

應用範例 某電子工廠整併區域空調設備

1.專案說明：廠內設有 2 台 200 RT 螺旋式空調主機及 2 台 30RT 的箱型水冷冷氣機，各自獨立供應 A~D 區域空調，其各機台負載率低落，並且有各自獨立循環冰水管路，機台放置位置均不同。本專案透過評估整併空調系統，統一分配供應，將冰水機調整放置冰水機房進行整併(主機未汰換，僅實施管路變更及操作條件調整)，並且更改冰水管路、冷卻水管路，並增加冰水管路及送風管管路保溫及隔音施工，以維持區域空調設備在高效率的狀態下運轉，提高系統主機高負載率高效率。

2.適用條件：

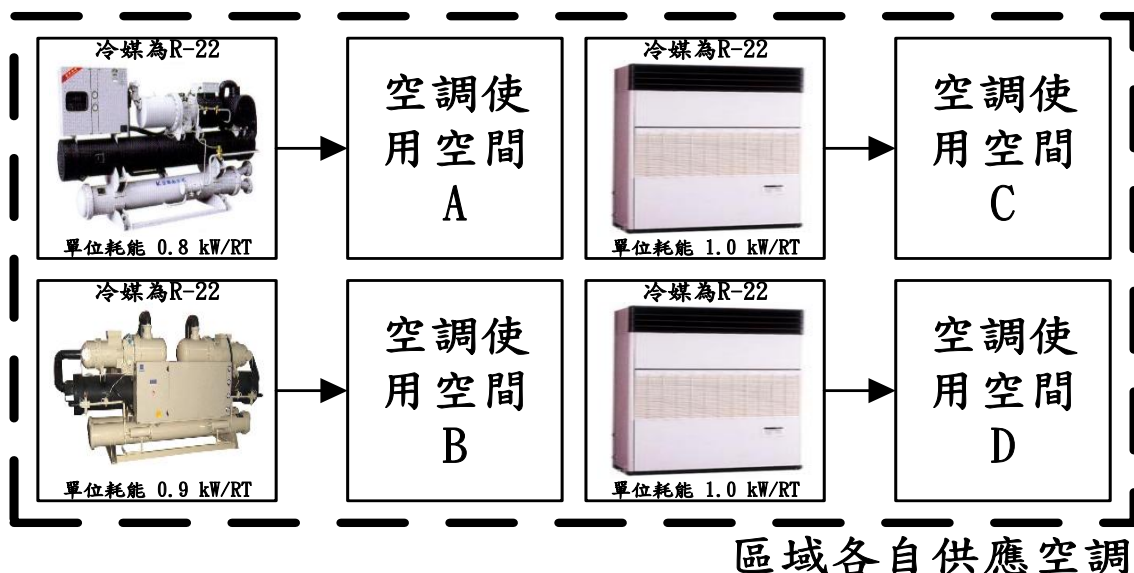
本專案依循「TMS-II.011 整併區域空調冰水系統」方法，並符合下列適用條件：

- (1)整併區域空調取代既有區域空調之情況，符合條件 1。
- (2)新設主機使用環保冷媒，符合條件 2。
- (3)專案邊界內之空調主機設備依設備供應商提供之設計壽命為 25 年，於本專案活動實施時已使用 10 年，故剩餘使用年限為 15 年，設備之剩餘使用年限超過 10 年(大於計入期)，符合條件 3。
- (4)單一專案之年總節能量為 0.13 GWh，不超過 60 GWh_e，符合條件 4。

