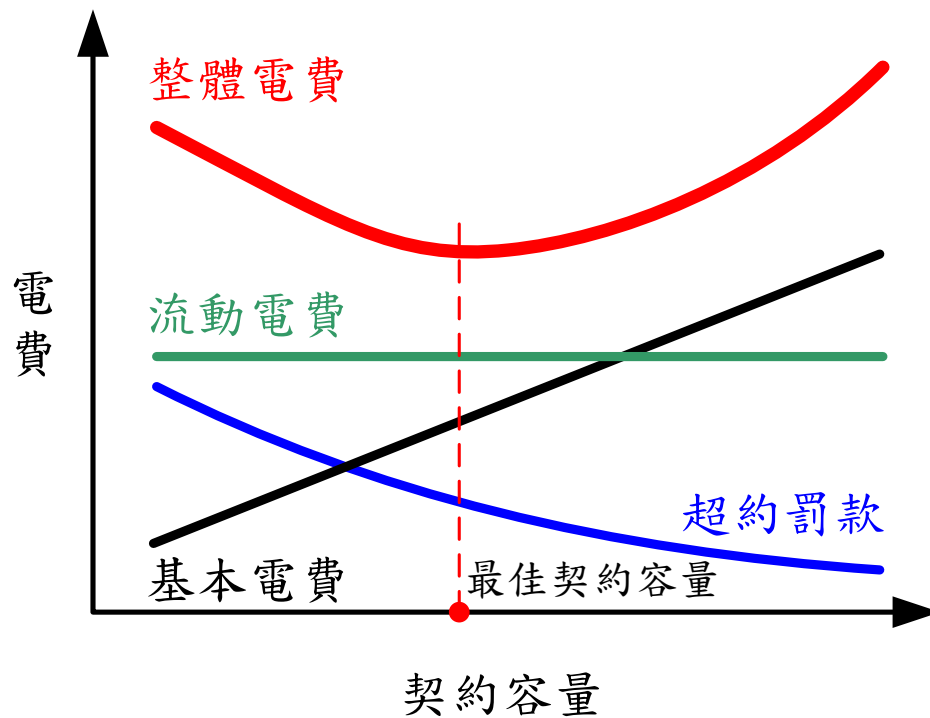
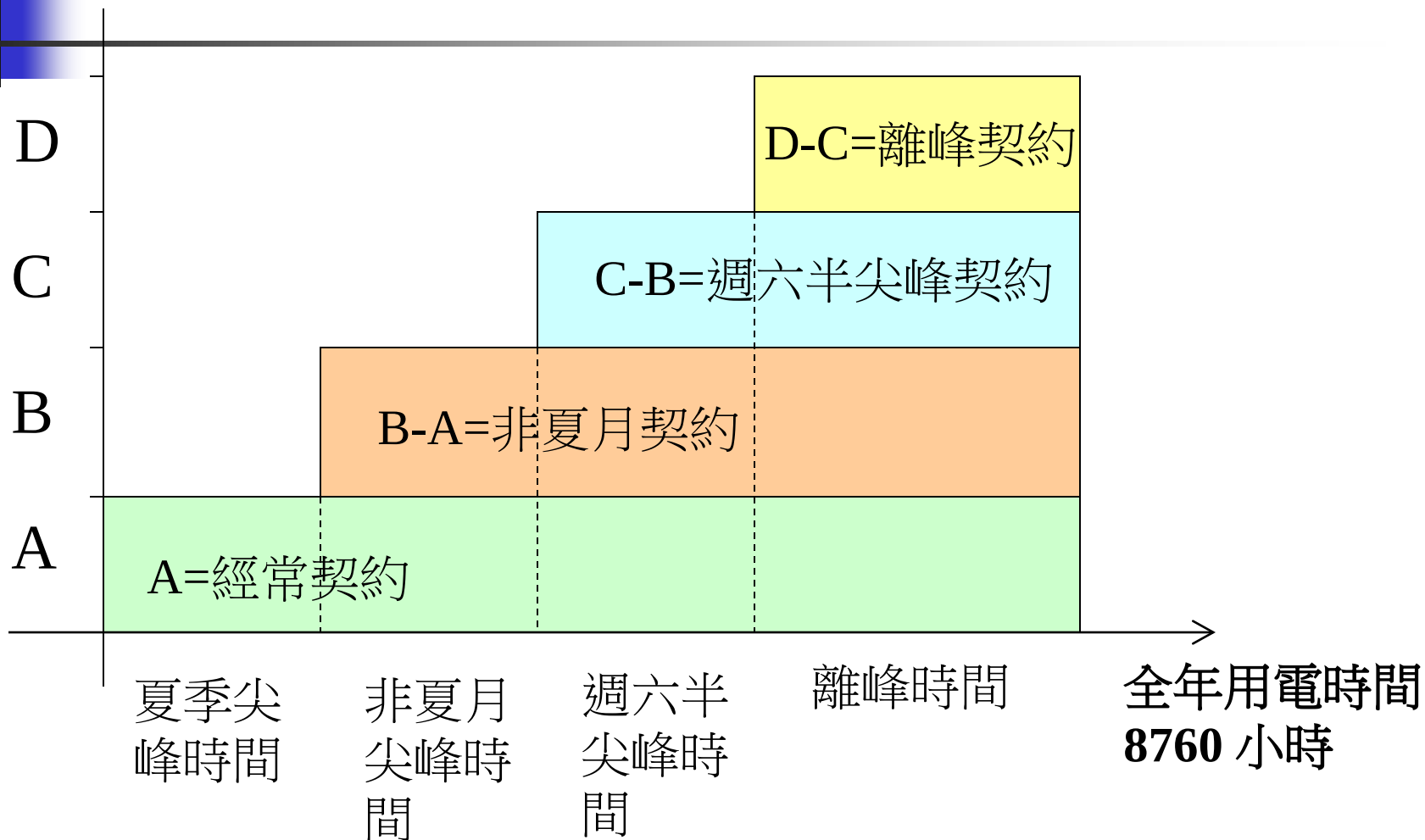
