

應用範例 某工業膠帶工廠採用高效率鍋爐

1. **專案說明：**廠內 1 台 7 噸煙管式鍋爐，已使用 12 年，生產 $7 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ 蒸汽供製程使用，98-100 年平均重油用量為 3,167kL，預估更換高效率鍋爐後效率，重油用量將降為 2,987kL。鍋爐本體基線熱轉換效率為 83%，欲汰換為熱轉換效率 88% 之高效率鍋爐本體。(本專案並未涉及燃料替換，專案實施前後鍋爐本體燃料皆為中油低硫燃料油)

2.適用條件：

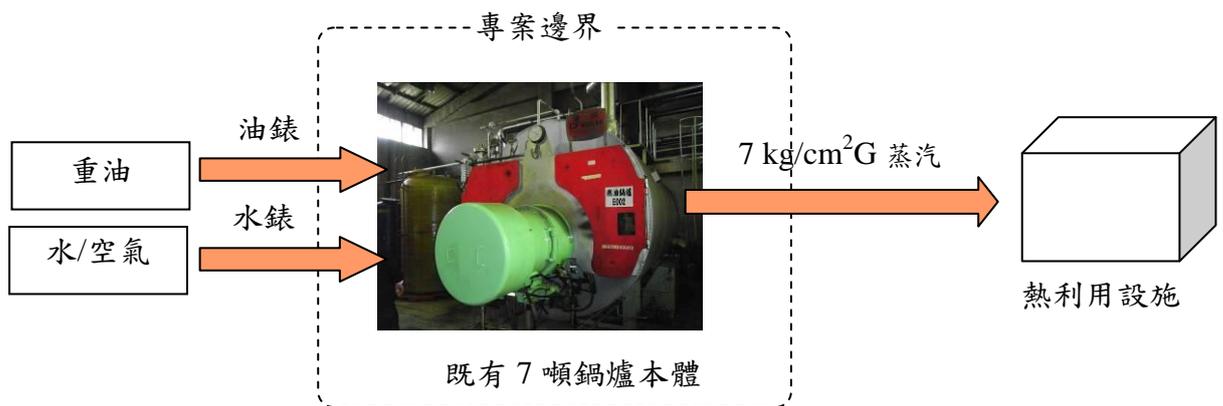
本專案依循「TMS-II-010 更換為高效率鍋爐」方法，並符合下列適用條件—

- (1)廠內所汰換之鍋爐本體，其運轉效率較專案實施前高，符合條件 1。
- (2)本專案僅汰換鍋爐本體，未包括鍋爐系統內其他設備之改造，符合條件 2。
- (3)本專案為既有鍋爐本體的汰換，符合條件 3。
- (4)本專案實施後之鍋爐本體為全新製品，並非來自其他專案活動，符合條件 4。
- (5)專案實施前後，使用重油為熱能來源，符合條件 5。
- (6)專案實施前後，鍋爐本體生產蒸汽供廠內製程使用，符合條件 6。
- (7)既有鍋爐本體無論是否實施專案，皆能持續運作，符合條件 7。
- (8)既有鍋爐本體依循 CDM 最新版次之設備剩餘壽齡推估工具” Tool to determine the remaining lifetime of equipment” 評估，採用選項(a)：製造商提供之設備技術資料，鍋爐本體設備使用年限可達 25 年，現今鍋爐本體已使用 12 年，剩餘使用年限應還有 13 年(大於計入期)，符合條件 8。
- (9)本專案年燃料投入節能量約 $0.77 \text{ GWh}_{\text{th}}$ ，不超過 $180 \text{ GWh}_{\text{th}}$ ，符合條件 9。

3.專案執行邊界：

鍋爐本體。

(1)專案實施前



(2) 專案實施後



(3) 在評估基線與專案實施後之排放量時，鍋爐本體燃料燃燒之溫室氣體排放僅將 CO₂ 納入該專案活動邊界內，如表 1 所示。

表 1 專案邊界內之溫室氣體排放源鑑別

來源	溫室氣體	是否納入	說明/解釋
鍋爐本體燃料使用	CO ₂	是	主要的溫室氣體排放
	CH ₄	否	估計排放量極小，故簡化忽略
	N ₂ O	否	不計

4. 外加性說明：

(1) 法規外加性：現行法令未針對鍋爐本體效率提升進行規範。

(2) 投資障礙分析：設備投資回收年限，大於公司歷年投資容許風險(3 年)，故符合投資外加性。

$$\text{設備投資回收年限} = \frac{\text{設備投資費用(元)} - \text{政府相關補助(元)}}{\text{能源節省量(用量/年)} \times \text{單位能源價格(元)}} > 3 \text{年}$$

