

辦公大樓節能技術手冊

目錄

前言.....	1
壹、電力系統.....	2
一、用電節能基本觀念.....	2
二、電費通知單知多少.....	3
三、電能管理手法.....	6
貳、空調設備.....	8
一、中央空調系統.....	8
二、儲冰式空調系統.....	16
三、冷氣機.....	20
參、照明燈具.....	23
一、燈具種類:.....	23
二、高效率光源.....	27
三、照明設計.....	29
四、照明控制.....	32
五、燈具維護.....	32
肆、事務機器.....	33
一、電腦.....	33
二、影印機.....	33
三、傳真機.....	33
伍、其他設備.....	34
一、電梯系統.....	34
二、飲水機.....	34

三、烘手機.....	34
四、給水泵.....	35
五、遮陽設施.....	35
陸、辦公大樓常見問題.....	36
一、室內環境品質(IEQ).....	36
二、二氧化碳.....	43
三、濕度.....	45
柒、辦公大樓節能改善措施.....	46
一、全熱交換器.....	46
二、外氣冷房系統.....	49
三、除濕系統.....	57
捌、結論與建議.....	60
玖、參考文獻.....	62

圖目錄

圖 1-1 電費收據單樣本圖	4
圖 2-1 儲冰空調系統圖	16
圖 2-2 全量儲冰空調系統圖	17
圖 2-3 分量儲冰空調系統圖	17
圖 3-1 T9 燈管圖示	25
圖 3-2 T8 燈管圖示	25
圖 3-3 T5 燈管圖示	26
圖 6-1 台灣地區近 20 年平均相對濕度【6】	45
圖 7-1 全熱交換器在春秋季運轉模式原理	47
圖 7-2 全熱交換器在夏、冬季運轉模式原理	47
圖 7-3 外氣冷房示意圖	49
圖 7-4 溫度控制及焓值控制節能效果之差異【7】	51
圖 7-5 外氣溫度與引入外氣量之關係【5】	52
圖 7-6 夜間排風策略與建築預冷異同處	55
圖 7-7 除濕路徑比較圖【10】	57
圖 7-8 溶液乾燥劑與空氣熱質傳交換類型示意圖【9】	59
圖 7-9 吸附現象示意圖【13】	60

表目錄

表 1-1 高壓電力電費(107 年 4 月 1 日起實施).....	3
表 2-1 冰水機組製冷能源效率分析	9
表 2-2 儲冰式空調系統與傳統式空調系統之比較	18
表 2-3 儲冰式空調系統與傳統式空調系統初設價格之比較	18
表 2-4 儲冰式空調系統與傳統式空調系之效益分析	19
表 2-5 無風管空氣調節機節能標章能源效率基準對照	20
表 2-6 無風管空氣調節機能源效率分級基準表	21
表 3-1 T8、T5 螢光燈與直管型 LED 燈比較表.....	27
表 3-2 輕鋼架燈具性能比較表	28
表 3-3 省電燈泡與 LED 燈泡發光效率及特性比較	29
表 3-4 CNS12112 辦公室照度基準.....	29
表 3-5 天花板及牆壁分類材質顏色反射率	30
表 3-6 辦公室輝度比建議值	31
表 3-7 光源演色性與使用場所	31
表 3-8 色溫度與感覺	31
表 6-1 各項室內空氣汙染物之室內空氣品質標準規定【2】	39
表 6-2 汙染物及其潛在來源	40
表 6-3 室內空氣汙染物對人體之危害特性	41
表 6-4 管制各場所室內空氣汙染物項目	42
表 7-1 外氣冷房系統溫度與焓值控制之節能效果【7】	52
表 7-2 除濕方式分析比較表【11】	58

前言

「省一點能源，多一點資源」、「地球資源日日少，節約用電不可少」、「若要電費繳得少，節約用電要做好」，這幾句日常中常見的節約能源標語，說起來容易，但真正能落實其中的人卻少之又少。本計畫在經濟部能源局的支持下，出版了許多針對不同場所的節能手冊，期望能使業界人士甚至是一般民眾能更進一步了解節約能源還有哪些方法。

由於工商業的發展日異月更，工廠與商辦大樓與日俱增，使得夏季尖峰能源使用量屢創高峰，因此，如何降低用電的成長已是全民未來的一大挑戰。

依2020年非生產性質行業能源查核年報分析，國內辦公大樓用電契約容量超過800kW的能源大用戶，主要耗能設備用電量所占比例來看，空調設備占(52.80%)、照明設備占(14.78%)、事務設備占(10.37%)以及電梯設備占(7.44%)、給水污水設備占(3.56%)、送排風設備占(4.56%)、冷凍冷藏設備占(0.90%)、其它設備占(5.59%)。

空調系統全年各項耗電量占總耗電量一半以上，以冰水主機為主，風機、水泵、空調箱及冷卻水塔為次。經空調節能分析，以合理溫度控制方式及提升冰水主機運轉效率 COP，對於降低各時段空調尖峰負載之影響最為有效。另照明系統之節能分析，以採用高效率之光源及合理之照度，對照明節能最為有效。

依能源查核服務統計，國內辦公大樓用電契約容量超過 800kW 的能源大用戶約有 193 家，平均每戶全年用電量約 685 萬度，用電度數占能源大用戶約 8%。在如此龐大的能源消耗下，需由政府及全民共同響應推動「節約能源、有效用電」，方能發揮實際節約能源之成效。本手冊是以辦公大樓為對象，在耗電尖峰上午八點到下午六點間，提供各類設備節能方法，希望能引導商業辦公大樓設備保持最佳運轉，以及操作成本有效控制，更可達到節約能源及資源有效利用之目的，為社會及下一代創造更好且永續發展的環境。

壹、電力系統

一、用電節能基本觀念

在用電節能基本觀念上，有四大議題為：降低用電需量(kW)、減少用電量(kWh)、轉移尖峰用電及合理用電計算與檢討。

(一)選用高效率的用電設備，可減少不必要之耗電，即可降低用電需量，

如：高效率馬達、符合能源效率基準之電器等。

(二)減少電器用電量，如：隨手關燈、提高冷氣溫度設定值等。

(三)將尖峰用電時間移到離峰時段，可節省用戶電費支出，也可紓解電力公司尖峰供電壓力，如於離峰時段抽水等。

(四)每月利用電費通知單，核算檢討契約容量、尖離峰需量、功率因數、尖離峰用電度數及平均電價(元/度)，可綜合了解當月用電是否合理。

二、電費通知單知多少

(一) 電費計算

節約能源就可以節省電費支出，想省電費就必須先了解電價表(如表 1-1)和電費通知單(如圖 1-1)。

表 1-1 高壓電力電費(107 年 4 月 1 日起實施)

分 類				高壓供電		特高壓供電		
				夏 月 (6月1日至 9月30日)	非夏月 (夏月以 外時間)	夏 月 (6月1日至 9月30日)	非夏月 (夏月以 外時間)	
基本 電費	經 常 契 約			每 戶 每 月	223.60	166.90	217.30	160.60
	非 夏 月 契 約				—	166.90	—	160.60
	週 六 半 尖 峰 契 約				44.70	33.30	43.40	32.10
	離 峰 契 約				44.70	33.30	43.40	32.10
流動 電費	週一至週五	尖 峰 時 間	07:30~22:30	每 度	3.29	3.17	3.26	3.13
		離 峰 時 間	00:00~07:30 22:30~24:00		1.41	1.31	1.37	1.25
	週 六	半尖峰 時間	07:30~22:30		1.97	1.87	1.95	1.82
		離 峰 時 間	00:00~07:30 22:30~24:00		1.41	1.31	1.37	1.25
	週日及 離峰日	離 峰 時 間	全 日		1.41	1.31	1.37	1.25

單位:元



台灣電力公司
www.taipower.com.tw

109 年 07 月繳費通知單(高壓電力用戶)
Jul. 2020 Electricity Bill

◎貴用戶本期用電排放 CO₂ 約 23026 公斤
敬請節約用電，以減少 CO₂ 排放，降低地球暖化衝擊
◎109 年上半年電價費率審議會審定之每度燃料成本
為 1.3622 元

先生/女士/寶號

通知單號碼

本單僅作通知用，付款時當另給繳費憑證，其他事項請參閱背面說明。

電號 (Customer Number)	繳費期限 (Due Date)	應繳總金額 (Total Amount)
	109/07/20	***114,951 元

前 期 發 票	發票期別 發票號碼 金額(元)	計費期間：109.06.01至109.06.30(30天)	輪流停電組別：E	續線代號																
基本資料 用電種類：高壓需用電力 用戶營利事業統一編號： 代繳帳號： 契約容量(瓩) 200 最高需量(瓩) 182 經常(尖峰)需量 168 週六半尖峰需量 57 離峰需量 計費度數(度) / Energy Consumption(kWh) 31700 尖峰度數 2600 週六半尖峰度數 8900 離峰度數 88 功率因數(%)			計費內容 基本電費(約定) 44720.0 元 流動電費 121964.0 元 功率因數調整費 -1333.4 元 補收(退)金額(含停電扣減) -794.7 元 本期紓困方案減免金額(7折) -49605.0 元 稅前應繳總金額 109477.0 元 營業稅 5474.0 元 應繳總金額 114,951 元																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>比較項目</th><th>用電日數</th><th>度數</th><th>日平均度數</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>本期</td><td>30</td><td>43200</td><td>1440.00</td></tr> <tr> <td>去年同期</td><td>30</td><td>39900</td><td>1330.00</td></tr> <tr> <td>去年下期</td><td>31</td><td>47400</td><td>1529.03</td></tr> </tbody> </table>					比較項目	用電日數	度數	日平均度數	本期	30	43200	1440.00	去年同期	30	39900	1330.00	去年下期	31	47400	1529.03
比較項目	用電日數	度數	日平均度數																	
本期	30	43200	1440.00																	
去年同期	30	39900	1330.00																	
去年下期	31	47400	1529.03																	
客服專線(Customer Service)：本公司統編 服務單位 服務地址 用電地址																				

註：1. 本通知單各項金額數字係由機器印出，如發現非機器列印或有塗改字跡者，概屬無效。

圖 1-1 電費收據單樣本圖

(二) 電費計價結構

◆ 電費 = 基本電費 + 流動電費 ± 功因調整費 + 超約附加費。

■ 基本電費=契約容量(kW) × 每 kW 單價。

■ 流動電費=各時段用電度數(尖峰、半尖峰、離峰、週六半尖峰)(kWh) × 時間電價(元/ kWh)。

■ 功因調整費:80%以上每增加 1%，電費折扣 0.1%；80%以下每減少 1%，電費增加 0.1%，平均功率因數超過 95%部分不予折扣。

■ 超約附加費：

I. 在契約容量 10%以下部分按二倍計收基本電費。

II. 在契約容量 10%以上部份按三倍計收基本電費。

III. 超約附加費部分不給予功因折扣。

(三) 契約容量合理訂定

◆ 以每年不超過 4 個月以上之超約附加費較適宜。

◆ 若有調降契約容量者，可轉成週六半尖峰契約容量。

◆ 夏月可配合選用適用之用戶計畫性減少用電措施，減少基本電費支出。

◆ 配合需量負載管理，降低用電需量，及計畫性超約，訂定合理契約容量。

※可至高壓用戶服務處入口網站下載用電資訊分析用電行為。

(四) 用電需量與超約罰款

電力公司為避免用電負載突增，造成供電無法配合，對高壓用戶以電表紀錄其最高用電需量。電表紀錄之「需量」是以每 15 分鐘平均值計算，一小時有 4 個(15 分鐘)需量，一天 24 小時，一個月 30 天計，共計 2,880 個需量，其中最大者就是最高需量。計收電費時，是用最高需量和契約容量互相比較，最高需量未超過契約容量，仍按契約容量計收基本電費；反之，超過部份以二至三倍計收附加費。想要避免超約計費，除訂定適當的契約容量外可藉助電力需量監控器抑低用電尖峰需量。

(五) 利用時間電價節省電費

離峰(夜間)發電成本便宜，尖峰(日間)發電成本高；所以，電力公司依據發電成本實施時間電價，用戶可考慮儘可能於離峰用電以節省電費。因為夏季冷氣、空調用電占比最多，電力公司特別針對除儲冰式空調專用分路在離峰時用電以六折計算。

三、電能管理手法

1. 依我國用戶用電設備裝置規則要求，幹線與分路總電壓降不得超過 5%，(幹線 $<2\%$ + 分路 $<3\%$ = $<5\%$)。但為節約能源起見，宜將線路壓降控制在 3% 以內(幹線 $<1\%$ + 分路 $<2\%$ = $<3\%$)。
2. 辦公大樓配電系統之設計，要盡可能使供電電壓等於電器之額定電壓。
3. 供電電壓對一般用電設備之影響：
 - (1) 感應電動機：在額定電壓下運轉效率最佳。
 - (2) 電熱：熱出力按電壓二次方比例變動，如電壓升高，壽命縮短。
 - (3) 電容器：電容器無效功率(kVAR)出力按電壓二次方比例變動，如電壓減 10%，其無效功率減少約 19%。

- (4) 電磁式控制器：一般動作控制在-10%~15%之額定範圍內，如電壓增高10%，其壽命減少 1/2。電壓低於 10%，則產生接觸不良誤動作。
- (5) 電子裝置：電子裝置主要為電晶體，其標準設計為 $\pm 10\%$ 額定電壓，如果超出此範圍其動作將不安定。
4. 變壓器負載率維持在 50~65%之間效率最佳，若負載率過低，可將相同負載性質的變壓器併聯供電。
5. 三相負載應保持平衡，並避免超載用電。
6. 放置變壓器場所應有良好通風，避免變壓器溫度過高，必要時可加裝風扇或空調散熱，但應維持在 28~30℃。
7. 用戶功率因數管理進相電容器可裝置於低壓側，且越接近負載端，越減少線路損失。並應裝設自動功因調整器(APFR)改善設備，將功率因數提高至接近 95% (落後)，可提高用電效率，又可節省電費支出。
8. 辦公大樓應裝設電力監控系統，監控各樓層之用電資料(電壓(V)、電流(A)、需量 (kW)、用電量 (kWh)、功因 (PF%)等)，及空調系統之運轉狀況 (溫度(℃)、壓力(kg/cm²)、流量(lpm)等)，可提高整體用電效率。
9. 辦公大樓裝設電力尖峰需量控制系統，並建立可停電力設備群組，供調節用電需量，可以抑低最高需量(kW)，避免被罰款，甚至可調降契約容量，進一步節省每月基本電費。
10. 照明採用發光效率 100 lm/W 以上之高效率燈具。
11. 選擇適當容量的電動機，一般負載率在 75~100%之間效率最高。
12. 電動機應定期保養(潤滑加油)，可減少電動機的摩擦損失。
13. 每日例行操作之用電設備，如揚水泵、汙水泵等，可設定於離峰時段運轉。

