

應用範例 某工廠採用高效率馬達

1. 專案說明：某工廠內 2 台 175hp 馬達(滿載運轉)，擬汰換為高效率馬達(175hp×2 台)。

2. 適用條件：

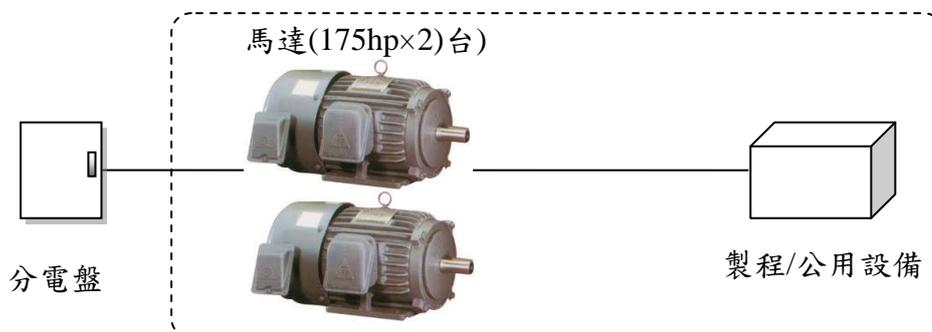
考量廠內製程區域電盤與線路配置狀況，無法僅透過量測相關系統/設備年總耗電量，合理計算本專案活動減量，較不適用 CDM AMS-II.D 減量方法。為明確區隔因既有馬達汰換為高效率馬達產生之減量效益，故本專案應用「TMS-II.009 工業設施既有馬達汰換為高效率馬達」方法，並符合下列適用條件—

- (1) 廠內所汰換之馬達，其運轉效率較專案實施前高，而未包括馬達所帶動之設備(如藉由皮帶或鍊條傳動等方式進行連結傳動，間接與被帶動的負載設備)，符合條件 1。
- (2) 專案活動為既有馬達 1 對 1 之汰換，符合條件 2。
- (3) 專案實施後新設馬達為全新製品，符合條件 3。
- (4) 專案實施前後，馬達使用電力運轉，符合條件 4。
- (5) 專案實施後馬達所屬系統不因進行原料、製程或生產環境等之變更，而使馬達所帶動之動力需求大幅下降。專案邊界內馬達規格容量相同(皆為 175hp×2)，符合條件 5。
- (6) 專案實施後馬達所產生之動力，應使用於實施此減量方法之事業單位，符合條件 6。
- (7) 無論專案實施與否，既有馬達皆能持續運作，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 105,840 kWh/y，小於 60GWh/y，符合條件 9。

3. 專案執行邊界：

包括馬達及其所帶動之相關設備。

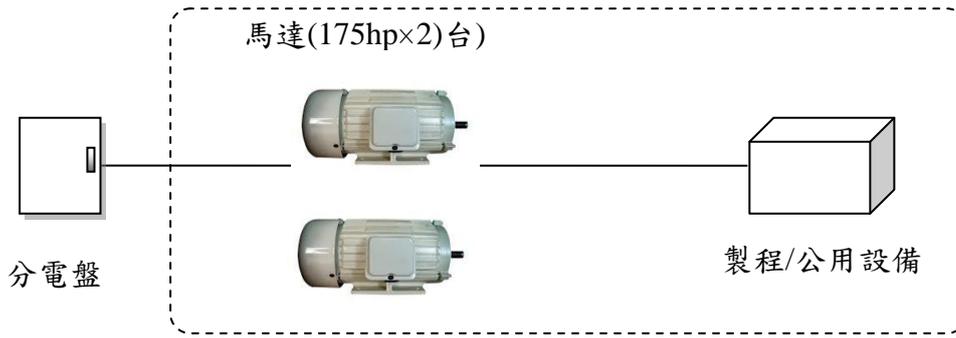
(1) 專案實施前



專案實施前，馬達效率 90% (量測值)

專案邊界

(2) 專案實施後



專案實施後，馬達效率 94.1% (量測值)

專案邊界

(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 CO₂、CH₄ 及 N₂O，其中，CO₂ 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 ₂ | 是 | 主要的溫室氣體排放 |
| CH ₄ | 是 | 納入考量 |
| N ₂ O | 是 | 納入考量 |

