


108年度空調運用技術研討會
臺灣電力股份有限公司新營營業處

空調系統節能技術應用及其實務案例

許智能 副教授
國立勤益科技大學
冷凍空調與能源系

2019.06.24

大綱

- ▶ 冷凍空調原理(含熱力、流力、熱傳)
 - ▶ 冷凍系統
 - ▶ 空調系統
 - ▶ 節能技術
 - ▶ 實務應用
 - ▶ 案例解析
 - ▶ 討論與Q&A
-
- 

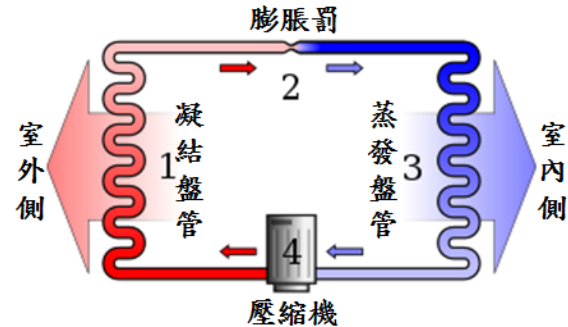
冷凍空調原理(含熱力)

- ▶ 熱力學：
- ▶ 熱力學第零定律：熱平衡
- ▶ 熱力學第一定律：能量守恆或質量守恆
- ▶ 熱力學第二定律：絕熱不可逆，高溫→低溫
- ▶ 熱力學第三定律：絕對溫度 $T \rightarrow 0\text{K}(-273.15^\circ\text{C})$ ，熵 $S \rightarrow 0$

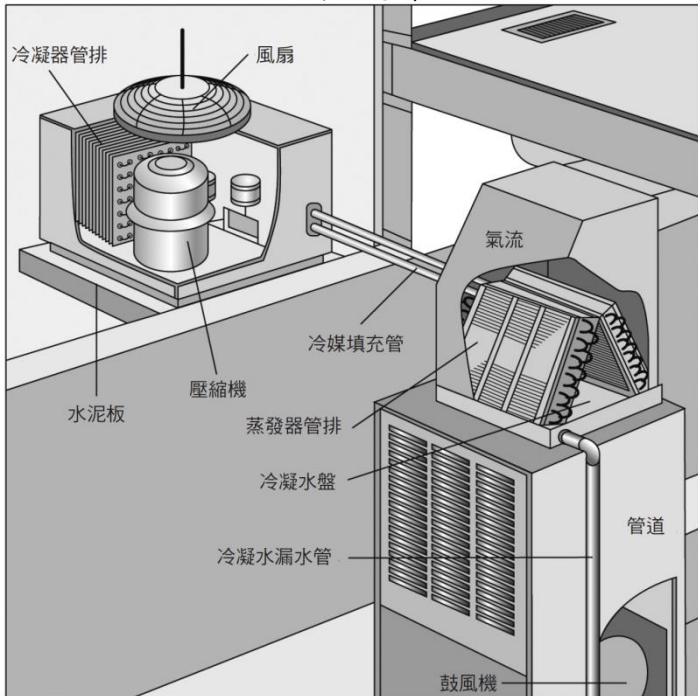


以低溫循環設備，將熱移出室外(高溫→低溫)

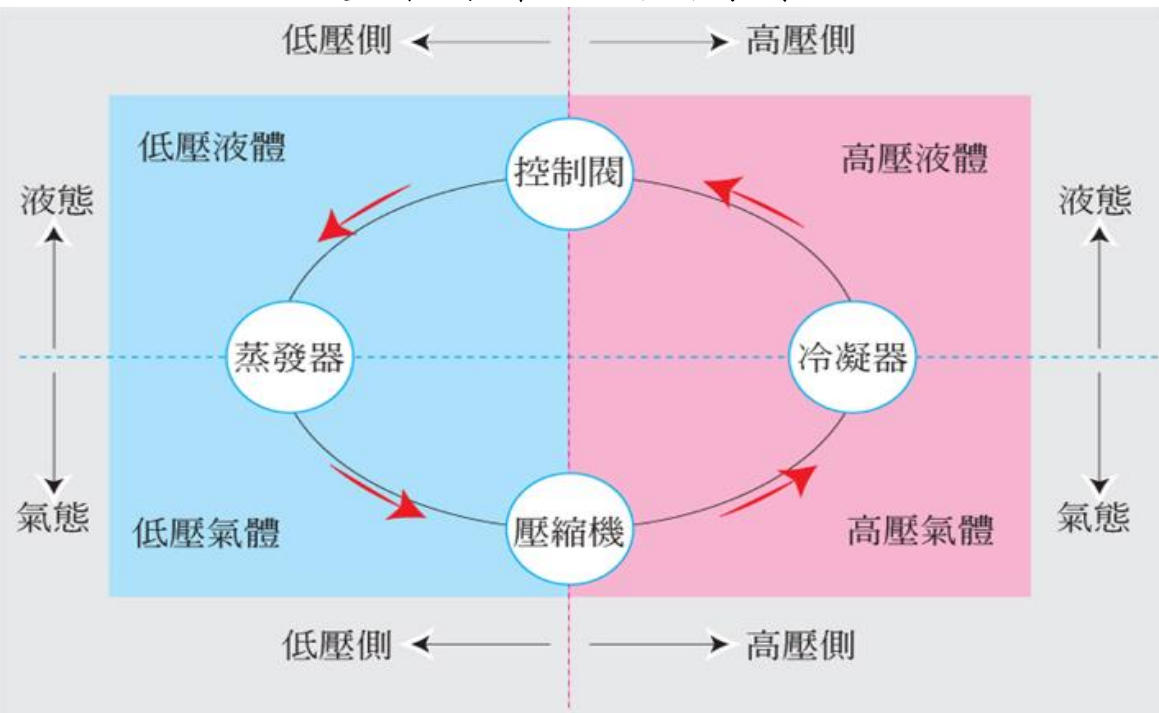
冷凍空調系統概論



一般冷氣系統



基本冷凍空調循環系統



Refer to: C. Borgnakke and R. E. Sonntag, Fundamentals of Thermodynamics, Eighth Edition (SI Version), 2017.

<https://www.coolaler.com/threads/72927/>

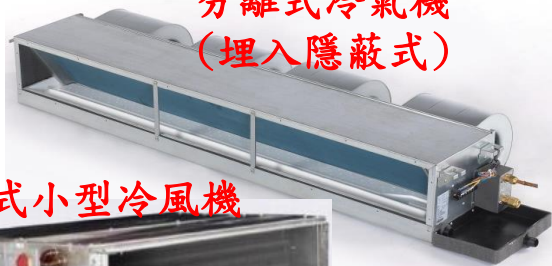
冷凍循環系統主要是靠著**冷媒在系統內循環**，在冷凍系統中不斷的循環。冷媒由**高壓氣態變為液態**，稱為**液化**，會排放大量的**液化潛熱**，產生**暖房效果**，由**低壓液態變氣態**，稱為**蒸發**，會吸收大量的**蒸發潛熱**，產生**冷凍效果**。

冷凍空調設備種類

分離式冷氣機
(定頻/變頻)



分離式冷氣機
(埋入隱蔽式)



螺旋式壓縮機之冰水主機



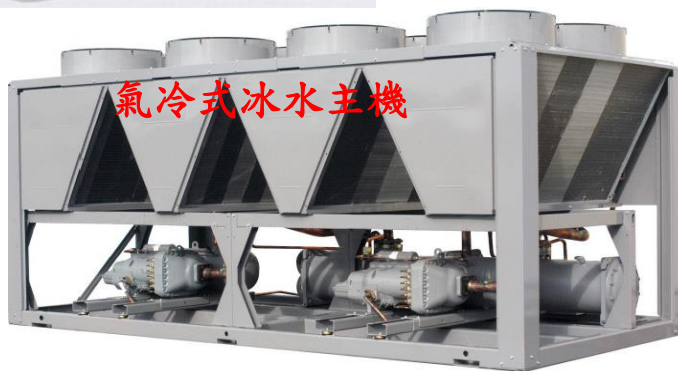
冰水式小型冷風機



箱型冷氣機



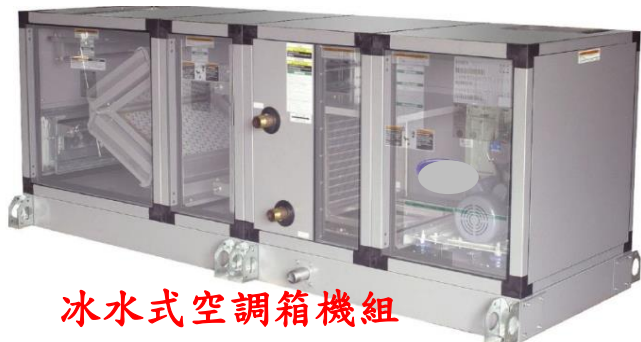
氣冷式冰水主機



離心式壓縮機之冰水主機



冰水式空調箱機組



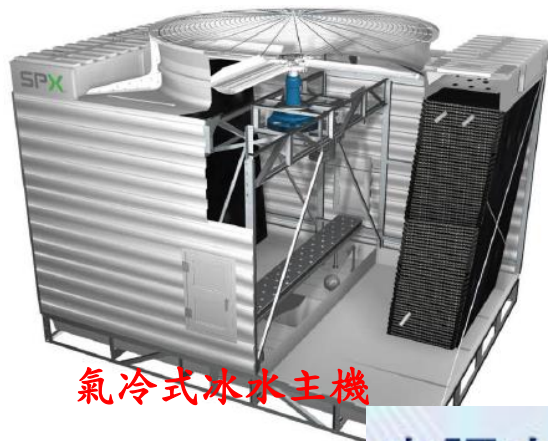
方型冷卻水塔



吸收式冰水主機



風機、水泵、熱交換器



氣冷式冰水主機



冰水/冷卻水循環泵浦



空調水電及室內承裝業節能訓練班

主機冷凝溫度每低

量。

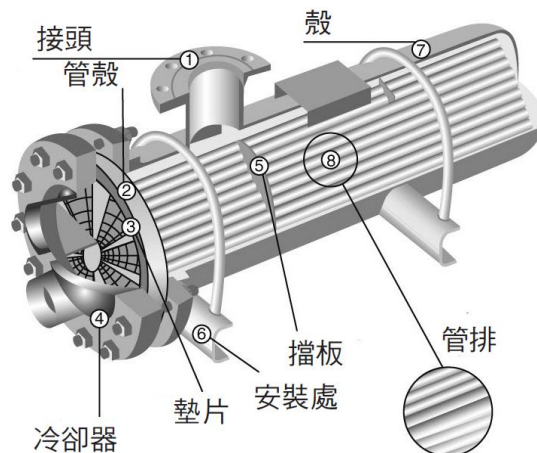
軸流式送風機



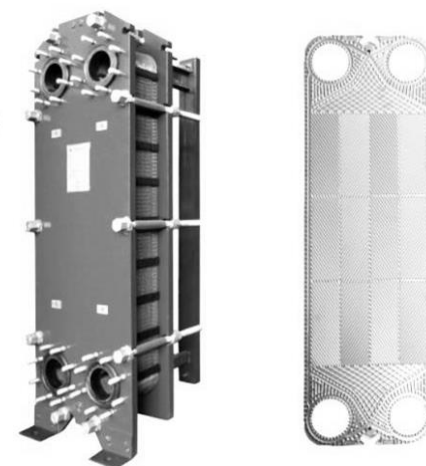
箱型送風機



殼管式熱交換器

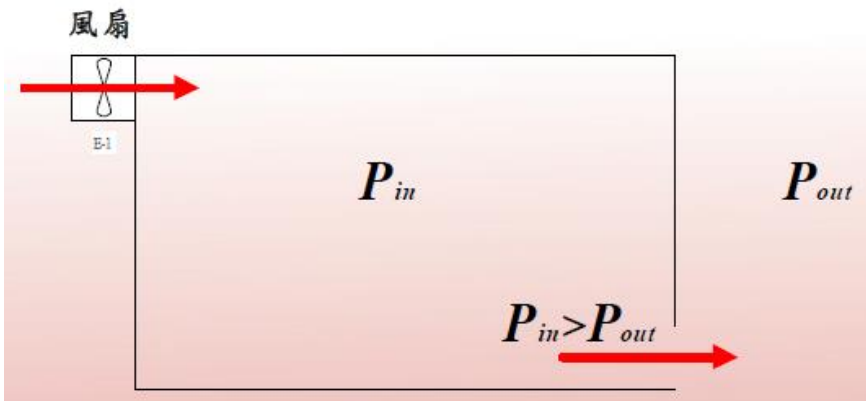


板式熱交換器

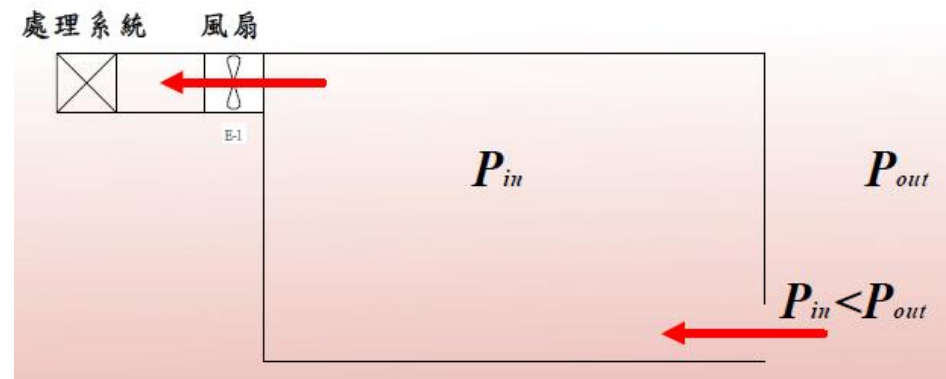


冷凍空調原理(含流力)

- ▶ 流體力學：
- ▶ **正壓通風**：經由風扇(或送風機)吹(引)入氣流，保持室內空間壓力大於外部壓力，可增加室內正壓氣流循環，避免外部污染物經由無法控制的管道進入空間。
- ▶ **負壓通風**：經由風扇(或送風機)吸(抽)出內部空氣(或氣體)，保持室內空間壓力小於外部壓力，可增加室內負壓氣流循環，避免污染物經由無法控制的管道流出內部空間。



正壓通風



負壓通風

冷凍空調原理(含流力)

- ▶ 流體力學：
- ▶ 能量守恆
- ▶ 柏(白)努力方程式(Bernoulli Equation)

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z = \text{Constant} \quad (\text{不可壓縮、無摩擦})$$

$$\Rightarrow P + \frac{\rho V^2}{2g_c} + \gamma Z = \text{Constant} \quad (\gamma = \frac{\rho g}{g_c})$$

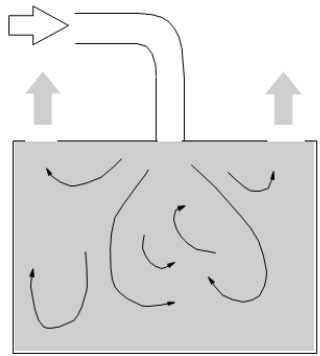
靜壓SP
無方向性

動壓VP
有方向性

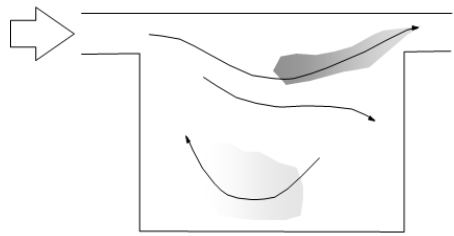
0

全壓TP

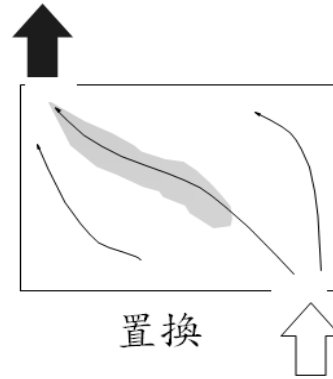
通風(空氣流動形態)



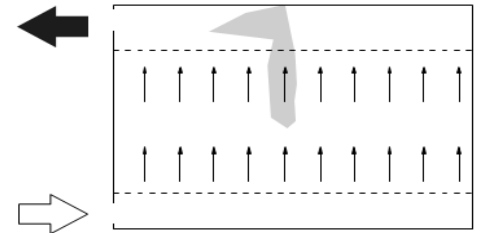
均勻混合



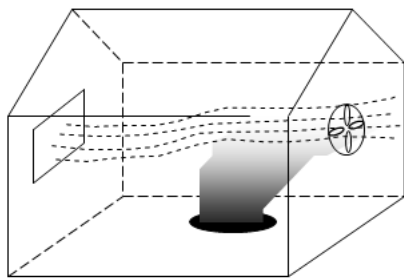
短路



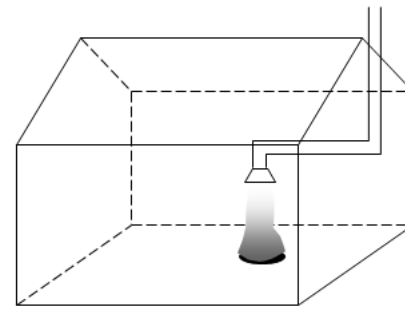
置換



活塞



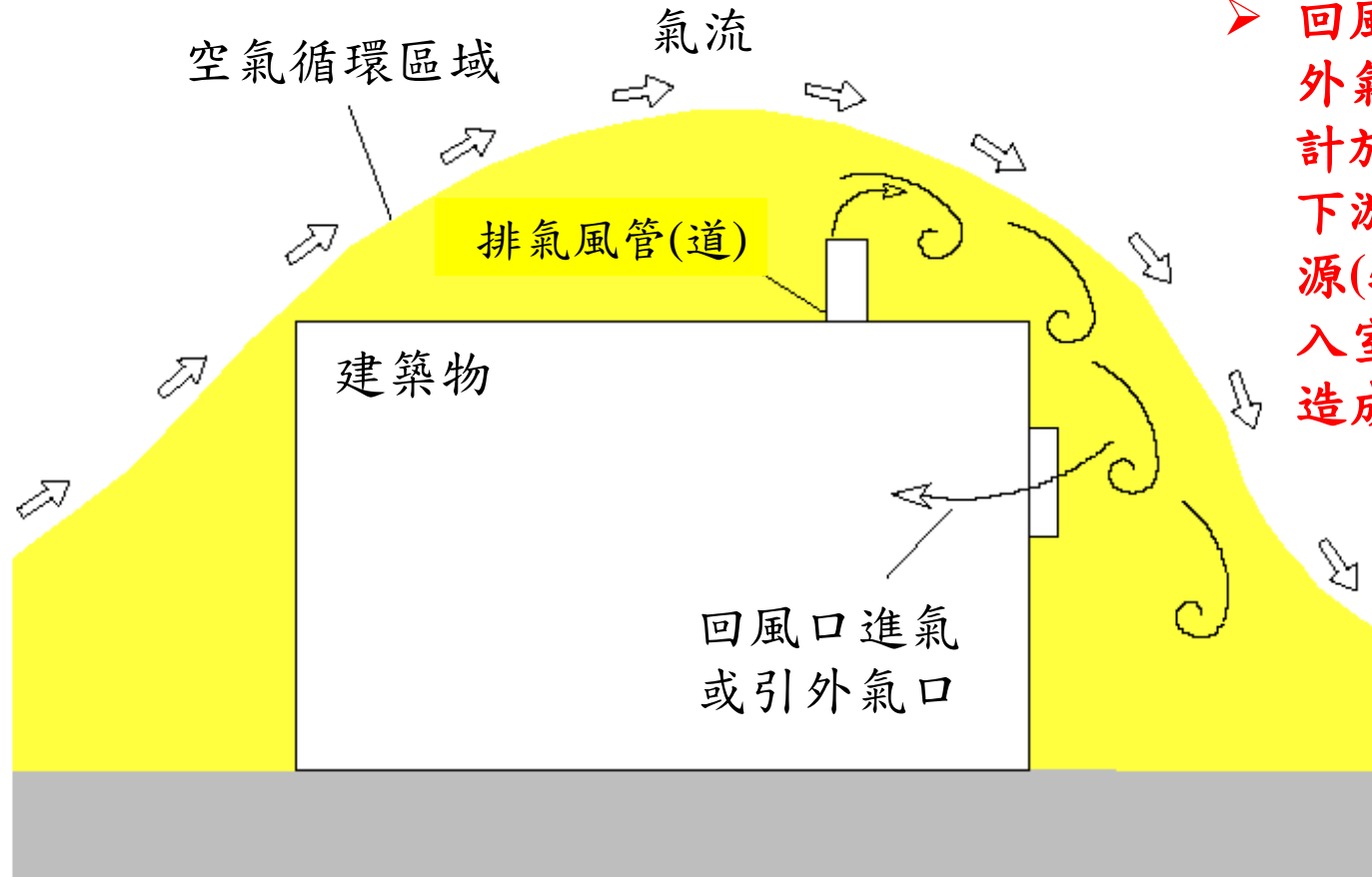
整體換氣



局部排氣



排氣口與回風口



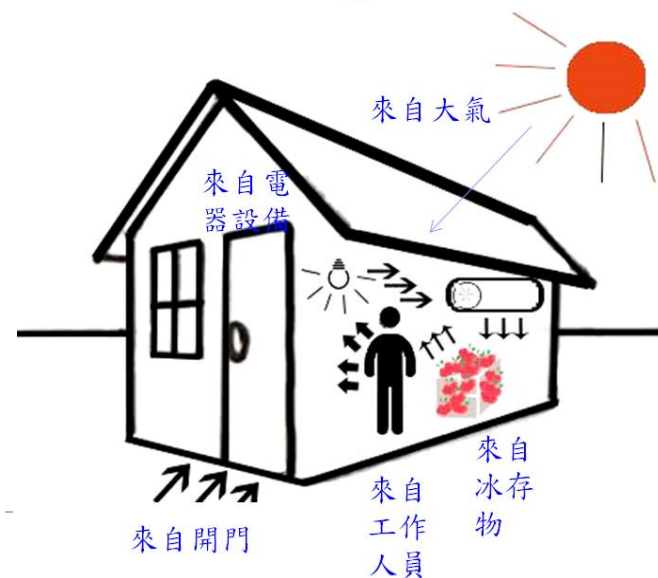
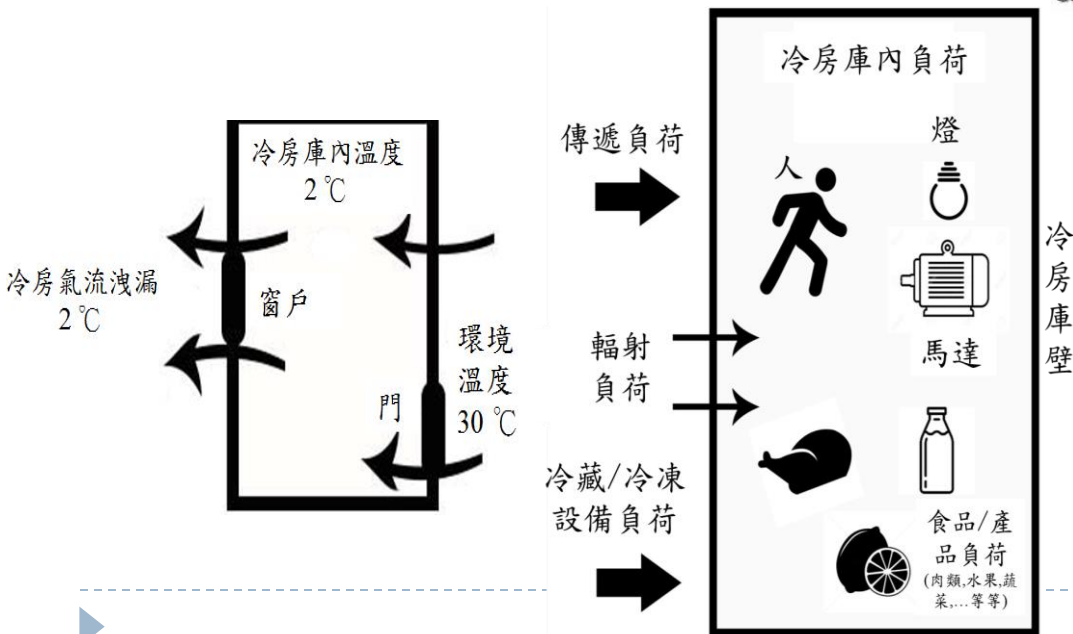
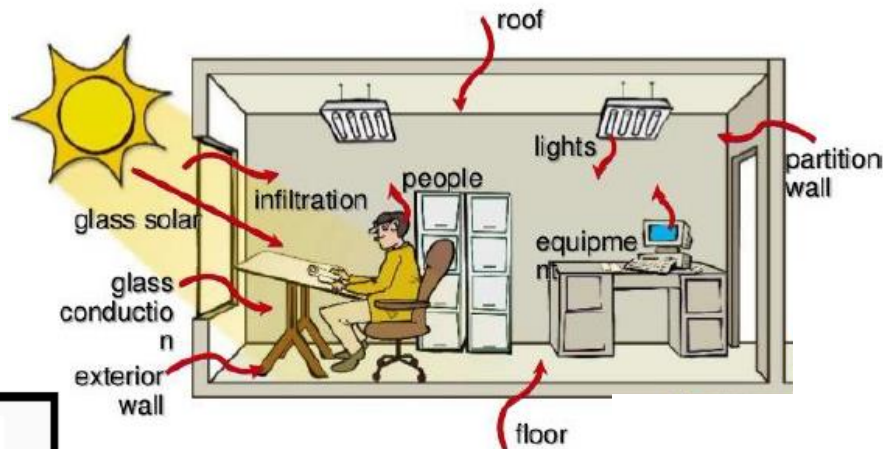
- 不適當設計做法
- 回風口進氣或引外氣口不適合設計於排氣風管(道)下游處，因污染源(物)會被再度吸入室內空調箱，造成更多污染