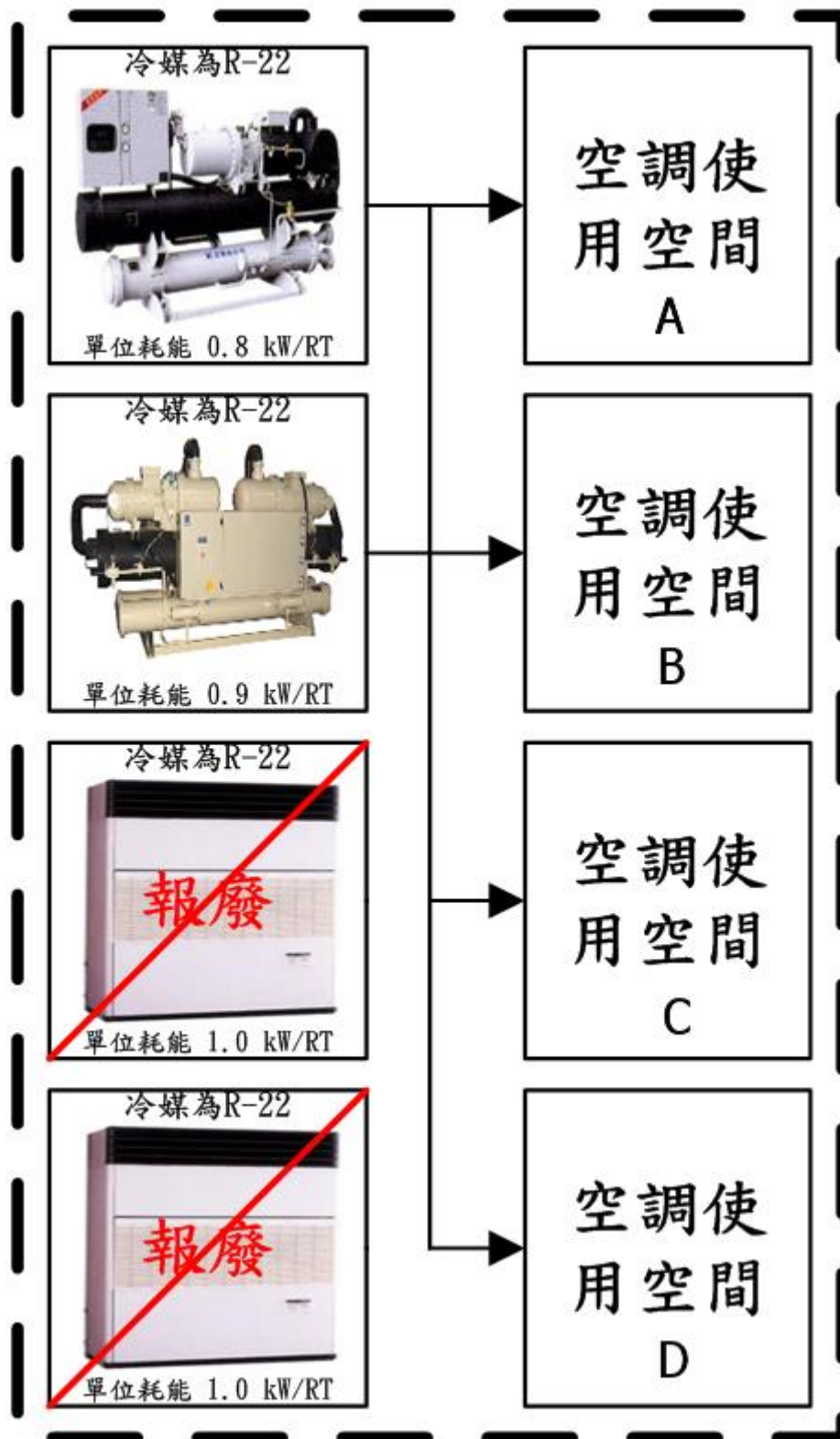
3.專案執行邊界：

空調設備及空調使用空間。

(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_2 、 CH_4 及 N_2O ，其中， CO_2 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

註：專案實施前後，空調設備所使用冷媒種類為 R-22，非環保署抵換專案規範之溫室氣體，故不列入計算。

4.外加性說明：

- (1)法規外加性：現行法規並未強制規範工廠須提升空調系統效率。
- (2)投資障礙分析：本範例參考 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 3.85 年，具投資外加性。

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

相關計算如下：

- 每年節約用電 129,740.5 度，每度電平均單價為 2.2 元(依據工廠 99 年度用電平均單價)。
- 預估本專案投資成本約 110 萬元(含相關施工費用)。
- 無政府補助經費。
- 設備投資回收年限 = $\frac{1,100,000 - 0}{(1,201,303 - 1,071,562) \times 2.2} = \frac{1,100,000}{129,740 \times 2.2} = \frac{1,100,000}{285,429} \approx 3.85 \text{ 年} > 3 \text{ 年}$

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.011 整併區域空調冰水系統」方法，以「既有區域空調主機之持續使用」做為基線情境。
- 廠內設有 2 台 200 RT 螺旋式空調主機及 2 台 30RT 的箱型水冷冷氣機，分

別各自獨力供應空調 A~D 區域，其 A 區域個別所需冷能之歷史值 343,750 RTh，用電量 287,500 kWh，其 B 區域個別所需冷能之歷史值 800,000 RTh，用電量 760,000 kWh，其 C 區域個別所需冷能之歷史值 75,000 RTh，用電量 76,875 kWh，其 D 區域個別所需冷能之歷史值 71,875 RTh，用電量 71,688 kWh。空調系統運轉時間 4,500 小時。假設整併區域空調後，停用兩台箱型冷氣機，兩台冰水主機並聯供應 A~D 區域，其 y 年之專案用電量 1,071,562.5 kWh，y 年之專案所需之冷能 1,290,625 RTh。

