

D1 辦公類建築節能技術手冊

一、我國辦公建築之耗能概況

(一)商業部門之耗能現況

我國住宅及商業部門之耗能形式以電力為主，煤氣為輔。依據經濟部能源局的統計，我國電力消費依部門別由民國 70 年至 90 年之資料如下表，表中顯示住商部門用電量佔全國電力消費量的 31%，僅次於工業用電的 56%，而且隨著生活水準的提高，住商部門的用電仍以年成長率 10% 的速率增加，尤其商業部門的年成長率 11.7% 為各部門之冠。

表 D1-1-1 我國各部門能源消費狀況(單位：百萬度 GWh)

項目	工業	農業及運輸	住宅	商業	其他	總量
70 年	25890 65.9%	992 2.5%	7283 18.5%	2078 5.3%	3065 7.8%	39308 100%
80 年	53395 58.5%	2189 2.4%	18233 20.0%	8007 8.8%	9425 10.3%	91249 100%
90 年	98872 56.22%	3345 1.9%	35656 20.3%	19062 10.8%	18974 10.8%	175909 100%
成長率	6.9%	6.3%	8.3%	11.7%	9.5%	7.8%

由於商業部門並非能源生產部門，故節約能源及能源最佳利用乃是商業部門對整體能源政策能夠做出貢獻的唯一方法，若依商業部門民國 90 年總電力消費量 19062 百萬度，節約 10% 每年即有 19 億度之節能潛力。

(二)辦公建築之耗能推估

1. 由營建署歷年使用執照統計推估辦公建築總面積

營建署自民國 65 年起對各縣(市)政府核發之使用執照內容公佈統計資料，民國 69 年以前的資料不分類別，只有總面積，70 年起則分類為住宅、商店、工廠、辦公室、學校、其他共七類。茲假設 69 年以前核發使用之辦公室已不適合使用，而將 70 年至 90 年之辦公室樓地板面積類計得到總樓地板面積為 47341505 m²，如表 D1-1-2 所示，辦公建築總樓地板面積佔全部建築物總樓地板面積的 6%，佔商業部門建築物總樓地板面積的 20%。

表 D1-1-2 各類建築物歷年使用執照統計面積(m²)

	住宅	商店	工廠	辦公室	學校	其他	合計
70-90 年 總計	328385050	190720387	94774648	47341505	35285351	82968281	779475222
各類總 計面積	42	24	12	6	5	11	100

比例%							
商業部門面積比例%	0	80	0	20	0	0	100

近 10 年來興建「廠辦大樓」的風氣很盛，故工廠類建築中有相當成分的辦公空間以工廠登記，採用工業用電，實際的辦公建築總樓地板面積由使用執照統計無法得知。

2.由工商及服務業普查報告推估辦公建築總面積

行政院每 5 年進行一次工商及服務業普查，其普查報告之行業別係依中華民國行業標準分類，其中需要辦公室空間的為服務業部門，服務業部門之大分類有：不動產及租賃業、專業科學及技術服務業、醫療保健業、文化運動及休閒服務業、金融及其輔助業、證券期貨業、其他服務業共七類。本研究依建築管理之分類原則，剔除醫療保健業，其餘各行業使用之建築物認定為辦公建築。

由民國 90 年台閩地區工商服務業普查報告中合計各行業之使用辦公建築總樓地板面積為 37120702 m²。此數字的可信度頗高，可認定為商業辦公建築之總樓地板面積。

3.辦公建築之總耗能推估

由以往國內節能相關研究對於商業辦公建築之耗能調查顯示其 EUI 統計平均值約為 148.64kWh/m²·yr(圖 D1-4-1)，依此值乘以前述之商業辦公建築總樓地板面積，可得民國 90 年全國辦公建築全年總耗電值為 5518 百萬度，此值若以民國 90 年住商部門總耗電量 19062 百萬度，依辦公類建築面積比例(表 D1-1-2)攤派 20%至辦公類，再依本研究各類建築 EUI 實測經驗作 EUI 權值調整，辦公類相對於其他商業建築之權值為 0.68，則民國 90 年全國商業辦公建築物全年之總耗電值可推估為 19062GWh×20%×0.68=2592 百萬度。此值為實際以非工業用電之辦公建築物總用電，比對上述兩種算法所得之值。可知真正發生在商業部門的商業辦公建築用電約佔全國商業辦公建築用電的 47%，有一半以上的商業辦公用電採用工業用電。

另一方面，關於政府機關辦公廳舍的耗能情形，經濟部能源局經由台電公司提供的 88 年 9 月至 89 年 8 月政府機關一年的用電資料統計顯示中央政府用電 1667240008kWh，地方政府用電為 1742101987kWh，合計總用電量為 3409 百萬度，此一電力消費依能源統計是歸類在其他部門中。以上分析整理如表 C1-1-3。

表 D1-1-3 民國 90 年辦公建築電力消費推估(單位：百萬度 GWh)

	工業部門	商業部門	其他部門	合計
總用電量	2939	2592	3409	8940
比例%	32.9	29	38.1	100

二、辦公建築耗電監測及調查方法

(一) 監測

1. 監測事項

各項設備應監測的事項依監測擷取數據的用途而定，本研究建立建築耗能資料庫及瞭解分項耗能結構之用；因此應監測：

- ① 空調系統用電負載及耗電量。
- ② 照明及插座系統用電負載及耗電量。
- ③ 動力系統及其他用電負載及耗電量。

2. 監測儀器及規格

針對能源設備之監視與耗能分析等不同目的而需要現場不同程度的耗能資訊，按不同資訊需求選擇下列儀器，依其性能規格組合應用之。

2-1 感測器類

2-1-1 溫濕度計(電子式)、熱電偶(k-type)、溫度感測探針、電流勾表(數位式)、電流傳訊器、三相電力傳訊器(Veris H8035)、超音波流量計。

2-2 記錄器類

2-2-1 移動式數據記錄器(數位式)、六點記錄器、VLC-1600C3。

2-3 分析及控制器類

2-3-1 建築物監控單元(BCU)搭配 Tracer Summit 監控軟體、BAC talk Lsi Controller 搭配 BAC talk Operator Software、或自行開發之軟體及 PC 電腦。

3. 監測作業

3-1 監測系統之建立步驟及作業流程

建築物能源管理之監測應依以下步驟建立監測系統，再依流程進行監測。

3-1-1 由建築物電力系統單線圖及昇位圖瞭解建築物各項能源設備系統的分電盤位置及內容。

3-1-2 經現場細部查訪核對，確認或修正能源設備管線之平面圖及昇位圖。

3-1-3 針對耗能分析所需要的監測事項，規畫監測點位置。

3-1-4 監測點工作環境及安全檢視。

3-1-5 感測器、記錄器、分析及控制器之安裝與設定。

3-1-6 監測系統連線測試。

3-1-7 建築物耗能實測。

3-1-8 建築物能源管理監測系統之作業流程如下圖所示：

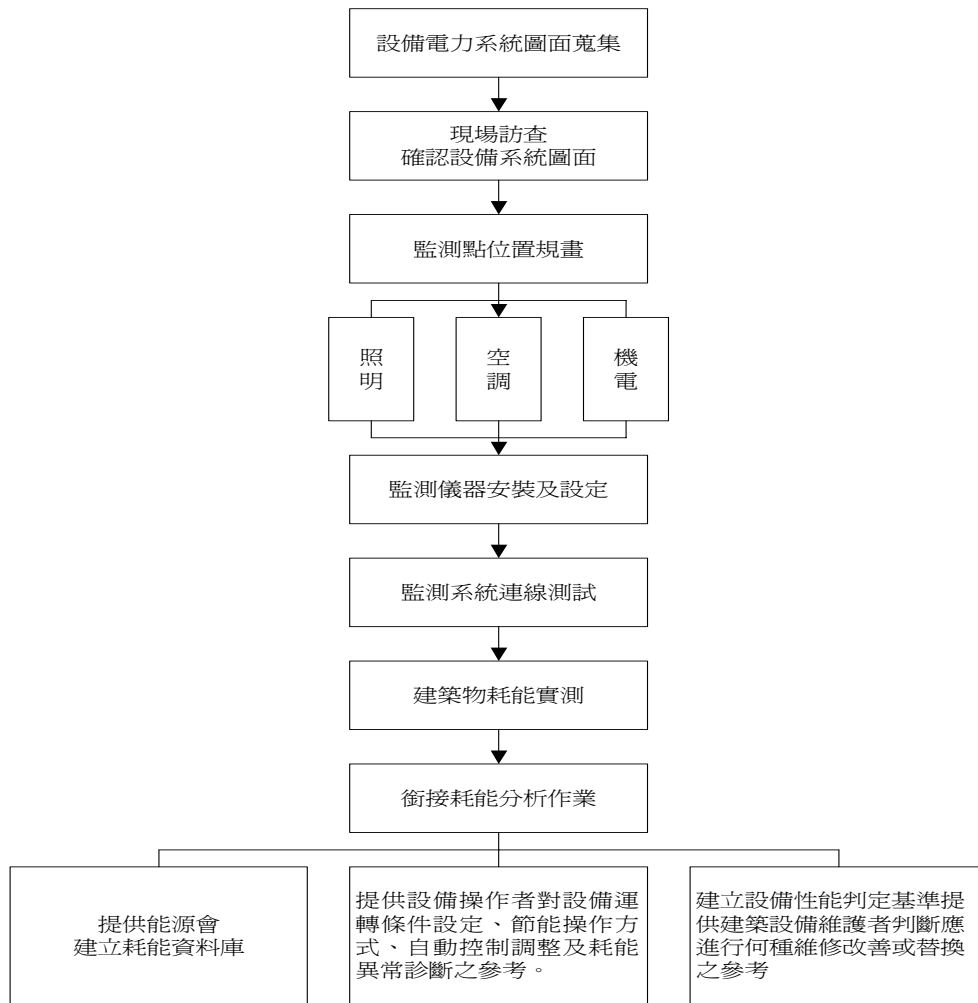


圖 D1-2-1 建築物能源管理監測系統之作業流程

3-2 測點規劃及作業方法

測點之規劃以監測能源設備系統之效率為目的，不做單機性能效率之檢測。設備系統依如下大分類為空調系統、給水系統、輸送系統及照明系統，其測點規劃原則及作業方法如下：

3-2-1 規劃原則

3-2-1 監測點位置規劃原則：

3-2-1-1 依擷取數據的用途層次不同決定之測點數目。

3-2-1-2 依建築現場電力系統組合配置情形決定測點位置。

3-2-1-3 監測儀器架設應掛設於變壓器後之低壓側。

6-2-1-4 現場設備已具有儀表者可採用儀表自動記錄或抄表記錄。

3-2-2 作業方法

針對電力系統分項耗能之監測為遷就原有建築物現場之配線組合方式通常不是依照能源查核目的而設，故監測點架設係依其與本計畫研擬之分項方式的差異點加裝電流傳訊器或記錄器，其方式如下：

3-2-1 對使用時程固定且為固定負載的設備，(如通風換氣扇、訂時空調箱、定

時電扶梯等)不必加裝記錄器。只要調查其運轉周期，計算運轉時間，再測量其瞬時運轉電量即可。

3-2-2 對使用時程不固定，而為固定負載的設備，(如清水污水泵、不定時空調箱等)加裝計時器紀錄運轉時間，再測量其瞬時運轉電量。

3-2-3 對於使用時程不固定，又為變化負載或變化使用率的設備，(如冰水主機、區域照明、廚房動力等)加裝瓦時器測錄其累計用電量 KWH。

3-2-4 室內 CO₂ 濃度、照度、溫濕度之測試，根據日本衛生管理基準，找標準上班日一日測三次即可，及上班後一小時、中午(11 時)、下班前一小時共三次，測點可在標準水平面選三點，最好在空調出風口、一般作業面外氣引進處選三點，測試高度約 120cm(接近人體作業面)，以均勻分佈為原則。

3-3 儀器安裝與設定

感測器、記錄器、分析及控制器等儀器之安裝與設定，請參考各該儀器的使用手冊。

4. 網路作業

4-1 功能要求

為了改良傳統建築設備監控都要在中央監控室聘僱操作人員全天守候之缺點，而利用今日網際網路無遠弗界的優點，本規範對網路作業提出基本功能要求如下：

4-1-1 開放式平台

4-1-1-1 採用 BAC net 通訊協定，做為建築物能源管理及建築設備自動化整合的機制，使得各種不同功能的電腦化設備之間能夠進行資訊交換，而且其記錄檔案為通用格式(例如文字檔.txt 或 java 等)，可在任何作業平台上進行讀取與分析。

4-1-1-2 如果建築設備不支援通用檔案格式或無法外部取得資源，則需藉由長期性設置移動式數位量測系統之方式，使其具有開放型中央監測系統之功能。

4-2 網路系統架構

系統作業平台需能支援目前主流之網路傳輸協定(例如 TCP/IP 等)，上網方式視該建築物有否加入區域網路而分為下列四種網路架構，參見系統架構圖：

4-2-1 設備可支援通用檔案格式且可外部取得資訊，而且建築物已加入區域網路，可使用 LAN 者，為 Type 1。

4-2-2 設備可支援通用檔案格式且可外部取得資訊，但建築物未加入區域網路，只能以 Modem 撥接者，為 Type 2。

4-2-3 設備不支援通用檔案格式已設置長期性移動式數位量測系統，而且建築物已加入區域網路，可使用 LAN 者，為 Type 3。

4-2-4 設備不支援通用檔案格式已設置長期性移動式數位量測系統，但建築物未加入區域網路，只能以 Modem 撥接者，為 Type 4。

4-3 軟體、硬體規格

以上各系統之數據，必須全部傳送至能源資訊中心進行分析及監控，這樣才算完整的「建築能源管理網路監測系統」，能源資訊中心之軟體、硬體規格如下：

4-3-1 軟體的規格，必須具有遠端遙控存取現場監測端之紀錄器或 PC 之能力。

4-3-2 硬體的規格：於網路方面則是寬頻專線連結 HUB 與網路卡；於電信線路方面則是支援 V.90 通訊協定之 64K 數據機與電話線路。

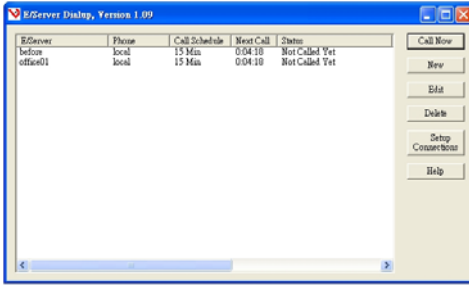


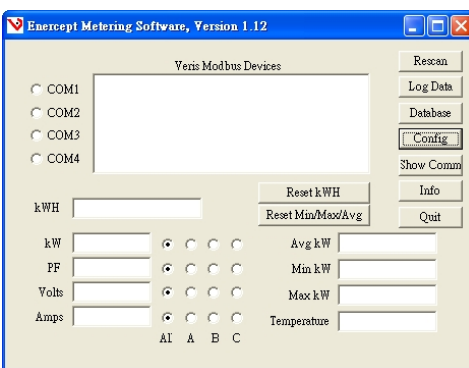
5.安全注意事項

5-1 所有電力系統監測儀器之安裝與測試都必須由領有專業執照之電匠在現場電工人員陪同下為之。

5-2 監測儀器安裝時，應注意配電盤狀況，避免造成跳電。

6.儀器使用說明

儀器名稱	儀器實體照片	說明
1.電流傳訊器 (Hawkeye8035/9036)		依監測點之電流量大小，本計畫使用 100A、300A、400A、800A、1600A、2400A 等六種類型。
2.網路系統整合路由器 (E Server, H8800-1)		利用對絞隔離線將各監測點之電錶受監測的即時數據傳輸至本路由器中，予以紀錄，並利用數據線路傳輸回蒐集的監測中心，或是到現場利用 RS232 介面與電腦連接。

儀器名稱	儀器實體照片	說明
3. E/Server Dialup 軟體		<p>E/Server Dialup Version 1.09 軟體為透過網路系統整合路由器，將各監測點之數據傳輸記錄於電腦中，並設定每一個電錶所資料與記錄時間。</p>
4.即時連線 PC		<p>利用對絞隔離線將各監測點之電錶予以串連，最後透過 RS-232 與 RS-485 轉接器與 PC 結合，予以即時監測，並透過數據線路或 INTERNET 予以遠端遙控。</p>
5.RS-232 與 RS-485 轉接器(ADAM-4520)		<p>將 RS-485 介面轉換成 RS-232 介面，與 PC 連接，藉以傳輸數據整合於監測系統中。</p>
6.Enercept Metering 軟體		<p>於 PC BASE 系統中所使用的即時監測軟體，將各監測點之數據傳輸記錄於電腦中，並設定每一個電錶所資料與記錄時間。</p>

儀器名稱	儀器實體照片	說明
7.照度計		<p>使用儀器為 TES-1330，測量範圍由 0.01lux~20000lux，於測試當日上午進行全面性的測點均勻分佈量測，每一樓約有 30 個測點。</p>
8.溫濕度計		<p>手持德製 Testo 615 型之輕巧型溼度計，是固定式測棒的溼度計，具有大型顯示幕，鎖定讀值、最大、最小值切換及露點計算等優點。測量範圍介於 5~95%RH、-0~50°C，測量單位包含%RH、°C、°F。於上午、中午、晚上等三個時段分別進行量測。</p>
9.CO ₂ 濃度計		<p>使用德製的 TESTO 535(測量範圍 0~9999ppm CO₂)，針對受測建築物室內環境空氣品質進行量測(時間為 am8:30~pm5:30)，測點主要分佈在「出風口、回風口、空氣滯留處」三種地區。</p>

(二)調查

1.調查方法與流程

本調查採用問卷、訪談、觀察三方面並重的方式做成記錄，以調查表、建物平面圖、建築攝影為工具進行資料蒐集與記錄。訪談的對象以建築物現場管理員為主，對建築物耗能實測數據在現場管理工作情形及設備使用現況方面予以記錄，作為實測數據的定性解釋及分析的論證。

2.調查項目與內容

調查項目分為「建築物基本資料」、「能源設備資料」、「能源設備使用管理情形」、「節能方案調查」及「空間使用人員及設備密度」等五大部分，各部分之調查表請參見附錄，相關內容概述如下：

- (1)建築物基本資料：地址、電表號碼、樓層數、總樓地板面積、空調面積、建築方位、開窗率等。
- (2)能源設備資料：電力設備、中央空調設備、個別空調機、照明設備、動力設備、事務機器等。
- (3)能源設備使用管理情形：管理組織型態、管理人員陣容、電力、空調、照明、動力等系統，在操作管理的方式與記錄，該四大系統在調整校正、保養清洗或設備更新等維護管理之情形。
- (4)節能方案調查：四大耗能系統，已知的節能方法及其結果，包括電力方面 5 項空調方面 27 項，照明方面 7 項，動力方面 3 項。
- (5)空間使用人員及設備密度：依不同使用性質的空間調查其使用人數、照明設備、電腦及其他事務機器設備量，以計算人員密度及其設備機器密度。

以上各部份之調查表參見表 D1-2-1 至表 D1-2-6。

3.調查表

表 D1-2-1 建築物基本資料

建築物名稱								
座落地址								
電表號碼								
建築樓層數	地下	樓	地上	樓				
總樓地板面積								
電表供應層或區	層		區					
電表供應面積								
空調面積								
建築方位								
開窗率	東	%	西	%	南	%	北	%
建築年份								
使用性質								
使用時段 ¹								
使用人數/日 ²								

填表人：_____ 日期：_____

¹ 為進一步解析各種空間的人員密度及事務機器等設備對耗能的影響，請另填表五。

表 D1-2-2 能源設備資料

電力	供電方式		ϕ	W	KV	KW
	變壓器	KVA				
數量						
配電箱	電壓					
	電流					
中央空調設備	離心式主機	RT				
		數量				
		年份				
	螺旋式主機	RT				
		數量				
		年份				
	往復式主機	RT				
		數量				
		年份				
	其他式主機	RT				
		數量				
		年份				
	儲冰槽	RT				
		數量				
	冷卻水泵	HP				
		數量				
	冰水泵	HP				
		數量				
	空調箱	KW				
		數量				
	風圈個機	KW				
		數量				
	冷卻水塔	KW				
		數量				
熱源散熱方式		<input type="checkbox"/> 水冷式		<input type="checkbox"/> 氣冷式		
冷能搬運方式		<input type="checkbox"/> 風管式	<input type="checkbox"/> 全水式	<input type="checkbox"/> 水風式	<input type="checkbox"/> 其他	
新鮮空氣方式		<input type="checkbox"/> 外氣	<input type="checkbox"/> 回風	<input type="checkbox"/> 自然通風	<input type="checkbox"/> 其他	
個別空調箱	分離式	RT				
		數量				
	直膨式箱型	RT				
		數量				
	直膨式窗型	RT				
		數量				
照明設	日光燈	燈組	Wx	Wx	Wx	Wx
		數量				
		燈具型				

