

百貨公司
節約能源技術手冊

經濟部能源局 指導

財團法人台灣綠色生產力基金會 編印

中華民國 107 年 9 月印製

目錄

壹、前言.....	2
貳、百貨業概況.....	3
一、百貨產業介紹及等級分類.....	3
二、耗電狀況.....	7
三、能源耗用狀況.....	7
參、部門功能概述.....	9
肆、能源設備及系統介紹.....	12
一、電力系統.....	12
二、照明系統.....	12
三、空調系統.....	12
伍、節約能源措施問答篇.....	14
一、電力系統.....	14
二、照明系統.....	29
三、空調系統.....	55
四、建置能源管理系統之效益.....	104
陸、結論.....	106
柒、參考資料.....	107

壹、前言

台灣地區地狹人稠，資源缺乏，絕大多數能源仰賴進口。依經濟部能局民國 106 年能源統計資料顯示，進口能源比例高達 98%。而國際原油價格動盪，連動影響我國能源之供應與價格。現今台灣正朝向非核家園目標努力邁進之際，需面對國內工商業持續成長，能源需求增加，夏季電力供應緊澀及地球溫室效應日趨嚴重，國際間要求各國共同抑低二氧化碳排放量等能源環境問題，而大力推動節約能源工作是解決能源短缺及地球溫室效應之一致共識。

由於民眾消費習慣逐漸改變，各百貨業者面對競爭不僅積極進行既有店櫃位調整與改裝，並強化娛樂休閒餐飲功能，提升聚客能力，我國百貨公司業自 98 年起營業額一路向上攀升，105 年營業額為 3,331.5 億元。其中以 Shopping 購物中心、百貨公司及量販店為電力使用量較大者。近年來，各百貨業者為了提高服務品質，藉以提昇銷售額，電力、空調及照明等設備不斷增加，使得能源使用亦日漸增加。然而有些老舊設備運轉效率不佳或操作管理不當等因素，使得許多能源在疏忽間浪費，徒增許多不必要的能源費用支出。

有鑑於此，財團台灣法人綠色生產力基金會(以下簡稱本會)，多年來臨場輔導多家百貨公司及購物中心，深知業者急需對節約能源實際改善經驗、技術及未來節能方向之參考資料，故本手冊業經鄭正仁、楊正光、宋福生、古勝偉等委員審查修訂完成，協助執筆及蒐集本身工作上實際有關的電力、照明及空調等多方面的經驗及技術資料，加入本會節能技術服務資料彙編成此技術手冊，提供業界參考。

貳、百貨業概況

一、百貨產業介紹及等級分類

近十幾年來，台灣地區的流通業正面臨著一場前所未有的衝擊與興革，諸如便利超商、超級市場正逐漸取代傳統的小商店，它們以商品、距離和時間的便利性，在流通市場分享到一大片廣闊的天空；而量販店的崛起，不僅使得傳統批發業式微，更因其以停車便利、賣場大、貨色齊全、價格低廉為賣點，而在流通業中開發出亮麗的成績。

百貨公司係屬於眾多零售業型態中的一種，相對於量販店的賣點，在百貨公司精緻化的經營下，各自擁有自己的市場。但隨著經濟自由化與市場國際化的推動，國外的流通業更是利用各種合資和技術合作的管道，挾其雄厚的財力與優越的經營技術搶攻台灣市場，使各流通業者備受壓力；於是百貨公司業如何能在目前競爭激烈的市場中，利用各種不同的經營策略，來求得生存，將是值得研究探討的課題。

再者，百貨業的發展腳步與一國經濟發展的程度息息相關。台灣在民國 100 年國民所得為 12.2 兆元，至 106 年成長為 15.1 兆元，成長了 1.22 倍，民間消費總額由 9.96 兆元增為 11.69 兆元，成長幅度為 1.17 倍；而百貨公司業 105 年營業額約新台幣 3,331.5 億元，較 104 年成長 4.47%，近三年維持在 4~6% 成長幅度。由此看來，百貨業榮枯正與該國的經濟發展程度息息相關。

故百貨業的榮枯盛衰，除反映出該國國民的所得水準之外，並可顯示出一國都市化集中的程度，以及民眾消費習慣的改變。再者，若就個別都會區不同商圈百貨公司營業額的消長進一步研究，亦可分析出該都市動態的發展趨勢，例如：熱門商圈的移轉、民眾休閒活動偏好的改變等，對政府機關制定都市計劃，以及不同區域之不動產價值的評定等工作，有重大意義。

與一般單一商店零售業的最大不同之處，百貨公司除了滿足民眾便利購得各種生活用品之需求外，同時亦是都市居民平時或假日主要的休閒去處之一，尤其是在複合功能百貨公司成為趨勢主流之後，百貨公司另提供民眾餐飲、參觀展覽、觀賞表演、學習才藝、及欣賞電影等休閒活動之去處，因此聚集人潮之功能更為加強。而現今之百貨業大致上可區分如表 2-1：

表 2-1 百貨業分類表

種類	坪數	商品項數	商圈人數
購物中心	1,100,000 坪以下	綜合性	300 萬人
百貨公司	10,000 坪	40 萬種	50 萬人
批發量販店	2,000 坪~4000 坪	20 萬種	20 萬人
超級市場	400 坪	1.2 萬種	2 萬人
便利商店	50 坪	0.3 萬種	0.3 萬人
專門店	不定	0.3 萬種	0.3 萬人

至 105 年 12 月止，國內百貨業分類及家數規模統計，如表 2-2。

表 2-2 百貨業分類及家數規模統計

百貨業分類	家數規模
大型百貨公司及 Shopping Mall	約 83 家
批發量販店	約 120 家
連鎖超商	約有 35,282 家店
超級市場	約有 2,025 家店
傳統市場	約有 837 處

臺北地區為全台消費能力最高之地區，百貨公司林立，根據中華民國購物中心協會第 14 期報導，以區域來分，預計新開幕的 16 家購物中心中，9 家位於北部地區，中部區域及南部區域則分別有 4 及 2 家；就面積而言，北部有 71,142 坪，占總增量的 33.1%，如表 2-3 所示。

截至 105 年底，台灣地區主要百貨公司共有 17 個業者，共 47 家店。其中以三大連鎖百貨(遠東 SOGO 百貨、新光三越百貨、遠東百貨)為首共有 29 家店，超過百貨公司總店數的一半以上，如表 2-4 所示。

表 2-3 未來 2 年開幕購物中心面積及家數與其占比表

區域	購物中心 營業面積(坪)	占比	購物中心 家數	占比
北部	71,142	33.1%	9	56.3%
中部	86,260	40.1%	4	25.0%
南部	47,000	21.9%	2	12.5%
東部、離島	10,700	5.0%	1	6.3%
合計	215,102	100%	16	100.0%

註：資料來源：中華民國購物中心協會

表 2-4 現有營運中之購物中心分佈狀況

區域	購物中心 營業面積(坪)	佔比	購物中心 家數	佔比
北部	630,089	61.2%	57	68.7%
中部	124,900	12.1%	12	14.5%
南部	251,546	24.4%	11	13.3%
東部、離島	23,140	2.2%	3	3.6%
合計	1,029,675	100%	83	100.0%

資料來源：中華民國購物中心協會。

二、耗電狀況

百貨公司耗能狀況隨著營業場所規模大小、停車場、中庭、樓層高低、建築型式、採用設備、種類之不同而有差異。一般而言，樓地板面積越大之百貨公司，其能源使用費用亦越高。隨著近年不斷推廣節約能源，依本會 101 年至 105 年所服務之百貨公司資料統計，近五年百貨公司的單位面積年耗電量已有所下降，如圖 2-1 所示。

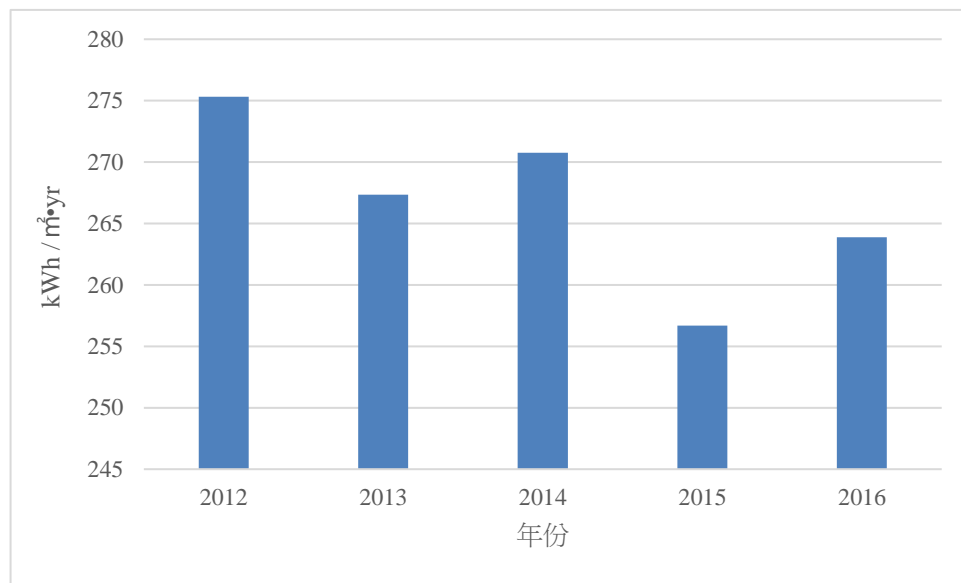


圖 2-1 近五年單位面積年耗電量變化

三、能源耗用狀況

另本會 106 年服務過 64 家之百貨業統計資料(百貨公司 45 家，購物中心 19 家)與統整 2017 年非生產性質查核資料，可得知國內百貨公司電力流向與平均耗能概況如下：

A. 電力流向

- (1) 空調設備：44.75%
- (2) 照明設備：28.72%
- (3) 冷凍冷藏設備：4.49%
- (4) 事務設備：3.88%
- (5) 送排風設備：4.93%
- (6) 給汗水設備：3.57%
- (7) 電梯設備：6.23%
- (8) 其他設備：3.43%

B. 平均能耗

- (1) 單位面積年耗電量：平均 $475.1\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 。
- (2) 單位面積耗電需量：平均 $134\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{年}$ 。

(由電費單全年最高尖峰用電需量除以建物面積求得)

- (3) 功率因數：平均 98%。
- (4) 單位電價：平均 3 元/度。
- (5) 室內冷房環境溫溼度：平均 26°C 、54.7%。

以上數據係測試服務當時的平均值，未依各百貨公司的營業場所，如：來客率、有無餐廳、會議室、停車場等細部分析，故僅供業界了解國內百貨公司能源使用概況，做為自行評估節能努力方向及目標。

參、部門功能概述

百貨公司的營業場所，一般按各部門及區域要求，主要可分為：

一、商店街：如化妝品、珠寶、服飾、生活用品、電氣產品、文具等各類型專櫃。

二、小吃街：如燒烤、麵飯食、麵包等各類型商店。

三、後勤辦公室：包括人事部、訓練部、財務部、業務部、工務部、安全部、採購部等部門。

下表 3-1 為某百貨公司之樓面配置介紹，由此表可了解百貨公司樓層使用狀況。

表 3-1 百貨公司樓面簡介

13F 文化教室	●兒童才藝教室 ●成人才藝教室
12F 文化、特賣、美容廣場	●文化會館 ●特賣廣場 ●美容美髮世界
11F 中西式料理名店街	●主題餐廳
10F 文玩具書籍眼鏡廣場	●文具用品 ●玩具、模型 ●事務用品 ●流行雜貨 ●精美包裝中心 ●賀卡 ●樂器 ●流行名品
9F 家具寢室館、貴賓廳	●特選家具 ●毛巾沐浴用 ●民藝品 ●美術小館 ●寢具用品 ●裝飾用品 ●貴賓廳 ●水族用品 ●提款機 ●咖啡
8F 家庭用品電器館	●歐美特選磁具 ●調理用品 ●電器用品 ●烹煮鍋具 ●水晶、玻璃、銀器 ●日本磁器 ●按摩器材 ●音響設備 ●衛浴用品 ●廚房用品
7F 紳士精品館	●歐洲精品 ●西服 ●高級皮件、旅行箱 ●皮鞋、鞋類保養品 ●男士內衣、睡衣、襪帕 ●香水

6F 休閒運動館	<ul style="list-style-type: none"> ●運動服飾 ●少男流行服飾 ●名店休閒服飾 ●運動用品 ●運動休閒鞋 ●男士休閒服 ●牛仔服 ●修改室 ●高爾夫服飾、用品 ●鐘錶 ●煙具用品
5F 童裝、仕女用品館	<ul style="list-style-type: none"> ●兒童服飾 ●嬰兒服飾、用品 ●兒童遊樂場 ●兒童用品、配件 ●孕婦服飾用品 ●童鞋 ●育兒諮詢室 ●仕女內衣褲、睡衣 ●少女內衣褲 ●進口名牌內睡衣 ●進口名牌童裝
4F 名媛新貴館	<ul style="list-style-type: none"> ●高級淑女套裝、襯衫 ●珠寶、精品皮件 ●組合裝 ●加大裝 ●進口名牌服飾 ●中國服
3F 都會流行館	<ul style="list-style-type: none"> ●歐美進口流行服飾 ●流行少淑服飾 ●流行珠寶、今飾、鑽飾 ●髮飾、絲巾、傘、泳裝
2F 新潮時尚館	<ul style="list-style-type: none"> ●新潮流行服飾 ●襪帕、絲巾 ●傘、帽 ●流行錶 ●休閒內衣 ●少女休閒服 ●女性牛仔服飾 ●流行休閒背包 ●流行休閒鞋 ●美體小舖 ●彩粧 ●流行飾品
1F 流行名品館	<ul style="list-style-type: none"> ●名牌化粧品、香水 ●流行女鞋 ●進口女鞋 ●歐洲精品 ●綜合服務台
B1F 食中天美食百匯	<ul style="list-style-type: none"> ●台灣小吃 ●巧克力 ●麵包店 ●手製餅乾、咖啡 ●紅茶、人蔘 ●冰品果汁 ●廣東小吃 ●異國小吃 ●健康食品 ●天仁茗茶 ●仕女皮件、皮包、歐洲精品 ●高級糕餅禮盒
B2F 生鮮超級市場	<ul style="list-style-type: none"> ●超級市場 ●煙酒禮盒區 ●報紙 ●藥局 ●寄物處 ●速食
B3F 停車場	<ul style="list-style-type: none"> ●每日開放時間：上午 09:00~下午 10:30

肆、能源設備及系統介紹

以台北某大型百貨公司(總樓地板面積 43,189 m²)為例，其整棟建築物能源供電系統及主要耗能設備概況，大致如下：

一、電力系統

整棟建築物的電力負載契約容量為 3,200kW，夏季用電尖峰需量 3,216kW，台電供電電壓 22.8kV，變壓器 6 組，總容量 12,000kVA，二次側電壓為 380/220V，採 APFR 控制低壓進相電容器改善功因，以構成受變電系統及備有三台 750kW 之緊急發電機，以應付臨時停電的電力需求。電力系統主要係供應冰水主機、泵、冷卻水塔、風扇、電梯、照明及其它設備運轉。營業時間為 11:00 至 22:00，全年無休。

二、照明系統

賣場基礎照明燈具以直管型 LED 燈源 9W、球泡型 LED 燈源 8W 為主，輔以 FL40D×1 電子式安定器型日光燈具為間接照明，商品重點照明以投射型 LED 燈源 15W、20W 或 LED 杯燈 5W 為主。停車場及內勤辦公室以 FL40D×2 電子式安定器型日光燈具。戶外廣場、建築物景觀燈採用戶外投射型 LED 燈源 50W 為主。

三、空調系統

使用三台離心式冰水主機與一台螺旋式冰水主機，容量為三台 550RT 及一台 120RT，夏季使用三台 550RT，春秋季使用二台 550RT，冬季使用一台 550RT，開機時間 10:30 至 21:30。現場冰水管路採二通或三通閥控制，空氣側使用空調箱或小型冷風機送風。

其能源流向圖如下圖 4-1 所示：

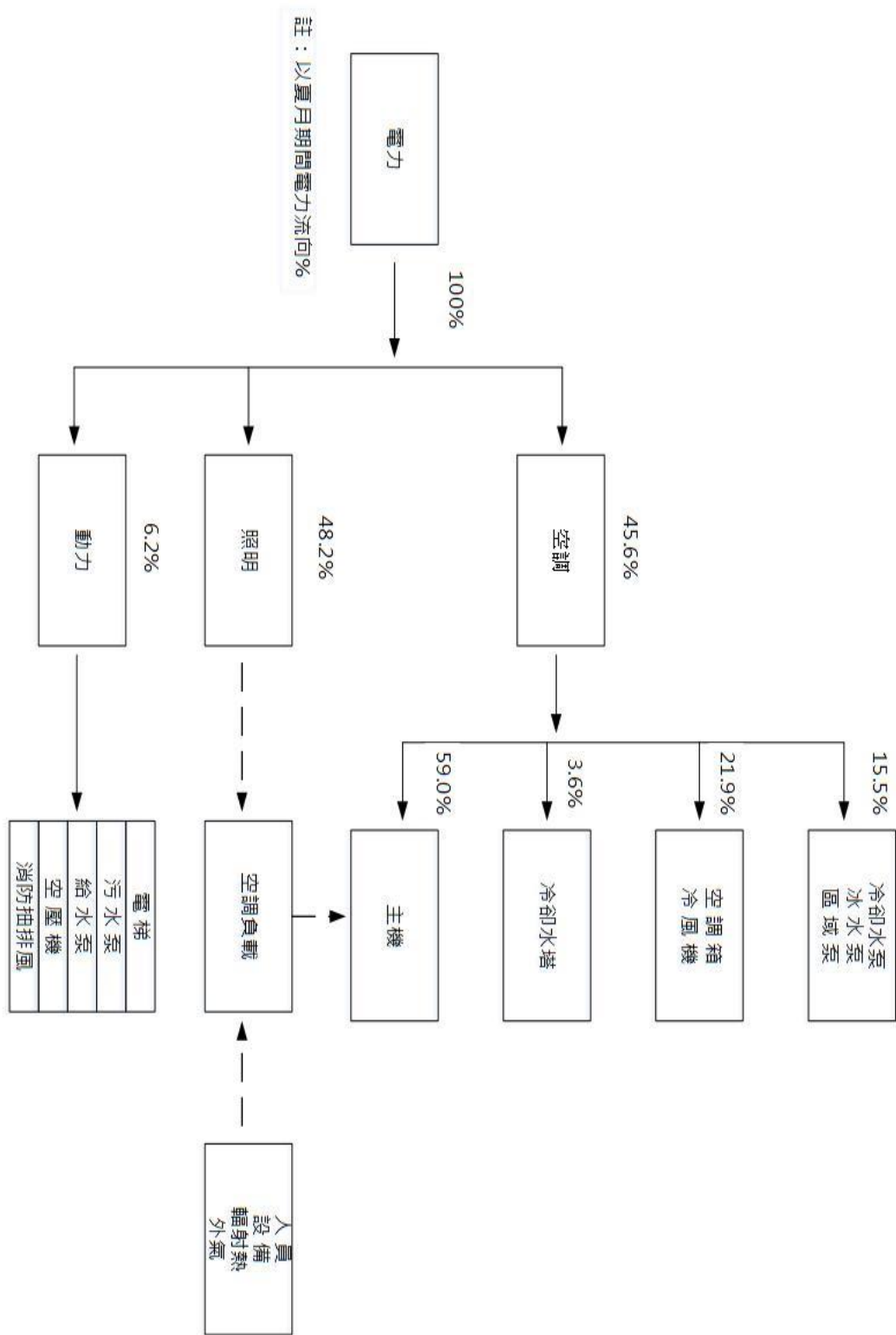


圖 4-1 能源流向圖

伍、節約能源措施問答篇

一、電力系統

(一)百貨公司配電系統如何規劃？

- 1.百貨公司的配電系統多為高壓供電，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，依使用設備所需供應，台電建議二次側供電應以 380/220V 為主。
- 2.變壓器的種類有油浸式變壓器、模鑄乾式變壓器及非晶質鐵心變壓器。其中油浸式變壓器之絕緣油於十多年前仍用多氯聯苯，因多氯聯苯有劇毒，所以現在都改用無公害之絕緣油替代；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.操控用高壓開關有 OCB 式、VCB 式、GCB 式及少數用 MBB 式。低壓開關大型多用 ACB，小型的則用 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，若新設百貨公司採用儲冰式空調系統就無此問題。

5. 功因改善目前都以裝置低壓進相電容器改善為主，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 95% 合理值。

(二) 大樓之機電設備安置位置條件及面積需求？

用戶受變電設備，係指承受電力公司之供電，將其變壓而分送於各用戶之設備，配電設備係指將受變電設備變壓之電力，配送到各使用場所之設備。兩者均擔負用戶之重要供電任務。因此，為避免遭受停電事故之營業損失，上稱設備需選用可靠性高者。

受變電設備之設置條件為：

1. 設備應設置在接近負載中心，而便於配電之場所，尤其以負載分散型者，變壓器組應更注意設置於適當場所。
2. 在電源引入及配線引出方便的場所。
3. 受變電室應有充份大小，以便管理及保全，通常採用基準(最小限度 13 m²)為

$$\text{最小面積 } m^2 = \sqrt{\text{最大使用電力(kVA)} \times 3.3 m^2}$$

並需考慮將來擴增所需用地。

$$\text{例：最小面積 } m^2 = \sqrt{1000(\text{kVA}) \times 3.3 m^2} = 104 m^2$$

依據百貨型態及使用性質，機電設備需佔有約 10% 的樓地板面積。

(三)如何決定機電設備安裝之位置？

1. 避開濕度高、通風不良的場所。
2. 避開爆裂物及易燃物儲藏地附近。
3. 避開腐蝕性氣體及多塵埃的地方。
4. 避開潮濕及浸水的地方。
5. 避開震動激烈的地方。
6. 選擇地盤強固的地方。
7. 機器搬進及搬出便利的地方。

