

台灣電力公司
103年度空調運用技術研討會
空調節能效率改善實務及案例分析

主 講 人：陳 輝 俊 博 士

中華民國能源技術服務商業同業公會理事長

地點:(北區)臺北市基隆路4段75號
(南區)臺南市忠義路1段109號

時間：2014年06月18日(北區)
2014年06月25日(南區)

空調節能效率改善實務及案例分析

- 傳統節能改善工程案例分析
- **ESCO(IPMVP)節能改善工程案例分析**
- 結語

案例一：某電子廠加裝風機變頻器

□ 案例說明：

- 某電子晶圓廠有119台風機，平均每台為60Hp。
- 終年處於滿載運轉，其運轉頻率為60Hz。
- 每年運轉時數為8,640小時。

□ 節能措施：

- 在設計階段由於風機容量過大設計，實際運轉時風機不需要以滿載運轉。故將全廠風機加裝變頻器，以期降低轉速，節省運轉費用。
- 改善後風機轉速降為50Hz。

節能效益的計算

□ 節能效益的計算：

■ 改善前：

$$W_{before} = 60 \frac{Hp}{台} \times 0.746 \frac{kW}{Hp} \times 119台 \times 8,640 \frac{hr}{yr} = 46,020,441.6 \frac{kWh}{yr}$$

■ 改善後：

$$W_{after} = 60 \frac{Hp}{台} \times \left(\frac{50Hz}{60Hz} \right)^3 \times 0.746 \frac{kW}{Hp} \times 119台 \times 8,640 \frac{hr}{yr} = 26,632,200 \frac{kWh}{yr}$$

■ 節能量：

$$W_{savings} = 46,020,441.6 \frac{kWh}{yr} - 26,632,200 \frac{kWh}{yr} = 19,388,241.6 \frac{kWh}{yr}$$

■ CO₂ 減排量：

$$CO_{2reduction} = 19,388,241.6 \frac{kWh}{yr} \times 0.612 \frac{kg}{kWh} = 11,865,603.86 \frac{kg}{yr}$$

註：99年度電力排放係數為0.612 kg/度

案例二：某電子廠降低潔淨室供風溫度

□ 案例說明：

- 某電子廠之外氣空調箱之原始供風溫度為 18°C ，空氣質量流率為 241.5 kg/s 。
- 冰水主機平均單位噸數耗電 1 kW/冷凍噸 。
- 冰水泵之出入口壓差為 $1,029\text{ kPa}$ ；熱水泵之出入口壓差為 $1,283.8\text{ kPa}$ ，水泵效率為 70% 。
- 設備運轉時數為 8760 小時。

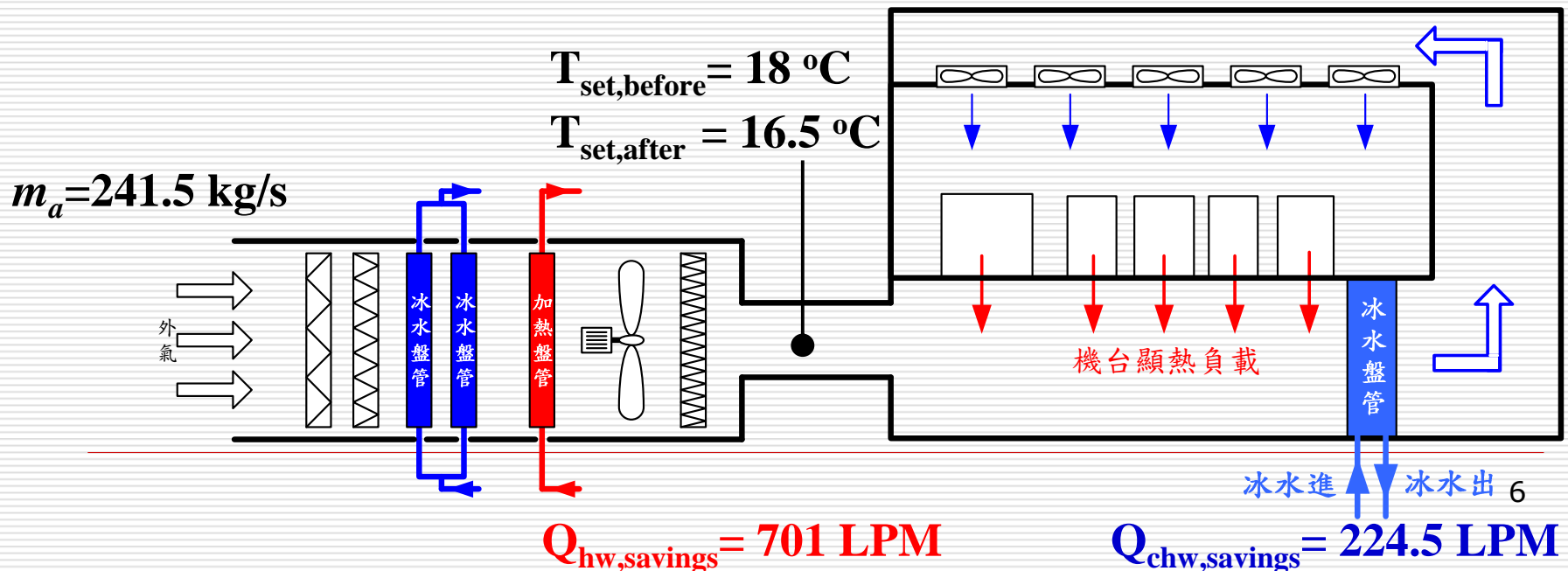
□ 節能措施：

- 該廠欲藉由降低潔淨室供風溫度，以減少冰水主機、冰水泵和熱水泵以及瓦斯之能源使用量。
- 將外氣空調箱(MAU)送風溫度由 18°C 調降至 16.5°C 。

案例二：某電子廠降低潔淨室供風溫度

改善後：

- 由於將外氣空調箱送風溫度降低，因此，可節省103 RT乾盤管冷凍容量與103 RT加熱盤管加熱容量。
- 乾盤管可降低224.5 LPM；加熱盤管可降低701 LPM。



案例二：某電子廠降低潔淨室供風溫度

□ 節能效益的計算：

■ 冰水主機節能：

$$W_{chiller,savings} = 103RT \times 1 \frac{kW}{RT} \times 8,760 \frac{hr}{yr} = 902,280 \frac{kWh}{yr}$$

■ 冰水泵節能：

$$W_{chwp,savings} = \frac{224.5}{60 \times 1000} \frac{m^3}{s} \times 1029 kPa \times 8,760 \frac{hr}{yr} = 33,727.5 \frac{kWh}{yr}$$

■ 熱水泵節能：

$$W_{hwp,savings} = \frac{701}{60 \times 1000} \frac{m^3}{s} \times 1283.8 kPa \times 8,760 \frac{hr}{yr} = 131,391.8 \frac{kWh}{yr}$$

■ 總節省電量：

$$W_{total,savings} = 1,067,399.3 \frac{kWh}{yr}$$

案例二：降低潔淨室供風溫度

□ 節能效益的計算：

■ 瓦斯節省量：

$$Gas_{savings} = 103RT \times 3,024 \frac{kcal/hr}{RT} \div \frac{1}{9,000} \frac{kcal}{m^3} \times 8,760 \frac{hr}{yr} = 303,166.1 \frac{m^3}{yr}$$

■ CO₂減排量：

$$CO_{2reduction} = 1,067,399.3 \frac{kWh}{yr} \times 0.612 \frac{kg}{kWh} + 303,166.1 \frac{m^3}{yr} \times 2.09 \frac{kg}{m^3} = 1,286,865.521 \frac{kg}{yr}$$

註：99年度瓦斯排放係數為2.09 kg/m³

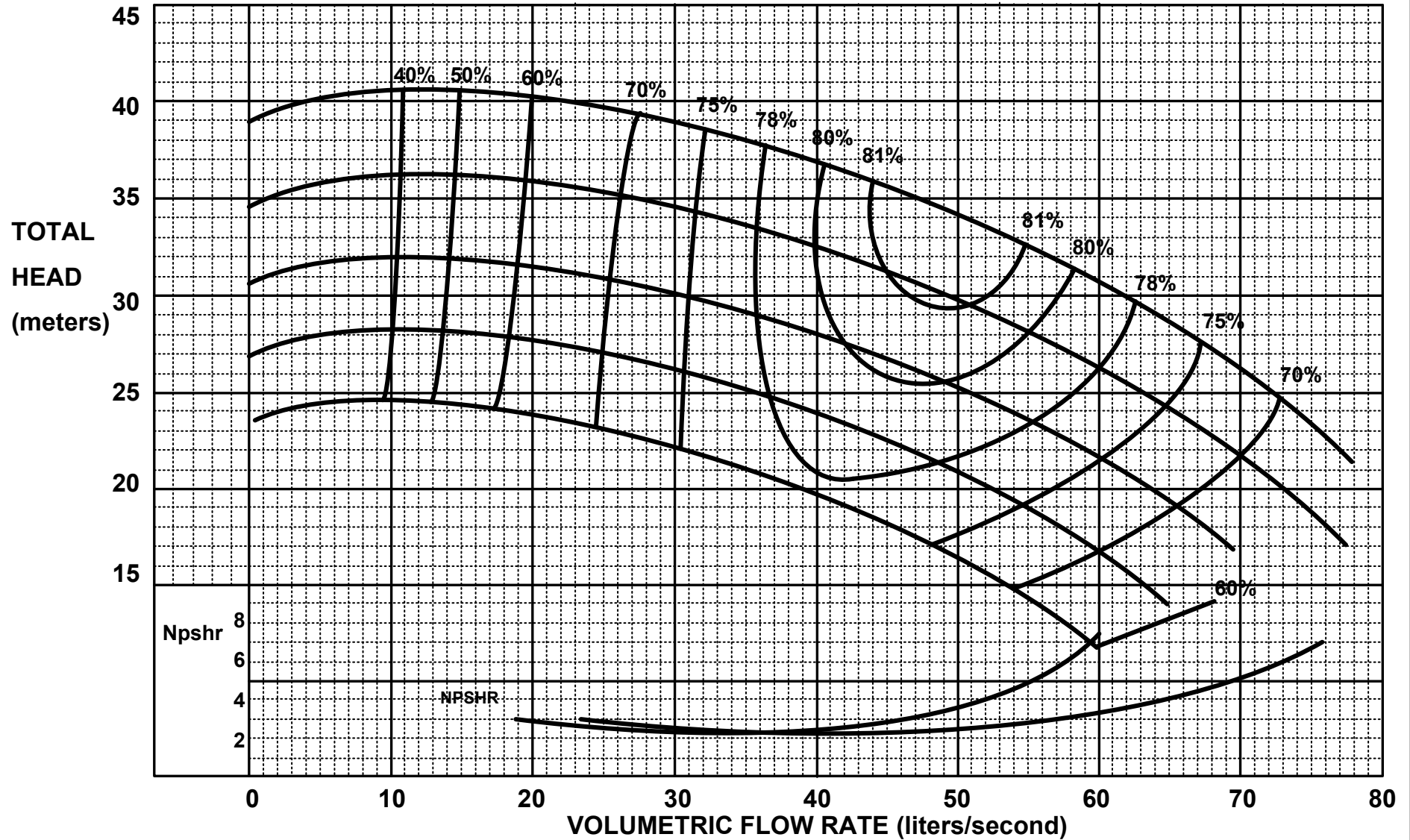
案例三：水泵變頻＋風機變頻

□ 案例說明：本案例將說明二次側冰水泵及風機加裝變頻之節能效益。

■ 二次冰水泵部分：

- 某空調系統滿載冷凍能力為250 RT；但實際上僅於部分負載運轉，部分負載運轉時之冷凍能力為180 RT。
- 二次側冰水泵流量控制係使用閥件控制方式
- 冰水入水溫度 $T_{chw,i}$ 為12 °C；冰水出水溫度 $T_{chw,o}$ 為7 °C
- 冰水之比熱 C_{pw} 為4.18 kJ/kg-K；密度 ρ_w 為1000 kg/m³；比重量 γ 為9.8 kN/m³
- 每年運轉時數為3600小時

