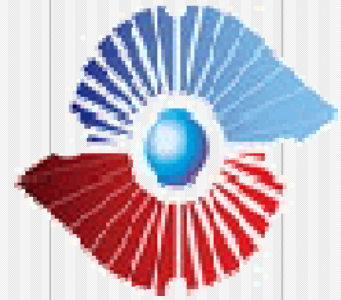


能源基線建立 與績效量測驗證

主 講 人

柯 明 村 博 士



國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系

自我介紹

柯明村(Ming-Tsun Ke)

- 國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系
- 合格國際量測驗證師 CMVP (IPMVP Level 3& Level 4, AEE and EVO)
- 中國制冷學會-制冷高級工程師
- 國家標準技術委員會委員
- 公共工程採購評選委員會專家學者
- 教育部 環保小組委員
- 財團法人台灣綠色生產力基金會節能技術發展中心—顧問
- 台灣能源技術服務產業發展協會—顧問
- 中華民國能源技術服務商業同業公會—顧問

能源
室內空氣品質

能源服務相關經驗

- 政府與財團法人機構節能相關研究計畫主持人
 - ✓ 建立節能績效量測與驗證之程序及文件
 - ✓ 開發創新設備：蒸發式冷卻設備、溶液除溼空調箱、自然空調機、能源管理服務雲運算平台
 - ...
- 產學合作 節能設備/系統開發、第三公正檢測、測試調整平衡(TAB)等專案合作計畫
- 中技社、財團法人台灣綠色生產力基金會 能源查核
- 財團法人台灣產業服務基金會 高科技廠節能輔導

自我介紹



自我介紹



內 容

- 績效量測與驗證(Performance M&V)概念
- 應用IPMVP的步驟
- 建立HVAC設備M&V方法與規範
- 能源服務-設備與系統效率計算與模擬

量測與驗證(M&V)概念

➤ M&V

M e a s u r e m e n t a n d V e r i f i c a t i o n

➤ ESPC

E n e r g y - S a v i n g P e r f o r m a n c e C o n t r a c t

基本概念 - 大綱

- 何謂量測?
- IPMVP的基本公式
- 四大選項
- IPMVP實施步驟
- M&V常見的問題

IPMVP

International Performance Measurement and Verification Protocol

- Volume I - *Energy Savings Concepts and Tools*
 - ✓ Defines basic M&V **terminology** (4 “Options”)
 - ✓ General procedures to achieve **reliable and cost-effective** determination of savings
 - ✓ Applicable to **energy or water efficiency** projects in buildings and industrial plants
- Volume II - *Indoor Environmental Quality*
- Volume III - *New Construction and Renewables*

可從www.evo-world.org網站上免費下載

M&V 的 “M”

M&V 中的M 代表的是：
量測(Measurement)

並非監視(Monitoring)

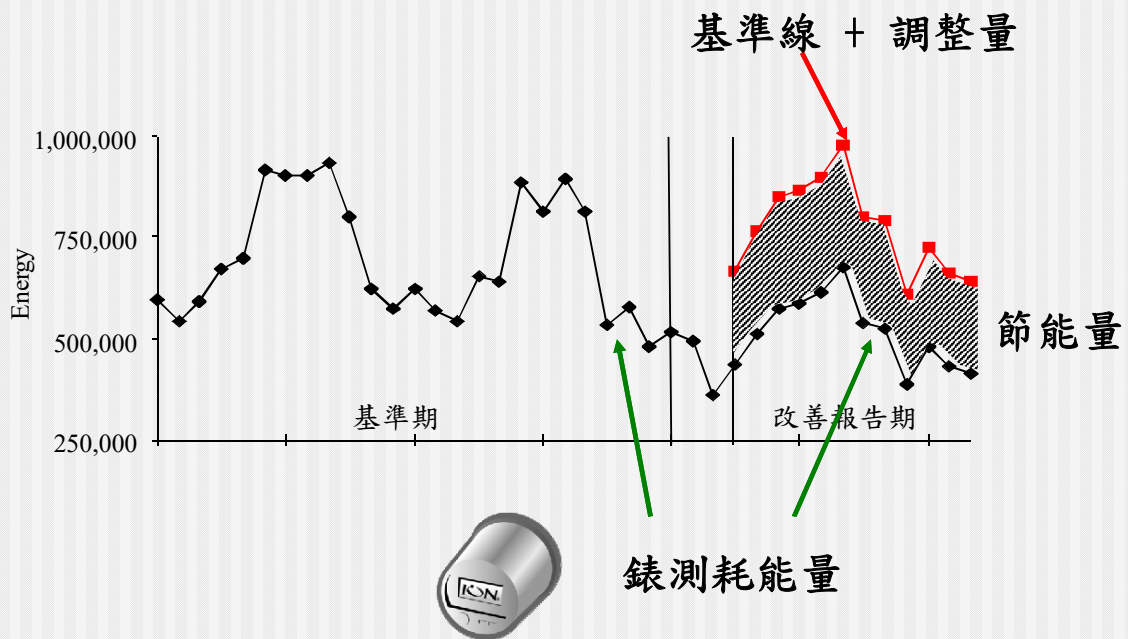
監視是決定節能量中的一項活動，它是為了預測、成本控制，或診斷等目的，而觀察能源使用的一個過程。

量測節能量？

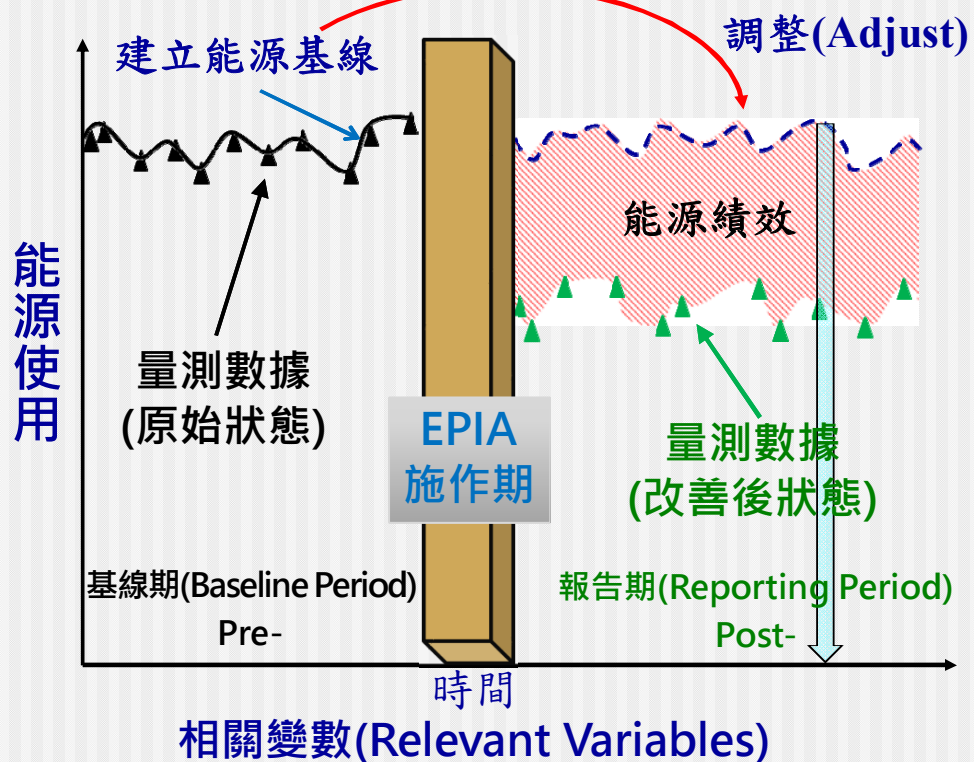
- ❑ **節能量** 代表消失的能源用量。
- ❑ 我們不能量測沒使用的能源用量。
- ❑ 我們 **無法** 「量測」 節能量！

- ❑ 我們**確實**可以量測能源使用量。
- ❑ 我們 **分析** 量測到的能源用量，並決定 (**determine**) 節能量的多寡。

基準線概念



能源績效量測與驗證分析之意義



IPMVP 基本公式

IPMVP 節能量基本公式 #1:

$$\text{節能量(報告的任何期間)} = (\text{基準期耗能量} \pm \text{調整量}) - \text{改善報告期耗能量}$$

參考文獻: IPMVP Volume I, 2010, Chapter 4.1

調整量

舉例來說明我們為何需要做調整:

設備實施了節能改善，但今年工廠產能同時也比去年要低。

有多少成本降低是因為節能改善，又有多少成本變動是因為產量變化所造成的？

調整量 (續)

- 性能量測驗證必須 “蘋果比蘋果” 的比較。



基準期



改善報告期

我們調整基準期與改善報告期的耗能至相同條件之下，如此才能作出有根據的比對。

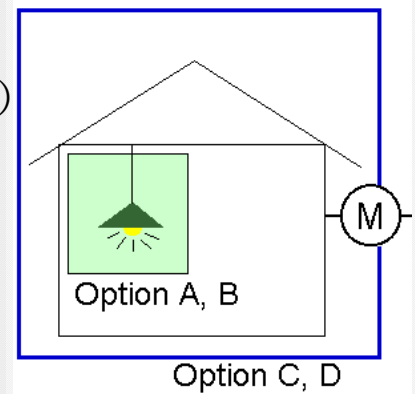
節能量?