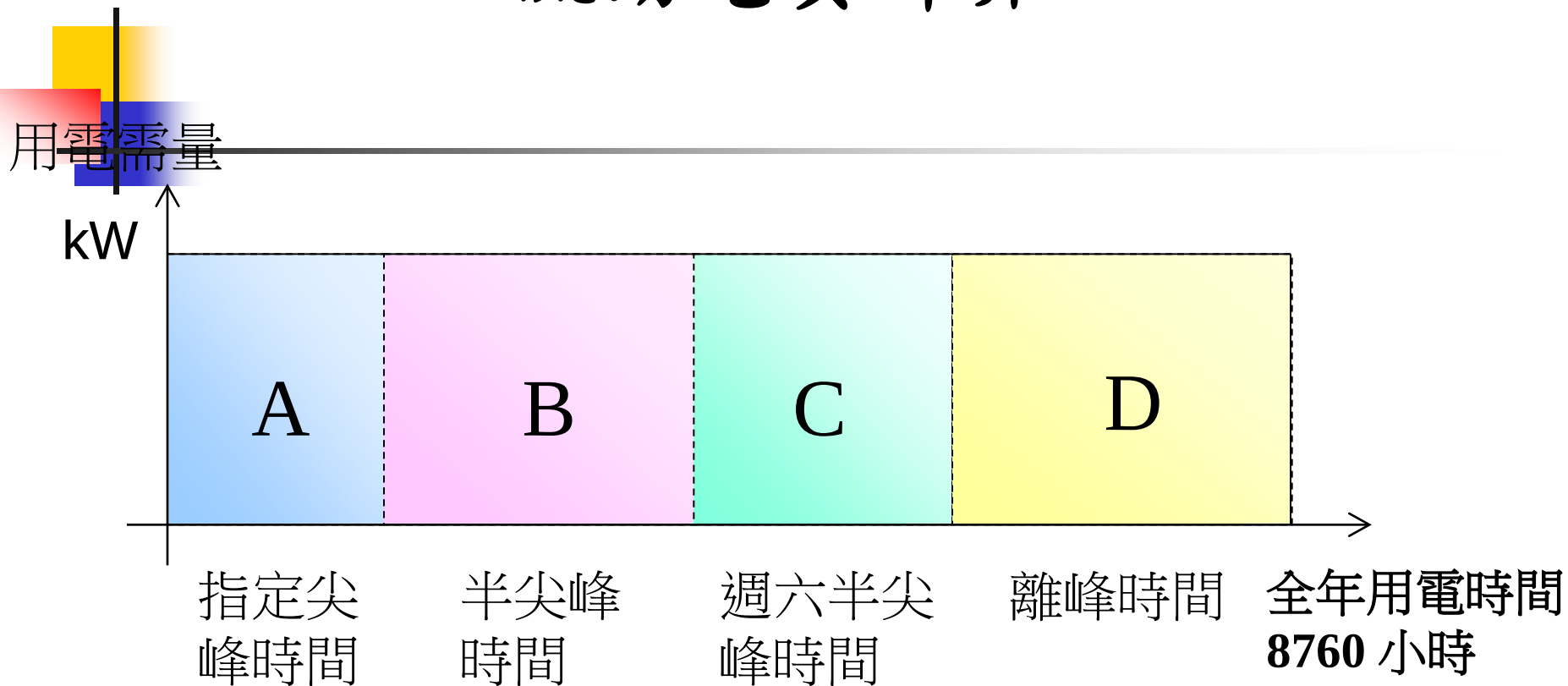


