

## 空調EER產業技術CNS綠色工法研討會

### ASHRAE Guideline 14 冰水機效能驗證方法介紹

報告人: 劉中哲

工業技術研究院綠能與環境研究所

2011.05.21

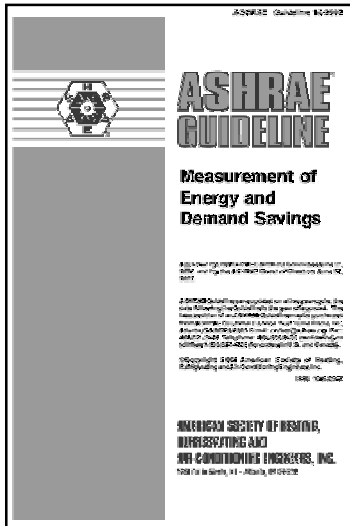
1

## 大綱

- 一、ASHRAE Guideline 14概要
- 二、冰水機效能驗證概念
- 三、COP 模型概要
- 四、實驗室驗證
- 五、冰水機性能監測
- 六、現場驗證
- 七、結語

2

# ASHRAE Guideline 14概要



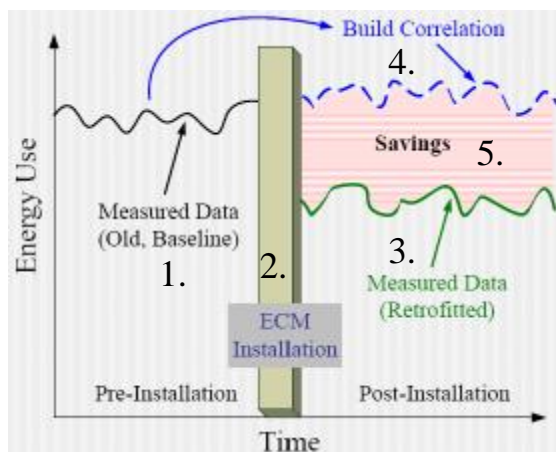
- 美國加熱冷凍空調工程師協會(ASHRAE)指導方針 14 「能源與節能需求量測」，2002版本，共165頁。
- 為建築物能源管理專案提供可靠之能源與節能需求量測指導方針
- 提供建物中泵浦、風扇、冰水機、鍋爐、暖氣爐、照明、冷凝機組等性能與節能驗證方法

3

Copyright 2011 工業技術研究院

# 冰水機節能驗證概念

1. 建立舊機的性能模型
2. 進行更換工程
3. 量測新機之能力與耗電
4. 以舊機性能模型同步預測舊機於同能力時之耗電
5. 計算新機之節能量



ECM: Energy Conservation Measure

4

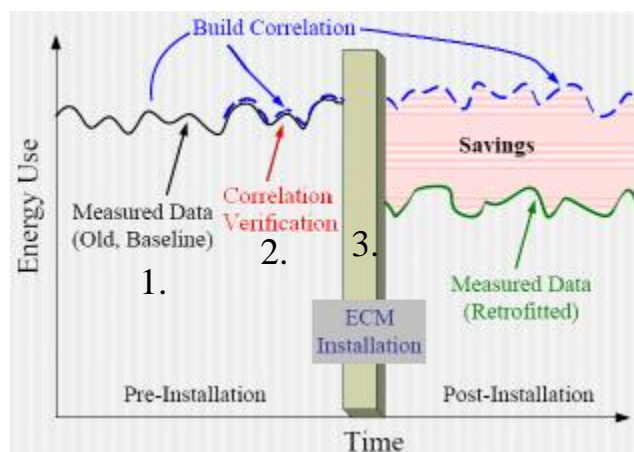
Copyright 2011 工業技術研究院

## 冰水機節能驗證成功要素

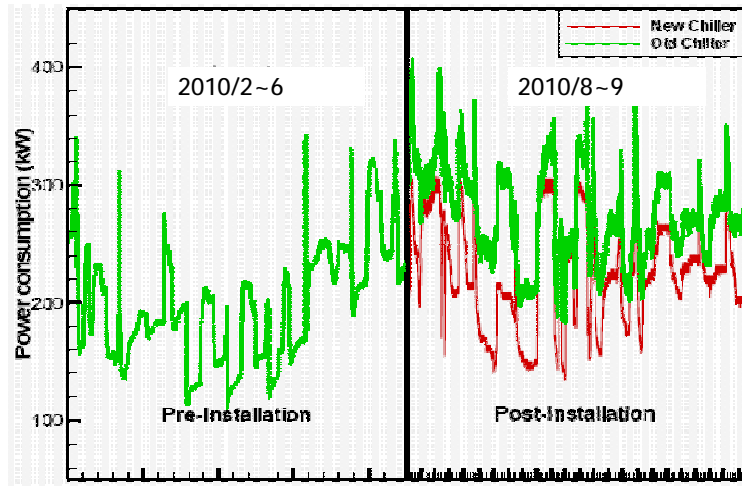
1. 冰水機性能量測的準確性與成本
2. 冰水機性能模型的準確性與實用性
3. 宣導與成功案例推廣