備	鎢絲燈	燈組				
		數量				
	鹵素燈	燈組				
		數量				
	小型螢光燈 (PL)	燈組				
		數量				
	鈉燈	燈組				
		數量				
	水銀燈	燈組				
		數量				
	複金屬燈	燈組				
		數量				
	LED	燈組				
		數量				
	其他 ()	燈組				
		數量				
動力 設備	電梯	KW				
		數量				
	電扶梯	KW				
		數量				
	貨梯	KW				
		數量				
	其他 ()	KW				
		數量				
事務 機器	電腦主機	W				
		數量				
	傳統螢幕	吋				
		數量				
	液晶螢幕	吋				
		數量				
	印表機	W				
		數量				
	影印機	W				
		數量				
	電視機	吋				
		數量				
	電冰箱	呎				
		數量				
開飲機	數量					
傳真機	數量					

表 D1-2-3 能源設備使用管理情形

	組織型態	操作工作	<input type="checkbox"/> 自行管理	<input type="checkbox"/> 委託管理
--	------	------	-------------------------------	-------------------------------

管理 組織	組織型態	操作工作	<input type="checkbox"/> 自行管理		<input type="checkbox"/> 委託管理				
		維護工作	<input type="checkbox"/> 自行管理		<input type="checkbox"/> 委託管理				
		修復工作	<input type="checkbox"/> 自行檢修		<input type="checkbox"/> 案件外包				
	駐場管理人員陣容		國中以下	高中或高職	大專以上				
		人	人	人					
操作 管理	電力 系統	操作方式	<input type="checkbox"/> 手動		<input type="checkbox"/> 自動		<input type="checkbox"/> 自動監控		
		運轉記錄方式	<input type="checkbox"/> 無記錄		<input type="checkbox"/> 人工抄表		<input type="checkbox"/> 自動記錄		
		記錄內容		<input type="checkbox"/> 電壓 <input type="checkbox"/> 電流 <input type="checkbox"/> 電力 <input type="checkbox"/> 功因 <input type="checkbox"/> 變壓器油溫 <input type="checkbox"/> 設備啟停 <input type="checkbox"/> 異常警示					
		自動控制	項目						
			範圍						
		操作手冊		<input type="checkbox"/> 有		<input type="checkbox"/> 無			
	空調 系統	操作方式	<input type="checkbox"/> 手動		<input type="checkbox"/> 自動		<input type="checkbox"/> 自動監控		
		運轉記錄方式	<input type="checkbox"/> 無記錄		<input type="checkbox"/> 人工抄表		<input type="checkbox"/> 自動記錄		
		記錄內容		<input type="checkbox"/> 電力負載 <input type="checkbox"/> 耗電量 <input type="checkbox"/> 主機耗電量 <input type="checkbox"/> 主機冰水入出口溫度 <input type="checkbox"/> 主機冰水流量 <input type="checkbox"/> 冷卻水入出口溫度 <input type="checkbox"/> 冷卻水流量 <input type="checkbox"/> 冷卻水泵入出口壓力 <input type="checkbox"/> 冰水泵入出口壓力					
		自動控制	項目						
			範圍						
		操作手冊		<input type="checkbox"/> 有		<input type="checkbox"/> 無			
	照明 系統	操作方式	<input type="checkbox"/> 手動		<input type="checkbox"/> 自動		<input type="checkbox"/> 自動監控		
		運轉記錄方式	<input type="checkbox"/> 無記錄		<input type="checkbox"/> 人工抄表		<input type="checkbox"/> 自動記錄		
		記錄內容		<input type="checkbox"/> 電力負載 <input type="checkbox"/> 耗電量 <input type="checkbox"/> 照度					
		自動控制	項目						
			範圍						
		操作手冊		<input type="checkbox"/> 有		<input type="checkbox"/> 無			
	動力 系統	操作方式	<input type="checkbox"/> 手動		<input type="checkbox"/> 自動		<input type="checkbox"/> 自動監控		
		運轉記錄方式	<input type="checkbox"/> 無記錄		<input type="checkbox"/> 人工抄表		<input type="checkbox"/> 自動記錄		
		記錄內容		<input type="checkbox"/> 電力負載 <input type="checkbox"/> 耗電量					
		自動控制	項目						
			時程						
		操作手冊		<input type="checkbox"/> 有		<input type="checkbox"/> 無			
維護 管理	電力 系統	調整校正	項目	變壓器		電容器		功因控制器	
			週期						
	空調 系統	調整校正	項目	控制閥	風量閥	泵或風車皮帶		溫濕度控制器	
			週期						
		保養清洗	項目	主機管路	冷卻水塔	空調箱爐網及盤管		泵浦潤滑	
			週期						
	照明 系統	清洗或更換	項目	燈具			光源		
			週期						
	動力 系統	保養校正	項目	電梯			電扶梯		
			週期						

表 D1-2-4 節能方案調查

系統項目	節能提案	節能效果	已實行	擬實行	備註
電力方面	訂定合理契約容量	在基本電費與超約罰款之間找出平衡點以減少電費支出。			規劃管理
	改善功率因素	增設高低壓進相電容器及自動功因控制器，使高低壓功因皆能達到 99%。			規劃管理—系統升級
	建立需量控制系統	建立電能管理系統，達到降低尖峰用電量，減少超約，合理用電及減少人工抄表。			規劃管理—系統升級
	變壓器負載率調整與運轉	1. 調整變壓器負載率在 50~70% 間運轉，減少變壓器鐵損。 2. 改善變壓器低壓側功因，降低變壓器負載率，減少變壓器銅損。			操作管理—運轉加強
	調整偏低電壓	調整變壓器切換端子，使達到額定電壓及馬達運轉之轉距正常。			維護管理—維護加強
冰水主機	調整冷卻水溫	每降低冷卻水溫 1°C 約可減少主機耗電量 1.5%。			操作管理—運轉加強
	主機運轉台數控制	1. 調配主機運轉之台數，以提高主機運轉效率。 2. 離心機應避免 40% 以下負載，以防湧浪現象。			操作管理—操作模式改變
	汰換低效率主機	主機效率值建議 離心機：0.7KW/RT 以下； 往復機：1.0 KW/RT 以下； 螺旋機：1.0 KW/RT 以下； 儲冰式：1.1 KW/RT 以下；			維護管理—設備更新
	調整主機運轉模式	主機最佳負載率在 70~80% (離心機)			操作管理—操作模式改變
	定期清洗管排，適當排放冷卻水，過濾雜質或加裝自動清洗設備	提高熱交換器熱交換率			維護管理—維護加強
	定期保養主機	降低主機耗電率			維護管理—維護加強
冷卻水塔	加強清洗冷卻水塔固定排放，加藥處理。	改善水質提高熱交換率			維護管理—維護加強
	裝設馬達溫度開關	節約風扇馬達耗電量			規劃管理—單元改善
	定期保養冷卻水塔	建議熱交換能力在 50% 以上			維護管理—維護加強

	清洗或更新冷卻水塔之散熱片	可降低冷卻水溫，每降低 1°C 可減少主機耗電量 1.5%。			維護管理－維護加強
水側	防止流體洩漏，檢修管路	減少冷能之損失			維護管理－維護加強
	合理操作冰水旁通閥	提高主機運轉效率			操作管理－操作加強
	修補或更換不良保溫材料	改善冰水保溫			維護管理－維護加強
	降低滷水濃度	節省輸送滷水之電力			維護管理－維護加強
泵	確保管路閥件正常，泵軸封密合及輪葉完整	改善泵運轉效率			維護管理－維護加強
	汰換低效率泵	泵效率建議值在 70% 以上。			維護管理－設備更新
	泵台數控制	依空調負載調整適當的運轉台數			操作管理－操作加強
	區域泵加裝變頻器	變頻可調整馬達轉速以應付區域負載之變化，節約泵耗電量。			規劃管理－系統升級
	操作泵運轉合理化	避免多餘的泵開啟。			操作管理－操作加強
	提高儲冰槽有效儲冰量	調整主機周邊運轉條件，增加儲冰效果。			規劃管理－單元改善
	調整儲冰運轉模式	配合空調負載的時段性享受電價優惠。			操作管理－操作模式改變
空氣側	調整冷房溫度	室溫每提高 1°C，約可減少主機耗電量 3%。			維護管理－維護加強
	管制門窗以免外氣滲入	以免增加空調負載。			維護管理－維護加強
	空調箱合理化	節約空調箱用電。			規劃管理－單元改善
	加裝空氣簾	以免開門時外氣滲入增加空調負荷。			規劃管理－單元改善
	加裝全熱交換器	回收換氣冷能。			規劃管理－系統升級
	控制適當外氣量	合理改善空氣品質。			操作管理－操作加強
照明系統	燈源合理化配置	參照 UPD 值標準降低過高的照度。			規劃管理－系統升級
	選用高效率光源	可減少照明用電約 70%。			規劃管理－單元改善
	採用高效率燈具	鏡面反射可增加照明率且省電。			規劃管理－單元改善
	分區開關控制	減少不必要之照明用電。			操作管理－操作加強
	自動點滅裝置	如紅外線感應開關可減少點燈時間節約用電。			規劃管理－系統升級

	利用自然採光	減少白天點燈用電。			操作管理－操作加強
	採用電子式安定器	可減少日光燈耗能約 26~30 %。			規劃管理－單元改善
動力系統	設置高層專用梯	高層交通量不必在低層各處多次開停而浪費電力。			規劃管理－系統升級
	電梯群自動管理	依電梯所在位置最接近呼叫者駛往回應。			操作管理－操作加強
	客貨梯分離	適應不同負荷。			規劃管理－單元改善

表 D1-2-5 事務機器分佈調查

事務機器	空間使用單位		樓	樓	樓	樓
	電腦主機	W				
數量						
傳統螢幕	吋					
	數量					
液晶螢幕	吋					
	數量					
印表機	W					
	數量					
影印機	W					
	數量					
電視機	吋					
	數量					
電冰箱	呎					
	數量					
開飲機	數量					
傳真機	數量					
電腦主機	W					
	數量					
傳統螢幕	吋					
	數量					
液晶螢幕	吋					
	數量					
印表機	W					
	數量					
影印機	W					
	數量					
電視機	吋					
	數量					
電冰箱	呎					
	數量					

	開飲機	數量				
	傳真機	數量				

三、辦公類樣本建築物分析

(一)樣本建築物特徵分析

由本研究建立的辦公類建築物耗能資料庫(詳見附錄)將全部樣本共 29 棟依使用類型與樓層規模之統計分析，可以看出機關辦公廳舍多屬低層建築(十層以下)，商業辦公建築則多屬高層(十至十五層)或超高層(十五層以上)建築物，參見圖 D1-3-1。

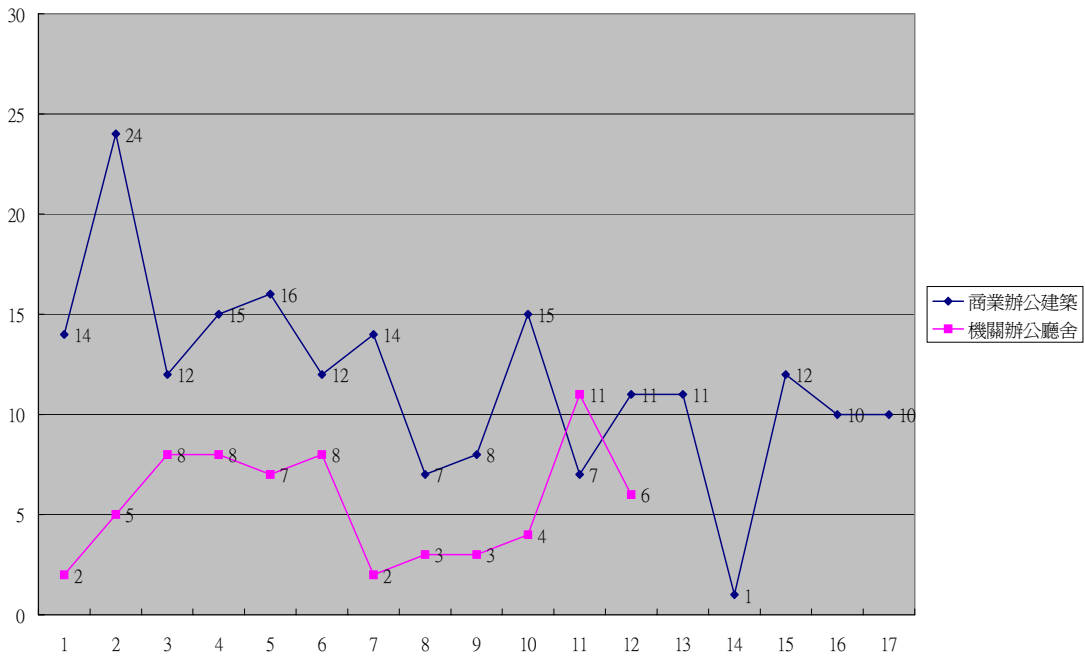


圖 D1-3-1 樣本建築物類型與樓層規模統計分析

此二類建築物在各種耗能因子例如人員密度、能源設備密度、耗能狀況各方面都有明顯的不同，以下之分析即依此二類型分別進行。

(二)樣本建築物能源設備分析

1.電力系統

大型單一用戶例如政府機關及商業辦公建築屬於自有自用之情形者都採用高壓用電，供電系統由台電公司以 11.4KV 或 22.8KV 供電，經變壓器降壓至三相四線 220/380V 及單相三線 110/220V 供電為主，如圖 D1-3-2 所示。一般配電盤根據辦公室能源設備的用途分為空調主機(380V)、動力(電梯、水泵、風車

220V)、照明及插座(110/220V)三盤供電，另外加上進相電容器改善功因盤及設置緊急發電機，以便停電時供應電力。

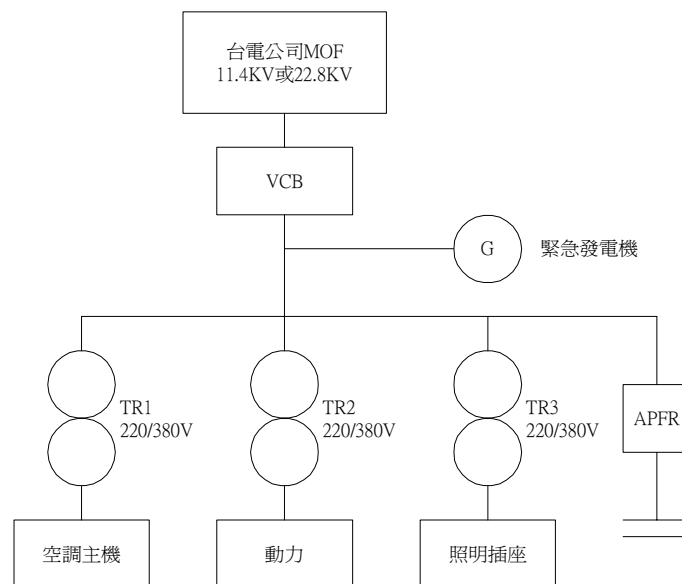


圖 D1-3-2 自有辦公建築的配電示意單線圖

商業辦公大樓屬於自用兼出租或完全出租或分戶產權之情形者，其公用設備都採用高壓用電，而承租戶及分戶所有權人長各自申請低壓 3 ψ 4W 供應其照明插座及空調使用，這樣的高低壓分別供電的情形有利於計費清楚。在本研究 17 個商業樣本中即有 5 個案例，其系統單線圖如圖 D1-3-3 所示。

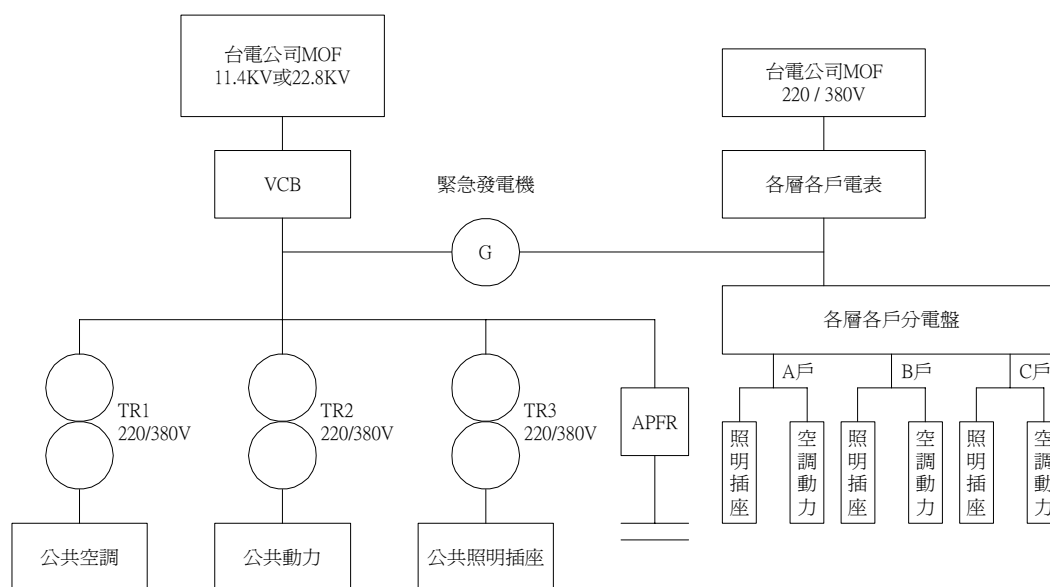


圖 D1-3-3 出租及分戶辦公建築的配電示意單線圖

2. 空調系統

由本研究監測及調查的 29 棟樣本建築物分群分析顯示，政府辦公廳舍之空調設備之形式為中央空調，其主機最常採用的是離心式及螺旋式冰水主機，離心

式主機適用於 80~1600RT，螺旋式主機適用於 40~1000RT，視全棟空調負荷之需要搭配採用。主機裝置密度 29 棟之平均值為 0.05Rt/ m²，空氣側大多採用空調箱(AHU)局部加設風圈個機(FCU)。

商業辦公大樓屬於自有自用者其空調系統略同於上述狀況，至於自用間出租或有分戶產權之情形者，其公共空間採用中央空調而承租戶或分戶獨立產權戶大多另設往複式或螺旋式主機。往複式主機適用於 3~75RT，可以多台構成冰水機組，水冷式或氣冷式都有。

3.照明及插座系統

政府機關的辦公室及走道、停車場照明燈具大多採用 40W、30W、20W 日光燈與傳統式安定器，壁畫及局部照明則採用 60W 白織燈或 50W 鹵素燈，屋外照明採用 300W 高壓水銀燈或 500W 複金屬燈。

商業辦公建築的辦公室大多採用 40W×2、20W×2、20W×4、PL36W×3、PL18W×1 等各種連帶燈具的組合，走道有些與辦公室相同，有些改用 PL27W 的筒燈，壁畫及局部照明大多採用 50W 鹵素燈，屋外照明採用 160W 水銀燈及 1000W 鈉燈。插座系統主要是供應電腦及事務機器之用電，此部分之設備及用電量因各行業別差異很大。

4.動力系統

電梯通常為 2 部以上，電力由 7.5W 至 26.4W 不等，視容積與速度而定，商業大樓多設有專用貨梯、給水泵、污水泵，視揚程而異，抽排風機則為停車場及廁所換氣用。

(三)樣本建築物使用模式及需求分析

辦公大樓主要功能為集中管理事務性工作，相較於其他類建築而言，其使用特性及需求如下：

1.上下班時間

上下班時間為上午八點至下午六點，有一定的固定時間，不像旅館、醫院、便利商店為 24 小時營運，也不像百貨商場早上十點開門至晚上十點。例假日都休息，不像百貨商場或娛樂場所，例假日都不休息。

2.人員密度

辦公室使用人員密度較低，而且人員出入較少，人數較固定，不像百貨商場使用人數多而且流動量大。

3.照明密度

辦公室對於照明密度的要求較高，在不同的空間也會產生頗大的差異，在主要的空間諸如辦公室、研究室、製圖室、營業廳等空間需要照度達 1000Lux，會客室、餐廳、走廊則只要 300Lux，故採用分區控制或局部照明之手法應予重視。

4.事務機耗電特性

辦公室對於事務機器及電腦設備的需求較高。使用單位業種的不同，也會有

很大的差異情形。高科技服務業使用電腦的時間及設備量均大於縣市政府機關。辦公室 OA 自動化的今天，大量的事務機器與電腦以及照明插座用電需求日益升高。

5.智慧化管理趨勢

基於服務業在服務速率方面的要求，為了提高工作效率，辦公大樓對於建築物智慧化的需求也較高。而在通訊產業及自動控制技術的蓬勃發展下，能源管理系統已成為智慧型大樓不可或缺的一環。