冷凍空調原理(含熱傳)

▶ 熱傳學：

- ▶ 降低室內空調熱負荷，如低耗能機具設備、節能燈具、低耗能事務機等。
- ▶ 提高建材隔熱係數，增加輔助外遮陽設計。

Cooling Load Components



冷凍空調原理(含熱傳)

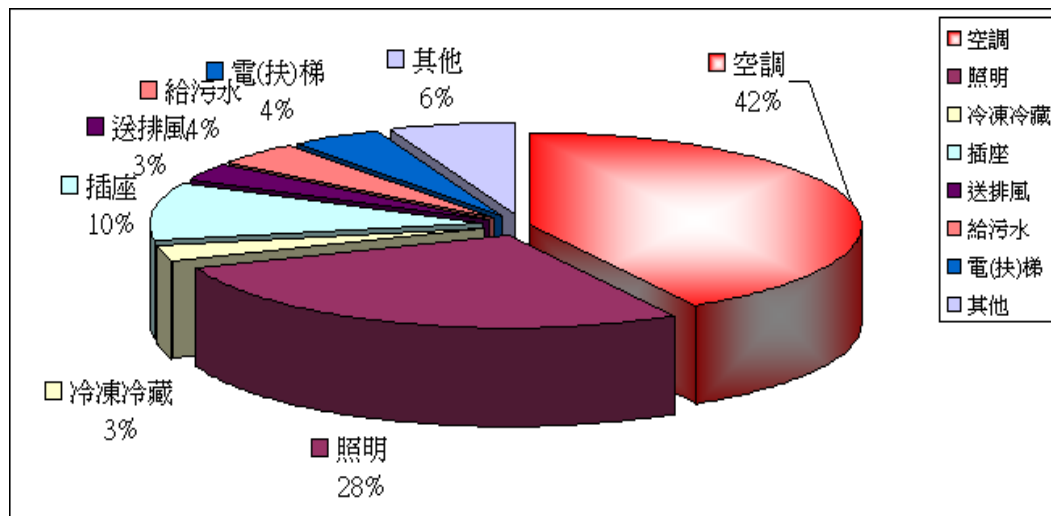
- ▶ 熱傳學：熱傳導、熱對流、熱輻射
 - ▶ 熱傳(Heat Conduction)是因為不同物質間的溫差所產生的能量移轉。分子間的能量交換是藉由傳遞的方式進行熱傳，熱傳導會隨溫差與物質傳熱的能力而增加。
 - ▶ 熱對流(Heat Convection)是當介質可流動時所發生的熱傳，在這種模式中，物質流動以不同的溫度移開在接近表面或表面上不同溫度的物體。
 - ▶ 熱輻射(Heat Radiation)是以空間中的電磁波傳導能量，這種傳遞可以在真空中發生，而並不需要任何物質，但是輻的放射(產生)和吸收確實需要有物質的存在。
-

空調系統

□ 辦公大樓空調系統用電分析

設備種類	空調	照明	冷凍 冷藏	插座	送排風	給污水	電(扶)梯	其他
用電比例	41.6%	28.0%	2.7%	10.0%	3.0%	4.3%	4.5%	6.0%

□ 參考能源局公告資料，空調耗能佔建築用電量約**41.6%**，占整體耗能比例高，也是用電成長主因。降低在空調設備耗電量，是當下最重要的課題之一。

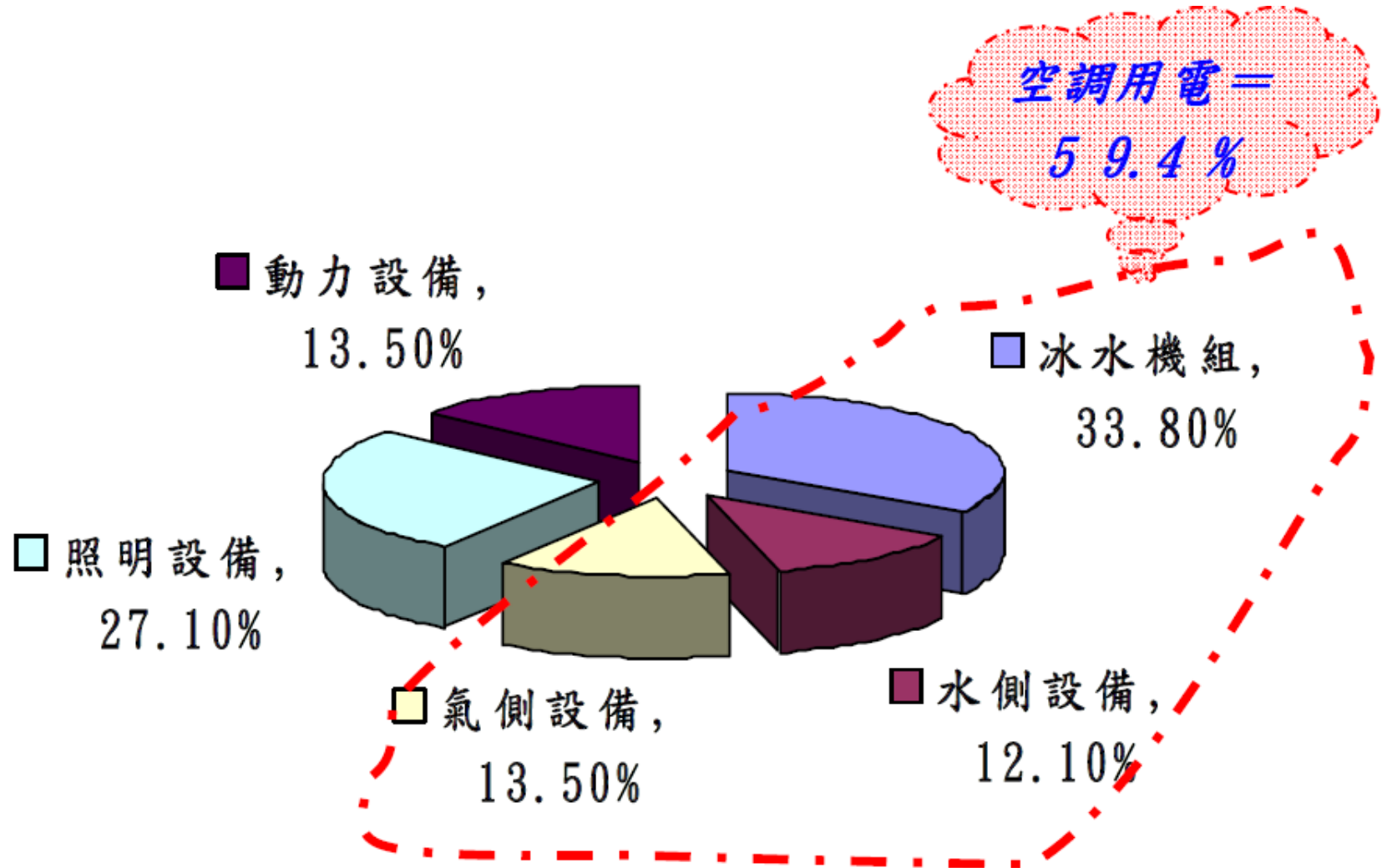


系統用電

- ▶ 我國工業部門用電約占全國的**60%**，且集中於大用戶。
- ▶ 大用戶總耗能即占國內能源消費量之**40.18%**，耗能最高者為化工業，其次為電子電機業、金屬基本工業、紡織人纖業等，耗能較高之系統與設備，包含有**製程設備、空調系統、空壓機系統、鍋爐系統與馬達系統**等。
- ▶ **商業部門與住宅部門則約各占15%**。
- ▶ 商業與住宅部門耗能最多的設備為**空調、燈光、家電**等項。

若溫度設定每提高1°C，將可節省3%-6%的電力消耗
溫室氣體減量：以106年公告電力排放係數0.554kgCO₂e/kWh估算

建築物設施耗能比例



空調系統耗能之因子

□ 空調系統耗能之因子:

冷房負荷(Q_E)

空調系統效率(kW/RT)

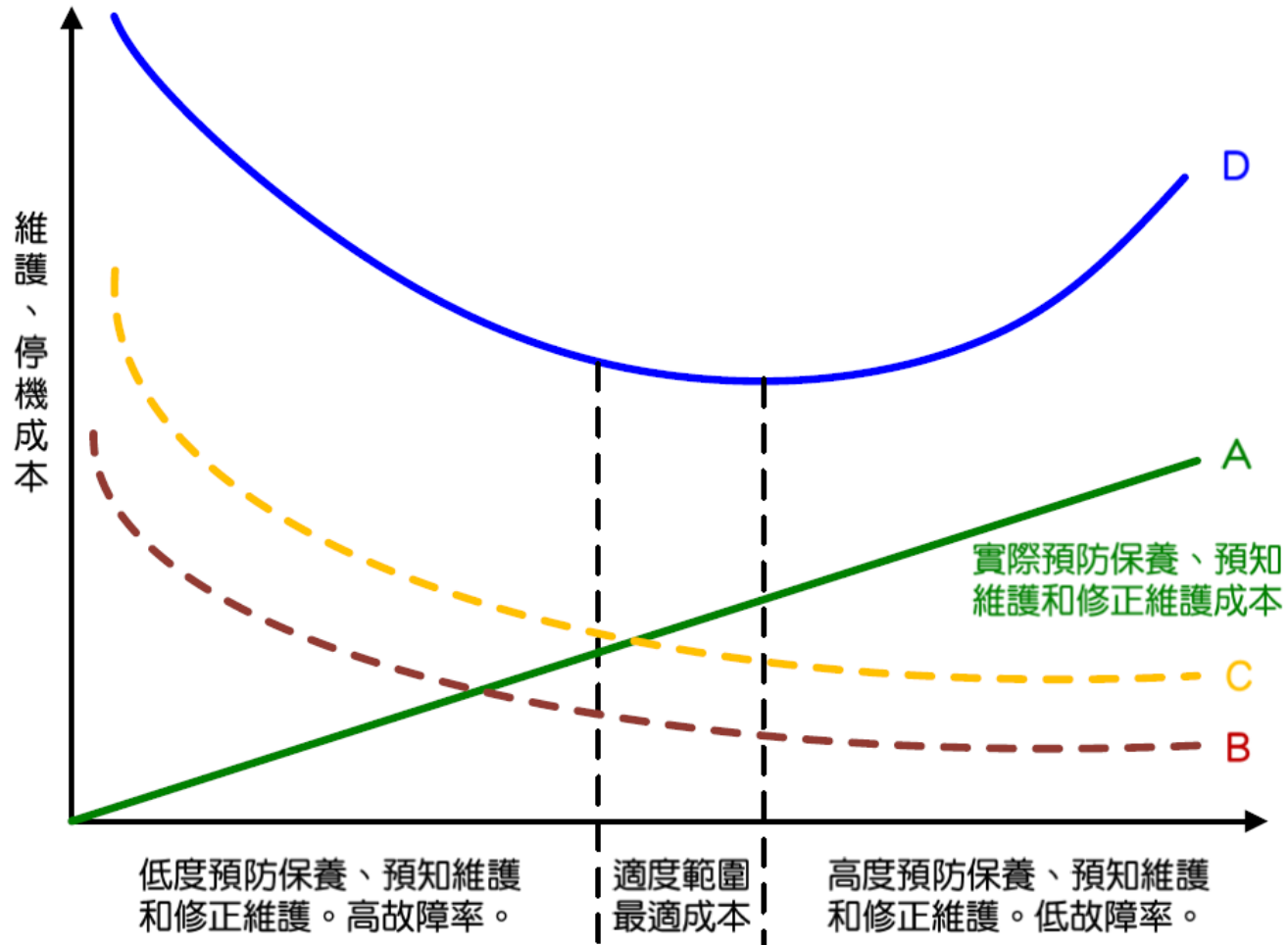
□ 系統耗能與耗能因子之關係:

空調耗能kW = 冷房負荷(Q_E)/空調系統效率(kW/RT)

空調耗能kW ↓ = Q_E ↓ / (kW/RT)

空調耗能kW ↓ = Q_E / (kW/RT) ↑

保修成本概念



設備髒污無保養-影響能耗



- 空調室內機未定期清洗清理
- 空氣過濾網未清洗，導致室內溫度要設定更低溫

- 空調主機經常處於低載下運轉
- 冰水溫度設定偏低



- 冷卻水不足空調主機散熱
- 室外冷卻水塔過髒
- 冷卻水質影響散熱

空調節能原則、方法與時機

□ 節能原則：

- ▶ 以不降低室內舒適條件為原則。


□ 節能方法：

- ▶ 降低建築物之冷房負荷。
- ▶ 選用高效率之設備。
- ▶ 在部分負載情況時，相關系統及設備能配合節能運轉，提高空調系統之運轉效率。

□ 節能方案實施時機：

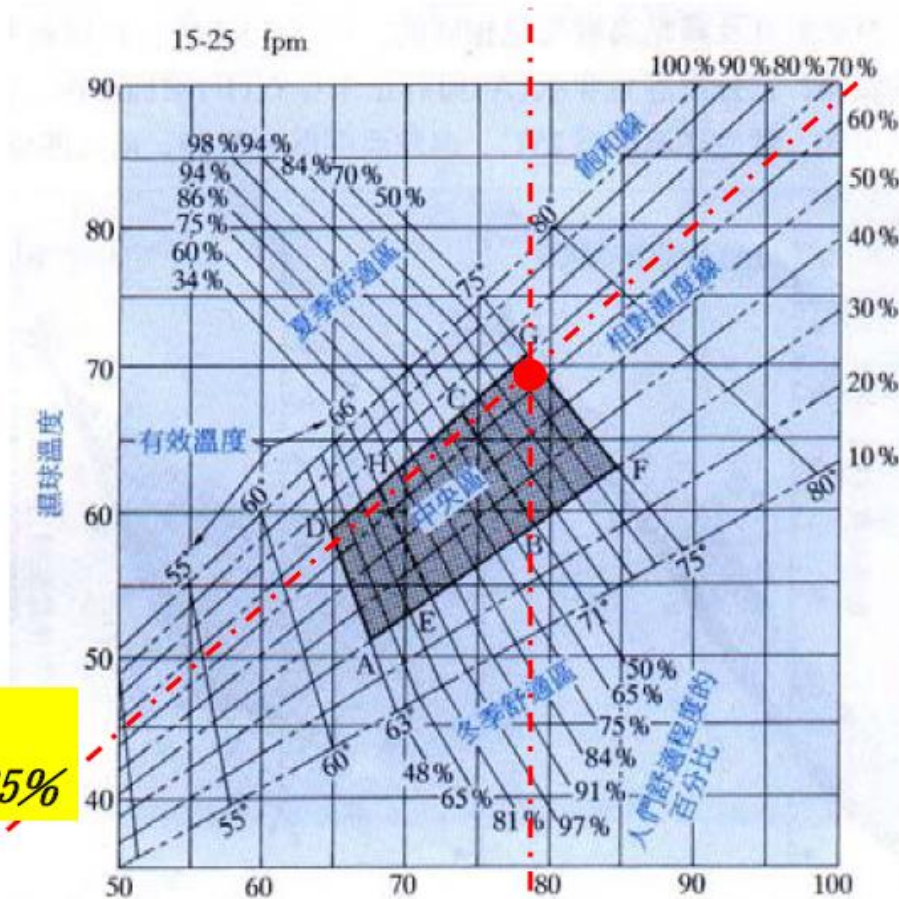
- ▶ 規劃設計階段。
 - ▶ 施工竣工階段(調整測試平衡TAB、性能確效Cx)。
 - ▶ 使用維護階段。
-

空調系統節能規劃設計方案

- 降低冷房負荷
 - ▶ 選定較高之室內溫度設計條件。
 - ▶ 增加窗戶、天窗之遮蔽物。
 - ▶ 自動化調整外氣量。
 - ▶ 將室內發熱體移至非空調區。
 - ▶ 裝置全熱交換器。
 - 選用高效率之設備。
 - 提高空調系統之運轉效率。
-
- 

選定較高之室內溫度設計條件

- ▶ 選定較高之室內溫度設計條件(降低冷房負荷)

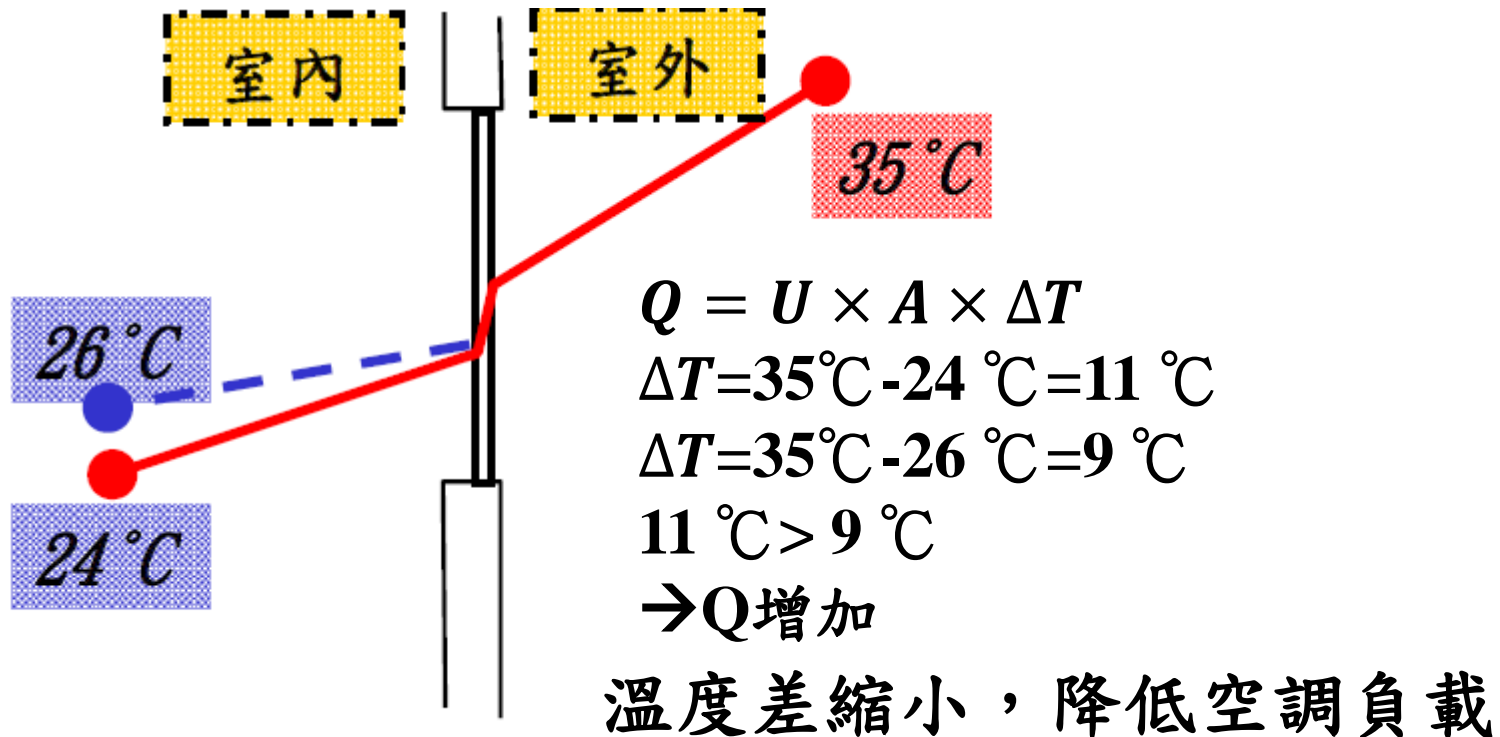


目前節能查核之要求-
乾球溫度=26.0°C
相對濕度=65%
OK!!