## 性能模型的準確度確認

1. 建立舊機的性能模型
2. 於更換工程前進行性能模型準確度確認
3. 準確度符合要求後，才進行後續工作



## 冰水機改善前後之效率差異



Copyright 2011 工業技術研究院

圖片來源：柯明村，北科大，量測與驗證規範

7

## 節能效益計算

▶ 連續監測運轉資料，用以計算節能效益  $E_{saving-t}$

▶ 間隔  $t$  分鐘記錄 1 筆運轉資料， $COP_{base}$  為舊機效率(模型推算)， $COP_{pose}$  為新機實測效率， $Q_{evap-p}$  為新機實測能力。累計的節能量為

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

Copyright 2011 工業技術研究院

8

## 冰水機性能模型概要

n ASHRAE Guideline 14的冰水機性能模型-溫度相關模型(Temperature Dependent Model)

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

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

9

Copyright 2011 工業技術研究院

## 建立模型方法及計算說明

n 連續量測(1~3個月)欲汰換之冰水主機數據，擷取間隔可為1分鐘、5分鐘或15分鐘：

- u 冰水流量 (LPM)
- u 冰水回水溫度及出水溫度 (°C)
- u 冷卻水進水及出水溫度 (°C)
- u 主機之耗電 (kW)
- u 計算出主機之能力(Q<sub>evap</sub>)與效率COP

日期	時間	T <sub>evst</sub> °C	T <sub>chwst</sub> °C	T <sub>chwt</sub> °C	V <sub>chw</sub> LPM	P <sub>chiller</sub> kW	Q <sub>evap</sub> kW	COP Q <sub>evap</sub> /P <sub>chiller</sub>
2006/2/8	12:17:44	21.06	6.72	8.22	3210	127.0	539.9	4.21
2006/2/8	12:22:44	21.56	6.44	8.90	3210	119.0	539.9	4.50
2006/2/8	12:27:44	21.34	6.50	8.92	3210	126.0	497.7	3.95
2006/2/8	12:32:44	21.39	6.61	9.06	3210	126.0	547.4	4.34
2006/2/8	12:37:44	21.83	6.44	8.83	3210	132.0	535.0	4.05
2006/2/8	12:42:44	21.06	6.50	9.12	3210	118.0	597.2	5.06

Copyright 2011 工業技術研究院

數據來源：林文祥，綠基會，節能績效量測與驗證方法簡介，96年8月29日

10



## 建立模型方法方法及計算說明

冰水機性能模型  $\frac{1}{COP} = -1 + (T_{cwRT} / T_{chwST}) + \frac{-A_0 + A_1(T_{cwRT}) + A_2(T_{cwRT} / T_{chwST})}{Q_{evap}}$

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

則冰水機性能模型可表示為



$$a = -A_0 + A_1(T_{cwRT}) + A_2(T_{cwRT} / T_{chwST})$$

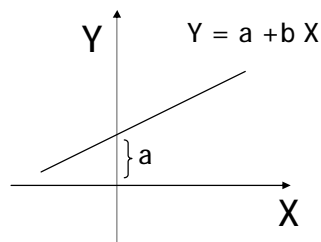
$A_2$  為  $\alpha$  與  $T_{cwRT}/T_{chwST}$  回歸線性方程式之斜率