四、辦公建築之耗能分析

(一)單位面積耗電量(EUI)分析

由於本研究係以全年 24 小時實測建築物各項用電量，四年來共監測辦公建築 29 棟，分成政府機關與商業辦公兩群樣本，則顯得樣本數不足，因此在此併用過去其他對相關研究報告中關於 EUI 的統計數據進行比較分析。

1.政府機關辦公廳舍方面

經濟部能源會於民國 90~91 年曾委託中技社進行「產業節約能源技術服務計畫」調查行政院所屬機關與縣市政府共 70 家，獲得其 EUI 平均值為 141.3Kwh/m²·yr，另於 89 年執行行政院所屬機關與縣市政府及經濟部所屬單位共 79 家的「政府機關辦公室節能措施目標表」填報資料，獲得其 EUI 平均值為 152.5 Kwh/m²·yr，合併以上三項資料計算政府辦公建築之 EUI 平均值為 140 Kwh/m²·yr。

2.商業辦公建築方面

內政部建築研究所於 88 年以問卷方式進行「辦公類建築耗能總量調查研究」，有效樣本 880 家，獲得其 EUI 平均值為 148.04 Kwh/m²·yr，加上本研究四年測得 17 棟，獲得其 EUI 平均值為 179.53 Kwh/m²·yr。合併以上二項資料計算商業辦公建築之 EUI 平均值為 148.64 Kwh/m²·yr。

3.辦公建築 EUI 與樓層規模之相關性分析

綜觀前述政府機關辦公廳舍多屬於中低層建築物，而商業辦公建築多屬於中高層建築物，後者之 EUI 平均值明顯高於前者，若再以本研究監測之超高層(十五層以上)建築物樣本 3 家之 EUI 平均值為 219.4 Kwh/m²·yr 加以比較，則顯示辦公建築之 EUI 值與樓層數量呈正相關，越高層的建築物，其設備等級可能較高，有越高的耗電水準，如圖 D1-4-1 所示。

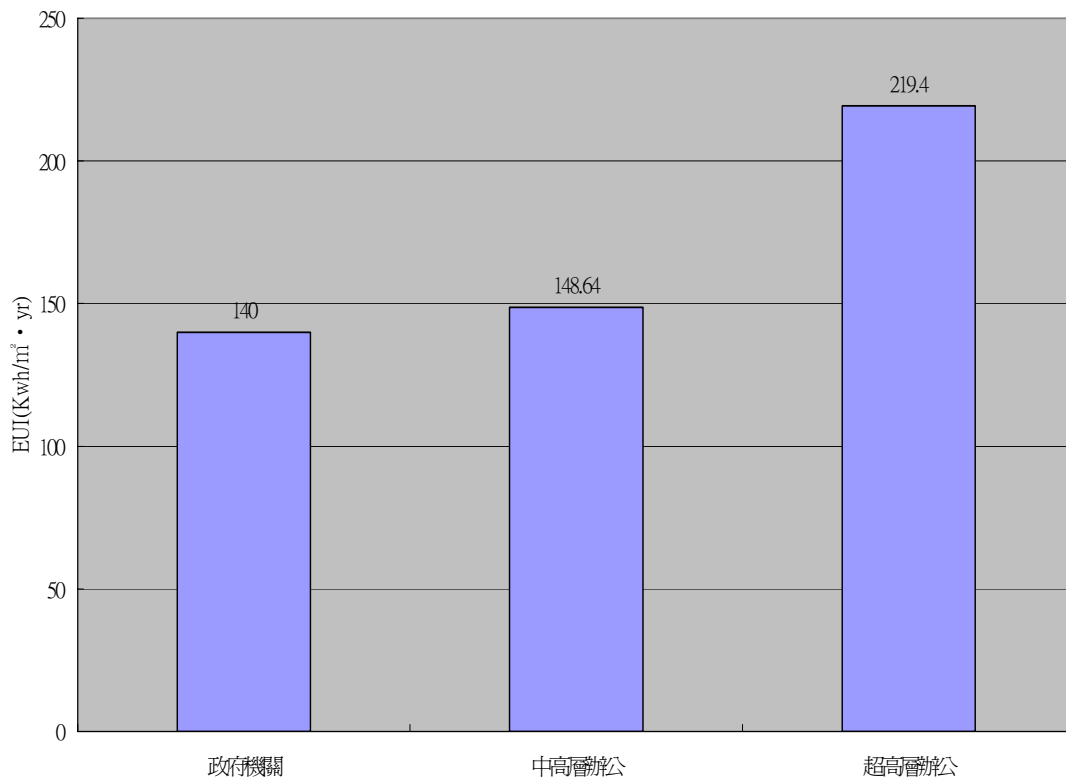


圖 D1-4-1 辦公建築 EUI 與樓層規模比較

(二)單位面積電力設備密度(DUI)分析

1.政府機關辦公廳舍方面

民國 90~91 年中技社進行「產業節約能源技術服務計畫」調查 70 家，獲得平均值為 68.5W/m²，89 年「政府機關辦公室節能措施目標表」獲得 79 壓資料平均值為 62.1 W/m²，本研究四年測得 12 家，獲得平均值為 49.16 W/m²，合併以上三項資料計算政府辦公建築之 DUI 平均值為 63.92 W/m²。

2.商業辦公建築方面

依本研究四年測得 17 棟，獲得平均值為 53.97 W/m²。

(三)辦公大樓用電分配比

由歷年對商業辦公大樓 29 棟的全年耗能實測資料中，取出各月空調、照明、動力三個分項耗能 EUI 的值，以季節分開統計其用電分配比，得到商業辦公大樓的用電分配比例如表 D1-4-1 所示。

表 D1-4-1 辦公大樓用電分配比例

	季節別	空調	照明	動力
辦公建築	夏季(6~9月)	0.47	0.4	0.13

(樣本 29)	春秋季(3~5、10~11月)	0.41	0.46	0.13
	冬季(12~2月)	0.34	0.49	0.17

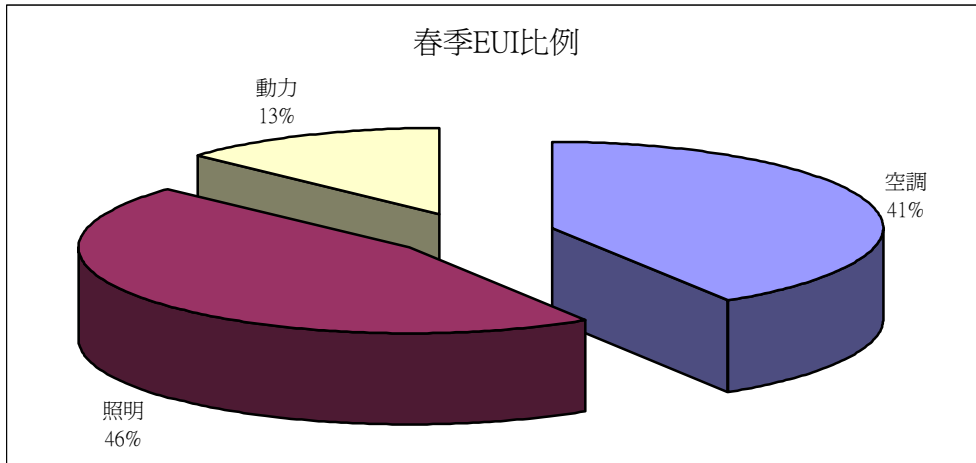


圖 D1-4-2 辦公建築春季用電分配比例

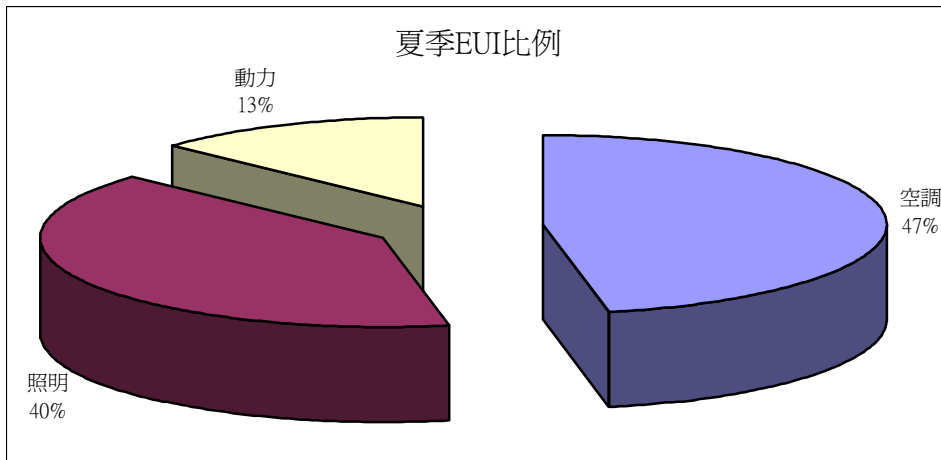


圖 D1-4-3 辦公建築夏季用電分配比例

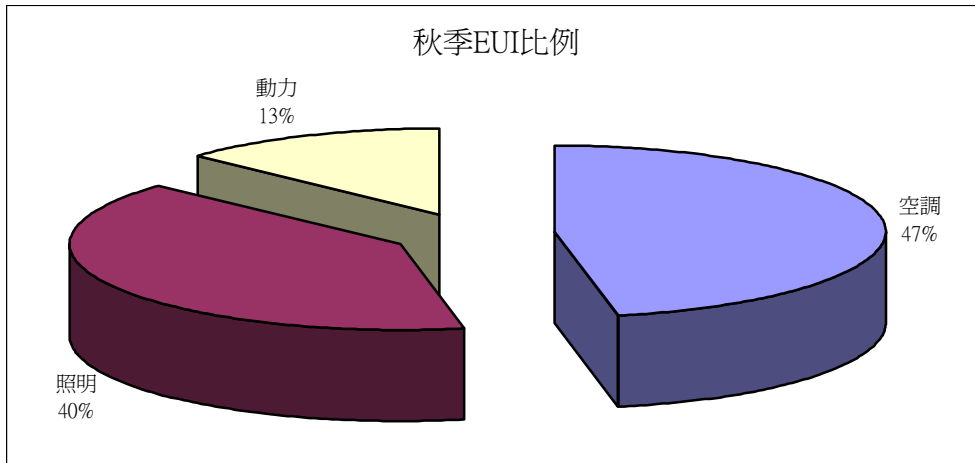


圖 D1-4-4 辦公建築秋季用電分配比例

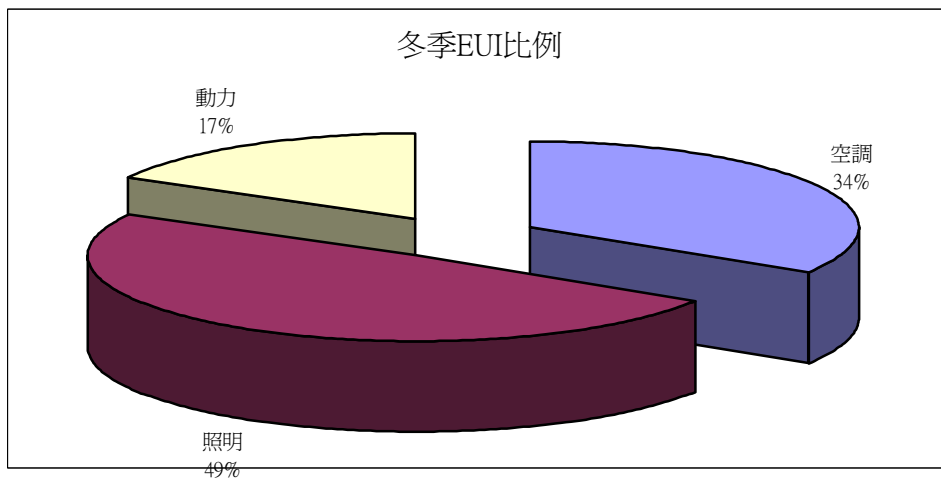


圖 D1-4-5 辦公建築冬季用電分配比例

五、辦公建築耗能因子分析

以下以某辦公大樓為例，採用 DOE 程式來解析辦公大樓之耗能因素，以作為日後專家系統之判斷參考。辦公大樓之耗能因素不外乎室內照明密度、室內設備密度、室內人員密度、冰水主機 COP 等，下列將各項耗能因子之影響。

(一)室內人員密度

人員在辦公室活動時，所有空調設備、照明器具及辦公器具等設施勢必配合人員的活動需要置於使用之狀態，因此人員在辦公室內人數之多寡是否會對空調負荷與耗能造成重大的影響？況且建築物是為了有利於人員的活動或其他型式的使用而存在。所以人員於建築物內的密度一定會影響建築物內的尖峰空調負荷及耗能。尤其是當人口密度變化時；改變的不僅是單純的人員顯熱及潛熱值增減而已，依 ASHRAE STANDARD 62-19 所定義的每人所需 20 cfm 外氣需予維持，以保障室內空氣之品質。本研究以 5.67 m²/人為基準，予以上下 10% 之變化，計算建築耗能值，結果如圖 D1-5-1 所示。

由圖中可發現室內人員之密度變化對建築耗電是有相當程度影響，但再往下分析其各項目之變化時；即可很明顯的發現其最大變動因子系因每人所需之外氣供應量所造成。經計算結果後，室內人員密度增加 1 m²/人時，總耗電節省約 12,372kWhm，約佔總耗電量之 1.3%。

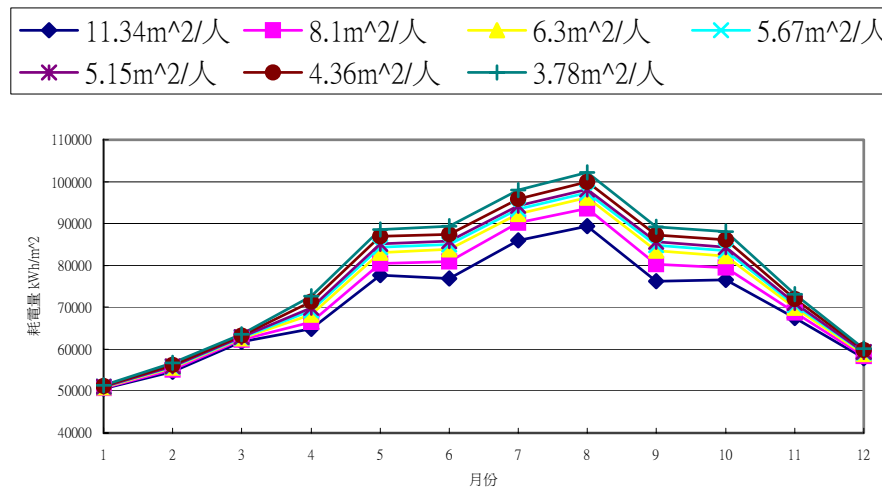


圖 D1-5-1 不同人員密度對建築逐月總耗電量之影響

(二)室內照明密度

在室內側方面除了上述的人員變化量會對建物的空調尖峰負荷及耗能產生較重大之影響外，另一個對此二者有重大影響的變動因素即為室內燈具配置密度，這是可理解的，在空調負荷的計算中，照明燈具所消耗的電能除了因建築體本身的貯熱因數影響，將部份熱能延時反應成室內之冷房負荷外，大多數即時的以熱能的型式增加至室內或回風空氣中而反應至空調負荷上。因此以室內照明燈具之配置密度的變化研究耗能的相對影響性。

本研究照明密度以 22.5 W/m² 唯一參考值，予以上下 20% 之變化量，在所有

參數皆不更變之狀況下，計算結果如圖 D1-5-2 所示。當燈具密度配置增加時；對建築外殼負荷、外氣負荷及其他負荷而言其幾乎是不變的，即空調尖峰負荷增加之量等於內部負荷增加之量。但是對於建築的總體耗電量卻是增加，其增加量即是照明設備增加所引起。經計算後，照明密度平均增加 1 W/m² 總耗電量增加約 20,578kWh，約佔 1.9%。

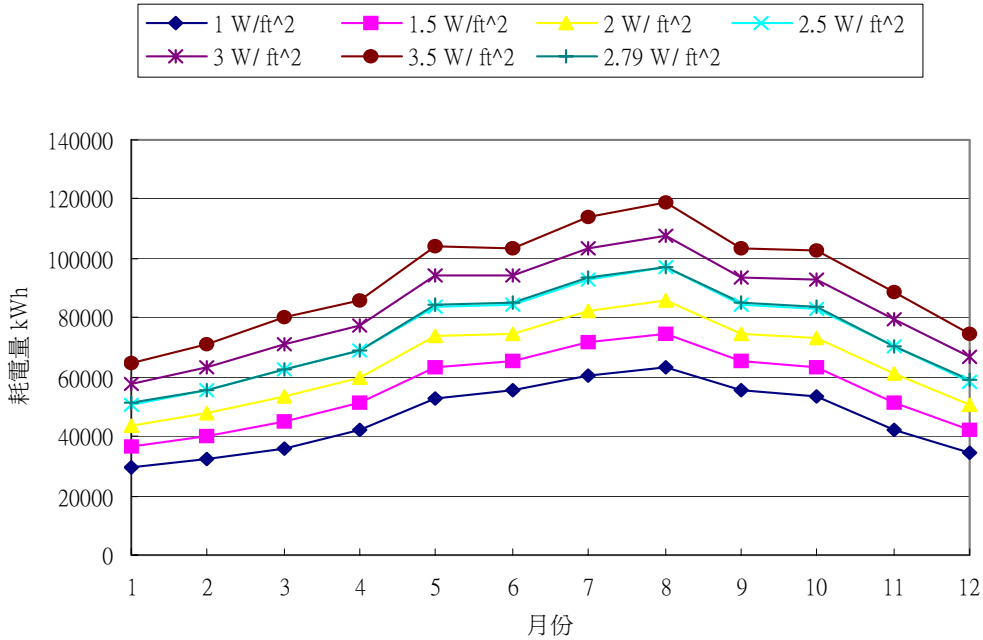


圖 D1-5-2 不同照明密度對建築逐月總耗電量之影響

(三) 室內設備密度

室內設備之增加其影響與燈具配置量的增加是相同的，此外，室內設備因其特性之不同，其對室內空調負荷之影響亦不同。就本計劃而言，室內設備密度以 1 W/m² 做為 24 小時之設備耗電密度，其中設備包含飲水機、傳真機等，並假設其顯熱量為全部轉換為空調負荷。另外並設定 6.5 W/m² 設備耗電密度做為上班時間所使用之設備，其中包含電腦、影印機、桌上型檯燈等，並假設期發熱量有 0.75 轉換為空調負荷。

本計劃僅探討上班時段因設備密度之不同對總耗電度數之影響，以 6.5 W/m² 為參考值，上下予以增減 30%，產生 6 個案例加以分析計算，計算結果如圖 D1-5-3 所示。經分析後，設備密度平均增加 1 W/m² 時，總耗電度數增加 10166 kWh，約佔 1.1%。

