

# 空調系統節能與實務案例分享

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

## 內 容

- 一、前言
- 二、耗能盤查與診斷
- 三、空調設備與耗能狀況
- 四、空調系統節能技術
- 五、節能績度量測與驗證(M&V)
- 六、結語

# 自我介紹

- 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**
- 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

## The Efficiency Valuation Organization

*Certifies that*

**Ming-Tsun Ke**

*Has demonstrated the required knowledge in measurement and verification of energy efficiency projects and skills in delivering trainings and is hereby granted the title*

***EVO Level 3 Trainer***

*for a period of three years, starting on June 1, 2011*



Daniel Magnet,  
Training committee chair

## 一、前言

## 二、耗能盤查與診斷

## 三、空調設備與耗能狀況

## 四、空調系統節能技術

## 五、節能績度量測與驗證(M&V)

## 六、結語

# 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。

一、前言

二、耗能盤查與診斷

三、空調設備與耗能狀況

四、空調系統節能技術

五、節能績效率量測與驗證(M&V)

六、結語

## 工業製程耗能系統

- |                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <input type="checkbox"/> 製程     | ?? |
| <input type="checkbox"/> 空調     | V  |
| <input type="checkbox"/> 空壓機    | V  |
| <input type="checkbox"/> 照明     | V  |
| <input type="checkbox"/> 馬達     | V  |
| <input type="checkbox"/> 電力系統   | V  |
| <input type="checkbox"/> 鍋爐     | V  |
| <input type="checkbox"/> 汽電共生系統 | ?? |
| <input type="checkbox"/> 蒸汽系統   | V  |
| <input type="checkbox"/> 其他     | ?? |

## 能源系統盤查

- 盤查表格
- 能源系統規格、數量與相關資料務必確實與正確
- 現場查核與確認
- 可考慮建立線上申報平台(如能源局能源查核系統)

## 現場查核

- 依據ASHRAE Audit Procedures，可分為三個等級：
  - ✓ Preliminary Energy Use Analysis
  - ✓ Level I Analysis—Walk-Through Analysis
  - ✓ Level II Analysis—Energy Survey and Analysis
  - ✓ Level III Analysis—Detailed Analysis of Capital Intensive Modifications

## 資料彙整

- 需現場掛表量測？
  - ✓ 目的是甚麼？
  - ✓ 量測項目？
  - ✓ 何時量測？量測時間多長？
  - ✓ 費用與成本
- 現場監控數據
  - ✓ 有無？
  - ✓ 足夠分析嗎？
  - ✓ 正確可靠？
- 設備商性能資料？

## 建立能源基線

- 數據足夠嗎？
- 如何建立？
  - ✓ 基準線模型
  - ✓ 數據量測與迴歸
- 建立耗能指標
- 改善後節能效益驗證

## 診斷與節能潛力

- 依個別能源系統所獲得的資料，進行**專業**判斷！
  - ✓ 回歸基礎物理原理
  - ✓ 需符合廠商需求-安全性、易於施行、經濟效益…
  - ✓ 公正評價
- 改善提案務求量化呈現
  - ✓ 合理與透明
  - ✓ 包括節能量、節費量、回收年限、溫室氣體減量…
- 不影響製程或使用需求
- 需考慮個能源系統之交互影響

## 節能措施探討

- 個別能源系統
- 基本物理原則：
  - ✓ 減少熱能排放、減少冷熱混合、減少洩漏…
  - ✓ 降低壓損
  - ✓ 矯正過大設計
  - ✓ 變流量風車定律
  - ✓ 使用新的高效率技術與設備
  - ✓ …
- 不影響製程或使用需求
- 案例探討

- 一、前言
- 二、耗能盤查與診斷
- 三、空調設備與耗能狀況
- 四、空調系統節能技術
- 五、節能績效率量測與驗證(M&V)
- 六、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

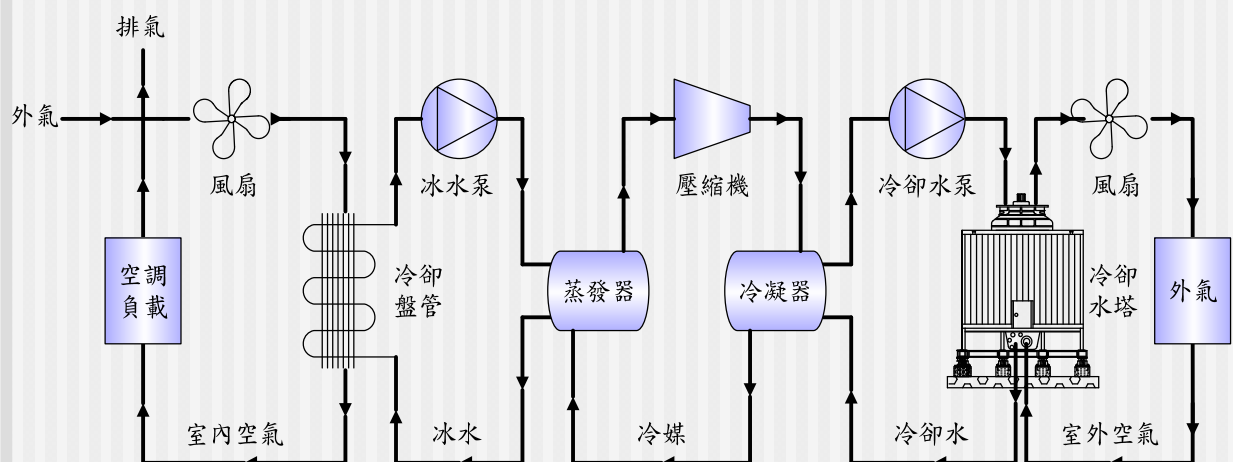
### 冰水主機耗能標準

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	

- 一、前言
- 二、耗能盤查與診斷
- 三、空調設備與耗能狀況
- 四、空調系統節能技術**
- 五、節能績效率量測與驗證(M&V)
- 六、結語

## 四、空調系統節能技術

- 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

## 4-1 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。

## 4-2 空調系統耗能建議基準

### ASHRAE該標準對空調系統耗能之規定

- 符合各項耗能因子(如建築外牆、照明、空調)之標準值，使耗能在標準值以下。
- 採用耗能總量法則，即容許系統中某部分耗能超過標準值，但在其他部分應有較佳之設計，使耗能總量不超過依標準設計。
- 特殊溫溼度需求區應有獨立之送風系統。
- 空調送風超過總風量之25%及樓板面積在1000ft<sup>2</sup> (92.9m<sup>2</sup>)以上之區域應有獨立之送風系統。外週區之空調負荷變化較大，應用獨立之送風系統以便因應負荷變化調節風量。

## 4-2 空調系統耗能建議基準

- ❑ 對於每年使用時間不超過150小時之區域，可設獨立之送風系統，以便在不使用時得以關閉或獨立控制，獨立控制之區域不可跨樓層或面積超過25,000ft<sup>2</sup> (2323 m<sup>2</sup>)。
- ❑ 變風量系統 (VAV) 之最低風量不可超過最高風量之30%，或0.4cfm/ft<sup>2</sup>。
- ❑ 送風耗能部份，對於定風量系統，送風耗能應在0.8W/cfm以下，但不包括過濾器及風阻耗能，對於變風量系統，其設計值應在1.25W/cfm以下，在50%風量下，VAV系統之耗電不宜超過50%。

## 4-2 空調系統耗能建議基準

- ❑ 送水管路之壓損不應超過每100m管長有4m以上之揚程。
- ❑ 採用合乎EER標準之空調設備
- ❑ 符合ASHRAE要求之空調負荷計算
- ❑ 用分區溫度控制
- ❑ 適當之保溫設計
- ❑ 符合外氣冷房設計規範

