目　　錄

目錄…… i
壹、前言…… 1
貳、超級市場概況…… 2
參、超級市場設備與耗電介紹……5
肆、超級市場耗能指標……18
伍、節約能源措施……32
5.1 電力系統……32
5.2 照明系統……37
5.3 空調系統……55
5.4 冷凍冷藏系統……97
陸、日常節能守則與案例……116
6.1 超級市場日常應遵循之節能守則……116
6.2 超級市場節能重點措施……119
6.3 超級市場設備及節能措施實景……121
柒、結語……126
捌、參考資料……127

壹、前言

台灣地區地狹人稠，自產能源極少，能源百分之九十八以上仰賴進口。而近年來國內能源用量不斷增加，台電夏季尖峰用電量更是屢創新高，政府除積極開發電源及獎勵設置再生能源設備外，並將節約能源及提昇能源效率列為優先推動工作標。

零售通路，可區分為連鎖便利商店、超級市場、量販店及傳統市場四大業種。調查以 107 年連鎖品牌發展情況為主，不包括餐車攤販型品牌，以擁有三家店之連鎖品牌為基本對象，年鑑調查結果為，台灣地區連鎖總部數 2,781 家，總店數為 104,959 店，比起前一年總部數增加 1.5%，總店數成長率為 2.5%【2】。

現國內各超級市場，平均賣場面積約 220 坪(不含倉庫)。以樓地板單位面積計年均耗電約 1,097kWh/m^2.yr，為辦公類建築年均耗電 135.1 kWh/m^2.yr 之 8 倍。經濟部能源局有鑑於此，乃委託財團法人台灣綠色生產力基金會，遴聘國內在超級市場省能服務推廣上，專精之專家學者，鄭正仁、宋福生、吳友烈、朱志強等，協助審查及修訂彙編，相關電力、照明、空調及冷凍冷藏等多方面的經驗及技術資料，提供給各集團超級市場，盼多加參考應用。

貳、超級市場概況

(一)分類與營業規模

一般所稱的零售通路，可以區分為四大業種：便利商店、超級市場、量販店及傳統市場。由表 2-1 各類型物品流通業的基本概況所示，超級市場的基本營業面積約 120~520 坪(不含倉庫面積及停車場)，而商品項數約 1.2 萬項。

表 2-1 各類型物品流通業的基本概況【3】

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	100,000 坪以下	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	120~520 坪	1.2 萬項
專門店	不定	0.3 萬項

(二)國內家數規模及市場潛力

經 107 年經濟部統計處統計【4】，如圖 2-1 台灣超市結構與店數，104 年-105 年超級市場積極拓點，近年則拓展腳步放緩。依據流通快訊店數之統計，連鎖型超級市場家數至 107 年 9 月底已達 2,201 家，較上年底增加 38 家，超級市場家數以全聯 934 家居首，其次為美廉社 641 家，頂好 226 家。佔整體零售業比重持續攀升：觀察近年我國超級市場營業額佔整體零售業比重，由 102 年 4.1%，提高至 106 年 5.1%，增加 1 個百分點，而百貨公司、便利商店及量販業各增加 0.6、0.5 及 0.4 個百分點。

隨著消費者愈趨重視消費的便利性，超級市場深耕社區拓點，擴大販售商品項目。依據經濟部統計處「批發、零售及餐飲業經營實況調查」，超級市場銷售商品以食品飲料類為主，佔 66.8%，家庭器具類佔 15.2%，藥品及化粧清潔用品佔 10.0%，衣著及服飾配件佔 5.1%，其中以藥品及化粧清潔用品、食品飲料類各較上年增加 2.4 及 2.2 個百分點最多。日本超級市場以食品飲料類佔 73.9%為大宗，衣著及服飾配件佔 9.2%，家庭器具類佔 3.6%。

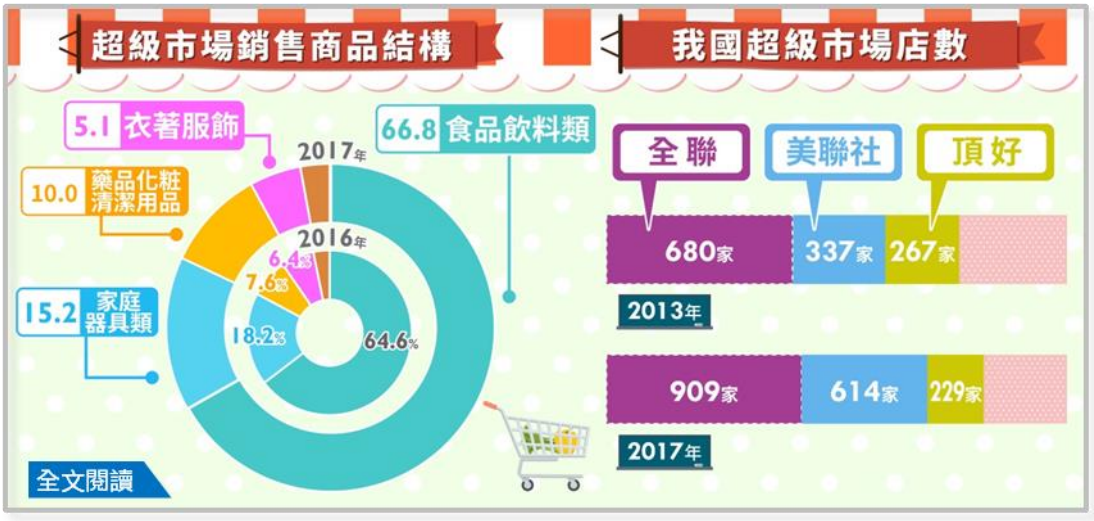


圖 2-1 107 年台灣超市結銷售商品結構與店數【4】

(三)店面規模及總耗電量

根據台灣綠色生產力基金會之調查【5】，國內一般超市之賣場平均面積 891 坪(不含倉庫)，如下表 2-2 訪測四家超市能源耗用狀況所示，若以每家年平均電費約 156 萬元，每度電 3.04 元計，耗電 131.8kW，耗電量約 51 萬 kWh/年，若以未來集團超級市場達 2,201 家計，總耗電約 28 萬 kW，每年耗電將達約 113,104 萬 kWh，電費約 34 億元。

表 2-2　訪測四家超市能源耗用狀況

報告編號	樓地板面積	空調面積	契約容量	尖峰需量	用電度數	功因	平均電價	能源費用
	m^2	m^2	kW	kW	kWh/年	%	元/kWh	元/年
1	304.9	258.7	99	76	331,360	100	3.13	1036362
2	355	301.2	80	93	385,840	96	2.99	1155360
3	1153	1051.8	171	194	662,160	99	3.17	2097385
4	1753	1648.3	150	164	676,160	99	2.89	1951070
平均值	891.5	815	125	131.8	513880	98	3.04	1560044

註: 107 年超級市場節能訪測四家統計資料

依經濟部能局 107 年能源統計【1】，台灣地區總電力消費量 266,376.2 百萬度。而服務業部門電力消費量 47,115.8 百萬度，約佔總電力消費量之 18%。估計超級市場耗電量約 113,104 萬 kWh，約佔台灣地區總電力消費量之 0.24%。

(四)超級市場經營概況及產值

我國超級市場受惠展店效應，商品品項多元化及「點數經濟」行銷策略，致營業額持續攀升，105 年營業額 1,973 億元，106 年營業額突破 2,000 億元，近 5 年平均成長率 7.2%，表現優於百貨公司 3.8%、便利商店及量販業 3.5%，107 年 1-9 月超級市場營業額 1,654 億元，創歷年同期新高，年增 5.9%。與美、日相比，美國因經濟強勁加上減稅，107 年 1-8 月超級市場營業額年增 4.1%;日本 107 年 1-9 月年增 1.2%【4】。

參、超級市場設備與耗電介紹

(一)超級市場設備概況

基本上，以便利服務為主要目標的超級市場，每家經營上朝複合式的賣場，朝賣特殊性商品發展。主要耗電設備除了賣場環境空調設備、生鮮食品保存的冷凍冷藏櫃外，大抵以照明設備、熱食區加熱設備等，依取樣的二家超級市場中超級市場案例耗電設備之裝置情況【6】，大致可了解超級市場設備裝置種類、型式、規格大小、及數量規模。

1. 空調設備：各種形式之空調機，約 30~150RT，隨營業時間啟停。
2. 照明設備：目前超級市場賣場照明大致分三種型式設計。
   (1)採用螢光燈具大致為 T8 型 38W×1、T5 型燈具 28W×1 及 LED 燈具 18W×1
   (2)部分採用 400W×1 複金屬燈具。
3. 冷凍設備：大致以往復式機為主，裝置量約 15hp~50hp，每天運轉時間 24 小時。
4. 冷藏設備：大致以往復式機為主，裝置量約 7.5hp~40hp，每天運轉時間 24 小時。

(二)超級市場耗電概況分析

根據所取樣的二家超級市場進行耗能實測知，各空調、冷凍冷藏設備及夜間局部照明設備耗電分佈，如表 3-1，超級市場設備用電平均契約容量約 300kW，尖峰用電需量約 296 kW，其用電分佈，空調約佔 16.5%、照明約佔 21%、冷凍冷藏約佔 57.5%、其它設備約佔 5%，可見照明及冷凍冷藏之耗電為主要之耗能。

表 3-1 超級市場設備耗電分佈統計(例)

案例編號	能源耗用狀況				電能分佈			
	樓地板面積 m^2	空調面積 m^2	契約容量 kW	尖峰需量 kW	空調 %	照明 %	冷凍冷藏 %	其他 %
1	1153	1051.8	171	194	18	24	48	10
2	1753	1648.3	150	164	15	18	67	0
平均值	1453	1350.05	160.5	179	16.5	21	57.5	5

註：107 年度取樣 2 家超級市場統計

超級市場之耗電特性也可從表 3-2 中獲知，如案例 1 與 2 比較 1 其耗電較多。再者，案例中單位面積年均耗電值差異很大，顯示超級市場之耗電不只與面積比有所關連，似與其用電特性及用電系統之設計有關。以耗電設備冷凍冷藏而言，各案例之年均耗電強度($kWh/m^2.yr$)差異極大，以平均值作為耗電目標之基礎下，其節能之潛力不言而喻。

表 3-2 超級市場之耗電特性

案例編號	樓地板面積 m^2	空調面積 m^2	空調面積 %	電力 $kWh/m^2.yr$	其他 W/m^2	照明 W/m^2	冷凍冷藏 W/m^2	空調 W/m^2	尖峰需量 kW
1	1742	716	31	749.6	19.4	19.1	87.2	30.45	269
2	2394	1556	65	610.1	10.6	46.9	66.9	26.21	323
平均值	2068	1136	48	679.9	15.0	33.0	77.1	28.33	296

註：107 年度取樣 2 家超級市場統計

將以上案例之實測室內環境條件作比較，見表 3-3 除案例 1 之溫度太低，濕度卻多為較高。與室外 CO_2 濃度 370 ppm 比較，表 3-3 中案例之外氣供應量相當充足，平均 775 ppm，因 CO_2 濃度在 1000 ppm 以下即可達到健康的條件，故在無人潮時可減少外氣量，以節約空調耗電。在照度方面，表 3-3 中可見各案例之照度不一，賣場內照度差異極大。表

中之實測值只為取樣檢測之結果，只能作參考用，並非全賣場之測試值。

表 3-3　案例之實測室內環境條件

案例編號	溫度	濕度	CO_2	照度
	℃	%	ppm	lux
1	26.3	73	800	780
2	25.4	68.3	750	1152
平均值	25.8	70.65	775	966

(三)超級市場耗電監測實例

案例（一）

案例一為一家中型超級市場，位於台北市。該連鎖超市分佈於台北縣市總計共有 18 家，超市內所販售之產品分別為新鮮肉類產品、蔬果農產品、冷凍冷藏調理食品、南北雜貨乾糧食品與家庭五金日用品百貨等，超市營業時間為上午 08：00 至晚上 22：00。建築物為綜合住商大樓，面積 1,742.2 m^2，供電電壓 3ϕ4W 220/380V，契約容量 250kW，燈力設備容量 117.64kVA，動力 197kVA，合計 314.64kVA。其他各項設備如表 3-4、3-5、3-6。

表 3-4 案例一超市冷凍冷藏櫃（庫）表

櫃名	蒸發溫度℃	使用溫度℃	櫃數	冷凝機組
水果櫃	-5	7	4	3φ220V10HP
蔬菜櫃	-5	7	8	
肉品櫃	-17	-4	5	
丸類櫃	-17	0	3	
海鮮櫃	-17	-4	4	
冰品櫃	-40	-18	8	3φ220V20HP
乳品櫃	-10	0-3	5	3φ220V6HP
冷凍庫	-40	-20	2	
冷藏庫	-17	0	2	3φ220V5HP
處理場	-5	16	1	
總消耗功率				41HP