圖 契約容量與電費之關係圖

# 契約容量與用電需求關係



# 流動電費計算



$$\text{全年年用電量 (kWh)} = A + B + C + D$$

$$\text{全年電費(元)} = A \times a + B \times b + C \times c + D \times d$$

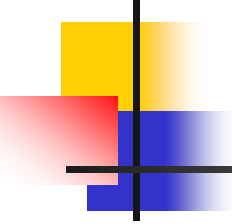
a, b, c, d : 各時段單價(元 / kWh)

# 電 價 表 (97.10.01)

三段式時間電價：

單位：

| 分 類                           |                 |           |                            |                                           | 高壓供電                    |                     | 特高壓供電                   |                     |
|-------------------------------|-----------------|-----------|----------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
|                               |                 |           |                            |                                           | 夏 月<br>(6月1日至<br>9月30日) | 非夏月<br>(夏月以<br>外時間) | 夏 月<br>(6月1日至<br>9月30日) | 非夏月<br>(夏月以<br>外時間) |
| 基本電費<br>(每瓦每月)                | 經 常 契 約         |           |                            |                                           | 223.60                  | 166.90              | 217.30                  | 160.60              |
|                               | 半 尖 峰 契 約       |           |                            |                                           | 166.90                  | 166.90              | 160.60                  | 160.60              |
|                               | 離 峰 契 約         |           |                            |                                           | 44.70                   | 33.30               | 43.40                   | 32.10               |
| 流動電費<br>(尖峰時間<br>固 定)<br>(每度) | 週 一<br>至<br>週 五 | 尖 峰 時 間   | 夏 月                        | 10:00~12:00<br>13:00~17:00                | 4.26                    | —                   | 4.21                    | —                   |
|                               |                 | 半 尖 峰 時 間 | 夏 月                        | 07:30~10:00<br>12:00~13:00<br>17:00~22:30 | 2.70                    | —                   | 2.66                    | —                   |
|                               |                 |           | 非夏月                        | 07:30~22:30                               | —                       | 2.62                | --                      | 2.58                |
|                               |                 | 離 峰 時 間   | 00:00~07:30<br>22:30~24:00 |                                           | 1.35                    | 1.27                | 1.30                    | 1.22                |
|                               | 週 六             | 半 尖 峰 時 間 | 07:30~22:30                |                                           | 1.80                    | 1.71                | 1.67                    | 1.58                |
|                               |                 | 離 峰 時 間   | 00:00~07:30<br>22:30~24:00 |                                           | 1.35                    | 1.27                | 1.30                    | 1.22                |
|                               | 週日及<br>離峰日      | 離 峰 時 間   | 全 日                        |                                           | 1.35                    | 1.27                | 1.30                    | 1.22                |
| 流動電費<br>(尖峰時間<br>可變動)<br>(每度) | 週 一<br>至<br>週五  | 尖 峰 時 間   | 夏 月<br>(指定 33 天)           | 10:00~12:00<br>13:00~17:00                | 7.22                    | —                   | 7.16                    | —                   |
|                               |                 | 半 尖 峰 時 間 | 夏 月<br>(指定 33 天)           | 07:30~10:00<br>12:00~13:00<br>17:00~22:30 | 2.70                    | —                   | 2.66                    | —                   |
|                               |                 |           | 夏 月<br>(指定以外<br>日 期)       | 07:30~22:30                               |                         |                     |                         |                     |
|                               |                 |           | 非夏月                        | 07:30~22:30                               | —                       | 2.62                | —                       | 2.58                |
|                               |                 | 離 峰 時 間   | 00:00~07:30<br>22:30~24:00 |                                           | 1.35                    | 1.27                | 1.30                    | 1.22                |
|                               | 週 六             | 半 尖 峰 時 間 | 07:30~22:30                |                                           | 1.80                    | 1.71                | 1.67                    | 1.58                |
|                               |                 | 離 峰 時 間   | 00:00~07:30<br>22:30~24:00 |                                           | 1.35                    | 1.27                | 1.30                    | 1.22                |
|                               | 2012/4/2<br>離峰日 | 離 峰 時 間   | 全 日                        |                                           | 1.35                    | 1.27                | 1.30                    | 1.22                |