一般而言，高層建築物皆有地下樓層，地面以下之樓層具有較好之結構穩定性。一般情況下，機電設施都是放置在地下樓層，但並非永遠如此，例如：柴油發電機之散熱、煙囪排放的污染及噪音問題，頂樓及其它中間樓層皆有可能是最佳位置，可減少配線損失及增加通風散熱冷卻之耗電。

(四)變壓器應如何配置？

變壓器有裝在屋外，也有裝在屋內者。裝在屋內時，必須充分考慮到通風問題，因通風不良將導致採用強迫冷卻或輸出之降低，如此將產生浪費電力或設備不能完全發揮功能等問題。

若想把數台變壓器並排時，即會發生間隔大小問題。一般而言，自冷變壓器係以對流與輻射作用把熱量向四週擴散，其中對流佔大部份，因此相臨變壓器太接近時，其熱輻射面則可能重疊，而妨礙散熱效果。如果想不致相互干擾，即應按圖 5-1-1 變壓器之間隔所示，並排裝設。

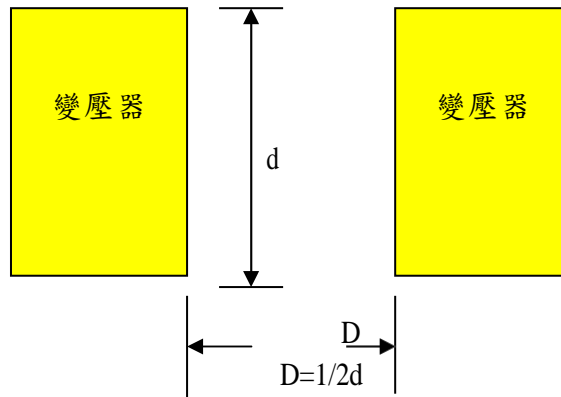


圖 5-1-1 變壓器之間隔

註：1.小容量變壓器(油浸自冷式、密封型乾式自冷式) $D > 1/2d$ 。D 的距離應增加到維修時工作人員可通行之間隔。

(五)變壓器之通風孔應如何配置？

原則上空氣的進出口應互設在室內的相對側，使室內之空氣不致停滯，至於通風孔位置是否適中，可參照圖 5-1-2 變壓器之通風孔之配置所示。

決定通風孔位置之條件是：

- 1.風向常為一定時，排氣口應放在反面。
- 2.吸氣口避免放在大型發熱體之附近，應設在溫度低之方向。
- 3.為避免塵埃、濕氣及腐蝕性瓦斯之侵入，應先調查鄰近地區建築物之排煙、瓦斯及飛塵等情況，若有侵襲之可能，應謀對策解決。
- 4.如吸排氣口有噪音問題時，應變更位置或採取防噪音對策。
- 5.注意颱風時，大量之雨水是否會從吸排氣口流入。至於通風口之大小，可由下式求得之

$$\text{通風口面積：} F = kW / \sqrt{H} (\text{m}^2)$$

W：室內變壓器總損失(kW)

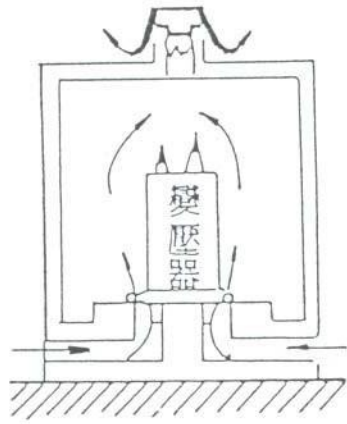
H：變壓器與排氣口高度之差(m)

K：實驗常數(一般在 0.2~0.25)

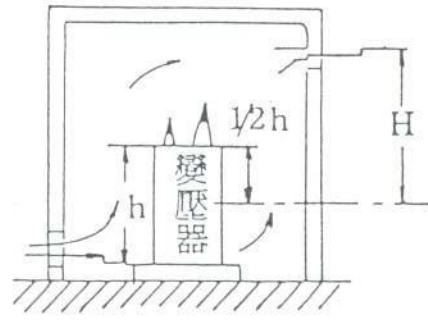
在自然通風條件下，如無法達到充分冷卻效果時，應另設換氣裝置，當吸氣口與排氣口之溫差為 10°C時，其風量應達到下式之程度。

$$\text{風量 } V=0.1W(\text{m}^3/\text{S})$$

W：室內之變壓器總損失(kW)



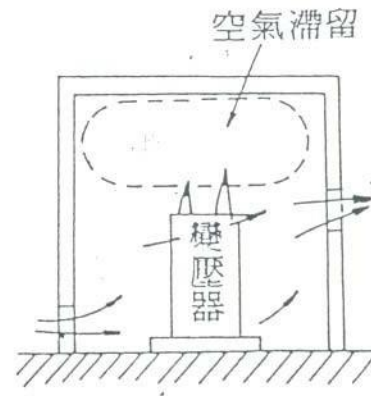
(a)最佳



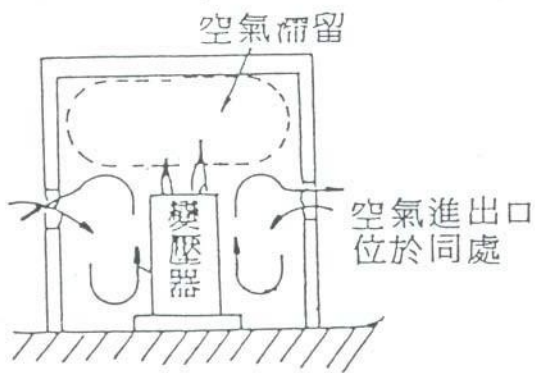
(b)佳



(c)稍差



(d)不良



(d)不良

圖 5-1-2 變壓器之通風孔之配置

(六)電力系統重點節約能源管理措施

1. 契約容量是否合理？

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，用戶若需了解本身契約容量訂定是否合理？可電洽財團法人台灣綠色生產力基金會評估(02)2911-0688。

2. 尖峰需量是否合理？

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. 功率因數是否合理？

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，每低於百分之一，該月份電費應增加百分之一；超過百分之八十時，每超過百分之一，該月份電費應減少百分之一；惟平均功率因數超過 95%部分不予扣減，而超約罰款部份則不給與功因折扣。

一般大型百貨及賣場的配電設計，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 95%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 95%，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。
- (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，改善方法可見圖 5-1-3 功因改善電容器裝置方法。

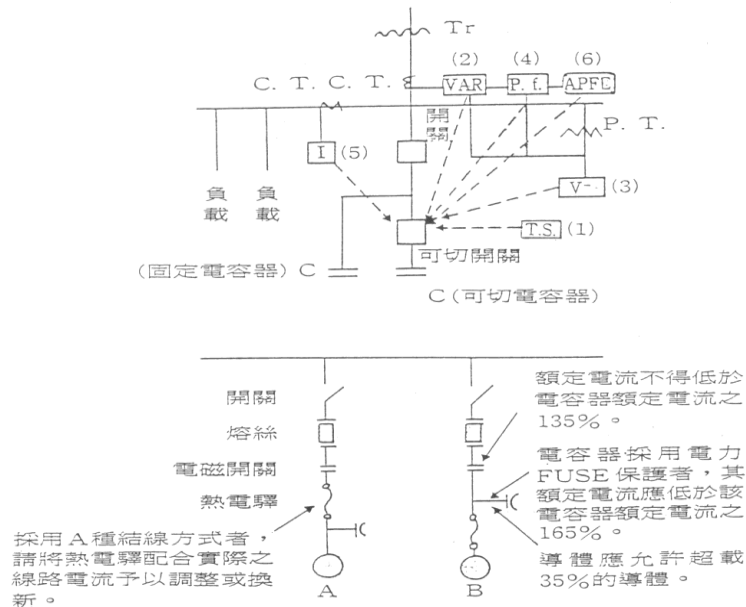


圖 5-1-3 功因改善電容器裝置方法

4. 變壓器負載率是否合理？

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50~75%之間，運轉效率最高，如圖5-1-4變壓器效率曲線圖。

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，(見表5-1-1三相電力用變壓器，知3 ϕ 300kVA變壓器無載損失約1,100W。)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。如圖5-1-5所示。

有些百貨公司的配電系統變壓器裝置容量過大，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。

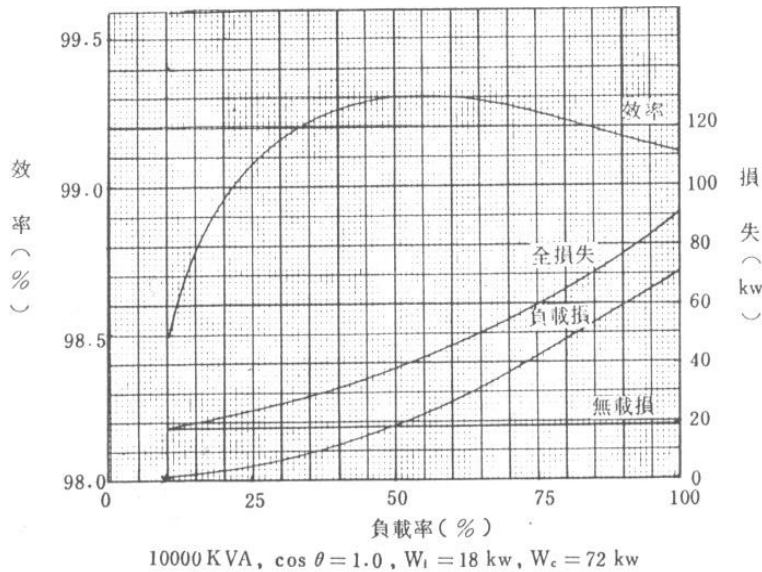


圖 5-1-4 變壓器效率曲線圖

表 5-1-1 三相電力用變壓器

容量 kVA	鐵損 W		銅損 W		效率(%)		阻抗電 壓
	12kV	24kv	12kV	24kv	12kV	24kv	IZ%
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°C

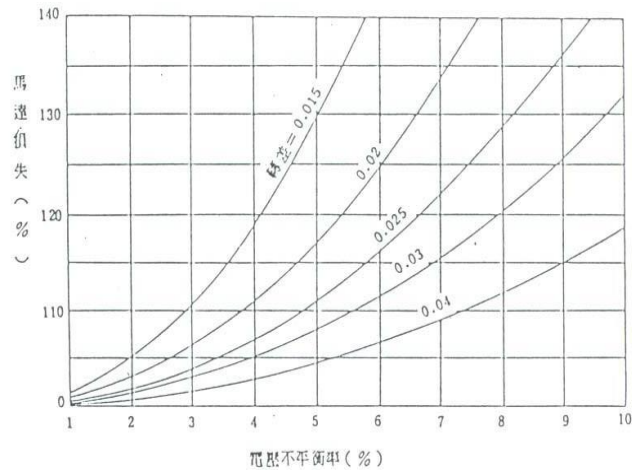


圖 5-1-5 三相負載線路不平衡損失

5. 變壓器溫昇限度之決定？

(1) 變壓器實際使用場所周圍溫度最高 40°C ，一日平均溫度 35°C 。

(2) 自冷式(OA)變壓器場合，溫度之說明如下：變壓器之容許溫度 = 溫昇上升限度 + 基準周溫絕緣物容許最高溫度 = 變壓器容許溫度 + (最高繞組溫度 - 平均溫度)

一般繞組之最高溫度和平均溫度間約有 10°C 之差異；所以繞組溫度上升限度 = $(105^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - 40^{\circ}\text{C} = 55^{\circ}\text{C}$

一般安裝溫度計處與最熱點油溫差 10°C ，運轉 OA 變壓器之最高溫度計測試溫度為 65°C 以下為宜。各類變壓器繞組溫度上升限度 $^{\circ}\text{C}$ 見表 5-1-2 所示

表 5-1-2 變壓器繞組溫度上昇限度°C

項目	機器部位	溫度測定法	A 種絕緣	B 種絕緣
1	乾式自冷式繞組	溫度計法	50	70
		電阻法	55	75
2	乾式自冷式繞組	電阻法	55	75
3	油入自冷式繞組	電阻法	55	-
	油入風冷式繞組油入			
	水冷式繞組			
4	送油水冷式繞組	電阻法	60	-
	送油風冷式繞組			
5	油	溫度計法	50	50

6. 變壓器溫升採用空調冷卻方式需多少冷凍噸 RT？一年耗電多少？

見前表 5-1-1 三相電力用變壓器，以 12kV，1,000kva 變壓器為例，滿載銅損 = 11.2kW，鐵損 = 2kW，總損失 = 13.2kW。一般變壓器溫升採用空調冷卻方式需多少冷凍噸 RT，以總損失 13.2kW，乘上 1.2 係數，換算冷凍噸。

冷凍噸 = 總損失 13.2kW × 860kcal/kWh ÷ 3,024kcal/RTh × 1.2 = 4.5RT。

運轉電費 = 4.5RT × 1kW/RT × 8,760H/年 × 0.6 × 2.6 元/kWh = 61,495 元/年。

目前乾式或油式變壓器普遍採用空調冷卻方式，一般箱型空調系統，提高室溫設定 1°C 可省能 6%，因此加強變壓器溫升管理，設定合理變電室內冷房溫度，以減少空調耗電是值得重視。

7. 以既有冷風管路冷卻變壓器之經濟運轉方式？

在變電室中有空調設備，可就近加以引用，為降低油溫至 45°C，則需降低油溫 25°C，如此空調設備需耗費大量電力，故如何省能節省能源，使變壓器在最高容許油溫下運轉，而不減低使用壽命乃最為經濟運轉方式。

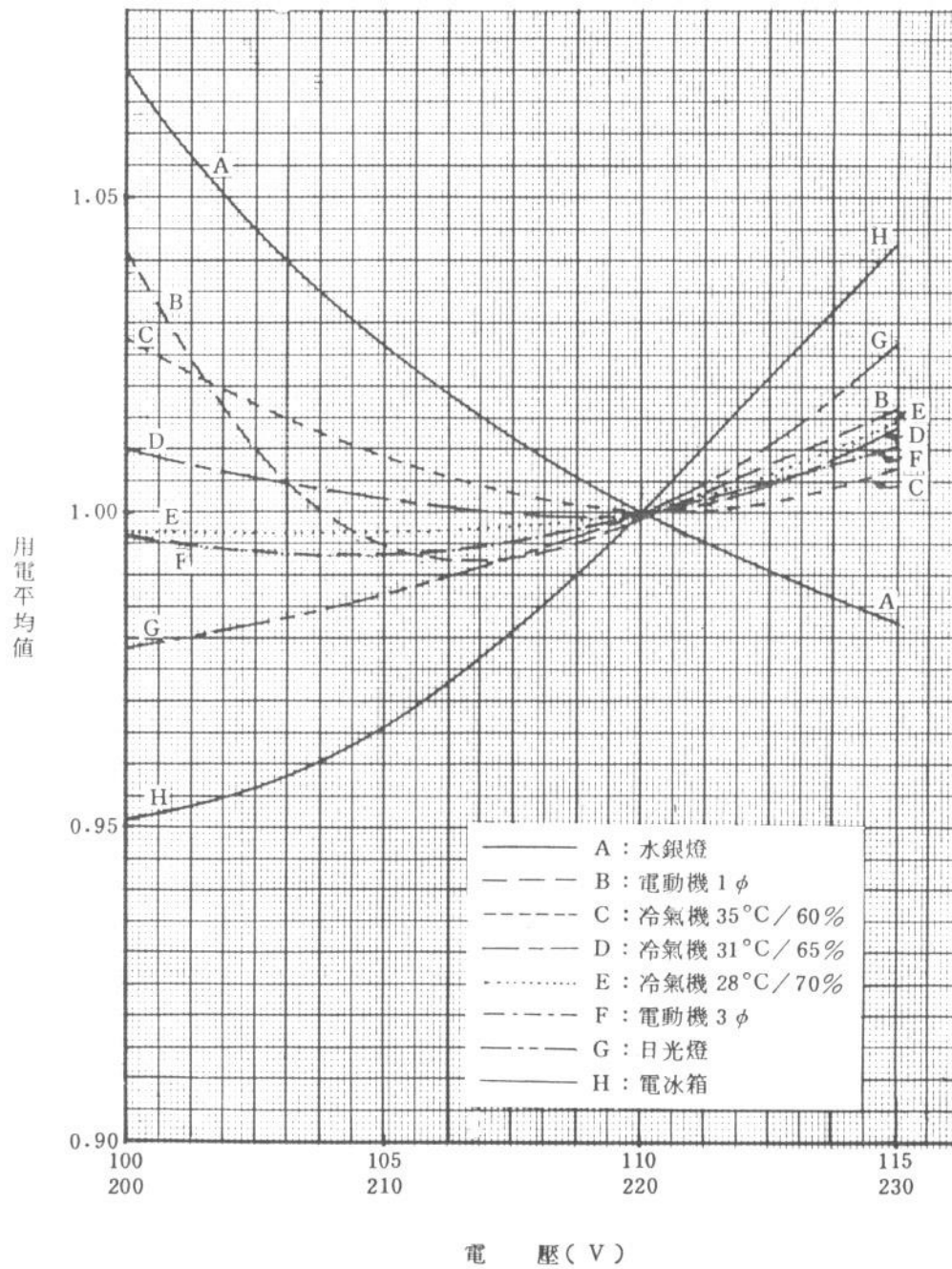
因此油浸式變壓器之最高容許油溫為 65°C，可利用溫度電驛，該電驛設定在 65°C 時 OFF，60°C 時 ON，來控制空調風道開口之開放或關閉，以節省中央空調設備之電力損失，並保持每日 9~21 時間內油溫不會超出 65°C，而減少變壓器使用壽命。

8. 供電電壓與壓降是否合理？

依我國用戶用電線路裝置規則第九條要求，「供應電燈、電力、電熱或該等混合負載之低壓分路，其壓降不得超過該分路標稱電壓之 3%，分路前尚有幹線者，幹線壓降不得超過 2%。」(幹線 < 2% + < 3% 分路 = < 5%)。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%)。如：良好照明系統電壓管理目標值為：電壓值為額定的 ±6%；頻率值為額定的 ±5%，見表 5-1-3 電壓變動率標準。而一般電壓變動率對各機器之影響見圖 5-1-6 所示：

表 5-1-3 電壓變動率標準

機器	容許電壓變動	備註
交流發電機 同步調相機	±5%	於額定頻率及功率因數下。
交流電動機	±10%	如電壓、頻率同時變動時，應在電壓±10%，頻率±5%範圍內，而且其二種變動%之絕對值之和應在 10% 以下。
變壓器	±5%	於額定頻率及功率因數下。
電容器	±10%	於額定頻率下。
日光燈	±6%	
白熾燈	±6%	



註：資料來源節約能源技術手冊(EC-031)，第 201 頁。

圖 5-1-6 電壓降對各用電設備之影響圖

9. 諧波對配電系統會造成什麼影響？

由於非線性負載在正常運轉下會產生諧波電流，並經由不同途徑進入配電系統，對系統及用戶造成各種諧波效應，包括：

- (1) 引起配電系統並聯共振或接近並聯共振，產生諧波過電壓，破壞電力設備之絕緣特性，同時也增加了變壓器、導體及開關之電力損失。
- (2) 引起電容器過壓或過載，導致電容器燒毀或故障，甚至引起電器火災。
- (3) 導致電壓畸變，影響保護電驛、儀錶及控制設備的正常運轉。
- (4) 導致電動機產生消耗諧波電力，引起額外溫升與振動，進而降低交流馬達之效率與增加損失。
- (5) 當電力線接近通信線路時，會影響到電話干擾之基準。
- (6) 日光燈與水銀燈之安定器，有時裝有電容器，因安定器之電感與電容器造成共振電路而燒毀燈具。

10. 如何改善諧波對配電系統造成之影響？

可選用高額定電壓一級之電容器或加大設備容量改善，或採用裝設被動式或主動式濾波器改善即可。

二、照明系統

(一)商業照明用光源及照明器具

1. 商業用之照明光源及其特徵用途如何？

商業用照明光源在選擇上，對於商業之營運成本有很大之影響，因為各種光源具有獨自之特徵，所以如果能適當選擇，對於商業所需之目的及氣氛，甚至節能都有很大之影響。選擇光源之主要重點大略如下：

(1) 效率-壽命：

由經濟及維護上來考量此項因素特別重要，對於光源使用效率及壽命高低，對營運成本有很大的關連。

(2) 光色（色溫度 K）

光色一般稱為色溫，它影響了使用場所的氣氛，可隨照度標準，適合其舒適性而變化。一般而言，色溫低於 5,000K 者為暖色系，反之色溫高於 6,000K 者為冷色系。台灣為亞熱帶氣候，目前百貨業裝璜流行淡色系，講求明亮之感覺，照度也提高至 750Lux 以上，因此宜選擇色溫 5,500K 者為宜。若選擇暖色系色溫 5,000K 以下者，有燥熱之感覺，需降低冷氣溫度克服，但也因而耗電。因此當已達到照度時，就不必刻意去提高色溫，反而造成能源浪費。

(3) 演色性（對於物體視現情形）

演色性是店舖、美術館，對於物品、繪畫呈現到我們肉眼時，對視覺判斷有相當之影響，一般室內 Ra=85 以上，室外 Ra=70 以下，Ra 值不僅影響照度對用電亦有關係。以螢光燈而言，Ra 值高者，售價高，因此對商品與非商品區照明光源應有區分，以降低投資費用。

(4) 輝度

輝度乃由於採用不同光源而引起，所以要重視光源的選擇。為實用上考量，重點照明採高輝度聚光之照明燈具，如鹵素燈、複金屬燈、PAR 燈。基礎照明則應採低輝度之照明燈具，如：辦公室用柵格式反射鏡面板型 OA 日光燈具及 LED 平板燈。

2. 光源之效率(包括安定器)是什麼？

光源之效率可以 Lm/W 表示（每 Watt 有多少 Lumen）。有時此效率稱為燈管效率，其意是輸入 1W 之電力，其可以發出多少流明（Lumen）之光線（稱為光束）。而放電燈是不能單獨發光（如：日光燈、水銀燈等 HID 燈），必要依賴安定器作補助點光，所以有時稱其總合效率，係包括安定器消耗之電力。