一般系統
相對濕度=65%

較高室內溫度→→減少建物之熱傳負荷

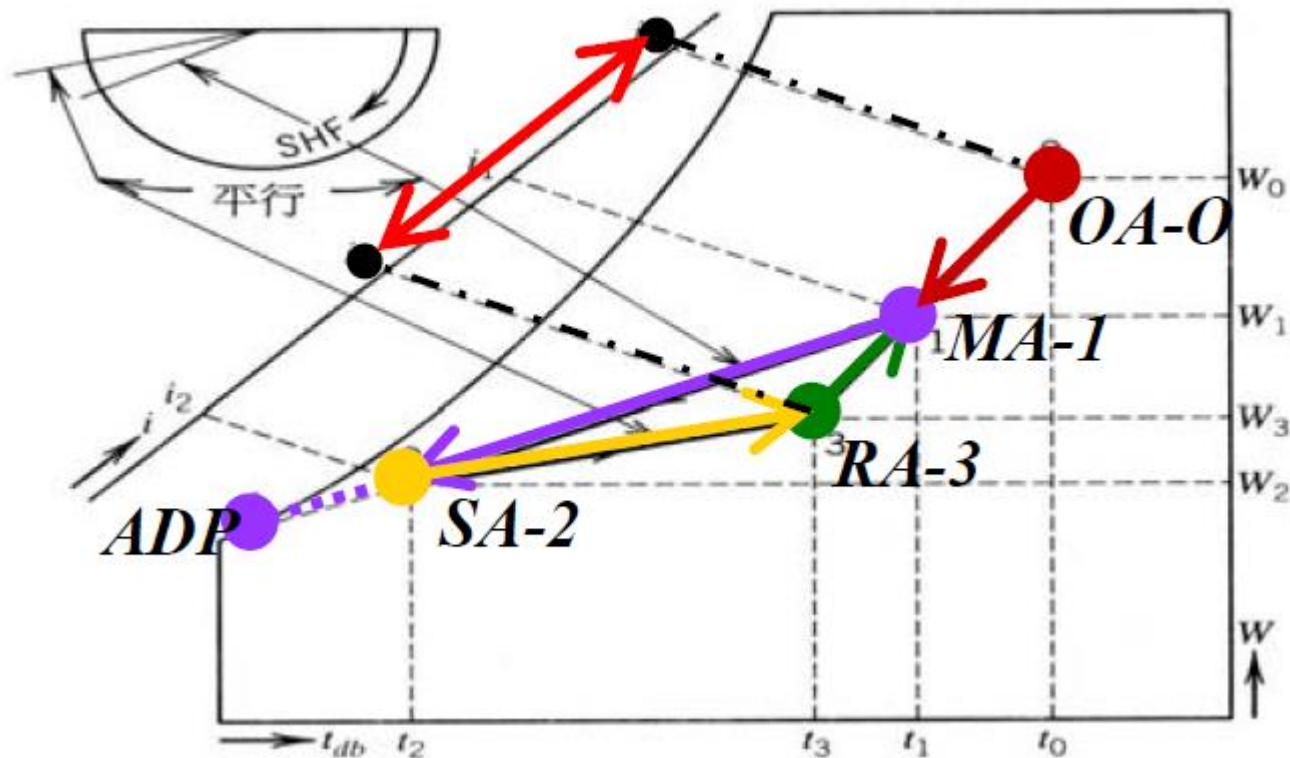
降低冷房負荷



較高室內溫度→→減少外氣負荷

- 1) 外氣顯熱負荷 = $ma \cdot cp (to - tr)$
- 2) 外氣潛熱負荷 = $ma (Wo - Wr) \cdot ifg$

溫差及含水量差
減少



選用高效率之冰水主機

- 符合能源局公告之標準(依CNS 12575標準方法測定)

執行階段		第一階段		第二階段		
施行日期		九十二年一月		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)	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	3.50	4.07	3.83	4.45
		≥150RT ≤500RT	3.60	4.19	4.21	4.90
		>500RT	4.00	4.65	4.73	5.50
	離心式 壓縮機	<150RT	4.30	5.00	4.30	5.00
		≥150RT <300RT	4.77	5.55	4.77	5.55
		≥300RT	4.77	5.55	5.25	6.10
氣冷式	全機種	2.40	2.79	2.40	2.79	

選用高效率之冰水主機

- ▶ 符合規定之整合性部分負載值 (IPLV)
(需將季節性使用因數加權納入計算)

- ▶ 以COP或EER表示:

$$\text{IPLV} = 0.023 A + 0.415 B + 0.461 C + 0.101 D$$

其中:

A=等於冰機運轉100% 冷卻能力時之COP或EER

B=等於冰機運轉75% 冷卻能力時之COP或EER

C=等於冰機運轉50% 冷卻能力時之COP或EER

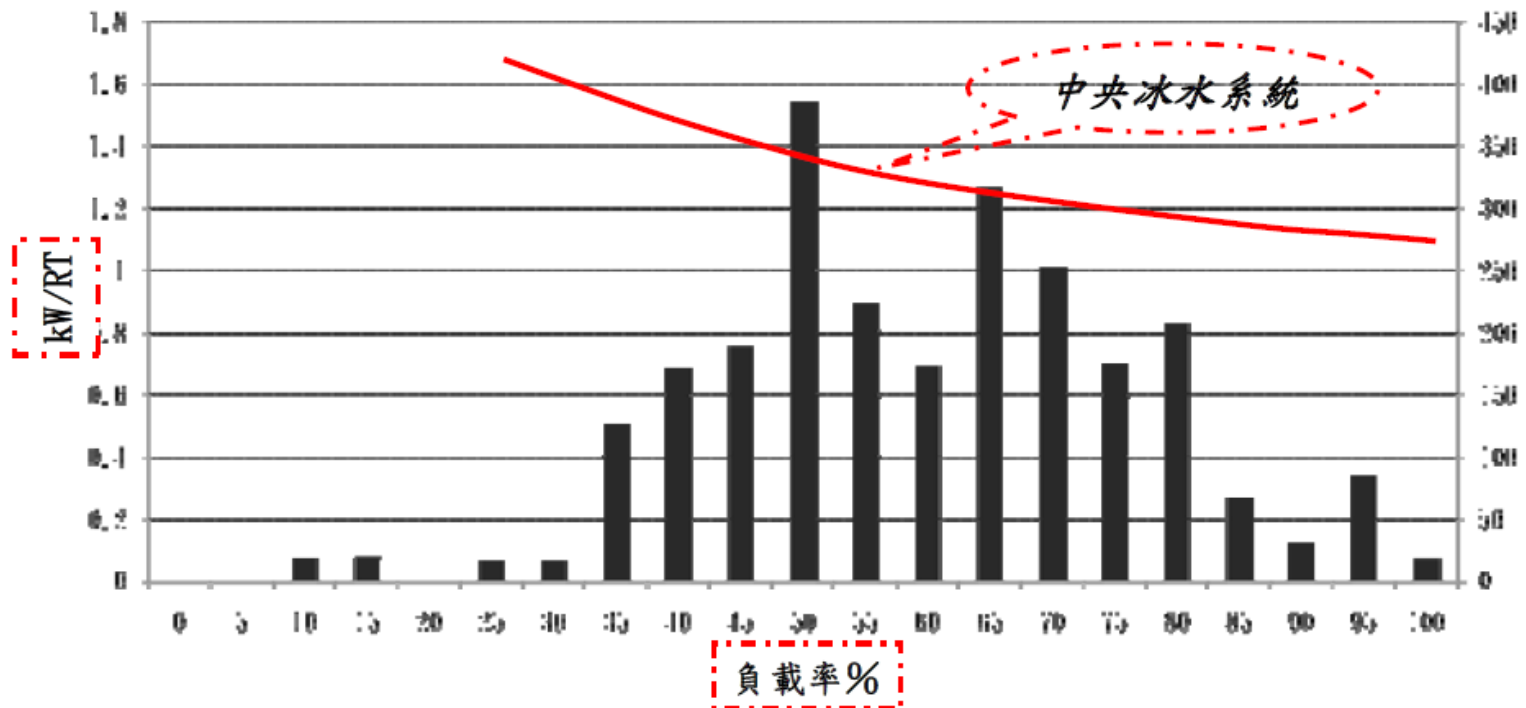
D=等於冰機運轉25% 冷卻能力時之COP或EER

公式中之0.023、0.415、0.461、0.101 為負載加權指數，代表一年中該負載的運轉時間比重。

- ▶ 冰水主機之運轉COP最大值，一般出現在部分負載率90%時。選用過大之冰水機，冰水機會長時間處在低效率運轉。

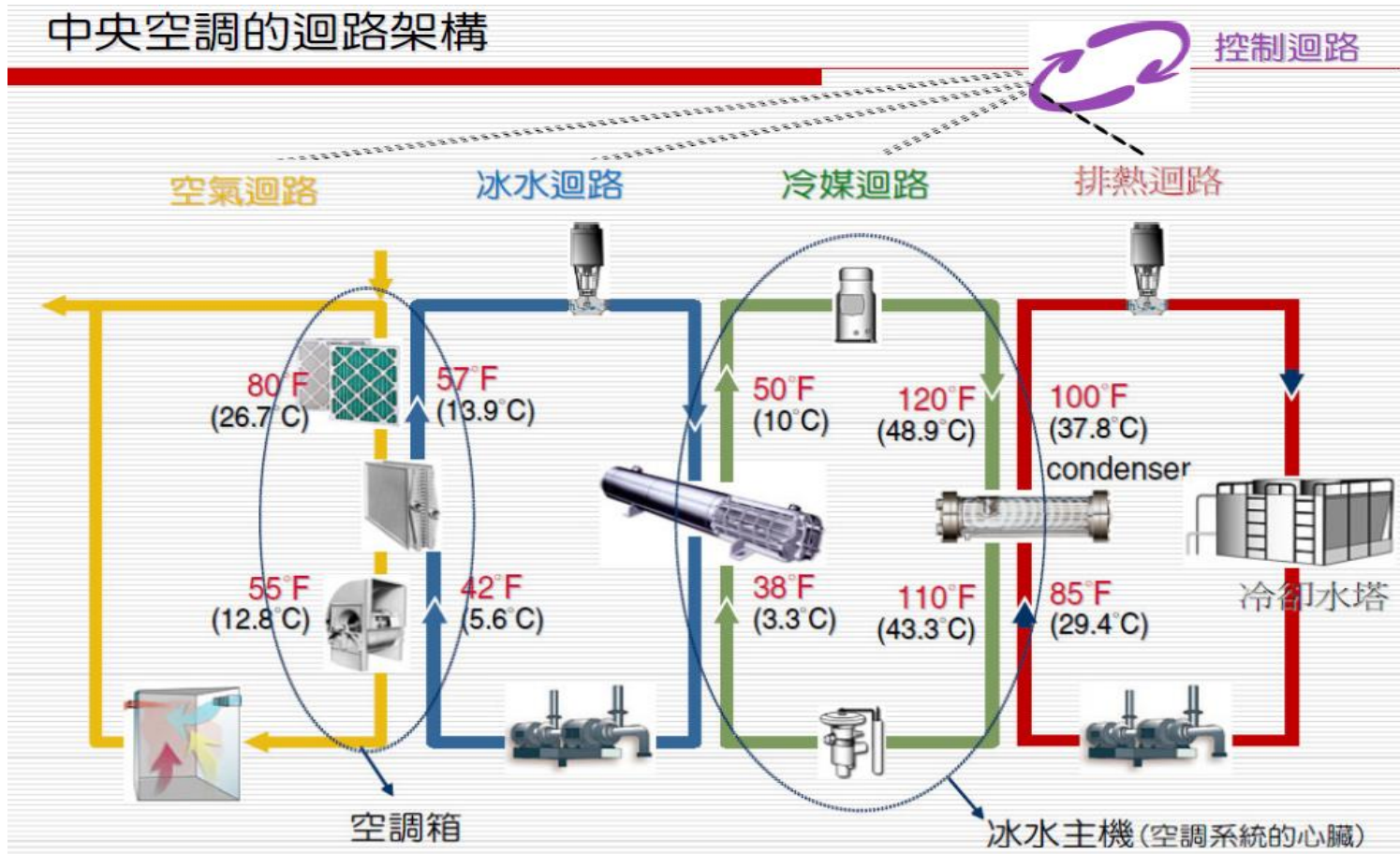
中央冰水系統

- 中央冰水系統之輔機選用是以冰水機全載噸位計，冰水主機降載時，其它輔機仍處全載運轉，系統單位冷凍噸耗能(kW/RT)隨負載率降低而增加。



冷凍空調設備

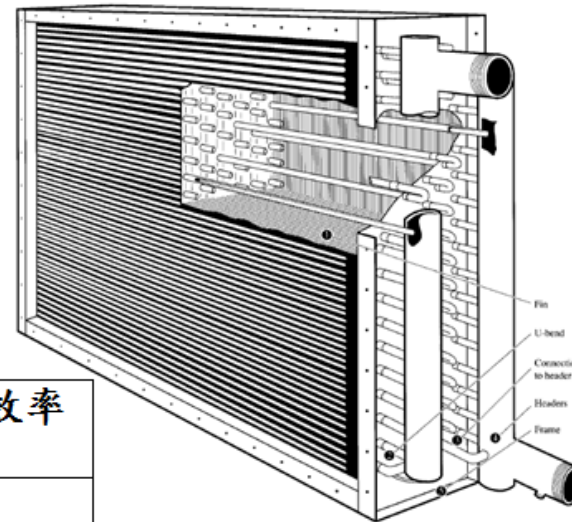
- ❑ 一般大型建築多使用中央空調系統。
- ❑ 中央空調系統之運作圖

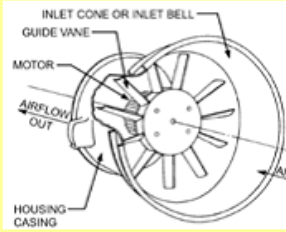
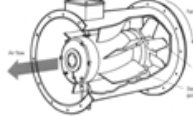
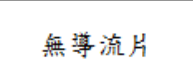



空調設備

□ 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 (%)
軸流式 	有導流片 	78-90
	無導流片 	67-84
	螺旋槳型式 	45-50

➤ **小型室內送風機** 主要功能為室內空氣循環冷卻之用途

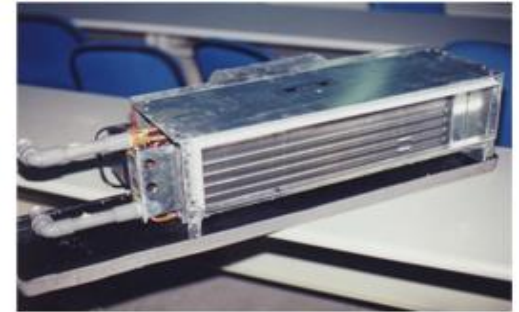
➤ **空調箱** 主要功能是将空氣集中處理之用途

空調設備

✓ 小型室內送風機(FCU, fan-coil unit)

室內空氣循環冷卻

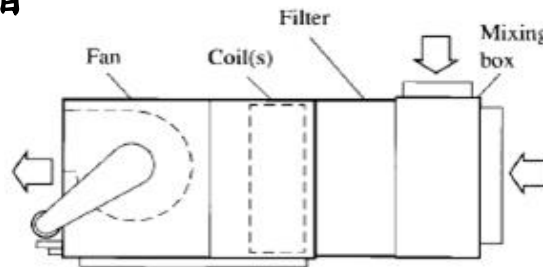
- 風車、冰水盤管與控制閥組合



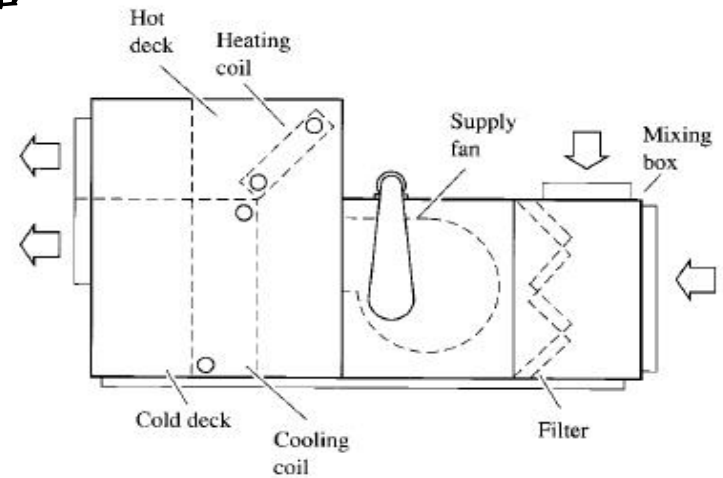
✓ 空調箱(AHU, air-handling unit)

空氣集中處理（外氣與回風）。連結風管。

- 一般空調箱
- 外氣空調箱



Draw-through

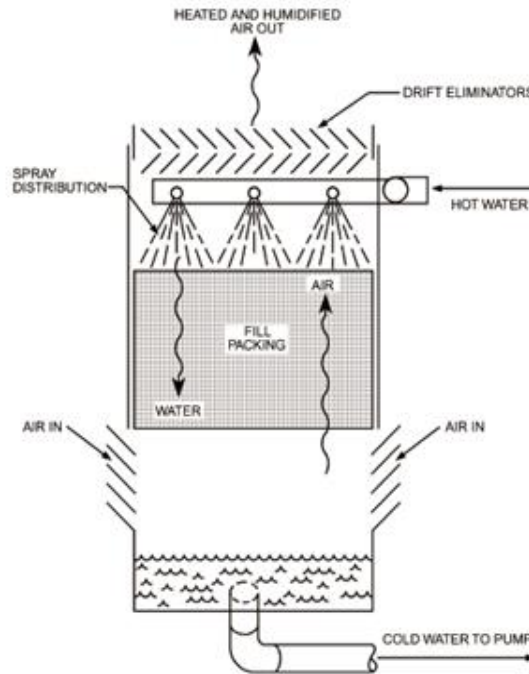
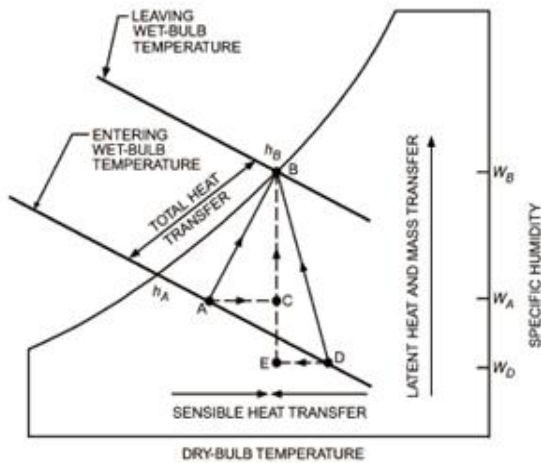


Blow-through

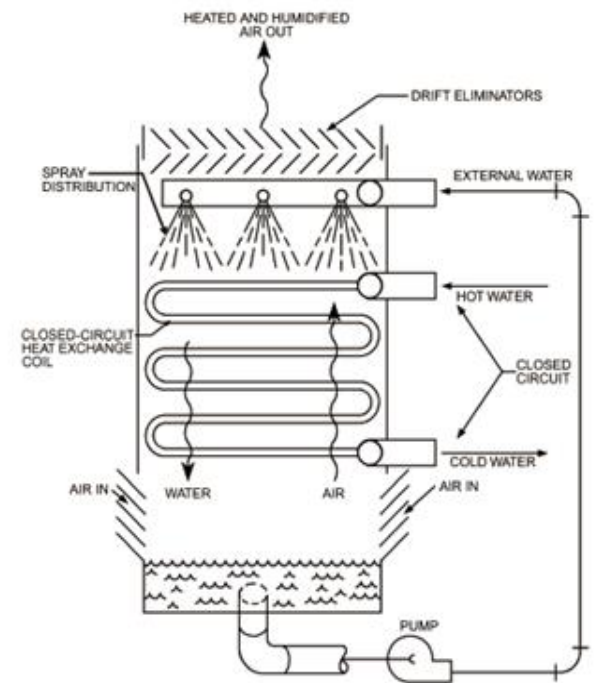
空調設備

✓ 冷卻水塔(Cooling Tower, C/T)

利用灑水蒸發散熱之裝置



直接接觸
(開放式)冷卻水塔



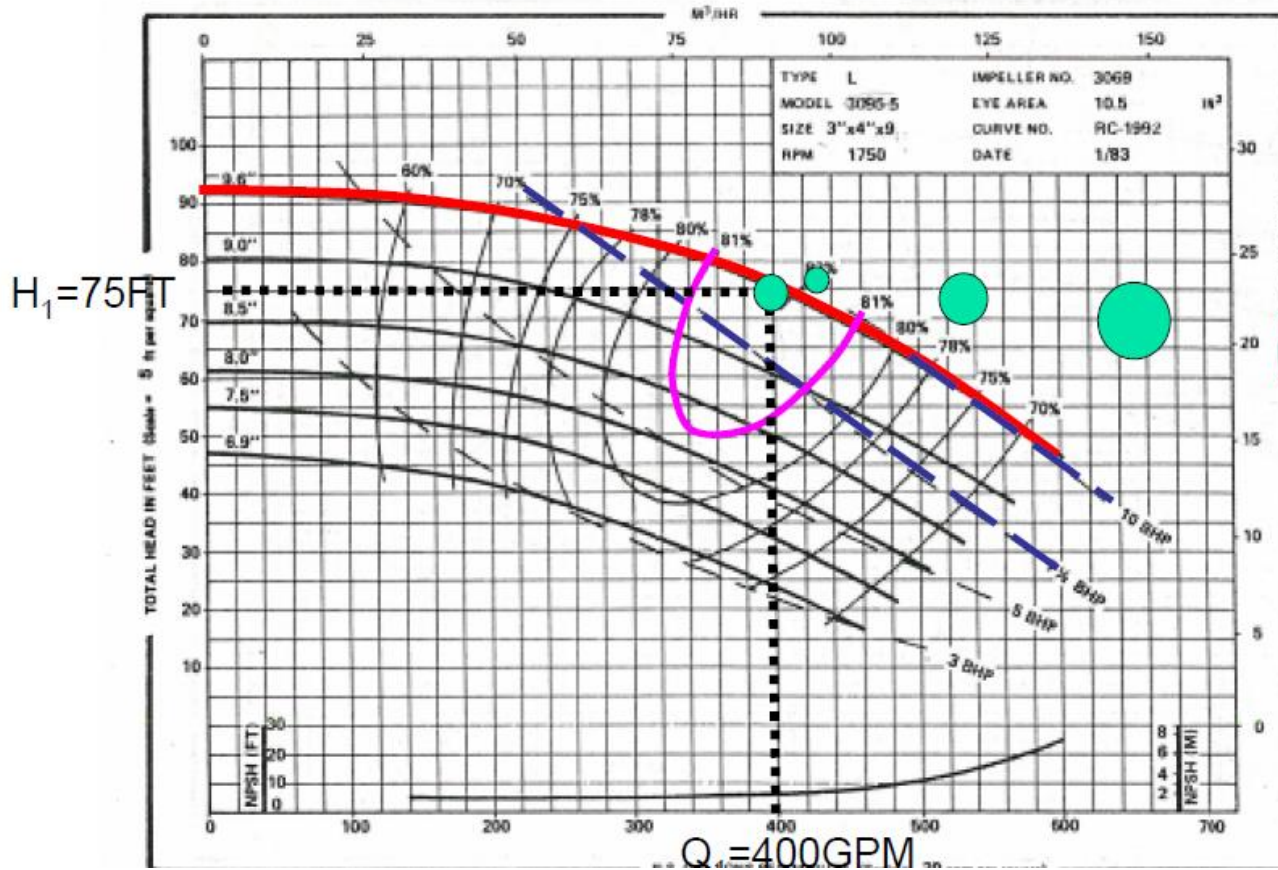
間接接觸
(密閉循環式)冷卻水塔

選用高效率之水泵

- ▶ 水泵馬力與水泵效率成反比
- ▶ 水泵馬力計算公式： $B(\text{hp}) = (Q \times H) / \text{Eff.}$
- ▶ 其中：
- ▶ B(hp):馬力值
- ▶ Q：揚水量
- ▶ H：揚程
- ▶ Eff.: 效率

