

空調技術-冰水主機

趙文華 總經理
正宜興業股份有限公司

壹、緒論：

隨著國內經濟快速的成長，國民所得日益增加，高科技工業的迅速發展，今日空調工業在台灣已成人們生活上、工作上不可或缺的裝備。但為人們所感困擾的是，為了生活品質的提升，工作品質的提升，生活更有效率，不得不使用空調冷氣，但是它卻是最耗費能源的設備，據估計每年台灣區新增空調設備大約要耗費 50 萬千瓦小時電力，等於核一廠一部主機電力，於夏季尖峰負荷時，空調耗費電力約在 700 萬千瓦以上，佔台電發電容量 25 % 以上，所佔比例甚為驚人，故在自產能源比例低，外貿依存度大的我國而言，如何有效使用能源，已成當前國內面臨的嚴重經濟問題之一。

故今日要紮穩經濟的根，提升產業競爭力，必須先從有效的利用能源開始，而耗費能源的空調設備，更是應予用心檢討，以求提高使用效率。

貳、目前國內現有空調系統耗費能源之原因：

一、設備基本性能的問題：

國內現有之大型空調主機大部份均係進口，效率較高，但仍有甚多老舊機組及國內小廠產品較不注意能源的耗費，尤其控制另件、操作方式均以中品質低價為取捨原則，故目前國內所使用的空調設備，部份耗費能源甚大。

二、工程設計的不當所導致的問題：

因為國內對設計監造空調系統並無法規或標準可循，業主用戶對空調往往缺乏專業人才，很多空調系統耗費能源的問題，於設計階段就產生了，如





設備選擇不當、主機選用過大、主機選用型式不當、風車使用不當，整個系統操作控制不當等問題。

三、施工不良所導致的問題：

國內不論公私營機構，決定一個工程施工承攬廠商，很少刻意的就廠商以往的施工實績，其工程人員的技術水準、負責人的信用度、經營理念等經多方徵信考核方以決定。大都以報價高低為取捨的標準，草率的決定施工廠商，加上設計圖面不夠詳細，因而很多建築物雖有美麗的外觀，講究的內部裝璜，進口的衛生設備，但最重要的空調系統，卻是偷工減料下的廉價產品，因而耗費能源也就無可避免。

四、維護不良所產生的問題：

很多空調系統因為維護人員只作例行的開機、關機及清洗的工作，而疏忽了整個系統的平衡及控制點的重新設定調整，故往往機器常於不當條件運轉，無法配合室內負荷之減少而節約能源，而且室內溫度又冷熱不均，耗電且不能滿足舒適的條件。

以上幾個問題係目前國內使用空調系統最普遍存在耗費能源的原因，也是空調系統管理人員應予費心改善，以求有效節約能源之處，當然按照維護保養程序妥善作好維護，使設備及系統永遠於最佳狀況下運轉，更是最基本的需求。

參、空調主機之運轉節能注意要點：

一、保持機器於設計條件運轉

1. 確認其冰水進出水溫度、流量

冷卻水進出水溫度、流量

冷媒蒸發壓力對應之溫度與冰水出口溫度差 3 左右

冷媒冷凝壓力對應之溫度與冷卻水出口溫度差在 3 左右

表 1 冰水機之蒸發及冷凝溫度條件

冷媒		R-134a	R-123	R-22
低壓側	壓力	0.32614 MPa (2.296 kg/cm ² G) (3206 PsiG)	0.374 MPa (280 mmHg) (11.04 inHg)	0.54863 MPa (2.296 kg/cm ² G) (3206 PsiG)
	溫度	3	3	3
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 (15.643 kg/cm ² G) (222.5 PsiG)
	溫度	40	40	40

備註：冷媒 3 蒸發 40 冷凝
 冰水入水 12 ，出水 7
 冷卻水入水 32 ，出水 37 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