貳、空調設備

辦公大樓年耗電統計空調用電量占 50%以上，因此如何選用空調設備，正確使用空調系統及做好維護保養工作，乃節約能源之重要課題。

一、中央空調系統

(一)如何選購中央空調系統

1. 請選購高性能係數(COP)之空調冰水主機，經濟部能源局公告，並自中華民國一百零九年七月一日生效，如表 2-1。
2. 冷氣機之容量以每小時能自室內移走的熱量表示，1 冷凍噸為每小時自室內移出熱量 3,024kcal(相當 12,000 BTU)，依此推算，每坪房間約需 0.15 冷凍噸(相當於 450kcal/h)，選用的空調主機冷凍噸容量太大，將使壓縮機長時間輕載運轉，或頻繁啟動，比較耗電，而且減損壓縮機壽命。

表 2-1 冰水機組製冷能源效率分析

冰水機組類型		標示額定製冷能力	製冷能源效率分級基準		
			性能係數(COP)		
			3 級	2 級	1 級
水冷式	容積式	< 528kW	4.45	4.80	5.15
		≥528kW<1758kW	4.90	5.30	5.70
		≥1758kW	5.50	5.90	6.35
	離心式	<528kW	5.00	5.40	5.80
		≥528kW<1055kW	5.55	5.95	6.40
		≥1055kW	6.10	6.60	7.10
氣冷式		全機種	2.79	3.00	3.20

註：

實測所得之額定製冷能力及性能係數應大於產品標示值 95%以上。

經中央主管機關審核具有 CNS 12575 中所述熱回收功能之冰水機組，不適用本表分級基準。

(二)如何安裝中央空調系統

1. 冰水機組應放置於混凝土基礎、平板或基座上，利用螺栓固定並保持水平，以水泥漿補平。冰水主機四周應留有適當之維護空間，以便將來抽換或清洗銅管等保養工作。
2. 水泵進出口管路應加裝壓力錶，以瞭解實際運轉狀況。
3. 冷卻水塔四周應通風良好，不可有阻隔物，以免影響散熱能力。避免安裝於有排熱的地方，以免影響冷卻水塔的冷卻效果。
4. 小型冷風機安裝，水盤須保持一定的斜度，以利冷凝水排出；空調箱風管上各個出風口之風量須調整分配適當，以免造成某個區域風量不足的現象。出風口與回風口勿太近，以免造成短循環而影響冷房效果。
5. 水管直徑在 65mm 以下者使用螺紋式連接，80mm 以上者使用焊接式或法蘭連接。排水管每公尺應保持 1 公分之斜度。冰水管路高點或其他必要之處，應安裝自動排氣閥；管路低點應加裝放水閥，以備系統清洗。
6. 風管在分歧處，應裝置分歧風門，以便調整及鎖定。送風管與回風管應予保溫，保溫材料應符合國家標準(CNS)規範。

(三)如何操作中央空調系統

1. 冷氣溫度設定範圍以 26-28°C 為宜，並應裝設自動溫控設備，以免過冷而浪費能源。對於經常進出的房間，室內溫度不要低於室外溫度 5°C 以上，以免影響身體健康。
2. 每日定時記錄冰水主機運轉時之油溫、油壓、水溫、水壓、冷媒溫度、冷媒壓力、電流及電壓等，以瞭解實際運轉狀況。
3. 在不影響冷房的情況下，適度提高冰水出口溫度，每提高冰水出口溫度 1°C，約可減少冰水主機耗電量 2%，但仍需考量室內除濕功能之需，建議冰水溫度不高於 12°C。

4. 應降低冷卻水設定溫度，每降低冷卻水溫度 1°C，可節省冰水主機耗電量 2%~3%。
5. 在下班前半小時關掉冰水主機，利用冰水循環泵繼續運轉即可。
6. 晚間若有少數單位加班，應分區只供應加班空間之空調，以節約能源。
7. 冰水系統若是屬於水路分離系統，且小型冷風機或空調箱使用二通閥控制冰水量，則區域泵可加裝變頻器及台數控制系統，以達節約能源的功效。
8. 地下停車場之排風，可增設一氧化碳感測器，經由一氧化碳濃度控制排風系統啟停。
9. 空調使用期間應緊閉門窗，以防止冷氣外洩或熱風滲入，空調箱回風口處勿堆積雜物，以免影響回風效果。

(四)中央空調系統之節能操作方法

1. 以室內 CO₂ 濃度比例控制外氣引入量。
2. 以全熱交換器降低外氣熱負荷。
3. 大型空間利用離峰時段進行開館前預冷控制及閉館後夜間排氣策略操作模式。

(五)如何維護保養中央空調系統

1. 水冷式冷凝器銅管易受水質不佳之影響，產生結垢，每年至少必須清洗一次。
2. 冷凍油的油質顏色變黑或有雜質，則宜立即換新。
3. 壓縮機馬達每年須定期實施絕緣測試。
4. 隨時注意冷媒量是否正常，倘有不足，應即檢漏後並充灌。
5. 定期檢查水泵軸承，並添注潤滑油，水泵軸封處若有漏水的現象，應儘速修復；進出口壓力錶損壞時，應予以更換。
6. 冷卻水塔對於青苔、藻類可依實際嚴重性，依全部水量為基準，每一~二週添加滅藻劑改善。

7. 冷卻水塔如汙泥可用添加正確之水垢抑制藥劑預防。
8. 冷卻水塔對於塔體可見之處，以人工清潔方式為最有效的方法，應定期注意水塔汙染狀況，宜每個月清潔一次確保冷卻水塔之效率。
9. 隨時檢查冷卻水塔水位、浮球開關及灑水頭是否正常。
10. 冷卻水塔入風口之保護網如有脫落現象，應立即裝上，以免冷卻水大量散失及雜物掉入，影響散熱效果。
11. 小型冷風機及空調箱之過濾網應每月定期清洗，並每月檢查傳動皮帶鬆緊度及控制系統是否正常。
12. 電動機應定期保養(潤滑加油)，可減少電動機的摩擦損失。

(六)中央空調系統之效率

中央空調系統之效率除選用高 EER 值或高 COP 值之冰水主機外，尚需考慮水系統、空氣系統及節能控制，以達確實之節能成效，簡要說明如下：

1. 水泵的揚程及流量須配合冰水主機之冷凍噸數，每一冷凍噸數所需之冷卻水量為 13 lpm(liter per minute)，冰水量則為 10 lpm，並宜選用 70%以上效率泵及高效率馬達。
2. 空調箱系統風機，每 1,000 L/s 送風量的耗電量應低於 1.7 kW。
3. 冷卻水塔噸數以冰水主機噸數的 1.25 倍左右為宜。可採用多台並聯組合型，配合濕球溫度控制，開啟運轉台數。
4. 選擇適當容量的電動機，一般負載率在 75~100%之間效率最高。
5. 空調區規劃與控制方面，每一空間或空調使用行為相似(例如：溫度及空調時程)的多空間群組，應設置個別之溫度感測器，以進行溫度自動控制，如下：

- (1)自動停機：可藉由人員感測器、可程式空調使用時程控制器或手動之定時器進行自動停機。

(2)獨立空調區域：每一獨立空調區域需提供自動關閉或控制空調送風、新鮮空氣和排氣之獨立控制裝置。每一獨立空調區域不宜大於 2,000m² 空調樓地板面積及一個樓層。

(3)密閉停車場之排氣風扇：送風量大於 14,000L/s 時，可設計根據停車空間之一氧化碳濃度(ppm)值，進行風扇啟停控制或通風量調整之控制器。設置符合離峰控制功能之控制器，也就是當停車場使用強度降低時，可停止通風扇運轉或調整通風量。

(七)空調系統節能設計

1. 全面省能設計：基本上，全面性之省能設計應包含至少五部份之節能措施，如下：

(1)應用綠建築日常節能方法。

(2)選用高效率空調設備。

(3)設計合理耗能的空調系統。

(4)以管理手法節約空調耗能。

(5)正確的維護管理使系統處在最省能之狀態。

2. 空調負荷特性：以辦公大樓而言，空調負荷特性如下：

(1)辦公時間及使用人數較為固定，易於估算空調負荷。

(2)夜間加班應避免空調全開供應給少數人員使用。

(3)少部份 24 小時作業空間，如值班室、電腦室等，應採用獨立空調較有節能之效果。

(4)一般人員密度設計參考值為每人 7 至 19m² 的空間，取中間值為 13m²/人，會議室人員密度可高達每人 2m²。

(5)外周區(離外牆 5m 內)的空調負荷變化較大，空調需設計適當容量控制，以避免有時太冷、不舒適且浪費能源。

3. 空調系統節能控制設計：

- (1)變風量 (VAV)設計以部份負載控制器節約能源，以風管內靜壓控制送風機轉速及風量，適當的靜壓設定點為在總設計靜壓約三分之一處（較下游處），當送風量為設計風量的 50%時，送風機耗電量會小於設計耗電量的 30%以下。
- (2)空調的水泵系統應設計為可變流量(VWV)控制，其流量可控制至原設計流量的 50%或以下。在 50%的設計水量時，須有控制及裝置(例如以馬達變頻器改變馬達轉速)，使水泵耗電不大於全載之 30%。變流量控制或裝置需具有流量需求控制或最小差壓力的控制功能，差壓量測點應位於最遠端的熱交換器或熱交換器最大差壓需求的地方。含有多台冰水機的空調冰水系統，當部份台數冰水機關閉時，必須相對的減少冰水流量以節約送水耗能。
- (3)冷卻水塔變頻，主要利用水塔出水溫度與外氣濕球溫度差，藉由演算法計算水塔風扇運轉頻率，進而改變風車轉速達到節能目的。

(八)系統測試與驗收注意事項

空調系統在完工時應作性能測試、個別風量與水量調整，以將系統平衡至設計點，除為達設計功能外，更有節能運轉之效果，以下為注意事項：

1. 系統驗收文件：在系統驗收時，應有實際安裝圖說的建造文件，圖上的記載應包括每一個設備的位置和性能資料，風管和水管系統的一般平面配置，包括尺寸及終端空氣或設計的水流量。除外，操作與維修手冊至少需包含以下各項：
 - (1)每一個設備需要維修的資料，說明設備尺寸及選擇的選配件。
 - (2)每一個設備皆需要操作及維修手冊，並且需明定例行的維修動作。
 - (3)至少一個維修代理商的名稱及地址。
 - (4)空調控制系統的維修和校準資訊，包含線路圖、示意圖，控制順序的描

述，設定點等，需永久記錄在控制裝置的控制圖上或數位控制系統程序設計的註解中。

(5)對每一個系統未來的操作方法及建議設定點的完整敘述。

2. 系統平衡測試：

(1)空調系統完工驗收時需依相關標準進行量測、平衡及調整，使風管的風量及水量與設計值之差異低於 10%。

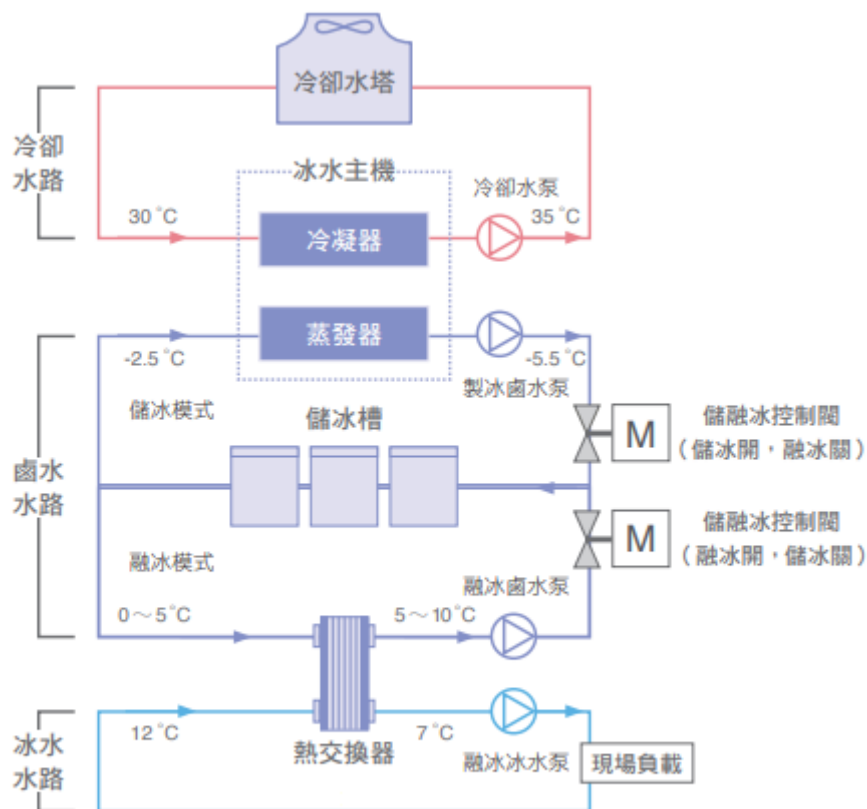
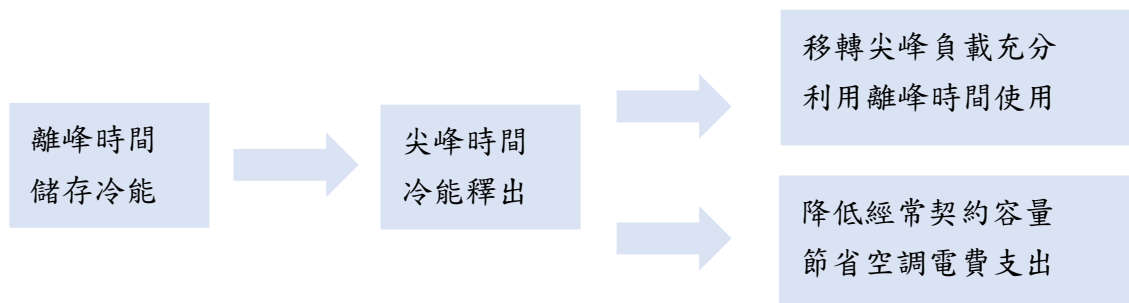
(2)空氣系統的平衡時，需首先打開風門使其損失減到最少，然後除了可變流量分配系統的調節裝置不需平衡外(例如，校準過的 VAV 終端箱)，其餘皆須被調整至設計的流量值。

(3)水系統的平衡時需首先打開節流閥使其損失減到最少，然後修整水泵葉輪或調整水泵轉速至設計的流量。每個水系統應具有測量水泵的差壓功能或在各水泵的每側皆留有測試口。

二、儲冰式空調系統

(一) 儲冰式空調系統簡介:

係指冷凍主機在離峰時間運轉製冷並將冷能儲存起來，儲存的冷能在尖峰時間釋放出來，以供應空調負載之所需；本系統可移轉尖峰時間用電至離峰時間，充分利用離峰時段較低廉之電力，用戶則可以降低經常契約容量與節省空調電費支出。

