



TMS-II.002

小規模減量方法

工業設施的排氣/高溫產品廢熱回收利用

版本 01.01

範疇別：04 製造工業

目錄	頁數
1. 介紹.....	3
2. 範疇、適用條件及生效日.....	3
2.1. 適用條件.....	3
2.2 生效日	4
3. 專案執行邊界.....	4
4. 外加性.....	5
5. 基線排放	5
5.1 基線情境.....	5
5.2 基線排放量之定義.....	5
5.3 基線能源用量	5
5.4 基線排放量	6
6. 專案排放	7
6.1 專案實施後之能源用量.....	7
6.2 專案實施後之排放量	7
7. 洩漏排放	9
8. 減量.....	9
9. 監測方法	9
9.1 注意事項.....	9
9.2 預設係數與參數說明(僅於專案計畫書確證時確認即可).....	9
9.3 應監測之數據與參數	10
10. 減量方案下之專案應用.....	11
附錄 1. 國際 IPMVP/ 國內 M&V 績效驗證方式.....	12
附錄 2. 減量方法研訂參考依據	13

1. 介紹

1. 下表為本減量方法的重要特性：

表一、減量方法重要特性

減量專案一般用法	藉由廢熱回收裝置，回收工業設施排氣廢熱或產品廢熱再利用，降低熱利用設施化石燃料使用量或用電量。
溫室氣體減量類型	減少熱利用設施化石燃料或電力涉及化石燃料燃燒之溫室氣體排放。

2. 範疇、適用條件及生效日

2.1. 適用條件

2. 本減量方法之適用條件如下：

- (1) 本方法適用於將工業設施(如：高爐、鍋爐等)的高溫煙道排氣廢熱，或是高溫產品(如：鋼錠、化學中間反應物等)在冷卻過程中釋出熱能，透過廢熱回收裝置(如：熱交換器、廢熱導風管、廢熱鍋爐等)，有效回收再利用(如：預熱飼水、空氣、原料及產品等)。
- (2) 透過廢熱回收裝置，包括修改現有裝置，或者安裝一個新的裝置，將既有工業設施之廢熱予以回收，包含將回收之廢熱氣直接作工作流體、原料或產品之熱能(如原料預熱、產品乾燥等)使用，或作為基本熱能程序生產蒸汽、熱水、熱油或熱氣等所需之能源，以降低熱利用設施之燃料/電力/蒸汽等能源使用。若為新設廠/新增產線之情況，則不適用本方法。
- (3) 透過廢熱回收裝置所回收之熱能，僅限用於實施此減量方法之事業單位本身。
- (4) 若未實施專案，既有工業設施仍能繼續使用。因故障或老舊，而無法繼續使用之工業設施，則不適用本方法。
- (5) 專案實施後，可直接量測或以本減量方法公式計算，以記錄邊界內設施的能源使用量(燃料/電力/蒸汽)，掌握廢熱回收量以及降低之能耗量。
- (6) 專案實施前後熱利用設施所使用的燃料相同。
- (7) 如專案執行邊界內設備之剩餘使用年限低於計入期者，應以最低剩餘使用年限作為專案計入期。
- (8) 單一專案的年總節能量不得超過 60 GWh_e。60 GWh_e 年總節能量相當於最大為 180 GWh_{th} 的年燃料投入節能量。