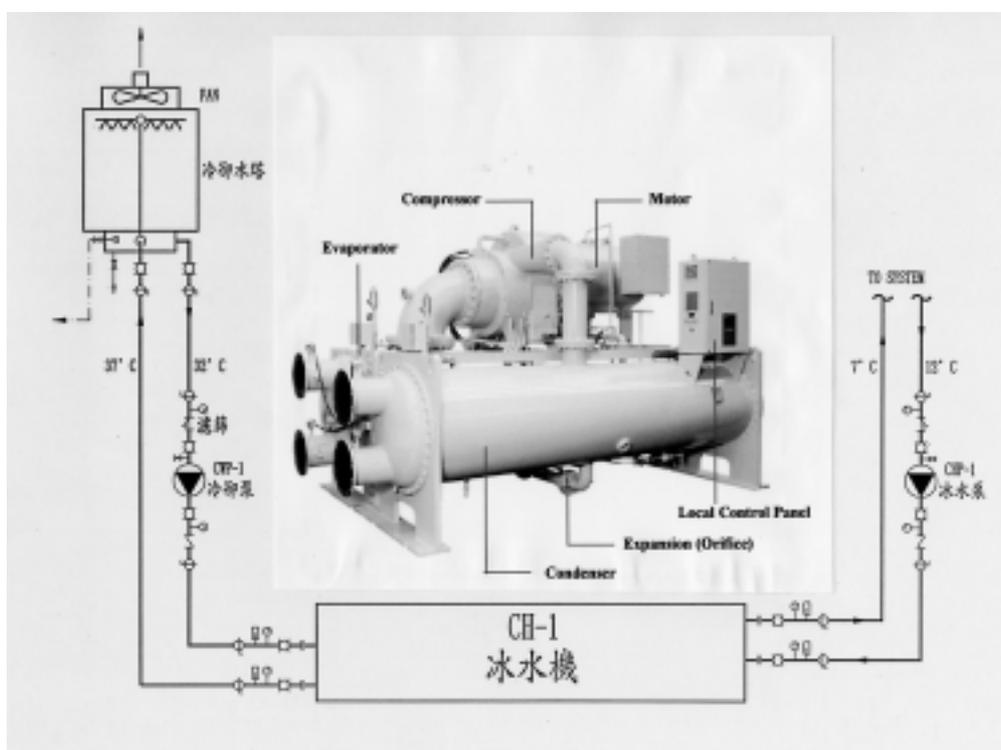


圖 1 系統流程示意圖 S:NO SCALE





- 2.定期正確校正機上所安裝之溫度計、壓力錶、電流錶等之讀數，如此方能正確判斷主機系統運轉條件，所作記錄才有意義。
- 3.如使用中央監控系統時，想要系統有效運作，更須定期校正各項輸入條件之正確，否則垃圾進，垃圾出，監控徒具型式，更須注意監視螢幕與機上儀錶讀數須一致。
- 4.以 R-134a 冷媒為例，蒸發溫度降低 1 度，或冷凝溫度提高 1 度，效率約減 3 %，主機冷卻容量亦減小，故相同冰水出水條件蒸發溫度越高越好，機器效率越高，如能提高冰水出水溫度，使蒸發溫度隨之提高也能提升效率，同樣的冰水出水條件下，冷凝溫度越低越好，所以在冰水機的冷卻水最低運轉極限(一般 18 ~22)以上，保持冷卻水溫度越低，冷凝溫度/壓力越低，機器效率及容量越高。

二、空調主機運轉條件偏離設計值時之處置：

空調主機運轉條件偏離原正常設計值時，冷卻效果將不良且能源消耗因之增加，必須即時處理，以下為與節能有關之異常運轉狀態與處理對策：

表 2 異常運轉狀態：冷凝壓力高

現象	原因	對策
冷卻水溫度高	大氣濕球高 風扇馬達故障 冷卻塔通風不良	加大水塔 檢修風扇 淨空水塔空氣出入口
冰水溫度過高	冰水機不當運轉	檢修排除
冰水系統正常 但冷卻水進出溫差小	冷凝器水箱短路	更換墊片
冰水系統正常 但冷卻水進出溫差大	冷卻水流量小	水泵故障排除 濾篩堵塞清洗 閥門正常開啟檢查 清洗水垢
冷凝溫度與冷卻水溫差大 (正常 2~4)(視廠家設計 而有不同)	散熱管結垢過多 冷卻水流量小	清洗水垢 水泵故障排除 濾篩堵塞清洗