4. 外加性說明：

(1) 法規外加性：現行法令未強制規範工廠須使用「高效率馬達」。

(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 3.6 年(>3 年)，具投資外加性。

相關計算如下：

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

相關計算如下：

- 每年節約用電 105,840 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 100 萬元(含定期維護保養與效率檢測)。
- 無政府補助經費。

$$\text{設備投資回收年限} = \frac{\$NTD1,000,000 - \$NTD0}{(2,436,000 \text{ kWh/y} - 2,330,160 \text{ kWh/y}) \times \$NTD 2.6/\text{kWh}}$$



$$= \frac{\$NTD1,000,000}{\$NTD275,184/y} \approx 3.6 \text{ 年} > 3 \text{ 年}$$

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。
 (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.009 工業設施既有馬達汰換為高效率馬達」方法，以
 「既有馬達之持續使用」做為基線情境。廠內 2 台 175 hp 馬達，帶動公用/
 製程設備，年使用時間約 8,400 小時。

(2) 基線用電量

$$EC_{BL, y} = \sum (W_{n, BL} \times T_{n, PJ})$$

$$W_{n, BL} = W_{n, PJ} \times \frac{\eta_{n, PJ}}{\eta_{n, BL}} \times LF_{n, PJ}$$

$$= 138.7 \text{ kW/set} \times (94.1\% \div 90\%) \times 1$$

$$= 145 \text{ kW/set}$$

| 參數 | 定義 | 單位 | 數值 |
|----------------|----------------|-----|-----------|
| $EC_{BL, y}$ | y 年之基線用電量 | kWh | 2,436,000 |
| $W_{n, BL}$ | 專案實施前個別馬達基線功率 | kW | 145 |
| $T_{n, PJ}$ | 專案實施後個別馬達年運轉時數 | h | 8,400 |
| $W_{n, PJ}$ | 專案實施後個別馬達功率 | kW | 138.7 |
| $\eta_{n, PJ}$ | 專案實施後個別馬達效率 | — | 94.1% |
| $\eta_{n, BL}$ | 專案實施前個別馬達效率 | — | 90% |
| $LF_{n, PJ}$ | 專案實施後個別馬達負載率 | — | 1 |

$$W_{n, PJ} = W_{n, PJ, s}$$

$$W_{n, PJ, s} = 175 \text{ hp/set} \times 0.746 \text{ kW/hp} \div 94.1\%$$

$$= 138.7 \text{ kW/set}$$

$$W_{n, PJ} = 138.7 \text{ kW/set}$$

$$LF_{n, PJ} = W_{n, PJ} \div W_{n, PJ, s}$$

$$= 138.7 \div 138.7 = 1$$

| 參數 | 定義 | 單位 | 數值 |
|----------------|-----------------------|----|-------|
| $W_{n, PJ, s}$ | 專案實施後個別馬達額定滿載輸入功 率 | kW | 138.7 |



$$EC_{BL,y} = (2\text{set} \times 145 \text{ kW/set}) \times 8,400 \text{ h} = 2,436,000 \text{ kWh}$$

$$T_{n,PJ} = T_{n,his} = 8,400$$

| 參數 | 定義 | 單位 | 數值 |
|-------------|---------------|----|-------|
| $T_{n,his}$ | 個別馬達年運轉時數之歷史值 | h | 8,400 |

(3) 基線排放量

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

$$= 2,436,000 \text{ kWh/y} \times 0.536 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/t} = 1,306 \text{ tCO}_2\text{e}$$

| 參數 | 定義 | 單位 | 數值 |
|---------------|-----------|-------------------------|-------|
| BE_y | y 年之基線排放量 | tCO ₂ e | 1,306 |
| $EF_{ELEC,y}$ | 電力排放係數 | kgCO ₂ e/kWh | 0.536 |

註： $\eta_{n,BL}$ 、 $\eta_{n,PJ}$ 應為實際量測值。

6. 專案實施後之排放量：

(1) 專案實施後之能源使用量

$$EC_{PJ,y} = \sum (W_{n,PJ} \times T_{n,PJ})$$

$$EC_{PJ,y} = 2\text{set} \times 138.7 \text{ kW/set} \times 8,400 \text{ h} = 2,330,160 \text{ kWh}$$

| 參數 | 定義 | 單位 | 數值 |
|-------------|----------------|-----|-----------|
| $EC_{PJ,y}$ | y 年之專案用電量 | kWh | 2,330,160 |
| $W_{n,PJ}$ | 專案實施後個別馬達功率 | kW | 138.7 |
| $T_{n,PJ}$ | 專案實施後個別馬達年運轉時數 | h | 8,400 |

$$W_{n,PJ,s} = 175 \text{ hp/set} \times 0.746 \text{ kW/hp} \div 94.1\%$$

$$= 138.7 \text{ kW/set}$$

$$W_{n,PJ} = W_{n,PJ,s}$$

$$W_{n,PJ} = 138.7 \text{ kW/set}$$

| 參數 | 定義 | 單位 | 數值 |
|--------------|-------------------|----|-------|
| $W_{n,PJ,s}$ | 專案實施後個別馬達額定滿載輸入功率 | kW | 138.7 |

