

# 『智慧型空調冰水機組效能應用與經濟調度』

李家居\*

## 摘 要

台灣近年來，常面臨電力公司尖峰供輸電不足之狀態，不但對於高科技產業也造成了重大的影響，也衝擊到其他工業，如加工區工廠、醫學中心(院)、飯店業、公共行政中心、機關學校----等等，正常運作之程序。因此當務之急即能夠儘快改善這種尖峰供電不足之壓力瓶頸。

本論文之主要目的希望能針對中、大型空調機組使用頻率高之場所，提供改善方法及建議，進而達到節能之效果。一般來說，此類用戶對於機組設備、管路系統、自動控制電路、節能用電裝置等專業知識不足，及目前空調系統業界對電力需量管理之技術研究、節約能源、降低電力限電壓力之觀念短缺，因此本論文亦針對此類問題提出研討及細部改善之策略。

而本論文主要利用圖形控制軟體，對每部空調冰水機組實際運轉各點參數值，施以負載容量控制、效率耗能、經濟調度評估等項目，進行機組系統負載監控模擬管理。

希望藉由本研究模擬分析結果，作為日後有效地技術移轉至實際機組調配監控，提供併聯式中、大型空調冰水機組對效能應用調度有更深入之探討與改善，達成節約能源為標的。

## 目次

- 一、摘要
- 二、研究背景與動機目的
- 三、空調機組之電力需量控制探討與改善調度
- 四、大型空調機組監視系統(SCADA)之節能應用
- 五、空調機組電力需量分析與效能比較
- 六、結論與未來展望
- 七、參考文獻

---

李家居\* 高雄高工建築科技士／國立中山大學電機工程研究所工學碩士／國立中山大學電機工程研究所博士班進修中／行政院職訓局冷凍空調甲乙丙級技術士、術科技能檢定合格監評委員

# Efficiency of Energy Application and Economic Dispatch For Intelligent Control of Chiller Units

Jia-Chu Lee\*

T.P.Tsao\*\*

Department of Electrical Engineering

National Sun Yat-Sen University

## ABSTRACT

In recent years, the insufficient supply of electricity on rush hours has not simply led to negative impact on hi-tech industries, but also impeded the normal operation of industries, such as factories, medical centers, hotel business, public administration organization, schools and so on. The most important thing we have to do is to come up with a solution to such a dilemma.

This thesis is to propose a better way and suggestion for the places with high frequent operation of medium, large size air conditioner units, which achieves to make efficient use of energy. Generally speaking, such kind users lack sufficient knowledge concerning chillers equipments, pipe system, automatic control circuit, energy saving equipment. In addition, air conditioner industries do not care about such awareness of technology research of power demand, energy saving, and under power limited pressure. Therefore, this thesis also attempts to find a solution to the problems.

Moreover, this thesis mainly makes use of graphic control software to assess actual various parameters with load capacity control, efficiency consume energy, and economic dispatch, and then to get into units system load monitor model management.

Hopefully, such model and analysis of the experiment could be regarded as an efficient technique applied into actual units distribution monitor, and furthermore, would provide parallel medium, large air conditioner chiller units with not simply deeper discussion but also more efficient solution to the goal of energy saving.

\*Author

\*\*Advisor

## 2.1 研究背景

科技的文明進步，人類對於空調品質的需求也日愈顯著;由於台灣經濟起飛，晶圓設計代工、半導體積體電路、光電液晶、電腦電子通訊業等工廠相繼大量投入生產，工業化的腳步蓬勃快速發展，人民的物質生活條件準位提高，因此電力需求供應亦相對快速地成長。台灣電力公司必需負責供輸日愈成長的電力需求量外，尚且要面對電源的開發（例如：核能電廠第四廠之興建、民營汽電供生機組並聯利用、太陽能、水壩水力、風力機組發電等設施）。電力系統品質穩定度、人類高漲的環保意識、建廠用地的取得、燃料價格高漲的種種難關。

爲了因應產業結構變革，各行各業之大型空調負載電力需求量俱增，隨著負載成長每到夏月酷暑時段，用電量急遽激增；各用戶尖峰負載量超過契約容量，導致所超過需求量部份將加收一至二倍之電費罰款，如台灣電力公司收費標準法規。

詳究其原因爲：

- (1) 電力需量用戶所選定之契約容量，未隨空調機組負載季節變動成長，未依時節予以檢討分析。
- (2) 一般大型空調用戶未裝置電能中央監控管理系統，導致尖峰時段電力需量值，超出與台電公司訂定契約容量值時；無法即時對機組實施卸載措施。
- (3) 專業冷凍空調設計人員(師)缺乏對大型機組負載態、機器設備，各運轉點參數統計資料了解利用；其中，「空調機組調派」就是規劃系統經濟運轉的一項重要課題。

當空調系統機組組態選定之後，須依負載需求量執行「經濟調度」，分配每一部被選定機組施以造冷能力，使總消耗電力計量成本最低。若機組調配恰當，能在不影響系統設備、負載容量正常運作下，減少虛耗機組部數，其節能效益自然彰顯；顯而易見「空調機組調派」責任工作的重要性與必然性。