## 一次方程式的意義

$$Y = a + b X$$

截距      斜率



$$a = -A_0 + A_1(T_{cwRT}) + A_2(T_{cwRT} / T_{chwST})$$

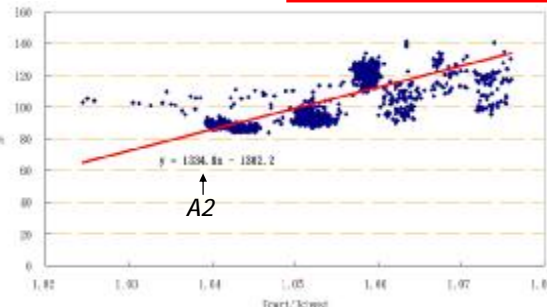
$$Y = a + b X$$

## 求 $\alpha$ 與 $A_2$ 範例

依公式求出  $\alpha$

日期	時刻	$T_{cwRT}$ ℃	$T_{chwST}$ ℃	$T_{cwRT}$ ℃	$T_{chwST}$ ℃	$P_{chiller}$ kW	$Q_{evap}$ kW	COP $Q_{evap}/P_{chiller}$	$T_{cwRT}$ ℃	$T_{chwST}$ ℃	$T_{cwRT}/T_{chwST}$	$\alpha$
2008/2/8	12:17:44	31.06	6.72	9.22	32.10	127.0	539.9	4.41	294.2	279.9	1.0512	88.3
2008/2/8	12:22:44	31.50	6.44	8.94	32.10	119.0	559.9	4.70	294.7	279.0	1.0540	88.7
2008/2/8	12:27:44	31.94	6.50	8.72	32.10	125.0	497.7	3.95	295.1	279.7	1.0552	88.5
2008/2/8	12:32:44	31.39	6.61	9.06	32.10	126.0	547.4	4.54	294.5	279.8	1.0528	87.1
2008/2/8	12:37:44	31.83	6.55	8.83	32.10	122.0	529.0	4.39	294.9	279.0	1.0550	92.0
2008/2/8	12:42:44	31.00	6.50	9.17	32.10	113.0	597.2	5.06	294.2	279.7	1.0530	86.9

畫出  $\alpha$  與  $T_{cwRT}/T_{chwST}$  圖，產生線性方程式，其斜率即為  $A_2$



Copyright 2011 工業技術研究院 數據來源：林文祥，綠基會，節能績效量測與驗證方法簡介，96年8月29日

## 建立模型方法方法及計算說明

$A_2$  由  $\alpha$  與  $T_{cwRT}/T_{chwST}$  產生

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

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

$$b = -A_0 + A_1 (T_{cwRT})$$

$A_1$  為  $\beta$  與  $T_{cwRT}$  回歸線性方程式之斜率

$-A_0$  為方程式之截距



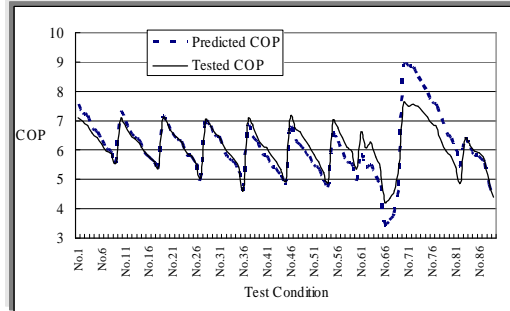


## 冰水機性能模型的準確度驗證



600RT R-134a

定頻離心式冰水機



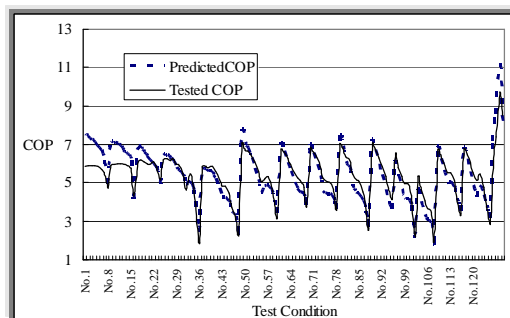
- n 於實驗室以IGV 100,90,80,70,60,50,40,30%開度搭配兩個不同冷卻水入水溫度(共16個)進行測試，產生性能模型
- n 再以性能模型預測各種不同工况共89個，並與實驗數據比較其準確度
- n 實驗與模型預測平均誤差為 **CVRMSE = 7.6%**