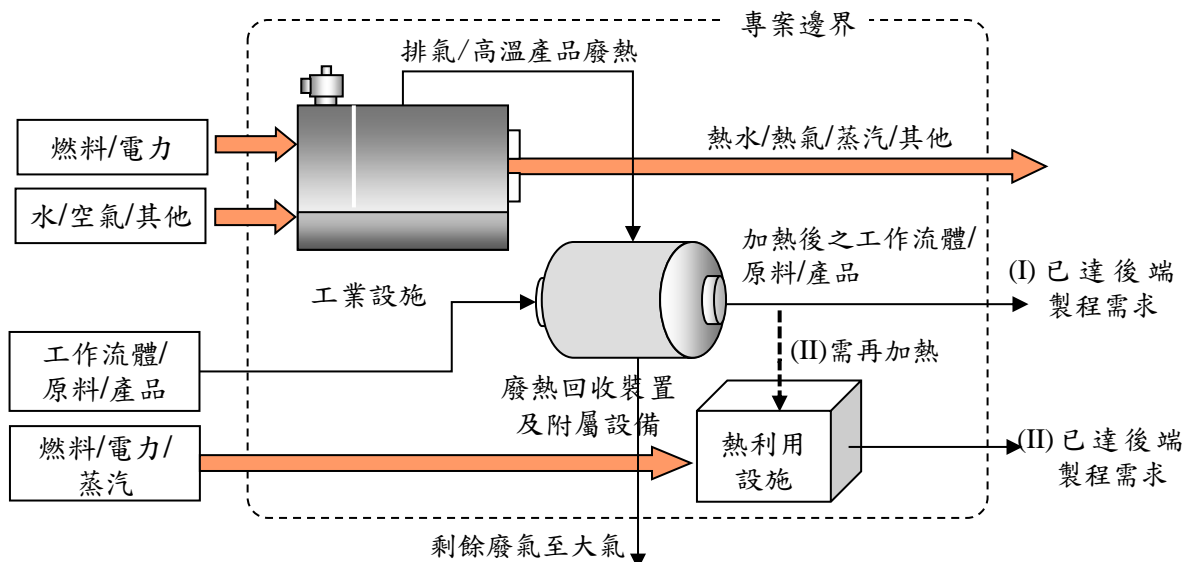
2.2 生效日

3. 生效日係以 2014 年 7 月 18 日「行政院環境保護署溫室氣體先期專案暨抵換專案審議會第九次會議」決議審核通過為準。

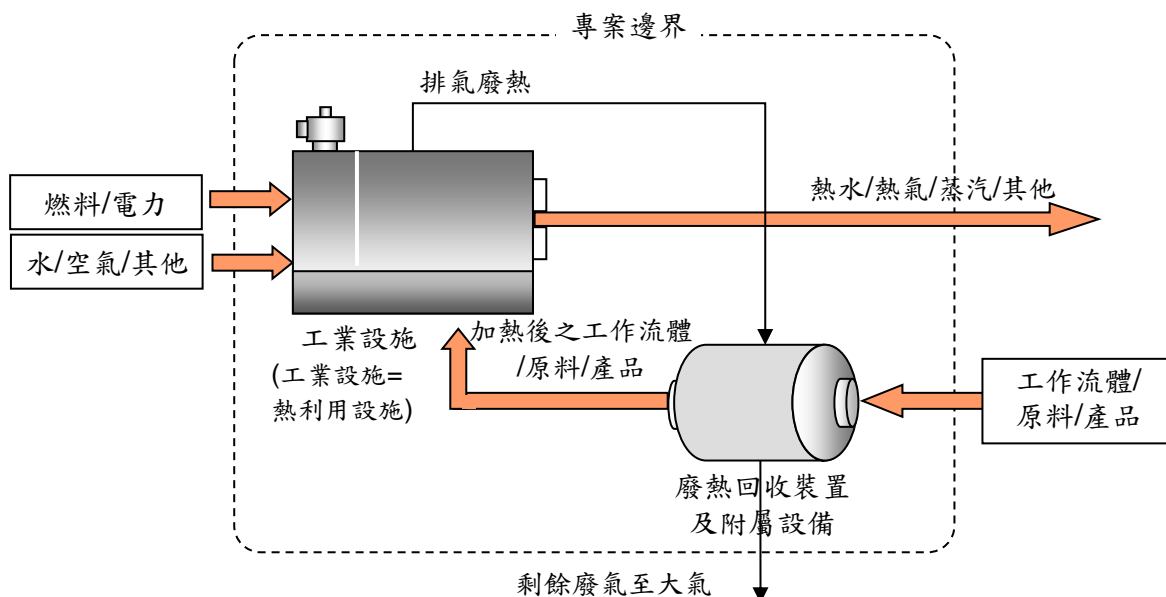
3. 專案執行邊界

4. 廢熱產生來源之工業設施，廢熱回收裝置及其附屬設備(如鼓風機、輸送泵浦等耗電設備)，以及使用廢熱回收裝置提供熱能所加熱工作流體(如水、空氣等)/原料/產品之熱利用設施(如鍋爐、定型機、乾燥機等)。