二次側冰水泵型錄



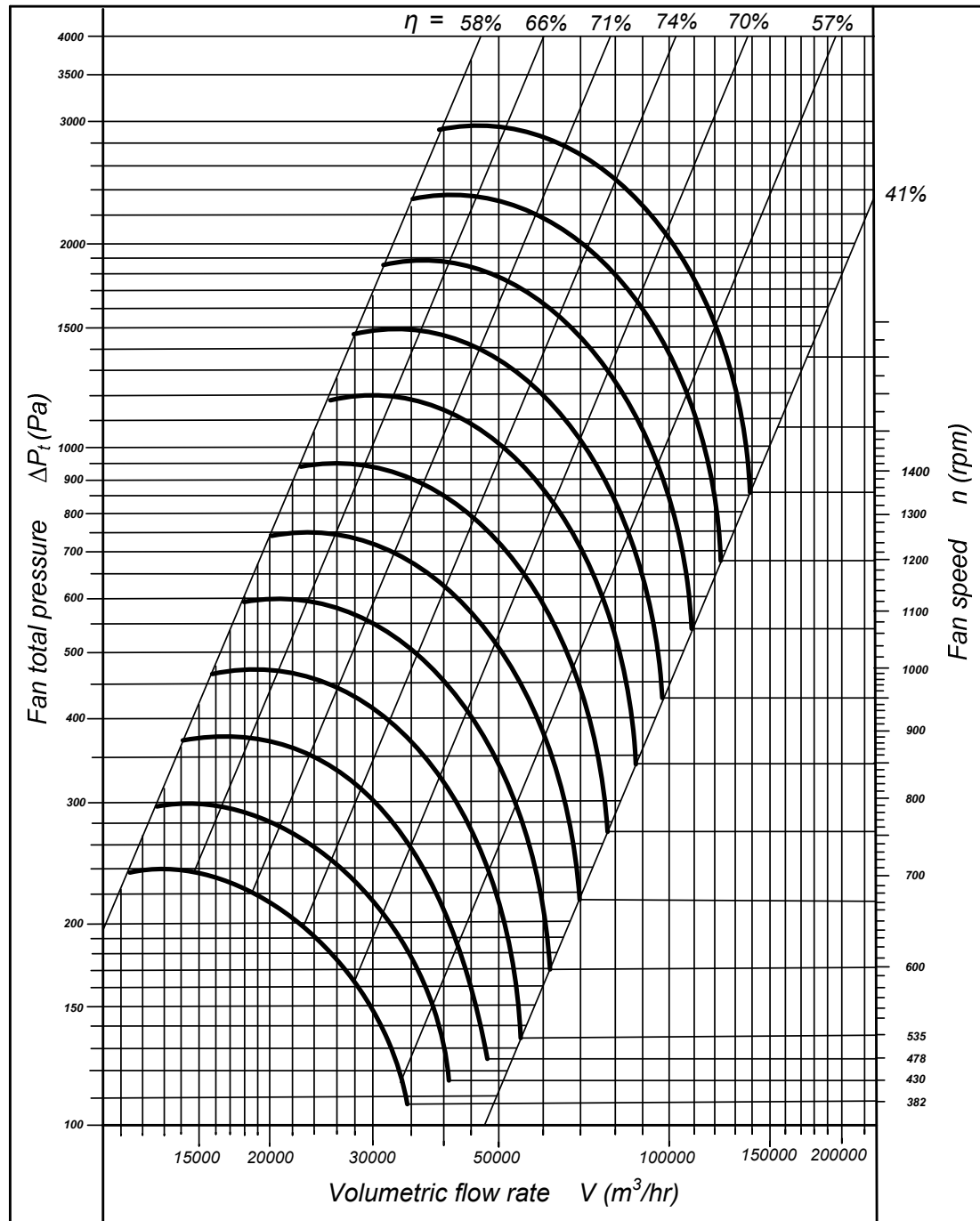
案例三：水泵變頻＋風機變頻

□ 案例說明：

■ 風機部分：

- 室內送風的乾球溫度 $T_{a,o}$ 為17 °C；相對濕度 RH_o 為50%
- 室內回風的乾球溫度 $T_{a,i}$ 為26 °C；相對濕度 RH_i 為70%
- 風機流量控制係採用風門控制方式
- 空氣之密度 ρ_a 為1.2 kg/m³
- 每年運轉時數為3600小時

風機型錄



案例三：水泵變頻＋風機變頻

□ 節能措施：

- 二次冰水泵將改用變頻控制，其變頻器效率 η_i 為 94%
- 風機亦改用變頻控制， η_i 亦為 94%

案例三：水泵變頻＋風機變頻

□ 二次側冰水泵部分之節能效益計算：

■ 改善前：

空調系統於**250RT**滿載運轉時，二次側冰水流量為

$$\dot{Q}_{chw} = \frac{\dot{q}_r}{\rho_w C_{pw} (T_{chw,i} - T_{chw,\rho})} = \frac{250 \times 3.517}{1000 \times 4.18 \times 5} = 0.042 \frac{m^3}{s}$$

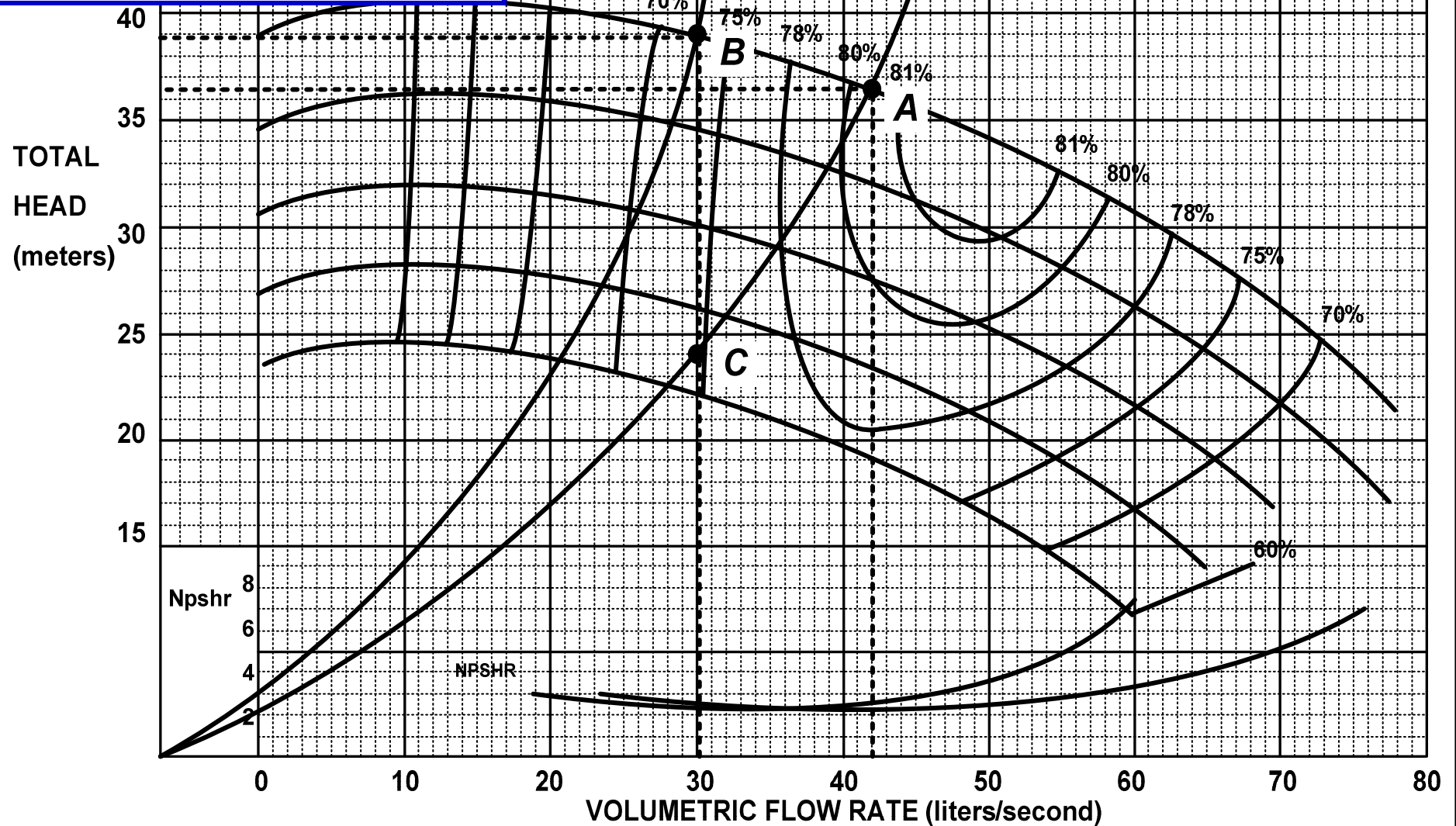
空調負載降為**180RT**時，二次側冰水流量則變為

$$\dot{Q}_{chw} = \frac{\dot{q}_r}{\rho_w C_{pw} (T_{chw,i} - T_{chw,\rho})} = \frac{180 \times 3.517}{1000 \times 4.18 \times 5} = 0.03 \frac{m^3}{s}$$