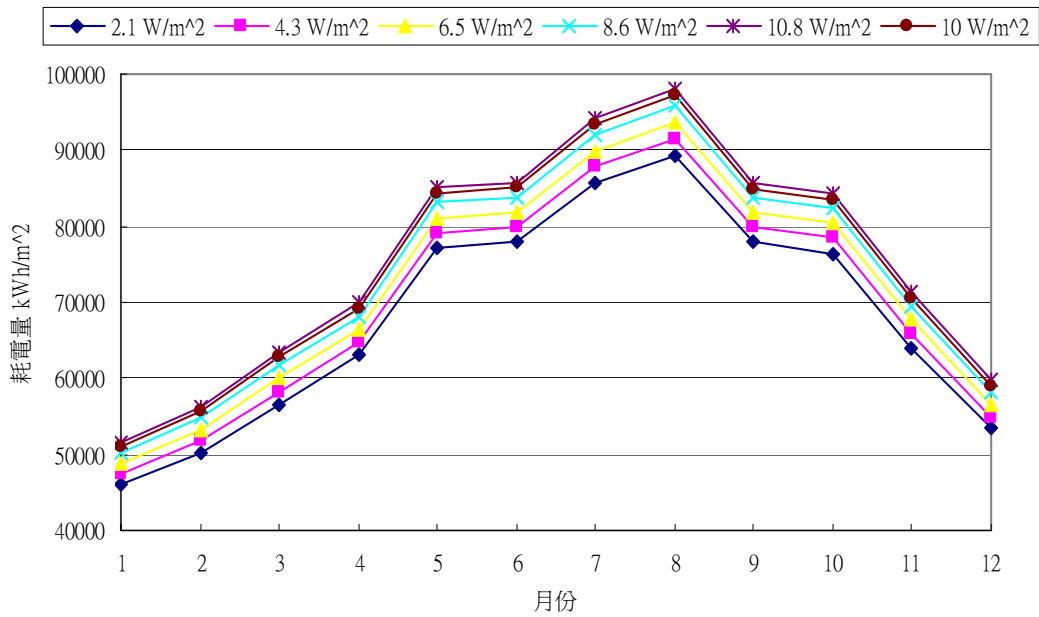


圖 D1-5-3 不同設備密度對建築逐月總耗電量之影響

(四) 空調系統更換 VAV

本計劃所模擬之建築物所使用之空調系統為 Fan Coil 系統，現以評估更換為可變風量系統(VAV)，對整棟建築及空調耗電量有何影響。所謂可變風量系統即為空調送風量可隨室內負載變動而隨著調整送風量，其優點有低初設費用和低運轉費。VAV 其組成元件包含送風門、調節風門、風門操作器、風速感測器、室內溫度感測器及其他共至元件等，其工作原理為室內溫度感測器或由其他訊號源送來之訊號變化，將使控制器操縱操作器改變風門開度以控制流過風量，其控制方式在於送風箱入口裝一速度感應器，藉由風速之變化測得其入口靜壓變化將此訊號送至控制器已調節風門之實際需要開度，可於風管系統之封押發生變化時仍實際冷卻、加熱負荷準確的控制送風量。其模擬結果如圖 D1-5-4 所示。

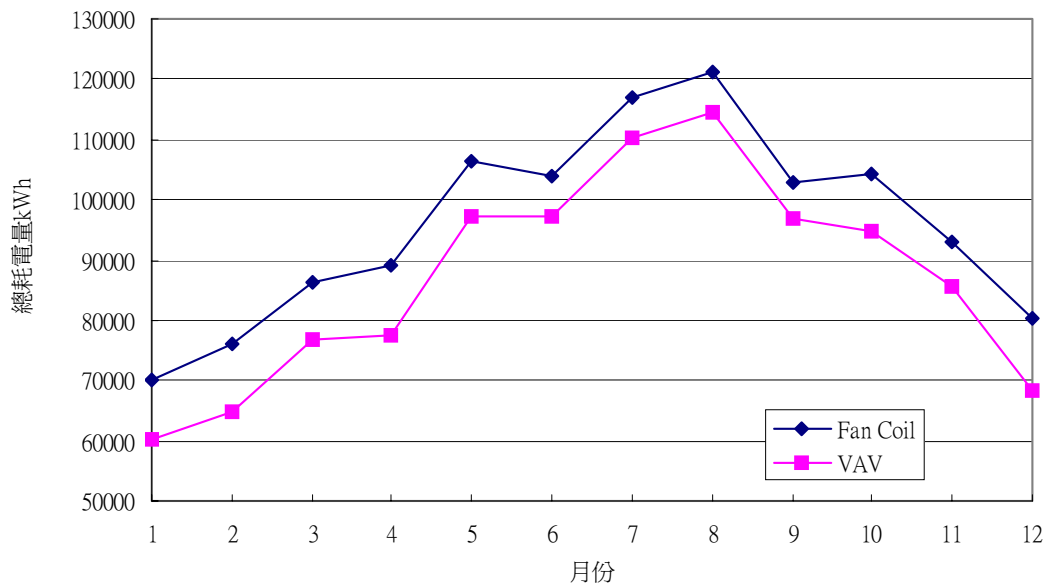


圖 D1-5-4 辦公大樓 Fan Coil 與 VAV 耗能之比較

當系統更換 VAV 時，其建築總耗電量亦隨之降低，建築總耗電量大約節省 106,758 kWh，佔 9.27%；在空氣側方面，由於改變為 VAV 系統，送風風扇因而受到控制而隨著室內負荷改變而改變，所以當負荷小時，風扇耗能亦隨之變小，反之，負荷大時，風扇耗能亦隨之增大。其在空氣側可省能約 66,727 kWh，省能百分比為 51.9%，可見在 VAV 的節能潛力之影響是很可觀的。

六、辦公建築環境品質分析

(一)空氣品質

室內環境品質之量測標準是根據 ASHRAE Standard 62 所規定之室內二氧化碳濃度為 1000ppm 以內。根據本研究實測 26 棟辦公建築物，CO₂ 濃度如表 D1-6-1、D1-6-2 所示，由此二表中資料顯示商業辦公建築之 CO₂ 濃度普遍較機關辦公建築為高，究其原因可能因為商業辦公室的人員密度往往比機關辦公廳舍為高之故。而在室內照度方面是根據照度標準 CNS，大廳為 30~75lux，辦公室為 500~750lux，走道為 50~100lux，而其他類型則是視使用情形而定。

表 D1-6-1 商業辦公建築大樓室內環境二氧化碳濃度實測均值

案號 空間	1	2	3	4	5	6	9	10	13	14	15	19	20	25	26	27
均值	600	657	833	711	637	750	389	390	560	560	560	626	733	560	598	498

表 D1-6-2 機關辦公室大樓室內環境二氧化碳濃度實測均值

案號 空間	7	8	11	12	16	17	18	21	22	23	28	29
均值	597	512	519	544	560	608	438	439	576	376	NA	NA

(二)空間照度

根據本研究實測辦公建築物共 26 棟之門廳、辦公室及走道三種空間的照度，如表 D1-6-3、D1-6-4 所示，比較此二表之三種空間照度平均值可知，商業辦公建築的各種空間照度都較機關辦公室的各種空間照度為高，如圖 D1-6-1 所示，而二者讚門廳及走道的照度都高於 CNS 標準。

表 D1-6-3 商業辦公建築各空間照度實測值

案號 空間	1	2	3	4	5	6	9	10	13	14	15	19	20	25	26	27	平均
門廳	312	508	462	450	432	497	320	428	230	230	220	505	160	140	320	220	339.6
辦公室	581	520	660	577	550	760	323	810	650	650	558	557	440	650	558	558	587.6
走道	124	397	395	341	212	381	187	384	140	140	230	173	80	230	230	230	242.1

表 D1-6-4 機關辦公室各空間照度實測值

案號 空間	7	8	11	12	16	17	18	21	22	23	平均

門廳	63	252	226	285	320	142	260	46	247	190	203.1
辦公室	410	345	342	432	558	681	519	310	482	440	451.9
走道	289	151	154	164	230	91	130	90	187	157	164.3

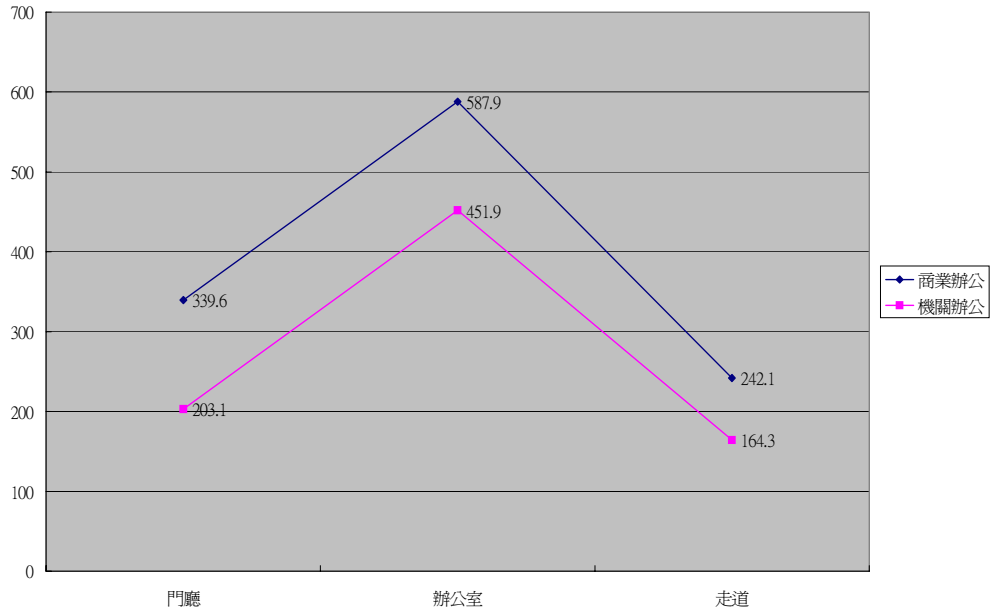


圖 D1-6-1 商業辦公與機關辦公各空間照度比較

七、建築外殼節能設計方針

環境熱負荷由建築外殼導入之途徑有下列五種，茲分別敘述減輕其熱負荷之建築節能方法如下：

(一)透過窗戶玻璃之日射

從日射熱能之觀點考量，窗戶越小越能達到節能的目的是，但是窗戶亦有採光、通風、日照、緊急排煙逃難等功能。因此，在保有上述之功能的同時，應考慮如何控制日射量所造成之空調負荷能降到最低以達到節約能源之目標。採用之方法有下列六種：

- 1.可開閉之氣密性高的鋁窗
- 2.採用雙重玻璃之斷熱窗
- 3.採用反射百葉使光線能達到室內更深之部分
- 4.採用遮陽板或使用百葉
- 5.北側以外之外壁窗戶開口面積盡量減小
- 6.採用熱線吸收或反射玻璃

(二)透過外牆或屋頂的熱傳導之節能方法

建築物之外壁及屋頂，由於室內室外之溫度差造成熱流會以熱傳導方式進入室內，造成室內之空調負荷。

為了要減輕空調負荷達到節約能源之效果，建議在外壁或屋頂內側採用斷(隔)熱材，則可以降低室內空調負荷，斷熱材之隔熱效果與其厚度及材料有關，厚度越厚效果越好，相對的成本也越高，至於材質方面亦有纖維狀、氣孔狀、氣泡狀、成層狀，以氣泡狀材料，因其不透濕，在內表面不易造成結露，效果較佳。一般常用的有玻璃棉、保麗龍、岩棉等斷熱材。

(三)透過窗戶之熱傳導

窗戶與外壁亦相同，由於室內、室外之溫度差造成熱流會以熱傳導方式進入室內，造成室內之空調負荷。

為了要減輕空調負荷達到節約能源之效果，建議採用空氣層之雙重玻璃窗戶，或採用反射玻璃，或採用熱線吸收玻璃，將可降低熱傳導所產生之空調負荷。

(四)間隙風進入之熱負荷

間隙風進入建築物內，主要是經過門窗之間隙所產生。熱流也隨著間隙風進入室內，造成室內之空調負荷。減少間隙風之方法有下列四種：

- 1.採用氣密性高之鋁窗
- 2.窗戶之大小盡量減小
- 3.採用雙重玻璃之鋁窗
- 4.主出入口之大門盡量採用旋轉門或設立風除室(雙重門)

(五)結構體之蓄熱負荷

建築物之結構體由於有熱容量，因此熱負荷之一部分會暫時被壁體吸收而蓄熱，再慢慢室內散熱。但如果為 24 小時空調，此蓄熱負荷則不需考慮。但在間歇性空調系統上，則需考慮此蓄熱負荷為佳。因此在結構體亦需考慮斷熱材之採用來減輕室內空調負荷，達到節約能源之目的。

八、辦公建築之設備節能計畫²

(一)電力系統節能計畫

建築之電力系統規劃設計的好壞與供電後的調整，都將影響未來有關之用電設備、配電系統、供電電壓、電壓變動率標準及線路壓降、供電電壓調整、契約容量訂定、抑低尖峰需量、功因改善等，說明如下：

1.配電系統

- (1)其他類建築之配電系統都為高壓供電，電壓等級有 11.4kV 或 22.8kV，而二次側的電壓等級有 110V、120V、208V、220V、277V、380V、440V、480V 或 3.3kV 等，依設備使用電壓規格供應。
- (2)變壓器的種類有浸油式變壓器、模鑄乾式變壓器及非晶質鐵心變壓器。為提高變壓器運轉效率，應選用高效率變壓器(模鑄乾式及非晶質鐵心式)及控制變壓器溫升，是減少銅、鐵損之必要考量。
- (3)操控用高壓開關方式有油斷開關(OCB)、真空斷路開關(VCB)、氣斷開關(GCB)及少數用電磁斷路開關(MBB)。大型低壓開關多用空氣斷開關 ACB，小型的則用無熔絲開關 NFB。
- (4)新設計之電力系統大多能監控各配電箱之用電狀況，如：電壓、電流、功率因數、kW、kWh、kVAR 等電力參數，尚具演算做圖表之功能，能監視並繪製出日尖峰負載之曲線變化，以供判斷何時是用電最高負載，並裝置尖峰負載監視警報，當負載超過第一段警報點，便開始注意，在超過第二段警報時，立即切斷次要負載，甚至將空調主機降載，使尖峰需量不要超過契約容量，減少超約罰款，若新設大樓採用儲冰式空調系統就沒有這個問題了。
- (5)功因改善以往都僅裝設高壓進相電容器，固定投入量來改善功因，而目前新設或改善者都已改為裝置低壓進相電容器，以減少低壓線路功因落後損失，其控制方式都採用自動功因調整器(APFR)，將功因調整至 99~100%合理值。
(註：若採進相電容器並聯馬達側功因改善僅可改善至 95%，以免產生不良影響。)

2.訂定適當之契約容量

契約容量的訂定是以全年所繳的基本電費及超約罰款之總和最低為合理值，因此一般來說在夏季尖峰用電需量超約用電 4 個月份(不要太多約 10%以內)被罰一些款，但其它月份尖峰用電需量是低於契約容量的，如此算起來是比較經濟的。由電費單尖峰需量值與平時抄錶值比較，尖峰需量若為不正常或偶而產生，則應裝設尖峰需量控制器，可短暫停機之負載如：多台式冰水主機、箱型機、停車場抽排風扇等，以抑制尖峰需量，減少超約罰款及基本電費支出。

3.檢查功率因素是否合理

台電電價表規定，用戶每月用電之平均功率因數不及百分之八十時，每低於

² 引用楊冠雄，「其他類建築節能技術手冊初稿 4-1」

百分之一，該月份電費應增加千分之三；超過百分之八十時，每超過百分之一，該月份電費應減少千分之一.五。

一般大樓的配電設計，都設有調整功率因數用之高壓或低壓進相電容器，較新之設計都在低壓側總電源配電箱，採用自動功因調整器(APFR)，控制低壓進相電容器自動投入或切離，其乃利用電流與電壓做比較，按設定之 C/K 值來控制，功率因數值一般設定在 99% 左右，利用分段分組的電磁開關及低壓電容器做投入及跳脫之動作，以保持功率因數在 99%，以獲得電費之功因折扣及減少低壓線路功因落後損失。而要注意的是：

- (1) 不要使功率因數超前，此舉會造成低壓側電壓升高，造成電器較易損壞。
- (2) 至於電容器最佳的裝設位置應在電感性負載設備的控制負載側，隨負載之使用而投入或切離。(註：採進相電容器並聯馬達側功因改善僅可改善至 95%，以免產生不良影響)。
- (3) 低壓電容器選用時，應注意額定電壓須大於實際使用電壓。
- (4) 確認電容器裝設位置及合理的電容器量，以避免投資浪費。

如此才是最有效的改善功率因數方法，改善方法可見功因改善電容器裝置方法。

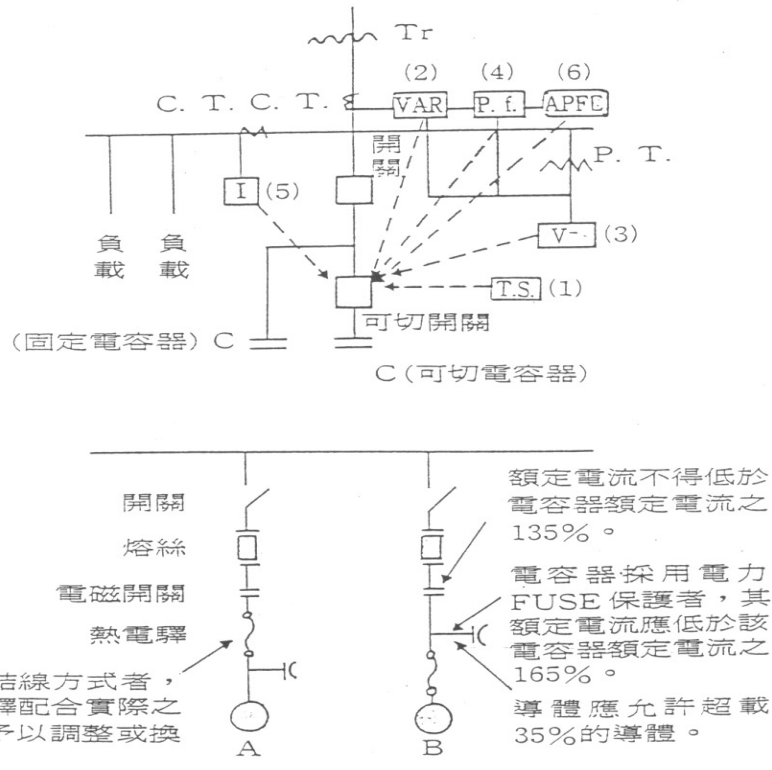


圖 D1-8-1 功因改善電容器裝置方法

4. 配電箱之負載率是否適當

變壓器滿載銅損與鐵損之比等於 3，而負載率為 57.7% 時，其運轉效率最高，因此負載率維持在 50~65% 之間，運轉效率最高。

故應測量照明變壓器的三相電流及瓦特值，若負載率偏低，則應採合併供電方式調整，減少變壓器無載損失（參見表 D1-8-1，3 ϕ 300kVA 變壓器無載損失約 1,100W），以及變壓器三相各照明負載分佈是否平衡，電流不平衡時，將會產生線路不平衡損失。

有些大樓的配電系統裝置容量過大，當各迴路的負載都很低時，各單獨變壓器的”鐵損”加”銅損”就比較多。此時宜用合併負載方式，也就是切掉一迴路，而此迴路的負載經由 TIE(連結)開關併到另一迴路，如此一來就可減少低負載變壓器的損失。

表 D1-8-1 三相電力用變壓器

容量 kVA	鐵損 W		銅損 W		效率(%)		阻抗電壓 IZ%
	12kV	24kV	12kV	24kV	12kV	24kV	
50	310	320	750	1000	97.92	97.43	3.0
75	440	450	1170	1350	98.00	97.66	3.0
100	500	500	1560	1710	97.98	97.84	3.0
150	700	720	2000	2200	98.23	98.09	3.0
200	800	890	2680	2780	98.29	98.20	3.0
250	890	890	3310	3510	98.35	98.27	3.0
300	1100	1130	3930	4050	98.35	98.30	3.0
400	1420	1460	4930	5380	98.44	98.32	3.0
500	1500	1500	6100	6700	98.50	98.38	3.0
600	1560	1700	7200	7560	98.56	98.48	3.0
750	1620	1700	9180	9450	98.58	98.53	5.0
1000	2000	2280	11200	11500	98.70	98.64	5.0
1250	2400	2580	14320	14600	98.68	98.64	5.0
1500	3200	3200	16500	17300	98.70	98.65	5.0
2000	3600	3960	21720	22000	98.75	98.72	5.0
2500	3850	4480	25500	26800	98.83	98.76	6.0

註:1.上表為國內製造廠商標準 2.線圈溫昇 65°C5

(二)空調系統節能計畫

1.空調負荷計算合理化

由於在設計階段，空調負荷計算時，對於空調設計溫濕度(室內室外設計條件)之設定值之取決過於安全，造成機器容量過大而浪費，造成初期成本以及運轉成本之增加，亦造成能源之浪費。

(1)室外室內溫濕度條件

在外氣設計條件上(溫濕度條件)其危險率(TAC)之採用，一般是採用 2.5%，但在省能源之觀點上，可以採用危險率 5%，至於室內溫濕度條件，在辦公室部分建議設定在 26°C ~ 28°C DB, 50~70%(夏天), 20°C ~ 22°C DB, 30~50%RH(冬

天)，營業大廳則設定在 25°C ~ 26°C DB，50~70%RH(夏天)，18°C ~ 20°C DB，30~50%RH(冬天)。

(2)區域劃分

- A.對於活動強度不同，空間尺度有差異者，其差異至相當程度時應予劃分區域，以免一方負荷不足，另一方過剩。
- B.對於使用時間不同者，應予劃分區域以利能源管理及控制。
- C.對於敷地條件如空間方位東西向不同者，應予劃分區域以免一方負荷不足，另一方過剩。
- D.對於室內環境水準(如清靜度)有特別要求者應另劃一區，才能將空氣加以特別處理。