- (1) 熱利用設施與工業設施為不同設備時：



- (2) 熱利用設施與工業設施為同一設備時：



5. 在評估基線與專案排放時，燃料燃燒之溫室氣體排放僅將 CO₂ 納入該專案活動邊界內，如表二所示。

表二、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
熱利用設施的化石燃料使用	CO ₂	是	主要的溫室氣體排放
	CH ₄	否	估計排放量極小，故簡化忽略不計
	N ₂ O	否	
熱利用設施的電力使用	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

6. 依循環保署抵換專案制度小規模減量方法對外加性之規範，需符合法規外加性及障礙分析 (投資障礙、技術障礙、普遍性障礙或其他障礙等至少一項)。

5. 基線排放

7. 本減量方法之設計基本概念為，藉由監測專案實施後，工作流體/原料/產品於廢熱回收裝置出口與後端製程入口之熱焓或溫度差，計算熱利用設施所節省之燃料/電力，以明確地將專案實施所產生之節能效益，與專案活動影響以外其他變數，例如因產量減少、或其他製程設備之效率提升，而使熱利用設施之熱能需求減少，自然降低燃料/電力用量之情況，所造成之能源使用變化區隔。

5.1 基線情境

8. 本減量方法係依聯合國氣候變遷綱要公約之清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM) 基線方法所列「現有實際或歷史的溫室氣體排放量」計算基線排放量，故以「將既有工業設施未經回收設備回收利用之熱能直接或間接排放」做為基線情境。

5.2 基線排放量之定義

9. 專案活動實施前，熱利用設施使用燃料或電力加熱工作流體/原料/產品所產生之溫室氣體排放。

5.3 基線能源用量

10. 未進行廢熱回收時，熱利用設施之耗熱量(得包含顯熱、潛熱及反應熱等)：

$$HC_{BL,y} = M \times \Delta h_{BL}$$

式 1

11. 僅涉及無相變化時，熱利用設施之耗熱量得以下列公式計算：

$$HC_{BL,y} = M \times C_p \times \Delta t_{BL} \quad \text{式 2-1}$$

$$HC_{BL,y} = \min(HC_{BL,y}, HC_{his}) \quad \text{式 2-2}$$

參數	定義	單位
$HC_{BL,y}$	y 年之基線耗熱量	kcal
M	工作流體/原料/產品之質流量	kg/y
Δh_{BL}	專案實施前，工作流體/原料/產品於熱利用設施入口與熱利用設施出口之熱焓差	kcal/kg
C_p	工作流體/原料/產品之比熱	kcal/kg°C
Δt_{BL}	專案實施前，工作流體/原料/產品於熱利用設施入口與出口之溫度差	°C
HC_{his}	基線耗熱量之歷史值	kcal

註：1. 於專案計畫書撰寫時， M 為專案實施活動前最近 3 年歷史平均值，如數據取得困難，得以專案實施前最近 1 年累計值計算； Δh_{BL} 、 Δt_{BL} 為專案實施活動前最近 3 年歷史平均值，如數據取得困難，得以專案實施前最近 1 年平均值計算。

2. 線耗熱量之歷史值(HC_{his})為專案實施前最近 3 年熱利用設施耗熱量之平均值，如數據取得困難，得以專案實施前最近 1 年累計用量計算。

5.4 基線排放量

12. BE_y 之決定：

(1) 當熱利用設施使用之能源型態為燃料時：

$$BE_y = \frac{HC_{BL,y}}{\eta} \times EF_{CO_2,heat} \times 4.1868 \times 10^{-9} \quad \text{式 3}$$

(2) 當熱利用設施使用之能源型態為電力時：

$$BE_y = \frac{HC_{BL,y}}{NCV_{ELEC} \times \eta} \times EF_{ELEC,y} \times 10^{-3} \quad \text{式 4}$$

參數	定義	單位
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e
$HC_{BL,y}$	y 年之基線耗熱量	kcal
η	熱利用設施之熱轉換效率	%
$EF_{CO_2,heat}$	單位熱能之燃料二氧化碳排放係數	tCO ₂ /TJ、 tCO ₂ /Mcal
NCV_{ELEC}	電力熱值	Mcal/MWh
$EF_{ELEC,y}$	電力或電網排放係數	kgCO ₂ e/kWh tCO ₂ /MWh