例如：40W 之日光燈，單其燈管效率為 84Lm/W，其總合效率為 66Lm/W；而三波長域日光燈 36W，其燈管效率 96Lm/W，總合效率 75Lm/W。若進一步採用電子安定器時，其總合效率 89Lm/W。所以節約能源時考慮光源之總合效率是很重要。

3. 照明器具之效率是什麼？

照明器具效率就是使用某種光源在此照明器具所發出之光束（光線）比，也是評估此照明器具性能（處理表面及反射面之材質等）之一種標準。其值愈高愈好。

例如：光源之光束(ϕ)由器具射出之光束(ϕ_k)，則器具效率為(η_k)，可以 $\eta_k = \phi_k / \phi$ 表示。

4. 何謂省電型之光源？

自 1973 年發生能源危機後，全世界之光源製造廠極力研製，不增加更多電力，而增加光源光束作為製造光源的目標。現在市面販售之光源，可以說都是經過省電設計之光源。如下表 5-2-1LED 與傳統光源的造形比較分析。

表 5-2-1LED 與傳統光源的造形比較分析

(標準形、燭形、錐形、球形、線形)


















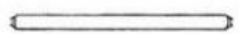
傳統光源電燈泡	一般燈泡 球形燈泡	反射燈泡	省電燈泡	省電燈泡	省電燈泡	珠寶燈泡	蠟燭燈泡 迷你燈泡
							
LED 電燈	鹵素燈	HID 燈	PL 螢光燈	一般螢光燈	一般螢光燈	一般螢光燈(直管)	
							
LED 電燈	一般燈泡	聚光燈(MR-16)		蠟燭燈泡 迷你燈泡	日光燈		
							

表 5-2-2LED 燈泡 MEPS(強制性)發光效率基準表

額定光通量(lm)	光通量下限(lm)	光通量上限(lm)
2500	2250	3000
2700	2430	3240
3000	2700	3600
3500	3150	4200

5. 最近在市售中 LED 之光源，是否有取代優勢？

LED 照明產品為現階段應用最廣泛照明光源產品，已逐步取代傳統照明光源。從發光效率來看，LED 照明光源在照明市場早可開始普及化，未來產品市售價格若能夠持續降低，則可普及到一般家庭照明。成本的下降為普及化的主要因素，未來如何能快速降低製造成本將是關鍵；在發光成本上，2001 年白光 LED 的成本約 1 美元/lm，2016 年已可降至 0.0068 美元/lm，其未來競爭優勢非常顯著。

表 5-2-3 全球照明市場規模分析表

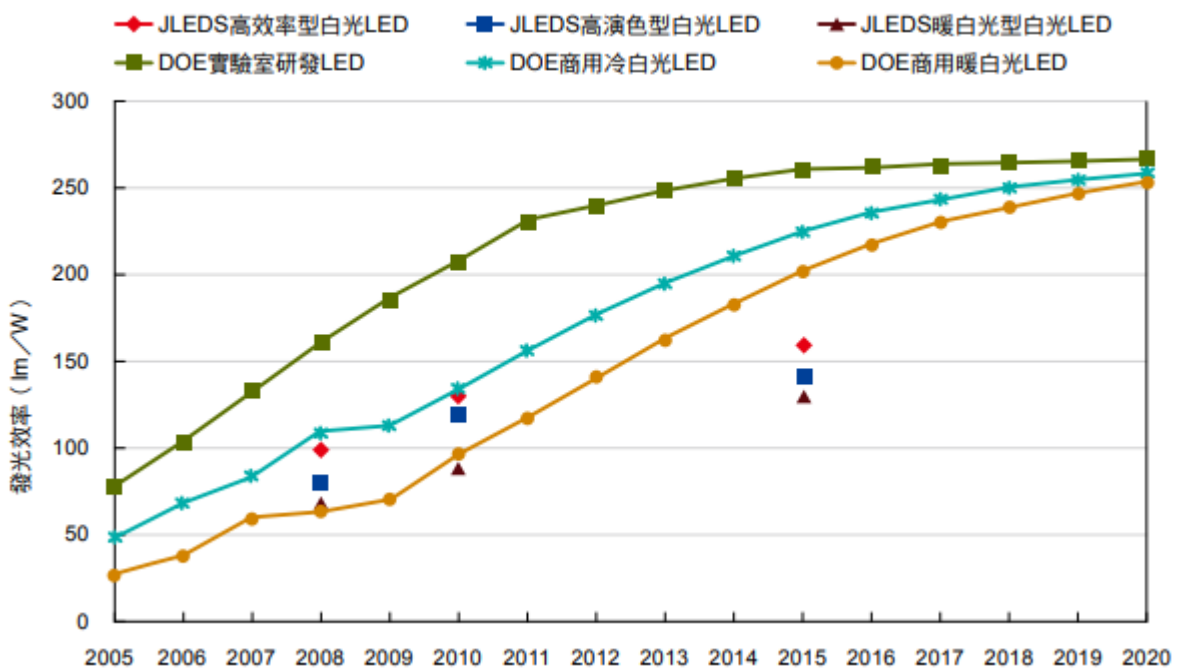
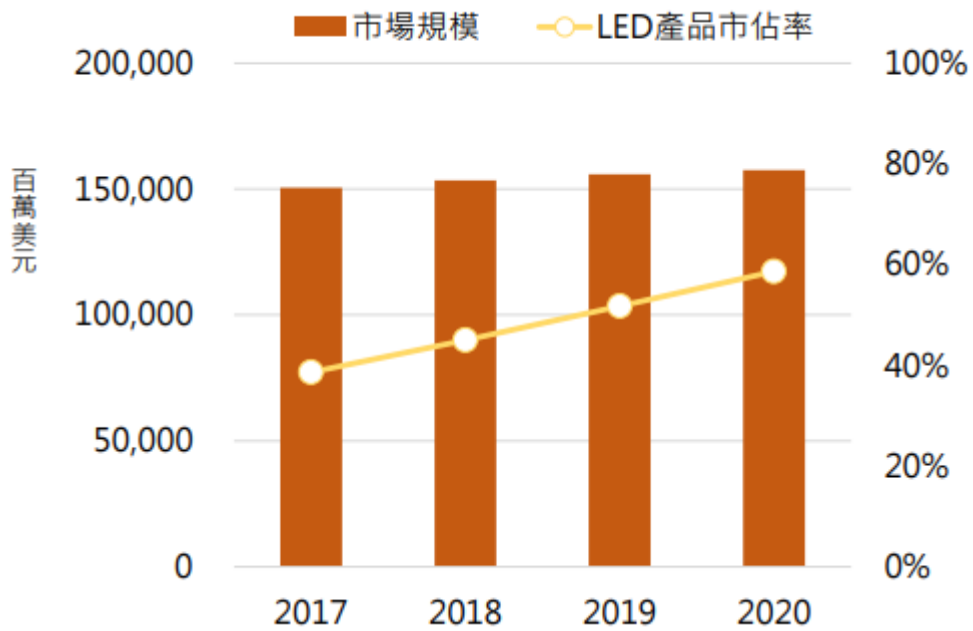


圖 5-2-1 高功率白光 LED 產品技術預估圖

6. 最近有幾種 LED 光源種類？

大致類型有球泡型 LED 燈源、投射型 LED 燈源、直管型 LED 燈源、平板型之 LED 燈源、逃生避難方向指示型之 LED 燈源、其他照明節能產品應用之 LED 燈源。如下圖 5-2-2。



球泡型 LED 燈源



投射型 LED 燈源



直管型 LED 燈源



平板型 LED



逃生避難指示型 LED 燈源



戶外投射型 LED 燈源

圖 5-2-2 LED 光源種類

7. 照明器具之壽命有多久

光源之壽命都會在製造廠之型錄上列出，照明器具之壽命乃根據其使用電氣絕緣材料之劣化情形決定。外觀仍新，但內部使用之電氣絕緣材料受到周圍環境溫度及污染情形產生劣化而變化。

以目前照明光源使用趨勢與使用時數統計，一般LED約有2~5萬小時，日光燈及省電燈泡3000~6000小時，傳統白熾燈泡只有500~1000小時。

8. 對安定器內藏式日光燈（簡稱省電燈泡或袖珍型燈泡）訂有「諧波失真」項目，這是什麼原因？

所謂「諧波」是我們使用電子器具，如電視、大哥大、電子式電氣用品，都會產生高頻電波，此電氣器具，接到我們電源電線上，電力公司送電受到此電波而生干擾，引起電視機不清晰，電話機有時聽不清電話。因為電力公司送來的電力其電壓、電流之波形是60Hz的正弦波，此電波受到電子器具發出之電波一般稱為歪波或諧波，其頻率約60週率正弦波之2倍、3倍.....7倍等，這些高頻之諧波，將影響電氣器具之壽命，甚至發出對人體健康有害之輻射線，因為科學化、電氣化之社會，不用電子用品是不可能的，所以製造廠必考慮防止此高諧波自本身電器洩出影響週邊的電器，甚至於電力公司之變壓器或發電設備亦受此高諧波而發熱產生故障，故政府有關當局，如：標準檢驗局、工業局都訂有諧波防止對策，此「諧波失真」是訂在電子式日光燈安定器或袖珍式燈泡，防止其本身之高頻之諧波（歪波）洩漏影響其它週圍之電器。

國際上對高諧波控制對策都有指南，下列是使用在照明器具，國際電工委員會(IEC)IEC61000-3-2 號對於電子安定器所產生之高諧波於供電系統中對供電品質所造成不良影響之管制規範，其諧波限制值如下表 5-2-4 C 類電器限制值。

表 5-2-4 C 類電器限制值

諧波次數 n	以輸入電流基波的百分比%表示 之（容許諧波電流最高值）
2	-5
3	$30 \times \lambda$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$	3

註： λ 為電路的功率因數。

9. 最近很多百貨公司逐漸採用 LED 燈作照明用，可否說明其節約能源及特性？

傳統照明燈具的問題，如白熾燈泡，雖便宜但有發光效率低、高耗電、壽命短、易碎等缺點。而日光燈雖很省電，但其廢棄物有汞污染、易碎問題。

相對而言，符合節能環保安全的白光 LED，因是屬於化合物半導體的一種，其特性為：

- 1.壽命長(3萬小時，約為日光燈的10倍)
- 2.低耗電量(白熾燈泡的1/8，日光燈的1/2)
- 3.光顏色純
- 4.高防震性，不易碎，安全
- 5.小型化，可平面封裝

同樣照明效果的情況下，用電量是白熾燈泡的 1/8，螢光燈管的 1/2。同樣效果的一支日光燈 40W，而採用 LED 每支的功率只有 8W，而且可以全彩變化。

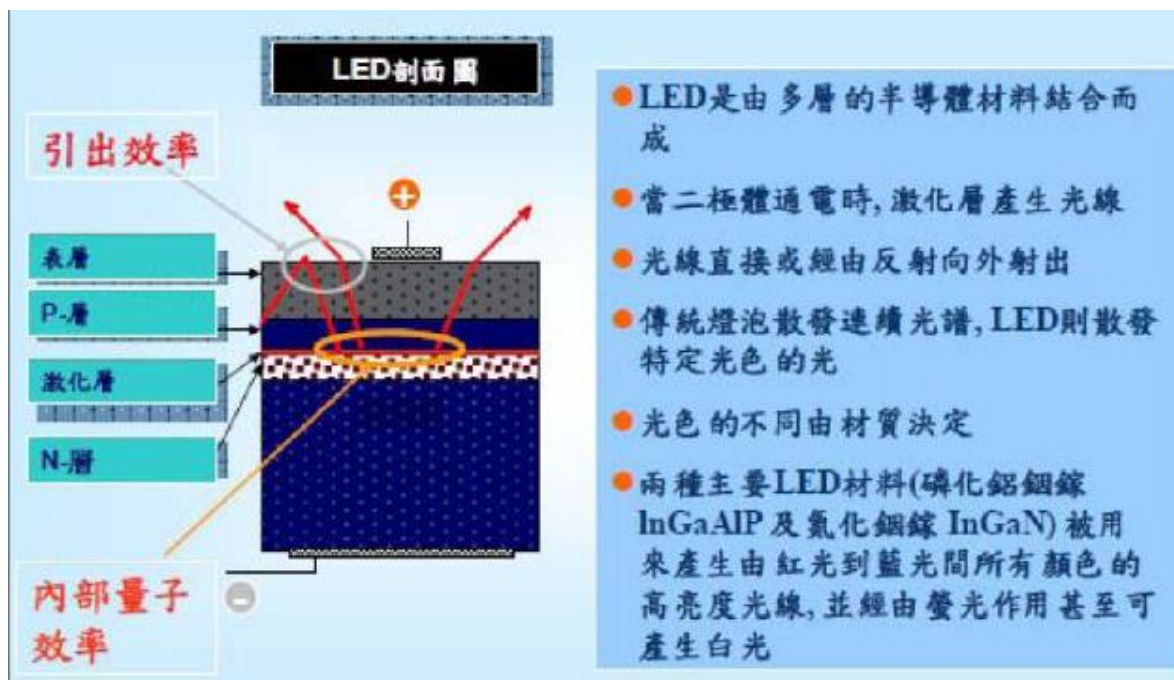


圖 5-2-2LED 之燈具結構

10. 市面上有 LED 燈管是否節約能源，具有優勢？

市面上所謂目前 LED 發光效率約 100~120lm/W，已可取代傳統光源日光燈，目前價格逐漸趨近於市場可接受值，因此照明應用設計時，亦可當做全般照明使用，目前 LED 應用於各色各樣商品陳列，大部份以局部輔助照明為主，外牆招牌用 LED 省電、醒目、安全又長壽命；賣場外牆輪廓照明是應用 LED 色彩多變化、高輝度展示應用的最佳場所。

11. 市面上有 T8-32W 及 T8-45W 之高頻高效率日光燈管，這是什麼樣日光燈管？其需要搭配高頻電子安定器是什麼原因？

T8、T9 是表示日光燈管（直型燈管）之管徑，原來由 T10（管徑 32mm）進化到 T9（管徑 29mm）、T8（管徑 25.5mm \approx 26mm）。管徑愈小其發光效率愈高，所以如果採 T8-32W 是比原來 T9-38W，可以節省燈管耗電 6W 左右，亦可以達到原來 T9-38W 之日光燈管發出之光束。但這些日光燈最好使用高頻電子安定器來搭配，更能增加其發出光束。

12. 什麼叫做安定器？安定器分為那些？

安定器英文名稱 Controlgear 或 Ballastor，一般使用日光燈或放電燈類之光源都需要它，在放電燈放電時，其電流都隨電壓之變動而變化，產生不安定，所以必要使其電流安定，始能發光，故英文之意乃是控制電流，有人翻譯為鎮流器；安定器可分為傳統式和電子式，兩者之線路架構、基本特性、使用性、維護性、安全性及省電效益來做比較，兩者最大不同點是電子安定器是使用高頻（20KHz~60KHz）瞬時點燈，而傳統安定器是使用低頻（60Hz）點燈。

電子安定器其特性概略說明如下：

大幅省電：和傳統安定器相比可省電 20% 以上。

功率因數極高：傳統安定器高功率型約 80%~90%。

電子安定器高功率型約 95%~99%。

光波穩定不閃爍：傳統安定器點燈頻率 60Hz，一秒 120 次頻閃，肉眼很容易察覺到閃爍。電子安定器因高頻點燈，輸出光波非常穩定不易閃爍，且當電源電壓變動或燈管處於低溫時，也不容易閃爍，對保護視力很有幫助。

可聽雜音低：和傳統安定器相比可聽雜音較低。體積小、重量輕、外觀體積可變化彈性大。安全性高：具三重防災異常保護。下表係國內某製造廠之產品介紹可參考。

表 5-2-5 傳統式安定器與電子式安定器之比較表

品種	傳統安定器	電子安定器	高頻(HF型)高效率電子安定器
		40W、2燈	40W、2燈
消耗電力(W)	97	78	68
輸出光束(Lm)	6,000	6,000	6,200
適用燈管	FL40N/38	FHF38N	FHF32EXN
省電比	100	119	130

品種	傳統安定器	電子安定器	高頻(HF型)高效率電子安定器
		40W、3燈 220V	40W、3燈 220V
消耗電力(W)	135	115	99
輸出光束(Lm)	8,400	8,400	8,460
適用燈管	FL40/38	FHF38	FHF45EX
省電比	100	115	126

13. 為了節約能源起見，很多商業大樓將日光燈管拆下一根燈管或兩根燈管，是否可以節約能源？

拆下一或二根日光燈管是很容易，但如果安定器在燈具上仍通電，由於安定器之特性不同，有時其無燈管狀態之耗電反而會比點燈時耗電更多，所以安定器之配線方式先要考慮。如果要節約能源，最好是拆去此燈具或更換比原來效率高之燈具，或使用小瓦特數之燈具比較節約能源。

(二)照明設計及省電方法

1. 在照明設計上，何謂「建築化照明」？

照明設計時，要配合建築物既有造型及構造，例如：天花板樑柱、牆壁等建築構造，使照明與建築能融為一體化之照明方式，尤其是近年來建築構造的立體感又縮小化、人性化，都很注重建築化照明。

建築化照明目前大約分有：

- 格柵天花板照明(Louverall Ceiling Lighting)
- 凹圓光照明(Cove Lighting)
- 檐板照明(Cornice Lighting)
- 人工窗照明 (Artificial Lighting)
- 槽光照明(System Lighting)等。

2. 商業店舖及百貨之照度如何訂定？

店舖之照度標準在表 5-2-6 國家標準 CNS-12112-Z1044 有訂定，但如果要考慮商業效果及提高照度，可以參考國外的 I.E.S 及 CIE 之標準，主要針對何種商場而訂出其照度，在標準內之照度均是平均值及最低值，如果要加強可請專家決定。

3. 照明之節約能源步驟是什麼？

在照明上省能方法有 7 個步驟：

(1) 依照明 TPO 選擇適合之照明設計

(T.P.O=Time,Place and Occasion)即適合時間、場所及狀況之設計，也就是適時、適光、適所之照明設計來運用。

(2) 選用高效率之光源及點燈裝置。

(3) 採用高性能照明器具。

(4) 採用有調光、自動點滅機能之控制裝置。

(5) 利用陽光（晝光）方式。

(6) 室內牆壁採用良好反射率之內部塗裝。

(7) 有計劃的更換燈管及清掃燈具。

表 5-2-6 商店、百貨店、其它之 CNS 照度標準

CNS 12112, Z 1044

- 18 -

表 5 室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表(續)

室內、作業或活動種類	\bar{E}_m (lux)	UGR_L	R_a	備註
(7) 檔案室	200	25	80	
23. 零售店				
(1) 小型銷售區	300	22	80	
(2) 大型銷售區	500	22	80	
(3) 收銀區	500	19	80	
(4) 包裝台	500	19	80	
24. 餐廳、旅館				
(1) 接待、收銀櫃台	300	22	80	
(2) 廚房	500	22	80	
(3) 用餐區、宴會場	200	22	80	照明應具親密的氣氛
(4) 自助餐館	200	22	80	
(5) 歐式自助餐廳	300	22	80	
(6) 會議室	500	19	80	建議可調光
(7) 走廊	100	25	80	夜間可接受低照度
25. 娛樂場所				
(1) 劇院、音樂廳	200	22	80	
(2) 多功能廳	300	22	80	
(3) 練習室、更衣室	300	22	80	應具備化妝用無鏡面眩光照明
(4) 博物館(一般性)	300	19	80	照明應符合陳列要求、防止輻射、參照博物館照明指南
26. 圖書館				
(1) 書架	200	19	80	
(2) 閱讀區	500	19	80	
(3) 櫃檯	500	19	80	
27. 公共停車場(室內)				
(1) 進口/出口斜坡(白天)	300	25	40	必須能辨識安全顏色
(2) 進口/出口斜坡(夜間)	75	25	40	必須能辨識安全顏色
(3) 車道	75	25	40	必須能辨識安全顏色
(4) 停車場	75	28	40	垂直照度增加提高使用者辨識能力,以提高安全性。

4. 何種照明設計是適用照明 T.P.O 設計？

照明 T.P.O 是(Time, Place and Occasion)是 I.E.S 及 J.I.E.S 兩個學會提倡之照明設計法，也就是適時、適光、適所之照明設計，可以由圖 5-2-4 照明場所光源佈置方法來說明。照明之 T.P.O 工作場所→要明亮、舒適之照明