(3)內部負荷之掌握—人員、機器、照明

一般辦公建築物之空間用途如下，一樓有營業大廳，二樓以上主要為辦公室、會議室、研究室、製圖室及電腦室，因此從使用空間之性質，來考慮室內空調負荷之變動，在特定之空間，可由業主方面取得工作人員之人數，至於營業大廳則以相對之單位面積之人數來推算人數之總計。例如會議室或營業大廳，亦可考慮因人數之變動造成空調負荷之減少而以 VAV 空調系統來對應達到節省能源之效果。

一般辦公室機器之發生熱量通常以辦公機器為主，例如電腦及影印機器，如配置尚未定案，則可以假設推算。例如每人一台電腦來計算其發熱量，至於電腦室之機器發熱量，則需由業主提供其資料，否則無法掌握。室內照明所產生之空調負荷，如以一般辦公室而言，可用照度 500Lux 來計算，其他電腦室或控制室則因應電腦室控室之要求配置來推算。

(4)換氣系統之確立

換氣之主要目的是將室內之污染空氣與新鮮空氣替換，而將室內之熱濕氣、臭氣、二氧化碳、粉塵等污染物排出室外。

從考慮省能源的觀點而來檢討換氣系統，有以下之幾種原則需建立：

- A.有空調之居室換氣，是以再循環空氣為主體，而再循環之過程當中，將粉塵過濾，臭氣洗淨或吸附，以及熱濕氣加以除去而再循環。至於新鮮空氣之導入量則以必要最小量(例如以每人所需最小外氣量)加以考慮。
- B.中間期之居室換氣，如果用外氣冷房可以處理室內之空調負荷時，則以外氣導入為主，再加上空氣過濾冷卻除濕則可。
- C.廁所、茶水間之換氣，則以居室外氣之導入量再利用，而後再排氣。
- D.倉庫等之換氣，則可利用居室之空調空氣加以再利用，或者純粹以非空調之換氣來處理。
- E.停車場之換氣則以居室內及其他換氣系統之排氣再利用單獨來處理。換氣造成空調負荷同時也促成空氣清潔，兩者要取得平衡點。美國 ASHRAE 在 1973

年訂定了 62 號標準，隨後在 1991 年與 1989 年修正該標準，如下表 D1-8-2。

表 D1-8-2 ASHRAE62 號標準外氣換氣量

場所	1973(cfm/人)		1981(cfm/人)		1989(cfm/人)
	最小	推薦	不吸煙	吸煙	最低外氣量
餐廳	10	15-20	7	35	20
酒吧雞尾酒廊	30	35-40	10	50	30
旅館會議室	20	25-30	7	35	20
辦公室	15	15-25	5	20	20
會客室	15	15-25	7	35	15
辦公會議室	25	30-40	7	35	20
零售店	7	10-15	5	25	0.2-0.3 ^b
美容院	25	30-35	20	35	25
舞場	15	20-25	7	35	25
觀眾席	20	25-30	7	35	15
戲院大廳	5	5-10	7	35	15
候車室	15	20-25	7	35	15
教室	10	10-15	5	25	15
病房	10	15-20	7	35	25
住宅	5	7-10	10	10	0.35 ^c
吸煙室	—	—	—	—	60
公共廁所	—	—	—	—	50
註	a.10cfm=5L/s b.本值單位為 cfm/sqft 地板面積(1cfm/sqft=5L/s sqm) c.住宅通風換氣單位為：cfm/人(1973)，cfm/room(1981)， 每小時換氣次數(1989)				

(5)空調負荷計算

由敷地條件、建築物條件所產生的外來負荷加上人員活動及發熱設備所產生的內部發熱量，加上換氣負荷，依各區域系統加總即得總空調負荷。以總空調負荷配合室內環境要求水準作為選定冷凍機大小和空調機大小的基準，是空調系統規劃不可缺少的計算。

(6)空調負荷分析

針對活動強度變化及使用時間變化所造成的空調負荷變化進行逐時模擬分

析，以決定空調系統的操作模式。

2. 空調系統之節能方法

全面性之節能可朝採用高效率設備、應用節能新科技、空調系統節能設計、以管理手法節約空調耗能、正確之維護使系統在最省能狀態。以下為針對空調系統各部門節能有關之問題加以詳述：

(1) 冰水主機

A. 採用環保冷媒及高效率主機：空調主機一般來說可分為離心式、螺旋式壓縮機、往復式壓縮機、吸收式主機四種。目前台灣大部份最常採用的是螺旋式及離心式冰水主機，所用的冷媒種類目前有 R-11、R-12、R-22 及 R-134a。而 R-11 及 R-12 冷媒目前因受蒙特婁公約影響，全面禁用，因此該二種冷媒價格飛漲，取之不易。目前新型之冰水主機皆改採用 R-134a 之環保冷媒。而吸收式冰水主機的冷媒，則是採用純水並用溴化鋰當吸收劑。在中央空調系統中，冰水主機是提供製冷能力的主要設備，故主機性能優劣、效率高低會對空調系統的效能及耗電量有很大的影響，因此下表 D1-8-3 為經濟部能源委員會公告之空調系統冰水主機能源效率之標準，供大家參考。

表 D1-8-3 經濟部能源委員會公告之空調系統冰水主機能源效率之標準

執行階段		第一階段		第二階段		
實施日期		民國九十二年一月一日		民國九十四年一月一日		
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	

- B.考慮選擇有變頻控制轉速功能之主機，而非使用傳統改變進口導流葉片角度來配合負載的方式，增加部分負載時的效率。
- C.應同時考慮其滿載時之效率和部分負載的運轉效率。
- D.適當地調整冰水主機冰水之設定溫度，每 1°C 會影響約 3% 之效率。
- E.冷卻水入口溫度應在符合冰水機特性及外氣濕求溫度的限制下，盡可能降低。
- F.冷卻水或冰水水質的管理，避免熱交換器傑垢影響熱傳效率，定期清洗熱交換器。污垢會影響主機效率達 20% 以上。
- G.利用負載控制器適當地調配冰水機組運轉台數來適應空調負載變化，使每部主機在最佳效率下運轉，避免起動過多的冰水機而使得冰水機反而在低負載下運轉，如圖 D1-8-2 所示。

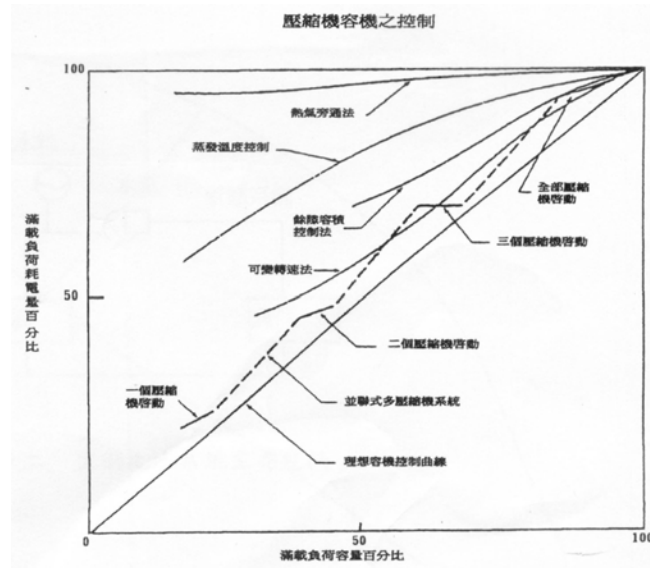


圖 D1-8-2 壓縮機的容量控制圖

(2) 冰水系統

A. 系統類別與功能

- a. 定流量系統：流經空調主機水量是固定的，定流量系統利用三通閥來改變流經盤管之流量，當負載低時將旁通量提高以減少流經盤管之水量，降低冷卻能力。如此，低負載時水量不改變，搬運之阻力也並不會有效的減少，泵之耗能維持一樣。這種設計只考慮到調節冷氣能力，沒考慮到耗能。
- b. 變流量系統(VWV)：這是一種較新之系統設計觀念，其將熱源(主機)與負載側之送水系統分開控制，其控制介面為一個共同管(common pipe)。共同管之左側為主迴路(primary loop)，為空調主機機房內之水循環系統，各主機有一個泵負責送水(定量)，故其總循環量為開啟主機水量之總和。主機之開啟依負載而定，負載大時開啟之主機多，負載小時減少主機之開啟數。熱源側之送水距離短，且送水量隨主機之開啟數變化，耗能較小。在負載側方面，其送水系統(或稱二次迴路，secondary loop)亦需有泵作為「動力，因送水之距離長，為送水系統之主要耗能之處，亦是 VWV 系統主要節能之處。VWV 系統之操作原理如下：
 - (a) 可用水壓(或溫度)控制二次側之送水量，如負載低時減少開啟數量，節約搬運耗能。
 - (b) 負載處(如風機盤管)以二通閥控制流量，不需旁通管路，只送所需之冰水量至盤管，二通閥之開啟度依盤管之出水水溫而定，當閥關小時水流阻力加大，經控制系統使二次泵減少送水量，如此達到最佳之節能效果。
 - (c) 當二次側之冰水需求量減少時，熱源(一次)側之循環量較大，多餘之冰水經共同管流回主機，共同管之阻力極小，不會造成耗能。當經共同管旁通之水量多時，流回主機之水溫降低，溫度訊息將使主機依需求減少開啟數，同時減少一次側之水循環量。當二次側之水量過大時，二次側之回水就會有

一部份經共同管反向流到供應側，如此會提高供應冰水之溫度，溫度過高時會啟動多台空調主機，補充冷氣能力不足。與送風側 VAV 相同，VWV 有節約進一半水搬運之耗能潛力。

B.VWV 系統常見之問題及解決：一般在中大型的空調系統中，均將空調使用場所及使用時段之不同，而將空調區域分區，採用區域泵將冰水送至各個不同場所，此種冰水系統，稱為冰水路分離系統(Decoupled System)，此冰水系統包含冰水主機、冰水泵(一次泵)、區域泵(二次泵)，空調負載設備(AHU、FCU)等。一般冰水路分離系統，其耗能的多寡完全取決於系統設計規劃是否完整。在正常情況下，共通管的水流方向應流向回水的集水頭 A，一次側的流量必須大於或等於二次側的流量，才能確保供空調側使用的冰水溫度與冰水主機所產生之冰水溫度一至，使多餘的低溫冰水由旁通管路流向回水集頭與較高溫的回水混合，可使回水溫度降低，經過設定溫度感知，而使主機卸載。目前國內之空調系統均採用此一設計，但有些此系統之用戶卻在此水路系統上產生嚴重的耗能問題。如圖 D1-8-3 所示，因為共通管之流量 \leq 二次冰水泵之流量，因此造成回水逆流。

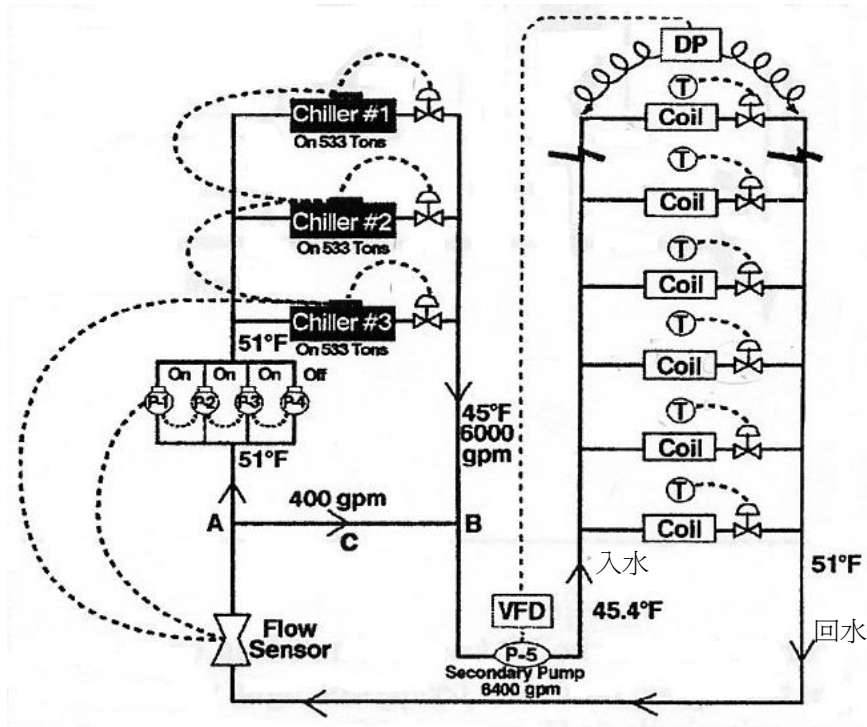


圖 D1-8-3 產生逆流混水問題之水路系統

如上圖所示，因不正常之空調系統運轉，造成二次側冰水泵之流量大於一次側之冰水泵總流量，為了達到一次側與二次側間流量的平衡，導致從空調負載端回流的溫水一部分會經由旁通管，流到主機產生之冰水之集水頭 B 與冰水混合，造成逆流的現象。此現象造成冰水與溫水混合後，提供空調區之冰水溫度偏高，造成冰水主機所產生之能力不足以應付空調區的使用，導致室內溫度升高。因室

內溫度偏高，空調系統之操作人員便會加開另一台冰水主機加入運轉，這時一次泵與二次泵也會同時再各啓動一台運轉，雖然加開一台冰水主機進行運轉，但仍因為二次側冰水泵之流量一直大於一次側之冰水泵流量，所以仍有混溫的現象發生，造成總整空調系統失靈，嚴重形成能源的浪廢。

欲解決此情形可依下列之方式：

- a. 泵設計或操作時，一次泵總流量必需大於二次泵總流量，可確保共通管路的水流方向為順流，不會有逆流混溫的情況發生。
- b. 於二側側加裝變頻器，依現場的實際負載由二通閥控制冰水量，利用壓差由變頻器控制二次泵的轉速，以達到節約能源的功效。

(3)冷卻水塔改善

- A. 加強清洗：減少散熱片污染，提高散熱能力。
- B. 固定排放：減少水中雜質污染，減輕結垢產生傾向。
- C. 調整風扇葉片角度：過小造成排熱能力不足，過大則增加用電量。
- D. 冷卻水塔噸數以冰水主機噸數的 1.25 倍左右為宜。可採多台並聯組合型，配合溫度控制，開啟運轉台數。
- E. 降低冷卻水進水溫度：冷卻水進水溫度越高，單位冷凍能力之耗電越大，即 kW/RT 值越高，EER 值越低。每降低冷卻水溫度 1°C，約可減少耗電量 1.5%。故冷卻水塔容量應比冰水主機容量選用稍大，對降低冷卻水溫度頗有助益。

(4)空氣側方面

送風系統的品質非僅由送風機就能決定，其系統設計及控制策略亦為重要關鍵，以提供均衡的風量及維持空氣的衛生與健康條件。送風系統之耗能甚大，裝置之電力可達空調總裝置電力之 25%，但是，送風系統因運轉時間長，故實際耗電比裝置比例大，不得不給予重視。簡單而言，可將送風系統分成兩種來討論。

- A. 風機盤管型：風機盤管內主要有一個風機和一個盤管，風機為送風之動力，而盤管為熱交換器。風機盤管設置在室內牆角或置於天花板上，由主機房冰水主機所產生之冰水經送水系統將冰水送至風機盤管，流入盤管，風流經盤管而被冷卻產生冷氣效果。盤管應設有外氣口，另以風管送外氣至室內，對風機盤管而言，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。

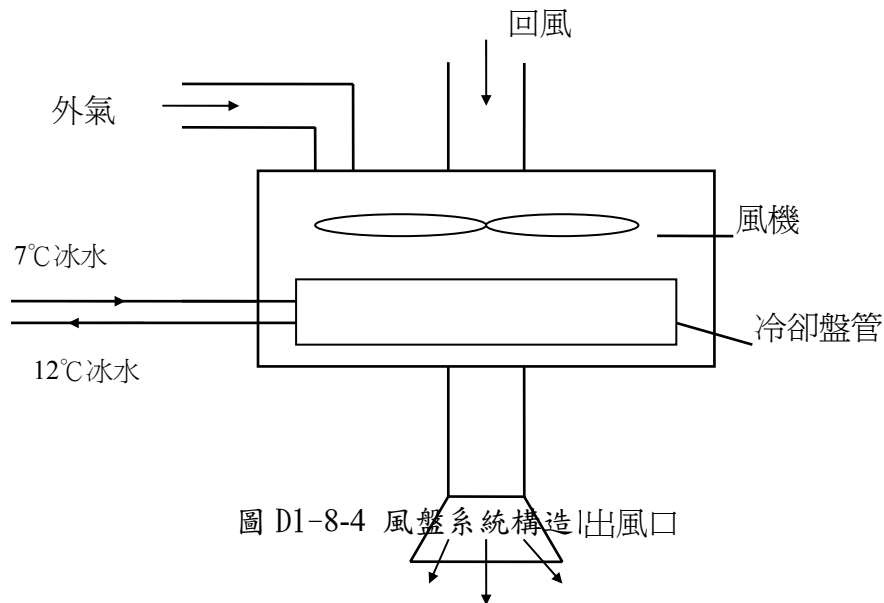


圖 D1-8-4 風盤系統構造

一般而言，風機盤管之風車有三速控制，可用約 50 %、75 % 及 100 % 之風量操作。為進一步節約能源，馬達可裝置無段變速控制，進行 30-100 % 之風量控制，此外並可增加空調之溫度及舒適度控制效果。

B. 空調箱風管型

a. 此型優點

另一種常用的空調送風系統為空調箱風管型，冰水主機所製造的冰水不直接送到室內，而是送到每層樓(或兩層以上共用一個機械房)的機械房，由機械房內之空調箱將空氣冷卻再送入室內。這種空調方式的優點為：

- (a) 空氣較集中處理，可獲得較佳之空調品質，如溫濕度控制、清淨度等。
- (b) 設備集中，較易維護。其缺點為風管較長，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。

b. 可變風量系統

單以控制冰水流量無法有效節約能源，如能與主機容量配合將送風量減少，就可減少送風耗能，即所謂之可變風量系統(Variable Air Volume, VAV)。VAV 終端箱之設計有許多種類，以 VAV 的功能而言，可由圖 8-5 作簡略的說明

- (a) 冷房內恆溫器感測到室溫升高時，驅使 VAV 終端箱將風門開啟的範圍加大，以讓更多的空氣進入室內。
- (b) 由於風門大開，流出主風管之流量大，造成風管內空氣靜壓降低。接收控制器獲得壓力訊息後便控制風扇的轉速，以增加空調箱空氣的吸入，補充負荷增加所需要的冷空氣。
- (c) 在 b 動作的同時，接收器 RCI 因感測到風管內溫度升高所傳來的訊息，一方面打開風門開啟的程度，另一方面則參考戶外的溫度，重新調整並由冰水機供應較多之冰水量，以適時降低空氣溫度。

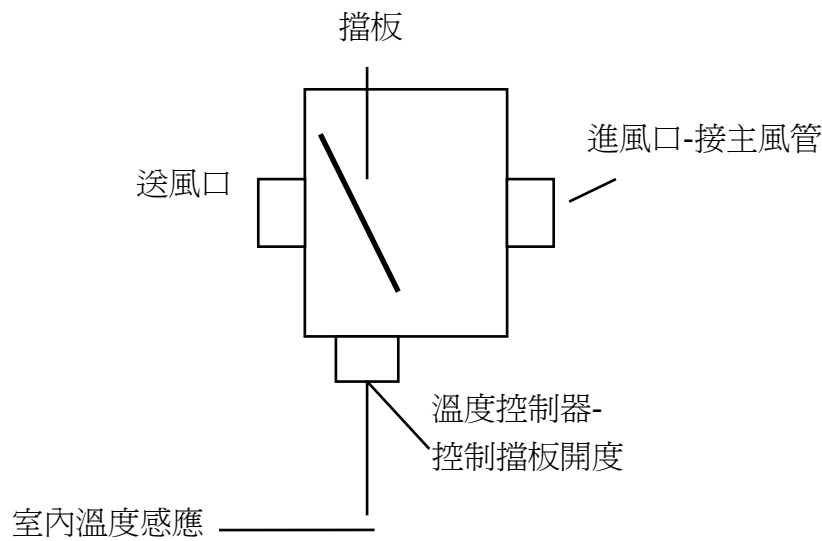


圖 D1-8-5 VAV 終端箱之設計

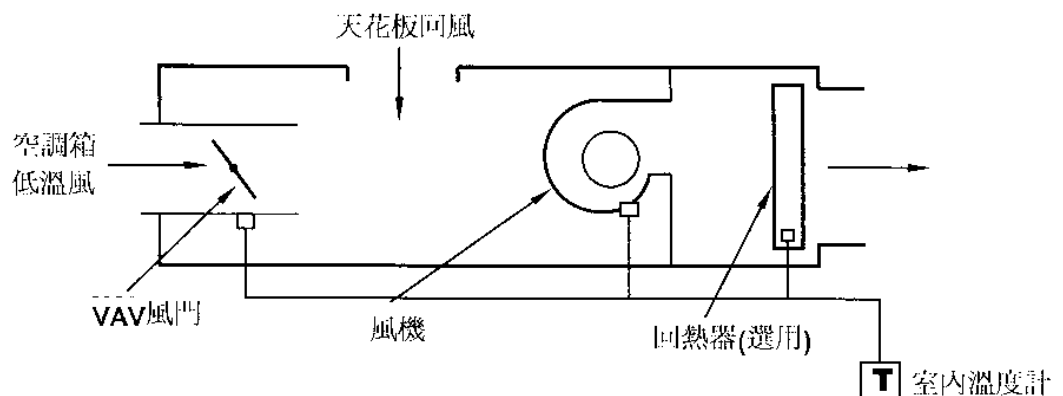


圖 D1-8-6 以風機提升室內空氣流動量之 VAV 終端箱

以風機提升室內空氣流動量之 VAV 終端箱為另一種設計，增加一風機以提高室內空氣之流動量。設計要點為變化送風量來控制室溫，室內溫度計所量測到的溫度與設定溫度作比較，室溫較高時將擋板開度加大，提高冷氣效果，反之將擋板開度關小。由於在此系統中，分別於室內及風管內設置溫度感測器，因此可依據不同空間的冷房負荷作調節用，以達到多區域(multi-zone)溫度控制的要求。可變流量式的空調系統在元件上多了一些溫控及控制流量的風門，構造上顯然比單區域式的複雜，所以造價也稍高。