你認為的節能量是什麼?

M&V兩個基本方法

- 整體設施法：

- 測量設施內**所有**的耗能因素：
- 改善措施與其他改變(有意或無意的)
- 通常使用的公用錶頭
- 調整可能會是複雜的



- 改善獨立法：

- **只**測量改善的效果
- 節能量不受測量邊界以外的變化因素所影響
- 通常需要新的錶頭
- 調整可能會是簡單的

M&V選項

- 改善獨立法(Retrofit Isolation)
– 選項 A 或 B
- 整體設施法(Whole Facility)
– 選項 C 或 D

每種方式各有兩種選擇，
為不同的狀況，提供靈活性

改善獨立法

選項A和B，選擇其中一項：

- 選項A—改善獨立法：測量**關鍵**參數
- 選項B—改善獨立法：測量**所有**參數

整體設施法

選擇選項C或D，是否有可用的基本資料：

C—整體設備法

需要有基準期與改善報告期的資料。

D—校準模擬法

如果基準期沒有測量儀錶或設備，基準期的資料可在控制環境下被”製造”出來。

導入M&V機制

□ 量測與驗證 (M&V) 概要

M&V選項	性能因子和操作因子	節能量計算方式	M&V費用
選項A — 經約定和已量測之因子	根據已量測和經約定之因子。單點或短期量測、元件與系統層次之量測。約定因子乃根據歷史資料、或製造廠商之數據。	工程計算、元件或系統估算模式	約為1%~3%，依量測點數而定。
選項B — 已量測之因子	於各因子之變動非預期時，依據元件與系統層次之單點或短期量測。於各因子之變動為可預期時，依據元件與系統層次之連續量測	工程計算、元件或系統估算模式	約為3%~15%，依量測點數與量測時程而定。

導入M&V機制

□ 量測與驗證 (M&V) 概要

M&V選項	性能因子和操作因子	節能量計算方式	M&V費用
選項C — 公用設備(水、電、瓦斯、燃油等)儀錶單數據分析	公用設備儀錶、設施層次、或子表頭數據。	依據公用設備儀錶單數據之迴歸分析	約為1%~10%，依公用設備儀錶分析之複雜度。
選項D — 經校準之電腦模擬	電腦模擬之輸入可基於以下各項： 工程估計、單點/短期/或長期之系統元件量測、與長期之整棟建物電表數據	依據經過整棟建物與末端使用數據校準過之電腦模擬模式	約為3%~10%，依需要模擬之系統數目與複雜度。

方法的選擇

決定關注點是什麼！

- 若你想管理整體耗能：
 - 選擇整體設施法.
- 若你只想評估特定改善的措施：
 - 選擇改善獨立法.

M&V四個選項 適用場所

- 透過收集與彙整國外M&V之選項C&D相關技術資料與執行方法，而後評估適用之場所，並建立適用於國內環境之M&V實施程序。
 - ✓ **選項A**—以測量設備的性能為主，可以驗證全部直接使用的技術
 - ✓ **選項B**—適用於需要準確地估算節能效益和長期追蹤性能的地方，所以需週期性或連續性地量測部份或全部的參數
 - ✓ **選項C**—是看整體的能源使用量和費用，而不是局限於特定的設備，觀念上很簡單，但執行上可能有些困難，因其需要有歷史資料數據 (>1年)
 - ✓ **選項D**—主要是以電腦計算模擬來處理建築物整體之能源分析

選擇M&V選項

	A	B	C	D
個別地估算改善效益	×	×		×
只估算全廠的效益			×	×
節能效益小於能源公用錶數據10%	×	×		×
多項節能改善需要量測	×		×	×
工業製程	×	×		×
變數的重要性並不清楚		×	×	×
交互影響的結果很重要或無法量測			×	×
在量測範圍內預期有很多的變化	×			×

選擇M&V選項

	A	B	C	D
需要長期的估算	×		×	
沒有基準年能源的使用數據				×
需要非專業技術人員能了解節能績效報告的含意	×	×	×	
要有量測的技術與經驗	×	×		
要有模擬計算的技術與經驗				×
要有閱讀能源帳單的技術			×	

IPMVP 選項摘要

- IPMVP 有四種 M&V 的選項：
A, B, C, 和 D
- 這些選項方法是節能和節水措施的通用 M&V 方法
- 這 4 種選項方法為節能量計算提供了一系列可選擇的方法，以適應不同節能措施 (ECM) 的特性和報告準確度與成本之間平衡的需求。

應用 IPMVP 的步驟

M&V的基本步驟

- A. 在任何的節能專案開始執行之前
- a) 設計 M&V 的過程
 - b) 若有需要時，校正量測儀表
 - c) 收集基準期的資料 (所有能源與操作條件)
 - d) 制定 M&V 的計畫
- B. 專案執行後:
- a) 確認設備/系統是否正確的安裝，並且按規範在運轉。
 - b) 收集耗能與操作資料
 - c) 依照 M&V的計畫，計算節能量。

步驟 1a)-設計過程

- 設定測量邊界以定義測量什麼.
- 決定要量測多長時間.

要考慮的因素:

- ✓ 節能措施和設施的複雜程度
- ✓ 基準期資料的穩定性
- ✓ 設備負荷和運轉時間的變異性，
- ✓ 測量邊界以外的未測能耗，其衝擊影響是小於整體設施。
- ✓ 仍需要持續的控制或只是短暫的性能驗證期間
- ✓ 可用的M&V預算及節能量多寡

Ref: IPMVP Vol I, 2010, Chapters 4.4 and 4.5

步驟1b)-校正儀表

- 校正能源儀表 (除非你使用公用事業的公表)
- 若需要時，校正用來量測獨立變數的設備 (比如室外溫度記錄儀，除非採用了政府部門 所提供的氣象資料)
- 遵從 M&V 計畫中定義的校正方法。

步驟 1c) – 收集基準線資料

收集測量邊界內基準期的實體資訊：

- ✓ 耗能 (及需量) 資料。
- ✓ 獨立變數：設備生產資料，氣候
- ✓ 靜態參數：
 - 設備清單、建築參數
 - 使用期間
 - 操作程序、參數設定、故障

這些資訊可以透過常規的能源診斷過程收集。

步驟 1c) – 收集基準線資料(續)

在絕大多數的情況下，當節能措施安裝完成後，便不可能再回頭重新評估基準線，因為舊設備已不存在！

因此在節能措施執行之前，適當地定義所有基準期條件並建檔是很重要的

步驟 1d) – 建立 M&V 計畫檔案

與 IPMVP 符合的 M&V 計畫包括：

- ✓ 測量邊界和取樣/量測計畫
- ✓ 方案選擇 (A, B, C, D)
- ✓ 所有收集基準線條件和資料的細節
- ✓ 所有的假設條件和資料來源
- ✓ 制定所有的 M&V 工作進度表
- ✓ 分析基準線資訊
- ✓ 擬定採用的計算方法
- ✓ 其他.....