## 4-2 空調系統耗能建議基準

- 符合空氣側系統節能設計規範(如變風量設計要求)。
- 風車電力比值(fan power ratio, FPR)規範：
  - ✓ 如 < 20000 cfm者，風機電力不可超過1.2 hp/1000 cfm (1.7 hp VAV)
  - ✓ >20000 cfm者，風機電力不可超過1.1 hp/1000 cfm (1.5 hp VAV) (過濾、處理設備、洩壓等設備之壓差另計)。
- 水系統方面，超過10 hp者，至少有50%之流量可變流量，如泵之壓損超過100 ft 及50hp，需用變頻驅動。
- 散熱設備(如冷卻水塔)，應用可變轉速之水泵及可變轉速之風機。
- 外氣量佔送風70%以上或大於5000cfm者，使用熱回收減少外氣負荷。

## 4-3 空調系統節約能源措施

### 1. 降低空調負載

- 降低空調負載為最治本之節能方法，可使空調設備與系統之規模縮小，直接減少空調系統之耗電量，為最直接有效，且投資費用低（甚至無費用），為效益很高之節能方法。
  - ✓ 建築外殼節能設計  
依綠建築之「建築外殼節能評估法」可以看出，建築外殼的節能設計，重點在於「外殼隔熱性能」和「太陽輻射熱獲得遮陽性能」。
  - ✓ 適時減少系統操作時間
  - ✓ 提高冷房設計/設定溫度、降低暖房設計/設定溫度  
此將使空調負載降低，節省設備投資與減少能耗。

## 4-3 空調系統節約能源措施

### ✓ 外氣引入量最小化

在不違背標準室內空氣品質要求的情況下，將新鮮空氣引入量予以減少，以降低空調設備處理外氣之負荷。

### ✓ 設置夜間排氣裝置(purge system)

利用夜間外氣低焓值(enthalpy)之時機，將大樓內可能累積之日間輻射、內部熱源（如電腦、電器等設備）等之熱負荷(稱之pulldown負載)排出，而引入外氣。這種設置與控制方式可減少隔日，或連續假日結束後之空調系統開機時之負載。

## 4-3 空調系統節約能源措施

### 2. 選用高EER值之設備

- 選購空調設備時，應參考上述之國內空調設備標準，選用高EER值之設備。

### 3. 減少搬運動力(Transfer Power)

- 依據流機定律，風機或泵之耗能與搬運量（即流量）之三次方成正比
- 即所謂之**可變風量**(variable air volume, **VAV**)、**可變水量**(variable water volume, **VWV**)和**可變冷媒量**(variable refrigerant volume, **VRV**)技術。

# Fan Law

Law No.	Dependent Variables	Independent Variables
1a	$Q_1 = Q_2$	$\times (D_1/D_2)^5 (N_1/N_2)$
1b	$p_1 = p_2$	$\times (D_1/D_2)^2 (N_1/N_2)^2 \rho_1/\rho_2$
1c	$W_1 = W_2$	$\times (D_1/D_2)^5 (N_1/N_2)^3 \rho_1/\rho_2$
2a	$Q_1 = Q_2$	$\times (D_1/D_2)^2 (p_1/p_2)^{1/2} (\rho_2/\rho_1)^{1/2}$
2b	$N_1 = N_2$	$\times (D_2/D_1) (p_1/p_2)^{1/2} (\rho_2/\rho_1)^{1/2}$
2c	$W_1 = W_2$	$\times (D_1/D_2)^2 (p_1/p_2)^{3/2} (\rho_2/\rho_1)^{1/2}$
3a	$N_1 = N_2$	$\times (D_2/D_1)^3 (Q_1/Q_2)$
3b	$p_1 = p_2$	$\times (D_2/D_1)^4 (Q_1/Q_2)^2 \rho_1/\rho_2$
3c	$W_1 = W_2$	$\times (D_2/D_1)^4 (Q_1/Q_2)^3 \rho_1/\rho_2$

**Notes:**

1. Subscript 1 denotes the variable for the fan under consideration. Subscript 2 denotes the variable for the tested fan.
2. For all fans laws  $(\eta_t)_1 = (\eta_t)_2$  and  $(\text{Point of rating})_1 = (\text{Point of rating})_2$ .
3.  $p$  equals either  $p_g$  or  $p_{sf}$ .

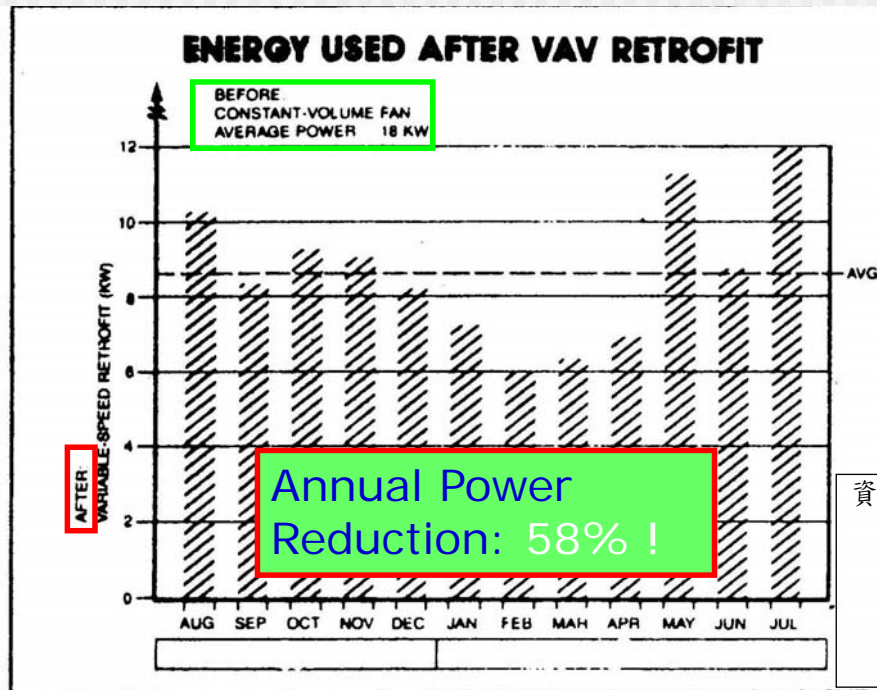
## 4-3 空調系統節約能源措施

### 減少搬運動力--VAV技術

- 有關空氣側之各種VAV技術之節能效果，以無段變轉速 (variable speed)效果最佳、使用入口導流葉片(inlet guide vane)次之，再來為使用風門(damper)控制者。
- 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

## Example

### □ Energy Used After VAV Retrofit



## 4-3 空調系統節約能源措施

### 減少搬運動力--VWV技術

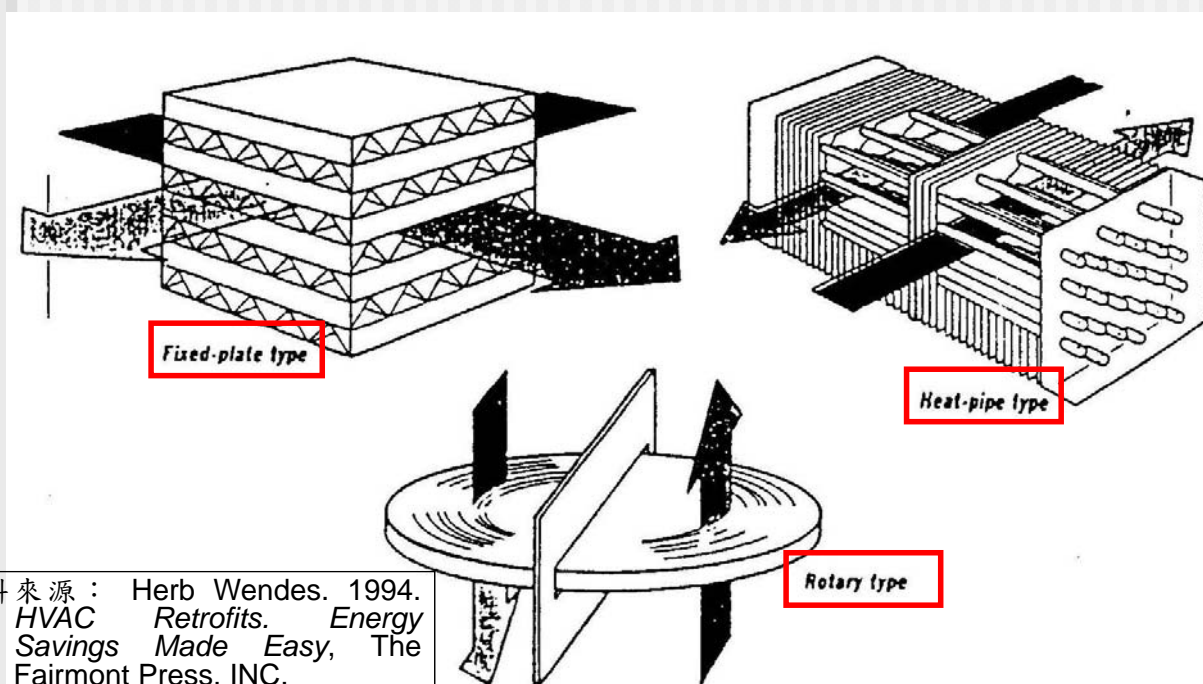
- 採用變頻水泵之VWV設計，其節能效果遠優於水閥調整水量的作法。
- 而水路設計應把握熱混合會導致設備低效率運轉或是不理想冷卻效果之原則，使用P-S水路(primary-secondary circuit)設計具有絕佳之節能優點。
- 而一次/二次側冰水系統設計即可設計為VWV系統，以節省水泵耗能