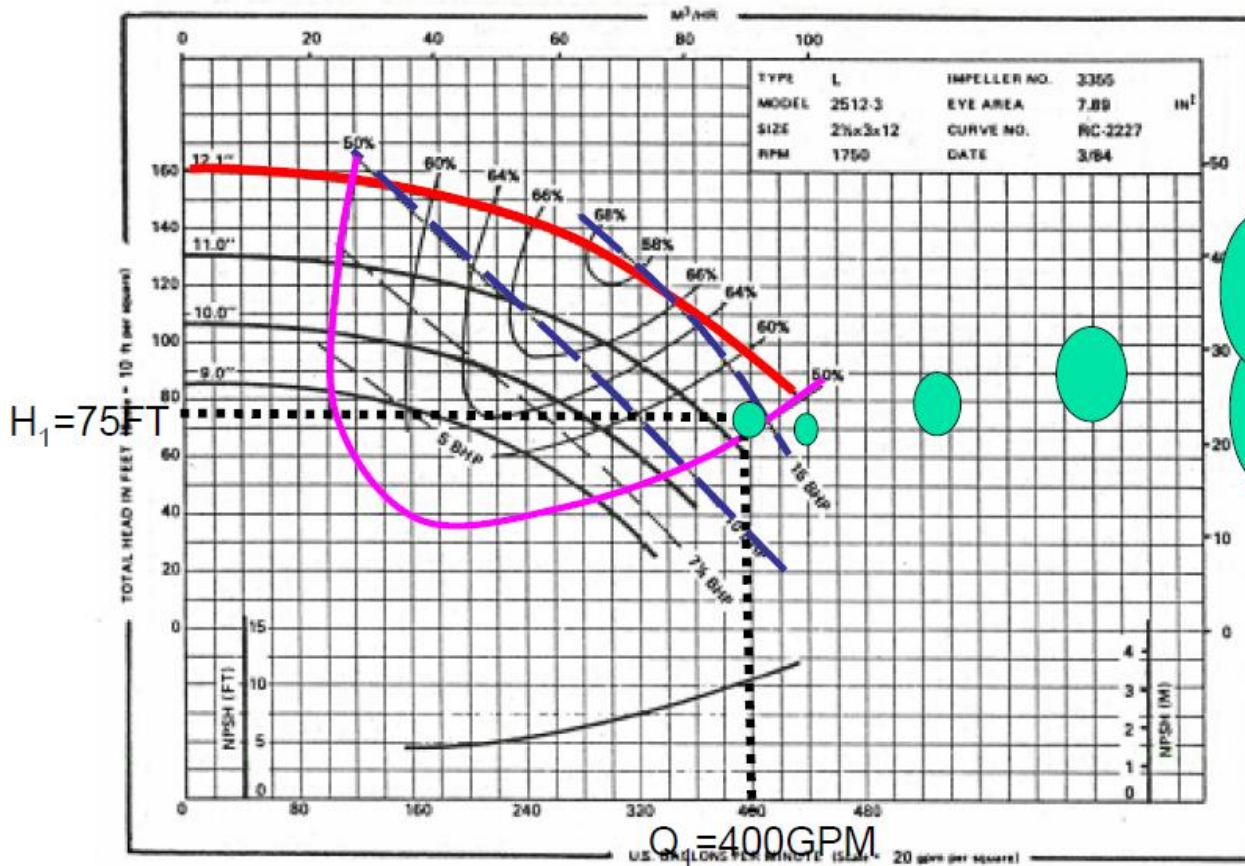


選用高效率之水泵-操作點選在高效率區間



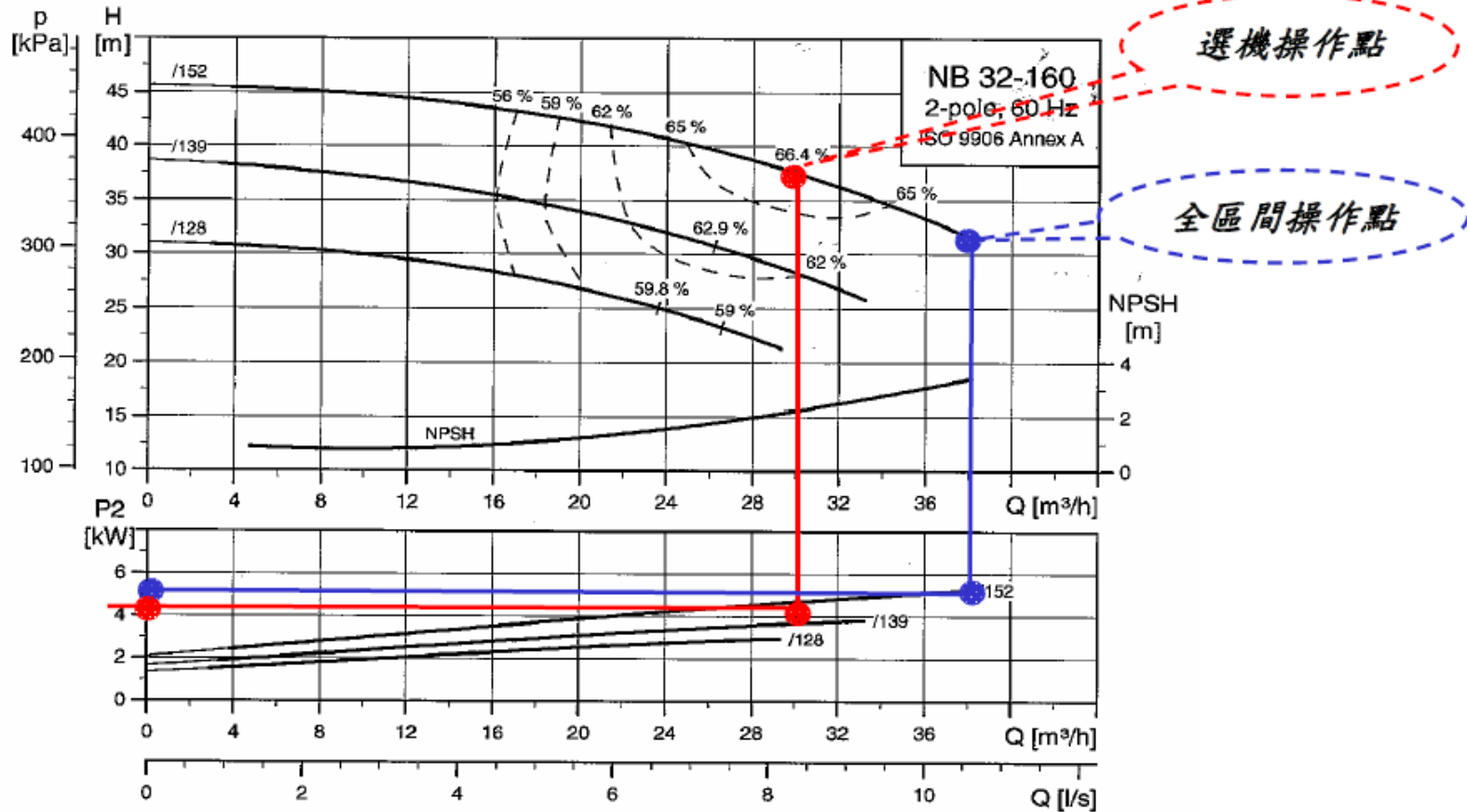
尺寸=3*4*9
 水泵操作點
 水量=400GPM
 揚程=75FT
 bhp=10
 eff.=81%

選用高效率之水泵-操作點選在非高效率區間



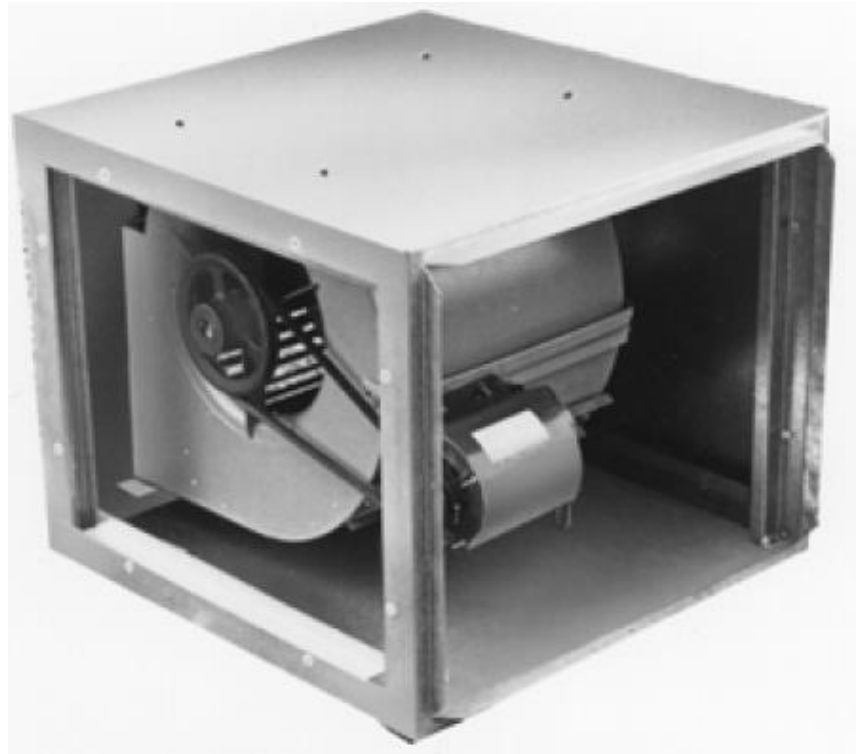
尺寸
 =2.5*3*12
 水泵操作點
 水量=400GPM
 揚程=75FT
 bhp=15
 eff.=52%

水泵馬達應於操作全區間不過負荷



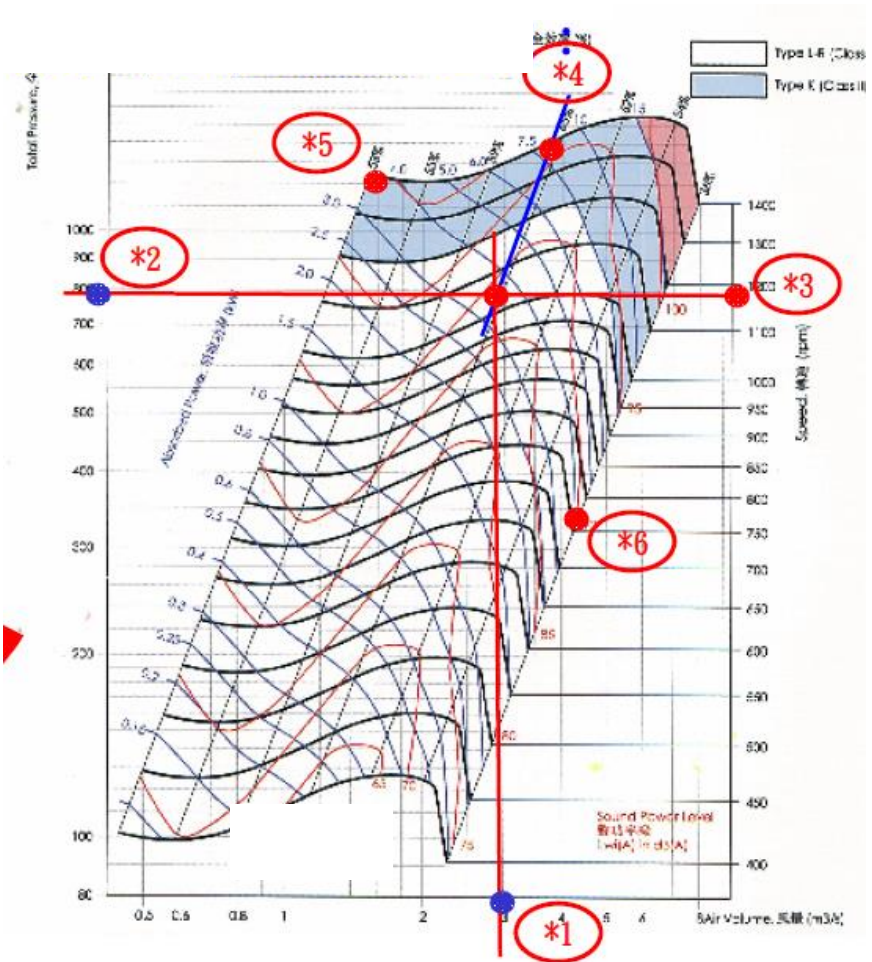
選用高效率之風機

- ▶ 風機馬力與風機效率成反比
- ▶ 風機馬力計算公式： $B(\text{hp}) = (Q \times H) / \text{Eff.}$
- ▶ $B(\text{hp})$ ：馬力值
- ▶ Q ：送風量
- ▶ H ：全壓值
- ▶ Eff. ：效率



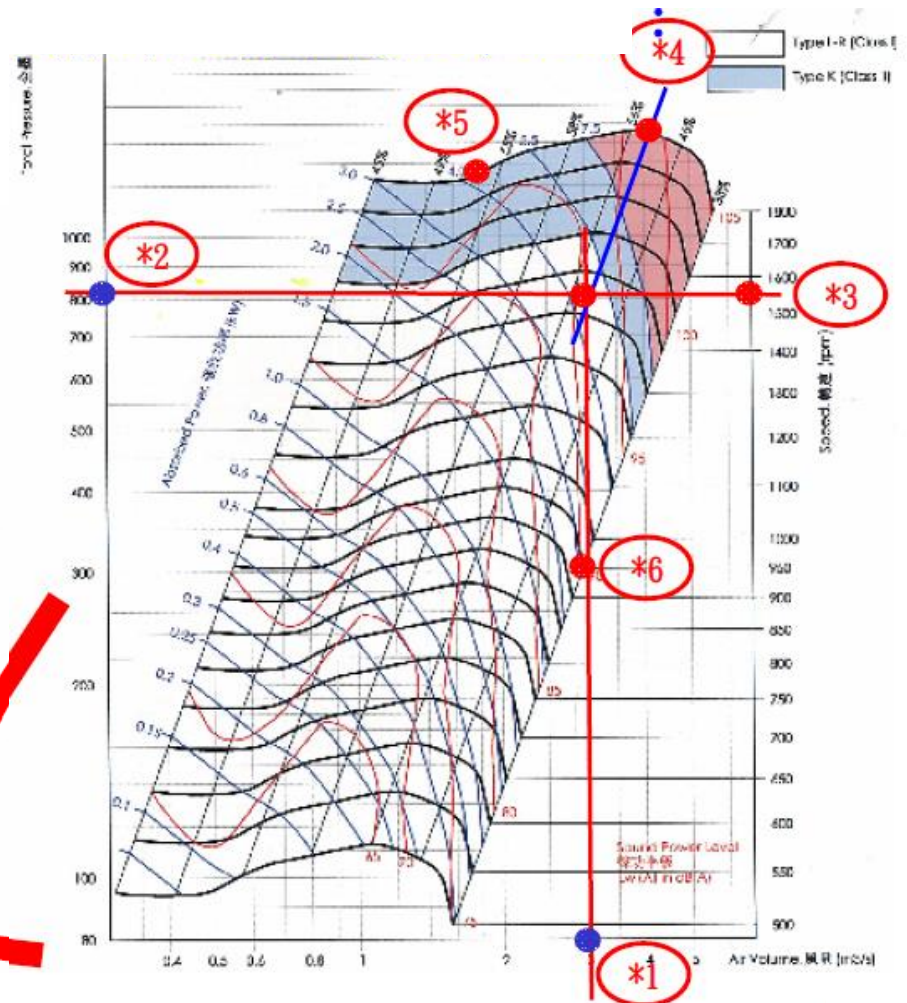
選用高效率之風機-風機操作點在高效率區間

- 1) 風機選機條件:
3.0 m³ *1 @ 800 Pa *2
- 2) 選機結果:
 - 轉速: 1180 rpm *3
 - 效率: 65 % *4
 - 功率: 3.8 kW *5
 - 聲功率級:
88 Lwi(A) in db(A) *6
 - CD400成本較貴



選用高效率之風機-風機操作點非在高效率區間

- 1) 風機選機條件:
3.0 m³ *1 @ 800 Pa *2
- 2) 選機結果:
 - 轉速: 1540 rpm *3
 - 效率: 54 % *4
 - 功率: 4.2 kW *5
 - 聲功率級:
90 Lwi(A) in db(A) *6
 - CD315成本較低

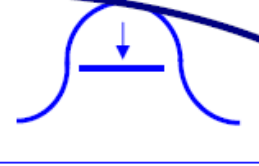


儲冰系統

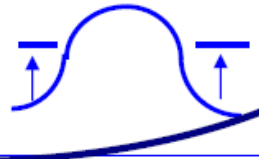
- ▶ 轉移空調用電時間至離峰時段，節省電費
- ▶ 平抑及轉移尖峰

目的

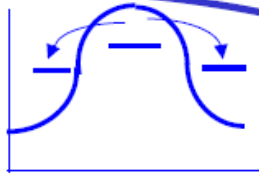
抑低尖峰負載



提高離峰負載



轉移尖峰負載



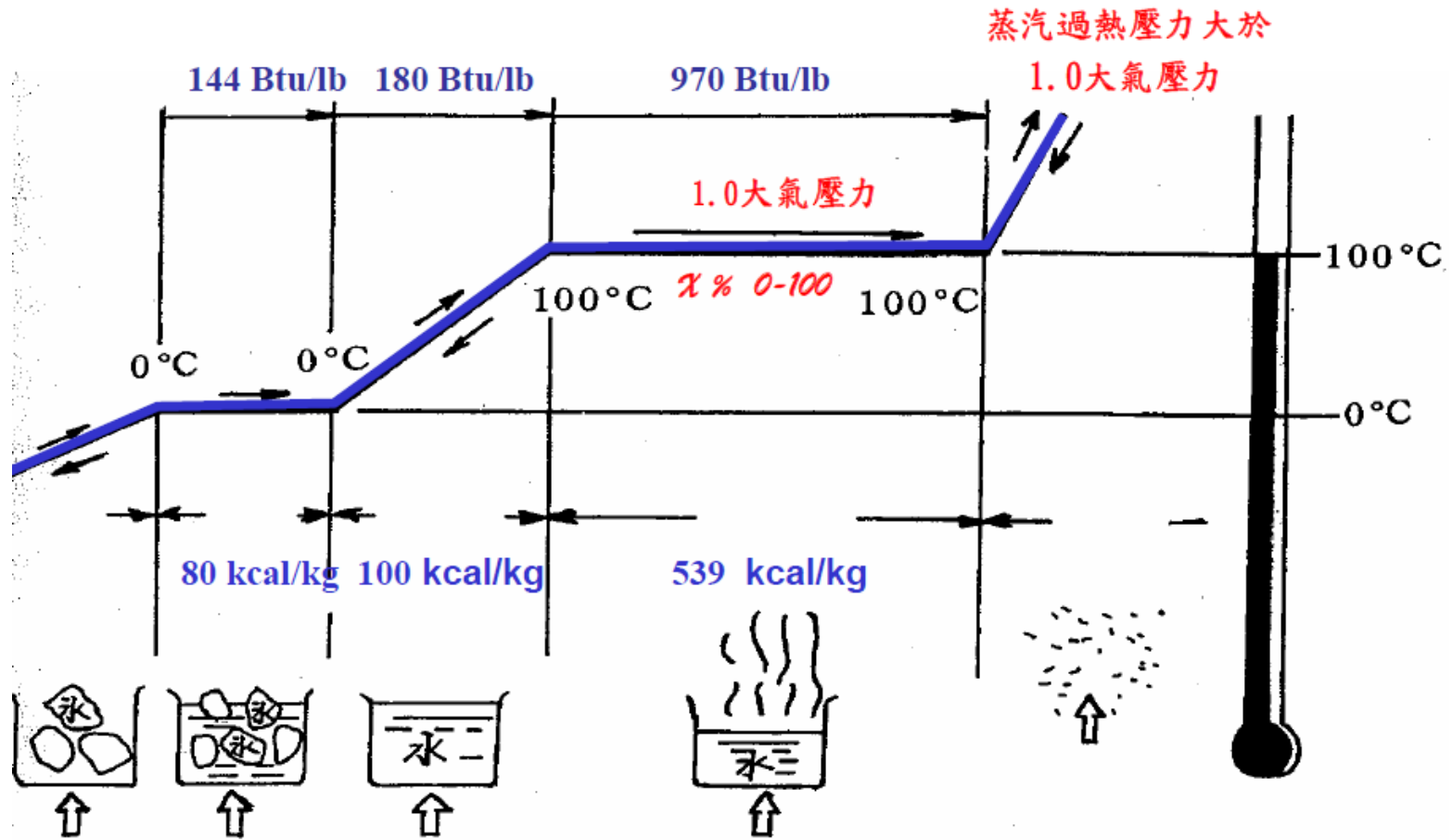
方法

時間電價

儲能系統



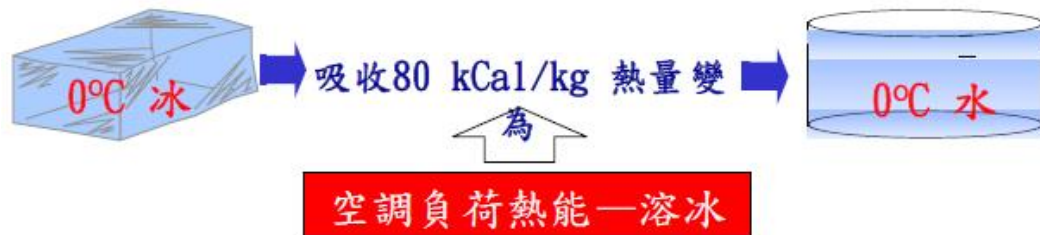
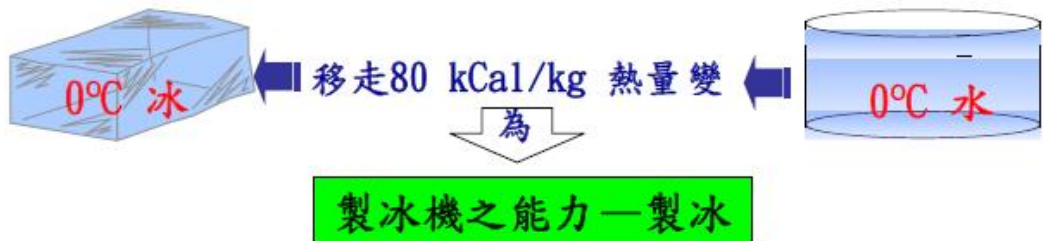
水的三相變化溫度與熱量