A點：水泵滿載時之操作點

B點：改善前之水泵操作點

C點：改善後之水泵操作點



案例三：水泵變頻＋風機變頻

■ 改善前：

- 閥件控制之水泵揚程 H_B 為38.9 m；水泵效率 $\eta_{p,B}$ 為73 %

$$W_B = \frac{\dot{Q}_{chw} H_B}{\eta_{p,B}} \times hr = \frac{9.8 \times 0.03 \times 38.9}{0.73} \times 3600 = 56,399.7 \frac{kWh}{yr}$$

■ 改善後：

- 變頻控制：水泵揚程 H_C 為24 m；水泵效率 $\eta_{p,C}$ 為74.8 %

$$W_B = \frac{\dot{Q}_{chw} H_B}{\eta_{p,c} \times \eta_i} \times hr = \frac{9.8 \times 0.03 \times 24}{0.748 \times 0.94} \times 3600 = 36,127 \frac{kWh}{yr}$$

案例三：水泵變頻＋風機變頻

■ 節能量：

$$W_{p,savings} = 56,399.7 - 36,127 = 20,272.7 \frac{kWh}{yr}$$

■ CO₂減排量：

$$CO_{2reduction} = 20,272.7 \frac{kWh}{yr} \times 0.612 \frac{kg}{kWh} = 12406.89 \frac{kg}{yr}$$

案例三：水泵變頻＋風機變頻

□ 風機之節能效益計算：

■ 改善前：

透過空氣線圖可查得送風之空氣焓值 $h_{a,o}$ 為 32.352kJ/kg；回風之空氣焓值 $h_{a,i}$ 為 64.002kJ/kg。

空調負載為 250RT 時，送風機風量為

$$\dot{Q}_a = \frac{3600\dot{q}_r}{\rho_a(h_{a,i} - h_{a,p})} = \frac{3600 \times 250 \times 3.517}{1.2 \times (64.002 - 32.352)} \approx 83,340 \frac{m^3}{hr}$$

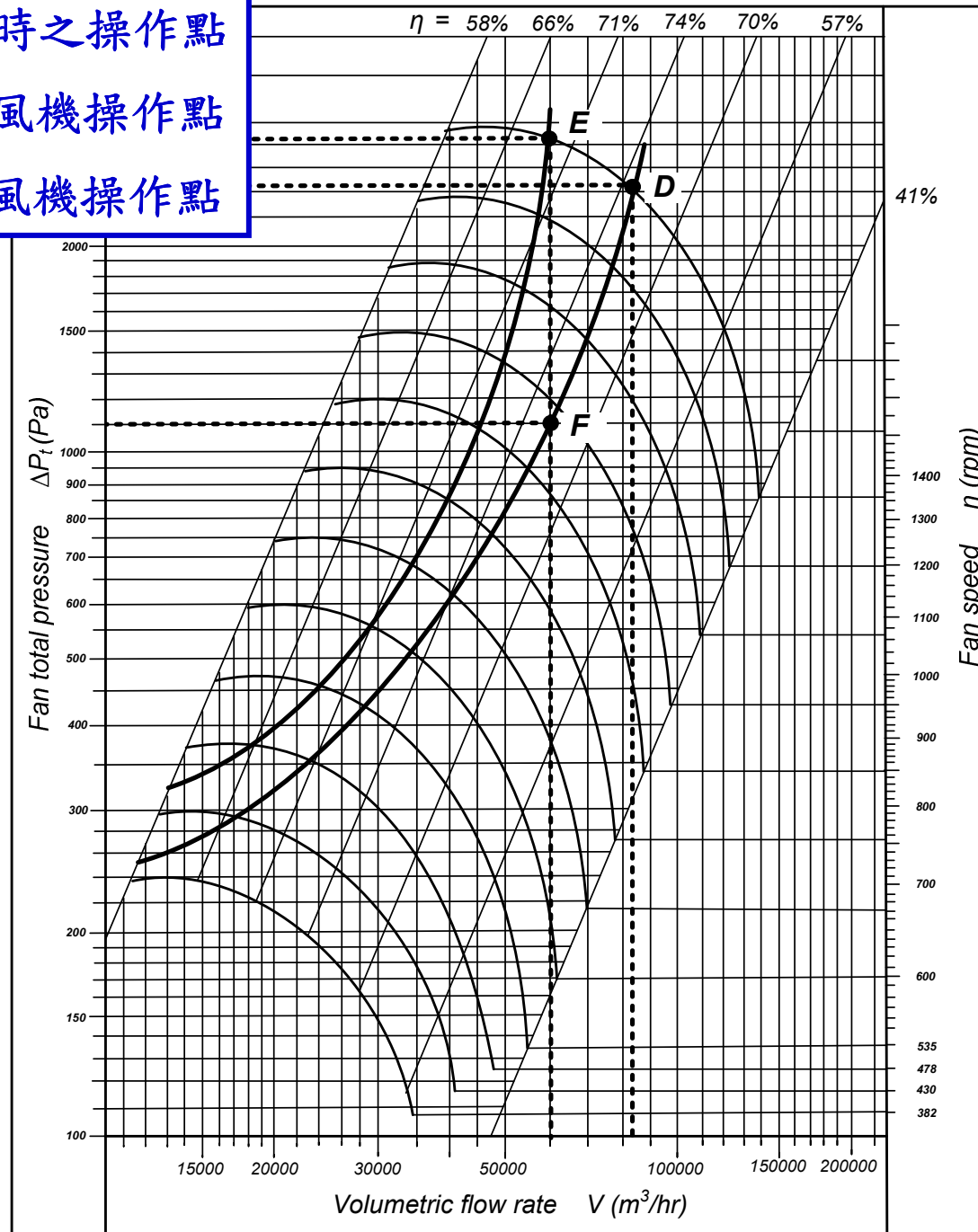
室內空調負載降為 180RT 後，送風機風量則變為

$$\dot{Q}_a = \frac{3600\dot{q}_r}{\rho_a(h_{a,i} - h_{a,p})} = \frac{3600 \times 180 \times 3.517}{1.2 \times (64.002 - 32.352)} \approx 60,000 \frac{m^3}{hr}$$

D點：風機滿載時之操作點

E點：改善前之風機操作點

F點：改善後之風機操作點



案例三：水泵變頻＋風機變頻

■ 改善前：

□ 風門控制之全壓差 $\Delta P_{t,E}$ 為 2.85kPa；風機效率

$\eta_{f,E}$ 為 69%

$$W_B = \frac{\dot{Q}_a \Delta P_{t,E}}{3600 \eta_{f,E}} \times hr = \frac{60000 \times 2.85}{3600 \times 0.69} \times 3600 = 247,826.1 \frac{kWh}{yr}$$

■ 改善後：

□ 變頻控制之全壓差 $\Delta P_{t,F}$ 為 1.1kPa；風機效率 $\eta_{f,F}$

為 72.5%

$$W_B = \frac{\dot{Q}_a \Delta P_{t,F}}{3600 \eta_{f,F} \eta_i} \times hr = \frac{60000 \times 1.1}{3600 \times 0.725 \times 0.94} \times 3600 = 96,845.2 \frac{kWh}{yr}$$

案例三：水泵變頻＋風機變頻

■ 節能量：

$$W_{f,savings} = 247,826.1 - 96,845.2 = 150,980.9 \frac{kWh}{yr}$$

■ CO₂減排量：

$$CO_{2reduction} = 150,980.9 \frac{kWh}{yr} \times 0.612 \frac{kg}{kWh} = 92,400.3 \frac{kg}{yr}$$

案例三：水泵變頻＋風機變頻

- 水泵、風機變頻節能效益的探討：
 - 藉由變頻控制做為二次側冰水泵之容量控制時，相較於原始之閥件控制方式，其節能效益為**35.9%**。
 - 藉由變頻控制做為風機之容量控制時，相較於原始之風門控制方式，其節能效益為**60.9%**。

案例四：某廠房冰水主機之汰換

□ 案例說明：

■ 某廠房之冰水主機經過實際性能量測時，各項量測數據如下所示：

□ 電源：三相，235V，134A，功率因素為1。

□ 冰水流量：860LPM，進水16°C，出水13°C。

□ 每年運轉時數為6000小時。

□ 節能措施：

■ 由於冰水主機性能不佳，COP過低，將執行汰換冰水主機之節能措施。

案例四：某廠房冰水主機之汰換

□ 節能效益的計算：

■ 改善前：

$$\dot{W}_{comp} = \sqrt{3}V \times I \times PF = \sqrt{3}(225V) \times (134A) \times 1 = 54.5kW$$

$$\dot{q}_{eva} = \dot{m}_w C_p \Delta T = \frac{860 L}{60 s} \times 1 \frac{kg}{L} \times 4.2 \frac{kJ}{kg \cdot K} \times 3^\circ C = 180.6kW$$

$$COP = \frac{\dot{q}_{eva}}{\dot{W}_{comp}} = 3.31$$

- 依94年公布之標準，COP需高於5.0，而本機COP只達3.31，故必須汰舊換新！
- 將汰換成COP為6.0之新冰水主機。

案例四：某廠房冰水主機之汰換

■ 改善後：

$$\dot{W}_{comp} = \frac{\dot{q}_{eva}}{COP} = \frac{180.6}{6} = 30.1 \text{ kW}$$

■ 節能量：

$$W_{savings} = (54.5 - 30.1) \text{ kW} \times 6000 \frac{\text{hr}}{\text{yr}} = 146,400 \frac{\text{kWh}}{\text{yr}}$$

■ CO₂減排量：

$$\text{CO}_{2\text{reduction}} = 146,400 \frac{\text{kWh}}{\text{yr}} \times 0.612 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 89,596.8 \frac{\text{kg}}{\text{yr}}$$