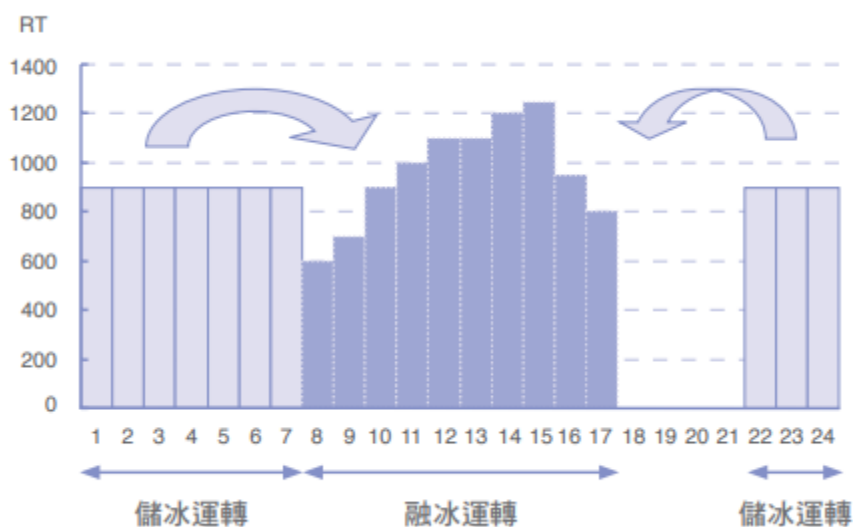


圖片來源:(台灣電力公司)

圖 2-1 儲冰空調系統圖

(二)儲冰式空調系統的運轉模式、適用場合:

1. 全量儲冰系統:冷凍主機於離峰或非空調時段運轉儲冰，於尖峰或空調時段完全停止運轉，而藉由冰水循環泵供應空調負載。此系統適用於空調負載大且使用時間短之場所，如教堂、大型會議廳等。



圖片來源:(台灣電力公司)

圖 2-2 全量儲冰空調系統圖

2. 分量儲冰系統:冷凍主機全日運轉，於離峰或非空調時段儲冰，待尖峰或空調時段由儲冰設備提供空調能力，不足部分則再運轉冷凍主機分擔部分空調負載。此系統適用於空調負載小且使用時間長之場所，如商辦大樓、學校、百貨商場等。

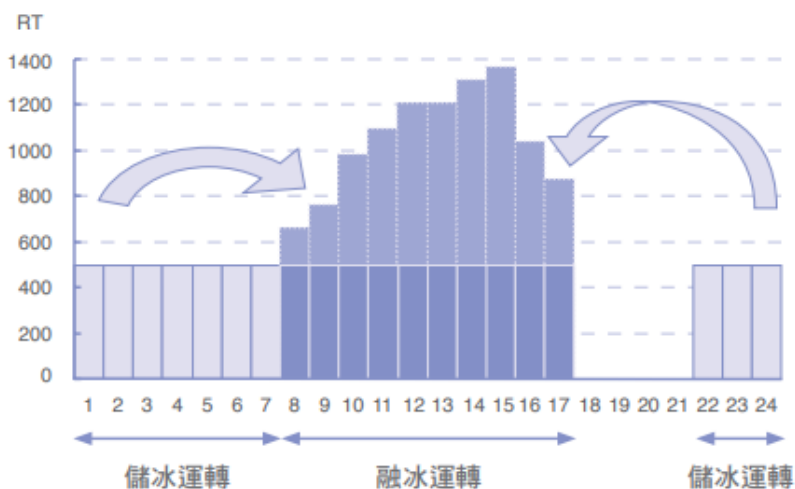


圖 2-3 分量儲冰空調系統圖

圖片來源:(台灣電力公司)

(三) 儲冰式空調系統與傳統式空調系統之比較

表 2-2 儲冰式空調系統與傳統式空調系統之比較

項目	系統 種類	儲冰式空調系統		傳統式空調系統
		分量儲冰	全量儲冰	
冷凍主機容量		小	最大	次大
冷凍主機 運轉時間		全天	離峰時間	尖峰時間
儲冰槽		小	大	無
初設成本		中	高	低
節省電費		有（較少）	有（較多）	無

表 2-3 儲冰式空調系統與傳統式空調系統初設價格之比較

設備名稱	傳統式			分量儲冰		
	設備 容量	設備 價格	設備 耗電	設備 容量	設備 價格	設備 耗電
控制工程	-	2,500,000	-	-	3,000,000	-
安裝工程	-	1,900,000	-	-	2,500,000	-
相關工程	-	1,800,000	-	-	2,500,000	-
管理費	-	2,038,500	-	-	2,184,500	-
契約容量	558 kW	-	-	394 kW	-	-
電力申請	558 kW	1,116,000		394 kW	788,000	-
工程費用	-	44,124,500	-	-	46,512,500	-
造價差額	46,512,500 - 44,124,500 = 2,388,000（增加 5.4%）					

（資料來源：台灣電力公司 104 年度空調運用技術研討會）

表 2-4 儲冰式空調系統與傳統式空調系之效益分析

設備名稱	傳統式			分量儲冰		
	設備 容量	設備 價格	設備 耗電	設備 容量	設備 價格	設備 耗電
日間耗電	542 kW	-	-	397 kW	-	-
夜間耗電	0	-	-	269.6 kW	-	-
基本電費	-	756,144	-	-	728,226	-
夏月用電	-	2,690,586	-	-	2,254,110	-
非夏月用電	-	2,596,028	-	-	2,068,922	-
全年電費	-	6,042,758	-	-	5,051,258	-
電費差額	6,042,758 - 5,051,258 = 991,500 (減少 16.41%)					
回收年限	2,388,000 / 991,500 = 2.4 年					

(資料來源:台灣電力公司 104 年度空調運用技術研討會)

(四)適用條件

- 1.儲冰式空調系統之電力用電用戶，且適用時間電價計費者。
- 2.儲冰式空調系統有關各項設備以單獨回路供電。
- 3.需向台電公司申請單獨設戶或加裝離峰分表。

三、冷氣機

(一)如何選購冷氣機

1. 請選購有節能標章及強制性能源標示 1、2 級機種認證，並符合中華民國國家標準 CNS 3615 規範之能源效率基準值，如表 2-5 及表 2-6。

表 2-5 無風管空氣調節機節能標章能源效率基準對照

機種		額定冷氣能力分類(kW)	CSPF(kWh/kWh)
氣 冷 式	單 體 式	2.2 以下	4.35
		高於 2.2，4.0 以下	4.42
		高於 4.0，7.1 以下	4.16
		高於 7.1，71.0 以下	4.03
	分 離 式	4.0 以下	5.93
		高於 4.0，7.1 以下	5.33
		高於 7.1，10.0 以下	5.11
		高於 10.0，71.0 以下	5.03
水冷式		全機種(71.0 以下)	5.58

註：CSPF 之定義為冷氣季節性能因數

表 2-6 無風管空氣調節機能源效率分級基準表

機種		額定冷氣 能力分類 (kW)	各等級基準(kWh/kWh)				
			5 級	4 級	3 級	2 級	1 級
氣冷式	單 體 式	2.2 以下	3.40 以 上，低於 3.64	3.64 以 上，低於 3.88	3.88 以 上，低於 4.11	4.11 以 上，低於 4.35	4.35 以上
		高於 2.2，4.0 以下	3.45 以 上，低於 3.69	3.69 以 上，低於 3.93	3.93 以 上，低於 4.17	4.17 以 上，低於 4.42	4.42 以上
		高於 4.0，7.1 以下	3.25 以 上，低於 3.48	3.48 以 上，低於 3.71	3.71 以 上，低於 3.93	3.93 以 上，低於 4.16	4.16 以上
		高於 7.1，71.0 以下	3.15 以 上，低於 3.37	3.37 以 上，低於 3.59	3.59 以 上，低於 3.81	3.81 以 上，低於 4.03	4.03 以上
	分 離 式	4.0 以下	3.90 以 上，低於 4.41	4.41 以 上，低於 4.91	4.91 以 上，低於 5.42	5.42 以 上，低於 5.93	5.93 以上
		高於 4.0，7.1 以下	3.60 以 上，低於 4.03	4.03 以 上，低於 4.46	4.46 以 上，低於 4.90	4.90 以 上，低於 5.33	5.33 以上
		高於 7.1，10.0 以下	3.45 以 上，低於 3.86	3.86 以 上，低於 4.28	4.28 以 上，低於 4.69	4.69 以 上，低於 5.11	5.11 以上
		高於 10.0， 71.0 以下	3.40 以 上，低於 3.81	3.81 以 上，低於 4.22	4.22 以 上，低於 4.62	4.62 以 上，低於 5.03	5.03 以上
水冷式		全機種	4.50 以 上，低於 4.77	4.77 以 上，低於 5.04	5.04 以 上，低於 5.31	5.31 以 上，低於 5.58	5.58 以上

2. 選擇適當冷氣機冷凍噸數簡易公式如下:所需冷凍噸數(RT)= 450 kcal/小時 · 坪×室內坪數÷3,024 kcal/小時 = 0.15RT/坪×室內坪數 1 冷凍噸 = 12,000 Btu/小時 = 3,024 kcal/小時；1 坪 = 3.3 平方公尺上述公式只是基本原則，實際噸數應根據房間所在位置，進行相關之修正，例如房間是否西曬、房間窗戶面積大小、窗戶遮陽效果、冷氣機安裝位置之散熱效果等因素作適當之修正。遇頂樓或日曬等熱源因素較多的時候，需適度增加冷氣能力，選購噸數較大之機種。
3. 大坪數住宅宜選用變頻式冷氣機或可變冷媒空調系統，壓縮機可隨室內溫度調節運轉速度，可增加舒適感，亦較省電達 4 至 6 成。

(二)如何安裝冷氣機

1. 冷氣機應裝在通風良好，不受日光直射的地方，或者裝配遮陽棚。
2. 一般窗型機及分離式室外機常見之安裝缺失是散熱管排之通風口太靠近牆壁或多台室外機密集並列，缺乏足夠之散熱通風空間，造成每 1℃之散熱溫度提升約增加耗電 2.5%，不可不慎。
3. 冷氣機室內側回風吸入口與天花板及牆面保持 50 公分以上，以提高冷氣機效率。
4. 冷氣吹出口以人身高度為宜，室外部份離地面至少 75 公分，以免塵土揚入，污染散熱片，增加耗電量。
5. 窗型冷氣機底盤應稍傾斜，冷凝水應引接到排水管內，以免滴水受罰(93 年起，冷氣機冷凝水滴水罰款新台幣 1,200~6,000 元)。
6. 窗型冷氣機安裝後，窗口周圍間隙宜完全密封，可減少噪音，並降低冷氣洩漏而節省電力。
7. 分離式冷氣機之室外機應儘可能接近室內機，其冷媒連接管宜在 10 公尺以下，並避免過多彎曲，否則會大幅降低冷氣機能源效率。

(三)如何使用冷氣機

1. 冷氣機的溫度設定範圍以 26-28℃ 為宜，每調高溫度設定值 1℃，約可節省冷氣用電 6%以上。對於經常進出的房間，室內溫度不要低於室外溫度 5℃ 以上，以免影響身體健康。
2. 冷氣房內配合電風扇使用，可使室內冷氣分佈較為均勻，不需降低設定溫度即可達到相同的舒適感，並可降低冷氣機電力消耗。
3. 冷氣房內避免使用高熱負載之用具，如熨斗、火鍋、炊具等。

(四)如何保養冷氣機

1. 每兩週清洗空氣過濾網一次，空氣過濾網太髒時，容易造成電力浪費。
2. 依室外空氣污濁程度，每 1-3 年應請廠商清洗散熱片一次。
3. 溫度感測控制器異常時，較為耗電，應及時請廠商修復。
4. 不明原因造成冷氣機不冷時，不宜勉強使用，避免浪費電力，並造成機件故障。

參、照明燈具

辦公大樓之照明除應考慮節約能源，亦不宜忽略照度及舒適性。選用 LED 燈具，利用有效率的照明設計方法及控制系統，均可避免浪費能源，如能定期做好燈具的維護，才能保持舒適的照明環境。

一、燈具種類：

(一)白熾燈

白熾燈(鎢絲燈泡及鹵素燈)特性就相當於一般電阻一樣係利用電流流過燈絲產生高熱而發光，但其效率非常差，能量大約只有 10%轉成可見光，其它皆變成熱量散失掉。(105 年 10 月 1 日經濟部已公告規定並納管 20 類服務業，禁用白熾燈泡及鹵素燈泡做為一般照明用途。)

(二) 螢光燈

螢光燈屬於氣體放電燈的一種。它使用電力在氬或氖氣中激發水銀蒸氣，形成電漿並發出短波紫外線，紫外線被磷質吸收後，磷會發出可見的光以照明，這樣發出可見光的方式屬於螢光。一般的螢光管以玻璃製造，在兩端裝有插口以連接電源及固定螢光管的位置。與電燈泡不同，螢光管必須設有安定器，與啟動器配合產生讓氣體發生電離的瞬間高壓。為了取代傳統白熾燈，近年來發展出將燈管、安定器、啟動器結合在一起，配合使用白熾燈燈座的改良型螢光燈泡，俗稱為省電燈泡，可以在不更換燈具基座的情況下，直接取代白熾燈使用。日光燈管如果照直徑來分類，可分成 T2、T3.5、T4、T5、T6、T8、T9、T10、T12 等規格，常用所謂的 T5 就是直徑為 5/8 英吋（約 16 毫米）的日光燈管；T8 直徑為 1 英吋（約 26 毫米）；T9 直徑為 9/8 英吋（約 29 毫米）的日光燈管。

(三) T9 燈管

T9 螢光燈管口徑 9/8 英吋(29mm)，早年大多使用傳統的電感式安定器加上輝光起動器點燈和輸出電流供燈管發亮，缺點是輝光起動器易老化使得點亮漸漸不易，後有改良型的電子式啟動器取代，效果與壽命較輝光起動器點燈較佳，但點亮之後的燈管電流依賴電感式安定器維持，電感式安定器利用電感的充放電原理隨電力系統 60Hz 對放對燈管的電壓電流，隨之缺點便是燈管實際上隨著 60Hz 交流電，每秒閃爍 60Hz，雖已超過人類視覺暫留作用的 24Hz(電影就是 24Hz，每秒 24 張 135 film 通過投影機)，但長時間仍會感到不舒服。且電感安定器就像是線性的變壓器一樣，當電力系統存在電壓波動(因其他設備分走負載，產生電壓降，影響電壓變動率)，二次側隨電力系統電壓一起波動，造成閃爍，以及突波可能使得燈管電流波動，加速燈管黑化老化。