閥門正常開啟檢查

表 3 異常運轉狀態：蒸發壓力過低

現象	原因	對策
蒸發溫度與冰水出水溫差大(正常 2~4) (視廠家設計而有不同)	冰水流量小	冰水濾篩堵塞清理 水泵異常檢修 閥門正常開啟檢查
	冰水系統積氣堵塞	排除空氣
	散熱管結垢	清洗水垢
冷媒量不足	高壓過高 低壓過低	充填冷媒
冰水進出溫差小 壓縮機負載高	冰水器水箱短路 冰水器結垢	更換墊片 清洗水垢
蒸發溫度與冰水出水溫度差增大 壓縮機吐出溫度上升	冷媒不足 冷凝不潔	充填冷媒 冷媒過濾再生

三、如何藉由調整操作空調主機系統操作條件以節約能源：

- 1.在滿足室內溫濕度條件下，冰水出水溫度越高越好，如白天以 7 出水，夜間離峰可調整為 8~10 出水。
- 2.在主機正常運轉條件下(洽主機廠商)，冷卻水溫度越低越好，夜間或春秋季如用變頻、雙速、分段控制水塔風扇，可調低其冷卻水出水溫度至 23~25，如果冷卻水溫太高，雖然省了冷卻風扇耗電，可能犧牲了主機可有的節能。
- 3.一般離心式冰水機最佳效率條件在 45~75 % 負載時，螺旋式則在 75~100 % 最佳，多台主機運轉，部份負載時可以藉由適當的台數控制，以維持冰水機在最佳效率運轉。



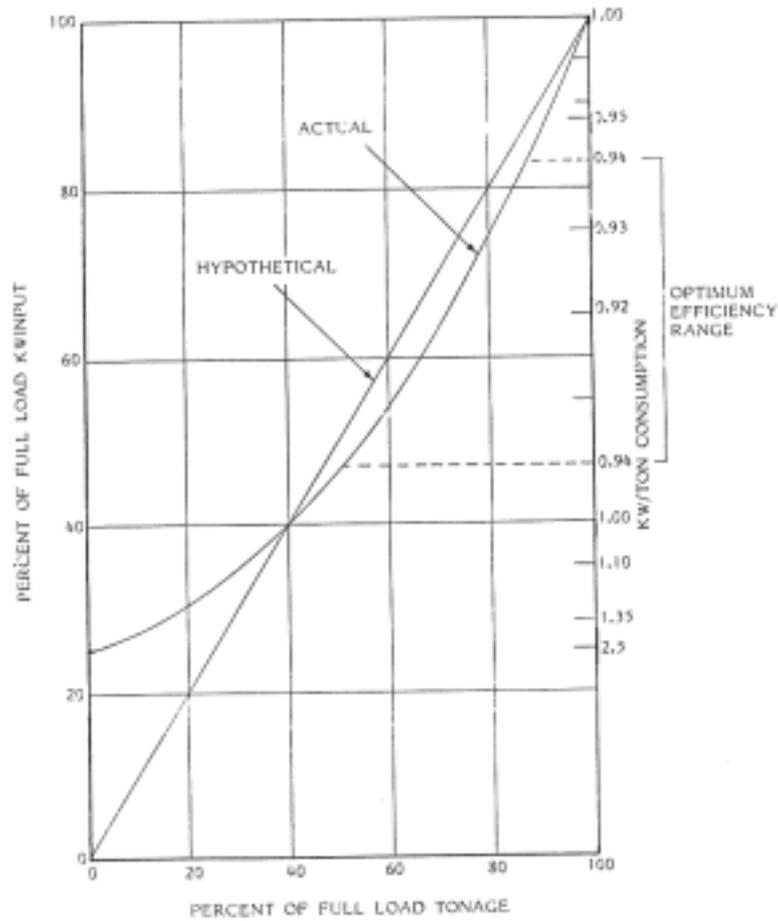


圖 2：離心式冰水機部份負載特性曲線

4.傳統上，冰水主機之冰水及冷卻水循環量都設計為固定流量，但目前冰水機效率不斷提升，耗電從 1kW/RT 降為 0.65kW/RT 時，相對的水泵馬力消耗佔空調系統耗電比例越來越高，如何進一步於空調主機系統部份負載節約冷卻水泵及冰水泵之用電，成為一個新的課題，因此，在部份負載時，減少水流量成為未來節能的一個方向，但須充分瞭解冰水機之部份負載運轉特性才可以如此作。

5.功率因素改善：

離心式冰水機之滿載運轉功因約為 0.92~0.95，低載時則降至 80 以下，如能負載側加裝自動功率因素，調節器將功因調至 0.95~0.98，隨著冰水機大型化之趨勢，每年節約之電費將甚為可觀。