相關計算如下：

- 每年節省燃料油 180 公秉，每公秉燃料油為新台幣 20,226 元(依據中油油品價目表 101 年低硫燃料油平均單價)
- 預估本專案投資成本約 1,600 萬元(含鍋爐本體及配管等施工費用)。
- 無政府補助經費。

$$\begin{aligned} \text{設備投資回收年限} &= \frac{\$NTD 16,000,000 - \$NTD 0}{(3,167 \text{ kL/y} - 2,987 \text{ kL/y}) \times \$NTD 20,226/\text{kL}} \\ &= \frac{\$NTD 16,000,000}{\$NTD 3,640,680/\text{y}} \approx 4.4 \text{ 年} > 3 \text{ 年} \end{aligned}$$

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-010 更換為高效率鍋爐」方法，以「既有鍋爐本體之持續使用」做為基線情境。

(2) 基線排放量

$$BE_y = FC_{BL,y} \times EF_{CO_2,i} = 3,167\text{kL} \times 3.11 \text{ tCO}_2\text{e/kL} = 9,849 \text{ tCO}_2\text{e}$$

參數	定義	單位	數值
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e	9,849
$FC_{BL,y}$	y 年之基線燃料油用量	kL	3,167
$EF_{CO_2,i}$	燃料油之二氧化碳排放係數	tCO ₂ e/kL	3.11

y 年之基線燃料用量：

$$FC_{BL,y} = \frac{HC_{BL,y}}{NCV_{BL,FUEL,i}} = \frac{30,402,621\text{Mcal}}{9,600\text{Mcal/kL}} = 3,167\text{kL}$$

參數	定義	單位	數值
$FC_{BL,y}$	y 年之基線燃料油用量	kL	3,167
$HC_{BL,y}$	y 年之基線能源消耗量	Mcal	30,402,621
$NCV_{BL,FUEL,i}$	專案實施前燃料油之淨熱值(低位發熱量)	Mcal/kL	9,600

y 年之基線能源耗用量：

$$\begin{aligned} HC_{BL,y} &= HC_{PJ,y} \times \frac{\eta_{PJ}}{\eta_{BL}} \\ &= 28,675,200\text{Mcal} \times (88\% \div 83\%) \\ &= 30,402,621 \text{ Mcal} \end{aligned}$$

於計畫書撰寫時， $HC_{BL,y} = HC_{his}$

$$HC_{his} = 30,402,621 \text{ Mcal}$$

參數	定義	單位	數值
HC_{his}	基線耗熱量之歷史值	Mcal	30,402,621
$HC_{BL,y}$	y 年之基線能源消耗量	Mcal	30,402,621
$HC_{PJ,y}$	y 年之專案能源用量	Mcal	28,675,200
η_{PJ}	專案鍋爐本體之熱轉換效率	%	88
η_{BL}	基線鍋爐本體之熱轉換效率	%	83

鍋爐本體用來製造壓力蒸汽(涉及水的相變化)：

$$\begin{aligned} HC_{PJ,y} &= FC_{PJ,y} \times NCV_{PJ,FUEL,j} \\ &= 2,987 \text{ kL} \times 9,600\text{Mcal/kL} \\ &= 28,675,200\text{Mcal} \end{aligned}$$

參數	定義	單位	數值
$FC_{PJ,y}$	y 年之專案燃料用量	kL	2,987
$NCV_{PJ,FUEL,j}$	專案實施後燃料油之淨熱值(低位發熱量)	Mcal/kL	9,600

6. 專案實施後之排放量：

$$PE_y = FC_{PJ,y} \times EF_{CO_2,j} \times k = 2,987\text{kL} \times 3.11 \text{ tCO}_2\text{e/kL} \times 1 = 9,290 \text{ tCO}_2\text{e}$$

$$k = \min \{1 ; HC_{his}/HC_{BL,y}\}$$

$$= \min \{1 ; 30,402,621\text{Mcal}/30,402,621\text{Mcal}\}$$

$$= 1$$

參數	定義	單位	數值
PE_y	y 年之專案排放量	tCO ₂ e	9,290
$EF_{CO_2,j}$	燃料油之二氧化碳排放係數	tCO ₂ e/kL	3.11
k	調整因子	-	1

7. 洩漏量：

專案實施後，既有鍋爐本體依廠內報廢程序處理，不會再被使用，故依減量方法「TMS-II-010 更換為高效率鍋爐」並無洩漏產生。

8. 排放減量：

(1) 單一年度排放減量

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

$$= 9,849 \text{ tCO}_2\text{e} - (9,290 \text{ tCO}_2\text{e} + 0) = 559 \text{ tCO}_2\text{e}$$

- 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	559
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e	9,849
PE_y	y 年之專案排放量	tCO ₂ e	9,290
LE_y	y 年之洩漏排放量	tCO ₂ e	0