## 2.2 研究動機與目的

電力需求面管理控制在國內雖已行之多年，但由於缺乏系統技術化本土人員整合規劃開發應用，且多數爲國外進口軟硬體技術，致使無法適應國內空調用電環境需求，導致成效不彰。

本論文係遵循冷凍空調基本理論，配合控制系統架設及受控負載端各點參數取樣分析比較，進行機組之能源效率經濟調度排程；達成效能應用爲目的。

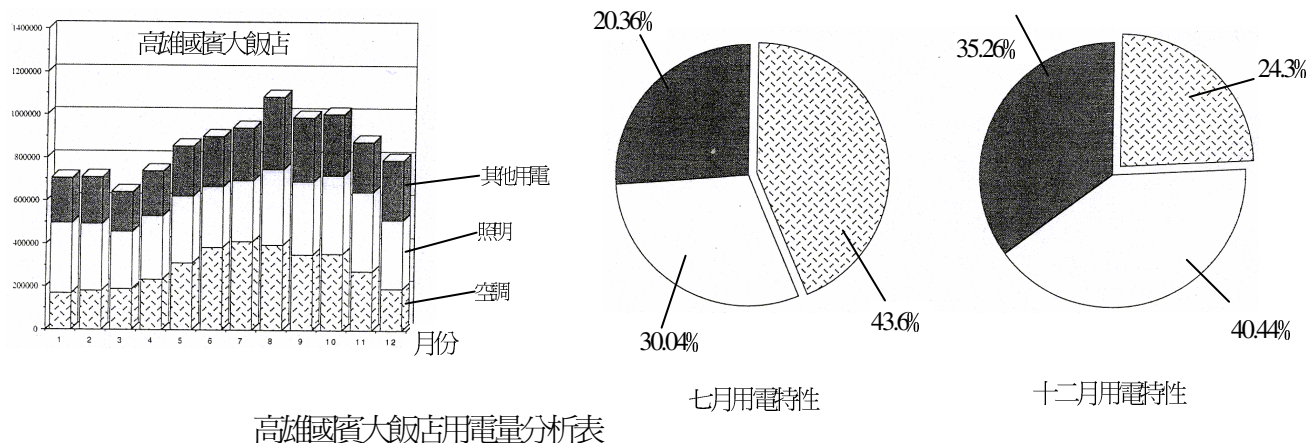
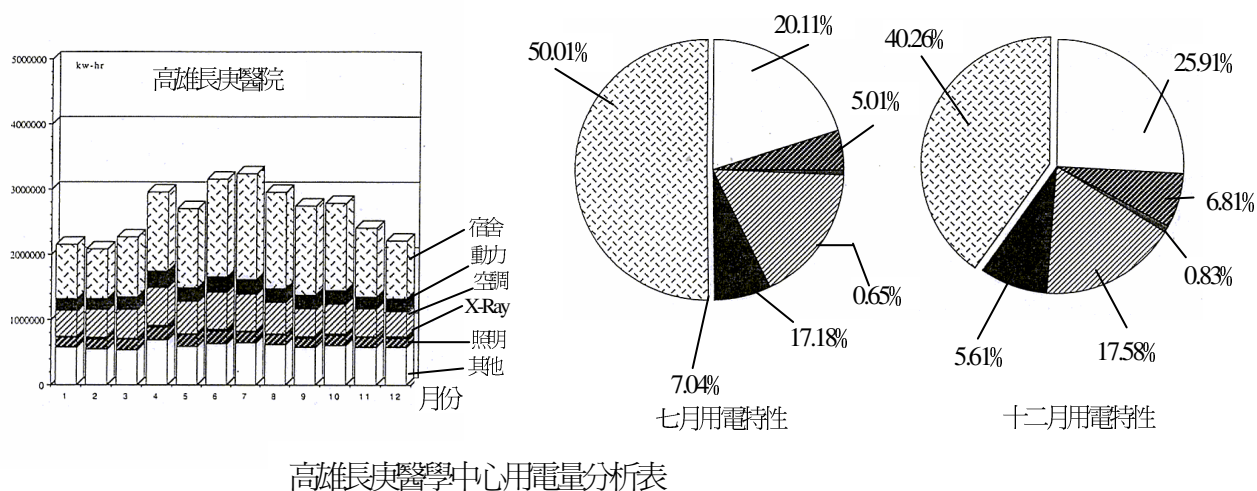
從實例中，針對併聯式與複合式冰水機組運轉數據，自動偵測空調負載電力需量與耗能，模擬一套能源節約之管理方法。預期本研究技術日後將可有效地移轉至實際機組控制，藉由電力需量管理成效，舒減尖峰供電不足之壓力；降低電費支出，達成經濟調度能源效率應用理想目標。

## 3.1 調機組之電力需量控制探討與改善調度

長久以來，台灣電價一直相當低廉，雖然創造了高經濟成長，但也讓產業界及社會大眾養成浪費能源的習慣，因爲電價便宜，故國內產業仍然一直在生產高消耗電能，低效率的機器設備，大型機組如空調冰水主機，泵浦，風車，小型家電及分離式冷氣設備等。若屬國外製品之大型空調主機的耗電量是 0.65kW/RT，但國內生產的機器就要 0.9kW/RT，兩者之間差額就浪費了 25% 的電力消耗，同樣的在小型家電及照明設備也一樣，雖然目前有一些廠商研發出高 EER 的冷氣空調設備。長時間以來欲達成高效率技術目標一直無法突破。且由於台灣目前大部份現存機器設備之維護工程作業，未能徹底落實維修保養及適時汰舊更新高效能的機組設備，導致機組運轉點效能差，造成電力能源大量的浪費。

雖然政府在政策上已頒佈"民營公司購置節約能源設備或技術適用投資抵減辦法"及由台電所提出自發性的節約能源政策，但是成效不彰，推廣上未能徹底落實。因爲台電本身是以賣電而維持營運，爲了迎合政府節能政策，只是消極性地宣導節約能源口號，未確實積極性地提出節約能源管理辦法。國內政府機關比較浪費能源，因爲電費由公帑支付。百姓無法體會，多數機關編了預算裝置中央空調冰水系統，卻未考慮到電費及維修等問題，造成很多機關如學校電費繳不出來的窘況，而工商業界由於考慮經濟成本效益分析，故電力耗能尙不致太嚴重（超約契約容量）。

根據經濟部能源委員會估計，台灣地區冷凍空調產業規模與經濟發展同步迅速成長。有鑑於此，經濟部正大力推廣高能源效率之中央空調冰水機組，下圖為台灣地區典型醫學中心、高雄國賓大飯店之逐月用電量分析表，其中空調用電約占25% ~35%，於夏



季甚至高達40% ~50%。由於我國能源有93% 以上仰賴進口，冷凍空調機組設備的日益普及，造成台電公司夏季尖峰時段常呈現電力供應不足極大壓力產生，以期各區域冷房系統發揮節約能源效益。

### 3.2 傳統大型空調機組之電力需量控制耗能分析

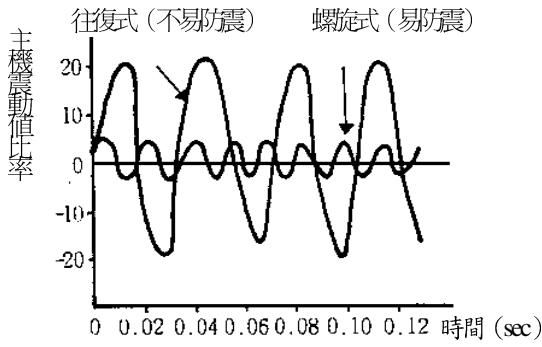
任何一種新設備或新技術在引用以前，必須就它的性能、效率與經濟價值加以比較;適合用而又合於經濟效益，才有引用的正當性和必要性。就解決冷媒問題而言，螺旋式冰水主機已有絕對的必要性，而它良好的機能，包括構造、重量、震動、噪音以及維護所需的物料、人力，螺旋式冰水主機也有相對的優越性。經濟效益最大的耗電量亦即滿載耗電量，以及部份負載耗電量更需分析比較。下圖及表為往復式與螺旋式冰水主機，震動與噪音比較資料。

部分負載的實際負載量，並不是平均分配於一天各個時段，如能就一般負載狀況作一次實際計算，將更具意義。下面就以同樣都是節能型150RT的離心式冰水主機與螺旋式冰水主機的耗電量(107kW與112kW)，進行進一步的比較。

首先由兩種150RT冰水主機全負載時的額定耗電量，依據各自的部分負載耗電比，求出在不同負載比時各自的實際耗電量。計算如下所示。其中節能型螺旋式冰水機150RT(112kW)：

密閉耦合離心式冰水機150RT(107kW)：

噪音值比較(db)



