

**應用範例**

**某汽車工廠更換為高效率空調設備**

**1.專案說明：**廠內 4 台螺旋式 200 RT 空調主機，經性能量測發現效率低落 1 kW/RT，擬汰換為高效率空調主機(200RT×4 台、螺旋式、0.717 kW/RT)。專案實施前後，空調主機使用冷媒為 R-22。

**2.適用條件：**

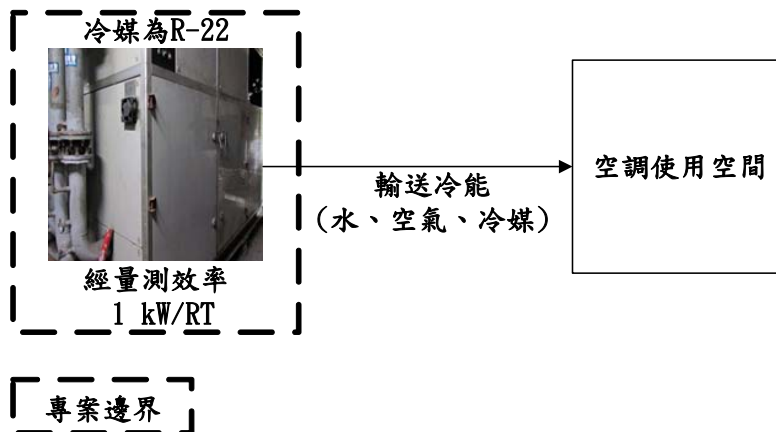
本專案依循「TMS-II.003 更換為高效率空調設備」方法，並符合下列適用條件：

- (1)專案實施後新設空調主機之運轉效率較專案實施前高，符合條件 1。
- (2)專案實施後新設空調主機為螺旋式冰水主機，符合條件 2。
- (3)尚未實施空調設備之汰舊換新時，既有空調設備仍能繼續使用，符合條件 3。
- (4)專案實施後新設空調設備為全新設備，符合條件 4。
- (5)冰水主機效能、冰水流量及操作時間等與空調設備能源用量最相關之活動數據，可以量測方式取得，符合條件 5。
- (6)專案實施前後，空調主機運轉及冷能需求等條件(空調使用區域及操作時間等條件)相同，符合條件 6。
- (7)專案設備之剩餘使用年限超過 10 年(大於計入期)，符合條件 7。
- (8)本專案空調主機使用冷媒 R-22，目前國內法規尚未規範空調主機不得使用該冷媒，未來若頒布禁令，則將調整本專案計入期，符合條件 8。
- (9)單一專案之年總節能量為 1.14 GWh，不超過 60 GWh<sub>e</sub>，符合條件 9。
- (10)本專案空調主機使用之電力來源為台電公司，符合條件 10。

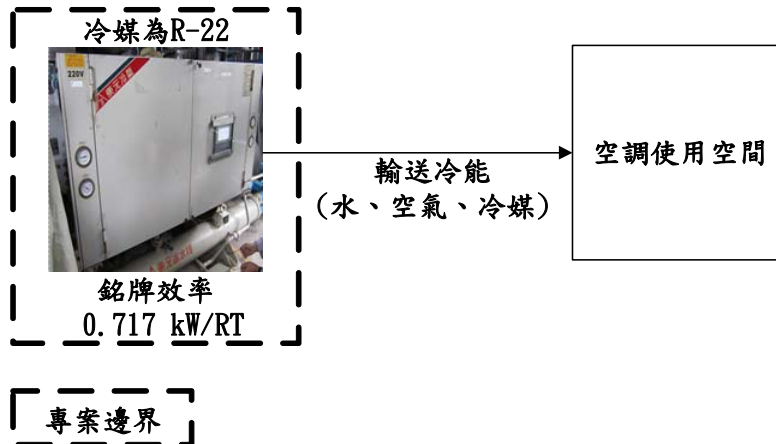
**3.專案執行邊界：**

空調設備及空調使用空間。

(1)專案實施前



(2) 專案實施後



(3) 本專案實施前後，因電力使用產生之溫室氣體種類包括 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 及 N<sub>2</sub>O，其中，CO<sub>2</sub> 為主要的溫室氣體排放，專案邊界內之溫室氣體排放源鑑別如表 1 所示。

表 1 專案邊界內之溫室氣體排放源鑑別

| 溫室氣體             | 是否納入 | 說明        |
|------------------|------|-----------|
| CO <sub>2</sub>  | 是    | 主要的溫室氣體排放 |
| CH <sub>4</sub>  | 是    | 納入考量      |
| N <sub>2</sub> O | 是    | 納入考量      |