- 休憩場所→讓心神得到安靜之照明
- 行動之場所→有保持安全之照明
- 停止工作時→能作細緻的熄燈
- 屋外之燈光→必要採最低限度去點燈

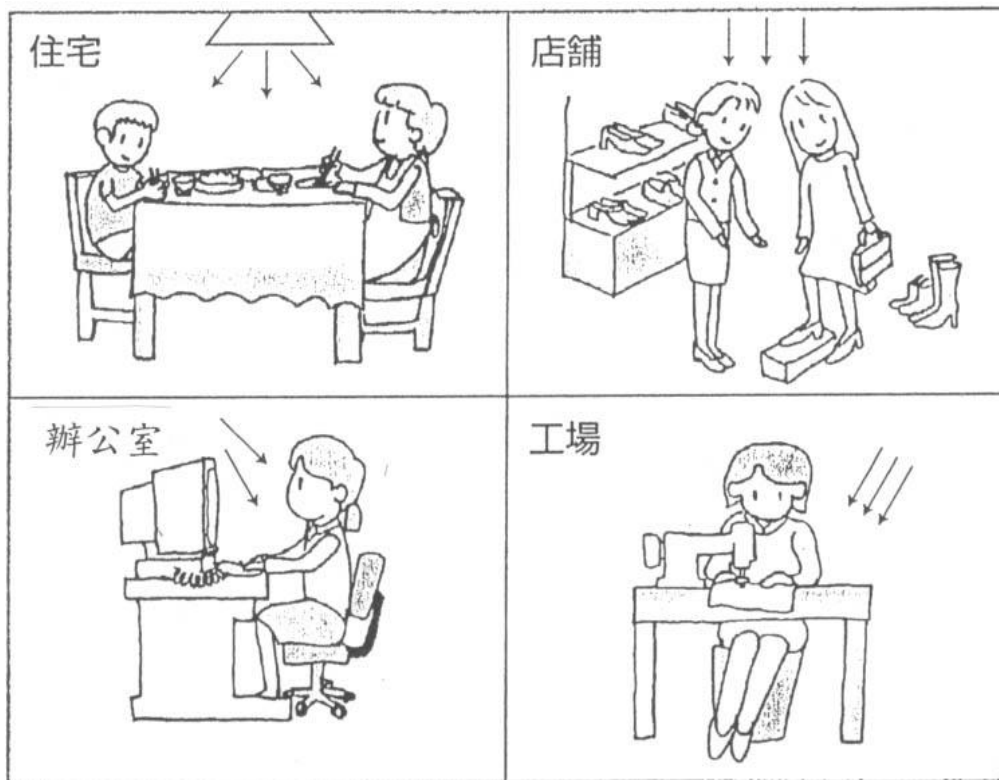
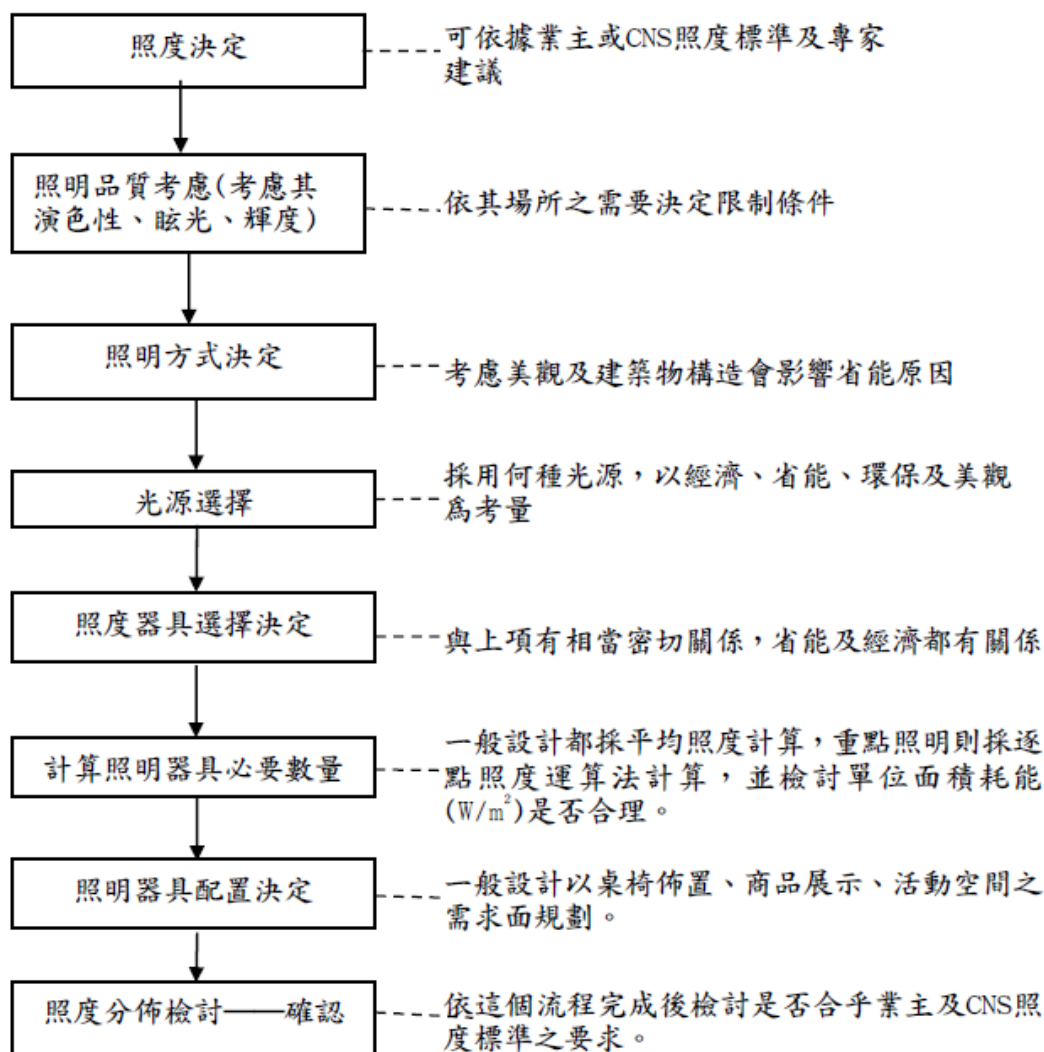


圖 5-2-4 照明場所光源佈置方法

5. 照明的省能應該要考慮什麼？

一般照明設計都有其流程，在流程中可以決定是否有節約能源之三個流程乃「照明方式之決定」「光源之選擇」「照明器具之選擇及決定」。其流程如下：



6. 如何選擇高效率之光源及點燈裝置？

就高效率日光燈之選用可參考表 5-2-8，政府 106 年 4 月最新公佈之螢光燈管效率標準。日光燈之傳統式安定器是採用磁鐵心電磁回路式安定器，在能源危機之初期，研發出來低損失(低電磁耗損)之安定器，當時商檢局(現在標檢局)有規定，內銷之日光燈安定器必經過檢驗(型式及抽驗)合格始能銷售，

但後來出現了電子式安定器或電子起動器組合(Hy-brid)式安定器(混合式)，到高頻點燈式電子安定器，發展至目前高頻高效率電子安定器，使得傳統式日光燈管也都可以使用，見表 5-2-7 螢光燈點燈回路的性能及特長所示。

一般而言使用電子安定器，可以節約原照明用電約 15%，如果採用高頻點燈專用高效率型安定器，搭配高頻專用日光燈管則可節省到 25%之用電。

表 5-2-7 螢光燈點燈回路的性能及特長

種類	用途	省電效果	特長
磁氣回路式安定器(省電力設計形)	32W 以下起動式安定器(住宅用)採用	約 10%	價廉
混合式安定器(磁氣回路式安定器 + 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%	小形、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%	小形、輕量、瞬時點燈、無閃爍可以省電

表 5-2-8 螢光燈管能源效率標準

類別			螢光燈管 區分	額定螢光 燈管功率 (W)	發光效率基準 (lm/W)		
					晝光色(D)	冷白色(CW) 晝白色(N)	白色(W) 溫白色(WW) 燈泡色(L)
非屬 T5 之 螢光燈管	直管型	預熱 起動型	10	10	45	50	53
			15	11~15	59	63	65
			16、20	16~20	71	74	77
			30	21~30	76	80	84
			32、40、50	31 以上	84	88	90
		瞬時 起動型	20	16~20	62	71	74
			40	31~40	75	81	84
			60	51~60	67	72	75
			110	100~110	85	87	91
			環管型	20	20,18	51	53
	22	22,19		51	53	57	
	30	30,28		57	58	60	
	32	32,30		65	67	69	
	40	40,38		70	77	81	
	T5 螢光燈管	直管型	高效率型	14	14	77	82
21				21	81	86	90
28				28	84	89	93
35				35	85	90	94
高輸出型			24	24	66	70	73
			39	39	71	75	79
			49	49	79	84	88
			54	54	74	78	82
環管型		80	80	69	73	77	
		22	22	69	73	77	
		40	40	73	77	81	
		55	55	68	72	75	
		60	60	72	76	80	

7. 高性能照明器具是指那一種？可否約略介紹。

LED 照明產品為現階段最為看好的全球照明光源之新興節能產品，現階段 LED 燈泡的整體發光效率可達 100~120lm/W(白熾燈泡發光效率為 15~25lm/W)，已具有取代傳統照明市場實力，其特性優點如下表 5-2-9 所示。

- 節能：目前市售白光 LED 光源產品發光效率可達 80~100lm/W，已經高於大多數放電光源，更遠高於傳統白熾燈及鹵素燈泡。
- 搭配性：單顆白光 LED 驅動電壓約 3.2~3.5V，因此 LED 照明產品可輕易搭配太陽能等再生能源電力系統。
- 耐久性：LED 光源壽命在額定的操作條件下可達 3 萬小時以上，長壽命的優點可以減少燈具產品的維護費用。
- 環保：LED 不含汞，而且光源不會產生輻射與過量的電磁波。並且針對 LED 與省電燈泡的碳足跡進行評估，LED 產品的碳足跡遠低於省電燈泡，是真正的綠色光源。
- 多樣化：LED 體積小，燈具設計靈活，可以配合應用產品的各種造型，以薄形及輕量化設計。LED 晶片幾近為點狀光源，可輕易利用封裝技術縮小 LED 出光角度以增強其輝度，使人眼容易察覺、具有指向性強的特性，適合應用在強調特徵的區域照明。
- 調光容易：LED 可使用直流電源驅動，也可以使用脈波亮度調變控制驅動（PWM），不管是任何一種方式，都可以任意調整 LED 驅動電流，來對 LED 進行調光。

表 5-2-9 LED 光源產品與各種光源的比較

光源種類	效率(lm/W)	演色性(Ra)	色溫度(K)	使用壽命(小時)
白熾燈泡	15	100	2700	1,000~5,000
鹵素燈	25	100	3000	2,000~5,000
螢光省電燈泡	60	85	6500	,000~6,000
高演色性 T5 螢光燈	90-100	85	6500	15,000~20,000
LED 球泡燈	80-100	80-85	4000	25,000~30,000
LED 燈管 (暖色)	75-90	80-85	3000	25,000~30,000
LED 燈管	100-120	80-85	5700	25,000~30,000
複金屬燈	90	65~85	3000~4700	10,000~20,000

8. 可否舉例說明採用高效率照明燈具能節約能源？

一般在公共設施或大賣場挑高較高之場所改用(Metal-Halid Lamp)複金屬燈，原採用低輝度高瓦特複金屬燈，現已可改採用新光源 LED 燈（在照明環境不變，光源數量不變下），可減少燈具數量投資及維護費，並可節電 50% 以上，光效增強 37% 以上。LED 燈壽命平均可達 3 萬小時，減少燈管更換次數，更環保，更節能。



圖 5-2-5 賣場改採用 LED 光源實景

9. 為了要節約能源維持燈具清潔是否有其經濟價值？

以百貨公司而言，原則上每五年更新內裝一次，照明燈具也隨之更新。為了美觀上考量，都會固定執行清掃及點檢老化燈具，若不清拭燈具照度可降低 30~50%(如圖 5-2-6 所示)，將影響照明環境品質及顧客上門購買意願。若以增設燈具提高照度，則增加照明用電，所以必須透過定期勤加清潔與整理，以維持燈具之高發光效率與被照面之實質照度。至於清掃燈具之的間隔週期，可參考表 5-2-10 之清潔週期，各公司可自行視實際狀況，訂定週期施行清掃時間。

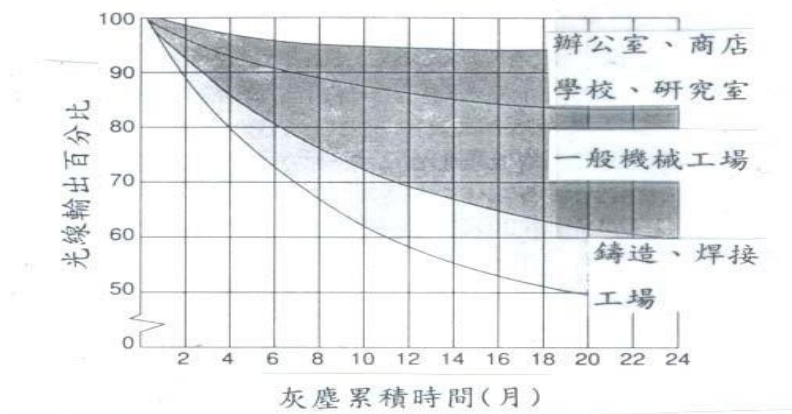


圖 5-2-6 灰塵累積後影響光輸出減少之情形

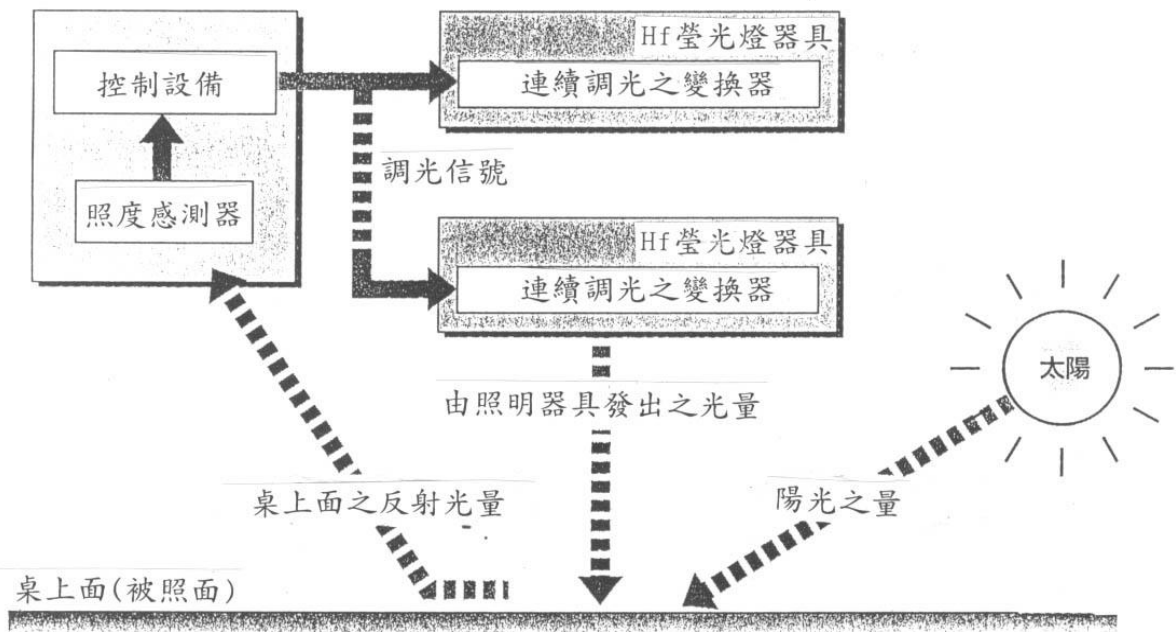
表 5-2-10 就光源別其最經濟清掃的預估時間

周圍環境	清掃容易度	LED 球泡燈	LED 燈管	螢光燈
清潔	容易	5-15 個月	4-10 個月	2-6 個月
	普通	15-20 個月	8-12 個月	6-9 個月
	困難	20-25 個月	12-15 個月	9-12 個月
普通	容易	3-10 個月	3-8 個月	2-5 個月
	普通	10-12 個月	6-9 個月	5-7 個月
	困難	12-15 個月	8-10 個月	7-9 個月
非常易污染	容易	2-6 個月	2-5 個月	1-4 個月
	普通	6-9 個月	3-6 個月	4-6 個月
	困難	9-12 個月	6-9 個月	6-8 個月

10. 如何利用自然採光？可使用那些控制設備？

晝光利用之方法很多，最簡單的方法就是燈具配線時就應考慮如靠窗側之燈具，可以依陽光大小隨手開燈熄燈，此措施多半被學校或一般辦公廳、商業大樓之出租房間採用，這都是手動控制。

另外一種是集體控制方法，這需要晝光測定之感測器，由測定晝光之強弱，來控制照明器具，這種控制系統，目前很多製造廠在開發，國外進口也很多，比較精密之方式是如圖 5-2-7 所示，將陽光之量與室內光線之量來作比較而控制之方法。



照度控制系統基本原理

圖 5-2-7 照度控制系統基本原理

11. 降低照度節約用電是否合理?

事實上節約能源並非只是減低照度(光線)就可以得到，我們節約用電要在合理用電之原則下，所以全世界提供節約用電的國家，並沒有以減低照度來節約用電，特別是辦公廳或工作場所，如此易使員工產生疲勞及倦怠感。

在現在 OA 化辦公廳使用 VTD 作業是很普遍，從事這些工作的人，其照度與疲勞有很大之關連，尤其是照度分布不均勻之地方或眩光很大的場所，對眼睛疲勞之影響是非常大。身體疲勞是可藉由停止勞動就可以恢復，但眼睛之疲勞往往無法在短時間去除，因為我們要靠視覺作業，所以無法在此不良視覺環境工作，除非改善此視覺環境。這就是節約用電並非減低照度之主因，如圖 5-2-8 照度與眼睛疲勞之關係圖所示，此曲線是每 1 小時調節眼睛所需之時間與照度關係曲線，調節時間愈長，眼睛之疲勞愈大。這就是一般讀書照度最好在 500Lux 以上之原因。

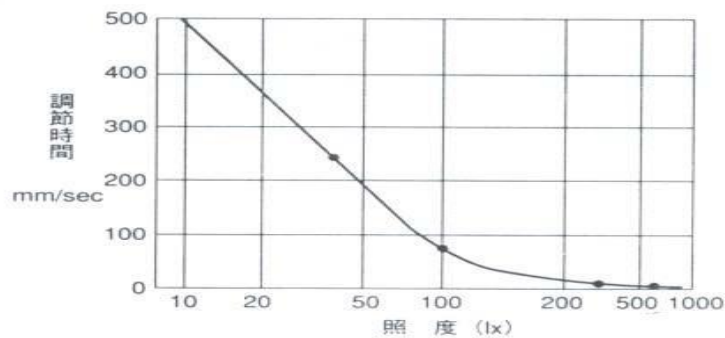


圖 5-2-8 照度與眼睛疲勞之關係圖

12. 選擇光源時一定要說明其使用場所，始得配合其氣氛，而影響氣氛主要因素是什麼？

各種光源都有其色溫度，此色溫度對照度有相當關係，因為色溫度的不同，使得被採用場所(使用場所)之氣氛感覺「冷涼」或「悶熱」，這就是光源色溫度所造成，它使環境場所所有很顯著的變化出現，待眼睛適應後此情況將慢慢消除，所以選擇光源時，必須指定光源色溫度，始能得到良好之氣氛。

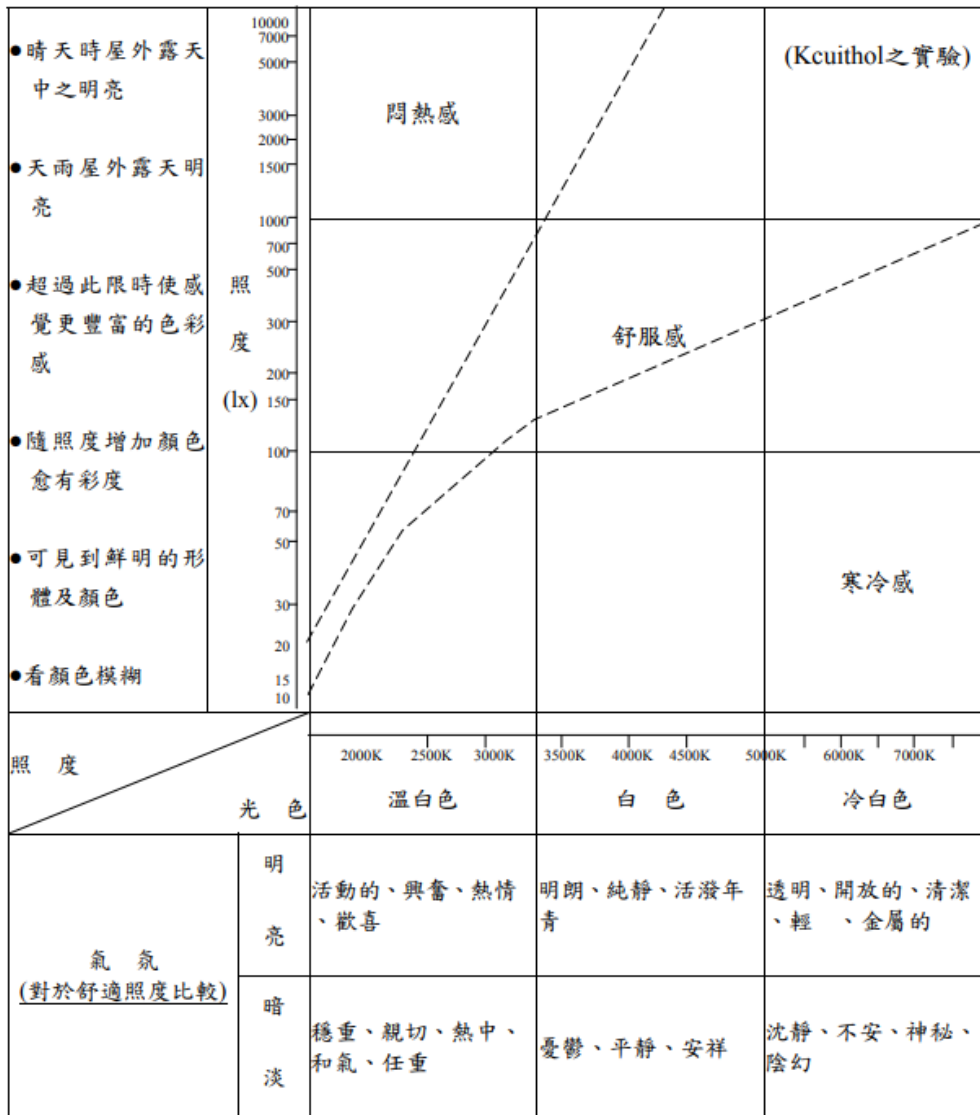


圖 5-2-9 照度與色溫度之變化引起氣氛之關係圖

三、空調系統

(一)百貨公司之空調冷凍耗能

社會進步，商業多元化發展，已使百貨業分成各種經營型式，也各有其耗能特性。百貨業較具代表性的可分為店舖及便利商店、超級市場、大賣場、大型百貨公司、購物中心等，其中較大型之賣場、百貨公司、購物中心的經營，還包含了兒童遊樂設施及餐飲娛樂場所，且部分百貨公司同時也經營超級市場。而以上各類型百貨業由於規模及經營方式不同，其空調冷凍之耗能特性差異介紹如下：