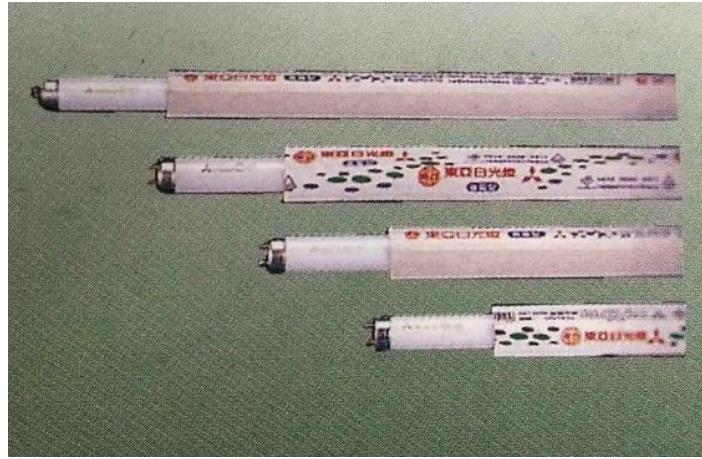


圖 3-1 T9 燈管圖示

(四) T8 燈管

T8 螢光燈管口徑 8/8 英吋(26mm)，在歐洲 T8 燈管可以配合傳統銅鐵式的安定器，或電子式安定器來使用，但在美國及日本的 T8 燈管為高頻燈管，必須專門使用電子式安定器。



圖 3-2 T8 燈管圖示

(五) T5 燈管

T5 螢光燈管口徑 5/8 英吋(16mm)。相對於傳統 T9 螢光燈管口徑 9/8 英吋(=2.9 公分)，或 T8 螢光燈管口徑 8/8 英吋(=2.6 公分)，T5 螢光燈管口徑較細小，但其發光效率卻高於 T9 與 T8 燈管。T5 必須專門使用電子式安定器。



圖 3-3 T5 燈管圖示

(六) LED

白熾燈、鹵素燈光效只有 15~25 lm/W，螢光燈 60~100 lm/W，鈉燈系列 90~140 lm/W，尤其是白熾燈等電熱性光源，大部分的用電變成熱量損耗。LED 經過幾十年的技術改良，市售 LED 產品之發光效率已達(100~130 lm/W)，實驗室晶片發光效率已可達到 254 lm/W 階段；其光的演色性好、光譜窄，無需過濾可直接發出有色可見光。目前世界各國均加緊提高 LED 光效方面的研究，在不遠的將來，其發光效率將會大大的提高。而在用電量方面，單顆 LED 功率自小瓦數 50mW 至大瓦數 1W 以上，採直流驅動，反應速度快，可在高頻操作。可內置於微處理系統而控制發光強度，調整發光方式，實現光與藝術結合。同樣照明效果情況下，用電量是白熾燈泡的 1/8，螢光燈管的 1/2。就橋樑護欄燈為例，同樣效果的一支螢光燈 40W，而採用 LED 每支的功率只有 18W，而且可以全彩變化。LED 如果散熱處理良好，理論上半導體發光蕊片平均壽命可達 10 萬小時；而 LED 燈具使用壽命也可達 5~10 年，可以大大降低燈具的維護費用，避免經常更換燈具之支出。

二、高效率光源

(一) 採用高效率光源及燈具，以 T8 9W×3 管 LED 燈管替代 T8 20W×4 管螢光燈管，可省電約 66%，其發光效率及特性比較，如下表 3-1 及 3-2 所示。

表 3-1 T8、T5 螢光燈與直管型 LED 燈比較表

項目	T8 燈具	T5 燈具	直管型 LED 燈具
平均壽命(h)	8000	20000	30000
演色性	Ra80	Ra85	Ra80~90
閃頻(秒)	高頻 40000~50000/秒	高頻 40000~50000/秒	無(直流電)
每管瓦數	短 18W(2 尺) 長 38W(4 尺)	14W(2 尺) 28W(4 尺)	9W(2 尺) 18W(4 尺)
燈管管徑	26mm	16mm	26mm
燈管管長(mm)	604(2 尺) 1213(4 尺)	565(2 尺) 1163(4 尺)	604(2 尺) 1213(4 尺)
發光效率	1W=70lm 18W=1260lm	1W=90lm 14W=1260lm	1W=100~130lm
光衰狀況	3000 小時達 80%	10000 小時達 80%	10000 小時 90%
水銀含量	10~15mg	3~5mg	0mg
每小時耗功	40~80W	30~60W	30~45W
省電比	比 T5 多出 20%耗電量		比 T5 節省約 25~50%

表 3-2 輕鋼架燈具性能比較表

燈具性能	LED 光板式 燈具 (603×603)	直下式 LED 平 板燈 (600×600)	側邊式 LED 平 板燈 (600×600)	T5 燈具 (600×600)	T9 燈具 (600×600)
輸入功率	20W	40W	42W	64W	76W
安定器/ 驅動器	外置式	外置式	外置式	外置電子式	外置電子式
演色性	>80	>70/80	>70/80	>80	>80
色溫	5700K	5700K~6500K	5700K~6500K	6500K	6500K
輸出光 通量(新 燈)	3,200 流明	3,200 流明	3,000 流明	3,000 流明	3,000 流明
每瓦發 光效率	160 lm/W	80 lm/W	71.5 lm/W	47 lm/W	39.5 lm/W
安定器/ 電源壽 命	≥ 30,000 小 時	≥ 30,000 小時	≥ 15,000 小時	< 15,000 小 時	< 15,000 小 時
光束維 持率(3 年)	97%	70%	70%	70%	70%
燈具壽 命	≥ 30,000 小 時	≥ 30,000 小時	≥ 30,000 小時	< 15,000 小 時	< 15,000 小 時

(二) 採用高效率燈泡，在辦公大樓的走廊、茶水間、洗手間...常常會使用，應注意選用高效率光源。省電燈泡與 LED 燈泡之發光效率及特性比較，如下表 3-3。

表 3-3 省電燈泡與 LED 燈泡發光效率及特性比較

光源型式	 省電燈泡 23W	 LED 燈泡 9.5W
光束	1,449Lm	900Lm
消耗電力	23W	9.5W
發光效率	63L/W	80~100L/W
壽命	6,000 小時	30,000 小時
色溫	2,700K/6,500K	3,000K/6,500K

三、照明設計

(一)辦公室照度可參考表 3-4 CNS 辦公室照度基準加以設計，依用途別通常在 500~1,500Lux 之間。

表 3-4 CNS12112 辦公室照度基準

室內、作業或活動種類	lux	UGRL	Ra	備註
文件處理、影印、計算等	300	19	80	
書寫、打字、閱讀、資訊處理	500	19	80	
工程製圖	750	16	80	
CAD 工作站	500	19	80	
討論、會議室	500	19	80	必須能控制光
接待櫃台	500	22	80	

(二)部分需精細作業的場所，可採用一般照明加局部照明方式，達成所需照度，例如：設計或製圖室工作桌，需要較高照度 1,500Lux，若將辦公室全般照度提高至 1,500Lux，將形成能源浪費，可設計辦公室基本照明為 500~750Lux，再以檯燈補強使工作桌照度達 1,500Lux。

(三)天花板及牆壁應盡可能選用反射率較高之乳白色或淺色系列，以增加光線之反射及漫射效果，進而減少所需之燈具數量，如表 3-5 所示。

表 3-5 天花板及牆壁分類材質顏色反射率

分類	材質顏色	反射率(%)
牆壁	金雪白	60-80
	白色(磁磚)	60
	乳白	55-60
	壁紙	40-50
	灰白(含蔗板)	40
	混凝土	25
	紅磚	15
油漆	白色	60-80
	淡色	35-55
	深色	10-30
	黑色	5
物件	白色木材	40-60
	黃松油木	30-50
	草蓆	30-40

(四)照明設計時應注意照明品質輝度(刺眼的程度)、演色性(顏色逼真的程度)、色溫度(令人感覺冷熱的感覺)三要素。

(1).輝度(cd/m^2)：就是「刺眼的程度」，照明設計時，必需考慮作業對象（工作面）和周遭物件的輝度差異，就是輝度比。輝度比過大，長期會使眼睛疲勞、不舒服。辦公室輝度比的建議值，如表 3-6 所示。

表 3-6 辦公室輝度比建議值

作業對象	輝對比建議值
周圍	1:1/3
遠處陰暗面	1:1/10
遠處明亮面	1:10

(2) 演色性(Ra)：就是「顏色逼真的程度」。各人造光源中，辦公室最常用的螢光燈，演色性在 60-85%之間，適用於大多數場合，如表 3-7 所示。

表 3-7 光源演色性與使用場所

等級	演色性(Ra)	光色	使用場所
1	$Ra \geq 85\%$	冷色 暖色	紡織工業 住宅、餐廳
2	$70\% \leq Ra \leq 85\%$	冷色 (台灣)	辦公室、學校、百貨公司
其他	$Ra \leq 30\%$	暖色 冷色	道路

(3) 色溫度(K)：是以人對溫度的感覺如表 3-8 所示。照明設計時，要兼顧色溫度和照度。色溫度高結合低照度，讓人有冷的感覺；反之，色溫度低搭配高照度，讓人覺得燥熱。5,000K 以上的螢光燈，給人清冷的感覺，非常適合用在辦公室。

表 3-8 色溫度與感覺

色溫度(K)	光色	感覺	場所
3300K 以下(燈泡色)	暖色	溫暖	住宅
3300-5000K 以上	中間	中間	通用
5000K 以上(晝光色)	冷色	清冷	辦公室

四、照明控制

- (一)配合時序控制器，可於預定時間自動對照明環境作模式切換，或燈具的明滅控制，不需手動操作控制，可避免因忘記關燈而浪費電能。例如上班、下班、午休時間之照明自動點滅。
- (二)燈具附晝光感知器電子調光型安定器，當白天太陽光線足夠時，可自動調降靠窗燈具的亮度或關閉燈具。
- (三)燈具附熱感開關，宜裝置在辦公大樓的小型會議室、會客室、茶水間及廁所等場所，有人時自動開燈，沒人時自動關燈，既方便又可避免浪費能源。
- (四)應採用整體照明控制系統，如照明中央監控系統、二線式照明控制系統等，配合辦公大樓作息變動需求，加以監控管理，可節約照明用電 30%。
- (五)分區控制 對於使用場所照明，裝置分區控制開關，需要分區照明時可以開啟使用，減少全區用電浪費。

五、燈具維護

- (一)定期擦拭燈具、燈管，避免污染物降低燈具之照明效率，可依落塵量多寡決定燈具之清潔週期(1 個月~1 年)。
- (二)螢光燈管經濟壽命，係指新燈管使用至光束衰減為原有光束 70%的時間。
$$\text{燈管更換年限} = \text{燈管經濟壽命(時)} / \text{每年點燈時數}$$
。例如：辦公大樓每年點燈時數約 2,600 時，而螢光燈管經濟壽命約 6,500~8,000 時，則燈管更換年限約 3 年。

肆、事務機器

辦公大樓之事務機器，包括電腦、影印機及傳真機等，此類機器大部分以性能取勝，若能注意些小細節，亦可達到節約能源的效果。

一、電腦

1. 選用符合環保標章之低輻射量 LED 平面顯示器。
2. 設定省電模式，當其工作暫停 5-10 分鐘後，即可自動進入低耗能休眠狀態。
3. 長時間不用電腦時可自動切掉總電源，減少待機損失。

二、影印機

1. 請選購具省電功能之影印機，通常可在持續 15 分鐘未使用時，自動進入省電狀態。
2. 影印機背面之排氣孔與牆面最少保持 10 公分之距離，以利散熱。
3. 複印前須先設定紙張大小及份數，以免增加無效的複印，浪費紙張及電力。

三、傳真機

1. 傳真機勿裝置於通風不良的地方，適當周溫為 10~32℃，濕度為 15~85%。
2. 有玻璃面板之複合影印傳真機，應每月清潔一次，以保持漂亮之畫質。

伍、其他設備

一、電梯系統

1. 有二台電梯時，可設定隔層停靠，一台為單數層，另一台為雙數層。
2. 如有多台電梯，可於非尖峰時間時、減少台數運轉。
3. 高層大樓，可依樓層高低分段設定專用電梯，以節約用電。
4. 電梯內之照明及通風在待機 3 分鐘後，應自動切斷電源。
5. 上下 2 層樓，盡量避免搭乘電梯，走樓梯既健身又省電。
6. 停電時，所有電梯均應復歸於某特定之樓層。
7. 電梯需定期保養檢查，以減少故障機率。
8. 建議加裝電力回生裝置，其省電效益可達 10~30%。

二、飲水機

1. 選購有節能標章產品。
2. 安裝飲水機，其兩側通風窗與其他物品之間隙，至少應有 15 公分距離，以利通風散熱。
3. 飲水機之進水管線，必須安裝進水閥和濾水器，以便日後保養。
4. 濾水器每 2~3 個月必須更換一次，並使用原廠產品，以免因規格不符影響水質。
5. 注意定期清洗及採時間控制，減少保溫時間之耗電。

三、烘手機

1. 選購有節能標章產品，規定烘手機實測有用能源比值(U.E.R: Useful Energy Ratio)應不低於 90%。產品若為觸控式機種，每次啟動之連續運轉時間不得超過 40 秒；產品若為感應式機種，則應於離開使用狀態後二秒內停止電源供應，且每次啟動之連續運轉時間不得超過一分鐘。

2. 烘手機儘量使用插頭式，少用接線式，無人使用時應能自動停機者，並應經常檢查其性能是否正常。

四、給水泵

1. 選用泵效率在 70%以上，並應配合使用高效率馬達。
2. 抽水泵進出口處應裝彈性軟管，以防止抽水泵的震動傳到管路上。
3. 抽水泵所用之潤滑油，平常每三個月換油一次為宜。
4. 高樓層給水揚水泵應採用恆壓緩衝起動器抑低起動電流，並利用離峰時間儲水，抑低尖峰用電及減少流動電費。
5. 多台給水揚水泵應以台數控制方式錯開運轉，抑低尖峰用電。
6. 採用衛生節水設備，可減少用水量及揚水泵用電。

五、遮陽設施

1. 屋頂外部鋪設隔熱層藉以反射太陽輻射熱，其上最好鋪加保護層防止隔熱層老化。
2. 採用高隔熱性之外牆材料，例如採用纖維、合板、多孔質矽酸鈣板、玻璃棉等材料，作為隔熱材。
3. 大面積玻璃帷幕牆辦公大樓，將大量消耗冷氣用電，應採外遮陽設計，以減少建築物之耗能。
4. 日光未直接照射場所或高天花板建築，應儘量利用太陽採光，減少照明用電。
5. 東西向的玻璃及牆受到太陽直射，構成很大的冷氣負載，可採用牆邊種樹、種爬牆植物、玻璃裝白色反射百葉窗簾、玻璃貼隔熱貼紙、及白天打開窗戶維持室內通風散熱等方法，降低冷氣用電量。

陸、辦公大樓常見問題

一、室內環境品質(IEQ)