(2) 基線排放量

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

$$EC_{BL,y} = EC_{PJ,y} \div \beta$$

$$= 1,071,562.5 \div 0.892 = 1,201,303 \text{ kWh}$$

$$\beta = \frac{\varepsilon_{PJ}}{\varepsilon_{his}} = \frac{0.83}{0.93} = 0.892$$

$$\varepsilon_{his} = \frac{\sum EC_{equip-n,his}}{\sum CR_{chiller-n,his}}$$

$$= \frac{\sum (EC_{Chiller-n,his}) + \sum (EC_{ch-pump-n,his}) + \sum (EC_{cw-pump-n,his}) + \sum (EC_{CT-fan-n,his}) + \sum (EC_{Other-n,his})}{\sum (CR_{Chiller-1,his} + CR_{Chiller-2,his} + CR_{Chiller-3,his} + \dots)}$$

$$= \frac{287,500 + 760,000 + 76,875 + 71,688}{343,750 + 800,000 + 75,000 + 71,875} = 0.93$$

註：CR_{chiller-n,his} 值參方法學式 5 列表加總計算求得。

$$\varepsilon_{PJ,y} = \frac{EC_{PJ,y}}{CR_{PJ,y}} = \frac{1,071,562}{1,290,625} = 0.83$$

$$CR_{PJ,y} = \frac{Q_{PJ} \times (t_{c-r,PJ} - t_{c-s,PJ}) \times C_{p-w} \times \rho_w}{3,024} \times T_{PJ,y} = 1,290,625 \text{ RTh}$$

註：EC_{PJ,y}、CR_{PJ,y} 值由型錄值推估計算而得。

$$BE_y = 1,201,303 \text{ kWh} \times 0.536 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/t} = 644 \text{ tCO}_2\text{e}$$

相關計算參數彙整如表 2 所示：

表 2 基線排放量計算參數彙整表

參數	定義	單位	數值
$EC_{BL,y}$	y 年之基線用電量	kWh	1,201,303
$EC_{PJ,y}$	y 年之專案用電量	kWh	1,071,562.5
β	效率改善係數(能源減量比例)	-	0.892
ε_{PJ}	專案區域空調單位耗能	kW/RT	0.83
ε_{his}	區域空調單位耗能之歷史值	kW/RT	0.93
$EC_{equip-n,his}$	各區域空調系統內設備用電量之	kWh	287,500

參數	定義	單位	數值
	歷史值(包含空調主機、冰水水泵、冷卻水水泵、冷卻水塔風車及其他附屬設備用電量)		760,000 76,875 71,688
$CR_{chiller-n, his}$	各區域空調系統所需冷能之歷史值	RT-h	343,750 800,000 75,000 71,875
$CR_{PJ,y}$	y 年之專案所需之冷能	RT-h	1,290,625
$T_{PJ,y}$	專案空調系統運轉時間	h	4,500
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e	644
$EF_{ELEC,y}$	電力排放係數	kgCO ₂ e	0.536

6. 專案實施後之排放量：

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

$$EC_{PJ,y} = \left[\sum (W_{equip.-n, PJ}) \right] \times T_{PJ,y}$$

$$= 238.125 \text{ kW} \times 4,500 \text{ h}$$

$$= 1,071,562.5 \text{ kWh}$$

$$PE_{PJ,y} = 1,071,562.5 \text{ kWh} \times 0.536 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/t} = \underline{574 \text{ tCO}_2\text{e}}$$

- 相關計算參數彙整如表 3 所示：

表 3 專案實施後排放量計算參數彙整

參數	定義	單位	數值
$PE_{PJ,y}$	y 年之專案排放量	tCO ₂ e	574
$EC_{PJ,y}$	y 年之專案用電量	kWh	1,071,562.5
$EF_{ELEC,y}$	電力排放係數	kgCO ₂ e	0.536
$T_{PJ,y}$	專案空調系統運轉時間	h	4,500

註：電力排放係數採用能源局公告 100 年度公告值計算。

7. 洩漏量：

本專案之整併區域空調系統，專案實施後汰換掉之空調設備直接報廢，故依減量方法「TMS-II.011 整併區域空調冰水系統」並無洩漏產生。另外，專案實施後空調主機使用冷媒為 R-22，非京都議定書規範之溫室氣體種類，故其逸散排放不列入計算。

