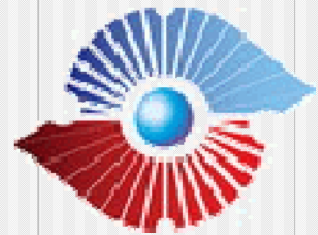


空調系統節能與實務案例

主 講 人

柯 明 村



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



內 容

- 一、前言
- 二、全球能源與永續發展
- 三、空調設備耗能規定
- 四、空調系統節能技術
- 五、節能案例分析
- 六、能源服務與務聯網

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

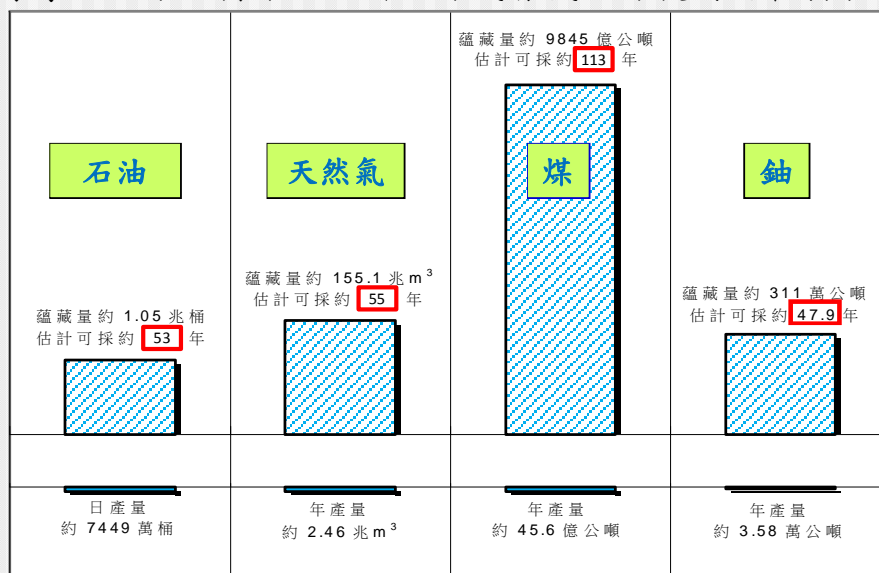
- 聯合國針對地球暖化之溫室效應問題所提出之「京都議定書」，已於2005年2月16日正式生效
 - ✓ 我國雖非簽約國家，但基於國際環保公約之經驗，我國既使不簽署公約及享受權利，但相關義務，卻仍需履行
 - ✓ 且我國身為地球村的成員，有保護環境、善盡保護地球之責任。
 - ✓ 最重要的是，預期各國為因應本議定書都將發展高效率之技術，我國若不及早因應參與國際互動，引進技術，將喪失我國之國際競爭力！
- 而隨著台灣經濟成長，工商業發達，國民生活水準及消費能力提高，加上台灣位於亞熱帶高溫高濕之海島型氣候形態，造成空調市場近幾年來的蓬勃發展。

一、前言

- 因為空調系統的需求增加，致使空調系統耗電量激增
 - ✓ 空調用電量約佔台電夏季尖峰負載的三分之一左右
 - ✓ 而且在任何建築物，不論其規模大小或功能是否特殊，空調用電幾乎總是佔總耗電量的最大比例
 - ✓ 辦公大樓空調耗電比例調查的結果則為40%~70%
- 因此，為了節約能源及有效用電，如何降低在民生用電佔最高比例的冷凍空調設備之耗電，乃是當下最重要的課題之一。

二、全球能源與永續發展

- 二十一世紀面臨能源之關鍵期：
 - ✓ 在2150年時石油，天然氣與鈾之蘊藏量都即將開採竭盡。
 - ✓ 屆時傳統能源只剩煤；而新能源或替代能源技術仍在發展之中。



三、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：

三、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 | |

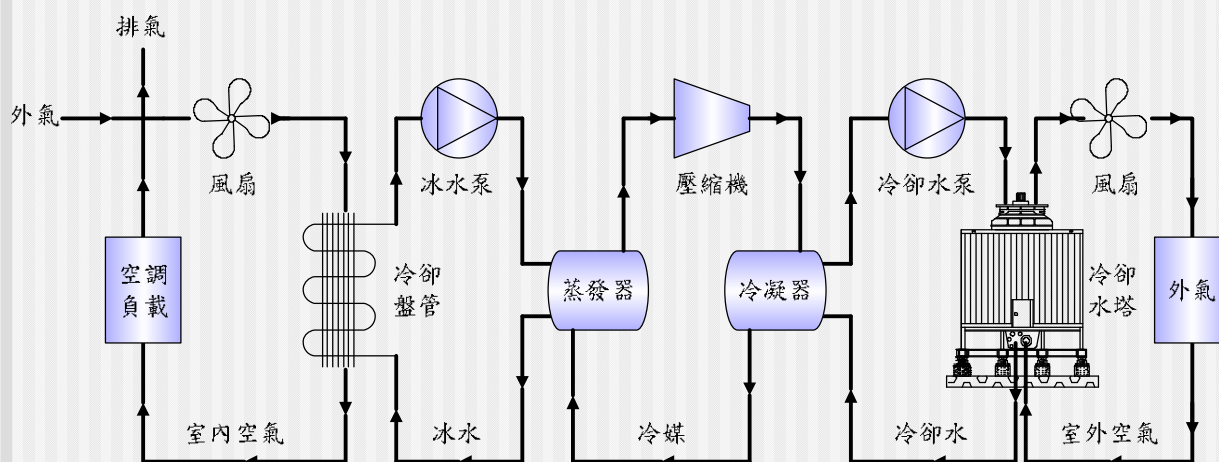
三、空調設備耗能規定

箱型冷氣機

| 機 種 | 適用舊版 CNS2725 | 適用新版 CNS3615及CNS14464 | 實施日期 |
|-------------------------|--|--------------------------|------------------------|
| | 能源效率比值 (EER) kcal/h-W (Btu/h-W) | 能源效率比值 (EER) | |
| 氣冷式 (消耗電功率大於 3kW) | 2.44(9.68) | 2.84 | 民國 91年 1月 1日起 |
| 水冷式 | 3.17(12.58) | 3.69 | |

