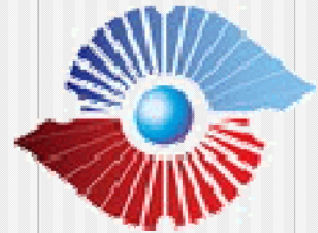


# 冷凍空調系統 節能量測介紹

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

- 一、前言
- 二、空調設備與系統
- 三、空調設備與耗能狀況
- 四、節能改善量測與案例分析

# 內 容

- 一、前言
- 二、空調設備與系統
- 三、空調設備與耗能狀況
- 四、節能改善量測與案例分析

# 一、前言

## 1. 化石能源存量與供應日漸短缺

- 隨著化石能源之逐漸用罄，全世界目前正面臨能源供應之嚴苛問題。
- 各種替代能源與再生能源之研究與開發雖積極進行，但在短期之內仍無法成為穩定而可靠之能源來源。
- 從能源應用之觀點來看，除了能源開發之外，**節約能源提升能源使用效率**應是更為重要之課題，原因在於其可立即而直接可應用之解決方案。

# 一、前言

## 2. 全球暖化、氣候變遷

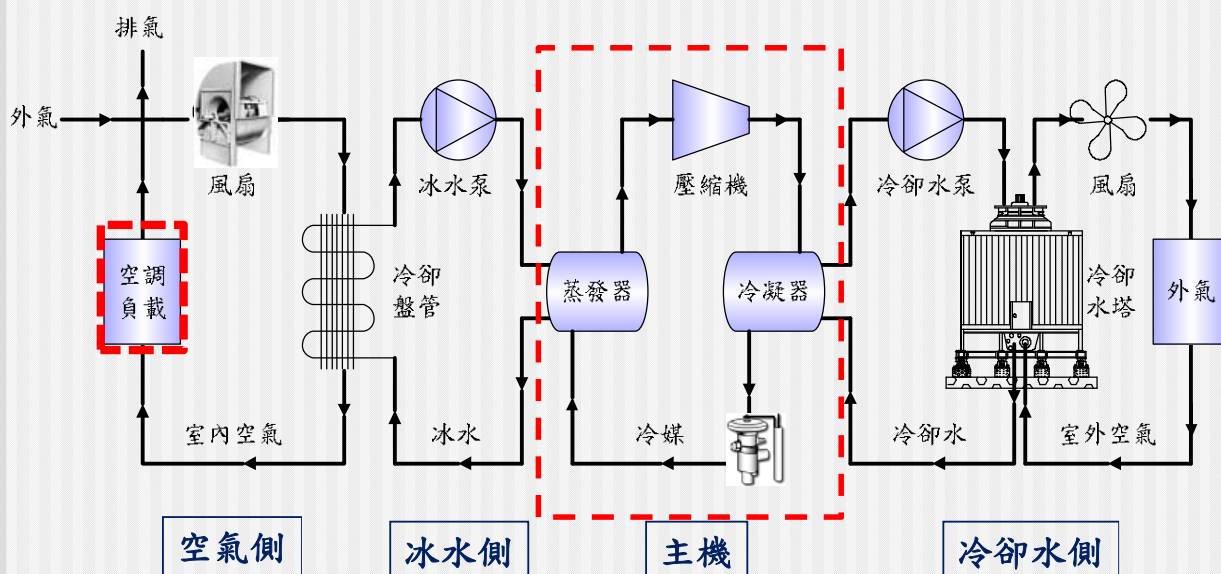
- 聯合國針對地球暖化之溫室效應問題所提出之「京都議定書」，已於2005年2月16日正式生效
  - ✓ 我國雖非簽約國家，但基於國際環保公約之經驗，我國既使不簽署公約及享受權利，但相關義務，卻仍需履行
  - ✓ 且我國身為地球村的成員，有保護環境、善盡保護地球之責任。
  - ✓ 最重要的是，預期各國為因應本議定書都將發展高效率之技術，我國若不及早因應參與國際互動，引進技術，將喪失我國之國際競爭力！
- 而隨著台灣經濟成長，工商業發達，國民生活水準及消費能力提高，加上台灣位於亞熱帶高溫高濕之海島型氣候形態，造成空調市場近幾年來的蓬勃發展。

# 內 容

- 一、前言
- 二、空調設備與系統
- 三、空調設備與耗能狀況
- 四、節能改善量測與案例分析

## 2.1 空調設備

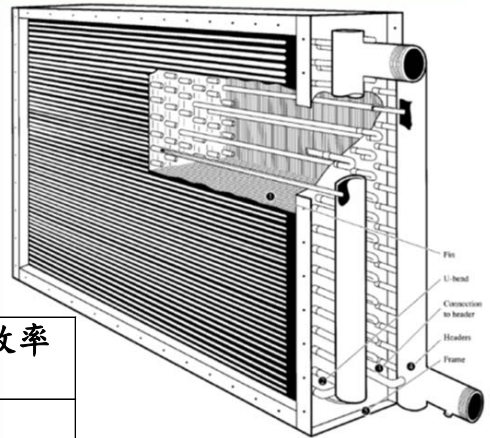
- 一般大型建築多使用中央空調系統。有關中央空調系統之運作可如下圖所示：



## 2.1 空調設備

### □ 空調設備：

- ✓ 冷卻盤管(cooling coil)
  - 乾盤管(dry-coil)：降溫
  - 濕盤管：冷卻+除濕
- ✓ 風車(fan)



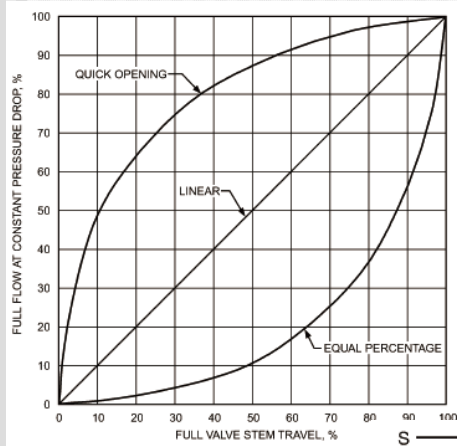
風車型式	葉輪型式	最大總效率 (%)
<b>軸流式</b> 	有導流片 	78-90
	無導流片	67-84
	螺旋槳型式 	45-50

## 2.1 空調設備

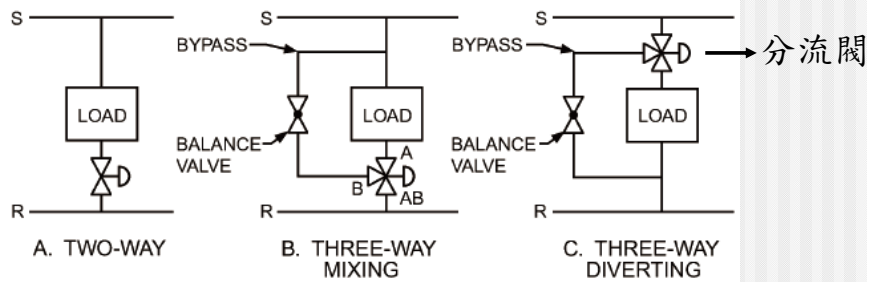
風車型式	葉輪型式	最大總效率 (%)
<b>離心式</b> 	翼形 	79-86
	後傾 	79-83
	徑向放射形 	69-70
	前傾 	60-65
	同軸 (in-line) 	60-65
	混合流 (Mixed-flow) 軸流與離心組合	75-80
	橫流 	40-45

## 2.1 空調設備

✓ 二通閥(two-way valves)/三通閥(three-way valve)



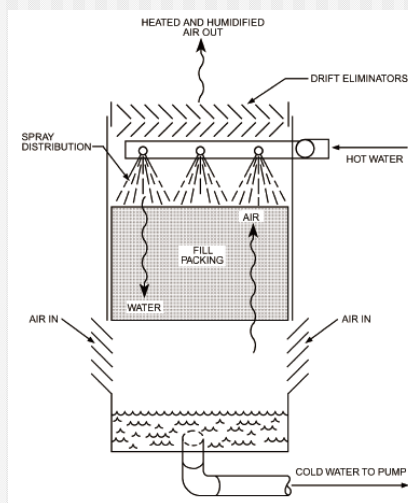
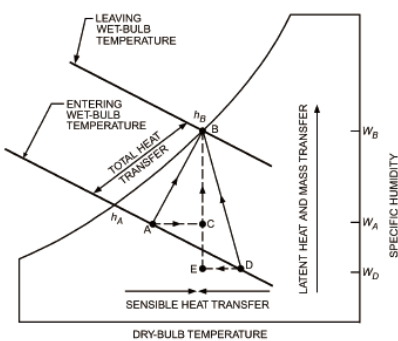
控制閥流量特性



## 2.1 空調設備

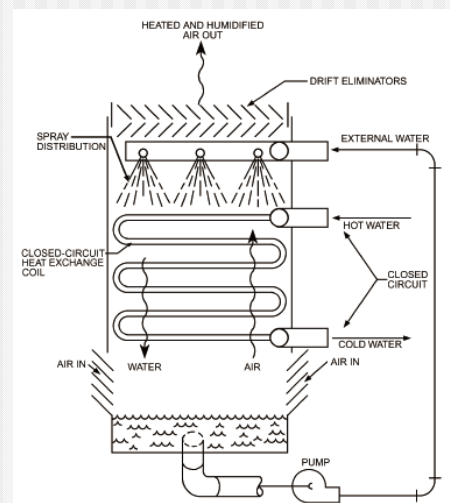
✓ 冷卻水塔(C/T, cooling tower)

