



TMS-II.004

小規模減量方法

既有空壓系統之能源效率提升

版本 01.0

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.....	4
5. 基線排放	4
5.1 基線情境.....	4
5.2 基線排放量之定義.....	4
5.3 基線用電量	4
5.4 基線排放量	6
6. 專案排放	6
6.1 專案空壓系統用電量.....	6
6.2 專案實施後之排放量.....	7
7. 洩漏排放	8
8. 減量.....	8
9. 監測方法	8
9.1 注意事項.....	8
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	9
10. 減量方案下之專案應用	10
附錄 1. 國際 IPMVP/ 國內 M&V 績效驗證方式.....	11
附錄 2. 減量方法研訂參考依據.....	12

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	藉由修改/翻新、汰換既有空壓系統之設備單元/管路，或導入變頻/台數控制，以提升系統整體之能效，減少空壓用電量。
溫室氣體減量類型	減少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) 工廠空壓機系統中，既有空壓機之修改/翻新(如替換空壓機之快速接頭、噴嘴或祛水器等)、汰換空壓機周邊設備(如乾燥機之汰換等)、導入變頻/台數控制或改善配管等，以提升空壓系統整體之能源效率。但，不適用於單一空壓機主機之汰換。
- (2) 若未實施專案，既有空壓機附屬/周邊設備皆能繼續使用。既有設備為故障或老舊而不能繼續使用者，則不適用本方法。
- (3) 專案實施後，空壓系統內所汰換設備需為全新設備，不得來自其他專案活動。
- (4) 專案實施後，可以量測方式取得與空壓系統耗能最相關之活動數據(如產氣量或耗電量)。
- (5) 專案實施後，空壓系統內所裝設節能設備運轉容量或空壓系統之規格輸出量，不應大於既有設備容量/產氣量之 150%，或小於既有設備容量/產氣量之 90%。
- (6) 除採用高低壓分流措施之情形，專案實施前後壓縮空氣使用端之設定壓力差距應於 1kgf/cm² 以內。
- (7) 專案實施前後，空壓系統運轉之動力來源為電力。
- (8) 專案實施後，空壓系統所產生壓縮空氣為自廠所使用。
- (9) 空壓系統中冷凍式乾燥機之冷媒逸散或以低碳冷媒替代措施，不列入減量效益計算。
- (10) 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。
- (11) 單一專案之年總節能量不得超過 60 GWh_e。

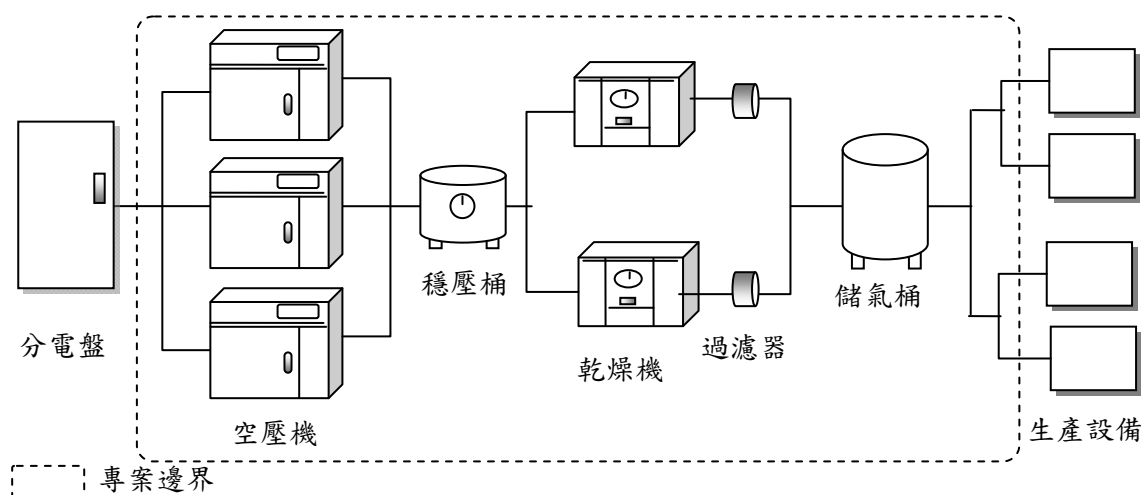
2.2 生效日

3. 生效日係以 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」決議審核通過為準。

3. 專案執行邊界

4. 專案執行邊界涉及：

- (1) 空壓機及使用壓縮空氣之機械設備。
- (2) 包括空壓機附屬設備或空壓系統內其他周邊設備(如乾燥機、空氣桶及祛水器等)。



4. 外加性

5. 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四擇一 (投資障礙、技術障礙、普遍性障礙或其他障礙)。

