

**應用範例 某橡膠工廠採用高效率空壓機**

1. 專案說明：廠內 1 台螺旋式水冷 200 hp 空壓機(滿載運轉)，擬汰換為高效率空壓機(200hp×1 台)。

2. 適用條件：

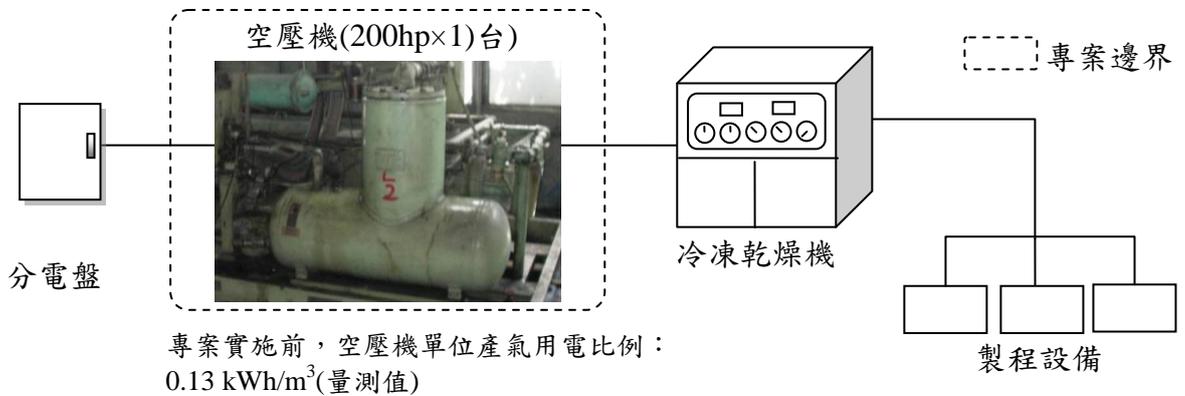
本專案依循「TMS-II-008 更換為高效率空壓機」方法，並符合下列適用條件一

- (1) 廠內所汰換之空壓機，其運轉效率較專案實施前高，符合條件 1。
- (2) 專案活動為既有空壓機之汰換，符合條件 2。
- (3) 專案活動所購入之空壓機為全新製品，非來自其他專案活動，符合條件 3。
- (4) 專案實施前後，空壓機使用電力運轉，符合條件 4。
- (5) 專案實施前後，空壓機規格容量相同(皆為 200 hp)，符合條件 5。
- (6) 專案實施後空壓機所產生之壓縮空氣為自廠所使用，符合條件 6。
- (7) 無論專案實施與否，既有空壓機仍能繼續使用，符合條件 7。
- (8) 專案設備之剩餘使用年限超過 10 年(大於計入期)，符合條件 8。
- (9) 本專案每年節電量約 0.2 GWh/y，小於 60GWh/y，符合條件 9。

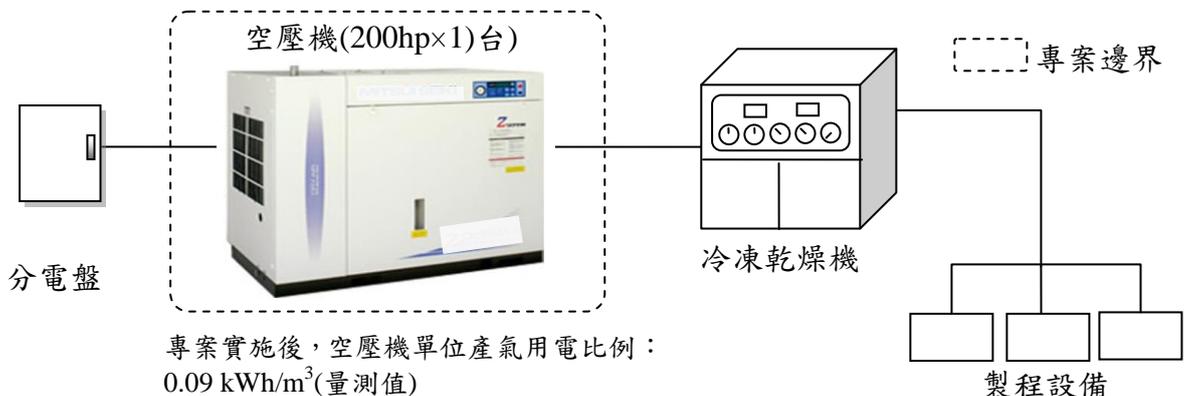
3. 專案執行邊界：

供應廠內製程設備壓縮空氣使用之螺旋式水冷空壓機(200 hp × 1 台)。

(1) 專案實施前



(2) 專案實施後



(3)於基線情境與專案實施後，本專案活動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：現行法令未針對空壓機效率提升進行規範。
- (2)投資障礙分析：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) 作為投資障礙分析計算基準，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 3.47 年(>3 年)，具外加性。