表 3-5 案例一超市照明器具表

燈具種類	燈具型式		使用區域	備註
	容量規格	安定器型式		
螢光燈	28W×1 T5 型	電子式	賣場	
螢光燈	14W×3 T5 型	電子式	賣場	
螢光燈	12W×1 LED 型	電子式	賣場	
螢光燈	28W×2 T5 型	電子式	騎樓	
複金屬燈	400W×1	鐵磁式	招牌	

表 3-6 案例一超市空調設備表

設備名稱	型號	數量	規格	消耗功率
空調室外機	7.5kW 10HP(變頻渦卷式壓縮機）3φ220V	4	7.5kW	30kW
空調室內機	4000 kcal/hr（天吊崁入式送風機）	1	1.34kW	1.34kW
	6300 kcal/hr（天吊崁入式送風機）	7	1.53kW	10.71kW
	10000 kcal/hr（天吊崁入式送風機）	5	2.51kW	12.55kW
	10000 kcal/hr（天吊崁入式送風機）	1	3.11kW	3.11kW
總消耗功率		57.71 kW		

該超市之各項設備中以冷凍冷藏設備耗電佔總用電之比例為最大，全年度冷凍冷藏設備佔 64 % ，其他項設備佔 17 % ，照明設備佔 12 % ，空調設備佔 7 % ，如圖 3-1 所示。冷凍冷藏設備為超市主要耗能設備，有別於以往大家認為空調設備為主要耗能設備之觀念，其中可能原因之一為該超市地理位置於地下一樓且冷凍冷藏櫃為開放式且環繞於該賣場，所以冷凍冷藏櫃所產生的冷風外洩提供了該賣場之部分空調負荷需求，而根據以往察訪其他連鎖超市的經驗中，亦發現有空調機長期故障未修理，僅靠賣場冷凍冷藏櫃之低溫來維持現場空調溫度的情形，而本研究經測試亦發現雖然賣場中央溫度為 25.4℃，相對溼度 70 % ，滿足一般舒適空調環境條件，但於展示櫃前之氣溫卻甚低，約 20.9℃，有過冷現象。

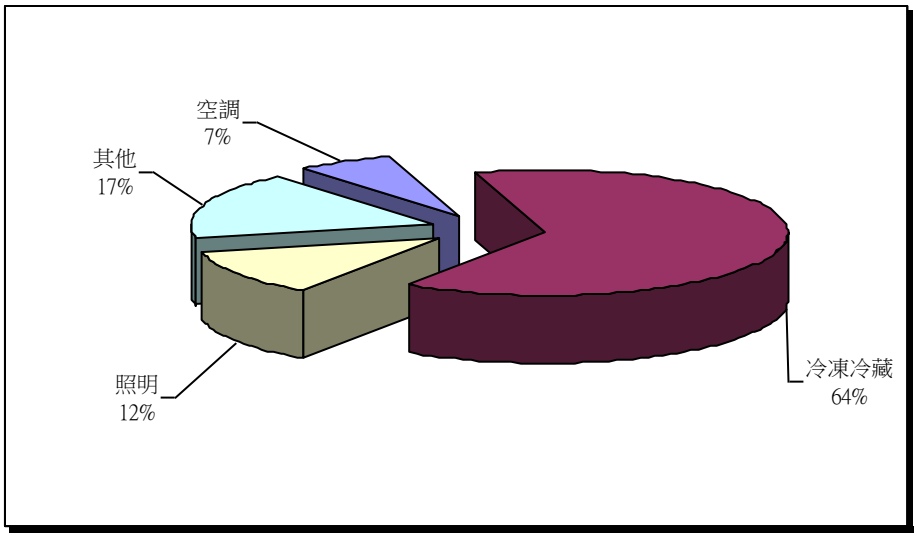


圖 3-1 案例一超市各項設備用電比例

如圖 3-2 所示為案例一超市從 106 年 2 月 1 日至 107 年 1 月 31 日各項設備逐日耗電圖。該超市目前每天空調與照明設備用電量相當穩定，變化不大。該超市之各項設備之耗電量隨著季節的變遷與室外氣溫的變化和消費群眾的多寡而變，例如冷凍冷藏設備之耗電量於冬季之耗電量較低，之後三、四、五、六月份開始隨著季節的變遷，室外溫度逐漸升高冷凍冷藏之用電量隨之高長。相對而言，冷凍冷藏設備與空調設備則有波幅的變動，其中冷凍冷藏設備之耗能波動，主要受到每日消費顧客人潮多寡所影響，並且冷凍庫在進出貨時若未能及時將庫門關上，亦是影響冷凍負荷的原因之一，而夏季空調設備之變化亦是影響整體耗能主要因素之一，從圖 3-2 可知該超市之整體耗能變化，主要受冷凍冷藏設備影響。

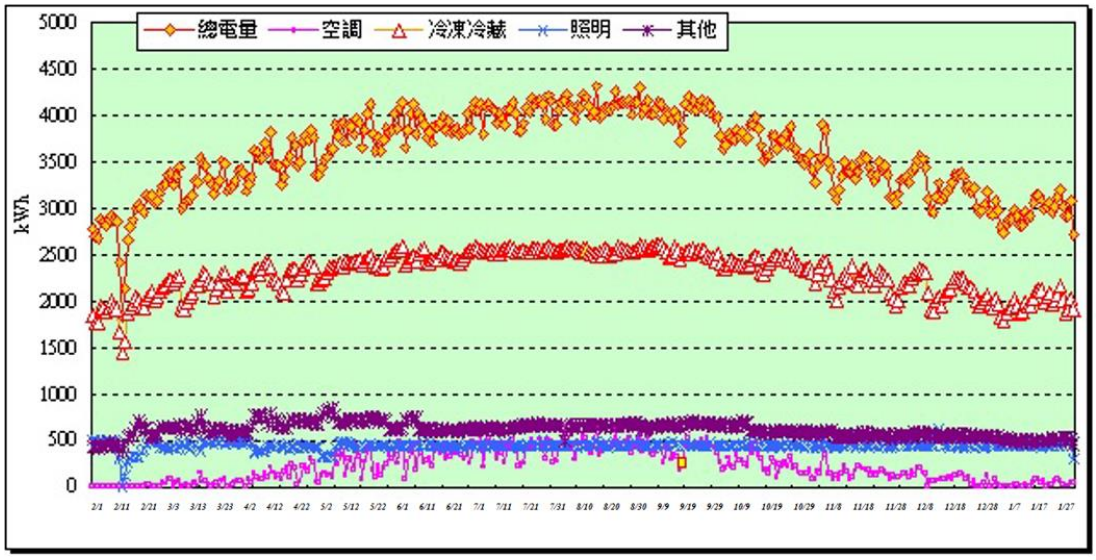


圖 3-2　案例一超市各項設備逐日耗電圖

該超市於 106 年 2 月 1 日開始監測，發生最大尖峰日為 106 年 8 月 2 日下午 1 時 20 分 50 秒，容量為 269kW，雖然該超市契約容量為 250kW，但該日發生大於契約容量之負載時間為 8 月 2 日下午 1 時 17 分至 1 時 22 分為期 5 分鐘，並未持續 15 分鐘所以並未造成該超市當月超約罰款事宜，如表 3-7 所示。該店最大尖峰日總耗電與各項設備逐時耗電圖如圖 3-3 所示。

定義 EUI（Energy Utility Intensity）耗能指標為建物總耗能量或各項設備耗電量 kWh 除以建物的樓地板面積 m^2 所得之數值，其單位為 kWh/m^2。而定義 DUI（Demand Utility Intensity）耗能指標為建築物總耗能或各項設備整年或整月之最大需量值 kW 除以建築物的樓地板面積 m^2 所得之數值，其單位為 kW/m^2。圖 3-4 為該超市各項設備耗電量 EUI 值，每平方公尺總耗電量最大值為八月份 73.22kWh/m^2，冷凍冷藏之每平方公尺耗電量最大值為七月份 45.48kWh/m^2，照明設備之每平方公尺耗電量最大值為三月份 8.18kWh/m^2，空調設備之每平方公尺耗電量最大值為八月份 8.05kWh/m^2，其他設備之每平方公尺耗電量最大值為五月份 12.58kWh/m^2。

圖 3-5 為該超市各項設備每月最大用電需量密度 DUI 值，總耗電量之每平方公尺最大用電需量密度為八月份 154.43W/m^2，冷凍冷藏設備之每平方公尺最大用電需量密度為六月份 87.19W/m^2，照明設備之每平方公尺最大用電需量密度為十二月份 19.08W/m^2，空調設備之每平方公尺最大用電需量密度為七月份 30.45W/m^2。

表 3-7 案例一超市八月二日發生最大尖峰時間

時間	總耗電 kW
PM 01:15:52	241.37
PM 01:16:51	241.56
PM 01:17:50	251.10
PM 01:18:51	255.23
PM 01:19:50	269.05
PM 01:20:50	269.05
PM 01:21:50	268.00
PM 01:22:50	253.15
PM 01:23:53	237.79
PM 01:24:50	237.79

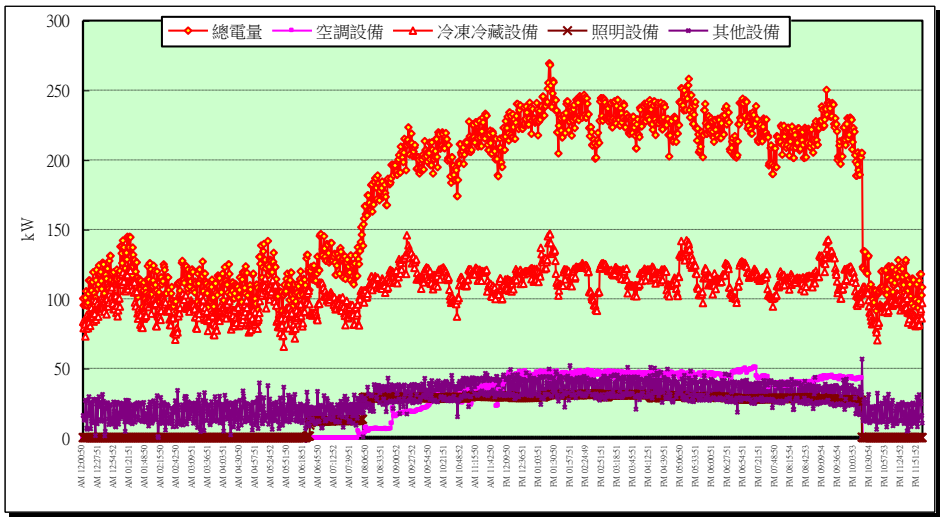
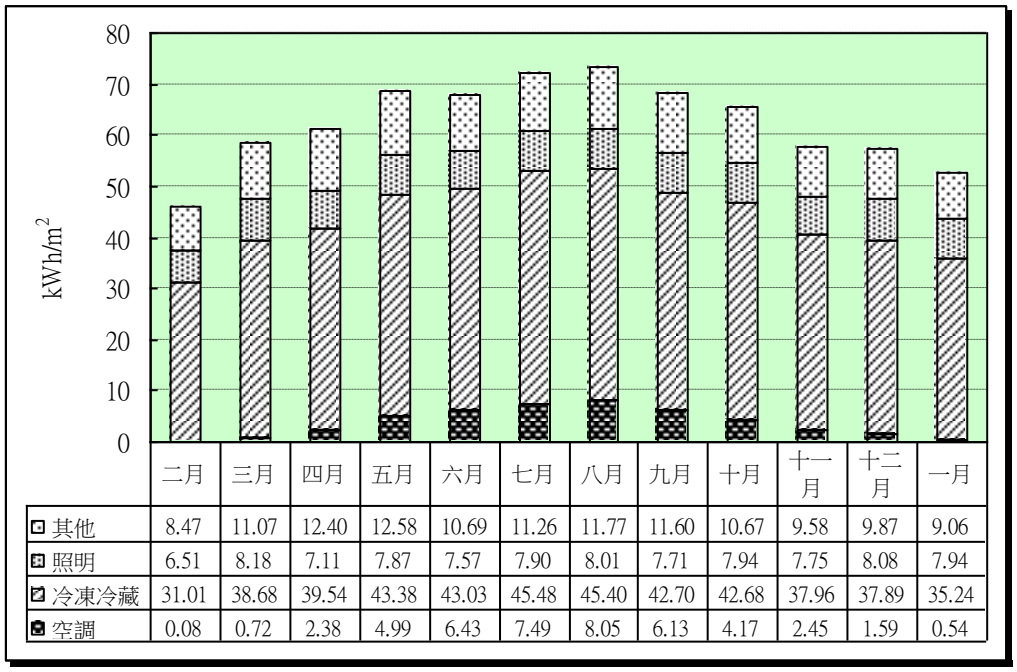
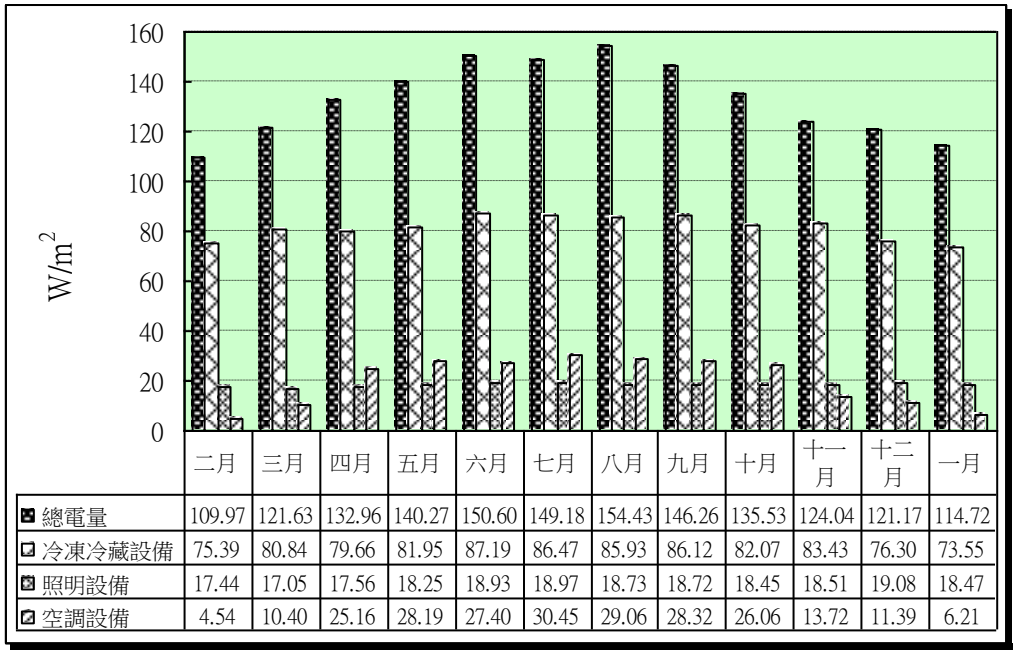