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。

4-3 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

一棟建築物外殼設計若未考量節能，則在其存在四、五十年之生命週期裡將長期耗損空調能源，其影響之大不可不慎！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」，於建築建造之初，或改善時應特別注意。
 - ✓ 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。

✓ 適度降低空調送風之溫度

降低空調送風溫度可使空調區域相對濕度降低，進而可提高室內設定溫度而不影響人員舒適度，進而降低空調負載。

✓ 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
- 因此，能夠減少空調系統之送風量、送水量或冷媒流量將可減少風車、水泵與壓縮機之耗能
- 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 | $Q_1 = Q_2$ | $\times (D_1/D_2)^3 (N_1/N_2)$ |
| 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} .

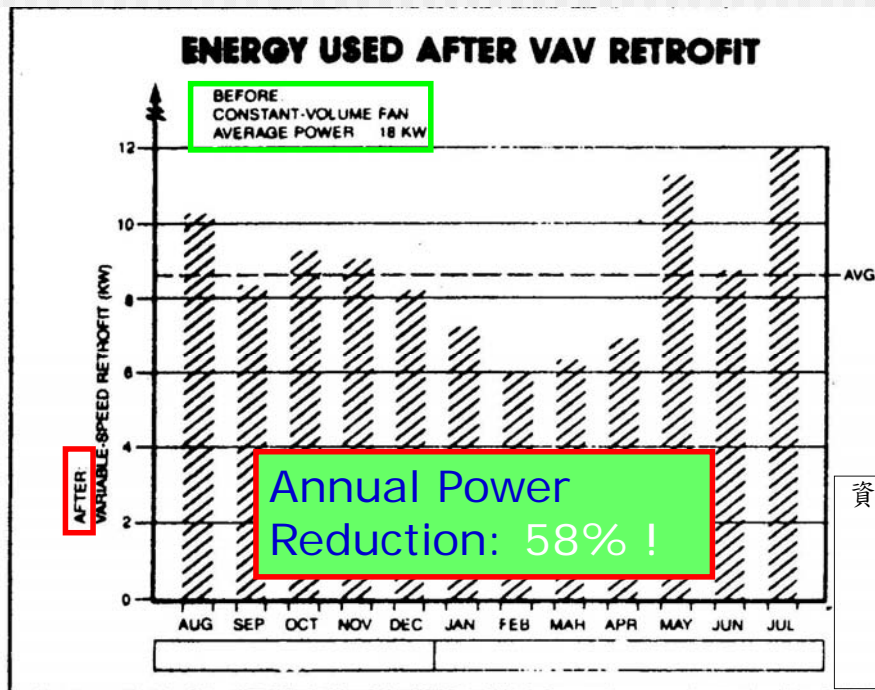
4-3 空調系統節約能源措施

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

減少搬運動力--VRV技術

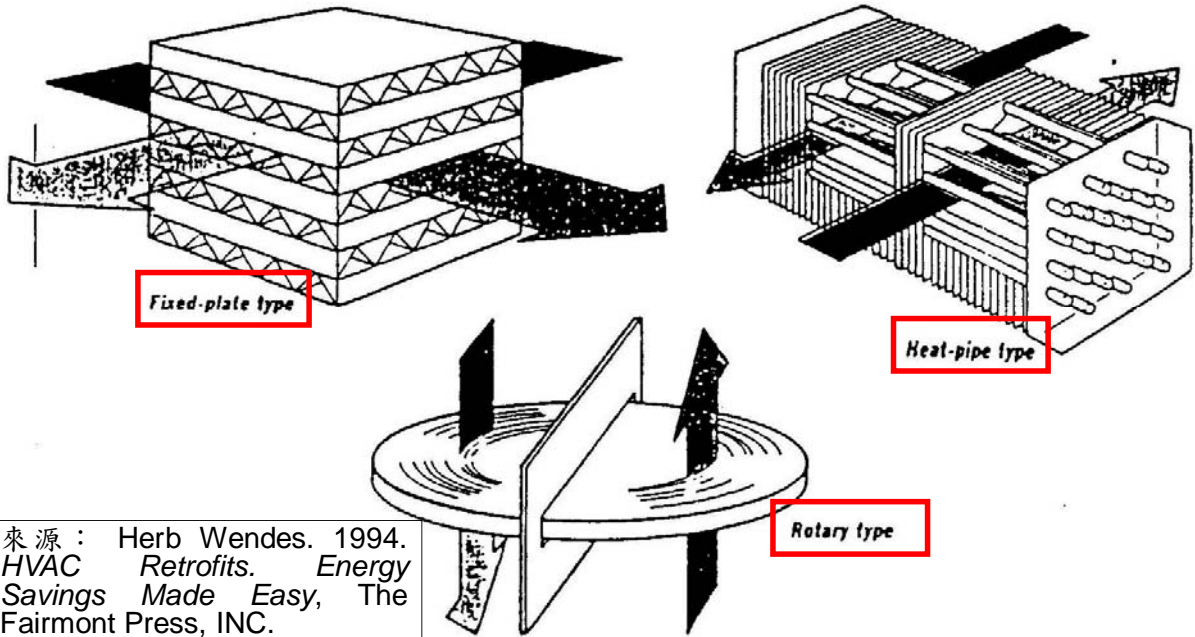
- VRV技術採用變頻式壓縮機，控制壓縮機馬達的轉速，當室內環境溫度改變時，控制系統會視負荷大小輸出不同的頻率，變動範圍約在30Hz~116Hz之間。
- 當冷房達到設定溫度時，壓縮機會改以低頻率運轉，維持室內溫度與人員舒適，可以避免壓縮機無謂高載運轉，節省電力。