## 陸、績效評估

---

- (一)、評估方法
- (二)、評估指標
- (三)、評估成本
- (四)、經濟效益
- (五)、參考案例



# 一、負載管理評估方法

---

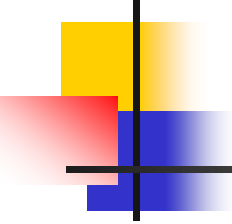
(1). 抑低尖峰負載量

(2). 負載率改善分析

(3). 負載曲線變化分析

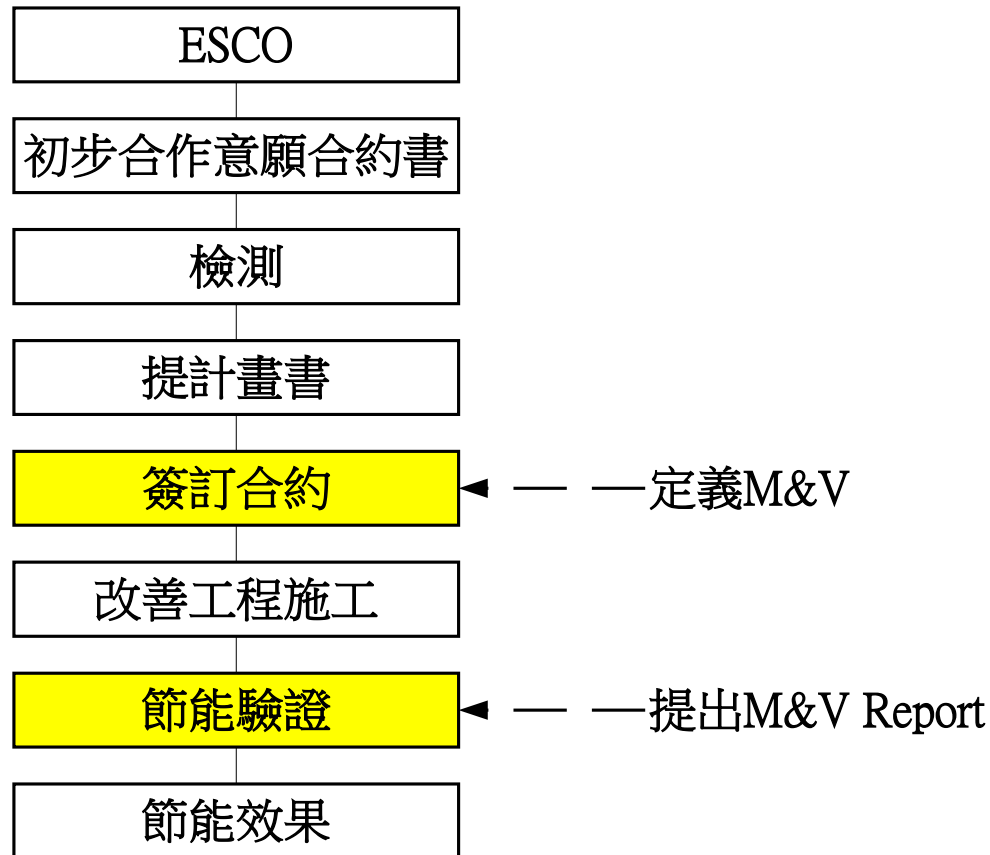
(4). 成本效益分析

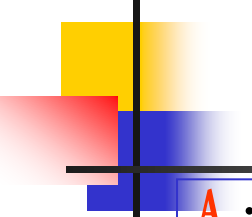
(a). 益本比 $>1$  (b). 投資回收年限



## 二、ESCO M&V進行流程

---





## 三、檢測與驗證方式

### A · 簡易節能M&V

利用設備容量與運轉時間評估節能效果。