## 4-3 空調系統節約能源措施

### 冷能/熱能回收(heat recovery)

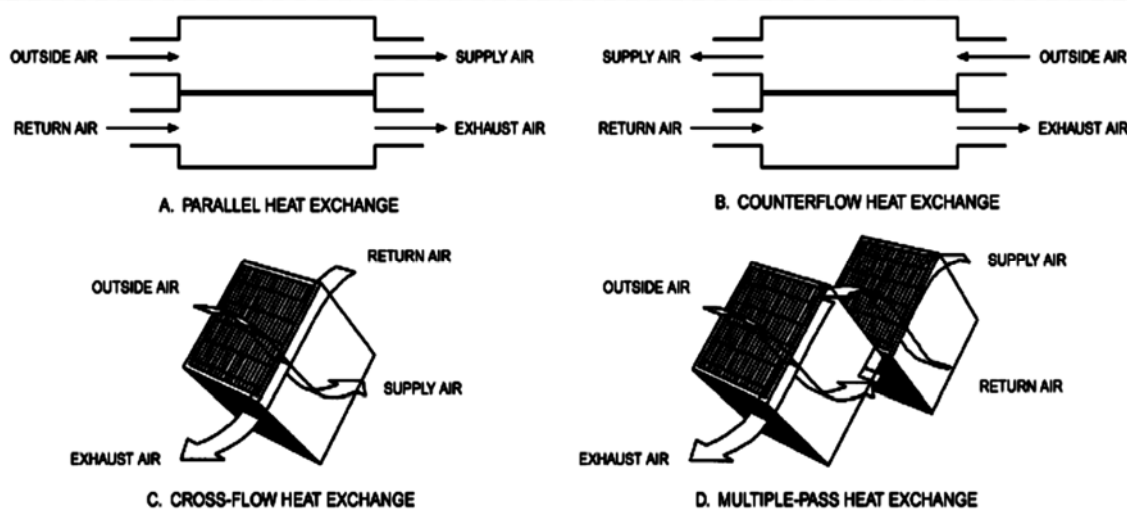
- 應用熱交換器，如全熱交換器、自然空調機或熱管(heat pipe)設備等冷能回收設備，將低溫排氣之冷能予以回收預冷引入之新鮮空氣，可減少空調設備調節新鮮空氣之負擔。
- 此外，亦可應用節能器(economizer)，在外氣條件允許之適當時機，將外氣或冷卻水之冷能以控制之手法予以利用。

## 冷能回收設備



## 靜態交叉流式之全熱交換器

- 靜態交叉流式之全熱交換器內有許多平板之流道，以隔板與密封裝置將兩股流分開在每個平板之兩側，流向為交叉方向。
- 這種設備本身不須有動力，維護簡單，為其主要優點。

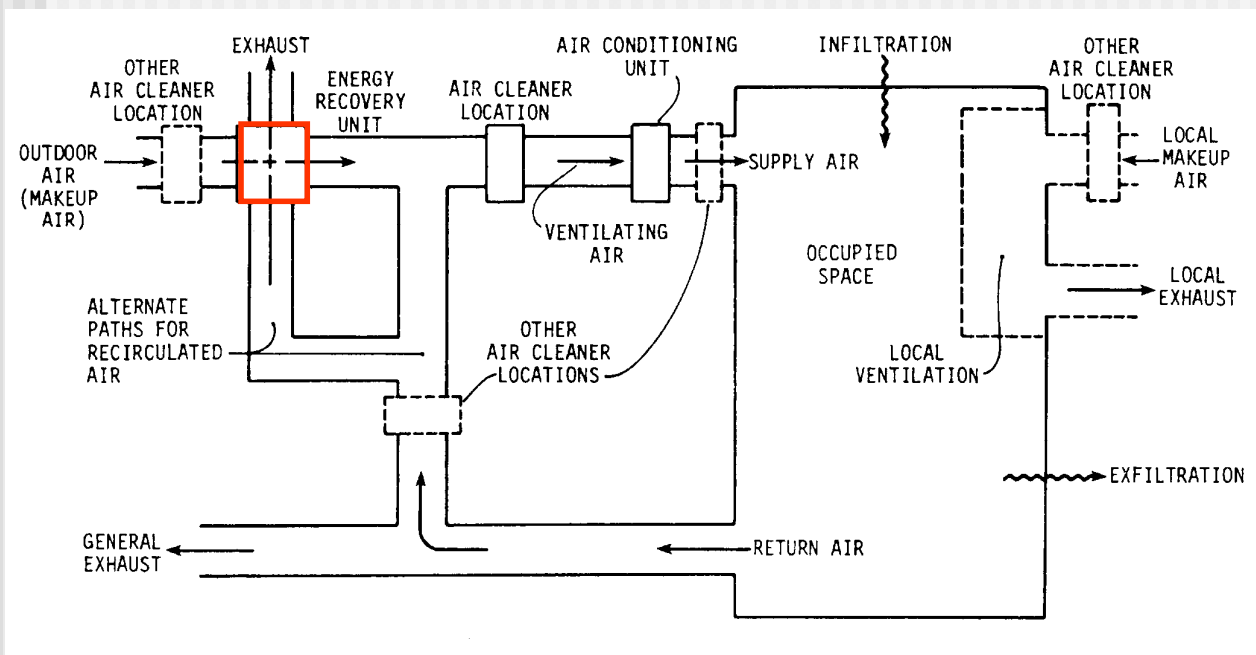


## 轉輪式之全熱交換器

- 轉輪式：需用一個小馬達造成這種蜂巢輪之轉動，轉輪式之優點為交換效率高。
- 適用於較大型或外氣集中處理之系統如用於中央空調之空調箱。
- 全熱交換器可與小型空調系統配合使用，可以達到省能又維持高新鮮空氣之目的。



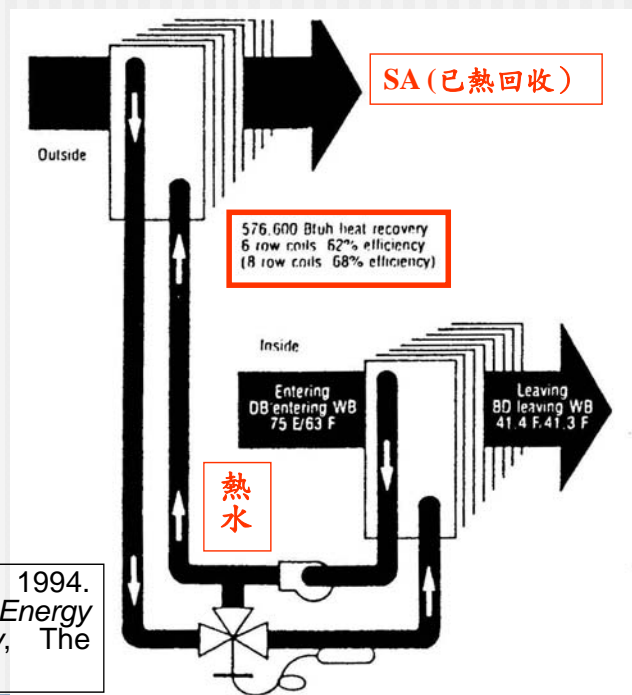
# Heat Recovery



資料來源：ASHRAE. 2001. *Fundamentals*.