與室內人員健康與舒適度有關的建築物環境品質稱為室內環境品質(IEQ)。IEQ 的高低取決於許多因素，包括光線、空氣品質(IAQ)、潮濕程度，等等。工作人員最常擔心他們長期暴露在各種污染物之下所引發的各種症狀或是會影響自身的健康狀況。然而這些症狀會因為不在這個環境而有所改善。研究顯示有些呼吸道的症狀和疾病與潮濕的環境有關連，目前還無法量化室內污染物會對工作人員造成多大的風險。大多數情況下，工作者與他們的醫生懷疑室內環境會形成某些特定的環境，而從醫學研究或是環境的測試無法確定是哪些在室內污染物所造成的。儘管無法確定要量測的內容或是解釋測量到什麼東西，但研究指出與建築物環境有關的症狀肯定與濕度、潔淨度及通風相關【1】。

組成因子高度複雜的室內環境及室內人員可能暴露在從事務機、清潔劑、施工、地毯、室內裝潢、香水、二手菸、濕氣(受潮的室內環境)、微生物的產生(真菌、黴菌、細菌，等等)、昆蟲或是室外的髒汙所形成各式各樣的污染物(形式可能是氣體或是粒子)。其他因素像是溫度、相對濕度或是通風程度一樣可以影響個人對室內環境的感受。

了解室內污染物的來源以及如何控制污染物以避免或解決室內人員不舒服的症狀。長期的潮濕造成黴菌或微生物滋生，而那些微生物會附著在室內各種材料上面(尤其是牆壁)，所以在拆除或是移動前，必須採取特殊的預防措施，避免這些微生物散落在人員活動的空間中。另外，鳥類或是齧齒動物的糞便累積所造成的微生物污染也是問題之一，這兩種情況下，這些無法人為控制的污染源，都會傳播潛在的過敏源或是灰塵，所以適當的控制及淨化工程能大幅降低室內人員暴露在危險的過敏源之中。

高溫已經成為生活中的常態，各方無不想盡方法減少對環境的損害，對建築物的節能就是其中一種方式，其中溫度的控制及室內空氣品質的好壞已成為不可忽略且的極需改善的項目，其中室內空氣品質的好壞關係到病態建築症候群(SBS)，長期影響空間使用者的健康及工作效率，而大部分病態建築症狀的發生，與室內建築材料、建築通風設計、機械空調通風設備及人員及設備機具有關，當這些污染物進入建築物室內，吸入或接觸到人體，長期影響空間使用者的身體健康，增加額外的醫療成本。

「病態建築」(Sick Building)一詞，是由「世界衛生組織」(World Health Organization, WHO) 在 1983 年所提出，早期研究發現在「空調型的辦公建築」中使用人員有「病態建築症候群」(Sick Building Syndrome) 的症狀發生，其是指與建築物有關之非特異性症狀，包括：氣喘、過敏反應、咳嗽、打噴嚏等 (WHO,1983)。而依症狀之表現可將病態建築症候群大致分為五類：

- (1) 黏膜刺激相關症狀，如：眼睛乾或癢、喉嚨乾或痛等。
- (2) 皮膚刺激相關症狀，如：皮膚乾或癢、皮膚發紅等。
- (3) 神經毒性相關症狀如：頭痛、注意力不集中、昏睡等。
- (4) 非特異性之症狀，如：鼻塞、流鼻水、類似氣喘之症狀等。
- (5) 嗅覺與味覺之不適(Brightman et.al., 2001)。

其病症特徵是當人員進入病態建築後才會發生症狀，休假或離開該空間一段時間時，其症狀即會減輕或消失，而造成這些症狀產生之原因廣泛，為「多重致病原」，包含建築設計、室內污染源與行為、心理因素、個人工作因素等，也與建築物之室內物理性、化學性或生物性之危害相關，如微生物、揮發性有機化合物 (VOCs)、二氧化碳 (CO₂)、光線及溫度等 (Burge et.al.,1999)。

另外根據世界衛生組織（WHO）的估計，大約 30%「新建或重新改建」的建築物有「病態建築症候群」（SBS）的問題，而這類有「病態建築症候群」的建築大樓中，約有 10-30%的員工羅患病態建築症候群的症狀，長期影響使用者之「健康」及「工作效率」，目前引起病態建築症候群的原因尚未定義清楚，在美國環保署（US.EPA,1991）之研究，大致可分為下列幾項原因：

- (1)不充分的通風換氣。
- (2)來自室內污染來源的化學物質。
- (3)來自室外污染來源的化學物質。
- (4)生物性污染。

室內空氣品質標準

我國行政院環保署「室內空氣品質標準」於 101 年 11 月 23 日訂定發布，並自 101 年 11 月 23 日起施行【2】。

(一)室內空氣品質標準項目包括：

- (1)二氧化碳(CO₂)
 - (2)一氧化碳(CO)
 - (3)甲醛(HCHO)
 - (4)總揮發性有機化合物(TVOC)
 - (5)細菌(Bacteria)
 - (6)真菌(Fungi)
 - (7)粒徑小於等於 10 微米(μm)之懸浮微粒(PM10)
 - (8)粒徑小於等於 2.5 微米(μm) 之細懸浮微粒(PM2.5)
 - (9)臭氧(O₃)
- 等 9 項。

表 6-1 各項室內空氣汙染物之室內空氣品質標準規定【2】

項目	標準值		單位
二氧化碳(CO ₂)	8 小時值	1000	ppm(體積濃度百萬分之一)
一氧化碳(CO)	8 小時值	9	ppm(體積濃度百萬分之一)
甲醛(HCHO)	1 小時值	0.08	ppm(體積濃度百萬分之一)
總揮發性有機化合物(TVOC，包含 12 種總揮發性有機物之總和)	1 小時值	0.56	ppm(體積濃度百萬分之一)
細菌(Bacteria)	最高值	1500	CFU/m ³ (菌落數/立方公尺)
真菌(Fungi)	最高值	1000·但真菌濃度室內外比值小於等於 1.3 者，不在此限	CFU/m ³ (菌落數/立方公尺)
粒徑小於等於 10 微米(μm)之懸浮微粒 (PM ₁₀)	24 小時值	75	μg/m ³ (微克/立方公尺)
粒徑小於等於 2.5 微米(μm)之懸浮微粒 (PM _{2.5})	24 小時值	35	μg/m ³ (微克/立方公尺)
臭氧 (O ₃)	8 小時值	0.06	ppm(體積濃度百萬分之一)

(1)本標準值之各項意義如下：

A.1 小時值：指 1 小時內各測值之算術平均值或 1 小時累計採樣之測值。

B.8 小時值：指連續 8 個小時各測值之算術平均值或 8 小時累計採樣測值。

C.24 小時值：指連續 24 小時各測值之算術平均值或 24 小時累計採樣測值。

D.最高值：指依中央主管機關公告之檢測方法所規範採樣方法之採樣分析值。

(2)總揮發性有機化合物 (TVOC，包含：十二種揮發性有機物之總和)：指總揮發性有機化合物之標準值係採計苯(Benzene)、四氯化碳(Carbon tetrachloride)、氯仿(三氯甲烷)(Chloroform)、1,2-二氯苯(1,2-Dichlorobenzene)、1,4-二氯苯(1,4-Dichlorobenzene)、二氯甲烷(Dichloromethane)、乙苯(Ethyl Benzene)、苯乙烯(Styrene)、四氯乙烯(Tetrachloroethylene)、三氯乙烯(Trichloroethylene)、

甲苯 (Toluene) 及二甲苯 (對、間、鄰) (Xylenes) 等十二種化合物之濃度測值總和者。

- (3) 真菌濃度室內外比值：指室內真菌濃度除以室外真菌濃度之比值，其室內及室外之採樣相對位置應依室內空氣品質檢驗測定管理辦法規定辦理。公告場所應依其場所公告類別所列各項室內空氣污染物項目及濃度測值，經分別判定未超過第二條規定標準者，始認定符合本標準。

表 6-2 污染物及其潛在來源

污染物或污染物的分類	潛在來源
二手煙	點燃的香菸、雪茄及煙斗。
燃燒的污染物	暖爐、發電機、氣體或煤油空間加熱器、煙草產品、室外空氣及車輛。
生物性污染物	潮濕或潮濕的木材、冷卻塔、增濕器、冷卻線圈或下水道鍋、潮濕的絕緣導管或過濾器、凝結、鳥糞、蟑螂或嚙齒動物、家具或地毯上的塵蹣及身體臭味。
揮發性有機化合物	油漆、著色劑、清漆、溶劑、殺蟲劑、膠黏劑、木頭防腐劑、蠟、亮光劑、清潔劑、潤滑劑、密封劑、染料、空氣清淨機、燃料、塑膠製品、影印機、印表機、煙草產品、香水、衣服乾洗。
甲醛	粒子板、膠合板、櫥具、家具、織品。
土壤氣體(氬氣、下水道氣體、VOCs、甲烷)	土壤和岩石(氬)、下水道排水管裂縫、乾燥下水道的 U 型彎管、地下儲存槽洩漏、垃圾掩埋場。
殺蟲劑	殺白蟻劑、殺蟲劑、殺嚙齒動物劑、殺菌劑、消毒劑。
微粒及纖維	列印、紙處理過程、吸煙和其他的燃燒、室外來源、材料的惡化、建設/整修、使用真空吸塵器打掃、絕緣。

表 6-3 室內空氣污染物對人體之危害特性

有害氣體、成份	污染物來源	對人體之危害特性
甲醛	裝潢建材、黏膠、沙發皮革及發泡材料	對眼、鼻、喉、呼吸系統有刺激性、具致癌性
揮發性有機物（苯、甲苯、二甲苯）	油漆、塗料、裝潢建材、地毯、合板	具致癌性，對神經、肝、腎、造血組織、中樞神經等系統具有毒性
酚/醚	醫院的消毒劑/麻醉劑	對中樞神經系統、呼吸系統有刺激性、降低肝、腎功能
一氧化碳	抽煙、瓦斯爐	行動力減緩、暈眩、缺氧、心肌損害、視線模糊、致命
二氧化碳	瓦斯爐、抽煙、呼吸	疲倦、暈眩、呼吸困難
生物氣膠	微生物附著於懸浮微粒形成；來源如蒸氣發式冷凝器、或排水管和冷凝管等	造成如退伍軍人症、肺結核、感冒等疾病傳染，也會造成過敏性、中毒性病毒感染
氣膠	衣服纖維/皮屑/燃燒釋放的微粒子	於氣管、支氣管或肺泡沈積，造成人體呼吸機能之阻礙
粉塵微粒	粉塵、花粉	於氣管、支氣管或肺泡沈積，造成人體呼吸機能之阻礙
真菌、病毒、黴菌、細菌	潮濕的通風管道、蓮蓬頭	致病、過敏、氣喘
塵蟎	地毯、棉被	過敏、氣喘

表 6-4 管制各場所室內空氣汙染物項目

項次	公私場所	管制室內場所	管制室內空氣汙染物項目
		通關相關區域之室內空間。	
九	大眾捷運系統車站：指大眾捷運法所定大眾捷運系統之營運機構所設車站，且其總樓地板面積達一萬平方公尺以上或年出站旅運量達一千萬人以上次者。	大眾捷運車站站區之建築物室內空間，以地下樓層之車站大廳區、穿堂或通道區、旅客詢問、售票及驗票區為限。但不含位於以上室內空間之餐飲區、商店及月台層。	1.二氧化碳(CO ₂) 2.一氧化碳(CO) 3.甲醛(HCHO)
十	金融機構營業場所：指從事收受存款、辦理放款等業務之銀行總行營業部。	金融機構所屬銀行總行營業部之建築物室內空間，以提供民眾申辦金融業務區、等候區及入出口服務大廳為限。但不含位於以上室內空間之餐飲區。	1.二氧化碳(CO ₂) 2.甲醛(HCHO) 3.粒徑小於等於十微米(μ m)之懸浮微粒(PM ₁₀)
十一	表演廳：指國家級之表演中心、音樂廳、戲劇院及歌劇院等場所。	表演廳館之各幢(棟)建築物室內空間，以服務民眾觀賞表演區、陳列展示區及入出口服務大廳為限。但不含位於以上室內空間之餐飲區及商店。	1.二氧化碳(CO ₂) 2.甲醛(HCHO) 3.細菌(Bacteria) 4.粒徑小於等於十微米(μ m)之懸浮微粒(PM ₁₀)
十二	展覽室：指獨棟建築物，展場面積達五千平方公尺以上之場所。	展覽館之各幢(棟)建築物室內空間，以提供廠商辦理產品或商業活動之交易攤位展示廳(間)、會議廳(室)為限。但不含位於以上室內空間之餐飲區。	1.二氧化碳(CO ₂) 2.甲醛(HCHO) 3.粒徑小於等於十微米(μ m)之懸浮微粒(PM ₁₀)
十三	電影院：指電影片映演業所營之電影片映演場所，且其樓地板面積達一千五百平方公尺以上者。	電影院之建築物室內空間，以提供民眾觀賞電影區(間)、等候區及入出口服務大廳為限。	1.二氧化碳(CO ₂) 2.一氧化碳(CO) 3.甲醛(HCHO) 4.粒徑小於等於十微米(μ m)之懸浮微粒(PM ₁₀)
十四	視聽歌唱業場所：指從事提供伴唱視聽、視唱場所及設備，供人歌唱為主要業務之營業場所，且其樓地板面積達六百平方公尺以上者。	視聽歌唱業(KTV)之建築物室內空間，以民眾等候區及入出口服務大廳為限。	1.二氧化碳(CO ₂) 2.一氧化碳(CO) 3.甲醛(HCHO) 4.粒徑小於等於十微米(μ m)之懸浮微粒(PM ₁₀)
十五	商場： 1.百貨公司：指在同一場所分部門零售多種商品，且分部門辦理結帳作業之行業營業場所。 2.量販店業：指從事綜合商品批發或零售，結合倉儲與賣場一體之行業營業場所，且其樓地板面積達三千平方公尺以上者。	1.百貨公司營業場所之建築物室內空間，以服務民眾之各層樓入場大廳、展示商品櫃區、開放式自助座位餐飲區及其通道區為限。但不含位於以上室內空間之樓梯間通道。 2.零售式量販業營業場所之建築物室內空間，以服務民眾之各層樓入場大廳、購物商品櫃區、開放式自助座位餐飲區及其通道區為限。但不含位於以上室內空間之樓梯間通道。	1.二氧化碳(CO ₂) 2.一氧化碳(CO) 3.甲醛(HCHO) 4.粒徑小於等於十微米(μ m)之懸浮微粒(PM ₁₀)
十六	運動健身場所：中央政府、直轄市政府及縣(市)政府設立之運動中心及專門提供民眾運動健身之民營健身中心，且其樓地板面積達二千平方公尺以上者。	運動健身場所之建築物室內空間，以供民眾運動健身區及入出口服務大廳為限。	1.二氧化碳(CO ₂) 2.甲醛(HCHO) 3.細菌(Bacteria) 4.粒徑小於等於十微米(μ m)之懸浮微粒(PM ₁₀)