(5) CO₂ 濃度控制換氣量節能

室內空氣之品質可用 CO₂ 之濃度來當作指標，而 ASHRAE 標準 62-89 以 1000ppm 之濃度作為最低之標準，依上表供應之外氣量即可達到。國外的調查發

現當 CO₂ 之濃度在 600ppm 時，人們覺得空氣品質良好(戶外為 380ppm)，如濃度升高到 800ppm 時，只有少數人覺得有不舒適感。所以，可以用 CO₂ 濃度作為控制外氣量之參數，用於人數在不同時段變化很大的場所如會議室等，當 CO₂ 之濃度升高到 800ppm 時將外氣量提升到此對低標準高 50%之風量，而濃度低達 600ppm 時則將外氣量減少到與最低標準同，更低時再將外氣減半。如此三段控制，在大多時候可以較少之外氣操作，在不犧牲空氣品質下，可節約 30%之外氣耗能。

(6)外氣冷房

對於有較大空調負荷之內週區，或內部空調負荷大之建築如旅館，在換季鎮在冬季時內週區尚須空調。在這種情況下可考慮用低溫外氣以提供空調，其可行性分析如下：

參考濕空氣線圖，進行分析：

- A. 當室內之空氣為 22°C，60%，其熱焓約為 48kJ/kg。
- B. 當室外之空氣為 16°C，70%，其熱焓約為 38 kJ/kg。
- C. 室內外焓差約為 10 kJ/kg。
- D. 可提供之冷氣量為 $100 \times 1.2 \times 10 = 12000 \text{kJ/hr} = 3.3 \text{kW}$ 。

由此可見，1000m³/hr(cmh)之外氣可提供之空調幾近一個冷凍噸(約 3.5kW)，故外氣冷房在有適當條件下是可行的。其設計考量如下：

- A. 台灣地區之濕度高，不能如國外只用溫度作為外氣冷房之切換，需同時考慮溫度，計算焓值與設定值作比較。
- B. 一般之外氣約佔總送風量 20%，故送風管皆不大，若用外氣冷房則需將外氣管加大，才会有足夠之外氣。

(7)室內排氣之回收

室內與室外之空氣有很大之熱焓差異，當室內 26°C 50%RH 時熱焓為 12.6kcal/kg，若室外為 32°C 70%RH 時，其熱焓為 20.6kcal/kg。在同時引入新鮮空氣與排氣時，若能使兩股氣流作熱(或焓)交換，可節約大部分的外氣負荷。下圖為一個熱回收設計的例子，用一個全熱交換器，使外氣進入室內前將其水蒸氣與熱吸收，使進入之外氣降溫降濕；排氣亦先流經全熱交換器，把濕氣與熱帶到室外。在 70%之交換效率下，可將外氣之焓值自 20.6kcal/kg，節約 70%之外氣耗能。

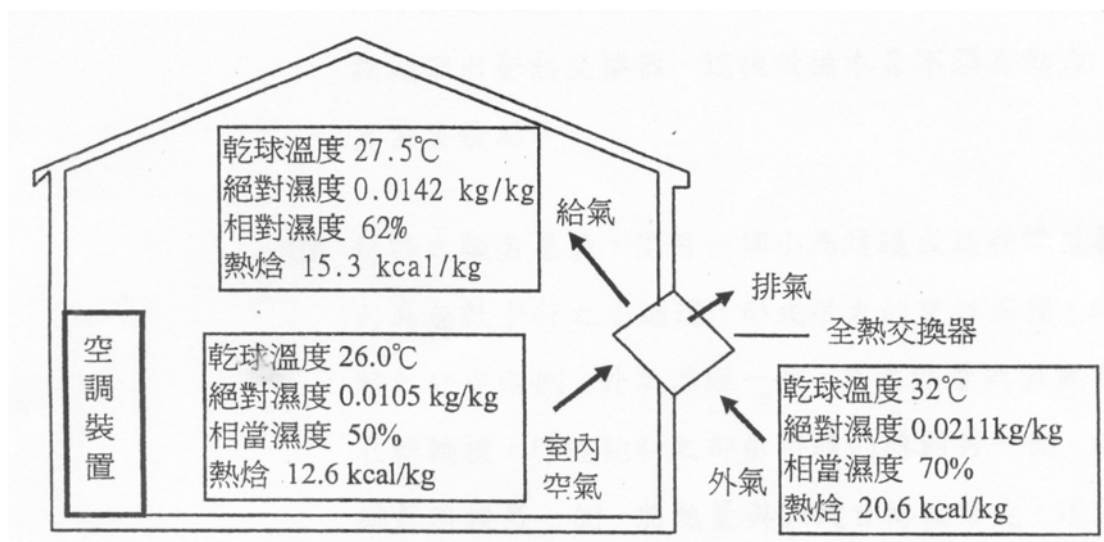


圖 D1-8-7 全熱交換器之應用

所謂全熱即是以熱焓計算之熱值，或為顯熱(溫度變化)與潛熱(濕度變化)總和。而全熱交換器即為焓之交換器，除了顯熱交換之功能外，其並有吸收或吸附濕氣之功能，會把濕空氣中的水蒸氣吸收。反之，若流經之空氣為較乾空氣，全熱交換器內表面之蒸汽壓比乾空氣高時，則水分會蒸發進入此較乾之空氣，隨乾空氣流出。

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。全熱交換器基本上有兩種，一為靜態之交叉流式，另一為轉輪式，操作原理及應用可簡述如下：

- A. 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版之兩側，流向為交叉方向。平版多以可滲透纖維製成，一邊吸收之水就可以滲透到另一邊讓另一股流帶出全熱交換器。這種設備本身不需有動力，維護簡單，為其主要優點。
- B. 轉輪式顧名思義，需用一個小馬達造成這種蜂巢輪之轉動，蜂巢內為無數平行之小通道，形成很大的交換面積。轉輪上需有裝置將之分成兩側，外氣流經一側，其熱量與濕氣有一部份被吸收在轉輪裡，已達飽和之部分持續的轉到另一側。較低溫及低濕之排氣流經另一側，將熱量與濕氣自轉輪帶走，達到吸熱吸濕能力再生之效果。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。

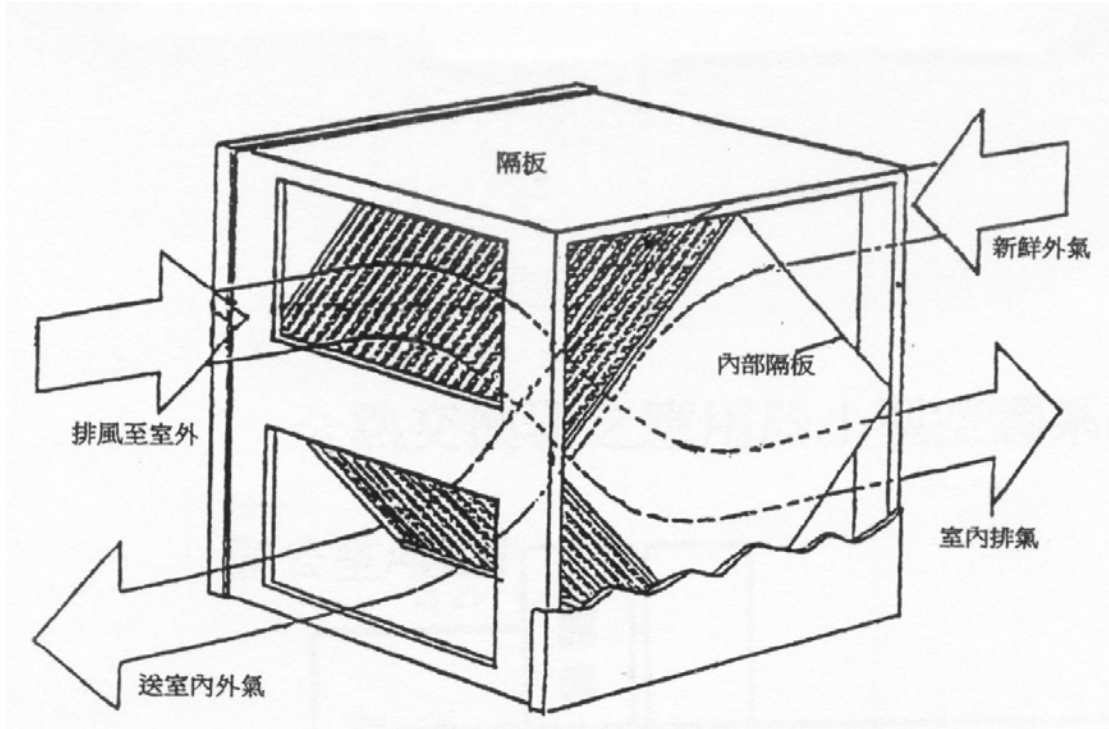
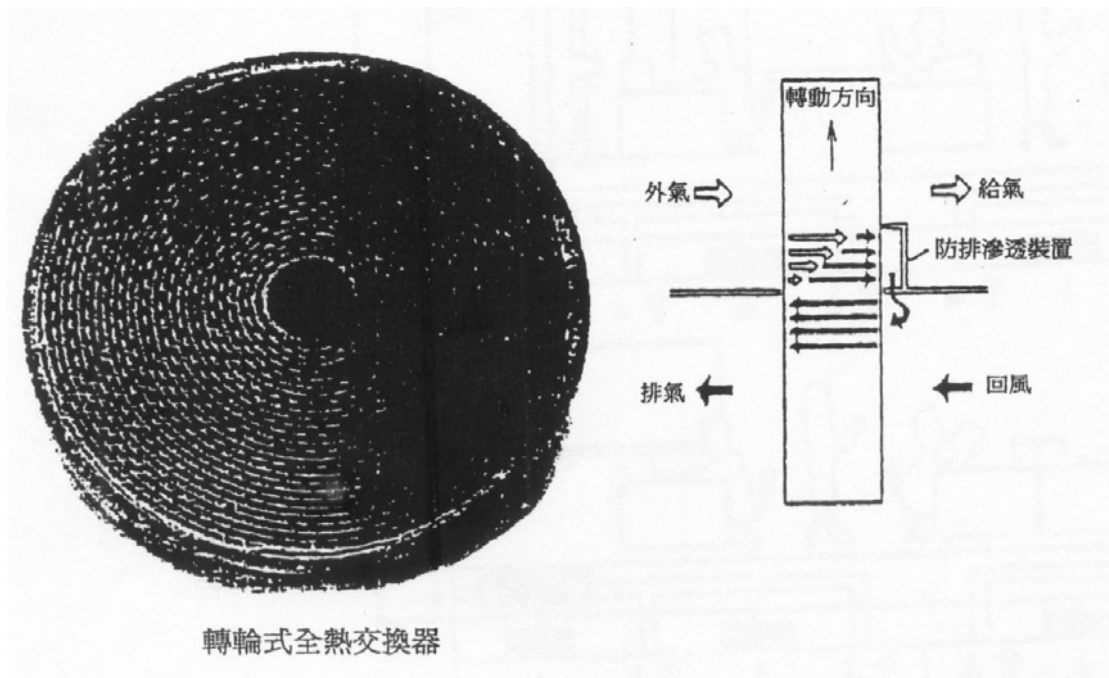


圖 D1-8-8 動態交叉流式全熱交換器



轉輪式全熱交換器

圖 D1-8-9 轉輪式全熱交換器

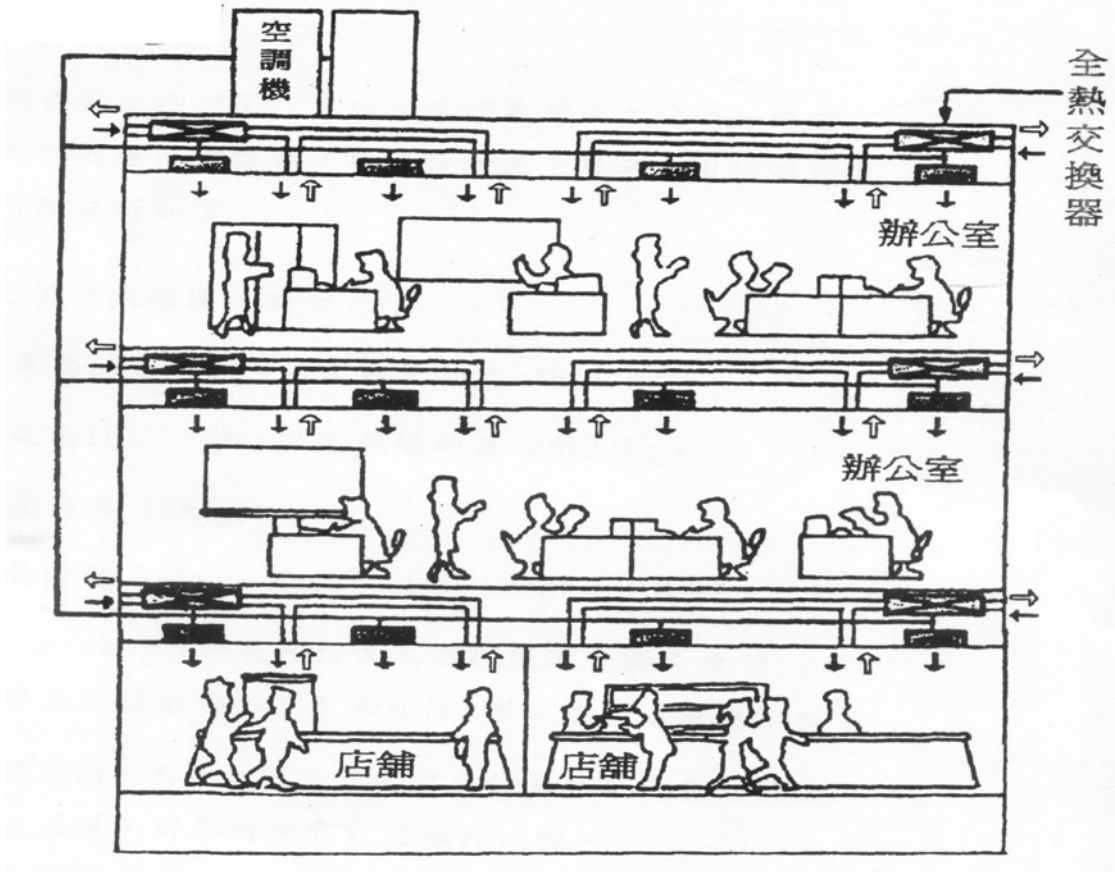


圖 D1-8-10 全熱交換器與小型空調系統配合使用於辦公室

(三)照明系統節約能源設計

1.照明設計的原則與流程

照明設計的原則是必須在達到適當的照度要求及確保照明品質情況下進行節約能源設計。一般的照明設計可依如下的流程進行設計：

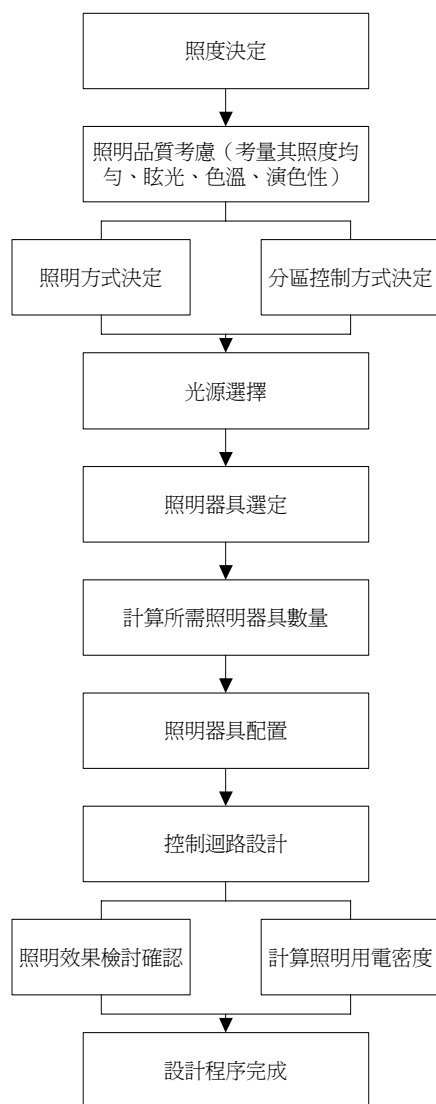


圖 D1-8-11 照明設計流程

以上之設計流程在「照明方式決定」、「分區控制方式決定」、「光源之選擇」、「照明器具之選定」、「照明器具配置」等過程均有節約能源手法應用之可能。

2.辦公室照度標準

因應工作精細度的需要而訂定各種空間的照度標準。關於辦公建築及其相關空間的照度標準，我國訂有 CNS 照度參考標準如下表。

表 D1-8-4 辦公室照度標準

		場所	工作	
2000 1500 1000 750 500 300 200 150 100 75 50 30	——		設計 製圖 打字 計算 打卡	
	辦公室a(註1)、營業室、設計室、製圖室、門廳(白天)(註2)			
	——	辦公室b、職員室、會議室、印刷室、電話交換室、電子計算機室、控制室、診療室、電氣室和機械室等的配電盤、儀表盤、服務台	——	
	集會室、會客室、等候室、餐廳、廚房、娛樂室、休息室、守衛室、門廳(夜晚)、電梯廳			
	——	書庫、工作室、金庫室、電氣室、機械室、電梯間		
	飲茶室、休息室、值班室、更衣室、倉庫、正門(台階)	——		茶水間、浴室、走廊、樓梯、盥洗室、廁所
				——
	安全梯			

註1：精細視覺工作以及由於天然光影響，室外明亮而室內感到暗時，最好採用 a 的情況。

註2：在門廳，眼睛適應著幾萬勒克斯的白天的室外天然光照度，因而廳內看起來暗。故希望門廳的照度高。再者，門廳的照明在夜間和白天宜按分檔開關進行調節。

3. 照明品質之參考基準

由於辦公室的工作性質，使用眼睛注視文件的時間較長，所以要求照度的標準也較高，僅次於精密機械、電子零件、印刷等精密工作，而且現代化 OA 辦公室使用 PC 電腦的數量越來越多，室內照度與眼睛的疲勞有很大的關連，尤其是照度分佈不均勻或眩光很大的地方不僅眼睛容易酸澀而且會造成注意力及思考力的降低，所以照明的品質不僅是全般照度的提高，而且應該考量下列四點：

(1) 照度均勻度

是指最低照度與平均照度之比，依據國際照明委員會 CIENO.29 文件之建議，辦公室、閱覽室等工作房間全般照明的照度均勻度不宜小於 0.7，非工作區域，全般照明的照度均勻度不宜小於 0.2。荷蘭照明專家 Fischer 建議局部照明與全般照明共用時，工作面上全般照明的照度值應為總照度值的 1/3 以上。

(2) 眩光限制

A.直接眩光(由視野中高亮度或未曾遮蔽的光源所產生的眩光)