8.排放減量：

(1)單一年度排放減量

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

$$= 644 \text{ tCO}_2\text{e} - (574 \text{ tCO}_2\text{e} + 0) = 70 \text{ tCO}_2\text{e}$$

■ 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	70
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e	644
PE_y	y 年之專案排放量	tCO ₂ e	574
LE_y	y 年之洩漏排放量	tCO ₂ e ₂	0

(2)計入期計算摘要

本專案以整併區域空調系統工程發包日(100 年 10 月 1 日)為起始日，考量空調設備壽齡約 30 年，則專案結束日期為 130 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：

表 5 專案執行期間溫室氣體減量

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	644	574	0	70
102	644	574	0	70
103	644	574	0	70
104	644	574	0	70
105	644	574	0	70
106	644	574	0	70
107	644	574	0	70
108	644	574	0	70
109	644	574	0	70
110	644	574	0	70
合計	6,440	5,740	0	700

註：上述計算不包括既有/汰換後冰水主機之效率損失。

(3)預設係數與參數說明

數據/參數	$EC_{equip.-n, his}$
數據單位	kWh

描述	各區域空調系統內設備用電量之歷史值
使用數據來源	電錶量測
數值	287,500、760,000、76,875、71,688
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	使用各區域分電錶量測，每月紀錄並加總
備註	使用專案實施前最近 1 年運轉數據

數據/參數	$CR_{chiller, his}$
數據單位	RT-h
描述	各區域系統所需冷能之歷史值
使用數據來源	短期量測值
數值	343,750、800,000、75,000、71,875
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	以單位時間空調主機冷能需求成以年運轉時間計算
備註	使用專案實施前最近 1 年運轉數據

數據/參數	C_p
數據單位	kcal/kg-°C
描述	水之比熱
使用數據來源	技術文件 (http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/spht.html)
數值	1
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	使用 1 大氣壓下，25°C 液態水之比熱
備註	—

數據/參數	ρ_w
數據單位	kg/m ³
描述	水之密度
使用數據來源	文獻資料 (http://www.engineeringtoolbox.com/water-density-specific-weight-d_595.html)
數值	1,000
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	—

備註	—
----	---

9.監測方法：

(1)應監測之數據與參數

數據/參數	$EC_{PJ,y}$
數據單位	kWh
描述	y 年之專案用電量
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	1,071,562.5
將被採用的量測方法和步驟之描述	專案實施後，使用電錶連續量測，每月紀錄並加總 撰寫計畫書時由型錄值推估計算
將被應用的 QA/QC 步驟	電錶定期依循供應商建議或國家標準之儀器校正作法進行校正
備註	—

數據/參數	$CR_{PJ,y}$
數據單位	RT-h
描述	y 年之專案所需之冷能
使用數據來源	流量及溫度計量測後計算值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	1,290,625
將被採用的量測方法和步驟之描述	使用流量及溫度計，連續量測空調系統，每月計算提供冷能值
將被應用的 QA/QC 步驟	流量及溫度計定期依循供應商建議或國家標準之儀器校正作法進行校正
備註	—

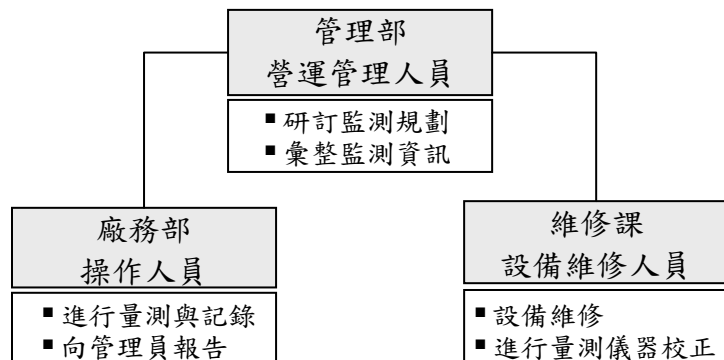
數據/參數	$T_{PJ,y}$
數據單位	h
描述	專案空調系統運轉時間
使用數據來源	操作紀錄
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	4,500
將被採用的量測方法和步驟之描述	記錄空調設備年運轉時間
將被應用的 QA/QC 步驟	操作人員須確認空調設備運轉正常，確實記錄運轉時間，並妥善保管數據資料

備註	—
----	---

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	引用能源局公告之 100 年度電力排放係數
將被應用的 QA/QC 步驟	管理部人員每年電力排放係數之政府公告值是否更新。
備註	—

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)監測管理(組織架構)及權責如下圖：



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	- 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。