步驟1d)-M&V計畫 (續)

- ✓ 能源費率和多少的變化比例可以通融
- ✓ 預期的 M&V 成本和精度
- ✓ 由誰負責長期/持續的資料收集和報告
- ✓ M&V 報告的所有內容和格式
- ✓ 不同的 M&V 項目分別由誰來執行
- ✓ 品質控管程序

Ref: IPMVP Vol I, 2007, Chapter 5

步驟2a)-安裝驗證

效能改善項目設備安裝之後：

- 驗證設備/系統是否正確地安裝並且按規範 運作。
檢驗的方法包括巡視、檢查、暫態測量、短期讀表測量
- 遵從一個完善的試運轉計畫。

步驟2b)-資料收集

- 取得能耗資料和能源費率。
- 取得所需獨立變數的資料。
- 監視測量邊界內的設施，以鑑別相對基準線條件的任何變動（獨立變數和專案本身的除外）
- 確保所有資料正確性並儲存資料。
- 遵從M&V計畫所定義的方法執行。

步驟2c)-計算節能量

- ✓ 執行獨立變數的常規調整，以及任何在靜態因子變動的非常規調整。
- ✓ 計算節能量
- 完成報告 (Ref: IPMVP Vol I, 2010, Chapter 6)
- 遵照 M&V 計畫執行。

M&V 常見問題：

- M&V 成本
- 效能保證合約

M&V 成本

影響 M&V 成本的關鍵因素：

- 測量儀錶的品質
- 需要監視的獨立變數數量
- 測量和報告頻率
- 基準期和改善期的持續時間
- 如果不是全數測量，樣本的大小
- 測量資訊的其他用途－分擔成本

M&V 成本與不確定度

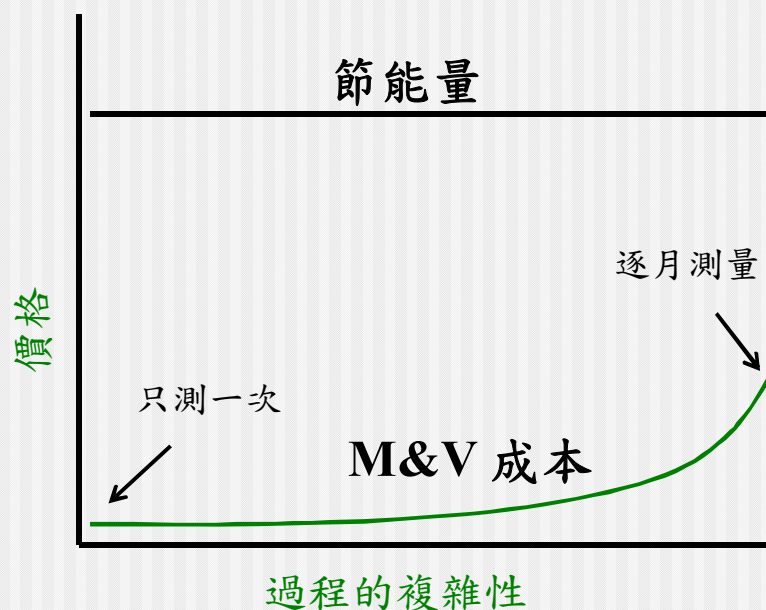
沒有絕對正確的節能量數值，總會存在著一些不確定度。

決定你能接受的，或是能夠負擔費用的不確定度。

對每個專案，每個業主都要找出本身在不確定度和測量成本之間的平衡點。

Ref: IPMVP Vol I, 2010, Chapters 8.3, 8.4 and 8.5

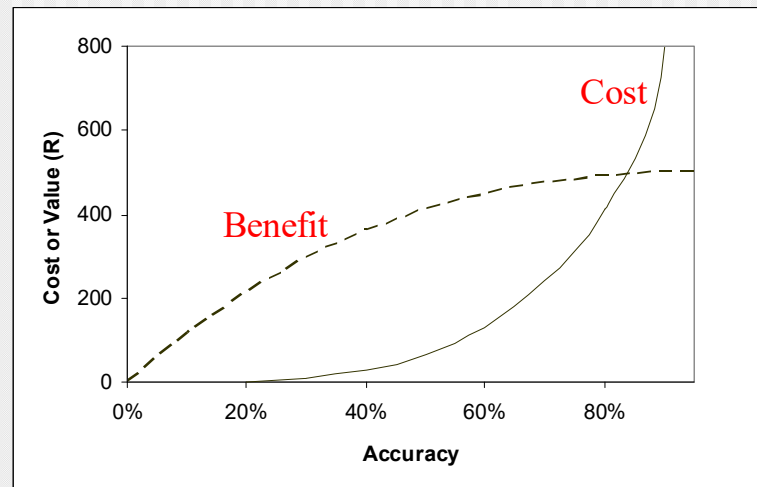
M&V 成本的限制



要多少費用才足夠？

報酬遞減律

精度提高增加的利潤搭配M&V的成本？



- 我們可以概估不同精度下的測量成本，
- 但無法計算改善精度後能帶來多少的利潤。

M&V費用要多少才足夠？

- ❑ 年度節約量測量成本，通常應小於年節能量的10%（在某些特定條件下，可能超出此上線）
(Ref: IPMVP Vol I, 2007 Chapter 8.5)
- ❑ 對於節能服務公司的節能專案，3-5% 是一個較普遍的測量費用
- ❑ 零成本通常也被選擇(主觀認定節能量)，不作量測意指不確定節能量，但這並不是IPMVP認可的方式。
- ❑ 每個專案都會有成本和準確度之間權衡取捨問題。

性能績效保證合約(ESPC)

- M&V 在性能績效保證合約中扮演關鍵的角色：
 - ✓ 在合約期間，最大化節能量和確保一致的節能量(當使用長期的M&V)。
 - ✓ 將達到的節能量建檔，並作為轉換實際利益的收銀機。
- 性能績效保證合約在ESCO 和業主間，按照M&V 準確度來配置的收益與M&V成本。
- 在設計M&V方案前，要仔細考量合約各利益關係人的績效誘因。並將 M&V 計畫列為合約的附件。

ASHRAE

- ASHRAE Guideline 14-2002

Measurement of Energy and Demand Savings

建立設備M&V方法與規範

項目	能源設備/系統
1	照明系統節能效益量測驗證方法
2	熱泵系統節能效益量測驗證方法
3	壓縮空氣系統節能效益量測驗證方法
4	風機改善之節能效益量測驗證方法
5	水泵改善之節能效益量測驗證方法
6	冷卻水側量測驗證方法
7	中央空調冰水主機量測驗證方法
8	水冷式箱型冷氣節能改善之節能績效率量測與驗證方法
9	氣冷式箱型冷氣節能改善之節能績效率量測與驗證方法
10	冷凍冷藏設備節能績效率量測與驗證方法
11	一次變流量(VPF)空調系統量測驗證方法
12	可變冷媒空調系統量測驗證方法
13	空調箱(AHU)群組量測驗證方法
14	全建築(設施)校正模擬方法(選項D)

▶ 全建築(設施)校正模擬方法(選項D)

空調冰水主機節能改善之節能績效率量測與驗證方法 (參照ASHRAE G-14-2002方法)

冰水主機量測技術

測試標準與方法

❑ 冰水主機性能測試標準

- ✓ **CNS12575**—蒸氣壓縮式冰水機組
- ✓ **AHRI 550/590-2003**—Performance Rating of Water Chilling Packages Using the Vapor Compression Cycle

比較

❑ 現場性能檢測

冰水主機量測技術

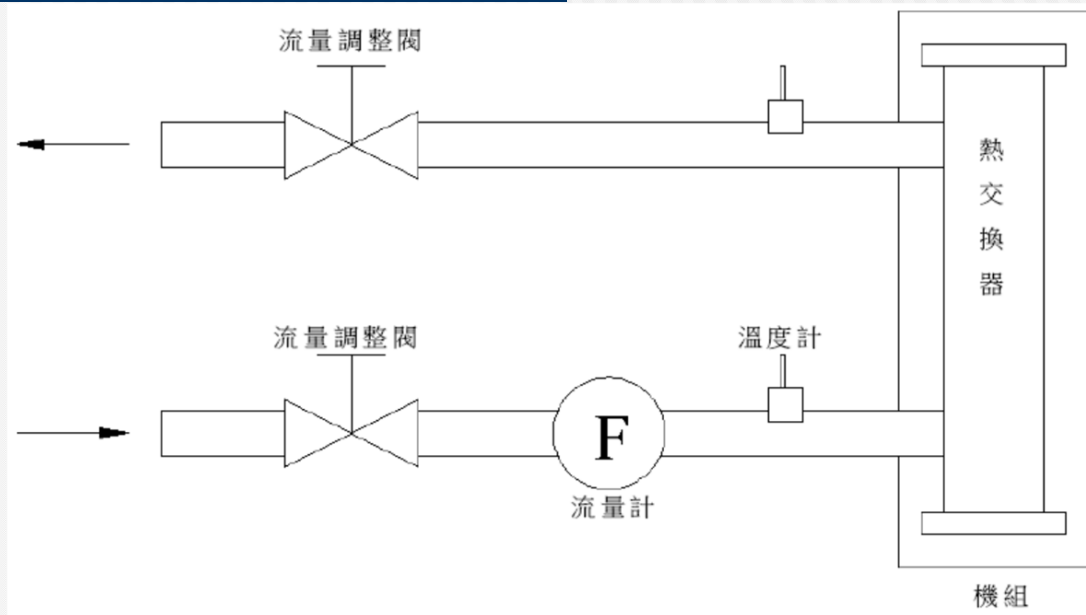
測試標準儀器要求

類別	精度
溫度計	(空氣溫度) $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
	(冰(冷卻)水溫度) $\pm 0.10^{\circ}\text{C}$
流量計	$\pm 2\%$
壓力計	$\pm 2\%$
電功率計	$\pm 0.5\%$