(2) 專案實施後之排放量

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

$$= 2,330,160 \text{ kWh} \times 0.536 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/t} = 1,249 \text{ tCO}_2\text{e}$$

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_y | 專案實施後之排放量 | tCO ₂ e | 1,249 |
| $EF_{ELEC,y}$ | y 年之電力或電網排放係數 | kgCO ₂ e/kWh | 0.536 |

註：於計畫書撰寫時，暫時無法取得專案實施後個別馬達功率($W_{n,PJ}$)量測值，故以額定滿載輸入功率($W_{n,PJ,s}$)計算，未來於監測報告將以實際測量值取代。



7.洩漏量：

本專案之馬達效率提升，並非由其他設備轉入或由專案中轉移出去(所汰換之馬達直接報廢，無移至他廠使用之情形)，故依減量方法「TMS-II.009 工業設施既有馬達汰換為高效率馬達」並無洩漏產生。

8.排放減量：

(1)單一年度排放減量

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

$$= 1,306 \text{ tCO}_2\text{e} - (1,249 \text{ tCO}_2\text{e} + 0) = 57 \text{ tCO}_2\text{e}$$

- 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 ₂ e | 57 |
| BE_y | y 年之基線排放量 | tCO ₂ e | 1,306 |
| PE_y | y 年之專案排放量 | tCO ₂ e | 1,249 |
| LE_y | y 年之洩漏排放量 | tCO ₂ e | 0 |

(2)計入期計算摘要

本專案以馬達汰換日(100 年 10 月 1 日)為起始日，考量馬達壽齡約 20 年，則專案結束日期為 120 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 所示：

表 5 專案計入期之溫室氣體減量

| 年度 (民國) | 基線排放量 (tCO ₂ e) | 專案排放量 (tCO ₂ e) | 洩漏排放量 (tCO ₂ e) | 預期排放減量 (tCO ₂ e) |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 101 | 1,306 | 1,249 | 0 | 57 |
| 102 | 1,306 | 1,249 | 0 | 57 |
| 103 | 1,306 | 1,249 | 0 | 57 |
| 104 | 1,306 | 1,249 | 0 | 57 |
| 105 | 1,306 | 1,249 | 0 | 57 |
| 106 | 1,306 | 1,249 | 0 | 57 |
| 107 | 1,306 | 1,249 | 0 | 57 |
| 108 | 1,306 | 1,249 | 0 | 57 |
| 109 | 1,306 | 1,249 | 0 | 57 |
| 110 | 1,306 | 1,249 | 0 | 57 |
| 合計 | 13,060 | 12,490 | 0 | 570 |



(3)預設係數與參數說明

| | |
|------------------------|--|
| 數據/參數 | $\eta_{n,BL}$ |
| 數據單位 | — |
| 描述 | 專案實施前個別馬達效率 |
| 使用數據來源 | 量測計算值 |
| 數值 | 90% |
| 數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述 | 以扭力/轉速量測器，取馬達一段時間內正常運轉下各負載狀況所得效率之加權平均值 |
| 備註 | 取自委外檢測報告 |

| | |
|------------------------|---------------------|
| 數據/參數 | $T_{n,his}$ |
| 數據單位 | h |
| 描述 | 個別馬達年運轉時數之歷史值 |
| 使用數據來源 | 操作紀錄 |
| 數值 | 8,400 |
| 數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述 | 依個別馬達運轉時數(月報表)計算後加總 |
| 備註 | 最近3年運轉時數平均值 |

| | |
|------------------------|--------------------|
| 數據/參數 | $W_{n,PJ,s}$ |
| 數據單位 | kW |
| 描述 | 專案實施後個別馬達額定滿載輸入功率 |
| 使用數據來源 | 以型錄值計算 |
| 數值 | 138.7 |
| 數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述 | 以馬達額定輸出(HP)與滿載效率計算 |
| 備註 | — |