型 式	螺旋式	往復式
30kW	60	74
37kW	63	75
45kW	63	77
60kW	69	77
75kW	71	78
90kW	71	79

冰水機的震動比較

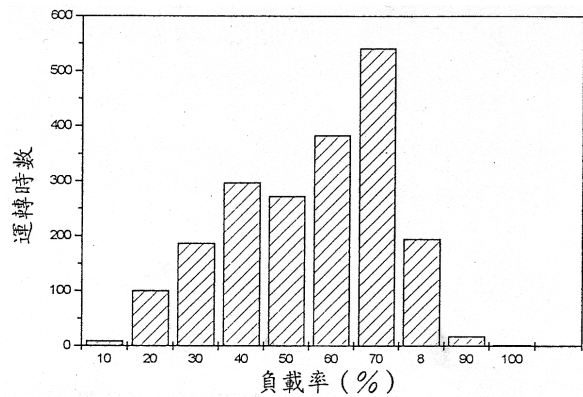
負載比耗電量比較

冰 水 機 型 式	螺旋式	離心式
100%	112	107
90%	90.7	94.2
80%	72.8	82.4
70%	58.2	70.6
60%	47.0	60.0
50%	38.0	51.4
40%	31.4	42.8
30%	29.1	35.31
20%	—	—

其次，依據資料，設台灣地區一般空調，一年中部分負載自所佔時間的比率如下(全部運轉時間為100%)：

負載比	實際所佔時間比
100 %	3 %
90 %	5 %
80 %	8 %
70 %	18 %
60 %	20 %
50 %	20 %
40 %	16 %
30 %	10 %

部分負載佔全年運轉時間比



傳統式中央系統之水水負載頻度圖

上述數據可求得兩種機型在各負載比下的耗電基數；亦即

全年總耗電量 = 耗電基數 × 全年實際運轉時數

150噸節能型螺旋式冰水機與離心式冰水主機不同負載之耗電基數比較表，如表4.10所示。

節能螺旋式與離心式冰水機不同負載之耗電基數比較表

負載電基數	節能螺旋式	密閉離心式
100%	3.4	3.2
90%	4.5	4.7
80%	5.8	6.6
70%	10.5	12.7
60%	9.4	12
50%	7.6	10.3
40%	5.0	6.8
30%	2.9	3.5
總耗電基數	49.1	59.8

因此螺旋式和離心式冰水主機的耗電量與經濟效益，進行分析和比較(一般型螺旋式冰水主機，未裝節能設備的螺旋式冰水主機，它的耗電率(kW/RT)約在0.86~0.9或0.93(如大同40RT、80RT)之間，大略與往復式冰水主機差不多;綜合上述，選用螺旋式冰水機的主要原因有下三點：

- 1.螺旋式冰水主機的機械接觸動作點少、零件少、噪音低、震動小、機身輕巧、構造簡單，在使用、維護保養上較往復式、離心式傳統冰水機組，有重大突破的趨勢。
- 2.節能型螺旋式冰水主機比節能型離心式冰水主機，在全負載額定耗電量上雖略高約9%，但在一般性空調的全年實際耗電量計算上，可減少15% ~20% 左右;雖主機的單價可能稍高，在契約容量電力消耗經濟上考量仍有相當大空間。
3. R-11&R-12冷媒在國際環保公約組織已下令禁產下，R-123& R-134a的新代用冷媒尚未普及化市場時，仍有一段空窗時段內，R-22螺旋式冰水主機實是當下之高效率冰水機組的優勢所在。

其次，從離心式冰水主機耗電量及效率的演進來看，機組每 kW/RT 耗電量從 0.9 逐年降低到現今的 0.5，冰水主機每冷凍噸的耗電量已經很低了，為何主機製造商還要研發新一代變頻式的主機。主要目的在於傳統離心式的主機在部份負載時有其缺點存在，起動電流過大、負載卸載低於 50% 以下會造成機器湧浪現象產生、噪音高，運轉操作範圍不夠大，耗電量增加等，但是變頻式的控制有其優點，操作範圍可從 25% ~100% 無段變速、消耗電量可達到 0.3kW/RT、且無起動大電流問題、並可減少噪音、湧浪及提高功率因數等現象，並比傳統式冰水主機節省 20% ~25% 的能源，以變頻式的優點來說無疑對能源用戶提供一個減少能源浪費的解決方案，因為空調主機是整棟建築物的心臟，以大型空調之離心式 250RT 以上的噸數來說，其輔機設備如泵浦、風車等全數變頻節能總合起來的耗電量還不到一台變頻式主機所節能的費用，可見其效率之高。

上列說明了解空調負載應用上，變頻控制和非變頻控制其耗電量是差距頗大的，且運轉範圍比例更

大，尤其負載在 20%~60%之間，其耗電量可減少 20%~25%，對於空調節能控制技術是一種革命性的變革。變頻控制的優越點既然這麼多，實際運轉上為何不廣泛推出應用，主要原因是冷媒壓縮機馬達的變頻控制技術理論高深、研究層級相當高，重要關鍵技術大部分掌握在日本及美國產業界中，且該項工業技術皆有其申請國際專利，日本空調業界擅長氣冷式直膨多聯型變頻應用，美國則擅長大型冰水主機設計，而且離心式變頻應用不單是以設備買賣就可為各戶解決問題，必須考慮相當多的技術問題，如效率上的比較、投資金額及回收年限、系統整合及售後維修服務。因為變頻控制技術屬於相當複雜的控制系統，維修人員除了要了解離心式的原理及機械運轉特性外，尚必須了解系統控制電腦數位邏輯流程、變頻器的應用、PWM 諧波驅動電路及冷媒系統整合，對於目前台灣維修基礎技術人員是一個相當大的難題考驗。故目前離心式冰水機變頻控制的應用，最大的阻力是如何消除業主的疑慮，使業主接受該型機組是非常重要的，而非單純的就節約能源著手，況且新的建築物目前並不適合，主要是沒有任何歷史用電、耗電量曲線及負載變化情形資料來驗證符合，可以節約多少電費也並沒有任何依據來判斷。

## 4.1 監督控制科技起源發展

SCADA是監督控制、資料匯集整合系統的簡稱(Supervisory Control And Data Acquisition System)。SCADA系統一般而言必須具備以下四個基本功能:

1. 控制系統：主動操作一些設備，如電容開關、鍋爐等。
2. 狀態顯示：提供系統狀態的一些訊息，如開關開閉ON-OFF，機器之啓停(週期或非週期性)狀態。
3. 告警系統：用來警告系統正要或已失常，如用電量超約使用過多、溫度及壓力太高、電流逾超設定值等。
4. 資料量測、匯集系統：儲存任何可量測且選定測量點的資料收集，作為日後設備維修保養，提供歷史資料參考的依據。

## 4.2 SCADA能源管理科技發展史

早期的SCADA系統採用電機機械式(electromechanical)設備，如同步選擇器(Synchronous Selector)，這些系統以配合(matching)主控站及遠程控制站的步進繼電器(Stepping relay)來傳送命令、系統狀態的監視、控制量測及警示各有其操作的系統，以司其職，在此時速度並非十分重要，對位置選取或資料位元的匯集需時約10~15秒。