案例五：某工廠調高冰水供水溫度

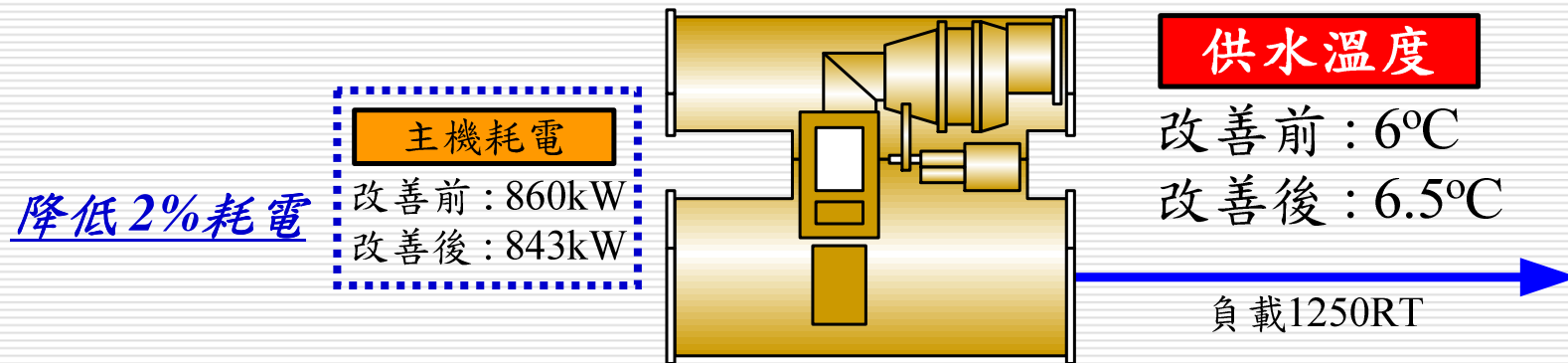
□ 案例說明：

- 某工廠具有將4台1,250 RT的冰水主機
- 冰水設定溫度為6 °C
- 每台冰水主機耗電率為860 kW
- 每天運轉時數為24小時

□ 節能措施：

- 該廠欲於冬季運轉時，將冰水設定溫度提升到6.5 °C，則平均可減少2%的耗電
- 冬季運轉天數為120天

案例五：某工廠調高冰水供水溫度



□ 節能診斷：

■ 節能量：

$$W_{savings} = 2\% \times 860 \frac{\text{kW}}{\text{台}} \times 4 \text{台} \times 24 \frac{\text{hr}}{\text{day}} \times 120 \text{day} = 198,144 \text{kWh}$$

■ CO₂減排量：

$$\text{CO}_{2\text{reduction}} = 198,144 \text{kWh} \times 0.612 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 121,264.1 \text{kg}$$

案例六：某工廠汰換過大設計之冷卻水泵

□ 案例說明：

- 某工廠之冰水主機容量為**200RT**
- 冷卻水泵容量為**30Hp**，標稱揚程為**45 m**，效率**70%**
- 冷卻水塔與冰水主機皆在同一層樓，且兩者距離為**150 m**
- 水管路系統內每泵送**100 m**會產生**8 m**壓降
- 冰水主機每單位**RT**需要**3 GPM**之冷卻水量
- 每年運轉時數為**6,000**小時

案例六：某工廠汰換過大設計之冷卻水泵

□ 節能措施：

- 將過大設計之冷卻水泵汰換成較小容量之水泵

□ 節能效益的計算：

- 改善前：

$$\dot{W}_{\text{改善前}} = 30\text{HP}$$

- 改善後：

$$\dot{W}_{\text{改善後}} = \frac{3 \frac{\text{GPM}}{\text{RT}} \times 200\text{RT} \times \frac{8\text{m}}{100\text{m}} \times 150\text{m} \times 3.28 \frac{\text{ft}}{\text{m}}}{3960 \times 0.7} = 8.5\text{HP}$$

故將舊有水泵汰換成10Hp之小容量水泵即可

案例六：某工廠汰換過大設計之冷卻水泵

□ 節能診斷：

■ 節能量(由30HP汰換為10HP)：

$$W_{savings} = 20Hp \times 0.746 \frac{kW}{Hp} \times 6,000 \frac{hr}{yr} = 89,520 \frac{kWh}{yr}$$

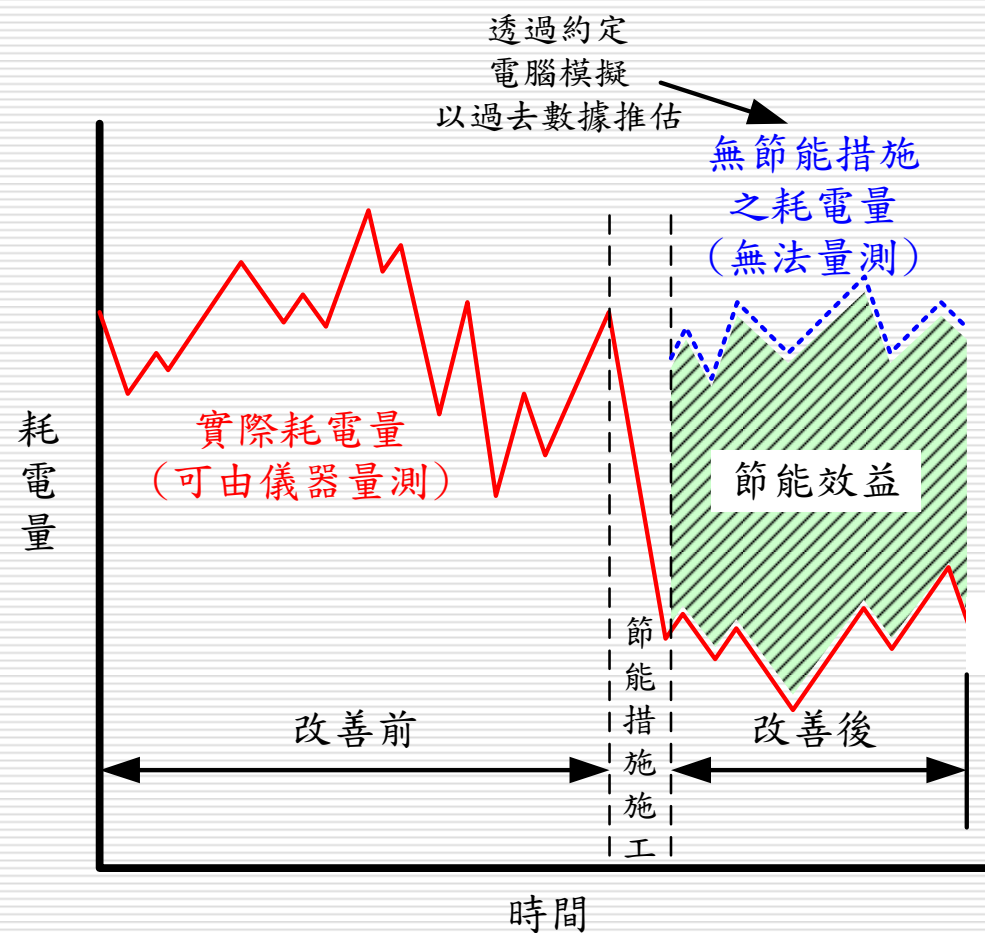
■ CO₂減排量：

$$CO_{2reduction} = 89,520 \frac{kWh}{yr} \times 0.612 \frac{kg}{kWh} = 54,786.24 \frac{kg}{yr}$$

ESCO 節能專案 V.S. 傳統節能模式

	ESCO 模式 (IPMVP 模式)	傳統模式
技術區別	系統整合 (含單獨系統)	單獨系統
量測與驗證方式	4種M&V選項 M&V與國際接軌	1種計算方式、無調整量 無驗證機制
基準線訂定	有強制訂定	無強制訂定
節能量 計算方式	= 基準線耗能量 - 改善後耗能量 ± 調整量	= 改善前耗能量 - 改善後耗能量
商業模式	節能效益分享型 節能量保證型 能源服務託管型	一次驗收解決
資金取得 方式	協助能源用戶取得融資 能源用戶自有資金	能源用戶自有資金
節能績效 評估結果	受國際認可 具有節能量與節能持續性之保證	無保證 部分無法受國際認可 (節能工程做白工)

節能績效量測與驗證的概念



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

節能績效量測與驗證的概念

- 若直接以基準線耗能量減去改善後耗能量來計算節能量時，將因為改善前與改善後的操作條件不同而有所誤差，因此需以調整量進行修正，以求得在改善後之操作條件下的基準線耗能量。
- 上述之操作條件通常為氣候、產量、工作班次之增減、設備的新增或移除、房間佔用率等，當改善前後任一條件有所改變時，則節能量必須藉由調整量進行修正。