在水平視線上下 30 度範圍內(glare zone)光源之亮度不宜超過 $0.5\text{cd} / \text{c m}^2$ ，否則會造成眩光妨礙眼睛之辨識能力。CEI 推薦的燈具亮度限制曲線法(LC 法)是對於不同照度水準及眩光質量等級制訂不同的亮度限制曲線，以檢討眩光角 γ (室內最遠處燈具和眩光之平價點的連線與燈具的下垂線之間的夾角)大於 45 度範圍的燈具亮度。

此限制曲線之方程式，在無側面光時為：

$$\log L_{85^\circ} = \log L_{75^\circ} = 3 + \log 1.0 + 0.15F \dots\dots\dots(1)$$

$$\log L_{45^\circ} = 3 + \log 1.5 + 0.4F \dots\dots\dots(2)$$

在有側面光時為：

$$\log L_{85^\circ} = \log L_{75^\circ} = 3 + \log 0.85 + 0.07F \dots\dots\dots(3)$$

$$\log L_{45^\circ} = 3 + \log 1.275 + 0.26F \dots\dots\dots(2)$$

(1)~(4)式中 $F = (G - 1.1611 \log E)^2$

L：為燈具的亮度，單位為 $\text{cd} / \text{c m}^2$

G：為眩光指數

E：為平均照度，單位為 1000lux

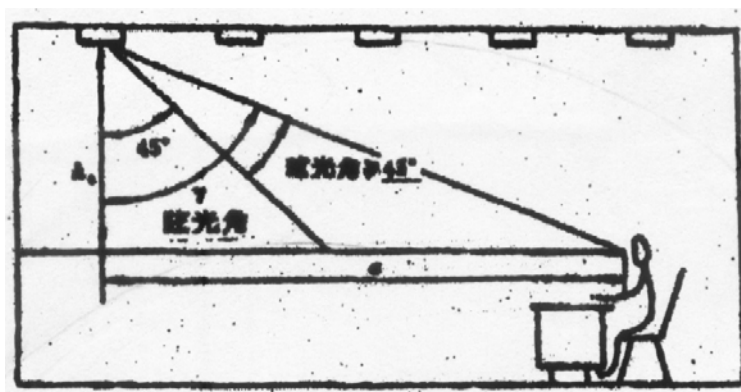


圖 D1-8-12 眩光角

B.反射眩光(由視野中光澤表面的反射所產生的眩光)

現代的辦公室都有使用電腦，其顯示幕 VDT 上的照度不能太高，否則會造成眼睛的疲勞，而且顯示幕上的文字和背景的亮度比會降低，增加辨識的困難。在 IEC 及日本勞動省都訂有對 VDT 作業人員環境照度的推薦值，其中對水平面(桌面及鍵盤)之照度為 300~1000Lux，對垂直面(CRT 面)之照度為 300Lux 以下。

C.對比眩光(相鄰空間之照度相差太大，人眼視線移動時來不及調適會產生弱視現象)

在辦公室壁面皆暗，與其他室內亮度比差異太大，又沒有遠景對象物可供眺望來獲得短暫的休息時，容易造成作業人員眼睛的疲勞。日本勞動省對於作業對象物和其周圍之輝度比推薦值為 3：1，作業對象物與其稍遠之平面間之輝度比

推薦值為 10：1，與普通視野內之輝度比推薦值為 30：1。

(3)色溫度 K

一般而言色溫低於 5000K 著為暖色系，色溫高於 5500K 著為冷色系，若選擇暖色系溫 5000K 以下者有燥熱之感覺，一般辦公室宜選擇 4000K 之色溫。

(4)演色性 Ra

眼色性是指可照出顏色的真時性程度，日光的 Ra=100，一般室內 Ra=85 以上即可。

4.平均照度與耗能密度

(1)平均照度

平均照度是指室內平均單位面積所受到的光通量，其計算公式為：

$$E = NFUM / A \dots\dots\dots(1)$$

E：工作面平均照度，單位為 lux，lm / m²

N：燈具數量，單位為具、只

F：單光源光通量，單位為 lm / 具

U：照明率、單位為%

此值與燈具形式所形成的配光曲線，室長室寬及燈具高度所形成的室指數 RI，空間四周的反射率均有關。可查照明率表求得之。

M：燈具維護係數，單位為%

A：照明面積，單位為 m²

(2)照明耗能密度

單光源光通量與其發光效率，燈具效率比及燈具耗能瓦數皆有關，其關係式為：

$$F = nKw \dots\dots\dots(2)$$

n：燈源發光效率，單位為 lm / w

k：燈具效率比值

w：燈具耗能瓦數，單位為 w

將(2)代入(1)得

$$E = NWnkUM / A \dots\dots\dots(3)$$

另外定義單位面積之用電密度(UPD)

$$UPD = NW / A \dots\dots\dots(4)$$

將(3)代入(4)得

$$UPD = E / nkUM \dots\dots\dots(5)$$

由上式可見，在維持一定照度時，提高燈源發光效率、燈具效率、照明率及燈具

維護係數是照明節能的必要手法。

5. 照明方式

照明方式依照室內被照明的區域範圍，可分為全般照明、局部照明、全般與局部併用照明、投光照明等。

全般照明可使室內獲得均一之照度，但是由節約能源觀點而言，在作業面欲獲得較高照度而提高全般照明的水準，會使其他不重要空間同樣達到高照度，實為能源之浪費。因此辦公室照明設計大多採用全般及局部併用照明。在作業員位置設置作業周圍局部照明，將光源埋入隔屏、書架等家具內，是 OA 家具常用的照明手法。照明方式依光線投射至作業面所經路徑，可分為直接照明、間接照明。直接照明的光線直達作業面，對作業面照度的效率會比直接照明來的低，但是實際需要照明的對象物不僅是要求光線照射於桌面或作業面，因為室內尚有人的臉部、牆壁、家具等，工作人員也要感覺到他人的存在，會有與他人交談及移動行走順暢的需求，因此辦公室照明設計要有適度的間接照明。一般辦公室嵌入天花板的燈具若採用格柵式下照燈具組，經過格柵對光線的散射即具有間接的照明效果。對某些牆面或牆面與天花板交界處設計反光燈槽的間接照明方式亦是辦公室輔助照明常用的方法。

6. 照明控制

照明管理是建築物管理的一環，其目的除了人工環境控制外，也為了節約能源及保全之需要，其中節約能源的照明控制依其功能可概分為：分區控制設定、時程管理設定、保全特殊控制、晝光節能利用等。依控制技術的性質可分為中央管理系統程式控制、紅外線人員感知器控制、光感知器調光控制、手動開關控制等。分別說明如下：

(1) 分區控制設定

依據照明場所性質選擇群組功能以設定不同照明水準或控制其開關燈數之組合。此種控制不僅可以因應工作桌位調整全般照明與局部照明的比例，加班時也可以只開局部的燈，而且在使用者變更用途、變更隔間時，不需變更照明迴路，僅需在控制盤內變更程式，即可變更點燈區域，或調整區域之照度 M ，達到節約能源。

(2) 時程管理設定

依據固定作息或特定活動時間，設定照明設備操作時程。此種預程控制可以免除不用時忘了關燈而浪費能源，但是預程控制應該允許以手動開關駕馭，以應付突發事件要改變預設時程的需要。

(3) 保全特殊控制

保全系統必須全年 24 小時開放，消防照明、車道出入口指示燈都不能依時程管理而設定，所以必須特別成立控制迴路。在 ASHRAE90.1(1999)對於照明控制的相關條款如 9.2.1.1, 9.2.1.2, 9.2.1.3 等都將此等照明排除規定。

(4) 晝光節能利用

利用日光感知器感知自然光源，配合照明控制設備互補達到所需的照度。最常見的是應用在窗邊區域的調光控制，當日光較強時則調低人工照明的亮度，可以節約能源。其他以天窗、導光井、假樓等引進日光的控制也是晝光節能的利用。

7.光源的選擇

光源的發光效率是以輸入 1W 的電力，可產生多少 LM 的光束來表示。就節約能源設計而言，選用高發光效率的光源是從根本上實行節約能源。光源的發光效率在燈源廠商的產品型錄上可以查到，大體而言，光源種類主宰了發光效率，例如螢光燈的發光效率是白熾燈的四倍，壽命為其五倍。

下表為台電公司整理市售燈源之性能概要：

表 D1-8-5 市售燈源之性能概要

光源	種類	效率(Lm / W)	演色性		色溫度 L	光色效果
			評估係數 Ra	評估		
白織燈	清光泡	6~25	100	極佳	2900	暖和效果輝度高
	磨砂泡	6~25				暖和舒適效果
	真珠泡	10~15				光色柔和照明氣氛佳
鹵素燈	J型 JCV型 JC型 JDR型	10~20				演色性佳光色清晰
日光燈	晝光色	45~75	74	可	6500	微藍色光具涼爽氣氛
	白色	48~82	61	可	4200	微黃色光具溫暖氣氛
	晝白色	48~82	72	可	5000	白色光具柔和氣氛
	高演色性	58~95	95	極佳	5000	與白織燈相同
	三波長晝光色	54~88	84	佳	6700	具清涼感物體原色清晰
	三波長白色	58~95	84	佳	5000	柔和色彩自然健康
水銀燈	清光	40~50	23	差	6000	刺眼
	螢光色	45~70	53	尚可	4100	白色光較不刺眼
高壓鈉燈	白色	35~55	84	佳	4200	自然光色
	黃色	45~110	84	佳	4000	黃色光具溫暖感覺
複金屬燈		45~100	95	極佳	5000	演色性高壽命長

當然，光源的選擇也要考慮其演色性、色溫度及光色效果、投射強度等因素。不過，一般辦公室主要照明宜採用螢光燈，既有高發光效率又有可接受的光色效果。

我國政府 89 年 1 月公布螢光燈效率標準，自 90 年 1 月起實施，如下表：

表 D1-8-6 螢光燈效率標準

類別	螢光燈管區分	額定螢光燈管功率 W	發光效率(lm/w)					實施日期	
			一般型			三波長域發光型			
			D	N(CW)	W,WW	D-EX	N-EX (CW-EX)		W-EX, WW-EX

預熱 起動型	直管型	10	10	44	45	47	45	50	53	民國 90年 1月1 日起
		15	11-15	48	52	55	59	63	65	
		20	16-20	60	67	71	71	74	77	
		30	21-30	63	70	74	76	80	84	
		40	31-40	72	78	81	84	88	90	
	環管型	20	20,18	45	47	50	51	53	57	
		22	22,19	45	47	50	51	53	57	
		30	30,28	47	52	55	57	58	60	
		32	32,30	53	56	59	65	67	69	
		40	40,38	63	68	72	70	77	81	
瞬時 啟動型	20	16-20	55	68	71	62	71	74		
	40	31-40	75	76	77	75	81	84		
	60	51-60	62	67	72	67	72	75		
	110	100-110	80	82	86	85	87	91		
平均演色性指數(Rn)			69	67	50	80				

註 1：類別、螢光燈管區分依 CNS691 螢光燈管(一般照明用)規定。

註 2：螢光燈管光源色區分依 CNS10839 螢光燈管之色度分類規定：晝光色(D：5700~7100K)、冷白色(CW：4600~5400K)、白色(W：3900~4500K)、溫白色(WWW：3200~3700K)、三波長域發光型(EX)。

註 3：發光效率為光源全光束(lm)與螢光燈管功率(W)之比，光源全光束與螢光燈管功率之測試方法依 CNS3936 螢光燈管(一般照明用)檢驗法規定。

註 4：實測之發光效率及平均演色性指數應在上表標準值及標示值 95%以上。

註 5：植物培植燈、補蟲燈、半導體專用燈、滅菌燈等彩色螢光燈管及高演色性螢光燈管(Rs>95%以上者)免試發光效率。

註 6：平均演色性指數之測試方法依 CIE13.3 method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources 規定。

註 7：晝白色(N：4600~5400K)螢光燈管發光效率及平均演色性指數比照冷白色(CW：4600~5400K)螢光燈管規定；燈泡色(L：2600~3150K)螢光燈管之發光效率及平均演色性指數比照白色(W：3900~4500K)螢光燈管規定。

螢光燈為放電燈，必需連結安定器。最早的安定器為電磁式，後來出現混合式(Hy-brid)結合了電磁式安定器與電子啟動器組合，然後又有高頻點燈式電子安定器(免起動器)，目前發展至 Hf 系燈管專用電子式安定器，一般而言使用電子安定器可節約原照明用電約 15~25%，比較螢光燈組之能源效率時必需包含燈源及安定器。各式安定器之性能及特長如下表：

表 D1-8-7 螢光燈點燈迴路的性能及特長

種類	用途	省電力效果	特長
磁氣迴路式安定	32W 以下起動式	約 10%	價廉

器(省電力設計形)	安定器(住宅用)採用		
混合式安定器(磁氣迴路式安定器+電子起動器)	40W 以下檯燈及袖珍型日光燈管用	約 10%	不需要採用瞬時起動之安定器
高周波點燈形電子安定器(燈管用電子安定器)	住宅用、設施用器具廣泛使用	約 15%	小型、輕量、瞬時點燈、無閃爍
Hf 系燈管用電子安定器	在公共場所及住宅甚為普及	約 25%	小型、輕量、瞬時點燈、無閃爍、可以省電

8. 照明器具選定

光源之光線不希望散射到一些不需要光線的空間，因此光線要利用照明器具的反射板來達到必要的方向性與效率。照明器具的設計除了考慮光束折減率越小燈具效率越高之外，也考慮到照射方向、範圍、美觀及安裝容易度，燈具之選用亦然。

照明器具在各方向之光通量以光源為中心之極座標表示即為配光曲線。燈具通常設置於頂棚，故繪製出燈具的垂直配光曲線可供計算作業面照明率之要素之一，參見下圖。

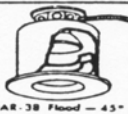
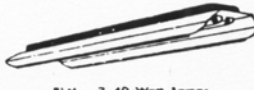

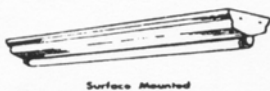



各型燈具之照明率 (續)												
燈具 LUMINAIRE	攝光分配曲線 DISTRIBUTION	維護係數	天花板		75%			50%			30%	
			室指數	照明率	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
					照明率 Coefficients of Utilization							
Direct  150-Watt PAR 38 Flood - 45° Shielding Total Lamp Lumens - 1850	0 ↑ ↓ 62	All Conditions .75	J	.52	.49	.47	.51	.49	.47	.48	.47	
			I	.55	.53	.51	.54	.52	.51	.51	.50	
			H	.57	.55	.53	.56	.54	.53	.53	.53	
			G	.58	.57	.55	.57	.56	.55	.55	.54	
			F	.59	.58	.57	.58	.57	.56	.56	.56	
			E	.61	.60	.59	.60	.59	.58	.58	.57	
D	.63	.62	.61	.61	.61	.60	.60	.59				
C	.64	.64	.63	.63	.63	.62	.62	.61				
B	.65	.65	.64	.64	.64	.63	.63	.62				
A	.66	.66	.65	.65	.65	.64	.64	.63				
Direct  RLM - 2 40-Watt Lamps	0 ↑ ↓ 79	Good .65 Med. .55 Poor .45	J	.38	.32	.28	.37	.32	.28	.31	.28	
			I	.47	.42	.39	.46	.41	.38	.40	.37	
			H	.51	.47	.44	.50	.47	.43	.46	.43	
			G	.55	.51	.48	.54	.51	.47	.50	.47	
			F	.58	.54	.51	.57	.53	.51	.52	.50	
			E	.63	.60	.57	.62	.59	.56	.58	.55	
D	.68	.64	.61	.66	.64	.61	.63	.60				
C	.70	.67	.63	.68	.65	.64	.64	.62				
B	.73	.70	.68	.71	.68	.67	.67	.66				
A	.74	.72	.70	.72	.70	.68	.67	.66				
Direct  RLM - 3 40-Watt Lamps	0 ↑ ↓ 72	Good .65 Med. .55 Poor .45	J	.54	.50	.45	.53	.49	.45	.48	.45	
			I	.62	.58	.55	.61	.57	.54	.56	.53	
			H	.66	.62	.59	.64	.60	.57	.59	.56	
			G	.68	.64	.61	.66	.62	.59	.61	.58	
			F	.70	.67	.63	.68	.65	.64	.64	.62	
			E	.71	.68	.64	.69	.66	.63	.65	.62	
D	.73	.70	.68	.71	.68	.67	.67	.66				
C	.74	.72	.70	.72	.70	.68	.67	.66				
A	.77	.75	.72	.75	.72	.70	.69	.67				
Semi-Direct  Surface Mounted	24 ↑ ↓ 60	Good .75 Med. .65 Poor .55	J	.29	.24	.22	.29	.23	.20	.22	.20	
			I	.37	.32	.28	.36	.30	.27	.29	.27	
			H	.41	.35	.32	.39	.34	.32	.33	.30	
			G	.46	.41	.37	.43	.38	.34	.37	.33	
			F	.51	.44	.39	.47	.42	.39	.39	.37	
			E	.55	.49	.44	.52	.47	.43	.44	.41	
D	.60	.53	.49	.56	.51	.47	.48	.46				
C	.65	.57	.52	.58	.53	.50	.51	.48				
B	.66	.61	.57	.62	.57	.54	.54	.52				
A	.68	.64	.60	.65	.60	.57	.56	.55				
General Diffuse  Enclosing Globe	39 ↑ ↓ 43	Good .75 Med. .70 Poor .65	J	.24	.20	.16	.22	.18	.16	.17	.15	
			I	.30	.25	.23	.27	.23	.21	.22	.19	
			H	.33	.29	.26	.31	.27	.24	.25	.22	
			G	.37	.33	.30	.34	.30	.27	.27	.25	
			F	.41	.36	.32	.36	.33	.31	.31	.27	
			E	.45	.41	.37	.41	.37	.33	.33	.30	
D	.49	.44	.40	.44	.40	.37	.36	.33				
C	.51	.47	.43	.46	.42	.39	.38	.35				
B	.55	.51	.47	.49	.45	.43	.40	.38				
A	.57	.53	.50	.51	.47	.45	.42	.40				
Semi-Direct  Ceiling Mounted - 2 or 4 Lamps	30 ↑ ↓ 59	Good .75 Med. .65 Poor .55	J	.30	.25	.21	.28	.23	.20	.22	.19	
			I	.38	.33	.29	.35	.30	.27	.29	.26	
			H	.42	.37	.34	.39	.35	.32	.33	.30	
			G	.46	.41	.37	.42	.38	.35	.35	.33	
			F	.50	.45	.41	.45	.41	.38	.38	.36	
			E	.55	.50	.46	.50	.46	.43	.43	.40	
D	.60	.55	.51	.54	.50	.47	.47	.45				
C	.62	.58	.54	.56	.52	.50	.49	.47				
B	.66	.62	.59	.60	.56	.54	.52	.50				
A	.68	.65	.61	.62	.58	.56	.54	.52				
Semi-Direct  Ceiling Mounted - 2 or 4 Lamps 30° Shielding	19 ↑ ↓ 49	Good .70 Med. .65 Poor .60	J	.28	.25	.23	.23	.21	.19	.18	.16	
			I	.34	.31	.29	.28	.26	.25	.22	.21	
			H	.37	.34	.33	.31	.29	.28	.25	.24	
			G	.41	.38	.36	.34	.32	.30	.27	.26	
			F	.43	.41	.38	.35	.33	.32	.29	.27	
			E	.46	.44	.42	.38	.37	.35	.31	.30	
D	.50	.47	.45	.41	.39	.37	.33	.32				
C	.52	.49	.46	.42	.40	.39	.34	.33				
B	.54	.51	.50	.44	.42	.41	.36	.35				
A	.56	.53	.51	.46	.43	.42	.37	.36				

圖 D1-8-13 各型燈具配光曲線及照明率

9. 照明器具之配置

依各使用空間之照度需求及照明器具之發光效率計算各空間所需照明器具數量後，在照明器具配置時應考慮均勻布置，以減少強烈的明暗對比，在有黑板的演講室或會議室若全室整排採用長條型日光燈時，燈具長向應與黑板面垂直，以避免眩光產生之情形。

九、設備節能使用管理工作要領

(一)操作管理節能手法

1.機器的操作管理

有關設備機器的操作管理，乃包括機器的操作和運轉監視。其作業內容有：

- (1)設備或機器之起動或停止運轉之操作。
- (2)監視設備機器運轉狀況是否異常。
- (3)依據使用要求環境條件負荷變化或異常徵兆等因素，適時調整設備運轉作業。
- (4)依據設備使用狀況及負荷變動情形，適時調整運轉計畫。
- (5)記錄與分析設備運轉狀況、能源消費及機器性能，俾提供做設備經濟化運轉計畫之依據。