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。

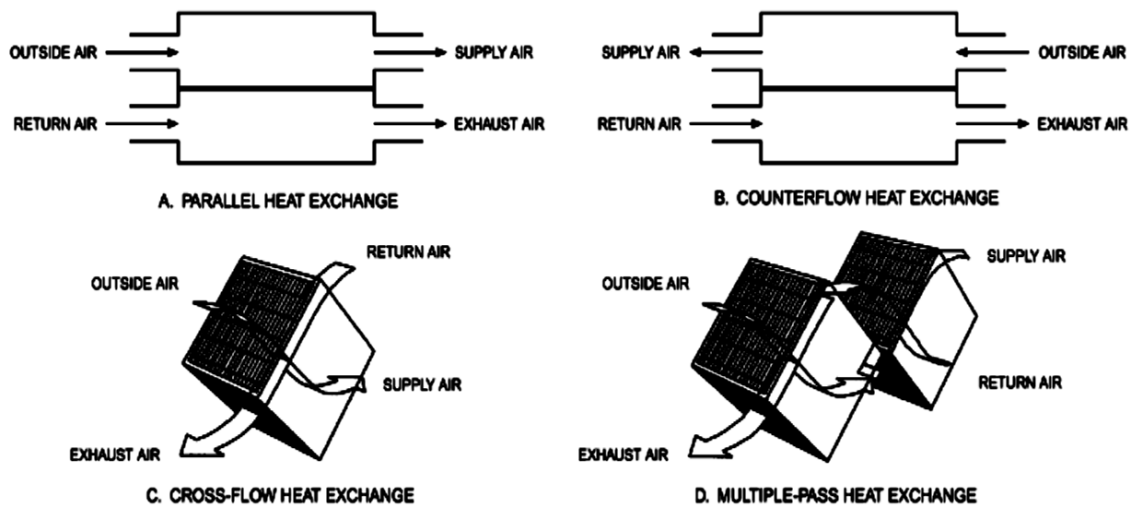
冷能回收設備



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

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。



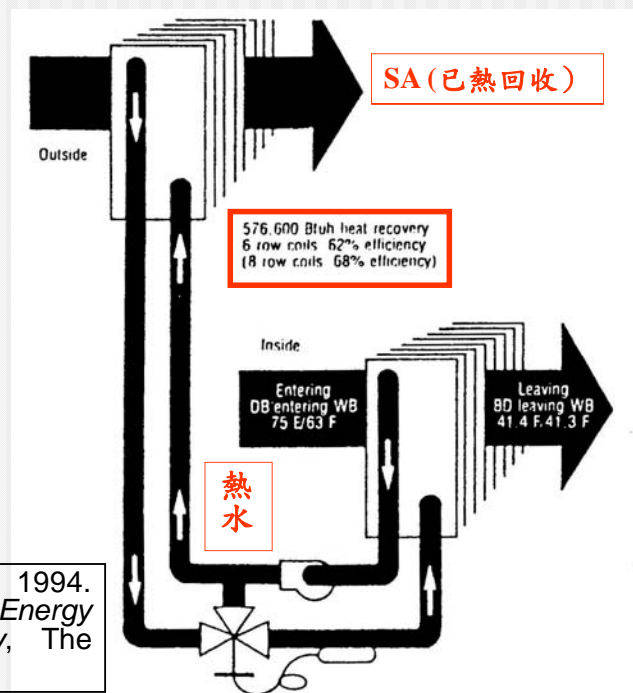
轉輪式之全熱交換器

- ❑ 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

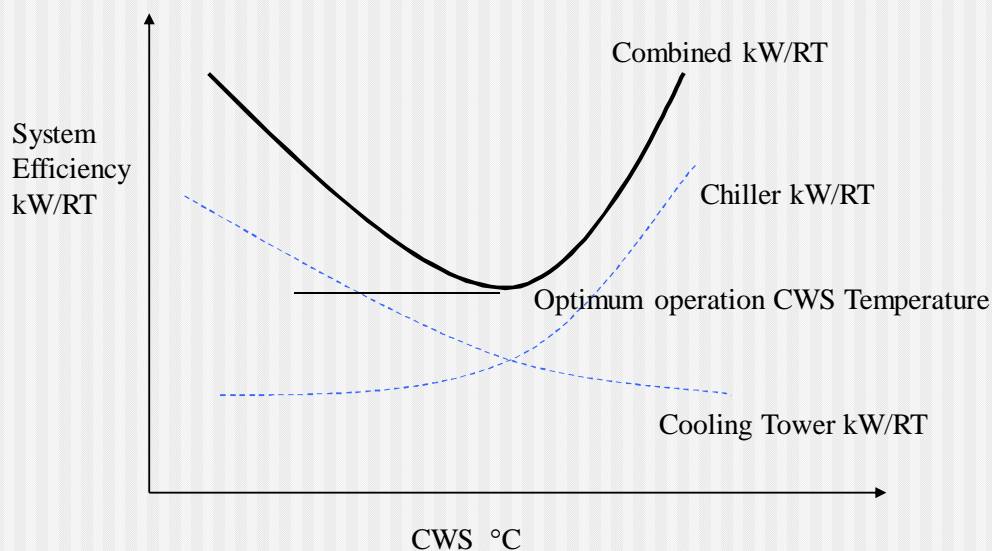
❑ Heat Recovery Loop



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

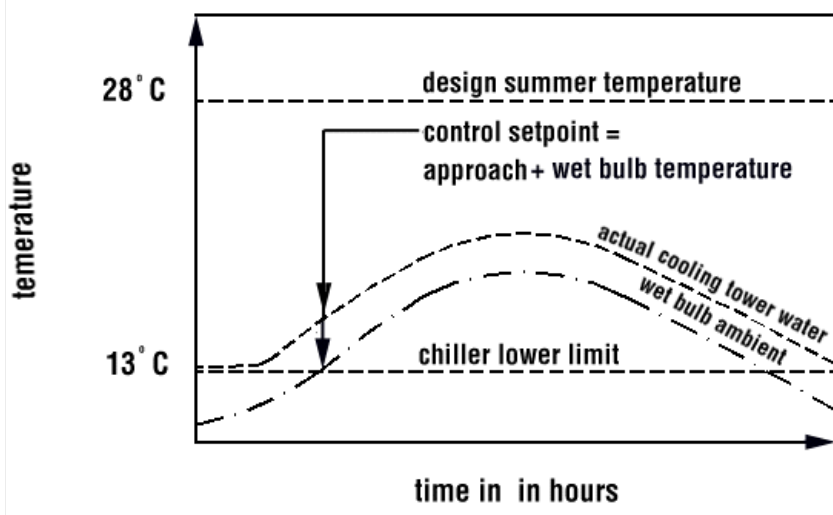
提高冷卻水塔使用效率



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 |
|-----------|---|--|--|
| 優點 | <ul style="list-style-type: none">✓ 冷凝器散熱效果最佳，能源效率比最高。✓ 夏季尖峰時段運轉情況下，比變頻式系統更省能。✓ 不論負載高低皆保有高能源效率，應用場合廣。✓ 本土技術成熟。✓ 冷凝器尺寸小、節省空間與成本。✓ 冷凝器排風溫度低，熱污染低，有效防制環境熱島效應。 | <ul style="list-style-type: none">✓ 變頻式之能源效率值於低載（低頻）時顯著提高。✓ 變頻控制可提供使用者較舒適環境。✓ 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。 | <ul style="list-style-type: none">✓ 冷媒量控制良好、施工容易、成本低廉。 |

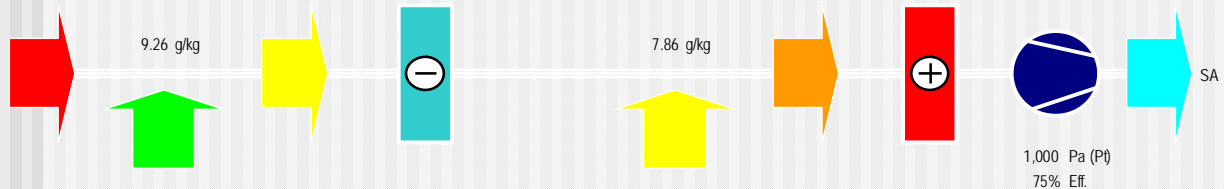
Evaporative Cooling

| | 蒸發冷卻式 | 變頻直膨式 | 氣冷直膨式 |
|----|--|---|---|
| 缺點 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 冷凝器因長久灑水所造成的結垢與腐蝕問題。 ✓ 初設成本高於氣冷直膨式（但低於變頻式）。 ✓ 缺水時系統效率降低。 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 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。 ✓ 於長期高負載之場合亦無法節能。 ✓ 主要技術主流—直流變頻為日本技術，國內尚無法製作。 ✓ 構造與管路技術要求高，設備與維護成本高，維修昂貴。 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 與前二者比較最為耗能。 ✓ 中小型的系統壓縮機較不易調整能力以配合負載變動。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。 |

熱管之應用

1. 電子廠外氣空調箱(MAU)