## 冰水機性能模型的準確度驗證



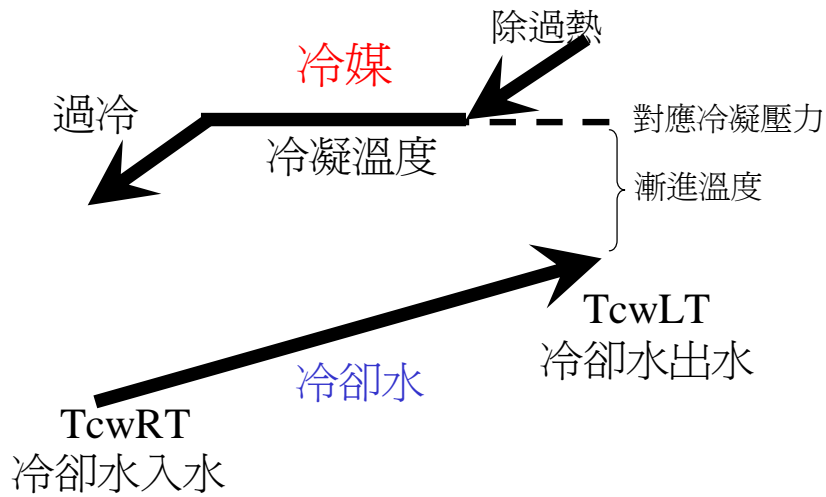
535RT R-134a

變頻離心式冰水機



- n 於實驗室以不同轉速、不同IGV開度、不同冷卻水入水溫度共28個工况之實測資料產生性能模型
- n 再以性能模型預測各種不同工况共125個，並與實驗數據比較其準確度
- n 實驗與模型預測平均誤差為 **CVRMSE = 10.1%**

## 冷凝器工作流體溫度變化



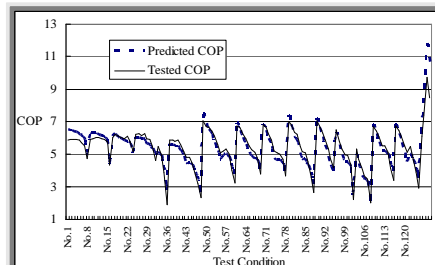
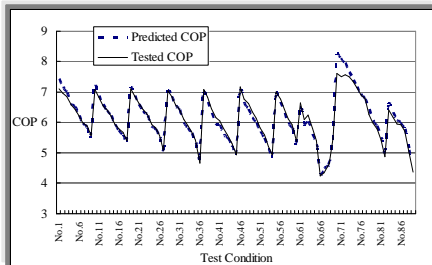
## 冰水機性能模型修正

將冷卻水入水  $T_{cwRT}$  改為冷卻水出水  $T_{cwLT}$

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

定頻離心機 **CVRMSE = 2.5%**

變頻離心機 **CVRMSE = 6.2%**



資料來源：C.C. LIU, J.C. CHUNG, H.C. CHIANG, J.Y. LIN, Temperature-Dependent Thermodynamic Chiller Model in Predicting Variable Speed Centrifugal Chiller Performance, ACRA Japan 2010

## 冰水機性能監測項目

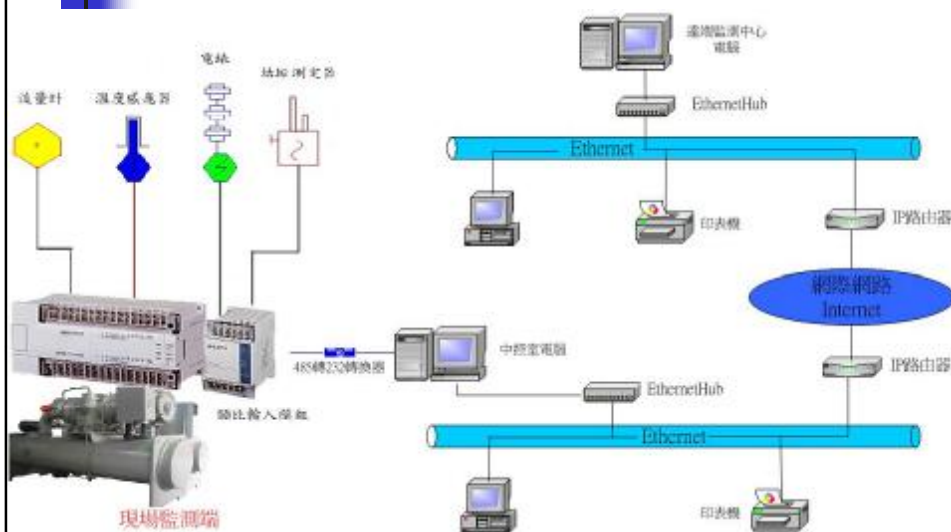
擷取項目：

1. 溫度：冷卻水入口、冷卻水出口、冰水入口、冰水出口、外氣溫度
2. 流量：冷卻水流量、冰水流量
3. 電力：電流、電壓、功因、功率
4. (參考用)冷媒系統壓力：蒸發壓力、冷凝壓力
5. (參考用)水質：pH、導電度、ORP