由於對系統的需求增加，西元約1940年中，第二代SCADA系統改正早期速度太慢的系統，這些系統採用至今仍存在的，以脈波式傳送信號的電機機械電話式繼電器，而這些設備首次應用於記錄量測的數據，且許多傳送的功能也不足，對每一待測點需要一條電話線的缺點，但其仍有一些重大缺點如下:

- 1.由於採用低能量的脈波式信號，由連接主控室及二次系統的低品質電話線產生的雜訊容易被誤為信號，而造成操作錯誤或資料錯誤。
- 2.當時使用的繼電器大部份為被動元件方式，平時均無動作效用(inoperative)，只有被要求時才動作，然而有些命令不是常，繼電器可能會在命令與命令間有不正常誤動作或損害設備。

在大量的使用固態通訊的技巧及應用個人電腦，這些系統演繹成今日的SCADA系統。這些系統使用固態電路連續的掃描監視在遠處的測量點，測量及記錄資料，也在個人電腦的指揮下執行控制的工作。近來科技的突飛猛進，低功率高速的積體電路及記憶體的設計，已使 SCADA 進入他的第四代，將來應用微電腦在遠程系統(remote station)，提供智慧型分散控制及資料處理乃必然趨勢。

## 4.3 資料量測

量測的準確度是SCADA系統中最重要項目，也是早期系統問題中一個主要原因，其輸入的資料乃是由裝置在次系統中的感測器所提供，這些感測器可分：

1. 狀態輸入：即數位信號的輸入，用來顯示一些開關的狀態，較常見如斷路器(Breaker)等，警示的信號如變壓器溫度界限、壓力界限、系統安全性，也是狀態輸入的一種。
2. 類比輸入：類比的資料包括即時(real time)量測系統的某些變數，如：電壓、電流、瓦特計、溫度、壓力等。

## 4.4 通訊系統

在SCADA系統中，最難理解且類比訊號取入最不可靠的部份，通常是連接主要控制器及遠程單元的通訊協定網路部分。一個基本的通訊系統可包括四個基本單元：中央控制器、信號傳送器、通訊通道，及一個接收器。

中央控制器：其任務屬於處理資料輸入及輸出命令並連接週邊設，作資料處理、信號處理、解碼及監督之責任。

信號傳送器：將信號加在通訊通道上，以無線電波為例，即把信號調變後加於電波上傳輸。

通訊通道：傳送輸出的可控載波信號，有時也用來作為開關的控制。

信號接收器：包括天線、解碼器、控制開關，可用來解除信號編碼，進而操作開關動作。

第一代的通訊系統是中央集權式的星形結構，由中央電腦控制以詢問(Polling)方式操作資料通道，而遠距離單元一般只作資料收集的功能（見圖4.1）。

第二代的系統也是以中央集權式為基礎的多分歧系統(multi-drop)，各遠距離單元與中央監控系統以一條資料通道連接（見圖4.2）。

第三代的系統是以分散式的方法控制資料流向，被稱為"無主副"通訊網路（見圖4.3）。

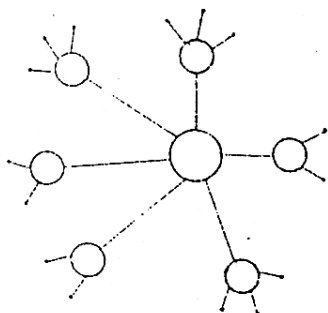


圖4.1 第一代通訊網路架構

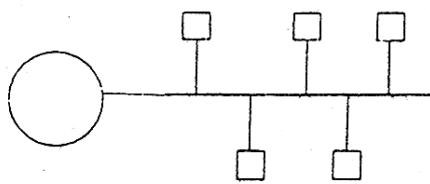


圖4.2 第二代通訊網路架構

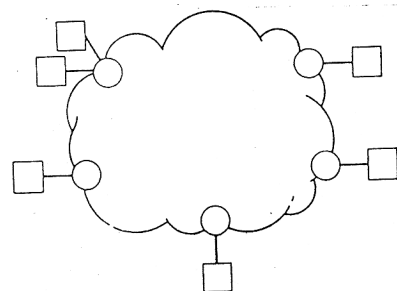


圖4.3 第三代通訊網路架構

## 4.5 傳統大型空調機組實施空調週期性暫停運轉情形

國內為瞭解中央空調機組運轉中採取間歇性暫停用電是否能在台灣地區實施，台灣電力公司於80年度進行可行性研究評估，證實此方案值得推廣，並且以尖峰(10:00~17:00)，每運轉60分鐘，暫停15分鐘之方式為最佳。



台電大樓採行運轉60分鐘，暫停15至20分鐘之暫停冷氣用電方式，冰水出口溫度7°C，室內溫度、濕度變化不大，均符合人體對室內環境之舒適範圍，為員工普遍接受，且減少用電量12% 至16% 於電力負載尖峰時段，實施冰水主機運轉60分鐘，暫停15分鐘，主機之配置以擁有5部主機最為恰當，可作輪流暫停歇息節能，對於溫、濕度之變化則不易使人覺得異常，且由於恢復用電時段錯開，不會影響啟動瞬間之超負荷。

另依據工業技術研究院能源與資源研究所之測試報告指出，對於一般空調用戶，建議採用冰水主機運轉60分鐘，暫停15至20分鐘之暫停方式，可抑低尖峰壓縮機用電量約23.8% 至38.9% ，且室內溫、濕度變化不大，用戶仍可接受，節約能源效果以辦公大樓、大飯店、加工區工廠及政府機關學校較顯著。

### 一、直接控制(Direct Control)

在電力公司制訂的用電尖峰時段(例如台灣電力公司制訂的用電尖峰時段為夏日(10:00~17:00)內，作供電與斷電規律的交替動作。這種模式供電的時間與斷電的時間固定，且可依不同時間、不同地區，作彈性調整，主要考慮方向為避免過度犧牲用戶用電，造成用戶的不便。

### 二、局部控制(Local Control):

由用戶依據其當時之使用狀態，如外氣溫度、氣候狀態、使用需求及當時設備運轉程度等，作為何種裝置可控制，及如何控制之判斷方式。此種方式為最簡單及最早使用之控制方式，由用戶視其用電型態而進行局部暫停用電控制。常見之控制方式有:

- 1.需量限制(Demand Limit)
- 2.時控開關(Time Switch)
- 3.溫度控制系統(Temperature Control System)
- 4.複合系統(Multiple Technologies System)

### 三、分散控制(Distribution Control):

為達到控制負載之目的，而運用上述不同組合之控制技術者，稱為分散控制。特色為綜合上述二種方式，由電力公司經由自動電腦監視系統，於施行暫停供電前，送出訊號至用戶，而由用戶視其實際用電情況與裝置之特性，自行切斷或調低用電器具之用電量，以符合與電力公司簽訂之可停契約容量需求。

