

購物中心 Q&A

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

目 錄

目 錄	I
圖 目 錄	VI
表 目 錄	VIII
第一章、前言	1
第二章、國內購物中心規模概況	2
1.購物中心分類與營業規模如何?	2
2.國內購物中心行業標準分類	2
3.服務業對我國經濟成長之貢獻如何?	3
4.台灣各購物中心經營概況如何?	3
第三章、購物中心設備與耗電介紹	13
1.購物中心耗電設備概況如何?	13
2.購物中心耗電概況如何?	16
3.購物中心環境溫濕度概況如何?	17
4.購物中心用電日負載概況如何?	18
第四章、購物中心耗能指標	20
4.1 國內購物中心耗能指標	20
1.國內購物中心耗能指標現況如何?	20
2.國內購物中心照明、空調耗電指標現況如何?	21
4.2 國內空調能源效率標準	23
1.我國空調能源效率標準如何?	23
4.3 國外照明系統規範與能源效率標準	26
1.美國建築照明之節能規範概要如何?	26
2.美國照明光環境基本照度需求如何?	31
3.新加坡建築照明之節能規範概要如何?	32
4.日本建築照明之節能規範概要如何?	34
4.4 台灣照明之節能規範概要	36
1.台灣綠建築照明系統節能評估法?	36
2.台灣照明能源效率標準及環保標章規定如何?	38
3.台灣 CNS 照度標準規定如何?	40
第五章、電力系統節約能源措施	45
1.購物中心的主要用電設備有那些?	45
2.配電系統供電電壓為何?	45
3.為節能電壓變動率標準及線路壓降多少?	46
4.供電電壓如何調整以節能?	47
5.契約容量訂定與抑低尖峰需量如何管理?	48
6.功因如何調整節能改善?	48
7.其他設備的節能省電措施?	49
第六章、照明系統節約能源措施	50

6.1 光源效率及壽命	50
1.照明光之基本量如何量測?	50
2.各種光源發光效率(lm/W)如何?	51
3.各種光源產品分類特性及光源效率(lm/W)與壽命如何?	52
6.2 新型節能照明光源產品介紹	54
1.省電燈泡構造及特性與效率如何?	54
2.省電燈泡取代白熾燈泡之節能效益如何?	55
3.電子安定器基本動作原理及主要特點如何?	56
4.電子式安定器與傳統式安定器之差異性比較?	58
5.如何選擇最佳電子安定器?	59
6.電子式安定器選購及裝置注意事項?	60
7.電子安定器比傳統安定器省電及電費多少?	61
8.螢光燈管用電子式安定器與傳統式安定器輸入功率(W)差異多少?	61
9.節約能源為優先之螢光燈管選用原則如下:	63
10.高頻環保螢光燈管管徑尺寸有幾種?	63
11.T8-32W 高效率螢光燈與電子安定器有何特點?	64
12. T5 超細管徑螢光燈管之優點及效率如何?	65
13. T5 和 T8 螢光燈管主要差異點為何?	66
14.發光二極體 LED 基本特性如何?	68
15. T-5 型狀之 LED 燈耗電如何?	68
16. LED 光源與冷陰極出口指示燈比較優劣點如何?	69
17.陶瓷複金屬燈產品規格與外觀如何?	71
18.陶瓷複金屬燈的優點為何?	72
6.3 照明節能控制種類	75
1.照明節能控制設備有哪些?	75
2.照明設計規劃之初,即導入整體照明節能之觀念節能效益有多少?	75
3.照明電壓調整控制器(俗稱節電器)功能及節能效果如何?	76
6.4 綠色照明節能方案	80
1.採用高效率省電照明系統的省電主張如何?	80
第七章、空調系統節約能源措施	84
7.1 空調系統概況	84
1.購物中心空調系統概況如何?	84
2.降低空調耗電之必要項目有那幾項?	85
3.購物中心之尖離峰空調負載如何控制?	85
4.空調分區負荷計算與風量如何分配?	86
7.2 空調系統節能設計之基礎	87
1.空調系統組成之概要為何?	87
2.空調負荷之基本觀念為何?	89
3.空調調節溫濕度及焓如何計算?	90
4.空調主機效率?	93
5.空調送風送水系統之耗能問題?	94
6.空調主機如何節能?	96
7.空氣側系統如何節能?	98
8.空調泵系統如何節能設計?	104

9.空調冷卻水與冷卻水塔系統如何節能？	110
10.空調外氣冷房如何節能？	115
11.空調外氣量如何節能控制？	116
12.空調排風如何熱回收節能？	120
7.3 空調系統節能設計成效	123
1.冷凍空調設備能源效率如何提高？	123
2.空調區劃與控制如何節能？	124
3.密閉停車空間排氣系統如何控制節能？	124
4.能源管理—電氣電子至網路節能成效？	125
7.4 空調系統完工確認及管理維修	127
1.空調系統完工性能確認管理流程如何？	127
2.空調系統良好之管理維修應注意事項？	128
第八章、空調節約能源之常問與答	129
8.1 建築設計與空調耗能	129
1.建築結構與空調負荷有何關係？	129
2.建築外殼設計有何省能的方法？	129
3.建築用玻璃帷幕對空調耗能有何影響？	129
4.屋頂受太陽輻射最大，經常造成頂樓很熱，有何解決方法？	129
5.建築內有何阻擋太陽輻射熱之方法？	130
6.建築外週區空調負荷受外氣影響較大，所謂外週區離建築外殼之距離為多少？	130
7.有透明採光之中庭是否造成空調耗能？	130
8.如何減少冷氣外洩？	130
8.2 空調負荷	131
1.冷房溫度之設定與耗能有何關係？	131
2.能否將室內溫度設定提昇又能達到舒適的條件？	131
3.如何精確的溫度控制？	131
8.3 主機省能	131
1.不同空調負荷時，中央空調主機之性能是否會改變？	131
2.如何比較中央空調主機之耗能？	131
3.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？	132
4.進入空調機之冷卻水溫度越高，對空調機效率影響如何？	132
5.主機台數控制有何優點，其省能之原理何在？	132
8.4 泵耗能	132
1.管路中之閥件對泵之耗能有何影響？	132
2.如何使泵在最佳效率下運轉？	133
3.如為高層建築，送水至高樓層是否會很耗能？	133
4.可否適當減少送冰水量以節約泵之耗能？	134
5.用變頻器改變泵轉速及流量有何節能效果？	134
6.變頻器之應用為何有節能之效果？	134
7.變流量系統之壓差控制是否主要穩定流量，無關節能？	134
8.空調選用變頻水泵需考慮之原則與條件為何？	134
9.變風量系統之應用設計者應考慮那些要素？	135
10.變頻器日常維護與點檢項目那些？	136

8.5 風機耗能	137
1.風機耗能與送風量有何關聯?	137
2.如何控制送風量以減少耗能?	137
3.送風分佈不佳對空調耗能有何影響?	137
4.管路設計對風機耗能有何影響?	138
5.風機之選用與耗能有何關係?	138
8.6 外氣之控制	138
1.何謂外氣冷房?	138
2.使用外氣冷房之條件為何?	138
3.如何控制外氣量以節約能源?	138
4.如何應用全熱交換器以減少外氣負荷?	138
8.7 儲冷系統之應用	139
1.何謂儲冷?	139
2.何謂全量儲冰與分量儲冰?	139
3.如何評估儲冷系統之性能?	139
4.儲冷空調有何省能之效能?	139
5.儲冷系統有無其他省能節能之潛力?	139
6.儲冷空調之性能如何得知?	139
8.8 操作、維護及其它	140
1.空調系統若無適當之測試平衡調整，會有耗能之效果嗎?	140
2.空調主機熱交換器之維護如何影響能源消耗?	140
3.如何維護空調機熱交換器之效率?	140
4.冷卻水之溫度對空調主機之效率有何影響?	140
5.冷卻水塔有何控制耗能之方法?	141
6.濾網之維護如何影響空調系統性能?	141
7.廚房之排氣量過大，會不會影響空調耗能?	141
8.停車場之排氣量很大，如何節約能源?	141
第九章、國內外冷凍冷藏節能措施	142
1.四門後補式展示櫃定頻改為變頻節能效果為何?	142
2.一對三高效率共用主機展示櫃節能效果為何?	143
3.開放臥式冷凍冷藏展示櫃如何節能操作?	143
4.開放式展示櫃如何節能操作?	144
5.後補式冷藏飲料展示櫃除霧控制省能技術?	144
6.冷凍冷藏區域庫門雙廉PVC門簾效益如何?	145
7.商業冷凍冷藏系統具體可採用之節能技術節能效益潛力?	146
8.冷凍冷藏系統日常應遵循之節能守則?	147
第十章、購物中心節約能源案例	148
10.1 節約能源措施統計	148
1.購物中心尚可採行之節能措施有那些?	148
10.2 節能措施實例相片	149
1.電力系統節能措施實景	149
2.照明系統節能措施實景	150
3.空調系統節能措施實景	151

4.其他系統節能措施實景	152
第十一章、節能措施計算案例	153
案例<01>契約容量合理化	158
案例<02>選定時間電價計價方式	159
案例<03>提高功率因數	160
案例<04>停用次要負載及尖峰時間電力	161
案例<05>加裝中央監控系統	162
案例<06>選用高效率光源	163
案例<07>採用電子式安定器日光燈	164
案例<08>採用 T-5 電子式高效率 OA 燈具	165
案例<09>準備時間減少商場公共走道點燈數量	167
案例<10>利用自然採光	168
案例<11>展示櫃照明採用 LED 燈具取代鹵素燈	169
案例<12>非營業場所採減光措施(照度標準合理化)	170
案例<13>調整冷房溫度	171
案例<14>調整冰水主機出水溫度	172
案例<15>降低主機耗電率(改善冷凝器熱傳效果)	173
案例<16>泵加裝變頻器	175
案例<17>冷卻水塔風車加裝變頻器	177
案例<18>冷凍冷藏系統監控系統	178
案例<19>加蓋式冷凍臥櫃	179
案例<20>冷凍冷藏採用高效率變頻主機	180
案例<21>多門飲料冷藏櫃玻璃門裝置除霧溼度感應控制器	181
案例<22>電扶梯採用感應馬達加裝變頻器取代 VS 馬達	182
案例<23>控制停車場抽排風運轉	183
案例<24>排除屋頂因自然採光所產生之熱源	184
第十二章、結語	186
編後語	187
參考文獻	188

圖目錄

圖 2-1 台灣購物中心家數地區分佈圖	4
圖 3-1 購物中心夏天用電日負載(kW 及 kWh/天)曲線圖	19
圖 4.1-1 購物中心樓地板面積計單位面積耗電(kWh/m ² .yr、W/m ²).....	21
圖 4.3-1 美國照明光環境基本照度需求.....	32
圖 5.1-1 購物中心的配電示意單線圖	46
圖 6.1-1 光束、光度、照度、亮度與輝度之關係.....	50
圖 6.2-1 省電燈泡取代白熾燈.....	56
圖 6.2-2 電子式安定器基本點燈迴路方塊圖	56
圖 6.2-3 T-5 Light bar LED 燈與 36W 螢光燈耗電比較.....	69
圖 6.2-4 LED 燈建築招牌應用(例)	70
圖 6.2-5 陶瓷複金屬燈外觀.....	71
圖 6.2-6 陶瓷複金屬燈 CMH 與其 HID 燈性能比較.....	73
圖 6.3-1 照明管理系統與晝光利用之整體節能效果圖.....	76
圖 6.3-2 電壓降對各用電設備之影響圖	78
圖 6.3-3 照明節電器 ON-OFF 暫態測試節能效益(便利商店例).....	79
圖 6.3-4 照明節電器 ON-OFF 長時間測試節能效益(便利商店例).....	79
圖 7.2-1 蒸發冷媒經熱交換器將空氣冷卻.....	88
圖 7.2-2 冷媒氣經壓縮後，在高壓下冷凝成冷媒液.....	88
圖 7.2-3 中央空調能源或熱能之流向.....	89
圖 7.2-4 輕重結構熱獲得與熱負荷之差異.....	90
圖 7.2-5 濕空氣線圖	92
圖 7.2-6 標準冷凍循環.....	93
圖 7.2-7 空調系統之搬運系統.....	94
圖 7.2-8 為鐵皮風管壓損之計算圖	95
圖 7.2-9 冰水機群之最佳配置及運轉控制.....	97
圖 7.2-10 壓縮機的容量控制.....	98
圖 7.2-11 風機盤管內主要有一個風機和一個盤管	99
圖 7.2-12 VAV 空調系統之控制流程圖	102
圖 7.2-13 VAV 終端箱之設計	103
圖 7.2-14 不同風量控制之節能比較 (ASHRAE 90.1-1999)	103
圖 7.2-15 泵耗電量與流量之關係.....	105
圖 7.2-16 在負載側變流量與定流量之設計比較.....	106
圖 7.2-17 變流量送水(VWV)與傳統定流量系統之比較.....	107

圖 7.2-18 節能為系統曲線與泵曲線間之面積(圖取自 Danfoss).....	108
圖 7.2-19 主泵變流量系統(譯自 Trane 公司資料).....	109
圖 7.2-20 冷卻水系統之變流量設計.....	111
圖 7.2-21 冷卻水塔風機控制節能.....	112
圖 7.2-22 冷卻水塔用於多台箱型冷氣機.....	113
圖 7.2-23(a) 提高排熱氣高度減少氣流短路.....	114
圖 7.2-24(b) 避免進氣受阻.....	114
圖 7.2-25(c) 必要時墊高冷卻水塔，但要注意地震與颱風的影響.....	114
圖 7.2-26 8am~5pm 外氣乾球溫度在 13°C 與 21°C 之間之年時數統計.....	115
圖 7.2-27 外氣冷房之節能控制.....	116
圖 7.2-28 用一個全熱交換器降低外氣進入室內前之焓值.....	121
圖 7.2-29 兩種全熱交換器，靜態交叉流式與轉輪式.....	122
圖 7.3-1 空調系統監控系統控制元件 (例).....	126
圖 7.3-2 空調系統監控系統圖(例).....	126
圖 8.4-1 泵之典型性能曲線圖，如用 7 吋葉片，在 8.0 L/s 流量時有較高之效率... 133	133
圖 9-1 四門後補式展示櫃採用變頻控制系統.....	142
圖 9-2 一對三高效率共用主機展示櫃採用變頻控制系統.....	143
圖 9-3 開放臥式冷凍冷藏展示櫃.....	144
圖 9-4 冷凍冷藏展示櫃智慧型電子防霧省電器(例).....	145
圖 9-5 冷凍冷藏食品區域倉庫門雙廉 PVC 門簾.....	145

表 目 錄

表 2-1 各類型物品流通業的基本概況.....	2
表 2-2 台灣購物中心普查(2007).....	5
表 2-3 中華民國購物中心網站及外觀相片.....	9
表 2-4 台灣購物中心業種及業態貢獻比例一覽表(例).....	12
表 3-1 購物中心案例耗電設備之裝置情況.....	14
表 3-2 購物中心各家耗電統計.....	16
表 3-3 購物中心各家設備耗電分佈統計.....	17
表 3-4 購物中心案例之實測室內環境條件.....	18
表 4.1-1 台灣地區購物中心耗電調查分析.....	22
表 4.2-1 箱型冷氣機能源效率比值標準對照表.....	23
表 4.2-2 窗型冷氣機能源效率比值標準對照表.....	24
表 4.2-3 空調冰水主機能源效率標準.....	25
表 4.3-1 建築外部照明單位面積強度 (W/ft ²).....	28
表 4.3-2 建築面積型式照明單位面積強度(W/ft ²).....	29
表 4.3-3 建築空間型式照明單位面積強度(W/ft ²).....	30
表 4.3-4 建築空間型式照明單位面積強度(W/ft ²).....	31
表 4.3-5 新加坡照明單位面積最大耗電(W/m ²).....	33
表 4.3-6 日本能源消費係數 CEC/L 基準.....	35
表 4.4-1 台灣照明單位面積耗電強度(W/m ²)建議值.....	37
表 4.4-2 螢光燈管環保標章規格標準.....	38
表 4.4-3 螢光燈管節能標章能源效率基準與其標示方法.....	39
表 4.4-4 安定器內藏型螢光燈炮節能標章能源效率基準與標示方法.....	40
表 4.4-5 CNS 照度標準-辦公室.....	41
表 4.4-6 CNS 照度標準-商店、百貨店、其他.....	42
表 4.4-7 CNS 照度標準-停車場.....	43
表 4.4-8 CNS 照度標準-通路、廣場、公園.....	43
表 4.4-9 CNS 照度標準-美術館、博物館、公共會館、旅館、公共浴室、美容院、理髮店、飲食店、戲院.....	44
表 5.1-1 購物中心各類空間之主要用途與主要用電設備.....	45
表 5.1-2 電壓變動率標準.....	47

表 6.1-1 各種光源發光效率(lm/W)	51
表 6.1-2 各種光源產品分類特性及光源效率(lm/W) 比較	52
表 6.2-1 省電燈泡特性與效率	54
表 6.2-2 電子式安定器與傳統式安定器之差異性比較分析	58
表 6.2-3 電子安定器規格評估點檢表	59
表 6.2-4 商業大樓採用電子安定器年省電費金額	61
表 6.2-5 螢光燈管用電子式安定器與傳統式安定器輸入功率(W)比較表	61
表 6.2-6 螢光燈管外型尺寸	64
表 6.2-7 T8-32W 高效率螢光燈與電子安定器之特點	64
表 6.2-8 各種螢光燈管光效率與壽命比較表	66
表 6.2-9 T5 和 T8 螢光燈管管長及效率主要差異點	67
表 6.2-10 T5 和 T8 螢光燈管規格長度及發光流明數比較	68
表 6.2-11 LED 燈與 CCFL 冷陰極燈管優缺點比較	69
表 6.2-12 陶瓷複金屬燈	74
表 6.4-1 高效率的省電照明新方案	80
表 6.4-2 陶瓷複金屬燈與鹵素燈的性能比較表	82
表 6.4-3 省電燈泡與白熾燈省電效果比較	82
表 7.2-1 ARI 550/590 新舊版 IPLV 計算公式係數比較	96
表 7.2-2 比較應用變頻器和只有使用風門的 AHU 之耗能	104
表 7.2-3 建築技術規則 102 條通風換氣量之要求	117
表 7.2-4 空調最小外氣量	118
表 7.2-5 購物中心不同 CO2 濃度設定對空調與建築耗能比較表	119
表 7.2-6 全熱交換空氣之焓值計算	120
表 7.4-1 國內現行空調工程管理流程表	127
表 8.4-1 變頻器安裝配線環境規定例	137
表 9-1 商業冷凍冷藏系統之節能技術與投資回收年限	146
表 9-2 商業冷凍冷藏系統日常應遵循之節能守則	147
表 10.1-1 購物中心尚可採行之節能措施	148
表 11-1 購物中心常見節能方法	153

第一章、前言

台灣地區天然資源蘊藏貧乏，依台灣 2007 年能源統計年報統計，98.24%能源仰賴進口，電力消費量 227,182.1 百萬度，其中服務部門總消費電力約 41,008.6 百萬度占 18.05%【1】。而近年來國內能源價格不斷上漲，能源用量不斷增加，台電夏季尖峰用電量更是屢創新高，政府面對地球氣候暖化，為盡地球村的責任，積極加強宣導推動全民節約能源及提高能源使用效率，達到全國節能減碳目標。

經 2005~2008 年訪測調查 14 家購物中心，統計總賣場面積 33,066~401,219m²(含停車位)，空調面積 23,146~220,670m²、平均佔 56%，能源耗用契約容量 2,600kW~22,500kW，尖峰需量 2,632kW~18,864kW。總耗電量約 4.38 億度，電費高達約 9.6 億元，平均電價約 2.2 元/kWh。總耗電量占 2007 年台灣服務部門總消費電力約 410.1 億度之 1.07%。電能分佈平均空調占 49%、照明占 28%、冷凍冷藏及動力占 22%。以總樓地板單位面積計年均耗電約 268kWh/m².y，63W/m²。節能訪測若積極汰舊換新，預估有約 10%節能潛力，反應業者在經營上都急需有關節約能源實際改善之經驗、技術之參考資料，進行自發性節能改善，降低能源支出，以提升市場競爭力。

台灣綠色生產力基金會（以下簡稱本會）受經濟部能源局委託，進行購物中心現場節能輔導時，了解國內購物中心能源管理者及業者急需實際改善經驗、效率標準、技術與選購的參考資料。本會乃委請國內購物中心節能推廣上有專精的專家學者，台北科技大學能源與冷凍空調系蔡尤溪教授撰稿，由本會郭華生組長及林琦翔工程師配合協助蒐集實際相關節能服務案例資料，彙編成此一問一答技術手冊。提供給各購物中心能源用戶及相關業界，盼多加參考應用，而遺誤掛漏，必所難免，尚請學者先進，賜予指正為禱。

第二章、國內購物中心規模概況

本章主要介紹我國各購物中心行業標準分類、市場規模大小、營業額，對我國經濟成長之貢獻及經營概況。

1.購物中心分類與營業規模如何？

答：一般大家所稱的零售通路，如表 2-1 各類型物品流通業的基本概況所示，包括便利商店、購物中心、百貨公司、量販店、超級市場及專門店。國內購物中心的基本營業面積約約 5,000~120,000 坪，而商品項數綜合性多樣化。

表 2-1 各類型物品流通業的基本概況

物品流通業分類	營業面積坪數	商品項數
便利商店	賣場20~30坪(不含倉庫)	3,000項
購物中心	約5,000~120,000坪 (16,980~401,219m ²)	綜合性
百貨公司	10,000坪	40萬項
批發量販店	2,000坪~20,000坪	20萬項
超級市場	400坪	1.2萬項
專門店	不定	0.3萬項

註：資料來源----百貨加值網

2.國內購物中心行業標準分類

答：台灣的購物中心由 1994 年開始起飛，至 2008 年購物中心既有開幕營運及未來籌劃家數共 23 家，因為購物中心投資龐大，故都為單點模式而未形成連鎖經營，目前已成立中華民國購物中心協會 (Shopping Center Development Council, Taiwan)加強同業資訊交流。根據行政院主計處的「行業標準分類」，購物中心並未明確的法定分

類，故目前以營業中的購物中心營業額被統計在「4751 百貨公司」類中。但購物中心的營業範圍不等於百貨公司，它涵蓋了休閒、育樂、租賃、地產等各個層面，故人稱購物中心是城市經濟力與文化力的櫥窗【2】。

3.服務業對我國經濟成長之貢獻如何？

答：根據主計處資料顯示，1980 年代後期，我國服務業產值占國內生產毛額(Gross Domestic Product, GDP)比重已超過 50%，時至 2007 年，服務業產值比重已達 71.06%，就業人數比重亦提高至 57.92%。面對全球產業的結構轉變，服務業在政策配合及推動下，為使服務業占 GDP 比重由 2007 年的 71.06%再提升至 2009 年的 72.7%，顯示服務業在我國經濟成長、產值及就業之重要性與日俱增，亦以成為我國經濟成長主要推手【3】。

在零售業發展趨勢中，國內百貨通路推展事業版圖的腳步未曾停歇，其產值在各類服務業中居冠，以台北市為例，目前百貨館數有 26 個館，密集度高居全球第一。根據購物中心協會統計，台北市平均每 8.7 萬人就有一家百貨公司，較日本東京平均 30 萬人就僅有一家百貨公司相比，台灣百貨業競爭之激烈可見一般【4】。

4.台灣各購物中心經營概況如何？

答：由表 2-2 及表 2-3 所示，目前我國購物中心已開幕營運及籌劃中的家數共有 23 家【5】，最早開幕營業者為遠企購物中心(1994.03)、最近開幕者統一夢時代購物中心(2007.05)，足見我國購物中心發展至今已長達 13 年之久，才有今日之規模。各中心之主力店涵括世界知名品牌，各有經營特色；各家規模大小差異大，如承租戶總家數最少者之台北新世界約有 70 家，最多者之統一夢時代則高達約 800 家，建築面積最少者的台北新世界 15,703m²，最高者 400,000m²。營業地點台北 10 家、宜蘭 1 家、桃園 3 家、新竹 1 家、台中 2 家、台南 1 家、

嘉義 1 家、高雄 4 家，集中在北部最多，見圖 2-1 所示。

購物中心自開發至開幕經營，需整合國內外知名之經營管理、行銷企劃、開發興建、建築設計、內裝設計、招商顧問之經營團隊，共同努力使可完成。見表 2-4 所示【6】，購物中心之商店大致概分三類零售占 56.7%、餐飲占 21%、娛樂占 22.3%，可見經營上零售(服飾、飾品、化妝品、精品、家店、家庭日用品等)為主。

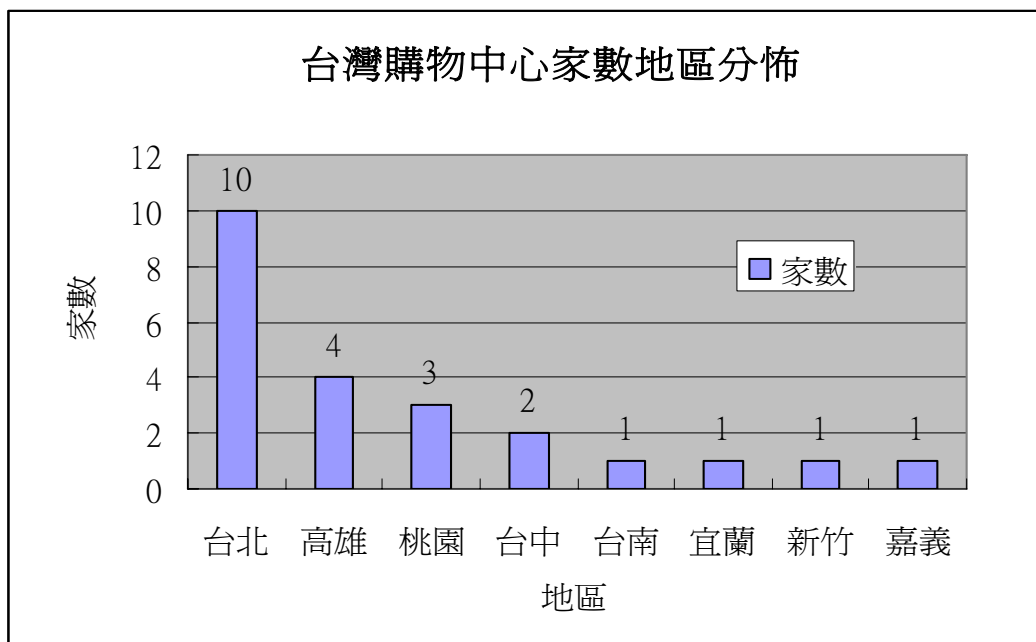


圖 2-1 台灣購物中心家數地區分佈圖

表 2-2 台灣購物中心普查(2007)

NO	品牌名稱	開幕日期	主力店	承租戶 總家數 (家)	購物中 心面積 (m2)	出租零 售面積 (m2)	地址	電話
1	遠企購物中心	1994.03.26	Max Mara、Gianfranco ferre、Anteprima、MOSCHINO、Blumarine、Aigner、la prairie、CERRUTI 1881、Chopard、Bang & Olufsen 音響、TASAKI 田崎珍珠、富御珠寶、清庭、GODIVA、琉璃工房、Tittot 琉園、FRANZ 法蘭瓷、City Super、美食生活精緻名店、紅豆石斧餐廳。	約 103 家	20,522	20,496	台北市敦化南路二段 203 號	(02)2378-666
2	台茂家庭娛樂購物中心)	1999.07.04	ACE 歡影城、百樂集主題娛樂餐廳、動力站(卡通尼樂園、極限健身中心、大魯閣棒壘球打擊練習場)	正店約 250 家 花車約 160 家	196,400	9,500	桃園縣蘆竹鄉南崁路一段 112 號	(03)311-1234
3	大江國際購物中心	2001.03.31	家樂福、英國 SBC 國際影城、誠品書店、生活工場、PUMA 旗艦店、日本大型室內主題樂園 SAGA JOYPOLIS、思夢樂日式流行服飾館	約 195 家	165,500	82,750	桃園縣中壢市中園路二段 501 號	(03)468-0168

4	德安購物中心	2001.09.27	家樂福、華納威秀影城、上閣屋 日本料理、World Gym 世界健身 俱樂部、湯姆龍親子堡	約 260 家	118,800	85,800	台中市東區復 興路四段 186 號	(04)3611-8888
5	微風廣場	2001.10.23	GUCCI、Cartier、國賓影城、無 印良品、微風市場、紀伊國屋書 店、台隆手創館、	約 350 家	-	-	台北市復興南 路一段 39 號	(02)6600-8888
6	京華城全生活廣場 Living Mall	2001.10.24	喜滿客影城、MIR0 百貨、誠品 書店、燦坤 3C	約 650 家	20,496	138,844	台北市松山區 八德四段 138 號	(02)3762-1688
7	老虎城購物中心 Tiger City	2001.12.	城市俱樂部、華納威秀影城、喫 茶趣、GOLDCLASS 頂級影廳、	約 126 家	48,972	27161	台中市河南路 三段 120 號	(04)3606-8888
8	TAIPEI 101 MALL	2003.11.14	SOGO 101、JASONS 超市、 PAGE ONE 書店、Sony Style、 金融中心。	約 183 家	77,033	185.323	台北市信義路 市府路 45 號	(02)8101-7777
9	台糖嘉年華購物中 心 SUGAR MALL	2003.12.18	台糖量販店、主題餐廳、 Outlet(暢貨中心)、戶外樂園。	約 80 家	38,790	23,135	台南縣仁德鄉 717 仁愛村 1211 號	(06)290-8888
10	美麗華百樂園	2004.11.19	美麗華摩天輪、大直美麗華影 城、台北華漾大飯店、金色三麥 現釀啤酒、史努比樂園、莫凡彼 冰淇淋餐廳、	約 400 家	125,620	82,645	台北市中山區 敬業三路 20 號	(02)2175-3456
11	環球購物中心	2005.12.10	JUSCO GMS、國賓影城、大漠 蒙古料理	約 162 家	79,200	46,200	台北縣中和市 中山路三段 122 號	(02)7331-7999





12	紐約紐約展覽購物中心	2000.03	主題餐廳、格林威治村、舒活特區 SOHO、第五大道 5th Avenue。	約 84 家	-	-	台北市信義區 松壽路 12 號	(02)8780-8111
13	統一夢時代購物中心	2007.05	夢時代 Hollokitty 摩天輪、日本居家用品地依品牌、NITORI、英國 MARKS&SPENCER、、Cinemark 喜滿客影城、World Gym 世界健身俱樂部、國際書屋、北海道冰宮博物館、先施百貨。統一阪急百貨、	約 800 家	400,000	257,853	高雄市前鎮區 中華五路 789 號	(07)973-3888
14	耐斯松屋	2006	數位王國多媒體互動主題館	約 270 家			嘉義市忠孝路 600 號	(05)276-7888
15	環亞購物廣場	1999.04.20	fnac、IKEA、玩具反斗城、品東西、登琪爾	約 180 家	66,650	33,964	台北市南京東路三段 337 號	(02)2715-3777
16	風城購物中心 WINDANCE	2003.07.25	松屋百貨、JUSCOGMS、華納威秀影城、麻吉主題樂園、專門店、永旺集團佳世客百貨、觀光飯店、商業辦公大樓、品東西。	約 450 家	338,443	185,322	新竹市中央路 233 號	(03)515-5252-
17	台北新世界購物中心	2005.06.17	日本 SEGA、統一 Mr.Donut、Miss Sofi、GIORDANO、爭鮮、東區迴廊神奇畫廊、美食街。	約 70 家	15,703	-	台北市忠孝西路一段 47-1 號 B1	(02)2375-9979
18	新崛江購物中心	1988	Levis、美體小舖、LOCCITANE、NIKI、PUMA、BIRKENSTOCK、SWATCH、Buberry、名牌二手專賣店。	約 190 家	-	-	高雄市文化路 88 號	(07)241-0177

19	掬水軒新世紀購物中心	2006.05.01	糖果博物館、汽車廣場、婚紗館、太空虛擬館、SPA 館、過季品牌商品、Outlet(暢貨中心)。	-	-	-	桃園市民族路 55 號 8 樓	(02)250-8168
20	金銀島購物中心	1999	會員制生活百貨商品及生活日常用品量販零售	-	39,670	-	高雄市凱旋四路 688 號	(07)813-7888
21	威力購物廣場	2003.12.04	購物、休閒、運動、育樂的消費文化重鎮		121,315	10,918	台北縣中和市中山路二段 291 號 2 樓	(02)2249-5969
22	漢神巨蛋購物廣場	2008.07	高級餐廳以及漢來大飯店國際宴會廳國際精品、世界級化妝品旗艦大店、流行女鞋時尚大道。		69,422		高雄市左營區博愛二路 777 號	(07)555-9688
23	蘭城新月廣場	新建中	新月廣場共有四個寬廣的營業樓層，營業業種包含化妝保養品、飾品配件、內睡衣、男女服飾、玩具與嬰童用品、遊樂場、家俱家飾、書局、家電 3C、餐飲美食。		42,000	23,000	宜蘭市「蘭城新月計劃」東側臨神農路，往南連接神農路商圈；	---

資料來源：1. 2007 年台灣連鎖商店普查(5-1-1 購物中心 P94~95)，2008 台灣連鎖商店年鑑。

2. 104 黃頁(公司資訊中心) <http://www.104info.com.tw/>

表 2-3 中華民國購物中心網站及外觀相片

NO	購物中心網站及相片	NO	購物中心網站及相片
1	<p><u>遠企購物中心</u> The Mall, Taipei Metro</p> 	2	<p><u>台茂家庭娛樂購物中心</u> TaiMall</p> 
3	<p><u>大江國際購物中心</u> Metro Walk</p> 	4	<p><u>德安購物中心</u> Taichung Central</p> 
5	<p><u>微風廣場</u> Breeze Center</p> 	6	<p><u>京華城全生活廣場</u> CPCity Living Mall</p> 
7	<p><u>老虎城購物中心</u> Tiger City</p> 	8	<p><u>台北 101</u> Taipei 101</p> 

NO	購物中心網站及相片	NO	購物中心網站及相片
9	<p><u>台糖嘉年華購物中心</u> Sugar Mall</p> 	10	<p><u>美麗華百樂園</u> Miramar Entertainment Park</p> 
11	<p><u>環球購物中心</u> Global Mall</p> 	★12	<p><u>紐約紐約展覽購物中心</u> http://www.nyny.com.tw</p> 
13	<p><u>統一夢時代購物中心</u> Dream Mall</p> 	14	<p><u>耐斯廣場</u> NicePlaza</p> 
15	<p><u>環亞購物廣場</u> Asia World</p> 	16	<p><u>風城購物中心</u> WinDance</p> 

NO	購物中心網站及相片	NO	購物中心網站及相片
★17	<p>台北新世界購物中心 (原名台北車站地下街) http://www.taipeinewworld.com/</p> 	★18	<p>新崛江購物中心 http://eshopping.inks.com.tw</p> 
★19	<p>掬水軒新世紀購物中心 http://store.gomy.com.tw/csc/explain.asp?desc=527</p> 	★20	<p>金銀島購物中心 http://www.104info.com.tw/comp/18444195000.htm</p> 
★21	<p>威力購物廣 http://www.104info.com.tw/comp/23533942000.htm</p> 	22	<p>漢神巨蛋購物廣場 http://www.hanshinarena.com.tw</p> 
23	<p>蘭城新月廣場 http://www.lunaplaza.com.tw/luna.htm</p> 		

資料來源：各網站公開相片及節能訪測實地拍攝相片。★為非中華民國購物中心協會會員。

表 2-4 台灣購物中心業種及業態貢獻比例一覽表(例)

N0	購物中心名稱	零售	餐飲	娛樂
1	遠企購物中心	服飾：生活居家+超市=70：30		
2	台茂南崁家庭娛樂購物中心			
3	大江國際購物中心	70.8	17.6	11.6
4	德安購物中心	50	25	25
5	微風廣場			
6	京華城全生活廣場	60	25	15
7	老虎城購物中心	30	15	55
8	TAIPEI 101 MALL			
9	台糖嘉年華購物中心	50	30	20
10	美麗華百樂園	65	20	15
11	環球購物中心	60	20	20
12	紐約紐約展覽購物中心			
13	統一夢時代購物中心			
14	耐斯松屋			
15	環亞購物廣場	68	15	17
16	風城購物中心			
17	台北新世界購物中心			
18	新崛江購物中心			
19	掬水軒新世紀購物中心			
20	金銀島購物中心			
21	威力購物廣場			
22	漢神巨蛋購物廣場			
23	蘭城新月廣場			
	平均值(%)	56.7	21.0	22.3

資料整理：

1. 中華民國購物中心協會 網址：<http://www.scdc.org.tw/front/bin/ptlist.phtml?Category=40728>
2. 以上 NO.15~23 購物中心為至 97 年尚未進行現場能源查核及節能服務之能源用戶。

第三章、購物中心設備與耗電介紹

本章介紹國內購物中心設備、耗電、環境溫濕度及耗電監測實例，以了解概況做為未來節能改善之參考。

1.購物中心耗電設備概況如何？

答：基本上，以便利服務為主要目標的購物中心，每家經營上朝複合式賣場及銷售特殊性商品發展。主要耗電設備除了賣場之環境空調設備、保存生鮮食品的冷凍冷藏櫃外，大抵以照明設備、公用設備等，依取樣的 14 家購物中心案例耗電設備之裝置情況，如表 3-1，大致可了解購物中心設備裝置種類、型式、規格大小、及數量規模。

(1)空調設備：以多台 250~2,000RT 螺旋式及離心式機型之中央空調主機為主，各家設備裝置容量約為 1,800RT~16,000RT，依空調負載需求而選擇運轉台數，每天運轉時間 13 小時。

(2)照明設備：目前購物中心賣場及停車場照明大致分三種型式設計，
A.商場：間接照明採用 40W×2、20W×4 鏡面反射板格柵型電子式安定器日光燈；直接照明以 U 型 27W 省電燈泡+50W 鹵素燈+70W 複金屬燈+150W 複金屬燈為主；40W×1 型及 T5 28×1 型電子式安定器日光燈為輔。

B.停車場及公共區域：大部分採用 40W×2 型傳統式安定器日光燈，而日光燈採用電子安定器匹配三波長高演色性 6,700K 晝光色燈管已為趨勢。燈管配置方面，大都為一般螢光燈具以頭尾相串聯成為矩陣排列，數量龐大，每天點燈時間自 9:00 至 22:00，約 13 小時。

(3)冷凍設備：大部分以往復式機為主，單台容量約 2HP~20HP，各家總裝置容量約為 4 HP~245HP，依冷凍負載需求而選擇運轉台數，每天運轉時間 24 小時。

(4)冷藏設備：大部份以往復式機為主，單機容量約為 1HP~20HP，

各家總裝置容量共 3HP~135HP，隨冷藏負載需求選擇運轉台數每天運轉時間 24 小時。

(5)其它公用設備：大致為大樓停車場抽排風、給排水、電扶梯等裝置，設備裝置容量隨購物中心規模大小而異，每天運轉時間 24 小時。

表 3-1 購物中心案例耗電設備之裝置情況

案例編號	空調	照明	冷凍	冷藏
★1	螺旋 882RT×3 螺旋 295RT×1	BB 型 27W 省電燈泡+50W 鹵素燈 +20W×4 電子式安定器日光燈		
2	離心 850RT×5	(1)賣場：PL 型 27W×2 省電燈泡為主； 50W 鹵素燈為輔 (2)停車場：40W×1 傳統式安定器日光燈		
3	往復 80RT×1 離心 250RT×5 離心 300RT×2 離心 500RT×2 離心 550RT×4	(1)商場：BB 型 27W×2 省電燈泡為主； 螺旋型 17W×1+150W 鹵素燈+70W 鹵 素燈做為輔 (2)辦公室：20W×4 傳統式安定器日光燈 (3)停車場與機房：40W×2 傳統式安定器 日光燈		
4	離心 600RT×2 離心 800RT×3	(1)商場：BB 型 17W、27W 省電燈泡為 主；40W×1 電子式安定器日光燈+50W 鹵素燈+70W、150W 複金屬燈為輔 (2)停車場：40W×2 傳統式安定器日光燈	10hp×14 3hp×35	2hp×22 7.5hp×12
5	螺旋 400RT×1 離心 800RT×3	(1)商場：36W×2 電子式安定器日光燈為 主；50W 鹵素燈+75W 鹵素燈為輔 (2)停車場：40W×2 電子式安定器日光燈	8hp×9	
6	離心 1,380RT×7	(1)商場：U 型 27W 省電燈泡+50W 鹵素 燈具+70W 複金屬燈+150W 複金屬燈 為主；40W×1 型電子式安定器日光燈 為輔 (2)停車場及公共區域：40W×2 型傳統式 安定器日光燈		
7	離心 650RT×3 離心 450RT×1	(1)商場：3U 型 23W 省電燈泡+70W 複 金屬燈+150W 複金屬燈為主； 36W×1、32W×1、20W×1 電子式安定	2hp×2	1.5hp×2

		器日光燈為輔；50W 鹵素燈、40W 白熾燈為專櫃重點照明 (2)停車場：40W×2 電子式安定器日光燈		
8	離心 1,200RT×2 螺旋 750RT×4 儲冰槽 583RT-h×30	(1)商場：PL 型 17W 省電燈泡+T5 型電子式安定器日光燈為主；50W 鹵素燈+70W 複金屬燈+150W 複金屬燈為輔 (2)停車場及機房：200W 高壓鈉氣燈		
9	螺旋 300RT×1 離心 750RT×2	(1)商場：U 型 27W 省電燈泡+150W、400W 複金屬燈具為主；50W 鹵素燈為輔 (2)停車場及辦公室：40W×2 電子式安定器日光燈		
10	離心 1,200RT×2 離心 1,000RT×2 離心 600RT×2 離心 500RT×3 螺旋 200RT×2	(1)商場：150W、100W、70W 複金屬燈具為主；50W 鹵素燈+T5 型電子式安定器日光燈為輔 (2)停車場及機房：40W×1 電子式安定器日光燈		20hp×6 15hp×1
11	離心 800RT×4 離心 600RT×2 螺旋 250RT×1 螺旋 180RT×1	(1)商場：PL 型 26W、32W、42W 為主；50W 鹵素燈+T5 型電子式安定器日光燈為輔 (2)停車場及機房：40W×1 電子式安定器日光燈		1hp×18
12	離心 600RT×1 螺旋 400RT×2 往復 250RT×1 往復 100RT×1 往復 80RT×1 往復 50RT×1	(1)商場：150W、70W 複金屬燈具為主；50W 鹵素燈為輔 (2)停車場及機房：40W×1 傳統式安定器日光燈+150W 複金屬燈		
13	離心 2,000RT×7 離心 500RT×4	(1)商場：U 型 26W 省電燈泡為主；50W 鹵素燈為輔 (2)停車場及機房：40W×1 電子式安定器日光燈		
★14	500RT×3 400RT×2 300RT×3	U 型 36W 省電燈管+70W 複金屬燈+50W 鹵素燈+40W×1 電子式安定器日光燈		2hp×20

資料來源：能源查核填報系統與 94~97 年歷年訪測報告統計。

2.購物中心耗電概況如何？

答：訪測調查國內營運中之 14 家購物中心，各家耗電大小及設備耗電分佈概況，如下表 3-2 及表 3-3 所示：

(1) 賣場面積 16,980~401,219m²(含停車位)，空調面積 13,584~220,670m²，總面積共 1,735,269m²，總空調面積 953,624m²，占 55%。

(2) 功因 94%~100%，平均約 98%，其中僅有 1 家功因 94%。

(3) 用電契約容量 2,600~22,500kW、用電尖峰需量 2,632~18,864kW、全年用電量約 1027~8141.6 萬 kWh、全年電費約 2,365~17,968 萬元、平均每度電電價約 2.2 元。

(4) 空調、冷凍冷藏設備及夜間局部照明設備耗電分佈，如表 3-3 所示，平均空調約佔 47%、照明約佔 30%、冷凍冷藏與其它動力設備約佔 23%，可見空調及照明之耗電為主要耗能。

(5) 合計總耗電量約 4.38 億度，占 2007 年台灣服務部門總消費電力 410.1 億度之 1.07%。

表 3-2 購物中心各家耗電統計

案例編號	樓地板面積(m ²)	空調面積(m ²)	空調面積(%)	契約容量(kW)	尖峰需量(kW)	用電量(kWh/年)	電費(萬元/年)	功因(%)	平均電價元/kWh)
1	47,200	33,040	70%	3,773	3,830	18,335,910	3,614	100	1.97
2	196,371	40,649	21%	6,050	6,440	26,150,000	5,845	99	2.23
3	119,787	48,514	41%	7,700	7,404	29,618,400	6,686	94	2.26
4	113,784	67,133	59%	6,250	5,962	28,010,000	5,976	96	2.13
5	24,003	14,402	60%	5,500	5,456	25,930,400	5,609	97	2.16
6	218,240	98,208	45%	12,880	12,090	48,357,600	10,922	99	2.26
7	48,966	34,276	70%	3,044	3,080	13,500,000	2,910	100	2.16
8	183,930	155,973	85%	10,800	10,705	54,817,600	10,975	97	2.00
9	72,930	29,026	40%	2,600	2,632	10,270,400	2,365	96	2.30
10	125,883	100,706	80%	9,900	10,125	36,469,231	8,433	96	2.31
11	132,910	74,297	56%	7,458	7,690	33,227,200	7,417	99	2.23

12	33,066	23,146	70%	3,200	3,484	12,868,800	2,917	97	2.23
13	401,219	220,670	55%	22,500	18,864	81,416,000	17,968	97	2.22
14	16,980	13,584	80%	5,100	4,591	18,851,160	4,344	100	2.30
合計	1,735,269	953,624	-	106,755	102,353	437,822,709	95,981	-	-
平均	123,948	68,116	55%	7,625	7,311	31,273,050	6,856	98	2.20

註：能源查核填報系統與 94~97 年度歷年訪測報告統計

表 3-3 購物中心各家設備耗電分佈統計

案例編號	用電量 (kWh/年)	電能分佈		
		空調 %	照明 %	冷凍冷藏與其它動力 %
1	18,335,910	45	35	20
2	26,150,000	37	40	23
3	29,618,400	45	32	23
4	28,010,000	48	42	10
5	25,930,400	40	30	30
6	48,357,600	39	34	27
7	13,500,000	80	13	7
8	54,817,600	45	20	35
9	10,270,400	40	35	25
10	36,469,231	69	17	14
11	33,227,200	60	30	10
12	12,868,800	40	30	25
13	81,416,000	25	38	37
14	18,851,160	40	30	30
平均	31,273,050	47	30	23

3.購物中心環境溫濕度概況如何？

答：經訪測調查各購物中心之室內環境條件如表 3-4，溫度 22.6~24.6℃、濕度 53.2~61.6%、CO₂ 濃度在 464~628ppm、照度 515~871 Lux。

(1)顯示有些賣場溫度稍低。

(2)室內 CO₂ 濃度 464~628ppm 與外氣 380 ppm 比較，顯示外氣換氣量稍大一些，在平日人潮少時可減少外氣量，以節約空調耗電。

(3)各賣場照度約為 515~871 Lux，各案例之照度不一，賣場內照度均

控制在 1,000Lux 以下，但為節約照明耗電，應減少使用低效率鹵素燈。

表 3-4 購物中心案例之實測室內環境條件

案例 編號	溫度	濕度	CO ₂	照度
	°C	%	ppm	lux
3	22.5~24.6	54.3~63.1	536~712	600~960
7	23.0~25.0	50.0~62.0	450~531	500~750
8	20.9~21.6	52.3~59.6	456~731	350~795
13	24.1~27.2	56.2~61.7	412~536	610~980
平均值	22.6~24.6	53.2~61.6	464~628	515~871

註：能源查核填報系統與 94~97 年度歷年訪測報告統計。

上表中之實測值只為取樣檢測之結果，僅能作參考用，並非全賣場之測試值。

4.購物中心用電日負載概況如何？

答：訪測調查某大購物中心 2008 年 5 月~8 月夏天用電日負載(kW 及 kWh/天)曲線，其中四天用電狀況如圖 3-1 所示，晚上 24:00 電力負載降至 3,000kW，早上約 7:00 時，用電降至最低約 2,340 kW；白天早上 8:00~11:00 開門準備期間，用電逐步由 5,000 上昇至 15,000kW，11:00 開門時，電力負載約 14,800 kW，18:00~19:00 晚餐時間為全日最高用電約 15,780 kW。日負載用電約 208,310~225,375 度電，由曲線圖顯示，每天 11:00~21:00 營業時間用電大，星期六人潮較多，用電增加約 8.2%。