計算項目：

1. 冷凍能力(RT、kW)
2. 主機效率(COP、EER、kW/RT)

## 冰水機性能監測架構圖



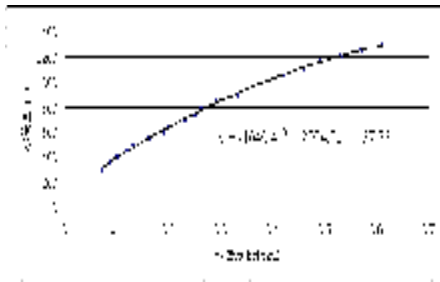
## 溫度量測

- n 熱電偶(TC)：成本低、精度較低( $0.5^{\circ}\text{C}$ )。
- n 電阻式溫度感測器(RTD)：成本高、精度較高( $0.3^{\circ}\text{C}$ )、無溫井時需使用表面量測型感測器。

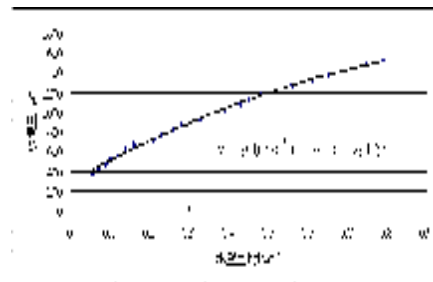
## 流量量測

- n 高成本的做法：採用浮子式、槳葉式、電磁式、超音波式等各式流量計直接量測流量。
- n 低成本的做法：量測熱交換器水側差壓，再轉換為流量。水側差壓與流量的關係可由冰水機製造廠提供，或由現場實測而得。

## 蒸發器水壓損與流量關係



實測蒸發器壓損與流量



實測冷凝器壓損與流量

## 電力量測裝置

- n 一般的作法：採用三相綜合電力計。
- n 低成本的作法：固定電壓與功因，以電流轉換器直接量測電流。主機部分負載時較不準確。

## 資料擷取裝置

- n 使用工業用控制器之輸入模組
- n 或使用資料擷取模組
- n 或使用記錄器
- n 需與近端電腦或網路連結，長時間儲存運轉數據
- n 性能數據可由資料擷取裝置或電腦計算而得

## 現場性能監測

聚隆纖維斗六廠鑫國空調550RT變頻式離心機

項目	單位	數值
供水溫度	攝氏溫度	12.5°C
回水溫度	攝氏溫度	13.5°C
供水壓力	MPa	0.45
回水壓力	MPa	0.45
供水流量	m³/h	120
回水流量	m³/h	120
總電功率	kW	150
三相電壓	V	380
三相電流	A	250
功率因數	PF	0.95

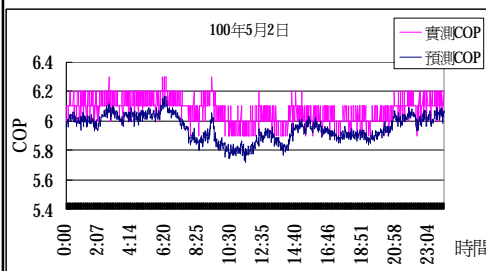
即時製冷能力RT

冰水機之系統控制器內建電阻式溫度感測器 (RTD)、水側差壓轉換為流量、三相綜合電力計，於主機端計算出製冷能力RT與COP，透過工業電腦與轉換盒上傳運轉數據至遠端伺服器

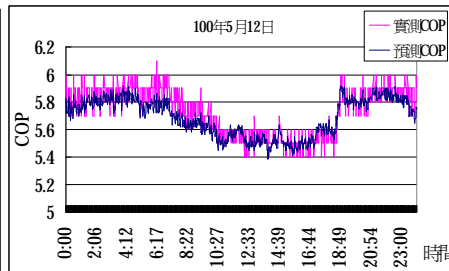
## 冰水機性能模型現場驗證

535RT R-134a變頻離心式冰水機之性能模型(用冷卻水出水)為

$$\frac{1}{COP} = -1 + (T_{cwLT} / T_{chwST}) + \frac{-1420.4 + 10.379(T_{cwLT}) + 1512.5(T_{cwLT} / T_{chwST})}{Q_{evap}}$$



平均誤差-2.0%



平均誤差-0.7%

## 結語

冰水機技術發展日新月異，性能不斷提升，若能與檢測與驗證技術密切配合，必可使冰水機節能事業成為我國重要的綠能產業。



報告完畢，謝謝聆聽

---

Q & A

31