CNS12575之要求

冰水主機量測技術

測試標準量測儀器配置



CNS12575之要求

冰水主機量測技術

各種流量與溫度量測儀器參考

流量量測儀器

溫度量測儀器

冰水主機性能模擬模式之評估

- ASHRAE 第14號準則:提出兩種冰水主機性能方程式模式，一個為簡易模式(Simple Model)，另一個為溫度相關模式(Temperature Dependent Model)

1. 簡易模式

$$\frac{1}{COP} = c_1 \left(\frac{1}{Q_{evap}} \right) + c_0$$

2. 溫度相關模式

$$\frac{1}{COP} = -1 + \left(\frac{T_{cwRT}}{T_{chwST}} \right) + \frac{-A_0 + A_1(T_{cwRT}) - A_2(T_{cwRT} / T_{chwST})}{Q_{evap}}$$

短期或連續量測

(一) 收集資料或部份量測數據：

1. 基準線（欲汰換之冰水主機）：

- ✓ 冰水主機之冰水流量 (LPM)
- ✓ 冰水主機之冰水回水溫度及出水溫度 (°C)
- ✓ 冰水主機之冷卻水進水溫度 (°C)
- ✓ 冰水主機之耗電 (kW)

短期或連續量測

2. 改善後（新冰水主機安裝後）：

- ✓ 冰水主機之冰水流量（LPM）
- ✓ 冰水主機之冰水回水溫度及出水溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）
- ✓ 冰水主機之冷卻水進水溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）
- ✓ 冰水主機之耗電（kW）
- ✓ 平均電費單價（包含基本電費及流動電費）
（元/kWh）

方法及計算說明

1. 改善前連續記錄運轉資料，建立冰水主機基準線的性能方程式：

在冰水主機汰換前，連續收集（1~3個月）基準線所需的冰水主機運轉資料，汰換前取樣運轉資料的間隔時間，可以為1分鐘、5分鐘或15分鐘，以下列計算式計算冰水主機的冷凍能力 Q_{evap} 及性能係數COP。

方法及計算說明

$$Q_{evap} = \frac{V_{chw} \times (T_{chwrt} - T_{chwst}) \times \rho_w \times C_{pw}}{60 \text{ sec/min}}$$

1. V_{chw} : 基準線冰水主機的冰水流量 (LPM)
2. T_{chwrt} : 基準線冰水主機的冰水回水溫度 ($^{\circ}\text{C}$)
3. T_{chws} : 基準線冰水主機的冰水出水溫度 ($^{\circ}\text{C}$)
4. ρ_w : 水之密度 = 1 kg/L
5. C_{pw} : 水之比熱 = 4.186 kJ/kg- $^{\circ}\text{C}$

方法及計算說明

$$COP = \frac{Q_{evap}}{P_{chiller}}$$

$P_{chiller}$: 基準線冰水主機的耗電 (kW)

方法及計算說明

- 依據ASHRAE Guideline 14-2002中所列出之冰水主機基準線性能係數方程式（方程式1），需先回歸計算出方程式的 A_0 、 A_1 及 A_2 係數，才定義出冰水主機基準線的性能係數方程式。

冰水主機性能模擬模式之評估

溫度相關模式

$$\frac{1}{COP} = -1 + \left(\frac{T_{cwRT}}{T_{chwST}}\right) + \frac{-A_0 + A_1(T_{cwRT}) - A_2(T_{cwRT} / T_{chwST})}{Q_{evap}}$$

定義

$$\alpha = \left(\frac{1}{COP} + 1 - \frac{T_{cwRT}}{T_{chwST}}\right) Q_{evap}$$

$$\beta = \left(\frac{1}{COP} + 1 - \frac{T_{cwRT}}{T_{chwST}}\right) Q_{evap} + A_2 \left(\frac{T_{cwRT}}{T_{chwST}}\right)$$

方法及計算說明

- 先將蒐集記錄之冰水出水溫度 T_{chwST} 及冷卻水回水溫度 T_{cwRT} ，轉換為絕對溫度（K），逐筆代入計算式（2），計算每筆資料的 α 值，計算格式如表1：試算範例表。將每筆的 T_{cwRT} / T_{chwST} 值及其對應之 α 值，以 T_{cwRT} / T_{chwST} 為X軸， α 值為Y軸，繪製如圖1之X-Y分佈圖，並回歸出X-Y分佈圖的線性方程式，線性方程式的x項係數值（斜率）即為 $-A_2$ 。

方法及計算說明

- 再將回歸求得之 A_2 值及每筆的 α 值代入計算式（3），逐筆計算每筆資料的 β 值。將每筆的 T_{cwRT} 值及其對應之 β 值，以 T_{cwRT} 為X軸， β 值為Y軸，繪製如圖2之X-Y分佈圖，並回歸出X-Y分佈圖的線性方程式，圖2線性方程式的x項係數值（斜率）即為 A_1 ，常數項係數值（截距）即為 $-A_0$ 。

方法及計算說明

- 以表1範例表經回歸計算得到之 A_0 、 A_1 及 A_2 值，整理如表2所示，將回歸得計算到之 A_0 、 A_1 及 A_2 值，代入方程式（1）後，即可建欲汰換冰水主機基準線的性能係數方程式（4）

方法及計算說明

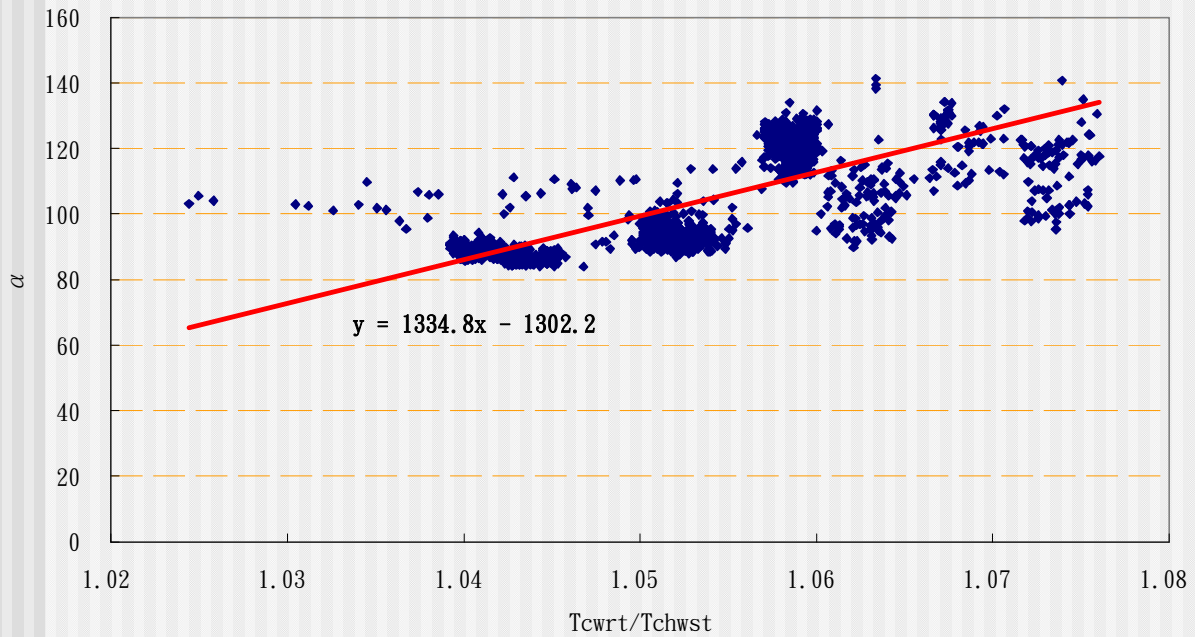
表1: 試算範例表

日期	時間	T_{cwr} °C	T_{dws} °C	T_{chw} °C	V_{dws} LPM	$P_{chiller}$ kW	Q_{evap} kW	COP ($Q_{evap}/P_{chiller}$)	T_{cwr} K	T_{dws} K	T_{cwr}/T_{dws}	α	β
2005/28	12:17:44	21.06	6.72	9.22	3210	127.0	559.9	4.41	294.2	279.9	1.0512	98.3	1501
2005/28	12:22:44	21.56	6.44	8.94	3210	119.0	559.9	4.70	294.7	279.6	1.0540	88.7	1496
2005/28	12:27:44	21.94	6.50	8.72	3210	126.0	497.7	3.95	295.1	279.7	1.0552	98.5	1507
2005/28	12:32:44	21.39	6.61	9.06	3210	126.0	547.4	4.34	294.5	279.8	1.0528	97.1	1502
2005/28	12:37:44	21.83	6.44	8.83	3210	122.0	535.0	4.39	295.0	279.6	1.0550	92.6	1501
2005/28	12:42:44	21.06	6.50	9.17	3210	118.0	597.2	5.06	294.2	279.7	1.0520	86.9	1491