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

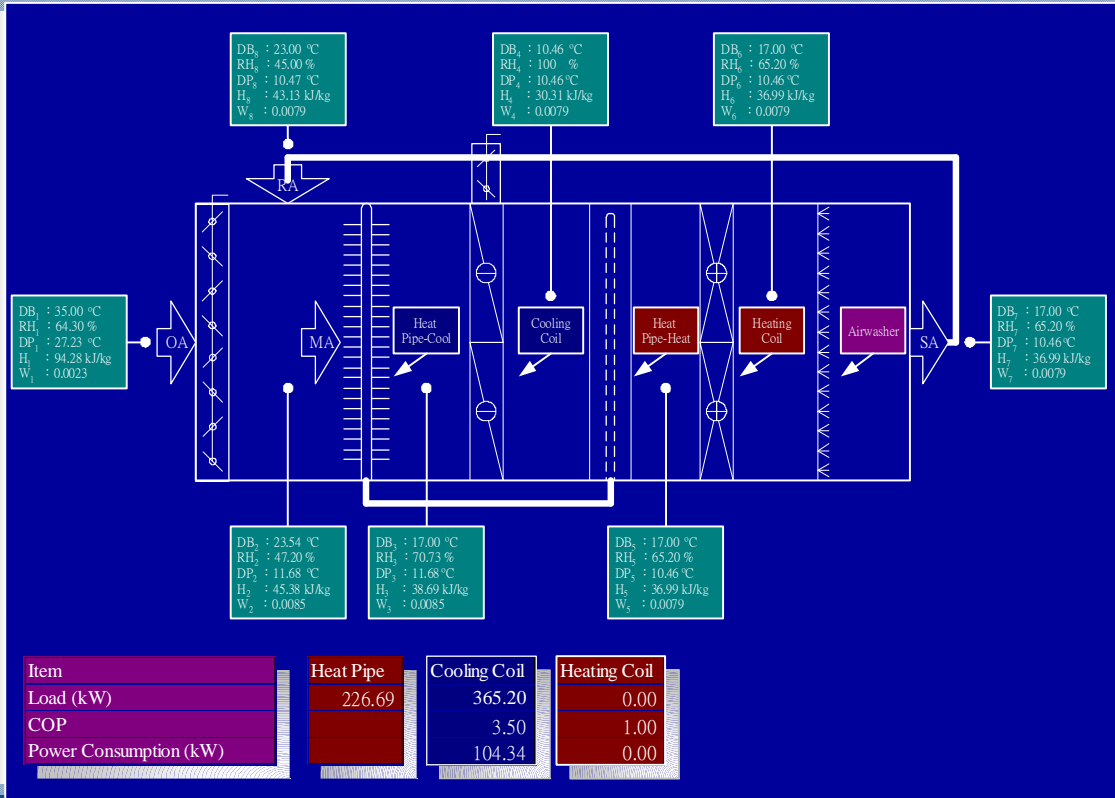


| OA Condition | RA Condition | MA Condition | CHS Temp. | LA Condition | BA Condition | LA' Condition | Heater | LA' Condition | SA Condition |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| 35.00 DB°C | 23.00 DB°C | 24.10 DB°C | 6.0 °C | 10.43 DB°C | 24.10 DB°C | 10.43 DB°C | 182.4 kW | 15.89 DB°C | 17.00 DB°C |
| 29.00 WB°C | 15.47 WB°C | 17.07 WB°C | CHR Temp. | 10.43 WB°C | 17.07 WB°C | 10.43 WB°C | | 12.73 WB°C | 13.17 WB°C |
| 64.3 RH% | 45.0 RH% | 49.5 RH% | 12.0 °C | 100.0 RH% | 49.5 RH% | 100.0 RH% | | 70.0 RH% | 65.2 RH% |
| 23.03 g/kg | 7.86 g/kg | 9.26 g/kg | CHWFlow Rate | 7.86 g/kg | 9.26 g/kg | 7.86 g/kg | | 7.86 g/kg | 7.86 g/kg |
| 94.3 kJ/kg | 43.1 kJ/kg | 47.8 kJ/kg | 23.31 L/s | 30.3 kJ/kg | 47.8 kJ/kg | 30.3 kJ/kg | | 35.9 kJ/kg | 37.0 kJ/kg |
| 1.105 kg/m ³ | 1.177 kg/m ³ | 1.170 kg/m ³ | Condensate | 1.229 kg/m ³ | 1.170 kg/m ³ | 1.229 kg/m ³ | Cooling Capacity | 1.206 kg/m ³ | 1.201 kg/m ³ |
| 27.20 DP°C | 10.44 DP°C | 12.88 DP°C | 168.9 L/hr | 10.43 DP°C | 12.88 DP°C | 10.43 DP°C | 200.2 kW | 10.44 DP°C | 10.43 DP°C |

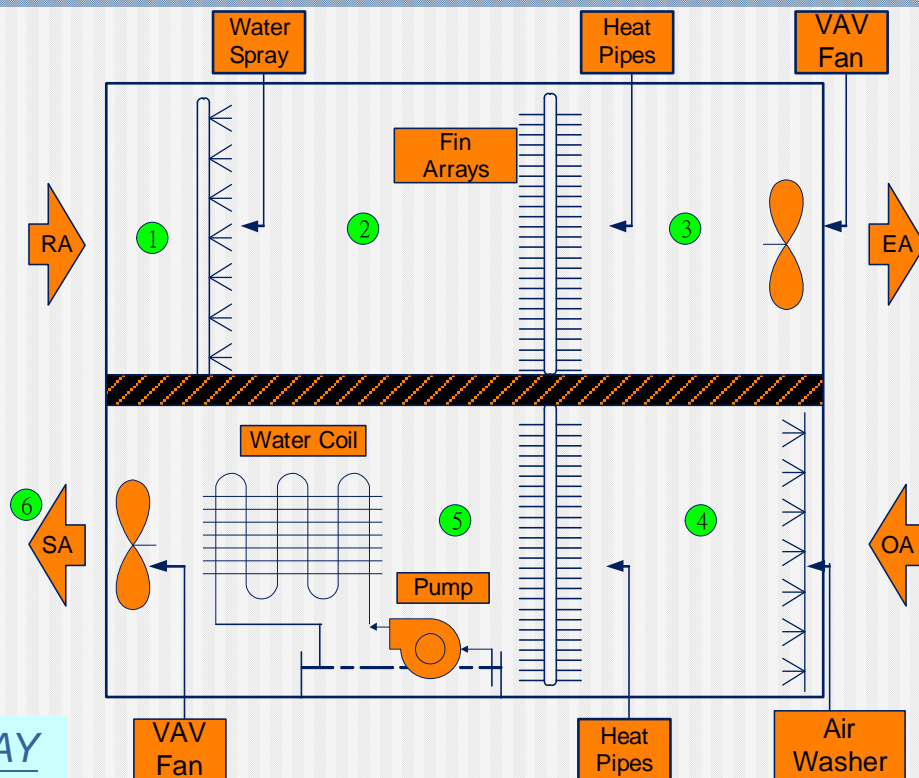
Power Consumption Summary

| Item | q ₁ | q ₂ | Recirculation Fan | Summary |
|-------------------|----------------|----------------|-------------------|----------|
| Load | 585.5 kW | | 36.9 kW | |
| COP | 3.50 | | 1.00 | |
| Power Consumption | 167.3 kW | | 36.9 kW | 386.5 kW |

