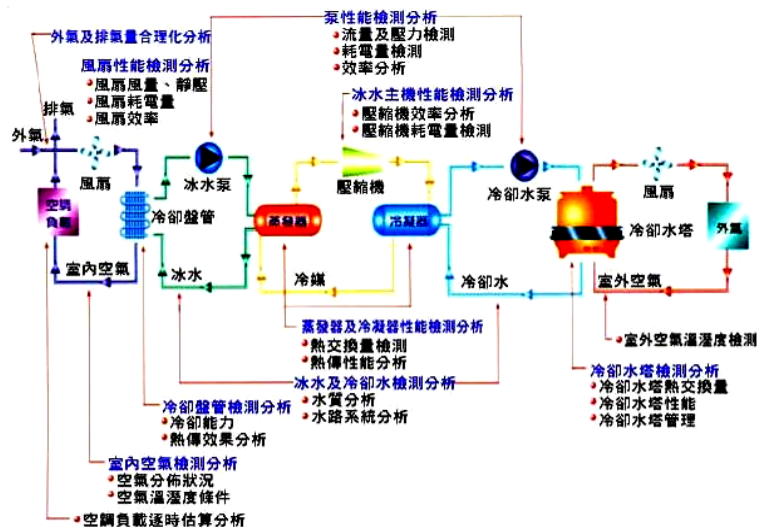


空調系統能源管理應用指標

台灣屬亞熱帶海島型氣候，夏天之工廠外在工作環境常屬高度濕熱狀態，然而無論是辦公場所、大型賣場/商場之室內環境亦或製程設備或產品需保持恆溫恆濕之環境，此溫溼度控制皆仰賴空調冷凍系統的有效運作。欲發掘其節能改善對策，須先了解空調系統組成結構，運作及能源流向，並掌握影響耗能因素加以改善。空調系統組成概分為五個熱交換循環，(1)空氣側循環、(2)冰水側循環、(3)壓縮冷熱循環、(4)冷卻水循環、(5)冷卻水塔散熱循環，如圖 1 所示經統計空調系統耗能流向百分比，平均冰水主機占約 60%、冷卻水泵約 11%、冰水泵約 13%、冷卻水塔約 3%、空調箱室內送風機約 13%。由空調系統耗能流向%及檢測效率分析點，便可知節能重點方向及潛力，如圖 2 所示如下：

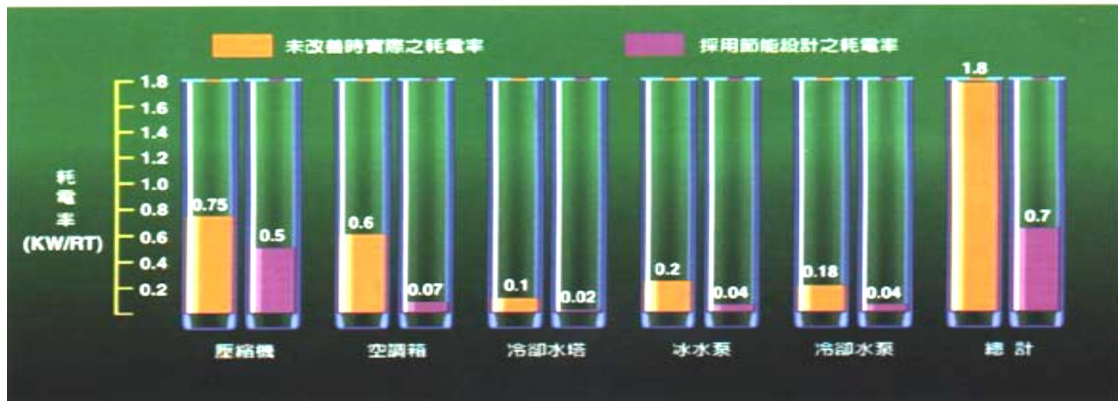
1. 空氣側節能：一般辦公室節能舒適空調環境條件為溫度不低於 26°C、相對溼度(RH)50~60%及風速 0.3m/s、二氧化碳濃度 1,000ppm。空氣側可行節能方法及效益為：
 - (1) 強化溫控開關管理，例如室溫設定不低於 26°C，管控風速(或增設節能循環風扇)在 0.3m/s，則每調高 1°C之溫度設定，大約會有 6%之整體省能效果。
 - (2) 夏月調整外氣之引入量，以減少熱負荷，非夏月外氣低於 26°C時，則可多利用外氣冷房。
 - (3) 定期檢視小型冷風機(F/C, Fan-Coil)，或 AHU(Air Handling Unit)空調箱冷卻盤管之進出水溫溫差約 5°C，一般空調(非製程使用)配合室內環境溫度不低於 26°C，且相對溼度要求約 65%之條件下，建議進水溫度應設定為 8°C~10°C；出風溫度建議為 16°C，並確定冷卻盤管無污染，以達成高效率運轉。