適用於**小範圍與對象**，如照明改善。

### B · 長期節能M&V

節能改善前後一定期間或長期量測。

適用於較**大範圍與變動對象**，如空調、製程改善。

### C · 統計性能節能M&V

統計分析方法量測處理。

節能改善**內容較大且相互關聯性**，如冷凍製程改善包括製程省能、空壓省能分別統計、分析。

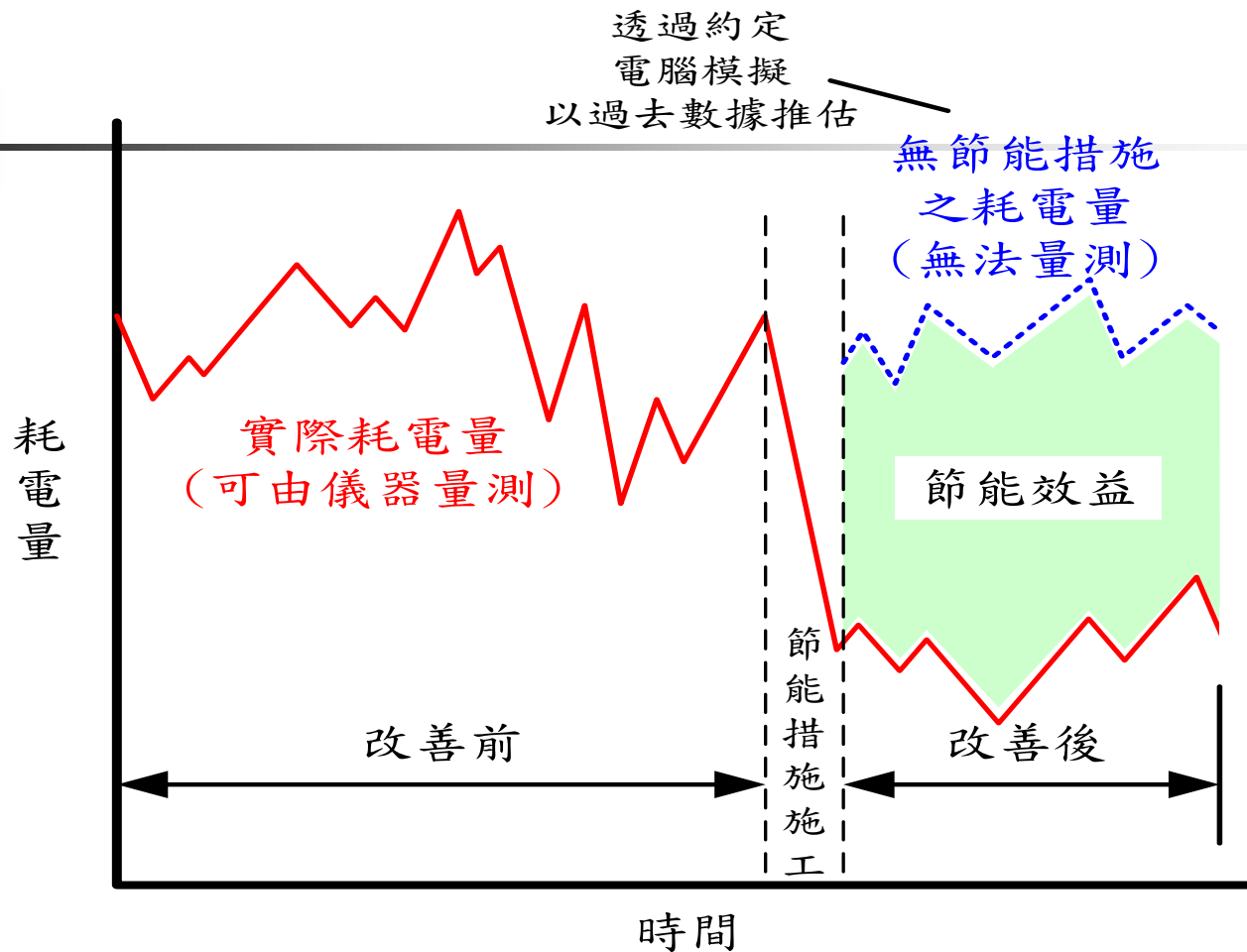
### D · 模擬分析節能M&V

以電腦模擬分析計算消費量與實際數據比較。

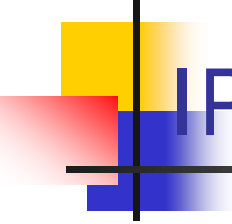
如**整廠改善**需以電腦模擬各階段、時程之省能效果。



# 節能績效量測與驗證的概念



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