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

相關計算如下：

- 每年節約用電 222,014 度，每度電平均單價為 2.6 元(依據工廠 99 年度用電平均單價)。
- 預估本專案投資成本約 200 萬元(含空壓主機及配管等施工費用)。
- 本專案無政府補助經費。

$$\begin{aligned} \text{設備投資回收年限} &= \frac{\$NTD2,000,000 - \$NTD0}{(716,174 \text{ kWh/y} - 494,160 \text{ kWh/y}) \times \$NTD 2.6/\text{kWh}} \\ &= \frac{\$NTD2,000,000}{\$NTD577,236/\text{y}} \approx 3.46 \text{ 年} > 3 \text{ 年} \end{aligned}$$

註：未來產業於應用本減量方法時，應依各專案實況選擇適合之外加性論述方式。(如，採用其他投資分析方式(IRR、NPV)，提出專案經費籌措困難證明，或進行技術障礙、普遍性障礙及其他障礙論述等)。另，針對設備投資回收年限之計算方式與設定基準，亦應依各公司狀況、產業發展趨勢或專案實施當時政策等情況而定。

#### 5.基線排放量：

##### (1)基線情境(廠內實際狀況)

本專案依循「TMS-II-008 更換為高效率空壓機」方法，以「既有空壓機之持續使用」做為基線情境。廠內 1 台 200hp 螺旋水冷式空壓機，提供製程氣動設備壓縮空氣，年運轉時間約 4,800 小時。

(2)基線用電量

$$\begin{aligned}
 EC_{BL,y} &= EC_{PJ,y} \div \beta \\
 &= 494,160 \text{ kWh} \div 0.69 \\
 &= 716,174 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

參數	定義	單位	數值
$EC_{BL,y}$	y 年之專案用電量	kWh	716,174
$EC_{PJ,y}$	y 年之專案用電量	kWh	494,160
$\beta$	能源減量比例	—	0.69

$$\beta = \frac{\varepsilon_{PJ}}{\varepsilon_{BL}} = 0.09 \text{ kWh/m}^3 / 0.13 \text{ kWh/m}^3 = 0.69$$

參數	定義	單位	數值
$\varepsilon_{BL}$	專案實施前，空壓機單位產氣用電量	kWh/m <sup>3</sup>	0.13
$\varepsilon_{PJ}$	專案實施後，空壓機單位產氣用電量	kWh/m <sup>3</sup>	0.09

(3)基線排放量

$$\begin{aligned}
 BE_y &= EC_{BL,y} \times EF_{ELEC,y} \div 1,000 \\
 BE_y &= 716,174 \text{ kWh} \times 0.536 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/t} \doteq 384 \text{ tCO}_2\text{e}
 \end{aligned}$$

參數	定義	單位	數值
$BE_y$	y 年之基線排放量	tCO <sub>2</sub> e	384
$EC_{BL,y}$	y 年之基線用電量	kWh	716,174
$EF_{ELEC,y}$	電力排放係數	kgCO <sub>2</sub> e/ kWh	0.536

6.專案實施後之排放量：

(1)專案實施後之能源使用量

$$\begin{aligned}
 EC_{PJ,y} &= W_{PJ,y} \times T_{PJ,y} \\
 &= 102.95 \text{ kW} \times 4,800 \text{ h} = 494,160 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

於專案計畫書撰寫時， $W_{PJ,y}$  以專案實施前空壓機輸入功率( $W_{BL}$ )實測值與能源減量比例( $\beta$ )之乘積計算：

$$\begin{aligned}
 W_{PJ} &= W_{BL} \times \beta \\
 &= 149.2 \text{ kW} \times 0.69 = 102.95 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$T_{PJ,y} = \min(T_{PJ,y}, T_{his})$$

假設專案實施後，廠內生產條件穩定，專案實施前後製程壓縮空氣需求量相同，即  $T_{PJ,y} = T_{his} = 4,800 \text{ h}$

參數	定義	單位	數值
$EC_{PJ,y}$	y 年之專案用電量	kWh	494,160
$W_{PJ,y}$	專案實施後之空壓機輸入功率	kW	102.95
$W_{BL}$	專案實施前空壓機輸入功率	kW	149.2
$T_{PJ,y}$	專案實施後之空壓機年運轉時間	h	4,800

(2)專案實施後之排放量

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

$$= 494,160 \text{ kWh} \times 0.536 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/t} \doteq 265 \text{ tCO}_2\text{e}$$

參數	定義	單位	數值
$PE$	專案實施後之排放量	tCO <sub>2</sub> e	265
$EC_{PJ,y}$	y 年之專案用電量	kWh	494,160
$EF_{ELEC,y}$	電力排放係數	kgCO <sub>2</sub> e/ kWh	0.536