傳統節能計算與IPMVP之差異

□ 傳統節能計算方式：

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

未將系統或設備於基準線（改善前）之操作狀態調整到與改善後的狀態一致。

□ IPMVP節能計算方式：

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

□ 調整量即是將系統或設備於基準線與改善後的狀態調整為一致之修正量。

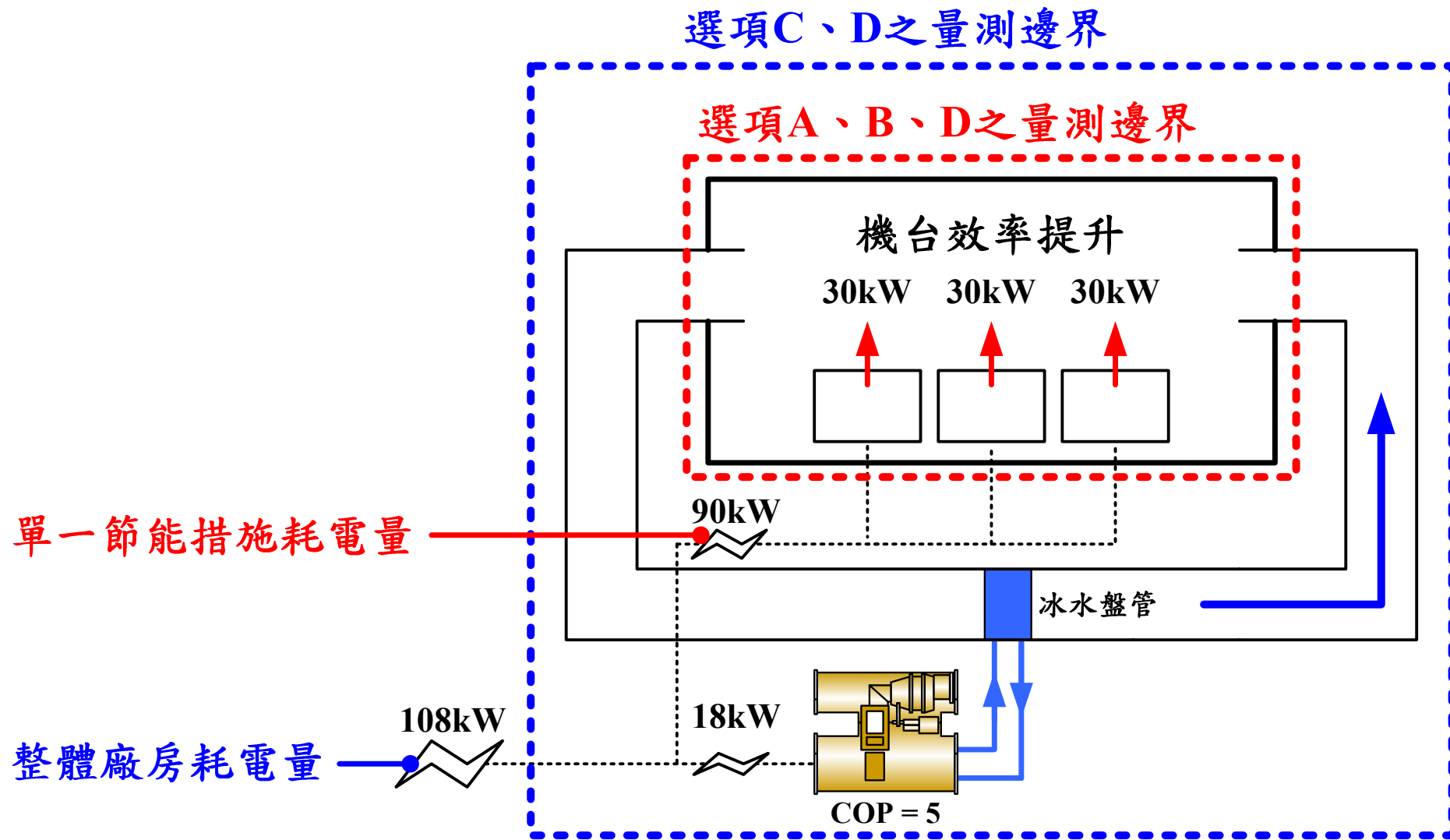
國際節能績效量測與驗證方法

M&V方案	如何計算節能效益	成本費用
<p>選項A：獨立改善，部分量測</p> <p>透過現場量測獨立改善設備的耗能來計算節能量，量測時間可短期或連續量測。部分量測代表某些參數可以為約定值，但做約定時必須要有誤差分析，證明約定值總誤差造成節能量計算結果的影響不大。</p>	<p>使用短期或連續量測、約定值、電腦模擬與/或歷史經驗數據作工程上的計算。</p>	<p>決定於量測點的多寡、約定內容的複雜程度、量測頻率，典型的費用大約佔1~5%的改善計畫成本。</p>
<p>選項B：獨立改善，全部量測</p> <p>透過現場量測獨立改善設備的耗能來計算節能量，量測時間可短期或連續量測。全部參數皆為量測值，而非約定值。</p>	<p>使用短期或連續量測或電腦模擬作工程上的計算。</p>	<p>決定於量測點及系統型態，與分析及測量的條款。典型的費用約佔3~10%的改善計畫成本。</p>

國際節能績效率量測與驗證方法

M&V方案	如何計算節能效益	成本費用
<p>選項C：整廠改善、全部量測</p> <p>透過量測整廠、整建築的耗能來計算節能量，量測時間可短期或連續量測。利用現有電力公司或燃料公司公表量測。</p>	<p>使用迴歸分析技術針對公表或分表之數據進行分析比較。</p>	<p>決定於分析參數的數量及複雜度。典型的費用約佔1~10%的改善計畫成本。</p>
<p>選項D：模擬</p> <p>透過模擬來求得節能量，獨立改善或整廠改善皆可適用。此選項需要大量模擬方面的技術與理論基礎。</p>	<p>將逐時或逐月耗能數據或終端設備的量測值代入耗能模型進行校正後，再透過模擬獲得。</p>	<p>決定於分析系統的數量及複雜度。典型的費用約佔3~10%的改善計畫成本。</p>

量測邊界



基準線之重要性

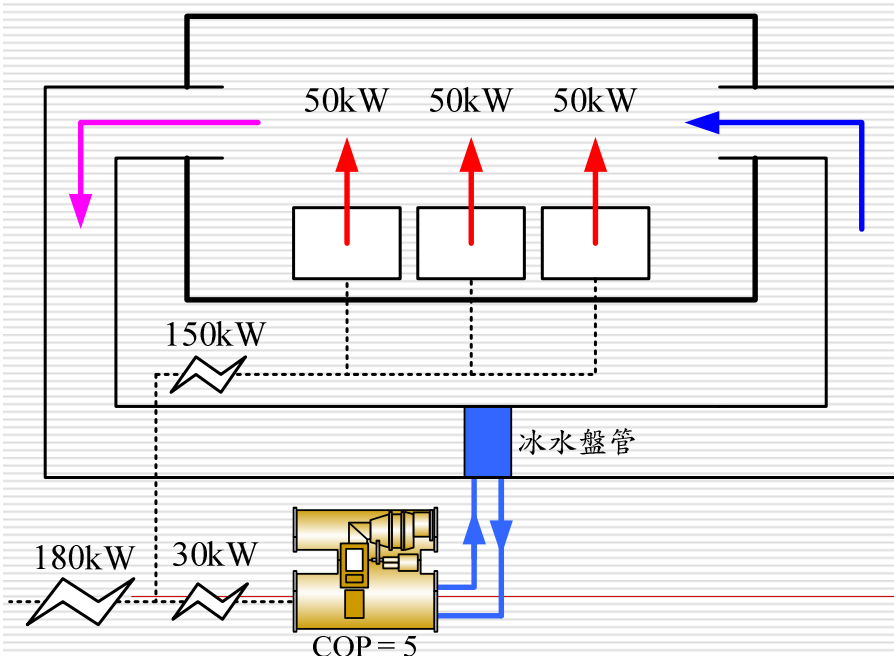
□ 系統耗能基準線之調整方式

- 將改善前之基準線調整至改善後之操作條件（需建立系統改善前之基準線）
- 將改善後之基準線調整至改善前之操作條件（需建立系統改善後之基準線）
- 將改善前與改善後之基準線調整至標準操作條件或相同操作條件（需同時建立改善前與改善後基準線）

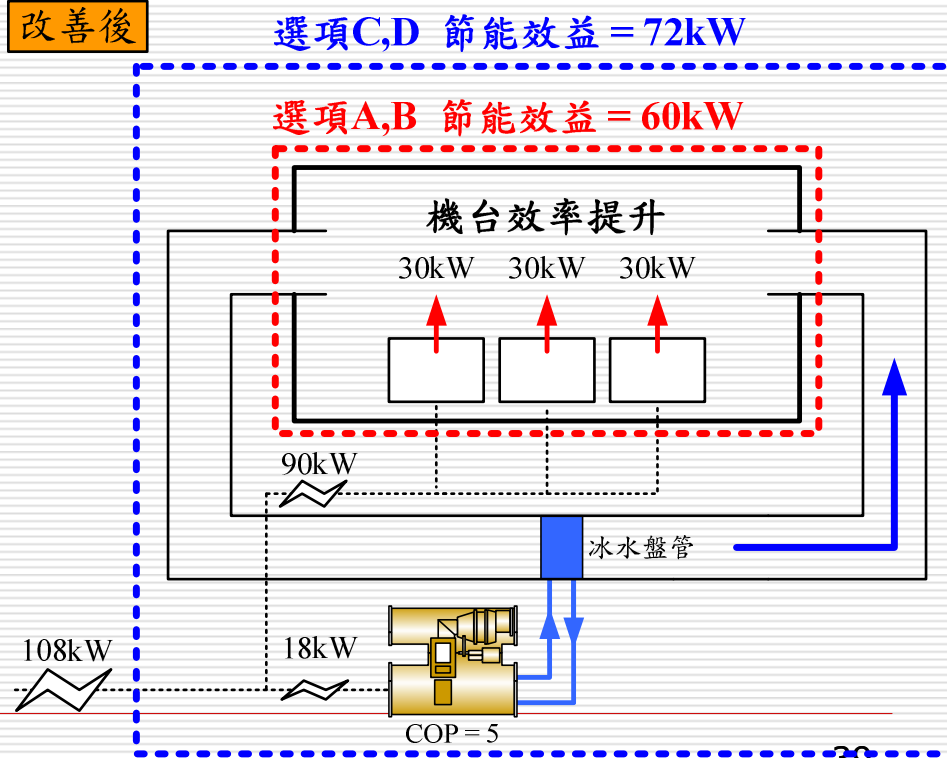
案例七：某廠房機台效率提升之節能案例

(說明不同的IPMVP選項對於節能效益評估之影響)

改善前



改善後



案例七：選項A～選項C的分析方法

- 選項A / B的計算模式：針對特定設備（機台）進行短期/連續量測作為節能效益的驗證基準

- 節能量 = 改善前機台耗電量 - 改善後的機台耗能量
= 150kW - 90kW
= 60kW

- 選項C的計算模式：針對整體廠房（機台與冰水主機）進行量測作為驗證基準

- 節能量 = 改善前廠房耗電量 - 改善後廠房耗能量
= (150+30) kW - (90+18) kW
= 72kW

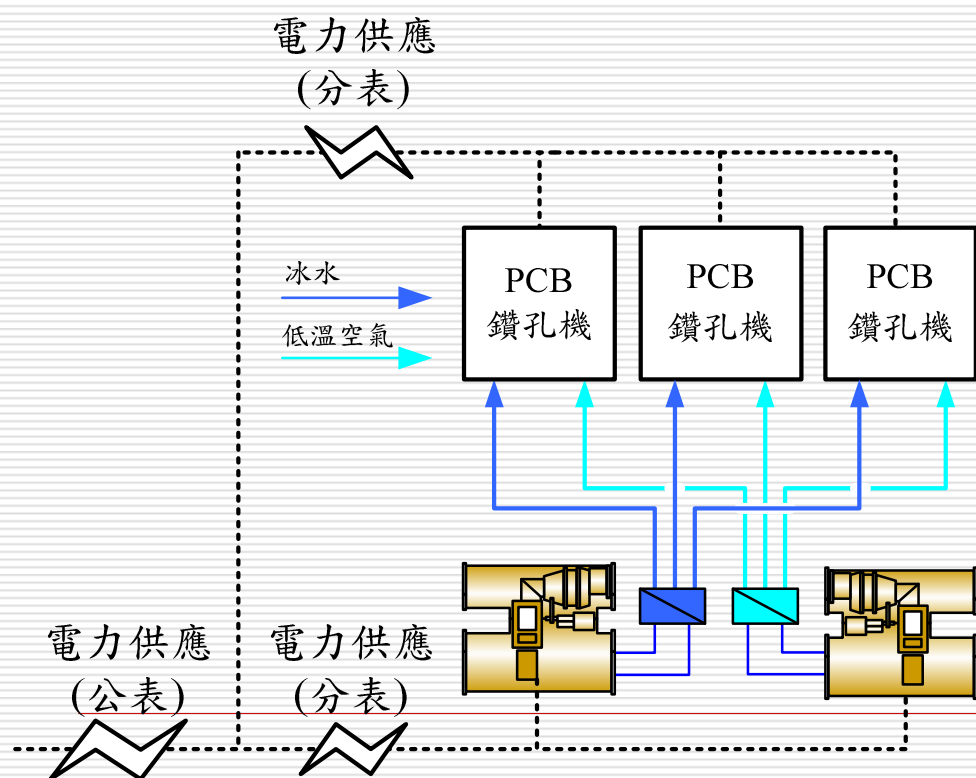
本案例利用選項C作為驗證模式，將更能突顯節能措施所帶來之節能績效！

選項D的分析方法

- 選項D 的計算模式：透過模型建立以及數值模擬的方式作為驗證基準。
- 選項D可以探討**特定設備或整體廠房**的耗電量，在四個驗證模式中最具有應用彈性。
- 選項D可針對新設的廠房、廠房節能效益無法經由實地量測得知、預估節能措施是否可達到預定目標等狀況進行分析。因此在本案例選用選項D可以**彌補選項A、B、C無法量測或量測設備成本過於昂貴等缺點**外，亦可針對不同**節能措施的節能效益**進行預先評估，藉此提出最具節能效果的措施，以供設計者選用。