為節能應檢討白天早上 8:00~11:00 開門準備期間之合理用電，是否開燈太多，是否可先以抽排風方式排部份室內的空調負荷，再開適當主機容量之空調主機。

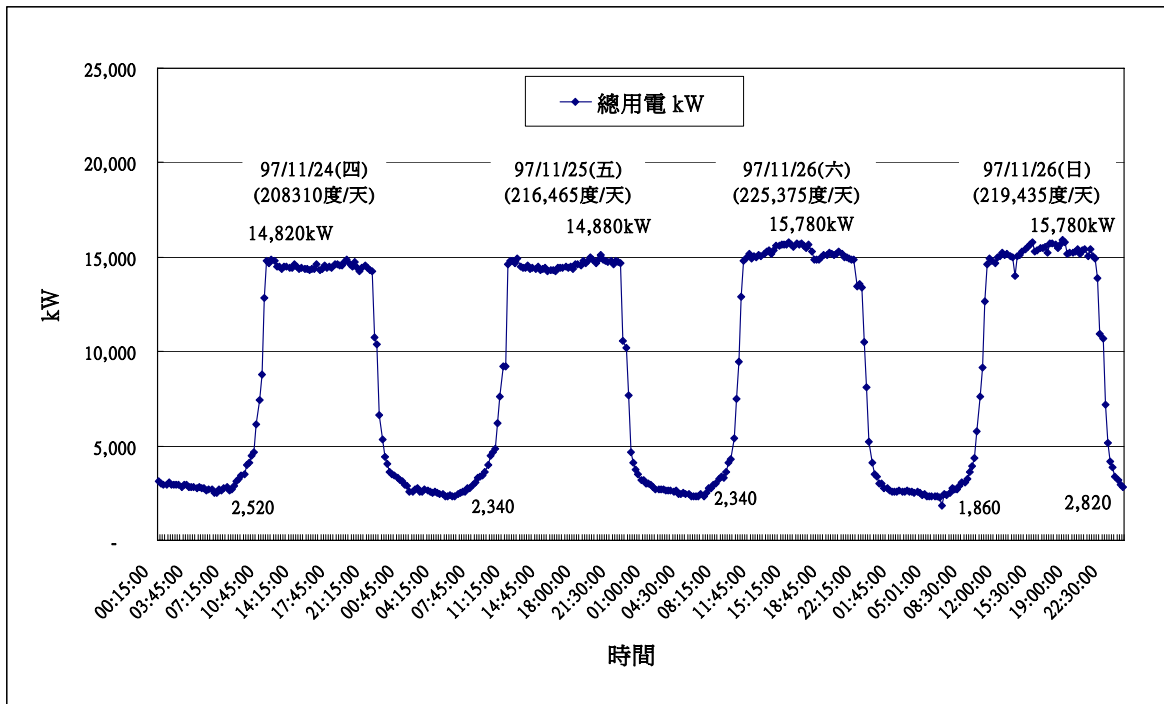


圖 3-1 購物中心夏天用電日負載(kW 及 kWh/天)曲線圖

第四章、購物中心耗能指標

本章介紹國內各購物中心之耗能指標、照明、空調耗電指標，國外照明能源效率標準、我國空調及照明能源效率標準，做為未來節能改善之基準參考。

4.1 國內購物中心耗能指標

1. 國內購物中心耗能指標現況如何？

答：在評估購物中心耗能高低之方法，可參考建築物耗能評估模式，採用下列二種方法：

- (1) 單位面積年耗電量 $\text{kWh/m}^2.\text{yr}$ 值：代表各建築物的地區氣候環境，建築外殼耗能、耗能設備系統運轉效率高低(如%、 kW/RT 、 EER 、 COP 值等)、建物面積大小(m^2)，(如賣場+倉庫+停車場)、購買人數及運轉時間長短(時/年)等的整體性綜合指標。
- (2) 單位面積耗電 W/m^2 值：代表各建築物的地區氣候環境，建築外殼耗能、耗能設備系統運轉效率高低(如%、 kW/RT 、 EER 、 COP 值等)、建物面積大小(m^2)，(如賣場+倉庫+停車場)、購買人數等，但不論運轉時間長短(時/年)的整體性綜合指標。

由以上二種評估方式，可見要訂定購物中心耗能指標是非單一條件之互相比較，而是需考量整體性綜合性複雜條件。目前國內外的耗能指標，一般都採行簡單之方式，以取樣調查各購物中心耗電量(kW 、 kWh)、面積(m^2)統計出之 $\text{kWh/m}^2.\text{yr}$ 、 W/m^2 平均值，供各購物中心做為自行評估節能改善目標之參考值。

統計 14 家節能訪測購物中心單位面積耗電結果，如表 4.1-1 及圖 4.1-1 所示：

- (1) 以樓地板面積計：單位面積耗電量指標平均值 $268\text{kWh/m}^2.\text{yr}$ 及 63W/m^2 。

(2)以空調面積計：購物中心單位面積耗電量指標為平均值 465 kWh/m².yr 及 110 W/m²。

(3)以樓地板面積計單位面積耗電指標平均值 268kWh/m².yr、63W/m²，比 96 年能源查核 45 家百貨公司統計平均值 385kWh/m².yr、94W/m²，分別低約 30%、33%。

經以上分析購物中心耗電量指標 kWh/m².yr、W/m²，低於百貨公司最大因素，為賣場、公共空間、挑高及停車場等面積都比百貨公司大。

2.國內購物中心照明、空調耗電指標現況如何？

答：有關購物中心照明、空調耗能指標方面，可依前表 4.1-1 購物中心之耗電特性，大致了解，如下(以樓地板面積計)

(1)照明單位面積耗電指標：約 17W/m²。

(2)空調單位面積耗電指標：約 54W/m²，0.07RT/m²(14.28m²/RT)。

(3)動力插座單位面積耗電指標：約 14W/m²。

(4)平均電價 1.97~2.31 元/kWh、平均 2.2 元/kWh。

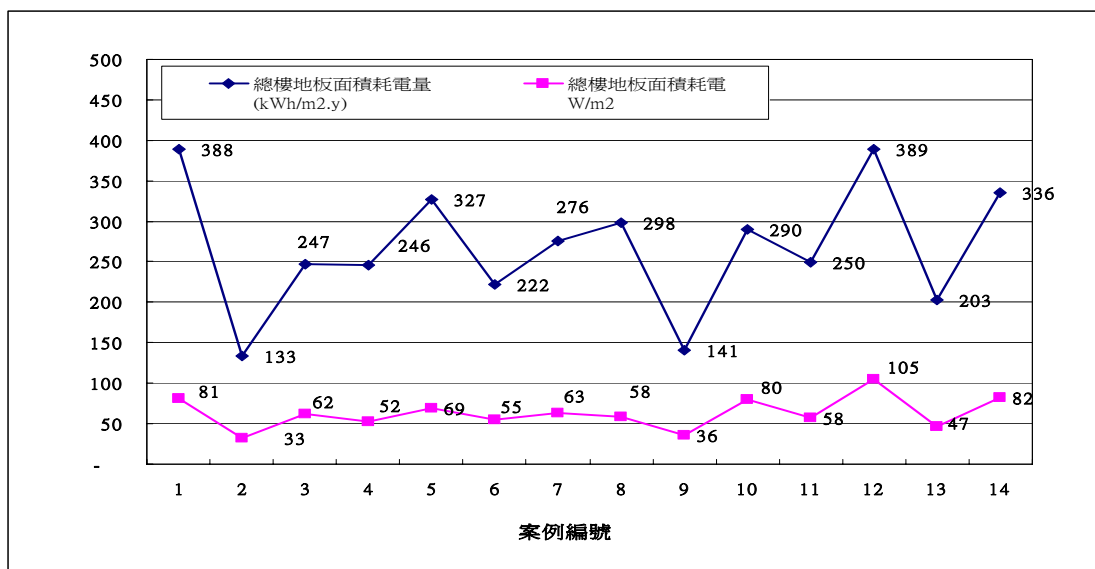


圖 4.1-1 購物中心樓地板面積計單位面積耗電(kWh/m².yr、W/m²)

表 4.1-1 台灣地區購物中心耗電調查分析

項目 案例(家)	面積		能源耗用狀況		樓地板面積		空調面積		樓地板面積			
	樓地板面積 m ²	空調面積 m ²	尖峰需量 kW	用電度數 kWh/yr	電力(1) kWh/m ² .yr	電力(2) W/m ²	電力(3) kWh/m ² .yr	電力(4) W/m ²	照明 W/m ²	空調 W/m ²	動力插座 W/m ²	空調 RT/m ²
1	47,200	33,040	3,830	18,335,910	388	81	555	116	28	52	16	0.09
2	196,371	40,649	6,440	26,150,000	133	33	643	158	13	59	8	0.10
3	119,787	48,514	7,404	29,618,400	247	62	611	153	20	69	14	0.11
4	113,784	67,133	5,962	28,010,000	246	52	417	89	22	43	5	0.05
5	79,349	47,610	5,456	25,930,400	327	69	545	115	21	46	21	0.06
6	218,240	98,208	12,090	48,357,600	222	55	492	123	3	92	11	0.10
7	48,966	34,276	3,080	13,500,000	276	63	394	90	8	72	4	0.07
8	183,930	155,973	10,705	54,817,600	298	58	351	69	12	31	20	0.03
9	72,930	29,026	2,632	10,270,400	141	36	354	91	13	36	9	0.06
10	125,883	100,706	10,125	36,469,231	290	80	362	101	14	69	11	0.07
11	132,910	74,297	7,690	33,227,200	250	58	447	104	17	62	6	0.07
12	33,066	23,146	3,484	12,868,800	389	105	556	151	32	60	26	0.08
13	401,219	220,670	18,864	81,416,000	203	47	369	85	18	21	17	0.07
14	56,132	44,906	4,591	18,851,160	326	82	420	102	25	41	25	0.07
合計	1,829,768	1,018,154	102,353	437,822,701								
平均值	130,698	72,725	7,311	31,273,050	268	63	465	110	17	54	14	0.07

- 註：1. 耗電指標(1)kWh/m².yr 為用電度數 kWh/yr ÷樓地板面積 m²
 2. 耗電指標(2)W/m².為尖峰用電 kW×1,000W/kW÷樓地板面積 m²
 3. 耗電指標(3)kWh/m².yr 為用電度數 kWh/yr ÷空調面積 m²
 4. 耗電指標(4)W/m².為尖峰用電 kW×1,000W/kW÷空調面積 m²
 5. 訪測. 22 家耗電指標平均值(kWh/m².yr、W/m²) 為歷年訪測全省量販店 14 家統計值。
 6. 購物中心耗電指標 kWh/m².yr 高低，影響最大因素為經營產品特色，設備大小，生意好壞及賣場、倉庫、停車場面積之差異。

4.2 國內空調能源效率標準

1.我國空調能源效率標準如何？

答：為提升國內空調能源使用效率品質，經濟部訂定及公告、箱型冷氣機、空調冰水主機能源效率標準，並施行檢驗管理，及推動家電節能標章產品，以淘汰低效率產品而達到節約用電的目的。如表 4.2-1~表 4.2-8 內容所示。

表 4.2-1 箱型冷氣機能源效率比值標準對照表

表 4.2-2 窗型冷氣機能源效率比值標準對照表

表 4.2-3 空調冰水主機能源效率標準

表 4.2-1 箱型冷氣機能源效率比值標準對照表

機 種	適用舊版 CNS2725	適用新版 CNS3615 及 CNS14464	實 施 日 期
	能源效率比值 (EER) kcal/h-W (Btu/h-W)	能源效率比值 (EER)	
氣冷式 (消耗電功率大於 3kW)	2.44(9.68)	2.84	民 國 91 年 1 月 1 日 起
水冷式	3.17(12.58)	3.69	

註：

- (1)適用舊版 CNS2725 箱型空氣調節機(民國 84 年 12 月 21 日修訂公布)者，能源效率比值 (EER)依該標準規定試驗之冷氣能力(kcal/h) 除以規定試驗之冷氣消耗電功率(W)，其比值應在上表標準值及標示值之 95%以上。
- (2)適用新版 CNS3615 無風管空氣調節機(民國 89 年 10 月 24 日修訂公佈)及 CNS14464 無風管空氣調節機與熱泵之試驗法及性能等級(民國 89 年 10 月 24 日修訂公布)者，能源效率比值 (EER)依該標準規定在 T1 標準試驗條件下試驗之總冷氣能力(W) 除以有效輸入功率(W)，其比值應在上表標準值及標示值之 95%以上。

表 4.2-2 窗型冷氣機能源效率比值標準對照表

窗型氣冷式(消耗電功率 3kW 以下)			適用舊版 CNS3615	適用新版 CNS3615 及 CNS14464	實施日期
機種	總冷卻能力		型式	能源效率 比值 (EER) kcal/h-W (Btu/h-W)	
	適用舊版 CNS3615	適用新版 CNS3615 及 CNS14464			
單體式	低於 2,000kcal/h	低於 2.3kW	一般型式 變頻式 (60Hz)	2.33(9.24)	2.71
	2,000 kcal/h 以上 3,550 kcal/h 以下	2.3kW 以上 4.1kW 以下	一般型式 變頻式 (60Hz)	2.38(9.44)	2.77
	高於 3,550 kcal/h	高於 4.1kW	一般型式 變頻式 (60Hz)	2.24(8.89.)	2.60
分離式	3,550kcal/h 以下	4.1kW 以下	一般型式	2.55(10.12)	2.97
			變頻式 (60Hz)	2.38(9.44)	2.77
	高於 3,550 kcal/h	高於 4.1kW	一般型式 變頻式 (60Hz)	2.35(9.32)	2.73

註：

- (1)適用舊版 CNS3615 室內空氣調節機(民國 84 年 12 月 21 日修訂公布)者，能源效率比值 (EER)依該標準規定試驗之冷氣能力(kcal/h) 除以規定試驗之冷氣消耗電功率(W)，其比值應在上表標準值及標示值之 95%以上。
- (2)適用新版 CNS3615 無風管空氣調節機(民國 89 年 10 月 24 日修訂公佈)及 CNS14464 無風管空氣調節機與熱泵之試驗法及性能等級(民國 89 年 10 月 24 日修訂公布)者，能源效率比值 (EER)依該標準規定在 T1 標準試驗條件下試驗之總冷氣能力(W) 除以有效輸入功率(W)，其比值應在上表標準值及標示值之 95%以上。

表 4.2-3 空調冰水主機能源效率標準

執行階段		第一階段		第二階段		
施行日期		九十二年一月		九十四年一月		
型式	冷卻能力等級	能源效率比值 (EER) kcal/h-W	性能係數(COP)	能源效率比值 (EER) kcal/h-W	性能係數(COP)	
水冷式	容積式 壓縮機	<150RT	3.50	4.07	3.83	4.45
		≥150RT ≤500RT	3.60	4.19	4.21	4.90
		>500RT	4.00	4.65	4.73	5.55
	離心式 壓縮機	<150RT	4.30	5.00	4.30	5.00
		≥150RT <300RT	4.77	5.55	4.77	5.55
		≥300RT	4.77	5.55	5.25	6.10
氣冷式	全機種	2.40	2.79	2.40	2.79	

註：

(1)冰水機能源效率比值(EER)依 CNS 12575 容積式冰水機組及 CNS 12812 離心式冰水機組規定試驗之冷卻能力(kcal/h)除以規定試驗之冷卻消耗電功率(W)，測試所得能源效率比值不得小於上表標準值，另廠商於產品上之標示值與測試值誤差應在 5%以內。

(2)性能係數(COP)= 冷卻能力(W)÷冷卻消耗電功率(W)=1.163EER。1RT(冷凍噸)=3,024kcal/h

4.3 國外照明系統規範與能源效率標準

隨著綠色節能環保意識抬頭，目前大部分國家多已將能源效率管理納入規範管理，其中美國、日本、新加坡等先進國家更對照明用電效率，訂有規範指標及基準值。其管理規範與指標架構除了日本規範與美國規範有顯著的不同外，新加坡等國之規範大致以美國 ASHAE90.1 之規範系統為基本架構。故本章將概略介紹美國、日本、新加坡與台灣等，對於有關建築物照明節能設計規範之要求。

1. 美國建築照明之節能規範概要如何？

答：(1)美國能源主管機關為能源部，美國照明節能規範主要係依據美國聯邦能源部建築節能計畫之標準與指導方案 (Building Standards & Guidelines Program, BSGP) 所建立，其主要之節能標準為美國冷凍空調學會與照明學會所共同制定之 ANSI/ASHAE/ IES 90.1-2004 (Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings)。美國各州政府則以 ANSI/ASHAE/ IES 90.1-2004 為基準，訂定成為各州的節能法規，因此美國各州對於照明規範不盡相同，惟基本上仍應要符合基準之要求。【7】

(2)照明節能的基準要求係採以規定照明功率強度 LPD (Lighting Power Density, W/m^2)基準值之方式，再依據實際建築空間使用類型以面積檢核方式或是採用逐室空間檢核方式，檢核其是否超過各該基準值。

照明功率強度(LPD)計算式=照明器具用電(W)÷房間面積(m^2)

(3)ASHARE 90.1 在照明設計方面強制之規定包括：

- A. 照明之控制
- B. 雙座電線，二燈具共用一個安定器
- C. 建築外部或室內空間與面積照明電力標準，如表 4.3-1~表 4.3-4 所示。

D. 照明器具之電力標準

E. 室外照明器具標準

規範性之規定如照明耗電之建築面積法(Building Area Method)，如表 4.3-2 ASHARE 90.1- 2004 版之照明電力標準(建築面積法)，例如零售業(Retail)空間之照明電力負載以 $1.5\text{W}/\text{ft}^2$ ($16.1\text{W}/\text{m}^2$) 標準設計。ASHARE 90.1 亦有個別空間法之照明電力標準，使較大之建築有設計上的彈性。

(註： $1\text{m}^2=10.764\text{ft}^2$ ， $1.5\text{W}/\text{ft}^2\times 10.764\text{ft}^2/\text{m}^2=16.1\text{W}/\text{m}^2$)

例如台灣購物中心賣場實測照度低於 $1,000\text{lux}$ ，以總樓地板面積計，總照明耗能約 $17\text{W}/\text{m}^2$ ，此代表各賣店照明耗電 W/m^2 ，將比美國零售業(Retail)照明電力 $1.5\text{W}/\text{ft}^2$ ($16.1\text{W}/\text{m}^2$)、販賣區(Sale Area) $1.7\text{W}/\text{ft}^2$ ($18.3\text{W}/\text{m}^2$)之標準高許多。若賣場照明能改採 T-5 電子式高效率日光燈為基礎照明及調整鹵素燈燈具排列與數量，應可達到美國零售業(Retail) $16.1\text{W}/\text{m}^2$ 之標準，節能約 40%。

表 4.3-1 建築外部照明單位面積強度 (W/ft²)

註: 1m²=10.764ft², 1.5W/ft²×10.764ft²/m²=16.1W/m²

TABLE 9.4.5 Lighting Power Densities for Building Exteriors

Tradable Surfaces (Lighting power densities for uncovered parking areas, building grounds, building entrances and exits, canopies and overhangs and outdoor sales areas may be traded.)	Uncovered Parking Areas	
	Parking Lots and drives	0.15 W/ft ²
	Building Grounds	
	Walkways less than 10 feet wide	1.0 W/linear foot
	Walkways 10 feet wide or greater	0.2 W/ft ²
	Plaza areas	
	Special Feature Areas	1.0 W/ft ²
	Stairways	
	Building Entrances and Exits	
	Main entries	30 W/linear foot of door width
	Other doors	20 W/linear foot of door width
	Canopies and Overhangs	
	Canopies (free standing and attached and overhangs)	1.25 W/ft ²
Outdoor Sales		
Open areas (including vehicle sales lots)	0.5 W/ft ²	
Street frontage for vehicle sales lots in addition to "open area" allowance	20 W/linear foot	
Non-Tradable Surfaces (Lighting power density calculations for the following applications can be used only for the specific application and cannot be traded between surfaces or with other exterior lighting. The following allowances are in addition to any allowance otherwise permitted in the "tradable Surfaces" section of this table.)	Building Facades	0.2 W/ft ² for each illuminated wall or surface or 5.0 W/linear foot for each illuminated wall or surface length
	Automated teller machines and night depositories	270 W per location plus 90 W per additional ATM per location
	Entrances and gatehouse inspection stations at guarded facilities	1.25 W/ft ² of uncovered area (covered areas are included in the "Canopies and Overhangs" section of "Tradable Surfaces")
	Loading areas for law enforcement, fire, ambulance and other emergency service vehicles	0.5 W/ft ² of uncovered area (covered areas are included in the "Canopies and Overhangs" section of "Tradable Surfaces")
	Drive-up windows at fast food restaurants	400 W per drive-through
	Parking near 24-hour retail entrances	800 W per main entry

資料來源：ANSI/ASHAE/IESN STANDARD 90.1-2004 【7】

表 4.3-2 建築面積型式照明單位面積強度(W/ft²)

註:1m²=10.764ft² , 1.5W/ft²×10.764ft²/m²=16.1W/m²

TABLE 9.5.1 Lighting Power Densities Using the Building Area Method

Lighting Power Density	
Building Area Type ^a	(W/ft ²)
Automotive Facility	0.9
Convention Center	1.2
Court House	1.2
Dining: Bar Lounge/Leisure	1.3
Dining: Cafeteria/Fast Food	1.4
Dining: Family	1.6
Dormitory	1.0
Exercise Center	1.0
Gymnasium	1.1
Health Care-Clinic	1.0
Hospital	1.2
Hotel	1.0
Library	1.3
Manufacturing Facility	1.3
Motel	1.0
Motion Picture Theater	1.2
Multi-Family	0.7
Museum	1.1
Office	1.0
Parking Garage	0.3
Penitentiary	1.0
Performing Arts Theater	1.6
Police/Fire Station	1.0
Post Office	1.1
Religious Building	1.3
Retail	1.5
School/University	1.2
Sports Arena	1.1
Town Hall	1.1
Transportation	1.0
Warehouse	0.8
Workshop	1.4

零售業
16.1W/m²

^a In cases where both general building area type and a specific building area type are listed, the specific building area type shall apply.

資料來源：ANSI/ASHAE/IESN STANDARD 90.1-2004【7】

表 4.3-3 建築空間型式照明單位面積強度(W/ft²)

註:1m²=10.764ft² , 1.5W/ft²×10.764ft²/m²=16.1W/m²

TABLE 9.6.1 Lighting Power Densities Using the Space-by-Space Method

Common Space Types ^a	LPD (W/ft ²)	Building Specific Space Types	LPD (W/ft ²)
Office-Enclosed	1.1	Gymnasium/Exercise Center	
Office-Open Plan	1.1	Playing Area	1.4
Conference/Meeting/Multipurpose	1.3	Exercise Area	0.9
Classroom/Lecture/Training	1.4	Courthouse/Police Station/Penitentiary	
For Penitentiary	1.3	Courtroom	1.9
Lobby	1.3	Confinement Cells	0.9
For Hotel	1.1	Judges Chambers	1.3
For Performing Arts Theater	3.3	Fire Stations	
For Motion Picture Theater	1.1	Fire Station Engine Room	0.8
Audience/Seating Area	0.9	Sleeping Quarters	0.3
For Gymnasium	0.4	Post Office—Sorting Area	1.2
For Exercise Center	0.3	Convention Center—Exhibit Space	1.3
For Convention Center	0.7	Library	
For Penitentiary	0.7	Card File and Cataloging	1.1
For Religious Buildings	1.7	Stacks	1.7
For Sports Arena	0.4	Reading Area	1.2
For Performing Arts Theater	2.6	Hospital	
For Motion Picture Theater	1.2	Emergency	2.7
For Transportation	0.5	Recovery	0.8
Atrium—First Three Floors	0.6	Nurse Station	1.0
Atrium—Each Additional Floor	0.2	Exam/Treatment	1.5
Lounge/Recreation	1.2	Pharmacy	1.2
For Hospital	0.8	Patient Room	0.7
Dining Area	0.9	Operating Room	2.2
For Penitentiary	1.3	Nursery	0.6
For Hotel	1.3	Medical Supply	1.4
For Motel	1.2	Physical Therapy	0.9
For Bar Lounge/Leisure Dining	1.4	Radiology	0.4
For Family Dining	2.1	Laundry—Washing	0.6
Food Preparation	1.2	Automotive—Service/Repair	0.7
Laboratory	1.4	Manufacturing	
Restrooms	0.9	Low Bay (<25 ft Floor to Ceiling Height)	1.2
Dressing/Locker/Fitting Room	0.6	High Bay (≥25 ft Floor to Ceiling Height)	1.7
Corridor/Transition	0.5	Detailed Manufacturing	2.1
For Hospital	1.0	Equipment Room	1.2
For Manufacturing Facility	0.5	Control Room	0.5
Stairs—Active	0.6	Hotel/Motel Guest Rooms	1.1
Active Storage	0.8	Dormitory—Living Quarters	1.1
For Hospital	0.9	Museum	
Inactive storage	0.3	General Exhibition	1.0
For Museum	0.8	Restoration	1.7

資料來源：ANSI/ASHAE/IESN STANDARD 90.1-2004【7】

表 4.3-4 建築空間型式照明單位面積強度(W/ft²)

註:1m²=10.764ft² , 1.7W/ft²×10.764ft²/m²=16.1W/m²

TABLE 9.6.1 (continued) Lighting Power Densities Using the Space-by-Space Method

Common Space Types ^a	LPD (W/ft ²)	Building Specific Space Types	LPD (W/ft ²)
Electrical/Mechanical	1.5	Bank/Office—Banking Activity Area	1.5
Workshop	1.9	Religious Buildings	
		Worship Pulpit, Choir	2.4
		Fellowship Hall	0.9
		Retail [For accent lighting, see 9.3.1.2.1(c)]	
		Sales Area	1.7
		Mall Concourse	1.7
		Sports Arena	
		Ring Sports Area	2.7
		Court Sports Area	2.3
		Indoor Playing Field Area	1.4
		Warehouse	
		Fine Material Storage	1.4
		Medium/Bulky Material Storage	0.9
		Parking Garage—Garage Area	0.2
		Transportation	
		Airport—Concourse	0.6
		Air/Train/Bus—Baggage Area	1.0
		Terminal—Ticket Counter	1.5

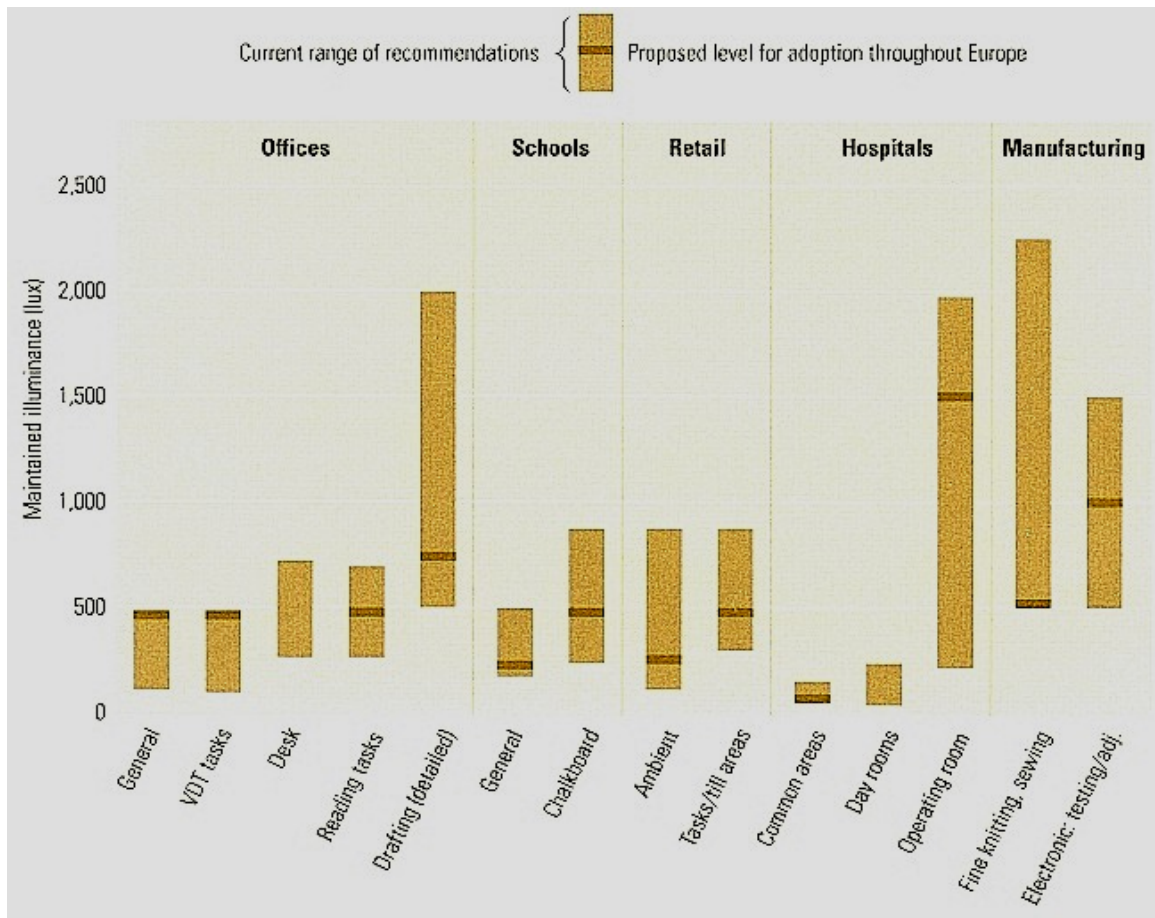
賣場
18.3W/m²

a In cases where both a common space type and a building specific type are listed, the building specific space type shall apply.

資料來源：ANSI/ASHAE/IESN STANDARD 90.1-2004 【7】

2.美國照明光環境基本照度需求如何？

答：美國加州柏克萊大學勞倫斯實驗室根據北美 14 個國家提出之基本照度建議。圖 4.3-1 所示為美國照明光環境基本照度需求。如辦公室 (Office) 之桌面 (Desk) 照度為 300~750 lux，與我國辦公室 300~750 lux 相同。我國照度又與日本相同，可見世界各國照度標準有一致性。而購物中心照度可參考零售業 (Retail) 之照度範圍如圖 4.3-1 要求。



注：美國加州柏克萊大學勞倫斯實驗室根據北美 14 個國家提出之建議基本照度值。

圖 4.3-1 美國照明光環境基本照度需求

3.新加坡建築照明之節能規範概要如何？

答：新加坡採用單位面積照明用電密度 (Light Unit Power Density 簡稱 LPD)，若將照明區域內之照明用電量 Q [W]除以照明區域面積 A [m^2]，即得單位面積照明用電密度 $LPD=Q/A$ [W/m^2]。因此利用此評估方法可瞭解此一照明區域之照明用電量是否合理。此綜合評估方法，適用於採用全面照明方式者，整個照明區域要求均一照度之條件。表 4.3-5 係新加坡規定照明單位面積最大耗電，購物中心 $25W/m^2$ ，可供照明設計者及用戶檢討用電量之參考。【8】

表 4.3-5 新加坡照明單位面積最大耗電(W/m²)

SS 530 : 2006

Table 7 – Maximum lighting power budget (including ballast loss)

Type of usage	Maximum lighting power budget (Watts / m ²)
Offices	15
Classrooms	15
Lecture theatres	15
Auditoriums / Concert halls	10
Shops / Supermarkets / Departmental stores (including general, accent and display lighting)	25
Restaurants	15
Lobbies / Atriums / Concourses	10
Stairs	6
Corridors	10
Car parks	5
Electronic manufacturing and fine detail / Assembly industries	20
Medium and heavy industries	15
Warehouses / Storage areas	10
1. Design service illuminance, lamp efficacies and the light output ratios of luminaires shall be in accordance with Singapore Standard SS 531. 2. The general use of incandescent tungsten lamps is discouraged. 3. The use of High Frequency fluorescent lighting systems is encouraged to achieve good illuminance standards with visual comfort. 4. Display lighting and specialised lighting are to be included in the calculation of lighting power budget. 5. The lighting power budget shall not apply to spaces in individual residences and apartments but shall apply to common stairs, lobbies, corridors and indoor car parks within the residential building.	

百貨公司
購物中心
25W/ft²

註：SS 530_2006_Code of practice for energy efficiency standard for building services and equipmen 【8】

4.日本建築照明之節能規範概要如何？

答：日本在 1993 年 7 月 29 日頒布之「有關建築物內能源使用之合理化」法令，並自 1994 年 8 月 1 日執行，有關建築物照明節能規範則以日本照明學會及照明學者所訂出照明能源耗費係數 CEC/L (Coefficient of Energy Consumption for Lighting)作為建築物照明設計之規定。CEC/L 定義如下：

$$\begin{aligned} \text{CEC/L} &= \text{全年照明設備實際消耗能源量(kcal/年)} \div \text{全年照明設備標準消耗能源量(kcal/年)} \\ &= \Sigma ET \times 2,550 \text{ kcal} \div \Sigma Es \times 2,550 \text{ kcal} \\ &= [\Sigma (ET \times A \times T \times F / 1,000)] \times 2,550 \text{ kcal} \div [\Sigma (Es \times A \times T \times Q1 \times Q2 / 1,000)] \times 2,550 \text{ kcal} \end{aligned}$$

ES：各室標準之照明設備耗費電量 (kWh)

ET：各室實際的照明設備耗費電量 (kWh)

WS：標準照明消耗功率 (每單位面積 W/m²)

WT：照明設備實際消耗功率 (W/m²)

A：各室之地板面積

T：各室全年間照明點燈時間

Q1：依照明設備之種類產生修正常數

Q2：依照明設備之照度產生修正常數

F：依照明設備控制系統等產生之修正常數

日本有關建築物節約能源措施方面，新法規定除原有之空調設備外，以政令追加其它耗能設備，其中包括照明設備、機械換氣設備、熱水供給設備及電梯設備等，分別制定其能源消費係數(Coefficient of Energy Consumption, CEC)判斷基準，促進建築物進一步節約能源。

對於特定建築物之定義則追加辦公室、商店、旅館、學校、醫院診療所等類建築。因此基於以上省能源法之規定，對於特定建築物於 1993 年 11 月 1 日以後的建築執照申請，必須提出省能源計畫書(包含

計算書)。建築物的 CEC/L 值必需符合下表 4.3-6 的要求。

表 4.3-6 日本能源消費係數 CEC/L 基準

單位	一般基準值	獎勵基準值
事務所、學校、醫院	$CEC/L \leq 1.0$	$CEC/L \leq 0.9$
飯店、商店	$CEC/L \leq 1.2$	$CEC/L \leq 1.1$

飯店、商店的判斷基準值特別規定為 1.2，主要是考慮到這些建築物的照明必須為顧客創造一種舒適明亮的照明環境。當 CEC/L 滿足獎勵基準值時，根據節能、再利用支持法，其照明設備系統中的高效率照明設備可以享受低利貸款，以鼓勵建築物採用高效率照明設備。

4.4 台灣照明之節能規範概要

1.台灣綠建築照明系統節能評估法？

答：(1)台灣綠建築照明系統之節能評估法係以提高燈具效率與照明功率為主，其合格判斷如下式所示：

照明系統節能效率：

$$EL = IER \times IDR \times (1.0 - \beta_1 - \beta_2 - \beta_3) \dots\dots\dots 1$$

式中所有居室燈具效率係數 IER 與主要作業空間照明功率係數 IDR：

$$IER = (\sum n_i \times W_i \times B_i \times C_i \times D_i) / (\sum n_i \times W_i \times B_i \times r_i) \dots\dots\dots 2$$

其中

EL：照明系統節能效率，無單位

IER：所有居室燈具效率係數，無單位

IDR：主要作業空間照明功率係數，無單位

n_i ：某 i 類燈具數量。

w_i ：某 i 類燈具之功率(W)

r_i ：某 i 類光源之效率比

B_i ：安定器效率係數

C_i ：照明控制係數

D_i ：燈具效率係數

β_1 ：20.0x 再生能源節能比例 R_r

β_2 ：建築能源管理系統效率

β_3 ：如光導管，光纖集光裝置等其他特殊採光照明節能優待係數，由申請者提出計算值，經認定後採用之。

sw_j ：主要作業空間之照明總功率(W)，為該空間燈具功率之和，主要作業空間型態。

A_j ：主要作業空間樓地板面積(m^2)。

UPDj：主要作業空間照明功率密度基準。

IER 為實際總用電功率與總用電功率基準之比，IDR 為主要作業空間之設計照明功率密度與照明功率密度基準之比。綠建築之照明評估範圍係以照明水準較具共同標準之供公眾使用之空間為限，至於儲藏室、停車場、倉庫、樓梯間、茶水間、廁所等非居室空間，與住宅、宿舍、療養院、旅館客房等屬於私人生活氣氛之住宿空間，以及開刀房、工廠生產線、實驗室、音樂廳、娛樂場所、展覽場、商場等商業展示及特殊照明需求空間，暫不列入評估範圍。

(2)台灣目前尚未公佈單位面積照明用電密度 $UPD=Q/A [W/m^2]$ ，依非製造業能源查核能源大用戶(用電契約容量>1,000 kW 者)照明用電統計研究，提出可供參考之建議值如表 4.4-1 所示，與美國及新加坡之 UPD 值差不多。

表 4.4-1 台灣照明單位面積耗電強度(W/m^2)建議值

建築類型		單位面積照明裝置電力 W/m^2
政府機關)辦公建築)		15
商業建築	辦公	15
	百貨	25
	量販店	18
	飯店	18
	醫院	18

註：住商部門非製造業能源查核與耗能指標訂定之研究，蔡尤溪、李魁鵬，93 年產業節能技術服務計畫分包研究期末報告 (綠基會)【9】

2.台灣照明能源效率標準及環保標章規定如何？

答：購物中心照明用電大，為照明節能改善應選購經濟部能源局已訂有節能標章，之產品。節能標章網址 <http://www.energylabel.org.tw/>

A.螢光燈管環保標章規格標準，表 4.4-2。

B.螢光燈管節能標章能源效率基準與其標示方法，表 4.4-3。

C.安定器內藏型螢光燈炮節能標章能源效率基準與其標示方法，表 4.4-4。

表 4.4-2 螢光燈管環保標章規格標準


1. 本產品係指預熱型螢光燈管，不含省能源精緻型螢光燈(CFL)。	
2. 螢光燈管使用2,000小時後，光束維持率應達初期光束之85%以上。	
3. 燈管輸出光效率(lm/W)及演色性評價指數應達80(含)以上。	
4. 燈管內水銀(Hg)含量應不大於15(含)毫克。	
5. 工作環境空氣中之水銀蒸氣平均值應不大於0.23(含)mg/m ³ 。	
6. 標章使用者的名稱以及住址須清楚記載於產品或包裝上，標章使用者若非製造者，製造者的名稱及住址須一併記載於產品或包裝上。	
7. 產品或包裝上須標示「節省能源及減少汞污染」。	
註：1. 本項產品出貨時包裝箱須採用回收紙混合80%以上所製成之瓦楞紙箱。 2. 燈管外部須標示功率及演色性評價指數。	

表 4.4-3 螢光燈管節能標章能源效率基準與其標示方法

能技字第 09404015980 號令 94 年 10 月 24 日公告修訂即日起實施

- 一、螢光燈管申請節能標章認證，其產品需符合依國家標準 CNS691、CNS13755、CNS10839 及 CIE13.3 進行測試，實測值需符合下列標準：

燈管發光長度 100cm 以上		
標準色度範圍	節能標章能源效率基準	
	搭配 CNS 691 試驗要求試驗用安定器	搭配 CNS 13755 驗證登錄合格電子式安定器
燈泡色(L-EX：2600~3150K) 溫白色(WW-EX：3200~3700K) 白色(W-EX：3900~4500K)	發光效率 ≥ 92 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80	發光效率 ≥ 96 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80
晝白色(N-EX：4600~5400K) 冷白色(CW-EX：4600~5400K)	發光效率 ≥ 90 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80	發光效率 ≥ 94 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80
晝光色(D-EX：5700~7100K)	發光效率 ≥ 86 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80	發光效率 ≥ 90 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80

- 二、(以上產品能源效率證明文件需註明安定器型式)

燈管發光長度 未達 100cm		
標準色度範圍	節能標章能源效率基準	
	搭配 CNS 691 試驗要求試驗用安定器	搭配 CNS 13755 驗證登錄合格電子式安定器
燈泡色(L-EX：2600~3150K) 溫白色(WW-EX：3200~3700K) 白色(W-EX：3900~4500K)	發光效率 ≥ 84 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80	發光效率 ≥ 87 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80
晝白色(N-EX：4600~5400K) 冷白色(CW-EX：4600~5400K)	發光效率 ≥ 81 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80	發光效率 ≥ 84 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80
晝光色(D-EX：5700~7100K)	發光效率 ≥ 78 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80	發光效率 ≥ 81 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80

- 三、前點節能標章能源效率基準之標示，應注意下列事項：

- (一)標章使用者之名稱及住址需清楚記載於產品或包裝上。
- (二)標章使用者若為代理商，其製造者之名稱及地址需一併記載於產品或包裝上。
- (三)產品型錄上應標示產品之發光效率(lm/W)與平均演色性指數。
- (四)產品之實測發光效率，計算至整數，小數點後第一位數即四捨五入。

表 4.4-4 安定器內藏型螢光燈泡節能標章能源效率基準與標示方法

◆安定器內藏式螢光燈泡：安定器內藏式螢光燈泡節能標章能源效率 基準與標示方法
能技字第 09404017350 號令 94 年 10 月 21 日公告即日起實施
<p>一、安定器內藏式螢光燈泡申請節能標章認證，其產品需符合國家標準 CNS14125 之規定，實測值需符合下列基準：</p> <p>(一)發光效率需高於(含)60 lm/W。</p> <p>(二)平均演色性指數需高於(含)80。</p> <p>(三)「2000 小時之光束維持率需高於 85%」(94 年 12 月 31 日前之試驗報告適用)或「1000 小時之光束維持率需高於 90%」(95 年 1 月 1 日後之試驗報告適用)。</p> <p>二、前點節能標章能源效率基準之標示，應注意下列事項：</p> <p>(一)標章使用者之名稱及住址需清楚記載於產品或包裝上。</p> <p>(二)標章使用者若為代理商，其製造者之名稱及地址需一併記載於產品或包裝上。</p> <p>(三)產品型錄上應標示產品之發光效率(lm/W)。</p> <p>(四)產品之實測發光效率，計算至整數，小數點後第一位數即四捨五入。</p>

3.台灣 CNS 照度標準規定如何？

答：在各種場所等所需之照度基準，我國家標準訂有 CNS 總號 12112 類號 Z1044，其購物中心是綜合多元功能之營業場所，因此有關各場所之照度標準如下表 4.4-5~表 4.4-9 說明【10】。如

表 4.4-5 辦公室照度標準

表 4.4-6 商店、百貨店、其他照度標準

表 4.4-7 停車場照度標準

表 4.4-9 通路、廣場、公園照度標準

表 4.4-8 美術館、博物館、公共會館、旅館、公共浴室、美容院、理髮店、飲食店、戲院照度標準

表 4.4-5 CNS 照度標準-辦公室

附表1 辦公室

照度 Lux	場 所 (1)		作 業
2000		—	—
1500	辦公室(a)(2)，營業所，設計室，製圖室，正門大廳(日間)(3)		○設計 ○製圖 ○打字 ○計算 ○打卡
1000	辦公室(a)(2)，營業所，設計室，製圖室，正門大廳(日間)(3)		
750	—	辦公室(b)，主管室，會議室，印刷室，總機室，	—
500	禮堂，會客室，大廳，	電子計算機室，控制室，診療室，	
300	餐廳，廚房、娛樂室，	○電氣機械室等之配電盤及計器盤，	
200	休息室，警衛室，電梯走道	○服務台	
150	—	書庫，會客室，電氣室，教室，機械室，	
100	飲茶室，休息室，值夜室，更衣室，倉庫，	書庫，會客室，電氣室，教室，機械室，	
75	入口（靠車處）	電梯，雜務室	盥洗室，茶水間，浴室，走廊，樓梯，廁所
50	安 全 梯		—
30	安 全 梯		—

註(1)：關於室內停車場請參照附表6。

(2)：辦公室如做精細工作，且日間因光線之影響而室外明亮，室內黑暗之感覺希望能選擇a之標準。

(3)：為避免日間已適應屋外數萬 Lux的自然光，自進入屋內正門大廳時呈現昏暗之情形、正門大廳照度應予提高，正門大廳日夜間照度可分階段點滅調光。

表 4.4-6 CNS 照度標準-商店、百貨店、其他

附表5 商店、百貨店、其他

照度 Lux	商店之一般共同事項	日用品店 (雜貨、食品)	超級市場 (自助式)	大型店(5) (百貨公司、大批發店)	服飾店 (衣料、眼鏡、鐘錶等)	文化品店 (家電、樂器、書籍)	趣味休閒用品店	生活別專門店 (家庭工藝器具、育嬰、料理等)	高級專門店 (貴金屬、衣服、藝術品等)
3000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2000	○局部陳列室	—	○主陳列室	○櫥窗之重點 ○展示部 ○店內重點陳列部	○櫥窗之重點	○櫥窗之重點 ○店內之陳列部	—	—	○櫥窗之重點
1500	—	—	—	○專櫃 ○店內陳列	—	舞台商品之重點	—	○櫥窗之重點	○店內重點陳列品
1000	○重點陳列部 ○結帳櫃台 ○電扶梯上下處 ○包裝台	○重點陳列部	店內全般 (鬧區商店)	主商品標售特價品部份 ○服務專櫃	○重點陳列 ○專案櫃 ○試穿室	○室內陳列 ○服務專櫃，試穿室(9)，櫥窗之全般	○室內陳列之重點 模特兒表演場，櫥窗之全般	○展示室	○一般陳列品
750	—	○重點部份 ○店面	—	一般樓層之全般	—	店內全般 ○具鼓舞性指標之陳列	○店內一般陳列 ○特別陳列 ○服務專櫃	—	○服務專櫃 設計發表專櫃
500	電梯大廳 電扶梯	—	店面全般 (郊外商店)	高層樓之全般	店內全般 (特別部份除外) ○特別陳列部	—	店內全般	—	接待室
300	○一般陳列品，洽商室	—	—	—	—	—	—	—	—
200	接待室	店面全般	—	—	—	—	—	—	店內全般
150	化粧室，廁所 樓梯，走道	—	—	—	○特別部之全般	○具鼓舞性指標陳列部之全般	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	特別部之全般	—	—
75	休息室 店面全般	—	—	—	—	—	—	—	—

註：(8)大型店之販賣場因業別而需必要效果時，可用相對事項。(9)試穿室等乃希望設調光裝置以方便減光。

備考：1.有“○”記號之作業場所，可用局部照明取得該照度。

2.白天屋外正面櫥窗之重點希望1,000Lux以上。

3.重點陳列之局部照明之照度，希望在全般照明之三倍以上。

表 4.4-7 CNS 照度標準-停車場

附表6 停車場

照度 Lux	屋 內 、 地 下			屋 外			
	300	機械式停車 裝置之出入口	車道 (交通量大)	—	—	—	—
200	巴士及卡車起訖 站(交通量大)						
150	—	車道 (一般)	停車位置 (出入多的場合)	巴士及卡車起訖 站(交通量大)	服務區 (高速公路)	收費(17) (大規模)	—
100				巴士及卡車起訖 站(交通量大)			
75				—	停車位置 (出入少的場合)	—	停車區 (高速公路)
50							
30							
20							
10							
5							

註(17)：照停車表之路上停車場不包括在內。

備考：屋內停車場之出入口須視白天外面之照度增設燈數。

表 4.4-8 CNS 照度標準-通路、廣場、公園

附表10 通路、廣場、公園

照度 Lux	通 路						交通關係廣場	公 園	
	地 上			地 下					
1000	—			—					
750				商店街 (繁榮)	—	—			
500	拱街 商店街 (繁榮)			商店街 (繁榮)	—	—			
300	拱街 商店街 (一般)			商店街 (一般)	通路 (交通量大)	—			
200					通路 (一般)	—			
150									
100									
75		商店街 (繁榮)							
50		商店街 (一般)							
30			市街地						
20							車站前廣場 (一般)	主要場所	
10									
5									
2				住宅					其他場所

備考：拱街：指英文之ARCADE。(長廊商場)

表 4.4-9 CNS 照度標準-美術館、博物館、公共會館、旅館、公共浴室、
美容院、理髮店、飲食店、戲院

附表7 美術館、博物館、公共會館、旅館、公共浴室、美容院、理髮店
、飲食店、戲院

照度 Lux	美術館、博物館	公共會館	旅館、飯店	公共浴室	美容院、 理髮店	餐廳、飲食店	旅遊飲食店	戲院(9)
1500	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	○雕刻(石、金屬) ○模型	○化粧室面鏡 (10) ○特別展示品	○前廳櫃台 ○結帳櫃台	—	○剪燙髮 ○染髮 ○整髮 ○化粧	○食品樣品櫃	—	—
750	○雕刻(石膏、木、紙) ○西畫、研究室、 調查室、販賣部、 大廳	圖書閱覽室、教 室 宴會場所 大會議場 展示會場 集會室 餐廳	停車場，大門， 廚房，事務室， ○行李櫃台 ○洗面鏡(10)	○櫃台 ○衣物櫃 ○浴場走 道	○修臉 ○整裝 ○洗髮 ○前廳掛號台	集會室，廚房調理房 ○餐桌 ○帳房 ○前廳掛號台 ○貨物收受台	○餐桌，廚房 ○帳房 ○貨物收受台	出入口 販賣店 樂隊區 ○售票室
500	○繪畫(附玻框) ○國畫，○工藝品 ○一般陳列品，廁 所，小集會室， 教室	禮堂，結婚禮場 準備室 樂隊區、洗手間	日式大房間 前廳 廁所 餐廳	宴會場所 出入口、 更衣室、 淋浴處、 泡浴槽、 廁所	店內廁所	正門、休息室， 餐室、洗手間	洗手間	觀眾席， 前廳休憩室、 電氣室、機械室 洗手間、廁所
300	○模仿製品，標本 展示，餐飲部，走 廊樓梯	結婚禮場， 聚會場，前廳走 廊，樓梯	盥洗 室 娛樂室， 更衣室， 走廊 客房(全般) 樓梯，浴室 ○庭院 重點照 明	走廊	走廊、樓梯	走廊、樓梯	出入口走廊 、正門，樓梯 、房間內(全 般)	放映室、控制室 、樓梯、走廊 ○後場作業場所
200	收藏室	儲藏室	—	—	—	—	—	—
150	—	—	—	—	—	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—
75	—	—	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	安全燈	—	—	—	—	—