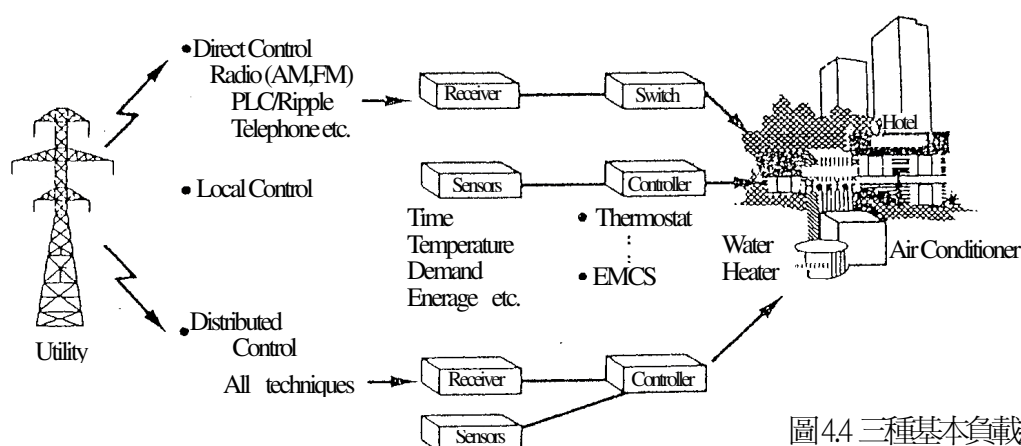


圖 4.4 三種基本負載控制方式

分散控制較能契合實際「可停」(用戶認定較符合人性化)電力負載之需求。

中、大型空調(冰水)機組SCADA遠端遙控電能監控系統，以微電腦PC-based控制器為基礎，結合PLC或單晶片控制器與人機界面及資料擷取系統，提供既經濟又有效的方法進行機組耗效能監控。系統之核心在於資料之傳輸及透過區域網路功能的提昇，系統之開放式模組化控制器除能對機組設備適當之需量控制外，藉由PC-based人性化圖控人機界面軟硬體，得知機組電力耗能監控系統實際狀態，更便捷地蒐集到各點參考資料及對電力需量做出最有效的控制。在中央監控執行系統中樞電腦上，人機界面圖形化、簡報工具及直接觀察機組的動態運動畫面，其系統架構如圖4.5所示。

遠端遙控空調冰水機組之運轉資料，電力耗能、機組異常告警警示系統所取得之重要資訊，透過區域網路進行資料的傳輸，使專業技術操作者不論身處何地，只需連上區域網路系統，便能針對任何一部空調(冰水)機組系統進行遠端監視及控制，達成智慧型人機界面圖形化最佳功能，其系統動作流程圖，如圖4.6所示。

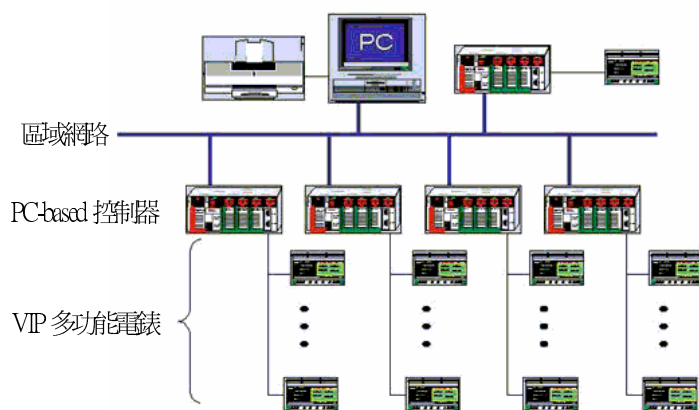


圖4.5 圖控系統人機界面系統架構

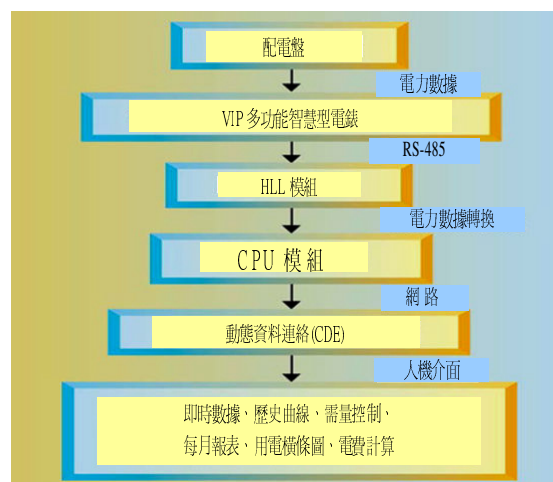


圖4.6 系統動作流程圖

1. VIP 多功能智慧型電錶：為電子式多功能智慧型電錶，能測量數據包括：V、I、Pf、Var、W 等，VIP 電錶除能經由 RS485 電纜線與個人電腦連接外，亦可以相同連線方式與其他設備相連接。每隻電錶均擁有獨自的位址，使用者可經由軟、硬體進行設定、控制，下圖 4.7 所示即為 VIP 多功能智慧型電錶之外觀圖。

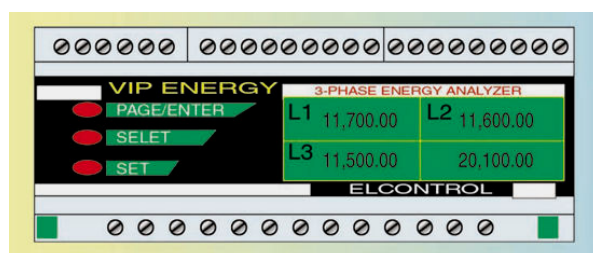


圖4.7 多功能智慧型電錶(VIP)

2. PC-based 控制器：一般市面上所售之控制器皆為一種開放式控制器，使用語言為 IEC 61131-3 國際標準語言。與傳統的控制器相較，但該類型 PC-based 控制器的優點在於開放式程式設計功能、資料處理、資訊的連結及可透過網路進行遠端控制等。如下圖 4.8 所示，

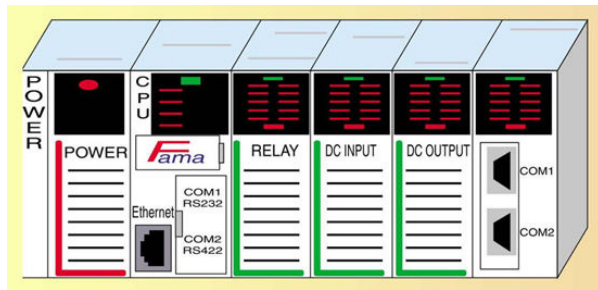
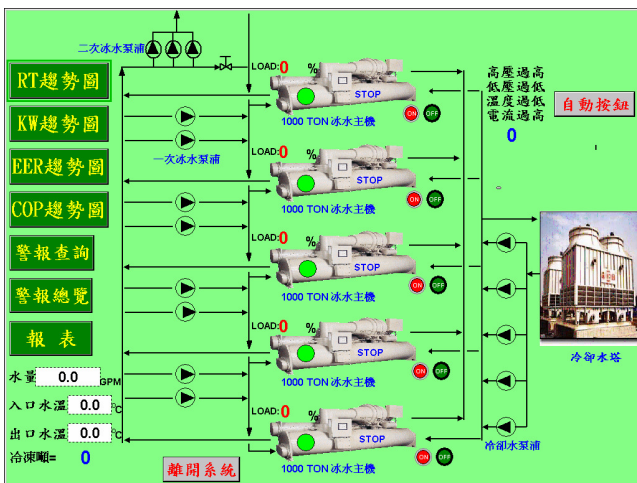