註：1. 熱量單位換算，1 kcal = 4.1868 × 10⁻⁹ TJ。
 2. 電力度數換算，1 MWh = 1,000 kWh。

6. 專案排放

6.1 專案實施後之能源用量

13. 專案實施後能源用量為使用所回收之廢熱後，熱利用設施之耗熱量(得包含顯熱、潛熱及反應熱等)：

$$HC_{PJ,y} = M \times \Delta h_{PJ} \times k \quad \text{式 5-1}$$

14. 僅涉及無相變化時，專案實施後熱利用設施之耗熱量得以下列公式計算：

$$HC_{PJ,y} = M \times C_p \times \Delta t_{PJ} \times k \quad \text{式 5-2}$$

$$k = \frac{HC_{his}}{HC_{BL,y}}, k \leq 1 \quad \text{式 6}$$

參數	定義	單位
$HC_{PJ,y}$	y 年之專案耗熱量	kcal
M	工作流體/原料/產品之質流量	kg/y
Δh_{PJ}	專案實施後，工作流體/原料/產品於廢熱回收裝置出口與後端製程入口之熱焓差	kcal/kg
k	調整因子	—
C_p	工作流體/原料/產品之比熱	kcal/kg°C
Δt_{PJ}	專案實施後，工作流體/原料/產品於廢熱回收裝置出口與後端製程入口之溫度差	°C
HC_{his}	基線耗熱量之歷史值	kcal
$HC_{BL,y}$	y 年之基線耗熱量	kcal

註：1. 專案實施後， M 、 Δh_{PJ} 、 Δt_{PJ} 等參數應使用當年度實際值。
 2. 公式 6 之 $HC_{BL,y}$ ，係以公式 1 計算結果帶入。

6.2 專案實施後之排放量

15. 專案實施後之排放量計算如下：

$$PE_y = PE_{h,y} + PE_{a,y} \quad \text{式 7}$$

16. $PE_{h,y}$ 之決定：

(1)當熱利用設施使用之能源型態為燃料時：

$$PE_{h,y} = \frac{HC_{PJ,y}}{\eta} \times EF_{CO2,heat} \times 4.1868 \times 10^{-9} \quad \text{式 8}$$

(2)當熱利用設施使用之能源型態為電力時：

$$PE_{h,y} = \frac{HC_{PJ,y}}{NCV_{ELEC} \times \eta} \times EF_{ELEC,y} \times 10^{-3} \quad \text{式 9}$$

17. 專案邊界內廢熱回收裝置之附屬設備，如鼓風機、輸送泵浦等使用能源產生之排放量，其中：

(1)當附屬設備使用之能源型態為燃料時：

$$PE_{a,y} = FC_{a,i,y} \times EF_{CO2,i} \quad \text{式 10-1}$$

(2)當附屬設備使用之能源型態為電力時：

$$PE_{a,y} = EC_{a,ELEC,y} \times EF_{ELEC,y} \quad \text{式 10-2}$$

參數	定義	單位
PE_y	y 年之專案排放量	tCO ₂ e
$PE_{h,y}$	專案熱利用設施排放量	tCO ₂ e
$PE_{a,y}$	y 年之專案附屬設備排放量	tCO ₂ e
$HC_{PJ,y}$	y 年之專案耗熱量	kcal
η	熱利用設施之熱轉換效率	%
$EF_{CO2,heat}$	單位熱能之燃料二氧化碳排放係數	tCO ₂ /TJ、 tCO ₂ /Mcal
NCV_{ELEC}	電力熱值	Mcal/MWh
$EF_{ELEC,y}$	電力或電網排放係數	kgCO ₂ e/kWh tCO ₂ /MWh
$FC_{a,i,y}$	y 年之專案附屬設備之燃料 i 用量	t、kL、km ³ 等
$EC_{a,ELEC,y}$	y 年之專案附屬設備用電量	kWh
$EF_{CO2,i}$	燃料 i 之二氧化碳排放係數	tCO ₂ e/t、 CO ₂ e/kL、 tCO ₂ e/km ³ 等

註：1. 熱量單位換算，1 kcal = 4.1868 × 10⁻⁹ TJ。

2. 電力度數換算，1 MWh = 1,000 kWh。

7. 洩漏排放

18. 本減量方法並未涉及洩漏效應，且大部分潛在之洩漏源均已於適用條件考量並規範，予以排除。
19. 設備之生產、搬運、裝設與廢棄時所產生之溫室氣體排放，不納入洩漏排放。

$$LE_y \quad \text{式 11}$$

參數	定義	單位
LE_y	y 年之洩漏排放量	tCO ₂ e

8. 減量

20. 計入期間 y 年之減量計算如下：

$$ER_y = BE_y - (PE_y + LE_y) \quad \text{式 12}$$

參數	定義	單位
ER_y	y 年之減量	tCO ₂ e
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e
PE_y	y 年之專案排放量	tCO ₂ e
LE_y	y 年之洩漏排放量	tCO ₂ e