4. 外加性說明：

(1) 法規外加性：現行法規並未強制規範工廠須提升空調主機效率。

(2) 投資分析：本案例參考 CDM 小規模外加性工具規範，以投資回收年限 (pay-back period) 作為投資分析計算基準，並以比較分析方式論述，由於國內尚未有一致之外加性量化指標，故以公司歷年投資容許風險(3 年)為比較基準(bench-mark)。經計算結果本專案投資回收年限為 3.65 年(3 年)，具投資外加性。

$$\text{設備投資回收年限} = \frac{\text{設備投資費用(元)} - \text{政府相關補助(元)}}{\text{每年節省之能源費用(元/年)}} > 3 \text{年}$$

相關計算如下：

- 每年節約用電 1,141,775 度，每度電平均單價為 2.4 元(依據工廠 99 年度用電平均單價)。
- 預估本專案投資成本約 1,000 萬元(含空調設備及相關施工費用)。
- 無政府補助經費。
- 設備投資回收年限 =  $\frac{10,000,000 - 0}{1,141,775 \times 2.4} = \frac{10,000,000}{2,740,260} \approx 3.65 \text{年} > 3 \text{年}$

註：未來產業於應用方法時，應依各專案實況選擇適合之外加性論述方式。

### 5. 基線排放量：

#### (1) 基線情境(廠內實際狀況)

- 本專案依循「IDB-II-006 更換為高效率空調設備」方法，以「既有空調設  
主機之持續使用」做為基線情境。
- 廠內 4 台螺旋式 200 RT 空調主機，主要提供生產作業區域所需之溫度，  
經性能量測發現效率低落 1 kW/RT，冰水出水溫度 7.1°C、冰水回水溫度  
11.8°C、每小時出水量 130 m<sup>3</sup>，擬汰換為高效率空調主幾(200RT×4 台、  
螺旋式 0.717 kW/RT)，年使用時間約 4,992 小時(16 小時/天×312 天/年)。

#### (2) 基線用電量

- 專案活動所需冷能

$$CR = \frac{Q_{PJ} \times (t_{c-r,PJ} - t_{c-s,PJ}) \times C_{p-w} \times \rho_w}{3,024} \times t \times 4 \text{ 台}$$

$$= \frac{130 \times (11.8 - 7.1) \times 1 \times 1,000}{3,024} \times 4,992 \times 4 = 4,034,540 \text{ RT-h/y}$$

- y 年之基線用電量

$$EC_{BL,y} = CR \times \eta_{c,BL} = 4,034,540 \text{ RT-h/y} \times 1 \text{ kW/RT} = 4,034,540 \text{ kWh/y}$$

#### (3) y 年之基線排放量

$$BE_y = EC_{BL,y} \times EF_{ELEC,y} \div 1,000$$

$$= 4,034,540 \text{ kWh/y} \times 0.536 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/t} = 2,163 \text{ tCO}_2\text{e /y}$$

(專案實施前空調主機使用冷媒為 R-22，非京都議定書規範之溫室氣體種類，故其逸散排放不列入計算。)

- 相關計算參數彙整如表 2 所示：

表 2 基線排放量計算參數彙整表

| 參數            | 定義                            | 單位                       | 數值        |
|---------------|-------------------------------|--------------------------|-----------|
| $BE_y$        | y 年之基線排放量                     | tCO <sub>2</sub> e       | 2,163     |
| $EC_{BL,y}$   | y 年之基線用電量                     | kWh                      | 4,034,540 |
| $CR$          | 專案活動所需之冷能                     | RT-h/y                   | 4,034,540 |
| $T$           | 空調設備年運轉時間                     | h/y                      | 4,992     |
| $Q_{PJ}$      | 專案實施後，每小時出水量                  | m <sup>3</sup> /h        | 130       |
| $t_{c-s,PJ}$  | 專案實施後，冰水出水溫度                  | °C                       | 7.1       |
| $t_{c-r,PJ}$  | 專案實施後，冰水回水溫度                  | °C                       | 11.8      |
| $C_{p-w}$     | 水之比熱(1.0 kcal/kg°C)           | kcal/kg°C                | 1         |
| $\rho_w$      | 水之密度(1000 kg/m <sup>3</sup> ) | kg/m <sup>3</sup>        | 1,000     |
| $\eta_{c,BL}$ | 專案實施前，空調主機設備效率                | kW/RT                    | 1         |
| $EF_{ELEC,y}$ | 電力排放係數                        | kgCO <sub>2</sub> e/ kWh | 0.536     |