5. 基線排放

5.1 基線情境

6. 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「既有空壓系統內所有設備持續使用」做為基線情境。

5.2 基線排放量之定義

7. 使用既有空壓系統所產生之溫室氣體排放量。

5.3 基線用電量

8. 如專案系統耗電可以直接量測取得時：

$$EC_{BL,y} = EC_{PJ,y} \div \alpha \times k \quad \text{式 1}$$

$$\alpha = \frac{\eta_{sys, BL}}{\eta_{sys, PJ}} \quad \text{式 2}$$

$$k = \frac{Q_{sys, his}}{Q_{sys, PJ, y}}, k \leq 1 \quad \text{式 3}$$

參數	定義	單位
$EC_{BL,y}$	y 年之基線用電量	kWh
$EC_{PJ,y}$	y 年之專案用電量	kWh
α	專案實施前後之空壓系統效率提升比例	$0 < \alpha \leq 1$
k	調整因子	—
$\eta_{sys, BL}$	專案實施前空壓系統效率(單位耗電產氣量)	m ³ /kWh、SCFM/hp
$\eta_{sys, PJ}$	專案實施後空壓系統效率(單位耗電產氣量)	m ³ /kWh、SCFM/hp
$Q_{sys, PJ, y}$	空壓系統 y 年之專案總產氣量	m ³ 、SCFM
$Q_{sys, his}$	空壓系統總產氣量之歷史值	m ³ /y、SCFM/y

註：空壓系統總產氣量之歷史值($Q_{sys, his}$)為最近 3 年系統總產氣量平均值，如數據取得困難，得以最近 1 年系統總產氣量計算。於專案計畫書撰寫時 $Q_{sys, PJ, y} = Q_{sys, his}$ 。

9. 如專案系統耗電無法以直接量測方式取得時：

$$EC_{BL,y} = EC_{air.comp, sys, his} \times k \quad \text{式 4}$$

$$k = \frac{Q_{sys, his}}{Q_{sys, PJ, y}}, k \leq 1 \quad \text{式 5}$$

10. 如系統總產氣量無法以直接量測方式取得，可以系統內各主機年產氣量之總和計算：

$$Q_{sys, his} = \sum (W_{n, equip, BL} \times \eta_{n, equip, BL} \times T_{n, equip, his}) \quad \text{式 6}$$

參數	定義	單位
$EC_{BL,y}$	y 年之基線用電量	kWh
$EC_{air.comp, sys, his}$	專案實施前空壓系統內所有設備用電量之歷史值(含空壓主機、乾燥機、變頻裝置或台數控制器等)	kWh/y
k	調整因子	—
$Q_{sys, PJ, y}$	空壓系統 y 年之專案總產氣量	m ³ 、SCFM
$Q_{sys, his}$	空壓系統總產氣量之歷史值	m ³ /y、SCFM/y
$W_{n, equip, BL}$	專案實施前空壓主機 n 之輸入馬力	hp、kW

參數	定義	單位
$\eta_{n, equip, BL}$	專案實施前空壓主機 n 之效率 (單位耗電產氣量)	m^3/kWh 、SCFM/ hp
$T_{n, equip, his}$	空壓主機 n 之年運轉時間歷史值	h/y

註：空壓系統總產氣量之歷史值($Q_{sys, his}$)及空壓主機 n 年運轉時間之歷史值($T_{n, equip, his}$)為最近 3 年平均值，如數據取得困難，得以最近 1 年總量計算。於專案計畫書撰寫時 $Q_{sys, PJ, y} = Q_{sys, his}$ 。

5.4 基線排放量

11. 基線排放量計算式如下：

$$BE_y = EC_{BL, y} \times EF_{ELEC, y} \div 1,000 \quad \text{式 7}$$

參數	定義	單位
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e
$EC_{BL, y}$	y 年之基線用電量	kWh
$EF_{ELEC, y}$	電力或電網排放係數	kgCO ₂ e/kWh tCO ₂ /MWh

註：單位換算，1 t = 1,000 kg。

6. 專案排放

6.1 專案空壓系統用電量

12. 如專案系統耗電可以直接量測取得時：

$$EC_{PJ, y} \quad \text{式 8}$$

參數	定義	單位
$EC_{PJ, y}$	y 年之專案用電量	kWh

註：1. 於專案計畫書撰寫時，得以 $EC_{PJ, y} = Q_{sys, his} \div \eta_{sys, PJ}$ 計算；其中，空壓系統效率($\eta_{sys, PJ}$)可以試車檢測報告(短期/暫態量測值)或設備商提供檢測(實驗)數據計算。