7.洩漏量：

本專案既有空壓機汰換後直接報廢，無移至其他製程使用之情形，故依減量方法「TMS-II-008 更換為高效率空壓機」並無洩漏產生。

8.排放減量：

(1)單一年度排放減量

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

$$= 384 \text{ tCO}_2\text{e} - (265 \text{ tCO}_2\text{e} + 0) = 119 \text{ tCO}_2\text{e}$$

參數	定義	單位	數值
$ER_y$	y 年之排放減量	tCO <sub>2</sub> e	119
$BE_y$	y 年之基線排放量	tCO <sub>2</sub> e	384
$PE_y$	y 年之專案排放量	tCO <sub>2</sub> e	265
$LE_y$	y 年之洩漏排放量	tCO <sub>2</sub> e	0

(2)計入期計算摘要

本專案以空壓機汰換工程發包日(100 年 10 月 1 日)為起始日，考量空壓機壽齡約 25 年，則專案結束日期為 125 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 2 所示：

表 2 專案計入期之溫室氣體減量

年度 (民國)	基線排放量 (tCO <sub>2</sub> e)	專案排放量 (tCO <sub>2</sub> e)	洩漏排放量 (tCO <sub>2</sub> e)	預期排放減量 (tCO <sub>2</sub> e)
101	384	265	0	119
102	384	265	0	119
103	384	265	0	119
104	384	265	0	119
105	384	265	0	119
106	384	265	0	119
107	384	265	0	119
108	384	265	0	119
109	384	265	0	119
110	384	265	0	119
<b>合計</b>	<b>3,840</b>	<b>2,650</b>	<b>0</b>	<b>1,190</b>

註：上述計算不包括既有/汰換後空壓機之效率損失。

(3) 預設係數與參數說明

數據/參數	$\epsilon_{BL}$
數據單位	kWh/m <sup>3</sup>
描述	專案實施前，空壓機單位產氣用電量
使用數據來源	短期/暫態量測值
數值	0.13
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	分別以電力分析儀及流量計量測主機耗電量及產氣量，計算單位時間內之產氣耗電比值，並取系統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	引用 99 年委外檢測報告

數據/參數	$T_{his}$
數據單位	h
描述	空壓機年運轉時間之歷史值
使用數據來源	操作紀錄
數值	4,800
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	使用廠內最近 1 年專案邊界內空壓機運轉紀錄計算
備註	—



9. 監測方法：

(1) 應被監測之數據與參數

數據/參數	$W_{PJ,y}$
數據單位	kW
描述	專案實施後，空壓機之輸入功率
使用數據來源	電錶量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	102.95
將被採用的量測方法和步驟之描述	以電錶連續量測(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。
備註	於專案計畫書撰寫時，使用設備商提供之取樣量測值計算

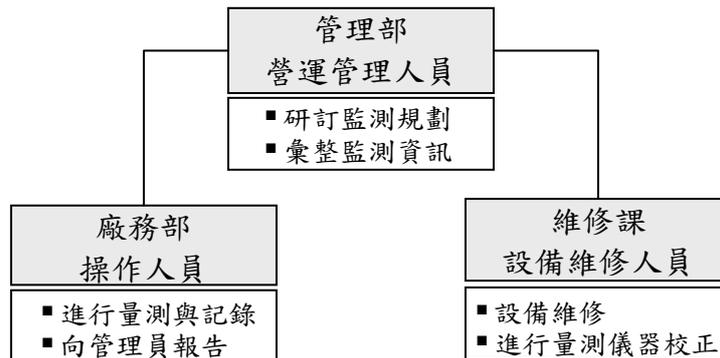
數據/參數	$T_{PJ,y}$
數據單位	h
描述	專案實施後之空壓機年運轉時間
使用數據來源	操作紀錄
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	4,800
將被採用的量測方法和步驟之描述	使用月報表統計資料計算(每月 1 次)
將被應用的 QA/QC 步驟	操作人員每月記錄量測結果，確認專案實施前後量測位置等條件一致，並妥善保管數據資料。
備註	於專案計畫書撰寫時，使用專案實施前最近一年運轉時數計算

數據/參數	$\epsilon_{PJ}$
數據單位	kWh/m <sup>3</sup>
描述	專案實施後，空壓機單位產氣用電量
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	0.09
將被採用的量測方法和步驟之描述	以電力分析儀及流量計分別量測主機耗電量及產氣量，計算單位時間內之產氣耗電比值，並取系統一段時間內正常運轉下各負載狀況所得之加權平均值。實施頻率至少每年 1 次。
將被應用的 QA/QC 步驟	電力分析儀及流量計，應定期依設備商提供方式或國家標準等進行校正。
備註	專案計畫書使用數據來自設備商檢測值

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(2012 年 9 月 14 公告，調整後)

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)。

(2) 監測系統之管理結構(組織架構與權責)



## 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。