# Heat Recovery

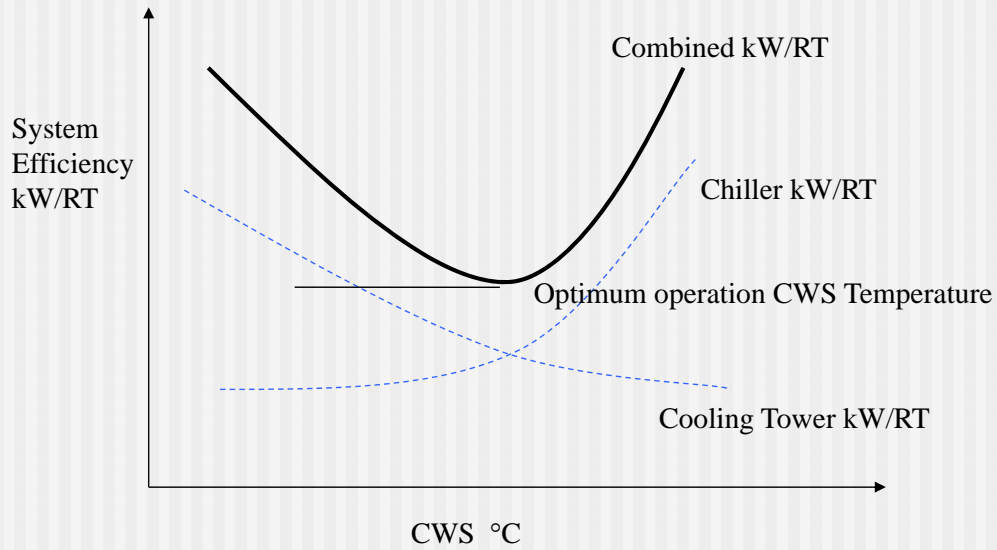
## Heat Recovery Loop



資料來源：Herb Wendes. 1994. *HVAC Retrofits. Energy Savings Made Easy*, The Fairmont Press, INC.

## 水側節能機會-冷卻水側

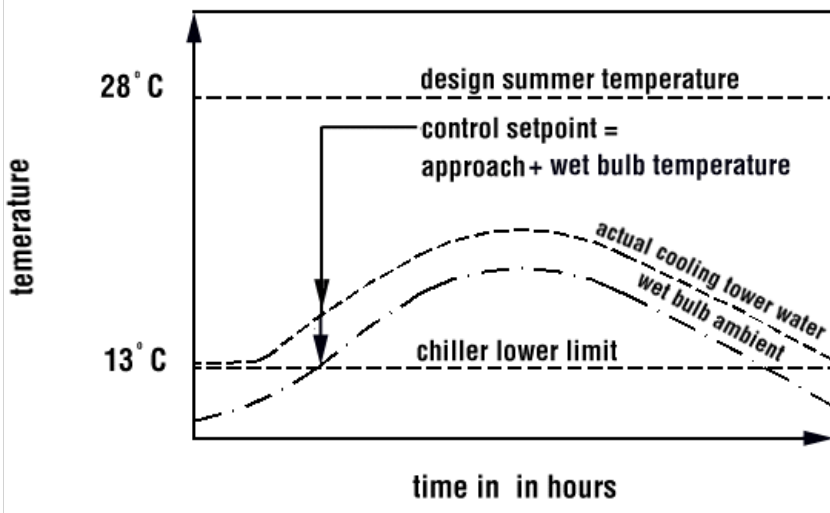
### 提高冷卻水塔使用效率



### 冰水主機與冷卻水塔之最佳化組合操作

## 水側節能機會-冷卻水側

### Optimal Control Of Chiller/Cooling Tower Condenser Water Temperature



- ❑ 實際上設計點的外氣濕球溫度一年中平均發生的時間不到2.5%。
- ❑ 水塔風車維持固定的溫度並非最佳運轉點。
- ❑ 冷卻水入口溫度應考量外氣濕球溫度與冰水主機用電，才能使系統整體效率提升。

### 冷卻水塔水溫最佳設定

## 4-3 空調系統節約能源措施

### 使用高效率空調設備

- 運轉效率高之設備或創新技術之應用，可使系統整體運轉效率提升，發揮節約能源之功效。諸如：
  - ✓ 高效率主機（例如滿液式主機）
  - ✓ VAV送風設備
  - ✓ 蒸發式冷卻(evaporative cooling)設備
  - ✓ 自然空調機

## Evaporative Cooling

### 2. 蒸發式冷卻空調設備

	蒸發冷卻式	變頻直膨式	氣冷直膨式
<b>優點</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ 冷凝器散熱效果最佳，能源效率比最高。</li><li>✓ 夏季尖峰時段運轉情況下，比變頻式系統更省能。</li><li>✓ 不論負載高低皆保有高能源效率，應用場合廣。</li><li>✓ 本土技術成熟。</li><li>✓ 冷凝器尺寸小、節省空間與成本。</li><li>✓ 冷凝器排風溫度低，熱污染低，有效防制環境熱島效應。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ 變頻式之能源效率值於低載（低頻）時顯著提高。</li><li>✓ 變頻控制可提供使用者較舒適環境。</li><li>✓ 新型直流變頻馬達，減少馬達通電後無法避免的交流聲，安靜。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ 冷媒量控制良好、施工容易、成本低廉。</li></ul>

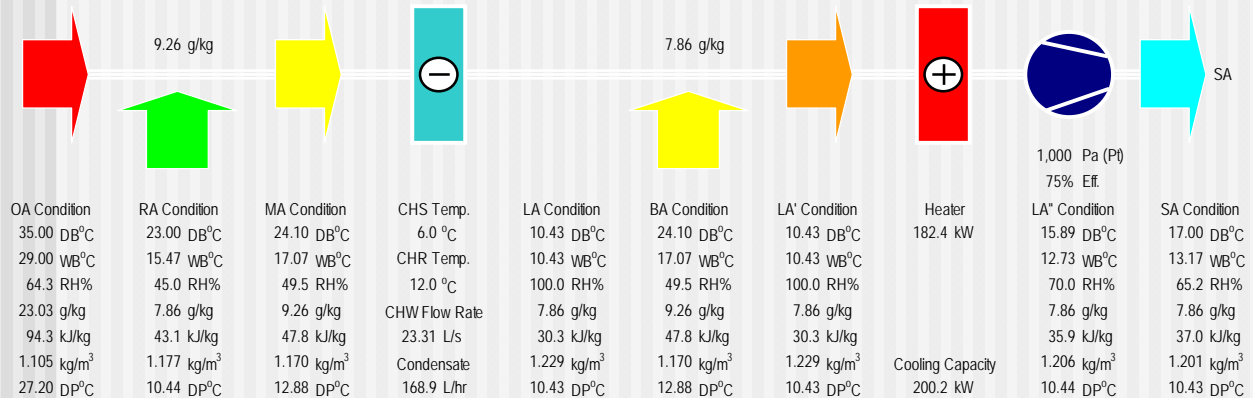
# Evaporative Cooling

	蒸發冷卻式	變頻直膨式	氣冷直膨式
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 冷凝器因長久灑水所造成的結垢與腐蝕問題。</li> <li>✓ 初設成本高於氣冷直膨式（但低於變頻式）。</li> <li>✓ 缺水時系統效率降低。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 變頻需在低頻運轉下才會省電，因此無助於夏季滿載運轉情況的省能。</li> <li>✓ 於長期高負載之場合亦無法節能。</li> <li>✓ 主要技術主流—<b>直流變頻</b>為<b>日本技術</b>，國內尚無法製作。</li> <li>✓ <b>構造與管路技術要求高</b>，設備與維護成本高，維修昂貴。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 與前二者比較<b>最為耗能</b>。</li> <li>✓ 中小型的系統壓縮機較<b>不易調整能力以配合負載變動</b>。小型系統採熱氣旁通、中型系統則採有段控制容量。使效率降低與增加運轉成本。</li> </ul>