利用灑水蒸發散熱之裝置



直接接觸

(開放式) 冷卻水塔



間接接觸

(密閉循環式) 冷卻水塔

## 2.2 空調系統介紹

### □ 空氣系統：

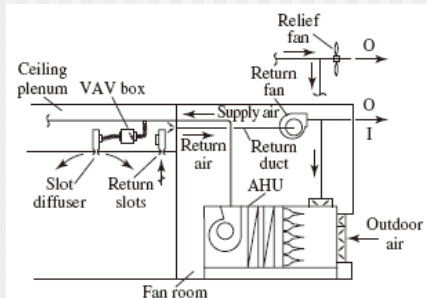
- ✓ 空氣系統組件為風車、風管(duct)、風門(damper)、出風口等主要元件。
- ✓ 空氣調節系統依據其作用方式可分為定風量系統 (CAV system) 與可變風量系統 (VAV system) 等兩種。
  - 定風量系統中，送風風量固定、送風溫度可變。若要達到不同區域之溫度要求，需要採用加熱/冷卻空氣，或是混合不同體積冷熱空氣之方式，因此較不具能源效率。
  - 變風量系統中，送風溫度固定、送風風量可變。可依據不同區域溫度要求來調節送風風量。配合可變速風車，可以在部分負載時，降低風車運轉速率，因此能源效率較高。

## 2.2 空調系統介紹

### ✓ 全空氣系統(All Air System)—AHU+Duct

常用的空調送風系統為全空氣系統。這種空調方式的特點為：

- 空氣較集中處理，可獲得較佳空調(如溫濕度控制、清淨度等)
- 設備集中，較易維護。
- 其缺點為風管長度較長，送風耗能大。解決耗能的方法為使用VAV 空調系統，其可節省大量的送風耗能。





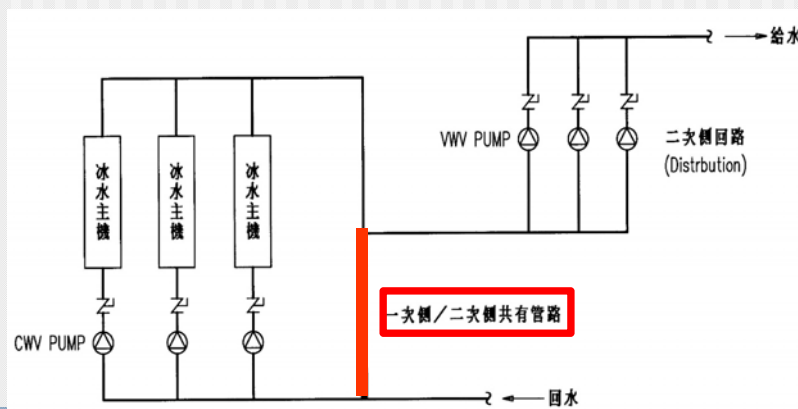
## 2.2 空調系統介紹

- ✓ 全水系統(All Water System)—含冷卻或加熱盤管之終端設備
  - 如小型送風機(Fan-coil Unit, FCU)系統，其之送風距離短，外氣一般而言只有送風量之20%，故使用風機盤管會有較低之送風耗能。對風機盤管而言，其節約能源之潛力有兩方面：
    1. 依需要或用溫度來調節冰水量，以節約水泵之耗能。
    2. 一般而言，風機盤管之風車有三速控制，但研究發現馬達之控制未如理想，無法達到有效及節能變速之目的。
    3. 為了節能，馬達可裝置無段變速控制，最佳為30-100%風量之控制，如此不但可節約能源，並可增加空調之溫度及舒適度控制效果。
    4. 一般而言，空調之負載多在50%左右，故無段變速之節能效果能節省20至30%之耗能。

## 2.2 空調系統介紹

### □ 冰水系統：

- ✓ 一次/二次系統(primary-secondary system)，或複合系統(compound system)、或解耦系統(decouple system)
  - 以往一次側迴路設計成定流量系統，以確保較佳主機性能，以及避免蒸發器盤管凍結。
  - 二次側包括數個變頻泵，以控制冰水回路之壓差於設定值。



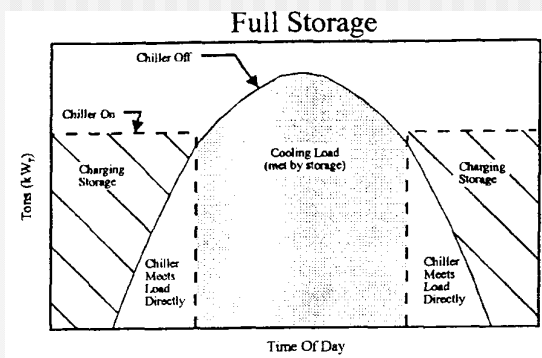
## 2.2 空調系統介紹

- 一次側水路之冰水流量稍大於二次側流量 (約高於 5%)。
  - 一次側水路與二次側水路可用熱交換器分隔開。然而，使用 **common pipe** 區隔為較常用之作法。
  - 對 common line 的要求即是：“common line 的壓降要愈小愈好”。
- ✓ 一次變流量系統(VPF, variable primary flow system)

## 2.3 儲冷空調系統與吸收式空調系統

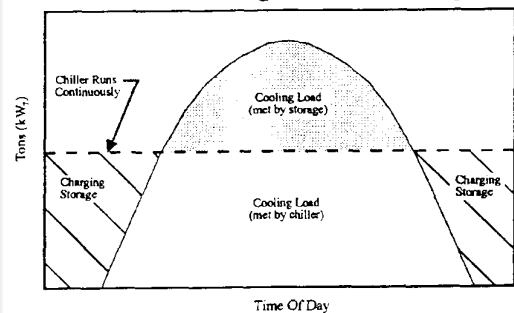
### □ 儲冷空調系統 (thermal storage system)

- ✓ 負載管理

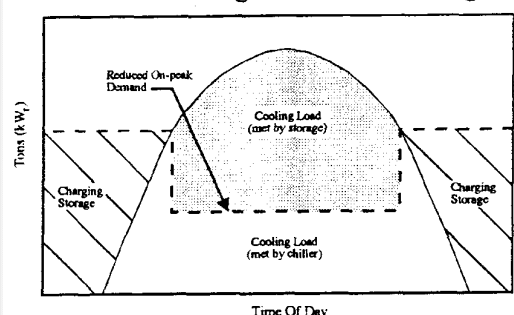


全量儲冷

Partial Storage-Load Leveling



Partial Storage-Demand Limiting



分量儲冷

## 2.3 儲冷空調系統與吸收式空調系統

### 儲冷技術種類：

	Chilled Water	Ice Harvester	External Melt Ice	Internal Melt Ice	Encapsulated Ice	Eutectic Salt
Chiller type	Standard water	Prepackaged or built-up ice making equipment	Low-temperature coolant or built-up refrigeration plant	Low-temperature secondary coolant	Low-temperature secondary coolant	Standard water
Chiller cost <sup>a</sup>	\$200 to \$300/ton, or use existing (\$57 to \$85/kW)	\$1,100 to \$1,500 per ice making ton (\$313 to \$427/kW)	\$200 to \$500/ton (\$57 to \$142/kW)	\$200 to 500/ton (\$57 to \$142/kW)	\$200 to \$500/ton (\$57 to \$142/kW)	\$200 to \$300/ton, or use existing (\$57 to \$85/kW)
Tank volume	11 to 21 ft <sup>3</sup> /ton-hr (0.089 to 0.169 m <sup>3</sup> /kWh)	3.0 to 3.3 ft <sup>3</sup> /ton-hr (0.024 to 0.027 m <sup>3</sup> /kWh)	2.8 ft <sup>3</sup> /ton-hr (0.023 m <sup>3</sup> /kWh)	2.4 to 2.8 ft <sup>3</sup> /ton-hr (0.019 to 0.023 m <sup>3</sup> /kWh)	2.4 to 2.8 ft <sup>3</sup> /ton-hr (0.019 to 0.023 m <sup>3</sup> /kWh)	6.0 ft <sup>3</sup> /ton-hr (0.048 m <sup>3</sup> /kWh)
Storage installed cost <sup>b</sup>	\$30 to \$100 per ton-hr (\$8.50 to \$28/kWh)	\$20 to \$30 per ton-hr (\$5.70 to \$8.50/kWh)	\$50 to \$70 per ton-hr (\$14 to \$20/kWh)	\$50 to \$70 per ton-hr (\$14 to \$20/kWh)	\$50 to \$70 per ton-hr (\$14 to \$20/kWh)	\$100 to \$150 per ton-hr (\$28 to \$43/kWh)
Charging temperature	39 to 42°F (4 to 6°C)	15 to 24°F (-9 to -4°C)	15 to 25°F (-9 to -4°C)	22 to 26°F (-6 to -3°C)	22 to 26°F (-6 to -3°C)	40 to 42°F (4 to 6°C)
Chiller charging efficiency	0.60 to 0.70 kW/ton (5.9 to 5.0 COP)	0.95 to 1.3 kW/ton (3.7 to 2.7 COP)	0.85 to 1.4 kW/ton (4.1 to 2.5 COP)	0.85 to 1.2 kW/ton (4.1 to 2.9 COP)	0.85 to 1.2 kW/ton (4.1 to 2.9 COP)	0.60 to 0.70 kW/ton (5.9 to 5.0 COP)
Discharge temperature <sup>c</sup>	1 to 4°F (0.5 to 2°K) above charging temperature	34 to 36°F (1 to 2°C)	34 to 36°F (1 to 2°C)	34 to 38°F (1 to 3°C)	34 to 38°F (1 to 3°C)	48 to 50°F (9 to 10°C)
Discharge fluid	Water	Water	Water	Secondary coolant	Secondary coolant	Water
Tank interface	Open tank	Open tank	Open tank	Closed system	Open or closed system	Open tank
Strengths	Use existing chillers; fire protection duty	High instantaneous discharge rates	High instantaneous discharge rates	Modular tanks good for small or large installations	Tank shape flexible	Use existing chillers
Comments	Storage capacity increases with temperature difference	Requires clearance above tank for ice maker	Separate charge and discharge circuits. Charge with coolant or liquid refrigerant			

**Notes:**

<sup>a</sup> Costs are for chiller or refrigeration plant only, and do not include installation. All costs, except ice harvesters, are per nominal ton (kW). Derating for actual operating conditions may be required.