1. 店舖商店：

所謂店舖係指面積較小之各類商店，如食品類連鎖店、服裝店、電腦資訊類專賣店。這類商店所用的空調有多種特性，有的用水冷式箱型空調主機，也有使用分離式空調。並且有些店舖為開放式設計，無法做適當溫控及防止冷氣外洩。

2. 便利商店：

- A. 全年全天候空調，照明之熱負荷大，店內冷氣溫度較低。
- B. 多數使用氣冷式空調主機，以一台室外主機供應一台或多台室內空調機。
- C. 空調外氣量無控制，主要由門開關時所帶入。
- D. 店內人數起落很大，空調容量以因應最多之人數做設計。
- E. 冷凍冷藏櫃有可觀之耗能，但多為有門之展示櫃，開放式展示櫃較少。便利商店遍佈城鄉，數量很多，有不少節能潛力。

3. 超級市場：

在先進國家，超級市場耗電均為重要之節能問題，在美國中南部地區之超市，有許多用吸附式除濕空調。其設計要點，為降低溼度，提高超市室內之設定溫度，如此不但可減少空調負荷，並且會減少冷凍冷藏系統結霜問題，而達成節能之功效。超級市場中展示櫃多為開放式，其吹出之冷風與室內空氣混合，經常造成室內溫度降低之問題，接近展示櫃區域之溫度經常降低至 22°C 或更低，不但造成不適感，並且浪費能源。典型之超級市場，主要耗能為冷凍冷藏，可達總耗電量之一半以上。

4. 大賣場：

至於大賣場，其強調物品之多樣化，一次可購足所需物品，強調價格上優勢，故較無特殊之照明設計。大賣場有較高之樓板高度，經營面積很大，部分區域亦有冷凍冷藏展示櫃，有如超市，但其對整體溫度之影響較小。一般而言，大賣場如同百貨公司，用風管將已調節之空氣送到賣場各區域。

5. 百貨公司：

百貨公司營業特性乃強調所銷售物品之特色，故各專櫃多用不同照明方式突顯產品特色，也因如此空調設計需因應這些照明設備之熱負荷。除此之外，百貨公司的空調也需因應旺季或折扣期間之人潮，所以空調容量之設計會較平時需求大，容量控制也變成節能之重要方法。一般而言，百貨公司均用大型水冷式空調主機，每一樓層用一個或多個機房，內設空氣調節箱供應空調。空調容量的控制一般用三通閥控制流經空調箱之冰水旁通量，當氣溫不高或人員較少時，將送入空調箱之冰水旁通一部份，減少進入空調箱之水量，如此控制空調容量，減少耗能。再者，部分百貨公司兼有餐飲之營業，餐飲業除了有集中營業時間之特性，烹煮食品之熱負荷外，尚需考慮到廚房空調及排氣設計。廚房在烹煮時皆須啟動排煙或排氣系統，而其排氣量一般皆超過健康與衛生所需之外氣量，以外氣補充排氣會造成許多浪費，需給予考量以節約能源。百貨公司也經常經營超級市場，故此部份之耗能特性與超市相同。

6. 購物中心：

購物中心型態之商場近年來也在國內發展，其可能包括了以上所述之各種百貨業於單一建築內，故其空調耗能為以上各類百貨業之綜合。

(二)百貨業之空調冷凍設計

美國冷凍空調學會之技術手冊(ASHRAE Handbook-HVAC Applications)對百貨業之空調冷凍也有提出一些設計方針，分別就小商店、廉價或折扣物品店、便利店、超級市場、百貨公司、商店及購物中心之空調冷凍設計加以說明。

(1)小商店、便利商店：

可用小型水冷或氣冷式主機，採用一套以上小型空調機為佳，不但可在設備故障時不至於造成空調系統失效之問題，也有省能效益。因空調機在部分負載時，尤其是低負載時，能源效率較差。如用風管送風時，小商店適採用低壓損設計來節能，建議用 4m/s 至 6m/s 風速，每 m 風管之壓損用 0.6 至 0.8Pa。空調電力每 1.0kW，送風量用 47 至 60L/s，空調電力之負載依空調負荷計算。風管設計需用風門(dampers)來調整風量、控制外氣量及平衡各送風口之風量。

在控制方面，除了用送風量控制室溫外，也建議用自動風門，當送風機停止時將外氣風門關閉防止外氣之進入。在換季或室外氣溫低時，將低溫之外氣送入，因應室內之熱負荷，如此可減少或避免空調主機耗電。

便利商店屬小店舖，空調可能是建築所有權人所設，或為店主本身所設，無一定之設計規範。

(2)廉價或折扣物品店

為達經濟效益，設計空調系統時，室內溫度設定在 27°C，操作時才將溫度設定在 24°C，使設備在高負載下運轉，如此可降低初設成本，提升設備效率，並提供適當的溫度。如有特別需求之空間，如易腐敗物品之儲存，則應另設空調因應。照明負荷方面一般區域為 20 至 40W/m²，特別展示區則為 65 至 85W/m²。對於不需高照明度之空間如儲藏室、收發、廁所等，可用 20W/m² 空調負荷設計。建築外週區(係指離外牆或窗 5m 內之空間)之空調負荷常有較大之變化，故這些區域應設計風量控制，適當的因應空調負載的變化。

因操作空調人員多非專業，控制系統需簡單化並高度自動化。如樓層較高，供風點應設於較低點，以利溫度分層使冷氣不至於浪費。

(3)超級市場：

超級市場有很多的展示櫃，開放式展示櫃方便顧客選取物品，但同時吸收了大量的熱，致使超級市場有溫度過低之問題，並造成熱交換器結霜之問題。美國之研究發現展示櫃耗電與店內相對溼度有密切之關係，如圖 5-3-1，超市內絕對溼度提高會造成 20% 以上之耗能。因此超市之相對溼度應設在 55%RH 以下。除此之外，其空調設計亦有其他問題考量，一為空調系統之顯熱比會降至 50%，一般空調設計不易達成此目標，可用全熱交換器減少外氣之潛熱負荷或以吸附空調除濕。在空調負荷方面，需考慮展示櫃之冷卻效應。根據 ASHRAE 研究顯示在一個典型的超市，冷凍冷藏展示櫃有 56kW 左右之冷卻效應，其中 81% 為顯熱，會減少空調顯熱負荷，這也就是為何空調顯熱比會降低的原因。

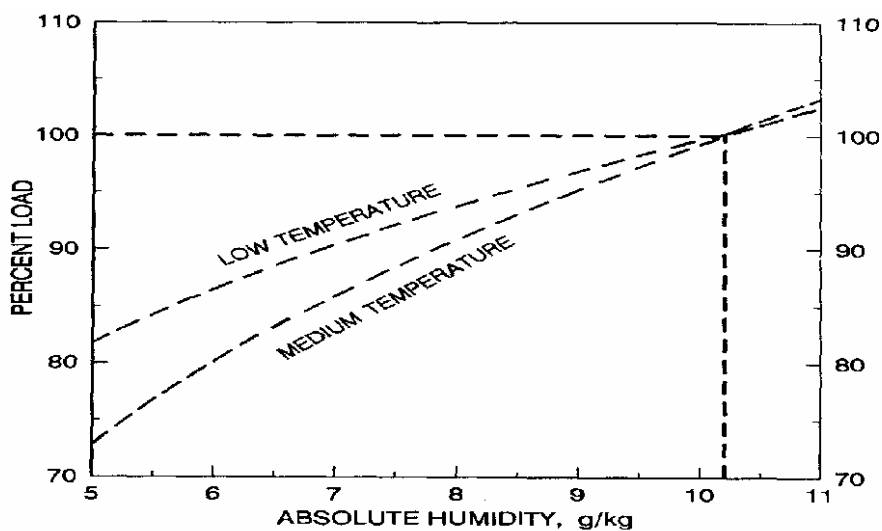


圖 5-3-1 超市內絕對濕度之提升會增加冷凍系統之耗能。

(4)百貨公司

一個良好的空調設計需考慮使用場所之特性，以百貨公司而言，可做以下之設計考量：

- A. 自動控制裝置，用於因應空調負荷之變化。
- B. 區域空調送風設計，以達到負荷變化而變風量時尚能有均勻之送風。
- C. 在換季時，如外氣條件適合，可以全量外氣因應室內熱負荷，以節約能源。
- D. 百貨公司之溫度可控制在 26°C，溼度可控制在 50%，較低之濕度可降低物品釋放出來之異味。百貨公司之照明負荷及人員密度，可參考表 5-3-1 及表 5-3-2。

表 5-3-1 百貨公司照明負荷之參考(ASHRAE)

區域	W/m ²
地下室	30~50
一樓	40~70
上樓層，女裝部	30~50
上樓層，家用物部	20~30

表 5-3-2 百貨公司人員密度之參考(ASHRAE)

區域	m ² /人
都市之地下室	2~9
其他地下室	2~9
都市區一樓	2~7
市郊區一樓	2~7
上樓層，女裝部	5~9
上樓層，家用物部	9 以上

(5)大型購物中心

美國 ASHRAE 對大型購物中心之空調裝置容量及耗能可用表 5-3-3 預估，購物中心多用中央型之空調，送冰水至各大區域之機房，再由機房用風管將冷風送至使用空間。但大型購物中心有多種營業型態，雖然中央空調之應用有較多之優點，亦會有一些商店使用各別之空調。再者，當其建築管理權有分屬時，其也會有分區之各別中央空調。

表 5-3-3 美國 ASHRAE 對大型購物中心空調裝置容量及耗能之預估

空間用途	冷房裝置 W/m ²	年照明耗能 MJ/m ²	年空調耗能 MJ/m ²	其他年耗能 MJ/m ²
糖果店	141-246	926-1147	302-911	93-2716
服裝店	118-144	546-965	310-372	47-260
速食店	152-246	647-1256	380-911	1476-2713
遊戲場	107-140	264-484	279-283	8-535
一般貨品店	104-138	512-903	244-376	54-360
一般服務店	124-159	608-674	302-357	295-318
禮品店	115-161	496-887	244-388	16-85
雜貨店	219-272	422-748	205-345	721-814
手飾店	169-209	1442-1740	411-477	295-360
餐飲店	126-167	194-853	302-477	667-814
鞋店	116-160	791-1244	287-442	39-89
中庭區	95-151	209-465	322-531	8-58
平均	95-151	698-1085	310-581	39-116

(三)空調節能標準之簡介

1. 我國空調節能法規標準

我國能源法規有規範百貨類建築空調之耗電標準，超過 100hp(1hp=746W)之空調皆須設置獨立電表，每月每 m² 樓板面積有其耗電標準，當用電超過標準值時台電公司會提高用電費率，以此方法要求節約空調耗能。(百貨類屬管制之第三類建築，其耗電標準，如下表 5-3-4。)因實施上有困難，以上之耗電管制已不執行。

表 5-3-4 能源法規百貨類建築之耗電標準

月份	1-3	4	5	6	7	8	9	10	11
度電/m ² 月	3.6	5.4	8.4	10.5	15.6	19.5	16.8	13.2	7.5

後來為了節約耗電，內政部從建築外殼設計著手，從建築之方位、開窗率、建材等其他耗能因子，評估建築外週區每年每 m² 之空調耗電，訂定了建築外殼耗能標準之計算值，Envload。目前百貨類建築之標準 Envload 值為每年 300kWh/m².Y，Envload 為管制建築設計之空調耗能計算值。

2. 美國空調節能法規標準

美國在管制建築耗能方面訂有兩個代表性之標準，如下：

- A. ANSI/ASHRAE/IES Standard 100-2018: Energy Efficiency in Existing Buildings，為一個美國國家標準，規範現有建築之節能措施，為美國冷凍空調學會與照明學會共同制定。
- B. ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016--Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings，亦為美國冷凍空調學會及照明學會共同制定，已於 1999 年底修訂並列入國家標準，將於今年發佈，其對新建築節能設計訂定國家標準及符合標準之方法，已被美國一些州政府當為建築法規。

3. 美國 ASHRAE 100-2015 空調相關之節能措施

(1)在操作與維修部分：

- A. 需將建築之各耗能資料蒐集分析，並至少保留兩年之紀錄，所蒐集之資料應涵蓋至少 85%之建築耗能。
- B. 瞭解同類建築之耗能情況，以平均值作為自己之目標。
- C. 各設備應依原廠之規範保養，泵及管路上應標示流量及流向。
- D. 各建築之操作手冊應包括一建築之照片、竣工圖、設備清單、耗電紀錄，設備購買與維修紀錄，空氣、水及蒸氣量之調整紀錄，電表與能源儲存紀錄，控制系統設計及季節性調整程序。
- E. 門窗框縫隙應予填補，管路貫穿屋頂或牆部分應給予氣密處理。
- F. 沒使用之通道如風道，應將其關閉。
- G. 應以建築使用特性做溫度設定之調整，尤其是沒使用時應適當調整空調。
- H. 應確定溫溼度設定之準確度，以確實達到節能目標。
- I. 各空間之風口及風溫應做適當之調整及平衡，以避免過冷造成浪費。
- J. 熱交換器表面應清洗乾淨，以維持高效率之熱傳。
- K. 空氣過濾器應適時更換，每年至少兩次，以減少風阻及送風耗能。

(2)在建築與設備修改或更換部份：

- A. 建築外觀之修改會影響耗能，與空調有關的為外牆之隔熱性能，開窗之熱獲得，及屋頂之熱傳，此標準將以上三種熱獲得綜合成一種指標，係總熱傳值（overall thermal transfer value），ASHRAE 依據不同緯度有不同之 OTTV 標準，如北緯 20 度為 27.8，北緯 40 為 33.5，緯度低之區域因冷房需求較大，故有較嚴格之標準。
- B. 在溫度控制方面，外週區（離外牆 5m 以內）應做分區之控制，每 15m 至少有一控制點，控制之精確度應達到 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 。
- C. 以修改建築達到更節能之功效，如用內外遮陽，應適當降低送風量以節約空調耗電。
- D. 不可用同時使用加熱與冷卻來控制溫度。（控制相對溼度時除外）
- E. 新購空調設備應達到所規定之 EER 值。
- F. 如單套空調之外氣量超過 200CFM，應設可控制之風門，在無人使用時關閉風門。
- G. 依規定保溫管路，如表 5-3-5 之最低保溫厚度。
- H. 送風管保溫可用熱阻值(含傳導係數與厚度)來規範，並依不同冷房需求有不同 R 值標準，台灣地區屬冷房需求較大者，依以上標準送風管熱阻， $R=8.0\text{hft}^2\text{F/Btu}(1.408\text{m}^2\text{C/W})$ 。超過 1.0hp 之馬達，其效率應依標準值規範，馬力越大之馬達，效率應越高，馬達之耗電不應超過設計需求之 25%。

表 5-3-5 熱傳導係數在 0.23~0.27Btu in/h ft²°F時之最低保溫厚度(in)

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

冰水溫度	支管	< 1 in 管	1 ~ 2 in	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

註：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

$$T = PR \left[\left(1 + \frac{t}{PR} \right)^{K/k} - 1 \right], \text{ in}$$

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/hr ft²°F

k— 上表中較低之熱傳導係數，0.23 Btu in/h ft²°F

4. 美國對新設建築符合 90.1 標準之設計方法

ASHRAE 90.1 是針對新設之建築，符合 90.1 標準有兩種設計方法，一為符合各耗能因子(如：建築外牆、照明、空調)之標準值，使耗能在標準值以下，二為耗能總量法則，容許某部分超過標準值，但在其他部分應有較佳之設計，使耗能總量不超過依標準設計之建築。以下將 ASHRAE 90.1 有關空調耗能標準部分簡要說明。

(1)建築外殼部分，其所考慮因子包括：

- A. 建材之熱滲透值(thermal transmittance)。
- B. 建材之氣密性。
- C. 開窗面積之遮陽設計及性能。

(2)空調系統部分，節能措施如下：

- A. 外氣之設計溫度採不超過 2.5%之高百分位值(97.5%時候室外氣溫低於此值)。
- B. 採用 10%之安全係數(1.10)，以因應負荷變化。
- C. 特殊溫溼度需求區應有獨立之送風系統，空調送風超過總風量之 25%及樓板面積在 1,000ft²(92.9m²)以上之區域應有獨立之送風系統。外週區之空調負荷變化較大，應用獨立之送風系統以便調節風量。
- D. 外週區之溫控如 ASHRAE/IESNA 標準 100-2015 之規範。
- E. 外氣風量應設自動控制之風門，以便因應不使用時可關閉外氣，或更換操作模式以因應不同用途，總送風量在 3,000cfm(1,416L/s)以下之區域則不在標準之管制範圍。
- F. 對於每年使用時間不超過 150 小時之區域，可設獨立之送風系統，以便在不使用時得以關閉或獨立控制，獨立控制之區域不可跨樓層或面積超過 25,000ft²(2,323m²)。
- G. 冰水管保溫材厚度之規定比照 ASHRAE 100-2015。
- H. 送風管保溫隔熱性能之標準有兩種，在建築外之風管用至少 $R=8.0 \text{ h ft}^2\text{°F/Btu}$ (1.408m²C/W)之隔熱標準，在建築內之隔熱標準為 $R=5.0 \text{ h ft}^2\text{°F/Btu}$ (0.88m²C/W)，長度少於 10ft 風管可用 $R=3.3 \text{ h ft}^2\text{°F/Btu}$ (0.58m²C/W)之保溫隔熱標準。
- I. 風量須作適當之調整，減少用風門調風量所造成之壓損，用風機轉速調整風量為較佳策略。

- J. 空調控制系統應經常測試、校正、調整，使之操作良好。
- K. 變風量系統(VAV)最低風量不可超過最高風量之 30%，或 0.4cfm/ft²。
- L. 利用適當溫度之外氣提供內週區所需之冷氣效果，外氣量應可達總送風量之 85%。
- M. 送風耗能部份，對於定風量系統，送風耗能應在 0.8W/cfm 以下，但不包括過濾器及風阻耗能，對於變風量系統，其設計值應在 1.25W/cfm 以下，風量下 VAV 系統之耗電不宜超過 50%。
- N. 送水管路每 100m 之壓損不應超過 4m 以上。
- O. 空調設備之 SEER 值及部份負載積分值(Integrated
- P. Part-Load Value, IPLV)應較標準內所列者高。

(四)空調之節能方法

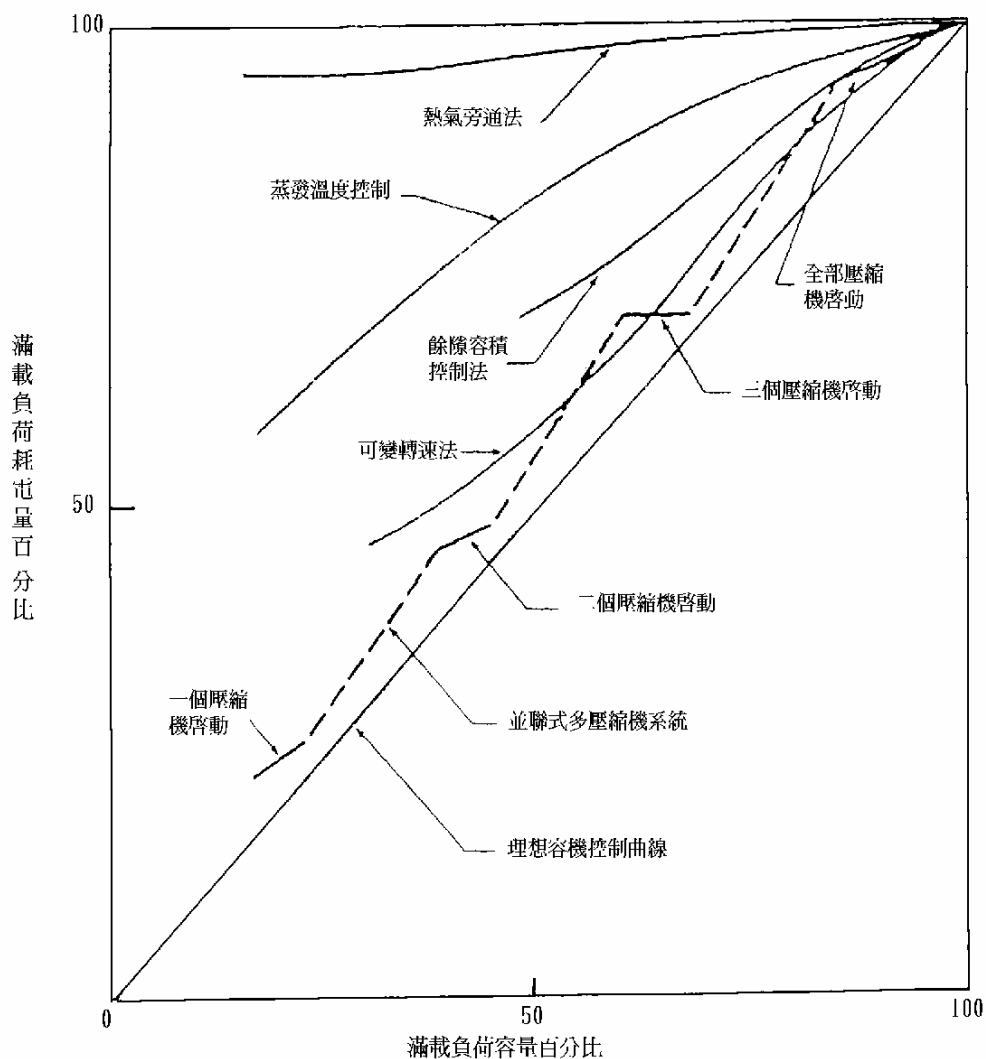
1.主機之省能重點

A. 慎選冰水主機及提高其運轉效率

冰水主機在中央空調系統中之耗能佔有相當大的比例，維持其在高效率下運轉也就顯得特別重要。因此，冰水機的節能方式如下：

- 因應 CFC 冷媒停產，考量採用非 CFC 冷媒的新式冰水主機時，應採用高效率主機。
- 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，增加部份負載時之效率。
- 應同時考慮其滿載時之效率和部份負載的運轉效率。
- 適當地調整冰水主機之冰水設定溫度，每提高 1.0°C 會減少約 3% 之耗能。
- 冷卻水入口溫度應在符合冰水機特性及外氣濕球溫度的限制下，儘可能地降低(通常以 29°C 為佳)。
- 冷卻水或冰水的水質管理，避免熱交換器結垢影響熱傳效率，應定期清洗熱交換器。
- 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 5-3-2 壓縮機容量之控制所示。