儲冰介質--水與冰的顯熱與潛熱

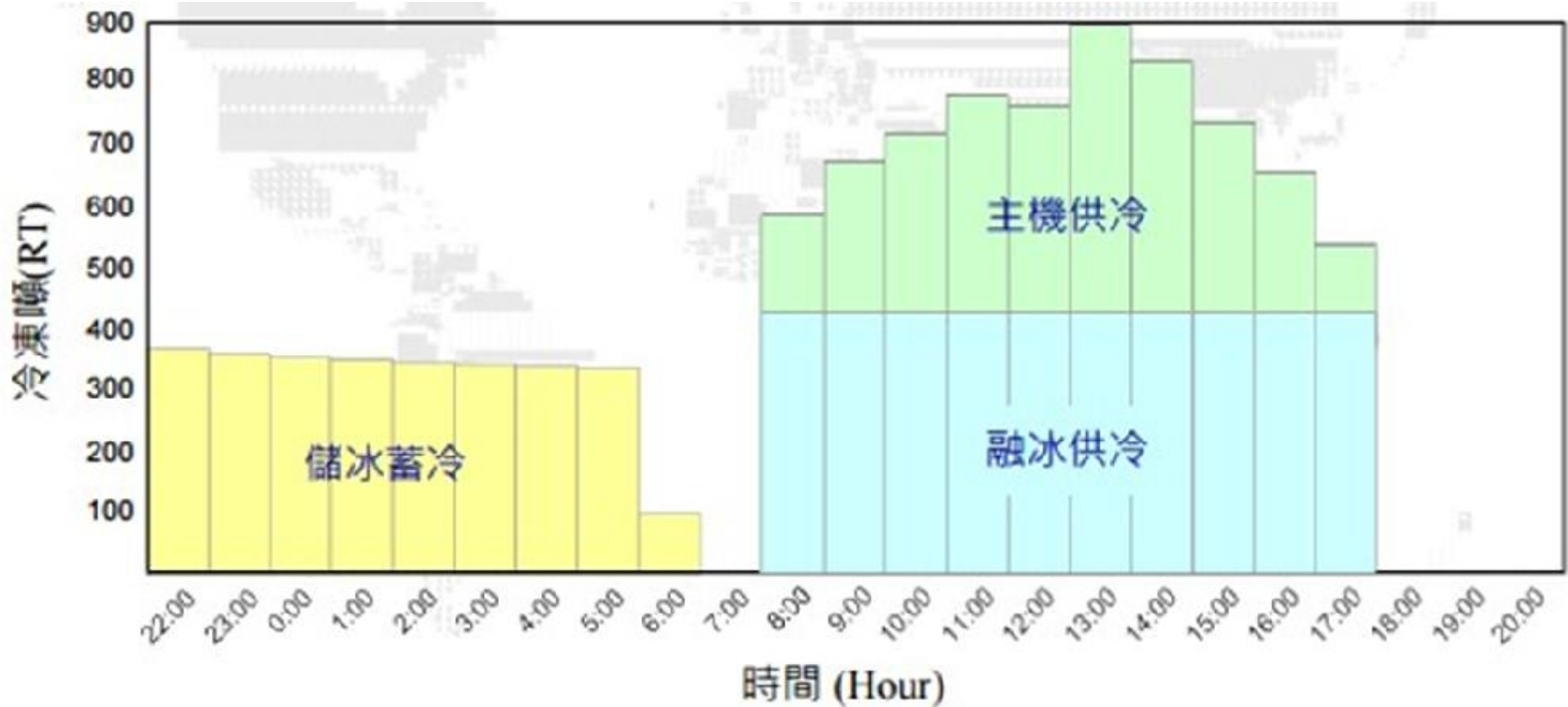
儲冷介質	冰水	冰	低溫共融體
儲冷方式	顯熱 7~12°C	顯熱+潛熱 0~12°C+80	潛熱
相變溫度	---	0°C	4~10°C
儲冷量	5.0 kcal/kg	92 kcal/kg	依種類不同

儲冰系統儲能與釋能--水與冰的相變



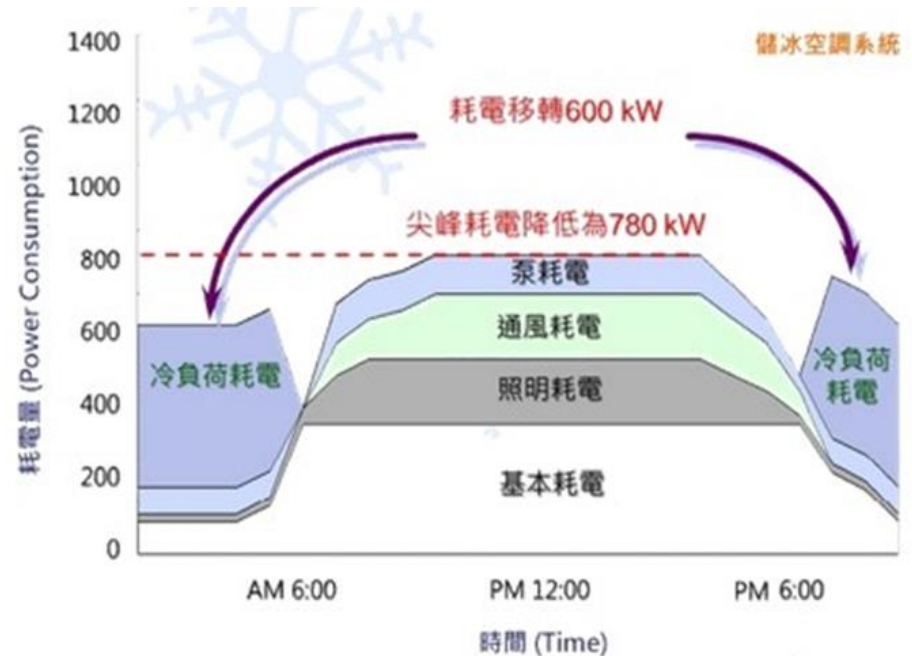
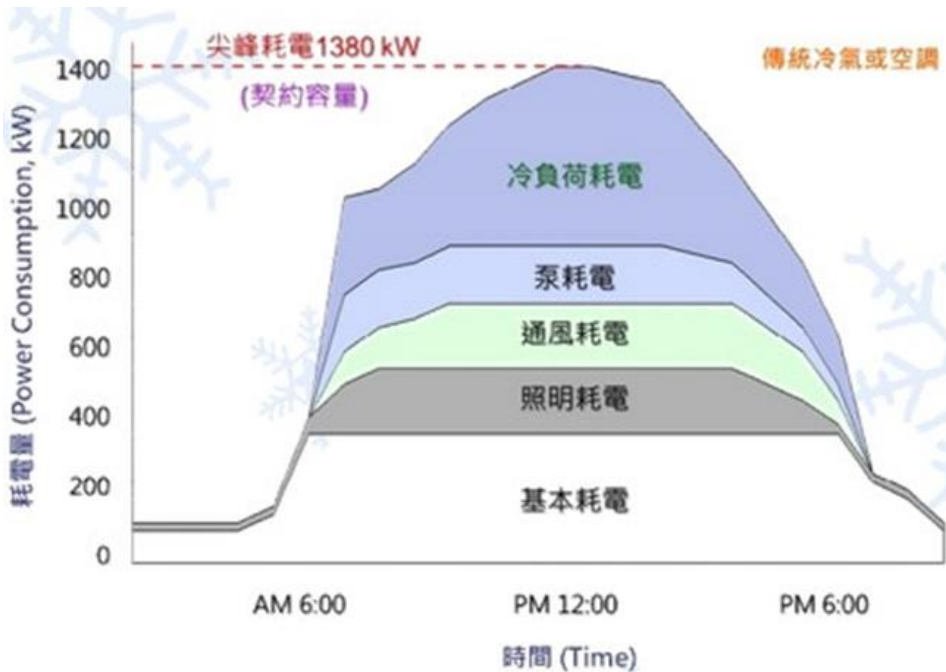
儲冰運轉策略-融冰優先

- ▶ 優先運轉儲冰設備，提供空調負載。
- ▶ 當空調負載較小時，可全部由儲冰設備供應。

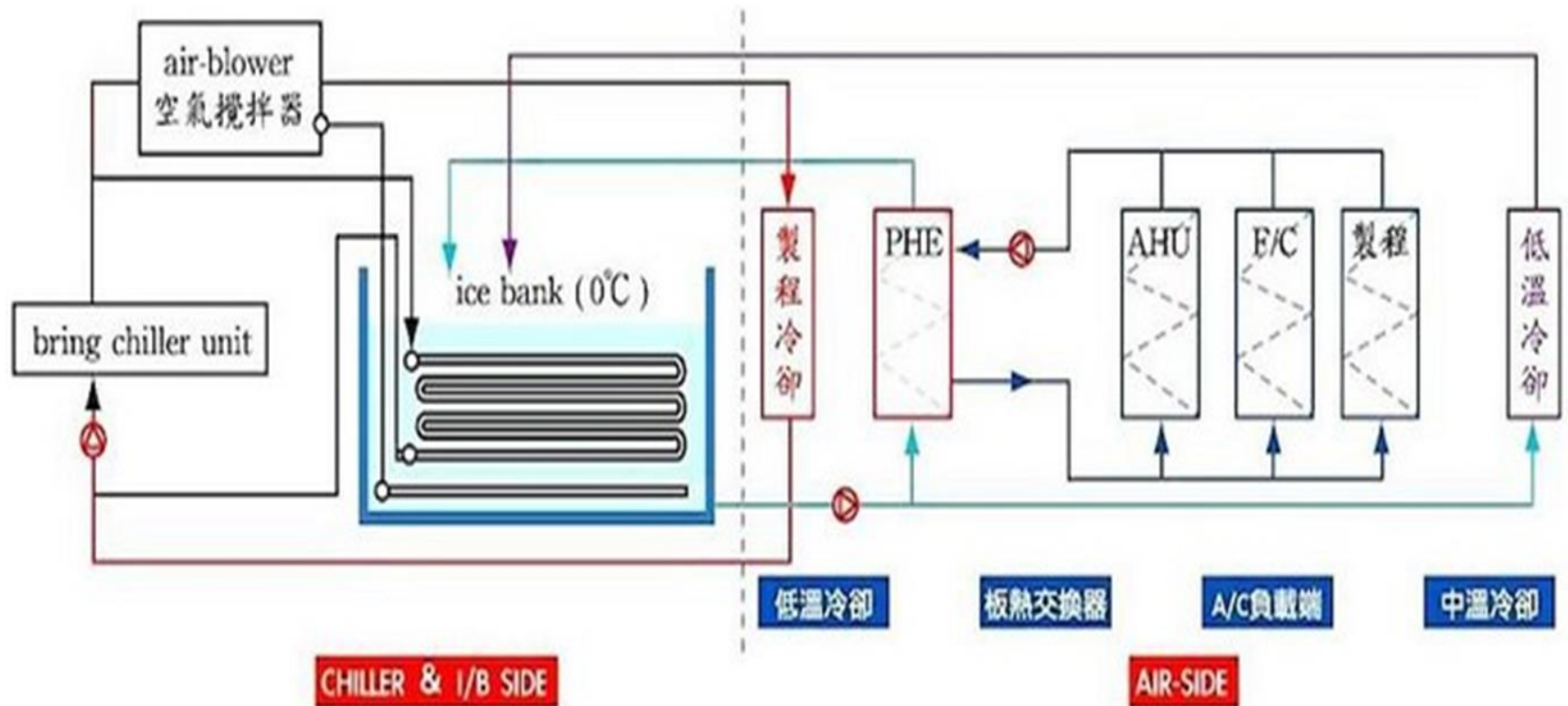


儲冰空調適用場所

- ▶ 熱負荷變動較大(賣場)、熱負荷與電力需求高峰相同(辦公大樓)、熱負荷大且持續時間短(展覽館)、熱負荷大且多集中在白天(食品加工廠)、既有空調不能滿足負荷等場所。



儲冷空調系統

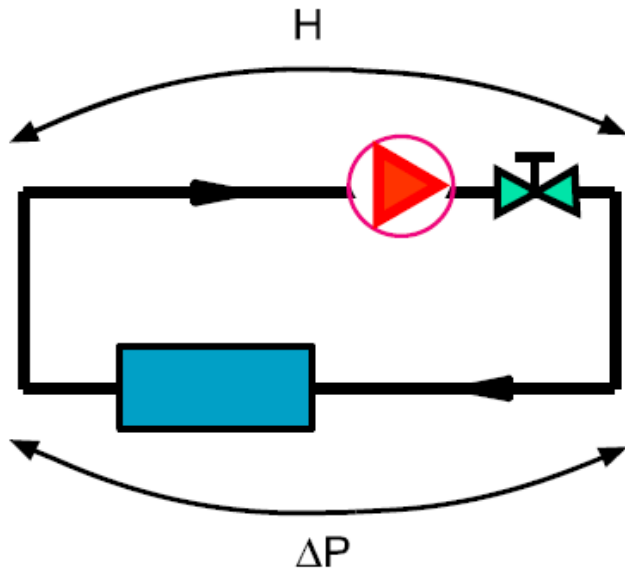


變流量系統與定流量系統之差異

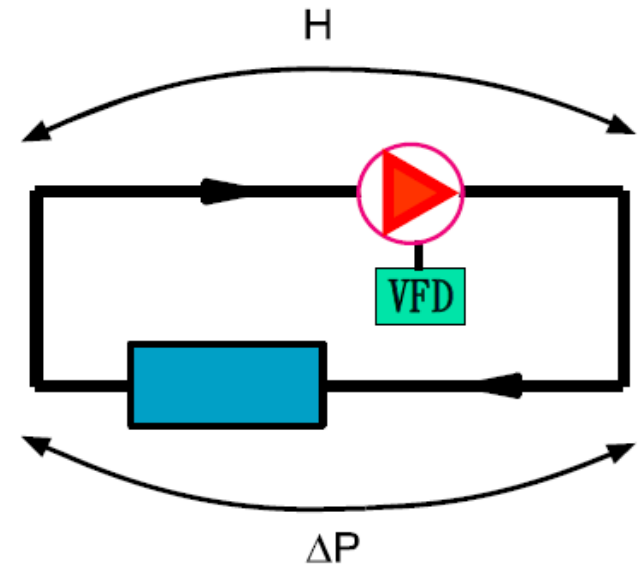
- ▶ 冰水式空調機之冷房能力(BTU/H)
= 500 × 冰水溫差(ΔT) × 冰水流量(GPM)
 - ▶ 冰水系統控制方式:
 - (1). 固定流量(GPM) × 變化溫差(ΔT)
變溫差系統，固定冰水流量，冰水泵不能節能
 - (2). 變化流量(GPM) × 固定溫差(ΔT)
變流量系統，固定冰水溫差，冰水泵可以節能
 - (3). 改變流量之控制方式
 - 節流方式-水泵出口裝設節流閥
 - 改變水泵轉速-使用不同之變速裝置
-

改變流量之系統示意-節流方式

- ▶ 系統: 定轉速水泵、控制閥
改變流量

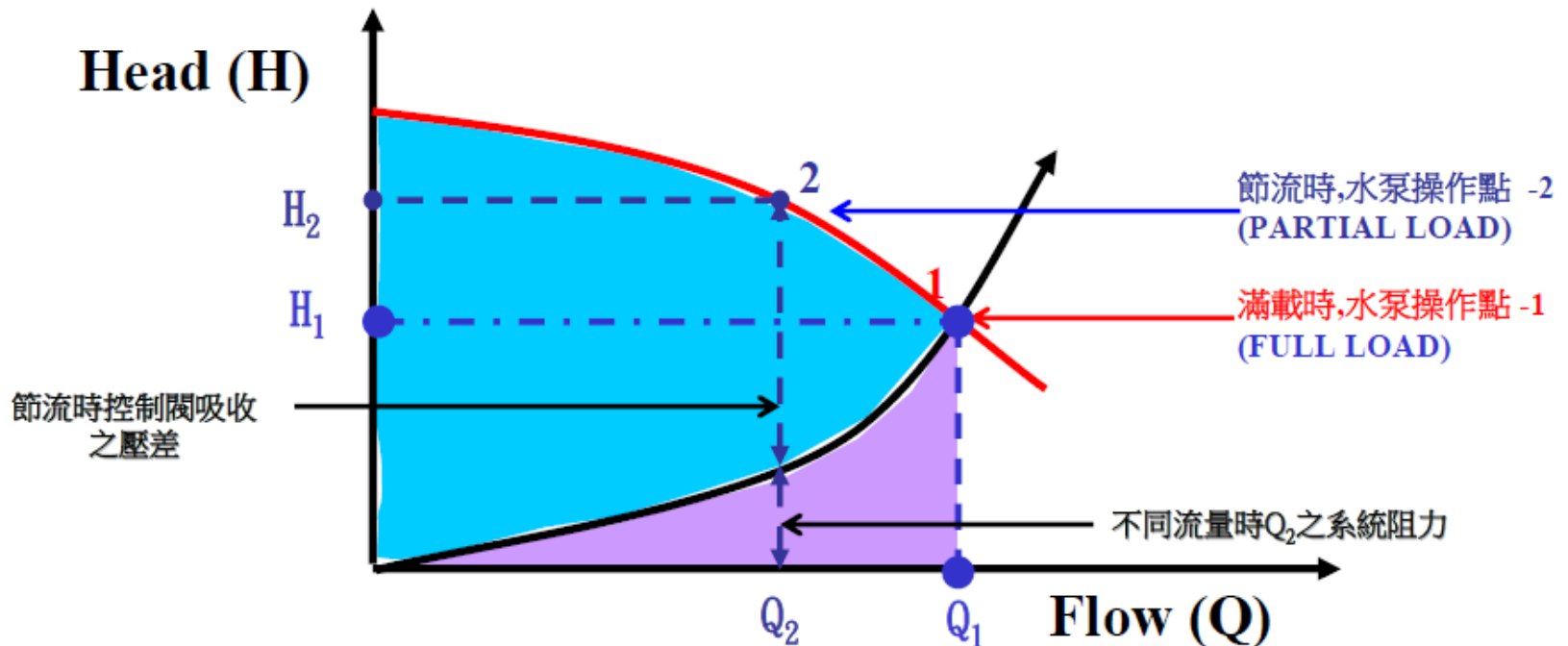


- ▶ 改變流量之系統示意-改變轉速
- ▶ 系統: 變轉速水泵、流量隨轉速變化



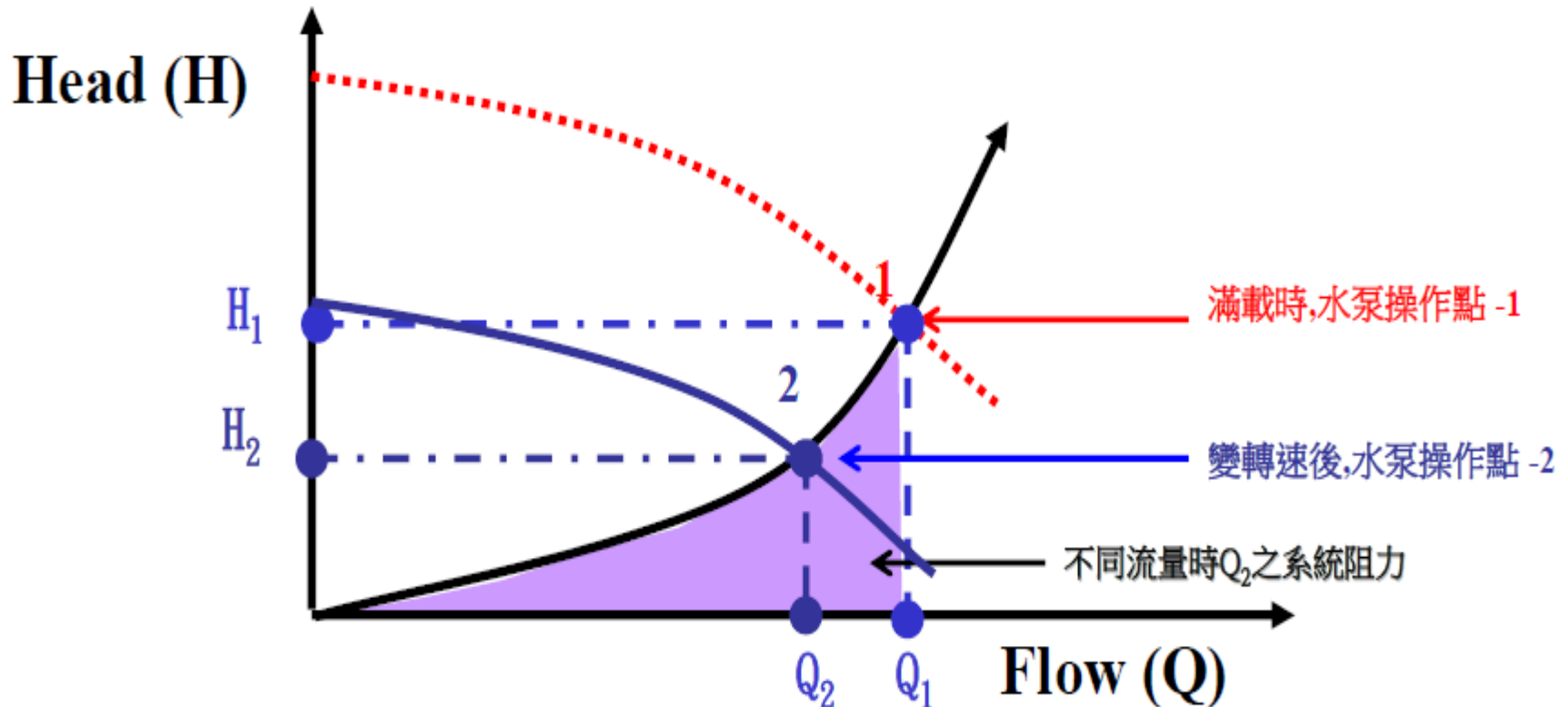
改變流量之系統說明-節流方式

- ▶ 控制閥節流時，水泵操作點沿水泵曲線改變，流量減少至希望值。
- ▶ 流量減少，水泵揚程沿水泵曲線升高，實際之系統阻力降低 ($\Delta p = kQ^2$)，水泵揚
- ▶ 程與系統阻力之壓差均由控制閥吸收。
- ▶ 設備簡單、控制容易，但節流時，虛耗能源多、不能節能。