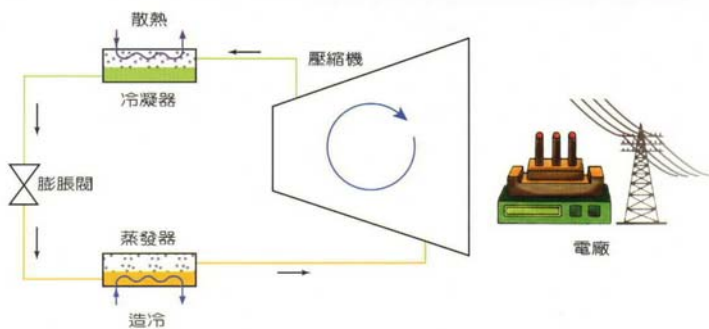
<sup>b</sup> Costs are for storage only, and include tank, internal diffusers, headers, and heat transfer surface.

<sup>c</sup> Typical minimum temperatures, with appropriate sizing of storage capacity. Higher temperatures can be obtained from each medium. See text for discussion of dependence of discharge temperature on discharge rate.

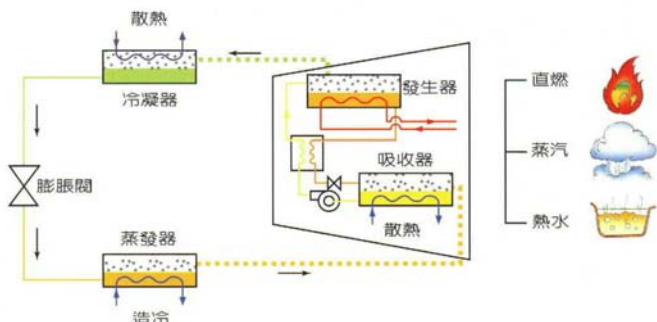
## 2.3 儲冷空調系統與吸收式空調系統

### 吸收式空調系統：

壓縮式冰水機——機械能驅動



吸收式冰水機——熱能驅動



## 2.3 儲冷空調系統與吸收式空調系統

### ❑ 溴化鋰冰機

- ✓ 水為冷媒、  
溴化鋰為吸收劑
- ✓ 設備以真空操作
- ✓ 防腐蝕管理、  
防結晶管理、  
冷媒（水）純  
化管理

#### 一、單效式系統

- 性能係數在0.60~0.70之間
- 熱源：①85~95°C熱水  
②140~160°C高溫熱水  
③1.0~2.0kg / cm<sup>2</sup> G 低壓  
蒸汽  
④400°C以下的廢氣
- 外觀：單筒形及雙筒形



#### 二、雙效式系統

- 性能係數在1.10~1.20之間
- 熱源：①140~200°C高溫熱水  
②5~8kg / cm<sup>2</sup> G 高壓蒸  
汽  
③400°C以上的廢氣
- 外觀：雙筒形及三筒形
- 溶液循環：串接流，平行流，  
逆向流



#### 三、直燃式系統

- 基本上與雙效式系統類似，但以  
燃料直接燃燒加熱於高壓發生器
- 性能係數在0.90~1.10之間
- 燃料：天然氣、燃料油、柴油等



## 內 容

- 一、前言
- 二、空調設備與系統
- 三、空調設備與耗能狀況
- 四、節能量測與案例分析
- 五、結語

## 空調設備與耗能狀況

- 國內民生住商建築常用空調型式大致如下：
  - ✓ 辦公大樓/百貨/賣場：中央空調為多。
  - ✓ 學校：窗型/分離式、箱型冷氣及中央空調。
  - ✓ 便利商店：分離式冷氣。
  - ✓ 醫院：分離式、箱型冷氣及中央空調。
- 產業空調型式：
  - ✓ 中央空調。
  - ✓ 製程冷卻。

## 空調設備耗能規定

- 國內對部分主要空調設備已制訂相關耗能標準。
- 以下列出目前常用之空調設備其耗能之國家標準：

# 空調設備耗能規定

## 冰水主機耗能標準

執行階段		第二階段		
施行日期		九十四年一月		
型式		冷卻能力等級	能源效率比值 (EER) kcal/h-W	性能係數(COP)
水冷式	容積式 壓縮機	<150RT	3.83	4.45
		≥150RT ≤500RT	4.21	4.90
		>500RT	4.73	5.55
	離心式 壓縮機	<150RT	4.30	5.00
		≥150RT <300RT	4.77	5.55
		≥300RT	5.25	6.10
氣冷式	全機種	2.40	2.79	

# 空調設備耗能規定

## 無風管冷氣機容許耗用能源基準

機種		額定冷氣能力 (kW)	冷氣季節性能因數 CSPF (kWh/kWh)
氣冷式	單體式	2.2 以下	3.40
		高於 2.2 , 4.0 以下	3.45
		高於 4.0 , 7.1 以下	3.25
		高於 7.1 , 71.0 以下	3.15
	分離式	4.0 以下	3.90
		高於 4.0 , 7.1 以下	3.60
		高於 7.1 , 10.0 以下	3.45
		高於 10.0 , 71.0 以下	3.40
水冷式	全機種	4.50	

註：

- 1) 本基準適用於額定冷氣能力71 kW以下機種。
- 2) 依據 CNS 3615、CNS 14464 及CNS 15712-1 規定試驗。
- 3) 依 CNS 14464 和 CNS 15712-1 相關規定，在 T1 標準試驗條件下試驗額定冷氣能力、額定中間冷氣功率及額定中間冷氣消耗電功率，然後分別計算冷氣季節總冷氣負載CSTL、冷氣季節總消耗電量CSEC 及冷氣季節性能因數CSPF。
- 4) 前述冷氣季節總冷氣負載CSTL 及冷氣季節總消耗電量CSEC 實測值，單位為 kWh，計算至整數位；冷氣季節性能因數CSPF 實測值，計算至小數點以下第二位，小數點以下第三位四捨五入。
- 5) 冷氣季節性能因數CSPF 實測值不得低於上表基準值，並在產品標示數值之95%以上。

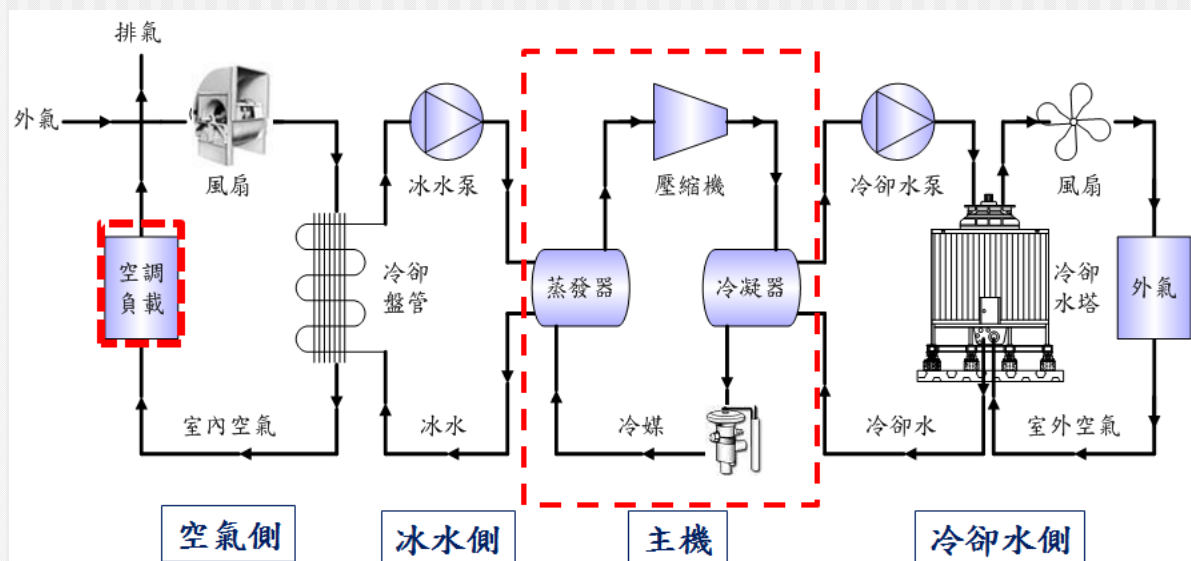
# 空調設備耗能規定

## 無風管冷氣機能源效率分級基準表

機種	冷氣能力分類 (kW)	冷氣季節性能因數 CSPF (kWh/kWh)					
		5 級	4 級	3 級	2 級	1 級	
各等級基準							
氣冷式	單體式	2.2 以下	3.40 以上，低於 3.64	3.64 以上，低於 3.88	3.88 以上，低於 4.11	4.11 以上，低於 4.35	4.35 以上
		高於 2.2，4.0 以下	3.45 以上，低於 3.69	3.69 以上，低於 3.93	3.93 以上，低於 4.17	4.17 以上，低於 4.42	4.42 以上
		高於 4.0，7.1 以下	3.25 以上，低於 3.48	3.48 以上，低於 3.71	3.71 以上，低於 3.93	3.93 以上，低於 4.16	4.16 以上
		高於 7.1，71.0 以下	3.15 以上，低於 3.37	3.37 以上，低於 3.59	3.59 以上，低於 3.81	3.81 以上，低於 4.03	4.03 以上
	分離式	4.0 以下	3.90 以上，低於 4.41	4.41 以上，低於 4.91	4.91 以上，低於 5.42	5.42 以上，低於 5.93	5.93 以上
		高於 4.0，7.1 以下	3.60 以上，低於 4.03	4.03 以上，低於 4.46	4.46 以上，低於 4.90	4.90 以上，低於 5.33	5.33 以上
		高於 7.1，10.0 以下	3.45 以上，低於 3.86	3.86 以上，低於 4.28	4.28 以上，低於 4.69	4.69 以上，低於 5.11	5.11 以上
		高於 10.0，71.0 以下	3.40 以上，低於 3.81	3.81 以上，低於 4.22	4.22 以上，低於 4.62	4.62 以上，低於 5.03	5.03 以上
水冷式	全機種	4.50 以上，低於 4.77	4.77 以上，低於 5.04	5.04 以上，低於 5.31	5.31 以上，低於 5.58	5.58 以上	