T_{cwr} : 基準線冰水主機的冷卻水進水溫度 (°C)

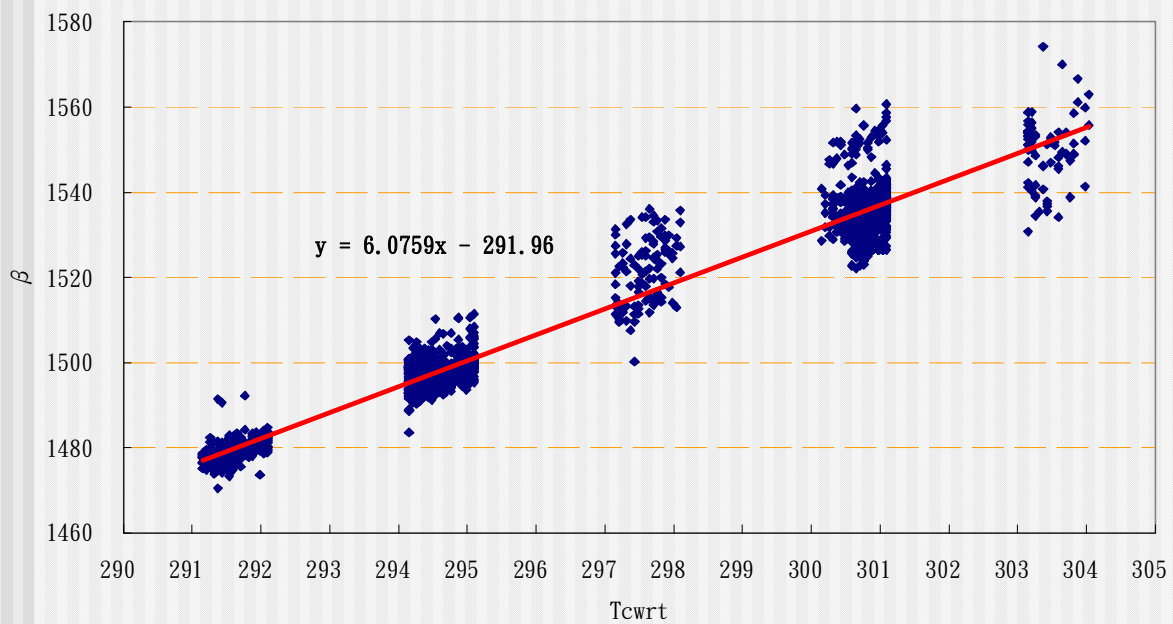
方法及計算說明

圖1:A₂係數回歸分析圖



方法及計算說明

圖2:A₀及A₁係數回歸分析圖



方法及計算說明

表2：回歸計算求得之A₀、A₁、A₂係數表

A0	A1	A2
291.96	6.0759	-1334.8

$$\frac{1}{COP} = -1 + \left(\frac{T_{cwRT}}{T_{chwST}} \right) + \frac{-291.96 + 6.0759 \times T_{cwRT} + 1334.8 \times (T_{cwRT} / T_{chwST})}{Q_{evap}} \quad (4)$$

改善後收集運轉數據

新的冰水主機安裝後，每季（**間隔3個月**）連續監測記錄**1~2週**的運轉數據，資料蒐集的項目與基準線相同，取樣運轉資料的間隔時間，可以為**1分鐘、5分鐘或15分鐘**，逐筆計算新舊冰水主機的**性能係數COP**。

改善後收集運轉數據

$$Q_{evap-p} = \frac{V_{chw-p} \times (T_{chwrt-p} - T_{chwst-p}) \times \rho_w \times C_{pw}}{60 \text{ sec/min}}$$

1. V_{chw-p} : 改善後冰水主機的冰水流量 (LPM)
2. $T_{chwrt-p}$: 改善後冰水主機的冰水回水溫度 (°C)
3. $T_{chwst-p}$: 改善後冰水主機的冰水出水溫度 (°C)

改善後收集運轉數據

$$COP_{post} = \frac{Q_{evap-p}}{P_{chiller-p}}$$

$P_{chiller}$: 改善後冰水主機的耗電 (kW)

基準線 $COP_{baseline}$ 的計算方式

- 以改善後的冰水出水溫度 $T_{chwST-p}$ 、及冷卻水進水溫度 T_{cwRT-p} 及冷凍能力 Q_{evap-p} ，代入前述之冰水主機基準線的性能係數方程式 (4) 中計算，即可求得改善前的 COP_{base} 。

$$\frac{1}{COP_{base}} = -1 + \left(\frac{T_{cwRT}}{T_{chwST}} \right) + \frac{-291.96 + 6.0759 \times T_{cwRT} + 1334.8 \times (T_{cwRT} / T_{chwST})}{Q_{evap}}$$

節能效益計算

- 每季記錄一短期的運轉資料，以部分約定運轉資料的方式，計算每季之節能效益：
- 改善後連續記錄 1~2 週運轉資料，計算累計的節能量 E_s (kWh)：

$$E_s = \sum \left[\frac{\left(\frac{1}{COP_{base}} - \frac{1}{COP_{pose}} \right) \times Q_{evap-p} \times t}{60 \text{ min/hr}} \right]$$

t：記錄運轉資料的間隔時間 (min)

節能效益計算

日平均節能量 E_{s-dav} (kWh/日)：

$$E_{s-dav} = \frac{E_s}{d}$$

d：累計記錄的天數

以雙方約定每季的使用天數，乘以日平均節能量 E_{s-dav} ，計算出改善後每季的節能量 $E_{saving-s}$ 。

$$E_{saving-s} = E_{s-dav} \times D$$

D：約定每季冰水主機的運轉天數（日/季）

節能效益計算

以雙方約定每季的使用天數，乘以日平均節能量 E_{s-dav} 及平均電費單價 U_e ，計算改善後每季的節金額 $F_{saving-s}$ 。

$$F_{saving-s} = E_{s-dav} \times D \times U_e$$

U_e ：平均電價單價(元/kWh)

節能效益計算

- 以連續監控系統，記錄運轉資料，累計計算節能效益：
- 採用連續監控系統，記錄及計算節能效益，長期累計量及節能金額，計算方式如下所示：
- 間隔 t 時間記錄1筆運轉資料，長期累計的節能量

$$E_{saving-t} : \\ E_{saving-s} = \sum \left[\frac{\left(\frac{1}{COP_{base}} - \frac{1}{COP_{pose}} \right) \times Q_{evap-p} \times t}{60 \text{ min/hr}} \right]$$

節能效益計算

- 間隔 t 時間記錄1筆運轉資料，長時間累計的節能金額 $F_{saving-t}$ ：

$$F_{saving-s} = \sum \left[\frac{\left(\frac{1}{COP_{base}} - \frac{1}{COP_{pose}} \right) \times Q_{evap-p} \times t \times U_e}{60 \text{ min/hr}} \right]$$