圖 3-3 案例一超市 107 年 8 月 2 日最大尖峰日之用電變動圖



	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	一月
其他	8.47	11.07	12.40	12.58	10.69	11.26	11.77	11.60	10.67	9.58	9.87	9.06
照明	6.51	8.18	7.11	7.87	7.57	7.90	8.01	7.71	7.94	7.75	8.08	7.94
冷凍冷藏	31.01	38.68	39.54	43.38	43.03	45.48	45.40	42.70	42.68	37.96	37.89	35.24
空調	0.08	0.72	2.38	4.99	6.43	7.49	8.05	6.13	4.17	2.45	1.59	0.54

圖 3-4 案例一超市各項設備每平方公尺耗電量



	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	一月
總電量	109.97	121.63	132.96	140.27	150.60	149.18	154.43	146.26	135.53	124.04	121.17	114.72
冷凍冷藏設備	75.39	80.84	79.66	81.95	87.19	86.47	85.93	86.12	82.07	83.43	76.30	73.55
照明設備	17.44	17.05	17.56	18.25	18.93	18.97	18.73	18.72	18.45	18.51	19.08	18.47
空調設備	4.54	10.40	25.16	28.19	27.40	30.45	29.06	28.32	26.06	13.72	11.39	6.21

圖 3-5 案例一超市各項設備每月最大用電需量密度

案例（二）

案例二為一家中型百貨超市所販售之產品分別為新鮮肉類產品、蔬果農產品、冷凍冷藏調理食品、南北雜貨乾糧食品與家庭五金日用品百貨等，該超市營業時間為上午 08：00 至晚上 22：00。面積 2,394 平方公尺，供電電壓 220V/380V，契約容量 350kW，設備容量 166.13kVA，動力 377.75HP。

該超市各項設備中以冷凍冷藏設備佔全年總用電之比例為最大，冷凍冷藏設備佔 52 % ，照明設備佔 35 % ，空調設備佔 7 % ，其他設備佔 6 % ，如圖 3-6 所示。

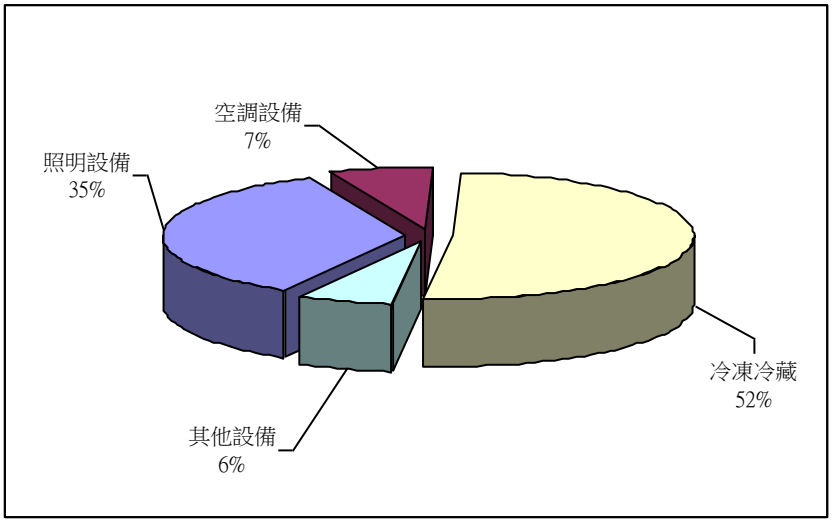


圖 3-6 案例二超市各項設備用電比例

該超市是由 107 年八月份開始監測，從圖 3-7 看出該超市逐日耗能曲線中，總耗能的起伏是由冷凍冷藏設備與空調設備所造成，而冷凍冷藏設備與空調設備的耗能是隨著季節氣候的變遷與顧客消費多寡所影響。該超市賣場位於一樓，賣場內之冷凍冷藏設備有外溢之現象產生，且該超市之各項設備均已老舊性能不佳，經研究人員現場冷凍冷藏櫃測試發現，賣場展示櫃內產品的擺設過於密集，造成低溫氣流無法順利循環，且部分展示櫃結霜情形嚴重，溫度不均。

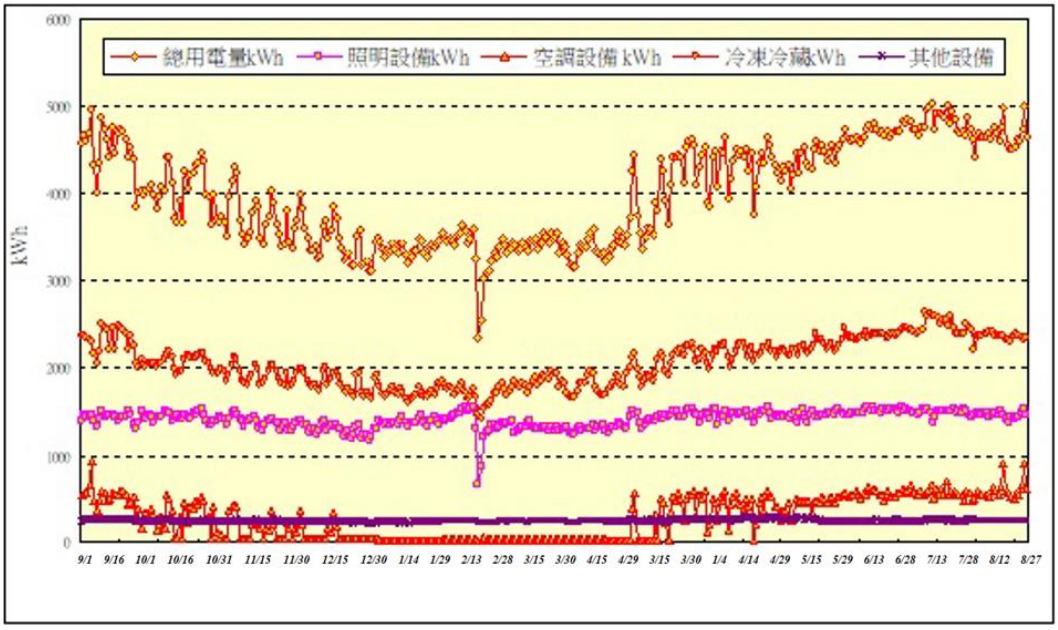


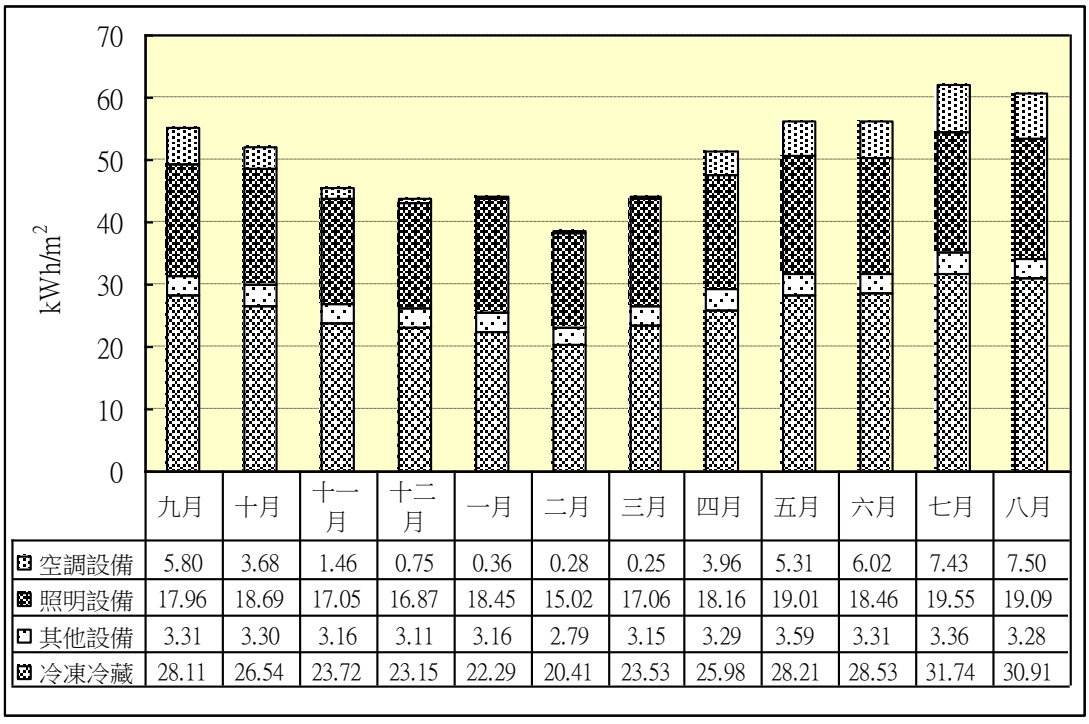
圖 3-7　案例二超市各項設備逐日耗電圖

該超市年度監測結果顯示總耗電量以七月份最大為 148,612kWh，而發生最大尖峰為 107 年 8 月 21 日下午 3 時 10 分，容量為 323.25kW，如圖 3-8 所示。該超市契約容量為 350kW，該超市至目前監測結果尚未發現有超約的情況發生。

圖 3-9 為該超市各項設備每平方公尺耗電量 EUI 值，每平方公尺總耗電量最大值為七月份 62.08kWh/m^2，冷凍冷藏之每平方公尺耗電量最大值為七月份 31.74kWh/m^2，照明設備之每平方公尺耗電量最大值為七月份 19.55kWh/m^2，空調設備之每平方公尺耗電量最大值為八月份 7.5kWh/m^2，其他設備之每平方公尺耗電量最大值為五月份 3.59kWh/m^2。

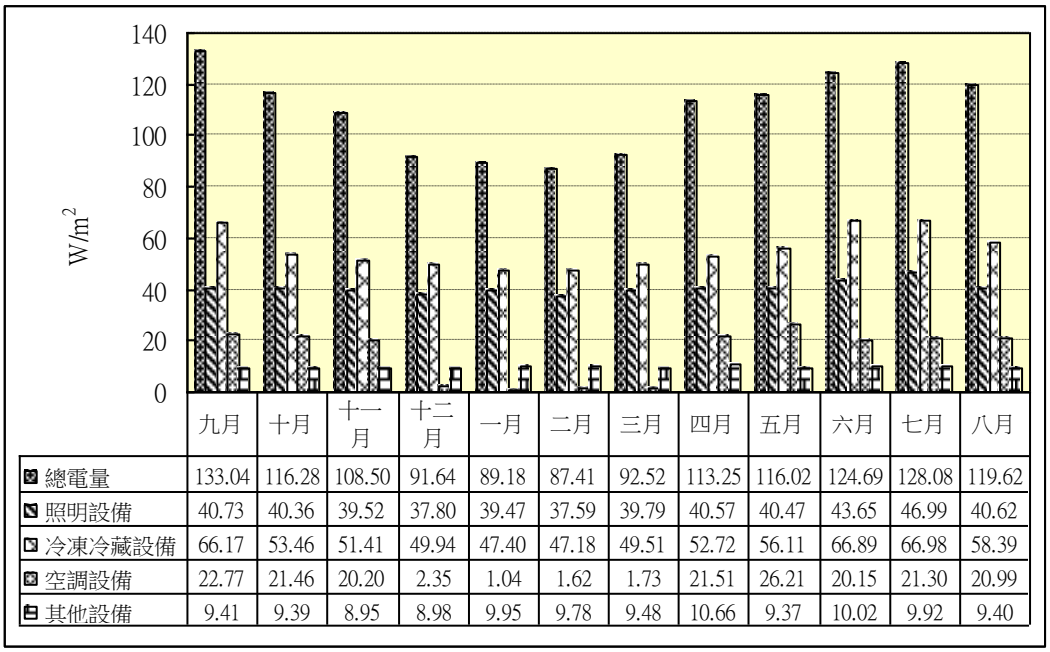
圖 3-10 為案例二超市各項設備每月最大用電需量密度 DUI 值，每平方公尺最大總用電需量密度為九月份 133.04W/m^2，冷凍冷藏設備之每平方公尺最大用電需量密度為七月份 66.98 W/m^2，照明設備之每平方公尺最大用電需量密度為七月份 46.99 W/m^2，空調設備之每平方公尺最大用電需量密度為五月份 26.21 W/m^2，其他設備之每平方公尺最大用電需量密度為四月份 10.66 W/ m^2。