# 熱管之應用

## 1. 電子廠外氣空調箱(MAU)

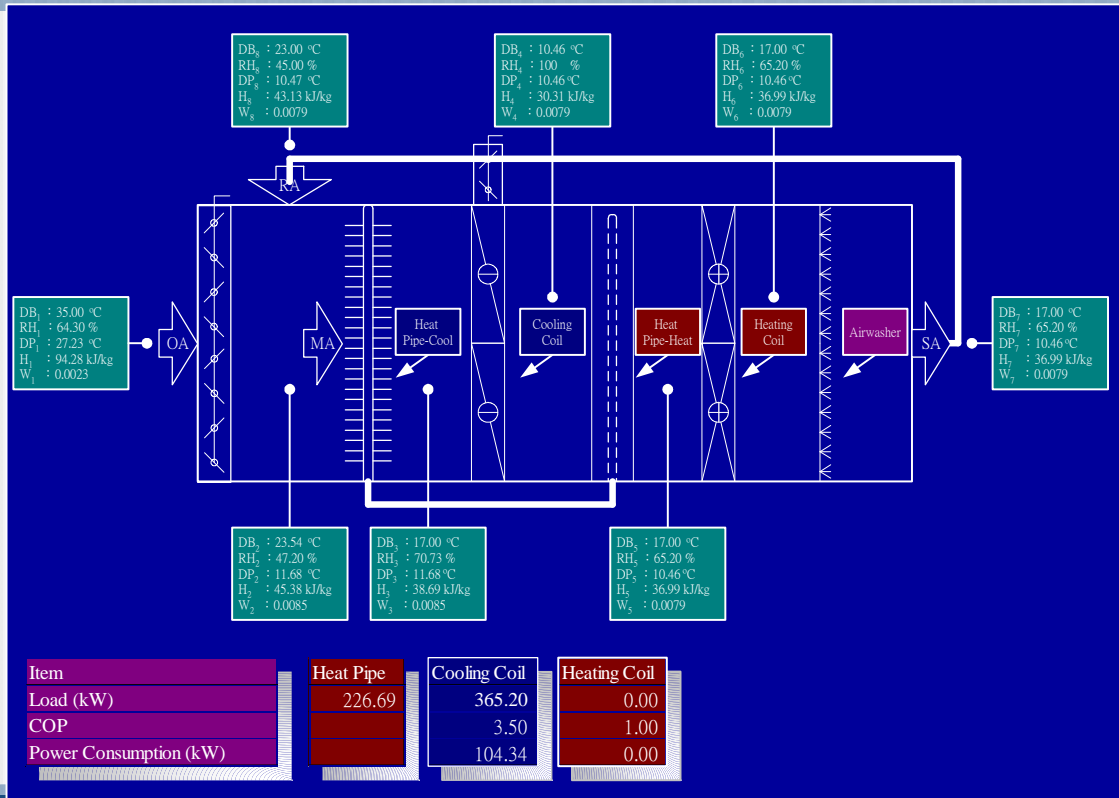
OA Folw Rate 10,000 CMH 2.78 m <sup>3</sup> /s 3.07 kg/s OA Intake	RA Folw Rate 92,828 CMH 25.79 m <sup>3</sup> /s 30.35 kg/s	MA Folw Rate 102,820 CMH 28.56 m <sup>3</sup> /s 33.42 kg/s	Total Heat 585.5 kW Sensible Heat 456.9 kW Cooling Coil	LA Folw Rate 97,736 CMH 27.15 m <sup>3</sup> /s 33.37 kg/s	BA Folw Rate 0 CMH 0.00 m <sup>3</sup> /s 0.00 kg/s	LA' Folw Rate 97,736 CMH 27.15 m <sup>3</sup> /s 33.37 kg/s	Total Heat -182.4 kW Sensible Heat -182.4 kW Heater	Fan Folw Rate 99,620 CMH 27.67 m <sup>3</sup> /s 33.37 kg/s Recirculation Fan	SA Folw Rate 100,000 CMH 27.78 m <sup>3</sup> /s 33.37 kg/s
--	---	--	---	---	--	--	---	---	--



### Power Consumption Summary

Item	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	Recirculation Fan	Summary
Load	585.5 kW		182.4 kW	36.9 kW
COP	3.50		1.00	1.00
Power Consumption	167.3 kW		182.4 kW	36.9 kW

# 熱管之應用



# 高科技電子廠節能技術

## 潔淨室外氣空調箱節能方式

- 最佳外氣導入量之控制與確定
- 降低下吹氣流之速度
- 潔淨面積及潔淨等級之最佳設定
- Clean Bench和Air Curtain之運用、室內溫濕度之最佳設計
- 低溫送風之採用
- 風管系統洩漏量之減低化
- 低壓損Filter之使用
- 風扇最高效率運轉點之選定
- 高溫排氣再利用。

## 外氣空調箱節能方式之探討

- **降低引入外氣之焓值**
  - ✓ 全熱交換器之應用
  - ✓ 進排氣熱交換盤管之應用
  - ✓ 冷卻除濕盤管前後熱交換盤管之應用
  - ✓ 熱管之應用
- **外氣空調箱之冰水系統設計**
  - ✓ 雙冰水溫度CHU系統在MAU之應用
  - ✓ MAU冷卻除濕盤管冰水管路串聯之設計
  - ✓ 控制閥之設計
  - ✓ MAU冷凝水回收之利用

## 外氣空調箱節能方式之探討

### □ 風車之節能

- ✓ 鼓風式MAU風車置於冷卻除濕盤管上游，風車發熱量將直接成為冷卻除濕盤管之負荷
- ✓ 抽風式MAU置於冷卻除濕盤管下游，發熱量則可減少再熱盤管之負荷，耗能之差距頗大
- ✓ 以節能之觀點，抽風式MAU是值得推廣之方式

### □ 外氣之減量措施

- ✓ 減少潔淨空氣之洩漏
- ✓ 減少潔淨空氣之釋放
- ✓ 減少製程之排氣

## 其他節能措施之探討

- 空調系統/排氣系統與製程用水系統使用變頻控制
- 無塵室FFU風速降低及正壓調整
- 調整無塵室溫濕度設定值
  - ✓ 無塵室溫濕度設定值為23°C，45%(建廠階段)
  - ✓ 無塵室環境條件由**22C / 43%RH**變更至**23C / 45%RH**，則MAU冰水盤管出口狀態可由9.3C / 97%RH升至10.9C / 97%RH，可降低外氣除濕量**0.8g/kg-外氣量**，節省除濕所需之耗能。
- 採用熱回收冰水主機與熱回收空壓機之熱水供外氣空調箱加熱盤管使用

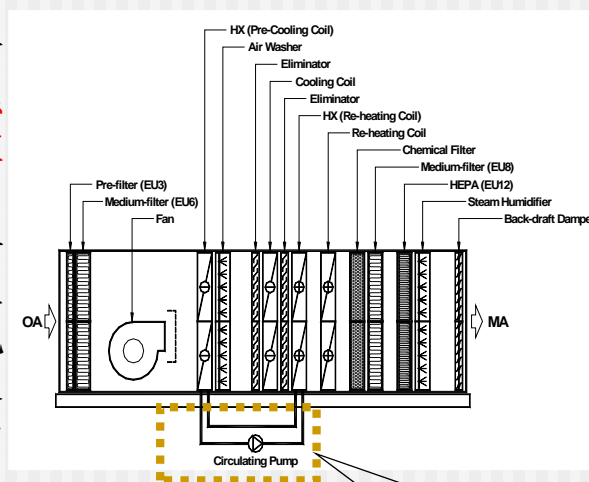
## 其他節能措施之探討

- PCW開放系統改成密閉系統，降低冷卻水的流量，加大冷卻水的溫度差。
- 排氣靜壓調整
  - ✓ 設備在安裝時往往將排氣所需風量的安全係數加大，造成安裝與實際運轉有很大的差距。
  - ✓ 可配合實際狀況逐步調整排氣風量。
- SOLVENT熱能回收
  - ✓ 在脫附後與燃燒爐之間加裝一座熱交換器，來提升脫附後的溫度，以達到節省能源的目的。