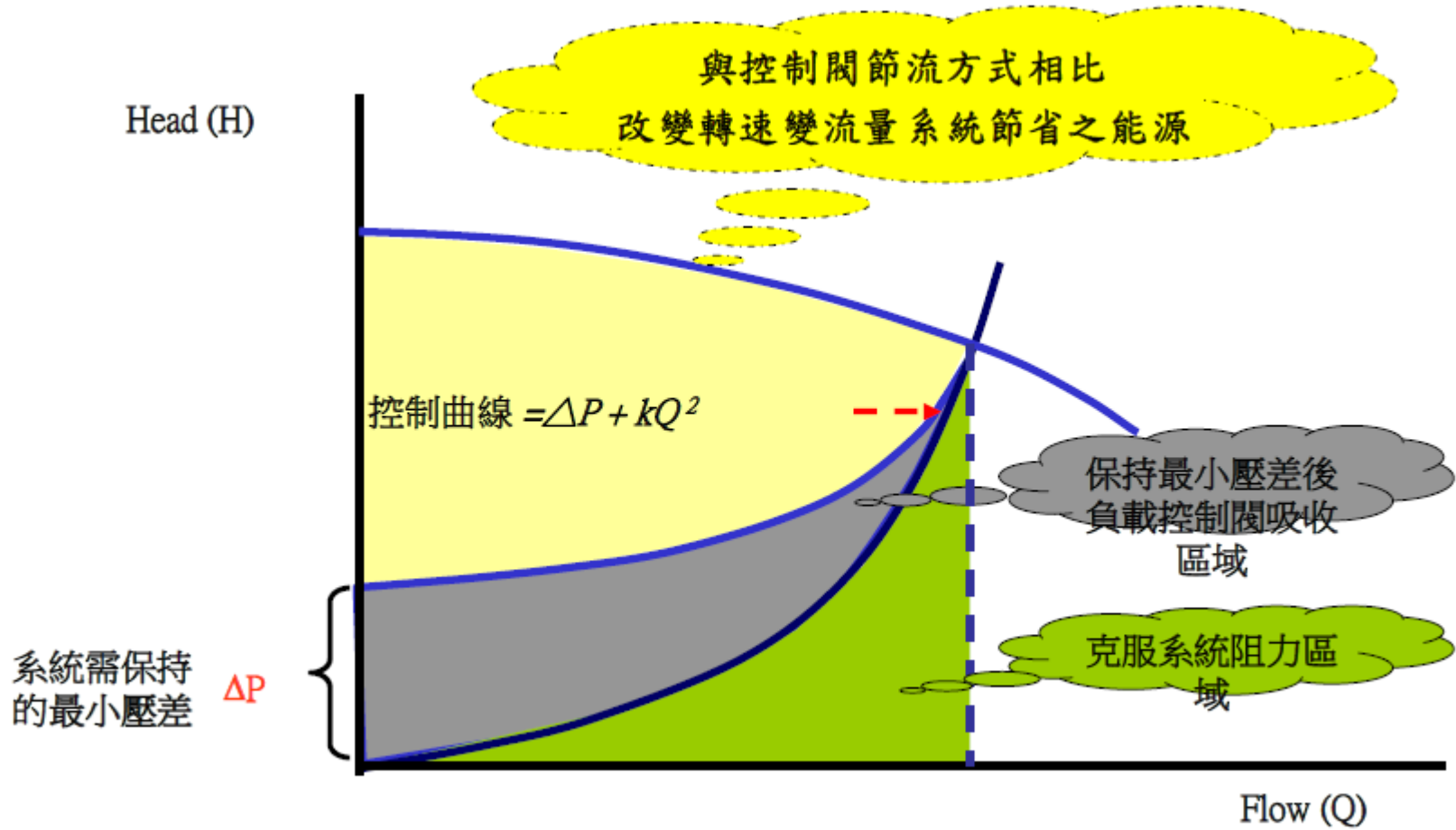


改變流量之系統說明-改變轉速

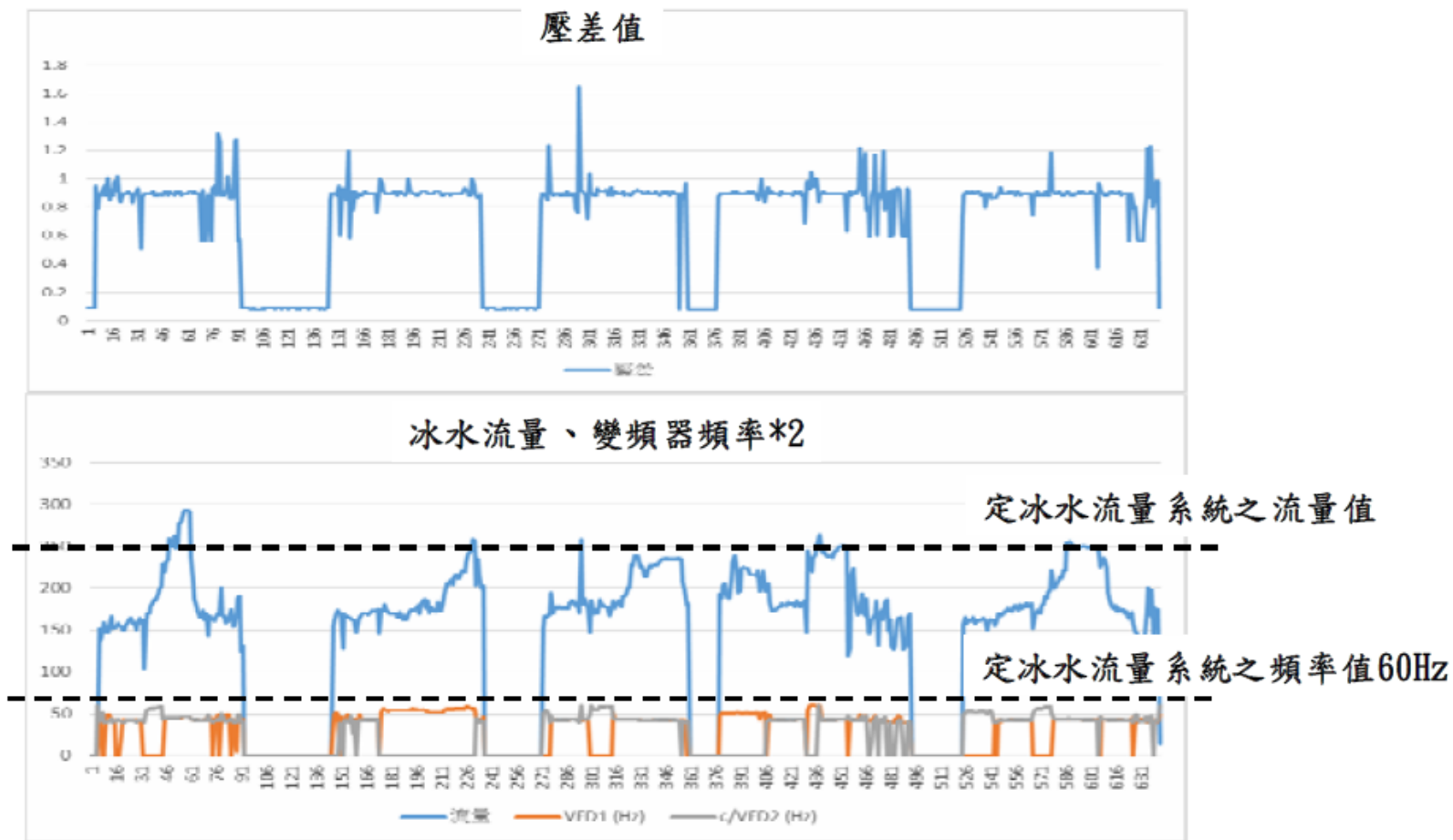
- ▶ 改變轉速後，新水泵曲線與系統曲線之交叉點為操作點-2，流量減少至希望值 Q_2 (依水泵相似定律)。
- ▶ 無虛耗能源。



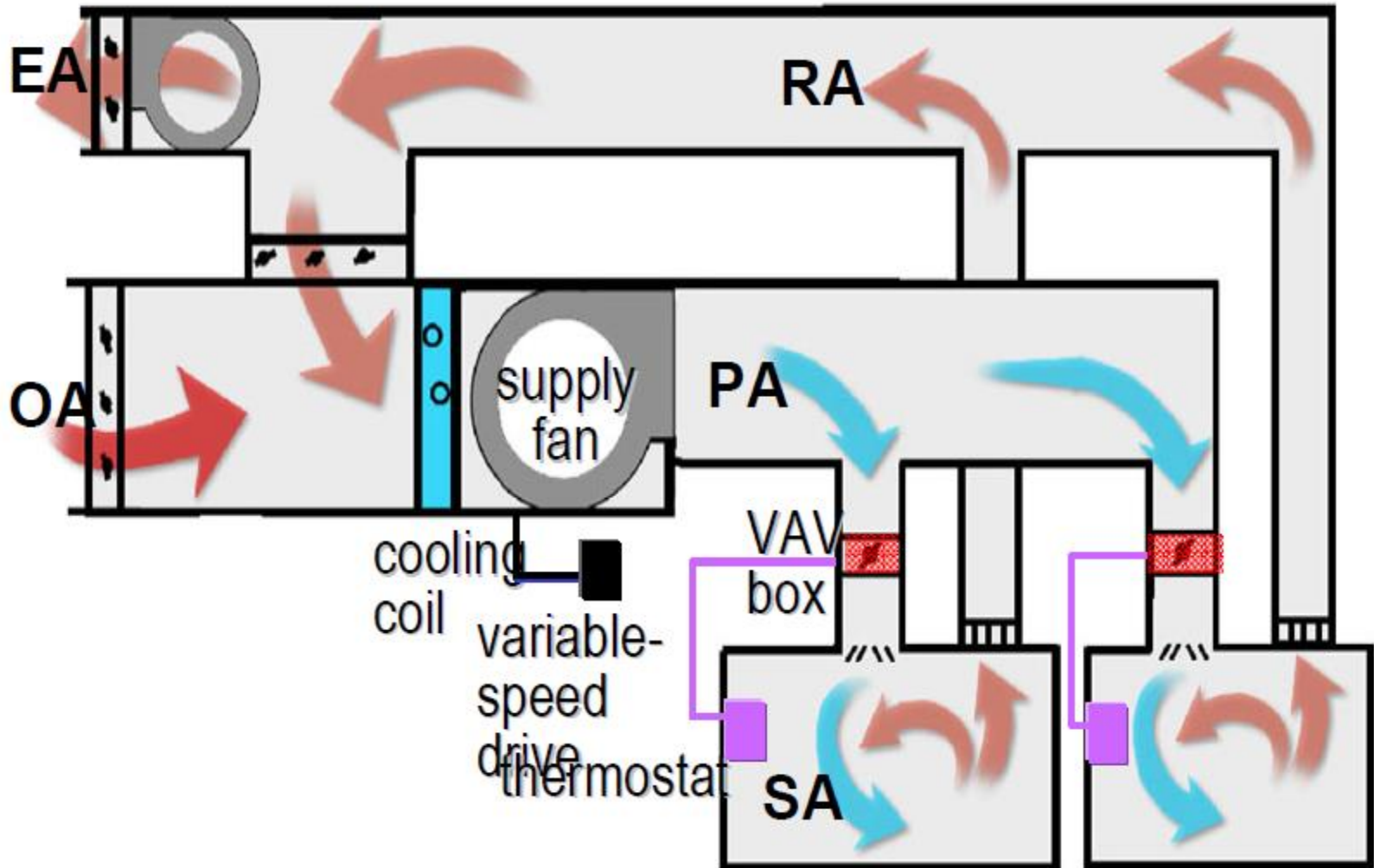
節流方式與改變轉速之系統耗能比較



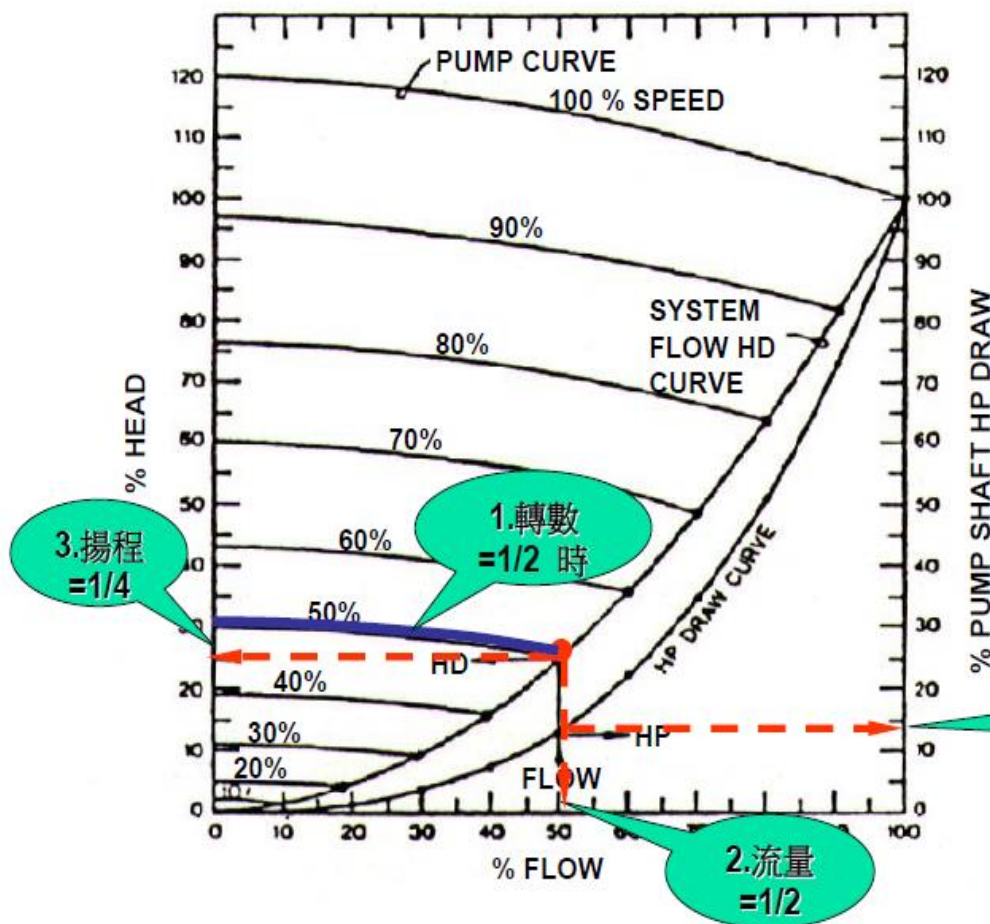
變流量系統之實測紀錄



變風量系統（變頻器的應用）




變流量、變風量系統之節能-轉動機械之相似定律



水泵、風機改變轉速時:

- 1) 轉數 = 1/2
- 2) 流量 = 1/2 (50%)
- 3) 揚程 = 1/4 (25%)
- 4) 馬力 = 1/8 (12.5%)

變流量、變風量系統之節能潛力

- ▶ 空調冷房負荷計算，是以每年最熱時段之數據計算。
 - ▶ 空調設備之選用，是以最大冷房負荷選用。
 - ▶ 空調冷房負荷是隨時變化的，每年最大負荷出現時間約為3%，其餘時間均為部分負載狀態。
 - ▶ 空調機（壓縮機）均配裝自動容量控制設備（加載、卸載機構），調節設備之能量與部分負載狀態之負荷相匹配。
 - ▶ 空調機卸載時，其他附屬設備（循環水泵、空調箱風機、冷卻塔風機等轉動機械）可依操作條件配合降低轉速，節省耗能。
-
- 

季節區分與冷暖房操作模式

季節分類	酷冷季節	寒冷季節	中間季節	溫熱季節
外氣溫度	< 0°C < 32°F	0°C-12°C 32°F-55°F	12°C-24°C 55°F-75°F	> 24°C > 75°F
空調模式	暖房 Heating	外氣調節式 外氣冷房 Modulated Economizer Cooling	全外氣式 外氣冷房 Integrated Economizer Cooling	一般冷房 機械式冷卻 Mechanical Cooling

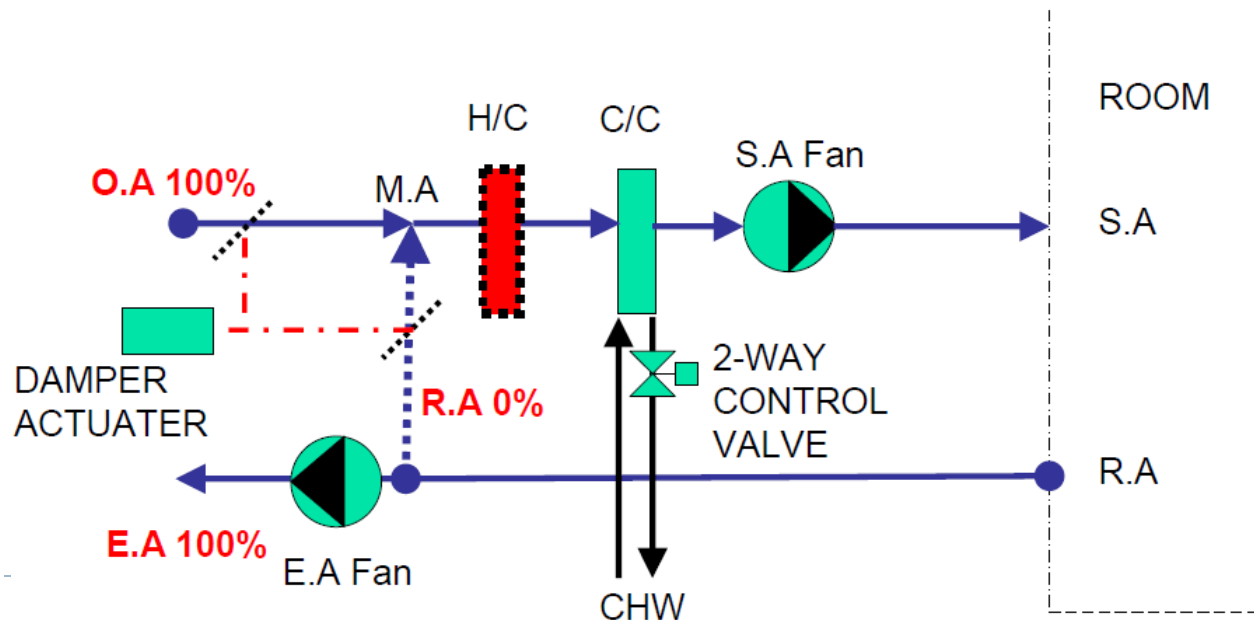
外氣冷房

- ▶ 在中間或寒冷的季節，外氣條件清涼、乾爽、熱焓值較室內設定值低，可適度引入外氣冷卻室內，減少或完全取代空調機之運轉。
 - ▶ 外氣條件低於室內條件，而高於送風條件時，定義為中間季節，為全外氣式操作(Integrated economizer cooling)。
 - ▶ 外氣條件低於送風條件時，定義為寒冷季節，為外氣調節式操作(Modulated economizer cooling)。
 - ▶ 外氣條件及送風條件可以用空氣之焓值代表、亦可以用空氣之乾球溫度代表。空氣之濕球溫度線與焓值線相近似，可以用空氣之濕球溫度取代空氣之焓值。
-



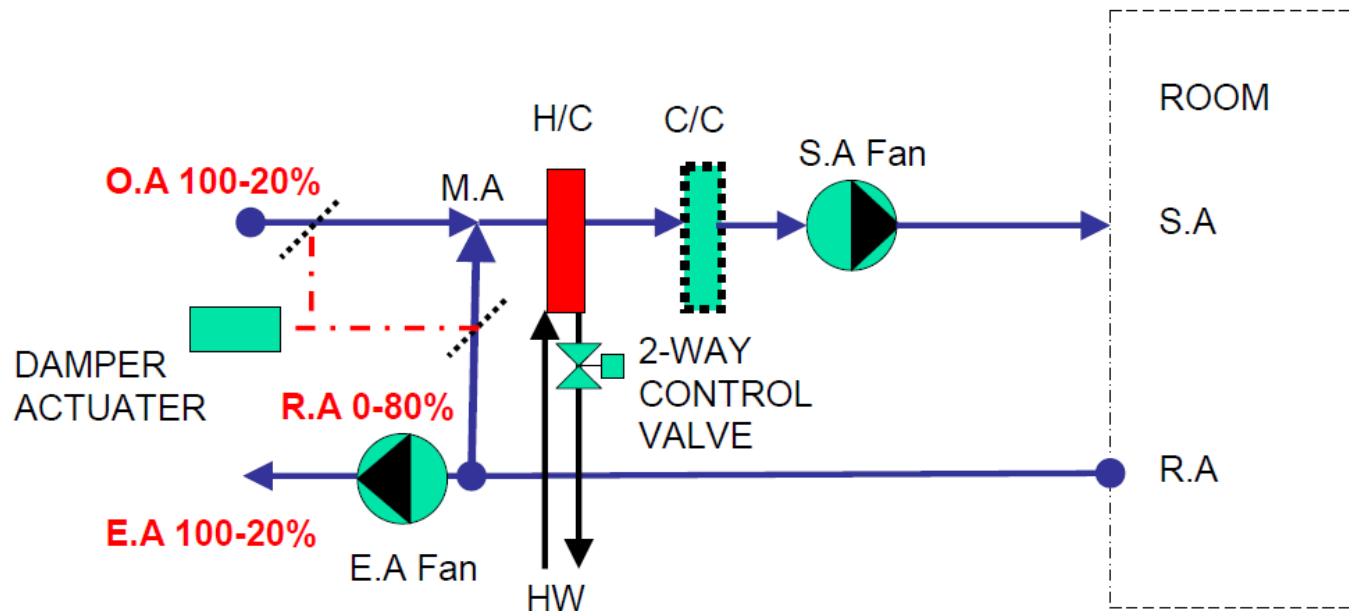
中間季節-全外氣式操作

- ▶ 中間季節為，外氣條件低於室內條件，而高於室內送風條件。
- ▶ 中央空調系統將空調回風全面排出(100 % E.A)，而將外氣全面引入(100 % O.A)，無濕空氣混合過程。
- ▶ 空調機仍繼續冷卻送風至設定之出風溫度，有冷卻除濕過程。
- ▶ 空調機之耗能，則視外氣條件比例下降。
- ▶ 必須設置排氣風機及外氣、回風控制風門。(on-off控制)