第五章、電力系統節約能源措施

購物中心電力系統規劃設計的好壞與供電後的調整，都將影響未來供電品質，也對未來設備運轉是否節能產生決定性之因素。因此針對節能有關之用電設備、配電系統、供電電壓、電壓變動率標準及線路壓降、供電電壓調整、契約容量訂定、抑低尖峰需量、功因改善等，說明如下：

1.購物中心的主要用電設備有那些？

答：事實上，每家購物中心的主要設備隨主力營業項目，規模及屬性雖然略有出入，所屬國別及經營階層的歷史文化背景所塑造的經營精神可能有所不同，但就使用能源與用電設備的型態則幾乎大同小異。購物中心依各類型賣場的主要用途及其配屬用電設備如下表 5.1-1 所示。

表 5.1-1 購物中心各類空間之主要用途與主要用電設備

空間性質	主要用途	主要電氣設備
主要賣場	商品展示、販賣	冷凍、冷藏、空調換氣設備、照明、電熱設備、插接設備
美食街	現場烹煮餐飲	冷凍、冷藏、空調換氣設備、照明、電熱烹飪設備
辦公場所	一般性事務辦公服務	空調、照明、其他事務機器
精品街	精緻商品展示存放	照明、空調、插接設備
倉儲及其他空間	貨物存放	照明、空調、插接設備、機電設備與控制器
停車場	停車使用	照明、監控

2.配電系統供電電壓為何？

答：台灣的購物中心用電契約容量 2,600kW~22,500kW，可見規模大小差異非常大，大都採高壓用電，供電系統電壓主要由台灣電力公司

11.4kV 或 22.8kV 高壓供電經變壓器降壓至三相四線 220/380V 或單相三線 110/220V 供電為主，如圖 5.1-1 所示。基於購物中心用電設備多樣化，一般將配電盤分為：空調主機(380V)、冷藏冷凍設備(220/380V)、動力(風車及水泵)(220V)、照明插座(110/220V)四盤供電，另外加上功因盤，以收降低導線電流及壓降的優點。

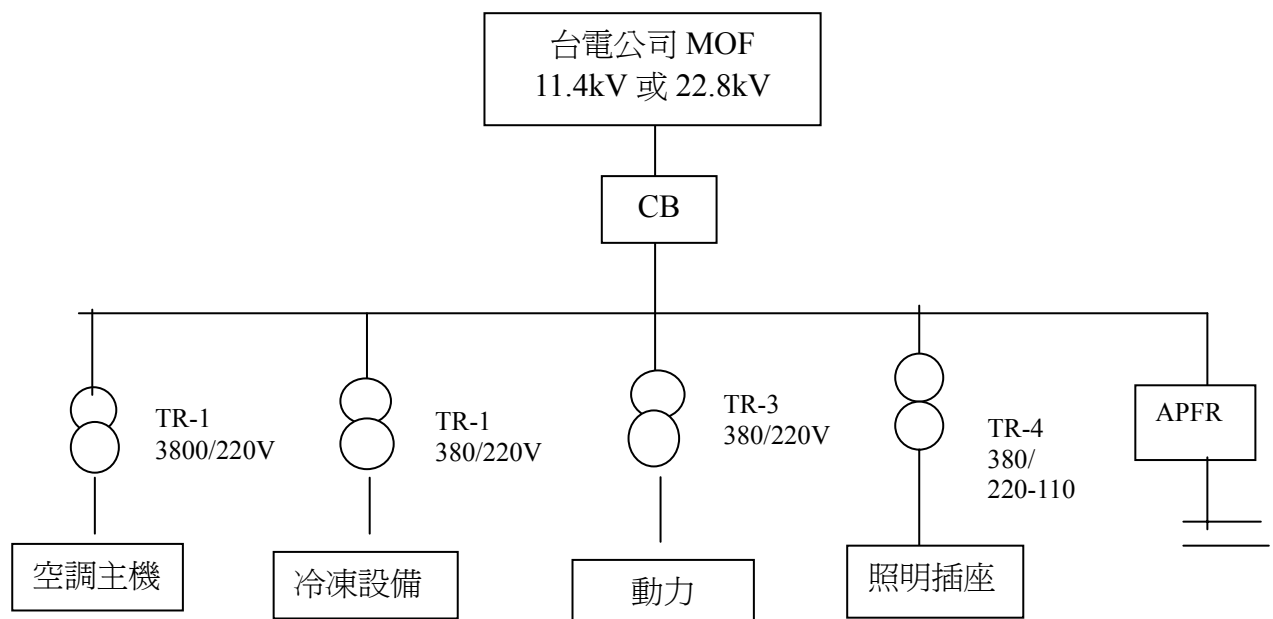


圖 5.1-1 購物中心的配電示意單線圖

3. 為節能電壓變動率標準及線路壓降多少？

答：依我國屋內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，其電壓降不得超過該分路標稱電壓之 3%，分路前尚有幹線者，幹線電壓降不得超過 2%。」(幹線 < 2% + 分路 < 3% = < 5%)。為節約能源起見，宜將線路電壓降控制在 3% 以內(幹線 < 1%，分路 < 2%)。但因應電壓調整則良好的照明系統電壓管理目標值為：電壓變動值為額定的 ±5% 以內；頻率變動值為額定的

±5%，見表 5.1-2 電壓變動率標準。而一般電壓變動率對各機器之影響，如日光燈額定電壓 220V，供電電壓降至 210V，耗電將降低 1.5%，但流明數也將降低，故一般照明設備在額定供電電壓下照明效率最高。

表 5.1-2 電壓變動率標準

設備名稱	容許壓降	說明
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)77 年版，第 198 頁。【11】

4. 供電電壓如何調整以節能？

答：將照明及插座分路的電壓稍微降低，是可行的節約能源方案，事實上除冷凍冷藏及空調機器的馬達壓縮機容易因電壓偏低，而造成故障與燒毀；一般電熱與照明及插座若稍微降低 5 至 10 % 的電壓使用，效能上會稍微降低(電熱較不熱及亮度稍低)，但卻可以延長設備壽命並降低電費。因此若購物中心據實地量測照明回路，當電壓高於額定電壓 5% 時，可選擇在電壓偏高之照明回路加裝電壓調整器(Voltage Regulator)，來調整電壓，但不宜供電給冷凍冷藏設備及冷氣機迴路，以免因電壓降低太多，反而造成馬達故障。

5.契約容量訂定與抑低尖峰需量如何管理？

答：(1)契約容量的檢討與電費支出：

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，因此在夏季尖峰用電需量超約用電 4 個月份被罰一些款；但非尖峰季節月份尖峰需量略低於契約容量，節省基本電費比較符合經濟原則。理想的契約容量訂定應參考預估全年用電，可洽：

A.綠基會節能中心網站(www.ecct.org.tw)

B.台電公司各地區營業處節約能源課(股)。

(2)裝置需量控制器抑低尖峰需量：

裝設尖峰需量控制器，暫時性或間歇性卸下部份負載，以降低尖峰需量，以減少超約用電之罰款。一般而言，可短暫停機之負載諸如：多台式冰水主機、箱型機、停車場抽排風扇及給排水等。

6.功因如何調整節能改善？

答：依台灣電力公司的功率因數管理辦法規定：裝置契約容量在 20kW 以上及需量契約容量在 30kW 以上用戶，每月用電之平均功率因數不及百分之八十時，每低百分之一，該月電費應增加千分之三；超過百分之八十時，每超過百分之一，該月電費應減少千分之一·五。

因此購物中心加裝電容器組以手動或自動控制操作，功率因數調整至 100%，可享有電費最大功因折扣。

一般而言，功率因數越高而趨近於 1.0(100%)，電流越小，壓降也越小，而用電設備能運作在額定電壓範圍內，運轉效率最高。功率因數偏低(80%以下)時，容易造成導線處於過載及因壓降太大，使得馬達處於低電壓運轉，容易造成馬達燒毀。但若因使用電容器改善功因後，於輕載時，卻未由自動設備切離電容器組，將會造成功因超前，而使得負載端的電壓偏高到比電源電壓更高，而容易造成

電熱類設備更熱而燒毀。而照明類設備也會因電壓偏高，使得燈具安定器及線路過載，而引起電線走火，通常夜間的工廠火災大都是因電容器未自動切離造成，店舖廣告招牌燈的火災則大都是功率因數偏高或低所造成。

有效的改善功率因數方法：

- (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容量，以避免投資浪費。
- (5)高壓側採固定電容器，低壓側採自動功因調整可變電容器；低壓電容器裝置在負載中心。

7.其他設備的節能省電措施？

答：購物中心內其他事務機器設備，如傳真機、影印機等，用電量並不大或者非長時間連續使用，但仍應採用節能標章產品機種，以達全面購物中心節能推動。

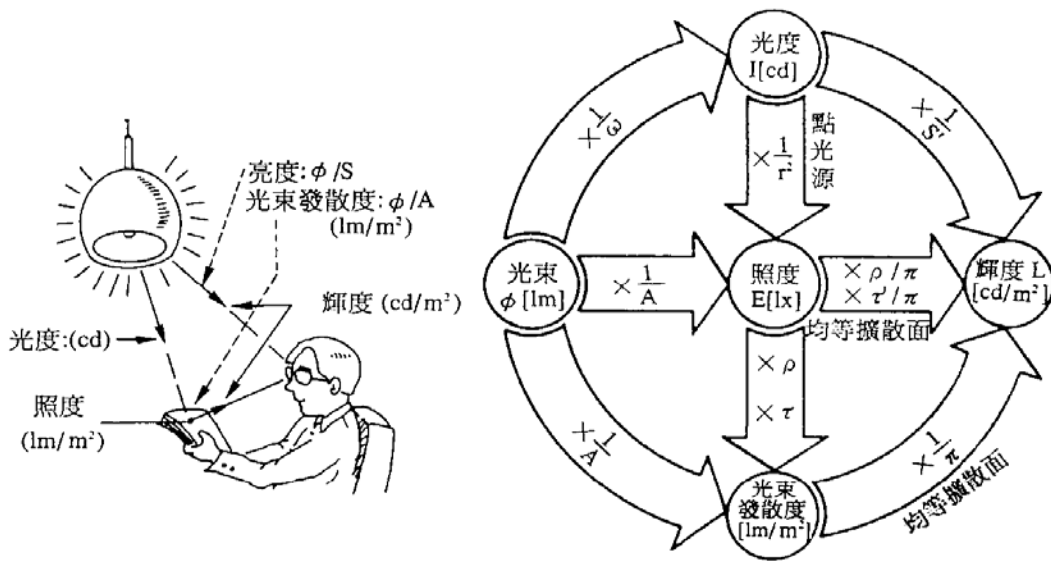
第六章、照明系統節約能源措施

購物中心為多功能商場、營業型式多樣化、複雜性高、面積大、因此照明系統如何節能有關光源效率及壽命、新型節能照明光源產品、照明節能控制種類、及綠色照明節能方案等說明介紹如下：

6.1 光源效率及壽命

1. 照明光之基本量如何量測？

答：要了解照明節能需先了解光束、光度、照度、亮度與輝度之各種單位之互相關係及各種測光之基本量，如圖 6.1-1 所示。【12】



ω : 立體角(弧度)[sr]

A : 被照面之面積[m²]

γ : 光源與被照面間之距離[m]

S : 視覺上之光源面積(m²)

S' : 光源之投影面積[m²]

ρ : 反射率

τ : 透過率

圖 6.1-1 光束、光度、照度、亮度與輝度之關係

2.各種光源發光效率(lm/W)如何？

答：光源的發光效率是以其所發出的光的流明數除以其用電量所得之值。

$$\text{光源效率(lm/W)} = \text{流明(lm)} \div \text{用電量(W)}$$

也就是每一瓦電力所發出光的量，其數值越高，表示光源的效率愈高，如表 6.1-1 所示。所以對於使用時間較長之場所，如辦公室、走廊、道路、隧道等，其發光效率通常是一個重要的考量因素。

各種燈源中以高壓鈉燈的效率最高。另外，在燈的輻射能中，可見光的比例越高，則效率越高。而且，可見光中黃綠色系的光能量越多也越明亮，效率也越高。

光源的發光效率高低是選擇照明光源的基準之一，且依根據使用目的之不同，往往需選擇演色性高或容易進行配光控制的光源作為照明應用。

表 6.1-1 各種光源發光效率(lm/W)

光源種類	發光效率(lm/W)
白熾燈	15
石英鹵素燈	25
LED 燈	45
緊密型省電型螢光燈	60
水銀燈	65
普通螢光燈管	70
單管型螢光燈管	85
雙管型螢光燈管	85
石英複金屬燈	90
三波長自然色省電燈管	96
高壓鈉光燈	130
低壓鈉光燈	200
無電極電磁感應燈	85

資料來源：飛利浦光源產品型錄 2007/2008，P1-14【13】

3.各種光源產品分類特性及光源效率(lm/W)與壽命如何？

答：目前市面上銷售之各種光源產品分類特性及光源效率(lm/W) 比較，見表 6.1-2 所示。

表 6.1-2 各種光源產品分類特性及光源效率(lm/W) 比較

光源種類	類型	效率(lm/W)	平均壽命(小時)	特性	適用範圍
白熾燈 Incandescent Lamp	白熾燈泡 Incandescent Lamp 反射燈泡 Reflector Lamp	8~18	1,000	安裝及使用容易 立即啟動、成本 低、反射燈泡可 做聚光投射。	住宅之基本照 明及裝飾性照 明、反射燈泡 可用於重點照 明。
鹵素燈 Halogen Lamp	石英鹵素燈 Quartz Halogen Lamp	12~24	2,000 ~3,000	體積小、亮度 高、光色較白、 安裝容易、壽命 較普通燈泡長。	商業空間之重 點照明。
省電燈泡 CFL-1	球型省電燈泡 圓滿省電燈泡 3U 省電燈泡 螺旋省電燈泡	39~50	6,000 ~8,000	效率高、省電、 能直接取代白熾 燈泡。	大部分使用白 熾燈泡的場所 均可使用。
緊密型螢光 燈管 CFL-N.1	PL 燈管 PL Lamp PLC 燈管 Compact Light	46~87	8,000 ~10,000	體積小、壽命 長、效率高、省 電。	局部照明、安 全照明、方向 指標照明。
螢光燈管 Fluorescent Lamp	普通螢光燈管 Tubular Fluorescent Lamp	60~80	6500~ ~8,000	有各種不同的光 色供選擇、可達 到高照度並兼顧 經濟性。	辦公室、商 場、住宅及一 般公共建築。
	T-5、T-8 高效率螢光 燈管 High Efficiency Fluorescent Lamp	80~104	13,000 ~20,000	高效率、高演色 性、省電，有各 種不同的光色供 選擇、可達到高 照度並兼顧經濟 性。	辦公室、商 場、住宅及一 般公共建築。
氣體放電燈 H.I.D Lamps	高壓水銀燈泡 High Pressure Mercury Lamp	40~61	10,000 ~12,000	有各種不同的光 色可供選擇、可 達到高照度並兼 顧經濟性。	辦公室、商 場、住宅及一 般公共建築。
	免用安定器水銀燈泡 Mercury Lamp	10~26	6,000	體積小、壽命 長、效率高、省 電。	局部照明、安 全照明、方向 指標照明。
	石英複金屬燈泡 Quartz Metal Halide Lamp	66~108	4,000 ~10,000	效率高、省電、 能直接取代白熾 燈泡。	大部分使用白 熾燈泡的場所 均可使用。

	高壓鈉氣燈泡 High Pressure Sodium Lamp	68~150	8,000 ~16,000	效率高、壽命特長、光輸出穩定。	道路、隧道等公共照明、投光照明、工業照明、植栽照射，
	低壓鈉氣燈泡 Low pressure Sodium Lamp	99~203	12,000	效率極高、壽命極長、明視度高、演色性差為單一色光。	講求節約能源及效率顏色不重要的各種場所。
	陶瓷複金屬燈泡 Ceramic Metal Halide Lamp CDM(Mastercolour Lamp)	78~95	6,000 ~12,000	採精密陶瓷作為放電管材料，效率更高、光色穩定，不會造成色差，體積小、輝度高、光束控制容易。	辦公大樓之公共空間、商場等之基本照明與重點照明、公園廣場建築物等之景觀照明。
LED 燈	LED 燈 Light-Emitting Diode	40~60	30,000~ 50,000	體積小、壽命長、省電。	適用招牌、交通號誌及建築外觀景觀照明。
無電極電磁感應燈	無電極電磁感應燈 High-Frequency Plasma Electroless Induction lamp	80~90	100,000	無閃爍、高光效、光衰小、顯色性好、可調光、壽命長。	辦公大樓大廳、賣場商場及一般公共建築挑高之照明場所。可取代水銀燈、複金屬燈。

參考資料來源：飛利浦光源產品型錄 2007/2008，P1-17【13】

6.2 新型節能照明光源產品介紹

自從 1879 年愛迪生發明了白熾燈，掀開了人類照明史的第一頁，隨著科技的發展，目前光源發展進步，神速而高效率、高壽命之環保光源，如省電燈泡、電子安定器、T8 三波長螢光燈、T5 超細管徑螢光燈、LED 燈、及陶瓷複金屬燈等，都已在市場上廣泛地應用，因此以下概述介紹各種新型環保節能光源之發光原理、特性及效率。

1. 省電燈泡構造及特性與效率如何？

答：安定器內藏型緊密型螢光燈管為小瓦特之緊密型螢光燈管加上安定器內藏型或外加組外型，市面上都簡稱為省電燈泡。省電燈泡構造及電子點燈回路(例)，如圖 6.2-1 所示。其特性包括有：(1)點燈壽命更持久，達 6,000 小時以上；(2)亮度高，發出全光束高；(3)光線柔和不刺眼；(4)更省電；(5)外型輕巧美觀；(6)不閃爍、保護眼睛視力健康。

省電燈泡特性與效率如表 6.2-1 所示，依型式及電壓之不同，其發光效率約 40~63.7 lm/W。

表 6.2-1 省電燈泡特性與效率

規格	電壓 V	型式	耗電 W	全光束 lm	色溫 K	壽命 h	效率 lm/W
11W/D	220	HELIX 電子式螺旋型	11	569	6,500	6,000	51.7
13W/D	220	HELIX 電子式螺旋型	13	828	6,500	6,000	63.7
20W/D	220	HELIX 電子式螺旋型	20	1,115	6,500	6,000	55.8
23W/D	220	HELIX 電子式螺旋型	23	1,296	6,500	6,000	56.3
25W/D	120	HELIX 電子式螺旋型	25	1,589	6,500	6,000	63.6
27W/D	120	HELIX 電子式螺旋型	27	1,632	6,500	6,000	60.4
20W/D	120	SLED 電子式球型	20	1,080	6,500	6,000	54.0
17W/D	220	SLD 電子式球型	17	680	6,500	6,000	40.0
18W/D	120	SLD 電子式球型	18	810	6,500	6,000	45.0

參考資料：飛利浦光源產品型錄 2007~2008 年綜合型錄，P3-2~P3-11 【13】

2.省電燈泡取代白熾燈泡之節能效益如何？

答：(1)一個 17 W 球型省電燈泡，其發出全光束在 680 lm 以上，相當於一個 60 W 傳統白熾燈泡之全光束 570 lm。所以省電燈泡消耗電力祇需傳統白熾燈泡的 1/4 消耗電力，即可發出與傳統白熾燈泡相同之光束，故省電可達 3/4。見表 6.2-1 及圖 6.2-1 省電燈泡取代白熾燈(例)。

(2)經濟效益:(飯店公共場所照明,用電電價一度電以 2 元,每年 6,000 小時點燈計算)

A.60 W 傳統白熾燈泡點燈 6,000 h/年所消耗電力為 360 度電，

$$(60 \text{ W} \div 1,000 \text{ W/kW}) \times 6,000 \text{ h/年} = 360 \text{ kWh/年}$$

而 60 W 傳統白熾燈泡每個壽命只 1,200 h 左右，點燈 6,000 h/年需用 5 個傳統白熾燈泡。

B.17 W 省電燈泡點燈 6,000 h 所消耗電力為 102 度電，

$$(17 \text{ W} \div 1,000 \text{ W/kW}) \times 6,000 \text{ h/年} = 102 \text{ kWh/年}$$

17W 省電燈泡點燈壽命在 6,000 h 以上。

C.使用每粒省電燈泡可省電為：

$$=(\text{白熾燈泡}-\text{省電燈泡})\text{用電}=(360-102)\text{度/年}=258 \text{ 度/年}$$

D.使用每粒省電燈泡可省電費為：

$$=(\text{白熾燈泡}-\text{省電燈泡})\text{電費}=(360-102)\text{度/年} \times 2 \text{ 元/度}$$

$$=(720-204)\text{元/年}=516 \text{ 元/年}$$

E.使用每粒省電燈泡投資費用：

$$=(\text{省電燈泡}-\text{白熾燈泡})\text{費用(電位差)}=(250 \text{ 元/個} \times 1 \text{ 個} - 13 \text{ 元/個} \times 5 \text{ 個})=(250-65)\text{元}=185 \text{ 元}$$

F.回收年限=省電燈泡投資費用電價差÷省電燈泡節省電費

$$=185 \text{ 元} \div 516 \text{ 元/年}=0.36 \text{ 年回收}$$

SURVEY OF PL AND SL* RANGE OF LAMPS AND EQUIVALENT GLS/TL LAMP WATTAGES

Lumens	250	400	450	550	600	650	800	850	900	1050	1200	1500	1800	2900	3500
PL-S	5W	7W			9W				11W						
PL-S/4p	25	40			60				75						
PL-C					10W				13W		18W		26W	26W	
PL-C/4p					60				75		100		150	150	
PL-L											18W		24W	36W	40W
PLC* Electronic		9W			11W				15W		20W	23W			
SL* Prismatic		40			60				75		100	100			
SL* Comfort		9W			13W		18W		18W		25W				
SL* Decor		40			60				75						
SL* Decor Electronic					11W				15W		20W				

資料來源：Philips Lighting-Compact Lighting Catalogue，1990/91，P144【14】

圖 6.2-1 省電燈泡取代白熾燈

3. 電子安定器基本動作原理及主要特點如何？

答：(1)先將商用頻率 50 Hz 或 60 Hz 之電源，整流為直流電，然後經由交換式震盪回路產生 20 kHz~60 kHz 之高頻交流電，再經過點燈回路，產生限流作用，並預熱燈管，且在一秒左右點亮燈管。如圖 6.2-2 所示。

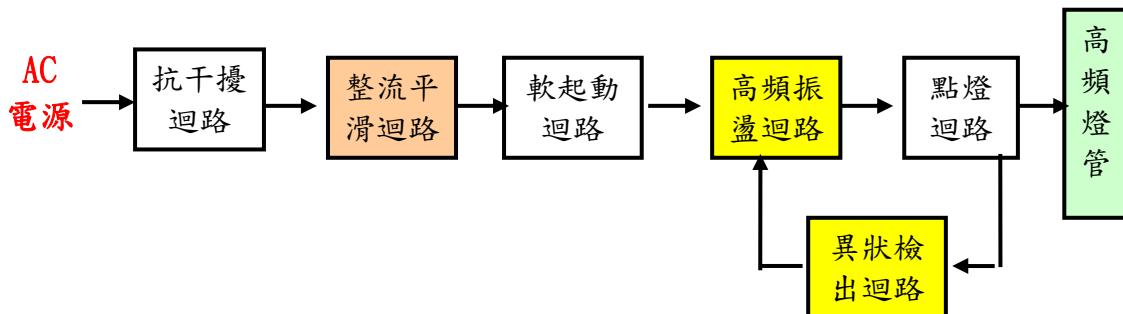


圖 6.2-2 電子式安定器基本點燈迴路方塊圖

(2)電子安定器主要特點：

- A.大幅省電：和傳統安定器比較，可省電 20% 以上。
- B.功率因數極高：
 - a.傳統高功率因數型安定器約 80%~90%。
 - b.電子高功率因數型安定器約 95%~99%。
- C.光輸出穩定而不閃爍：
 - a.傳統安定器點燈頻率 60 Hz，一秒 120 次頻閃，肉眼很容易察覺到閃爍。
 - b.電子安定器因高頻點燈，輸出光波非常穩定而不易閃爍，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。
- D.可聽雜音低：與傳統安定器比較，有較低的可聽雜音。
- E.體積小、重量輕、外觀體積及形狀可變化彈性大。
- F.安全性高：具三重防災異常保護。
- G.調光性好：可依市場需要設計成全微幅及分段調光型兩種。
- F.電子安定器具有三重防災安全保護設計：
 - a.具過電流保護功能（電源端加裝保險絲）。
 - b.具過溫度保護功能（主要發熱源加裝復歸式溫度開關）。
 - c.具燈管異常檢出抑止保護功能（當燈管漏氣或壽命末期時，安定器自動截止工作；且必須等燈管更換完之後，再開關電源時安定器才能重新工作點燈。）

4. 電子式安定器與傳統式安定器之差異性比較？

答：電子式安定器與傳統式安定器之差異性比較分析，如表 6.2-2 所示。

表 6.2-2 電子式安定器與傳統式安定器之差異性比較分析

項次	內容	電子式安定器	傳統式安定器	
1	電路架構	由各種電子零件組成之濾波、整流、振盪、點燈、防災、異狀保護等迴路所共同構成。	由不同材質矽鋼片、線圈和進相電容器三者共同組合而成。	
2	基本電氣特性	電源端電流諧波含量 THD(%)	20%以下	25%以下
		容許的電壓變動率(%)	±10%	±6%
		不接燈管之二次側開路電壓 V_0	110V 以下	依各種燈管啟動特性而定 (110V~450V)
		點燈時工作頻率 (Hz)	20K~60K	60
		雜訊干擾	符合 FCC 規範要求	無
		壽命年限	10 年以上(12 時/日)	半永久性
3	使用性	安全性	1. 具過電流保護(加裝保險絲) 2. 具過溫度保護(加裝溫度開關) 3. 具燈管異常檢知保護功能	較差
		外形	因迴路採用了電子半導體零件組，故整體外型可以隨著需要，設計成不同之形狀，而達到薄型輕量化之目的，也進而使燈具達到薄型輕量化之設計，而大幅降低施工難度，提升施工效率及品質。	近年來新材料新製程的不斷導入，也能將安定器設計成相當薄型輕量化，但終究有其極限，不若電子式安定器之成效。
		調光性	可以同時對多燈做微幅調光(約 5%~10%)且光波輸出穩定不易閃爍。	較難做微幅調光，且燈光易閃爍，安定器結構體積龐大，增加燈具組立、使用、維護之困難度。
4	維護性	1. 安定器引出線加裝接線連結器，換修安定器簡便快速，不會有剪、剝、包紮電線之麻煩。 2. 不接燈二次開路電壓 100V 以下，減低更換燈管危險性。	多燈型態之燈具，內部配線較易凌亂，換修安定器時，費工費時，而必須活電作業之場所，危險性相對提高。	
5	省電效益	1. 電子式安定器比傳統式安定器省電 20%以上。 2. 以 40W×3 型燈為例，投資回收期依使用時間約二~三年左右。		

5.如何選擇最佳電子安定器？

答：可依表 6.2-3 選購，確保未來電子安定器日光燈之耗電及壽命品質。

表 6.2-3 電子安定器規格評估點檢表

項次	規格名稱	規範標準	達到效果	Yes	NO	備註
1	輸入電壓					
2	輸入頻率					
3	點燈管數					
4	瓦特數					
5	功率因數	>99%	省電安全			
6	管波高率	<=1.6	延長燈管壽命經濟			
7	省電比率	>20%(與傳統比較)	節能			
8	具內接線	0.8mm, 105°C, 600V, 單心線	安全			
9	部接線端	免鎖式端子並符合 VDE 及 UL 安規	安全			
10	電壓變動	變動±10%, 輸出光束變動±1%,	保護眼睛安全			
11	防雷擊裝置	符合 CNS 以上	安全			
12	磁干擾抑制	符合 FCC-A 規格	安全			
13	低起動溫度	低溫能起動	實用			
14	功因校正	主動功因	實用及燈管不閃爍			
15	低起動電流	常溫下低壓能正常起動	實用			
16	絕緣耐壓	1.5KV, 1 分鐘	安全			
17	驅動迴路	數位式驅動電路	實用及燈管不閃爍			
18	保護迴路	燈管整流效應, 漏氣自動保護	延長燈管壽命安全			
19	頻率變動	電壓變動±10%, 變動<±1%,	實用及燈管不閃爍			
20	安定器表溫	正常使用下 55°C	安全			
21	信賴性測試	80°C, 360HR, 能正常點燈	安全保障壽命			
22	開路電壓	<30V	安全			
23	管點滅次數	10,000 次以上	經濟			
24	起動電路	預熱起動電路(非單零件預熱)	經濟			
25	適用燈管	可用一般省電型燈管	實用經濟			
26	管連接方式	並聯接線方式	實用方便			
27	端總諧波	<15%	安全用電品質佳			
28	光輸出比	>90%	效果確保			
29	輸出端短路	安定器不損壞	安全			
30	負載電力	<2W	省電安全			
31	全規格認證	CNS 或大電力檢驗中心檢驗合格	確保品質優良			
32	噪音規格	CNS CLASS A	維持良好生活品質			
33	耐濕度	98%	實用安全			
34	作業環境	0°C~50°C	實用安全			
35	含毒理化	符合 CNS 所有零件無含有毒氣體	安全			
36	防災型	防止燃燒試驗合格	安全			
37	保證年限	正常使用保證一年	保障			
38	保固年限	正常使用保證一年	保障			
39	工廠認證	符合 ISO-9002 認證合格	公認			

6. 電子式安定器選購及裝置注意事項？

答：(1)選購：

A. 安全性：

- a. 是否符合電子式安定器國家暫行標準。如：耗能、功因、諧波及噪音等。
- b. 是否有耐電壓衝擊保護、短路保護、抑制電波干擾、過溫保護、燈管失效保護等裝置，以防止火災發生。

B. 適用性：廠方所選用之日光燈管為預熱式或瞬時燈管？

- a. 預熱燈管：此種燈管須配合有預熱功能之電子式安定器(具有較低之點燈電壓)，方能確保燈管不易黑化。
- b. 瞬時燈管：一般稱為 RAPID START(RS)燈管，須搭配有柔啟動之電子式安定器(亦及點燈電壓不致過高)，否則易造成燈絲快速老化，甚至熔斷。

C. 並聯或串聯式接線：並聯接線式當其中一根燈管損壞時，其它燈管仍能正常發光，使用上有較高之方便性；反之，串聯接線式當其中一根燈管損壞時，則整盞燈具均不發光，為其缺點。

D. 節約能源：燈具及燈管之選擇應以高效率為主，如 32W 燈管搭配 32W 電子式安定器較 36W 燈管搭配 36W 電子式安定器發光效率高及節約能源之優點。

(2)安裝：

- a. 額定電壓是否符合系統電壓。
- b. 接地線是否確實接妥。
- c. 是否依圖例標示之線色正確接續。
- d. 電子式安定器點燈頻率約 30kHz，故須評估對周圍之精密儀器設備是否會產生干擾。

(3)維修：

- a. 更換燈管時應先關閉電源後始可更換燈管，以免發生感電事故。

b.燈具廠商應負責整合燈管與電子式安定器之匹配性並加以負責保固。

c.一般電子式安定器至少需保固一年。

7.電子安定器比傳統安定器省電及電費多少？

答：某商業大樓採用電子安定器每年省電費之金額，(電子式與傳統式安定器省能比較)，由表 6.2-4 可以清楚地瞭解省電之比率約 14~20%。

表 6.2-4 商業大樓採用電子安定器年省電費金額

型式	電壓	消費電力(W)		降低耗電		降低用電	節省金額
	(V)	一般型安定器	電子式安定器	(W)	(%)	(kWh/年)	(元/年)
20W 2 燈	220V	48	39	9	19%	19,710	43,362
20W 3 燈	220V	72	60	12	17%	26,280	57,816
32W 2 燈	220V	72	72	0	0%	-	0
32W 3 燈	220V	106	106	0	0%	-	0
40W 2 燈	220V	88	76	12	14%	26,280	57,816
40W 3 燈	220V	132	112	20	15%	43,800	96,360

註：年省電金額是使用 500 套燈具，一年點燈 4,380 小時。每度電費是依一般商業大樓 2.2 元為基準。

8.螢光燈管用電子式安定器與傳統式安定器輸入功率(W)差異多少？

答：(1)由電子零件所組成的電子安定器，在高頻轉換中工作，發揮了非常低的電力損耗效果，相較於傳統安定器，可降低的安定器電力損耗，由表 6.2-5 螢光燈管用電子式安定器與傳統式安定器輸入功率(W)比較，可作為節能改善效益計算參考。【15】

表 6.2-5 螢光燈管用電子式安定器與傳統式安定器輸入功率(W)比較表

安定器輸入功率(W)				
型式	傳統式高功因安定器	電子式安定器	型式	電子式安定器
	220V	220V		220V
20W×1	24W	21W	T-5 14W×1	18W
20W×2	24W*2=48W	39W	T-5 14W×2	34W
20W×3	24W*3=72W	60W	T-5 14W×3	48W
20W×4	24W*4=96W	80W	T-5 14W×4	68W
30W×1	37W	28W	T-5 21W×1	25W
30W×2	37W*2=74W	55W	T-5 21W×2	48W
30W×3	37W*3=111W	78W	T-5 21W×3	72W
30W×4	37W*4=148W	108W	T-5 21W×4	
T-8 32W×1	-	37W	T-5 28W×1	40W
T-8 32W×2	-	72W	T-5 28W×2	58W
T-8 32W×3	-	106W	T-5 28W×3	89W
40W×1	44W	38W	T-5 35W×1	41W
40W×2	44W*2=88W	76W	T-5 35W×2	76W
40W×3	44W*3=132W	112W	T-5 35W×3	117W
45W×1		51W	T-5 54W×1	60W
45W×2		98W	T-5 54W×2	113W
58W×2		98W		

註：1.日光燈管輸出流明(lm)值依廠牌而略有不同，以某牌為例：40W一般燈管初光束為2,800 lm，32W三波長燈管初光束為3,100 lm。

2.上表安定器耗能為參考國內某廠商型錄資料，實際耗能依現場電壓高低比例變動。【15】

9. 節約能源為優先之螢光燈管選用原則如下：

答：(1) 以發光效率及節能優先考慮

螢光燈管選用準則：長直的比短彎的好、大的比小的的好、圓周運動勝過急轉彎、彎得越多越糟糕。

相同的外觀形狀下，長的燈管優於短的燈管，直的燈管優於彎曲燈管，環管(圓圈型或螺圈型)優於急彎型燈管(U型)，外觀轉彎越多，效率越低(2U 優於 3U，3U 優於 4U)。

(2) 高瓦特額定燈管的效率高於低瓦特額定燈管，以 40 W 雙管螢光燈替代 20 W 四管螢光燈，可省電 31%。

(3) 高演色性燈管發光效率優於低演色性燈管。

低色溫螢光燈管(燈泡色 3,000 K、4,000 K)優於高色溫螢光燈管(晝光色 6,500 K)。

(4) 使用電子安定器的螢光燈管與省電燈泡，發光效率及發光穩定性均優於傳統安定器的螢光燈管或省電燈泡。

(5) 低電流諧波的安定器較高電流諧波的安定器安全。

(6) 高功因(>90%)的螢光燈具優於低功因(<80%)的螢光燈具。

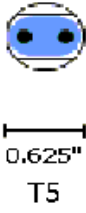


(7) 低含汞量的環保燈管(T8、T5)優於普通型或粗管徑燈管(T12、T10)。

(8) 螢光省電燈泡優於白熾燈泡，無外殼者優於有外殼之省電燈泡。

10. 高頻環保螢光燈管管徑尺寸有幾種？

答：目前照明場所採用之光源方面以直型螢光燈居多，管徑從 T12 (38 mm ϕ)、T10 (32 mm ϕ)、T9 (29 mm ϕ)、T8 (25.5 mm ϕ)、T5 (15.5 mm ϕ)，螢光燈管管徑縮小；而光源效率由 60 lm/W 提高到 104 lm/W，節省電力 40%。螢光燈管外型尺寸，見表 6.2-6 所示，電燈管長度由 T-9 40 W、20 W 日光燈具改成 T-5 日光燈時，應注意長度不同。

表 6.2-6 螢光燈管外型尺寸

	T5	T8	T12
燈管直徑	 0.625" T5	 1.00" T8	 1.50" T12
燈管長度	549 mm	590 mm	590 mm
	849 mm	895 mm	895 mm
	1149 mm	1199 mm	1199 mm

11.T8-32W 高效率螢光燈與電子安定器有何特點？

答：T8-32W 高效率螢光燈與電子安定器之特點，如表 6.2-7 所示。

表 6.2-7 T8-32W 高效率螢光燈與電子安定器之特點

●省電

品種	傳統安定器	電子安定器	高效率電子安定器
	40 W 2燈	40 W 2燈	32 W 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-EX/38	FHF38NEX	FHF32NEX
省電比	100	119	130

●安全特性

規格	電子安定器	傳統安定器
電源端總電流諧波失真率(ATHD)	10% 以下	22%
電磁干擾(EMI)	A~B級	B級
耐電源電壓變動率	6%	6%
防災保護設計	保險絲、溫度開關。 燈管異常檢出保護。	無
無載輸出電壓	50 V以下	200 V
安規	符合CNS IEC JIS UL	符合CNS

●壽命：電子安定器5年以上使用壽命設計，和傳統安定器相當。

●維護性

電子安定器	傳統安定器
螺絲固定、換裝容易，引出線採防錯型公母端子扣設計，換裝安定器迅速完成，可提高活電作業之安全性，並可大幅降低維修費用。	鉚釘固訂，不易換修、換修不易，增加剪、剝、包紮之動作，費時費力且危險性提高。

- 光品質：T8-32W燈管搭配電子安定器，具有高演色性Ra 85以上及高頻點燈，光線自然柔和不閃爍、保護視力。

12. T5 超細管徑螢光燈管之優點及效率如何？

答：1995 年首次產出 T5 燈管，其優點如下：

(1)管徑縮小(16 mm ϕ)：1995 年首次展出管徑縮小為 5/8 英吋，約為 16 mm ψ 的 T5 超細管徑螢光燈相較傳統燈管 T12 (38 mm ϕ)、T10 (32 mm ϕ)、T9 (29 mm ϕ)、T8 (26 mm ϕ)，燈管管徑縮小，等於光源體積縮小，對於燈具製造有以下幾個優點：

- A.光源截面積的縮小，使光的投射擴散或集中角度能控制得更好，使燈具的器具效率更高。
- B.光源直徑的縮小，使燈具在相同的光擴散性及眩光控制下，其燈具的厚度能真正減低，達到 6 公分以下，燈具的體積縮小減少原材料的使用。
- C.較細支燈管提供光源設計者更大自由之設計空間。

(2)光源輸出規格種類多：由現在的 T8(26 mm ϕ)減至 T5(16 mm ϕ)，種類區分高效率型及高輸出型兩種，高效率型包含 14 W、21 W、28 W、35 W，高輸出型包含 24 W、39 W、49 W、54 W、80 W。T5 燈管需搭配電子安定器使用，是目前最節能最環保的燈管，因此有利於環境保護逐漸成為市場主流。

(3)超高發光效率(最高可達 105 lm/W)：燈光效率最佳，燈管尺寸由 14 W 至 35 W(每 7 W/尺)，發光效率 100 lm/W~105 lm/W 比較傳統 T12(38 mm ϕ)20W~65W(10 W/尺)或 T8(26 mm ϕ)18 W~58 W(9

W/尺)其光效率約為 55 lm/W~90 lm/W 大幅提升。

- (4)較長的使用壽命及較低的光衰：光輸出穩定，光衰最低，10,000 小時之光輸出仍保持在 92%。由表 6.4-6 比較可知比一般傳統燈管的壽命長 2.5 倍，意即維修次數的減少及廢棄燈管的減量。若以每 3 小時開關一次測試，使用平均壽命高達 15,000 小時。且在使用壽命上，T5 的光衰以 90% 為基礎，而一般燈管則以 80% 為基礎，更是使照明設計時光源的維持率多了 10% ，使燈具的使用量減少 10% 的數量。
- (5)使用高效率三波長螢光粉，演色性佳，可提高照明品質。
- (6)採固態汞設計每支燈管約 3mg，大幅減少廢棄燈管對環境的污染。
- (7)螢光燈管發光效率與壽命比較：光效高達 104 lm/W，由於具有光效高、演色性好、光衰小、壽命長、無頻閃等的特點，如表 6.2-8 所示。

表 6.2-8 各種螢光燈管光效率與壽命比較表

燈管	一般燈管	T-8三波長燈管	T5燈管
光效率(lm/W)	60	85	104
壽命(h)	6,000	8,000	>16,000

基於以上特色，T5 燈管成為替代傳統日光燈管的最有利產品，就目前具商業應用的產品而言，是最有效發揮節能及環保效果。

13. T5 和 T8 螢光燈管主要差異點為何？

答：T5 燈管直徑約小於 T8 及 T12 燈管 40~60%左右，且長度亦略短於 T8 及 T12 燈管，也因此 T5 型螢光燈管無法直接應用於 T8 及 T12 型原有的燈座及安定器。在應用方面，由於 T5 燈管與 T8、T12 燈管的長度及管徑不同，因此在替換原有燈管時，需將整個燈具替換成 T5 系統，消費者所需支付的成本也相對較高，但現在也有轉接頭來墊充此長度差距而不用更換燈具，現階段 T5 燈管主要是應用於新的建

築物及照明改善工程，T5 與 T8 黃光燈管主要差異及特色見表 6.2-9 及表 6.2-10 所示。

表 6.2-9 T5 和 T8 螢光燈管管長及效率主要差異點

管徑	型號	耗電量 W	全光束 lm	燈管效率 lm/W	色溫 K	管長 mm	燈腳
T-5	HE 14W/840	14	1,200	85.7	4,000	549	G5
	HE 14W/865	14	1,100	78.6	6,500	549	G5
	HE 21W/840	21	1,900	90.5	4,000	849	G5
	HE 21W/865	21	1,750	83.3	6,500	849	G5
	HE 28W/840	28	2,600	92.9	4,000	1,156	G5
	HE 28W/865	28	2,400	85.7	6,500	1,156	G5
	HE 35W/840	35	3,300	94.3	4,000	1,456	G5
	HE 35W/865	35	3,100	88.6	6,500	1,456	G5
T-5	HO 24W/840	24	1,750	72.9	4,000	549	G5
	HO 24W/865	24	1,650	68.8	6,500	549	G5
	HO 39W/840	39	3,100	79.5	4,000	849	G5
	HO 39W/865	39	2,950	75.6	6,500	849	G5
	HO 49W/840	49	4,300	87.8	4,000	849	G5
	HO 49W/865	49	4,100	83.7	6,500	849	G5
	HO 54W/840	54	4,450	82.4	4,000	849	G5
	HO 54W/865	54	4,250	78.7	6,500	849	G5
	HO 80W/840	80	6,150	76.9	4,000	849	G5
	HO 80W/865	80	5,850	73.1	6,500	849	G5
T-8	TLD 18W/840	18	1,350	75.0	4,000	589.8	G13
	TLD 30W/840	30	2,400	80.0	4,000	849.6	G13
	TLD 36W/840	36	3,350	93.0	4,000	1199.4	G13
	TLD 38W/840	38	3,350	88.15	4,000	1047.0	G13
	TLD 58W/840	58	5,200	89.7	4,000	1500.0	G13
	TLD HF 16W/840	16	1,400	87.5	4,000	589.8	G13
	TLD HF 32W/840	32	3,200	100.0	4,000	1199.4	G13
	TLD HF 50W/840	50	5,000	100.0	4,000	1500.0	G13

資料來源：飛利浦(Philips)光源產品型錄，2007/200，P5-5~P5-10【13】

表 6.2-10 T5 和 T8 螢光燈管規格長度及發光流明數比較

T8 (Ø 26 mm)		600 mm	900 mm	1.200 mm	1.500 mm
		18 W	30 W	36 W	58 W
		1.350 lm	2.400 lm	3.350 lm	5.000 lm
T5 (Ø 16 mm)		550 mm	850 mm	1.150 mm	1.450 mm
FH		14 W	21 W	28 W	35 W
		1.350 lm	2.100 lm	2.900 lm	3.650 lm
FQ		24 W	39 W	54 W	80 W
		2.000 lm	3.500 lm	5.000 lm	7.000 lm

資料來源：OSRAM 照明

14.發光二極體 LED 基本特性如何？

答：(1)發光效率：目前高功率 LED (Light-Emitting Diode)單顆發光效率為 40~60 lm/W，比起白熾燈泡發光效率 15 lm/W 還要好。

(2)輝度：目前一般市售的 LED 的輝度大約 0.8~4 cd/mm²，而鹵素燈可達到 20 cd/mm²，HID 甚至可以達到 60 cd/mm²。

(3)色溫：高功率白光 LED 大多以藍光晶片加上黃色螢光粉的形式為主，由於激發光源為藍光晶片，故其頻譜強度大多落在短波長，屬於冷色系白光。高功率白光 LED 色溫大約界在 4500 K~8000 K 之間，屬於高色溫偏藍光。

15. T-5 型狀之 LED 燈耗電如何？

答：如圖 6.2-3 所示，發光二極體(LED)可組裝做成 T-5 (或 T-8)LED 燈型狀，業者方面多稱其為 Light bar LED 燈。如 T5 LED Strip 可以單晶或 3 晶組成。如單晶 180 顆 T-5 燈管耗電 23.8 W；3 晶 54 顆 T-5 燈管耗電 24.5 W。其效率比 36 W 螢光燈略差些約 12%。
 $(41.7-36.7) \text{ lm/W} \div 41.7 \text{ lm/W} = \text{約 } 12\%$ 。

目前全家便利商店已使用 8W 之 LED light bar 於冰櫃照明，型式為 80 顆單晶，省能效果甚佳，但仍因其固態光源特性，用於冰櫃重點照明效果好，但若將店內照明改用全部 LED 燈具，則照明效果易有反差，感受不好，應注意設計與規劃問題。

T5 LED strip

1. 單晶180顆/T5燈管.
2. 單片的電氣特性為24VDC, 消耗電流為430mA.
3. 外側PC圓管管徑16mm.