## 耗能分析與檢討

### □ 外氣空調箱內多加二道熱交換盤管之節能分析

如上述外氣空調箱配置圖所示，分別在第一道冷卻除濕盤管上游處與第二道冷卻盤管下游處加裝熱交換盤管，兩只熱交換盤管以管路連接成一迴路，並在迴路上裝置一只循環水泵，即可將外氣部份熱量轉移至第二道熱交換盤管作為再熱；而將第一道冷卻除濕盤管出口的冷能轉移到第一道熱交換盤管作為外氣的預冷，以期達到節能的目的是。

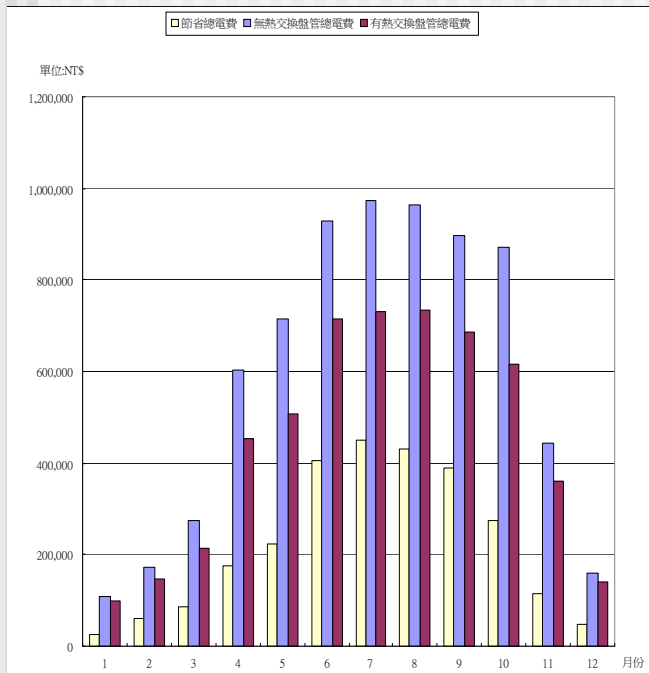


加裝熱交換  
盤管

Round-around Coil

## 耗能分析與檢討

### 外氣空調箱內多加二道熱交換盤管之節能分析

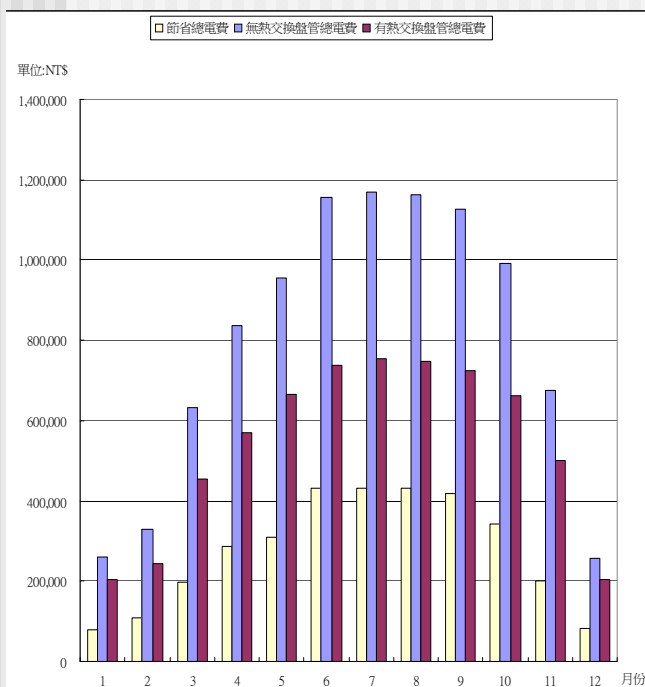


左圖為新竹地區半導體廠之外氣空調在有、無多加裝二道熱交換盤管時的耗能狀況。假設半導體廠體有四組100,000CMH外氣空調箱組，並以當地外氣溫度為基準進行模擬。

電費分析比較圖可看出外氣空調箱在沒有加熱交換盤管的所需的電費，明顯比有加熱交換盤管時的電費增加許多。

## 耗能分析與檢討

### 外氣空調箱內多加二道熱交換盤管之節能分析



左圖為台南地區半導體廠之外氣空調在有、無多加裝二道熱交換盤管時的耗能狀況。假設半導體廠體有四組100,000CMH外氣空調箱組，並以當地外氣溫度為基準進行模擬。

電費分析比較圖可以看出台南地區半導體廠外氣空調箱若加裝熱交換盤管，其所能節省的電費都十分明顯，尤其是在外氣溫度較高狀況下更為明顯。全年度所能節省的電費高達300萬元左右。

## 耗能分析與檢討

### □ 進排氣規劃熱交換盤管

- ✓ 電子廠之蝕刻與清洗等過程，必須仰賴大量排氣來維持必要之工作環境，此排氣雖然含有酸（Acid）、鹼（Alkali）或溶劑（Solvent）成份，但溫濕度均低，直接排至廢氣處理系統，對節能之觀點來看，是相當可惜的；因此，低溫低濕排氣之冷能，有必要予以回收。
- ✓ 本研究發現當外氣條件為 $35^{\circ}\text{C DB}$ 、 $29^{\circ}\text{C WB}$ 時，利用進排氣做熱交換，MAU之耗電量將從 $701.1\text{kW}$ 減少為 $647.9\text{kW}$ （ $62.2\text{kW}$ 之節能量），節能率為10%。
- ✓ 當外氣條件為 $30^{\circ}\text{C DB}$ 、85%RH時，利用進排氣做熱交換，MAU之耗電量將從 $655.3\text{kW}$ 減少為 $647.9\text{kW}$ （ $7.4\text{kW}$ 之節能量），節能率則降為1%。

## 耗能分析與檢討

### □ 雙冰水溫度系統之應用

- ✓ 為了移除大量之外氣水分子，MAU通常設計兩道冷卻除濕盤管，第一道冷卻除濕盤管之離風溫度，通常控制在 $20^{\circ}\text{C}$ 左右，以 $6^{\circ}\text{C}$ 、甚至更低之冰水溫度來除濕，實際上並無必要性，採用低溫之單一冰水溫度系統，目的只是為了簡化冰水管路而已。如果配合設計雙冰水溫度CHU系統，兩道冷卻除濕盤管以不同之冰水供應，則可以大幅減少CHU之耗電量。
- ✓ 本研究針對第一道冷卻除濕盤管之溫度差異，分析CHU之耗能。當CHU之供水溫度為 $6^{\circ}\text{C}$ ，系統COP以3.5計，當CHU之供水溫度為 $12^{\circ}\text{C}$ 時，系統COP則以4.0計。當外氣條件為 $35^{\circ}\text{C DB}$ 、 $29^{\circ}\text{C WB}$ 時，第一道冷卻除濕盤管之加權耗電量分別為 $366.8\text{kW}$ 、 $320.9\text{kW}$ ，節能量與節能率分別為 $45.8\text{kW}$ 、8%。
- ✓ 當外氣條件為 $26^{\circ}\text{C DB}$ 、75%RH時，第一道冷卻除濕盤管之加權耗電量分別為 $98.1\text{kW}$ 、 $85.8\text{kW}$ ，節能量與節能率分別為 $12.3\text{kW}$ 、4%。