案例八：某印刷電路板鑽孔廠機台效率提升之 節能案例

- (1、說明不同IPMVP選項對於節能效益評估之影響)
- (2、說明基準線的訂定方式)



本年度第一季1-3月(改善前)
產量210萬片
耗能24萬度
(鑽孔機20萬度，冰水主機4萬度)

本年度第二季4-6月(改善後)
產量209萬片
耗電量19.7萬度
(鑽孔機16.4萬度，冰水主機3.3萬度)

圖1、廠房耗能狀況示意圖

不同選項之量測邊界

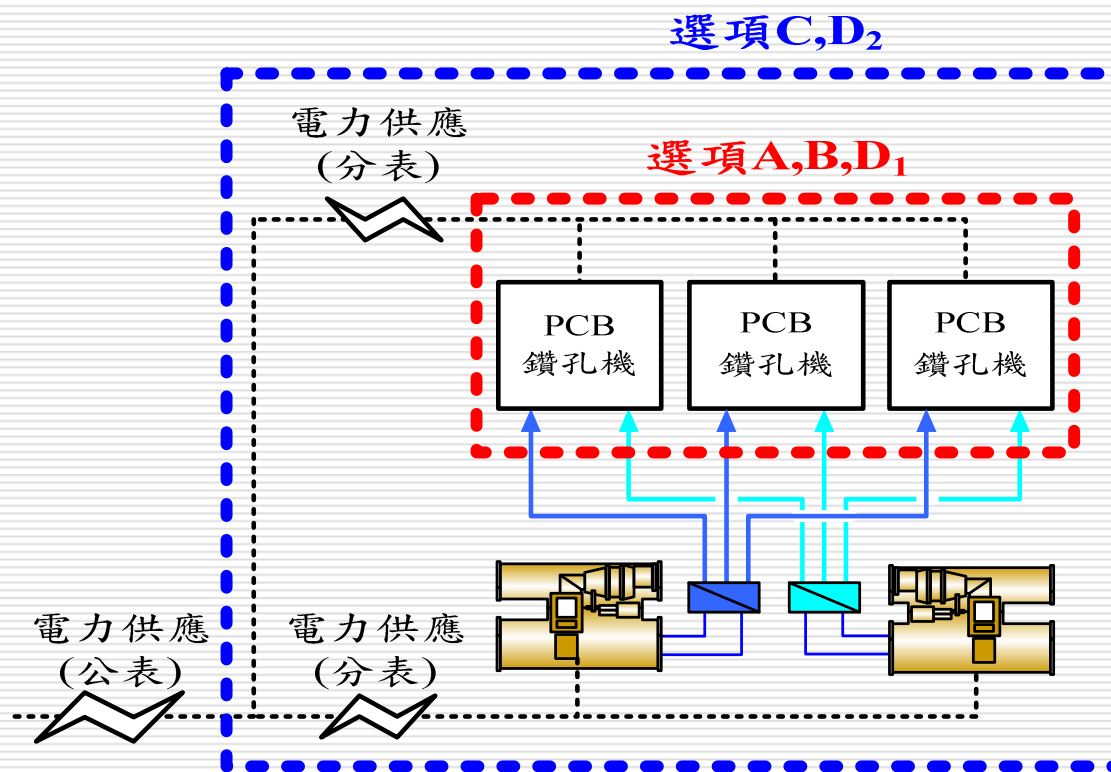


圖2、不同節能效益驗證模式之分析範圍

1. 選項A的計算模式

實際機台耗電量隨產品產率變化圖

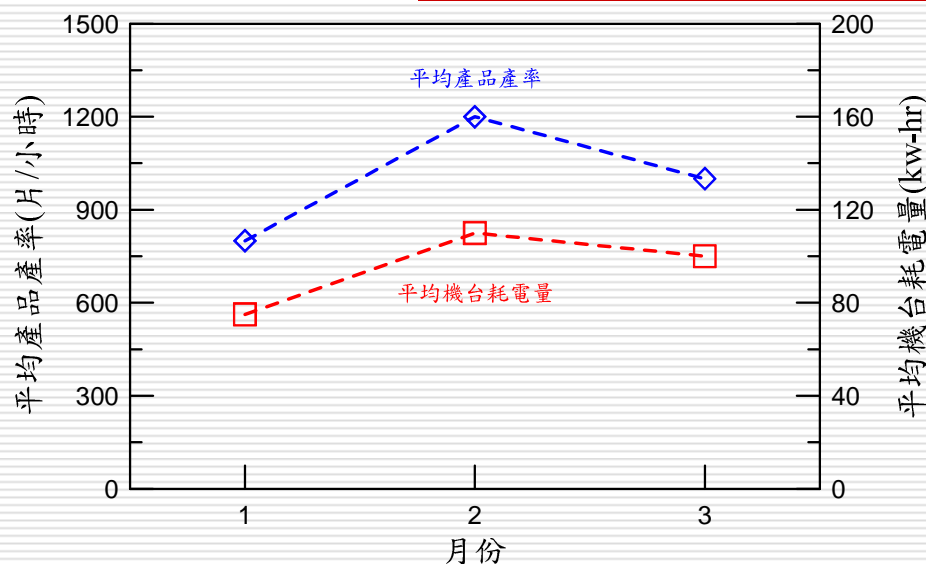


圖3、改善前(1-3月)

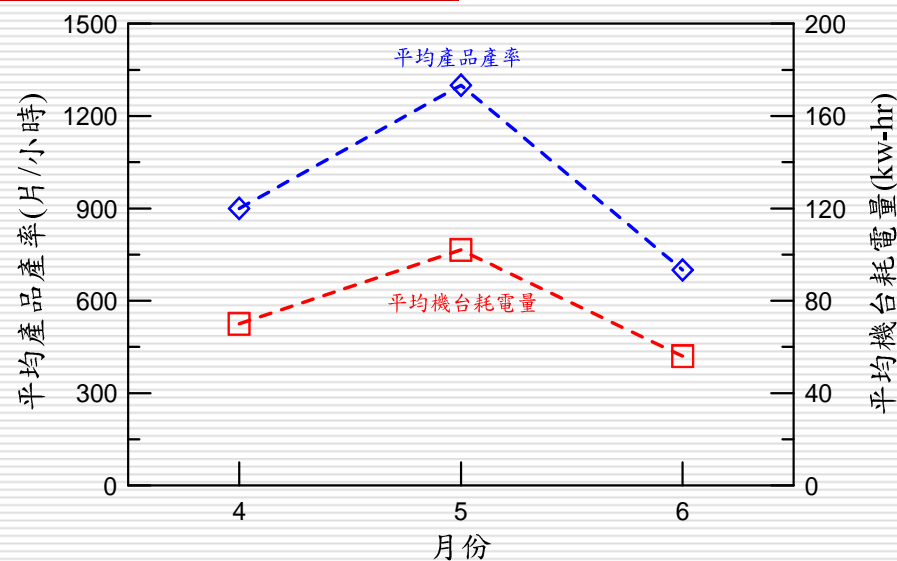


圖4、改善後(4-6月)