壓縮機容機之控制



註：適當之空調容量控制可減少空調耗能，使耗電量百分比趨近容量百分比

圖 5-3-2 壓縮機容量之控制

2. 空調搬運系統之功能

空調搬運系統為空調系統不可或缺之一部份，見圖 5-3-3 為空調系統之搬運系統示意圖。其主要功能為：

- (1) 將低溫冰水搬運到製造冷空氣之處(設備)。
- (2) 將冷空氣搬運到需要冷氣之處。
- (3) 將外氣(新鮮風)搬運到需要之處。
- (4) 將室內較污濁之空氣排放到室外。
- (5) 將空調主機(冷熱源)所產生之熱量排放到室外。

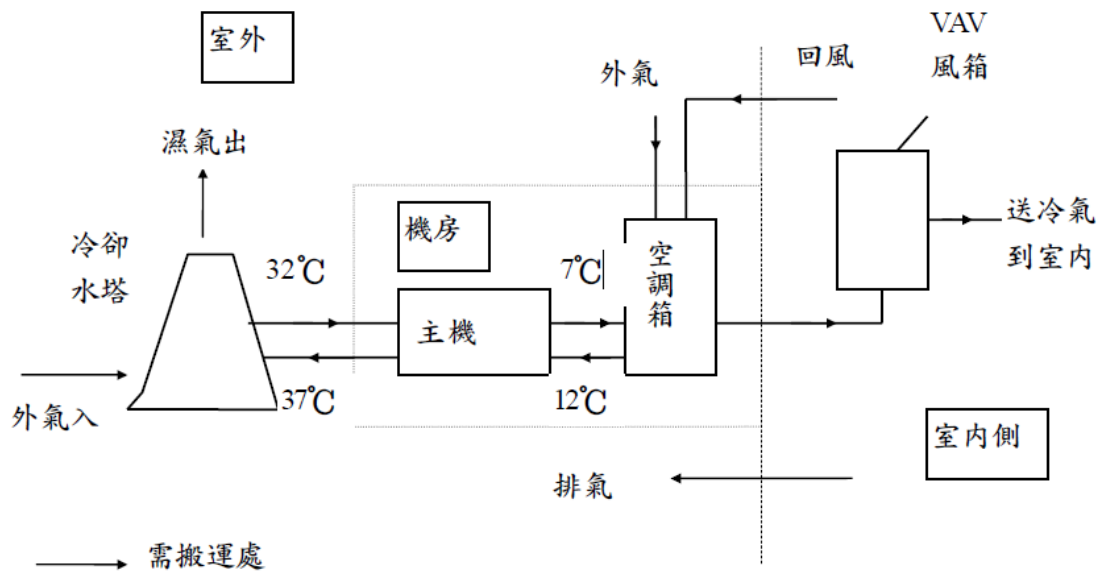


圖 5-3-3 空調系統之搬運系統

3.送風系統節能計畫

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，其裝置之電力可達空調總裝置電力之 25%，但是，因其運轉時間長，故其實際耗電比裝置比例大，不得不給予重視。

實例說明，台北某辦公大樓(地上 34 層，地下 3 層)為例，總空調面積 73,671m²，於每層設空調箱產生冷風，再將冷風送到空調區。此實例之耗能分析如表 5-3-6 所示。

表 5-3-6 台北某辦公大樓之實例耗能分析為例

	冷房熱源系統	送風系統	送水系統
裝置容量，kW (一次能源換算值)	6,358	2,019	342
全負荷相當運轉時間小時/年	969	1,883	1883
總耗能(以上兩項相乘)， 1000kWhr	6,161	3,802	644

以上系統乃全風系統，空調區只有風管、風口與送風控制，冷風由機械房之空調箱產生，送風管較長，故送風之耗能大。

簡而言之，可將送風系統分成兩種來討論

(1)風機盤管系統

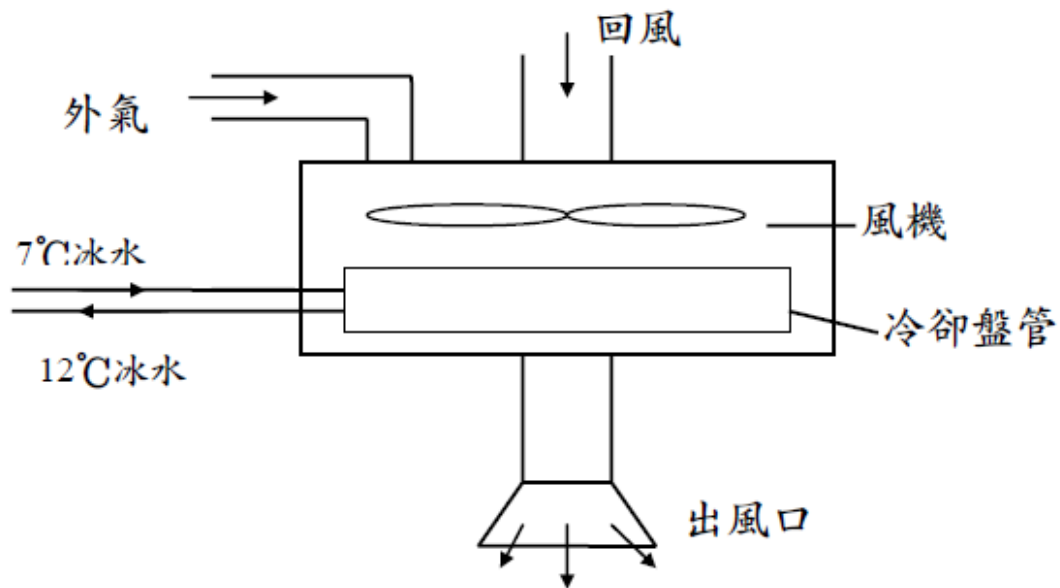


圖 5-3-4 風機盤管內主要有一個風機和一個盤管

如上圖 5-3-4 所示，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。對風機盤管而言，其節約能源之潛力有兩方面：

- A. 依需要或用溫度來調節冰水量，以節約水泵之耗能。
- B. 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，節約能源，但筆者在一項研究中發現馬達之控制未如理想，無法達到有效節能變速之目的。為了節能，馬達可裝置無段變速控制，最佳為 30-100%之風量
- C. 控制，如此不但可節約能源，並可增加空調溫度及舒適度之控制效果。

(2)全空氣系統

另一種常用的空調送風系統為全空氣系統，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回室內。這種空調方式的優點為：

- A. 空氣較能集中處理，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，可節省大量的送風耗能。

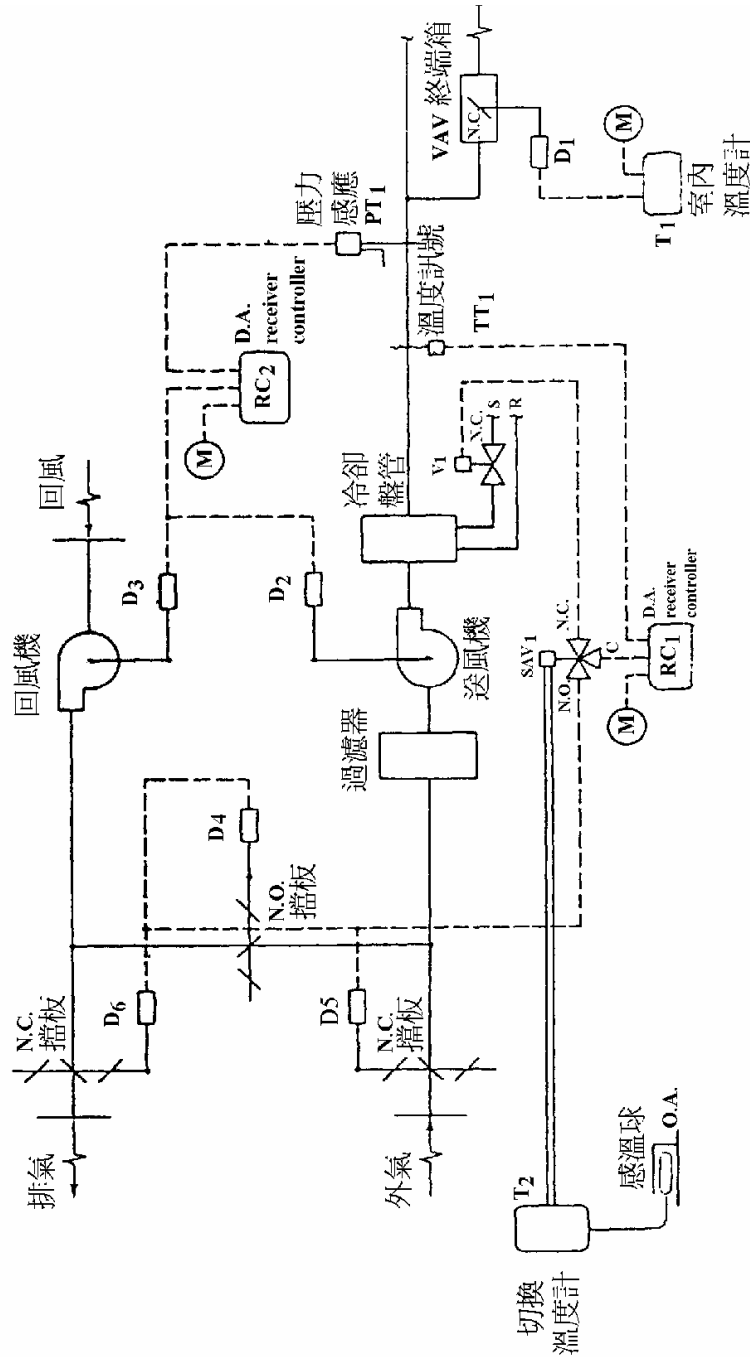
如前所述，單以控制冰水流量無法有效節約能源，而送風之全負載時間幾乎是冰水主機的兩倍，如能將其減少到與主機同就可減少近一半之送風耗能。

(3)可變風量系統

以下說明 VAV 系統之操作。VAV 系統流量的監控，如圖 5-3-5 所示，在系統中用溫度和壓力的感測器（transmitter），偵測風管內溫度及壓力的改變，然後將訊息傳給接收控制器（receiver controller），以控制風門和風扇的進氣量及冷盤管的冷水量來節約能源。其詳細的控制程序如下：

- A. 切換溫度計(T2) 感測室外溫度並傳送到選擇器(SAV1)，若室外溫度高於設定點，則選擇可變風量系統操作。若室外溫度低於設定點，則選擇外氣冷房系統操作。
- B. 操作可變風量系統時，控制器(RC1)接收送風管送風溫度感測器(TT1)之訊號，藉以控制冰水控制閥(V1)之冰水流量及送風溫度。
- C. 操作外氣冷房系統時，控制器(RC1)接收送風管送風溫度感測器(TT1)之訊號，藉以開啟外氣風門(D5)及排氣風門(D6)，並關閉再循環氣風門(D4)，進行外氣冷房。
- D. 冷房內恆溫器(T1)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。

- A. 由於多數 VAV 終端箱風門開啟，流出主風管之流量大，造成風管內靜壓(PT1)降低。接收控制器(RC2)獲得壓力訊息後便控制空調箱送風機及迴風機的轉速，以增加室內空氣循環量，補充負荷增加所需要的冷空氣。



VAV空調系統之控制流程圖

圖 5-3-5VAV 空調系統之控制流程圖

VAV 終端箱之設計有多種類，以 VAV 的功能而言，可由圖 5-3-6 作簡略的說明。

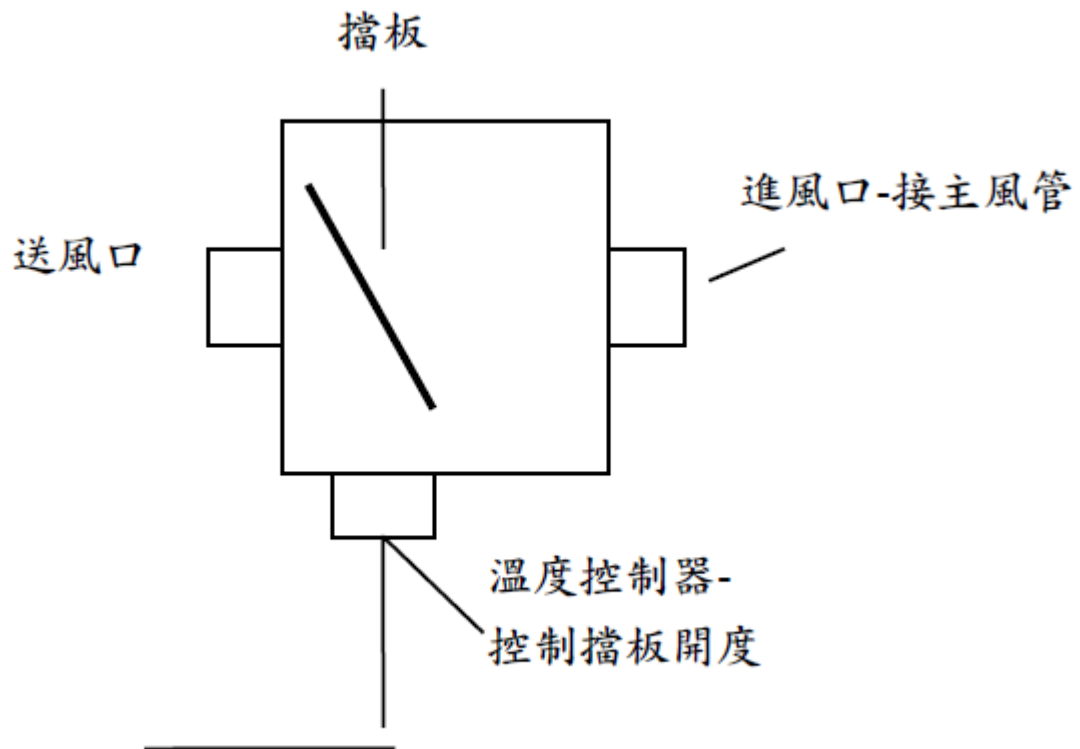


圖 5-3-6 VAV 終端箱之設計

其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，分別於各室內設置溫度感測器，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。但由於它的節能效果與較佳之空調品質，因此是一種較前瞻性的系統，在美國已是市場主流之一。

4.換氣量節能計畫

外氣與室內空氣之熱值(熱焓)差異很大，外氣在 32°C、70%RH 時，其熱焓為 20.6kcal/kg，室內空氣在 26°C、50%RH 時，其之熱焓為 12.6kcal/kg。尤其是夏季之尖峰，室內外空氣的熱焓差異更大，引入外氣會造成很大的負載，甚至高達30%之多。為了節約能源，美國 ASHRAE(冷凍空調學會)在 1973 年訂定了 62 號標準，隨後在 2013 與 2016 年修定了 62 號標準，如 5-3-7 所示。

表 5-3-7ASHRAE62 號標準外氣換氣量

空間用途	以人員計算換氣量 Rp		以空間計算換氣量 Ra	
	cfm/人	L/s·人	cfm/ft ²	L/s·m ²
教室	10	5	0.12	0.6
演講廳	7.5	3.8	0.06	0.3
自助餐廳	7.5	3.8	0.18	0.9
酒吧	7.5	3.8	0.18	0.9
廚房	7.5	3.8	0.12	0.6
咖啡廳	5	2.5	0.06	0.3
旅館房間	5	2.5	0.06	0.3
辦公室	5	2.5	0.06	0.3
圖書館	5	2.5	0.12	0.6
大廳	5	2.5	0.06	0.3
博物館	7.5	3.8	0.06	0.3
住宅	5	2.5	0.06	0.3
超市	7.5	3.8	0.06	0.3
舞池	20	10	0.06	0.3
健身房	20	10	0.06	0.3

備註：本表適用於禁止吸菸區。

(1)CO₂濃度控制

室內空氣品質可用 CO₂之濃度來當作指標，而 ASHRAE 標準 62-89 以 1,000ppm 之濃度作為最低標準，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。所以可以設定 CO₂濃度 600ppm 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，將外氣量提升到比最低標準高 50%之風量，而濃度低到 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。如此之三段控制，在大部份時間可以較少之外氣操作，在不犧牲空氣品質下，可節約 30%以上之外氣耗能。

(2)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，在換季甚至在冬季時內週區尚需空調。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：

參考本文所附之濕空氣線圖，圖 5-3-7。

假設以 1,000m³/hr(cmh)之外氣引入為例：

- A. 室內之空氣為 22°C、60%，其之熱焓約為 48kJ/kg。
- B. 室外之空氣為 16°C、70%，其之熱焓約為 38kJ/kg。
- C. 室內外之焓差約為 10kJ/kg。
- D. 可提供之冷氣量為 $1,000\text{m}^3 \times 1.2\text{kg}/\text{m}^3 \times 10\text{kJ}/\text{kg}$
 $4.186\text{kJ}/\text{h}/\text{kcal} \div 860\text{kcal}/\text{kwh} = 12,000\text{kJ}/\text{hr}$ ， $= 3.33 \text{ kW}$ 。
(21°C乾空氣密度為 1.2kg/m³)。

由上可見 1,000m³/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為可行，其設計需考慮兩點：

- A. 台灣地區之濕度高，不能像國外只用溫度作為外氣冷房之切換，需同時考慮溫濕度，計算焓值與設定值作比較。
- B. 一般之外氣約占總送風量之 20%，故送風管皆不大，若用 外氣冷房則需將外氣管加大，才會有足夠之外氣。
- C. 外氣冷房之操作，除由原空調箱之送風機引入外氣外，需另設排風機排出等量之排氣。
- D. 系統設施如允許引入較大量之外氣，則會有較大量之外氣冷房功效，唯不足之量(室內冷房負荷減去外氣冷房之節能量)，仍須由冰水盤管供應。

海平面空氣線圖 NORMAL TEMPERATURE SEA LEVEL
BAROMETRIC PRESSURE 101.325 kPa.

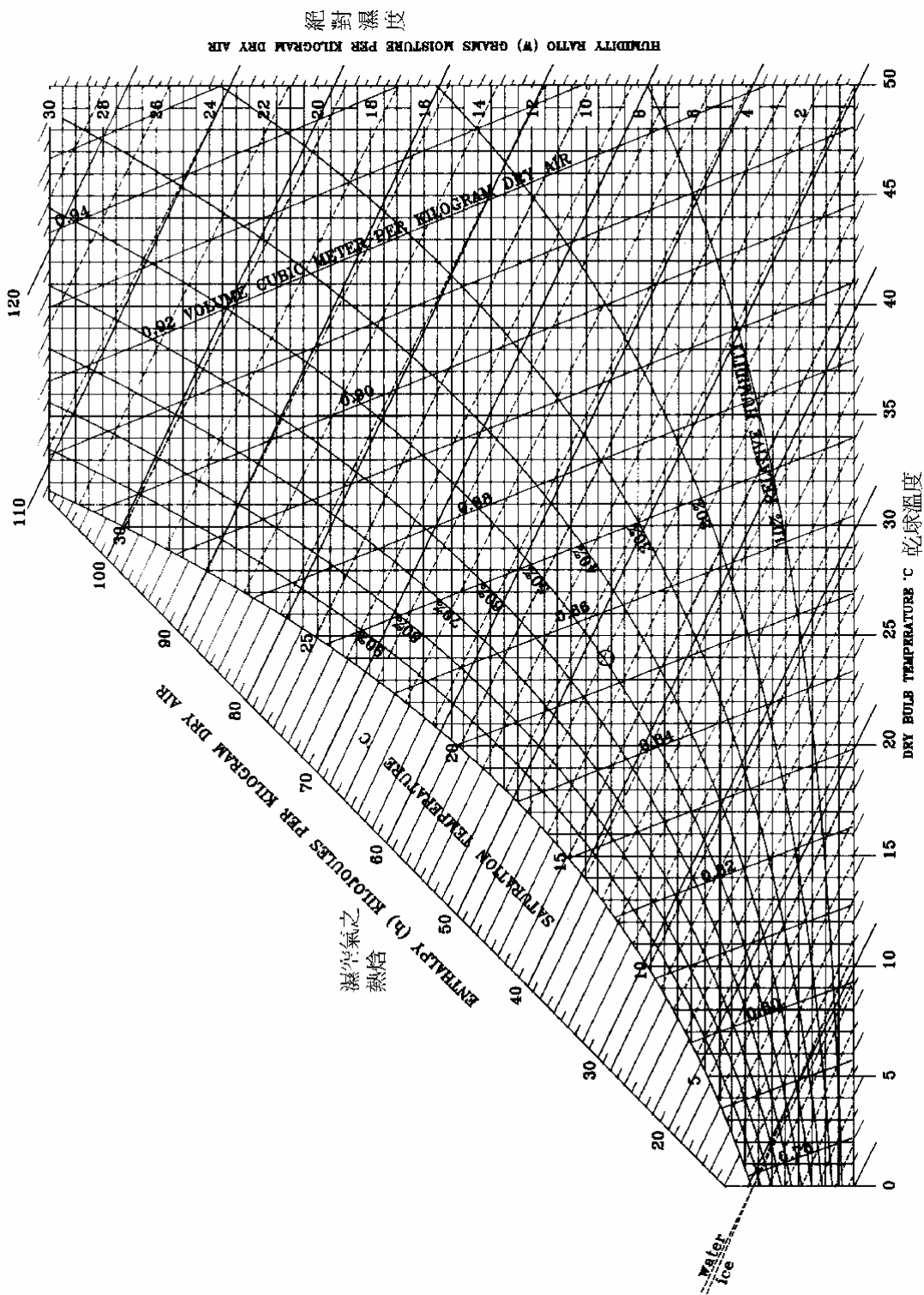


圖 5-3-7 海平面之濕空氣線圖

(3) 室內排氣之熱回收

室內與室外之空氣有很大之熱焓差異，如下圖 5-3-8 所示，室內 26°C、50%RH 時熱焓為 12.6kcal/kg，若室外為 32°C70%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，可節約大部份的外氣負荷。圖 5-3-8 為一個熱回收之設計案例，用一個全熱交換器，使外氣進入室內前將其水蒸汽與熱吸收，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 降至 15.3kcal/kg，節約 70%之外氣耗能。