圖 4.8 PC-based 控制器外觀圖

人機界面&圖形監控系統其功能如下：

- 1.設備運轉即時數據與動態圖形監視畫面
- 2.歷史曲線趨勢圖(LOG)
- 3.詳細的機器運轉報表
- 4.警報系統
- 5.契約容量電力需量監視與控制

主畫面



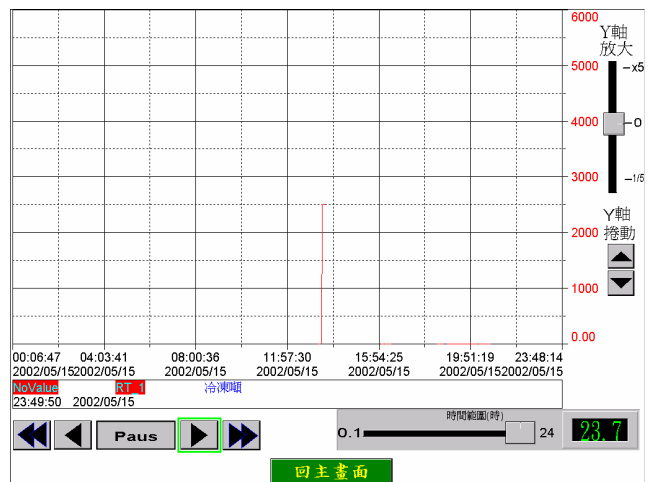
警報總覽畫面



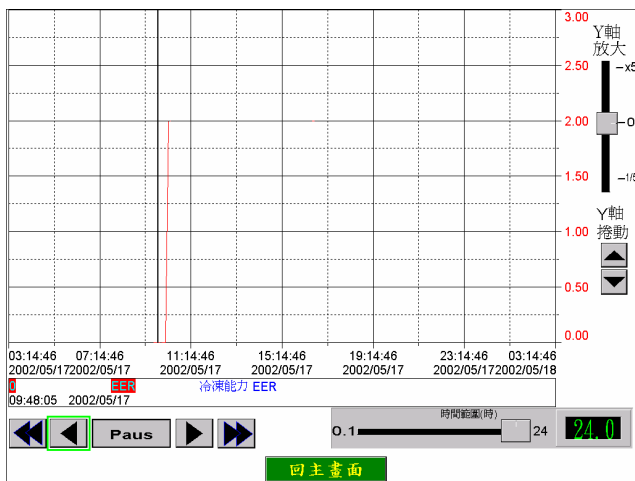
EER、冷凍噸、  
主機消耗實功率報表畫面

日期	冷凍能力 EER	實功率	冷凍噸
05/08	3602.29		
05/13	12.00	0.00	0.00
05/14	0.00	0.00	0.00
05/15	0.22	34.44	278.89
05/16	0.00	0.00	0.00
05/17	0.67	0.33	0.67
05/22	0.00	0.00	0.00
總值	0.00	0.00	0.00
最高	3602.29	34.44	278.89
平均	516.45	5.80	46.59

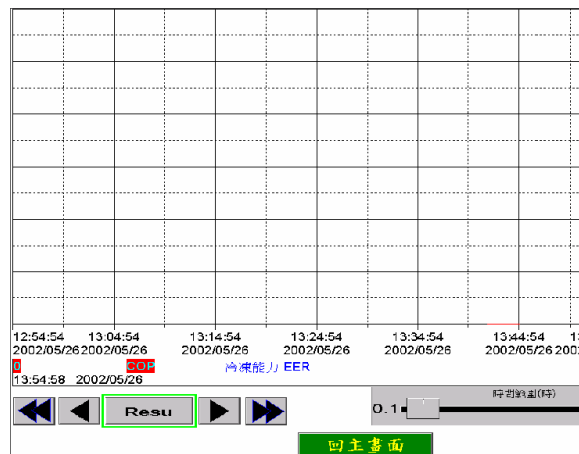
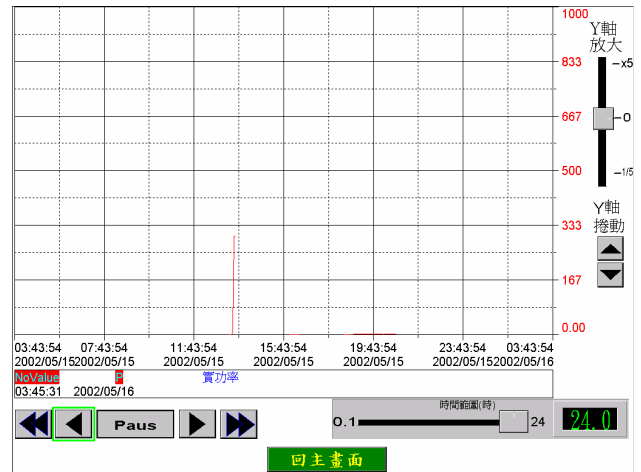
負載變化趨勢圖畫面



EER歷史趨勢圖畫面



主機消耗實功率kW歷史趨勢圖畫面



COP(kW/RT)歷史趨勢圖畫面

### 5.2.1 電力耗能與效率分析

一般中、大型空調冰水機組其電力消耗標準，是以所謂之 EER(能源效率比)及 COP(耗電量 kW/RT)來為評定機器耗電狀況多寡之依據。

以下各類運算式係針對離心式中央系統空調冰水機組群模擬耗電量與輔機設備計算分析：

如表 5.1 所示,採用 YORK 1000 (Tons) 離心式主機來分析比較之。

表5.1 YORK 1000RT 離心式冰水主機變水溫與定水溫負載能力耗電量照表

PERCENT LOAD(%)	CAPACITY TONS	PERCENT POWER	INPUT POWER	CWT (°F)	UNIT PERF (kW/Ton)	冷卻水固定水溫 (°F)
100	1000	100	740	91.4	0.74	91.4
90	900	82	608	86.1	0.676	91.4
80	800	69	512	80.8	0.64	91.4
70	700	60	441	75.6	0.63	91.4
60	600	51	377	70.3	0.628	91.4
50	500	43	318	65	0.636	91.4
40	400	38	280	65	0.7	91.4
30	300	33	247	65	0.823	91.4
20	200	30	221	65	1.105	91.4
13	125	28	206	65	1.648	91.4

表5.2 YORK 1000RT 離心式冰水主機變水溫轉換為定水溫負載能力耗電量照表

YORK MILLENNIUM CENTRIFUGAL CHILLER SELECTION PROGRAM (ADE019/020)**				
PERCENT LOAD	CAPACITY(TONS)	INPUT POWER(KW)	UNIT PERF(KW/TON)	冷卻水定水溫(°F)
100	1000	740	0.74	91.4
90	900	685.24	0.76	91.4
80	800	630.48	0.788	91.4
70	700	575.72	0.822	91.4
60	600	520.96	0.868	91.4
50	500	466.2	0.932	91.4
40	400	411.44	1.029	91.4
30	300	356.68	1.189	91.4
20	200	301.92	1.51	91.4
13	125	247.16	2.471	91.4

NOTE-LAST DATA LINE IS PART LOAD OPERATING LIMIT WITH PRE-ROTATION VANES (2).