1. 3晶54顆/T5燈管
2. 單片的電氣特性為24VDC, 消耗電流為500mA.
3. 外側PC圓管管徑16mm



	36W/T25螢光燈管	3晶54顆/T5燈管	單晶180顆/T5燈管
管徑		16mm	16mm
燈管長度	1200mm	90mm	90mm
電壓	220V	220V	220V
消耗電流	220mA	200mA	190mA
消耗功率	36W	24.5W	23.8W

圖 6.2-3 T-5 Light bar LED 燈與 36W 螢光燈耗電比較

16. LED 光源與冷陰極出口指示燈比較優劣點如何？

答：如表 6.2-11 所示，發光二極體 LED 燈不需高壓點燈、壽命較久(3~5 萬小時)，可小型化及薄型化為其優點，未來 LED 燈之應用發展。如圖 6.2-4 所示。

表 6.2-11 LED 燈與 CCFL 冷陰極燈管優缺點比較

型式	冷陰極燈管 (CCFL)	發光二極體(LED)
電壓	300V以上	5V以下
缺點	<ul style="list-style-type: none"> • 需高電壓點燈，較耗電 • 壽命3~6萬小時 • 厚度較厚 • 含水銀，環保問題， • 電磁干擾 • 小管徑CCFL製造難度高 	<ul style="list-style-type: none"> • 為點光源當容量瓦數大時，輝度高，嘿會造成直接眩光。 • 成本較高 • 點光源特性，需多顆組成光源，結構較複雜，有善散色熱問題須克服。 • 若採螢光粉封裝，演色性不佳
優點	高輝度適合顯示器及廣告用途	<ul style="list-style-type: none"> • 不需高壓點燈 • 壽命較久(6~10萬小時) • 可小型化及薄型化
目前應用產品	LCD TV、LCD Monitor、NB、汽車導航、攝錄影機、PDA	手機、DSC (1.8~2.2吋)、PDA

	
<p>LED 出口指示燈應用</p>	<p>LED 燈交通號誌燈應用</p>
	
<p>LED 燈建築景觀應用</p>	<p>LED 燈建築景觀應用</p>
	
<p>LED 燈建築招牌應用</p>	<p>LED 燈商品照明應用</p>

圖 6.2-4 LED 燈建築招牌應用(例)

17.陶瓷複金屬燈產品規格與外觀如何？

答：1994 年成功首創了陶瓷複金屬燈，成為 HID 光源發展歷史上一個重要的里程碑。如 GE 照明產品 CMH 燈(或飛利浦照明 CDM 燈)現今有單頭、雙頭、PAR20、PAR30、PAR38、橢圓球形、JC 豆形與 T 形管狀燈泡，35 瓦、70 瓦和 150 瓦等規格，適合各種類形的燈具，如圖 6.2-5 所示。陶瓷複金屬燈對於新裝設和汰換市場均是理想的產品，可運用於展示中心和建築物外觀照明。其中單頭插入式 CMH 由於體積小、亮度高、無點燈方向限制，非常適合於搭配精巧燈具，運用於屋外庭園壁燈、草坪步道燈或建築物外觀之重點照明，營造出絕佳氣氛。整體而言，CMH 市場於 2008 年起與未來 3 年內，將以平均每年 40%幅度成長，創造出無限商機。



資料來源：奇異(GE Lighting)光源產品型錄【16】

圖 6.2-5 陶瓷複金屬燈外觀

18.陶瓷複金屬燈的優點為何？

答：(1)光源壽命長（9,000-15,000 小時）：

一般而言，小功率石英複金屬燈的壽命在 6,000—9,000 小時，而陶瓷複金屬燈由於具有上述優點，所以其壽命可以達到 9,000~15,000 小時，比傳統的石英複金屬燈壽命提升了 30%~50%。

(2)發光效率更高（>90 lm/W）：

陶瓷複金屬燈的高光效可以更有效地提升能源利用率，降低企業能源應用，其光效比鹵素燈、白熾燈提升了四到九倍，而同時在光色性能上，又優於石英複金屬燈，是一種集優秀光色性能和高發光效率于一身的新型綠色光源。

(3)壽命期間色溫穩定性能好：

陶瓷複金屬燈從點燃起，直到壽命終結，其色溫變化大約在 ± 200 K 之間，並且光源之間的色溫一致性更好。而一般石英複金屬燈在壽命期間的色溫變化要大于 600 K，所以陶瓷複金屬燈解決了石英複金屬燈的色差和色溫的漂移問題。

(4)穩定的流明輸出：

光源的流明輸出會隨著時間而衰退。陶瓷複金屬燈的流明輸出在小功率的複金屬燈中是最高的，在壽命初期的流明輸出就比一般的石英複金屬燈要高 10~20%，更重要的是它能一直維持這樣水準的光源輸出直到壽命結束。陶瓷複金屬燈的流明維持率在 80% 以上，而石英複金屬燈則是 60~65%，光衰較快。

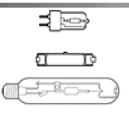


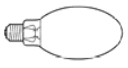

(5)光源幾何尺寸更緊湊：




由於其發光體更小，有利於燈具的設計，對燈光的控制更方便，能和石英複金屬燈的燈具和電器相容，易於推展和應用。

(6)光源演色性好：

具有 3,000 K 和 4,200 K 兩種色溫可供選擇，光源演色性好（Ra 80~90），顯色性的好壞還和電弧管的管壁溫度有關。一般來說，

管壁溫度越高，其顯色性也越好。陶瓷複金屬燈的電弧管管壁溫度可以達到 1,150°C，而石英複金屬燈的電弧管管壁溫度只能達到 800°C 左右，所以陶瓷複金屬燈的顯色性要遠勝過石英複金屬燈。而同時，管壁溫度還影響光源的色溫差。管壁溫度的高低與色溫差成反比，所以陶瓷複金屬燈色溫差較少，光色穩定。有關陶瓷複金屬燈 CMH 與其它 HID 燈性能比較見圖 6.2-6 及表 6.2-12 所示。

	CMH	Metal Halide	High Pressure Sodium	Mercury	Low Pressure Sodium
					
LPW (efficiency)	80-105	69-100	66-140	19-63	100-198
Life (hours)	12,000-20,000	3,500-20,000	28,000-55,000	12,000-24,000	16,000
Colour rendering (Ra)	80-93	65-93	25-60	42-52	-
Lumen maintenance	75%	60-75%	67-90%	55-60%	78%
Colour temperature	3000, 4200	3000,3500, 4000,6000	2000	3500, 4000	1800

The Future Is Here  Best Option  Good Option 

資料來源：GE 照明【16】

圖 6.2-6 陶瓷複金屬燈 CMH 與其 HID 燈性能比較

表 6.2-12 陶瓷複金屬燈

型式	瓦特數 W	演色性 Ra	出流明 lm	色溫 K	壽命 h	燈座
Single End Minis (小型單頭)	20	80+	1,650	3000	6,000	G8.5
	35	80+	3,400	3000	9,000	G8.5
	70	80+	6,200	3000	9,000	G8.5
Single End (單頭)	35	76	3,400	3000	9,000	G12
	70	88	6,400	3000	12,000	G12
	70	88	6,000	4200	12,000	G12
	150	98	14,000	3000	12,000	G12
	150	98	12,000	4200	12,000	G12
Double End (雙頭)	70	118	7,000	3000	15,000	RX7s
	70	118	6200	4200	15,000	RX7s
	150	135	14,00	3000	15,000	RX7s-24
	150	135	12,00	4200	15,000	RX7s-24
PAR20(投光燈)	35	80+	2,100	3000	9,000	E27
PAR30(投光燈)	35	80+	2,400	3000	10,000	E26
	70	80+	4,700	3000	10,000	E26
PAR38(投光燈)	70	85+	4,800	3000	15,000	E26
	100	85+	6,500	3000	15,000	E26
Elliptical (橢圓形)	70	80+	6,300	3000	10,000	E27
	100	80+	9,200	3000	10,000	E27
	250	80+	24,500	3000	20,000	E40
	400	80+	41,500	3000	20,000	E40
Tubular (管狀)	70	80+	6,400	3000	12,000	E27
	100	80+	14,000	3000	12,000	E40
	250	80+	25,000	3000	20,000	E40
	400	80+	4,2000	3000	20,000	E40

資料來源：奇異(GE Lighting)光源產品型錄，2003~2004，P37~P38 CMH 燈【16】

6.3 照明節能控制種類

1. 照明節能控制設備有哪些？

答：照明控制 (Lighting Control) 從簡單的手控開關、定時裝置、偵測感應器，到複雜的場景預設及時程設定系統，運用自動化的開關及調光控制功能，給予設計者及管理者全程控制室內環境的機會，不僅賦與建築空間在不同時間滿足不同需求的彈性，亦提供空間使用者適時必要的照明水平，減少無謂的能源浪費。

為達照明節能目的，隨著不同照明環境之照度、時間及節能需求，可應用之照明節能控制設備有：

(1) 照明節能控制開關

時序控制器 (Timer)、晝光感知器或附亮度感知器、熱感感知器開關、附加感知器之自主控制型燈具。

(2) 整體群控式照明控制系統

可調光照明系統、照明中央監控系統、二線式照明控制系統。

(2) 區域照明分區控制系統

分區照明回路開關、照明中央監控系統、二線式照明控制系統。

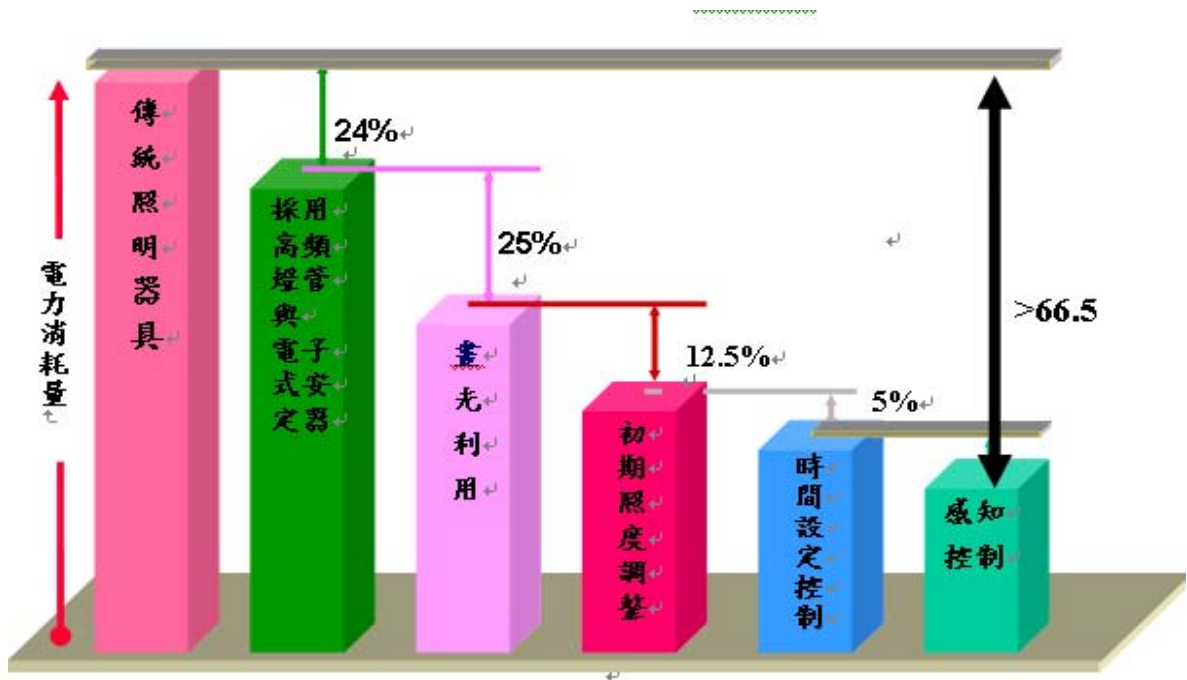
(4) 照明節能電壓控制器

照明電壓調整變壓器、照明電壓調整控制器 (市場俗稱節電器)、照明電壓無段調整節能控制器。

2. 照明設計規劃之初，即導入整體照明節能之觀念節能效益有多少？

答：依據日本三菱公司研究，若照明設計規劃之初，即導入整體照明節能之觀念，如：採用高頻燈管與電子式安定器、晝光利用、初期照度調整、時間設定控制、感知控制等，可省下照明用電 66.5%。其中照明節能採用高頻燈管與電子式安定器 24% 外，晝光利用、初期照度調整、時間設定控制、感知控制，省能比例可達 42.5%，可見導入

照明節能控制設備之重要。如下圖 6.3-1 所示。



資料來源：日本三菱電機公司

圖 6.3-1 照明管理系統與晝光利用之整體節能效果圖

3. 照明電壓調整控制器(俗稱節電器)功能及節能效果如何？

答：(1)為節約能源起見，良好照明系統電壓管理目標值為：電壓值變動為額定的 $\pm 6\%$ ；頻率變動值為額定的 $\pm 5\%$ ，見前表 5.1-2 所示為不同負載可容許電壓變動率標準。而一般電壓變動率對各機器之影響如圖 6.3-2 所示【17】，如果日光燈額定電壓 220 V，將供電電壓降至 210 V 時，耗電將降低 1.5%。

(2)節電器裝置主要功能類似電壓調整器，為在不影響正常工作下，降低電壓同時誘導電流下降，使電力值也約成正比減少， $V \times A = W$ ，達到省能效果，應用範圍為照明及電動機設備。

(3)電壓變動對各類電器之影響如圖 6.3-2 所示，其省能原理及效益

為：

- A. 電壓對日光燈之影響：日光燈不同於白熾燈，通常電壓變動率上升 10% 內，可滿意運轉，輸出之光度約與電壓成正比。電壓變動下降 1%，日光燈之光度易變動下降 1%。日光燈管壽命可延長。
- B. 電壓對電動機之影響：最明顯之效應是電壓降低時，轉矩降低，負載電流增加，使溫度升高；尤其電動機之轉矩與電壓的平方成正比，如電壓降低 10%，轉矩則降低 19%。
- C. 一般評估照明節電率之計算公式：

$$\text{節電率}\% = \left[1 - \left(\frac{\text{改善後出力電壓}}{\text{改善前入力電壓}} \right)^2 \right] \times 100\%$$

(4) 某便利商店應用例：如圖 6.3-2~圖 6.3-5 所示。【18】

- A. 裝設節電器控制整店負載：照明、空調、冷凍冷藏及其它設備。
- B. 自動安定化電源管理裝置分段調降電壓幅度，目前分接頭(TAP)規格分別為：

段數	0段	一段	二段	三段
降壓V	0	11	15	19
降壓%	0%	5%	6.8%	8.6%
220V系統	220 V	209 V	205 V	201 V

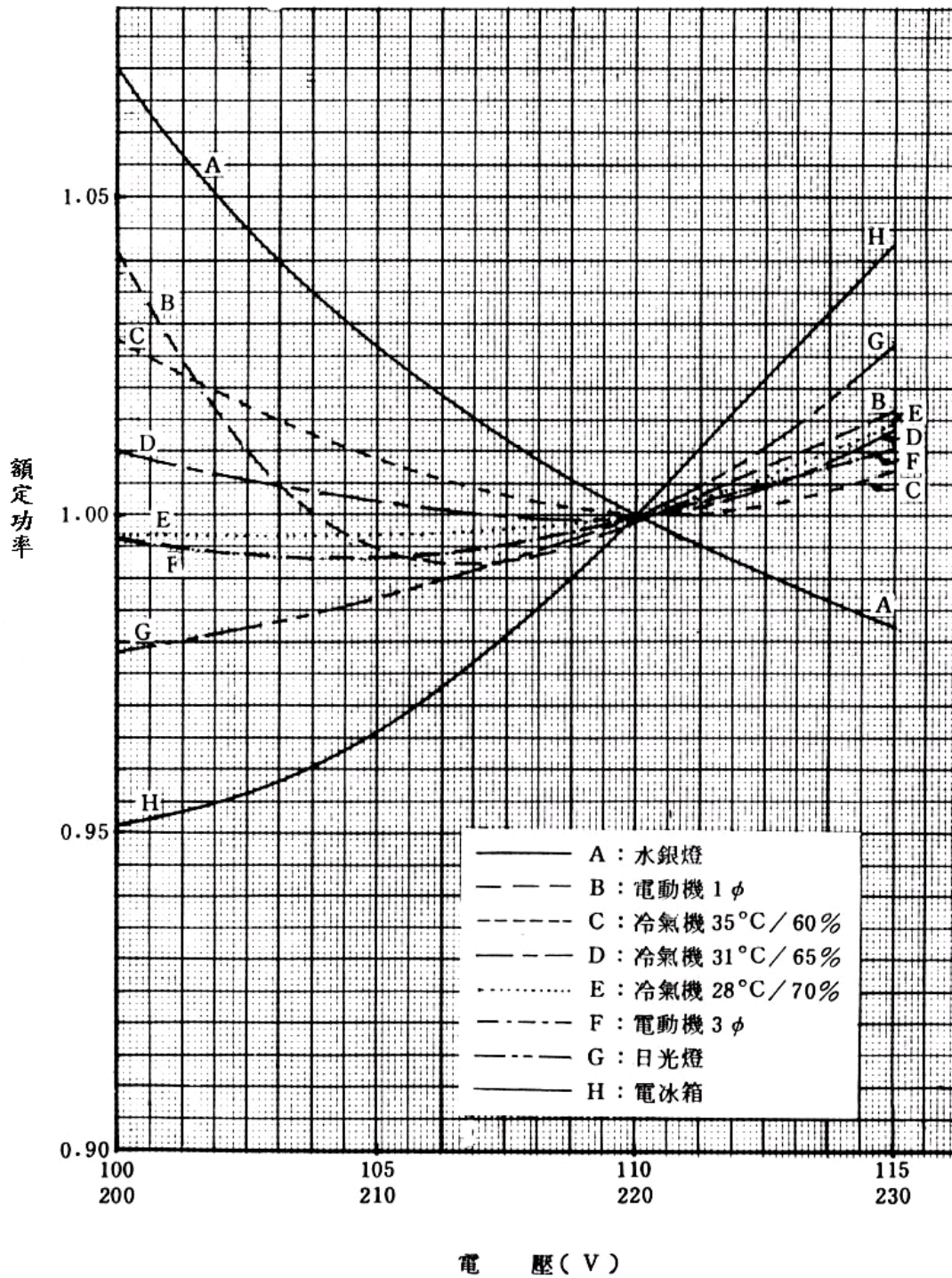
- C. 依據暫態測試結果分析，目前非夏月電源電壓約 227.87 V，耗電 39.49kW，節電裝置設定第 3 段(降壓 20 V)降壓為 208.94 V，耗電 33.61kW，省電率約 15%， $(39.49-33.61)\text{kW} \div 39.49\text{kW} \times 100\% = 15\%$ 。

$$\text{降壓}\% = (227.87 - 208.94) \div 227.87 \times 100\% = 9\% (19\text{V})$$

$$\text{節電率}\% = \left[1 - \left(\frac{208.94\text{V}}{227.87\text{V}} \right)^2 \right] \times 100\% = 15\%$$

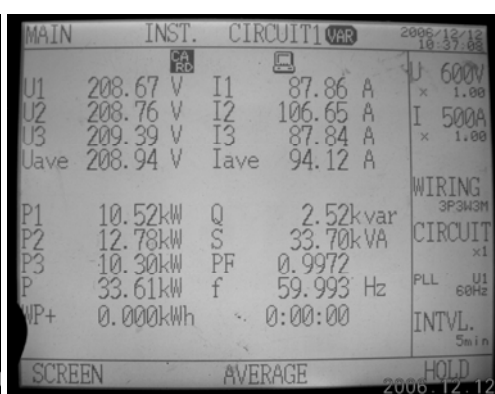
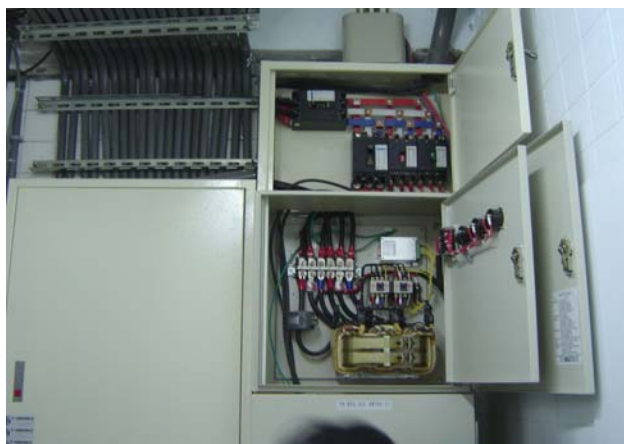
耗電與電壓比值(kW%/U%)約 1.67%。

- D. 符合公司對該產品所提報節電率%。



註：資料來源：節約能源技術手冊(EC-031)，第201頁。【11】

圖 6.3-2 電壓降對各用電設備之影響圖



節電器OFF狀態

節電器ON狀態

圖 6.3-3 照明節電器 ON-OFF 暫態測試節能效益(便利商店例)

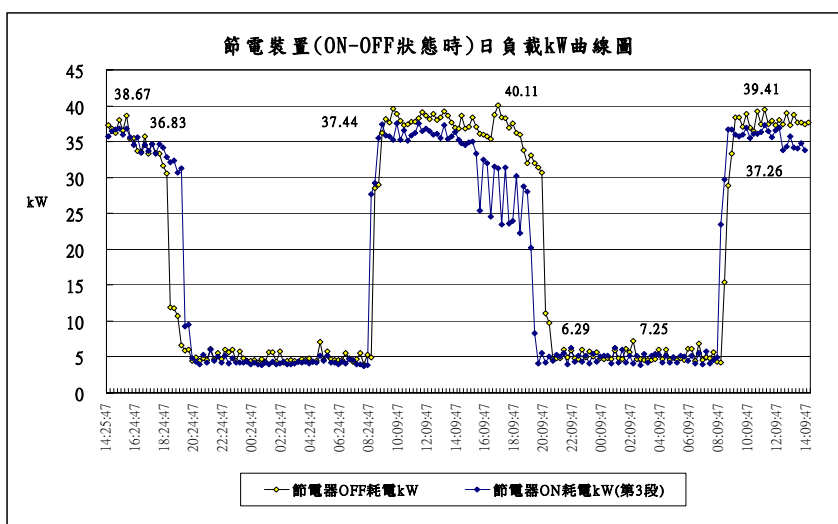


圖 6.3-4 照明節電器 ON-OFF 長時間測試節能效益(便利商店例)

6.4 綠色照明節能方案

1.採用高效率省電照明系統的省電主張如何？

答：依據 2007 年國際知名照明廠牌積極配合全球推動照明節能，針對辦公室、道路、商場、住宅與景觀等應用面，提出「高效率的省電照明」新方案，將延緩地球暖化的口號化為具體行動，如下表 6.4-1 所示，各場所新型高效率光源照明應用，可大幅省電 57%以上【19】。

表 6.4-1 高效率的省電照明新方案

照明應用 (以光源為例)	舊光源	新光源	省電% (max.)	每年每顆光源 減少的二氧化碳
辦公室/工業照明	T9 螢光燈管	T5 螢光燈管	61%	77kg CO ₂
商場照明	鹵素燈泡	CDM 陶瓷複金屬燈	80%	115kg CO ₂
道路照明	水銀燈	CosmoPolis 陶瓷複金屬燈	57%	109kg CO ₂
住宅照明	白熾燈泡	省電燈泡	80%	34kg CO ₂
重點及裝飾照明	白熾燈泡 鹵素燈泡	LED 燈	82%	34kg CO ₂

資料來源：Philips 照明高效率的省電照明-Green-Switch 飛利浦照明節能白皮書 2007/6
【19】

(1)可省電 30%之 T5 照明系統可省電 30%及營運費用省 45%的辦公室照明

隨著照明科技的日新月異，為符合照明精巧多變化的設計需求，目前 T5 螢光燈照明系統係以全新 T5 (16 mm)管徑取代傳統 T9(29 mm)的管徑，其高科技螢光塗層技術與環保材質，配合良好的燈具設計，可以提高發光效率，節約能源。T5 照明系統的出現，反映了小型化的照明設計趨勢，對製造商、設計師與業主帶來了許多好處：

A.製造商：小型化的燈具，在控制燈具的配光曲線分佈上也能更

精準，達成高發光效率的表現。同時小型化燈具可減少使用材料，相對也降低不可回收材質，保護環境。

- B.設計師：小型化的燈具能使狹窄的空間運用更具彈性，滿足設計者對創意的發揮。
- C.業主：高發光效率的照明系統，可減少初期的燈具與安裝成本，長期運作下更能節省能源消耗，節省電費與維護的費用。
- E.節省電能與維修支出：T5 照明系統比傳統 T9 照明系統省電 30%，加上維修等考量，則可省下 45% 的營用費用。此外 T5 照明系統燈管具有高演色性、高流明輸出與低光衰的維持率，使用較少的汞與玻璃，更少的燈具與包裝材料，其材質更可 100% 被回收，符合許多注重環保的企業需求與政府要求。若是辦公大樓改裝 T5 照明系統，每年可以省下可觀電費。對業主而言，初期投資成本一年半後就能回收，因此台灣許多新樓與新辦公室如台北 101 大樓、長庚醫院與慈濟、高鐵車站等，均已採用 T5 照明系統。

(2)陶瓷複金屬燈省電 50%，更搶眼出色的商場照明

近年來商店間競爭越來越激烈，燈光扮演著越趨重要的角色。適當的燈光設計，能夠幫助商店營造出與眾不同的氣氛與形象。對業主來說，商店照明有兩個重點，其一是突顯商品特色，其二是降低運作成本；因應市場需求，鹵素燈雖被廣泛使用，鹵素燈比一般光源溫度高約 5°C 以上，容易造成室溫增高，加上與被照物必須保持一定的安全距離，以免發生危險，這些困擾目前均已採用陶瓷複金屬燈而克服。新近研發出來的陶瓷複金屬燈，其產品特性包括發光效率高、演色性佳、光色穩定等。以耗電量來看，35 W 陶瓷複金屬燈投射光源與 75 W 鹵素燈投射光源相比，兩者照度相同，陶瓷複金屬燈的耗電量卻只有鹵素燈的一半，壽命也更長，對業主而言，使用陶瓷複金屬燈，照明電費馬上就

節省 50%，光源更換週期也延長一倍。另一個好處是，陶瓷複金屬燈採用紫外線隔絕石英包覆，能保護人體健康，也避免被照物在長期照射後褪色的困擾，見表 6.4-2 所示。

表 6.4-2 陶瓷複金屬燈與鹵素燈的性能比較表

陶瓷複金屬燈耗電量為鹵素燈的1/2，平均壽命為3倍			
光源種類		陶瓷複金屬燈泡	鹵素燈泡
型號		CDM-R 35W/830 30D	ALU-Pro111 75W 24D
耗電量	(W)	35	75
色溫度	(K)	3,000	3,000
光度	Cd	5,000	5,300
演色性	CRI	>80	100
平均壽命	小時	8,000	3,000
投資費用	元	1,430	150

資料來源：飛利浦(Philips)光源產品型錄 P2-8,P6-7，2007/2008【13】

(3)緊密型螢光燈管省電 80%的住宅照明

省電燈泡的技術開發上，如飛利浦提供 U 型、螺旋、球型到新式的環型省電燈泡，給予消費者最多的選擇與最佳的省電效果，見表 6.4-3 所示。

表 6.4-3 省電燈泡與白熾燈省電效果比較

白熾燈泡	省電燈泡(相當於)	降低耗電	省電率
25W	5W	20W	80%
40W	8W	32W	80%
60W	11W	49W	82%
100W	20W	80W	80%
125W	23W	101W	81%

(4)新型態的 LED 照明城市美化--全彩動態景觀照明方案

LED 照明的出現，讓燈光設計的美學一直不斷地在演進，許多以前很難想像的創作，如建築外牆投光燈可以每分鐘以亂數將色彩排列組合...等，實現多彩變化之特色。設計師與業主，能夠在日新月異的 LED 科技發展中，將夢想化為實際。新型態的 LED 照明，特色包括體積小、瞬間點滅、光色豐富、低耗電節約能源、低紫外線以及無汞污染等。

綜合以上新的照明科技，未來宜先經過節能服務輔導能源大用戶節能服務輔導採用，期許加速所有照明業者與能源用戶共同合作，讓上述的省電效果可立刻實現，為提升台灣照明環境與永續地球環境一起努力。

第七章、空調系統節約能源措施

近年來購物中心林立，由耗能指標 $141\sim 388\text{kWh/m}^2\cdot\text{yr}$ ，顯示同業間有此大之差異，各業者應進行節能自我檢討。以下就逐項討論空調系統及負荷概況、降低空調耗電、控制方法、能源效率、及節能設計與方法等，可作為未來規劃節能技術實施之方向。

7.1 空調系統概況

1.購物中心空調系統概況如何？

答：我國購物中心之發展異於國外，目前已有朝購物、餐飲及休閒娛樂整合在同一建築之方向發展，甚至亦有量販店同置於一建築內者。購物中心提供消費者便利停車購物，因此購物中心已漸部份取代傳統百貨、超級市場、服裝業及及它零售如電器、書店文物等。在市場經營之競爭激烈及大量用電之下，如何「有效用電、節約能源」，為提高經營管理競爭力之有效方法之一。以至購物中心之營運上，有分區不同營業時間，不同之空調照明需求等。再者，購物中心多在市中心以外地區，皆提供停車位，其多功能性使顧客滯留時間較長，一般可長達 2 小時以上，如加上電影院者不止。

購物中心節約能源之潛力主要在電力照明、空調及冷凍冷藏，以空調耗電約占 54% 最多，但以上之耗能項目皆有相當之節能潛力。

在空調與冷凍方面，購物中心與一般辦公建築耗電之差異在：

- (1)購物中心為大面積之建築，內週區面積大，須以較長的風管系統送風到賣場之各部位，送風機之耗能較大。
- (2)因內週區之面積較大，而內週區之大量內部熱負荷，致使每年需要空調之季節較長。
- (3)空調使用含開店前與打烊後之準備時間，空調應用時間較辦公室稍長。

- (4)空調設計需因應人潮之尖峰，外氣之設計量大，夏季外氣溫濕度皆高，與室內溫濕度差異大，外氣是空調重要的耗電項目。
- (5)人潮之尖離峰造成不同時段空調負荷之大差異，經常因缺少適當之控制調整而使離峰時空調耗能過大。
- (6)冷凍冷藏系統亦為不可忽略之耗電項目。

2.降低空調耗電之必要項目有那幾項？

答：降低空調耗電除了加強管理之外，降低空調負荷對空調省電有直接的效應，購物中心為大型建築，建築面積以內週區為主，故內部負荷及外氣負荷占比甚高，內部負荷除設備外，以人員、照明為首要，先以下就以空調照明討論之。

- (1)降低照明用電：照明之用電最終成為空調負荷，照明省電也就是降低空調負荷，如使用高效率燈具，以光源 90 lm/W 計，以燈具效率 65%計，以 600 lux 照度為基準，一般照明用電(商品展示除外)每平方米應規劃在 $10\text{W}/\text{m}^2$ 以下，考慮其他特殊照明需求，建議照明電力規劃在 $15\text{W}/\text{m}^2$ ，與一般商場照明電力約 $20\text{W}/\text{m}^2$ 比較下，不但照明節能 $5\text{W}/\text{m}^2$ ，且降低空調負荷達 $5\text{W}/\text{m}^2$ 。
- (2)外氣需量控制：購物中心在週末或旺季時，人員多及人員密度均高，外氣量需求大。然而購物中心根據台北科大【20】對於類似建築如量販店(一般與其他商業空間同處一棟建築)，一般商業離峰時段(如平日下午)，店內人數不到尖峰之 10%。目前北科大研究顯示外氣需量控制，應可節省 10%以上之空調用電。

購物中心之空調負荷以內部熱負荷為主，甚至在冬季亦需要部份冷氣，故當外氣焓值低於室內焓值時，空調送風系統應有切換為全外氣送風冷卻之設計。

3.購物中心之尖離峰空調負載如何控制？

答：購物中心之建築面積因主要屬內週區，空調負荷以照明、人員、設

備及外氣為主，前已說明人員及外氣需量之變化量大，每日皆有顯著之尖離峰差異。如無適當控制之下，在離峰人數較少時，致使店內溫度過低，外氣換氣量過大，浪費空調電力，應有適當外氣量及室內溫度控制設備，不但可維持所需之室內溫度，且可節約能源，每度 $^{\circ}\text{C}$ 之溫度調整會影響約 6% 之空調電力。

4. 空調分區負荷計算與風量如何分配？

答：溫度控制是節能的必要手段，然而有效之溫度控制基於適當之風量配置及各區空調負荷之計算。過去之空調設計習以樓地板面積計算空調負荷及分配空調風量，無關各區域空調之實際風量及溫度需求，致使各區域溫度有差異。如此會造成為調節部份區域到舒適溫度，而使其它空間溫度過低，造成送風機及空調機不當耗能。

建築能源管理之關鍵在於能源使用不浪費，如無良好的空調系統設計，不易做到完工後的能源管理。購物中心各區空調負載差異甚大，且有不同之尖離峰，如美食區之尖峰發生在中午及晚間，風量之分配及室溫控制是節能之重要手段。

7.2 空調系統節能設計之基礎

1. 空調系統組成之概要為何？

答：機械式製冷之原理為，降壓使液態冷媒在低溫蒸發，利用冷媒低溫蒸發吸熱，蒸發之冷媒經熱交換器將空氣冷卻，如圖 7.2-1 所示。冷媒液之製造如圖 7.2-2 所示，氣體冷媒經壓縮機壓縮後，在高溫高壓下冷凝成冷媒液。中央空調能源或熱能之流向，如圖 7.2-3 所示，室內之熱負荷由冷風吸熱移除，在空調箱以冰水冷卻室內回風，冰水與冷媒在冰水機之蒸發器進行熱交換。冰水機所產生之熱傳給冷卻水，再經冷卻水塔散至大氣。

中央空調系統之機械及各項設備包括：

- A. 壓縮機：有往復式、渦卷式、螺旋式、離心式，為主要之耗能設備，耗能約占系統之 50% 至 60% 左右。
- B. 冷卻水及冰水泵：耗電量約佔 15% 至 20%，可作變流量控制節能。
- C. 風機：耗電量約占 25% 至 30%，可作變風量控制節能。
- D. 熱交換器：有鰭管式、殼管式等，雖為非動力元件，但卻為節能關鍵設備之一，高性能之熱交換器會使冷媒之冷凝與蒸發溫度，趨近於冷卻及冰水溫度，減少壓縮功，提升系統效率。
- E. 冷卻水塔：除本身風扇之耗電外，冷卻水溫影響冰水機之能源效率，每降 1°C 可提升冰水機效率約 3%。
- F. 控制閥：空氣或水管路皆有相關控制閥，良好之控制功能為節能之要素。
- G. 冷媒控制器：近年電子膨脹閥之應用已逐漸普及，部份主機將電子膨脹閥用於部份負載之冷媒控制。
- H. 量測與監控：如溫濕度量測與控制、耗電量量測與需量控制、流量計等，節能監測為降低耗能之必要措施。
- I. 空氣調節與過濾：如空氣調節箱、風機盤管、送風箱等，含應有之

空氣過濾系統，定期清洗濾網，為節能之必要措施。

J.風管與水管路系統：為搬運熱能之功能，高效率設計可節省搬運功。

K.儲能系統：如儲冰系統，可轉移尖峰負載。

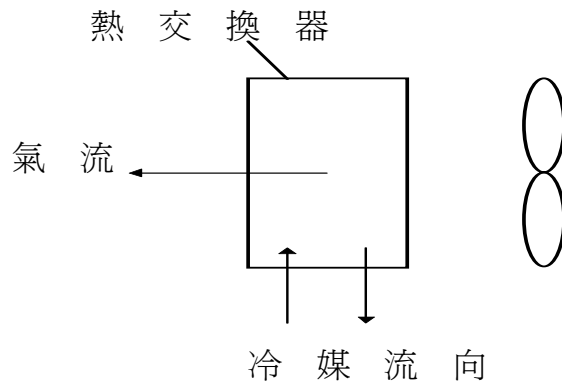


圖 7.2-1 蒸發冷媒經熱交換器將空氣冷卻

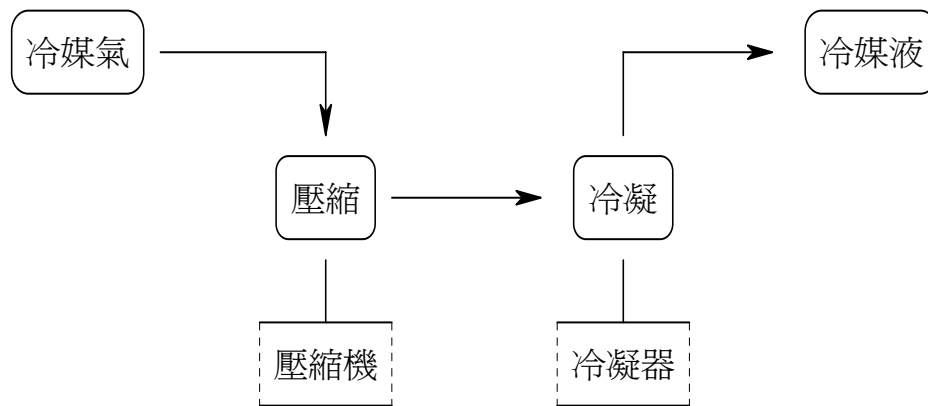


圖 7.2-2 冷媒氣經壓縮後，在高壓下冷凝成冷媒液

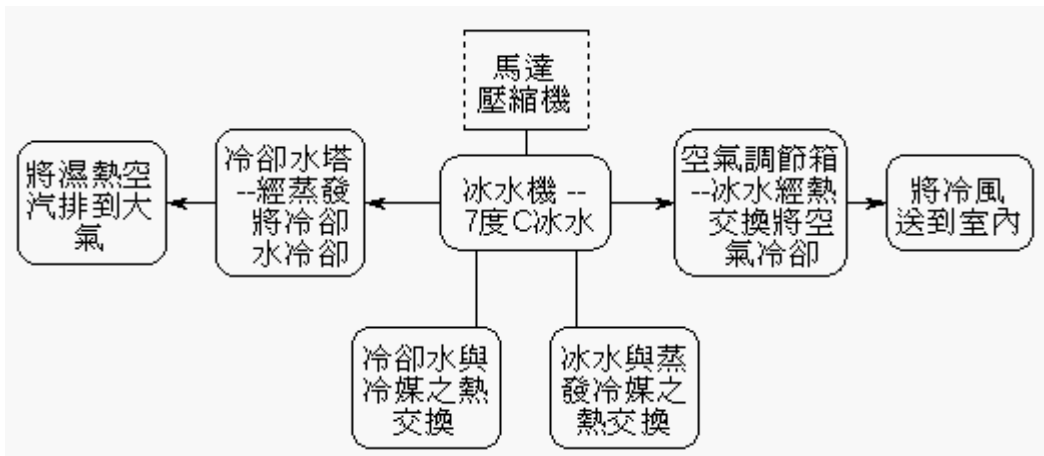


圖 7.2-3 中央空調能源或熱能之流向

2. 空調負荷之基本觀念為何？

答：建築之瞬間熱得(heat gain)並非完全等於空調熱負荷(cooling load)。空調熱負荷定義為，造成室內空氣溫升(顯熱負荷)及濕度上升(潛熱負荷)之熱負荷，室內之熱得不一定立即傳予空氣，熱得與熱負荷差別之說明如下：

- A. 照入開窗之太陽輻射熱，物體受熱後，會將部份熱儲存後，再將熱釋放於空氣，故熱負荷與熱得有時間上之延遲。
- B. 經由建築外殼傳導進入之熱得，室內之熱得與外牆之瞬間受熱有時間差，穿透外殼後由內牆面將空氣加熱形成熱負荷，例如磚牆，外牆最高之受熱與內面熱得之高峰，可有數小時之時間差。
- C. 內部物件(如照明器具)之對流與輻射熱傳，部份輻射熱會儲存在建築體或室內物體之內，不會直接將空氣加熱，故也有時間差。
- D. 引入外氣之熱負荷，直接造成空氣溫濕度改變。
- E. 室內之潛熱負荷(如人呼氣之水份)，直接成為熱負荷。

以上討論得知各項熱得與熱負荷之時間差，主要為建築體與物體之儲熱，故厚實之建築較是冬暖夏涼，圖 7.2-4 顯示熱得與熱負荷

之差異【21】，可見厚實之建築其尖峰之熱負荷，遠比輕結構者(如鐵皮)低，亦可見空調負荷之計算需有理論之依據，否則會有很大之誤差。

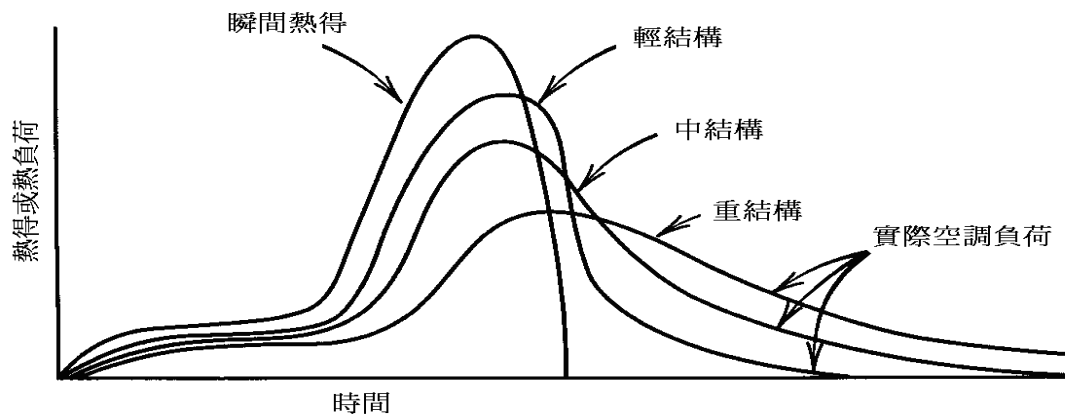


圖 7.2-4 輕重結構熱獲得與熱負荷之差異

3. 空調調節溫濕度及焓如何計算？

答：見圖 7.2-5 濕空氣線圖之橫座標為乾球溫度(dry bulb, DB)，為一般溫度計量的空氣溫度，單位 $^{\circ}\text{C}$ ，縱座標為濕度比 (Humidity Ratio) 或稱比濕 (Specific Humidity)，定義為單位質量空氣中水蒸氣之質量。因分子數量與分壓成正比，故濕度比之計算如下式(1)。

$$\omega = 0.622 \frac{P_v}{P_a} = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v} \quad (1)$$

比值 0.622 為水蒸汽與乾空氣分子量之比值(水蒸汽為 18.015 g/mole，乾空氣為 28.965g/mole)。

飽和線(Saturated Line)為空氣中之蒸汽達到飽和之狀態，或為 100% 相對濕度之空氣狀態。此蒸汽壓曲線(P_{ws})之計算公式(0 至 200°C)

【22】如下式(2)。

$$\ln P_{ws} = C8/T + C9 + C10T + C11T^2 + C12T^3 + C13 \ln T, \quad \text{Pa.} \quad (2)$$

$$C8 = -5.800\ 220\ 6\ E+03$$

$$C9 = 1.391\ 499\ 3\ E+00$$

$$C10 = -4.864\ 023\ 9\ E-02$$

$$C11 = 4.176\ 476\ 8\ E-05$$

$$C12 = -1.445\ 209\ 3\ E-08$$

$$C13 = 6.545\ 967\ 3\ E+00$$

相對濕度 (Relative Humidity) 為單位體積空氣中，所含水蒸氣之分壓與同溫度時飽和水蒸氣壓力之比；或單位體積空氣中，所含水蒸氣之質量與同溫度時飽和水蒸氣質量之比，單位為 %RH。

空調之冷卻量基本上為空氣之焓差，焓為熱能單位，是每一公斤空氣所有的熱量值，單位為 kJ/kg，焓之計算公式為：

$$h = c_{pa}T + \omega(c_{pv}T + 2501) \quad (3)$$

以上第一項為乾空氣中之焓，只有顯熱，以 0°C 零為基準，第二項為空氣中水蒸汽之焓，括弧中第一項為顯熱，第二項為相變潛熱。

濕球溫度理論上為絕熱飽和溫度，例如將溫度計感溫球包紮濕布置於 2.5m/s 之氣流下，空氣流經包紮濕布時，包紮濕布之水蒸發使流離空氣趨近飽和，而濕布溫度亦降至空氣之飽和溫度，此即為水在空氣中自由蒸發之最低溫度。以熱量平衡而言，流經(狀態 1)及流離(狀態 2，飽和)之計算公式為：

$$h1 + (\omega1 - \omega2)hf = h2 \quad (4)$$

hf 為水(非水蒸汽)之焓值，故濕球線與等焓線之偏離為 $(\omega2 + \omega1)hf$ 。

露點溫度(Dew Point Temperature)為空氣冷卻至水蒸氣開始凝結時之溫度，發生於飽和線上。

比容(Specific Volume) v 為單位重量空氣之體積，單位為 m³/kg，計算公式為 $v = RaT/(P-Pv)$ ，Pv 為蒸汽分壓。

圖 7.2-5 中，由兩個空氣之性質找出空氣之狀態，如得知空氣溫

度與濕球溫度後就得知空氣狀態點。

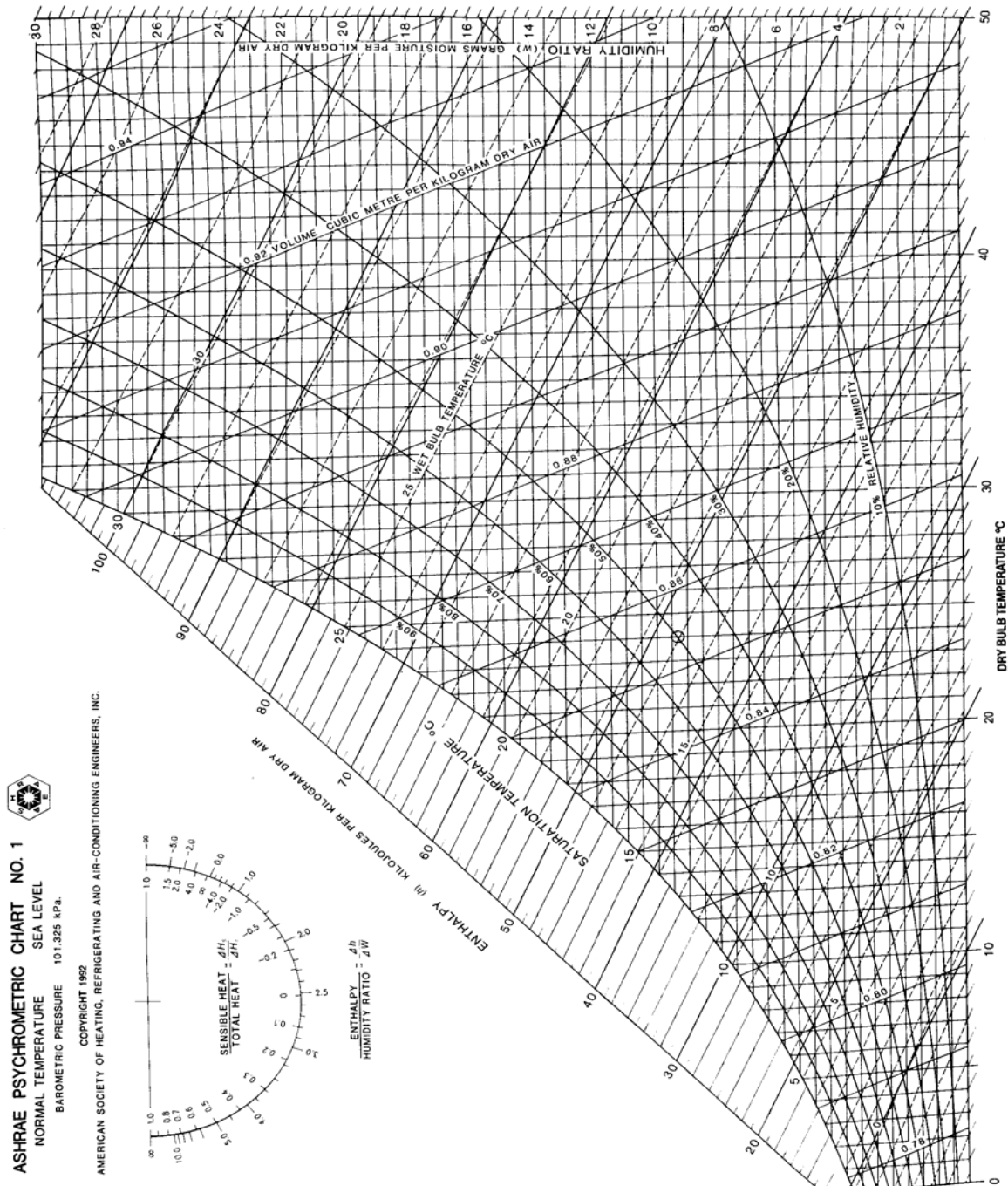


Fig. 1 ASHRAE Psychrometric Chart No. 1

圖 7.2-5 濕空氣線圖

4. 空調主機效率？

答：冷媒壓縮機之功能為將冷媒氣體自低壓低溫狀態壓縮至高壓高溫狀態，使冷媒在高溫狀態冷凝散熱。圖 7.2-6 為標準之冷凍循環，縱座標為壓力橫座標為焓(能量單位)，當冷凝(condensation)與蒸發(evaporation)之壓力差異越大，壓縮機作功之途徑越長，所需之作功能量就越大。

為使冷凝與蒸發之溫差縮小，其一為降低冷凝溫度，如供給較低溫冷卻水(水冷式)，氣冷式主機則受限於外氣溫度；其二為提升蒸發溫度，如提高冰水溫度或提高室內送風溫度設定。圖 7.2-6 中可見每單位冷媒質量之冷凍能力為第 4 點至第 1 點之焓差，焓差越大則單位冷媒質量之冷凍能力越高。空調之冷凍(冷卻)能力常以冷凍噸(Refrigeration Ton, RT)稱，以美制冷凍噸之定義為將 2000 lb 0°C 之水在一天(24 小時)凍結成冰所需移除之熱量，常用之計算值為 $1.0 \text{ USRT} = 3024 \text{ kcal/hr}$ 或 $1.0 \text{ USRT} = 12,000 \text{ Btu}$ 。

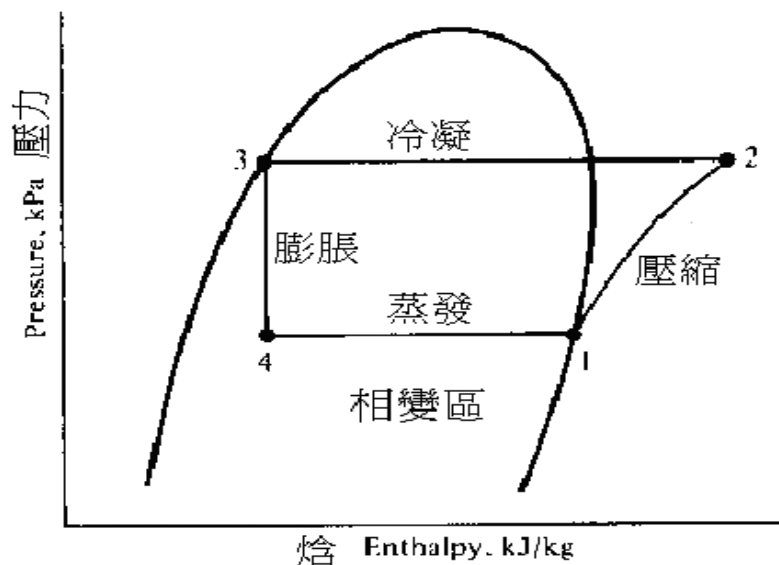


圖 7.2-6 標準冷凍循環

5. 空調送風送水系統之耗能問題？

答：圖 7.2-7 為空調系統之熱能搬運系統，風機與水泵搬運空氣及水之耗電甚大。

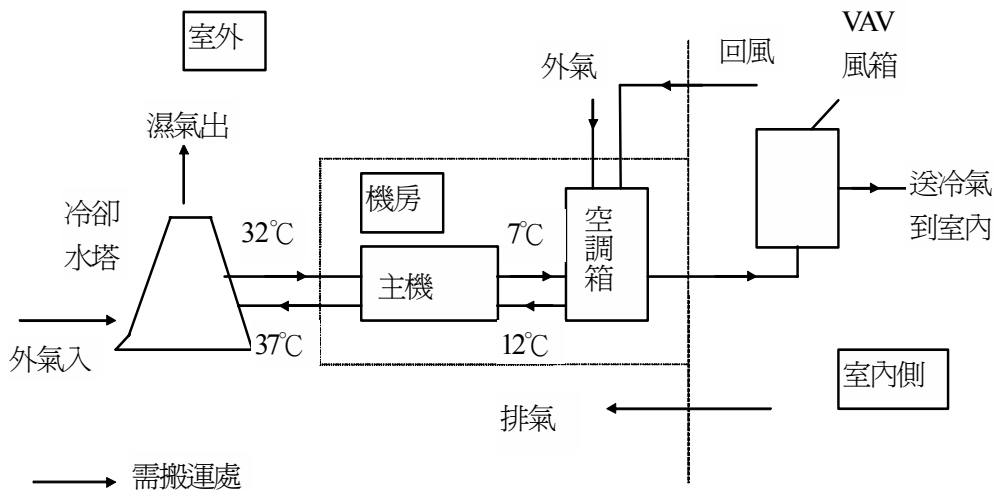


圖 7.2-7 空調系統之搬運系統

壓差為流體動力之主要來源，壓力亦為流體之能量，如將 N/m^2 改寫為 $Nm/m^3(J/m^3)$ ，可見壓力為單位體積之能量密度。送風送水之耗功係指每單位時間作功所用之能量，空調空氣與水系統之流體搬運功(自產生點送至應用點之搬運，如將冰水送至空調箱)之計算為