(2) 計入期計算摘要

本專案以鍋爐本體汰換工程發包日(101 年 10 月 1 日)為起始日，考量鍋爐壽齡約 25 年，則專案結束日期為 126 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 102 年 1 月 1 日~111 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 (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)
102	9,849	9,290	0	559
103	9,849	9,290	0	559
104	9,849	9,290	0	559
105	9,849	9,290	0	559
106	9,849	9,290	0	559
107	9,849	9,290	0	559
108	9,849	9,290	0	559
109	9,849	9,290	0	559
110	9,849	9,290	0	559
111	9,849	9,290	0	559
合計	98,490	92,900	0	5,590

註：上述計算不包括既有/汰換後鍋爐之效率損失。

(3)預設係數與參數說明

數據/參數	η_{BL}
數據單位	%
描述	專案實施前，鍋爐本體之熱轉換效率
使用數據來源	量測計算值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	83
將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> 以燃燒效率分析儀量測計算數值
備註	<ul style="list-style-type: none"> 以電子檔保存，以 98-100 年每季檢測數據平均值計算

數據/參數	HC_{his}
數據單位	Mcal
描述	基線耗熱量之歷史值
使用數據來源	量測值
數值	30,402,621
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	<ul style="list-style-type: none"> 以流量計紀錄歷史燃料油用量與熱值後計算
備註	<ul style="list-style-type: none"> 以紙本或電子檔保存，以 98-100 年量測數據

	計算
--	----

9. 監測方法：

(1) 應監測之數據與參數

數據/參數	η_{PJ}
數據單位	%
描述	專案實施後，鍋爐本體之熱轉換效率
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	88
將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> 以燃燒效率分析儀量測計算數值，每月 1 次，彙整年平均值
將被應用的 QA/QC 步驟	<ul style="list-style-type: none"> 分析儀器量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	<ul style="list-style-type: none"> 於專案計畫書撰寫時，暫以鍋爐廠商規格值計算 以電子檔保存

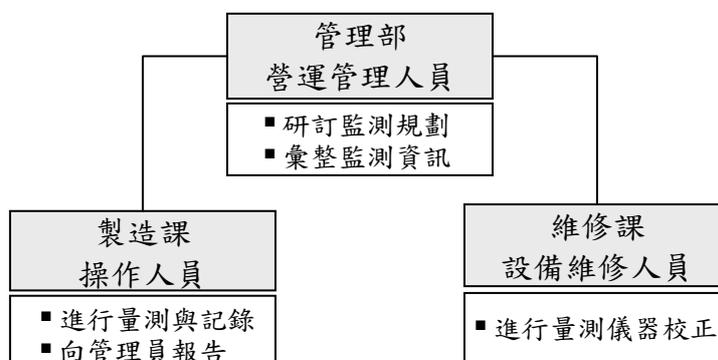
數據/參數	$FC_{PJ,y}$
數據單位	kL
描述	y 年之專燃料油用量
使用數據來源	每月記錄統計年用量
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	2,987
將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> 由燃料商提供之採購單據計算而得
將被應用的 QA/QC 步驟	<ul style="list-style-type: none"> 管理部人員每月紀錄確認採購單據後，再加總計算全年用量
備註	<ul style="list-style-type: none"> 計劃書撰寫時採用 98-100 年數據評估預測值，但專案實施後應以實際量測數據計算，實際用量與計算值一致 以電子檔或紙本保存

數據/參數	$NCV_{BL,FUEL,i} \cdot NCV_{PJ,FUE,j}$
數據單位	Mcal/kL
描述	基線與專案之燃料油之淨熱值(低位發熱量)

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	9,600
將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 引用能源局 100 年度能源統計手冊「燃料油」
將被應用的 QA/QC 步驟	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 管理部人員每年確認相關數值是否更新，並應採用與計畫申請年度最接近之數據。
備註	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 專案實施前後使用燃料一致，故 $NCV_{BL,FUEL,i}$ 及 $NCV_{PJ,FUE,j}$ 皆引用查證當年度最新公告數值計算 ▪ 以電子檔或紙本保存

數據/參數	$EF_{CO2,i}$ 、 $EF_{CO2,j}$
數據單位	tCO ₂ e/kL
描述	燃料油之二氧化碳排放係數
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	3.11
將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 引用環保署「溫室氣體盤查係數管理表」6.0 版
將被應用的 QA/QC 步驟	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 管理部人員每年確認政府公告值是否更新，並應採用與計畫申請年度最接近之數據。
備註	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 專案實施前後使用燃料一致，故 $EF_{CO2,i}$ 及 $EF_{CO2,j}$ 皆引用查證當年度最新公告數值計算 ▪ 以電子檔或紙本保存

(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。