圖 3-8 案例二超市 107 年 8 月 21 日最大尖峰日之用電紀錄



	九月	十月	十一月	十二月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月
空調設備	5.80	3.68	1.46	0.75	0.36	0.28	0.25	3.96	5.31	6.02	7.43	7.50
照明設備	17.96	18.69	17.05	16.87	18.45	15.02	17.06	18.16	19.01	18.46	19.55	19.09
其他設備	3.31	3.30	3.16	3.11	3.16	2.79	3.15	3.29	3.59	3.31	3.36	3.28
冷凍冷藏	28.11	26.54	23.72	23.15	22.29	20.41	23.53	25.98	28.21	28.53	31.74	30.91

圖 3-9 案例二超市各項設備每平方公尺耗電量



	九月	十月	十一月	十二月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月
總電量	133.04	116.28	108.50	91.64	89.18	87.41	92.52	113.25	116.02	124.69	128.08	119.62
照明設備	40.73	40.36	39.52	37.80	39.47	37.59	39.79	40.57	40.47	43.65	46.99	40.62
冷凍冷藏設備	66.17	53.46	51.41	49.94	47.40	47.18	49.51	52.72	56.11	66.89	66.98	58.39
空調設備	22.77	21.46	20.20	2.35	1.04	1.62	1.73	21.51	26.21	20.15	21.30	20.99
其他設備	9.41	9.39	8.95	8.98	9.95	9.78	9.48	10.66	9.37	10.02	9.92	9.40

圖 3-10 案例二超市各項設備每月最大用電需量密度

目前經研究人員多次勘查該超市後，發現目前冷凍冷藏設備老舊，效率低落，且店內之冷凍冷藏櫃產品擺設過於密集造成冷凍效率不良。故建議該超市逐年汰換高效率冷凍主機，以及冷凍冷藏櫃產品擺設盡量避免影響低溫氣流循環，且須定時除霜。

肆、超級市場耗能指標

(一)超級市場耗能指標

在評估超級市場耗能高低之方法，可模仿建築物耗能評估所採用的下面二種方法：

1. 單位面積耗電量 EUI 值，即 kWh/m^2.yr 值：代表各建築物的地區地理氣候環境，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)、購買人數及運轉時間長短(時/年)的整體性綜合指標。
2. 單位面積耗電需量 DUI 值，即 W/m^2值：代表各建築物的地區地理氣候環境，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)、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知要訂定超級市場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。目前國內外所謂耗能指標時，一般都採行簡單之方式，以取樣調查各超級市場耗電量(kW、kWh)、面積(m^2)統計出之 kWh/m^2.yr、W/m^2平均值，此僅供各超級市場做為自行評估節能改善目標之參考值。若政府要訂定耗電量管制指標，則需細分類各條件，才具公平性。

台灣地區超級市場之 kWh/m^2.yr 耗電指標，在內政部之調查研究中【7】，如下表 4-1 調查資料所示，百貨業中的全省超級市場耗電量年平均耗電量為 1,097kWh/m^2.yr。其超市調查樣本面積與年均耗電關係見圖 4-1 所示。

表 4-1 台灣地區百貨商場調查樣本耗電總量平均值分析【7】

類別	單位	全省	北部地區	中部地區	南部地區
百貨公司	kWh/m^2.yr	445	496	348	501
超級市場	kWh/m^2.yr	1097	1113	1001	1233
便利超商	kWh/m^2.yr	1757	1704	1865	1767
店鋪	kWh/m^2.yr	1037	976	867	1338

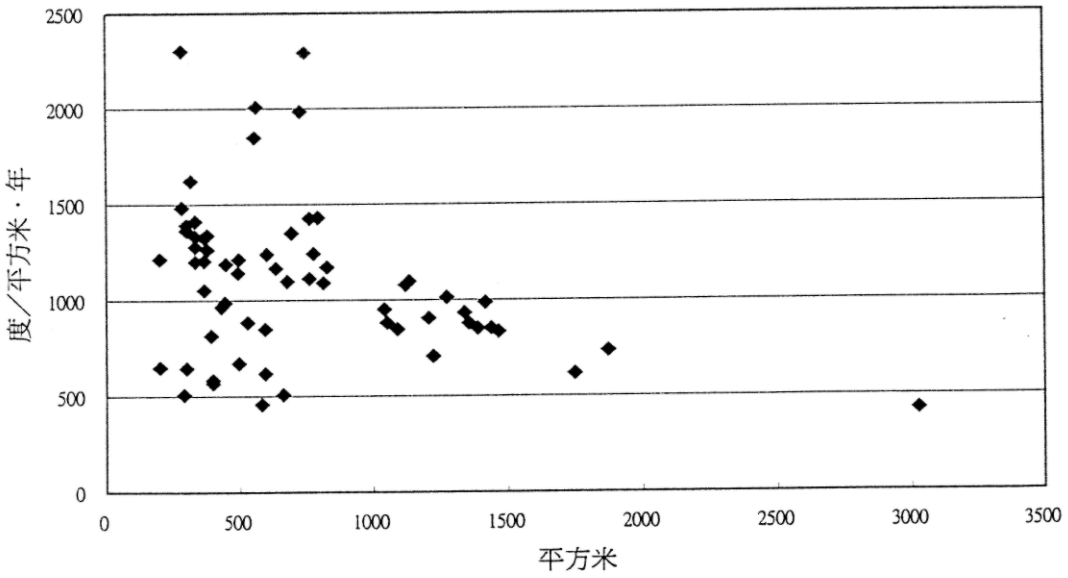


圖 4-1 台灣地區超市調查樣本面積與年均耗電關係【7】

(二)國內超級市場照明、空調耗電指標

有關國內目前超級市場照明、空調耗能指標方面，可依前表 3-2 超級市場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 21.1W/m^2。
2. 空調單位面積耗電指標：約 28.3W/m^2。
3. 動力插座單位面積耗電指標：約 7.7W/m^2。

(三)國外照明能源效率標準

1. 新加坡

新加坡之室內照明用電密度基準，如表 4-2 所示，百貨單位面積耗電指標約 25 W/m^2。

表 4-2 新加坡室內照明用電密度標準【8】

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 & display lighting)	25
Restaurants	15
Lobbies / Atriums / Concourse	10
Stairs / Corridors	10
Car Parks	5
Electronic manufacturing and fine detail/Assembly industries	20
Medium and heavy industries	15
Warehouses / Storage areas	10

2. 美國：

美國對於螢光燈的管理，法源於 1988 年制訂的「國家器具節約能源法案」(PL100-357)及 1992 年制定的「國家能源政策法案」(PL102-486)，前者係規定螢光燈管用安定器的能源效率標準，以安定器效率因數值(BEF)表示，後者則規定螢光燈管之能源效率標準，除了最低發光效率(lm/W)標準外，亦規定最低的平均演色性指數(CRI)標準，其目的除了節約能源外，亦有提升照明品質的目的，凡

輸入美國的產品皆要符合上表規定值才能銷售，以強制手段迫使螢光燈管提升能源使用效率及照明品質。

規範性之規定如照明耗電之建築面積法(building area method,如表 4-3 所示，其中零售業(Retail)空間之照明電力負載以 20W/m^2 標準設計。ASHARE 90.1 亦有個別空間法之照明電力標準【9】，使較大之建築有設計上之彈性。

表 4-3 照明電力標準(建築面積法)【9】

TABLE 9.5.1 Lighting Power Densities Using the Building Area Method

Building Area Type[a]	LPD, W/ft^2
Automotive facility	0.80
Convention center	1.01
Courthouse	1.01
Dining: Bar lounge/leisure	101
Dining: Cafeteria/fast food	0.90
Dining: Family	0.95
Dormitory	0.57
Exercise center	0.84
Fire station	0.671
Gymnasium	0.94
Health-care clinic	0.90
Hospital	1.05
Hotel/Motel	0.87
Library	1.19
Manufacturing facility	1.17
Motion picture theater	0.76
Multifamily	0.51
Museum	1.02
Office	0.82
Parking garage	0.21
Penitentiary	0.81
Performing arts theater	1.39
Police station	0.87
Post office	0.87
Religious building	1.00
Retail	1.26
School/university	0.87
Sports arena	0.91
Town hall	0.89
Transportation	0.70
Warehouse	0.66
Workshop	1.19

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

3. 日本：

日本對發展 LED 產業相當積極，除了專利的布局及策略上之運籌帷幄外，就連 LED 產品標準及量測規範的統籌規劃及推動領先各國前頭，顯見其對搶奪固態照明市場之企圖心。針對白光 LED 制訂的相關標準包括有測光方式、裝置性能及模組安全性等方面；在指示用及顯示器 LED 規格化的標準方面，則有 JEITA 推出相關之規範。除此之外，日本也遵照國際標準規範 ISO 及 CIE 兩大組織所訂定的量測方法，以做為 LED 產品品質的把關門檻。

(四)我國空調及照明能源效率標準

為提升國內空調、照明能源使用效率及照明品質，經濟部訂定及公告窗型冷氣機、箱型冷氣機、空調冰水主機及安定器內藏式發光二極體(LED)燈泡能源效率基準，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 4-4~表 4-9 內容所示。

表 4-4　無風管冷氣機能源效率比值標準對照表

表 4-5　冰水機組製冷能源效率基準

表 4-6　定器內藏式發光二極體(LED)燈泡能源效率基準

表 4-7　辦公室及營業場所燈具節能標章能源效率基準

表 4-8　天井燈節能標章能源效率基準與標示方法

表 4-9　CNS12112 Z104 室內工作場所照明標準

表 4-10 螢光燈管節能標章發光效率基準

表 4-4　無風管冷氣機能源效率比值標準對照表

機種	冷氣能力(kW)	能源效率比(W/W)				
各等級基準		5 級	4 級	3 級	2 級	1 級
單體式	2.2 以下	低於 2.95	2.95 以上，低於 3.10	3.10 以上，低於 3.25	3.25 以上，低於 3.40	3.40 以上
	高於 2.2，4.0 以下					
	高於 4.0，7.1 以下					
	高於 7.1，10.0 以下					
分離式	4.0 以下	低於 3.45	3.45 以上，低於 3.69	3.69 以上，低於 3.93	3.93 以上，低於 4.17	4.17 以上
	高於 4.0，7.1 以下	低於 3.20	3.20 以上，低於 3.42	3.42 以上，低於 3.65	3.65 以上，低於 3.87	3.87 以上
	高於 7.1	低於 3.15	3.15 以上，低於 3.37	3.37 以上，低於 3.59	3.59 以上，低於 3.81	3.81 以上

註：上表適用範圍為消耗電功率 3kW 以下之單體式窗(壁)型冷氣機及分離式窗(壁)型冷氣機

表 4-5　冰水機組製冷能源效率基準

型式		冷卻能力等級	性能係數(COP) kW/kW
水冷式	容積式	< 528kW	4.45
		≧528kW ≦1758kW	4.90
		>1758kW	5.55
	離心式	<528kW	5.00
		≧528kW <1055kW	5.55
		≧1055kW	6.10
氣冷式	全機種		2.79

註：

1.冰水機組性能係數(COP)依 CNS 12575（96 年版)「蒸氣壓縮式冰水機組」於全載標準試驗條件，及各積垢容許值皆為零值下，實測所得之額定製冷能力除以額定製冷消耗電功率，採四捨五入計算至小數點後第二位，不得小於上表製冷能源效率基準。