搬運功(Watt) = 搬運所需之壓差(Pa)×搬運之體積流量(m^3/s)÷搬運設備效率，以上可見

- 減少壓差(壓損)可減少搬運功，應設計低阻力之管路系統。
- 管徑影響與管內流體阻力甚大，圖 7.2-8 為鐵皮風管壓損之計算圖，可從流量 m^3/s 與每米壓損(Pa)獲得風管尺寸及風速，以 $0.04m^3/s$ 風量為例，採用 0.12m 內徑之風管每米風管之壓損為 1.7 Pa/m，如採用 0.14m 風管則為 0.8Pa/m，以上可見，風管內壓損與風管直徑之關係約為平方反比關係，採用較大風管可節約風機耗電，此規則亦可用於水管設計。

C.搬運功計算公式之前兩項為理想計算值，實際需考量搬運設備如風機或水泵之效率，故搬運功與搬運設備效率成反比。

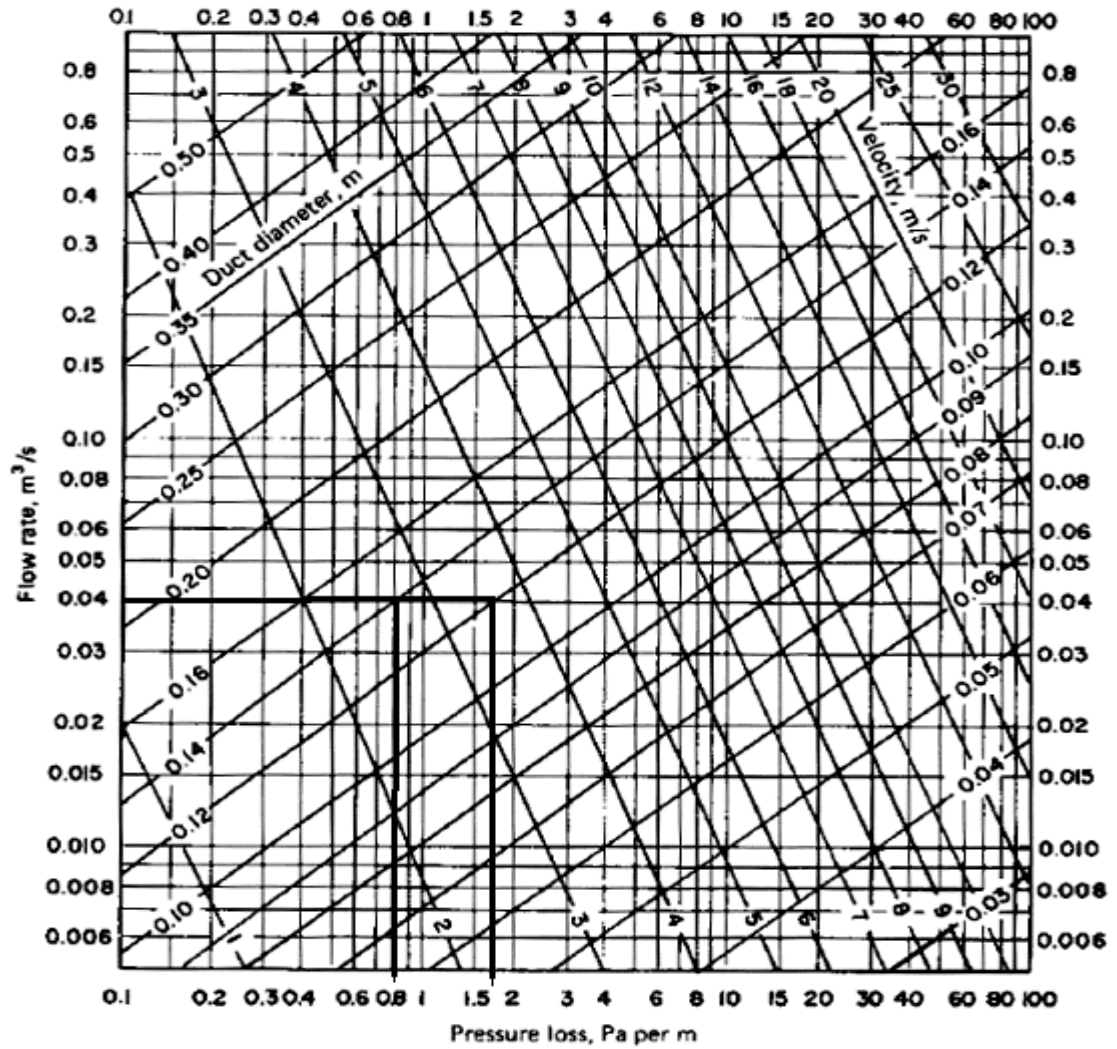


圖 7.2-8 為鐵皮風管壓損之計算圖

6. 空調主機如何節能？

答：空調主機並非皆在全載運轉，因主機多運轉在部份負載，故其部份負載時之效率甚為重要，表 7.2-1 為美國 ARI 550/590 【23】 新舊版 IPLV 計算公式之比較，IPLV 為綜合部份負載值(Integrated Part Load Value)。表中可見全負載(100%)之權重在 1998 年版下修，證明部份負載效率之重要性。

表 7.2-1 ARI 550/590 新舊版 IPLV 計算公式係數比較

單位	1992 標準	1998 標準
kW/RT	$IPLV = \frac{1}{\frac{0.17}{A} + \frac{0.39}{B} + \frac{0.33}{C} + \frac{0.11}{D}}$	$IPLV = \frac{1}{\frac{0.01}{A} + \frac{0.42}{B} + \frac{0.45}{C} + \frac{0.12}{D}}$
EER or COP	$IPLV = 0.17A + 0.39B + 0.33C + 0.11D$	$0.01A + 0.42B + 0.45C + 0.12D$
其中：A=於100%製冷能力時之kW/ton 【EER 或COP】 B=於75%製冷能力時之kW/ton 【EER 或COP】 C=於50%製冷能力時之kW/ton 【EER 或COP】 D=於25%製冷能力時之kW/ton 【EER 或COP】		

目前空調主機在負載率低於 50%時，效率會下降，如空調系統採取單一主機設計，當負荷率偏低時，將導致能源效率降低而耗能。如以雙壓縮機之主機作容量控制，或分為兩台或多台容量較小之主機，負載率低時，以台數控制提高運轉中主機之負荷率，提高主機運轉效率。圖 7.2-9 為冰水機群之最佳配置及運轉控制之例子，如此組合可運轉之冷凍噸數為 350, 600, 950, 1200, 1550, 1800, 2150，經電腦控制程式，作尖離峰之最佳運轉控制，使設備運轉在高效率點，便可因應高低之負載，避免個別主機在低負載率下運轉。

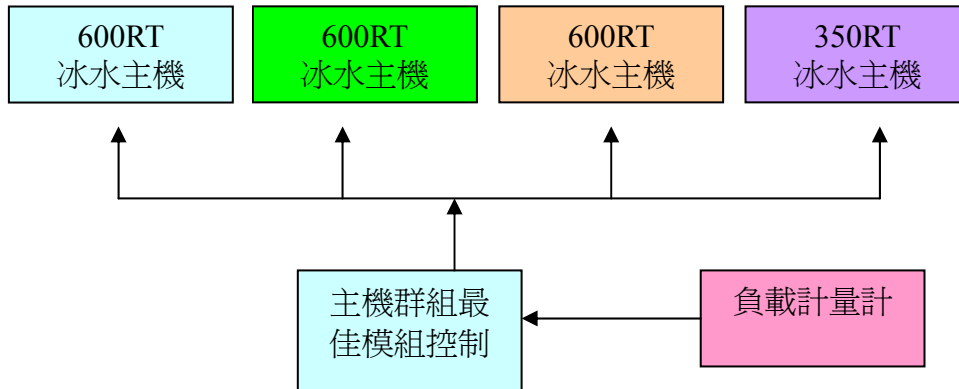


圖 7.2-9 冰水機群之最佳配置及運轉控制

台數控制的省能效果例如，當負荷率為 40% 時，單台主機耗電為全載之 50%，但設計為二台主機時，使單台主機在 80% 負載率運轉，耗電量為全載之 40%，節省了近 10% 的耗電。

以氣冷式主機而言，因應空調部份負載可用變冷媒流量之系統，所謂 VRV (Variable Refrigerant Volume) 系統，VRV 採用變頻式壓縮機，藉由頻率的改變控制壓縮機馬達轉速及冷媒流量，如當室內溫度達到設定值時，壓縮機會改以低頻率運轉。

壓縮機程排氣量的計算如下式(1)及(2)：

$$V = N \times C.D \quad (1)$$

$$N(\text{rpm}) = \frac{120f}{p}(1-s) \quad (2)$$

N ：馬達轉速

f ：頻率

P ：馬達極數

s ：轉差率

V ：壓縮機排氣量

N ：馬達轉速

$C.D$ ：壓縮機每單位迴轉之程移容積

VRV 系統之變流量控制如圖 7.2-10 所示，利用變頻器控制壓縮機容量，透過通過 2 台壓力傳感器，每 20 秒鐘檢測一次壓力值，通過微電腦的控制，以兩台壓縮機（一般壓縮機+變頻壓縮機）進行多級的容量控制，低負載(<50%)由變頻壓縮機因應，超過 50%負載率時定頻壓縮機方啟動，如此有效因應部份負載時之節能。

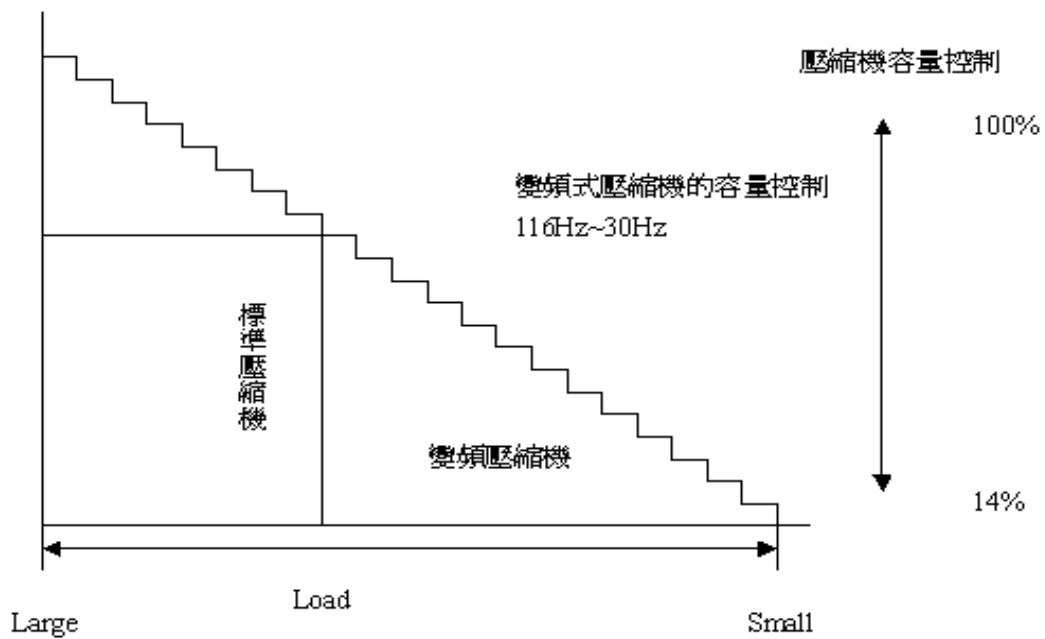


圖 7.2-10 壓縮機的容量控制

7. 空氣側系統如何節能？

答：送風系統裝置之電力可達空調總量之 25%，且因其之運轉時間較長，故其之實際耗電比裝置比例大，不得不給予重視。

簡單而言，可將送風系統分成兩種來討論，其一為風機盤管型，如圖 7.2-11，另一種為全空氣系統，如圖 7.2-12。

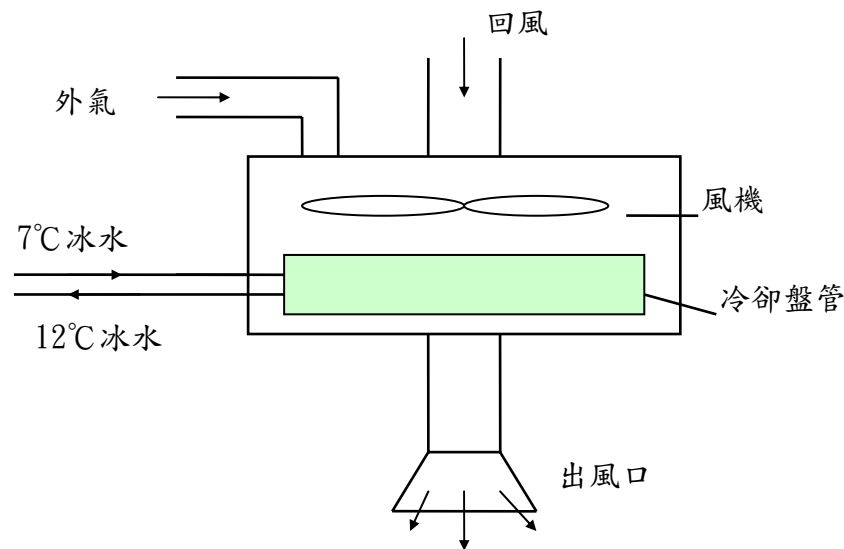


圖 7.2-11 風機盤管構造示意圖

(1) 風機盤管型送風系統

如上圖 7.2-11 所示，風機為送風之動力，而冰水盤管為熱交換器。風機盤管可設置在室內牆角(落地式)或置於天花板上，主機所產生之冰水經由送水系統流入冰水盤管，空氣流經盤管而被冷卻產生冷氣效果。風機盤管應設有外氣口，另以風管送外氣至室內。

對風機盤管而言，其送回風距離短，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. 依溫度設定調節冰水量，以節約水泵之耗能。
- B. 一般而言，風機盤管之風機有三速控制，可用約 50%、75% 及 100% 之風量操作，一般風量控制未如理想【24】，無法達到有效節能變速之目的。為有效節能，馬達可裝置無段變速控制(如採用較新型之直流無刷馬達)，最佳為 50-100% 風量之控制，如此不但可節約能源，並可增加空調之溫度穩定及舒適度控制效果。

(2) 全空氣送風系統

是將冰水送到每層樓的空調箱將空氣冷卻後，經由風管再送至室內。這種空調方式的優缺點為：

- A. 空氣較集中處理，可獲得較佳之空調品質(如溫濕度控制、清淨度等)。
- B. 設備集中，較易維護。
- C. 其缺點為風管較長，送風耗能大。解決耗能的方法為使用變風量(VAV)空調系統，其可節省大量的送風耗能。

單以控制冰水流量無法有效節約能源，如能因應負載將送風量調變，與主機容量配合就可減少一半以上之送風耗能，即所謂之可變風量系統(Variable Air Volume, VAV)。

VAV 系統流量的控制如圖 7.2-12 所示，用溫度和壓力的感測器，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、送風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. 空間內設溫度感知器，當感測到室溫升高時，驅使 VAV 終端箱(圖 7.2-13)將風門開啟加大，讓更多的冷空氣進入室內，調降室溫。
- B. 由於風門開大，流出主風管之風量較大，造成主風管內的空氣靜壓降低。接收控制器 RC2 獲得壓力下降訊息後，驅使風機轉速加快，增加空調箱送風量，提升主風管之空氣靜壓。
- C. 在(B)動作的同時，接收器 RC1 因感測到主風管的送風溫度升高所傳來的訊息，重新調整冰水機供應降低空氣送風溫度。
- D. 變風量系統如圖 7.2-12，其控制之要點如下：
 - a. 以 VAV 終端箱送風量調節室溫，主風管需要維持適當的靜壓，VAV 終端箱只以風門控制進入之冷風量。
 - b. 以調變風機轉速來維持主風管內靜壓，確保對各 VAV 終端箱有足夠之正壓。
 - c. 送風溫度由進入冷卻盤管之冰水流量控制。

d.當送風量改變，回風量也需配合改變，可由回風機改變轉速達成，D4、D5、D6 等 3 個風門主要目的為外氣量引入量。

VAV 終端箱之設計有多種類，圖 7.2-13 為一種設計，其之設計要點為當室溫與設定溫度作比較，室溫較高時將擋板開度加大，反之將擋板開度關小。由於在此系統中，分別於室內及風管內設置溫度感測器，因此可依據不同空間的冷氣負荷作調節用，以達到多區域(multi-zone)溫度控制的要求。

因耗電與流量成三次方之變化，無論送水或送風不需作過大之調變，如圖 7.2-14，使用變風速機設計，在送風量降至 50%時，風機耗電量已降至 20%以下。

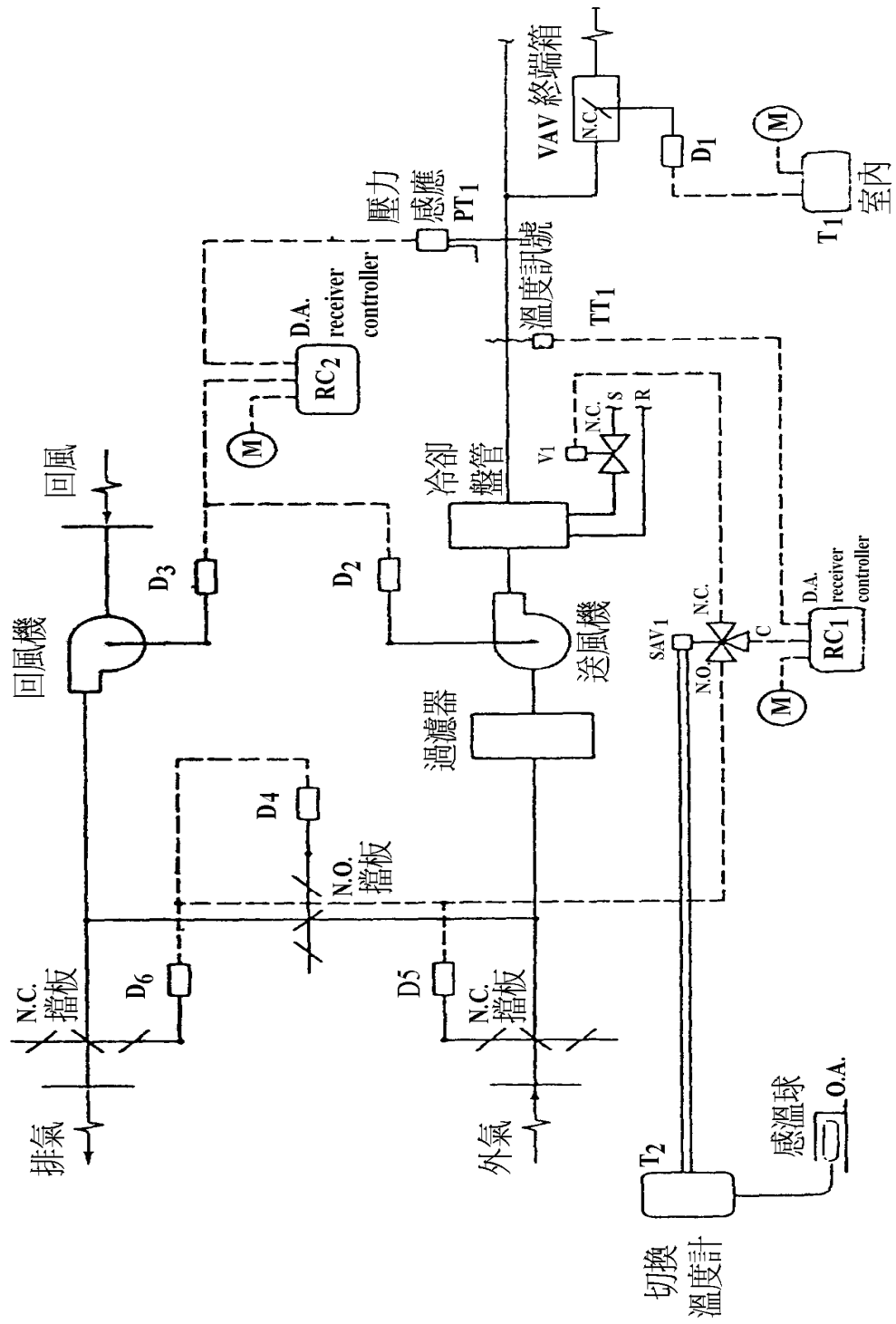


圖 7.2-12 VAV 空調系統之控制流程圖

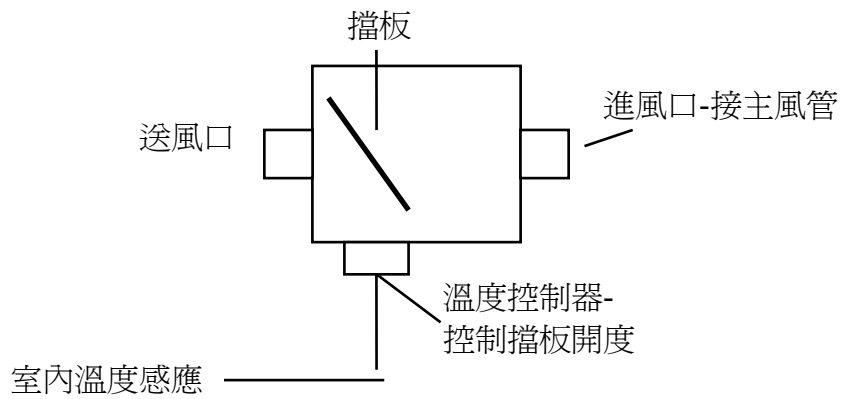


圖 7.2-13 VAV 終端箱之設計

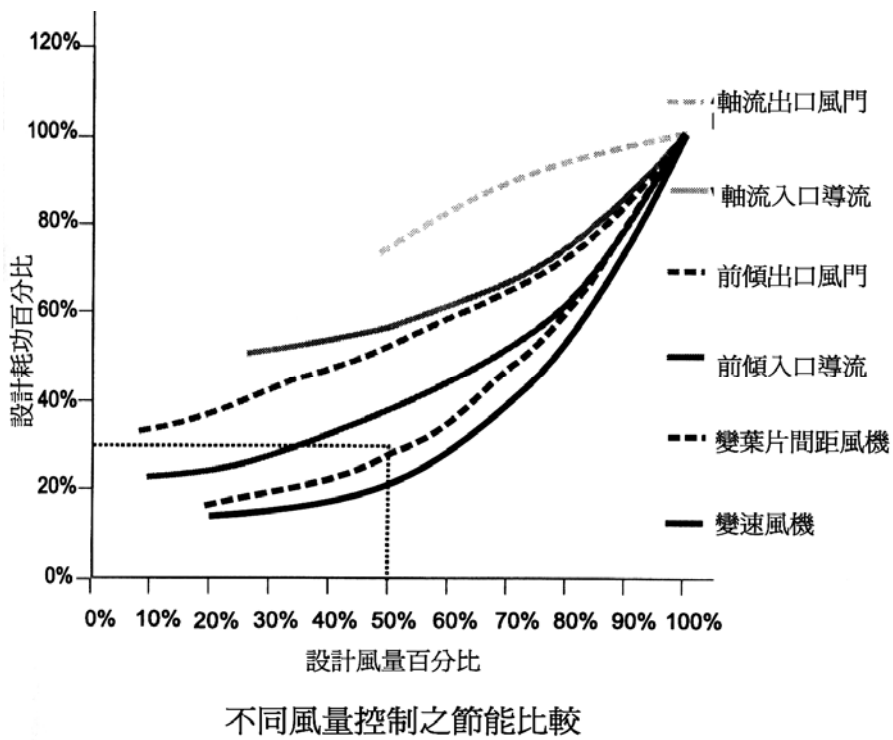


圖 7.2-14 不同風量控制之節能比較 (Ashrae 90.1-1999)

表 7.2-2 為採自內政部建築研究所中央廳舍空調改善實例之節能計算，比較應用變頻器和只有使用風門的 AHU(Air Handling Unit, 空氣調節箱)系統，在一年中不同風量所需的耗能，顯示採用變頻器節省了 116,070 kWh，這相當於 55%的節能。

表 7.2-2 比較應用變頻器和只有使用風門的 AHU 之耗能

流量 (%)	時數 (%)	運行時數	所需電能		40Hp 風機馬達耗能	
			風門	變頻器	風門	變頻器
30	10%	876	18	2	15,768	1,752
40	10%	876	19	3	16,644	2,628
50	15%	1314	21	5	27,594	6,570
60	20%	1752	24	8	42,048	14,016
70	20%	1752	26	11	45,552	19,272
80	10%	876	27	17	23,652	14,892
90	10%	876	28	23	24,528	20,148
100	5%	438	30	31	13,140	13,578
	100%	8,760hrs			208,926kWh	92,856kWh

8. 空調泵系統如何節能設計？

答：空調泵系統的耗電約佔空調總耗電之 20%，在無節能設計之下，泵只會隨空調開啟而持續全載運轉。以一般辦公建築而言，空調主機會達到年相當全載運轉時數約為 1000 小時以上，但泵系統則可能高達 2000 小時以上。如泵系統隨空調負載調變流量，則可節約大量的能源，泵耗電量與流量有三次方之關係，如圖 7.2-15 所示，當流量下降至 80%時耗電量可下降至 51%。

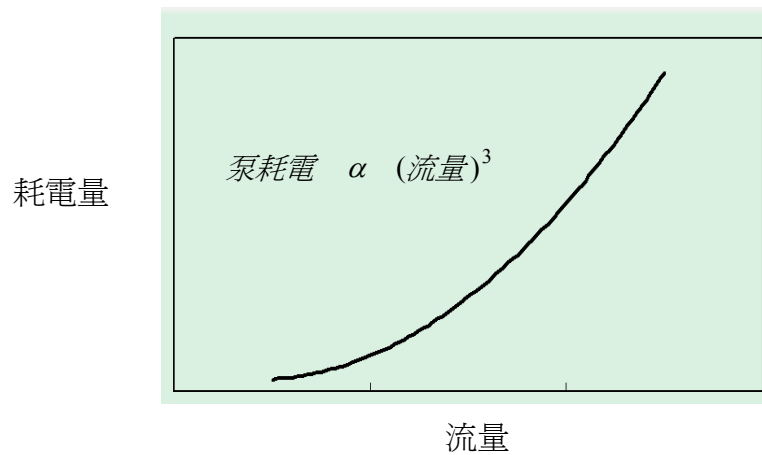


圖 7.2-15 泵耗電量與流量之關係

以設計溫差 5°C 計，每 1.0 RT 約分別需要 10 lpm (liter/min) 及 13 lpm 之冰水與冷卻水的流量。如利用儲冰系統之冷能供冰水 5°C 回水 15°C ，以此 10°C 溫差設計可降低一半之冰水送水量，一般多用於管路較長或區域冷暖房系統。以一般空調系統之管路而言，冰水機壓損約 6m 水柱，200m 等效長度管路壓損約 8m，共 14m。以每一冷凍噸(RT)需 10 lpm 水量計，泵馬達總效率 50% 計，需耗電約 46W，綜合冰水與冷卻水，每 RT 之泵耗電一般約為 100W。

所謂變流量系統(variable water volume，簡稱為 VWV 系統)係指水流量可因應空調負載變化而改變，如圖 7.2-16，當負載低時定流量系統以旁通閥減少冷卻量，變流量系統則以控制閥減少水流量而冰水方式控制達到降低冷卻水量之目的。簡要來說，定流量系統採三通閥，以旁通冷卻量，而變流量系統則採用二通閥，以改變流量控制冷卻量。故定流量系統之設計流經空調負載端之水量是固定的，低負載時水量不改變，無法在低負載時節能。

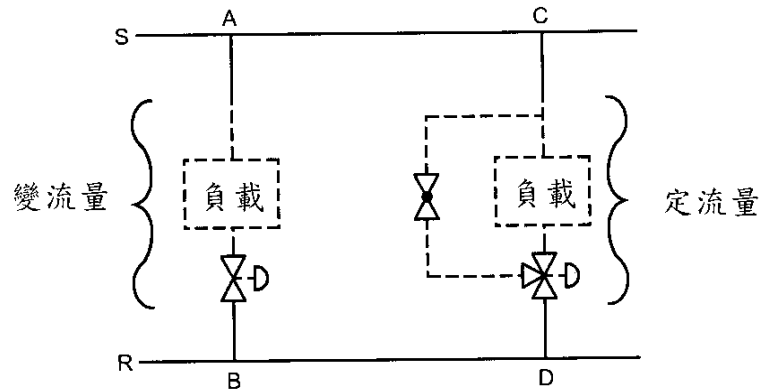


圖 7.2-16 在負載側變流量與定流量之設計比較

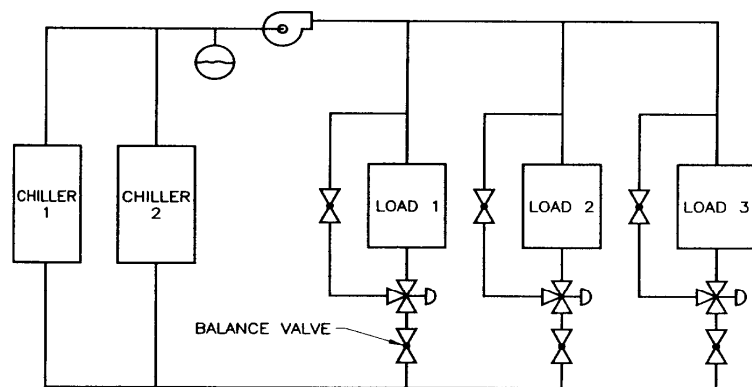
變流量系統設計可應用於一二次系統 (Primary-Secondary System)，具有兩層次之泵系統，適用於較大之系統，負載側因管路長，需以二次側系統作分區供水。

圖 7.2-17 比較定流量與變流量系統【25】，系統設計觀念為將熱源(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)。共同管之左側為一次側迴路(primary loop)，為空調主機機房內之水循環系統，各主機有一個泵浦負責送水(定量)，故其總循環量約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。空調主機側之送水距離短，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(或稱二次側迴路，secondary loop)之送水之距離長，為送水系統之主要耗能之處，亦是 VWV 系統主要節能之處。VWV 系統之操作原理如下：

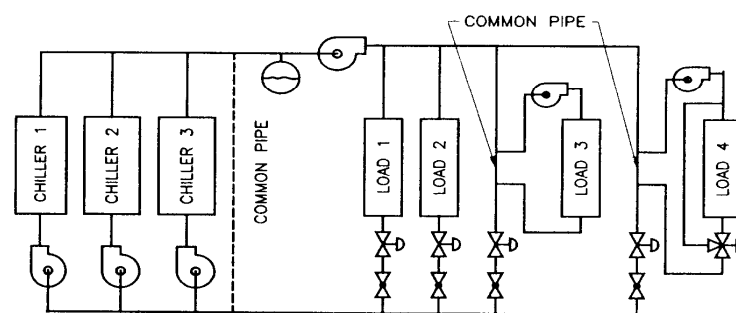
- A. 以負載側送回水主幹管壓差控制二次側泵浦之轉速以調整送水量，如負載低時調降泵浦轉速，在降低流量的同時使泵浦在較低負荷下運轉，節約搬運耗能。
- B. 負載處(如空調箱)以二通閥控制流量，二通閥之開啟度依空調空間內的溫度而定，當閥關小時，水流阻力大水壓上升，控制系統會使二次泵降速減少送水量，如此達到最佳之節能效果。

C.當二次側之冰水需求量減少時，多餘之冰水經共同管流回主機，當流經共同管之水量變多時，一次側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量，同時減少一次側之水循環量。反之當二次側之水量過大時，二次側有一部份回水經共同管流到二次側供應端，如此會提高供應冰水之溫度，空調主機的進出冰水也會提高，自動控制系增加啟動空調主機運轉台數，補充冷氣能力之不足。

以上之變水量(VWV)系統，流量與泵轉速成正比，有節約近一半冰水搬運耗能之潛力。



定流量冰水系統



變流量冰水系統

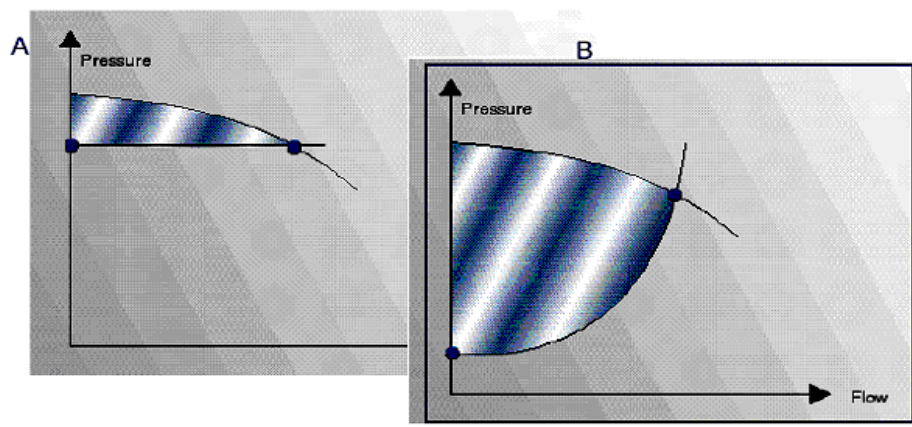
圖 7.2-17 變流量送水(VWV)與傳統定流量系統之比較

變流量系統普遍使用變頻器，變頻器之使用具有以下之優點：

- A. 最低的維護成本，變頻器只需有基本之維護。
- B. 變頻器之轉換效率高，皆可在 95% 以上。
- C. 有工程改善之便利，可附裝於現有之水泵。
- D. 可遠端遙控，控制簡便。
- E. 當維護變頻器時，可旁路控制，不影響系統基本功能。

因耗電與流量成三次方之變化，無論送水或送風不需作過大之調變，在送水量降至 50% 時耗電已降至 20% 以下。變頻器亦不宜過低負載，且低負載時小馬達效率降低，亦會有變頻器效率下降，馬達散熱不良問題。

二次側壓差之設定乃為供應足夠的冰水，確保管路末端仍能提供足夠冰水量。如將感測點設在供應端，形成定壓供水，將無法反應實際所需之水壓，造成供應之水壓過大而無法有較佳之節能成效。如將壓差控制點設在較末端之管路，在部份負載時，供應端之冰水隨負載而改變，如此達到流量改變及揚程改變而獲得泵耗功與流量之三次方成正比，如圖 7.2-18(B)，否則就會如圖 7.2-18(A) 只改變流量使泵耗功與流量成正比。



(A 供應水壓不變，節能較小，B 供應水壓隨負載改變，節能較大)

圖 7.2-18 節能為系統曲線與泵曲線間之面積(圖取自 Danfoss)

較小的空調系統，因管路較短不適用一二次側設計，由主機泵直接送水至負載端即可採用主機泵變流量(variable primary flow)設計，達到節能成效。唯空調主機之冰水流量關係到主機內之流場特性及熱傳問題，必須設定通過主機之最低流量。如圖 7.2-19 所示，其控制之要點為：

- A. 送風溫度由二通閥控制，開啟空調時，由二通閥調變開度實質達到變流量之目的。
- B. 二通閥開度之變化會造成系統 ΔP 之變化，由系統 ΔP 控制泵之轉速，當 ΔP 不足時提升泵轉速，系統供應之 ΔP 與泵轉速之二次方成正比，如此維持系統適當之 ΔP ， ΔP 可取 D 點，或替代之 B 點。
- C. 由 ΔT 控制冰水機之負載，主機依設定值提供適當之 ΔT 。
- D. 當空調負載低，盤管之二通閥開度小，使 ΔP 過大又不能將流量降太低時，此時圖 7.2-19 中之調變控制閥負起旁通之功能，使部份供水經旁通流回主機，亦可用一流量計作為控制旁通量用。
- E. 一般而言，流經主機之流量不宜降至全載之 60% 以下。

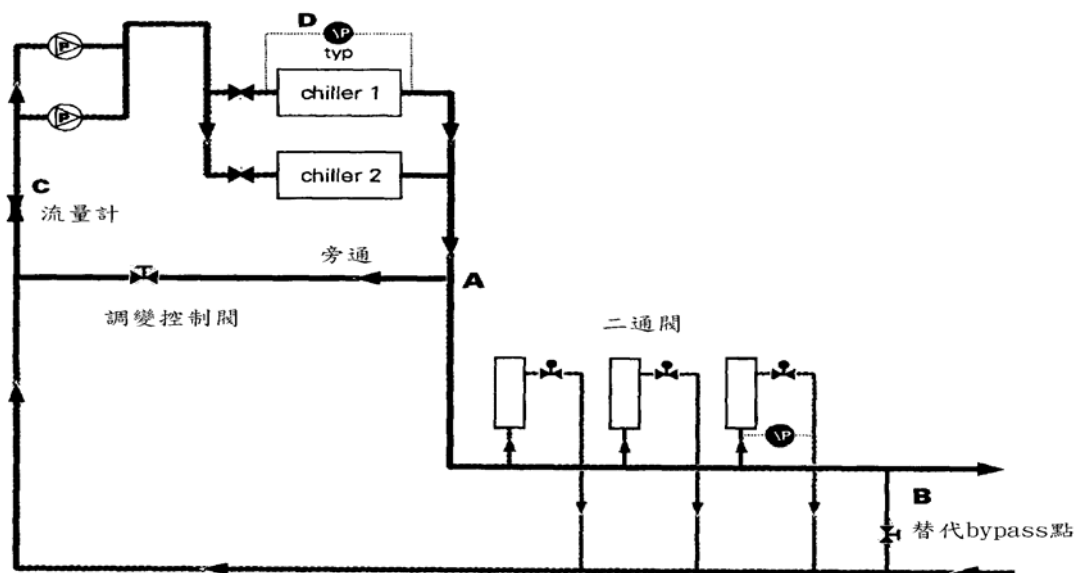


圖 7.2-19 主泵變流量系統(譯自 Trane 公司資料)

9. 空調冷卻水與冷卻水塔系統如何節能？

答：在冷卻水塔中，水被噴灑經過氣流而部份水量蒸發，水溫因此而降低，水蒸發量之主要因子為空氣之濕球溫度。除空氣之濕球溫度外，在提升冷卻水塔的運轉效率方面，需考慮以下節能要點：

- 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，使得空氣得以自由地進入冷卻水塔；排出的濕熱空氣避免形成短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)，冷卻水溫度每降低 1.0°C ，約可省電約 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. 一般冷卻水塔合理的趨近溫度(空氣濕球溫度與冷卻水塔出水溫度之差)為 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，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，同時避免因趨近溫度過低而消耗太多的風車耗電。
- F. 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 $\text{IRT}=10\text{LPM}$)，而冷卻水量則是冰水量的 13 倍(亦即 $\text{IRT}=13\text{LPM}$)，這是以 5°C 之設計溫差為準之流量。
- G. 在冷卻水塔節省能源控制方面，以多組冷卻水塔並聯運轉，如圖 7.2-20，備用水塔同時一起運轉，並由趨近溫度回餽至變頻器控制冷卻水塔風車轉速，如圖 7.2-21。

圖 7.2-22 為一典型之冷卻水塔變風量設計，以多組冷卻水塔並聯運轉，並由趨近溫度回餽至變頻器控制冷卻水塔風車轉速，風車耗電量也會隨風量減少，如圖 7.2-21，達到節能之目的。本圖取自美國

冷凍空調學會 ASHRAE 90.1 標準之說明書。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呈正比關係，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风量可以減少。因此根據風車定律每一水塔的风車耗電量也會隨風量的三次方減少，達到節能之目的。

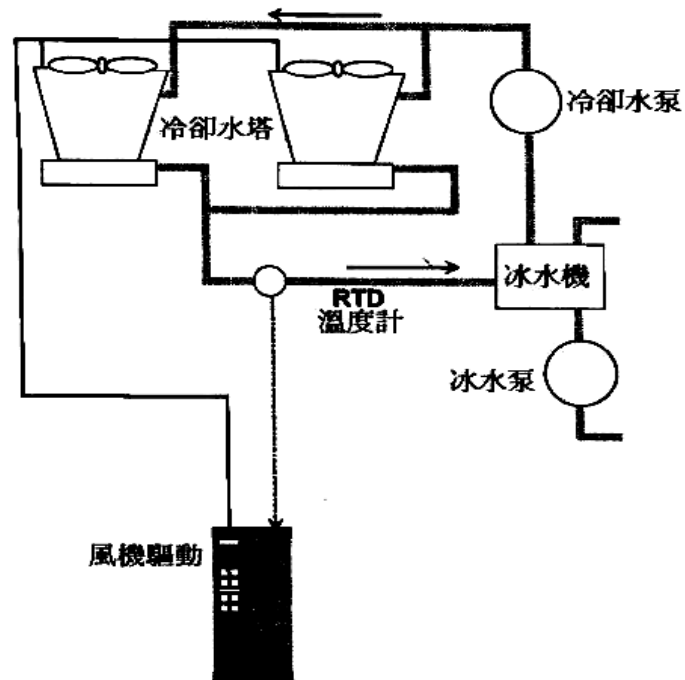


圖 7.2-20 冷卻水系統之變流量設計

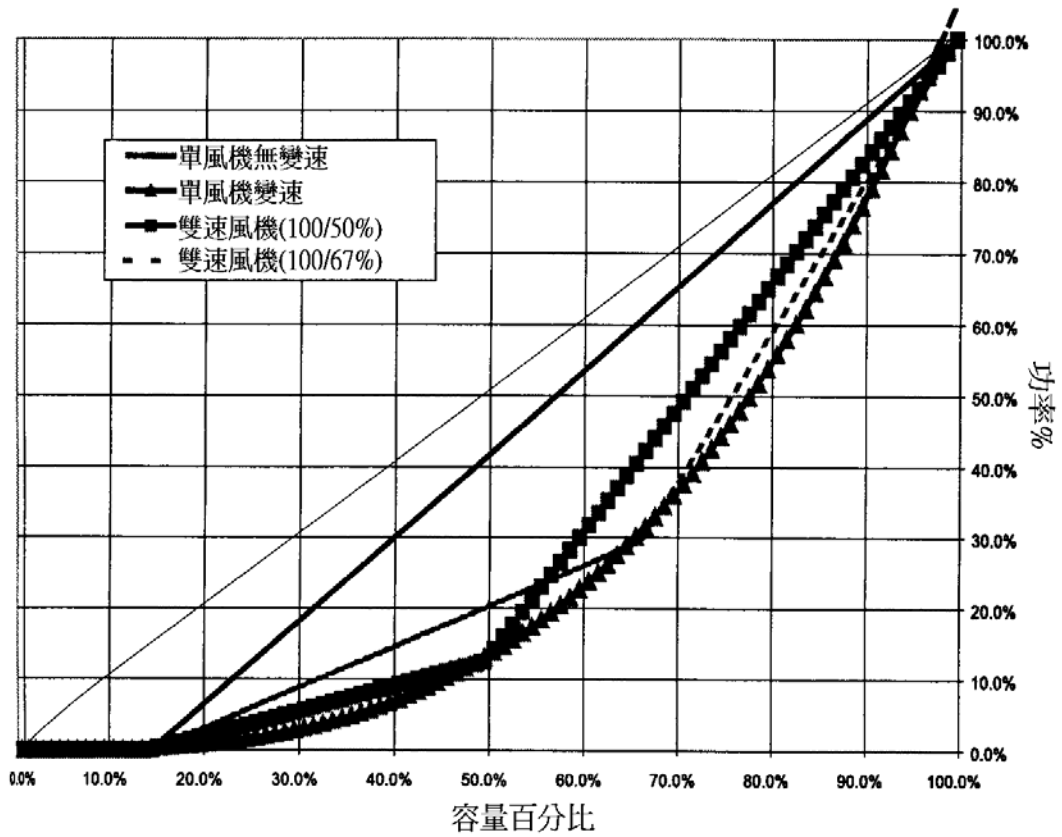
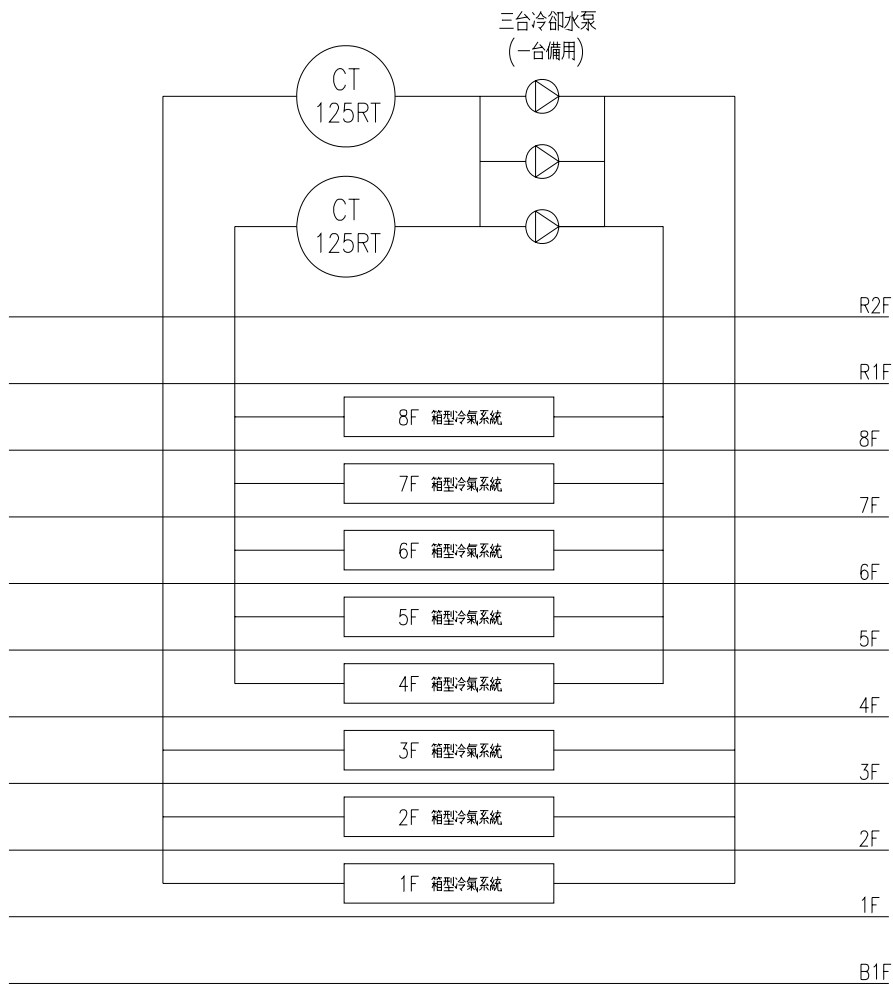


圖 7.2-21 冷卻水塔風機控制節能

當一冷卻水塔用於多台箱型冷氣機時，部份箱型冷氣機沒啟用時，冷卻水塔處於部份負載，全流量運轉將會浪費能源。如圖 7.2-22 之實例，冷卻水只流入啟動之箱型冷氣，如此只需在每層樓管路維持足夠之水壓，而冷卻水泵可變轉速因應不同負載節約能源。



備註：箱型機在1~3F系統約有17台，而在4~7F系統約有14台。

圖 7.2-22 冷卻水塔用於多台箱型冷氣機

為避免冷卻水塔排出的濕熱空氣形成再循環而被抽回進風口，冷卻水塔的座落位置應注意以下幾點，以圖 7.2-23(a)~圖 7.2-25(c)說明之，圖取自 Energy Efficiency Manual 【26】。