9. 監測方法

9.1 注意事項

21. 數據來源之優先順序由上而下，在數據可取得之情況下，應優先選擇實際量測值。
22. 數據以型錄值、操作紀錄、生產作業時間推算、短期或暫態量測等方式取得時，查驗機構得視實況，請專案執行者提出不確定性說明或其他佐證文件。
23. 實施短期或暫態量測時，應取系統/設備正常運轉模式下之一段時間內，各負載下所量測值之加權平均值。

9.2 預設係數與參數說明(僅於專案計畫書確證時確認即可)

參數	定義	單位	數據來源
C_p	工作流體/原料/產品之比熱	kcal/kg°C	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 引用文獻資料(如技術手冊等)
Δt_{BL}	專案實施前，工作流體/原料/產品於熱利用設施入口與出口之溫度差	°C	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 以線上溫度計量測值計算；或 ▪ 以短期/暫態量測值計算；或

參數	定義	單位	數據來源
			<ul style="list-style-type: none"> 操作紀錄；或 製程設計值 如選擇事前監測 (<i>ex ante</i>)，僅需於確證時確認；如選擇事後監測 (<i>ex post</i>)，需每年確認
Δh_{BL}	專案實施前，工作流體/原料/產品於熱利用設施入口與出口之熱焓差	kcal/kg	<ul style="list-style-type: none"> 依實測溫度或/及壓力等資訊查文獻資料(如技術手冊等)求得；或 依製程要求查文獻資料求得 如選擇事前監測 (<i>ex ante</i>)，僅需於確證時確認；如選擇事後監測 (<i>ex post</i>)，需每年確認
HC_{his}	基線耗熱量之歷史值	kcal	<ul style="list-style-type: none"> 以短期/暫態量測值計算；或 操作紀錄；或 製造商所載規格
NCV_{ELEC}	電力熱值	Mcal/ MWh	<ul style="list-style-type: none"> 使用預設值(電力熱值 860 Mcal 或 MWh)

9.3 應監測之數據與參數

參數	定義	單位	數據來源	監測頻率
M	工作流體/原料/產品之質量流	Kg/y	<ul style="list-style-type: none"> 流量計量測值；或 	連續量測
			<ul style="list-style-type: none"> 短期/暫態量測值；或 	1年1次
			<ul style="list-style-type: none"> 生產操作紀錄 	每月記錄
Δt_{PJ}	專案實施後，工作流體/原料/產品於廢熱回收裝置出口與後端製程入口之溫度差	°C	<ul style="list-style-type: none"> 短期/暫態量測值 	1年1次
			<ul style="list-style-type: none"> 生產操作紀錄 	每月記錄
			<ul style="list-style-type: none"> 製程設計值 	1年1次
Δh_{PJ}	專案實施後，工作流體/原料/產品於廢熱回收裝置出口與後端製程入口之熱焓差	kcal/kg	<ul style="list-style-type: none"> 依實測溫度或/及壓力查文獻資料(如技術手冊等)求得 	每月記錄
			<ul style="list-style-type: none"> 依製程要求查文獻資料(如技術手冊等)求得 	1年1次