肆、必要的儀錶與資料：

空調主機系統要節能操作，最重要的是其運轉狀態隨時保持在設計運轉條件，再經由微調使其達到節能，運轉條件的維持須有正確的儀錶及資訊，但一般空調操作者往往疏忽了手邊無應有的量測儀錶與資訊，以致隔空抓藥，不知如何正確操作調整主機，節約能源更是緣木求魚。

以下為空調主機操作者必備的儀錶及資料：

- 一、一組精確的溫度計、壓力錶、冷媒複壓錶，用以不定期檢查主機系統及監控系統之各項運轉儀錶讀數是否準確，很多系統往往有了偏差卻不自知，依然每天開機如儀。
- 二、一套工程竣工圖及使用設備之性能規格書，以便隨時查驗比對運轉性能數據是否與原設計相符。
- 三、一份使用冷媒特性圖或特性表，以便查對主機運轉之溫度、壓力與熱交換溫差是否偏離正常運轉條件。

伍、案例分析：

案例一：東電化股份有限公司—空調系統效率提升

該公司原使用之 540RT 冰水主機使用已逾 28 年，效率低且浪費電能 (1.68KW/RT)；另外 600RT 吸收式冰水主機亦故障報廢。空調箱約 17 台，使用已逾十年，底盤皆已鏽蝕，且熱交換能力不足。為節省能源之浪費及效率之提升，進行以下之改善：





- 1.選擇更換高效率空調主機 1000RT 及 500RT 各一部並採中央監控調整運轉；
- 2.冰水馬達加裝變頻器利用壓差控制馬達轉速,於離峰時段節省大幅電力。
- 3.冷卻水塔風扇加裝變頻器由溫度控制風扇轉速,節省夜間之運轉電力。
- 4.500RT 高效率離心式冰水主機導入,效率由 1.68kw/RT 提升至 0.64kw/RT。
- 5.1,000RT 高效率離心式冰水主機,可有效調配空調機組,達到節能之目標。
- 6.冰水管路以最適切方式重新配置。

整體節能改善估計可節省電力:4,347,561 kWh/年,節省電費:713 萬元/年,相當於抑低二氧化碳排放約 2,870 公噸/年;該公司投資金額為 1,212 萬元,預計 1.7 年可回收。



圖 3 導入 500RT 高效率冰水主機



圖 4 使用 1000RT 高效率冰水主機



圖 5 冰水泵及冷卻水風扇變頻控制

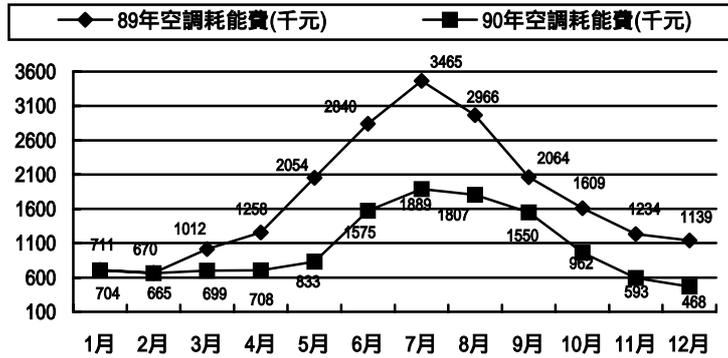


圖 6 空調改善前後實際耗電統計

案例二：台灣積體電路製造公司八廠—使用雙冰水主機系統

目前大部份的半導體廠皆只有單冰水溫度(5°C)系統來供應負載,該廠為響應政府推動節約能源措施,將冰水系統以 5°C & 9°C 之雙冰水溫度系統替代 5 單冰水系統來供應負載,提高冰水主機容量,降低電能消耗量。來達到能源之有效使用。(9°C 離心式冰水機效率>5 °C 離心式冰水機效率約 12%)系統設計如下圖所示：