INPUT DATA PECIFIED (0=N MIN%LOAD SPECIFIED=10

CAPACITY (TONS)=1000 VOLTS=3300  
 STARTER TYPE=(8) PRIMARY (65%TAP/65%INRUSH)=3 LEAD  
 EVAPORATOR- TUBE=183  
 PASSES=2 GPM=2667. LEAV TEMP(°F)=41.0  
 CONDENSER- TUBE=223  
 PASSES=2 GPM=3327.  
 ORIFICE=VARY

CERIFIED IN ACCORDANCE WITH ARI STANDARD 550/590-98

註：1.一般壓縮機馬達空轉運(No Load= 0% )下，其馬達耗電量為滿載之23% ~29% ，故取26% ×740kW = 192.4kW

2.輔機馬達(冰水主機 = 1000Tons/台)為：

- (1).冰水泵浦 = 150HP = 112.5kW
- (2).冷卻水泵浦 = 125HP = 93.75kW
- (3).冷卻風扇馬達 = 50HP = 37.5kW

3.冰水水量 = 2667GPM/台

4.冰水器出回水溫度差  $\Delta t = 5\sim 6^{\circ}\text{C}$

5.  $^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \times ^{\circ}\text{C} + 32$

(案件一) .假設一中央空調冰水機組冰水並聯系統其設備容量如下：

- 冰水主機 = 1000Tons/台 × 2 台 = 2000Tons
- 冰水泵浦 × 2 台 = 150HP × 2 台 = 112.5kW × 2 台
- 冷卻水泵浦 × 2 台 = 125HP × 2 台 = 93.75kW × 2 台
- 冷卻風扇馬達 × 2 台 = 50HP × 2 台 = 37.5kW × 2 台

則當負載量為 30% ~100% 之間耗電量與年總消耗\$金額壹組輔機每年消耗\$金額部份：

$$= 325\text{HP} \times 0.746 \frac{\text{kW}}{\text{HP}} \times 8 \frac{\text{時}}{\text{天}} \times 22 \frac{\text{天}}{\text{月}} \times 6 \frac{\text{月}}{\text{年}} \times 2.2 \frac{\text{\$NT}}{\text{kW-hr}}$$

$$= 563259.84 \frac{\text{\$NT}}{\text{年}}$$

其表 5.3 及表 5.4 為 2 部機組經過經濟調度前後之主機消耗電力與總耗電量及年總消耗金額。

表5.3 二部機組無經濟調度模式 A.

YORK 1000Tons × 3台 負載量為30%~100% 耗電量與年總消耗\$金額				
負載量%	冷凍能力(TONS)	主機消耗電力(kW)	耗電量(含輔機)kW	年總消耗\$NT
100	3000	2220	2947.35	6847283.52
90	2700	2055.72	2782.35	6463955.52
80	2400	1891.44	2618.79	6083972.93
70	2100	1727.16	2454.51	5702317.63
60	1800	1562.88	2290.23	5320662.34
50	1500	1398.6	2125.95	4939007.04
40	1200	1234.32	1961.67	4557351.74
30	900	1070.04	1797.39	4175696.45

表5.4 二部機組有經濟調度模式 B.

負載量%	冷凍能力(TONS)	主機消耗電力(kW)	耗電量(含輔機)kW	年總消耗\$NT
100	3000	2220	2947.35	6847283.52
90	2700	2055.72	2782.35	6463955.52
80	2400	1891.44	2618.79	6083972.93
70	2100	1727.16	2454.51	5702317.63
60	1800	1370.48	1855.38	4310418.82
50	1500	1206.2	1691.1	3928763.52
40	1200	1041.92	1526.82	3547108.22
30	900	685.24	927.69	2155209.41

表5.5 三部機組無經濟調度模式 C.

YORK 1000Tons × 2台 負載量為30%~100% 耗電量與年總消耗\$金額				
負載量%	冷凍能力(TONS)	主機消耗電力(kW)	耗電量(含輔機)kW	年總消耗\$NT
100	2000	1480	1964.9	4564855.68
90	1800	1370.48	1855.38	4310418.82
80	1600	1260.96	1745.86	4055981.95
70	1400	1151.44	1636.34	3801545.09
60	1200	1041.92	1526.82	3547108.22
50	1000	932.4	1417.3	3292717.83
40	800	822.88	1307.78	3038234.5
30	600	713.36	1198.26	2783797.63

表5.6 三部機組有經濟調度模式 D.

負載量%	冷凍能力(TONS)	主機消耗電力(kW)	耗電量(含輔機)kW	年總消耗\$NT
100	2000	1480	1964.9	4564855.68
90	1800	1370.48	1855.38	4310418.82
80	1600	1260.96	1745.86	4055981.95
70	1400	1151.44	1636.34	3801545.09
60	1200	1041.92	1526.82	3547108.22
50	1000	740	982.45	2282427.84
40	800	512	754	1751692.8
30	600	377	619	1438060.8

(案件二). 假設一中央空調冰水機組冰水並聯系統其設備容量如下：

冰水主機 = 1000Tons/台×3 台 = 3000Tons

冰水泵浦×3 台 = 150HP×3 台 = 112.5kW×3 台

冷卻水泵浦×3 台 = 125HP×3 台 = 93.75kW×3 台

冷卻風扇馬達×3 台 = 50HP×3 台 = 37.5kW×3 台

則當負載量為 30% ~100% 之間耗電量與年總消耗\$金額壹組輔機每年消耗\$金額部份：

$$= 325\text{HP} \times 0.746 \frac{\text{kW}}{\text{HP}} \times 8 \frac{\text{時}}{\text{天}} \times 22 \frac{\text{天}}{\text{月}} \times 6 \frac{\text{月}}{\text{年}} \times 2.2 \frac{\text{\$NT}}{\text{kW-hr}}$$

$$= 563259.84 \frac{\text{\$NT}}{\text{年}}$$

其表 5.5 及表 5.6 為 3 部機組經過經濟調度前後之主機消耗電力與總耗電量及年總消耗金額。

經由以上兩案件對於空調冰水機組群之主機消耗電力、總耗電量(含輔機設備)及年總消耗\$NT 分析得知，為應付短時間尖峰負載之變動急遽所投資之供電設備高成本；然大多數之離峰時間均閒置不用非常不經濟。此中、大型空調冰水機組若能實施節約能源經濟調度，則會降低電力系統負載尖、離峰差距，且可減少電業供電成本之支出，因之為降低供電成本，提高設備使用率，並減少缺電機率，對空調用電負載作有效的控制，如此對電業而言可降低成本，減少供電不足壓力；對空調用戶更可大大減輕電費負擔，提高空調冰水機組設備效率(能)及機組之適時啓(停)調度時間性、週期性、故障維修等等。對國家社會而言實是當務之急，更可減少能源浪費，降低環保污染，其三者均蒙其利，對各國電力用電需求量與冷凍空調業界機組設備製造廠商更是一大貢獻。