註：1.  $\eta_{c,BL}$  為實際量測值。CR 為以「IDB-II-006 更換為高效率空調設備」方法公式 5 計算而得，其中  $Q_{c,PJ}$ 、 $t_{c-s,PJ}$  及  $t_{c-r,PJ}$  暫以廠內既有數值估算，未來於監測報告將以實際測



量值取代。

2.採用能源局公告 100 年度電力排放係數計算。

### 6.專案實施後之排放量：

(1)專案實施後之能源使用量

▪ y 年之專案用電量：

$$EC_{PJ,y} = CR \times \eta_{cPJ} = 4,034,540 \text{ RT-h/y} \times 0.717 \text{ kW/RT} = 2,892,765 \text{ kWh/y}$$

(2)專案實施後之排放量

▪ y 年之專案排放量：

$$PE_{PJ,y} = EC_{PJ,y} \times EF_{ELEC,y} \div 1,000$$

$$= 2,892,765 \text{ kWh/y} \times 0.536 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/t} = 1,551 \text{ tCO}_2\text{e /y}$$

▪ 相關計算參數彙整如表 3 所示：

表 3 專案實施後排放量計算參數彙整

| 參數            | 定義                     | 單位                       | 數值        |
|---------------|------------------------|--------------------------|-----------|
| $PE_{PJ,y}$   | y 年之專案排放量              | tCO <sub>2</sub> e       | 1,551     |
| $EC_{PJ,y}$   | y 年之專案用電量              | kWh                      | 2,892,765 |
| $CR$          | 專案活動所需之冷能              | RT-h/y                   | 4,034,540 |
| $\eta_{cPJ}$  | 專案實施後，空調設備效率           | kW/RT                    | 0.717     |
| $EF_{ELEC,y}$ | CO <sub>2</sub> 電力排放係數 | kgCO <sub>2</sub> e/ kWh | 0.536     |

### 7.洩漏量：

本專案之更換高效率空調設備，並非由其他設備轉入或由專案中轉移出去(所汰換之空調主機直接報廢，無移至他廠使用之情形)，故依減量方法「IDB-II-006 更換為高效率空調設備」並無洩漏產生；另外，專案實施後空調主機使用冷媒為 R-22，非京都議定書規範之溫室氣體種類，故其逸散排放不列入計算。

### 8.排放減量：

(1)單一年度排放減量

$$ER_y = BE_y - (PE_y + LE_y)$$

$$= 2,163 \text{ tCO}_2\text{e /y} - (1,551 \text{ tCO}_2\text{e /y} + 0) = 612 \text{ tCO}_2\text{e /y}$$

▪ 相關計算參數彙整如表 4 所示：

表 4 排放減量計算參數彙整表

| 參數     | 定義        | 單位                              | 數值    |
|--------|-----------|---------------------------------|-------|
| $ER_y$ | y 年之排放減量  | tCO <sub>2</sub> e              | 612   |
| $BE_y$ | y 年之基線排放量 | tCO <sub>2</sub> e              | 2,163 |
| $PE_y$ | y 年之專案排放量 | tCO <sub>2</sub> e              | 1,551 |
| $LE_y$ | y 年之洩漏量   | tCO <sub>2</sub> e <sub>2</sub> | 0     |

(2)計入期計算摘要

本專案以空調主機汰換工程發包日(100年10月1日)為起始日，考量空調主機壽齡約30年，則專案結束日期為130年9月30日。

另，依據環保署「溫室氣體先期暨抵換專案推動原則」，選擇以10年(固定型)做為專案計入期，初步規劃減量效益計算期間為101年1月1日~110年12月31日，則於計入期內各年度之減量計算摘要如表5：

表5 專案計入期之溫室氣體減量

| 年度<br>(民國) | 基線排放量<br>(tCO <sub>2</sub> e) | 專案排放量<br>(tCO <sub>2</sub> e) | 洩漏排放量<br>(tCO <sub>2</sub> e) | 預期排放減量<br>(tCO <sub>2</sub> e) |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 101        | 2,163                         | 1,551                         | 0                             | 612                            |
| 102        | 2,163                         | 1,551                         | 0                             | 612                            |
| 103        | 2,163                         | 1,551                         | 0                             | 612                            |
| 104        | 2,163                         | 1,551                         | 0                             | 612                            |
| 105        | 2,163                         | 1,551                         | 0                             | 612                            |
| 106        | 2,163                         | 1,551                         | 0                             | 612                            |
| 107        | 2,163                         | 1,551                         | 0                             | 612                            |
| 108        | 2,163                         | 1,551                         | 0                             | 612                            |
| 109        | 2,163                         | 1,551                         | 0                             | 612                            |
| 110        | 2,163                         | 1,551                         | 0                             | 612                            |
| 合計         | 21,630                        | 15,510                        | 0                             | 6,120                          |