2.產品標示值亦不得小於上表製冷能源效率基準。

3.經中央主管機關審核具有 CNS 12575 中所述熱回收功能之冰水機組，不在此限。

4.本公告為經濟部 108.08.20 修正公告實施新標準，惟自 109 年 7 年月 1 日施行。

表 4-6 安定器內藏式發光二極體(LED)燈泡能源效率基準

發光效率基準(流明/瓦，1m/W)	非指向型			指向型	
	額定光通量大於 200 流明(1m)	額定光通量 200 流明(1m)以下，大於 50 流明(1m)	額定光通量 50 流明(1m)以下	燈泡出光面實測最大外型尺寸大於 50.8 公厘(mm)	燈泡出光面實測最大外型尺寸 50.8 公厘(mm)以下
額定色溫 2700k 3000k 3500k	70.0	65.0	40.0	60.0	55.0
額定色溫 4000k 5000k 6500k	75.0	70.0	40.0	65.0	60.0

表 4-7　辦公室及營業場所燈具節能標章能源效率基準與標示方法

一、申請辦公室及營業場所燈具(以下簡稱燈具)節能標章驗證之適用範圍、能源效率試驗條件及方法、能源效率基準，應符合下列規定：

(一)適用範圍：應符合中華民國國家標準(以下簡稱 CNS)14335 與 14115 規定之燈具，但經本局認定不適用者，不在此限。

(二)能源效率試驗條件及方法：

1.配光：依據國際照明委員會標準(以下簡稱 CIE)70、84 及 121 試驗，且曲線量測之測試角度間距在 2.5°以下。

2.色溫與演色性：

(1)發光二極體(以下簡稱 LED)：依據 CNS 15437「輕鋼架天花板嵌入型發光二極體燈具」試驗。

(2)螢光燈管：依據 CNS 691「螢光燈管(一般照明用)」試驗。

(3)安定器內藏式螢光燈泡：依據 CNS 14125「安定器內藏式螢光燈泡(一般照明用)」試驗。

(4)緊密型螢光燈管：依據 CNS 14576「緊密型螢光燈管(一般照明用)」試驗。

(5)高壓鈉氣燈泡：依據 CNS 15049「高壓鈉氣燈泡」試驗。

(6)光源無 CNS 規定者，採用類似光源規定為之。

3.距高比：試驗方法如附件一。

4.亮度平均值：試驗方法如附件二。

5.閃爍：依據 CIE TN 006:2016 試驗。

(三)共通性要求：

1.功率實測值經四捨五入取至小數點後第一位，實測總輸入功率在額定總輸入功率之±10%以內。

2.功率因數實測值經四捨五入取至小數點後第二位，應在 0.9 以上，且在標示值之 95%以上。

3.總光通量(lm)實測值經四捨五入取至整數位，應在額定總光通量 90%以上。

4.演色性實測值經四捨五入取至小數點後第一位，應在 80 以上，且不得低於標示值減 3。

5.光源為 LED 時，特殊演色評價指數 R_9 大於零。

6.光束維持率實測值經四捨五入取至小數點後第一位，應符合下列規定：

(1)測試 1,000 小時，光束維持率實測值在 97%以上。

(2)測試 3,000 小時，光束維持率實測值在 95%以上。

7.光生物安全性須符合 CNS 15592「無風險等級」類別。

8.具向上光輸出之懸吊式燈具之向上光束比，依下列公式計算後，應在 7%至 14%之間。

向上光束比=(燈具向上光通量(90°以上)/燈具總輸出光通量)×100%

(四)特殊要求：廠商以格柵燈具及平板燈具申請節能標章時，應符合下列其中

任一組之特殊要求：
1.第一組特殊要求為統一眩光指數及光型，須符合下列規定：
(1)統一眩光指數實測值經四捨五入取至小數點後第一位，應在 19.0 以下。
(2)光型:
A.圖一中 C=0°至 C=180°之平面，參考軸為通過燈具發光面中心點，且與發光面垂直之軸線；參考軸鉛直角 0°之光強度為該平面最大光強度之 0.65 倍至 0.85 倍。
B.圖一中 C=0°至 C=180°之平面，其二分之一最大光強度之角度 θ1 及 θ2 均在 38°以上，且總合在 80°以上。
C.圖二中參考軸立體角 80°內累積光通量在總光通量 80%以上，但具向上光輸出之燈具不在此限。光通量實測值經四捨五入取至小數點後第一位。
2.第二組特殊要求為距高比及亮度平均值，須符合下列規定：
(1)各平面距高比經四捨五入取至小數點後第二位，應在 1.20 以上。
(2)亮度平均值應低於亮度限制基準(如附表)。
(五)能源效率基準：
1.發光效率實測值依下式計算，經四捨五入取至小數點後第一位:
實測發光效率(lm/W)=(燈具總輸出光通量(lm)/燈具總輸入功率(W))×100%
2.發光效率實測值應在標示值 95%以上，且實測值須符合下列規定:
(1)格柵燈具及平板燈具發光效率應在 100.0(lm/W)以上。
(2)其他燈具如天井燈、筒燈/嵌燈及中東型燈、山型燈、工事燈、層板/支架燈等開放型燈具發光效率應在 120.0(lm/W)以上。
二 、廠商申請燈具節能標章時，應檢具該燈具符合 CNS 14335 及 CNS 14115 規定之測試報告。若光源為 LED 燈管之燈具需檢附其所使用 LED 燈管 CNS 15438 或 CNS 15983 之測試報告，且 LED 燈管需標示型號。
三、節能標章產品之標示，應符合下列規定：
(一)標章使用者名稱及住址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須一併記載於產品或包裝上。
(三)產品本體及型錄上應標示產品之額定功率、額定總光通量、額定發光效率、功率因數、演色性指數、閃爍指數及閃爍百分比。

表 4-8　天井燈節能標章能源效率基準與標示方法

一、申請天井燈節能標章之產品適用範圍、能源效率及其相關性能之試驗條件與方法、能源效率基準及其他共通性要求，應符合下列規定：

(一)適用範圍：

1.指一般下照式之懸吊型或吸頂型並經本局認可之燈具，且其額定總光通量應大於 4000 流明(lm)。

2.應符合中華民國國家標準(以下簡稱 CNS)14335 及 14115 規定。

(二)能源效率及其相關性能之試驗條件與方法：

1.配光應依國際照明委員會標準(International Commission on Illumination，以下簡稱 CIE)70、84 及 121 試驗，且曲線量測之測試角度間距應在 2.5 度以下。

2.色溫與演色性：

(1)發光二極體(以下簡稱 LED)光源天井燈應依 CNS15437「輕鋼架天花板嵌入型發光二極體燈具」試驗。

(2)安定器內藏式螢光燈泡光源天井燈應依 CNS 14125「安定器內藏式螢光燈泡(一般照明用)」試驗。

(3)螢光燈管光源天井燈應依 CNS691「螢光燈管(一照明用)」試驗。

(4)高壓鈉氣燈泡光源天井燈應依 CNS15049「高壓鈉氣燈泡」試驗。

(5)光源無 CNS 標準之天井燈者，經本局就上開(1)至(4)之國家標準擇一認可後準用並試驗。

(三)天井燈能源效率基準：

1.能源效率實測值依下式計算並經四捨五入後，計算至小數點後第一位數：

能源效率實測值(lm/W)=實測總光通量(lm)/實測總輸入功率(W)

2.能源效率實測值應在標示值之 95%以上，且符合下列規定：

(1)燈具總光通量低於 20,000lm 者，應在 110.0(lm/W)以上。

(2)燈具總光通量 20,000lm 以上者，應在 80.0(lm/W)以上。

(四)其他共通性要求：

1.實測總光通量(lm)應在額定總光通量之 90%以上，總光通量實測值經四捨五入後，計算至整數位。

2.實測總輸入功率應在額定總輸入功率之 110%以下，功率實測值經四捨五入後，計算至小數點後第一位數。

3.實測功率因數應在 0.90 以上，功率因數實測值經四捨五入後，計算至小數點後第二位數。

4.實測光束維持率應符合下列規定，光束維持率實測值經四捨五入後，計算至小數點後第一位數：

(1)LED 燈具須測試 1,000 及 3,000 小時，光束維持率實測值應分別在 97.0%及 95.0%以上。
(2)非 LED 燈具須測試 1,000 及 3,000 小時，光束維持率實測值應分別在 90.0%及 85.0%以上。
二、節能標章產品之標示，應符合下列規定：
(一)燈具本體或包裝上清楚載明標章使用者名稱及地址。
(二)標章使用者若為代理商，其製造者之名稱及地址須一併記載於燈具本體或包裝上。
(三)燈具本體或包裝上清楚載明燈具之額定色溫、額定演色性、額定光通量及額定能源效率。

表 4-9 CNS12112 Z104 室內工作場所照明標準

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

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

表 4-10 螢光燈管節能標章發光效率基準

螢光燈管尺寸	試驗用安定器	光源色/發光效率（lm/W）		
		晝光色(D)	冷白色(CW) 晝白色(N)	白色(W) 溫白色(WW) 燈泡色(L)
95 公分以上	使用 CNS 691 規定之 試驗用安定器	86.0	90.0	92.0
	使用 CNS 13755 驗證登錄 合格之電子式安定器	95.0	99.0	101.0
65 公分以上、 小於 95 公分	使用 CNS 691 規定之 試驗用安定器	82.0	85.0	88.0
	使用 CNS 13755 驗證登錄 合格之電子式安定器	89.0	92.0	95.0
小於 65 公分	使用 CNS 691 規定之 試驗用安定器	78.0	81.0	84.0
	使用 CNS 13755 驗證登錄 合格之電子式安定器	86.0	89.0	92.0

註：

(1) 光源色、發光效率、功率、標章使用者名稱及其住址須清楚記載於產品或包裝上。

(2) 產品型錄上應標示產品之光源色、功率及發光效率。

伍、節約能源措施

5.1 電力系統

超級市場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：

(一)用電設備

事實上，每家超級市場的主要設備均相差不大，除了食物保存的冰箱、展示櫃、冷凍櫃及環境控制之空調設備外，尚包含以照明設備提供具有誘因之舒適而明亮的環境;以微波及其他加熱設備供賣場之熱食烹煮作業;辦公行政所需的作業用電;動力運輸設備、配電系統及供電設備等，構成超級市場的主要電力負荷。但就使用能源與用電設備的型態則幾乎大同小異，大約可分為下列七大類:

超級市場的主要用電設備：

1. 冷凍冷藏食品之冷凍系統電氣負載
2. 空調設備及空調系統
3. 電熱設備、食品現煮設備
4. 照明設備
5. 收費記帳、一般行政作業等辦公作業
6. 其他動力設備如抽排風、給水設備
7. 供電系統及受電設備

超級市場依各類型賣場的主要用途及其配屬用電設備而言，超級市場的主要用電設備如下表 5.1-1 所示。

表 5.1-1 超級市場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
辦公場所	一般性事務辦公服務	空調、照明、其他事務機器
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

（二）配電系統供電電壓

超市用電設備平均用電需量約 200～350kW，大都採 11.4kV 或 22.8kV 高壓用電，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。基於前述的超級市場用電設備，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。

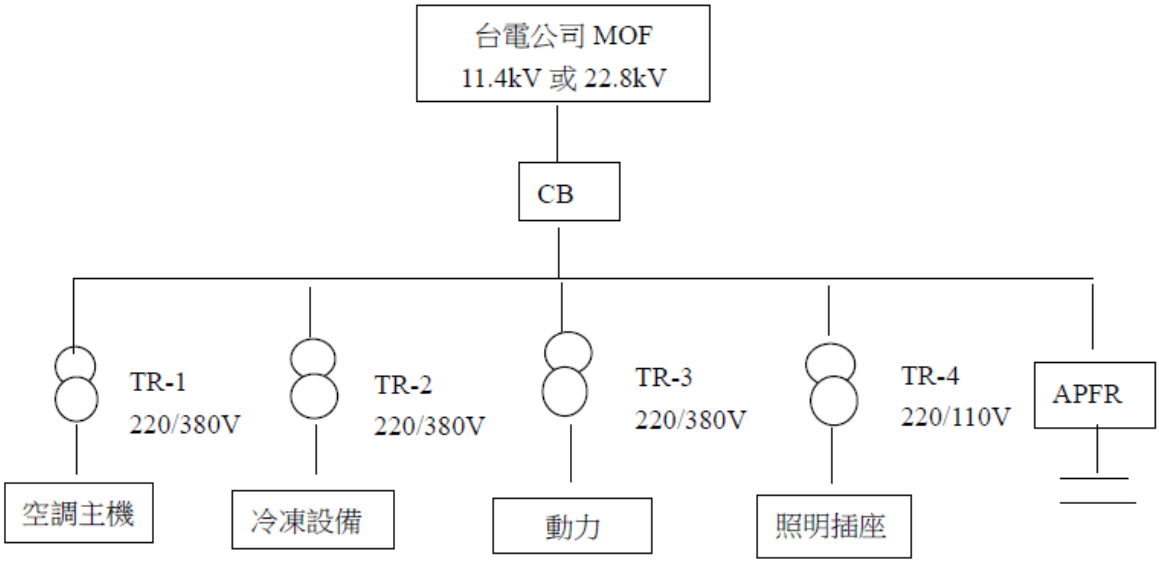


圖 5.1-1 一般超級市場的配電示意單線圖

(三)電壓變動率標準及線路壓降

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，其壓降不得超過該分路標稱電壓之 3%，分路前尚有幹線者，幹線壓降不得超過 2%。」(幹線＜2%＋分路＜3%＝＜5%)。為節約能源起見，宜將線路壓降控制在 3%以內(幹線＜1%，分路＜2%)。為因應電壓調整，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【10】