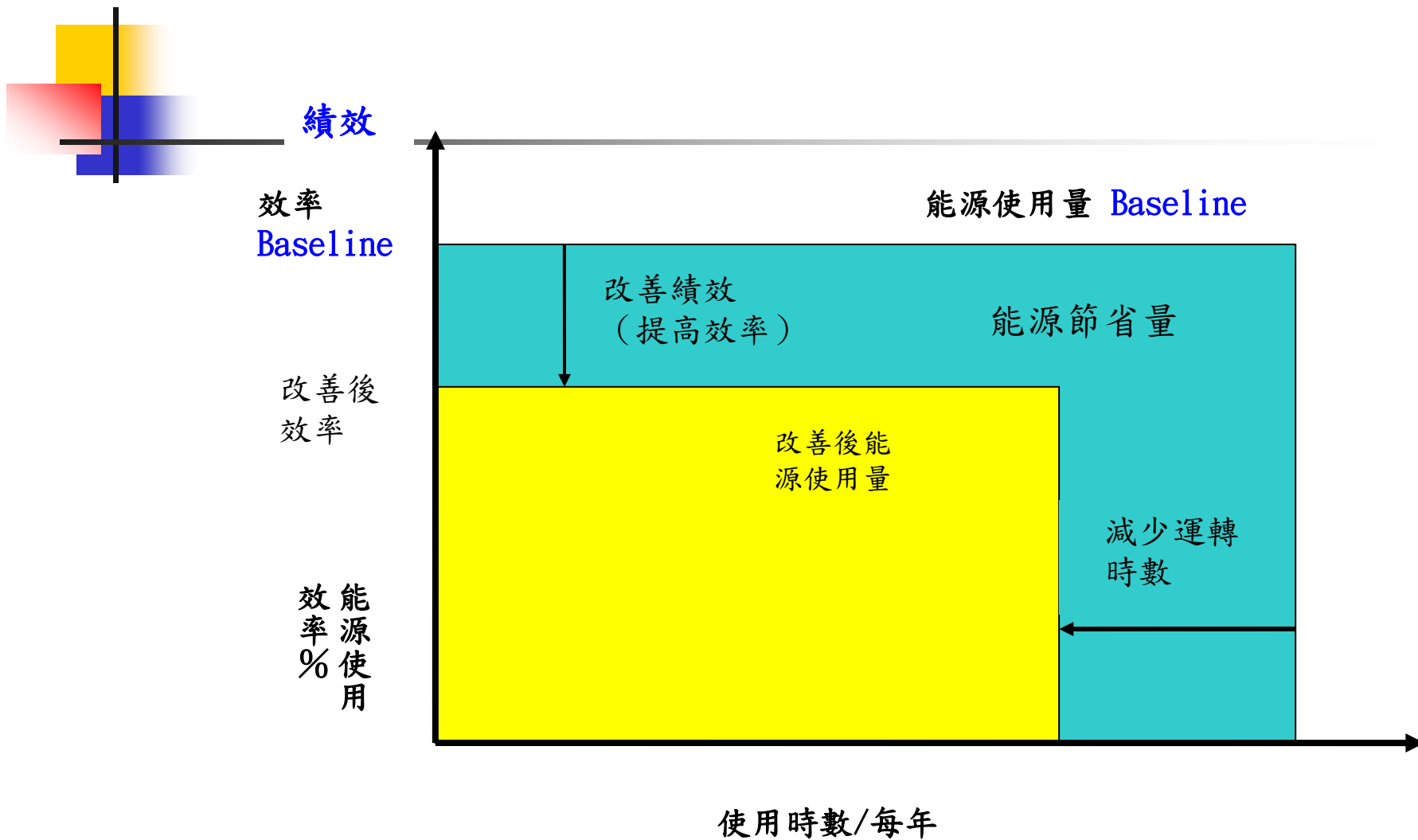


# IPMVP Basic Equation

---

Savings = “Baseyear” Energy – “Post-retrofit”  
energy +/- Adjustments

調整量：將兩段時期的能源使用量修正為相同的條件。通常影響之條件有天氣、居住人員、工廠產量等。



## ESCO節能效益圖



## 四、節能技術應用成功案例

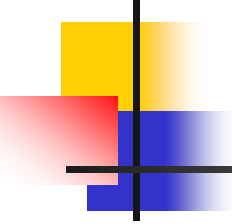
---

(一)、歷年來經濟部節約能源績優廠商  
表揚活動獲獎單位。

(二)、參考工研院網站。

(<http://www.energy.park.org.tw>)