# 節能案例分析

## 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

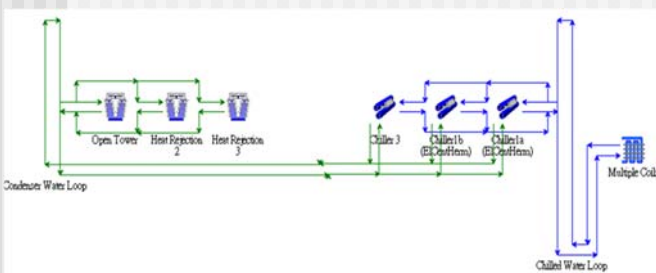
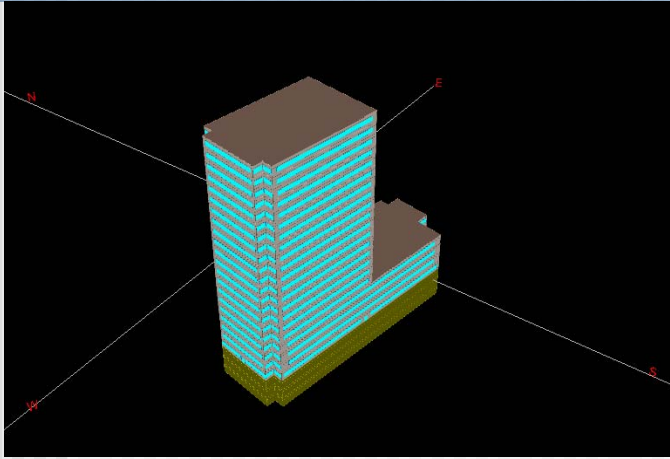
## 二. 電力系統節約能源

## 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

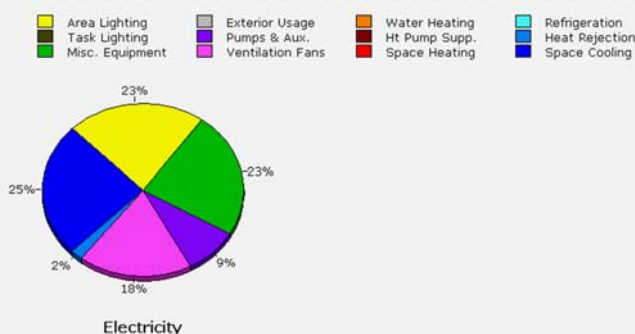
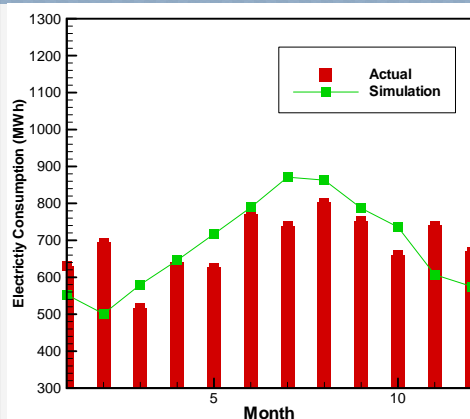
## • 節能效益數值模擬分析

## 節能效益數值模擬分析



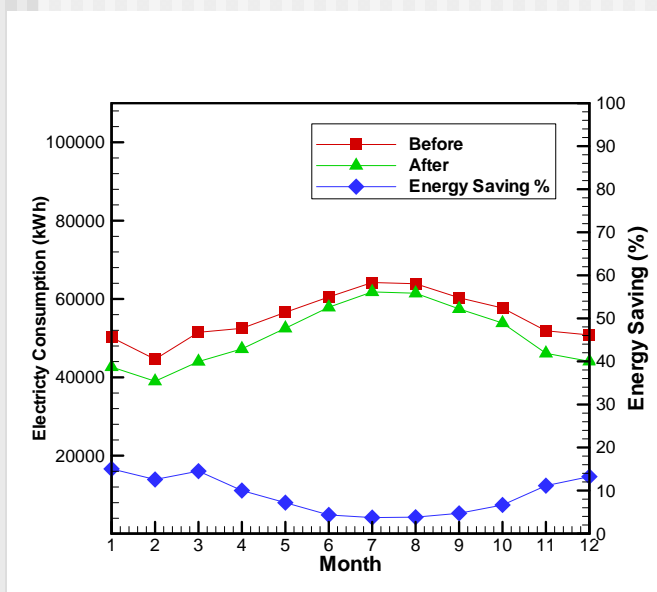
- ❑ 本案例亦使用建築模擬分析軟體e-QUEST分析該科技大樓建築物之耗能關係。
- ❑ 其結果並與台電電力資料比較分析。
- ❑ 圖示為該科技大樓建築外觀之e-QUEST模擬模型，
- ❑ 本建築模型尺寸乃直接由建築圖取得。

## 節能效益數值模擬分析



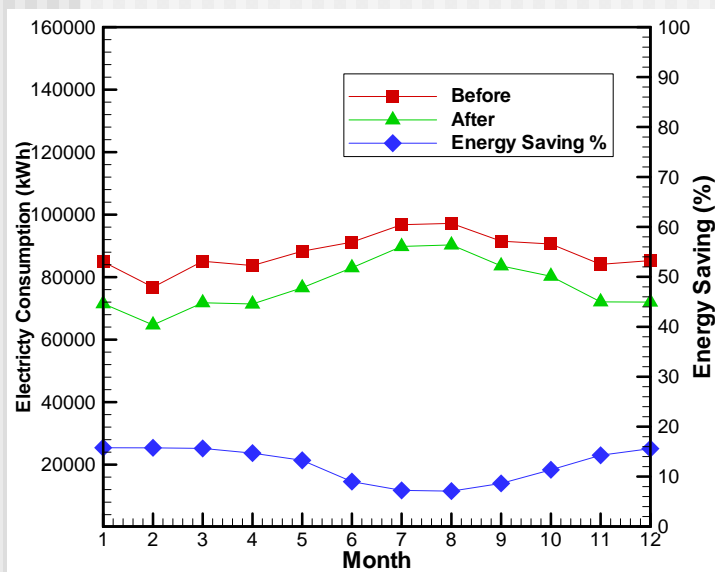
- ❑ 本案例使用能源分析軟體模擬變流量之節能效益，模擬結果顯示實際總用電量與模擬誤差約5-10%。
- ❑ 空調主機約佔總用電量25%、通風18%、水泵9%與冷卻水塔2%、而設備及燈光約佔23%
- ❑ 由此可知本大樓之空調用電約佔總耗能之47%，其節能改善為主要重點。

## 水泵變水量控制節能



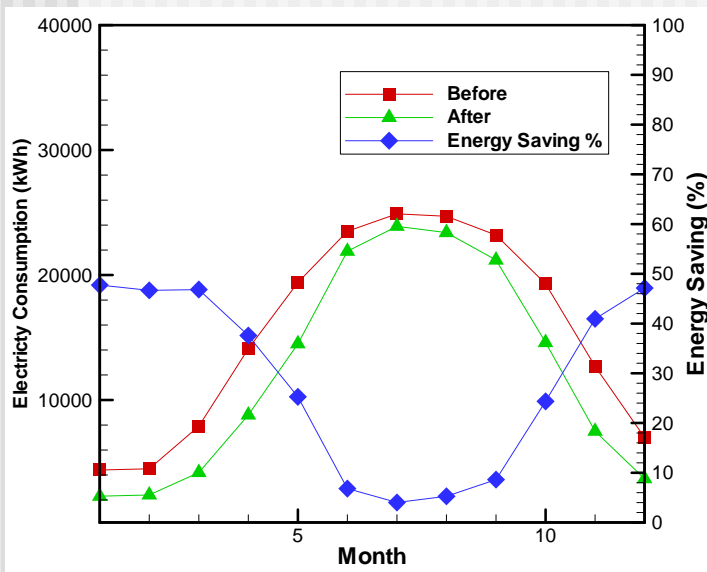
- 現今該科技大樓之冰水水路之控制方法，由恆壓控制器通過改變變速泵的轉速以調節二次泵回路的流量。
- 其控制參數為供回水主管的壓差與各AHU進出口壓差之最小值。根據各AHU負荷的變化即時回授控制參數有節約之潛在能力。
- 模擬結果顯示，如圖所示，其空調系統冷卻水泵與冰水泵如採用變頻控制，每月平均約可節省4173 kWh之用電量，約節能率約3.7-15%。