9. 監測方法：

(1) 應監測之數據與參數

| | |
|---------------------|--|
| 數據/參數 | $W_{n,PJ}$ |
| 數據單位 | kW |
| 描述 | 專案實施後馬達功率 |
| 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 | 138.7 |
| 將被採用的量測方法和步驟之描述 | 以電錶連續量測，操作人員每月紀錄量測值，並將統計數據交由廠務部保存 |
| 將被應用的 QA/QC 步驟 | 操作人員應於馬達正常運轉狀況進行量測，且電力分析儀需定期進行校正(至少 3 年 1 次) |
| 備註 | 於計畫書撰寫時，以馬達額定滿載輸入功率計算 |

| | |
|---------------------|---|
| 數據/參數 | $\eta_{n,PJ}$ |
| 數據單位 | — |
| 描述 | 專案實施後個別馬達效率 |
| 使用數據來源 | 量測值/設備規格值 |
| 用於計算預估排放減量/移除量之數據數值 | 94.1% |
| 將被採用的量測方法和步驟之描述 | 以扭力/轉速量測器等，取馬達一段時間內正常運轉下各負載狀況所得效率之加權平均值 |
| 將被應用的 QA/QC 步驟 | 量測儀器應接受定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍 |
| 備註 | 取自委外檢測報告 |

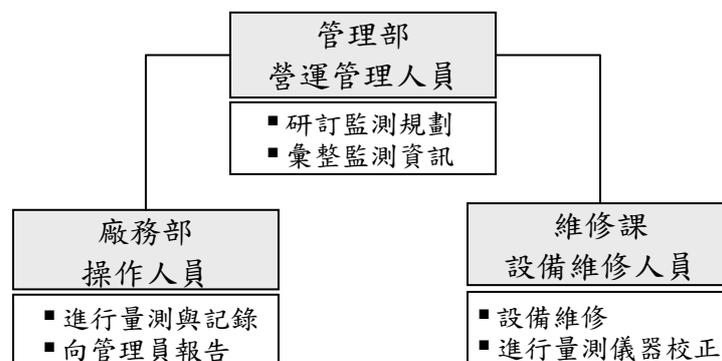
| | |
|---------------------|---|
| 數據/參數 | $LF_{n,PJ}$ |
| 數據單位 | — |
| 描述 | 專案實施後個別馬達負載率 |
| 使用數據來源 | 操作紀錄 |
| 用於計算預估排放減量/移除量之數據數值 | 1 |
| 將被採用的量測方法和步驟之描述 | 每天 1 次記錄運轉情形，彙整年平均負載率 |
| 將被應用的 QA/QC 步驟 | 各區域操作人員需注意馬達運轉狀況是否正常，若欲跳機、製程設備故障等導致之異常數據應予排除。 |
| 備註 | — |

| | |
|---------------------|--|
| 數據/參數 | $T_{n,PJ}$ |
| 數據單位 | h |
| 描述 | 專案實施後個別馬達年運轉時間 |
| 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 | 8,400 |
| 將被採用的量測方法和步驟之描述 | 以個別馬達或相關製程運轉紀錄計算 |
| 將被應用的 QA/QC 步驟 | 操作人員每日記錄馬達(或相關製程之)運轉時間，每月彙整 1 次，並經現場主管確認後，加總計算 |
| 備註 | 以電子檔保存 |

| | |
|---------------------|--|
| 數據/參數 | $EF_{ELEC,y}$ |
| 數據單位 | kgCO ₂ 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 | 引用當年度能源局公告之電力排放係數 |
| 將被應用的 QA/QC 步驟 | 管理部人員每年應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 100 年度公告值 (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"> 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 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 |
| B | <ul style="list-style-type: none"> 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 全部量測代表全部耗能參數皆以量測獲得，而非約定 | <ul style="list-style-type: none"> 使用短時間或連續量測，進行節能效益計算 | <ul style="list-style-type: none"> 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 |
| C | <ul style="list-style-type: none"> 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 通常是利用現有電力公司或燃料公司公表進行量測 | <ul style="list-style-type: none"> 藉由回歸分析，針對公表或分表之數據進行分析比較 | <ul style="list-style-type: none"> 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 |
| D | <ul style="list-style-type: none"> 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 此選項需要大量模擬方面的技術與理論基礎 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 |

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。