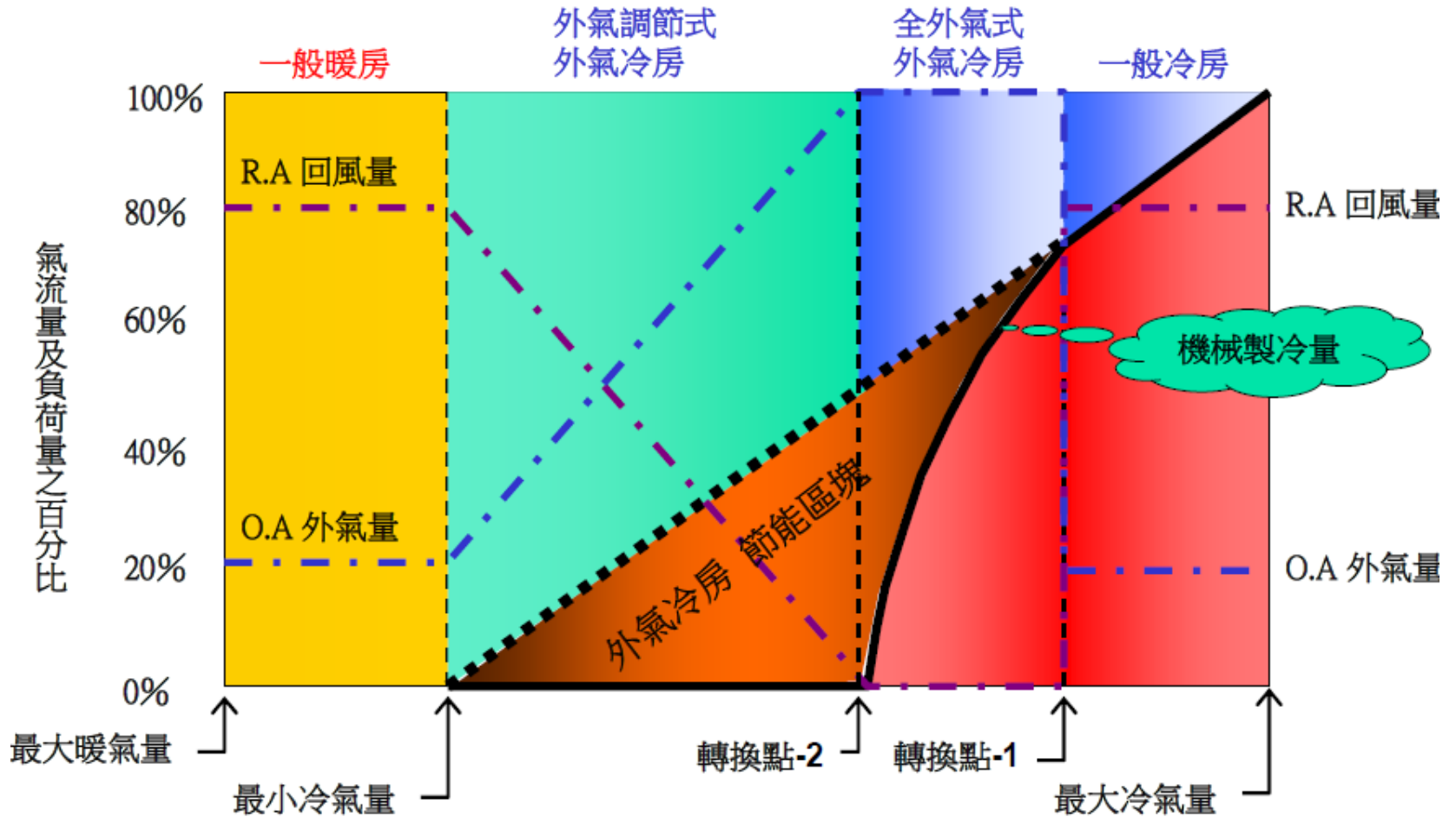


寒冷季節-外氣調節式操作

- ▶ 寒冷季節為，外氣條件低於冷卻盤管之送風條件。
- ▶ 中央空調系統比例引入外氣與室內回風混合，達到送風設定之溫度，有濕空氣混合過程。
- ▶ 利用外氣與室內回風混合，達到送風設定之溫度，完全取代空調機之冷卻功能，無冷卻除濕過程。
- ▶ 此時，空調機將全部停止運轉，空調機無耗能。
- ▶ 必須設置排氣風機及外氣、回風控制風門。(比例式控制)

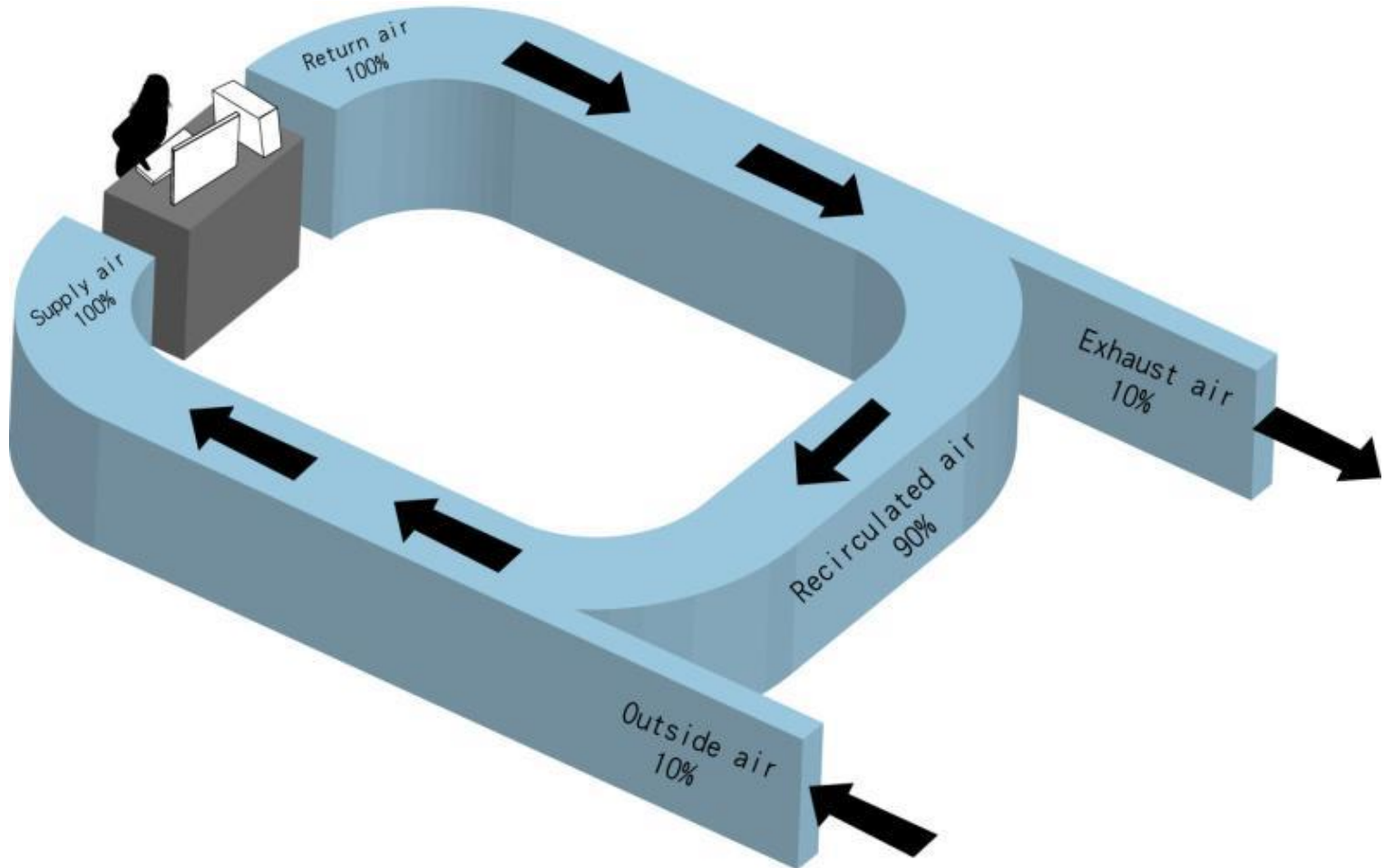


外氣冷房之節能潛力



空調系統介紹

☐ 空氣系統



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。

空調系統介紹

✓ 全空氣系統(All Air System)—空調箱(Air-Handling Unit)+風管(Duct)

常用的空調送風系統為**全空氣系統**。

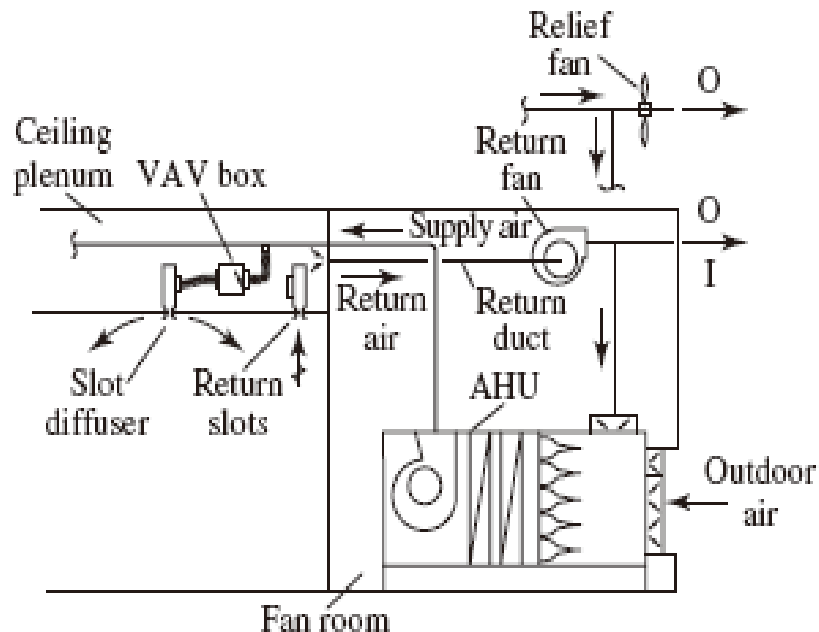
特點為：

- 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。

缺點：

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。



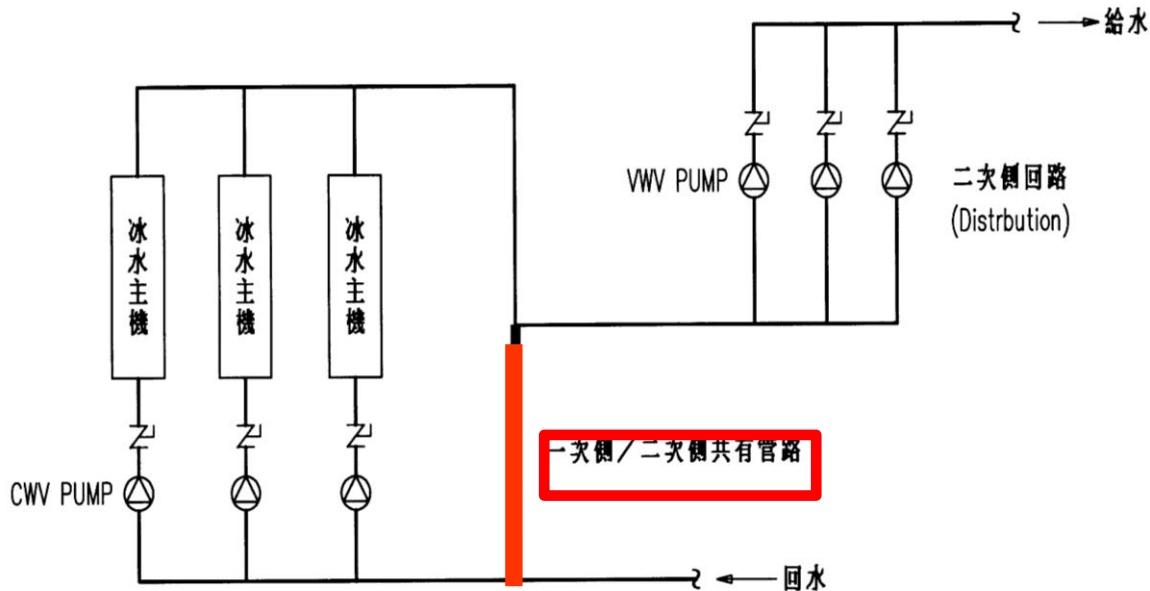
空調系統介紹

- ✓ 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：
 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。

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。



空調設備節能

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
		≥ 150 RT ≤ 500 RT	4.21	4.90
		>500RT	4.73	5.55
	離心式 壓縮機	<150RT	4.30	5.00
		≥ 150 RT <300RT	4.77	5.55
		≥ 300 RT	5.25	6.10
氣冷式	全機種	2.40	2.79	

空調設備節能

窗型與分離式冷氣機

中華民國 95 年 1 月 6 日

經授能字第 09520080080 號

公告附表：無風管冷氣機能源效率比基準

民國100年起效率管制標準：更為嚴格！

執行階段		第一階段	第二階段	
實施日期		中華民國一百年一月一日至一百零四年十二月三十一日止	中華民國一百零五年一月一日起	
機種	冷氣能力分類 (kW)	能源效率比 ⁽¹⁾ (w/w)		
氣冷式	單體式	2.2 以下	3.15	3.40
		高於 2.2 ，4.0 以下	3.20	3.45
		高於 4.0 ，7.1 以下	3.00	3.25
		高於 7.1 ，10.0 以下	2.95	3.15
	分離式	4.0 以下	3.45	3.85
		高於 4.0 ，7.1 以下	3.20	3.55
	高於 7.1 ⁽²⁾	3.15	3.40	
蒸發冷卻式	全機種 ⁽²⁾	4.25	4.80	

註：

(1)無風管冷氣機能源效率比依 CNS 14464 無風管空氣調節機與熱泵之試驗法及性能等級標準規定，在 T1 標準試驗條件下試驗之總冷氣能力(W)除以有效輸入功率(W)，其比值不得小於上表基準值，並在產品標示數值之 95% 以上。

(2)現階段能源效率限檢驗冷氣能力 70 kW 以下機種。

空調設備節能

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	

空氣側節能措施

□ 相似定律

其中

Q: 體積流率

p: 靜壓

W: 風扇功率

D: 風車直徑

N: 轉速

ρ : 空氣密度

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_{gf} or p_{sf} .

空氣側節能策略

- ▶ 空調系統空氣側所消耗之電力約佔總電力消耗量的30~40%，因此送風機的能源節約是整個空調系統中能源節約的重要一環。
- ▶ 送風機所需之動力與風量及風壓成比例，故空調之送風系統在部份負荷時若能採用VAV系統(Variable Air Volume)以改變送風機之風量，必可節省送風機的電力消耗。
- ▶ 常見的送風設備為空調箱 (Air Handling Unit) 及小型送風機 (Fan Coil)



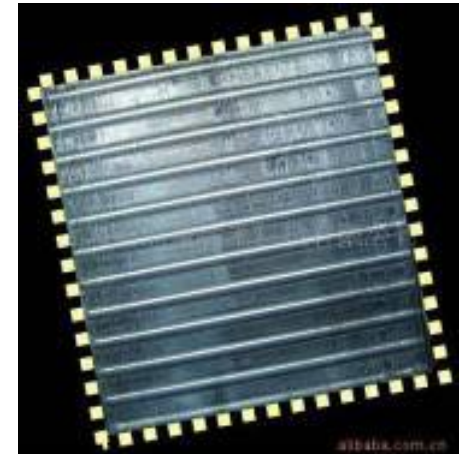
空氣側節能策略

空調箱：

▶夏季時在不影響室內空氣品質的條件下，可減少補充外氣，以節約能源，但在冬天時由於一般外界空氣之焓值均甚低，因此補充大量的外氣有助於能源之節約。

▶常見之空調箱毛病是回風不良，有的用戶甚至把回風口完全堵死，造成冷氣量嚴重不足，或者完全由外氣補充之現象，能源浪費甚多。

空調箱之鋁鰭片應定期清洗，最好有差壓或透光指示其乾淨度，以免影響冷房效果。



空氣側節能策略

小型送風機：

➤小型送風機直接將室內空氣吸入，經冰水盤管冷卻後立即送回同一室內。其溫度大多由恆溫控制器控制冰水之二通或三通閥。

➤常見之問題是恆溫控制器及冰水閥故障或者根本沒裝，此時室內溫度大都偏低，因為根本沒法控制。

➤小型送風機的配置與裝璜隔間大有關係。有些小型送風機用於甲室，其恆溫設定器卻在乙室；或者二個房間共用一個控制器，甲室太冷，乙室卻太熱，無法分開控制，形成能源未能有效利用現象。



空氣側節能策略

➤ 降低空氣流量與阻力

- (1) 可變風量系統：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。
- (2) 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

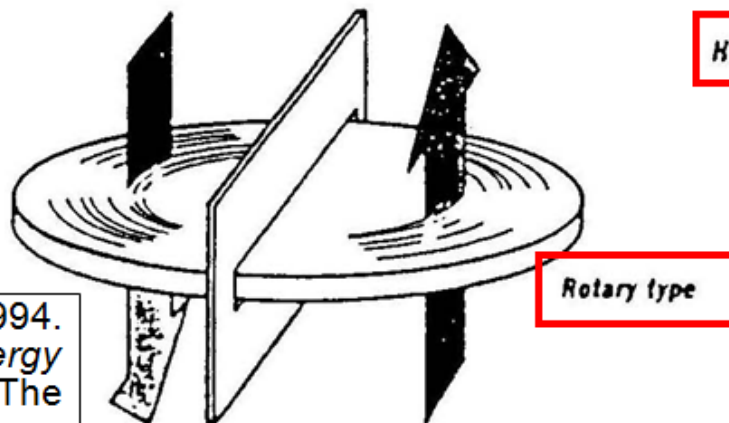
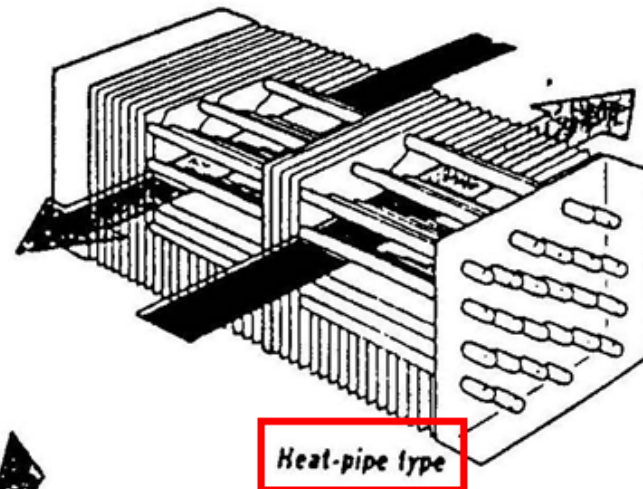
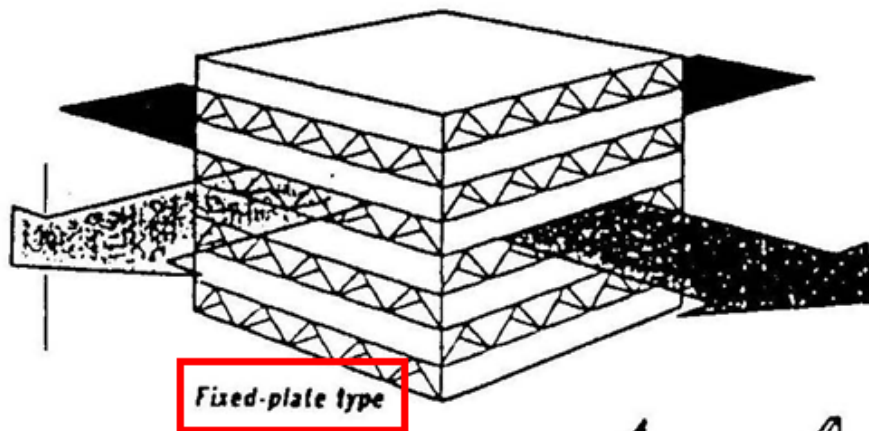
➤ 冷能回收：顯熱回收、全熱回收（全熱交換器）

基本上有兩種：

- 靜態交叉流式：不須有動力，維護簡單為其主要優點。
- 轉輪式：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。

➤ 冷能回收可與空調系統配合使用，可以達到省能又維持高室內空氣品質之目的。

空氣側節能策略



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

冰水側節能措施

- 更換符合負載需求之高效率冰水主機：
 - (1) 應同時考慮其滿載時之效率和部份負載的運轉效率
 - (2) 適當調整冰水主機之設定溫度
 - (3) 在負載變化量相當大的情況之下，適當地調配冰水機組運轉台數來適應空調負載變化
- 中大型中央空調系統使用P-S系統(Primary-Secondary System)，二次側為變水量(VWV)控制。
- 選擇適合系統之冰水泵。



冰水側節能措施

►提高蒸發壓力

提高蒸發壓力當然可節省主機耗電量，但其可能產生的影響也不可不予考慮，因為蒸發壓力的提高將直接引起冰水溫度的上昇，因而導致空調箱及小型送風機盤管冷卻能力的降低。

因此只有二種情形適合此方式：

- (1) A/H 及 F/C 有尺寸過大的時候。
- (2) 室內為部份負載時。



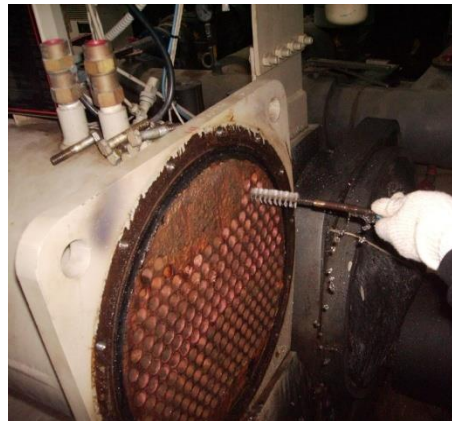
冰水側節能措施

➤保持熱交換器良好的熱傳效率

➤水垢會影響熱傳效果。主機定期保養，拆開蓋板，清除水垢使其恢復原狀。

➤水垢的另一負面效果是造成進出水壓差增大，也就是泵之負載增大，形成另一能源浪費。檢視水垢之最好指標就是進出水壓差。很多用戶沒有裝設壓力計，或只裝在進口處，而不裝在出口處。省了小錢，卻失去早期診斷之良機。

➤水垢之防止可用加藥處理水質方式，或勤於換水清理之方式來達成。



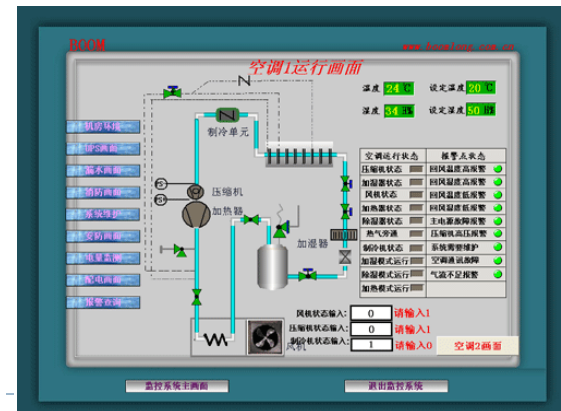
冰水側節能措施

► 水泵

- 選擇正確且適合之水量。
- 確實計算所需之揚程。
- 保持水質純淨。
- 選用高效率泵浦。
- 定期保養。

► 系統改善

- (1) 大型冰水系統可依其使用狀況考慮採用分區供應冰水，俾增加系統控制靈活性，以節省設備耗用能源。
- (2) 在負載變化大且頻繁之系統中，可考慮採用變流量系統，控制泵浦轉速，以節省能源。