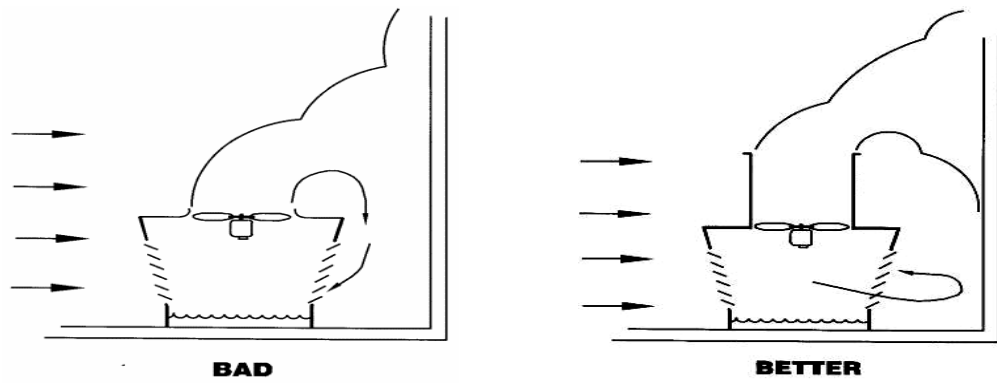


圖 7.2-23(a) 提高排熱氣高度減少氣流短路

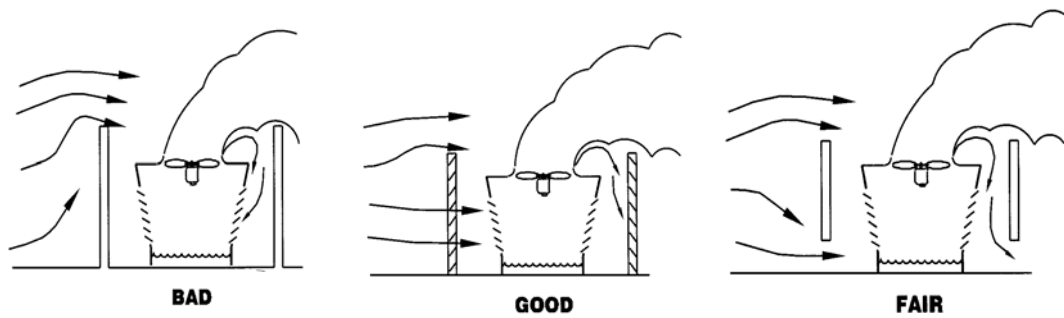


圖 7.2-24(b) 避免進氣受阻

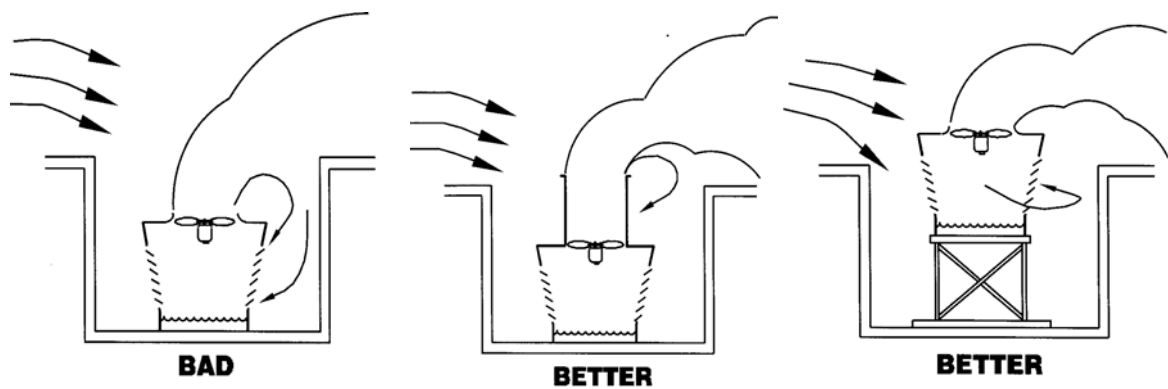


圖 7.2-25(c) 必要時墊高冷卻水塔，但要注意地震與颱風的影響

10. 空調外氣冷房如何節能？

答：購物中心有較大內週區，內週區受到內部熱負荷影響較大，故在換季或冬季時，雖然外週區受到外氣溫度影響而不需提供冷氣，但內週區可能還需要供應冷氣。當建築之內週區有熱負荷時，可引入較冷之外氣提供空調，減少或取代空調主機之負載，如此節省空調主機之耗能，其可行性分析如下：

- A. 參考前圖 7.2-5 濕空氣線圖所示。
- B. 設室內空氣為 22°C 60%，其熱焓約為 48kJ/kg。
- C. 設室外空氣為 16°C 70%，其熱焓約為 38kJ/kg。
- D. 室內外之焓差約為 10kJ/kg。
- E. 送風量為 1000cmh。
- F. 可提供之冷氣量為 $1000 \times 1.2 \times 10 = 12000 \text{ kJ/hr} = 3.3 \text{ kW}$ 。

圖 7.2-26 顯示台灣不同都會區外氣冷房之應用潛力，以早上 8:00 至下午 5:00 計，台北共有超過 700 小時外氣溫度在 21°C 以下，台中則約有 500 小時，代表台北與台中有外氣冷房節能之應用潛力。

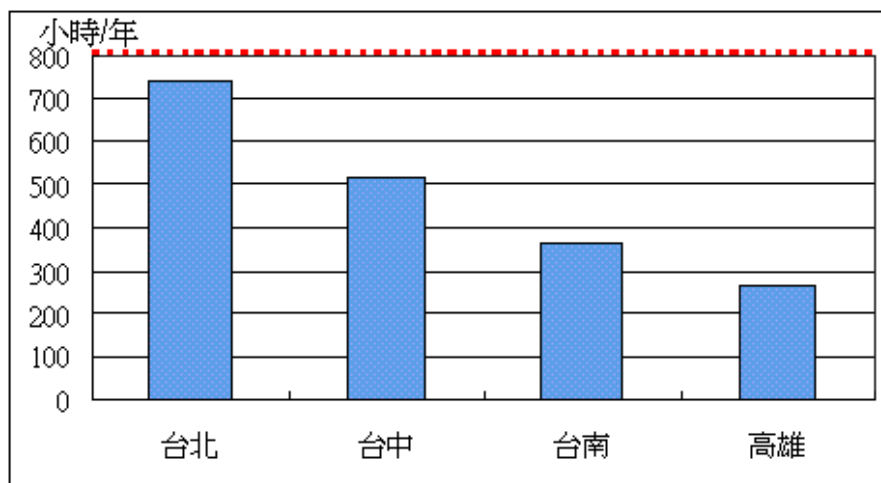


圖 7.2-26 8am~5pm 外氣乾球溫度在 13°C 與 21°C 之間之年時數統計

圖 7.2-27 外氣冷房之節能控制，當外氣較室內冷時，引入外氣量與節能外氣風門開度成正比，開度大則冷卻量大，同時回風風門配合關閉，使回風排出，如前圖 7.2-12 所示。當純引入外氣不足因應空調負荷時，冰水閥開啟，隨開度增加冷卻能力。

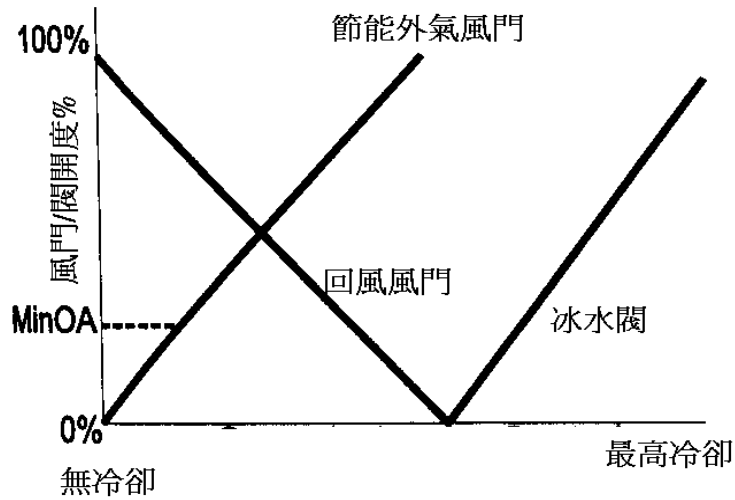


圖 7.2-27 外氣冷房之節能控制

11. 空調外氣量如何節能控制？

答：外氣是維持健康環境之必要，表 7.2-3 是建築技術規則 102 條通風換氣量之規定，表 7.2-4 是參考美國 ASHRAE 標準 62【27】及加州建築節能標準之建議外氣量。

表 7.2-3 建築技術規則 102 條通風換氣量之要求

房間用途		樓地板面積每平方公尺所需通風量(立方公尺/小時)	
臥室、起居室、私人辦公室等容納人數不多者。		8	8
辦公室、會客室		10	10
工友室、警衛室、收發室、詢問室。		12	12
會議室、候車室、候診室等容納人數較多者。		15	15
展覽陳列室、理髮美容院。		12	12
百貨商場、舞蹈、棋室、球戲等康樂活動室、灰塵較少之工作室、印刷工場、打包工場。		15	15
吸煙室、學校及其他指定人數使用之餐廳。		20	20
營業用餐廳、酒吧、咖啡館。		25	25
戲院、電影院、演藝場、集會堂之觀眾席。		75	75
廚房	營業用	60	60
	非營業用	35	35
配膳室	營業用	25	25
	非營業用	15	15
衣帽間、更衣室、盥洗室、樓地板面積大於 15 平方公尺之發電或配電室		—	10
茶水間		—	15
住宅內浴室或廁所、照相暗室、電影放映機室		—	20
公共浴室或廁所，可能散發毒氣或可燃氣體之作業工場		—	30
蓄電池間		—	35
汽車庫		—	25

表 7.2-4 空調最小外氣量

空間用途類別	單位樓地板面積之 外氣送風量, m ³ /hr/m ²
通道、走廊	0.9
辦公室、會客室	2.3
百貨商場	3.6
戲院、電影院、演藝場	7.3
理髮美容院	7.3
教室	9.2
舞蹈、棋室、球戲等康樂活動室	9.2
營業用餐廳	10
集會場所	19
旅館房間	54 m ³ /hr/房間

註：引入外氣之最小量以每人 30m³/h 計算，或依上表空間用途所列單位面積之需求外氣量計算。

一般在尖峰負載時，外氣空調負荷可佔總空調負荷達 30%，表 7.2-5 為購物中心不同 CO₂ 濃度設定對空調與建築耗能比較表，以 CO₂ 濃度控制在 1,000 ppm 為基準，600 ppm 約比 1,000 ppm 高出 20% 以上，可見外氣量之控制影響耗能甚鉅。

以室內 CO₂ 濃度為指標，是控制外氣量較佳之方法，兼顧室內空氣品質與節約能源。在人數少時減少外氣量，如商場在星期一至星期五上班時間人數不多，此時應減少外氣送風量以節約能源。

表 7.2-5 購物中心不同 CO₂ 濃度設定對空調與建築耗能比較表

地區 \ 項目	空調耗電量 (kWh)	相差百分比 (%)	年總耗電量 (kWh)	相差百分比 (%)
台北 1000PPM	4715384	-	9707751	-
台北 800PPM	5308383	11.17	10405397	7.18
台北 600PPM	6732648	29.96	12080998	24.44
台中 1000PPM	4688793	-	9676466	-
台中 800PPM	5281543	11.22	10373819	7.21
台中 600PPM	6772411	30.76	12127780	25.33
高雄 1000PPM	5179165	-	10253375	-
高雄 800PPM	5864589	11.67	11059756	7.86
高雄 600PPM	7246847	28.53	12685945	23.72

為了調節外氣量以節約能源，目前已漸用 CO₂ 濃度計於空調回風處，以之濃度來控制外氣量，如 CO₂ 濃度高時將空調箱之外氣風門開大，反之則將外氣風門開度關小。利用 CO₂ 濃度做通風控制的一種運轉策略，亦可用於區域之通風控制，依 CO₂ 濃度控制各區域之外氣量，如此可因應各空間需求，如會議室人員多時辦公區人員應會減少，如此整體系統不會有超越設計之外氣風量。下列為 CO₂ 濃度控制之應用要點：

- A.基本上外氣風量應可降低潛在污染源直接影響人員區域，一般而言，外氣量約佔空調送風量的 10~20%，基本上應有足夠稀釋污染之外氣風量，以維持空間內之健康環境。
- B.外氣 CO₂ 濃度約為 400 ppm，外氣風口不應鄰近燃氣等之排氣口，維持較低之 CO₂ 濃度就需較大之外氣量，如 CO₂ 濃度調節範圍在 600~800 ppm，每人就約需 20 cfm(10L/s)之外氣量。
- C.對於挑高空間或大空間，如人員未到及空調未開啟時，先以通風淨化空氣，不但使得人員進入建築物之初就享有新鮮外氣的環境，因大空間之稀釋作用，人員進入後 CO₂ 濃度不會在短時間快速升

高。

D.CO₂感測器如置於室內，擺設位置不能直接受到人員呼吸所影響，以免受到呼氣影響測量值。

E.如可分別控制區域之外氣量，CO₂感測器可分別置於每個主要人員區域，當感測到超過設定的濃度值時，調整外氣風門以增加送風之外氣比例來達到換氣需求，一般空調設計較少有各別區域外氣量之控制，本項可作為設計參考。

12.空調排風如何熱回收節能？

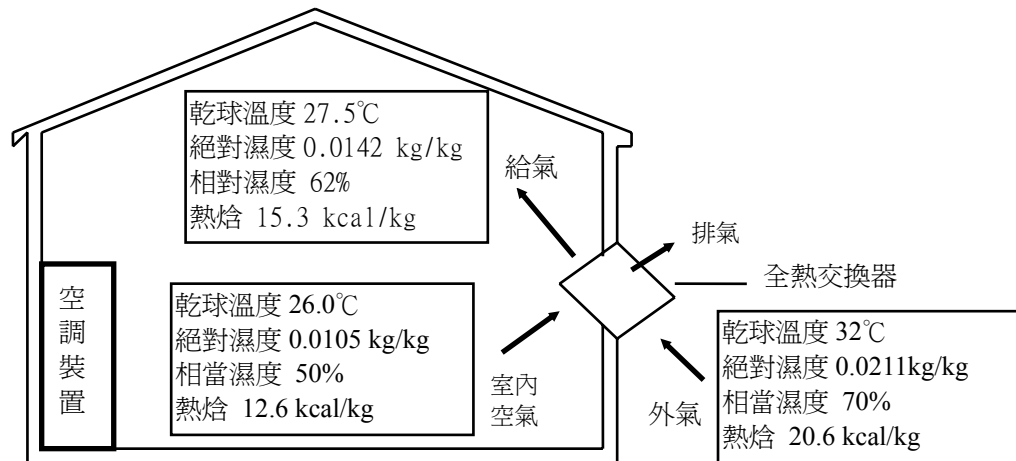
答：室內空調排風之焓值一般比外氣低，若能將排氣與外氣作焓之交換，就可將外氣預冷除濕至趨近室內溫濕度，此焓之交換即是全熱交換。表 7.2-6 為幾種溫濕度之焓值，可見室內外空氣之焓值差異甚大，故全熱交換有顯著之節能效果，可節省 60%以上之外氣負荷。

表 7.2-6 全熱交換空氣之焓值計算

季節	狀態及位置	乾球溫度 (°C)	相對溼度 (%)	焓值 kJ/kg(dry air)
冬季	室外	0.0	50.0	4.7
	室內	20.0	40.0	34.8
	給氣(換氣扇)	0.0	50	4.7
	給氣(全熱交換器)	14.6	39.3	24.9
夏季	室外	33.0	63.0	84.6
	室內	26.0	50.0	52.9
	給氣(換氣扇)	33.0	63.0	84.6
	給氣(全熱交換器)	27.9	61.3	64.9

外氣熱回收之例子如圖 7.2-28 所示，當室內 26°C 50%RH 時，熱焓為 12.6 kcal/kg，若室外為 32°C 70% RH 時，其熱焓為 20.6 kcal/kg，室內外空氣有很大之焓差。在引入新鮮空氣與排氣時，使兩股氣流作熱(或焓)交換，可節約大部份的外氣空調負荷，在 70%之全

交換效率下，可使外氣進入室內前之焓值自 20.6 降至 15.3 kcal/kg，節約 70% 之外氣耗能。



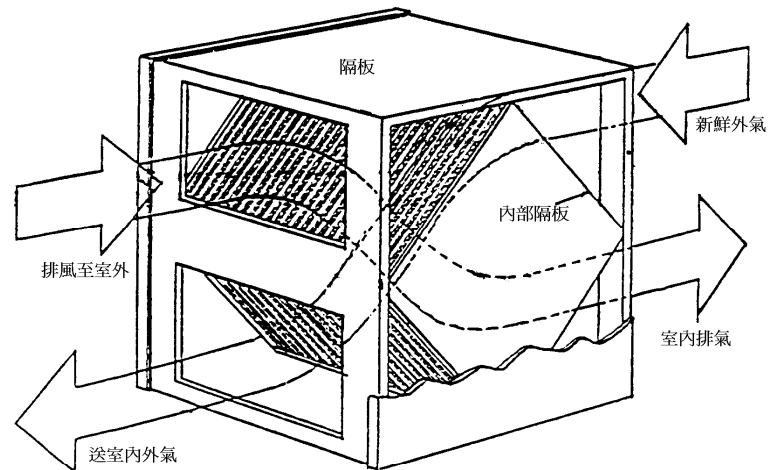
交叉流式全熱交換器之應用

圖 7.2-28 用一個全熱交換器降低外氣進入室內前之焓值

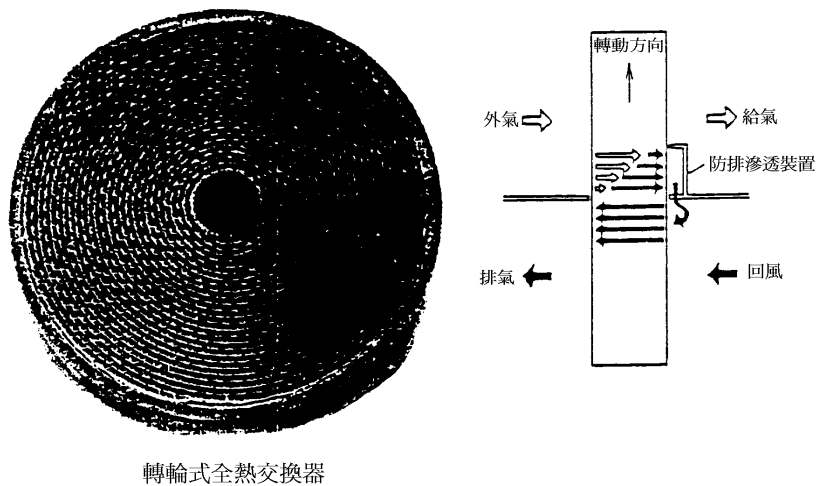
所謂全熱即是以熱焓計算之熱值，或為顯熱(溫度變化)與潛熱(濕度變化)之總和。全熱交換器會將濕空氣中的水蒸汽吸收，若流經之空氣為較乾空氣，全熱交換器內表面之蒸汽壓比乾空氣高時，則水份會蒸發進入比較乾之空氣，隨乾空氣流出。全熱交換器基本上有兩種，如圖 7.2-29，一為靜態之交叉流式，另一為轉輪式，操作原理及應用可簡述如下：

- A. 靜態交叉流式之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，其之熱量與濕氣有一部份被吸收在轉輪

裡。較低溫及低濕之排氣流經另一側，將熱量與濕汽自轉輪帶走，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。



靜態交叉流式全熱交換器



轉輪式全熱交換器

圖 7.2-29 兩種全熱交換器，靜態交叉流式與轉輪式

7.3 空調系統節能設計成效

1. 冷凍空調設備能源效率如何提高？

答：經濟部能源局已訂定多種空調機之能源效率標準，包括冰水主機、箱型空調機、氣冷式空調機及小型空調機(如窗型與分離式空調機)。為達到節能之目的，除單一設備效率提升外，尚需以系統觀念來提升空調設備效率，如下：

- (1)對於中央空調，以系統效率計算之，空調系統之耗電量應包括冰水主機、水泵、風機、冷卻水塔及其他附屬配備，可計算得系統COP，定義如下：

$$\text{系統COP} = \frac{\text{空調系統冷卻量}}{\text{主機加所有附屬設備耗電}}$$

只有以此方法計算系統性能係數，方能確保空調系統之設計效率。

- (2)適當之空調主機容量與台數設計，空調主機設計容量宜不超過空調負荷計算結果之最高負荷值，然而可利用台數控制之理念，將空調主機設置二台以上，且實施群體控制或部分負載效率控制，二台以上之主機總裝置容量不宜超過空調負荷計算結果之最高負荷值之百分之130%。例如，100RT之系統可採用50RT加80RT兩台主機，依空調負荷需求作台數控制，空調機之效率經常最高值發生在80%左右，在尖峰時兩台主機操作在80%，可獲得最高運轉效率。
- (3)購物中心之空調負載，因每日及季節有尖離峰之負荷差異，台數控制會有甚大之節能成效。
- (4)空調主機盡量採用雙壓縮機設計，其一為當一台壓縮機損壞(不影響系統運轉時)，尚有一台壓縮機可供應空調，且在離峰時因只驅動一台壓縮機，實質改變冷媒流量，致使系統效率更為提升。
- (5)動態系統效率之控制，配合變風量變水量及溫度控制等技術，致使系統維持在高效率動態運轉。

2. 空調區劃與控制如何節能？

答：購物中心多採用空調箱系統，以每一個空調箱作為一個空調供應系統，則每一空調箱不應供應過大的面積，區域面積較大時，應區劃為一個以上之空調區域，建議每一個空調區域之樓地板面積應不大於 2,000 平方公尺 (m^2)，如此有利於分區之管理。

購物中心各區域之營業時間會有所不同，區域空調供應管理為必要之節能措施，可因應各區域營業時間設定空調開啟時間為達到區域空調節能管理成效，每一個空調區域應設有溫控、自動關閉、控制送風量、新鮮空氣和排氣之控制裝置。若採大區域空調區劃設計，應設有變頻器控制空調箱之送風量，各小區域送風量設風門控制，使其空調容量可隨各小區域負載變化調整控制，達到節能之目的。

除了每一空調空間應設置溫度感測器進行溫度自動控制之外，空調系統應設有離峰自動控制功能之設備，如人員感測控制器，使用時程控制器或手動定時控制器等，在離峰時段自動停機。目前購物中心多設有室內人數之即時計數，外氣量及空調容量亦可依室內人數調整外氣量或空調容量，達到無浪費的目的。

3. 密閉停車空間排氣系統如何控制節能？

答：目前多數購物中心設有密閉停車空間，其排氣系統用電量甚大，應設置可依停車場使用密度或一氧化碳濃度而自動控制排氣風機起停或轉速之控制器，也可依車輛數或車輛進出頻率作為排氣量控制之依據。購物中心地下停車場面積可大至數千平方米，地下停車場一般設計在單位面積(m^2)約 $30 m^3$ 之通風量，以 $2000 m^2$ 面積之停車場計，送風量可達 $60,000 m^3/hr$ ，風機之耗電可達 20 kW，節能控制之重要性可見一般。

4.能源管理—電氣電子至網路節能成效？

答：能源管理是在使用端對各項能源應用的管理，眾人皆想要不浪費，不浪費需來自使用者的管理。

在現今社會，眾人每日皆有繁忙不完的事，不可能皆將能源管理當作每天重要注意事項。再者，耗能設備可能遍佈建築內，無法以巡視方法管理，適時開關調整各項設備。例如少數職員加班時，空調照明的管理就更為重要。

以我國資訊工業在世上領導之優勢，應發展網路遠端管理系統，在任何一台電腦上，即可作到不需要時關閉燈或冷氣，適當溫度控制，當外氣較冷時引入外氣當冷氣等。智慧控制已非電影情節，當今已是低價商品，全民參與用智慧控制，節能有望。用兩條腿巡視燈或冷氣有無浪費時代應已過去，能源使用行為，可以從一台電腦上改變。何不立即為之呢？如圖 7.3-1 及圖 7.3-2 空調系統監控系統控制元件及系統圖所示。

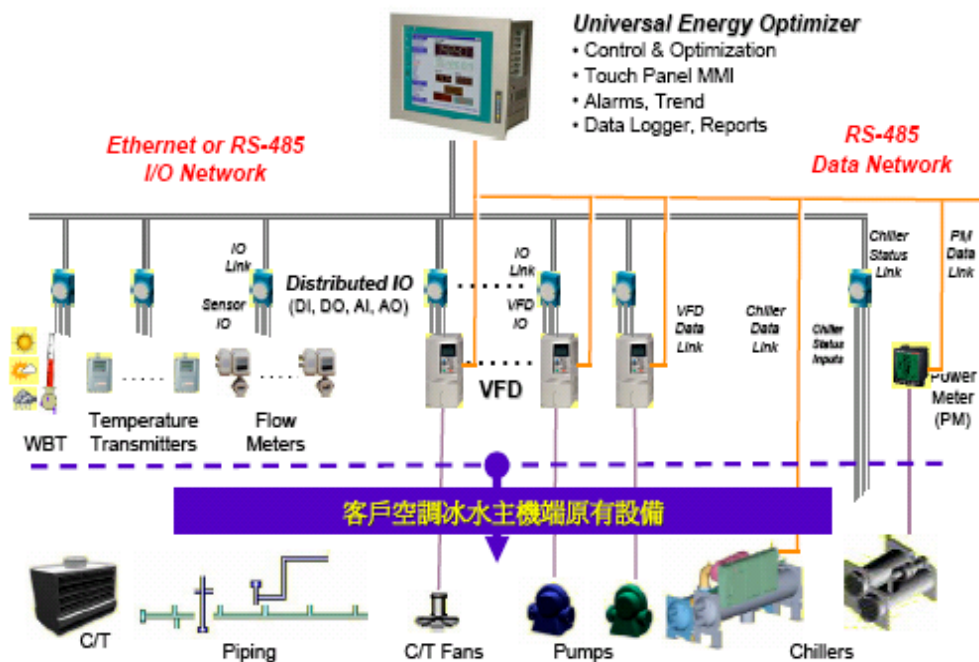
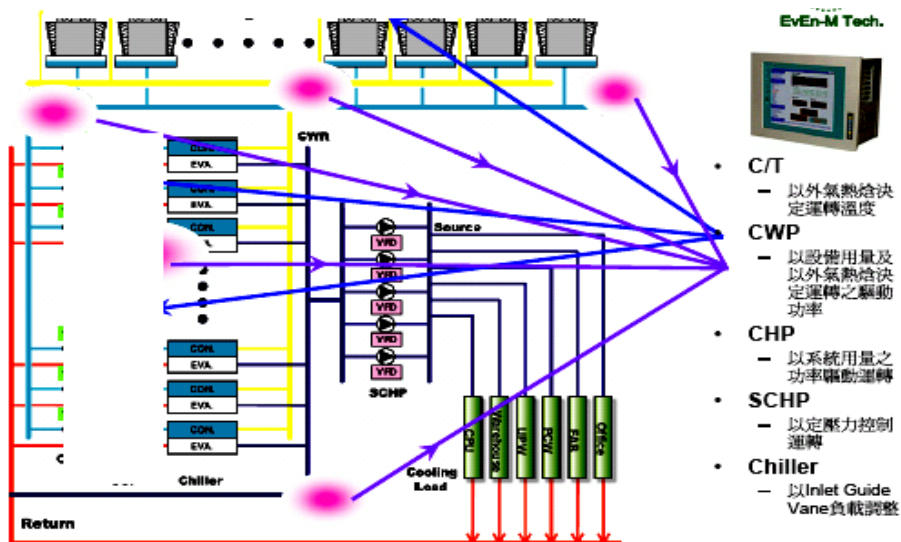


圖 7.3-1 空調系統監控系統控制元件 (例)



最佳化空調冰水系統可節省 8~15% 空調電費

圖 7.3-2 空調系統監控系統圖(例)

7.4 空調系統完工確認及管理維修

1. 空調系統完工性能確認管理流程如何？

答：提高空調系統運轉性能是節能的必要條件，以上說明在設計與運轉管理階段之節能要點，然而新建築空調系統完工後的性能確認，對於空調節能而言，不可或缺，我國空調系統性能確認之相關規範，如下表 7.4-1。

表 7.4-1 國內現行空調工程管理流程表

階段 內容	設計階段 (基本計劃及 細部設計)	施工階段 (施工計劃、 監造管理)	竣工驗收階段 (試車、性能驗證)	營運使用階段 (系統維修、 能源查核)
工程會 (設計發包 施工)	規劃設計、備標、招標，均有詳細規定(公共工程施工網要規範，工程施工查核作業參考基準)	履約階段(設計圖及個案特別規範、監造計畫與品質計畫，資料與設計階段相同)	完工驗收(依據監造資料，使用單位配合驗收)	施工單位保固 由使用單位接管 (操作保養)
營建署/縣 市政府 (建管單位) (建照、使照 申請)	建造執照(變更設計) 雜項執照(變更設計) 變更使照許可	監造人施工勘驗檢查報告表 勘驗審查表(建築) 施工網要(一般規定) 建築工程勘驗申報書	使用執照申請 使用雜項執照申請 建築物工程勘驗申請 竣工查驗簽證報告表	室內整修申請與 審查竣工查驗
營建署/縣 市 (綠建築標 章)	建築技術規則 (綠建築標章) 綠建築候選證書		綠建築標章	

空調系統完工之性能確認重點在於竣工驗收作業，除各單項設備(主機、空調箱等)達到性能標準外，尤其是空調系統之測試調整平衡(TAB)，為量測調整平衡所有系統之功能是否適合實際需求狀況，例如空調風側之風量，其風量是否依據負荷的需求而分佈、風量是

否達到設計值的需求，當採用節能之 VAV(變風量系統)時，風量是否依據負荷之變動做風量之變化，以達到節能的目標，避免過冷或不冷之現象發生。

TAB 之要點如下：

- (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，使送風量及送水量與設計值之差異低於 10%或另有之約定值，或依相關標準進行測試平衡。
- (2)空氣系統的平衡時，首先需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以外(例如，校準過的 VAV 終端箱)，其餘風門逐步關閉以調整平衡送風量。動力大於 0.75kW 的風扇，其速度須被調整至設計的流量。
- (3)水系統的平衡時首先需打開節流閥使其損失減到最少，然後修整泵葉輪或調整泵速度至設計的流量。每個水系統應具有測量泵進出口壓力的功能或者在每個泵的每側皆留有測試口。
- (4)需進行空調控制系統之測試，以確保控制元件已被校正及調整至適當的工作狀態。其設計者需在計畫書和規範中詳載空調系統之測試、平衡與調整之驗收方法。

2.空調系統良好之管理維修應注意事項？

答：空調系統經過性能確認後，開始營運使用，中央空調與空調儲冰系統皆需有良好之管理維護，以使系統處於高效率之運轉，除一般維修外，以下有幾點需特別注意：

- (1)水冷式冷凝器銅管易受水質不佳，產生結垢而影響熱傳，熱傳性能不佳，會同時降低設備容量及能效效率。
- (2)冷卻水塔散熱性能與定期清洗及水處理有關。
- (3)無論是室溫、冷卻水或冰水溫度皆為診斷系統狀態與效率之重要指標，需定期校正溫度感測器，以確保監測數據之正確性。

第八章、空調節約能源之常問與答

在節能服務能源用戶常問之空調節能問題及整理回答如下：

8.1 建築設計與空調耗能

1. 建築結構與空調負荷有何關係？

答：厚實之建築不但隔熱性能好，且可將尖峰時段之受熱儲存，尖峰空調負荷會較小。

2. 建築外殼設計有何省能的方法？

答：有下列省能之原則：

- (1) 開窗率高(或玻璃帷幕)之牆面應為南北向，以減少輻射熱照入室內。
- (2) 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) 窗戶用雙層玻璃，其中間之空氣為隔熱層，會減少熱之侵入。
- (4) 太陽輻射熱中有約 40%在紅外線區域，玻璃材上塗佈或貼上隔熱材，濾掉紅外線部份輻射熱，可降低大量輻射熱。

3. 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：

- (1) 陽光直設照入室內，太陽之輻射熱會造成空調負荷增加。
- (2) 玻璃無儲熱能量，隔熱性能差，增加空調負荷。
- (3) 溫度升高的玻璃，或外部溫度高之表面，均會造成輻射熱效應，使室內之等效溫度(包括輻射熱)比實際室溫高，需將溫度調降方能達到舒適的環境。

4. 屋頂受太陽輻射最大，經常造成頂樓很熱，有何解決方法？

答：可在屋頂樓板下加保溫阻隔部分熱傳，再者，於炎熱天時在屋頂灑

水，藉蒸發散熱降低溫度。

5. 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，當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。

6. 建築外週區空調負荷受外氣影響較大，所謂外週區離建築外殼之距離為多少？

答：外週區一般係指離建築外殼 5m 內之空間，屋頂自然是外週區。

7. 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，日正中時後還是會有直接之日射，既使有排氣，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，或可用間接之採光，使陽光經反射板後方進入中庭。

8. 如何減少冷氣外洩？

答：夏季時室內溫度較低，室內空氣密度較室外高而較重，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：

- (1) 旋轉門為防止冷氣外洩之好方法，但較無法因應購物中心之人潮。
- (2) 空氣簾(Air Curtain)為減少冷氣外洩可考慮之方法。
- (3) 橫向之自動門可減少冷氣外洩，雙層之橫向自動門(緩衝區效應)更能阻止冷氣外洩，又較能抗風壓。
- (4) 倉儲區以自動門或膠布簾隔離外氣。

8.2 空調負荷

1.冷房溫度之設定與耗能有何關係？

答：室內溫度每高 1°C 之冷房溫度設定約有 6% 之省能效果。室內溫度提高一度會降低室內外溫差及減少外氣熱負荷，尤其在人少負荷低時，更應控制空調溫度，減少送風量，避免室內溫度過冷以節約能源。

2.能否將室內溫度設定提昇又能達到舒適的條件？

答：夏季舒適條件係指人體內新陳代謝散熱得宜，若有微風吹到身上，如 0.4m/s 之微風，就可將溫度提昇 2.0°C，而達到相同之舒適度，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。

3.如何精確的溫度控制？

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，經常調校，就會有精確溫控之效果。

8.3 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：目前市售之螺旋式或離心式空調主機，都有控制或調整冷卻能力之功能，但在不同負載比例（如 100RT 主機用於 80RT 時），其 EER 或 COP 值會有所不同，一般而言，在 80% 至 95% 負載之間其性能較佳，應依原廠提供之操作性能資料查得最省能之操作範圍。

2.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，但如上述在空調主機在低度負荷時會有較比例高之電力負載，故美國已漸用部份負載積分值(IPLV)方法，較能反應實際運轉之耗能。

$IPLV=0.01A+0.42B+0.45C+0.12D$ ，A,B,C,D 分別為主機在 100%、75%、50%、25%容量下之 EER 值。

3. 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，一般上設備廠以 7°C 之冰水作為設計規格，空調設計之送風露點溫度多在 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，換季或空調負載低時也可將冰水溫度調高，每升高 1°C 可減少 2% 以上之主機耗能。

4. 進入空調機之冷卻水溫度越高，對空調機效率影響如何？

答：冷卻水塔散熱性能會影響空調主機效率，如冷卻水塔提供冷卻水溫度較高，會使空調主機之冷凝溫度升高，降低空調機效率。

5. 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，會有兩方面之好處，當其中一台主機發生故障時，不致會使到整個空調系統失效。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 400 RT 之主機取代一台 1200 RT 之主機，在 300 RT 負荷時啟動一台 400 RT 主機，使其在 75% 負載高效率下運轉。

8.4 泵耗能

1. 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。

2. 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 8.4-1 所示【30】，高效率之操作區多在泵曲線之中間偏右區，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。一個較大型購物中心，空調泵之電力負載可達 300 hp 以上，故有相當之節能潛力。

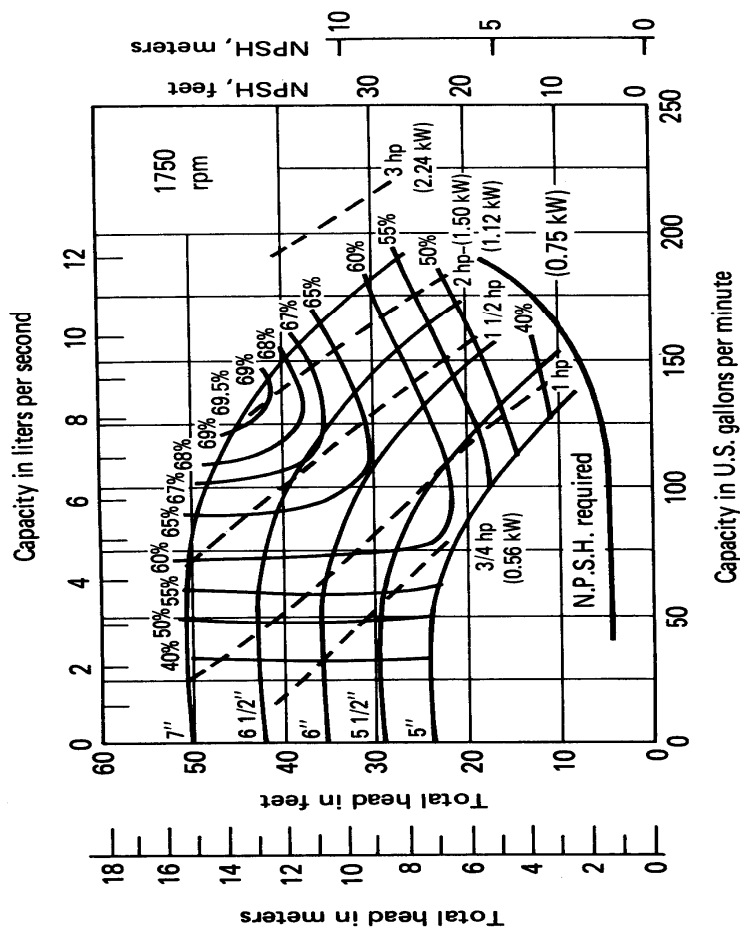


圖 8.4-1 泵之典型性能曲線圖，如用 7 吋葉片，在 8.0 L/s 流量時有較高之效率

3. 如為高層建築，送水至高樓層是否會很耗能？

答：冰水系統為密閉式循環，泵只需克服管路之壓損，應避免過多之彎管及不必要之閥件。

4.可否適當減少送冰水量以節約泵之耗能？

答：一般冰水之送回水溫差為 5°C，若能將溫差提昇至 10°C，就能減少送水量，減少泵之耗能。

5.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，用電約可降低至 100%一半左右，故可減少大量之耗能。

6.變頻器之應用為何有節能之效果？

答：變頻器用於改變驅動馬達頻率與轉速，因應不同空調負荷而改變流量，使流量與空調需求有較佳匹配，如上所述耗電與轉速之三次方成正比，如此不但使空調環境更為舒適，非尖峰時也可節約大量空調耗電。

7.變流量系統之壓差控制是否主要穩定流量，無關節能？

答：壓差控制確保管內有足夠送水量，水量需求少時，供應端可在降低供水壓力，並維持負載端之壓差，才有泵耗能與流量三次方成正比之節能效果。

8.空調選用變頻水泵需考慮之原則與條件為何？

答：選用變頻水泵需考慮之原則與條件如下：

- (1).決定水泵使用環境條件
- (2).計算水泵所需水流率、水泵入口壓力、水泵吐出壓力，並考慮其可能變動範圍。
- (3)水泵機殼可耐受之最大差力。
- (4).關於特殊之啟動、停止及其他可能之運轉條件。
- (5).包含密度、溫度等流體之規格。
- (6).水泵之構造材料。
- (7).系統設計描述，例如：單機、併聯運轉或串連運轉。

在以上所述條件的前提下，可能會有很多水泵型號符合需求，因此有時仍必須考量其他因素，方有最終之決定。例如，選用較高轉速之水泵，通常初置費用較低；而選用較低轉速水泵，維修費較低。因此，必要時，設計者必須考慮更為詳細之成本效益與使用性。

9.變風量系統之應用設計者應考慮那些要素？

答：大多數的場合，在非人員活動期間可允許調降最低供風流率及最小外氣流率。這樣的調降措施，可適用於任何長時間非人員活動且具正負壓氣密控制的醫護空間，利用 VAV 變風量空調系統之設計可達成此目的，並且具有可觀之節能成效。對於全時間連續正負壓及氣密控制且具有在任何使用的時間均可重新建立滿載換氣率的空間，美國建築學會(AIA)及 ASHRAE 可允許在非人員活動期間降低其通風率至滿載 25%的換氣率。

舉例而言，當我們在評估一個有效的設施之 VAV 變風量空調系統時，設計者應該詳細考慮下述的要素：

- (1).空調系統提供使用空間所需的運轉時間。
- (2).最小換氣量需滿足符合空調顯熱負荷所需之供風量。
- (3).正負壓氣密控制的需要條件—正壓、負壓、平衡壓或無壓力控制。

例如，每天操作二十四小時的空間，或空間的冷房顯熱需求沒有明顯大於最小換氣率需求，則降低風量可能不會大幅度降低耗能。

然而對於以下特性之空間，採用 VAV 變風量空調系統，可明顯降低耗能：

- (1).無連續正負壓控制、或無最小換氣需求
- (2).空間具有明顯之非人員活動期間
- (3).空間的冷房顯熱需求明顯大於最小換氣率需求

10.變頻器日常維護與點檢項目那些？

答：為防止因為溫度、油霧、塵埃、震動及濕氣等環境因素，導致零件老化所引發的故障與安全問題，使用變頻器時，應確實實施「日常檢查」與「定期檢查」；只有合格的電機專業人員才可以實施安裝、配線、拆卸及保養。

(1).日常檢查項目：

- A.安裝的週遭環境是否異常（變頻器周圍溫度、溼度、塵埃密度等）。
- B.電源電壓是否正常。
- C.配線是否牢固。
- D.冷卻系統是否異常（運轉時風扇是否有異常聲音）。
- E.指示燈是否異常（控制板、操作器、操作器監視幕的LED，是否正常）。
- F.是否如預期般的運轉。
- G.電動機運轉時是否有異常震動、異常聲音、異味發生。
- H.電路板上的濾波電容是否有液漏現象。

(2).定期檢查(停機檢查)項目：

- A.檢查連接器、連接線是否異常（檢查電源板與控制板之間連接線是否牢固、是否損壞）。
- B.確實清掃變頻器本體上的灰塵與異物。
- C.檢測絕緣電阻。
- D.冷卻系統是否異常(連接線是否牢固、請確實清掃空氣過濾器、風道)。
- E.檢查固定裝置是否牢固，螺絲是否固定鎖緊。
- F.檢查外部導線與端子台是否有破損。

(3).部品(零件)的定期更換：

變頻器安裝配線環境規定例，如表 8.4-1 所示，為了維持良好的操作狀態，變頻器部品(零件)必須定期更換。

表 8.4-1 變頻器安裝配線環境規定例

部品名稱	標準更換年限	說明
變頻器 冷卻風扇	2 年	冷卻風扇軸承壽命，在規格值內，大約為 1~3.5 萬小時，以每日 24 小時運轉，大約是每兩年需要更新一次。
濾波電容	5 年	濾波電容屬於電解電容器，經年累月使用會有劣化的可能，其劣化程度取決於環境的狀況，一般而言大約 5 年更換一次。
繼電器類	---	如果發生接觸不良，請立即更換。

8.5 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，尤其是用變頻控制馬達轉速，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。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，來作風機選用之因素之一。

8.6 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：每當外氣焓值大於室內回風焓值 6kJ/kg 以上時，即可以考慮使用外氣冷房，外氣焓值較高時，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 CO_2 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，在人數少時，需符合最低換氣量需求。

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，適用於有排氣風管設計之空調系統。

8.7 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儲存冷能，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：尖峰時段之空調負荷全部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，其之釋冷能力及速率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。

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.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，應將完工測試之各項性資料作記錄保存，供日後比較。儲冷量有無完全被釋出，或是釋冷速率等實際運轉性能，需比較釋冷溫度，釋冷溫度會逐漸升高到終了釋冷溫度。

8.8 操作、維護及其它

1. 空調系統若無適當之測試平衡調整，會有耗能之效果嗎？

答：無測試平衡調整下，水管與風管之流量分佈可能無法達到設計目標，造成空調負荷分配不均，設備效率下降，也會因溫控效果變差，導致整體系統耗能。

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、溫差會較大，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，用小電筒（penlight）觀察，可用尼龍刷、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，故須先予確定其之無害性。

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，夏季時 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，影響冷卻水塔效率之主因之一為水滴之均勻分佈，故除了水溫外，應常檢視冷卻水塔灑水之情況。每 1.0°C 之溫差約會影響 COP 約 3.0%。

5.冷卻水塔有何控制耗能之方法?

答：冷卻水塔之供水溫越低為佳(在空調主機廠商最低溫限制以上)，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.濾網之維護如何影響空調系統性能?