機　　器	容許電壓變動	備　　註
交流發電機 同步調相機	±5%	於額定頻率及功率因數下。
交流電動機	±10%	如電壓、頻率同時變動時，應在電壓±10%，頻率±5%範圍內，而且其二種變動%之絕對值之和應在 10%以下。
變　壓　器	±5%	於額定頻率及功率因數下。
電　容　器	±10%	於額定頻率下。
日　光　燈	±6%	
白　熾　燈	±6%	

(四)契約容量訂定與抑低尖峰需量

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，所以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：

(1)財團法人台灣綠色生產力基金會服務業節能服務網
(www.ecct.org.tw)

(2)台電-高壓入口網站(https://hvcs.taipower.com.tw)

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，可短暫停機或卸載之負載諸如：多台式冰水主機、箱型機、停車場、抽排風扇等。

(五)供電電壓調整

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。因此若超級市場據實地量測照明回路，當電壓偏高額定電壓 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。

(六)功因調整改善

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一；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。

因此超級市場加裝電容器組以手動或自動控制操作，功率因數調整至 95%，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 95%，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，隨負戴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。

(七)其他設備的節能省電措施

超級市場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，以達全面推動超級市場節能。

5.2 照明系統

超級市場照明系統好的規劃設計，講求配合消費者消費行為，除提供舒適的購物照明品質環境外，尚需重視照明設備高效率及節電功能。因此針對照明節能有關之消費行為分析、照明結構、照明狀況、照明光源及燈具選用方法、光源的選用準則、螢光燈用安定器與省電的關係、照明燈具的考量、建築照明之節能規範概要、理想超級市場照明規劃設計、照明控制方式、照明設備的維護保養與汰換、及照明改善整體節約能源效益等，說明如下：

(一)超級市場照明與消費行為分析

商品銷售行為中，將商品透過建築物內動線規劃構成、內部裝修、商品陳列方法等巧妙地配合起來，以提高空間造型感，這對提高出售率和相應的附加價值具有重要的意義。隨著社會經濟的變化，必須敏感地抓住消費者的心理，滿足顧客的慾望，也就是以顧客為主體來設計照明。

許多上班族及社區民眾，每天或假日都到超級市場採購，已成為都市生活樂趣的一部份，營造明亮有安全感且氣氛良好的營業空間是十分有必要的。尤其是年輕Y世代及年輕婦女，富有衝動購買慾望及強烈的購買力者，良好的照明可以催化消費行為的完成。照明乃超級市場吸引顧客上門及交易不可缺少的要素之一，但相對地照明品質及節約能源，也是值得重視的重點。

一般來說，進入超級市場的顧客的心理，可分為九個階段：不關心、在意、興趣、聯想、慾望、比較、信賴、行動、滿足。

以照明方面來看，過路的顧客在第一個階段時，重要的是藉由外部裝修、色彩、店面設計等，來造成喜悅接近的氣氛，提高對顧客的吸引力，不但穩定老顧客，也爭取新顧客。依靠店面和陳列窗的展示和照明的效果，把人的眼睛吸引住的第二階段，以及給興趣和聯想的第三階段、第四階段是重要的階段，在第五階段為了透視客人到超級市場來，需要適當的照度分配及裝飾的效果。第六階段比較產品差異以後，則希望有充足的照度和適合於該商品的光色（實用性）的照明以下決定選購商品。最後在第九階段選購完成滿意回家，這些照明要從人在買物品時留下好的印象，轉變成讓顧客下次還想再到超級市場來的重要因素。

顧客這樣的購買心理，按業務的種類而有所不同，時大時小，照明亦需按對應情況，而作適當調整。

依超級市場照明的目的來說，基本要求是把商品價值顯示出來，若照明（燈具）效果較商品本身更為顯眼，則煞費苦心的商品排列就完全得不到有效的利用。因此，巧妙地利用光作用是很必要的。

照明是依靠光線的功能，讓燈光作用於顧客的眼睛，其注視到商品上，這對推動顧客希望慾求心理，有重要的作用，而且對出售率的提高也有很大的幫助。

良好的超級市場照明是依靠空間協調的光線，來滿足人的舒適感，以及生理和心理要求，以引起買者的興趣。超級市場使用的照明器具，除外形要求美觀之外，更重要的作用是展現出良好的演色性，以使商品看起來真實，提高商品價值感與顧客購買慾。

(二)超級市場照明結構

超級市場照明可分為一般照明、重點照明和裝飾照明三部分構成。這三部分的構成比例適當，就能得到良好的照明效果。

1. 一般照明：

目前超級市場內的一般照明，以全般照明為主，只考慮明亮，容易產生平淡感與刺眼眩光，這樣的設計作為超級市場照明不一定是適當的。照度基準可以按中華民國國家標準(CNS)選定，由於照度相對偏高，結果增加冷氣負荷，浪費電力；並且有極大比例的超級市場是採用傳統鐵磁安定器，低功因又高耗能，徒然增加電力浪費。此外，即使是一般照明，也有些超級市場是使用低演色性的燈管，影響對顧客的吸引力。

2. 重點照明：

這是為了重點地把主要商品和場所照亮，以增加顧客的購買慾望。照度隨商品的種類、形狀、大小、展出方式等而定。必須有和店內一般照明相平衡的良好的照度。在選擇光源及照明方式時，也不能忽視商品的立體感、光澤及色彩等情況。重點照明的要點是：

(1) 以高亮度光源突出商品表面的光澤。

(2) 以強烈的定向光突出商品的立體感和質感。

(3) 利用投射光突出特定的部位和商品。

在台灣的一般超級市場使用重點照明的比例仍低，以熱食區為主；但未來多角化經營項目更加增多時，可能會設計並使用重點照明。

3. 裝飾照明：

這是表現超級市場業務狀態和顧客性格的氣氛照明。如通過照明器具的外形美和把它排列成裝飾性圖案（屋頂面燈具的布置和懸吊照明器具的排列），使店內產生富有生氣的理想光線，或對物品造成良好的照明效果，或依靠牆面的照明造成室內的氣氛效果，都應注意把它作為內部的裝飾因素而協調組合起來。

(三)國內超級市場照明狀況

台灣地區的集團超級市場照明有時則須配合保全錄影需要，而必須在部分空間或角落採全天照明。營業空間內的室內主要照明設備常須配合空間之高度及展示品的性質，而做不同光源的選擇。其中以開放型無防眩格柵板的螢光燈具為主，並以 40W×1、40W×2 、20W×4 及 110W×2 的螢光燈具居多，如表 5.2-1 案例，而安定器則電子安定器及傳統電磁安定器都有，燈管方面大都以三波長高演色性燈管 6,700K 晝光色為主，可提供演色性佳而又符合節能效益的全般照明。至於在賣場挑高空間區域，而常採用高強度氣體放電燈如複金屬燈。在精品場所如化妝品或飲食熱品處，過去大量使用耗能較高之白熾燈或鹵素燈，現在則以高演色性投光型 LED 燈來提高購買誘因。

依據實測結果，在國內超級市場照明設備高達 1,000Lux 以上的照度水準，固然可以在營業之外並產生安全的作用，協助了警察局的保安功能，有助於治安；但偏高的照度則有浪費能源之嫌。以一般性商品銷售為主之超級市場，其照度水準較高，容易與人明亮的舒適感，吸引買氣；而較低照度的超級市場，或許基於營運成本考量，減少照明支出，但若參考顧客流量，則照度也隱約與營業額有關聯，故超級市場的照度若要訂定一個合理的數值，顯然頗有困難及難以執行之處。

對既有照明系統照度及電壓偏高者，為省電及延長燈泡壽命，目前已有廠商嚐試引進降電壓供電來供照明設備使用，約可減少 15%左右的電費，設備約 2 年半就可回收，值得業者自行評估參考。

表 5.2-1 超級市場的選用燈具光源案例

照明案例(一)

區 域	光 源	區域大小(m)	距離量測高度 (m)	平均照度(Lux)
電器	110W× 40 支	15 × 7	2.0	955
服飾	110W ×40 支	16 × 5	2.0	1137
文具	110W ×24 支	23 × 3	2.0	1006
衛浴用品	110W ×96 支	10 × 8	2.0	1125
一般商品	110W× 40 支	26 × 3	2.0	876
蔬果	複金屬燈 70W ×48 燈泡	10 × 11	1.0	916
區域	光源		平均照度(Lux)	
魚類	複金屬燈 70W×6 個 110W ×8 支		1473	
肉類	螢光燈 36W×12 支		1118	
麵包	LED 8W×13 個 LED 14W ×14 支		1240	
冷飲	螢光燈 40W 燈管		1802	

照明案例(二)

區域	光源
電器	螢光燈 40W ×54 支
服飾	螢光燈 40W ×54 支
文具	螢光燈 40W ×72 支
衛浴用品	螢光燈 40W ×68 支
一般商品	螢光燈 40W ×36 支
蔬果	省電燈泡 17W×28 個
區域	光源
魚類	省電燈泡 17W×14 個； 螢光燈 40W ×6 支
肉類	白熾燈 40W ×16 支
麵包	省電燈泡 17W×8 個； 螢光燈 40W ×24 支
冷飲	螢光燈 40W 燈管

(四)照明光源及燈具選用方法

商業用照明光源在選擇上，對於商業之營運成本有很大之影響，因為各種光源具有獨自之特徵，所以如果能適當選擇燈具及光源，對於營業所需之目的及氣氛，甚至節能都有很大之影響，見表 5.2-2、表 5.2-3、及表 5.2-4。依據光源種類特性選擇光源之方法，大略如下：

1. 效率與壽命：

光源之效率可以 lm/W 表示，表示輸入 1W 之電力，其可以發出多少流明(Lumen)之光線（稱為光束）。光源之效率與壽命都會在製造廠之型錄上列出，基於經濟及維護的考量，選用發光效率高且壽命長，又可以兼顧換裝費用低廉者，應是特別重要的考量，對營運成本有很大的關連。超級市場自以 40W、110W 長直管為最佳之光源。節能標章產品要求發光效率需達 90 lm/W，而螢光燈平均演色性 Ra≧80。

2. 光色（色溫K）：

一般稱為色溫，一般而言，色溫低於 5,000K 者為暖色系，反之溫高於 5,500K 為冷色系。它影響了使用場所的氣氛，應隨照度高低而適當地變化。台灣為亞熱帶氣候，目前國內超級市場賣場照度都已提高至 1,000Lux 以上，因此宜選擇色溫 5,500K 為宜。若選擇暖色系色溫 4,000K 以下者，有燥熱之感覺，需降低冷氣溫度克服，但也因而較為耗電。但熱食區可用暖色系光源，產生溫暖之感覺。

3. 演色性(Ra)：

是光源對於物體顏色顯現程度，以白熾燈泡的連續光譜分布較接近自然陽光的分布而作為比較的基準，其他光源對於同一物體不同顏色的表現傳真度，經加權平均所計算得出者稱為相對演色性評價係數(Ra)，並以白熾燈作為(100％)，所以選用 Ra 值愈高的光源，對於色彩的表現愈鮮豔，但價格也愈貴，超級市場以銷售商品為主，自然以 Ra 在 80 以上為佳。一般以功能區別，室內 Ra=85 以上、室外 Ra＝70 以下，既可以充分產生購買誘因，也可以降低投資費用。因此對商品與非商品區照明光源應有所區分。

4. 輝度：

乃用以評量發光體對於人體眼睛刺眼眩光的比較參數，發光光度越高者、發光體對眼睛的投影面積越小者，輝度值越高，對眼睛的刺激與不舒服也越高。晚上怕來車的遠光燈、喜歡看日出卻又不敢直視太陽，都是輝度偏高而刺激眼睛不舒服的案例。但是被照面所呈現的輝度較高，則可以產生更明亮的突出效果。實用上的考量，重點照明均採高輝度聚光之照明燈具，如珠寶店中以 LED 燈來突顯珠寶與名錶的價值感。基礎照明則應採高效率低輝度之照明燈

具，自然以格柵板反射鏡面型螢光燈具為佳，既可以產生足夠的照度與輝度，又可以遮蔽刺眼眩光，最為適宜；超級市場燈具設計原則，燈具吊掛 4m 以下者，應可採用鏡面反射型 OA 螢光燈具，可惜目前國內的部分超級市場基於成本考量，而採用無格柵板的開放型燈具，造成眩光光害，並非良好的照明品質。燈具吊掛 4m 以上者，則應採用低輝度高天井 LED 燈，可減少燈具數量投資及維護費。