註：上述計算不包括既有/汰換後冰水主機之效率損失。

9.監測方法：

(1)預設係數與參數說明(僅於專案計畫書確證時確認即可)

|                        |  |
|------------------------|--|
| 數據/參數                  | $\eta_{c,BL}$  |
| 數據單位                   | kW/RT  |
| 描述                     | 專案實施前，空調主機設備效率   |
| 使用數據來源                 | 短期/暫態量測值   |
| 數值                     | 1  |
| 數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述 | 在空調主機正常運轉情況下，取一段時間，以電力分析儀與流量計量測各負載之主機耗電與冰水流量，並據以計算主機效率 |
| 備註                     | —  |



|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 數據/參數                  | $C_{p-w}$          |
| 數據單位                   | kcal/kg°C          |
| 描述                     | 水之比熱               |
| 使用數據來源                 | 經濟部能源委員會「節約能源技術手冊」 |
| 數值                     | 1                  |
| 數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述 | —                  |
| 備註                     | —                  |

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 數據/參數                  | $\rho_w$           |
| 數據單位                   | kg/m <sup>3</sup>  |
| 描述                     | 水之密度               |
| 使用數據來源                 | 經濟部能源委員會「節約能源技術手冊」 |
| 數值                     | 1,000              |
| 數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述 | —                  |
| 備註                     | —                  |

|                        |                                   |
|------------------------|-----------------------------------|
| 數據/參數                  | $Q_{ref, PJ}$                     |
| 數據單位                   | t                                 |
| 描述                     | 專案實施後之冷媒填充量                       |
| 使用數據來源                 | 設備規格值                             |
| 數值                     | —                                 |
| 數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述 | —                                 |
| 備註                     | 專案實施後空調主機使用冷媒R-22，非京都議定書規範之溫室氣體種類 |

(2)應被監測之數據與參數

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| 數據/參數               | $Q_{PJ}$          |
| 數據單位                | m <sup>3</sup> /h |
| 描述                  | 專案實施後，每小時出水量      |
| 使用數據來源              | 直接量測              |
| 用於計算預估排放減量/移除量之數據數值 | 130               |



|                 |  |
|-----------------|--|
| 將被採用的量測方法和步驟之描述 | 以流量計連續量測(每月記錄(取年平均))                               |
| 將被應用的 QA/QC 步驟  | 操作人員每月記錄量測結果，確認專案實施前後量測位置等條件一致，並妥善保管數據資料。流量計應定期校正。 |
| 備註              | —  |

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| 數據/參數               | $t_{c-s}$                |
| 數據單位                | °C                       |
| 描述                  | 冰水出水溫度                   |
| 使用數據來源              | 直接量測                     |
| 用於計算預估排放減量/移除量之數據數值 | 7.1                      |
| 將被採用的量測方法和步驟之描述     | 使用線上溫度計連續量測              |
| 將被應用的 QA/QC 步驟      | 溫度計應定期依循供應商建議或相關國家標準進行校正 |
| 備註                  | —                        |

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| 數據/參數               | $t_{c-r}$                |
| 數據單位                | °C                       |
| 描述                  | 冰水回水溫度                   |
| 使用數據來源              | 直接量測                     |
| 用於計算預估排放減量/移除量之數據數值 | 11.8                     |
| 將被採用的量測方法和步驟之描述     | 使用線上溫度計連續量測              |
| 將被應用的 QA/QC 步驟      | 溫度計應定期依循供應商建議或相關國家標準進行校正 |
| 備註                  | —                        |

|                     |                                    |
|---------------------|------------------------------------|
| 數據/參數               | $T$                                |
| 數據單位                | h                                  |
| 描述                  | 空調設備年運轉時間                          |
| 使用數據來源              | 操作紀錄                               |
| 用於計算預估排放減量/移除量之數據數值 | 4,992                              |
| 將被採用的量測方法和步驟之描述     | 記錄空調設備年運轉時間                        |
| 將被應用的 QA/QC 步驟      | 操作人員須確認空調設備運轉正常，確實記錄運轉時間，並妥善保管數據資料 |

|    |   |
|----|---|
| 備註 | — |
|----|---|

|                     |   |
|---------------------|---|
| 數據/參數               | $\eta_{c,PJ}$   |
| 數據單位                | kW/RT   |
| 描述                  | 專案實施後，空調設備效率  |
| 使用數據來源              | 短期/暫態量測值  |
| 用於計算預估排放減量/移除量之數據數值 | 0.717   |
| 將被採用的量測方法和步驟之描述     | 至少 1 年 1 次  |
| 將被應用的 QA/QC 步驟      | 操作人員應選擇於正常生產情況(空調設備正常運轉)之狀況量測，並取主機一段時間內正常運轉下各負載狀況所得之加權平均值 |
| 備註                  | —   |