假設機台耗電量 (y_1) 與產品產率 (x_1) 間的關係為線性關係，則兩者的關係式可以寫成

$$y_1 = 0.0875x_1 + 7.5 \quad (1)$$

1. 選項A的計算模式

□ 基準線建立步驟：

- 先迴歸出改善前實際機台耗電量隨產品產率變化之關係式，即上頁公式(1)，

$$y_1 = 0.0875x_1 + 7.5$$

- 將圖3與圖4(即1-6月)的平均產品產率帶入公式(1)，即可獲得以原始機台進行生產時之機台耗電量，此即為基準線耗電量，如圖5的橘線所示。

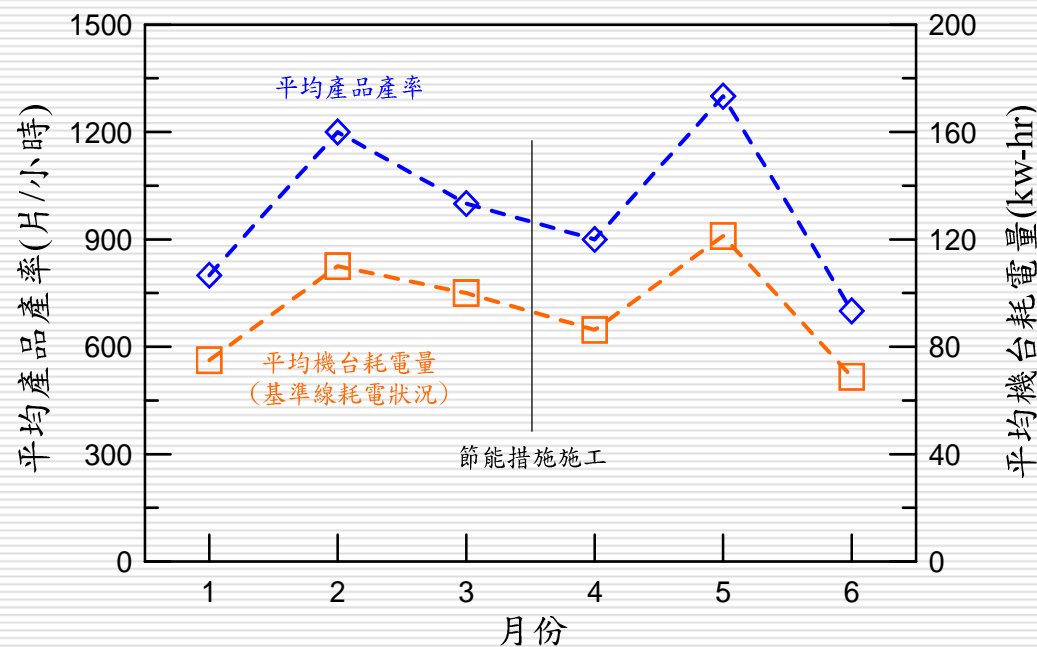


圖5、基準線耗電量與平均產品產率變化圖

1. 選項A的計算模式

- 茲將圖5中的基準線耗電量與圖4節能措施實施後機台耗電量互相比較，如圖6所示，其中斜線部分即為在實施節能策略「機台效率提升」後的節能績效。

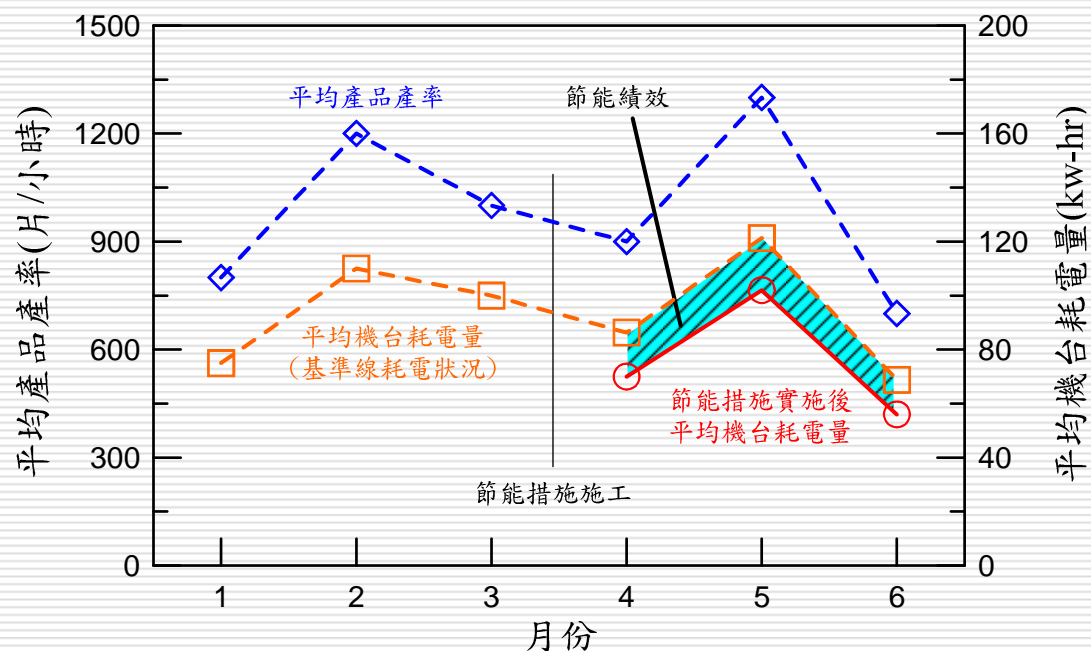


圖6、選項A基準線耗電狀況、平均產品產率以及節能績效變化圖

2. 選項B的計算模式

- 若採用選項B作為分析節能績效之依據，由於分析方法與步驟和選項A雷同，因此不列舉詳細數據說明，僅在此列舉兩者之間的差異為何。
- 本案例採用選項A與B之差異：
 - 選項A為短期的量測，機台耗電量隨產品產率變化關係以月平均值作為依據。選項B為長時間的連續量測，機台耗電量隨產品產率變化關係以日平均值（每小時平均值亦可）作為依據。
 - 機台耗電量隨產品產率之關係式的準確度將更為精確，使得基準線可信度更高。

3. 選項C的計算模式

- 採用選項C，則是以**廠房耗電量**（機台與冰水主機之耗電量）隨產品產率變化作為訂定基準線之依據。

實際廠房耗電量隨產品產率變化圖

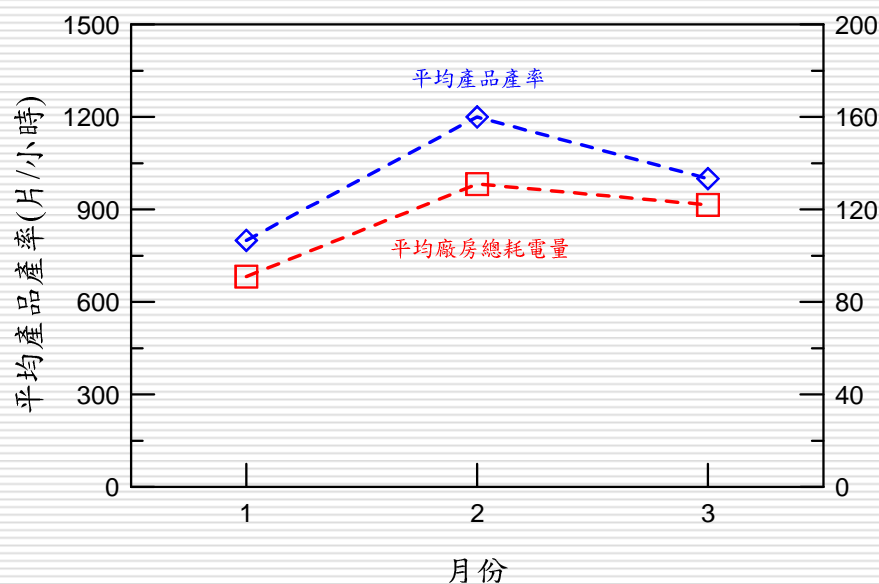


圖7、改善前(1-3月)

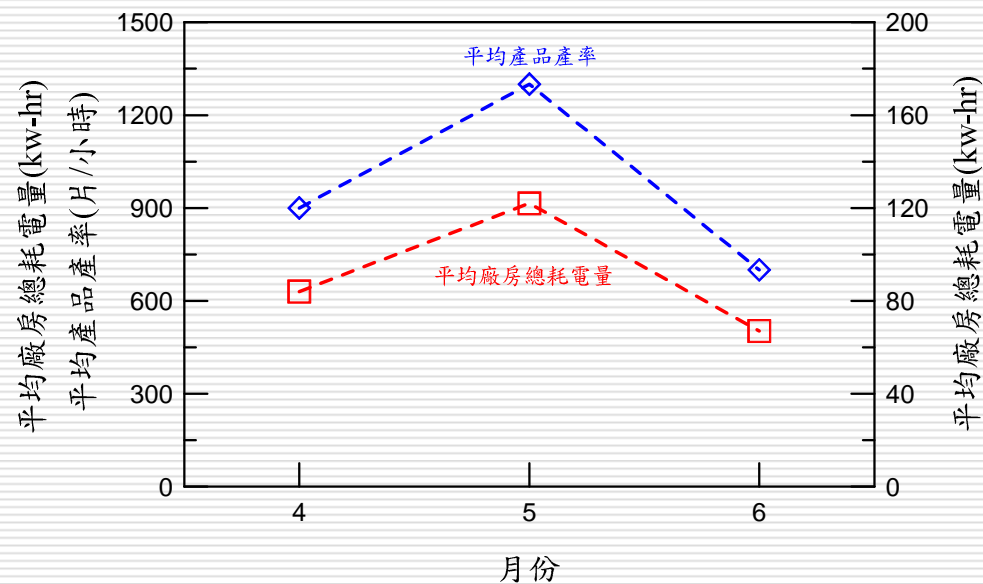


圖8、改善後(4-6月)

3. 選項C的計算模式

□ 基準線建立步驟：

- 先迴歸出圖7的**改善前實際廠房**耗電量隨產品產率變化之關係式，

$$y_2 = 0.1 x_2 + 14.67 \quad (2)$$

- 將圖7與圖8（即1-6月）的平均產品產率帶入公式(2)，即可獲得以**原始機台**進行生產時之廠房耗電量，此即為**基準線耗電量**，如圖9的橘線所示。

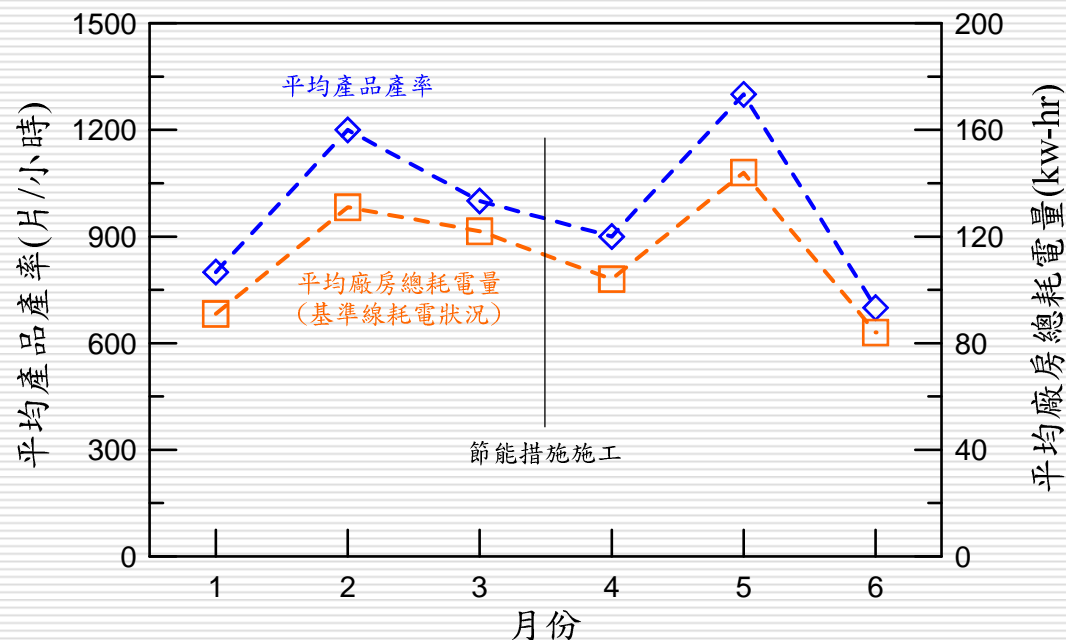
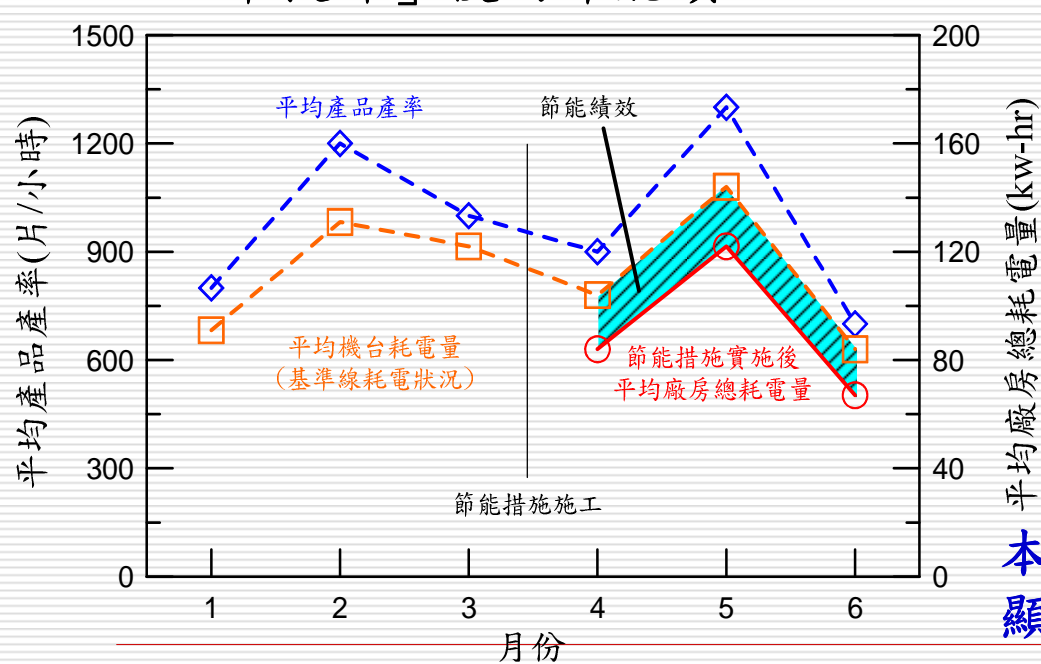