表 5.2-2 光源與燈具的選擇各種光源的特性

項目	T8 燈具	T5 燈具	直管型 LED 燈具
平均壽命(h)	8000	20000	30000
演色性	Ra80	Ra85	Ra80~90
閃頻(秒)	高頻 40000~50000/秒	高頻 40000~50000/秒	無(直流電)
每管瓦數	短 18W(2 尺)　長 38W(4 尺)	14W(2 尺)或 28W(4 尺)	9W(2 尺)或 18W(4 尺)
燈管管徑	26mm	16mm	26mm
燈管管長(mm)	604(2 尺)　1213(4 尺)	565(2 尺) 1163(4 尺)	604(2 尺)　1213(4 尺)
發光效率	1W=70lm　18W=1260lm	1W=90lm　14W=1260lm	1W=85~100lm
光衰狀況	3000 小時達 80%	10000 小時達 80%	10000 小時 90%
水銀含量	10~15mg	3~5mg	0mg
消耗功率	80W	60W	30~45W
省電比	比 T5 多出 20%耗電量	*	比 T5 節省約 25~50%

表 5.2-3 各種光源燈泡的種類與特徵

燈泡種類		特徵
螢光燈	一般螢光燈	效能好、發熱少、不易產生黑影，擁有 5000 小時的使用壽命，有白日光色、燈泡色，也有用來殺菌及評定色彩用的特殊用途物品。
	PL 螢光燈	與直管螢光燈管比較，其特色是小型燈具也能得到相同的亮度。在桌燈及崁燈中廣泛被使用。
	省電燈泡	將目前所使用的白熱燈泡螺栓，直接改良至螢光燈泡上，與白熱燈泡比較其電費及發熱量約其 1/3，壽命為其之 6 倍，十分符合經濟效益。
鹵素燈（量販店等 20 類指定能源用戶已禁用）		光線較聚集且容易配接。清晰度高、可做出光影分明的照明感。常被使用在店舖的投射照明，因此種燈泡溫度相當高且光源效率低，必須使用專用器具。
LED 燈		單顆 LED 功率自小瓦數 50mW 至大瓦數 1W 以上，採直流驅動，反應速度快，可在高頻操作。可內置於微處理系統而控制發光強度，調整發光方式，實現光與藝術結合。

註：中國電器股份有限公司惠允轉載

表 5.2-4 配合對象物表面色彩與裝修材質來選擇適當光源

建築表面顏色	LED 燈	螢光燈	複金屬燈	高壓鈉燈
暖色 紅 橙 黃	使暖色牆面的顏色更加鮮明	沖淡暖色或使之變灰	對暖色表面稍有沖淡，牆面略為白	加強暖色牆面的暖色色調，使之更為鮮明
冷色 白 灰 藍 綠	使牆面冷色變暗或發灰	使牆面冷色中的灰色和綠色成份增加	對冷色表面的白色和藍色加重；藍色和綠色變淡	沖淡冷色牆面色調，向暖色轉移

(五)光源的選用準則

自 1973 年發生能源危機後，全世界之光源製造廠積極研製高效率光源及高效率的節能燈具，目前市面上所販售之光源，均是經過省電設計之節能光源，包括精緻型螢光燈管與省電燈泡。所謂的省電電泡，事實上是螢光燈管，精緻型螢光燈管與省電燈泡比傳統式白熾燈泡是省電 60~70%，但不一定比直管型螢光燈省電，只是其可用原來之燈座，裝上此類光源；或者在體積上有所縮減而已。而 LED 光源具備高光效(lm/W)、低能耗、多光色與長壽命等多項特點，屬於指向性光源，LED 燈具欲使用於大面積照明時須搭配良好之光學設計，進而達到所需之照明品質與效率。見表 5.2-5 常用光源(球泡型)汰換參照表。

表 5.2-5 常用光源(球泡型)汰換參照表

光源類型	LED 燈泡	省電燈泡
耗功(W)	8	13
流明(lm)	650	780
色溫(K)	2700	2700
演色性(Ra)	85	84
壽命(h)	30,000	8,000

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

(六)螢光燈用安定器與省電的關係

放電燈系列如螢光燈、水銀燈等，必要依賴安定器作補助點燈，才可以發光，所以包括安定器消耗之電力，而稱為總合效率。例如：40W之螢光燈，單一燈管的效率為84 lm/W，而含安定器之總合效率為66 lm/W；三波長域螢光燈管額定為36W，其燈管效率96 lm/W，總合效率75 lm/W。若進一步採用電子安定器時，其總合效率可達89 lm/W，所以節約能源應考慮光源之總合效率。

搭配螢光燈發光的安定器可分為傳統式安定器及電子式安定器兩大類。傳統安定器是採用磁鐵心電磁回路設計，低頻(60Hz)點燈而鐵損高，通常損失約為燈管功率額定的25%，因此一支40W的螢光燈管，應以50W的用電量來計算。到近15年來的主流產品為高頻點燈高效率電子安定器，使用高頻(20kHz~60kHz)瞬時點燈，可以搭配現有台灣市場上最普遍的傳統預熱式螢光燈管或新型高頻專用燈管，一般而言，可節省25%之用電。

電子安定器其主要優點及特色概略如下：

1. 大幅省電：和傳統安定器相比可省電20%以上。如表5.2-7高效率電子安定器與一般傳統安定器比較。
2. 功率因數極高：傳統安定器高功率型約 80~90%、電子安定器高效率型約95~99%。
3. 光波穩定不閃爍：傳統安定器點燈頻率 60Hz，一秒 120 次頻閃，肉眼很容易察覺到閃爍。電子安定器因高頻點燈，輸出光波非穩定不易閃爍，且當電源電壓變動或燈管處於低溫時，也不容易閃爍，對保護視力很有幫助。
4. 可聽雜音低：和傳統安定器相比可聽雜音較低，體積小、重量輕、外觀體積可變化彈性大。

5. 安全性高：具過載、短路及開路等三重防異常保護，可以減少對燈管及人員的傷害。

高頻點燈專用高效率型安定器自 88 年 1 月 1 日起，也開始內銷應施檢驗，因此超級市場可將店內點燈 13 小時以上的照明設備及走廊的門面照明可改裝電子式安定器，將可節約可觀的電費。而其關鍵即在於選購經標準檢驗局檢驗合格、貼有合格標誌的產品。而一般說來電子安定器必須與燈管的特性配合，因此如果選用預熱型電子安定器，則最好使用預熱型燈管；如果是瞬間啟動設計之電子安定器者，應使用高頻專用燈管，如果裝上預熱型燈管，也可以發光，但開關次數太頻繁時，容易損壞燈管，增加更換燈管的費用。

（七）選擇照明燈具的考量

1. 照明燈具的器具效率

就是使用某種光源在此照明器具內所發出之光束（光線），可以達到主要被照物表面的百分比，也是評估此照明器具的性能（燈具反射與折射角設計、表面處理及反射面之材質等）之一種標準。其值愈高愈好，表示可以在被照物表面上產生光亮的效果越高。

2. 照明器具之壽命

根據其使用電氣絕緣材料之劣化情形決定。有時外觀仍新，但內部使用之電氣絕緣材料受到周圍環境溫度及污染情形而產生劣化，將會影響用電安全及可能電線走火等意外事故。依照目前來看 LED 經濟壽命約 30,000 小時，但以發展進程可以發現幾乎每年有 10%提升空間、而價格又降 10%，因此建議更換期限約 4 至 8 年。

3. 光源耗能及發光效率

現常用光源耗能及發光效率比較差異，由表 5.2-6 現有常用光源與燈具的選擇各種發光的特性。

表 5.2-6 光源與燈具的選擇各種光源的特性

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

(八)美國建築照明之節能規範概要

ASHARE 90.1 (2013 版)在照明設計方面強制之規定包括：

1. 照明之控制
2. 雙座電線，二燈具共用一個安定器
3. 室內照明電力標準 (如前表 4-3)
4. 照明器具之電力標準
5. 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, 如前表 4-3 ASHARE 90.1- 2001 版之照明電力標準(建築面積法)，如零售業(Retail)空間之照明電力負載以 20W/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。

國內超級市場賣場實測照度約 500~1,500Lux，以樓地板面積計，照明耗能約 19W/m^2，約與美國零售業照明電力 20W/m^2標準相近。若賣場照明改採電子式安定器及燈具排列調整改善，應再可降低 30%。

(九)超級市場在照明設計上的問題

在照明設計方面，目前各集團所屬超級市場均因長期以來台灣地區對於照明工程缺乏有效的指導建議及規劃，照明設備充其量只有量的補充，缺乏品質的觀念，因此出現六大缺失如下：

1. 密閉房舍建築，過度裝修而減少開窗；造成天然採光不足，因此只好過度依賴人工照明，增加照明的用電量。
2. 過度強調視覺效果與顧客心理導向，而大量使用耗能較高之照明燈具，電力損失偏高。整個營業空間常全部採均齊全般照明設計與配置照明設備，無法突顯主要展示商品。
3. 由於對照明設備的品質缺乏認識，以價格考量而使用低效率的放電燈光源及傳統電磁安定器，電力損失偏高又有閃爍問題，此在許多超級市場中仍屬常見的型態。
4. 裝設便宜且低演色性的螢光燈，不利營業氣氛的營造。
5. 缺乏照明系統的控制觀念，偏高的照明水準是否可於適度時段做適度的降低照度水準，向來缺乏檢討與建議，形成能源不必要的浪費。

(十)理想超級市場照明規劃設計

理想超級市場營業場所的照明規劃設計，應該兼顧營業需求及節能，故應該朝向適度引進天然採光，以減低人工照明之需求：

1. 天然採光設計：採光井與玻璃帷幕牆的設計，均可以產生必須的天然光線照明效果，但應該隔離太陽輻射熱以避免增加冷氣負荷。
2. 輻射熱的隔離：可以使用隔熱玻璃、窗簾及室外遮陽篷，以減低輻

射熱進入室內而增加空調負荷。

3. 挑高樓層與通風空調規劃：加速空氣之對流，以減少熱之堆積，適度降低環境溫度，可以延長燈具及光源之壽命。
4. 照明光源的審慎選擇：配合營業需求及商品特色，選擇省能高效率的照明光源，搭配高性能電子安定器，可以發揮高照明品質的效果，並兼顧節能及電費支出。

(十一)照明控制方式

超級市場的照明控制方法，因工作場所之不同而有所差異，大體上可分為(1)生鮮蔬果展示賣場、(2)日常百貨大面積賣場，(3)重點促銷展示點、(4)倉儲與準備區、(5)辦公區、(6)公共空間如走廊、洗手間等場所、(7)夜間招牌及景觀照明等區域來設計。

一般常用的控制方式有：

1. 配合時序控制器(timer)，於預定的時間自動地對照明環境作模式切換，或燈具的明滅控制，不須手動操作控制，可避免因忘記關燈而浪費電能。例如上班、下班、午休時段、夜間景觀照明之自動點滅照明燈具。
2. 配合晝光感知器或附亮度檢知器，當屋外陽光線充足明亮時，可自動地調降，靠窗燈具的亮度或直接關閉燈具，因此其電路設計需採平行靠窗方向來配置，適合於辦公場所靠窗側燈具、靠窗走廊、採光井、夜間室外景觀燈等之自動控制。
3. 利用熱感開關裝置在超級市場的倉儲區、小型會議室、會客室、廁所等場所，由熱感感知器檢測空間內人體溫度，當室內有人時自動開燈，沒人時自動關燈，既方便又可避免浪費能源，目前該技術已廣泛地使用於國內。
4. 部分較少有人員進出之場所，燈具可使用附加感知器之自主控制型

燈具，可自動主控制燈具之明滅或調節亮度，例如當感測到有人接近時，自動點亮燈具：於人員離開後，經過預設定時間而自動熄滅燈具，可避免浪費能源。

5. 整體群控式照明控制系統，例如採照明中央監控系統、二線式照明控制系統等，可機動配合超級市場作息變動需求，來加以監控管理，而節約照明用電 30%以上。

(十二)照明設備的維護保養與汰換

螢光燈管固然壽命較長，燈管點用時間較久，然燈具結構特性而很容易積塵而髒污，影響整體發光效率與照明效果。大氣中塵埃的多寡因環境、時間、天候等而不同，塵埃較少的場所其照度的減低略與日數成直線比例；而在多塵埃的地方則成為指數曲線或飽和曲線。由此可知因積塵而損失的光束是極為嚴重的事。在設計時，設計人員係將此一影響以積塵減光補償係數來考慮。如果勤加清潔與整理，則此補償係數可取較高之數值，換言之，即提高燈具之發光效率與被照面之實質照度。