(三)、ESCO實行節能績效保證案(IPMVP)實例。



## 五、ESCO案例分析---

### ESCO執行電力需量控制改善方案

---

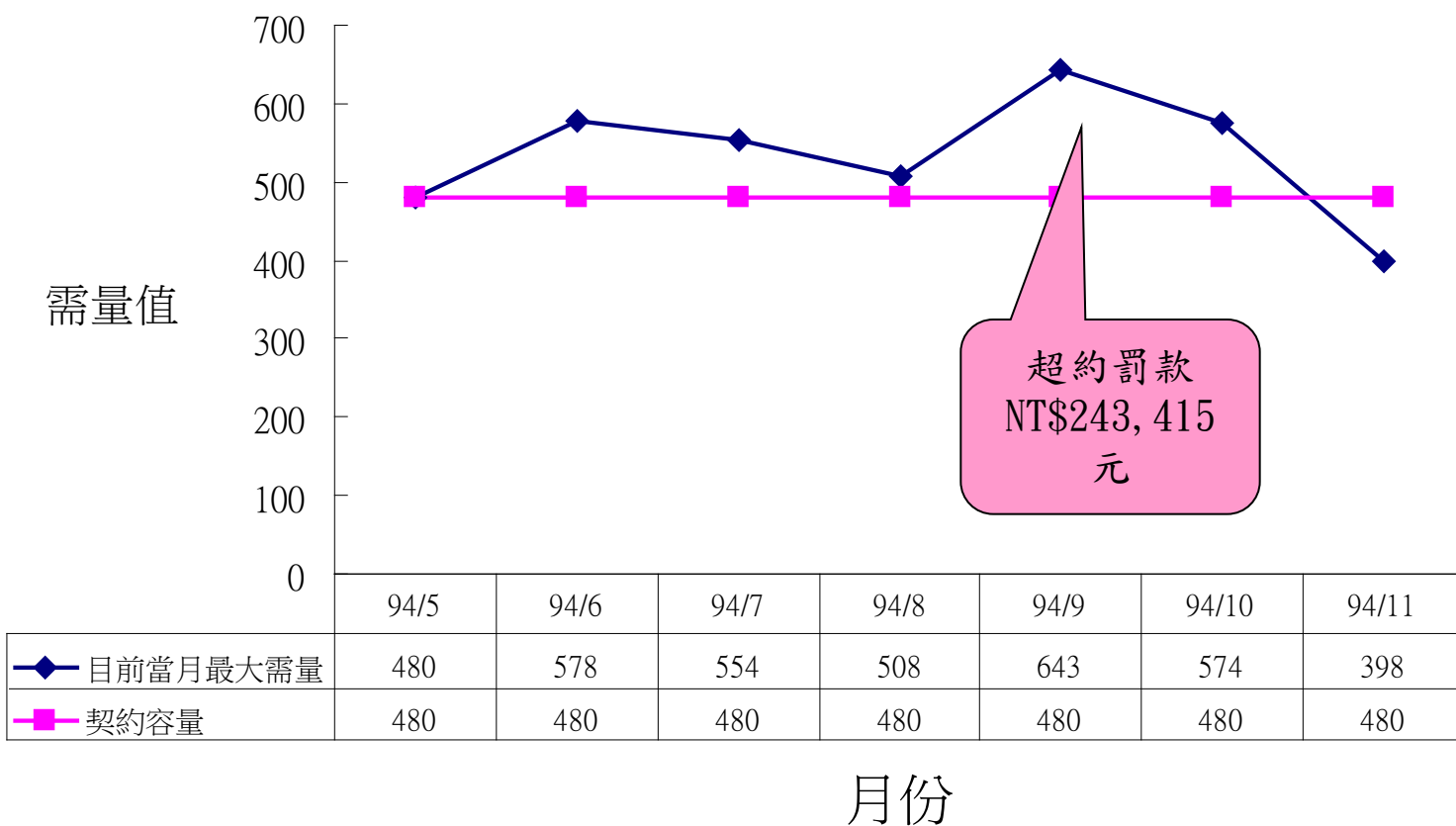
- (一)、單位相關簡介及能源管理摘要說明
- (二)、改善方案
- (三)、節能經濟效益分析
- (四)、節能績效驗證