二、二氧化碳

二氧化碳（化學式為 CO_2 ）是一種無色氣體，其密度比空氣高約 53%。二氧化碳分子由與兩個氧原子共價鍵合的碳原子組成。以微量氣體自然存在於地球大氣中。目前的濃度從工業革命前的 280ppm 到現在約為 0.04%（412ppm）。自然資源包括火山、溫泉和間歇泉，並且通過從碳酸鹽岩石溶解而釋放出來在水和酸中。因為二氧化碳可溶於水，所以自然存在於地下水，河流和湖泊，冰蓋，冰川和海水中，也存在於石油和天然氣礦藏中。二氧化碳在通常一般空氣中是無色無味的，但是在高濃度下具有強烈的酸性氣味。

作為碳循環中可用碳的來源，大氣中的二氧化碳是地球主要碳源，自前寒武紀晚期以來，其在地球工業化前大氣中二氧化碳的濃度受到光合生物和地質現象的調節。植物、藻類和藍藻吸收光能量，二氧化碳和水進行光合作用產生碳水化合物及氧氣。

當所有有氧生物代謝有機物通過呼吸產生能量時，就會產生二氧化碳。它通過魚腮返回水中，並通過包括人類在內的呼吸陸地動物的肺部返回空氣。二氧化碳是在麵包，啤酒和葡萄酒釀造過程中有機物質腐爛和糖分發酵過程中產生的。而通過燃燒木材和其他有機材料以及化石燃料（例如煤，泥煤，石油和天然氣）亦然會產生。

二氧化碳是一種通用的工業材料，例如用作焊接和滅火器中的惰性氣體，用作氣槍和採油的加壓氣體，用作化學原料以及用作咖啡脫咖啡因和超臨界乾燥的超臨界流體溶劑。如果添加到飲用水和碳酸飲料中，包括啤酒和氣泡酒，以增加起泡性及口感。二氧化碳的冷凍固體形式稱為乾冰，在乾冰噴射中用作製冷劑和磨料，能作為是合成燃料和化學品的原料。

在地球的大氣層，二氧化碳是最顯著且長壽的溫室氣體。自工業革命以來，人為排放（主要來自化石燃料的使用和森林砍伐）迅速增加了其在大氣中的濃度，導致暖化。二氧化碳還溶解在水中形成碳酸，因此也會引起海洋酸化。

大氣中二氧化碳的含量約在 0.03~0.04%之間，在室內環境中，二氧化碳濃度會接近大氣中的濃度約 350ppm，而室內二氧化碳來源主要來自人類呼吸、吸菸及燃燒行為，當室內人多或是通風不良時，就容易造成二氧化碳濃度過高，同時其他的污染物濃度也會相對提高，因此，二氧化碳一直以來都被視為是判斷室內空氣品質好壞最重要的指標，同時也是用來評估室內人數密度是否過高以及通風換氣是否良好的重要指標。

行政院環保署在室內空氣品質資訊網提供國人幾項如何判斷室內通風或空調系統是否適用的方法。

一般判斷室內通風或空調系統是否適用，主要是以二氧化碳為指標，因為二氧化碳為人體呼吸的代謝產物，當二氧化碳濃度明顯升高時，即顯示出室內換氣量不足。目前世界各國對於室內通風或空調系統的規範主要是參考美國 ASHRAE 訂定的通風規範(ASHRAE Standard 62-89)。ASHRAE 通風標準裡設定：室內每人需要的外氣量大約是 15~20 cfm，並建議二氧化碳濃度值不應超過 1000ppm【2】。

如果二氧化碳的測超過 1000ppm 的話，應該檢查：

- 是否有排氣不良的燃燒裝置，這也可能產生一氧化碳
- 檢查室外二氧化碳濃度

如果上述情況皆無法解釋為何二氧化碳濃度超過 1000ppm，那麼可以合理的推測外氣換氣量太低。因為足夠的室內換氣量可以幫助污染物的稀釋與排放，並提供適當的氧氣濃度。

三、濕度

台灣四面環海，屬於海島型氣候，夏季時，受太平洋副熱帶高氣壓影響，西南季風盛行，並且由於位處在颱風路徑的要衝，造成多雨、炎熱且潮濕的氣候型態；冬季則伴隨著東北季風，使北部時常處於潮濕且寒冷的環境。

台灣一年有超過一半的時間在下雨，年平均相對濕度超過 70%，然而最適合人體的相對濕度是 60%。德國研究報告顯示，濕度每上升 10%，就增加 3% 的氣喘發生率，而國內針對台北市國小學童的調查發現，經定義的潮濕家戶高達 72%，而這些家庭中的孩童多數都患有呼吸系統疾病。【4】台灣氣喘衛教學會提到，室內外天氣濕度劇烈變化會造成病人過敏氣喘症狀急性惡化，可能造成病人呼吸衰竭以及生命威脅，最為常見的過敏源-塵蟎，在相對濕度介於 51%~70%時，即有可能存活，當相對濕度高於 71%時，為適合塵蟎存活之環境。【5】

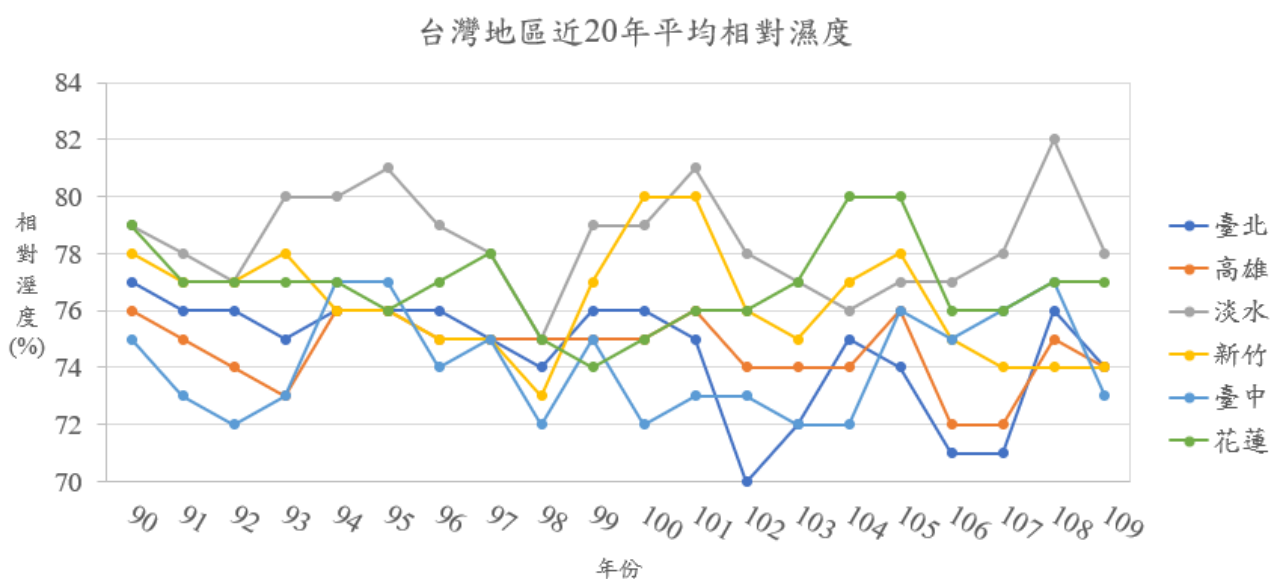


圖 6-1 台灣地區近 20 年平均相對濕度【6】

雖然台灣並未將溫濕度納入室內空氣品質管理法所列管的範圍內，然而溫濕度的變化，對人體、工業製程、文物保存等，都具有相當的影響，尤其近年來，人們對於環境舒適度以及空氣中危害身體健康的因子，都十分重視。

欲降低室內空氣中的污染物，除了使用合格之建材，增加室內通風換氣也是重要的策略之一。透過引入新鮮外氣，可以稀釋或帶走室內空氣的污染物，然而卻也會破壞室內環境中原有的舒適度。若是使用空調箱系統，先將外氣引入空調箱，經過處理後達到符合設定之溫濕度後再送回至室內，則可維持原有的環境要求並達到通風換氣的要求，但是卻會消耗更多的能源，因此獨立控制濕度的技術進而受到重視。

柒、辦公大樓節能改善措施

一、全熱交換器

在現今環境常常處於密閉的室內環境中，而我們總以為開了冷氣空氣自然內循環與外排氣，實際上冷氣只有內循環沒有外排氣。尤其在辦公室環境中，平均上班時間達八到十二小時，除了過於刺激眼睛的螢幕亮度以外，換氣量不足也是主因之一，配合全熱交換器，能夠為室內引進戶外新鮮空氣，排出室內汙濁與有毒的揮發性物質，以達改善室內空氣品質效果。同時，全熱交換器將兩股氣流進行能源交換，使引入室外新鮮空氣更接近原有空調狀態下的室內空氣條件，降低引進室外空氣造成空調設備的負擔而達到節能省電的目的。簡而言之，全熱交換機透過換氣，提供室內新鮮空氣【3】。

全熱交換器主要由熱交換系統、動力系統、過濾系統、控制系統、降噪系統及箱體組成。其系統即是利用將空調回風和新鮮空氣進行能量之交換，而降低引入空調外氣所增加之負荷，一般空調系統會引入約 30%之新鮮空氣和 70%之回風混合後，再加以處理成適合室內條件之空調送風；但這些被更換之空調回風，通常比室外新鮮空氣更接近室內之溫濕度條件，因此如直接將之排出室外即代表能源之浪費；故將低溫低濕之空調回風回收其能量再利用，即可降低空調系統之負荷，以下就熱交換系統進行介紹。

在室外焓值小於室內焓值時，若室外空氣焓值過低，則與排氣口排出室內空氣(焓值相對室外空氣較高)做熱交換，將室外空氣加熱加濕至正常條件後送進室內。若室外空氣以符合正常條件，則將室外空氣直接送進室內，室內較高焓值的空氣則從排氣口直接排出(旁通模式)。

研究結果顯示，使用 ERV 的節能效果優於其他空調系統，特別是在高溫高濕的熱帶地區。ERV 也對空調系統的耗電有顯著的影響，在潛熱在高的地區，空調系統搭配 EVR 能明顯降低使用耗電。所有研究結果都顯示 ERV 能在高熱高濕的季節大幅降低建築耗能。

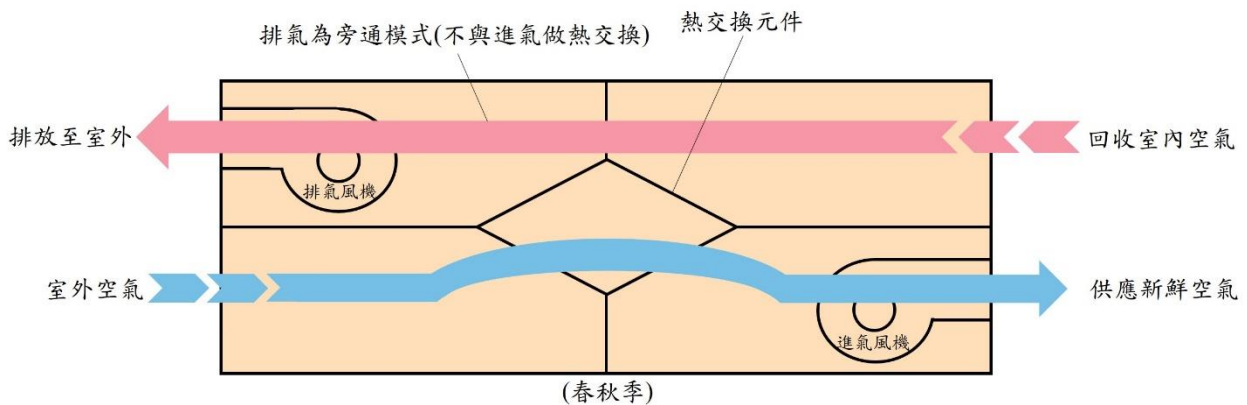


圖 7-1 全熱交換器在春秋季運轉模式原理

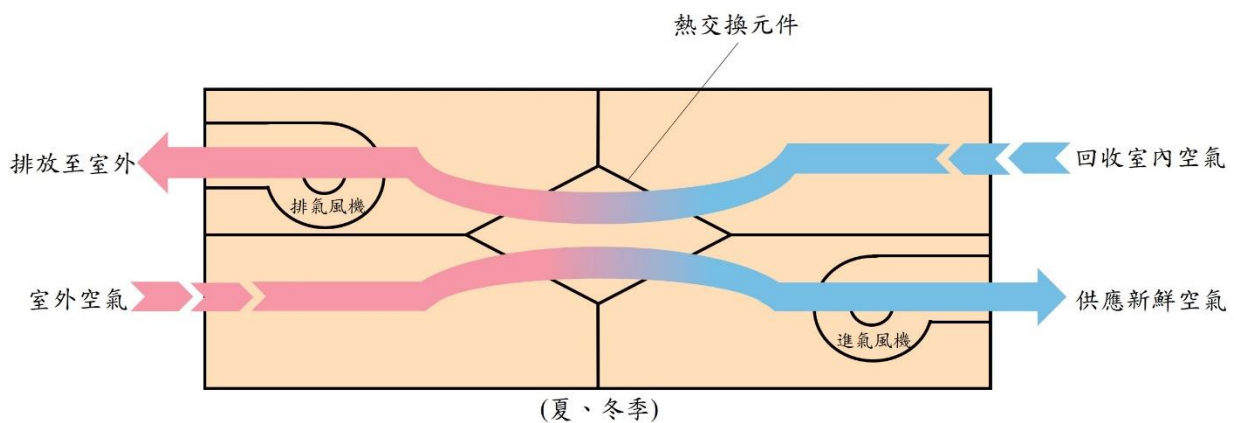


圖 7-2 全熱交換器在夏、冬季運轉模式原理

全熱交換機的優點：

- (一) 一邊進行換氣同時節省冷暖氣的電費。將換氣所流失的熱損失能夠高效率地進行回收，因此可以節省冷暖空調的熱量消耗，換句話說也節省了電力、瓦斯、石油、比較一般的空調設備，有使用全熱交換器的能夠節省能源約 30 %。
- (二) 能夠讓冷暖器設備小一號。由於能夠大幅降低減輕外部的空氣負荷，因此不須那麼大的冷暖氣機器設備，就可達到原本機型的冷暖效果，在設備費用上約可節省 5% 費用。
- (三) 冷氣時具有減濕效果，暖氣時具有增濕功能。使用冷氣時能夠將高濕的外部空氣除濕至接近室內濕度再行供氣，使用暖氣時能夠將空氣濕度加濕至接近室內濕度再進行供氣。
- (四) 供氣與排氣不會混在一起。乾淨的室外空氣與污濁的室內空氣，各有各的通路進行供排氣，所以供氣與排氣不會混在一起。
- (五) 可達到健康、安全的換氣效果。在氣密性高的室內採取強制換氣效果佳，全熱交換機擁有供氣扇與排氣扇二種功能設備，能夠同時供氣、排氣、形成換氣。
- (六) 可達到舒適的換氣效果。幾乎不會減少冷暖氣的效果就可以進行換氣，因此在夏天或冬天不會因為換氣的關係就影響室內溫度，而忽冷忽熱會造成人體的不舒適感覺。
- (七) 防止噪音效果良好。比起一般換氣扇設備構造上較不易傳達空氣的震動，所以具有降低外部噪音的效果、其功能十分良好。
- (八) 住宅保全、改善室內露珠凝結。長時用適當的風量把室內的濕氣排出室外的話，就能夠同時抽取乾燥的室外空氣，並且不會降低室內的溫度防止室內的結露。