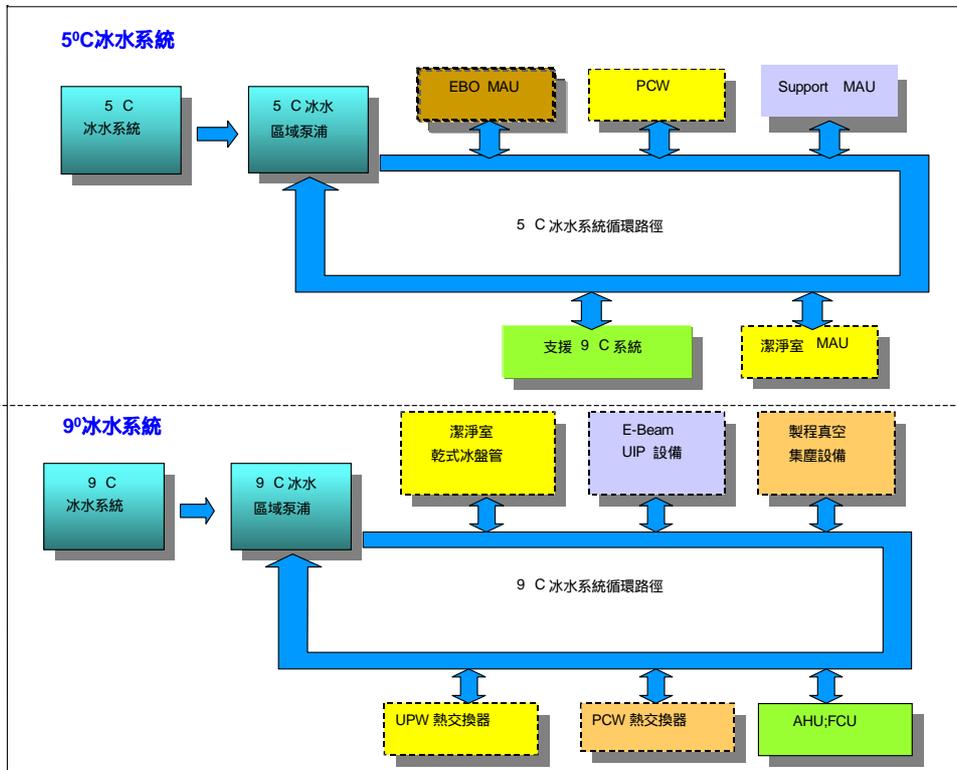


圖 7 5°C & 9°C 之雙冰水溫度系統





使用 5°C & 9°C 之雙冰水溫度系統,可省之電量 $2,488,320\text{ kWh/年}$ ·相當於抑低二氧化碳排放約 $1,642$ 公噸/年,節省電費 448 萬元/年

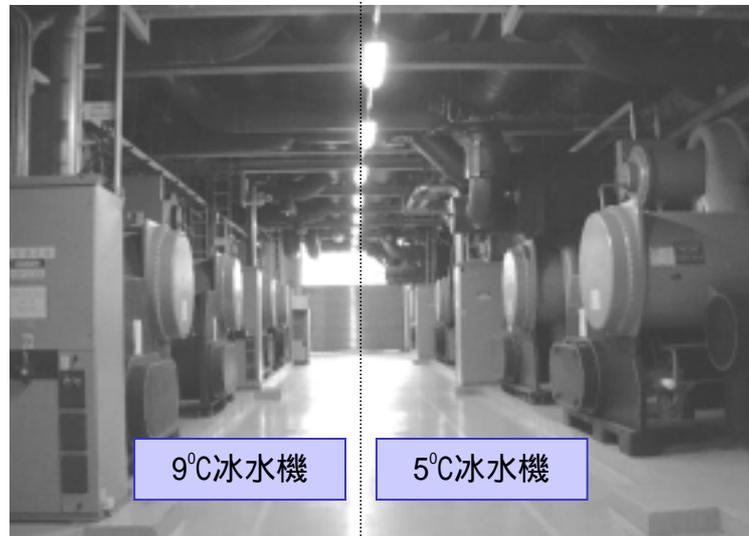


圖8 5°C & 9°C 之雙冰水溫度系統

案例三：長榮桂冠酒店(基隆)—空調系統節能改善

空調用電為飯店及旅館業主要的能源耗用,在現今不景氣的環境下,除了須努力開源之外,節省不必要之用電亦可為公司省下可觀之費用支出,該飯店在現有環境及設備下力求節能的改善空間,從許多小地方著手,節省可觀之空調用電,以下為該飯店對於空調系統之節能做了以下之改善,而獲得可觀之成效,值得同業效法:

1. 依現場實際需求,搭配適當之冰水機。
2. 外氣低於 16°C , $24:00$ 過後關閉冰水機,或低於 14°C 時關閉冰水機利用外氣引入館內。
3. 冷卻水塔自動溫度控制啟動。
4. 裝設冷卻水熱交換器 $700\text{ USRT} \times 2$ 組。
5. 空調箱、進排風機分時運轉。
6. 空調區域冰水泵變頻運轉。
7. 空調箱變頻運轉。
8. 廚房煙罩提供外氣,以補足煙罩排氣量,減少冷氣流失。
9. 帷幕玻璃張貼隔熱紙,降低空調負載。

該公司進行以上之措施及改善，在空調部分可省之電量 1,385,005 kWh/年，相當於抑低二氧化碳排放約 914 公噸/年。



450RT 冰水主機



120RT 冰水主機

圖 9 空調冰水主機 450RT x 2 台、120RT x 1 台，依現場實際需求啟停適當之主機。

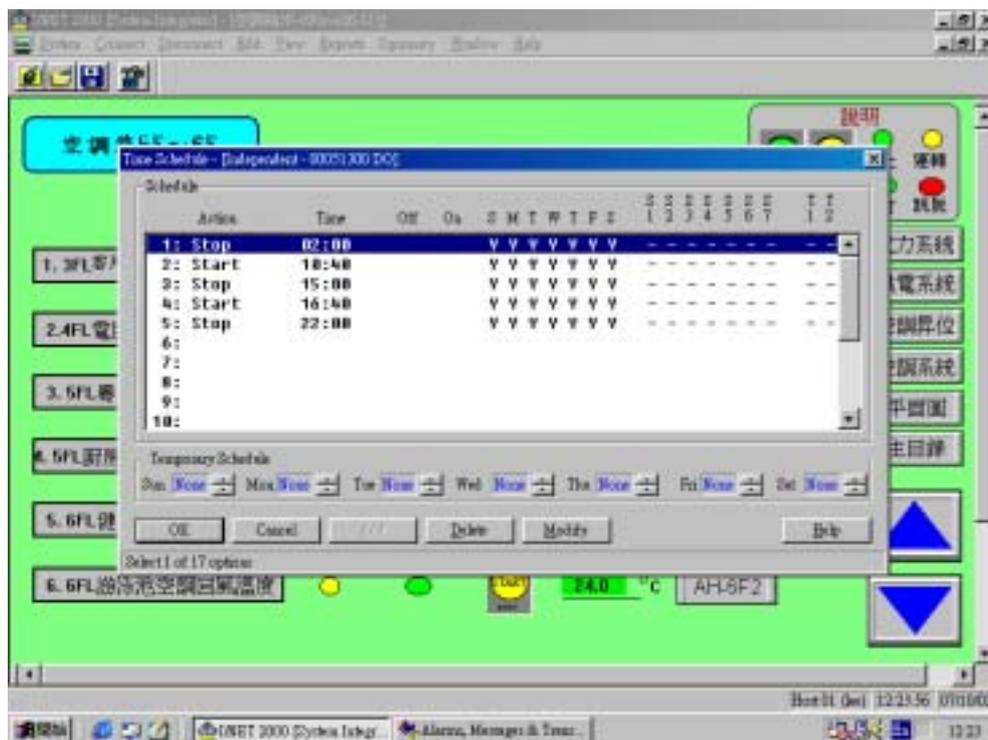


圖 10 空調箱分時啟、停控制節省能源





圖 11 冷卻水塔風扇
自動溫度控制啟動



圖 12 冷卻水熱交換器



圖 13 空調箱加裝變頻控制器



圖 14 冰水區域泵加裝變頻控制器



圖 15 廚房煙罩提供外氣，以補足煙罩排氣量，減少冷氣流失。



隔熱片



施工完成之帷幕玻璃

圖 16 帷幕玻璃張貼隔熱片，可降低室內溫度節省能源

陸、結語：

以上所述僅為使空調主機系統運轉省電的一些基本手法，實際的應用需配合建築物的使用特性作個別的考慮，而非一成不變，但最重要的是能源的節約是一點一滴累積而來，新系統良好的規劃固然可以節約能源，舊系統只要用心去作小的改善亦可節約能源，花錢增添設備可以節約能源，不花錢用腦亦可節約能源，只要我們隨時體認到能源來之不易而珍惜它。