# 空調系統

- 一般大型建築多使用中央空調系統。有關中央空調系統之運作可如下圖所示：



典型之中央空調系統設備循環圖

# 中央空調系統之運作

- 在互連環的愈上游(亦即愈靠近空調負載端)做節能工作則每一循環所節省下來的效益也就愈大，亦即整個系統之省能效益會是因多重節能而愈大。
- 避免空調系統太多的過大設計。過大的設計不但業主需花費較多的初設成本，同時空調系統長期處於低負載運轉，效率也差，必須付出較多的運轉成本。
- 只要能針對負載的變化調整各動件之運轉模式及部分設備更換成符合系統負載特性之高效率設備即可節省大量的電費支出。

## 內 容

- 一、前言
- 二、耗能盤查與診斷
- 三、空調設備與耗能狀況
- 四、節能改善量測與案例分析



# HVAC常用之量測

- 一、溫溼度量測
- 二、壓力量測
- 三、風速量測
- 四、風量量測
- 五、冰水流量量測
- 六、冰水泵前後壓差量測
- 七、電壓/電流/電功率量測

## (一)溫溼度量測

### □ HVAC現場量測儀器種類與規格例

	儀器	廠牌	精度	範圍
溫度	精密多功能測量儀器	TESTO 400 溫濕度測棒	$\pm 0.4^{\circ}\text{C DB}$	$-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$
溼度	精密多功能測量儀器	TESTO 400 溫濕度測棒	$\pm 2\% \text{RH}$	$0\% \sim 100\%$
風速	精密多功能測量儀器	熱線式	$\pm(0.03\text{m/s} + 4\% \text{ of m.v.})$	$0 \sim 20\text{m/s}$
		熱球式	$\pm(0.03\text{m/s} + 5\% \text{ of m.v.})$	$0 \sim 10\text{m/s}$
		輪葉式	$\pm(0.2\text{m/s} + 2\% \text{ of m.v.})$	$0.6 \sim 40\text{m/s}$
風量	流量風罩(Flow Hood)	AccuBalance	$\pm 3\%$	
流體	Pt100溫度計	Sentron	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	
溫度	熱電偶	Omega	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$	
	多功能記錄器	FLUKE		$300 \text{ mV} - 150\text{V}$
流量	超音波流量計	CONTROLOTRON	$\pm 0.5\%$	
	超音波流量計	MICRONICS	$\pm 1\%$	
噪音	噪音計	CEL/440	$\pm 0.1 \text{ dBa}$	
		電力分析儀	HIOKI	$\pm 0.3\%$

## (一)溫溼度量測

1. 確認空調系統已經安裝完成，並已完成測試、調整、平衡。空調系統測試、調整、平衡可以平衡風量和水量，使其達到設計要求，為溫溼度控制提供正確的運轉環境，因此系統要先平衡才能測試。
2. 使系統達到正常運轉狀況，系統應在溫溼度自動控制之下，至少運轉24小時以上。
3. 量測點間距以3 m為原則，並且每個溫溼度控制區至少量一點(例如每個 Fan-Coil Unit 的控制範圍要量一點)，量測高度為(高架)地板上1.00 m。
4. 將溫溼度感測器放置同一位置，待穩定後開始記錄，每量測點必須取5秒的平均值，依驗收標準分析，計算平均值，記錄所有原始數據，以及分析後的數值。

## (二)壓力量測

壓力：作用於每單位面積的垂直力， $N/m^2 = Pa$

(1)絕對壓力。

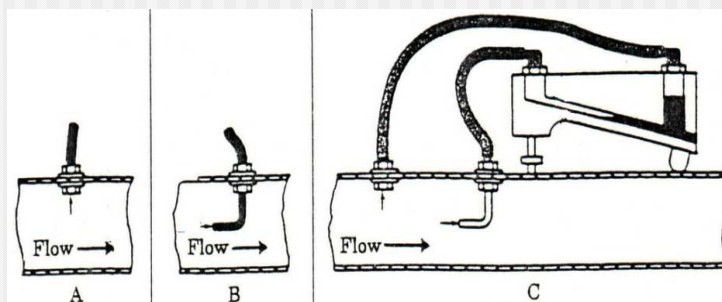
(2)真空壓力。

(3)表壓力(gauge pressure)：以大氣壓力為基準之壓力量度值。

□ 靜壓/動壓/全壓：

全壓=靜壓+動壓

**B**   **A**   **C**



## (二) 壓力量測

1. 必須在風速、風量、氣流等測試完成後，才能測試壓力，並且進氣與排氣系統要完全正常運轉。
2. 差壓量測時全部門與開口都要關閉。室外大氣壓力假設為0.0 mmAq錶壓力。

## (三) 風速量測

現場量測時常用  
之風速計種類：

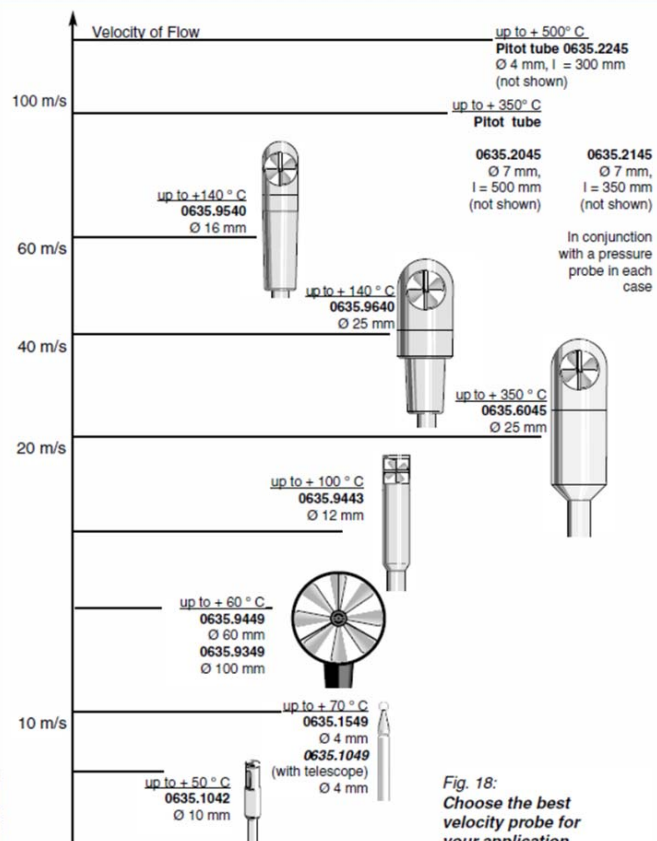


Fig. 18:  
Choose the best  
velocity probe for  
your application



### (三)風速量測

5. 每量測點必須取5秒的平均值，依驗收標準分析風速，計算平均值或判研合理性，記錄所有原始數據，以及分析後的數值。
6. 驗收基準必須是由業主訂定，一般可接受範圍與風速相同，條列如下。
  - a. 相鄰兩點之風速值，差距不可大於20%
  - b. 量測之平均風速，應在設計規格之 $\pm 5\%$
  - c. 以內相對標準差應在 $\pm 15\%$ 以內

### (四)風量量測

現場量測時常用  
之風量量測儀器  
風罩(Hood)

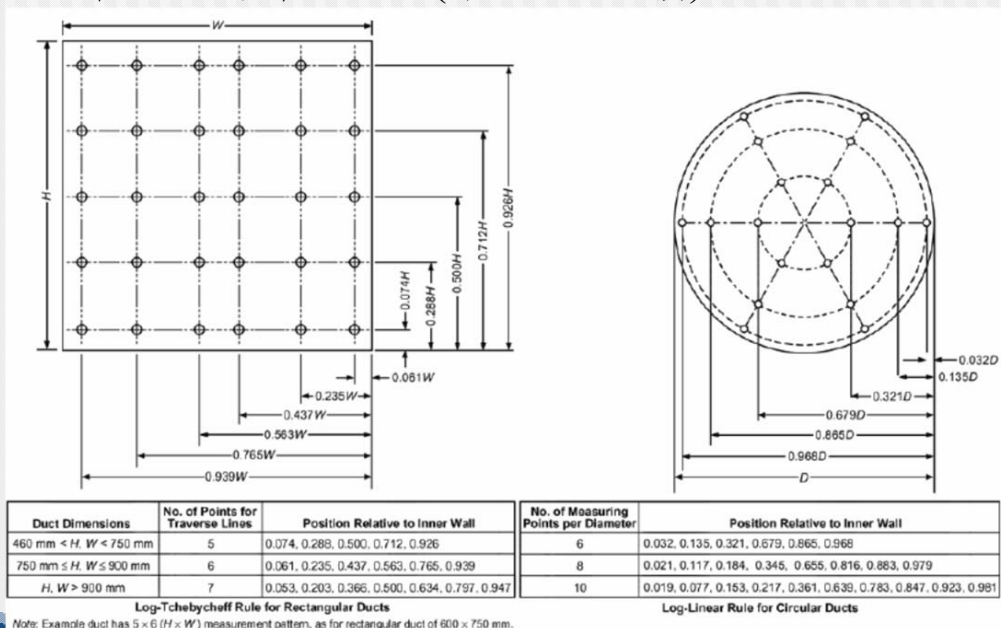


## (四)風量量測

1. 確認空調系統安裝完成，並先經測試、調整、平衡及標示。
2. 確認系統已運轉達到穩定狀態。
3. 依標準尺寸確實用氣罩將風口完全罩住，並確定沒有洩漏。
4. 若礙於現場配置或非標準尺寸，無法以氣罩(Hood)量測改採單點風速計求風量(平均值 $\times$ 面積)。
5. 使用上項風速量測數據平均，配合風口面積計算風量。
6. 量測前須待風速穩定，風機如採變頻器應記錄運轉頻率。