熱管之應用



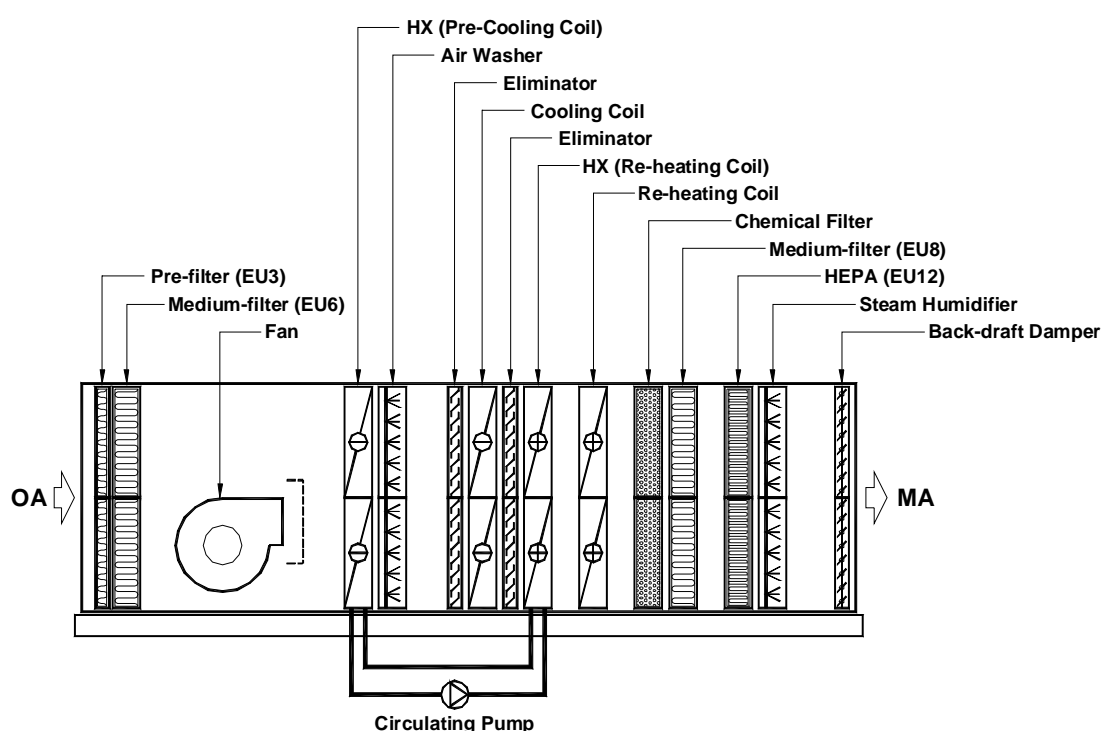
自然空調機



PLAY

高科技電子廠節能技術 與節能案例分析

外氣空調箱節能方式之探討



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

- 電能回溫再熱之耗能分析
 - ✓ 分別以夏季高溫 35°CDB 、 29°CWB 及春秋 26°CDB 、 $75\%RH$ 之外氣條件輸入，當回溫溫差為 5°C 、補給風量為 $100,000\text{CMH}$ 時，可以得知MAU之耗電狀況，包括風車之耗電量，與冷卻除濕盤管、加熱盤管、熱水水泵及冰水水泵之加權耗電量，統計結果如表1所示。

耗能分析與檢討

□ 電能回溫再熱之耗能分析

表1 以電熱水鍋爐熱水回溫再熱之耗電分析

| 季節 | 回溫盤管設置 | 冷卻除濕盤管 | | 加熱盤管 | | 風車馬達 kW | 冰水泵馬達 kW | 熱水泵馬達 kW | 合計 kW |
|-----|--------|-----------|-----------|----------|----------|------------|-------------|-------------|----------|
| | | 第一道 kW | 第二道 kW | 回溫 kW | 再熱 kW | | | | |
| 夏季 | 有 | 389.7 | 298.4 | 167.9 | 216.9 | 77.2 | 34.2 | 2.6 | 1,187.1 |
| | 無 | 387.4 | 248.8 | 0.0 | 216.9 | 69.5 | 31.7 | 1.5 | 955.7 |
| | 增加量 | 2.4 | 49.6 | 167.9 | | | 2.6 | 1.1 | 231.4 |
| | 增加率 | 1% | 20% | | | | | | 24% |
| 春秋季 | 有 | 119.9 | 298.4 | 167.9 | 216.9 | 73.6 | 20.8 | 2.6 | 900.2 |
| | 無 | 117.7 | 248.8 | 0.0 | 216.9 | 66.2 | 18.2 | 1.5 | 669.4 |
| | 增加量 | 2.2 | 49.6 | 167.9 | | | 2.6 | 1.1 | 230.8 |
| | 增加率 | 2% | 20% | | | | | | 35% |