冰水主機M&V之計算範例

案例分析

- 南部某辦公大樓冰水主機汰換ESPC專案。
 - ✓ 535RT離心式冰水主機
 - ✓ 測試數據收集27499筆，收集三、四月份測試數據每隔1分鐘測1筆。

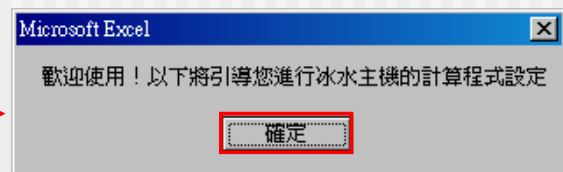
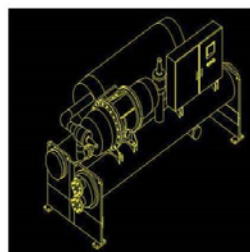
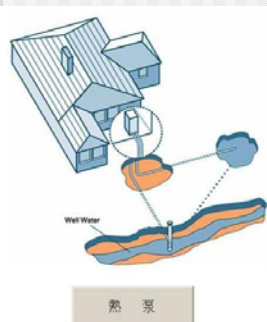
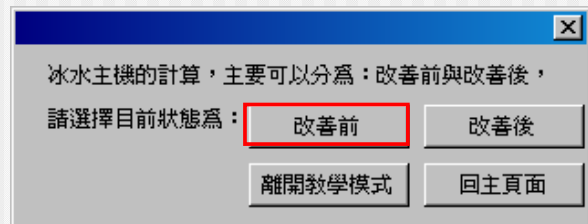
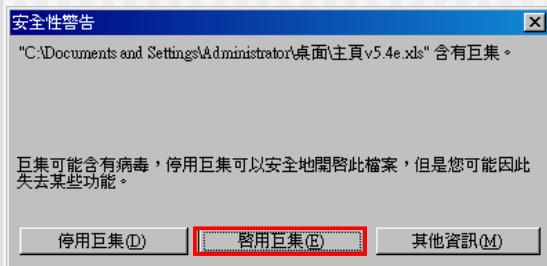
- 現場實際量測之運轉數據作為更換前的舊冰水主機檢測數據，與汰換後535RT離心式冰水主機作節能量之試算。

- 數據篩選原則為
 - ✓ 去除加載及卸載間不合理數據

表1: 驗證計算表 $1/cop = -1 + T_{cwrT}/T_{chwst} + [-A_0 + A_1 * T_{cwrT} - A_2 * (T_{cwrT}/T_{chwST})] / Q_{evap}$

負載率	T _{cwrT} °C	T _{chwst} °C	T _{chwrt} °C	V _{chw} LPM	Q _{evap} kW	Q _{evap} RT	T _{cwrT} K	T _{chwst} K	T _{cwrT} /T _{chwst}	方程式計算之 1/COP	方程式計算之 COP	方程式計算之 kW/RT
Check	27.85	7.28	11.01	4500	1171.0	333.0	301.0	280.4	1.0734	0.1961	5.10	0.69
100.0%	32.20	7.22	12.78	4860	1883.7	535.7	305.4	280.4	1.0891	0.2281	4.38	0.80
75.0%	32.20	7.22	11.39	4860	1412.8	401.8	305.4	280.4	1.0891	0.2745	3.64	0.97
50.0%	32.20	7.22	10.00	4860	941.9	267.9	305.4	280.4	1.0891	0.3672	2.72	1.29
25.0%	32.20	7.22	8.61	4860	470.9	133.9	305.4	280.4	1.0891	0.6453	1.55	2.27

試算軟體 (改善前)



性能試算表 - Energy-Saving and Health A/C Lab

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Adobe PDF(E) 輸入需要解答的問題

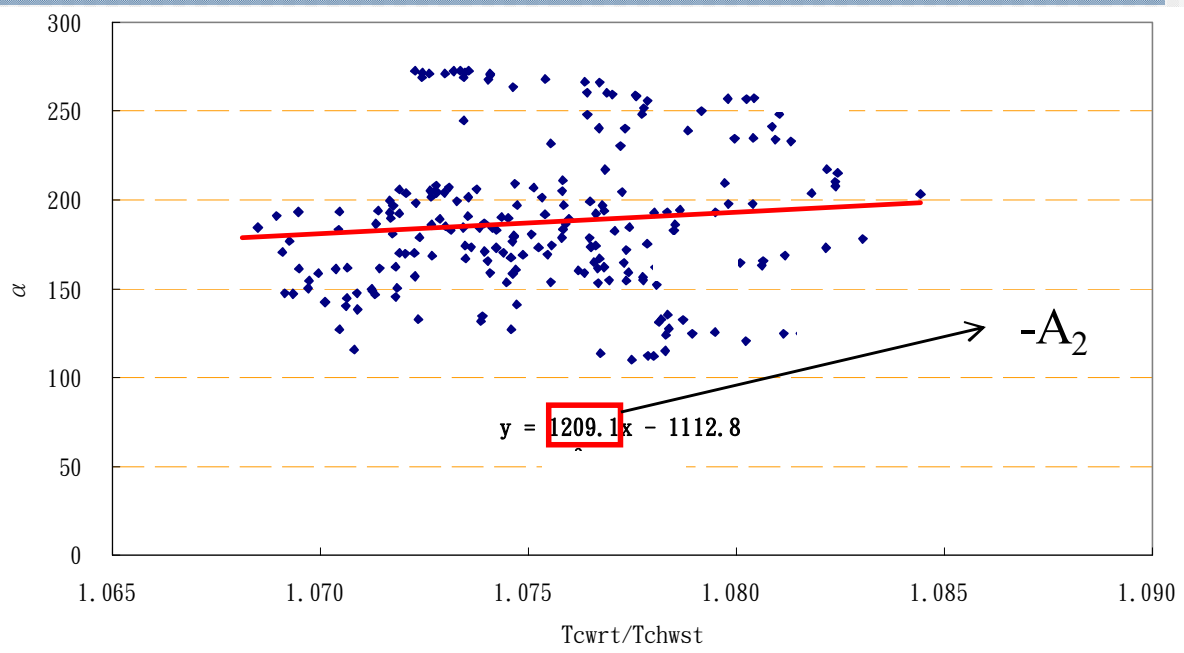
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	31.45	28.39	6012.40	6.92	9.65	4493.70	203.15							
2	T _{cwst} (°C)	T _{cwRT} (°C)	M _{cw} (kg/sec)	T _{chwST} (°C)	T _{chwRT} (°C)	M _{chw} (kg/sec)	P(kW)	資料數	計算耗能輸入表					
3	33.10	29.60	6012.40	6.65	10.34	4493.70	338.19	2360	紀錄運轉資料的時間間隔(Sec)					
4	32.77	29.57	6012.40	7.17	11.17	4493.70	333.52		A0	A1	A2	噸數(RT)		
5	31.83	29.33	6012.40	7.36	11.29	4493.70	325.13		回歸結果					
6	32.04	29.14	6012.40	7.34	11.35	4493.70	332.74		A0	A1	A2	誤差		
7	32.53	29.03	6012.40	7.27	11.02	4493.70	330.42		8051.7	31.5	1209.1	8.89734783		
8	32.07	28.87	6012.40	7.08	10.68	4493.70	323.96		耗能結果					
9	31.34	28.84	6012.40	6.98	10.53	4493.70	317.68		%	After(kW)	Before(kW)	節能量(kWh)		
10	31.67	28.77	6012.40	6.89	10.37	4493.70	303.22		計算回歸		計算耗能			
11	32.13	28.63	6012.40	6.82	10.27	4493.70	275.81		清除		回主頁			
12	31.73	28.53	6012.40	10.22	4493.70	249.26								
13	30.94	28.44	6012.40	6.79	10.15	4493.70	260.39							
14	31.36	28.46	6012.40	6.75	10.03	4493.70	268.83							
15	31.86	28.36	6012.40	6.70	9.91	4493.70	273.68							
16	31.51	28.31	6012.40	6.62	9.81	4493.70	270.06							
17	30.77	28.27	6012.40	6.59	9.72	4493.70	265.50							
18	31.16	28.26	6012.40	6.64	9.64	4493.70	261.22							
19	31.58	28.08	6012.40	6.61	9.54	4493.70	253.99							
20	31.55	28.05	6012.40	6.56	9.45	4493.70	250.81							
21	31.05	27.85	6012.40	6.55	9.36	4493.70	246.53							
22	30.26	27.76	6012.40	6.50	9.30	4493.70	240.21							
23	30.56	27.66	6012.40	6.52	9.23	4493.70	235.30							
24	31.04	27.54	6012.40	6.46	9.15	4493.70	233.80							
25	30.61	27.41	6012.40	6.53	9.08	4493.70	228.19							
26	29.72	27.22	6012.40	6.46	9.01	4493.70	220.67							
27	30.05	27.15	6012.40	6.53	9.02	4493.70	217.08							
28	30.54	27.04	6012.40	6.52	8.98	4493.70	209.82							
29	30.10	26.90	6012.40	6.48	8.99	4493.70	206.03							
30	29.22	26.72	6012.40	6.47	8.97	4493.70	199.79							
31	29.60	26.70	6012.40	6.39	8.88	4493.70	195.65							