冷卻水側節能措施

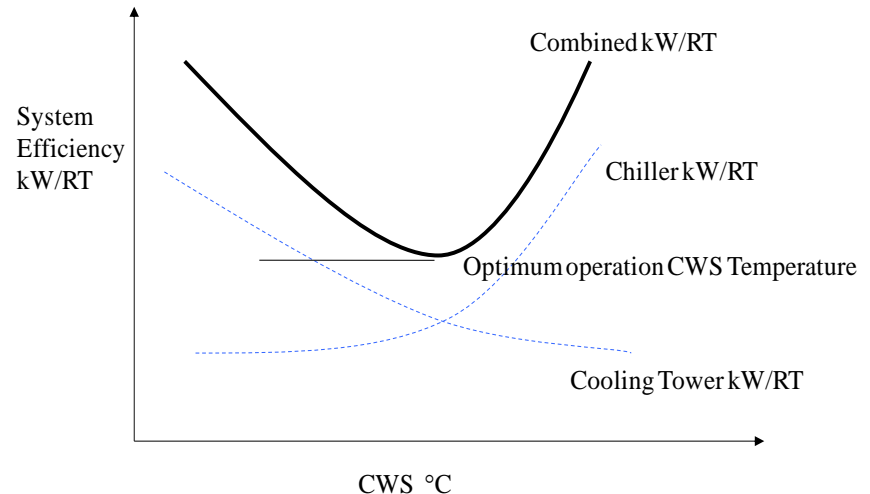
(1) 提升冷卻水塔的運轉效率

- 多台冷卻水塔並聯運轉時，水量必須要能平均分配至各水塔。
- 經常檢視撒水管撒水是否正常均勻，四面進水塔內的空氣是否平均，塔內散熱材有無受損引起水流氣流不平均，及部分空氣短路等。
- 減少冷卻水循環量，以降低冷卻水泵耗電量。
- 一般冷卻水塔合理接近溫度為 3°C ，設定溫度應以此為基準，可使冷卻水塔的散熱能力完全發揮，同時避免因接近溫度過低而消耗太多的風車耗電。
- 冷卻水水質管理：減少系統結垢或是生物膜成長妨礙熱傳效率之現象，都是改善能源效率之方式。
- 升級冷卻水輸送泵：不過大設計、採高效率馬達、使用VWV。

冷卻水側節能措施

(2) 協調冰水機與冷卻水塔以獲得最佳的運轉方式

- 在較低的冷卻水溫下冰水機耗電降低，但冷卻水塔耗電反而上升，合併二者耗電存在一最佳效率運轉點。



(3) 裝場地應選擇通風良好及空氣清淨之地點：

- 屋頂與空氣流暢的地方最適於裝設冷卻水塔，可提高冷卻的效果，從而節省空調主機之耗能。
- 避免裝於煤煙及灰塵多的地方，以免影響水質，造成主機冷凝器結垢，影響空調主機效率。
- 不適於按裝在腐蝕性氣體的產生地點，例如煙囪旁邊或溫泉地區，以免影響水質。
- 應遠離鍋爐室、廚房等較熱的地方。

減少空調熱負載

(1) 減少太陽輻射熱 (Solar Radiation Heat) :

對輻射熱影響最大的是玻璃部份。當東西面向的玻璃受陽光照射時，其最大的熱獲得量，每平方呎可達165 BTU/hr。當面積大時熱獲得量即甚可觀。

改善方法：

- 加裝百葉簾
- 增設遮陽板
- 裝置淺色窗簾
- 噴隔熱反射膜
- 貼隔熱反射膠片



減少空調熱負載

(2)降低傳導熱 (Conduction Heat) :

屋頂因直接受陽光的照射，其熱獲得量最大。一般平房的建築物屋頂的熱負荷佔相當大的份量，尤以老舊房屋隔熱設施較差者更為嚴重。

改善方法：

- 將屋頂顏色改為白色或乳白色。
- 增加屋頂隔熱材。
- 平屋頂採用蓄水或噴水。
- 屋頂與天花板之間加通風設備。
- 加裝天花板。



減少空調熱負載

(4) 隔離發熱設備：

空調區內之發熱設備，如加熱爐、乾燥設備等，應予局部隔離。若能將熱能集中並隔離，降低室內之顯熱負荷，即可減少空調空間的送風量，降低送風馬力節約能源。

(5) 防止滲透空氣：

外氣之滲入，特別是含水汽空氣之滲入，將使空調室內增加可觀之熱負荷。外氣之滲入量，則決定於門窗的關緊與否、外牆的多孔性、建築之高度、樓梯井、升降梯、風之吹向及風速、與通風及抽風量等。而防止外氣滲入最實在最簡單的方法，不外乎修補門窗及間隙；隨手關門；將大門改為自動門或裝設自動關閉連桿；出入口增設空氣簾等方式。



節能運轉與管理

(1) 維持良好之維護保養

- 定期清潔
- 測漏/補漏
- 調整
- 潤滑
- 保持良好散熱環境
- 感測器定期校正
- 定期檢查控制設定
- 定期檢查風機、泵等之轉速
- 定期檢查空氣/水等流量
- 定期檢查水閥、風門等之做動

(2) 改善/升級控制系統

- 感測器
- 控制器
- 控制馬達
- 狀態顯示器
- 閥門、風門等

(3) 採用電腦控制之設備

- 採用EMS控制模組
- 採用設備專用之微處理器
- 適時應用計時器
- 自動調整控制

(4) 系統實施**測試/調整/平衡**(Testing, Adjusting and Balancing, **TAB**)及性能確效(Cx)，以求最高運轉效率

節能運轉與管理

➤設置儲值卡式或刷卡系統計費電表，以實際用電度數收取電費，落實使用者付費原則。

➤裝設溫度控制限制裝置，將溫度設為**28~26°C**，使其最低溫度設定不得任意控制。

➤最適的空氣流動

氣流的速度會影響體汗的蒸發速率，而室內空氣的對流亦會影響室溫的分佈。

一般而言，人體感覺最舒適的氣流速度為0.3至0.5m/sec，在作業環境中可適度的提高風速。



計費儲值讀卡機
或刷卡系統



數位式冷氣獨立電表



機械式冷氣獨立電表

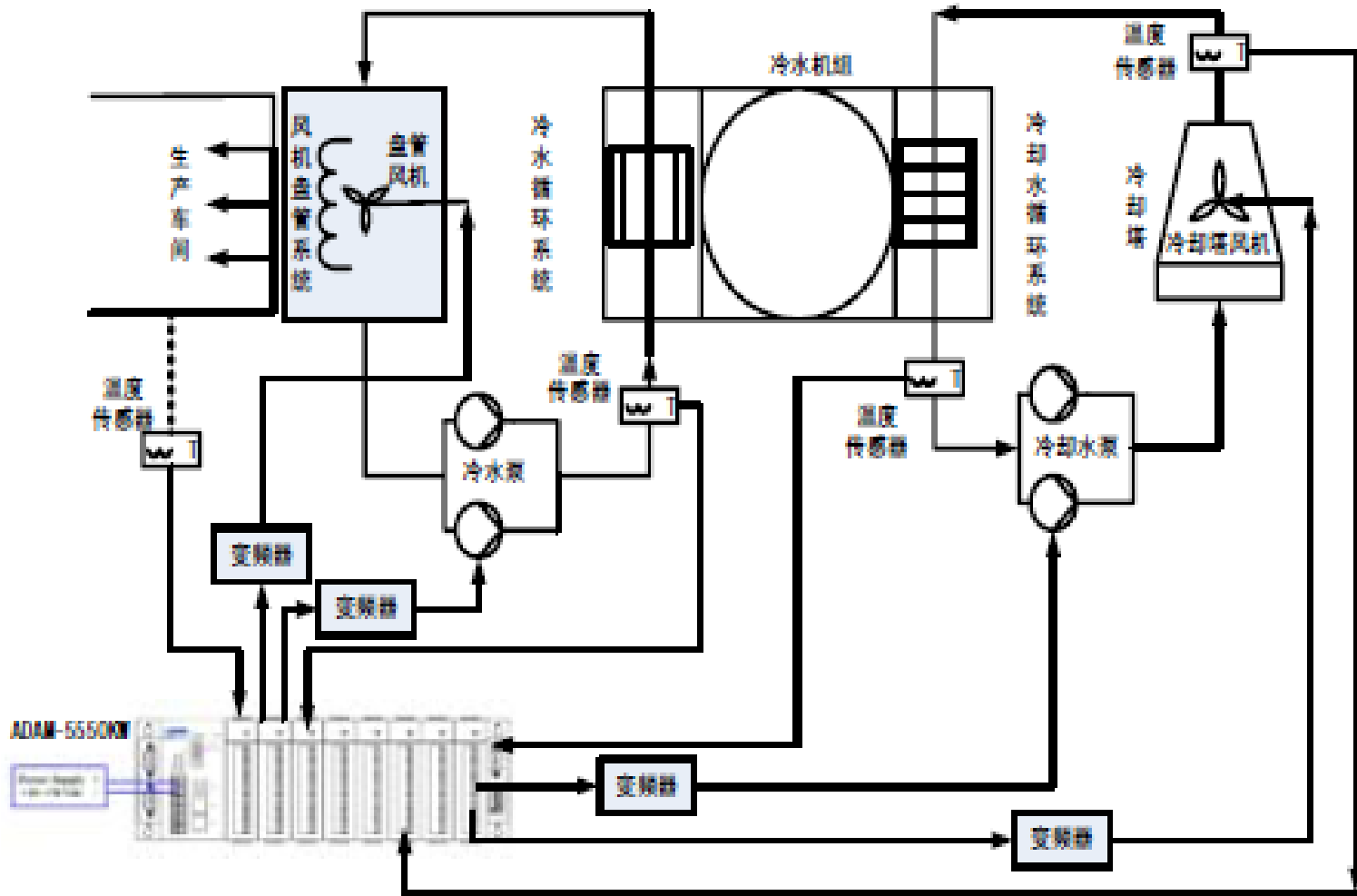


能源管理系統的應用

- ▶ 安裝BEMS系統後，就如同有了“眼睛”、“神經系統”、“大腦”和“四肢”，通過“眼睛”可以像人體對自己身上的器官般瞭解能源消耗狀況，現場總線、通訊網絡組成“神經系統”收集數據，通過“大腦”判斷能耗浪費和異常，通過“四肢”來執行“大腦”發出的指示。



能源管理系統於中央空調系統的節能控制

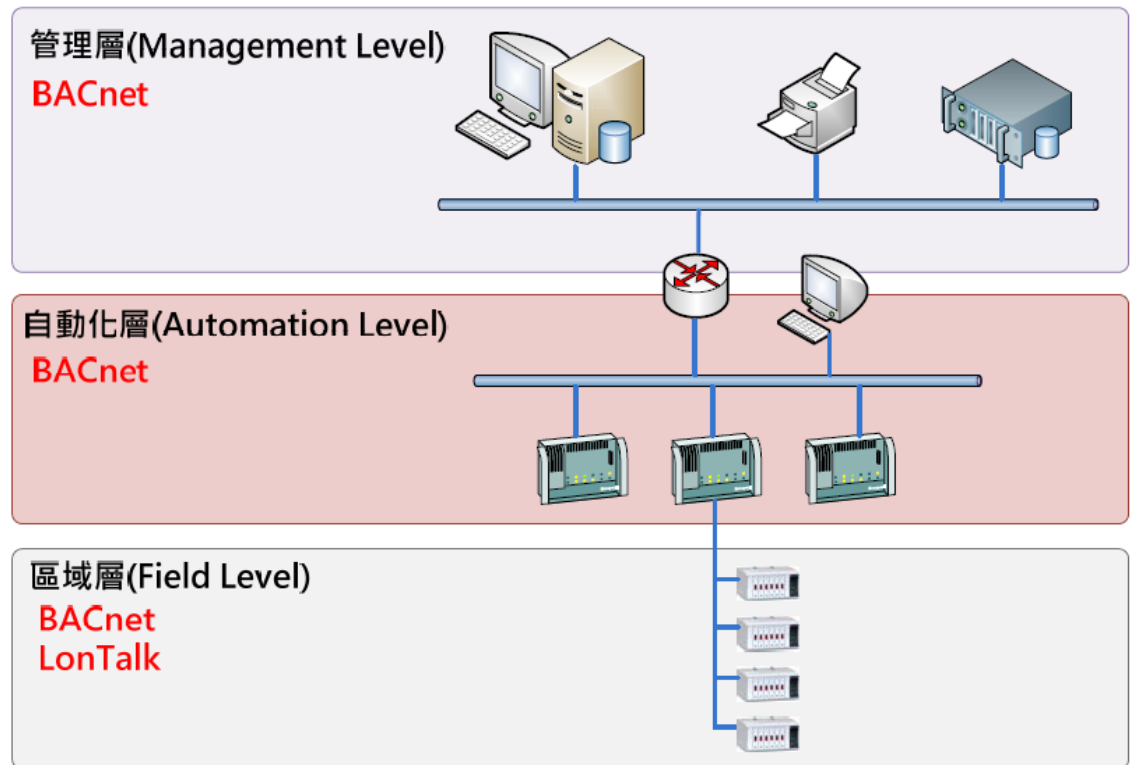


節能效益(%)計算式:


$$\text{節能效益}\% = \frac{\text{改善前耗電量(kWh)} - \text{改善後耗電量(kWh)}}{\text{改善前耗電量(kWh)}} \times 100\%$$

BACnet與LonWorks技術

- BACnet是由美國暖氣、ASHRAE制定的資料通信協定之一，上層管理與控制的網路通常需要較大的頻寬來傳輸大量資料。
- LonWorks 技術為一個下層通信網路，最初應用於建築自動化領域，隨後漸漸擴展到其他各個行業的控制領域。LonWorks 是彼此之間傳輸的資料較少，而且控制器數量很多。

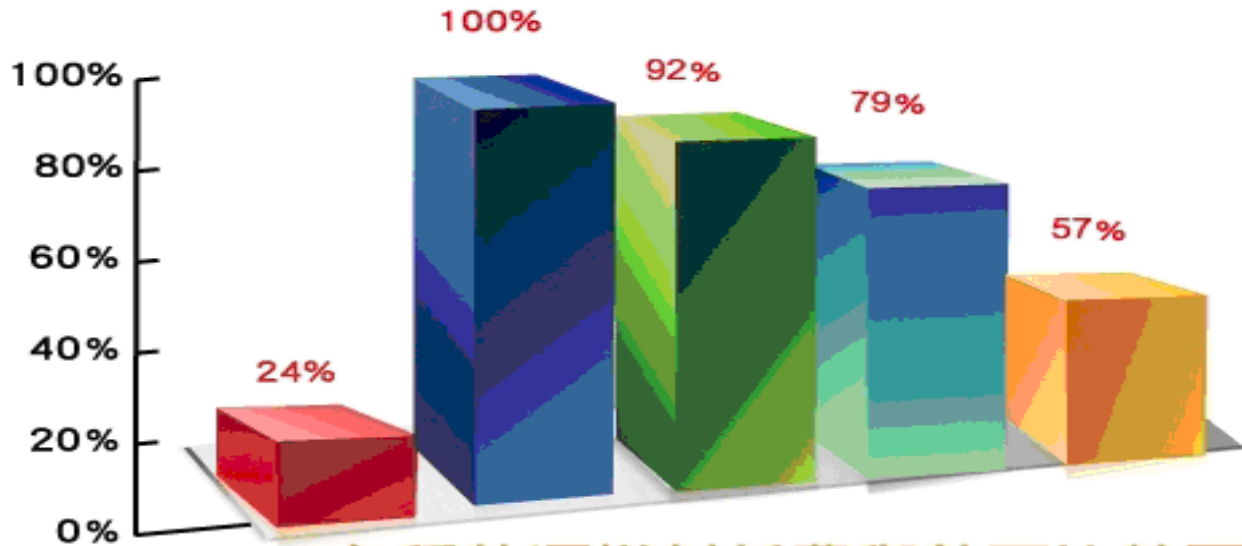


實際應用於臺灣建築物能源管理

- 對於建築物業主而言，採用互通性(相容性探討)的系統更可獲得許多好處，舉例來說，其優點如下：
 - 降低初設成本和維護成本
 - 提高系統安裝效率和整合性
 - 增加操作和維護效率
 - 提高建築能源節約效果
 - 保持自動化系統的擴充能力
-
- 

冷熱雙效熱泵應用

熱泵與其他燃料比較



各種熱源燃料耗費與熱泵比較圖

(以電熱100%為比較基準)

- 熱泵比電熱水器省 75%
- 熱泵比柴油鍋爐省 74%
- 熱泵比液化瓦斯省 70%
- 熱泵比天然瓦斯省 58%

冷熱雙效熱泵應用

以熱泵系統提供熱水，並可將熱泵產生之冷氣導引利用，替代原設置之空調設備，可降低燃料費及部分空調負載用電。



設置熱泵系統




設置熱泵系統

冷熱雙效熱泵應用

熱泵熱水器與傳統熱水器經濟效益比較

種類	主要燃料	單位能源產熱	單位能源價格	使用年限	使用特性		使用比較
					不受氣候影響	不易水垢	
熱泵熱水器	電/壓縮機	3,096仟卡/度	3.55元/度電	7-10年	不受氣候影響	不易水垢	安全節能 環保
電熱水器	電/電熱管	731仟卡/度	3.55元/度電	5年	不受氣候影響	易結水垢	易漏電
液化瓦斯熱水器	液化瓦斯/燃燒器	9,000仟卡/公斤	40元/公斤	5年	忽冷忽熱	水盤易因空塊而爆炸	一氧化碳中毒
天然瓦斯熱水器	天然瓦斯/燃燒器	6,707仟卡/度	18.5元/公升	5年	忽冷忽熱	水盤易因空塊而爆炸	一氧化碳中毒

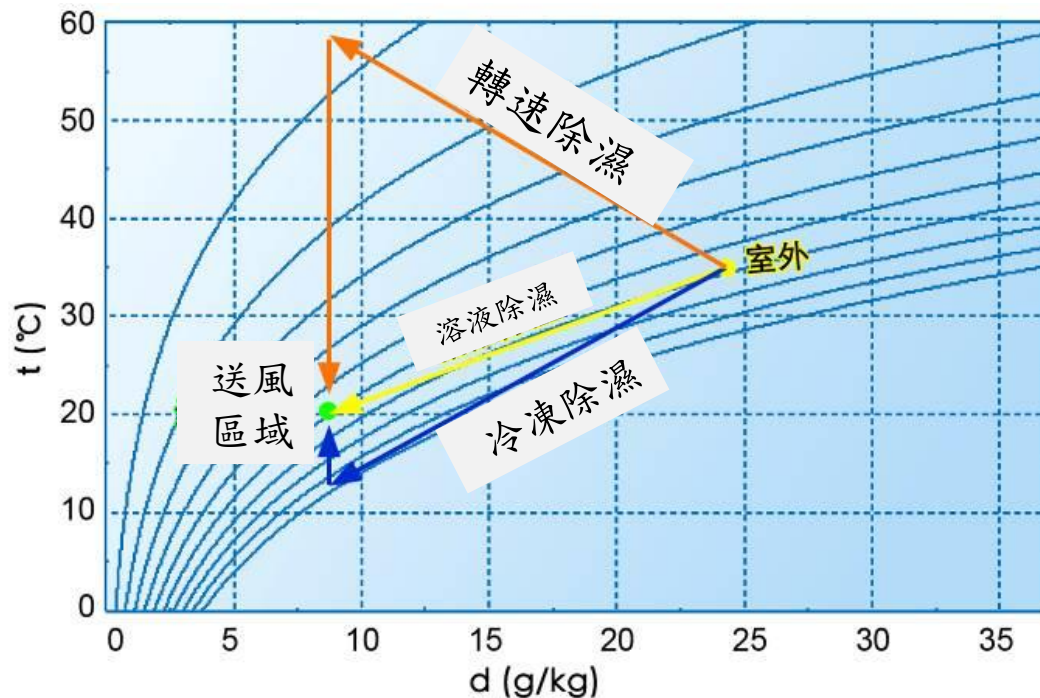
溫濕度獨立控制

- 能够精確地控制調節室內環境的溫、濕度
 - 加大室外新風量，但又不增加處理的能耗
 - 取消潮濕的凝水表面，採用新的非冷凝除濕途徑
 - 冬夏能够使用一套末端裝置
 - 少用電能，可以使用低品位熱能驅動
 - 能够實現高體積利用率的高效蓄能
-
- 


溫濕度獨立控制空調系統

➤ 優點

- 實現對溫度和濕度的精確控制
- 良好的室內空氣品質
- 提高顯熱處理的效率
- 冬夏可以共同使用一套末端設備



總結

- 空調系統的各個次系統是**環環相扣**的，因此任何一環次系統循環不良都將使系統整體性能降低。
 - **設備面**：選擇合適高效能設備。
 - **系統設計面**：按負載需要及運轉環境條件，讓系統運轉於較佳狀況。
 - **系統運轉管理面**：透過**節能大數據**或**物聯網IOT**或**人工智慧AI**等**節能監控與管理系統**，按負載需要及運轉環境條件，系統能按不同條件**自動調整高效運轉**。定期保養維護才能發揮空調系統最大效能。
 - **政策面**：要當用則用，當省則省。降低運轉時數，端賴有效而合理的管理，避免設備做不必要的運轉。
-
- 

參考資料來源

- 鄭正仁技師，空調系統節能規劃技術簡介，財團法人台灣綠色生產力基金會，中華民國106年05月18日。
- 施繼昌，空調系統節能技術介紹，空調水電及室內承裝業節能訓練班，台北市冷凍空調技師公會。
- 中華民國冷凍空調技師公會全國聯合會。
- 台北市冷凍空調技師公會，空調系統測試平衡調整(TAB)及性能確效(Cx)指引。
- 經濟部能源局空調系統能源查核與節約能源案例手冊。
- 中技社節能技術發展中心-空調系統省能策略。
- 經濟部能源局印製，政府機關及學校節約能源行動計畫(行政院核定本)，106年12月08日修正。
- 綠基會，空調技術手冊案例。
- 綠基會，空調系統管理節能手冊。
- 經濟部能源局，送風機節能技術手冊。
- 經濟部能源局，建築空調節能手冊。
- 內政部建研所，綠建築評估手冊(EEWH)。
- 經濟部能源局網站<http://www.moeaboe.gov.tw/>
- <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A9%BA%E6%B0%A3%E8%AA%BF%E7%AF%80>
- <https://www.coolaler.com/threads/72927/>
- C. Borgnakke and R. E. Sonntag, Fundamentals of Thermodynamics, Eighth Edition (SI Version), 2017.
- Herb Wendes, HVAC Retrofits. Energy Savings Made Easy, The Fairmont Press, INC, 1994.
- Shan K. Wang, Handbook of Air-Conditioning and Refrigeration, McGraw-Hill Professional, 2001.
- ASHRAE Handbook, HVAC Systems and Equipment.
- ASHRAE Handbook, Fundamentals.
- EVO, International Performance Measurement and Verification Protocol Vol I.
- 張健一、李莉編著，製冷空調節能技術，機械工業出版社。
- 章哲寰，熱力學，第八版，歐亞書局，2017。