## (四)風量量測

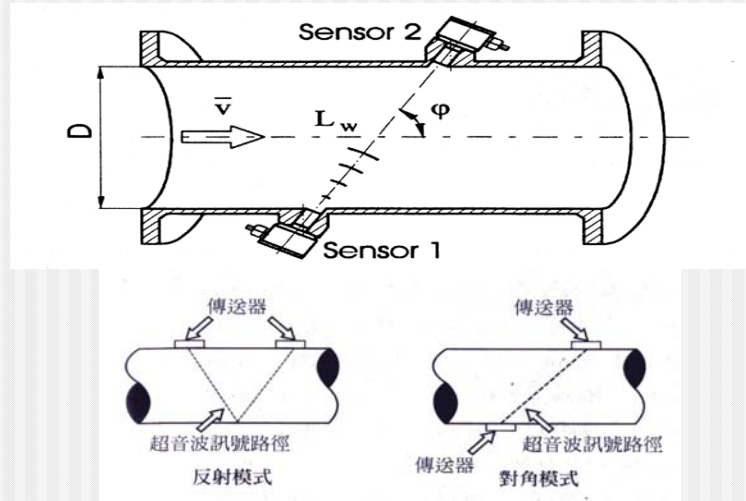
- ✓ 若礙於現場配置或非標準尺寸，無法以氣罩(Hood)量測改採單點風速計求風量(平均值 $\times$ 面積)。



## (五)水流量量測

### 現場量測時常用之風流量量測儀器 超音波流量計(Ultrasonic Flow meters)

- ✓ 超音波流量計是藉由音波透過液體之發射與接收，利用發射及接收之時間差算出管內之平均流速。

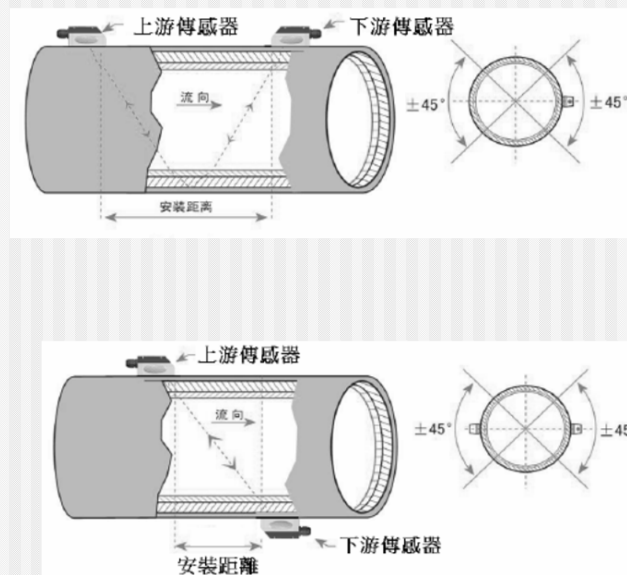


## (五)水流量量測

- 在安裝流量計之前，必須勘查現場管路選擇出最適合架設的位置。
- 在安裝超音波流量計必須注意幾個重點：
  - ✓ 感測器安裝於管路時，避免裝於上游或下游流場之擾動處，通常距離上游15倍管徑處，下游10倍管徑處，若現場不許可時，至少也要有6倍管徑，方能達到理想之誤差值。
  - ✓ 管子處理必須確實，油漆及污垢和灰塵，均須除去，才會得到較好的精確度，很厚的石棉、水泥及老舊多孔鑄鐵將嚴重衰減訊號，甚至阻擋信號傳輸，內部的積垢可能也會發散超音波能量造成信號損失。
  - ✓ 宜架設在管路偏下方約45°角之位置，太低容易受到沉澱物影響，太高則容易受到氣泡影響
  - ✓ 感應器上介質油須塗抹均勻，以免信號過度集中或發散
  - ✓ 遵循超音波流量計所提供之位置進行調整訊號強度。

## (五)水流量量測

### □ 超音波流量計感測器之安裝



## (六)水泵總效率量測

### □ 水路系統熱傳能力

熱傳功率(負載) = (密度) × (體積流率) × (比熱) × (溫差)

### □ 水泵耗能

$$\text{水泵耗電功率} = \frac{(\text{體積流率}) \times (\text{壓差})}{\text{總效率}}$$

$$\text{總效率} = (\text{馬達效率}) \times (\text{傳動效率}) \times (\text{水泵效率})$$



## (六)水泵總效率量測

### □ 水泵壓差之量測

- ✓ 測定泵浦工作位差所用之壓力計，測試時應先將連接於壓力計與泵浦間之管內空氣，以三通閥完全排除(視液體自三通活門之細孔噴出即可)然後扭轉活門使壓力計及泵浦相通，再讀壓力計上所指示之數值。

## (七)電壓/電流/電功率量測

1. 確認設備/系統已運轉達到穩定狀態。
2. 確保功因及相序無誤。
3. 確認感測器是否有安裝好以免造成脫落。
4. 依標準分析電壓、電流及電功率，判研其合理性，記錄所有原始數據，以及分析後的數值。

# 某科技大樓節能改善與成效

- 某科技大樓為國家重要單位所在之建築，且位於精華路段，動見觀瞻。
- 經現場勘驗後，該建築之**能源節約與室內空氣品質**亟待改進，以發揮示範與指標功能。

# 規劃之節能改善措施

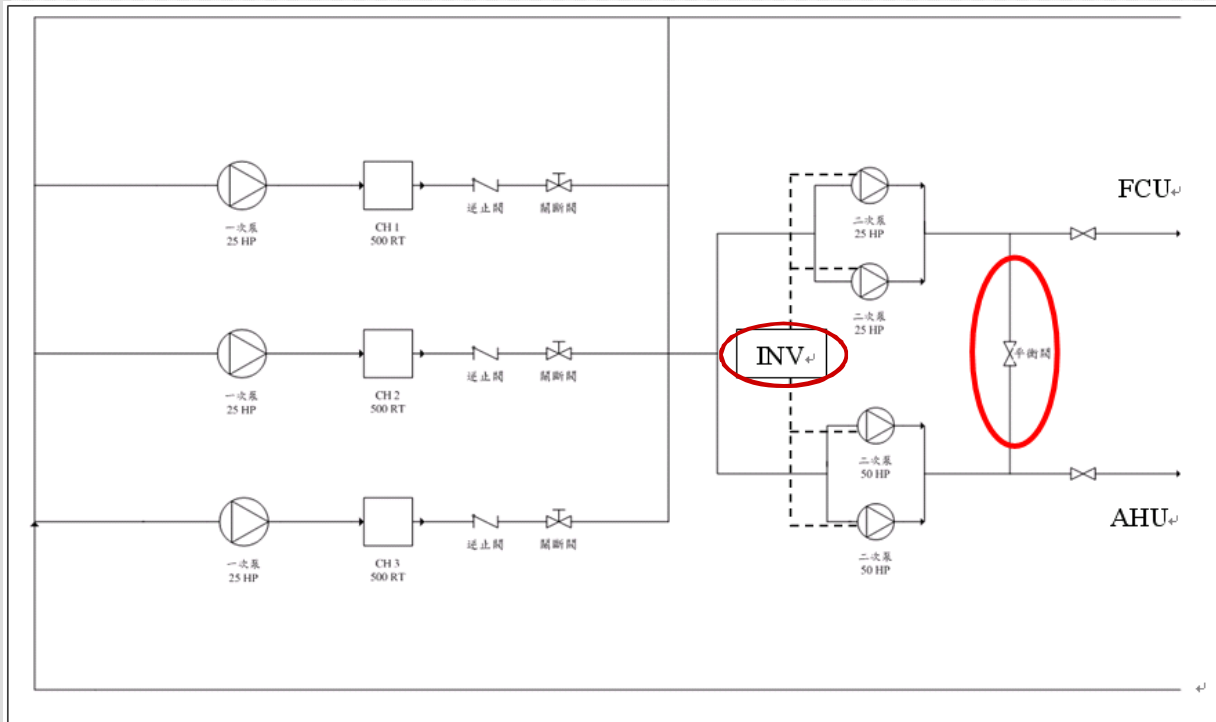
- 一. **空調設備與系統節約能源**
  - ✓ 水路系統變頻控制改善
  - ✓ 冷卻水塔與冷卻水系統節能改善
  - ✓ 冷能回收設備
  - ✓ 外氣引入控制與裝設室內二氧化碳濃度控制
- 二. **電力系統節約能源**
- 三. **再生能源—太陽光電應用與展示**
- 四. **所有節能措施之展示系統**

## 冰水系統變頻節能量分析

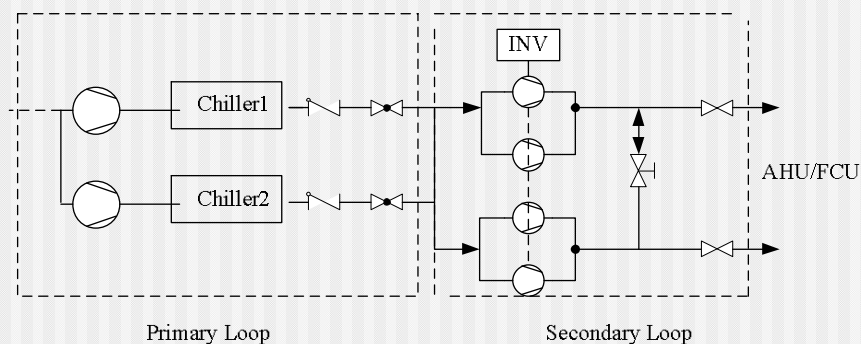
## 水路系統變頻控制改善

- 運轉模式：現況獨立兩套二次冰水變頻泵送水管修改共管後，再分送原AHU及FCU冰水系統，並新增比例控制閥。
- 優點：於低負荷需求時，可視四台二次冰水變頻泵彈性供應及備援。
- 改善後初期評估，水泵用電量為原系統的一半，一天節能量為337 kWh。