2. 如系統產量增加($Q_{sys, PJ, y} > Q_{sys, his}$)，應於計算時以公式 5 之 k 值同步調整專案用電量，以合理計算專案用電。

13. 如專案系統耗電無法以直接連續量測方式取得時：

14. 專案實施後空壓系統用電量($EC_{PJ, y}$)應以公式 9 計算，並依工廠狀況，以公式 10-1 或 10-2 其中一種方法計算專案實施前後之空壓系統效能提升比例(α)。

$$EC_{PJ, y} = EC_{BL, y} \times \alpha \quad \text{式 9}$$

$$\alpha = \frac{\eta_{sys, BL}}{\eta_{sys, PJ}} \quad \text{式 10-1}$$

15. 如空壓系統效率($\eta_{sys, BL}$ 及/或 $\eta_{sys, PJ}$)無法以直接量測方式取得時，可以系統內空壓主機總耗電減少比例計算。

$$\alpha = \frac{EC'_{equip, PJ, y}}{EC'_{equip, his}} \quad \text{式 10-2}$$

$$EC'_{equip, PJ, y} = \Sigma (EC'_{m, PJ, y} \times k') \quad \text{式 11}$$

$$EC'_{equip, his} = \Sigma EC'_{n, his} \quad \text{式 12}$$

$$k' = \frac{Q_{m, equip, his}}{Q_{n, equip, PJ, y}}, k' \leq 1 \quad \text{式 13}$$

參數	定義	單位
$EC_{PJ, y}$	y 年之專案用電量	kWh
$EC_{BL, y}$	y 年之基線用電量	kWh
α	專案實施前後之空壓系統效率提升比例	$0 < \alpha \leq 1$
$\eta_{sys, BL}$	專案實施前空壓系統效率(單位耗電產氣量)	m ³ /kWh、SCFM/hp
$\eta_{sys, PJ}$	專案實施後空壓系統效率(單位耗電產氣量)	m ³ /kWh、SCFM/hp
$EC'_{equip, PJ, y}$	空壓主機 y 年之專案用電量總和	kWh
$EC'_{equip, his}$	專案實施前空壓主機年用電量總和之歷史值	kWh
$EC'_{m, PJ, y}$	空壓主機 m 於 y 年之專案用電量	kWh
$EC'_{n, his}$	專案實施前空壓主機 n 之年用電量歷史值	kWh
k'	調整因子	—
$Q_{n, equip, his}$	專案實施前空壓主機 n 總產氣量之歷史值	m ³ /y、SCFM/y
$Q_{m, equip, PJ, y}$	空壓主機 m 於 y 年之專案總產氣量	m ³ 、SCFM

註：1. 如專案實施前後空壓主機用電量總和($EC'_{equip, his}$ 及 $EC'_{equip, PJ, y}$)無法直接量測取得，則可以公式 11~13 計算。

2. 於專案計畫書撰寫時 $Q_{m, equip, PJ, y} = Q_{n, equip, his}$ 。

6.2 專案實施後之排放量

16. 專案實施後之排放量計算如下：

$$PE_y = EC_{PJ, y} \times EF_{ELEC, y} \div 1,000 \quad \text{式 14}$$

參數	定義	單位
PE_y	y 年之專案排放量	tCO ₂ e
$EC_{PJ, y}$	y 年之專案用電量	kcal

參數	定義	單位
$EF_{ELEC, y}$	電力或電網排放係數	kgCO ₂ e/kWh tCO ₂ /MWh

註：單位換算，1t = 1,000kg。

7. 洩漏排放

17. 如空壓系統既有設備自專案邊界移出後，仍於自廠繼續使用，則必須考慮洩漏。(查驗機構可視實際狀況，要求專案申請者出具設備處理相關佐證資料)
18. 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。
19. 洩漏排放量計算如下：

$$LE_y \quad \text{式 15}$$

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：

$$ER_y = BE_y - (PE_y + LE_y) \quad \text{式 16}$$

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
$\eta_{sys, BL}$	專案實施前空壓系統效率 (單位耗電產氣量)	m ³ / kWh、 SCFM/ hp	- 短期/暫態量測值；或 - 以型錄值計算
$Q_{sys, his}$	空壓系統總產氣量之歷史值	m ³ /y、 SCFM/y	- 流量計量測值；或 - 以各設備型錄值乘以實際運轉時數計算
$EC_{air.comp, sys, his}$	專案實施前空壓系統內所有設備用電量之歷史值	kWh/y	- 電錶量測值；或 - 以各設備型錄值乘以實際運轉時數計算
$W_{n, equip, BL}$	專案實施前空壓主機 n 之輸入馬力	hp、kW	- 短期/暫態量測值；或 - 以型錄值計算
$\eta_{n, equip, BL}$	專案實施前空壓主機 n 之效率(單位耗電產氣量)	m ³ / kWh、 SCFM/ hp	- 短期/暫態量測值；或 - 以型錄值計算
$T_{n, equip, his}$	空壓主機 n 年運轉時間之歷史值	h/y	- 連續量測值；或 - 操作紀錄
$EC'_{equip, his}$	專案實施前空壓主機年用電量總和之歷史值	kWh	- 電錶量測值；或 - 操作紀錄
$EC'_{n, his}$	專案實施前空壓主機 n 之年用電量歷史值	kWh	- 短期/暫態量測值；或 - 以設備型錄值乘以實際運轉時數計算
$Q_{n, equip, his}$	專案實施前空壓主機 n 總產氣量之歷史值	m ³ /y、 SCFM/y	- 連續量測值；或 - 以各設備型錄值乘以實際運轉時數計算