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| 數據/參數               | $EC_{PJ,y}$           |
| 數據單位                | kWh                   |
| 描述                  | y 年之專案用電量             |
| 使用數據來源              | 電錶量測                  |
| 用於計算預估排放減量/移除量之數據數值 | 2,892,765             |
| 將被採用的量測方法和步驟之描述     | 以電錶連續監測，至少每月記錄 1 次    |
| 將被應用的 QA/QC 步驟      | 定期依循供應商建議或國家標準之儀器校正作法 |
| 備註                  | —                     |

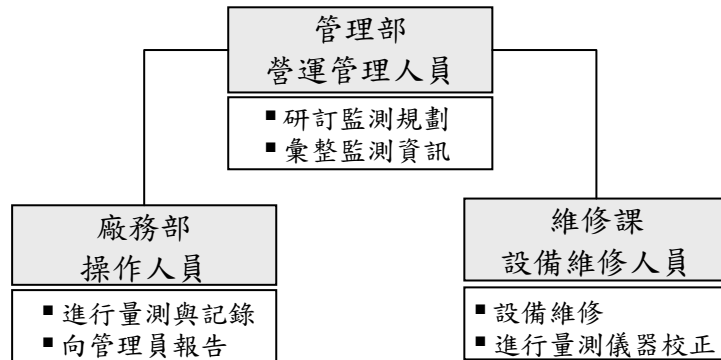
|                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| 數據/參數               | $EF_{ELEC.,y}$            |
| 數據單位                | kgCO <sub>2</sub> e/ kWh  |
| 描述                  | 電力排放係數                    |
| 使用數據來源              | 國家公告值                     |
| 用於計算預估排放減量/移除量之數據數值 | 0.536                     |
| 將被採用的量測方法和步驟之描述     | 引用能源局每年公告之電力排放係數          |
| 將被應用的 QA/QC 步驟      | 管理部人員每年確認電力排放係數之政府公告值是否更新 |
| 備註                  | 引用能源局公告 100 年度電力排放係數      |

註：依環保署「溫室氣體查驗指引」規範，抵換專案相關資料保存至少至專案計入期或方案執行期間結束後的 2 年，故本專案資料保存年限設定為 12 年(專案計入期 10 年+2 年)。





(3) 監測管理(組織架構)及權責如下圖：



## 附件

### 國際 IPMVP/ 國內 M&V 績效驗證方式

| 選項 | 量測方式  | 計算方式   | 量測與驗證費用   |
|----|---|--|---|
| A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>透過部分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</li> <li>部分量測代表某些耗能參數可以為約定值，但做約定時必須進行誤差分析，證明約定值總誤差造成節能量計算結果的影響不大</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>使用短時間或連續量測、約定值、電腦模擬與(或)歷史資料，進行節能效益計算</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>決定於量測點的多寡、約定內容的複雜程度、量測頻率，典型的費用約占 1~5% 的節能專案成本</li> </ul> |
| B  | <ul style="list-style-type: none"> <li>透過全部量測獨立改善設備的耗能來計算節能量，量測時間可短時或連續量測</li> <li>全部量測代表全部耗能參數皆以量測獲得，而非約定</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>使用短時間或連續量測，進行節能效益計算</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>決定於量測點及系統型態，與分析及量測的條款，典型的費用約占 3~10% 的節能專案成本</li> </ul>   |
| C  | <ul style="list-style-type: none"> <li>透過全部量測整廠的耗能來計算節能量，量測時間可短時或連續量測</li> <li>通常是利用現有電力公司或燃料公司公表進行量測</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>藉由回歸分析，針對公表或分表之數據進行分析比較</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>決定於分析參數的數量及複雜程度，典型的費用約占 1~10% 的節能專案成本</li> </ul>         |
| D  | <ul style="list-style-type: none"> <li>透過電腦模擬方式來求得節能量，獨立節能改善或證廠節能改善皆可適用</li> <li>此選項需要大量模擬方面的技術與理論基礎</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>將耗能相關數據帶入模擬模型進行校正後，再計算節能效益</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>決定於分析系統的數量及複雜程度，典型的費用約占 3~10% 的節能專案成本</li> </ul>         |

資料來源：陳輝俊，台灣 ESCO 節能績效量測與驗證之案例分析，2010。