## 空調風車變頻控制



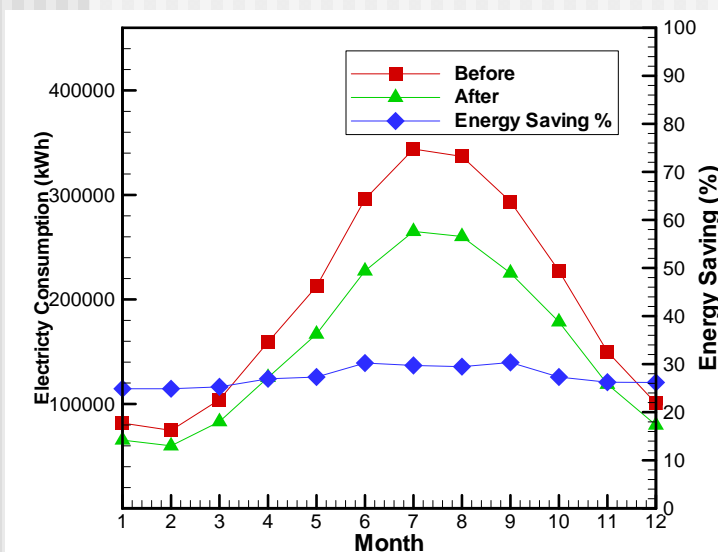
- 空調系統部分負荷時段，將風量減少可降低風機能源消耗。
- 模擬結果顯示，若該空調系統風車採用變頻控制，其年總用電量約可降低約7-16%，每月平均約可節省7173 kWh之用電量。

## 冷卻塔風車變頻控制



- 本部分所討論為多水塔並聯時，變頻風扇的控制邏輯。研究比對現今之節能改善效益。
- 模擬結果顯示，每月節能量約3000 kWh。節能率約4-47%

## 汰換冰水主機



- 現場量測發現，該科技大樓之冰水主機系統性能係數COP約4.0左右，其電力消耗量大。
- 汰換為兩台高效率冰水主機，可降低空調用電量。
- 模擬結果顯示，汰換高效率冰水主機性能係數為5.8，每月約可降低用電量約43000 kWh，節能率約24-30%。

- 一、前言
- 二、耗能盤查與診斷
- 三、空調設備與耗能狀況
- 四、空調系統節能技術
- 五、節能績效率量測與驗證(M&V)**
- 六、結語

## 五、節能績效率量測與驗證(M&V)

- 量測與驗證(M&V)概念
- M&V方法
- 建立HVAC設備M&V方法與規範
  - ✓ 冰水主機(Chillers)
  - ✓ 風機(Fans)
  - ✓ 水泵(Pumps)
  - ✓ 冷卻水側(Cooling Towers)
  - ✓ 熱泵設備(Heat Pump)與熱水系統
  - ✓ 多聯變頻(VRV)系統
  - ✓ 空調箱(AHU)群組
  - ✓ 全建築(設施)校正模擬方法(選項D)
- 能源服務-設備與系統效率計算與模擬

# M&V概念

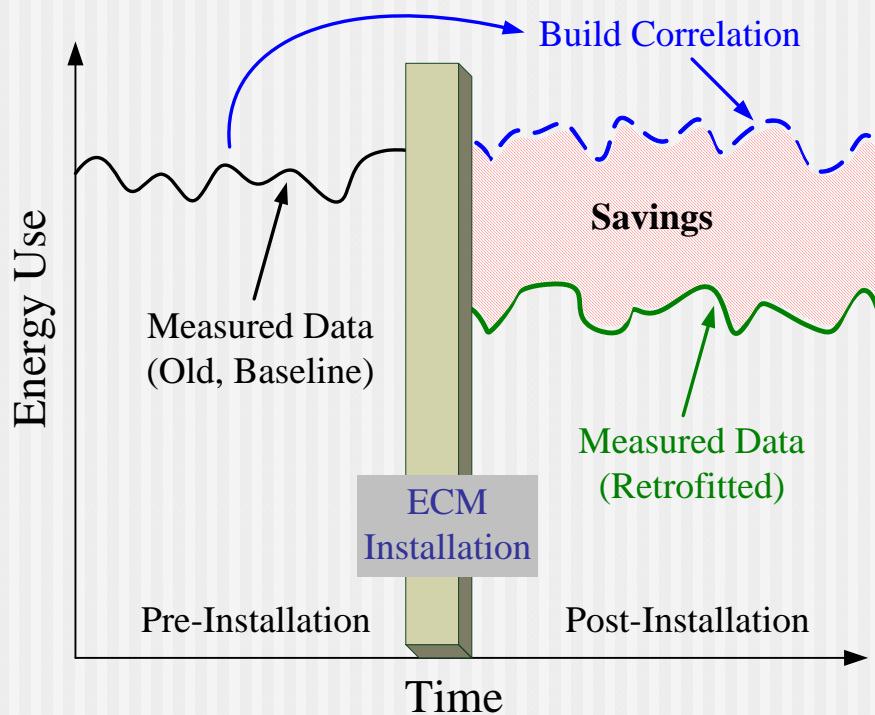
## ➤ M&V

Measurement and Verification

## ➤ ESPC

Energy-Saving Performance Contract

# M&V概念



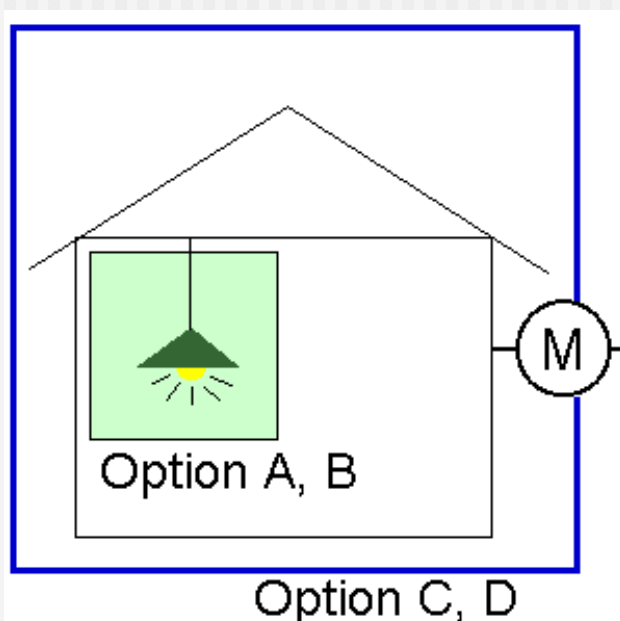
(Keep Independent Variable(s) Fixed)

# 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*

## M&V 選項



- Options A and B are **retrofit-isolation** methods
- Options C and D are **whole-facility** methods
- The difference is where the boundary lines are drawn

# 建立HVAC設備M&V方法與規範

- 冰水主機(Chillers)
- 風機(Fans)
- 水泵(Pumps)
- 冷卻水側(Cooling Towers)
- 熱泵設備(Heat Pump)與熱水系統
- 多聯變頻(VRV)系統
- 空調箱(AHU)群組
- 全建築(設施)校正模擬方法(選項D)

## 六、結 語

- 本課程希望提供使用者與能源管理者，能**率先自發性地推動約能源改善措施**，達到自訂年度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，達到以下政府之節能目標：
  - ✓ 未來8年(自2008年起)每年提高能源效率2%以上，使能源密集度於2015年較2005年下降20%以上。
  - ✓ 藉由技術突破及配套措施，2025年較2005年下降50%以上。
- 減碳目標：全國二氧化碳排放減量，於2020年回到2005年排放量，於2025年回到2000年排放量。



-END-  
敬請指教

柯明村

mtke@ntut.edu.tw

(02) 27712171 ~3509