圖9、基準線耗電量與平均產品產率變化圖

3. 選項C的計算模式

- 茲將圖9中的基準線耗電量與圖8節能措施實施後廠房耗電量互相比較，如圖10所示，其中斜線部分即為在實施節能策略「機台效率提升」後的節能績效。



月份	節能績效 (kW-hr)
4	22
5	22
6	17
加總	61

本案例使用選項C作為驗證模式，更突顯出節能績效！（選項A為52 kW-hr）

圖10、選項C基準線耗電狀況、平均產品產率以及節能績效變化圖

4. 選項D的計算模式

- 選項D的驗證過程並不需要搭配實驗數據，即可以依照其所使用的設備耗能模型以及電腦輔助模擬，即可求得在不同分析範圍的節能效益計算結果。
- 採用選項D作為節能績效的驗證模式時，當分析範圍僅包括機台時，則電腦的模擬結果將與選項A、B相同。若分析範圍囊括機台與冰水主機時，則節能效益分析結果將與選項C者相同。
- 選項D可適用於已興建完成並在實際運轉的系統節能分析之外，亦可應用於模擬設計中或是尚未建造完成的系統之實際運轉時的耗能狀況，或是可以評估任何系統（無論是既有或是設計中、建造中的系統）在不同節能措施下的節能效益，藉此可讓設計者選出最具節能效益的節能措施。

案例九、某工廠二次冰水泵變頻控制

- 因此，正確的節能效益計算方式應該為

節能效益=改善前耗電-改善後耗電±調整量

或者

節能效益=調整後之基準線耗電-改善後耗電

- 建立基準線之目的，則是為了考慮影響冰水泵耗電的各項參數變動時，所導致的偏移量。

某工廠二次側冰水泵改善前

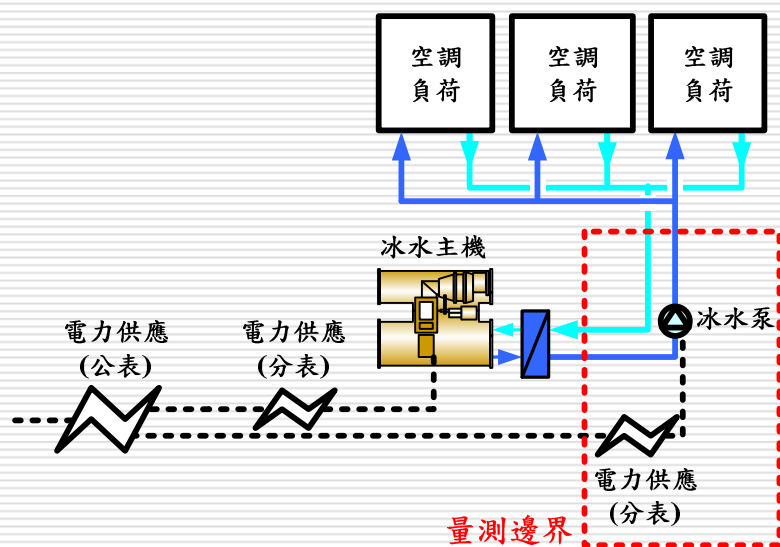
- 改善前空調系統二次側冰水泵定頻運轉，在空調負荷降低時，僅以閥開口度控制冰水流量。

節能改善前之耗能資料

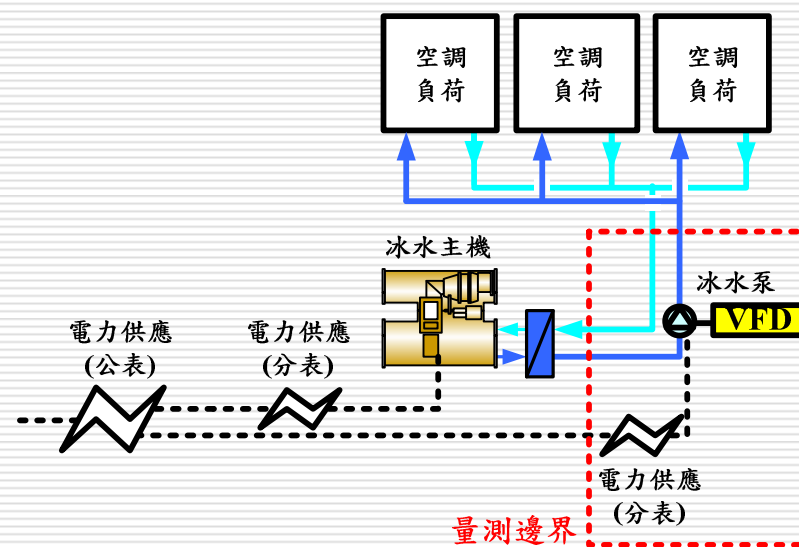
日期	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
設備機台數	73	62	67	75	67	82	85	77	75	82	83	86	81	80	80	82
員工人數	330	313	351	339	288	296	338	344	296	290	321	309	288	312	354	260
泵耗電度數	118.8	118.2	119.1	119.0	117.7	118.2	119.2	119.2	118.1	118.1	118.8	118.6	118.1	118.6	119.5	117.5
日期	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
設備機台數	77	76	77	78	77	78	79	74	69	66	67	66	62	57	56	
員工人數	278	266	333	321	288	366	348	278	300	365	299	287	312	313	289	
泵耗電度數	117.7	117.5	118.9	118.7	118.0	119.7	119.3	117.7	118.1	119.4	118.0	117.7	118.2	118.1	117.5	

二次側冰水泵總共耗電3671.1度

二次側冰水泵改善前、後示意圖



改善前



改善後

某工廠二次側冰水泵改善方案

- 改善後空調系統二次側冰水泵變頻運轉，在空調負荷降低時，利用變頻的方式控制冰水泵的轉速，以達到降載的目的。

節能改善後之耗能資料

日期	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
設備機台數	67	65	59	66	70	73	74	70	76	81	82	73	73	74	73	69
員工人數	313	345	299	310	287	278	265	312	321	289	266	333	321	288	366	348
泵耗電度數	82.9	89.5	78.1	82.0	77.9	76.6	74.0	83.3	86.6	80.7	75.9	88.6	86.0	79.0	95.8	91.0
日期	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
設備機台數	64	63	82	82	77	74	82	67	68	67	67	60	68	59	65	
員工人數	278	277	299	322	276	333	332	300	365	299	287	266	300	288	312	
泵耗電度數	74.6	74.2	83.1	88.1	77.0	88.8	90.3	80.1	94.5	79.9	77.2	71.1	80.3	75.7	82.3	

案例九、基準線之建立

日期	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
設備機台數	73	62	67	75	67	82	85	77	75	82	83	86	81	80	80	82
員工人數	330	313	351	339	288	296	338	344	296	290	321	309	288	312	354	260
泵耗電度數	118.8	118.2	119.1	119.0	117.7	118.2	119.2	119.2	118.1	118.1	118.8	118.6	118.1	118.6	119.5	117.5
日期	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
設備機台數	77	76	77	78	77	78	79	74	69	66	67	66	62	57	56	
員工人數	278	266	333	321	288	366	348	278	300	365	299	287	312	313	289	
泵耗電度數	117.7	117.5	118.9	118.7	118.0	119.7	119.3	117.7	118.1	119.4	118.0	117.7	118.2	118.1	117.5	

- 利用節能改善前之歷史資料，迴歸出二次泵耗電度數(z_1)與機台數(x)、員工人數(y)之間的曲線方程式，



$$z_1 = 0.0214748x + 0.0216385y + 110.084$$

案例九、基準線耗能量之建立

- 將節能改善後之機台數(x)與員工人數(y)帶入基準線方程式後，即能獲得節能改善後若未進行節能措施時的耗電量，即為**基準線耗電量**！

日期	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
設備機台數	67	65	59	66	70	73	74	70	76	81	82	73	73	74	73	69
員工人數	313	345	299	310	287	278	265	312	321	289	266	333	321	288	366	348
基準線耗電度數	118.3	118.9	117.8	118.2	117.8	117.7	117.4	118.3	118.7	118.1	117.6	118.9	118.6	117.9	119.6	119.1
日期	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
設備機台數	64	63	82	82	77	74	82	67	68	67	67	60	68	59	65	
員工人數	278	277	299	322	276	333	332	300	365	299	287	266	300	288	312	
基準線耗電度數	117.5	117.4	118.3	118.8	117.7	118.9	119.0	118.0	119.4	118.0	117.7	117.1	118.0	117.6	118.2	

總共耗電3664.7度

案例九、節能效益計算

- 本案例之選項A量測驗證模式，經ESCO廠商與能源使用者雙方同意之約定內容如下：
 - 短期量測一天的二次冰水泵耗電量，再將此耗電量乘以約定操作時間。
 - 短期量測之耗電量採用1月1日之耗電量。
 - 約定操作時間為一月份的天數，計31天。
- 基準線耗電=118.3 kWh/day × 31/day = 3667.2 kWh
- 改善後耗電= 82.9 kWh/day × 31/day = 2570.2 kWh
- 因此透過選項A之量測驗證模式，一月份所獲得的節能效為1097 kWh！

結語

- 空調系統之節能主要以空氣側、冰水側與冷卻水側著手進行。
- 節能工作的核心工程之中，除了導入正確且適當之節能技術的之外，**節能效益的量測與驗證之導入**亦為主軸。
- 正確的節能績效驗證模式也能夠用來評比不同節能措施的節能成效，因此欲落實ESCO產業，必須**引入完整且具公信力的節能效益計算模式**，目前世界許多國家皆引入國際認可的**IPMVP**，作為節能效益之計算準則。

結語

- 不同之量測與驗證模式，具有不一樣的節能績效結果，對於何種量測與驗證模式適用於何種節能改善專案可遵循**IPMVP**之準則。但量測與驗證模式之選用必須**同時經過業主與ESCO業者之間達成共識並同意**，且載明於**節能績效保證型契約之內**，以避免日後對於節能績效結果有異議而導致不必要之糾紛。