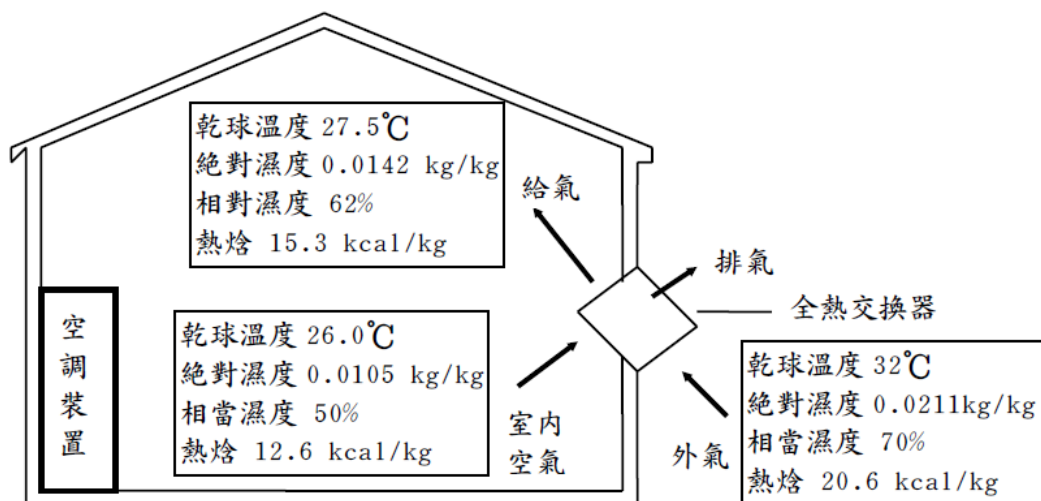


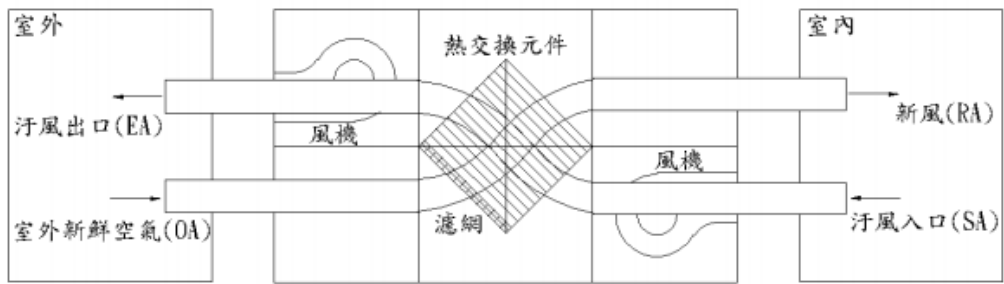
圖 5-3-8 用一個全熱交換器，使外氣進入室內前降溫降濕

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)之總和。而全熱交換器即為焓之交換器，除了顯熱交換之功能外，並有吸收或吸附濕氣之功能，會把濕空氣中的水蒸汽吸收。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，則水份會蒸發進入比較乾之空氣，隨乾空氣流出。

如圖 5-3-9 所示，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板之兩側，流向為交叉方向。平板多以可滲透之纖維製成，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。這種設備本身不須有動力，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，已達飽和之部份持續的轉到另一側。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。

全熱交換器可與小型空調系統配合使用，圖 5-3-10 及圖 5-3-11 為其應用安裝之例子，可以達到省能又維持高新鮮空氣之目的。



冷、熱氣流的流動方向相反

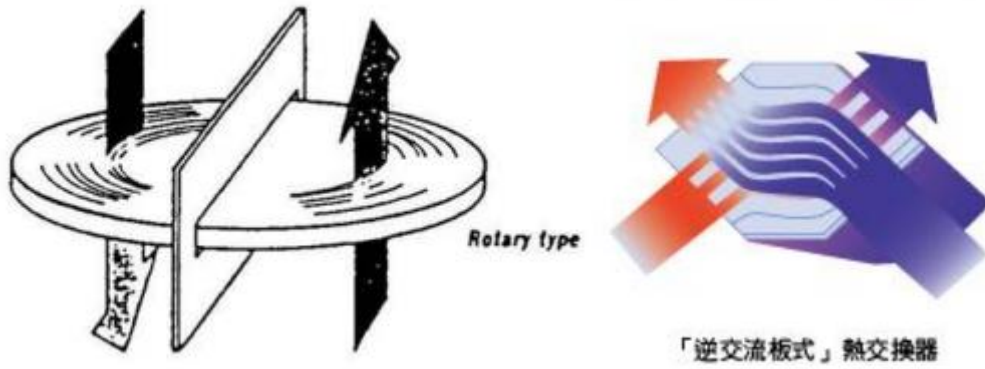


圖 5-3-9 兩種全熱交換器，一為靜態交叉流式，另一為轉輪式

全熱交換器之應用於小型空調系統

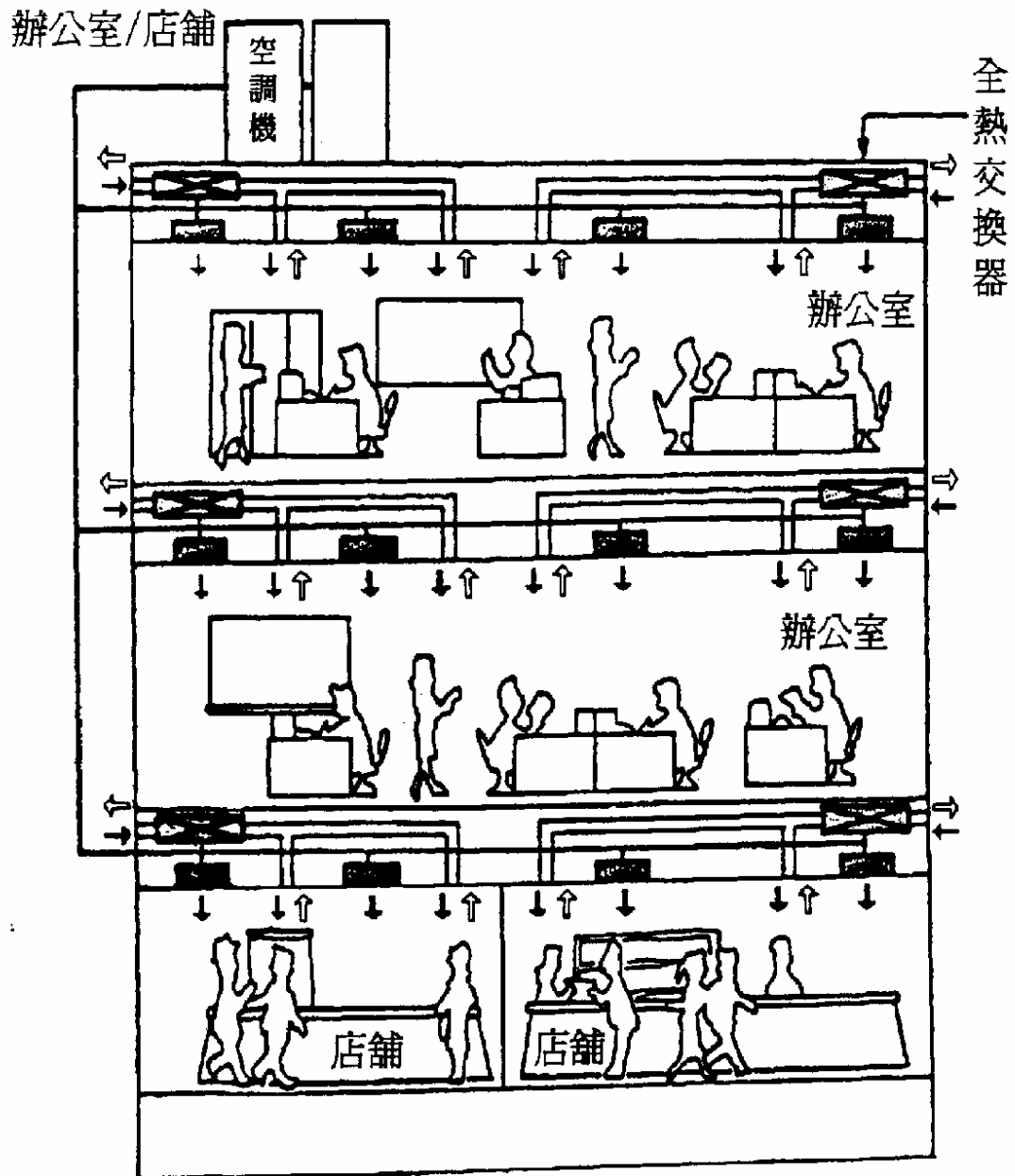


圖 5-3-10 全熱交換器可與小型空調系統配合使用於店舖

全熱交換器之 配置方法

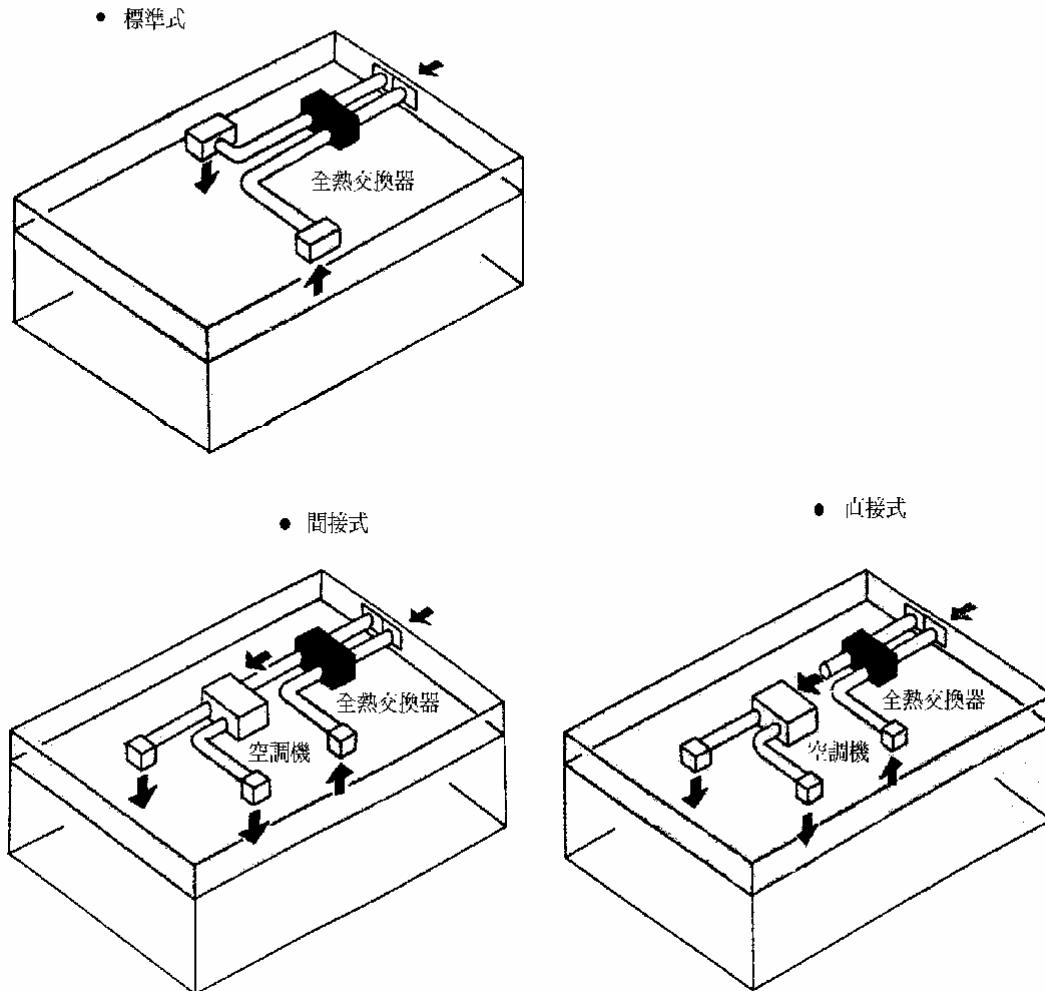


圖 5-3-11 全熱交換器之安裝案例

5. 冰水側系統運轉之節能

- (1) 中大型中央空調系統使用 P-S 系統(Primary-Secondary System)，包含一次冰水泵、二次冰水泵及共通管，使用這種系統必須要遵循以下三項原則：

- A. 全載時共通管必須完全沒有阻抗，也就是說該管的壓損必須接近於零，共通管可促成一次側、二次側間流力分離、熱力耦合之功能。
- B. 二次側負載端必須使用二通閥控制流量，這樣的設計才能使二次側為變流量、定溫差運轉。二次冰水泵可為變頻變流量，水泵耗能可隨流量變低而節能。
- C. 多台主機併聯時所有冰水機必須設定在相同的出水溫度，並且相同的冰水溫差。

(2)選擇適合系統之冰水泵

冰水主機所產生的低溫冰水是由冰水泵推送至空調箱或冷風機之熱交換器(冰水盤管)，使其與高溫高濕之室內回風熱交換，並將溫度升高之冰水送回冰水主機內冷卻，故其負擔著將冰水由冰水主機房載運至現場之任務。故應選擇水泵操作點位於高效率區間內之冰水泵，以提升冰水泵之效率。

6.送水系統節能計畫

空調水系統主要包括如下：(如圖 5-3-12 所示)

- A. 熱源側之水系統
- B. 負載側之水系統
- C. 搬運之動力-泵
- D. 分佈之機構-管路
- E. 壓力之平衡-膨脹箱

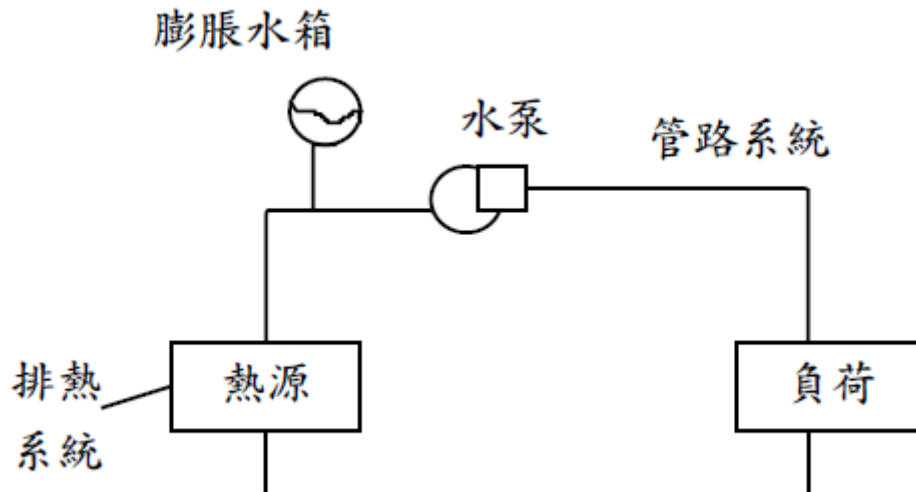


圖 5-3-12 空調水系統

送水系統如前所述，亦為耗能部份，而其中負載側因管路長，為主要耗能處，本文將對其節能潛力作一探討。送水系統之耗能分析主要在比較定流量與變流量系統(variable water volume, VWV)，如圖 5-3-13 所示，分析如下：

(1) 定流量系統

流經空調主機之水量是固定的，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。

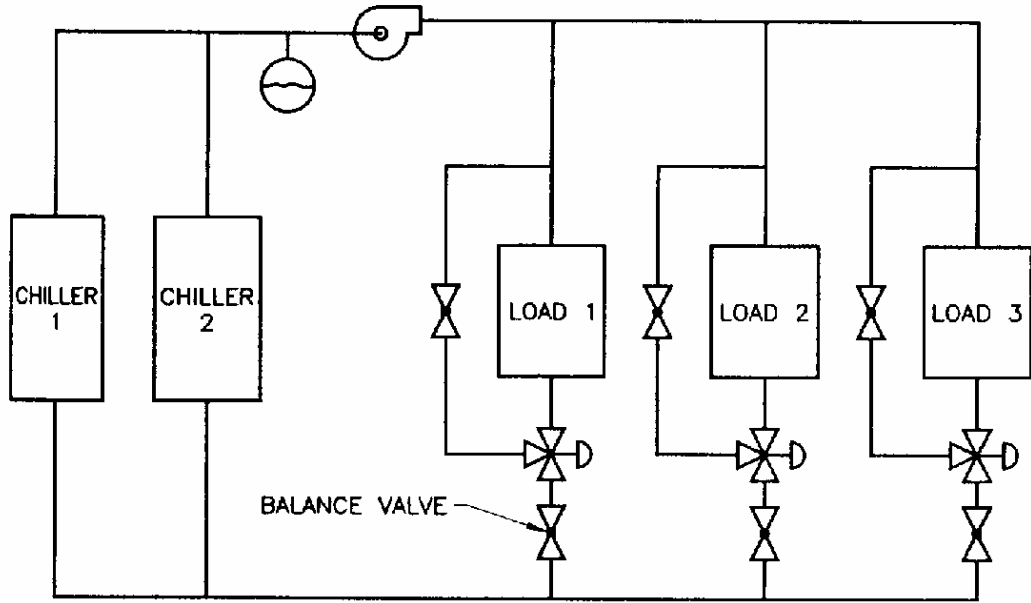
(2) 變流量系統(VWV)

這是一種較新之系統設計觀念，如圖 5-3-13 所示，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)。

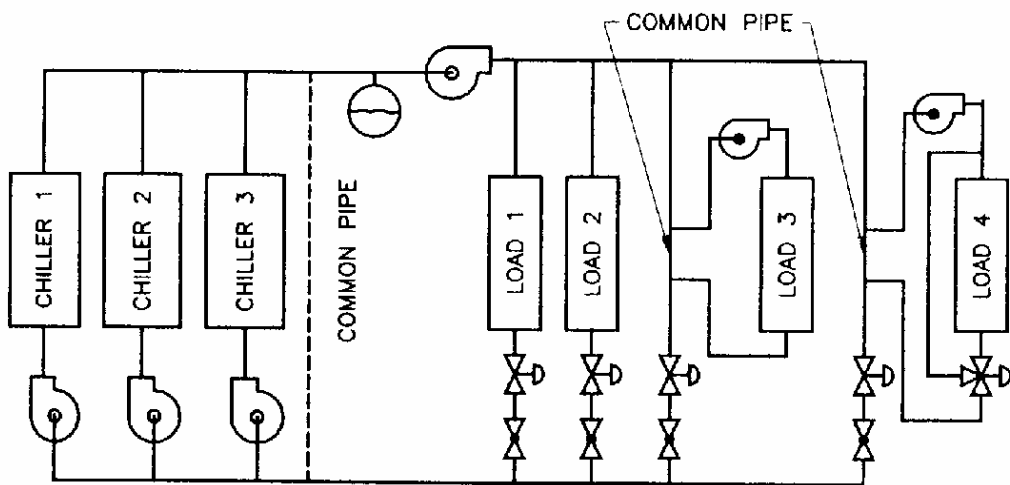
共同管之左側為主迴路(primary loop)，為空調主機機房內之水循環系統，各主機有一個泵負責送水(定量)，故其總循環量為開啟主機水量之總和。主機之開啟依負載而定，負載大時開啟之主機多，負載小時則減少主機開啟數。熱

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，因送水距離長，為送水系統之主要耗能處，亦是 VWV 系統主要節能處。VWV 系統之操作原理如下：

- A. 可用送、回水管之水壓差控制二次側之送水量，如負載低時減少開啟之數量，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，補充冷氣能力之不足。與送風側 VAV 相同，VWV 有節約近一半水搬運之耗能潛力。



定流量冰水系統



變流量冰水系統

圖 5-3-13 定流量與變流量送水系統之比較

7.冷卻水塔節能計畫

(1)提升冷卻水塔的運轉效率

- A. 多台冷卻水塔並聯運轉時，水量必須要能平均分配至各水塔。
- B. 冷卻水塔的座落位置應留有足夠的空間，使得空氣得以自由的進入冷卻水塔;排出的濕熱空氣應避免形成再循環而被抽回進風口。
- C. 冷卻水塔並聯運轉，且冷卻水溫隨外氣濕球溫度重置(reset)。一般中大型系統冰水主機台數偏多，使得冷卻水塔台數亦多，無法隨著空調負載及外氣條件變動而調整風扇耗電量。但是冷卻水溫度每降低 1.0°C，約可省電 1.5~2.0%，因此，冷卻水入口溫度應在符合冰水主機特性及外氣濕球溫度的限制下，儘可能地降低來節約冰水主機用電。
- D. 經常檢視灑水管灑水情形是否正常均勻，從四面進入水塔內的空氣是否平均，塔內散熱材有無受損引起水流氣流不平均，及塔側上方檢視孔蓋是否脫落，致使部分空氣走短路等。
- E. 減少冷卻水循環量，以降低冷卻水泵耗電量。以往在決定冰水流量時會取冰水主機冷凍噸數的 10 倍(亦即 IRT=10LPM)，而冷卻水量則是冰水量的 13 倍(亦即 IRT=13LPM)，當然這是以 5°C設計溫差為準之流量。一般冷卻水塔合理的接近溫度為 5°C(40F)左右，(接近溫度=出口溫度-大氣濕球溫度)，設定溫度亦應以此為基準，可使冷卻水塔的散熱能力完全發揮，同時避免因接近溫度過低而消耗太多的風車耗電。然而冷卻水溫不可以無限制地降低，最低設定溫度應諮詢冰水機製造廠的意見。若能配合冰水機與冷卻水塔選擇較大溫差之設計時，水流量即可降低，因而減少冷卻水