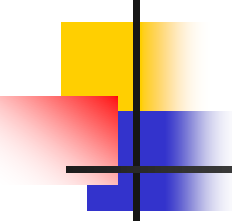
## (一)、現有系統用電狀況列表說明

- 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

| 年/月                        | 當月最高<br>電力需量 | 超約罰款     | 年/月   | 當月最高<br>電力需量 | 超約罰款     |
|----------------------------|--------------|----------|-------|--------------|----------|
| 94/01                      | 225          |          | 94/07 | 554          | 38,906.4 |
| 94/02                      | 209          |          | 94/08 | 508          | 12,521.6 |
| 94/03                      | 217          |          | 94/09 | 643          | 98,607.6 |
| 94/04                      | 242          |          | 94/10 | 574          | 52,322.4 |
| 94/05                      | 480          |          | 94/11 | 398          |          |
| 94/06                      | 578          | 41,057.4 | 94/12 | 379          |          |
| 合計 1 年的超約罰款共： NT\$ 243,415 |              |          |       |              |          |

# 94/5~94/11 負載曲線圖(改善前)





## (二)、節能經濟效益分析

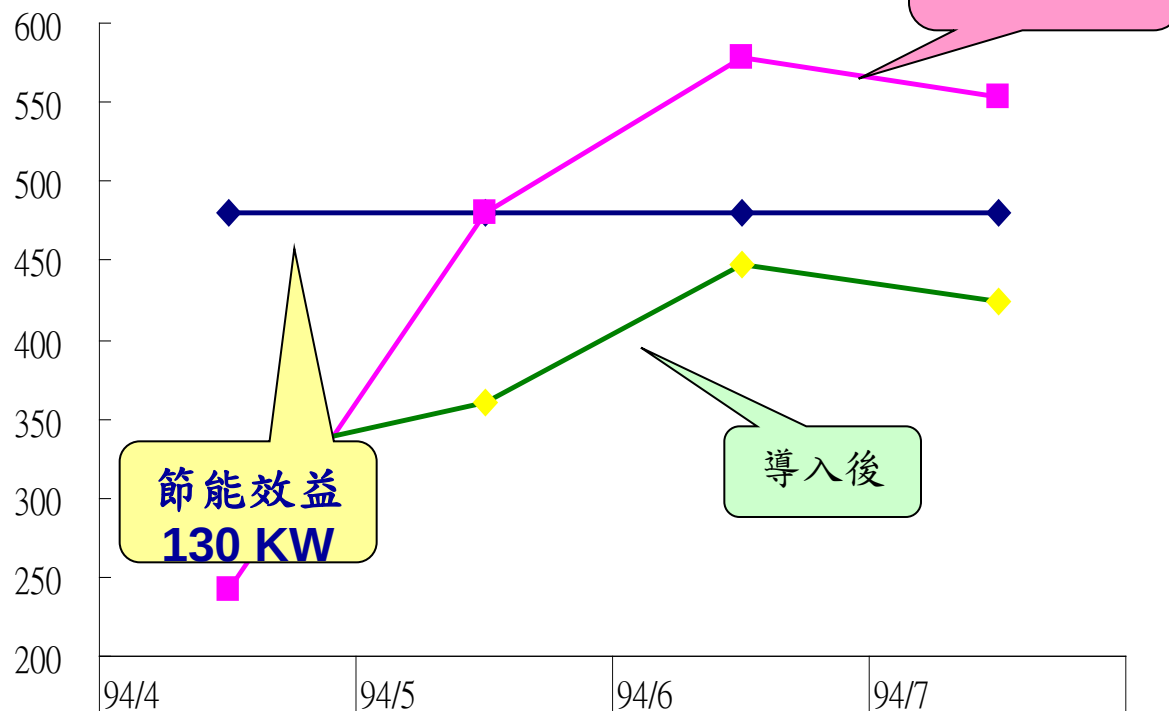
---

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



## 2. 改善前後比較

最大需量 (KW)



◆ 契約容量

■ 導入前94年(KW)

◆ 導入後95年(KW)

480

480

324

480

480

360

480

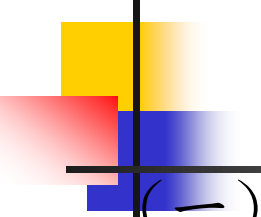
578

448

480

554

424



## 柒、結論

- (一). 臺灣自產能源缺乏，99%以上能源仰賴國外進口，因之節約能源為政府既已政策，國人應積極配合推動。
- (二). 用電普及，生活水準提高，尖峰負載急遽增加，為降低供電成本，減輕電費負載，負載管理需持續推動。
- (三). 節約能源推行係長期性工作，須以積極的態度及不斷的開發及引進新的軟硬體技術，更有賴各界共同努力來提升新技術水準。