二、外氣冷房系統

1.原理介紹

在較涼爽的季节上，一般傳統中央空調為了維持健康且舒適的空調環境，將排出室內空氣及引入室外新鮮空氣，主機也持續在運轉，造成不必要的能源損失，但如果可以好好利用涼爽的外氣空氣引進室內來達到冷房的效果，不僅能達到停止運轉空調主機的耗電，也能達到節能的效果。簡單來說，外氣冷房就是利用大自然中溫度較低的空氣與室內溫度較高的空氣進行熱交換，外氣焓值低於室內回風焓值，除去室內的熱量，如圖 7-3 所示。減少冰水的供應量及冰水主機的耗能。

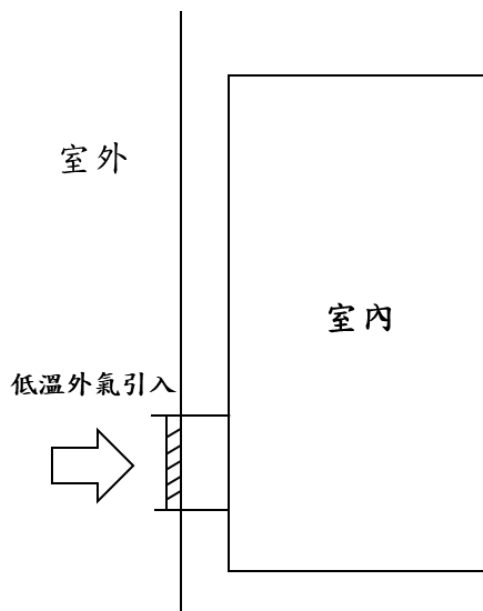


圖 7-3 外氣冷房示意圖

對於生活在於密閉空間的建築物內，室內內部受外界影響較微弱，反而是受室內人體、照明、機械的發熱量影響較大，因此必須依靠空調設備系統來達到室內冷房移去熱量的效果。由於室內充滿了提高溫度的影響因子以外，也包含著許多影響空氣污染的因素，如一氧化碳、二氧化碳、甲醛、揮發性有機物、生物性污染物、懸浮微物、臭氧等，會造成人類的身體健康有所為害，因此室內的通風室內空氣品質必須要符合標準。而中央空調系統有時並沒有搭配引入外氣的條件，造成室內空氣品質依然非常的差，因此引入外氣的條件扮演著非常重要的角色，在春秋季節時，室外的溫度比室內還低，可以利用室外的空氣達到室內冷房的效果，但是必須要考慮到建築物的空間及限制條件，因此在設計時就必須要了解其用途及條件。

2.外氣冷房節能控制設計技術【7】

外氣冷房的節能控制有分成以下兩種類型：

- (1) 依照外氣溫度(顯熱)節能控制
- (2) 依照外氣焓值(顯熱+潛熱)節能控制

當外氣條件焓值低於室內空氣焓值時，可以增加外氣引入量進入空調系統，以減少冰水系統的空調熱負荷，可以節省空調系統可觀之能源。此種操作有兩種做法：

- A. 溫度控制：由外氣溫度感測器感應外氣溫度，當感測到之溫度落於室內溫度設定值時，控制外氣風門大量引入此狀態之外氣，直接供應至空調空間，此時壓縮機與冰水系統可以停止運作而達到節省能源。但此種以外氣溫度為標準來引入外氣之作法可能會導致誤差，如圖 7-4 當外氣狀態落入區域 5 時，溫度低於設定值但其焓值高於室內空氣設計焓值，若此時採用溫度控制方式，將會將此高能量之外氣大量引入室內，不但無法利用外氣冷能減少空調設備運轉之效能，反而導致空調負荷增加。

B. 焓值控制：由外氣溫度與濕度感測器感應計算外氣焓值，當計算之焓值落於室內設定條件之空氣焓值時，外氣風門大量引入此狀態之外氣，直接供應至空調空間，此時壓縮機與冰水系統可以停止運作而達到節省能源。此種以外氣焓值為指標來引入外氣之作法可以避免將高溫高濕氣大量引入，減少系統控制誤差，可確保利用外氣冷能予以減少空調設備運轉之成效，因此比較適合應用於國內天候條件，使空調系統更為節能。但此控制模式亦須注意引入濕度過低之外氣，而導致需要加濕所產生額外耗能之情形，如圖 7-4 之區域 3。

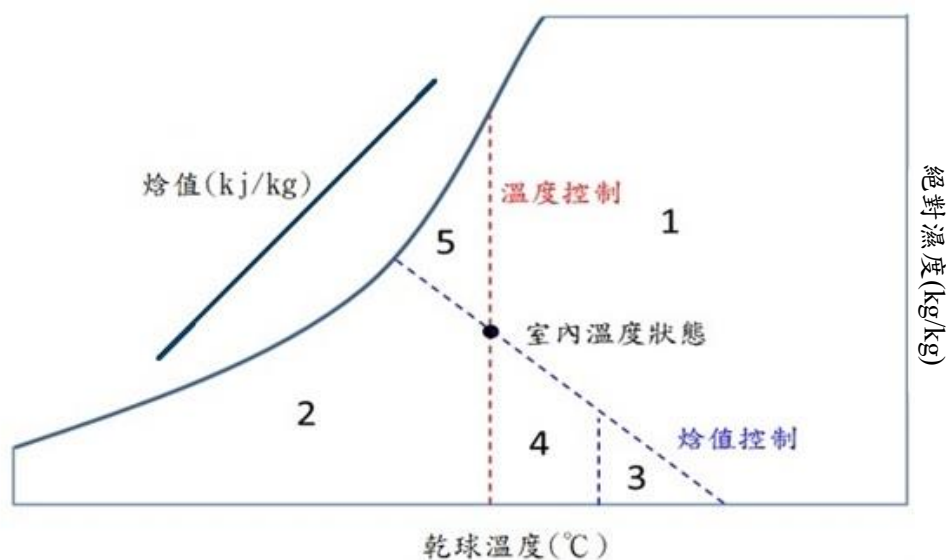


圖 7-4 溫度控制及焓值控制節能效果之差異【7】

表 7-1 外氣冷房系統溫度與焓值控制之節能效果【7】

區域	溫度控制	焓值控制	較節能者
1	最小外氣	最小外氣	相同
2	最大外氣	最大外氣	相同
3	最小外氣	最大外氣	溫度
4	最小外氣	最大外氣	焓值
2	最大外氣	最小外氣	焓值

若採溫度控制方式之外氣冷房系統，其外氣（T）適用條件為 $T_{\text{外氣}} < T_{\text{回風}}$ 。若採焓值（H）控制方式，其外氣適用條件為 $H_{\text{外氣}} < H_{\text{回風}}$ 。而外氣符合使用條件時，引入的外氣量與外氣溫度的關係如圖 7-5 所示，當外氣溫度低於 T_A 時，此時引入全外氣，外氣比為 1；當外氣溫度低於 T_B 時，此時若引入全外氣將造成室內過冷，故要依比例減少外氣的引入量，直到外氣低至 T_C 以下，引入的外氣便恢復為最小外氣量。

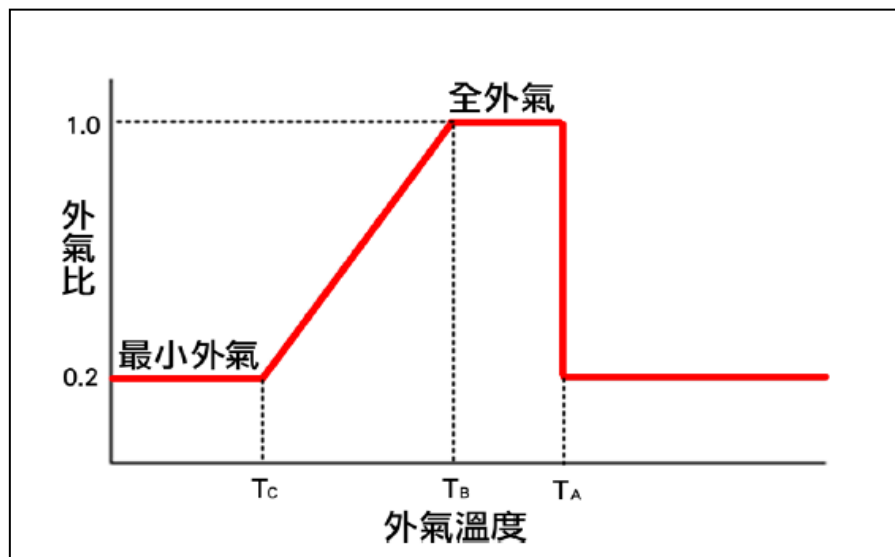


圖 7-5 外氣溫度與引入外氣量之關係【5】

3. 外氣引入位置【8】

當我們於設計或評估一個建築物，首要考量影響室內空氣品質之因素，或辨別何種因素將影響空調系統之性能呈現，這因素並同時擁有決定良好的室內空氣品質甚至影響建築物壽命之能力，這答案就是外氣引入位置因素。由於建築外(景)觀等視覺因素考量，習慣延續著『眼不見為淨』的設計哲學走向來選定建築物外氣引入位置，這對於空調系統之組成而言是一項重要的缺失，無論如何，這也許已造成建築物未來居住者的傷害，因為外氣引入如同建築物的鼻子，這構造如人類演化中形成突起的鼻器官且在解剖學上得以證實，這象徵著機械通風能使建築物換氣，就像人類之呼吸系統能使肺部有著換氣能力是相同的功能，建築物也應如此被對待。

是故評估室內空氣品質時應站在外氣風門引入口前，環顧四周路徑以及空氣污染源，潛在變動之污染源是否將作用於外氣引入位置，例如常見於建築屋頂層之屋頂式空調機組(Rooftop HVAC Units)外氣引入點，可能涵蓋污廢水透氣管、冷卻水塔、廚房排氣、實驗室排氣，若經過一段長時間下雨積水，就應檢視屋頂式空調機組表面狀態以並確定發生積水原因，當然漏水實驗亦能協助證明。此外在近地平面之外氣引入點，會使車輛廢氣隨之進入空調系統中，然而還有更糟的潛藏問題，譬如地下機房之外氣引入口，恐會有飛禽或昆蟲生物闖入，故應設置清潔濾網與攔截設施，如濾網、防蟲網。

在外氣風門設置之效能方面由於我們都知道，希望能引入適當外氣量而設置外氣風門，但往往最後見到的狀況是風門設置位置與希望引入的外氣量無明顯的成效，風門可能是設在靠近適當外氣的引入點或者設置於建築物之任何一處角落。

舉例來說，外氣通常由機房直接進入空調箱，這重要路徑的影響將取決於空調箱洩漏程度，不但與空調箱及機房之間壓差、而且又與機房和外氣之間的壓力條件有關，這在先前曾說明其關鍵原因在於外氣引入口遠離機房時，在低樓層外氣引入口受到煙囪效應（Stack effect）之影響所致結果，建築物之室壓差及洩漏程度，將取決於戶外與室內之溫度差及建築物高度因素。除此之外，還有外氣引入口之高阻抗狀況，如外氣百葉阻塞、空調箱盤管凍結、防蟲網孔隙過小(<0.5")等問題皆影響著外氣引入量之性能。

4. 外氣風門設置【8】

外氣風門是提供空調系統使能夠達成適當而舒適通風之首要構成元件，這基礎就是當使用者進駐建築物內即應開啟換氣功能，而在循環模式下，因室內未達使用條件而外氣風門在此階段為關閉狀態，但為了在新設裝修的建築環境時，通常會把外氣風門預設為開啟狀態，這種情況是相當常見，原因是因為要將該空調區間空氣做稀釋作用，使提供初始狀態下的空氣能達到乾淨空氣之要求。這樣至少持續 3~6 個月，另外根據文獻所示這是一個有效提供低風險且較舒適的室內空氣品質條件的方法，在 15 種 VOCs 項目之研究發現可降低濃度逾 80% 左右，另外通常外氣風門的控制存在以下幾種問題：

- (1) 外氣風門採取時程控制(Time schedule)，會因某種原因使排程發生混亂而失效。
- (2) 與外氣風門連動之設施或訊號故障而導致外氣未能適當引入。
- (3) 為了降低能源消耗之原因，而關斷或限制外氣量。
- (4) 採取一般固定外氣比率法(通常未作外氣量監測)之控制。

通常外氣風門的控制也常見利用控制系統邏輯來達成，例如：當混風溫度高於溫度設定點(15°C)則外氣風門調節至設定之最小開度，而反之則增加開度甚至為全開度。

5.外氣冷房的延伸應用(夜間排風策略與建築預冷控制)

外氣冷房核心價值在於比較室內與室外空氣焓值(熱值)，若室外空氣條件符合需求(例如降溫所需的冷空氣)則引為所用，反之則以需量(室內空氣品質)控制，因此若將其延伸運用則有兩個控制技術的出現，即夜間排風策略與建築預冷控制，兩者有獨立的目的也有共同的項目，如圖 7-6 所示，因此應視建築使用特性組合應用。

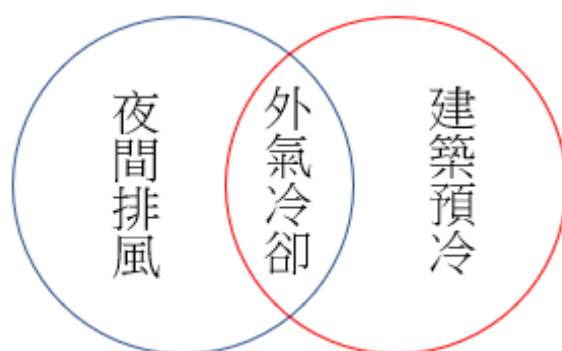


圖 7-6 夜間排風策略與建築預冷異同處

(1) 夜間排風策略

夜間排風策略的目標再於夜間(人為活動減少)引入室外的乾淨空氣，取代下班後因建築密閉且空調停止時，室內殘餘污濁空氣(CO_2)、建築結構與設備的揮發性污染物(甲醛、臭氧等)。但像是建築結構等揮發性污染物，係以微量持續從牆面釋放，不像人體呼吸排出的 CO_2 ，無人使用便不會產生，若從下班時間延長空調供應作為換氣，則過了一夜或例假日，這段期間仍有污染物由結構逸散出來，這就像是一早進入辦公室感覺空氣悶而不舒適的感覺。