## 6.1 結論

本論文研究之主要目標在於經由空調冰水機組群複雜系統連結概念，比較分析各機組系統之能源效率比值及耗電量負載變化情形，藉由圖形控制軟體應用，針對機組群施以系統規劃與設計，且比較各種可能使用之空調系統設計方法之優劣點。冰水機組間經濟效益評估，及數量調度化之統計，提供作為考量與判斷之標準。

研究之主題分爲兩大類:一爲空調冰水機組本體之分析,包括機組動態總負載計算、運轉耗電量及性能經濟評估。另一重點則對於區域空調系統,進行模擬圖形監控、異常告警警示追蹤及負載量與供應量間,機組彼此間協調調配平均分擔負載之總體規劃,此部分係採取最先進之智慧型軟體系統設計,以期完成空調冰水機組運轉效率化與區域冷房舒適清淨化爲目標。

本論文主要研究成果爲進行空調冰水機組之經濟效益分析,其目的以獲得機組負載調配數量最佳化的參考依據。再由模擬圖控軟體所得結果觀念,擴大評估實際空調系統整體面控制器之投入,以便更能反應現實的運轉電費問題。使空調系統於整個生命週期之經濟效益得以重現。

根據研究結果,得知本方法採用機組間之負載總量協調調派供應空調系統負荷之運轉效率極高,主要在於可經由「整合式」之規劃(因機組並聯規劃)而相互支援,並於總負載率極低之時,經由智慧型圖形界面控制器監控,關閉不必要冰水主機而節省大量之能源與運轉電費。然於夏日最尖峰之空調負載時段,具有最大的運轉彈性。

## 6.2 未來展望

綜合以上所述,可歸納出對於未來空調冰水系統負載需量控制之發展趨勢受到產業結構改變、市場自由化及科技進步之影響機組負載量總合均分原則將更顯重要。如何有效利用圖形控制軟體監控空調設備技術,將機組各點類比參數值訊號轉換成數位訊號取入控制器或單晶片電路,以分析各機組之運轉狀態;尋找出負載需求量與機組供應量間的最大經濟效益。

科技進步快速,空調電力需量控制將會走向更精緻可靠地步,其硬體部分因通訊技術日愈發達,配合自動讀表系統,藉由行動通訊資訊的監控整合進而達成完整的SCADA系統。

## 7 參考文獻

- [1]"Commercial Cool Storage Design Guide ",Electric Power Research Institute (EPRI),EM-3981,Final Report,May 1985.
- [2]胡興邦、郭茂和,"儲冰式空調系統效率分析",冷凍空調技術雜誌 Vol.5 No.4 March 1988.
- [3]陳宗鵠,胡興邦"儲冰式空調系統效率改善研究",工研院能礦所。
- [4]陳宗鵠,鄭耀宗"冰水機效率測試方法何應用之研究",工研院能礦。
- [5]吳讓治,賴榮平"台灣地區辦公建築之空調負荷電腦程式研究"。
- [6]Carrier, Handbook of Air Conditioning System Design, chap. 9.
- [7]TRANE, AIR CONDITIONING MANUAL, chap. 2.
- [8]ASHRAE Fundamentals Handbook, 1974, chap.
- [9]Physiological Principles, Comfort and Health, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta.
- [10]ASHRAE Fundamentals Handbook, 1985, chap.
- [11]Physiological principles for Comfort and Health, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta.
- [12]ASHRAE Fundamentals Handbook, 1993, chap.8 : Physiological principles for comfort and health, American

- Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta.
- [13]E. Amold, 1973, Air Conditioning Engineering, chap. 4: Comfort and Inside Design Conditions, Crane, Russak & Compny, Inc. New York.
- [14]V.A. Rabl, 1988, "Load Management Technologies and Program in the U.S.," Demand-Side Management and Electricity End-Use Efficiency, Kluwer Academic Publishers, pp. 113-125.
- [15]S.D. Braithwait, 1987, "End-Use Load Data for DSM Results from EPRI's DSM," Proceedings: Third National Conference on Utility Demand-Side Management Program, pp. 20.1-20.14, Bala Cynwya, Pennsylvania.
- [16]台電業務處，民國 81 年 4 月。
- [17]台電業務處負載管理課，民國 85 年 1 月。
- [18]楊冠雄，儲冷式空調系統分析，中華民國建築師公會全國聯合會出版社，民國 80 年 7 月。
- [19]楊冠雄，林憲德，「儲冷式空調系統動態特性分析 (I)」，經濟部能源委員會，民國 82 年。
- [20]美國空調通訊，December 1994，No. 4. pp. 1-8
- [21]葉振邦，常鴻壽共著，1981，「離心式制冷壓縮機」，機械工廠出版社（北京）。
- [22]高田秋一著，1976，「離心冷凍機」，日本冷凍協會。
- [23]彭作富著，1976，「離心式冷凍機」，師友工業圖書股份有限公司。
- [24]蘇東寶編譯，1989，「離心式泵」，徐氏基金會。
- [25]Modern Refrigeration & Air Conditioning. Althouse.
- [26]ASHRAE Handbook of Fundamentals. ASHRAE.
- [27]ASHRAE Handbook of Applications. ASHRAE.
- [28]ASHRAE Handbook of Equipment. ASHRAE.
- [29].ASHRAE Handbook of System. ASHRAE.
- [30]York Technical Manual. York.
- [31]Air Conditioning System Manual. Trane.
- [32]Handbook of Air Conditioning System Design. Carrier.
- [33]Copeland Technical Manual. Copeland.
- [34]冷凍空調便覽（基礎篇）。日本冷凍協
- [35]冷凍空調便覽（應用篇）。日本冷凍協
- [36]冷凍空調便覽（資料篇）。日本冷凍協
- [37]王文博," 冷凍工程（上、下冊）".
- [38]連錦杰、蕭明哲,"全華科技圖書股份有限公司（一~四冊）".
- [39]楊冠雄，「台灣地區儲冷式空調系統最佳化運轉模式與經濟效益評估」，經濟部能源委員會，民國 80 年。
- [40]楊正光，蔡大同，”可停電力電價之擬定與實施方法”，台電業務處，民國 76 年 10 月。
- [41]蘇榮泰，”台電實施電價策略對抑低系統間載之績效評估”，台電工程月刊，第 486 期，pp.31-46，



民國 78 年 2 月。

[42]楊冠雄，蘇崇輝，大樓空調及其他設備之負載控制可行性研究，台灣電力公司，民國 81 年 12 月。

[43]台灣電力公司，電價表，民國 85 年 5 月。