泵之初設費用及運轉費用。註：接近溫度＝出口溫度－大氣濕球溫度
冷卻水塔效率＝ $(T_i - T_o)/(T_i - T_w) \times 100\% = (\text{入口溫度} - \text{出口溫度})/(\text{入口水溫} - \text{大氣濕球溫度}) \times 100\%$ ，建議標準值為 50~70%

(2)在冷卻水塔節省能源控制方面，有下列方法：

- A. 以多組冷卻水塔並聯運轉，並由冷卻水送水溫度回饋至變頻器控制冷卻水塔風車轉速。
- B. 備用水塔同時一起運轉。

冷卻水塔在正常設計時多半會有備份。冷卻水塔的散熱能力在其他條件固定的情形下與風扇風量大約成正比關係，如果讓所有冷卻水塔連同備用水塔同時一起運轉，在相同負載下每個冷卻水塔的風量可以減少。因此根據風車定律每一水塔的風車耗電量也會隨風量的三次方減少，達到節能之目的。

台灣地區為亞熱帶海島型氣候，隨季節早晚氣溫變化大，30hp 以上採變頻器控制冷卻水塔風車轉速可省能約30~40%。投資回收年限約3年左右。

(五)節約能源之問與答

1.主機省能

(1)不同空調負荷時，中央空調主機之性能是否會改變？

答：目前市售之中央空調，螺旋式或離心式主機，都有控制或調整冷卻能力之功能，但在不同負荷比例（如 100RT 用於 80RT 時），其 EER 或 COP 值會有所不同，應依原廠資料查得最省能之操作範圍。

(2)主機台數控制有何優點，其省能之原理何在？

答：以數台空調主機替代一台較大型主機之好處，當其中一台主機發生故障時，不致於使整個空調系統失效。再者，可依空調負荷啟動不同台數之主機，使主機避免在最耗能之部份負荷條件下運轉。如以三台 400RT 之主機取代一台 1,200RT 之主機，在 300RT 負荷時，啟動一台 400RT 主機，可使其在 75% 負載高效率下運轉。

(3)供應空調之冰水，一般設定在 7°C，不同的冰水溫度設定會有何種影響？

答：中央空調用冰水通過熱交換器將空氣冷卻，一般而言，設備廠以 7°C 之冰水作為設計規格，空調設計之露點多在

15~16°C，7°C之冰水會有適當之除溼能力，顯熱比可達 0.8，若潛熱負荷不大，可用較高之冰水溫度，每升高 1°C可減少 3%之主機耗能。

(4)如何比較中央空調主機之耗能？

答：如用標準之測試條件，可比較每 RT 所需之電力(kW)或 EER 值，但如上述空調主機在低度負荷時會有較高比例之電力負載，故美國已漸用部份負載積分值(IPLV)，其較能反應實際耗能。IPLV=0.01A+0.42B+0.45C+0.12D，A,B,C,D 分別為主機在 100%、75%、50%、25% 容量下之 EER 值。

2. 泵耗能

(1)如何使泵在最佳效率下運轉？

答：每一個泵都有其高效率之運轉範圍，如圖 5-3-14 所示，高效率之操作區多在水泵性能曲線之中間偏右區，也是泵應有之操作區，故應妥善選擇泵，使其在最佳效率下運轉。一個較大型百貨公司，空調泵之總設備裝置量可達 300hp 以上，故有相當之節能潛力。

(2)用變頻器改變泵轉速及流量有何節能效果？

答：泵之流量與轉速(rpm)成正比，但其功率與(rpm)³成正比，流量減為 80%時，用電約為一半，故可減少大量之耗能。

(3)管路中之閥件對泵之耗能有何影響？

答：管件如：三通閥、彎管、控制閥等均為管路之必要元件，但也造成管路中之壓損，如球閥(控制閥)之壓損相當於

340 倍管徑左右之管長，開關閥之壓損只有控制閥之幾分之一，故過多的管件及錯誤的選擇，最易造成額外的泵耗能。

(4)如為高層建築，送水至高樓層是否會很耗能？

答：如泵自一個開放式冰水池抽水，則泵需克服地心引力，不但耗能，並且會無法以單泵送至高樓層。如冰水為密閉式循環，則泵只需克服管路之壓損，此外應避免過多之彎管及不必要之閥件。

(5)可否適當減少送冰水量以節約泵之耗能？

答：每 1kg 的水每 1°C 溫差之熱能為 1Kcal，一般而言冰水之送回水溫差為 5°C，若能將溫差提升至 10°C，如利用儲冰系統之冷能，就能減少送水量，減少泵之耗能。

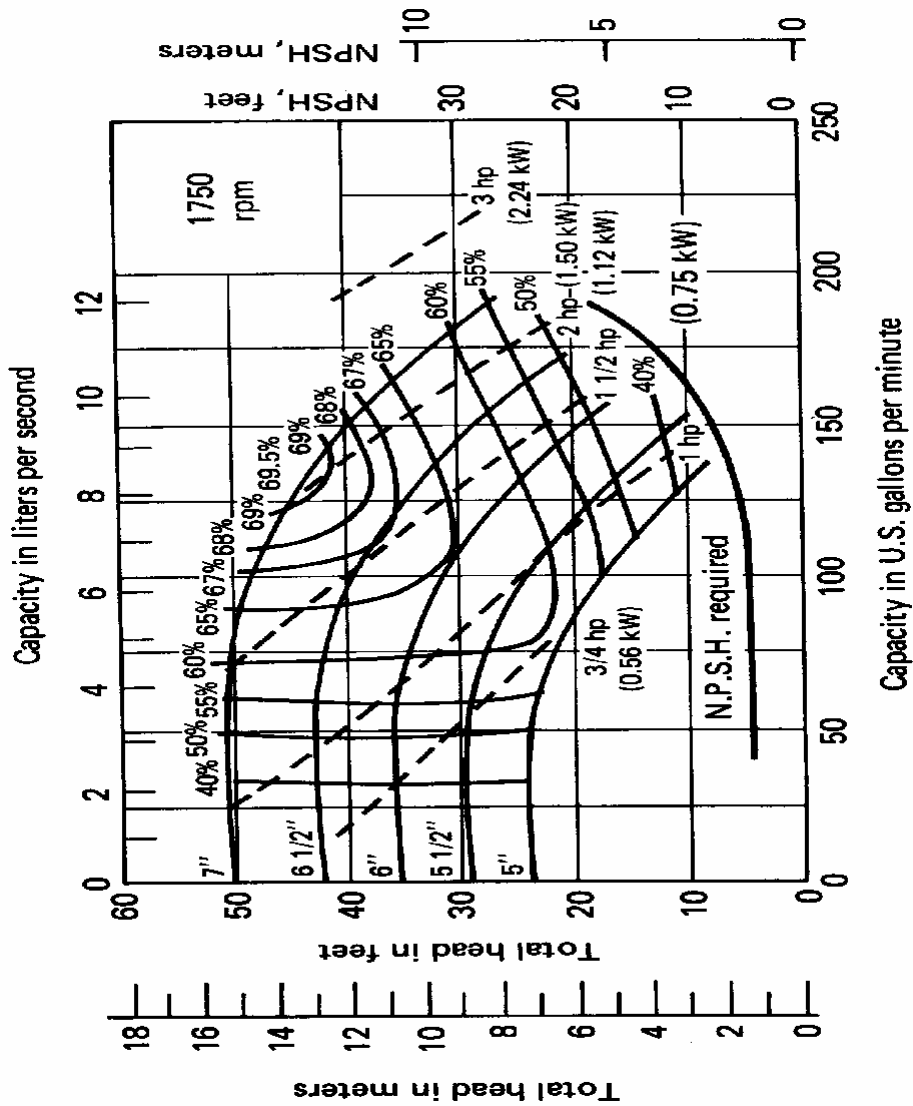


圖 5-3-14 泵之典型性能曲線圖

3. 風機耗能

(1) 風機耗能與送風量有何關聯？

答：風機所需之功率，在同一風管中，與送風量之三次方成正比，如能減少送風量則可節約大量送風耗能。故宜採用變風量之送風系統，所謂 VAV (Variable Air Volume) 設計。

(2)如何控制送風量以減少耗能？

答：改變送風機轉速會有較佳之省能，尤其是用變頻馬達，最能達到省能之效果。如在送風機入口用導流片限流也有變風量之效果，但耗能會比用變頻馬達多 20%。在風管中用擋板只有控制風量之效果，沒有節能之功效。

(3)送風分佈不佳對空調耗能有何影響？

答：送風分佈不佳會使空調能力分佈不均，致使某些區域之溫度過低而耗能。

(4)管路設計對風機耗能有何影響？

答：管路太長，風管尺寸太小，會使所需之風壓大而耗能。再者，如設計不當購置過大之風機，就需調整風管中之擋板平衡風壓，造成不需要之浪費。

(5)風機之選用與耗能有何關係？

答：不同之風機有不同之性能，宜比較風機之全壓效率，來作風機選用因素之一。

4.外氣之控制

(1)何謂外氣冷房？

答：在換季或冬季，雖然外週區之氣溫低，當建築之內週區有空調負荷時，可引入較冷之外氣以提供空調，減少或取代空調主機之負載，如此節省空調主機之耗能。

(2)使用外氣冷房之條件為何？

答：每 kg 之送風量，在一般空調模式中，需移除約 12kJ 之熱量，換季時空調負荷較小，可將外氣冷房需移出之熱量設為 6kJ/kg，如將室內條件設為 22°C、50%時，當外氣溫度約為 15°C時，即可使用外氣冷房。(引入外氣不足以因應室內負荷時，應輔以空調機之冷卻能力)

(3)如何控制外氣量以節約能源？

答：以室內 CO₂ 濃度為指標控制外氣量為最佳，兼顧室內空氣品質與節約能源，或在人數少時減少外氣量。

(4)如何應用全熱交換器以減少外氣負荷？

答：全熱交換器將熱焓較高之外氣與較冷之排氣作熱交換，使外氣進入前預冷預除濕，有排氣管設計之空調較適用全熱交換器省能。

5.儲冷系統之應用

(1)何謂儲冷？

答：儲冷即利用電力負載之離峰時段蓄冷，於電力負載之尖峰時段將冷能釋出提供空調。

(2)何謂全量儲冰與分量儲冰？

答：尖峰時段之空調全以儲冰量供應時稱為全量儲冷，若部分仍以空調機供應時稱為分量儲冷。

(3)如何評估儲冷系統之性能？

答：除了在一定時間(如離峰電價時間)內之總儲冷能量外，其釋冷能力也是重要之性能指標，需在設定時間內釋出額定之冷凍能量。

(4)儲冷空調有何省能之效能？

答：儲冷系統能平衡發電廠之負載，提昇發電效率，但對使用者而言，利用低價之離峰電力能節約電費，並享受台電公司給予空調儲冷系統之優惠電價，同時減少安裝電力所需之費用。

(5)儲冷系統有無其他省能節能之潛力？

答：儲冷系統之低溫特性，能用於設計低溫送風及低溫送水系統，減少送水及送風量，節約能源。

6.溫溼度之控制

(1)溫度之設定與耗能有何關係？

答：每提高 1°C溫度設定有 8~10%之省能效果，故溫度之正確控制影響耗能甚鉅，尤其在人少時應控制空調溫度，減少送風量，降低負載以節約能源。

(2)如何精確的控制溫度？

答：除了控制系統外，儀器也是溫控之重點，較精準的儀器，設於空氣流通處，避免輻射熱之影響，就會有精確溫控之效果。

(3)能否將室內溫度設定提昇又能達到舒適的條件？

答：根據美國冷凍空調學會之標準，舒適溫溼度為 26、50%RH，若有微風吹到身上，如 0.4m/s 之微風，就可將溫度提昇 2°C而達到相同之舒適效果。故容許裝設吊扇之場所，應以其來提昇設定溫度，以節約能源。

(4)造成百貨公司內溫度分佈不均勻的主因為何？

答：一般來說，百貨公司皆用一個空氣調節箱供風到多個區域，有相同之送風溫度，故冷卻能力由送風量決定。為節約能源，應依各區域之空調負載調整送風量，以達到良好的溫度分佈。

7.建築設計與空調耗能

(1)建築用玻璃帷幕對空調耗能有何影響？

答：玻璃帷幕對空調耗能之影響有三方面：

- A. 陽光直射入室內，太陽之輻射熱會造成空調負荷增加。
- B. 玻璃之隔熱性能遠比水泥差，會有大量的熱傳到室內，增加空調負荷。
- C. 溫度較高的玻璃，或外部溫度高之表面，均會造成輻射熱效應，使室內之有效溫度(包括輻射熱)比室內溫度高，需將溫度調降方能達到舒適的環境。

(2)建築外殼設計有何省能的方法？

答：有下列省能之原則：

- A. 開窗率高(或玻璃帷幕)之牆面應為南北向，北向為佳，以減少輻射熱照入室內。
- B. 建築外牆有幾種省能設計，包括以外遮陽(突出結構)阻擋陽光，用低吸收率之外牆(淺色或白色)，及用好的隔熱材。

(3)建築內有何阻擋太陽輻射熱之方法？

答：內遮陽(窗簾、百葉窗)為適當之方法，在有日射照到玻璃面或外有熱表面時，內遮陽能阻隔大部分之輻射熱。

(4)如何減少冷氣外洩？

答：夏季時室內溫度較低，室內空氣密度較高而較重，故室內空氣之氣壓較高容易外洩，減少冷氣外洩有下列幾種方法：

- A. 旋轉門為防止冷氣外洩之好方法，但較無法因應百貨公司之人潮。
- B. 空氣簾(Air Curtain)為減少冷氣外洩可考慮之方法。
- C. 橫向之自動門可減少冷氣外洩，雙層之橫向自動門(中有一室內外空氣之緩衝區)更能阻止冷氣外洩，又較能抗風壓。

(5)有透明採光之中庭是否造成空調耗能？

答：即使四周有遮陽設計，日正當中還是會有直接之日射，即使有排氣，也會使中庭頂部溫度上升至 40°C 以上，故透明屋頂之中庭不適用於如台灣之亞熱帶地區，或可採用間接採光，使陽光經反射板後方進入中庭。

(6)屋頂之熱傳經常造成頂樓很熱，有何解決方法？

答：可在樓板下加保溫阻隔部分熱傳，再者，於炎熱天時在屋頂灑水，可藉蒸發散熱降低溫度。

8.操作、維護及其它

(1)空調系統若無適當之試車調整，會有耗能之情況嗎？

答：無試車調整下，水管與風管之流量分佈可能無法達到設定值，會造成空調效果不佳，設備效率下降，也會使溫控等控制效果變差導致耗能。

(2)空調主機熱交換器之維護如何影響能源消耗？

答：熱交換器，尤其是冷凝器部份，熱交換表面之結垢會增加熱阻，使相同熱傳量所需之溫差加大，造成空調機容量減少、能源效率下降。熱交換器嚴重結垢時，通過熱交換器之壓差會較大、溫差會較低，主機之冷卻能量也會降低。

(3)如何維護空調機熱交換器之效率？

答：我國許多地區之水質不佳，高硬度之冷卻水易於導致冷凝器嚴重結垢，除此之外，冷卻水之其他含量如有腐蝕作用亦須注意。水冷式冷凝器需檢查有無結垢，可用小電筒（penlight）觀察，再以尼龍刷、特殊銅刷或其他方法清除污垢。如結垢嚴重，需以酸液將硬垢去除或軟化，再以軟刷清除，化學液之使用可能會破壞銅管或其他部分，故須先予確定其無害性。

(4)冷卻水之溫度對空調主機之效率有何影響？

答：冷卻水溫度過高會影響空調主機效率，29°C之冷卻水溫為佳，當外氣之濕球溫度較高時，進入空調主機之冷卻水溫會升高至 30°C以上，為影響冷卻水塔效率主因之一，為使水滴之均勻分佈，故除了水溫外，應常檢視冷卻水塔灑水情況。每 1.0°C之溫差約會影響 COP 約 2.5%。

(5)冷卻水塔有何控制耗能方法？

答：冷卻水塔之水溫在 29°C左右為佳，可用變頻控制冷卻水塔風量以因應氣候變化，如此節約風機之耗能，並使空調主機在高效率下運轉。

(6)儲冷空調之性能如何得知?

答：進出儲冷系統工作流體之溫度為檢視儲冷系統操作之重要指標，應將完工試車之溫度資料作記錄保存，供日後比較，儲冷量有無完全被釋出，需比較釋冷溫度，釋冷溫度會逐漸升高到終了釋冷溫度。

(7)過濾器之維護如何影響空調系統性能?

答：過濾器之風阻會隨使用時間增長，而增加送風耗能，可用定期更換、清洗，或以風阻之限值作為更換之依據。

(8)變頻器之應用為何有節能之效果?

答：變頻器可改變驅動馬達之電源頻率，改變馬達之轉速以因應不同之負荷，不但可使空調能力與空調需求作最佳之匹配，同時使空調耗電與空調需求成正比，避免電力之浪費。

(9)廚房之排氣量過大，會不會影響空調耗能?

答：廚房排氣需用外氣補充，會大幅增加外氣負載，可裝設補氣風機引用外氣直接用於排油煙系統，如此避免影響到空調外氣之進入量。

(10)停車場之排氣量很大，如何節約能源?

答：可同時設計強制排氣與自然排氣，在汽車進出之尖峰時用送風機強制排氣，離峰時用自然排氣。

(11)空調機房有需要空調嗎?

答：一般而言，只需通風，如有電腦控制則只需設空調於控制室即可。

四、建置能源管理系統之效益

ISO5001 標準的要求是有關於建立一套具體能源方針、有實際行動方案來降低和監督能源使用、確認能源的節約和計畫性的改善。企業界由管理系統運作過程以持續改善能源績效，包括：能源效率、使用、消費和強度。經由系統化管理方式實施能源管理，將減少能源成本、溫室氣體排放及其他環境衝擊。

此標準適用於各類型與規模的組織，能源管理系統之成功，取決於組織內各階層與功能單位之承諾，特別是來自於最高管理階層之承諾。所以，能源管理系統促使組織應達成承諾，採取必要的能源管理行動，改善能源績效並展現系統對於本標準要求之符合性。

ISO5001 能源管理系統目前還是屬於企業自願性的活動，因此促使企業參與建置的原因一般包含客戶要求、高階主管自發性的要求、公司整體策略要求、同業競爭...等。下列彙整企業建置能源管理系統後所獲得之效益：

(1) 強化系統化管理，利於管理者控管整體績效

企業於建置能源管理系統之前多少一定有做過節能，但所採用的節能方法不一定是最好的，因此藉由導入完整之系統化管理方式，並由外部專家提供建議，及參訪其他同業之管理方式，可有效提昇自我管理的能力，也利於企業管理者能及時掌握整體營運績效。

(2) 持續改善能源績效，節省營運成本，增加經營績效

ISO5001 能源管理系統為國際公認之能源管理方法，運用持續改善能源績效之精神，可有效節省能源成本，減少不必要的能源消耗，因此可增加整體企業的營運績效，提昇企業競爭力。

(3) 降低法規違規風險

ISO50001 國際標準強調企業應在符合法規之情況下做節能，因此特別強調企業應該收集本身適用的法規或其他要求事項，並且針對這些適用法規進行符合度調查，藉由此方式可大大降低法規違規之風險。

(4) 整合企業本身現有系統

企業於建置能源管理系統時並非完全是從無到有，公司本身一定有現存的管理方式，因此藉此可將原有的管理系統加以整合(例如 ISO 9001、ISO 14001...等)。

(5) 提昇企業形象、贏得客戶認同

企業形象是一種無形的資產，很難用金錢來衡量，但卻是最珍貴的財產。因此當企業領先其他同行建置能源管理系統時，不但可提昇企業自我的形象，也可增加競爭力，由其當重要客戶有要求供應商必須建置能源管理系統時，更能贏得客戶的認同，取得訂單。

陸、結論

百貨公司在商業大樓中所占耗用能源比例相當高，因此推動百貨公司之節約能源工作應是刻不容緩的，除了隨手關閉不必要使用之照明及冷氣外，比較有效且科學化的工作就是數據化管理，把所有關於能源使用的數據都要統計記錄，然後作比較，從中分析原因再作改進。像電力可多利用分錶或電力記錄器；空調除了記錄電力的消耗外，也要做其它相關條件比較，像外氣溫度、相對濕度、來客率、餐飲消費人數等，當然水及瓦斯等能源消耗，也要將此相關條件列入考慮。另外良好的保養就是基本的節約能源，建立正確的操作及管理模式、適時導入使用新型省能設備，將更能有效節約能源。

本會經由檢測、診斷及分析找出廠商能源使用缺失，尋找節能機會，對能源用戶提供能源效率評估及製程改善，並為各企業培訓能源管理人才，製作節約能源海報、貼紙及各種節能成果專刊、節能技術手冊，推廣節約能源觀念；並透過節能輔導成功之各項觀摩研討會，以及年度成果發表會等，促成業者間的觀摩與激勵，達成彼此對節能的共識與互動；藉由節能技術輔導及推廣，交錯成點面俱到之節能服務，期使達成全面落實的節約能源，共同締造台灣企業的無限生機。

柒、參考資料

1. 產業節約能源服務報告-台灣綠色生產力基金會。
2. LED 照明節能應用技術手冊-經濟部能源局印，2016 年。
3. 照明設計學-李碩重編著。
4. 飛利浦、旭光、東亞、國際牌等照明型錄(2017 年)。
5. 工研院產業經濟與趨勢研究中心，全球照明市場趨勢暨我國照明節能政策。
6. 蔡尤溪，1994，空調送風品質與耗能控制技術研究，工研院委託學術機構研究報告，編號 06-3-83-0089。
7. VAV 無段變風量控制系統發表會技術手冊，煜豐企業有限公司。
8. ASHRAE Handbook-HVAC Applications, 2013, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers.
9. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 100-2013，Energy Conservation in Existing Buildings, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers.
10. ASHRAE/IES Standard 90.1-2013，Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers.
11. ASHRAE Standard 55-2013, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers.
12. 呂紹旭，LED 產品發展趨勢。