答：濾網之風阻會隨使用時間升高，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。

7.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，會大幅增加外氣負荷，可引用部份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。

8.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。

第九章、國內外冷凍冷藏節能措施

購物中心大都設有生鮮超市其冷凍冷藏設備耗電大，因此本章主要介紹國內工研院能環所對冷凍冷藏系統變頻主機、除霧、展示櫃、冷凍庫、熱回收等節能研究成果，加以推廣供用戶參考採行【31】。

1. 四門後補式展示櫃定頻改為變頻節能效果為何？

答：四門後補式展示櫃原為定頻耗電 18.0 kWh，改採 2 馬力變頻控制系統耗電降低至 14.7 kWh，省能約 20%。並且櫃溫量測較低且穩定，如圖 9-1 所示。



圖 9-1 四門後補式展示櫃採用變頻控制系統

2. 一對三高效率共用主機展示櫃節能效果為何？

答：開放展示櫃採用 3 馬力變頻控制系統，採簡易式三段之頻率(45/50/60 Hz)切換控制策略，主要設定控制方式是當展示櫃負載降溫至設定溫度以下時，則切換成低頻率運轉，以達到省能效果其結果耗電降低，省能約 20% 以上，如圖 9-2 所示。

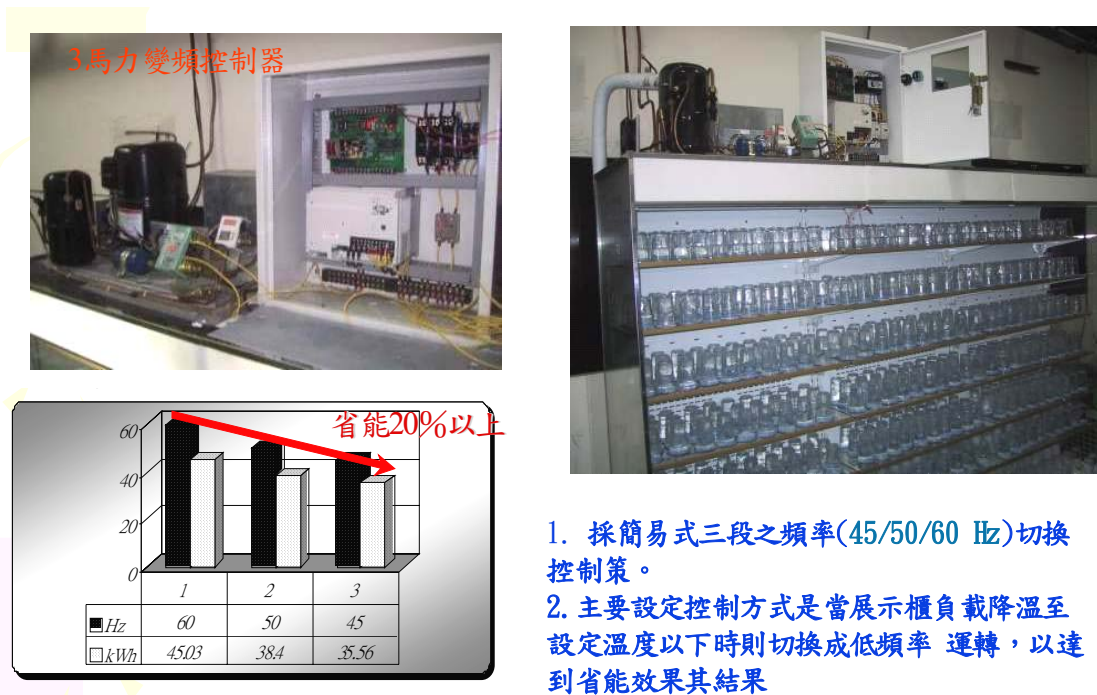


圖 9-2 一對三高效率共用主機展示櫃採用變頻控制系統

3. 開放臥式冷凍冷藏展示櫃如何節能操作？

答：舉例某量販店開放臥式冷凍冷藏展示櫃夜間商品回冷庫，設備關掉，白天也可不必除霜。目前礙於人力及處所，只用於高級、高單價之少量商品，如圖 9-3 所示。



圖 9-3 開放臥式冷凍冷藏展示櫃

4.開放式展示櫃如何節能操作？

答：開放式展示櫃加置夜間節電溫控，立櫃一般採出風口溫控，設定會比商品低 4 度，以彌補展示櫃的開放散失。當夜間夜簾拉上，開放散失減少，就會造成回風及商品溫度過低，故可加置夜間節電溫控。有些用戶採自動調溫(似冷氣的睡眠裝置) 有些採加置回風口溫控。

5.後補式冷藏飲料展示櫃除霧控制省能技術？

答：後補式冷藏飲料展示櫃，利用電容式濕度偵測器偵測玻璃門及箱體上的霧氣，將訊號送至微處理器與預先所設定的結露頻率與除霧終止頻率進行運算比較。除霧省能控制裝置開發，可節省除霧加熱器 50~70%以上之耗能。

某便利商店 93 年起導入目前已全面使用，如圖 9-4 所示，某店案例冰箱除霧原採用電熱除霧，常 ON 運轉每天耗電 17 度電。改為導入工研院合作開發冰箱門框除霧電熱節電控制器，濕度高避免結露時才通電加熱，可節電。【32】



圖 9-4 冷凍冷藏展示櫃智慧型電子防霧省電器(例)

6. 冷凍冷藏區域庫門雙廉 PVC 門簾效益如何？

答：冷凍冷藏食品區域節能建議倉庫進出門雙廉 PVC 門簾開門之換氣熱損失，占全負荷約 60%，因此裝置 PVC 門簾可減少外氣侵入，如圖 9-5 所示。



圖 9-5 冷凍冷藏食品區域倉庫門雙廉 PVC 門簾

7.商業冷凍冷藏系統具體可採用之節能技術節能效益潛力？

答：根據美國能源部之研究計畫報告顯示商業冷凍冷藏系統可採用之具體節能技術與投資回收年限，如表 9-1 所示【33】。美國之設備使用、節能效益、設備成本、人力成本與能源費用與台灣不同，故讀者可進一步參考比較。

表 9-1 商業冷凍冷藏系統之節能技術與投資回收年限

節能技術	投資回收年限 (年)
蒸發器無刷直流馬達風扇控制	0.5 - 3
ECM馬達/變頻壓縮機	2 - 5
高效率壓縮機	0.5 - 2
高效率風扇	0.1 - 1
冷凝器採用ECM馬達	0.5 - 8
浮動式高壓控制	0.3 - 3
電子式安定器	1 - 2.5
無防汗電熱器	1 - 1.5
保溫加厚	1 - 1.5
環境過冷卻	2 - 11
熱氣除霜	1.5 - 3
液氣冷媒熱交換器	4 - 14
蒸發式冷凝器	*
防汗電熱控制	2 - 6
其他製冰設備節能改善	1 - 6
蒸發器風扇起停控制	1 - 2
熱回收	2 - 5
除霜控制	3
機械過冷卻	5

8. 冷凍冷藏系統日常應遵循之節能守則？

答：商業冷凍冷藏系統日常應遵循之節能守則，包括運轉操作、維護保養、日常守則三方面，執行好壞，會影響效率、食品品質及設備壽命，如表 9-2 所示【33】。

表 9-2 商業冷凍冷藏系統日常應遵循之節能守則

00	冷凍系統
00-01	運轉操作
00-01-01	保持低溫氣流之送風與回風口之清潔，並避開產品
00-01-02	維持產品建議之最低冷凍溫度
00-01-03	確認冷凍系統冷凝器之適當通風或廢熱回收
00-01-04	將冷凍冷藏展示櫃之周圍空氣相對濕度維持在40~50%時，有最佳之冷凍效率
00-02	維護保養
00-02-01	檢查是否有異常噪音、震動，以及壓縮機或馬達校率降低之現象
00-02-02	定期清潔冷卻管排
00-02-03	更換磨損或有洩漏之氣密條
00-02-04	檢查除霜定時器與濕度感測器之運作或效率是否正常，以確保最佳運轉效能
00-02-05	定期對凝結排水盤進行清潔與消毒
00-03	日常守則
00-03-01	遵守製造商所建議之產品隔板位置及大小
00-03-02	隨時關妥垂直立式展示櫃之門扉
00-03-03	定期輪調存貨擺置位置
00-03-04	避免進貨或取貨時造成庫內冷凍冷藏食品溫度起伏變動
00-03-05	隨時停止未被利用之冷凍系統

第十章、購物中心節約能源案例

10.1 節約能源措施統計

1. 購物中心尚可採行之節能措施有那些？

答：國內購物中心共 14 家，90~97 年節約能源已訪測 12 家，結果統計，如下表 10.1-1 所示【34】，目前各購物中心在電力、照明、空調、冷凍冷藏可行之節約能源措施共 19 項，節約能源潛力約 4~17%，平均約 10%，此表已具體勾劃出各未來節能改善方向，可供同業參考。

表 10.1-1 購物中心尚可採行之節能措施

節能提案			廠家編號											
系統	編號	節能措施	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
電力系統	1	訂定合理契約容量	V	■	■	V	■	V	V	■	■	■	V	V
	2	選定時間電價計價方式	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■
	3	提高功率因數	V	■	■	V	V	V	■		■		■	■
	4	停用次要負載及尖峰時間電力			■			■	■					
	5	加裝中央監控系統	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	■	V
照明系統	6	選用高效率光源	V	V	V		V	■	V	V	■	V	■	V
	7	採用電子式安定器	V	■	V	V	■	V	V	V	V	V	■	V
	8	利用自然採光												V
	9	展示櫃照明採用 LED 燈具取代鹵素燈												V
	10	非營業場所採減光措施(照度標準合理化)			V	■	■	■	■			V		V
	11	辦公室日光燈採 LEJ 奈米聚光板	V											
空調系統	12	調整冷房溫度		■		■						■		
	13	調整冰水主機出水溫度				■	V			■				V
	14	降低主機耗電率(改善冷凝氣熱傳效果)		V										
	15	泵加裝變頻器	V		■		V	V	V	V	V	V	■	V
	16	冷卻水塔風車加裝變頻器		■	■	■			V		■		■	■
其他系統	17	控制電梯內照明及通風扇運轉												V
	18	電扶梯採用感應馬達加裝變頻器取代 VS 馬達		■	■					■	■			
	19	控制停車場抽排風運轉		■	V		V	V		V	V	V	■	V

註：90~97 年產業節約能源技術服務，12 家購物中心節約能源訪測報告。

V 為已採行之節能措施；■ 為未來可採行之節能措施

10.2 節能措施實例相片

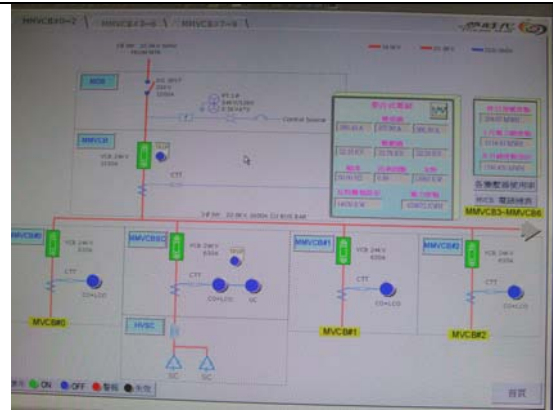
本章主要收集國內購物中心常用之節能措施實例與相片，讓用戶及業者了解學習及參考。【34】

1. 電力系統節能措施實景



高壓配電盤(人機介面顯示)

(加強負載需量、電壓及功因操作維護管理)



電力監控系統

(加強需量、電壓及功因節能監視管理)



中央監控系統

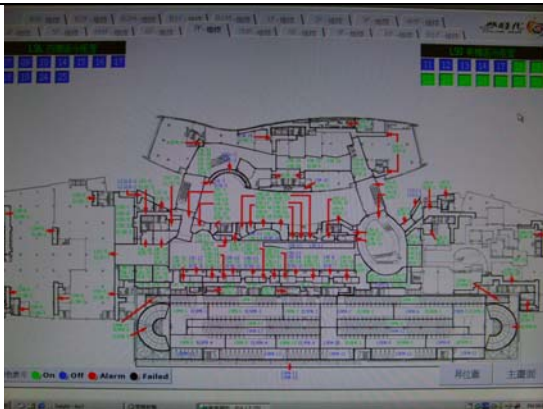
(含電力照明、空調、給排水及其它設備
操作控制)



電能需量控制系統

(進行契約容量與尖峰需量管理)

2. 照明系統節能措施實景



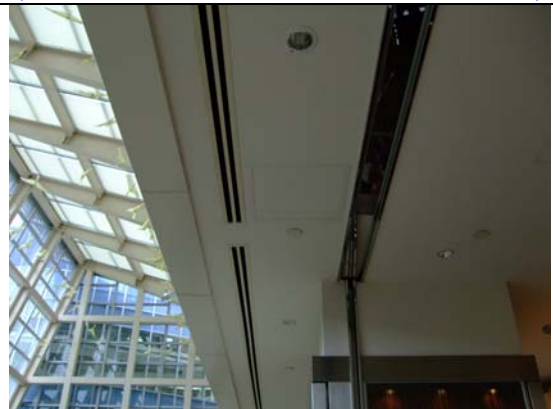
路燈照明監控系統
(配合日照控制路燈點滅)



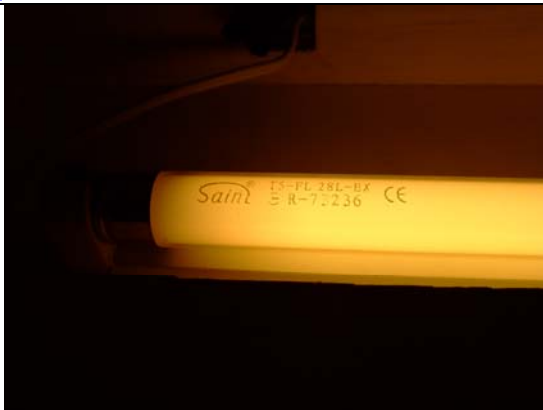
選用高效率光源
(採用複金屬燈或省電燈泡當基礎照明)



室外照明採用照度控制器
(利用室外照度計管理調配商場點燈數量)



利用自然採光
(賣場走道照明配合自然採光減光)



採用 T-5 電子式高效率日光燈
(取代 T-9 40W 傳統式日光燈省電 61%)



展示櫃照明採用 LED 燈具取代鹵素燈
(可省電 82%)

3. 空調系統節能措施實景



空調監控系統畫面
(隨營業及天氣狀況合理操作系統運轉)



調整冷房溫度(溫度設定 26~28°C)
(隨營業場所溫度變化調整溫度)



區域泵變頻器
(隨現場空調需求調整冰水流量，
節約泵浦用電)



冷卻水塔風車變頻器
(隨空調主機負載及氣候變化，
調整風車轉速節能用電)



裝自動門防止冷氣外洩及熱氣侵入
(可降低空調負荷，節約空調用電)

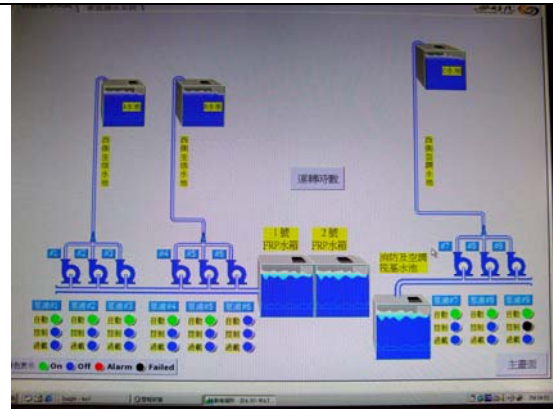


屋頂採用變頻控制抽排風散熱
(可自動控制減少抽排風散熱運轉耗電)

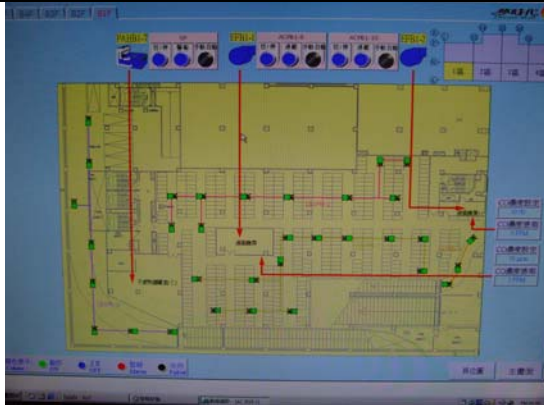
4.其他系統節能措施實景



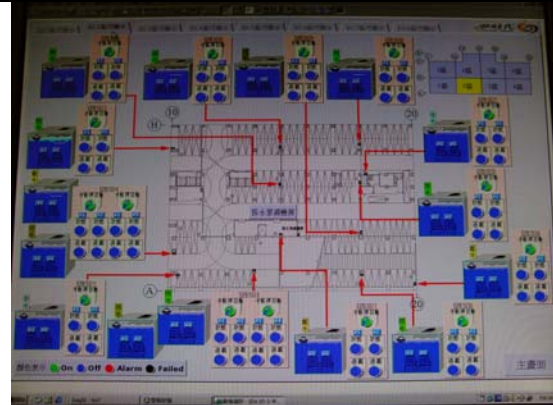
電扶梯採用感應馬達加裝變頻器
(當購物人少時，可調降轉速節約用電)



給水泵控制系統
(利用離峰用電補滿水位，可節約電費)



停車場抽排風採用 CO 濃度感測器控制
(隨車輛排放 CO₂ 量，控制抽排風運轉)



採用雨水收集系統節約用水
(節約自來水用量並節約給水儲水之用電)



配電室冷房空調系統
(空調箱隨變壓器負載高低所產生之熱負荷，加以配合自動控制調整，節約空調耗電)



成立能管組織響應節能宣導活動
(加強員工節能減碳及落實觀念)

第十一章、節能措施計算案例

本章主要舉例介紹購物中心常用之電力照明、空調、冷凍冷藏及其它系統可行的節能方法如下表 11-1 及計算案例，讓用戶及業者了解學習未來如何自行計算評估省電效益、投資費用及簡易回收年限。【34】【35】

註：各投資回收年限，係以 2007 年全年之平均電價價格進行計算。

表 11-1 購物中心常見節能方法

(1)電力系統常見節能方法

序號	節能方法	節能方法及效益說明	投資回收年限
1	契約容量合理化	1.依一年電費單尖離峰需用電資料，檢討契約容量合理化訂定，以降低基本電費支出。 2.一般判斷契約容量訂定之簡易方法，就是將電費單全年最高尖峰用電需量 kW 值，依高低排序，在第 5~6 順位值，大致就是合理的契約容量訂定值。 3.台電各營業區處節能服務課或綠基會皆可提供用戶「合理契約容量訂定」之計算服務。	立即 ~3年內
2	建置需量控制系統	1.依電費單檢討尖峰需量產生原因，以需量控制器控制可短暫停機之負載，配合調整契約容量，減少契約容量超約時所產生之 2~3 倍超約附加費支出。 2.一般尖峰需量經由合理檢討後，應可控制抑低約 5~10%之空間。	立即 ~3年內
3	提高功率因數	1.依台電電價表規定，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，該月份電費應增加千分之三；超過百分之八十時，每超過百分之一，該月份電費應減少千分之一.五。而超約罰款部分不給與功因折扣。 2.因此逐月檢討電費單功因是否達到 99%，而調整進相電容器投入量，以獲得電費之功因折扣及減少低壓線路功因落後損失。	立即 ~3年內
4	建置建築物能源管理系統(BEMS)	建置建築物能源管理系統(BEMS)，將電力、空調、照明等系統之耗能狀態及使用資訊，進行比較分析，建立合理操作管理模式，減少節約能源消耗。	3年左右
5	選用合理之時間電價	24 小時營業及離峰用電時間之營業場所，其流動電費計價方式可改採三段式時間電價，節約電費支出。	立即

(2)照明系統常見節能方法

序號	節能方法	節能方法及效益說明	投資回收年限
1	照度合理化檢討	依CNS國家照度標準，檢討辦公室、停車場、走道等場所照度，偏高者可採調整燈管或燈具數量之措施，減少照明用電。	立即
2	採用電子式安定器+T5燈管OA燈具	基礎照明原採40W*2傳統鐵磁式安定器日光燈(耗電93W/具)，改採用電子式安定器+T-5 28 W*2三波長燈管之高效率OA燈具(耗電58W/具)，配合整體照明改善，可減少照明用電及降低空調負荷，節約38%以上。	3年左右
3	採用高效率光源	1.以省電燈泡(管)取代白熾燈泡。 2.以陶瓷複金屬燈管取代低效率之鹵素燈。 3.以LED光源取代出入口及消防指示燈。 以上可節省照明用電60%以上。	0.5~1年左右
4	展示櫃照明採用LED燈具取代鹵素燈	重點照明採用LED燈(5W)取代低效率之50W鹵素燈，可節約照明用電80%以上及降低空調負荷。	0.9
5	照明使用管理	利用時間控制開關，減少不必要之照明用電。	1年左右
6	利用自然採光	利用照度開關，配合自然採光，節約照明用電。	立即
7	調整合理之照明供電電壓	採用電壓調整器調整偏高之照明電壓至合理範圍內，以減少照明用電，增加燈管壽命。	2~3年
8	準備時間減少商場公共走道點燈數量	每日於商場正式營業前之準備期間，減少公共走道點燈數量，節約照明用電。	立即
9	非營業場所採減光措施(照度標準合理化)	依CNS標準進行減光措施，可減少燈具燈管損耗、照明用電及空調負荷。	立即

(3)空調系統常見節能方法

序號	節能方法	節能方法及效益說明	投資回收年限
1	汰換低效率主機	一般到達汰換年限之空調主機耗電約1.2kW/RT以上，汰換為新型高效率EER環保冷媒之冰水主機， $EER = 3.5 \sim 4.77$ (耗能0.86~0.63kW/RT)，可節約空調用電30~47%及減少維護費用又環保。	5年以上
2	箱型機採用高能源效率比值(EER)機型	箱型機汰舊時，採用高能源效率比值EER之機型，以節約空調用電。	10年以上

3	窗型機採用高能源效率比值(EER)機型	窗型機汰舊時，採用高能源效率比值EER之機型，以節約空調用電。	10年以上
4	定期保養主機及清洗冷凝器	定期確實保養主機及清洗冰水主機冷凝器，並改善循環水水質，降低冷凝器及蒸發器之LMTD值，以提高主機熱交換效率，節約用電。	3年內
5	調整冰水主機出水溫度	於春秋及冬季調高冰水主機出水溫度，減少主機耗電。每調高冰水主機出水溫度1°C，可減少主機耗電量2%。	立即
6	操作泵浦運轉之合理化	匹配冰水主機開機台數，改變泵浦操作方式，減少設備耗電量。	立即
7	區域泵加裝變頻器	將區域泵加裝變頻器，配合空調負載需求高低，調整冰水水量，可節省泵浦耗電。 依美國ASHRAE90.(1999版)在空調設計方面規定，泵浦超過10HP者，至少有50%之流量可變流量，應以變頻器控制區域泵運轉，以節約能源。	1.7
8	冷卻水泵及水塔與冰水主機運轉採連動控制	增設連動控制，在小型主機壓縮機停止運轉後，連動冷卻水泵與水塔一併停止運轉；而壓縮機啟動前30秒，則預先啟動冷卻水泵與冷卻水塔預冷，可大幅減少冷卻水泵與冷卻水塔之運轉費用。	1年以內
9	冷卻水塔風車加裝變頻器	冷卻水塔風車加裝變頻器，依主機負載需求，控制冷卻水塔風車馬達轉數及風量，提供主機足夠冷卻水量，可節省風車耗電。	2.3
10	冷卻水塔散熱片更換	更新冷卻水塔散熱片，使水流分布均勻，提高冷卻水塔散熱能力，降低冷卻水溫度，改善主機效率。一般冷卻水溫每降低1°C，主機可減少1.5~ 3%的耗電量。	5年內
11	調整冷房舒適溫度26°C	在不妨礙商場環境下，應可調整冷房舒適溫度設定至26°C，在室溫每提高1°C，可減少約6~8%的空調耗電量。	立即
12	裝設自動門防止冷氣外洩	大門或進出口通道未設外氣隔離，易形成氣流通道，造成大量之冷氣外洩或熱氣湧入，應加裝自動門、空氣簾或PVC簾，減少冷氣外洩或外氣侵入，降低空調負荷。	2
13	西曬玻璃窗採用隔熱貼紙	西曬玻璃窗採用隔熱貼紙，可減少熱輻射熱60%以上，大幅降低空調負荷。	3
14	利用外氣冷房	當外氣低於26°C以下及天氣好時，採用外氣冷房，減少空調用電。	立即
15	中庭屋頂採用變頻器控制排氣散熱	中庭屋頂因自然採光夏天溫度超過30°C以上，將所蓄積於屋頂之熱源排出，可採用變頻器控制排氣散熱，使高樓層商場可以達到設定之舒適溫溼度，並減少空調負荷用電及減少排氣散熱風扇耗電。	2

16	減少夏天外氣換氣量	台灣夏天外氣溫濕度高，應減少換氣量，控制室內二氧化碳濃度低於1,000ppm以下，可減少空調外氣負荷用電。	立即
17	公共區域之空調供應合理化	檢討公共區域及走道開放空間之空調使用，減少空調供應面積，降低空調負荷。	立即
18	電氣機房空調溫度管理	電氣機房空調溫度應隨季節做合理控制與管理，外氣溫度低時，應用通風冷卻，減少空調用電。	立即

(4) 冷凍冷藏系統常見節能方法

序號	節能方法	節能方法及效益說明	投資回收年限
1	冷凍冷藏主機汰舊換新	冷凍冷藏主機汰舊換新時，應採用高能源效率之機型，以節約冷凍冷藏主機用電。 註：汰舊換新改善以新舊機型費用差額計算，可大幅縮短投資回收年限。	10年以上
2	冷凍冷藏系統定期維護保養	1. 冷凍冷藏溫度每年定期校正及合理設定，以達節能又維護商品品質安全。 2. 密閉式冰櫃應每年保養清洗熱交換器二次。 3. 開放冰櫃應每週定期清洗散熱通氣過濾網。 4. 冷凍冷藏溫度商品排列不可過密，以免影響阻礙氣流循環、冷能外洩，且須定時除霜。	1年內
3	冷凍冷藏展示櫃於夜間應使用簾幕覆蓋	開放式之冷凍冷藏展示櫃於夜間應使用簾幕覆蓋，以避免冷氣洩漏，增加耗電。	0.5年內
4	冷凍冷藏系統監控系統	採用冷凍冷藏系統監控系統，依冷凍冷藏負荷變化及營運時間均衡原則自動控制壓縮機的製冷級數；同時亦可以根據需要自定義營運級數。自適應吸氣壓力控制，節能最高可達10~15%。	1.7
5	加蓋式冷凍臥櫃	採用加蓋式冷凍臥櫃，可有效維持冷凍櫃內食品保存所需溫度，亦可減少冷凍櫃耗電50%以上。	3.1

(5) 其他系統常見節能方法

序號	節能方法	節能方法及效益說明	投資回收年限
1	停車場抽排風機運轉時間控制	採用一氧化碳感測器或時間控制器，控制地下停車場抽排風機運轉時間，節約用電。	0.5~2年
2	停車場樓層使用管制	管制停車場使用樓層，依進車數量逐層開放停車樓層，減少停車場之照明及抽排風機用電。	立即
3	調降各水龍頭之最大出水量節約用水	各水龍頭前端，可加裝適當之起泡器及節片，使出水量控制在合理範圍內，既不致影響洗淨功能，亦不延長洗手時間，可節省水費及給水泵之電費。	0.5年

4	飲水機加裝時間控制器	若為正常上下班之場所，其飲水機可加裝時間控制器，減少夜間之持溫耗電，節省電費。	0.5年
5	控制電梯內照明及通風扇運轉	未設照明及通風扇運轉控制之舊型電梯，可對照明及抽排風扇增設時間延遲開關，以減少無人使用之耗電損失。	2年
6	電扶梯採用感應馬達加裝變頻器取代 VS 馬達	電扶梯及自動走道馬達增設變頻控制，並將其載重訊號回饋至變頻器，以控制其馬達運轉轉速，達到節能之目的。	5.4
7	停用次要負載及尖峰時間電力	揚水泵可合理化運轉操作，避免多台泵浦同時啟動，以抑低尖峰需量，減少夏月時基本電費之超約附加費用。	立即
8	給水槽利用離峰用電補滿水	給水槽利用離峰用電補滿水槽水位，可錯開尖峰用電及降低流動電費支出。	立即

案例<01>契約容量合理化

節能措施	契約容量合理化	系統分類	電力系統																																							
改善措施	以訂定合理契約容量值，可減少超約罰款或降低全年基本電費支出。																																									
改善前	<p>依 96 年能源使用資料可知，目前契約容量 7,700kW，96 年尖峰需量 5,544~7,404kW，尖峰需量全年均未超約，可見目前契約容量偏高些。</p> <p>96 年尖峰需量如下表所示：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>月份</th> <th>08</th> <th>07</th> <th>10</th> <th>09</th> <th>06</th> <th>11</th> <th>05</th> <th>04</th> <th>12</th> <th>03</th> <th>01</th> <th>02</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>尖峰需量 kW</td> <td>7,404</td> <td>7,368</td> <td>7,332</td> <td>7,284</td> <td>7,008</td> <td>6,828</td> <td>6,300</td> <td>6,048</td> <td>6,036</td> <td>5,952</td> <td>5,904</td> <td>5,544</td> </tr> <tr> <td>高低排序</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>			月份	08	07	10	09	06	11	05	04	12	03	01	02	尖峰需量 kW	7,404	7,368	7,332	7,284	7,008	6,828	6,300	6,048	6,036	5,952	5,904	5,544	高低排序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月份	08	07	10	09	06	11	05	04	12	03	01	02																														
尖峰需量 kW	7,404	7,368	7,332	7,284	7,008	6,828	6,300	6,048	6,036	5,952	5,904	5,544																														
高低排序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																														
改善後	<p>1. 電價中基本電費佔每月電費支出有相當大的比例，而它和用戶每日實際用電度數毫無關連，因此如何依照本身用電情形訂定合理的契約容量，以減少基本電費及超約罰款的支出，實為降低成本最簡易可行的方法之一。</p> <p>2. 經「訂定合理電力契約容量(二段式)」；最佳契約容量值應為 6,828kW，並增訂離峰契約 3,414kW。未來一年內若尖峰需量均為固定之模式且未來無增設大型耗能設備之情況下，應調降契約容量至 6,828kW，並增訂離峰契約 3,414kW，以減少基本電費支出。</p> <p>註：</p> <p>1. 一般契約容量合理值可依尖峰需量高低排序第四位至第六位值，都為合理值。用若契約容量須調升則至第六位值，反之調降則至第四位值，可減少線路補助費支付。</p> <p>2. 已繳付之線路補助費，於調降契約容量後台電並不會退費，建議要將調降之經常契約容量轉為離峰契約容量，利用經常轉離峰 1:5(1kW 經常契約可轉成離峰契約 5kW)方式及離峰契約為經常契約容量的 50%不用繳付離峰契約基本電費的原則，至台電營業處辦理變更轉移方式，僅需付移轉手續費及差價，不用再繳付線路補助費。當未來設備增加時，也可利用離峰契約移轉成經常契約 5:1(5kW 離峰契約可轉成經常契約 1kW)方式提出申請，減少重複支出線路補助費，增加用電調度彈性。</p>																																									
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ● 契約容量合理重新訂定後，全年可節省基本電費 91.8 萬元。(改善前 16,585,800—改善後 15,667,558)元/年=918,242 元/年 ● 投資費用：自行向台電申請調降契約容量，勿需費用。 ● 回收年限：立即 																																									

案例<02>選定時間電價計價方式

節能措施	選定時間電價計價方式	系統分類	電力系統																																																																																																																																																																		
改善措施	97年10月台電電價調整後，採三段式時間電價計價，較二段式電價計價可減少流動電費支出。																																																																																																																																																																				
改善前	流動電費採用特高壓二段式時間電價。																																																																																																																																																																				
改善後	<p>1. 依中央監控所紀錄之用電量計算，將夏月(6~9月)二段時間電價中尖峰時段(07:30~22:30)，區分為三段式時間電價的尖峰(10:00~12:00 及 13:00~17:00)及半尖峰(07:30~10:00、12:00~13:00、17:00~22:30)，其夏月尖峰與半尖峰用電度數占比為45.1%與54.9%。</p> <p>2. 依97年10月調整之電價漲幅而言，特高壓二段式夏月尖峰流動電費每度漲幅32.9%，三段式電價半尖峰流動電費漲幅33%，但尖峰漲幅22.03%。其中高壓及特高壓二段式與三段式的流動電價如下表所示，特高壓三段式時間電價雖然夏月計費單價較二段式高，但是非夏月期間，整體單價則較低，若將計價方式改為三段式時間電價，對整個電費節省，更顯效益。</p>																																																																																																																																																																				
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5">高壓</th> </tr> <tr> <th colspan="5">二段式流動電價漲幅</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>調漲前</th> <th>調漲後</th> <th>漲幅</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">夏月</td> <td>尖峰</td> <td>2.32</td> <td>3.13</td> <td>34.91%</td> </tr> <tr> <td>離峰</td> <td>0.91</td> <td>1.45</td> <td>59.34%</td> </tr> <tr> <td>週六半尖峰</td> <td>1.42</td> <td>2.09</td> <td>47.18%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">非夏月</td> <td>尖峰</td> <td>2.24</td> <td>3.02</td> <td>34.82%</td> </tr> <tr> <td>離峰</td> <td>0.84</td> <td>1.34</td> <td>59.52%</td> </tr> <tr> <td>週六半尖峰</td> <td>1.35</td> <td>1.99</td> <td>47.41%</td> </tr> <tr> <th colspan="5">三段式流動電價漲幅</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>調漲前</th> <th>調漲後</th> <th>漲幅</th> </tr> <tr> <td rowspan="4">夏月</td> <td>尖峰</td> <td>3.47</td> <td>4.26</td> <td>22.77%</td> </tr> <tr> <td>半尖峰</td> <td>2.01</td> <td>2.7</td> <td>34.33%</td> </tr> <tr> <td>離峰</td> <td>0.83</td> <td>1.35</td> <td>62.65%</td> </tr> <tr> <td>週六半尖峰</td> <td>1.23</td> <td>1.8</td> <td>46.34%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">非夏月</td> <td>半尖峰</td> <td>1.95</td> <td>2.62</td> <td>34.36%</td> </tr> <tr> <td>離峰</td> <td>0.78</td> <td>1.27</td> <td>62.82%</td> </tr> <tr> <td>週六半尖峰</td> <td>1.17</td> <td>1.71</td> <td>46.15%</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5">特高壓</th> </tr> <tr> <th colspan="5">二段式流動電價漲幅</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>調漲前</th> <th>調漲後</th> <th>漲幅</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">夏月</td> <td>尖峰</td> <td>2.31</td> <td>3.07</td> <td>32.90%</td> </tr> <tr> <td>離峰</td> <td>0.9</td> <td>1.4</td> <td>55.56%</td> </tr> <tr> <td>週六半尖峰</td> <td>1.32</td> <td>1.95</td> <td>47.73%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">非夏月</td> <td>尖峰</td> <td>2.23</td> <td>2.96</td> <td>32.74%</td> </tr> <tr> <td>離峰</td> <td>0.83</td> <td>1.29</td> <td>55.42%</td> </tr> <tr> <td>週六半尖峰</td> <td>1.24</td> <td>1.83</td> <td>47.58%</td> </tr> <tr> <th colspan="5">三段式流動電價漲幅</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>調漲前</th> <th>調漲後</th> <th>漲幅</th> </tr> <tr> <td rowspan="4">夏月</td> <td>尖峰</td> <td>3.45</td> <td>4.21</td> <td>22.03%</td> </tr> <tr> <td>半尖峰</td> <td>2</td> <td>2.66</td> <td>33.00%</td> </tr> <tr> <td>離峰</td> <td>0.82</td> <td>1.3</td> <td>58.54%</td> </tr> <tr> <td>週六半尖峰</td> <td>1.13</td> <td>1.67</td> <td>47.79%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">非夏月</td> <td>半尖峰</td> <td>1.94</td> <td>2.58</td> <td>32.99%</td> </tr> <tr> <td>離峰</td> <td>0.77</td> <td>1.22</td> <td>58.44%</td> </tr> <tr> <td>週六半尖峰</td> <td>1.07</td> <td>1.58</td> <td>47.66%</td> </tr> </tbody> </table>			高壓					二段式流動電價漲幅							調漲前	調漲後	漲幅	夏月	尖峰	2.32	3.13	34.91%	離峰	0.91	1.45	59.34%	週六半尖峰	1.42	2.09	47.18%	非夏月	尖峰	2.24	3.02	34.82%	離峰	0.84	1.34	59.52%	週六半尖峰	1.35	1.99	47.41%	三段式流動電價漲幅							調漲前	調漲後	漲幅	夏月	尖峰	3.47	4.26	22.77%	半尖峰	2.01	2.7	34.33%	離峰	0.83	1.35	62.65%	週六半尖峰	1.23	1.8	46.34%	非夏月	半尖峰	1.95	2.62	34.36%	離峰	0.78	1.27	62.82%	週六半尖峰	1.17	1.71	46.15%	特高壓					二段式流動電價漲幅							調漲前	調漲後	漲幅	夏月	尖峰	2.31	3.07	32.90%	離峰	0.9	1.4	55.56%	週六半尖峰	1.32	1.95	47.73%	非夏月	尖峰	2.23	2.96	32.74%	離峰	0.83	1.29	55.42%	週六半尖峰	1.24	1.83	47.58%	三段式流動電價漲幅							調漲前	調漲後	漲幅	夏月	尖峰	3.45	4.21	22.03%	半尖峰	2	2.66	33.00%	離峰	0.82	1.3	58.54%	週六半尖峰	1.13	1.67	47.79%	非夏月	半尖峰	1.94	2.58	32.99%	離峰	0.77	1.22	58.44%	週六半尖峰	1.07	1.58	47.66%
高壓																																																																																																																																																																					
二段式流動電價漲幅																																																																																																																																																																					
		調漲前	調漲後	漲幅																																																																																																																																																																	
夏月	尖峰	2.32	3.13	34.91%																																																																																																																																																																	
	離峰	0.91	1.45	59.34%																																																																																																																																																																	
	週六半尖峰	1.42	2.09	47.18%																																																																																																																																																																	
非夏月	尖峰	2.24	3.02	34.82%																																																																																																																																																																	
	離峰	0.84	1.34	59.52%																																																																																																																																																																	
	週六半尖峰	1.35	1.99	47.41%																																																																																																																																																																	
三段式流動電價漲幅																																																																																																																																																																					
		調漲前	調漲後	漲幅																																																																																																																																																																	
夏月	尖峰	3.47	4.26	22.77%																																																																																																																																																																	
	半尖峰	2.01	2.7	34.33%																																																																																																																																																																	
	離峰	0.83	1.35	62.65%																																																																																																																																																																	
	週六半尖峰	1.23	1.8	46.34%																																																																																																																																																																	
非夏月	半尖峰	1.95	2.62	34.36%																																																																																																																																																																	
	離峰	0.78	1.27	62.82%																																																																																																																																																																	
	週六半尖峰	1.17	1.71	46.15%																																																																																																																																																																	
特高壓																																																																																																																																																																					
二段式流動電價漲幅																																																																																																																																																																					
		調漲前	調漲後	漲幅																																																																																																																																																																	
夏月	尖峰	2.31	3.07	32.90%																																																																																																																																																																	
	離峰	0.9	1.4	55.56%																																																																																																																																																																	
	週六半尖峰	1.32	1.95	47.73%																																																																																																																																																																	
非夏月	尖峰	2.23	2.96	32.74%																																																																																																																																																																	
	離峰	0.83	1.29	55.42%																																																																																																																																																																	
	週六半尖峰	1.24	1.83	47.58%																																																																																																																																																																	
三段式流動電價漲幅																																																																																																																																																																					
		調漲前	調漲後	漲幅																																																																																																																																																																	
夏月	尖峰	3.45	4.21	22.03%																																																																																																																																																																	
	半尖峰	2	2.66	33.00%																																																																																																																																																																	
	離峰	0.82	1.3	58.54%																																																																																																																																																																	
	週六半尖峰	1.13	1.67	47.79%																																																																																																																																																																	
非夏月	半尖峰	1.94	2.58	32.99%																																																																																																																																																																	
	離峰	0.77	1.22	58.44%																																																																																																																																																																	
	週六半尖峰	1.07	1.58	47.66%																																																																																																																																																																	
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ● 經三段式時間電價計算後，全年可節省基本電費1,015.4萬元。 (非夏月節省13,591,136—夏月增加3,436,656)元/年=10,154,480元/年 ● 投資費用：自行向台電更改時間電價計價方式，勿需費用。 ● 回收年限：立即 																																																																																																																																																																				

案例<03>提高功率因數

節能措施	提高功率因數	系統分類	電力系統																												
改善措施	增加投入進相電容器量，提高功因改善可獲得增加台電功率因數折扣，減少線路功因落後損失，改善電壓供電品質。增加設備裕度效益。																														
改善前	<p>目前電費單平均功因為 94%，已採低壓側功因改善，未合理設定調整高低壓電容器投入量，以致高壓側功因未能達到 99%，而無法充份享有台電功因折扣。96 年度各月份功率因數值如下表所示。</p> <table border="1" data-bbox="336 696 1385 792"> <thead> <tr> <th>月份</th> <th>01</th> <th>02</th> <th>03</th> <th>04</th> <th>05</th> <th>06</th> <th>07</th> <th>08</th> <th>09</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>平均</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>功因%</td> <td>96</td> <td>96</td> <td>96</td> <td>96</td> <td>95</td> <td>94</td> <td>93</td> <td>92</td> <td>92</td> <td>92</td> <td>93</td> <td>93</td> <td>94</td> </tr> </tbody> </table>			月份	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	平均	功因%	96	96	96	96	95	94	93	92	92	92	93	93	94
月份	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	平均																		
功因%	96	96	96	96	95	94	93	92	92	92	93	93	94																		
改善後	<p>1. 應量測各回路所需電容器投入量做合理適當調整。並請機電顧問保養公司，除固定投入高壓電容器外，重新調校低壓側 APFR 之設定值，並檢視其投入改善狀況，是否正常，將總盤側功因提高至 99%，而增加台電功因折扣，並減少變壓器線路損失。</p> <p>2. 現場各高、低壓盤裝設之電容器應足夠應付所需。</p> <p>有效的改善功率因數方法：</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(4)確認電容器裝設位置及合理的電容器容量，以避免投資浪費。</p> <p>(5)高壓側採固定電容器，低壓側採自動功因調整可變電容器；低壓電容器裝置在負載中心。</p>																														
節能成效	<p>經改善後，使低壓側功因維持於 99%，則：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 省電效益： <ul style="list-style-type: none"> (1)增加台電功因折扣：$9,022.6 \text{ 萬元/年} \times 0.0015 \times (99-94) = 67.7 \text{ 萬元/年}$。 (2)減少線路損失：$29,618,400 \text{ kWh/年} \times (1 - (94/99)^2) \times 0.5\% \times 1.73 \text{ 元/kWh} = 2.5 \text{ 萬元/年}$。 (3)故共可節省電費支出約 70.2 萬元/年、(3.3kW、14,581kWh/年)。 ● 投資費用：目前電容器量足夠，僅測試調整費 3 萬元。 ● 回收年限：$3 \text{ 萬元} \div 70.2 \text{ 萬元/年} = 0.1 \text{ 年}$。 																														

案例<04>停用次要負載及尖峰時間電力

節能措施	停用次要負載及尖峰時間電力	系統分類	電力系統
改善措施	揚水泵合理化運轉操作，避免多台泵浦同時啟動，以抑低尖峰需量，減少夏月時基本電費之超約附加費用。		
改善前	<p>揚水泵使用 100hp 及 50hp 各一台，如下圖所示，其中 100hp 之揚水泵，每小時需打水 1~2 次，每次約需 15 分鐘；50hp 之揚水泵，每 2~3 時需打水 1 次，每次約需 10 分鐘，目前館內例假日尖峰用水量約 30 2 噸/hr。</p> <div data-bbox="550 808 1278 1187" style="text-align: center;"> <pre> graph TD RF1[RF 蓄水池] --- Valve(()) --- RF2[RF 蓄水池] RF1 --- M1((M)) RF2 --- M2((M)) M1 --- B6F1[B6F 蓄水池] M2 --- B6F2[B6F 蓄水池] style M1 fill:none,stroke:none style M2 fill:none,stroke:none </pre> </div> <p>館內給水系統示意圖</p>		
改善後	<p>RF 之二個蓄水池連通使用，完全以 50hp 之揚水泵(1,000LPM 約 60 噸/hr)長態供水，可應付用水尖峰所需(60 噸/hr > 30 噸/hr)，避免 100hp 揚水泵運轉產生尖峰需量 74.6kW，減少夏月超約附加費用。</p> <p>註：當月最高尖峰需量超過經常契約 10%以內，超出部份則加收基本電費 2 倍之超約附加費；超過 10%部份則加收基本電費 3 倍之超約附加費。</p>		
節能成效	<p>停止 100hp 揚水泵運轉相當於抑制尖峰需量 74.6kW，則：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 減少夏月超約附加費支出： 74.6kW×223.6 元/kW(夏月基本電費)×2 倍(以超約 10%以內 2 倍罰款計算)×4 月/年(夏月為 6~9 月)=133,444 元/年 ● 投資費用：無，將 RF 之二個蓄水池連通使用，並停止 100hp 揚水泵運轉。 ● 回收年限：立即 		

案例<05>加裝中央監控系統

節能措施	加裝中央監控系統	系統分類	電力系統
改善措施	增設中央監控系統，建立電力回路、空調系統、冷凍冷藏耗能狀態及使用條件資訊，做為比較分析，建立合理操作模式，尋求合理節能空間。		
改善前	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前無電力監視系統功能，無法了解全店耗電及各設備耗電狀況。 2. 商場用電設備靠每小時人工定時檢點管理，因時間間隔因素，無法有效擷取設備或尖峰需量異常資訊，以建立合理節能操作模式。 		
改善後	<p>增設中央監控系統，重點建立電力回路、空調系統、冷凍冷藏耗能狀態及使用條件資訊，如 kW、kWh、℃，加以記錄，做為比較分析，建立合理節能操作模式，尋求合理節能空間。</p> <p>註：中央監控節能管理重點，如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 用電尖峰需量控制管理 2. 照明管理 3. 合理控制環境溫濕度。 4. 合理設定空調冰水出水溫度。 5. 空調主機高低壓設定調整及耗能 kWh 大小。 6. 加強監視記錄比較分析。 7. 冷凍冷藏除霜控制。 8. 冷凍冷藏主機高低壓設定調整及耗能 kWh 大小。 9. 停車場抽排風時程規劃。 10. 機台之控制保養維護，維持高效率運轉。 		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ● 省電效益： 預估增設中央監控系統後，可加強用電管理、分析，建立合理節能操作模式，保守可節能 10% 空間。故可節省電費支出約 159 萬元/年。 $1591.1 \text{ 萬元/年} \times 10\% = 159 \text{ 萬元/年}$ $8,540,000 \text{ kWh/年} \times 10\% = 854,000 \text{ kWh/年}$ ● 投資費用：增設中央監控系統含 PC+PLC+電力、溫度監控點及工資費用約 250 萬元。 ● 回收年限：1.6 年。$250 \text{ 萬元} \div 159 \text{ 萬元/年} = 1.6 \text{ 年}$ 		

案例<06>選用高效率光源

節能措施	選用高效率光源	系統分類	照明系統
改善措施	以高效率省電燈泡取代低效率之鹵素燈及白熾燈，可節能 60%以上及降低空調負荷。		
改善前	商場公共走道採用 50W 鹵素燈共約 1,450 具，基礎照度為 300-500Lux。除燈具耗電量大，亦產生相當之空調負荷。		
改善後	<p>經配合照度與省電檢討，全面採用 13W 電子式省電燈泡取代 50W 鹵素燈，除可稍微增加公共走道基礎照度，亦減少照明用電及空調照明負載，其節能達 74%以上。</p> <p>註：</p> <p>(1).13 W 電子式省電燈泡發光效率約 63.7 lm/W(全光束 828 lm)，壽命 6,000 小時以上。演色性 Ra=85。</p> <p>(2). 50W 鹵素燈發光效率約 11.4lm/W(全光束 570 lm)，壽命 2,000 小時，演色性 Ra=100，光衰快。</p> <p>(3).兩者相比 13 W 電子式省電燈泡，可節能 74%(不含減少空調負荷)，減少維護費用。</p> <p>$(50-13)W/具 \div 50 W \times 100\% = 74\%$</p>		
節能成效	<p>●省能效益：</p> <p>50W 鹵素燈更換成 13W 電子式省電燈泡共 1,450 具，可減少耗電約 53.65kW，每年減少照明用電量約 281,767kWh，節省電費 59.1 萬元。</p> <p>(1)減少耗電=A-B 項=$(72.5-18.85) kW = 53.65kW$</p> <p>A.以 50W 鹵素燈耗電=$(50W/具 \div 1,000 W/kW) \times 1,450 具 = 72.5kW$</p> <p>B.以 13W 電子式省電燈泡耗電=$(13W/具 \div 1,000W/kW) \times 1,450 具 = 18.85kW$</p> <p>(2)減少用電量=A+B 項=$(234,987 + 46,780) = 281,767kWh/年$</p> <p>A.減少照明用電量=$53.65kW \times 4,380h/年 = 234,987kWh/年$</p> <p>B.減少空調照明負載用電量=$234,987kWh/年 \times 860kcal/kW \div 3,024 kcal/RT \times 0.7kW/RT \times 2.1 元/kWh(單價) = 46,780kWh/年, 98,238 元/年$</p> <p>(3)節約電費=A+B 項=$493,472 + 98,238 = 591,710 元/年$</p> <p>A.減少照明流動電費=$53.65kW \times 4,380h/年 \times 2.1 元/kWh = 493,472 元/年$</p> <p>B.減少空調照明負載電費=$98,238 元/年$</p> <p>●投資費用：</p> <p>整體更換 1,450 具，13W 電子式省電燈泡，含工資費用共約 85 萬元。</p> <p>註：13 W 電子式省電燈泡壽命是 50 W 鹵素燈之三倍。</p> <p>●回收年限：約 1.4 年</p> <p>$85 萬元 \div 59.1 萬元/年 = 1.4 年$</p>		

案例<07>採用電子式安定器日光燈

節能措施	採用電子式安定器日光燈	系統分類	照明系統
改善措施	日光燈之傳統鐵磁式安定器改採高頻電子式安定器，匹配高效率三波長節能燈管，可獲得減少照明及降低空調負荷之耗能，並由高演色性提高改善照明質感。		
改善前	安全走道採 40W×2 型傳統式高功因安定器日光燈具為主，約 198 盞，每盞耗能約 98W/具，使用時間約 8,760 小時/年。		
改善後	<p>以逐步汰舊換新方式，將日光燈具之傳統式安定器以 40W×2 型高效率電子式安定器匹配高效率三波長燈管(耗能約 76W/具)取代，可減少照明耗電約 20% 以上。$(98-76)W/具 \div 98W/具 \times 100\% = 22.4\%$。</p> <p>註：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.目前傳統鐵心式安定器日光燈具，其特性如下：(1)起動需用起動器、(2)亮燈時間需 2~5 秒、(3)功率因數 90%、(4)諧波失真 25%、(5)燈管閃爍、(6)安定器溫度本身溫度達 55℃，增加空調負載。 2.而電子式安定器，其特性如下：(1)瞬間起動免用起動器、(2)功率因數 98% 以上、(3)諧波失真 20% 以下、(4)燈管不閃爍，保護視力、(5)適用 0~55℃ 以下，濕度 98%(Ta=25℃) 以下之環境、(6)安定器溫度低，可減少空調負載、(7)省電 28%(與傳統式高功率型安定器比較)、(8)燈管壽命增長(須配合高頻燈管使用)、(9)可聽雜音低(噪音)。 		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ●省電效益：採電子式安定器匹配三波長日光燈具後，可減少耗電約 4.4kW，每年減少照明用電量約 38,159kWh，節省電費 7.7 萬元。 $[耗電(98-76)W/具 \div 1,000 W/kW] \times 198 具 \times 8,760h/年 \times 2.03 元/度 = 4.4kW、38,159kWh/年、77,463 元/年$ (註：未計降低空調照明負荷耗電) ●投資費用：約需 15.8 萬元。(電子式安定器定器費用及工資=800 元/具) ●回收年限：$15.8 萬元 \div 7.7 萬元/年 = 2.1 年。$ <p>註：既有系統改善投資費用高，若新設以差額計算，則可縮短回收年限。</p>		

案例<08>採用 T-5 電子式高效率 OA 燈具

節能措施	採用 T-5 電子式高效率 OA 燈具	系統分類	照明系統
改善措施	採用電子式安定器+T-5 28 W 三波長燈管之高效率 OA 燈具，配合整體照明改善，可減少照明用電及降低空調負荷，節約 34%以上。		
改善前	辦公室照明採 40W×3 型 PS(壓克力)板加傳統低功因安定器日光燈具為主燈具，耗電 135 W/具，數量約 2,000 具。辦公室天花板高度約 2.4~2.8 m，照度為 400~500 lux，低於國家 CNS 辦公室照度 500~750 lux 標準。點燈時間 3,000 時/年。燈具已使用多年且 PS 板泛黃老舊，影響美觀，想汰換。		
改善後	<p>經檢討評估後，辦公室全面採用坎入式 T-5 電子式 28W*3 型高效率 OA 燈具最佳。其特性：</p> <p>(1).T-5 28 W×3 (220 V)電子安定器燈具耗電 89 W。</p> <p>(2).T-5 28W 晝光三波長燈管發光效率高達 92.8 lm/W。演色性 Ra = 85。 (2,600 lm÷28 W=92.8 lm/W)。</p> <p>(3).柵格狀鏡面反射板反射效率高達 90%以上。配光曲線佳。</p> <p>(4).燈具眩光低，美觀，壽命長。</p> <p>汰換後，減少照明用電及空調照明負載，省能達 30%以上，並獲得大幅提升照明品質，如照度達國家 CNS 辦公室照度 500~750 lux 標準、照度均勻度佳、眩光低，燈具整齊美觀之效益。</p> <p>節約率=(135-89) W/具÷94 W/具×100%=34%。</p> <p>註：</p> <p>(一).PS 板傳統鐵心式安定器日光燈具：</p> <p>(1).40 W×3(220 V)普通安定器日光燈具耗電 135 W/具。</p> <p>(2).40W 普通燈管流明數發光效率為 73.68 lm/W。 (2,800 lm÷38 W=73.68 lm/W)</p> <p>(3).PS 板易泛黃污染，每五年需更換。</p> <p>(二)傳統鐵心式安定器與電子式安定器比較：</p> <p>1.傳統鐵心式安定器：</p> <p>其特性如下:(1)起動需用起動器、(2)亮燈時間需 2~5 秒、(3)功率因數 90%、(4)諧波失真 25%、(5)燈管閃爍、(6)安定器本身溫度達 55℃，增加空調負載。</p>		