在MAU兩道冷卻除濕盤管之間規劃回溫盤管，5°C之回溫溫差將使MAU增加231kW左右之耗電量。

耗能分析與檢討

□ 熱回收熱水再熱之耗能分析

| 季節 | 回溫盤管設置 | 冷卻除濕盤管 | | 風車馬達 kW | 冰水泵馬達 kW | 熱水泵馬達 kW | 合計 kW |
|-----|--------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|----------|
| | | 第一道 kW | 第二道 kW | | | | |
| 夏季 | 有 | 389.7 | 298.4 | 77.2 | 34.2 | 4.4 | 804.0 |
| | 無 | 387.4 | 248.8 | 69.5 | 31.7 | 2.5 | 739.8 |
| | 增加量 | 2.4 | 49.6 | | 2.6 | 1.9 | 64.2 |
| | 增加率 | 1% | 20% | | | | 9% |
| 春秋季 | 有 | 119.9 | 298.4 | 73.6 | 20.8 | 4.4 | 517.1 |
| | 無 | 117.7 | 248.8 | 66.2 | 18.2 | 2.5 | 453.5 |
| | 增加量 | 2.2 | 49.6 | | 2.6 | 1.9 | 63.6 |
| | 增加率 | 2% | 20% | | | | 14% |

無論在夏季或是春秋季，回溫盤管與再熱盤管之耗電量均為零，但熱水泵之耗電增加量為1.9kW，主要是因為CHU熱回收熱水之溫差，無法像熱水鍋爐一樣高達10°C，在相同之熱流率下需要較高之熱水流量所致。

耗能分析與檢討

熱回收熱水再熱之耗能分析

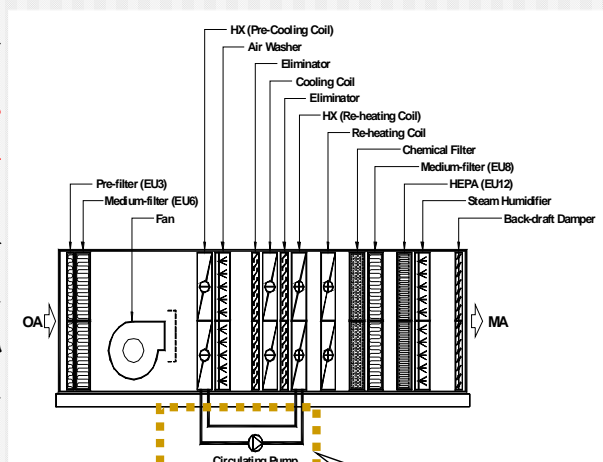
| 季節 | 盤管 前後 熱交換 | 冷卻除濕盤管 | | | 風車 馬達 kW | 冰水 水泵 kW | 熱交 換泵 kW | 熱水 水泵 kW | 合計 kW |
|-----|-----------------|-----------|-----------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|
| | | 第一道 kW | 第二道 kW | 小計 kW | | | | | |
| 夏季 | 無 | 366.8 | 248.8 | 615.6 | 62.1 | 30.6 | 0.0 | 1.8 | 710.1 |
| | 有 | 0.0 | 574.3 | 574.3 | 68.9 | 28.6 | 1.7 | 0.0 | 673.5 |
| | 節能量 | 366.8 | -327.5 | 41.3 | | 2.1 | | | 36.5 |
| | 節能率 | | | 7% | | | | | 5% |
| 春秋季 | 無 | 98.1 | 248.8 | 346.9 | 62.1 | 17.3 | 0.0 | 1.8 | 428.0 |
| | 有 | 0.0 | 305.6 | 305.6 | 68.9 | 15.2 | 1.7 | 0.0 | 391.1 |
| | 節能量 | 98.1 | -56.8 | 41.3 | | 2.1 | | | 36.6 |
| | 節能率 | | | 14% | | | | | 9% |

無論是熱回收熱水再熱或電能再熱，對冷卻除濕盤管之節能均相同，但由於熱回收熱水再熱之加權耗電量為零，冷卻除濕盤管前後熱交換對之節能效益僅減少熱水水泵之耗能而已；因此，整體之節能效益與電能再熱差異很大。