資料來源：管衍德，節能服務技術，p8

圖 1 中央空調系統節能機會分析圖

中央空調系統節能潛力圖



資料來源：管衍德，節能服務技術，p9

圖 2 中央空調系統節能潛力圖

1. 冰水側節能：一般冰水泵設計流量每冷凍噸 9.084LPM，標準進出水溫度建議分別設定為 7°C 及 12°C (溫差 5°C)；若溫差小於 3°C，則代表負載低或冰水流量太大，若可加裝變頻調降流量約 10% 以上，則水泵可節省 30% 耗電；另經驗顯示，若冰水主機配合負載需求將冰水溫度由 7°C 調高至 9°C，則每調高冰水溫度 1°C，約可降低冰水主機 2% 耗電。

2. 冰水主機節能：

- (1) 定期檢測空調主機運轉效率：依據經濟部能源局公告之空調系統冰水主機、箱型冷氣機、氣冷式冷氣機能源效率標準，適時進行高效率空調主機之汰換。空調機選用原則：水冷式效率比氣冷式高、大機台效率比小機台高、機型效率高低順序為冰水機(離心機>螺旋機)、箱型機(水冷式>氣冷式)、窗型機(分離式>單體式)。

- (2) 加強主機操作壓力溫度管理：冰水主機蒸發器及冷凝器之對數平均溫差 (LMTD Log Mean Temperature Difference) 不得高於 5°C。

$$LMTD = (\Delta T1 - \Delta T2) / \ln (\Delta T1 / \Delta T2)$$

蒸發器： $\Delta T1 = \text{冰水回水溫度}(^{\circ}\text{C}) - \text{蒸發溫度}(^{\circ}\text{C})$ ；

$\Delta T2 = \text{冰水出水溫度}(^{\circ}\text{C}) - \text{蒸發溫度}(^{\circ}\text{C})$

$$LMTD = (\Delta T3 - \Delta T4) / \ln (\Delta T3 / \Delta T4)$$

冷凝器： $\Delta T3 = \text{冷凝溫度}(^{\circ}\text{C}) - \text{冷卻水入水溫度}(^{\circ}\text{C})$ ；

$\Delta T4 = \text{冷凝溫度}(^{\circ}\text{C}) - \text{冷卻水出水溫度}(^{\circ}\text{C})$

- (3) 一般空調冰水主機之蒸發及冷凝溫度與壓力條件運轉管理：

冷媒蒸發壓力對應之溫度與冰水出水溫度°C 差 3°C 左右

冷媒冷凝壓力對應之溫度與冷卻水出水溫度°C 差 3°C 左右


因此冰水主機之蒸發及冷凝溫度與壓力條件管理目標值，見(冷媒 R22)表 1 案例所示。

冰水進出溫度 7°C~12°C；低壓蒸發壓力 4.56 kg/cm²G (3°C)~5.3 kg/cm²G (7°C)；
冷卻水進出溫度 27°C~32°C，高壓冷凝壓力 11.2 kg/cm²G (30°C)~14.6 kg/cm²G(40°C)；

表 1 冰水機之蒸發及冷凝溫度與壓力條件(案例)

冷媒		R-134a	R-123	R-22
低壓側	壓力	0.32614 MPa (2.296 kg/cm ² G) (32.6 PsiG)	0.374 MPa (280 mmHg) (11.04 inHg)	0.54863 MPa (4.564 kg/cm ² G) (64.86PsiG)
	溫度	3°C	3°C	3°C
高壓側	壓力	1.0166 MPa (9.332 kg/cm ² G) (132.75 PsiG)	0.1544 MPa (0.541 kg/cm ² G) (7.694 PsiG)	1.5336 MPa (14.6 kg/cm ² G) (207.7 PsiG)
	溫度	40°C	40°C	40°C

備註：冷媒蒸發溫度 3°C，冷凝溫度 40°C
冰水入水 12°C，出水 7°C
冷卻水入水 32°C，出水 37°C 為運轉基準
當設計條件不同時，溫度及壓力讀數須作相應之校正



螺旋冰水主機 R22 冷媒高低壓壓力表(案例)