	<p>2.電子式安定器：</p> <p>其特性如下:(1)瞬間起動免用起動器、(2)功率因數 98%以上、(3)諧波失真 20%以下(4)燈管不閃爍，保護視力、(5)適用 0~55°C 以下，濕度 98%(Ta=25°C)以下之環境、(6)安定器溫度低，可減少空調負載、(7)省電 28%(與傳統式高功率型安定器比較)、(8)燈管壽命增長(須配合高頻燈管使用)(9)可聽雜音低(噪音)。</p>
<p>節 能 成 效</p>	<p>●省能效益：</p> <p>以上整體採用 T-5 電子式高效率 OA 燈具改善 2,000 具，可減少耗電約 96kW，每年減少照明用電量約 328,952 kWh，節省電費 62.8 萬元。</p> <p>(1)減少照明用電量 = [(135-89)W/具 ÷ 1,000 W/kW] × 2,000 具 × 3,000 h/年 × 平均電價 1.91 元/kWh = 96 kW、288,000 kWh/年、550,080 元/年</p> <p>(2).減少空調照明負載用電量</p> $= (288,000 \text{ kWh/年} \times 860 \text{ kcal/kWh}) \div 3024 \text{ kcal/RT} \times 1 \text{ kW/RT} \times \text{空調期}(6/12) \times \text{平均電價 } 1.91 \text{ 元/kWh} = 40,952 \text{ kWh/年}, 78,219 \text{ 元/年}$ <p>(3)節電效益 = (1)+(2)項</p> <p>降低耗電 = (96+0) kW = 96 kW</p> <p>減少用電量 = (288,000 + 40,952) kWh/年 = 328,952 kWh/年</p> <p>節約電費 = (550,080 + 78,219) 元/年 = 628,299 元/年</p> <p>●投資費用：</p> <p>整體更換 2,000 具 T-5 電子式高效率 OA 燈具，含工資費用約 2,850 元/具</p> <p>2,850 元/具 × 2,000 具 = 570 萬元。</p> <p>●回收年限：約 4.63 年回收。</p> <p>570 萬元 ÷ 62.8 萬元/年 = 9 年</p> <p>註：若以差額計算則投資 270 萬計，回收年限約 4.3 年</p>

案例<09> 準備時間減少商場公共走道點燈數量

節能措施	準備時間減少商場公共走道點燈數量	系統分類	照明系統
改善措施	每日於商場正式營業前之準備期間，減少公共走道點燈數量，節約照明用電。		
改善前	商場公共走道採用 U 型 26W×2 省電燈泡(耗電 52W/具)照明，共約 2,300 具，商場營業前準備時間為 09：00~11：00，於準備時間即開起所有公共走道照明，並未採行照明管理措施。		
改善後	經照明節能評估後，於商場營業前準備時間，經由中央監控設定控制，減少開啟商場公共走道一半照明燈具，以節省照明用電。		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ●省電效益： 預估改善後，可抑低用電 59.8 kW、減少照明用電量 43,654kWh/年、節省電費支出約 9.7 萬元/年。 $(52\text{W/具} \div 1,000\text{W/kW}) \times 1,150 \text{具} \times 730\text{h/年(減少使用時間)} \times 2.22 \text{元/kWh} = 59.8 \text{kW}、43,654\text{kWh/年}。96,912 \text{元/年}$ ●投資費用：原商場設計已採中央監控與二線式照明控制線路，僅需操作調整即可。 ●回收年限：立即。 		

案例<10>利用自然採光

節能措施	利用自然採光	系統分類	照明系統
改善措施	利用照度開關，配合自然採光，節約照明用電。		
改善前	商場中庭天花板採玻璃帷幕設計，白天採光甚佳。 商場中庭基礎照明採用 U 型 26W×2 省電燈泡(耗電 52W/具)，共約 2,300 具，隨商場營業時間全開。		
改善後	<ol style="list-style-type: none"> 1. 經照明節能評估後，於白天採光甚佳時，經由中央監控設定控制，將部分照度充足區域之照明做時間管理，有效利用自然採光，約可減少 500 具基礎照明用電。 2. 商場中庭白天採光足，平均日照時數 4h/天，1,460h/年。 		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ●省電效益： 預估改善後，可抑低用電 26 kW、減少照明用電量 37,960 kWh/年、節省電費支出約 8.4 萬元/年。 $(52\text{W/具} \div 1,000\text{W/kW}) \times 500 \text{ 具} \times 1,460\text{h/年(減少使用時間)} \times 2.22 \text{ 元/kWh} = 26 \text{ kW}、37,960\text{kWh/年}。84,271 \text{ 元/年}$ ●投資費用：原商場設計已採中央監控與二線式照明控制線路，僅需操作調整即可。 ●回收年限：立即。 		

案例<11>展示櫃照明採用 LED 燈具取代鹵素燈

節能措施	展示櫃照明採用 LED 燈具取代鹵素燈	系統分類	照明系統
改善措施	重點照明採用 LED 燈取代低效率之 50W 鹵素燈，可節能 80%以上及降低空調負荷。		
改善前	商場展示櫃平均每櫃約採用 50W 鹵素燈 4 具，除燈具耗電量大、發熱量大所產生相當之空調負荷外，亦容易造成專櫃人員誤觸高溫鹵素燈而燙傷之疑慮。		
改善後	<p>經省電檢討與安全考量，展示櫃照明採用高效率 LED-3W 燈具取代 50W 鹵素燈，目前已更換完成 50 個展示櫃，可有效減少照明用電及空調負載，其節能達 90%以上。</p> <p>註：高效率 LED 燈具發光效率 50~60lm/W，壽命 60,000~100,000 小時。</p>		
節能成效	<p>●省能效益：</p> <p>50W 鹵素燈更換成 LED-3W，展示櫃共可減少耗電約 9.4kW，每年減少照明用電量約 49,519kWh，節省電費約 10.5 萬元。</p> <p>(1)減少耗電=A-B 項=(10-0.6) kW=9.4kW</p> <p>A.以 50W 鹵素燈耗電=(50W/具÷1,000 W/kW)×4 具/櫃×50 櫃=10kW</p> <p>B.以 LED-3W 耗電=(3W/具÷1,000W/kW)×4 具/櫃×50 櫃=0.6kW</p> <p>(2)減少用電量=A+B 項=(41,172+8,619)=49,519kWh/年</p> <p>A.減少照明用電量=9.4kW×4,380h/年=41,791kWh/年</p> <p>B.減少空調照明負載用電量=41,172kWh/年×860kcal/kW÷3,024 kcal/RT×0.7kW/RT×2.1 元/kWh(單價)=11,710kWh/年，8,619 元/年</p> <p>(3)節約電費=A+B 項=86,461+18,311=104,772 元/年</p> <p>A.減少照明流動電費=9.4kW×4,380h/年×2.1 元/kWh=86,461 元/年</p> <p>B.減少空調照明負載電費=18,311 元/年</p> <p>●投資費用：</p> <p>整體更換 200 具 LED-3W 燈具，含工資費用共約 9 萬元。</p> <p>●回收年限：約 1.4 年</p> <p>9 萬元÷10.5 萬元/年=0.9 年</p>		

案例〈12〉非營業場所採減光措施(照度標準合理化)

節能措施	非營業場所採減光措施 (照度標準合理化)	系統分類	照明系統
改善措施	依 CNS 標準進行減光措施，可減少燈具燈管損耗、照明用電及空調負荷。		
改善前	商場內員工走道採用 20W×4 型電子式安定器型日光燈具為主，耗電 72W/具，照明使用電壓 220V。 經實測現場照度 500~700 lux，而依 CNS 照度標準，走道為 150-300 lux，故明顯偏高甚多。		
改善後	依 CNS 標準進行減光措施，建議在走道或非工作區域，採以跳展開燈方式，減光後之照度 150-300 lux，符合 CNS 照度標準，除此之外，可減少燈具燈管損耗、照明用電及空調負荷。		
節能成效	<p>●省電效益</p> <p>預估減光約 200 具燈具後，共可抑低用電 14.4kW、減少照明用電量 63,072kWh/年、節省電費支出約 128,036 元/年。</p> <p>$[(耗電 72W/具 \div 1,000W/kW) \times 200 具] \times 12 小時/天 \times 365 天/年 \times 2.03 元/度 = 14.4kW、63,072kWh/年、128,036 元/年$</p> <p>(註：未計降低空調照明負荷耗電)</p> <p>●投資費用：無(原商場設計已採二線式照明控制線路，僅需操作調整即可)。</p> <p>●回收年限：立即。</p>		

案例<13> 調整冷房溫度

節能措施	調整冷房溫度	系統分類	空調系統
改善措施	在不妨礙商場環境下，應可調整冷房溫度設定至 26°C，在室溫每提高 1°C，可減少約 6~8% 的空調耗電量。		
改善前	經商場實地量測，發現商場室內冷房溫度大約平均 22.8°C，濕度在 69.6%~75.8%RH 之間，回風溫度設定 22°C，此設定條件使空調負載加大，增加無謂之耗能。目前室內溫度控制距離經濟部能源局所提倡節能溫度不低於 26°C，仍有進步空間。		
改善後	在不影響商場環境舒適條件下，各空調區域，提高室內溫度至舒適溫度 26°C，建議可提高送風系統出風設定溫度，在室內溫度每提高 1°C，降低系統運轉負載減少運轉時間，約可減少 12~18% 之空調系統耗電量。		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ● 調整冷房溫度效益： $747,612\text{kWh/年}(\text{空調年耗電量}) \times (26-23)^{\circ}\text{C} \times 6\%/^{\circ}\text{C} \times 2.34 \text{ 元/kWh}$ $=134,570\text{kWh/年}$、31.5 萬元/年 ● 投資金額：0 萬元。利用監控系統自行調整賣場室內溫度，勿需投資費用。 ● 回收年限：立即。 		

案例<14> 調整冰水主機出水溫度

節能措施	調整冰水主機出水溫度	系統分類	空調系統
改善措施	於春秋季及冬季調高冰水主機出水溫度，減少主機耗電。每調高冰水主機出水溫度 1°C，可減少主機耗電量 2%。		
改善前	商場內所使用之中央空調主機，其冰水出水溫度整年皆設定 6.8°C，並未做任何溫度調整控制。		
改善後	視外氣及現場負載狀況，於春秋季調高冰水出水溫度至 8°C，冬天可調高至 9~10°C，以減少空調主機耗電。		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ● 調整主機冰水出水溫度效益： <ul style="list-style-type: none"> (1)春秋季：$(750RT \times 0.72kW/RT + 300RT \times 0.79kW/RT) \times 12 \text{ 時/天} \times 183 \text{ 天/年} \times 80\%(\text{參差因素}) \times 1^\circ\text{C}(\text{提高冰水溫度}) \times 2\%/^\circ\text{C} \times 2.16 \text{ 元/kWh} = (27,301\text{kWh/年}、5.9 \text{ 萬元/年}、12.4\text{KW})$。 (2)冬季：$300RT \times 0.79kW/RT \times 12 \text{ 時/天} \times 91 \text{ 天/年} \times 80\%(\text{參差因素}) \times 2^\circ\text{C}(\text{提高冰水溫度}) \times 2\%/^\circ\text{C} \times 2.16 \text{ 元/kWh} = (8,282\text{kWh/年}、1.8 \text{ 萬元/年}、7.5\text{kW})$ (3)合計效益：$35,583\text{kWh/年}、7.7 \text{ 萬元/年}$ ● 投資金額： 無。自行調整冰水主機冰水出水溫度，勿需投資費用。 ● 回收年限：立即。 		

案例 <15> 降低主機耗電率(改善冷凝器熱傳效果)

節能措施	降低主機耗電率 (改善冷凝器熱傳效果)	系統分類	空調系統																																										
改善措施	加強清洗冰水主機冷凝器銅管，降低冷凝器及蒸發器之 LMTD 值，增加主機熱交換效果，提高主機效率。																																												
改善前	<p>使用三台 500RT 離心式冰水機，冰水主機清洗冷凝器時程排定，都以高壓過高時才進行清洗作業，距離最近清洗作業已約 2~3 年尚未清洗冷凝器銅管，以致目前冰水主機結垢嚴重，經計算其冷凝器及蒸發器之 LMTD 值偏高如下表。主機熱交換效果不佳，效率偏低。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">LMTD-B1</th> <th colspan="2">LMTD-B2</th> <th colspan="2">LMTD-C1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T1 冷卻水入水</td> <td>25.50</td> <td>T1 冷卻水入水</td> <td>24.70</td> <td>T1 冷卻水入水</td> <td>25.80</td> </tr> <tr> <td>T2 冷卻水出水</td> <td>31.00</td> <td>T2 冷卻水出水</td> <td>29.30</td> <td>T2 冷卻水出水</td> <td>30.00</td> </tr> <tr> <td>T 冷媒冷凝溫度</td> <td>38.00</td> <td>T 冷媒冷凝溫度</td> <td>36.00</td> <td>T 冷媒冷凝溫度</td> <td>37.00</td> </tr> <tr> <td>ΔT1</td> <td>12.50</td> <td>ΔT1</td> <td>11.30</td> <td>ΔT1</td> <td>11.20</td> </tr> <tr> <td>ΔT2</td> <td>7.00</td> <td>ΔT2</td> <td>6.70</td> <td>ΔT2</td> <td>7.00</td> </tr> <tr> <td>LMTD</td> <td>9.49</td> <td>LMTD</td> <td>8.80</td> <td>LMTD</td> <td>8.94</td> </tr> </tbody> </table> <p>LMTD(對數平均溫差)=(ΔT1-ΔT2)/ln(ΔT1/ΔT2) ΔT1=T-T1 ΔT2=T-T2</p>			LMTD-B1		LMTD-B2		LMTD-C1		T1 冷卻水入水	25.50	T1 冷卻水入水	24.70	T1 冷卻水入水	25.80	T2 冷卻水出水	31.00	T2 冷卻水出水	29.30	T2 冷卻水出水	30.00	T 冷媒冷凝溫度	38.00	T 冷媒冷凝溫度	36.00	T 冷媒冷凝溫度	37.00	ΔT1	12.50	ΔT1	11.30	ΔT1	11.20	ΔT2	7.00	ΔT2	6.70	ΔT2	7.00	LMTD	9.49	LMTD	8.80	LMTD	8.94
LMTD-B1		LMTD-B2		LMTD-C1																																									
T1 冷卻水入水	25.50	T1 冷卻水入水	24.70	T1 冷卻水入水	25.80																																								
T2 冷卻水出水	31.00	T2 冷卻水出水	29.30	T2 冷卻水出水	30.00																																								
T 冷媒冷凝溫度	38.00	T 冷媒冷凝溫度	36.00	T 冷媒冷凝溫度	37.00																																								
ΔT1	12.50	ΔT1	11.30	ΔT1	11.20																																								
ΔT2	7.00	ΔT2	6.70	ΔT2	7.00																																								
LMTD	9.49	LMTD	8.80	LMTD	8.94																																								
改善後	<p>於年底排定冰水主機大保養，並進行清洗冷凝器銅管，使冷凝器之 LMTD 值降至標準 5°C 以下，提高主機熱傳效率。經清洗後冷媒冷凝溫度如下所示：</p> <p style="text-align: center;">清洗冷凝器增加熱傳效果使 LMTD<5</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">LMTD-B1</th> <th colspan="2">LMTD-B2</th> <th colspan="2">LMTD-C1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T1 冷卻水入水</td> <td>25.50</td> <td>T1 冷卻水入水</td> <td>24.70</td> <td>T1 冷卻水入水</td> <td>25.80</td> </tr> <tr> <td>T2 冷卻水出水</td> <td>31.00</td> <td>T2 冷卻水出水</td> <td>29.30</td> <td>T2 冷卻水出水</td> <td>30.00</td> </tr> <tr> <td>T 冷媒冷凝溫度</td> <td>33.70</td> <td>T 冷媒冷凝溫度</td> <td>32.30</td> <td>T 冷媒冷凝溫度</td> <td>33.20</td> </tr> <tr> <td>ΔT1</td> <td>8.20</td> <td>ΔT1</td> <td>7.60</td> <td>ΔT1</td> <td>7.40</td> </tr> <tr> <td>ΔT2</td> <td>2.70</td> <td>ΔT2</td> <td>3.00</td> <td>ΔT2</td> <td>3.20</td> </tr> <tr> <td>LMTD</td> <td>4.95</td> <td>LMTD</td> <td>4.95</td> <td>LMTD</td> <td>5.01</td> </tr> </tbody> </table>			LMTD-B1		LMTD-B2		LMTD-C1		T1 冷卻水入水	25.50	T1 冷卻水入水	24.70	T1 冷卻水入水	25.80	T2 冷卻水出水	31.00	T2 冷卻水出水	29.30	T2 冷卻水出水	30.00	T 冷媒冷凝溫度	33.70	T 冷媒冷凝溫度	32.30	T 冷媒冷凝溫度	33.20	ΔT1	8.20	ΔT1	7.60	ΔT1	7.40	ΔT2	2.70	ΔT2	3.00	ΔT2	3.20	LMTD	4.95	LMTD	4.95	LMTD	5.01
LMTD-B1		LMTD-B2		LMTD-C1																																									
T1 冷卻水入水	25.50	T1 冷卻水入水	24.70	T1 冷卻水入水	25.80																																								
T2 冷卻水出水	31.00	T2 冷卻水出水	29.30	T2 冷卻水出水	30.00																																								
T 冷媒冷凝溫度	33.70	T 冷媒冷凝溫度	32.30	T 冷媒冷凝溫度	33.20																																								
ΔT1	8.20	ΔT1	7.60	ΔT1	7.40																																								
ΔT2	2.70	ΔT2	3.00	ΔT2	3.20																																								
LMTD	4.95	LMTD	4.95	LMTD	5.01																																								

<p>節 能 成 效</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 改善冷凝器熱傳效益： <ul style="list-style-type: none"> 冷凝溫度每降低 1°C，主機可減少 1.5~3%耗電量 (1)空調主機年總耗電量： <ul style="list-style-type: none"> CH-B1：0.69kW/RT×500RT×4,720 時/年×0.8(參差率) = 1,302,720kWh/年。 CH-B2：0.76kW/RT×500RT×4,720 時/年×0.8(參差率) = 1,434,880kWh/年。 CH-C1：0.74kW/RT×500RT×4,720 時/年×0.8(參差率) = 1,397,120kWh/年。 總耗電量：(1,302,720+1,434,880+1,397,120)kWh/年=4,134,720kWh/年 (2)冷凝器清洗完後，冷凝器 LMTD 值降為 5°C 以下時： <ul style="list-style-type: none"> CH-B1 冷媒冷凝溫度可降低(38-33.7)°C=4.3°C； CH-B2 冷媒冷凝溫度可降低(36-32.3)°C=3.7°C； CH-C1 冷媒冷凝溫度可降低(37-33.2)°C=3.8°C。 (3)減少用電： <ul style="list-style-type: none"> CH-B1：1,302,720kWh/年×4.3°C×1.5%/°C =84,025.4kWh/年 CH-B2：1,434,880kWh/年×3.7°C×1.5%/°C =79,635.8kWh/年 CH-C1：1,397,120kWh/年×3.8°C×1.5%/°C =79,635.8kWh/年 減少總耗電量：(84,025.4+79,635.8+79,635.8)kWh/年=243,297kWh/年 節能率：(243,297 kWh/年÷4,134,720 kWh/年)×100%=5.9% (4)節省電費： <ul style="list-style-type: none"> 243,297kWh/年×2.38 元/kWh =57.9 萬元/年 ● 投資金額：主機及系統大保養一台費用約 10 萬元，三台主機總費用共 30 萬元。 ● 回收年限：30 萬元÷57.9 萬元/年=0.5 年。
----------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

案例<16> 泵加裝變頻器

節能措施	泵加裝變頻器	系統分類	空調系統
改善措施	將區域泵加裝變頻器，配合空調負載需求高低，調整冰水水量，可節省泵浦耗電。		
改善前	空調系統二次側區域泵共 60hp×4 台，分兩 A、B 區供應，A 區為 B1~1F，B 區為 2F~7F，目前管路採 P-S 系統方式配置，現場之空調箱以二通電動比例閥來做溫度控制，區域泵未設變頻因此無法依現場負載變動而調節水量。		
改善後	<p>區域泵裝設變頻器並搭配遠端壓差控制，節能效益可達 30% 以上。</p> <p>註：泵浦變頻其原理如下：依「泵浦之 Q-H 曲線圖」特性，在泵運轉固定於 N_1，只以控制閥調整水量由 Q_1 至 Q_2，此時流量減少部分僅發生在 $h(N_1)$ 的 Q-H 特性曲線上。其揚程由 H_2 增加至 H_1，如假設泵效率在此略成一定值時，軸動力因與 H、Q 成比例，故其變化量為流量之減少率與揚程之增加率之乘積部分而已。若是將控制閥全開，而改變泵轉速由 N_1 降低至 N_2，流量由 Q_1 至 Q_2。則此時 Q-H 特性曲線 $h(N_1)$ 變至 $h(N_2)$，揚程則由 H_2 減至 H_3，軸動力則為流量 Q_1 時之 $(N_1/N_2)^3$ 倍。換句話說，以變頻器控制轉速調整流量至 1/2 時，理論上軸動力則僅 1/2 三次方，約 12.5% 之軸動力就夠了，實際上考慮變頻轉變效率(約 6% 全載損失)，約需 18.5% 軸動力，相對節省電力。泵浦之 Q-H 曲線圖如下圖所示。</p> <div data-bbox="595 1435 1169 1917" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;"><u>泵浦之 Q-H 特性曲線圖</u></p>		

節
能
成
效

● 節能效益：

增設一台區域泵變頻控制後，並依外氣焓值之大小估計其負載之大小，且假設變頻器之低限值為 50%，變頻器耗損功率比例約為 6%。

(1)區域泵年總耗電量：

$$4 \text{ 台} \times 60\text{hp/台} \times 0.746\text{kW/hp} \times 12 \text{ 時/天} \times 365 \text{ 天/年} = 784,195\text{kWh/年}。$$

(2)採用變頻器控制水量耗電：

全年空調負荷概估：100%轉速占 33.4%、75%轉速占 33.3%、50%轉速占 33.3%。

$$4 \text{ 台} \times 60\text{hp/台} \times 0.746\text{kW/hp} \times 12 \text{ 時/天} \times 365 \text{ 天/年} \times [(1^3+0.06) \times 0.334 + (0.75^3+0.06) \times 0.333 + (0.5^3+0.06) \times 0.333] = 451,782\text{kWh/年}。$$

(3)減少用電及節能率：

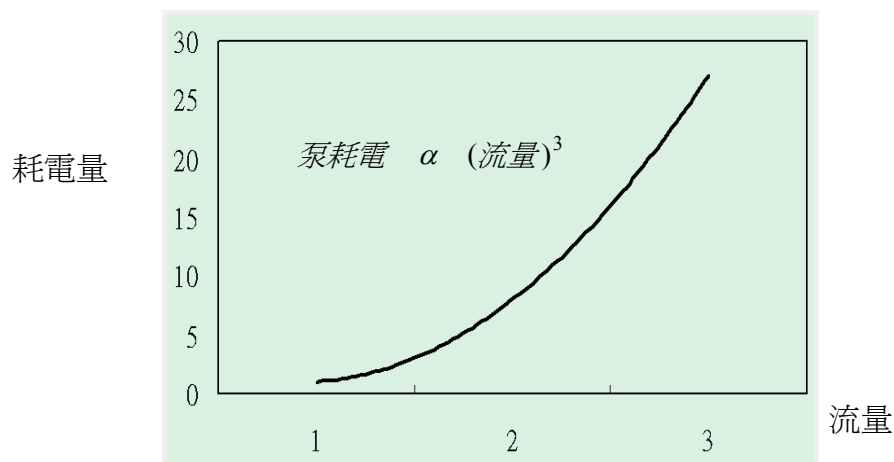
$$(784,195-451,782)\text{kWh/年} = 332,413\text{kWh/年}；(332,413\text{kWh/年} \div 784,195\text{kWh/年}) \times 100\% = 42\%$$

(4)節省電費：

$$332,413\text{kWh/年} \times 2.08 \text{ 元/kWh} = 69.1 \text{ 萬元/年}$$

● 投資金額：購買總馬力數 240HP 變頻器及相關控制設備連工帶料，約需 120 萬元。

● 回收年限：120 萬元 \div 69.1 萬元/年 = 1.7 年。



泵耗電量與流量之關係圖

案例<17> 冷卻水塔風車加裝變頻器

節能措施	冷卻水塔風車加裝變頻器	系統分類	空調系統
改善措施	冷卻水塔風車加裝變頻器，依主機負載需求，控制冷卻水塔風車馬達轉數及風量，提供主機足夠冷卻水量，可節省風車耗電。		
改善前	空調系統在冷卻水側搭配有共有三座方型冷卻水塔：200RT×4 台共三組(冷卻風扇 7.5hp×4 台)。管路連通供冰水機冷卻水散熱使用，風車採溫度控制方式起停，無法依實際負載情況無段式調控水塔散熱。		
改善後	<p>建議冷卻水塔風扇馬達加裝變頻器，依外氣濕球溫度適當調控運轉風扇轉速，以降低整體冷卻水塔風車耗電。如下圖所示。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小約呈正比關係，如果讓所有冷卻水塔同時一起運轉，則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。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="375 996 837 1400"> <p style="text-align: center;">冷卻水塔變頻驅動系統圖</p> </div> <div data-bbox="845 996 1356 1400"> <p style="text-align: center;">冷卻水塔風機控制節能圖</p> </div> </div>		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ● 節約效益： 7.5hp/台×4 台/組×3 組×0.746kW/hp×4,380 時/年×80%(參差率)×2.08 元/kWh×省電 40%=19.6 萬元/年。(21.5kW、94,103kWh/年) ● 投資費用： 四台變頻器含施工約 45 萬元。(價錢依廠牌而不同，實際費用請自行詢價)。 ● 回收年限：45 萬元÷19.6 萬元/年=2.3 年。 		

案例<18> 冷凍冷藏系統監控系統

節能措施	冷凍冷藏系統監控系統	系統分類	冷凍冷藏系統
說明	採用冷凍冷藏系統監控系統，依冷凍冷藏負荷變化及營運時間均衡原則自動控制壓縮機的製冷級數；同時亦可以根據需要自定義營運級數。自適應吸氣壓力控制，節能最高可達 10~15%。		
改善前	冷凍冷藏系統並未並未裝設任何冷凍冷藏系統監控系統，採人為操作，無法隨合理負荷載變化調整，浪費能源。		
改善後	採用冷凍冷藏系統監控系統，依據冷凝壓力控制單元冷凝器啟停級數，並參考室外溫度的變化，調整冷凝溫度設定點，大幅度降低能耗(冷凝溫度每降低 1℃，可以節電 1-2%。自適應冷凝溫度控制，節能潛力可達 10~15%)。		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ●省電效益： 導入後約節省門市冷凍冷藏主機用電 144,000kWh/年，降低流動電費 29.2 萬元/年。 該門市年總用電量：1,342,117 kWh/年 冷凍冷藏節約用電 144,000 kWh/年 節能率：144,000kWh/年÷1,342,117 kWh/年×100%=10.7% ●投資費用：冷凍冷藏系統監控系統 50 萬元。 ●回收年限：50 萬元÷29.2 萬元/年=1.7 年 		

案例〈19〉加蓋式冷凍臥櫃

節能措施	加蓋式冷凍臥櫃	系統分類	冷凍冷藏系統
說明	採用加蓋式冷凍臥櫃，可有效維持冷凍櫃內食品保存所需溫度，亦可減少冷凍櫃耗電 50% 以上。		
改善前	原採用 618 公升開放式冷凍臥櫃共 6 台，食品保存溫度設定 -18℃。因冷凍臥櫃無法完全阻隔熱負荷入侵或冷能外洩，導致冷凍壓縮機(2hp)運轉時間長，冷凍耗電量大。		
改善後	經檢討評估後，改採加蓋式冷凍臥櫃，在一樣容量與溫度設定下，冷凍壓縮機僅需 1hp 即可達到冷凍需求，壓縮機運轉時間約與舊機種(2hp)相當，大幅減少用電需量及冷凍櫃耗電。		
節能成效	<p>●省能效益：</p> <p>原 2hp 用電量：$2\text{hp}/\text{台} \times 0.746\text{ kW}/\text{hp} \times 6\text{ 台} = 8.95\text{ kW}$</p> <p>冷凍櫃用電量：$8.95\text{ kW} \times 8,760\text{ hr}/\text{年} \times \text{約 } 0.8(\text{壓縮機運轉頻率}) = 62,722\text{ kWh}/\text{年}$。</p> <p>減少用電需量：$(2-1)\text{hp}/\text{台} \times 0.746\text{ kW}/\text{hp} \times 6\text{ 台} = 4.476\text{ kW}$</p> <p>減少冷凍櫃用電量：$4.476\text{ kW} \times 8,760\text{ hr}/\text{年} \times \text{約 } 0.8(\text{壓縮機運轉頻率}) = 31,368\text{ kWh}/\text{年}$。</p> <p>節省電費：$31,368\text{ kWh}/\text{年} \times 2.14\text{ 元}/\text{kWh}(\text{該門市流動電費單價}) = 67,128\text{ 元}/\text{年}$</p> <p>節能率：$31,368\text{ kWh}/\text{年} \div 62,722\text{ kWh}/\text{年} \times 100\% = 50\%$</p> <p>●投資費用：</p> <p>618 公升加蓋式冷凍臥櫃一台 3.5 萬元。$3.5\text{ 萬元}/\text{台} \times 6\text{ 具} = 21\text{ 萬元}$。</p> <p>●回收年限：約 3.1 年回收。</p> <p>$21\text{ 萬元} \div 6.7\text{ 萬元}/\text{年} = 3.1\text{ 年}$</p> <p>註：於汰舊換新時進行改善，則不需回收年限。</p>		

案例〈20〉冷凍冷藏採用高效率變頻主機

節能措施	冷凍冷藏採用高效率變頻主機	系統分類	冷凍冷藏系統
說明	冷凍冷藏採用高效率變頻主機；冷凍冷藏主機於汰舊換新時改採高效率變頻主機，可節省冷凍冷藏耗電 20% 以上。		
改善前	原設計冷凍冷藏採 R-22 定頻式機組(冷藏庫 2hp×1 台+開放式立式冷藏展示櫃 4hp×1 台)共 6hp，冷凍冷藏設備全年 8,760hr 運轉耗電量大。		
改善後	冷凍冷藏主機(汰舊換新)改採高效率變頻主機 6hp/台，經實際改善後，約節省冷凍冷藏流動電費 1.3 萬元/年，換算節約用電 7,692kWh/yr。		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ●省電效益： <ul style="list-style-type: none"> 冷凍冷藏主機年耗電：$6 \text{ hp} \times 0.746 \text{ kW/hp} \times 8,760 \text{ hr/年} \times \text{約 } 0.8 \text{ (壓縮機運轉頻率)} = 31,368 \text{ kWh/年}$。 節約用電：$13,000 \text{ 元/年} \div 1.69 \text{ 元/kWh (流動電費單價)} = 7,692 \text{ kWh/年}$。 節能率：$7,692 \text{ kWh/年} \div 31,368 \text{ kWh/年} \times 100\% = 24.5\%$ ●投資費用： <ul style="list-style-type: none"> 6hp/台冷藏變頻機組投資費用 13.8 萬元(主機 8.8 萬元+6 台冷凍櫃配管工資 5 萬元) 定頻機組：12 萬元，(主機 7 萬元+6 台冷凍櫃配管工資 5 萬元) ●回收年限：以差額計算$(13.8 \text{ 萬元} - 12 \text{ 萬元}) / 1.3 \text{ 萬元/年} = 1.4 \text{ 年}$ 		

案例〈21〉多門飲料冷藏櫃玻璃門裝置除霧溼度感應控制器

節能措施	多門飲料冷藏櫃玻璃門裝置 除霧溼度感應控制器	系統分類	冷凍冷藏系統
說明	多門飲料冷藏櫃玻璃門導入冰箱除霧溼度感應控制器，控制除霧電熱絲於冷藏櫃門框高濕時，才通電加熱，可節省除霧電熱絲用電 50% 以上。		
改善前	多門飲料冷藏櫃除霧原採電熱除霧電熱絲，電熱絲保持常 ON 運轉，每天耗電 17 度電。		
改善後	冰箱除霧電熱絲加裝除霧溼度感應控制器加以控制，於冷藏櫃門框高濕時才通電加熱。經實際改善後，約節省除霧電熱絲用電 0.9 萬元/年，換算節約用電 5,325 kWh/yr。		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ●省電效益： 除霧電熱絲年耗電：$17 \text{ kWh/天} \times 365 \text{ 天/年} = 6,205 \text{ kWh/年}$ 節約用電：$9,000 \text{ 元/年} \div 1.69 \text{ 元/kWh(該門市流動電費單價)} = 5,325 \text{ kWh/年}$ 節能率：$5,325 \text{ kWh/yr} \div 6,205 \text{ kWh/yr} \times 100\% = 85.8\%$ ●投資費用：除霧溼度感應控制器一組 0.4 萬元。 ●回收年限：$0.4 \text{ 萬元} \div 0.9 \text{ 萬元/年} = 0.5 \text{ 年}$ 		

案例<22> 電扶梯採用感應馬達加裝變頻器取代 VS 馬達

節能措施	電扶梯採用感應馬達加裝變頻器 取代 VS 馬達	系統分類	其他系統
改善措施	電扶梯及自動走道馬達增設變頻控制，並將其載重訊號回饋至變頻器，以控制其馬達運轉轉速，達到節能之目的。		
改善前	商場內電扶梯計有 3.7kW×4 台、5.5kW×29 台、7.5kW×16 台、11kW×1 台、15kW×1 台，未採變頻控制。每日使用約 10.5 小時(11:00~21:30)，全年約 3,800 小時，電扶梯在非假日購物人潮較少電扶梯長時間低載或空轉，應自動檢知減速，減少耗電。		
改善後	<p>先行評估改善主要電扶梯 5.5kW×29 台、7.5kW×16 台，並以上行電梯為改善對象增設變頻控制，並將其載重訊號回饋至變頻器，以控制其馬達運轉轉速。</p> <p>註：變頻器之選用應注意其額定電流是否能匹配電扶梯最大承載重量，以防變頻器當機，影響電扶梯及自動走道之運轉，造成營業困擾。</p> <p>晚上或星期例假日則建議停止變頻器控制電扶梯及自動走道運轉，因在電扶梯全載狀況下，變頻器反而造成設備耗電。</p> <div data-bbox="555 1111 1214 1346" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: center;">電扶梯變頻控制示意圖</p>		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ● 節約效益： <ul style="list-style-type: none"> 上行電梯每年用電度數概算如下： (1)用電度數：$[5.5\text{kW}/\text{台} \times 15 \text{ 台} \times 80\%(\text{參差因素}) \times 3,800 \text{ 小時}/\text{年}] + [7.5\text{kW}/\text{台} \times 8 \text{ 台} \times 80\%(\text{參差因素}) \times 3,800 \text{ 小時}/\text{年}] = 433,200\text{kWh}/\text{年}$。 (2)支出電費：$433,200\text{kWh}/\text{年} \times 2.02 \text{ 元}/\text{kWh} = 87.5 \text{ 萬元}/\text{年}$。 預估電扶梯採用變頻器後，保守可節省 30%電費支出：$433,200\text{kWh}/\text{年} \times 30\% = 129,960 \text{ kWh}/\text{年}$、26.3 萬元/年。 ● 投資費用： <ul style="list-style-type: none"> 電扶梯變頻器含及其附屬控制設備，1kW 約需 1 萬元，共約 143 萬元。 ● 回收年限：$143 \text{ 萬元} \div 26.3 \text{ 萬元}/\text{年} = 5.4 \text{ 年}$。 		

案例<23>控制停車場抽排風運轉

節能措施	控制停車場抽排風運轉		其他系統
改善措施	可於非例假日在車輛出入較少時，在一氧化碳量控制範圍內，利用時間控制器控制開機台數及運轉時間，以節約用電。		
改善前	地下停車場使用抽排風車 20hp×8 台，目前採手動控制運轉起停，每日運轉時間為 10：00~22：00，全年運轉時數約 4,380hr/年。		
改善後	可於非例假日在車輛出入較少時，採一氧化碳濃度控制器或時間控制器(TIMER)控制，控制開機台數及運轉時間，每小時輪流運轉 30 分鐘之方式，或一氧化碳在 20ppm 以下範圍內，約縮短每天抽排風機運轉時間約 6 小時(12 時/天×50%)，以減少電費支出。		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ● 省能效益： 經改善後可節約用電度數：$20\text{hp}/\text{台} \times 8 \text{ 台} \times 0.746\text{kW}/\text{hp} \times 6\text{h}/\text{天} \times 365 \text{ 天}/\text{年}$(減少運轉時間)=261,399kWh/年。 節省電費支出：$261,399\text{kWh}/\text{年} \times 2.23 \text{ 元}/\text{kWh} = 58.3 \text{ 萬元}/\text{年}$。 ● 投資費用：每台風車馬達均安裝一台時間控制器含線路安裝費以 1,000 元計，8 台需 8,000 元。 ● 回收年限：$0.8 \text{ 萬} \div 58.3 \text{ 萬元}/\text{年} = 0.01 \text{ 年}$ <p>註：一氧化碳濃度控制器含線路安裝費以 1,2000 元計，8 台需 96,000 元。 回收年限：$9.6 \text{ 萬} \div 58.3 \text{ 萬元}/\text{年} = 0.16 \text{ 年}$</p>		

案例<24>排除屋頂因自然採光所產生之熱源

節能措施	中庭屋頂採用變頻器控制排氣散熱		其他系統
改善措施	中庭屋頂因自然採光夏天溫度超過 30°C 以上，將所蓄積於屋頂之熱源排出，可採用變頻器控制排氣散熱，使高樓層商場可以達到設定之舒適溫溼度，並減少空調負荷用電及減少排氣散熱風扇耗電。		
改善前	原屋頂因自然採光所產生之蓄熱採用送風方式降溫，因太陽輻射熱持續且發熱量高，導致高樓層商場溫溼度無法達到設定之舒適度範圍，並產生相當大的空調負荷。 (屋頂蓄熱平均溫度約為 34°C，相對濕度約為 62%RH， $h=87.871\text{kJ/kg}$ ， $SV=0.90\text{m}^3/\text{kg}$)		
改善後	<ol style="list-style-type: none"> 經評估後，於屋頂增設 20hp 變頻式馬達之排風機(排風量 48,780CMH)，將因自然採光所蓄積於屋頂之熱源排出，使高樓層商場可以達到設定之舒適溫溼度(溫度 26°C，相對溼度 55%RH，$h=59.454\text{kJ/kg}$，$SV=0.88\text{m}^3/\text{kg}$) 並減少空調負荷。 商場中庭白天採光足，平均日照時數約 4h/天，1,460h/年。 		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ● 節能效益： 增設一台變頻式馬達之排風機，依屋頂蓄熱平均焓值大小估計其所需之排風量。變頻器之低限值為 50%，變頻器耗損功率比例約為 6%。 (1)減少空調負荷量： a.全年屋頂蓄熱排風量概估：100%轉速占 33.4%、75%轉速占 33.3%、50%轉速占 33.3%。(風量與轉速的一次方成正比) $48,780\text{m}^3/\text{hr} \times 1,460\text{hr}/\text{年} \times [100\% \times 0.334 + 75\% \times 0.333 + 50\% \times 0.333] = 53,431,905\text{m}^3/\text{年}$。 b.減少空調負荷量： $53,431,905\text{m}^3/\text{年} \div 0.89\text{m}^3/\text{kg}$(平均比容) $\times (87.871 - 59.454)\text{kJ/kg}$(焓差) $\times 0.239\text{kcal/kJ} = 407,743,250\text{kcal}/\text{年} = 134,836\text{RT}\cdot\text{hr}/\text{年}$ c.減少空調耗電量： $134,836\text{RT}\cdot\text{hr}/\text{年} \times 0.8\text{kW}/\text{RT} = 107,869\text{kWh}/\text{年}$ (2)排風機耗電： 排風機運轉：100%轉速占 33.4%、75%轉速占 33.3%、50%轉速占 33.3%。(耗電量與轉速的三次方成正比) 		

$20\text{hp} \times 0.746\text{kW}/\text{hp} \times 1,460\text{hr}/\text{年} \times [(1^3 + 0.06) \times 0.334 + (0.75^3 + 0.06) \times 0.333 + (0.5^3 + 0.06) \times 0.333] = 12,550\text{kWh}/\text{年}。$

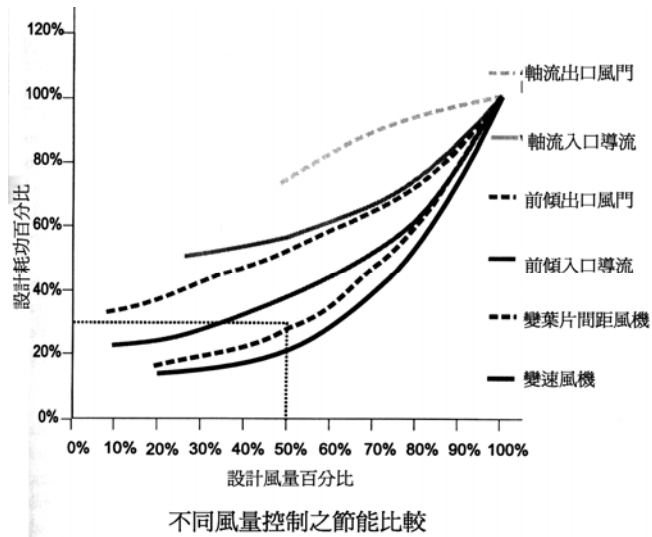
(3)減少用電：

$(107,869 - 12,550)\text{kWh}/\text{年} = 95,319\text{kWh}/\text{年}$

(4)節省電費：

$95,319\text{kWh}/\text{年} \times 2.08\text{元}/\text{kWh} = 19.8\text{萬元}/\text{年}$

- 投資金額：購買排風機 20hp+變頻器及相關控制設備連工帶料，約需 50 萬元。
- 回收年限：50 萬元 ÷ 19.8 萬元/年 = 2.5 年。



不同風量控制之節能比較 (Ashrae 90.1-1999)圖

第十二章、結語

由前章節介紹，可了解隨近代省電又環保之電力照明、空調、冷凍及其它節能系統設備發展，現市面上最熱門節能產品如電子 T-5 螢光燈管、LED 燈、陶瓷複金屬燈、二線式照明控制系統、高效率空調主機、冰水及冷卻水與冷卻水塔變頻器應用、溫控設備、及高效率冷凍冷藏設備(主機、臥式冷凍冷藏櫃、展示櫃、除霜除霧控制器)等節能產品，加上監控系統應用(需量控制系統、大樓能源監控管理系統(BEMS))。目前政府積極獎勵節能設備投資抵減推動節能改善，若購物中心能導入整體節能改善，有 20% 節能潛力空間。未來系統設備及控制設備需求增加，價格降低，其投資回收年限可降至 3 年左右，相信將可更擴大節能效益。

依 2007 年台灣能源查核研究統計商業能源查核大用戶（用電契約 800kW 以上)購物中心共 14 家，總耗電量約 4.37 億度電。若加上未來將依計畫開幕之購物中心將成長至 23 家，總耗電量成長近一倍。

若現階段先透過能源查核服務，加強 14 家購物中心推動節能 10% 計，則可獲得節約用電約 0.437 億度電，以每度電價 2.2 元計，節約電費約 0.96 億元之節能潛力，以平均 3 年回收計算，則可產生約 2.88 億元之節能改善市場經濟效益，並減少二氧化碳排放量約 2.32 萬噸。由各用戶節約能源使用成本降低，可提升經營利潤，加強市場競爭力，對國家整體節約能源及抑低二氧化碳目標推動上，也相對提出貢獻。

節能效益潛力概算：

(1)14 家購物中心總耗電：4.37 億度電/年

(2)節約用電量=4.37 億度電 1.82 億度電/年*節約 10%=0.437 億度電

(3)節約電費=約 0.437 億度電*2.2 元/度計=約 0.96 億元

(4)投資費用=約 0.96 億元*以平均 3 年回收計算=2.88 億元。

(5)減少二氧化碳排放量=約 0.437 億度電*0.637 公斤/度電*0.001 噸/公斤=27,837 噸

編後語

財團法人台灣綠色生產力基金會（簡稱綠基會），主要任務是配合國家能源政策，執行經濟部能源局委辦之各項節約能源技術服務計畫。藉由檢測、診斷找出產業、住商及政府機關部門能源使用缺失，尋找節能機會(政策、技術、設備、管理)，對能源用戶提供能源效率評估及改善規劃、製程、操作等服務工作外，亦製作節約能源海報、貼紙及出版各種節能成果專刊、節能技術手冊，而推廣節約能源的觀念。

此「購物中心 Q&A 節能技術手冊」之編撰，主要是配合購物中心節能之推廣，希望提供給各能源用戶能源管理者，有一參考學習技術觀念與手法之手冊，而自發性推動導入改善工作，並借此加強節約能源教育宣導，落實全民節約能源共識。

此手冊的編撰是在綠基會節能中心王文伯主任的指導下，得以順利完成。其過程首先經中心進行現場節能評估，以了解國內購物中心系統及設備的使用節能現況及特點。感謝台北科技大學能源與冷凍空調系蔡尤溪教授技術撰稿，及由本會郭華生組長及林琦翔工程師配合協助實際相關節能案例資料收集，彙整、編排、增修和校對後，交付廣宣李思昀小姐，進行封面規畫設計，聘請三位諮詢委員台北科技大學冷凍空調系李達生副教授、台灣科技大學電機系蕭弘清教授、台灣綜合研究院楊正光研究員負責審核後，送經濟部能源局呈核核准，才得以印製完成，倉促間內容不免有所疏漏和缺失，還望產、官、學界的各位先進不吝指教正，得以使本手冊更形充實和完備。

參考文獻

- 【1】2006年台灣能源統計手冊，經濟部能源局，2007年4月。
- 【2】黃淑麗，中華民國購物中心協會秘書長，購物中心是城市經濟力與文化力的櫥窗，2008台灣連鎖商店年鑑，購物中心產業動態分析。
- 【3】何美玥，行政院經濟建設委員會主任委員，我國經濟成長主要推手，2008台灣連鎖商店年鑑，P8。
- 【4】王鉞波，經濟部商業司司長，2007年商業動態解析，2008台灣連鎖商店年鑑。
- 【5】2007年台灣連鎖商店普查(5-1-1購物中心P94~95)，2008台灣連鎖商店年鑑。
- 【6】104 黃頁(公司資訊中心) <http://www.104info.com.tw/>
- 【7】ANSI/ASHAE/IESN STANDARD 90.1-2004
- 【8】新加坡SS 530,_2006,_Code of practice for energy efficiency standard for building services and equipment.
- 【9】蔡尤溪、李魁鵬/住商部門非製造業能源查核與耗能指標訂定之研究，93年產業節能技術服務計畫分包研究期末報告(綠基會)。
- 【10】CNS照度標準規定，CNS總號12112類號Z1044。
- 【11】EC-031節約能源技術手冊：經濟部能源委員會，1988年。
- 【12】宋平生，國立師範大學工教系，2007照明節能技術教材。
- 【13】飛利浦(Philips)光源產品型錄，飛利浦2007/2008印
- 【14】Philips Lighting-Compact Lighting Catalogue，1990/91，飛利浦1991印。
- 【15】東亞(TOA)照明2005~2006年綜合型錄，中國電器2006年印。
- 【16】奇異(GE Lighting)光源產品型錄，2003~2004，GE2004印。
- 【17】李碩重編著/照明設計學，全華科技圖書(股)公司印行。
- 【18】7-11節電器節能檢測報告，財團法人台灣綠色生產力基金會、郭華生95, 3, 14。
- 【19】「高效率的省電照明」Green Switch 飛利浦照明節能白皮書，2007年飛利浦照明印製
- 【20】張寅祺，外氣需量控制用於空調節能之研究，台北科大碩士論文，民國97年6月。

- 【21】ASHRAE Handbook, Fundamentals
- 【22】ASHRAE Handbook, Fundamental, 2005, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers.
- 【23】ARI standard 550/590, 1998, Water Chilling Packages Using the Vapor Compression Cycle, Air-conditioning and Refrigerating Institute.
- 【24】蔡尤溪、許庭瑞，「空調送風品質與耗能控制技術研究」，能源研究發展基金研究報告，計畫編號 838W4，1994年5月。
- 【25】McQuiston and Parker, Heating, Ventilating, and Air-conditioning, 4th edition, 1994, Wiley。
- 【26】D.R. Wullfinghoff, Energy Efficiency Manual, Energy Institute Press, 1999.
- 【27】ANSI/ASHRAE Standard 62, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
- 【28】ASHRAE 90.1, 2004, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings。
- 【29】Chia-Wei Liu, Yew-Khoy Chuah, Using Annual Building Energy Analysis for the Sizing of Cooling Tower for Optimal Chiller-Cooling Tower Energy Performance, ISHVAC 2007, September 7-8, Tsinghua University, Beijing.
- 【30】Parker, McQuiston and Spitler, Heating, Ventilating, and Air Conditioning, 6th edition, Wiley, 2005。
- 【31】謝文德博士/量販店冷凍冷藏系統節能措施；集團式量販店企業內部節能服務團節能種子專家訓練講義，工研院能環所2007年9月。
- 【32】郭華生/集團便利商店自願性節約能源第一年(95年度)節能成果報告：財團法人台灣綠色生產力基金會2007年，7月。
- 【33】Energy Savings Potential for Commercial Refrigeration Equipment, U.S. DOE, 1996,
- 【34】97年產業及政府機關節約能源技術服務計畫訪測服務報告，綠基會2008年。
- 【35】2008非製造業能源查核年報，經濟部能源局編印，2008年。