# 冰水系統變頻控制改善節能效益



# 冰水系統變頻控制改善節能效益



- ❑ 系統二次側冰水泵由定頻改成變頻。
- ❑ 冰水系統管路末端裝設壓差控制器，提供感測迴授訊號，控制變頻器藉以調整冰水泵轉速。
- ❑ 加裝二次側冰水系統旁通閥，提供系統平衡調節用。
- ❑ 本冰水側節能系統於部分負載時依相似定律，節能潛力大。

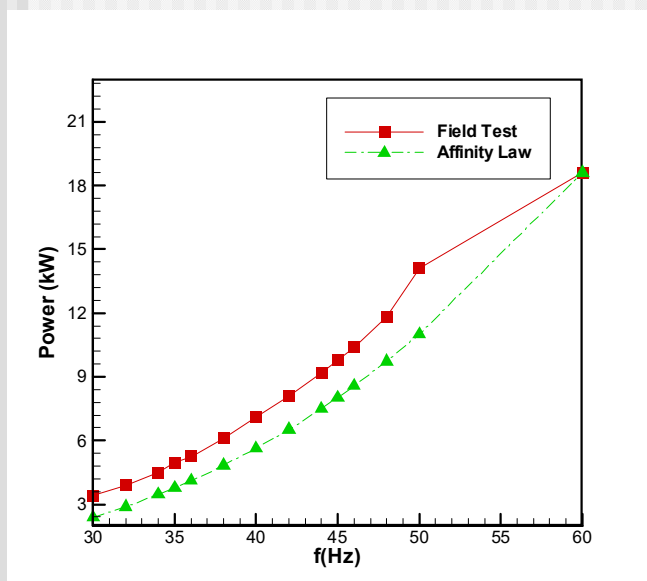
# 冰水系統變頻控制改善節能效益

## ● 水路系統變頻控制改善

二次泵耗電比較表

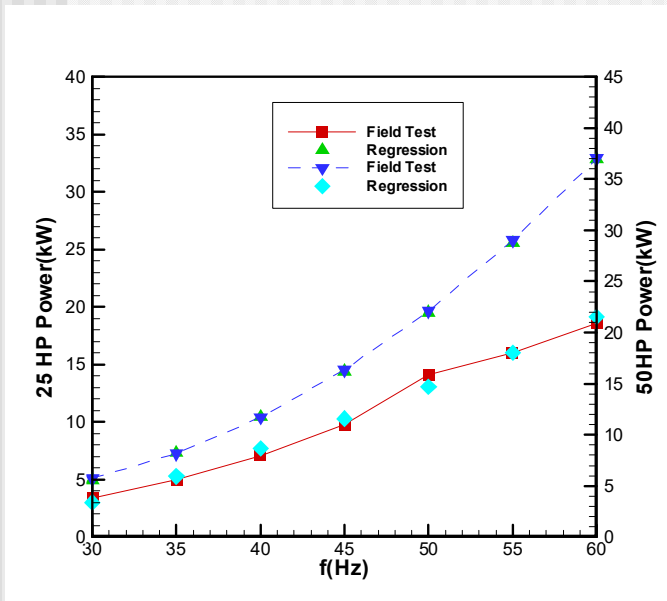
時間	設備名稱	電壓 (V)	電流 (A)	頻率 (Hz)	功率因數	功率 (kW)
2006/4/14 (改善前)	CSP-2(25HP)	478.6	37.6	60.01	0.81	25.3
	CSP-3(50HP)	480.9	62.0	60.03	0.81	41.60
2007/8/15 (改善後)	CSP-2(25HP)	485.1	20.7	50	0.81	<b>14.1</b>
	CSP-3(50HP)	492.0	28.58	50	0.77	<b>18.8</b>

# 冰水系統變頻冰水泵節能量分析



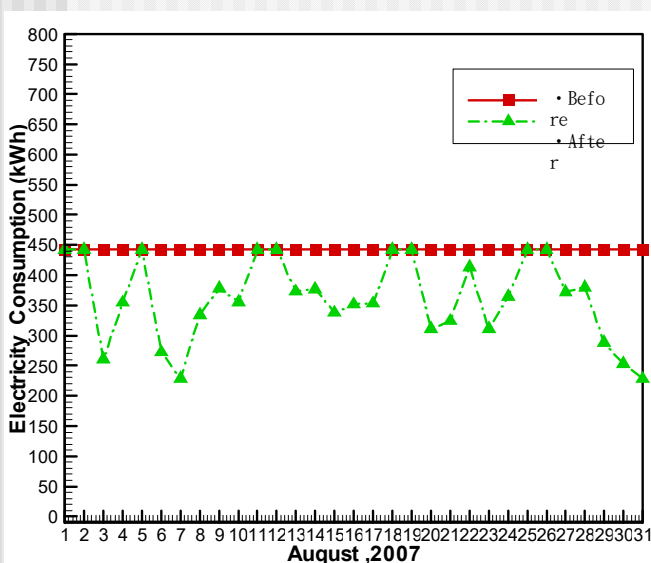
- 由圖可知，量測水側系統實際用電量與相似定律計算值非常接近。
- 本系統應用冰水側水泵變頻節能，於空調部分負載下，節能量大。

## 冰水泵性能方程式迴歸



- ❑ 冰水系統現場量測所得之水泵運轉數據，經迴歸計算求出水泵系統特性方程式。
- ❑ 由圖中可知，25與50HP水泵方程式迴歸誤差約2~4%。
- ❑ 經數值迴歸所得之方程式併入圖控制系統內，可取得逐時冰水系統節能量。

## 冰水泵變頻省能量分析



- ❑ 圖為改善前/後冰水系統運轉於2007年8月份之冰水泵用電比較。
- ❑ 結果顯示平均每月冰水水泵系統總節能省約2688kWh電力，約可降低CO<sub>2</sub>排放量約1720ton。
- ❑ 改善後約可降低耗能量平均約18.6%，節能量極大。

# 冷卻水塔與冷卻水系統節能量分析

## 冷卻水塔與冷卻水系統節能改善



外氣引入口  
太靠近冷卻  
水塔出風口

## 冷卻水塔與冷卻水系統節能改善



加  
高  
50  
cm

## 冷卻水塔與冷卻水系統節能改善

- 運轉模式：
  - ✓ 三台冷卻水塔風扇全加變頻器
  - ✓ 運轉台數及頻率由冷卻水回水溫度及外氣濕球溫度控制。



## 冷卻水塔與冷卻水系統節能改善效益



控制模式：

- ❑ 冷卻水塔風車加裝變頻器，由室外濕球溫度與冷卻水出水溫度差比較，直接回授調節變頻器頻率，控制風機馬達轉速。
- ❑ 依相似定律，節能潛力頗大。

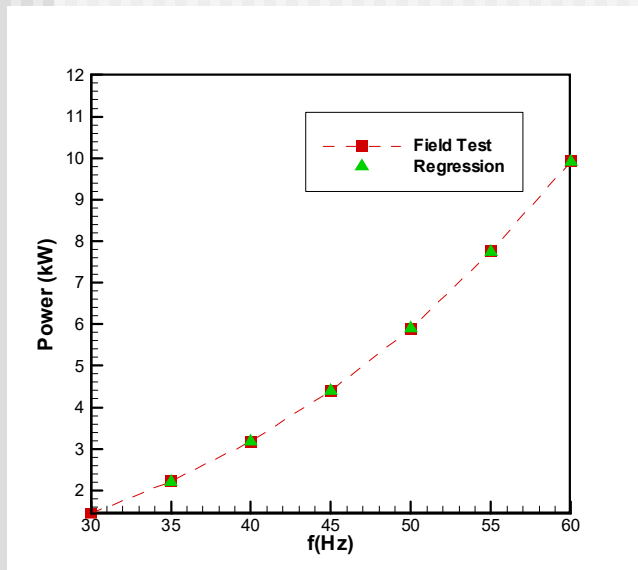
## 冷卻水塔與冷卻水系統節能改善效益

冷卻水塔風扇耗電比較表

時間	設備名稱	電壓 (V)	電流 (A)	頻率 (Hz)	功率因數	功率 (kW)
2006/4/14 (改善前)	CT-1	470.6	18.08	59.96	0.83	12.32
	CT-2	470.7	16.56	59.99	0.82	11.16
	CT-3	470.42	16.99	60	0.83	11.55
2007/8/22 (改善後)	CT-1	473.1	8.77	48.71	0.764	<b>5.49</b>
	CT-2	473.7	10.71	53.12	0.798	<b>7.01</b>
	CT-3	473.3	10.50	52.66	0.795	<b>6.84</b>