2.操作管理原則

從上述的作業內容來探討操作管理節約能源的原則如下：

- (1)最適化控制：利用電腦做最適化控制，以確保機械的高效率運轉。
- (2)控制最佳的室內環境條件：勿使室內過冷或過熱、午休時停止空調運轉、檢討外氣量的控制等等。
- (3)良好的生活習慣：最適化的環境控制雖可利用自動監控設備而達成，唯因其設備成本高昂，本工程基於經濟成本之考慮，無法做到每個細節都採自動化控制，因此保持良好的操作習慣如隨手關燈、關水、注意維修保養等，均可獲得一些節約能源的效益。各項設備(電氣、空調、給排水)的運轉管理節能手法參見表 9-1。

表 D1-9-1 設備運轉管理的節約能源手法檢核表

	運轉管理項目	提高省能效果的方法	備註
電氣設備	1.照明設備的操作管理	1.區分不同作業空間的照明	檢視照明開關之設計圖
		2.照明燈具可依窗邊晝光而開關。	檢視照明開關之設計圖
		3.照明之開關採細分區。	檢視照明開關之設計圖
		4.限制作業前點燈時間。	與中央監控配合
		5.公共部分照明為兼顧防犯安全，採用定時器控制開關。	與中央監控配合
		6.人員離開作業區時能隨時關燈。	與中央監控配合
	2.動力設備的運轉管理	1.分時段管制電梯的運轉。	與中央監控配合
		2.不開冷氣時，將自動門改為手動。	檢視自動門之規範
		3.確保相位間負荷平衡。	與電力之中央監控配合
		4.改善功率因素。	與電力之中央監控配合

	運轉管理項目	提高省能效果的方法	備註
		5.用電量分類記錄、統計。	與電力之中央監控配合
空調設備	1.減少外氣量	1 依據 CO2 濃度的測定，利用開門調整外氣引進量，尤其是在人員進入變化量大的空間。	
		2.預測在室人員的變動情形，設定外氣開門開關的時程控制，以控制外氣引進量。	
		3.預冷時停止外氣引進。	與中央監控配合
	2.變更室溫設定	1.夏天調高設定值為 26~28℃，冬天調低度的設定值為 20~22℃。	與中央監控配合
		2.依外氣溫度的改變，適度地調整室內的溫度設定值。	與中央監控配合
	3.調整裝置的起動、停止時間，縮短運轉時間。	1.檢討停止時刻的時程控制。	與中央監控配合
		2.縮短機械室、停車場等換氣用送風機的運轉時間。停車場之排風依 CO2 濃度自動控制操作。	與中央監控配合
	4.提高機器的運轉效率	1.冷凍機等機器採群管理運轉，部分負荷時可減少運轉台數。	與中央監控配合
2.冷卻塔風扇馬達依外氣溫自動控制。		與中央監控配合	
給排水衛生設備	1.設備的節約用水	1.採用省水馬桶及省水箱。	與中央監控配合
		2.使用自閉型水龍頭。	與中央監控配合
		3.用水量記錄、統計。	與中央監控配合

3.建立機器運轉管理日誌

包含機器計測和檢查作業之維修管理日誌和機器的運轉日誌

(1)個別機器的記測

- A.電流記測：因機器的電流值和機器負荷有密切關係，故記錄馬達電流的變化情形，可知悉機器的運轉是否正常。
- B.壓力計測：如量測冷凍機的蒸發器和冷凝器中的冷媒壓力，可判斷負荷的狀態，從冷凝器的出入口的壓力差，可判斷堵塞情形。
- C.溫度計測：依據冷凍機的蒸發器冷凝器內的冷媒溫度，比對壓力，可判斷冷凍過程之狀態，而從冰水和冷卻水的出入口水溫量測，可判斷冷凍機容量控制百

分比；而測定馬達軸承部分的溫度，可提早發現其損害情形；其他機器之溫度測定均有助於異常現象之發現。

(2) 空調室內溫濕度的計測與設定

最好是定期量測空調室內的溫度、濕度、氣流、浮塵、CO、CO₂ 等，就節約能源來說，室內之溫濕度的設定隨環境條件之變化，如夏天設定為 26°C～28°C，冬天設定為 20°C～22°C，均可獲得良好的節約能源效果。

4. 設備操作記錄

ASHRAE100-1995 對於建築設備操作及記錄有如下的要求：

(1) 應建立操作手冊，內容包含：

- A. 建築及設備照片
- B. 竣工藍圖
- C. 主要設備清單
- D. 能源及保險調查
- E. 設備購買及維修記錄
- F. 空氣、水平衡報告
- G. 錶及儲槽的位置
- H. 控制系統邏輯
- I. 季節變換操作程序

(2) 應將建築物各項耗能資料收集分析，並保留至少兩年之記錄，所收集之資料應涵蓋至少 85% 之建築耗能。

(3) 由政府機關了解同類建築之耗能 EUI 情況，以平均值作為自己努力的目標。

(二) 維護管理的節約能源

維護管理的目的，係藉良好的維護保養，提高機器的運轉效率及延長機器的使用壽命；並使居住者獲得良好的居住環境，包括溫濕度、氣流、輻射熱、風量、噪音、照度等之調整。唯從省能的觀點，可能會與環境的快適化相衝突，兩者之間如何取得平衡，端賴使用者需求決定之。從維修管理來談節約能源其要領如下：

1. 機器之清掃

在機器的清掃中直接跟節約能源有關者，首推熱交換器。由於熱交換器的使用比例高，故藉著日常之維修清掃，可確保其適切效率。

(1) 冷凍機的蒸發器、冷凝器的清掃

由於蒸發器一般採用密閉循環迴路之方式，較不容易髒；而冷凝器因有外來的冷卻水，較容易產生結垢現象。所示必須確保冷卻水的水質以保持冷凝器的熱交換效率，此外可藉由冷卻水溫度差和冷凝器的壓力計測，判斷清洗的時期。

(2) 空調機內盤管之清洗

在水和空氣的熱交換中，水側的盤管內部和空氣側的盤管表面均需定期維護清洗。

(3)冷卻塔散水頭之清掃

為確保冷卻水與空氣的熱交換率，冷卻塔的散水頭必需定期清掃。

(4)過濾網之清洗更換

空調機、風管機、全熱交換器等使用過濾網之機器，若過濾網缺乏清洗、更換，會使得風量不足，並降低室內環境條件，不得不慎。

(5)照明器具之清掃

照明器具若長期未清掃而積滿塵埃，將會使照度降低 20~30%，為確保燈具的照明效率，燈泡和燈具的反射板部分須經常維護清掃。

2.機器的調整、檢修、更換

(1)送風機軸承部添加潤滑油，調整皮帶的鬆緊度，以免因皮帶磨損而降低送風性能。

(2)調整馬達和泵浦軸心一致，以避免軸承部過早磨損而產生振動和噪音。

(3)更換因腐蝕、磨損而使得性能劣化之機器，這對提高機器效率和熱交換效率有其必要性。

有關利用維護管理來節約能源的項目很多，不僅要多注意機器運轉的各種現象、減少機器的故障、增加其耐用年數並要減少能源消費量和運轉費用，雖然提高維護管理的程度，其所需的管理費用亦會跟著提高。但卻減少因故障所帶來的損失費用。下表乃就電氣空調、給排水衛生設備等，研擬維護管理的省能手法，提供建築物平日實施維護保養之參考。

表 D1-9-2 使用維護項目表

	維修管理項目	檢核事項	維修週期			
			日	週	月	年
電 氣 設 備	1.提高燈具的發光效率	1.定期清掃燈具。			○	
		2.依平均使用壽命定期更新燈泡。				○
		3.採用高效率燈泡、穩壓器。				
	2 提高室內照明效果	1.室內表面常清掃，以提高其反射率。			○	
2.採用淡色窗簾。						
空 調 設 備	1.裝置的維護及清掃	1.定期清洗冷凍機冷凝器的盤管。				○
		2.設壓差計定期清洗、更換空調箱的過濾網。			○	
		3.經常清洗風管機的盤管，定期更換過濾網。				○
		4.冷卻塔定期維護清掃。			○	
		5.經常檢修風管是否漏氣。				○
		6.定期檢查冰水管、熱水管保溫材的隔熱效果。				○
	2.自動控制機器的檢修	1.溫度控制器、濕度控制器等精度的檢討。		○		
		2.控制閥、控制閘門等控制動作之檢討。		○		
		3.特殊熱源用控制機器之檢修。				○
	3.強化裝置的監視功能	1.增加計量器、測定				
給 排 水	1.設備的維護與檢修	1.經常做給水管配管接頭的漏水檢查。	○			
		2.定期檢查蓄水池、屋頂水塔水位控制或警報裝置的試驗			○	

3.ASHRAE100-1995 對於建築設備保養維護有以下的要求

- (1)各項設備應依原製造廠商的規範保養。
- (2)泵及管路上應標示流體內容及流向。
- (3)建築物在冬季不使用暖氣時，室內溫度設定應降至 7°C，以免管中水凍結或管外潮濕結露傷害建築物。
- (4)建築物在夏季不使用冷氣時，所有非必要的泵、風扇應關閉。

- (5)包含鍋爐、冷凍機、空壓機等的冷暖兩用空調系統應維持活動所需的最低容量，備用或並行的空調單元不用時，應可由管路的該關予以分離。
- (6)管路、閘、閥若有漏或裂應立即修補或更換。
- (7)各空間之風口及風溫應做適當的調整及平衡，以免過冷所造成之浪費。
- (8)熱交換器鰭片及盤管表面應清洗乾淨，以維持高效率的熱傳。
- (9)空氣過濾器應適時清洗或更換，每年至少兩次，以減少送風耗能。

十、建築與設備之耗能改善

(一)ASHRAE100-1995 對於建築與設備之耗能改善要求

1.建築外殼方面，使用暖氣者其外殼總熱傳透單位值必需小與 U。

$$U_0=[U_{wall}\times A_{wall}]+[U_{fen}\times A_{fen}]+[U_{door}\times A_{door}]/A_0$$

使用冷氣者其外殼總熱傳值必需小於 OTTV(Overall thermal transfer value)

$$OTTV=(U_w\times A_w\times T_{Deq})+(A_f\times SF\times SC)+(U_f\times A_f\times \Delta T)/A_0$$

式中 SF 值與緯度有關，故緯度低之區域因冷房需求大而有較嚴格之 OTTV

- 2.空調系統方面，規定每一系統至少裝一組溫度控制器，劃分不同空調區者，每區應設一組溫度控制器，外週區者超過 15M 時每 15M 需設一組控制器。
- 3.溫度控制器為冷暖房兩用時，溫控範圍應可達 13°C~29°C，而且中間要有 3°C 的不感域(此範圍為舒適範圍不需要冷氣或暖氣)。
- 4.空調系統中裝設加濕去濕裝置者應設置濕度控制器。
- 5.應視空調負荷情形盡量降低送風量以節約空調耗電。
- 6.空調箱中不可用同時加熱又冷卻來混調溫度。
- 7.單元外氣供應超過 94.4L / S 者應設活動並可關閉的檔板，在吾無人使用時關閉。
- 8.雙風管系統及再熱式系統應設可自動歸零裝置。
- 9.冰水管路的保溫如表 D1-10-1 最低保溫厚度之規定。

表 D1-10-1 熱傳導係數在 0.23~0.27Btu in/h ft²°F 時之最低保溫厚度(in)

冰水溫度	支管	< 1 in 管	1—2in	2.5—4	5—6	> 8
40—55°F	0.5	0.5	0.75	1.0	1.0	1.0
<40°F	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5

(1.0 Btu in/h ft²°F = 0.1442W/mK, 1.0in = 25.4mm)

如使用之隔熱材性能異於上表，用以下公式計算應用之保溫厚度

$$T=PR[(1+t/PR)^{K/k} - 1] \cdot in$$

PR：管外半徑，in

t：上表規定之厚度 in

K：所用隔熱之熱傳係數，Btu in/h ft²°F

K：上表中較低之熱傳係數，0.23 Btu in/h ft²°F

10.送風管之保溫用熱阻值(含傳導係數與厚度)來規範，並依不同冷房需求有不同 R 值之標準，台灣地區屬冷房需求較大者，依以上標準送風管之熱阻，R=8.0 h ft²°F/Btu(1.408 m²°C/w)

11.超過 1.0hp 之馬達，其效率應依標準值規範，電力越大之馬達效率應越高，馬

達之電力不應超過設計需求之 25%。

(二)美國環保署能源之星建築方案對建築耗能改善五階段

- 1.階段一：實施綠色照明計畫，採用現成之高效率照明設備，可較傳統的白熾燈泡節省 50~70%之照明用電，除了節省照明電費支出外，進行這些照明改善工程更可減少更換燈泡之人工維護成本，並提供較佳的工作環境。
- 2.階段二：調整使用能源設備至最節能運行狀態，調整能源設備使用參數，使設備能夠在最佳狀態下運行，花費極少卻能達成 5~15%的能源效率改善。
- 3.階段三：減少其他能源負載，改善建築物內其他能源設備(如電腦、影印機、傳真機等)以及建築物包覆(如窗戶、隔熱絕緣層、外牆等)之能源效率，不僅可減少建築物電費支出，亦可減少冷暖氣費用。
- 4.階段四：進行風扇系統之升級，使建築物內風扇系統運作達到最佳狀態，可節省相關能源成本的 50~85%，並且改善建築物內環境之舒適度，降低風扇噪音。
- 5.階段五：進行冷暖氣系統之升級，前四階段已減少了建築物的空調負荷，若要獲得更進一步的節能效益，則依據現有需求，採用與升級現有冷氣系統，使其達到最佳的空調功率。

(三)照明缺失及改善方法

如前文所述，本研究調查顯示我國政府機關辦公室與商業辦公大樓的照明特性與照度水準有顯著的不同，由能源管理的觀點來看他們的照明設計、管理維護也有不同層面的缺失，所以本節分別陳述其缺失及改善方法。

1.政府機關辦公室

(1)照明缺失

- A.照度偏低：普遍的原因是燈源的更換頻率太低，或用壞才更新，嵌入式燈具的 PS（壓克力）燈罩透射率差，而且易變黃，再加上燈具維護的次數太少，更造成了工作上的照度偏低。
- B.照度不均：由於全般照明的照度偏低，主要辦公區加設局部照明燈具後常常造成整體照度不均勻的現象。如果配合工作桌位的性質不同而隨意增加燈具，就造成天花板燈具排列凌亂不美觀。
- C.室內照明率偏低：機關辦公室的室內照明率偏低的情況是指某些早期興建的辦公廳舍，仍然採用深色粗面地磚或櫟木地板，木製家具及暗色沙發所致，牆面雖然習慣採用淡色，但是經年不刷油漆亦會使反射率偏低。

(2)改善方法

- A.提高燈源的發光效率及照度：一般辦公室的主要照明都已採用日光燈，只有門廳櫃臺還有採用鹵素燈，走道、樓梯、廁所還有採用白熾燈泡，因此可用 PL 袖珍日光燈替換白熾燈。13W 的 PL 日光燈(70lm/w)相當於一般 60W 白熾燈

(14lm/w)的亮度，平均壽命為白熾燈的 5 至 6 倍，以 13W 燈泡型日光燈替換 50W 的鹵素燈 (16 lm/w) 可有相同的照度，平均壽命為鹵素燈的 1.5 倍，而且可以使用原有的白熾燈泡燈座。

- B.提高燈具效率比值：將 V 型底座日光燈及 PS 燈罩更換為口型反射燈具或 40W xn 格柵式下照燈具組，可以增加亮度 20%。
- C.增加燈具維護頻率：照明燈具至少每三個月定期清潔一次，以維持燈具輸出效率。燈管之亮度衰減至 60% 以下即應更換燈管，電壓不穩定時應即時調整。
- D.提高室內照明率：更換老舊木製家俱為淺色 QA 家俱並降低隔屏高度，牆面保持清潔，每兩年油漆一次。
- E.整體規劃燈具：增設燈具時，必須由工作桌位、照明系統、燈具配置作整體互動性的規劃，以求得均勻的照度。

2.商業辦公建築

(1) 照明缺失

- A.照度偏高：商業辦公建築的屋齡較新，由於商業利益考量時，照度越高越氣派，電費的負擔反而不是營業成本的重點，某些辦公大樓的平均照度會超過 1000lux。
- B.全般照明採用高標準的均勻：商業辦公建築採用大統間的設計，一率採用高標準的全般照明，由節約能源的觀點來看是不合理的，因為大統間內部仍然有不同功能區分，應該因地制宜，配置適當的照度。
- C.窗邊座位，日照斜射時有眩光現象：對於玻璃帷幕牆或低台度的大窗戶建築、由於無遮陽及窗簾設置或設計不良，在窗邊附近座位，當日照斜射時會有眩光現象。
- D.點燈回路未配合作業狀況：常見的情形為窗邊及走道的燈具回路未與內部回路分開。或是在人員較多的大統間時未將可能不同工作時間的區域回路分開，加班時無法關掉局部照明而耗電。
- E.景觀照明未配合環境照明控制：景觀照明常採用水銀燈，演色性差而且無法調光，未能配合街燈及環境的照度作控制。

(2)改善方法

- A.採用電子式安定器：以電子式安定器取代傳統安定器，以 40Wx2 之燈組而言，前者消耗電力 97W，後者消耗電力 78W，輸出光束皆為 6000lm，故可省電 19%，另外電子式安定器可配合調光器，自由控制局部低於全般照明需求的作業區。
- B.配合日照方位設計遮陽及窗簾：以建築物方位開窗方向，配合日照方位設計遮陽及窗簾以避免窗邊眩光。
- C.雙重點燈回路設計：採用二線式數位介面轉換傳輸方式，依預先設定狀態模式可遙控現場照明群組回路，點滅燈具。

D.以高壓放電燈取代水銀燈：以高壓納氣燈(100lm/W)、低壓納氣燈(183lm/W)或複金屬燈(68lm/W)取代水銀燈(52lm/W)，可節省 50%之電力。

參考文獻

1. 張世典、楊謙柔、蔡必超等，2004，辦公建築能源管理作業之研究，建築物能源管理技術研討會，經濟部能源委員會，台北。
2. 張世典、蔡必超、楊謙柔等，2003，「辦公大樓節能調查評析」，建築物能源管理技術研討會，經濟部能源委員會主辦。
3. 溫維謙、張世典、楊冠雄、林憲德、蔡尤溪等，2003，建築物能源管理技術研究計畫，經濟部能源委員會。
4. 楊冠雄等，2003，九十二年度中央廳舍暨院校空調節能改善計畫改善成果期末報告，內政部建築研究所。
5. 張世典、蔡必超、楊謙柔等，2002，「辦公建築能源管理技術之現況分析與問題探討」，建築物能源管理技術國際研討會，經濟部能源委員會主辦。
6. 溫維謙、張世典、楊冠雄、林憲德、蔡尤溪等，2002，建築物能源管理技術研究計畫，經濟部能源委員會。
7. 田中稔、三船俊治、山本亨，2002，大樓的省能、省成本之實踐策略，歐姆出版公司，東京：日本。
8. 張世典、楊冠雄、林憲德、蔡尤溪等，2001，建築物能源管理技術研究計畫，經濟部能源委員會。
9. 財團法人省能源中心編，2001，大樓的能源管理，財團法人省能源中心出版，東京：日本。
10. 張世典、楊冠雄、林憲德、蔡尤溪等，2001，建築物能源管理技術研究計畫，經濟部能源委員會。
11. 蔡尤溪、李文興、李魁鵬，2001，住商部門能源總量管制制度執行體制規劃計畫九十年度期末報告，經濟部能源研究發展基金計畫，經濟部能源委員會。
12. 財團法人中技社，2000，政府機關節能技術手冊，經濟部能源委員會。
13. 經濟部能源會編印，1988，節約能源技術手冊，經濟部能源委員會。
14. Tom Tibor and Ira Feldman, 1997, Implementing ISO 14000 A Practical, Comprehensive Guide to the ISO 14000 Environmental Management Standards, IRWIN, Chicago.
15. 林憲德、楊冠雄、蔡尤溪、賴榮平等，1996，建築節約能源基本教材，內政部建築研究所。
16. 陳錦賜、張世典，1995，建築節約能源綜合指標研究，內政部建築研究所。
17. 張世典，1995，「我國建築節能研究經緯」，內政部建築研究所籌備處。
18. 張世典，1995，「我國建築節能研究與地球環保責任」，內政部建築研究所籌備處。
19. 楊冠雄、林憲德，1994，建築物設備使用管理計畫與節能效益調查研究，內政部建築研究所。

20. 張世典，1983，「省能建築芻議」，現代營建雜誌月刊，第4卷40期，p.13，現代營建雜誌社。