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
$EC_{PJ, y}$	y 年之專案用電量	kWh	電錶量測值；或，	連續量測
			短期/暫態量測值	至少 1 年 1 次
$\eta_{sys, PJ}$	專案實施後空壓系統效率(單位耗電產氣量)	m ³ / kWh、 SCFM/ hp	短期/暫態量測值	至少 1 年 1 次
$Q_{sys, PJ, y}$	空壓系統 y 年之專案總產氣量	m ³ 、SCFM	流量計量測值；或，	連續量測
			短期/暫態量測值	至少 1 年 1 次
$EC'_{equip, PJ, y}$	空壓主機 y 年之專案用電量總和	kWh	電錶量測值	連續量測
$EC_{m, PJ, y}$	空壓主機 m 於 y 年之專案用電量	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	至少 1 年 1 次
$Q_{m, equip, PJ, y}$	空壓主機 m 於 y	m ³ 、SCFM	流量計量測值；或，	每連續量測

參數	定義	單位	數據來源	監測頻率
	年之專案總產氣量		▪ 短期/暫態量測值乘實際運轉時數計算	至少 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(<i>Tool to calculate the emission factor for an electricity system</i>)求出當年度混合邊際(CM)排放係數	如選擇事前(<i>ex ante</i>)監測，僅需於專案計畫書確證時確認

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) 專案實施後，如空壓系統中既有設備直接報廢，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類型/數量與報廢設備類型/數量一致，故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	- 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	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	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	- 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	使用短時間或連續量測，進行節能效益計算	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	- 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	藉由回歸分析，針對公表或分表之數據進行分析比較	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	- 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	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	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 005「泵浦、風扇設備導入卸載、變頻或台數控制(間欠運転制御、インバーター制御又は台数制御によるポンプ・ファン類可変能力制御機器の導入)，2011.01。 (JCDM 網站連結 http://jcdm.jp/index.html)	邊界、外加性、基線/專案實施後排放量計算等(為本減量方法主要參考來源)
②	日本國內額度制度(JCDM)，方法論編號 025「更換為高效率泵浦、風扇設備(ポンプ・ファン類の更新)」，2011.03。	邊界、外加性、適用條件
③	國際清潔發展機制(CDM)，電網排放係數計算工具 (<i>Tool to calculate the emission factor for an electricity system</i>) 第 2.2.1 版，2011.09。	監測方法(電力或電網排放係數)
④	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 (<i>Energy efficiency and fuel switching measures for industrial facilities</i>)」第 12 版，2009.12。	監測方法、方案型專案 (PCDM)相關說明
⑤	國際清潔發展機制(CDM)，小規模方法學編號 AMS-II.C「需求端利用特定技術的能源效率活動 (<i>Demand-side energy efficiency activities for specific technologies</i>)」第 14 版，2012.08。	適用條件
⑥	日本國內額度制度(JCDM)，減量專案計畫書申請編號 0702「大成鋼版印刷公司茨城工廠空壓系統節能設備導入專案 (大成ブリキ印刷株式会社茨城工場へのコンプレッサー省エネ設備の導入による排出削減事業)」，2011.7。	應用範例(含計入期及 QA/QC 等)
⑦	國際清潔發展機制(CDM)，減量專案計畫書編號 1372「馬來西亞工廠之壓縮空氣供給與需求端能源效率提升」(<i>Factory energy efficiency improvement in compressed air demand and supply in Malaysia</i>)，2006.12。	應用範例(含計入期及 QA/QC 等)
⑧	「壓縮空氣系統節能改善之節能績效量測與驗證方法」，經濟部能源局 ESCO 推動辦公室，2009。	監測方法
⑨	「壓縮空氣系統節能技術手冊」，中技社，2008。	應用範例

減量方法資料

版次	日期	修訂記錄
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-007 既有空壓系統之能源效率提升」申請認可之減量方法。