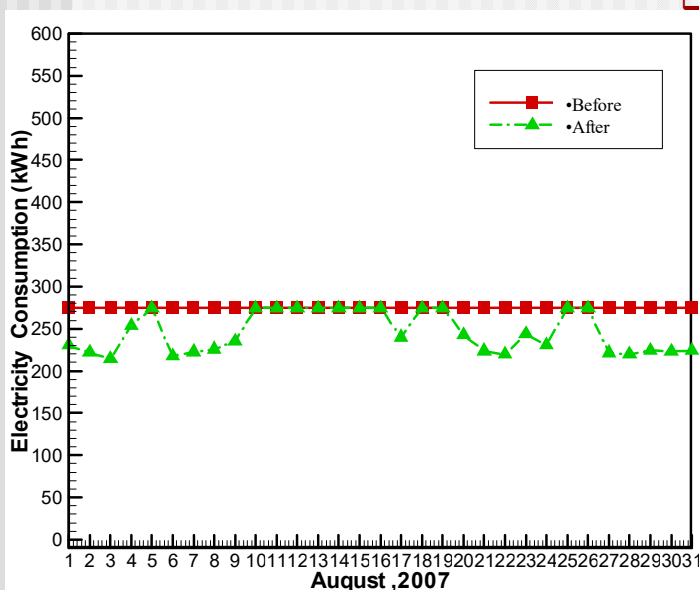
- ❑ 用電量為原系統的44.8%。一天節能為156.9 kWh。

## 冷卻水塔與冷卻水系統節能改善效益



- 現場量測冷卻水塔運轉數據經數值後，經數值迴歸，取得冷卻水塔風車性能方程式
- 最後將此方程式併入圖控系統，經現場感測點迴授取得相關參數自動計算後可取得逐時冷卻水塔之用電量與節能量。

## 冷卻水塔風車節能量分析

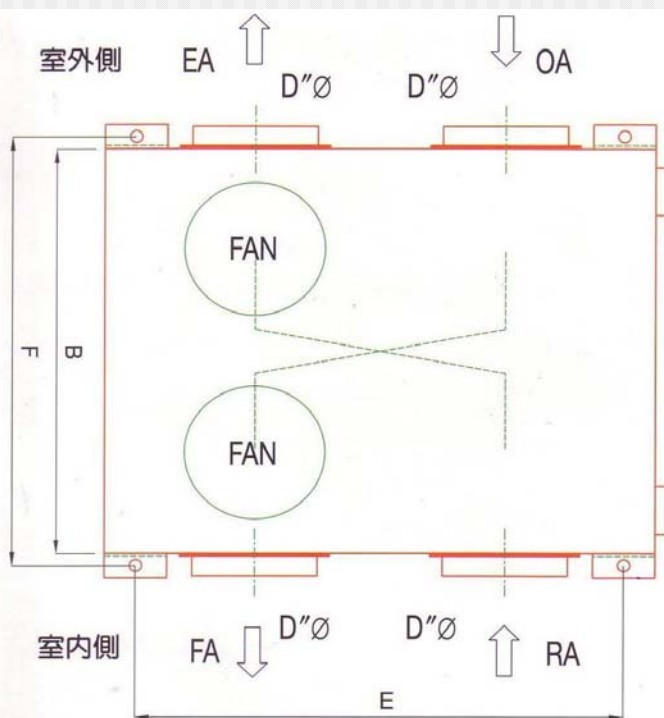


- 分析計算結果顯示冷卻水塔系統，每月約可節省用電量約822 kWh，經換算後約可降低 CO<sub>2</sub> 排放量 524ton.
- 改善前後冷卻水塔風車節能約9.2%.

# 冷能回收節能措施效益分析

## 冷能回收節能措施

- 冷能回收設備



## 冷能回收節能措施效益分析

- 全熱交換器的改善效益可由全熱交換器出入口溫溼度求得。
- 全熱交換器改善效益為 39.4 kWh

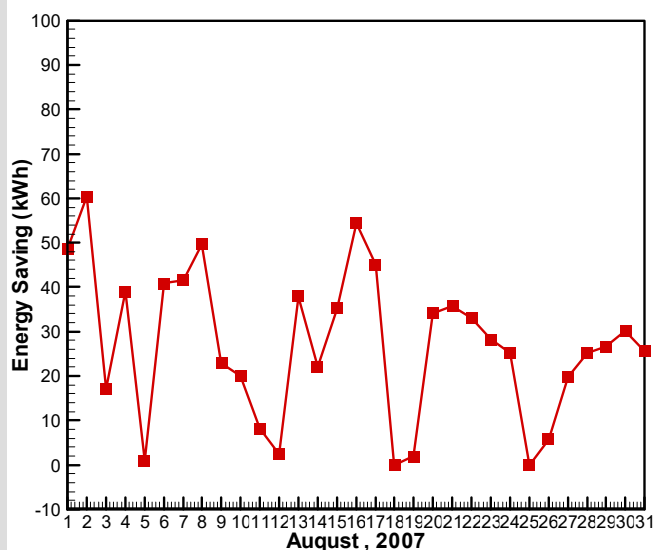
## 冷能回收節能措施效益分析

- 以2007/8/14日為例全熱交換器前後的溫溼度數據如下表，全熱交換器的風量為1700 m<sup>3</sup>/h，以一天運轉10小時來計算，全熱交換器的改善效益如下表所示。
- 全熱交換器出入口溫溼度(日平均值)

外氣引入全熱交換器前			外氣引入全熱交換器後			
溫度 (°C)	溼度 (%)	焓值 (kJ/kg)	溫度 (°C)	溼度 (%)	焓值 (kJ/kg)	焓差 (kJ/kg)
28.6	81.6	80.52	28.3	72.3	73.33	<b>7.19</b>

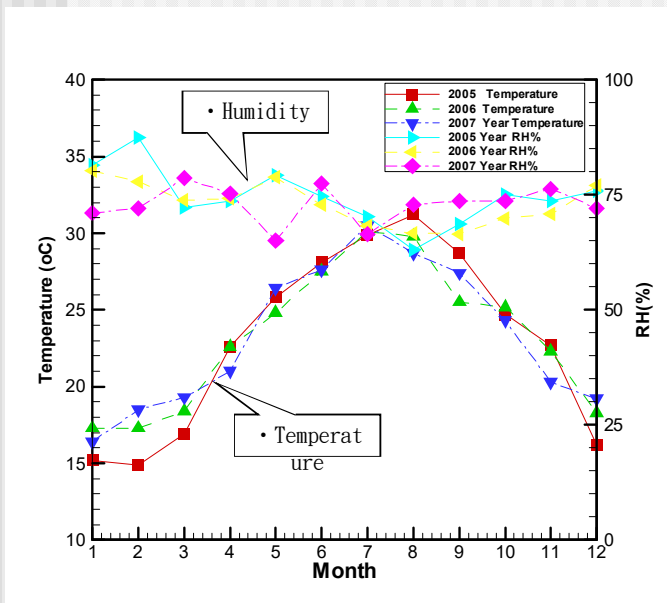
## 冷能回收節能措施效益分析

- 由實際監測圖可知，加裝冷能回收設備後，於22樓可回收調節室內空氣品質時之排氣冷能，每月約可節省用電量約390kWh。



## 外氣引入控制節能措施分析

## 外氣引入時機分析



- 圖為氣象局氣象資料，為大安區近幾年外氣溫度與濕度分佈情況。
- 本外氣系統控制方式應用焓差與CO<sub>2</sub>濃度連鎖控制，可自動調節合理控制外氣引入量，並兼顧良好室內空氣品質。
- 外氣空調使用時機，於每年12~3月為最佳時機，因此時外氣負荷比室內低，故引入大量外氣調節，本方法可降低空調主機耗能。

## 外氣引入控制節能措施

- 外氣引入控制與裝設**室內二氧化碳濃度控制**
- 21F



二氧化碳感測器



自動風門

## 外氣引入控制節能措施分析

- 外氣引入控制與裝設**室內二氧化碳濃度控制**

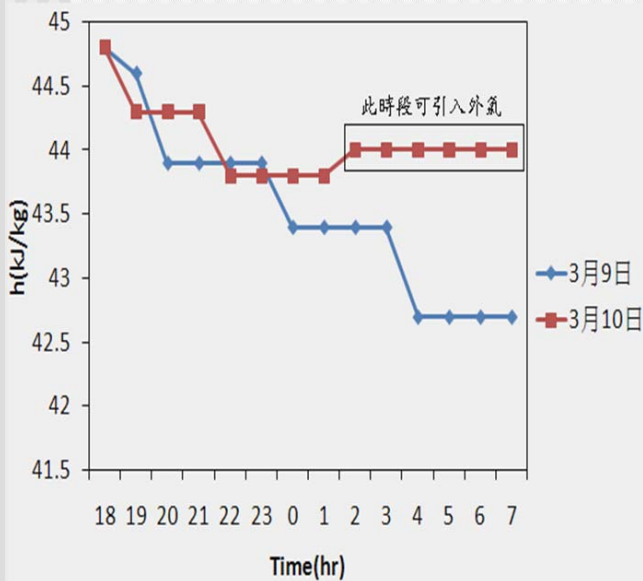
- 21F

量測項目		溫度(°C)		相對濕度(%)		CO <sub>2</sub> 濃度ppm	
		04/30	08/23	04/30	08/23	04/30	08/23
外氣		27.3	31.1	73.6	71.8	464	453
空調箱	回風	25.47	27.1	63.43	67.8	699	545
	出風	21.6	25.3	77.3	65.9	570	520
室內空間	科學教育發展處	25.14	27.6	60.21	70.4	627	534
	生物科學發展處	25.07	27.3	56.88	59	683.7	610
	走廊	25.3	26.6	60.9	63.5	643	616
	人文與社會科學發展處	24.51	26.7	58	64.6	646	619
	男廁所	25.6	26.4	59.7	68	678	580

## 外氣引入控制節能措施分析

- 引入新鮮外氣，可維持良好室內空氣側之空氣品質。
- 本大樓應用本外氣空調系統後CO<sub>2</sub>濃度約可控制在650 ppm以下。
- 應用本外氣空調系統，引入新鮮外氣，於每年12~3月各樓每月約可節省700~800kWh用電量。
- 於秋冬季夜間排氣節能每月約節省11~29kWh。
- 而於夏季因建築外殼白天熱獲得較大，故夜間排氣節能量應會更佳。