因此排風策略應控制於上班前幾個小時，以排風機一次性有效將污染物排出，若以一般住商辦公大樓控制策略為例，以室內二氧化碳感測器為參考值併用時程控制，於上班前一個小時，以排風機將建築內污濁空氣排出，直到二氧化碳值接近大氣環境的 450 ppm，或者運轉達一定時間推估換氣次數後停止，以二氧化碳值作為排風機控制的比較基礎時，應參考實際戶外二氧化碳值，避

免設定低於或太接近戶外二氧化碳濃度，否則將使排風機持續運轉而失去換氣效益。

(2) 建築預冷控制

建築預冷控制目標則是把建築內殘餘熱能，利用空調或電價離峰時間將熱能排出，而殘餘熱能的來源，不外乎是日間太陽輻射熱照射建築，使熱能儲存建築結構中，夜間緩緩釋放出，或者是夜間建築內仍持續運轉的設備熱能累積等，以往我們白天上班開啟空調，花費能源將熱能排出，這些夜間累積的熱能會併同白天人員活動的熱能，使空調設備處於重載，花費大量的能源運行好一陣子，才能下降到舒適的環境條件，這時不但白天太陽毒辣空調主機散熱受限，而且使用尖峰用電這些情況讓能源費用高昂。

若能有效利用自然冷能取代空調設備，除具有空調負荷移轉的效果，更有效降低能源花費改善室內空氣品質，因此建築預冷控制的目標在於轉移空調負荷於離峰，併用引入晨間室外低焓(熱)值空氣，取代建築內高焓值空氣效益更高，同樣以一般住商辦公大樓控制策略為例，透過偵測室外、室內與目標空氣焓(熱)值的差異，優先以室外空氣預冷室內環境，不足部分再以空調冰水加以調整(降溫、除濕)，而導入室外低焓值控制策略則與前一節外氣冷房控制策略相同。

與夜間排風策略相仿，建築熱能隨著室內外環境變化，建築整體可能處於吸熱(室外溫度高於室內)或散熱(室內溫度高於室外)的情況，若上班時間與晨間差異過大，則預冷效果可能無法呈現(即建築冷卻後受太陽輻射又重新加熱)，因此透過外氣預冷條件如下

- 電價離峰時段
- 室外空氣焓值低於室內，優先以外氣預冷
- 儘量靠近上班時間預冷

這邊須知若室外空氣焓(熱)值高於室內時，應回歸前面的夜間排風策略處理，僅將污染物排出即可，空氣冷卻部分回歸空調冰水系統，避免錯誤引入高焓值空氣，反而增進不必要的能耗。

三、除濕系統

1.原理介紹

一般傳統空調的濕度控制模式，在空氣側必須先將空氣溫度降低至低於露點溫度，使水汽凝結成水或霜，達到除濕效果，然而為了達到所要求的溫度可能需要再次對空氣加熱，若濕度還是低於要求條件，還需使用加濕器對空氣加濕，造成多重耗能。

獨立濕度控制，可搭配化學除濕系統，將空氣中的水氣透過化學乾燥劑吸附或吸收水汽，進而達到除濕的效果，並且可結合廢熱回收進行脫附再生，有效節省不必要的能源浪費，並提升空氣的儲能效率。【9】

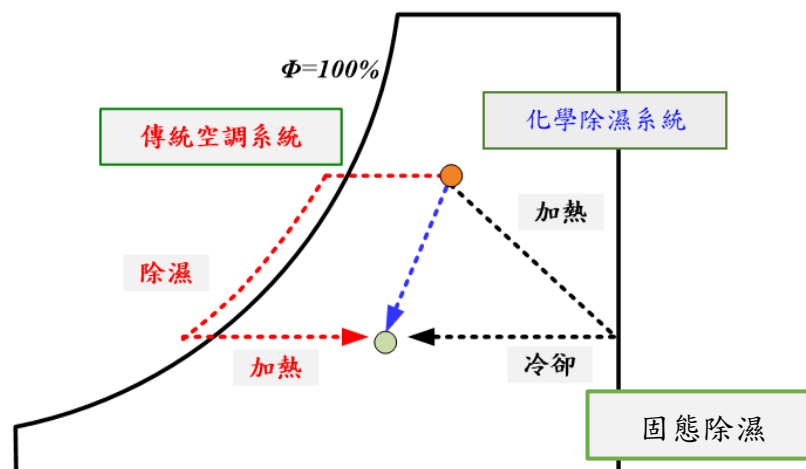


圖 7-7 除濕路徑比較圖【10】

目前常見的除濕方式為：化學除濕、冷卻除濕，其中冷卻除濕需藉由溫度的改變，以達到除濕的效果，不但會導致室內溫度不理想，也會增加額外的耗能；化學除濕主分要為：固態除濕及溶液除濕，兩者都可以在不影響溫度的情況下，對空氣進行除濕，但是卻有除濕量過大、建置成本高、溶液具腐蝕性、系統設備複雜等問題。表 7-2 為各除濕方式之分析比較表。【10】

表 7-2 除濕方式分析比較表【11】

除濕方式	冷卻除濕	固態除濕	溶液除濕
除濕原理	冷凝	吸附	吸收
系統主要設備	冰水主機	吸收塔、熱交換器、熱泵	洗滌塔、熱交換器、熱泵
設備面積	中	大	大
設備修繕	中	中	難
生產規模	小~大型	中~大型	大型
建置成本	中	低	高
除濕效果	可	不佳	佳

2.化學除濕

(1)溶液除濕【10】

溶液除濕係利用溶液乾燥劑與潮濕空氣進行熱質傳交換，進而達到除濕效果，該乾燥劑除了可以使空氣變得乾爽，同時亦可淨化空氣中的細菌。而良好的溶液乾燥劑必須具備：低結晶率、高傳導率、無毒、低腐蝕性、化學性質穩定、價格低廉等條件。常見的溶液乾燥劑有三甘醇、氯化鈣、氯化鋰、乙二醇、溴化鋰等鹽類溶液。

溶液除濕系統是一種獨立除濕的技術，具有構造簡單、操作點溫度較低以及除濕效率高等優點，並且可結合太陽能熱源、熱泵熱源及廢熱熱源，對溶液乾燥劑進行再生，重覆循環使用，有效節省能源消耗。

然而溶液除濕系統最無法被接受的部分，就是系統中的鹽類溶液對金屬合金材質的管路會產生腐蝕性，即使選用高鎳含量的鎳銅合金，依舊也對腐蝕狀況束手無策，除此之外，系統中其他運轉的設備及元件亦會受到腐蝕問題。

有鑑於此，國外幾家設備製造商，開發出了可耐腐蝕性的溶液除濕系統設備，然而必須由國外引入台灣使用，而造成時間、運費、設備運轉條件更改及維護等成本居高不下。

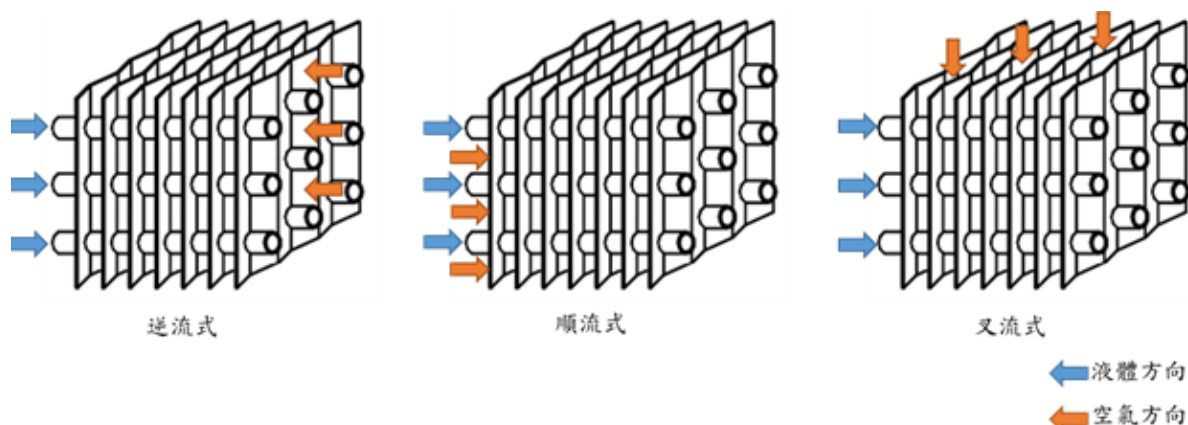


圖 7-8 溶液乾燥劑與空氣熱質傳交換類型示意圖【9】

3. 固態除濕【12】

固態除濕是使用固體除濕材，利用材料表面與濕空氣中蒸氣壓力的差異將水分轉移至材料上，飽和後之除濕材經再生處理之後可再進行除濕過程。而常見的固態乾燥材有矽膠、合成沸石及活性氧化鋁，而除濕材常填充於除濕輪和固定除濕床。

在工業及住宅上較常使用矽膠和沸石做為固態除濕吸附材，因為具有較大的孔隙、表面積及優異的吸附能力，當表面的水蒸氣壓力小於鄰近空氣的水蒸氣壓力時，水分子通過空氣擴散並附著於表面。而矽膠在吸附的過程中不會產生化學反應，即使吸附已達飽和，矽膠顆粒的形狀仍不會改變，且空氣濕度越高，矽膠之吸附能力越好。此外，矽膠相較於沸石有較低的再生溫度，可用於低溫的除濕過程。

為了提升除濕速率，在鰭片的結構上進行不同的變化，如溝槽式的設計，對於熱傳遞有明顯的效果。

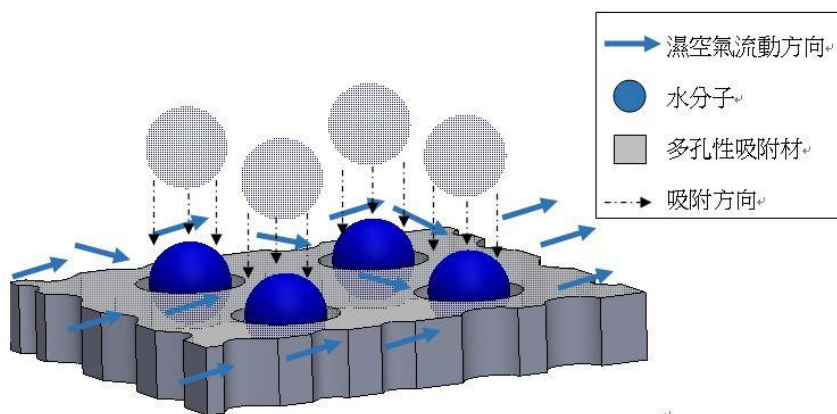


圖 7-9 吸附現象示意圖【13】

捌、結論與建議

辦公大樓之空調系統之用電占比為最高，約占夏季用電需量 4 成，其次是電力系統及照明設備，其中空氣側雖僅占空調系統 2 成之耗電，但其使用亦將影響主機側之運轉耗電，故其節能潛力亦非常可觀。

經實際調查結果，電力系統的建議是根據日常用電量來規劃合適的用電需量，達到最經濟實惠的用電品質，或是選用高效率的用電設備，可減少不必要之耗電。

照明設備的建議是應考慮節約能源及使用時的舒適性，選用 LED 燈具，利用高效率的照明設計方法及智慧化控制系統，減少能源的消耗，若能定期維護檢修，才能保持節能又舒適的照明環境以利於上班時工作。

目前國內之辦公場所空氣側系統還是存在許多問題，例如，空調於部分負載運轉時設計量過大之問題；為因應我國室內空氣品質管理法之規定，室內外氣需求量不足或過大之情形等，而這些問題除會造成空調耗能增加外，亦會產生現場環境不舒適、受潮、甚至發霉等現象。

本手冊針對外氣需求量、室內除濕量不足及外氣冷房進行研討，並導入適用之節能策略，於外氣需求量之部分，使用全熱交換器，現今環境常常處於密閉的室內環境中，使用一般空調使空氣自然內循環，實際上並無新鮮之外氣之引入也無自然空氣之排出，平均上班時間達八到十二小時，配合全熱交換器一邊進行換氣同時節省冷暖氣的電費。將換氣所流失的熱損失能夠高效率地進行回收，可以節省冷暖空調的熱量消耗，使用全熱交換器的能夠節省能源約 30 %；於外氣冷房之部分，外氣冷房系統對於室內內部受外界影響較微弱，反而是受室內人體、照明、機械的發熱量影響較大，必須依靠空調設備系統來達到室內冷房移去熱量的效果。引入外氣的條件扮演著非常重要的角色，室外的溫度比室內較低，可利用較低溫之外氣達到室內冷房的效果；室內除濕量不足之部分，一般傳統空調的除濕控制方法在空氣側必須先將空氣溫度降至低於露點溫度，然而為了達到所要求之舒適溫度可能需要再次對空氣加熱，造成多重耗能。獨立濕度控制，可搭配化學除濕系統，將空氣中的水氣透過化學乾燥劑吸附或吸收水汽，進而達到除濕的效果，並且可結合廢熱回收進行脫附再生，有效節省不必要的能源浪費，並提升空氣的儲能效率，亦兼顧室內環境舒適及使用者之需求，建議參考應用。

玖、參考文獻

- 【1】陳良銅，2020，空調實戰筆記:高性價比空調系統設計
- 【2】行政院環境保護署，空氣品質管理法
- 【3】Eusébio Z.E.Conceição, 2010, Heating, Ventilating and Air Conditioning Systems Control Based in the Predicted Mean Vote Index.
- 【4】林貞岑，2006，都是潮濕惹的禍 潮濕與健康，康健雜誌 88 期。
- 【5】徐世達，2014，過敏指數預報對過敏氣喘病人的重要性再強調，台灣氣喘衛教學會會刊 34 期。
- 【6】交通部中央氣象局，觀測資料查詢。
- 【7】楊冠雄，綠空調實踐與應用。
- 【8】Indoor Air Quality and HVAC Systems”, by David W. Bearg, LEWIS PUBLISHERS.
- 【9】趙俊傑，2017，除濕塔噴灑方式及溶液混合比例對溶液除濕性能之影響研究。國立勤益科技大學，碩士論文。
- 【10】林柏翰，2015，溶液濃度與流動型態對液態除濕及再生性能影響之研究，國立勤益科技大學，碩士論文。
- 【11】呂昆樺，2016，應用田口法探討填料物對溶液除濕性能影響及參數最佳化研究。國立勤益科技大學，碩士論文。
- 【12】陳建安，2016，鰭片結構對固態除濕之除濕增強效果影響研究，國立勤益科技大學，碩士論文。
- 【13】廖仕賢，2017，鰭片結構與串聯配置對具吸附材之熱交換器增強吸濕與脫附性能之影響，國立勤益科技大學，碩士論文。
- 【14】經濟部能源局，空調系統空氣側節能技術手冊
- 【15】經濟部能源局，辦公室節能應用技術手冊
- 【16】台灣電力公司，電價知識專區
- 【17】台灣電力公司，儲冷式空調系統離峰用電措施
- 【18】行政院環境保護署，綠色生活資訊網