1. 輸入數據

2. 計算

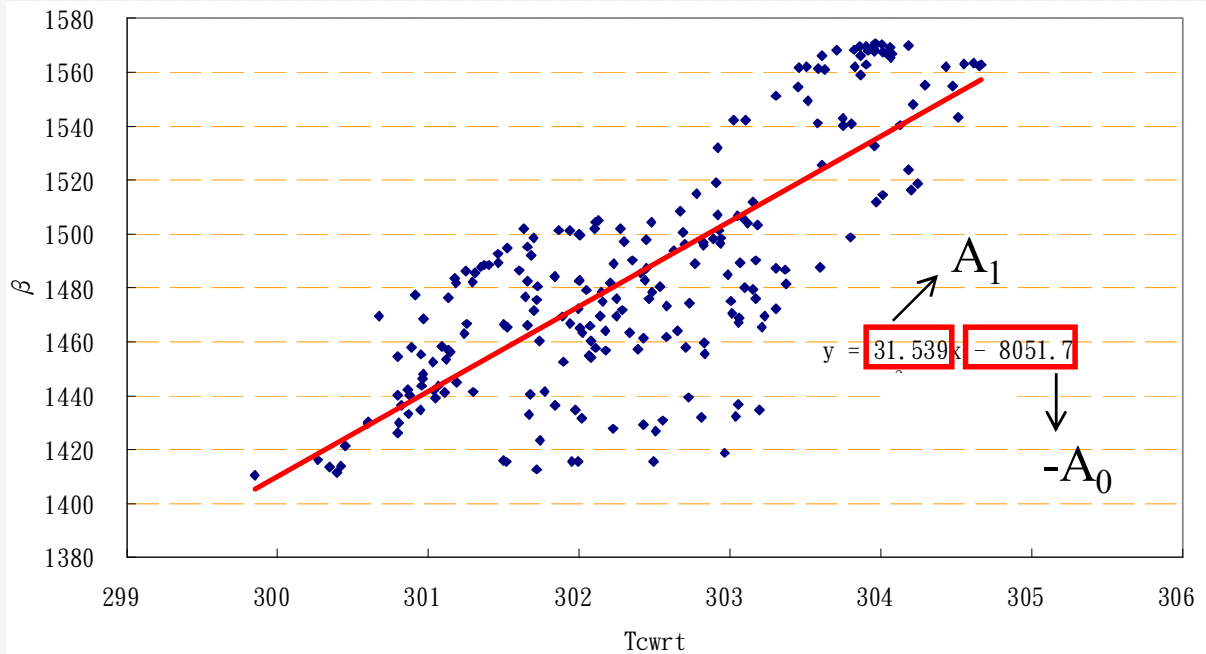
結果

案例分析



A₂係數迴歸分析圖

案例分析



A_0 、 A_1 係數迴歸分析圖

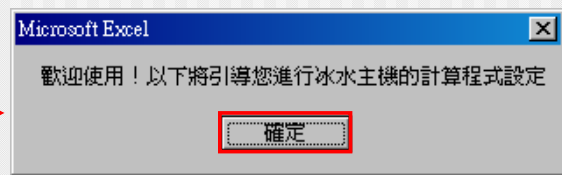
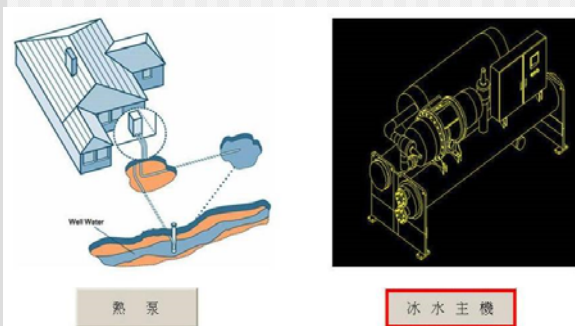
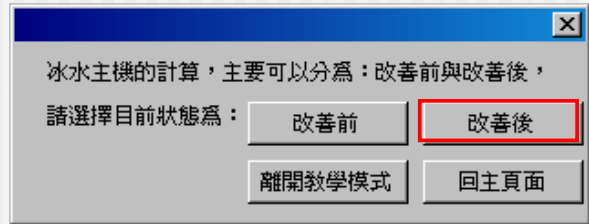
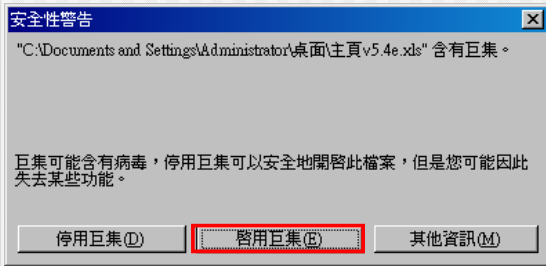
案例分析

改善前主機性能參數		
A_0	A_1	A_2
8051.7	31.5	-1209.1

改善前主機性能方程式

$$\frac{1}{COP} = -1 + \left(\frac{T_{cwRT}}{T_{chwST}} \right) + \frac{-(8051.7) + (31.5)(T_{cwRT}) + (1209.1)(T_{cwRT} / T_{chwST})}{Q_{evap}}$$

試算軟體 (改善後)



性能試算表 - Energy-Saving and Health A/C Lab

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Adobe PDF(E) 輸入需要解答的問題

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	31.45	28.39	6012.40	6.92	9.65	4493.70	203.15							
2	T _{cwST} (°C)	T _{cwRT} (°C)	M _{cw} (kg/sec)	T _{chwST} (°C)	T _{chwRT} (°C)	M _{chw} (kg/sec)	P(kW)	資料數	計算耗能輸入表					
3	33.10	29.60	6012.40	6.65	10.34	4493.70	338.19	2360	紀錄運轉資料的時間間隔(Sec)					
4	32.77	29.57	6012.40	7.17	11.17	4493.70	333.52		10				噸數(RT)	
5	31.83	29.33	6012.40	7.36	11.29	4493.70	335.13		A0	A1	A2	噸數(RT)		
6	32.04	29.14	6012.40	7.34	11.35	4493.70	332.74		8051.7	31.5	1209.1	535		
7	32.53	29.03	6012.40	7.27	11.02	4493.70	330.42		回歸結果					
8	32.07	28.87	6012.40	7.08	10.68	4493.70	323.96		A0	A1	A2	誤差		
9	31.34	28.84	6012.40	6.98	10.53	4493.70	317.68		耗能結果					
10	31.67	28.77	6012.40	6.89	10.37	4493.70	303.22		%	After(kW)	Before(kW)	節能量(kWh)		
11	32.13	28.63	6012.40	6.82	10.27	4493.70	275.81		45.4652931	203.145869	206.226289	0.00855672		
12	31.73	28.53	6012.40	6.82	10.22	4493.70	249.26		計算回歸		計算耗能			
13	30.94	28.44	6012.40	6.79	10.15	4493.70	260.39		清除		回主頁面			
14	31.36	28.46	6012.40	6.75	10.03	4493.70	268.83		2. 輸入參數					
15	31.86	28.36	6012.40	6.70	9.91	4493.70	273.68		3. 計算					
16	31.51	28.31	6012.40	6.62	9.81	4493.70	270.06		4. 結果					
17	30.77	28.27	6012.40	6.59	9.72	4493.70	265.50							
18	31.16	28.26	6012.40	6.64	9.64	4493.70	261.22							
19	31.58	28.08	6012.40	6.61	9.54	4493.70	253.99							
20	31.55	28.05	6012.40	6.56	9.45	4493.70	250.81							
21	31.05	27.85	6012.40	6.55	9.36	4493.70	246.53							
22	30.26	27.76	6012.40	6.50	9.30	4493.70	240.21							
23	30.56	27.66	6012.40	6.52	9.23	4493.70	235.30							
24	31.04	27.54	6012.40	6.46	9.15	4493.70	233.80							
25	30.61	27.41	6012.40	6.53	9.08	4493.70	228.19							
26	29.72	27.22	6012.40	6.46	9.01	4493.70	220.67							
27	30.05	27.15	6012.40	6.53	9.02	4493.70	217.08							
28	30.54	27.04	6012.40	6.52	8.98	4493.70	209.82							
29	30.10	26.90	6012.40	6.48	8.99	4493.70	206.03							
30	29.22	26.72	6012.40	6.47	8.97	4493.70	199.79							
31	29.60	26.70	6012.40	6.39	8.88	4493.70	195.65							