參數	定義	單位	數據來源	監測頻率
η	熱利用設施之熱轉換效率	%	▪ 短期/暫態量測值	1年1次
			▪ 製造商所載規格	—
$FC_{a, i, y}$	y年之專案附屬設備之燃料i用量	t、kL、km ³ 等	▪ 流量計量測值；或	連續量測
			▪ 操作紀錄	每月記錄
$EC_{a, ELEC, y}$	y年之專案附屬設備用電量	kWh	▪ 電錶量測值；或，	連續量測
			▪ 短期/暫態量測值乘實際運轉時數計算	1年1次
$EF_{CO_2, heat}$	單位熱能之燃料二氧化碳排放係數	tCO ₂ /TJ、tCO ₂ /Mcal	▪ IPCC公告值；或 ▪ 以自廠燃料排放係數計算： $EF_{CO_2, heat} = \frac{\text{自廠燃料之二氧化碳排放係數}}{\text{燃料淨熱值}}$	1年1次
$EF_{CO_2, i}$	燃料i之二氧化碳排放係數	tCO ₂ e/t、tCO ₂ e/kL、tCO ₂ e/km ³ 等	▪ 依政府公告碳排放係數計算： ▪ $EF_{CO_2} = \text{碳排放係數(kgC/GJ)} \times (44/12) \times 4.1868 \times NCV \times 10^{-6}$	1年1次
$EF_{ELEC, y}$	電力或電網排放係數	kgCO ₂ e/kWh、tCO ₂ /MWh	▪ 引用政府最新年度公告電力排放係數	1年1次
			▪ 依據國際 CDM 電力排放係數計算工具(Tool to calculate the emission factor for an electricity system)求出當年度混合邊際(CM)排放係數	如選擇事前(ex ante)監測，僅需於專案計畫書確認時確認

註：1. 採連續量測方式，至少每月紀錄1次，並取年平均值計算。

2. 監測頻率可參考 IPMVP 規範，或國內節能績效驗證(M&V)相關作法，可參閱附錄 1。

10. 減量方案下之專案應用

24. 如本減量方法應用於方案型減量專案，須符合下列事項：

- (1) 洩漏量之計算應符合第 7 節之規範。
- (2) 當計畫活動包括熱回收裝置及附屬設備之導入時，專案實施後，如既有設備直接報廢，則可忽略該設備於其他活動使用造成之洩漏，但應針對其報廢情形進行監測。監測內容應確保被替換之既有設備數量與報廢設備數量一致，故報廢設備應保留至此一致性被確認為止。既有設備之報廢資訊應被文件化並查證。

附錄 1. 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。

附錄 2. 減量方法研訂參考依據

	資料名稱	應用項目
①	日本國內額度制度(JCDM)，方法論編號 018「導入儲熱系統以進行廢熱回收再利用(回収した未利用の排熱を供給する蓄熱システムの導入)」，2010.12。 (JCDM 網站連結 http://jcdm.jp/index.html)	適用條件、專案執行邊界、外加性說明、基線/專案實施後之排放量等，為本減量方法主要參考來源
②	日本抵換額度制度(JVER)，方法論編號 E006「廢熱回收與利用(排熱回收・利用)」第 6.0 版，2011.06。	適用條件、洩漏量、監測方法
③	國際清潔發展機制(CDM)，小規模方法學編號 AMS-II.D「工業設施的能源效率和燃料轉換措施專案(Energy efficiency and fuel switching measures for industrial facilities)」第 12 版，2009.12。	適用條件及方案型專案(PCDM)相關說明
④	國際清潔發展機制(CDM)，小型方法學減量專案計畫申請編號 0794，「排氣廢熱回收作為鍋爐空氣預熱使用(Reducing heat loss into atmosphere along with the flue gases by utilizing it for preheating of combustion air of service boiler at Indo-Gulf Fertilisers)」，2007.01.14。	基線/專案實施後之排放量、應用範例、監測方法
⑤	國際清潔發展機制(CDM)，小型方法學編號 AMS-III.Q「利用廢油氣的能源系統(Waste energy recovery (gas/heat/pressure) projects)」第 3、4 版，2009.12、2011.4。	應用範例(含計入期及 QA/QC 等)
⑥	國際清潔發展機制(CDM)，電網排放係數計算工具(Tool to calculate the emission factor for an electricity system)第 2.2.1 版，2011.09。	監測方法(電力或電網排放係數)
⑦	「廢熱回收節能管理手冊」，工業技術研究院，2008.06。	專案執行邊界、適用條件、應用範例

減量方法資料

版次	日期	修訂記錄
01.1	2014 年 7 月 18 日	修訂適用性條件、專案邊界、外加性分析描述、基線描述、 Δh_{PJ} 與 Δt_{PJ} 之參數定義。
01.0	2012 年 11 月 22 日	「行政院環境保護署溫室氣體先期專案暨抵換專案審議會第四次會議」決議審核通過。

本減量方法為經濟部工業局(節能減碳服務團計畫)
「IDB-II-003 工業設施的排氣/高溫產品廢熱回收利用」申請認可之減量方法。