資料來源：趙文華，空調系統之操作節能策略，p4，2003

依螺旋式冰水機特性：冷凝高壓增高 1 kg/cm²G 主機耗電增加約 5%；冷卻水水溫增高 1°C，主機耗電增加約 3%。冰水出水溫增高 1°C，主機耗電減少約 2%。因此冰水主機節能管理首重高壓增高至 16.7 kg/cm²G 以上時，冷凝器及冷卻水塔則應清洗；另非夏月時，則應檢討主機開機台數及冰水出水溫度是否調升到 9°C 之溫度，以利於節約用電。

3. 冷卻水側節能：一般冷卻水泵設計流量為每冷凍噸約 11.355 LPM，隨冰水主機運轉台數或大小，減少冷卻水泵運轉台數，可節約用電。

4. 冷卻水塔節能：

(1) 冷卻水塔近似效率=(Ti-To)/(Ti-Tw)×100%；接近值 T=To-Tw

Ti：入口水溫；To：出口水溫；Tw：大氣溼球溫度

建議標準值：冷卻水塔效率 50~70%；接近值=3°C，(或 5°F)以下。

(2) 冷卻水塔效率改善方式：

A.加強清洗，減少散熱片污染，提高散熱能力。

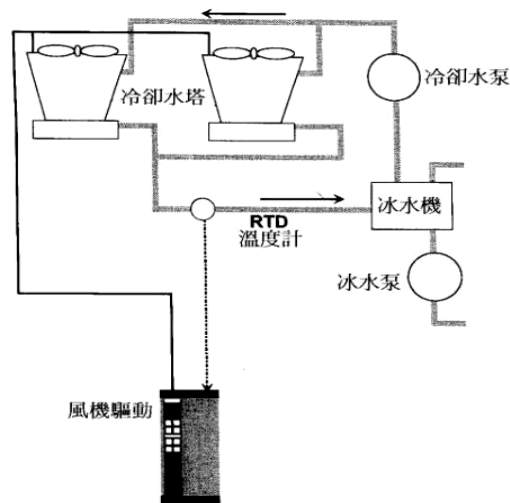
B.定期換水及排水，減少水中雜質污染，減輕結垢產生。

C.調整風葉片角度，過小造成排熱能力不足，過大則增加用電。

D.冷卻水容量較冰水主機容量稍大。

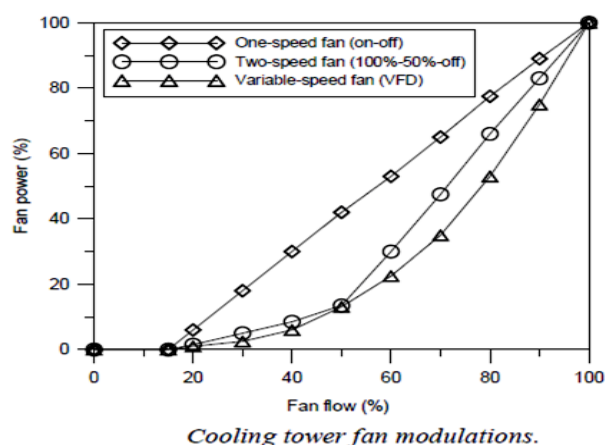
(1) 冷卻水塔節能：

一般冷卻水塔散熱容量大於冰水主機製冷能力之 1.25 倍，建議設定最佳進出水溫各為 27°C 及 32°C，(溫差 5°C)，若溫差小於 3°C，則代表負載低，可在冷卻水塔風扇馬達可加裝變頻器及溫濕度控制器，依外氣濕球溫度適當調控運轉風扇轉速，則可降低整體冷卻水塔風扇耗電，如圖 3 及圖 4 所示。冷卻水塔的散熱能力在其他條件固定的情形下與風扇風量大小約呈正比關係，如果讓所有冷卻水塔同時啟動一起運轉，則在相同負載下每個冷卻水塔的風量可以減少。因此根據風車定律每一冷卻水塔的風扇耗電量大致為風量的三次方成比例變化，而達到節能之目的。如再以變頻控制，馬達啟動平緩，更可延長馬達皮帶之壽命，減少維修保養費用。



資料來源：變頻器應用Q&A節能技術手冊，p101，2008

圖 3 冷卻水塔變頻驅動系統圖



資料來源：Chia-wei Liu, Yew-Khoy Chuah, 台北科技大學, 「Uing Annual Building Energy Analysis for the Sizing of Cooling Tower for Optimal chiller-Cooling Tower Energy Performance」,

ISHVAC 2007

圖 4 冷卻水塔風扇控制特性圖