## 夜間排氣節能量分析



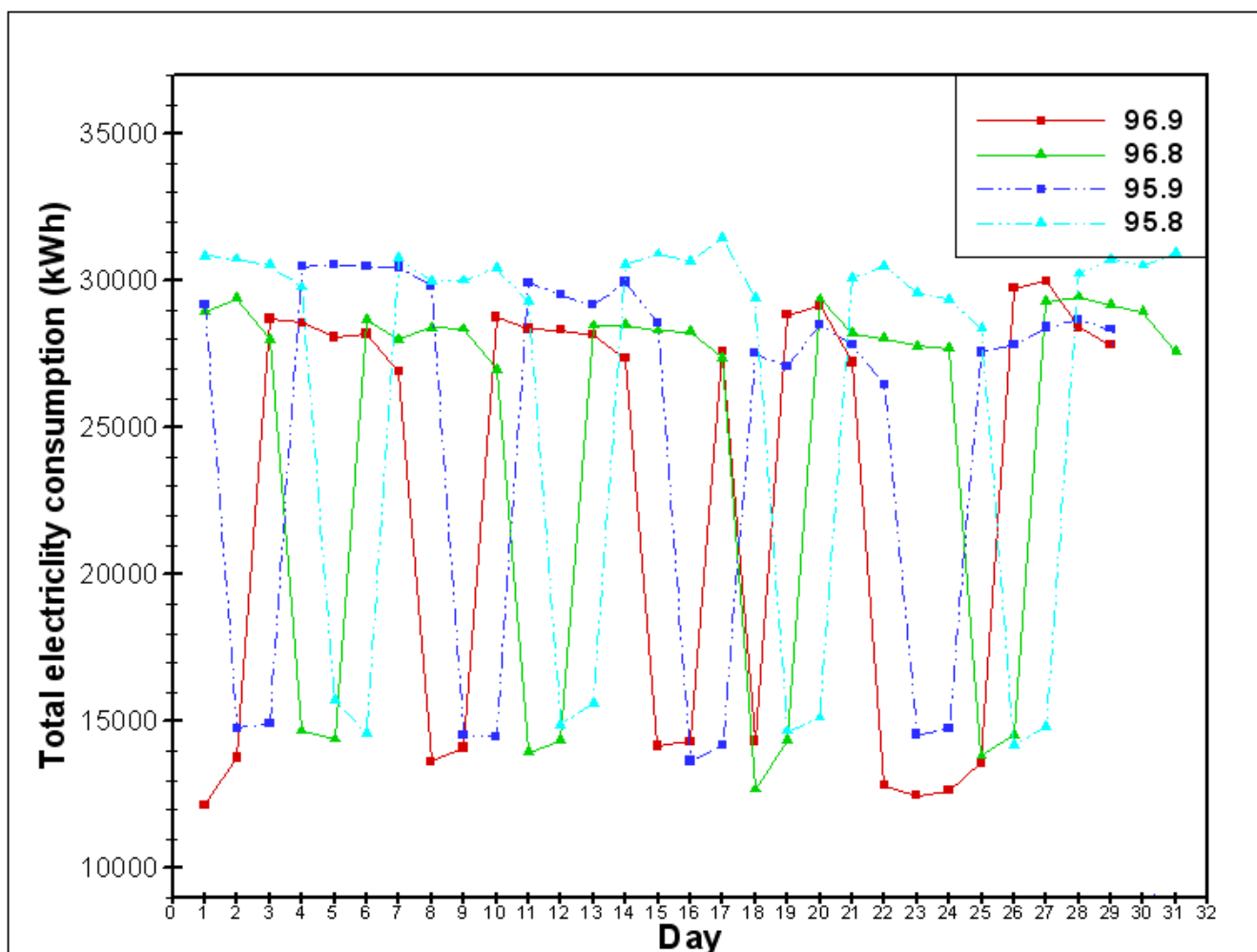
- 由圖可看出，本大樓於辦公人員下班後室內熱焓（熱負荷）隨時間經過逐漸降至平衡。
- 經量測評估發現，加裝室內外焓差控制節能系統，控制夜間排氣量可在夜間直接將熱負荷排至室外。
- 分析結果指出，室內外熱焓（熱負荷）差量約0.3-0.8kJ/kg。於秋冬季每月節能量約可節省用電11~29kWh。

## 電力系統監控

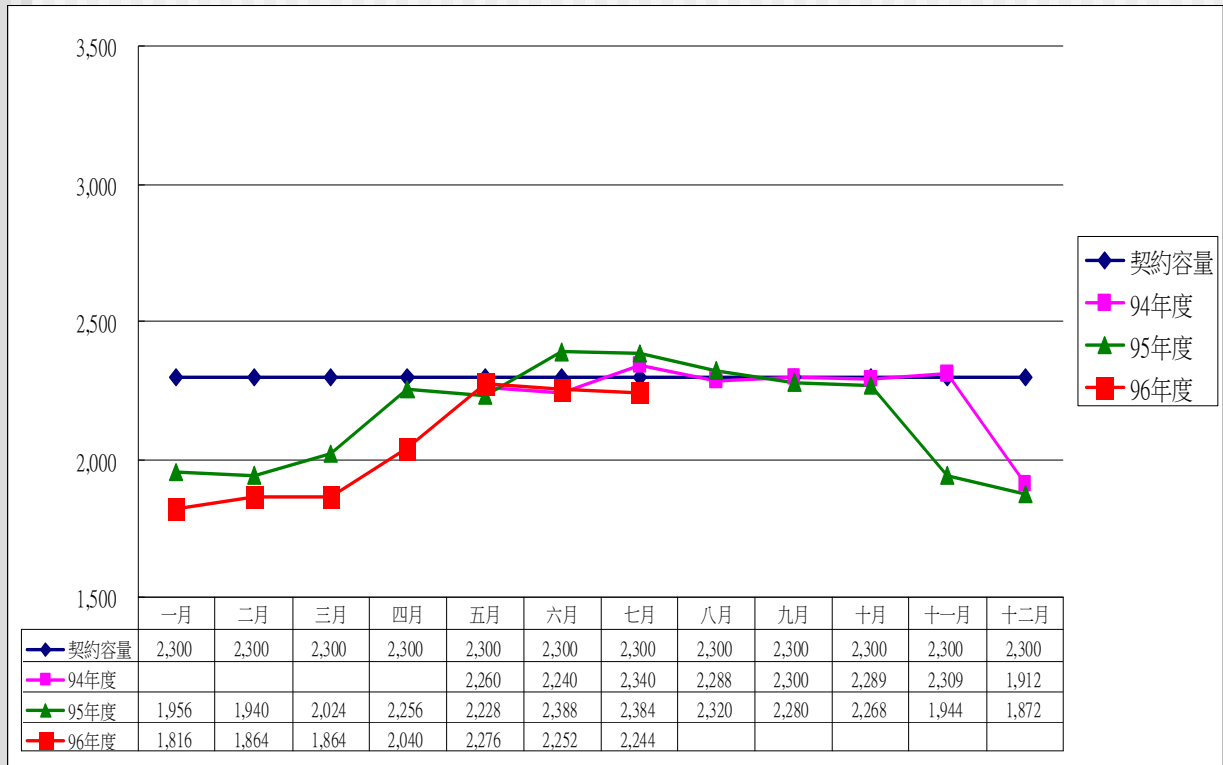


# 大樓電力系統數據分析

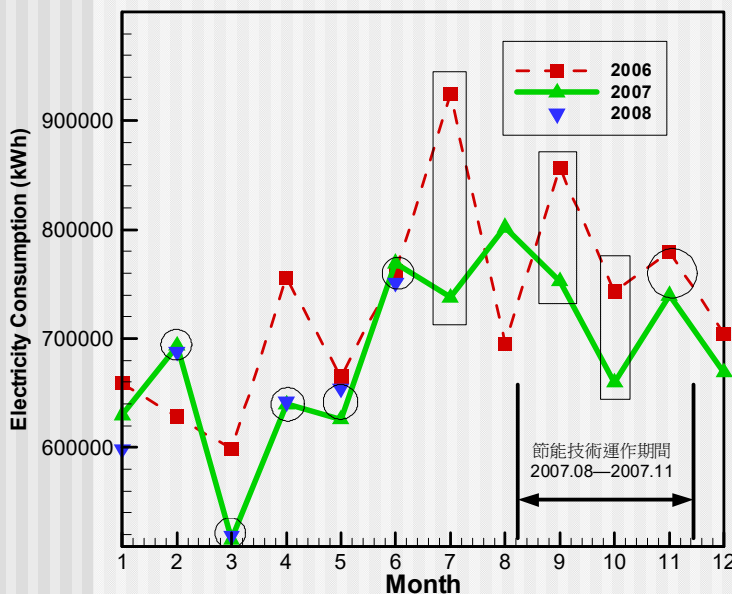
- 電力系統
- 本期加裝電力監測設備，故只能監測該大樓的用電量。
- 電力系統的改善效益需由監測設備長期監測，才能有較好得契約容量。
- 下圖為改善後(96.8~9)與去年(95.8~9) 的用電比較。



# 需量監測資料



## 變頻運轉模式與非變頻運轉用電量分析



- 本工程改善於2007年7月完成測試驗收，相關節能設備投入運轉。
- 由圖可知系統在未切換手動前約可降低總建築物用電量10~15%。
- 於2007年11月初，現場發生部份設備故障，保養人員即逕行強制旁通起動水側與空氣側設備，導致已損毀之馬達因電路突波燒毀。
- 由2006~2008年總用電量比較，於2007年11月切換手動後至今，節能量與前期落差極大，節能量明顯變小。

# 大樓電力系統數據分析

- 本工程於2007年7月啟用，由用電歷史數據證實應用本改善工程案所提出之節能方法，有極大之節能效益。
- 於控制系統資料庫取得水側與空氣側運轉特性研究分析，顯示本月水側節能量約38~49%之節能效益，空氣側節能量約25%。
- 於**2007年11月直接旁通至手動控制（非自動控制）**模式，至今節能量與前期落差極大，節能量已明顯變小。

## 再生能源

# 再生能源



柯明村

[mtke@ntut.edu.tw](mailto:mtke@ntut.edu.tw)