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。

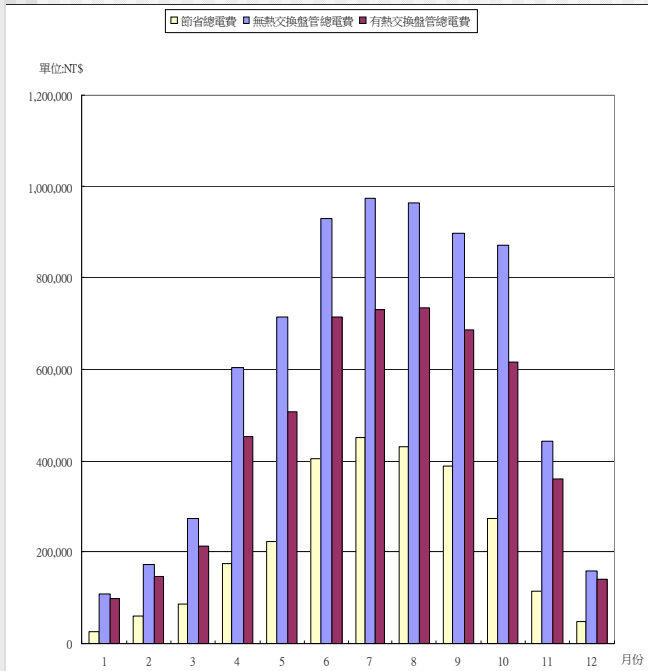


加裝熱交換盤管

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

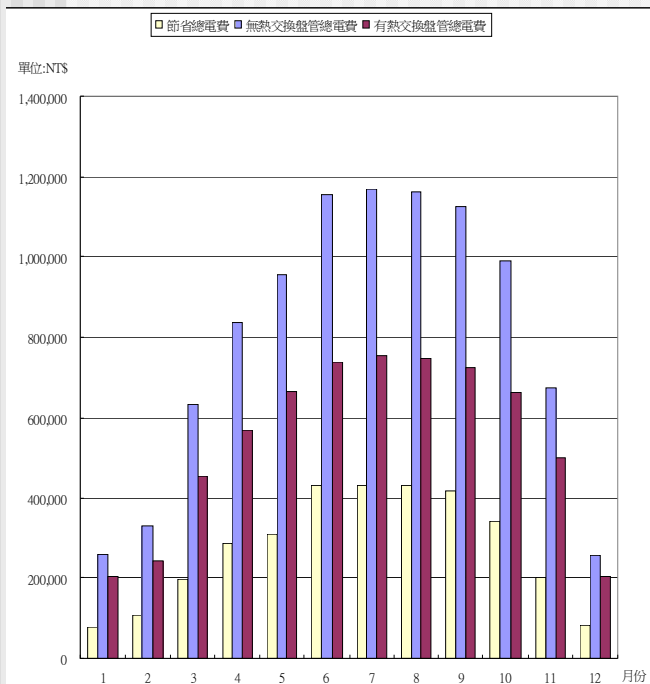


左圖為新竹地區半導體廠之外氣空調在有、無多加裝二道熱交換盤管時的耗能狀況。假設半導體廠體有四組100,000CMH外氣空調箱組，並以當地外氣溫度為基準進行模擬。

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°C DB 、 29°C WB 時，利用進排氣做熱交換，MAU之耗電量將從 701.1kW 減少為 647.9kW （ 62.2kW 之節能量），節能率為10%。
- ✓ 當外氣條件為 30°C DB 、85%RH時，利用進排氣做熱交換，MAU之耗電量將從 655.3kW 減少為 647.9kW （ 7.4kW 之節能量），節能率則降為1%。

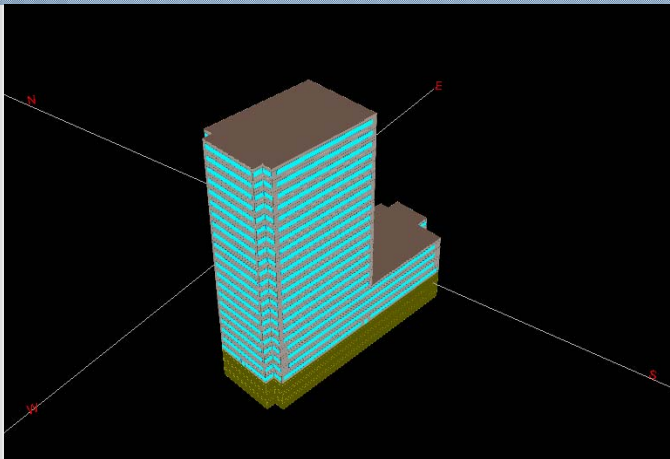
耗能分析與檢討

□ 雙冰水溫度系統之應用

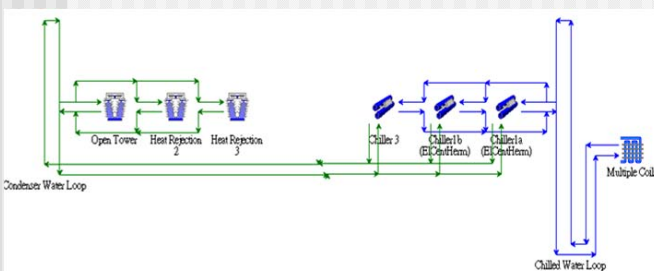
- ✓ 為了移除大量之外氣水分子，MAU通常設計兩道冷卻除濕盤管，第一道冷卻除濕盤管之離風溫度，通常控制在 20°C 左右，以 6°C 、甚至更低之冰水溫度來除濕，實際上並無必要性，採用低溫之單一冰水溫度系統，目的只是為了簡化冰水管路而已。如果配合設計雙冰水溫度CHU系統，兩道冷卻除濕盤管以不同之冰水供應，則可以大幅減少CHU之耗電量。
- ✓ 本研究針對第一道冷卻除濕盤管之溫度差異，分析CHU之耗能。當CHU之供水溫度為 6°C ，系統COP以3.5計，當CHU之供水溫度為 12°C 時，系統COP則以4.0計。當外氣條件為 35°C DB 、 29°C WB 時，第一道冷卻除濕盤管之加權耗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

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。

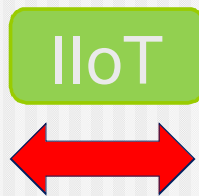


能源服務與務聯網

整合應用

Resource/Energy PaaS

- 元件/設備/系統
 - ✓ 公用設備
 - ✓ 製程設備
 - ✓ ERP/MES
 - ✓ ...
- 感測/監測/EICT...
- 系統整合分析
- 決策與矯正
- 即時/智慧化



Analysis Programs

- 能源績效
- 系統性能整合
- 系統最佳化
- 自我修正
- 線上控制
- 專家系統/雲運算



柯明村

mtke@ntut.edu.tw