1. 輸入數據

2. 輸入參數

3. 計算

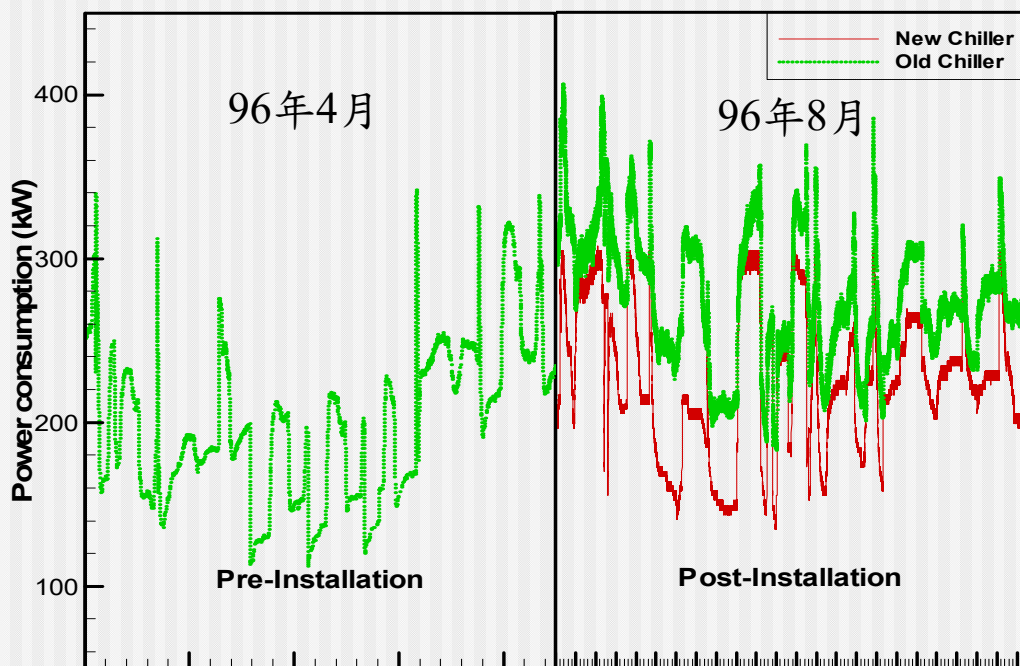
4. 結果

主頁 | 冰_原始 | 冰_原始備份 | 冰_計算 | 冰_結果 | 冰_回歸圖1 | 冰_回歸圖2 | 冰_耗能比較圖

案例分析

本例之節能量之決定

案例分析



本例之節能量之決定

案例分析

改善後主機性能驗證結果

平均能力	平均量測製冷量 (RT)	平均改善前 COP	平均改善後 COP
	376.55	4.72	5.70
節能量 (kWh)	平均一小時	測試期間 (100小時)	預估一年 (2750hr)
	49.25	4925.25	135444

風機節能改善之節能績效率量測與驗證方法 (綜合IPMVP、ASHRAE、CNS方法)

水泵節能改善之節能績效量測與驗證方法

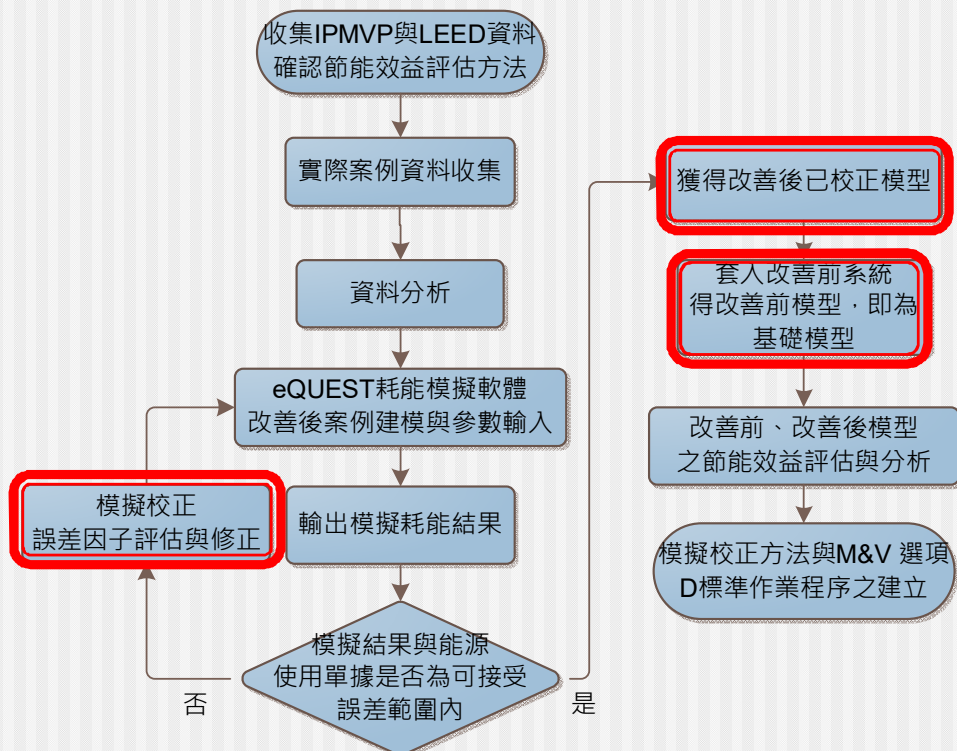
(綜合IPMVP、ASHRAE、CNS方法)

冷卻水側節能改善節能績效量測與驗證方法

(綜合CTI-ATC-105、CNS方法)

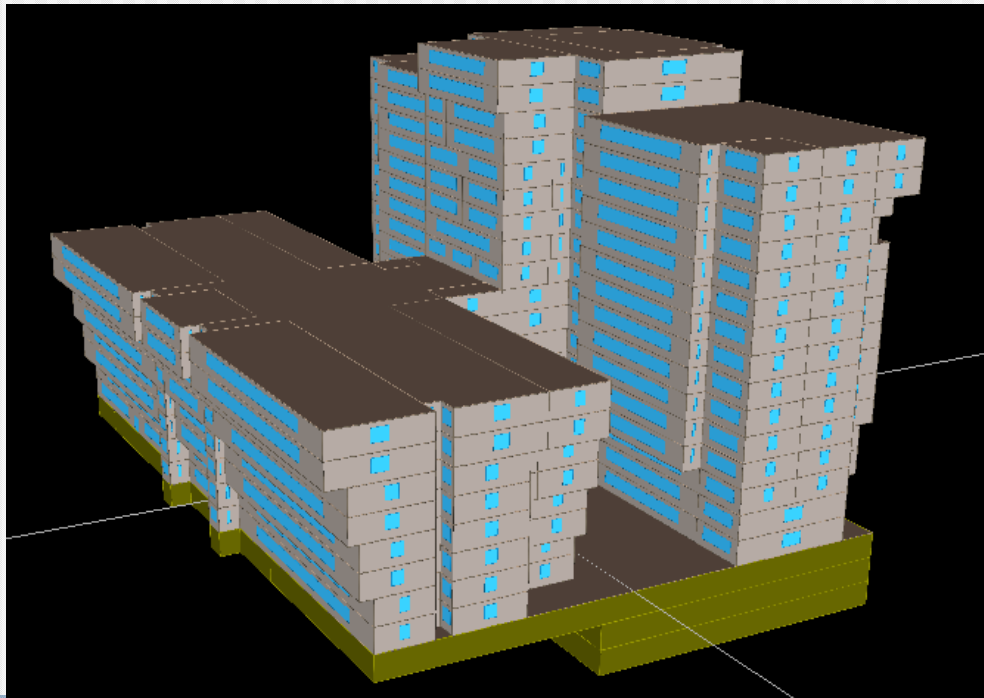
全建築(設施) 校正模擬方法(選項D)

全建築(設施)校正模擬方法(選項D)



模擬案例分析

- 該辦公大樓為地上17層地下3層之建築物。

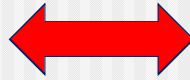


能源服務
設備與系統效率
計算與模擬

程式應用

M&V Programs

- 設備單體元件
 - ✓ Chiller/HP
 - ✓ Fan
 - ✓ Pump
 - ✓ Process Equip.
 - ✓ ...
- 整合系統
- 整合SOP與熱性能分析



Energy Analysis Programs

- 設備單體元件性能
 - ✓ Chiller/HP
 - ✓ Fan/Pump
 - ✓ HX
 - ✓ Process Equip.
 - ✓ ...
- 整合系統性能
- 系統最佳化
- 線上控制/自修正控制

結語

- 本課程希望提供能源使用者與能源管理者，能率先自發性地執行節約能源改善措施，並能具備「能源績效」之**正確觀念**，以確實**量化**達到降低能源使用量之目標。
- 並借此加強節約能源教育宣導，落實節約能源共識，共同努力，達到以下減碳目標：

依據「溫室氣體減量及管理法」，國家溫室氣體長期減量目標為民國139年溫室氣體排放量降為民國94年之**50%以下**。



柯明村

mtke@ntut.edu.tw