除了燈具本身以外，天花板、牆壁的積塵與顏色、反光條件等也影響被照面之照度。被照面之照度可經周圍牆壁的噴漆，燈具的清掃以及光源的換新而提高，可見燈具的清掃是值得予以重視的。光源的積塵除了減低照度外，並且嚴重地影響燈管的啟動特性，故更需勤加清掃。螢光燈具形體大，清掃較不容易，故在設計照明之初即應該把日後的維護考慮在先，燈具的安裝應考慮清潔燈具、燈管與換裝燈管之方便性。至於清掃燈具之的間隔週期，可參考下表 5.2-7 定期清掃間隔所示之國內外之諸著名照明專業廠家實驗與評估其產品後，所建議之定期清掃週期間隔。

基本上，照明燈具的維護與汰換可循下列重點參考辦理：

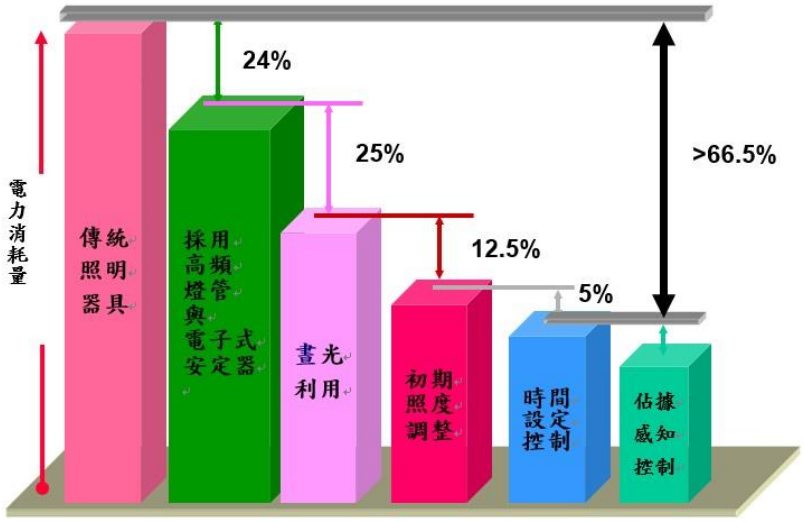
1. 定期擦拭燈具、燈管，以避免污染物之累積而降低燈具之照明效率，並依落塵量多寡來決定燈具之清潔週期(1 個月~1 年)。
2. 由於燈管的自然老化開始發光衰退，故超級市場辦公場所宜分批更換燈管，以維持應有亮度及節約電能，並可節省燈管更換之人工費用。
3. 燈管經濟壽命係指新燈管使用至光束衰減為原有光束 70%的時間，超過經濟壽命之燈管，不僅燈管光束輸出劇降，照明效率不佳且浪費電能，可參考光源廠商之產品型錄，在燈管經濟壽命將至之前，定期分批更換燈管，即便此時燈管尚可點燈，亦請更換為宜。如此約可節省電能 17 %。
4. 更換期限(年) = 燈管經濟壽命(小時)/ 每年點燈時數。例：一般超級市場每年點燈時數約 3,600 小時，螢光燈管經濟壽命約 6,500~8,000 小時，則燈管更換期限約 2 年，若燈管光衰嚴重或不亮時可提早更換。

表 5.2-7 定期清掃間隔

場所	乾拭	水洗
多塵埃的地方	1 星 期	4 星 期
少塵埃的地方	2 星 期	8 星 期
塵埃極少的室內	4 星 期	16 星 期

（十三）照明改善整體節約能源效益

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、佔據感知控制等，可省下照明用電 66.5%。其中照明節能重點為採用高頻燈管與電子式安定器、晝光利用，省能百分比最大。如圖 5.2-1 所示。



資料來源：日本三菱公司

圖 5.2-1 照明管理系統與晝光利用之整體節能效果

5.3 空調系統

超級市場之空調系統耗電量約佔店內總耗電量之 5-10%。好的空調規劃設計，除提供舒適的購物空調品質環境外，尚需注重設備高效率運轉及節能功能。因此針對空調節能有關之空調耗能特性、氣候環境條件對空調負荷之影響、耗能總量與影響之因素、耗電總量之節能比例調查分析方法、空調負荷來源、可採行之節能方向、變頻器節能應用、節能措施等資料及技術，說明如下：

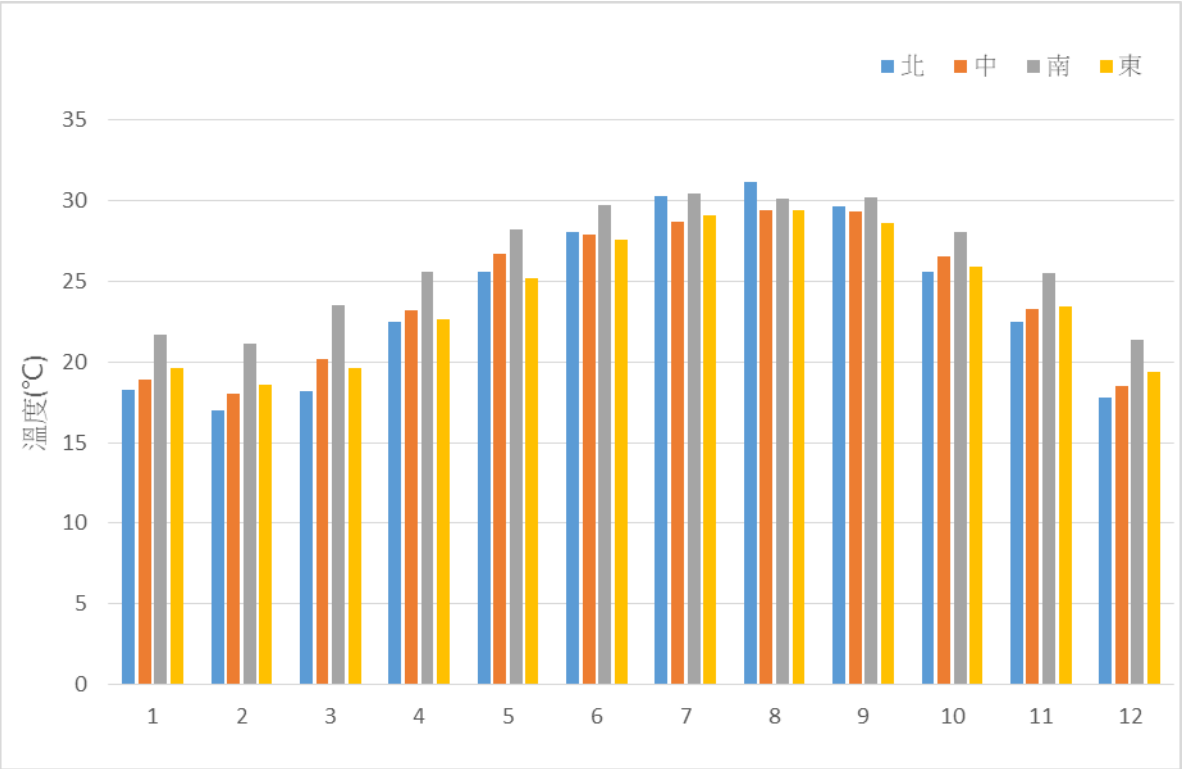
（一）空調冷凍之耗能特性

在空調與冷凍方面，超級市場與一般辦公建築耗電之差異在：

1. 含開店前與打烊後之準備時間，超級市場之空調應用時間較辦公室稍長。
2. 超級市場之空調設計需因應人潮之尖峰，外氣之設計量大，引入與室內溫濕度差異大之外氣，造成過大之耗能。
3. 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太大而耗能。
4. 倉儲區無適當之氣簾隔離外氣，人與物品進出時大量外氣湧入造成空調耗能。
5. 冷凍冷藏展示櫃對空調之影響大，亦為主要耗電項目之一。

(二)國內氣候環境條件對空調負荷之影響

台灣地屬於海島型亞熱帶氣候區，氣候熱且濕，超級市場為求得環境之舒適性，空調用電日益增加。圖 5.3-1 為台灣北、中、南各地區之每月平均氣溫分佈圖，圖中可見夏季 7、8、9 月北部平均氣溫較南部高，但在冬季時南部氣溫皆比北部地區高。太陽日照亦會影響空調耗能，直接射入室內之輻射會造成空調負荷，陽光照到外牆使外牆表面溫度上升，亦是主要空調負荷，表 5.3-1 為台灣地區之日照時數，其中南部比北部高許多，故隔絕太陽輻射為節約能源之重要措施。



（資料來源：中央氣象局）

圖 5.3-1 臺灣地區 106 年每月氣溫分布

表 5.3-1　基隆、台北、台南 10 年之日照時數平均

月份	基隆	台南	台北
1 月	56.7	179.4	80.6
2 月	52.1	158.3	71.3
3 月	73.7	178.8	89.6
4 月	84.1	172.8	92.6
5 月	106.1	186.9	113.7
6 月	127.4	181.7	121.7
7 月	213.9	210.8	179
8 月	203.6	189.1	188.9
9 月	142.2	179.2	153.7
10 月	93	196.2	124
11 月	68.9	172.6	99.4
12 月	55	175	90.7

（資料來源：中央氣象局）

(三)超級市場之耗能總量與影響之因素

依節能訪測調查 22 家樣本計，知：

1. 營業時間：超級市場一般為 9:00~22:00 約 13 小時。也有 24 小時開業者，耗電多。
2. 耗能設備：超級市場因營業差異性之需，賣場照明、空調、冷凍冷藏設備、熱食烹飪設備等有略不同。
3. 地理位置氣候：超級市場分佈北、中、南，依前圖 5.3-1 臺灣地區 106 年每月氣溫分佈及前表 5.3-1 基隆、台北、台南 87 年之日照時數，可知有自然條件差異。
4. 生意好壞：人潮多生意好，相對空調、冷凍冷藏設備、熱食烹飪設備耗電多。

(四)超級市場之空調負荷來源

超級市場之空調負荷可從以下數方面來討論：

1. 建築外殼部份最大之負荷為店前面之玻璃，如有輻射照入會是大量之熱負荷，尤其是面南或面西之店面。
2. 採購人潮之多少不定，使空調負荷有所變化。
3. 大門外氣進入及空調箱引入，故外氣量之變化與人員負荷同，亦造成負荷之變化。
4. 由倉庫補搬運車進出頻繁，大量外氣侵入。
5. 與室內燈具之發熱源。

(五) 超級市場之空調冷凍節能設計要點

為達到節能之目的，超級市場之空調冷凍應參考以下之設計要點：

1. 考慮購物舒適，室內溫度可設計在 26℃，倉儲與烹飪區則依需要設定溫度。

2. 室內空氣品質及冷凍設備電力負荷與室內濕度有關，冷凍冷藏展示櫃電力負載與室內濕度比之關係如圖 5.3-2，建議相對濕度維持在 60%以下為宜。
3. 盡量減少開放式冷凍展示櫃冷風之外洩問題。
4. 冷凍展示區宜設獨立之送風量控制，避免因展示櫃冷風外洩造成溫度過低，或於冷凍區設回風管抽排冷風，也可避免浪費電力。
5. 販賣區每平方米面積之送風量可設計為 5L/s。
6. 平時與週末(或人潮時)場內人數差異很大，空調負荷也差異極大，應有適當之控制調節空調量。
7. 以室內二氧化碳 CO_2 濃度來控制新鮮空氣量，節約外氣負荷。

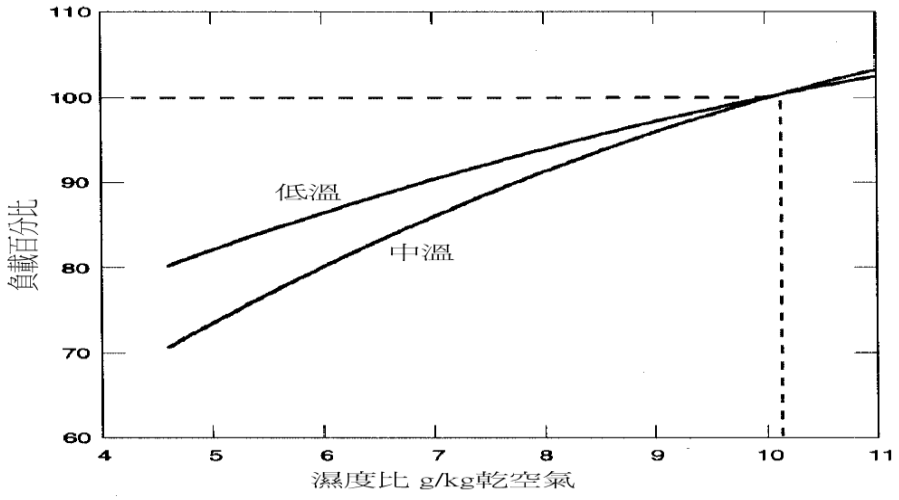


圖 5.3-2　冷凍展示櫃電力負載與室內濕度比之關係【13】

為減少冷風外洩所造成之低溫區及減少空調用電，美國 ASHRAE Handbook：Refrigeration, 2018 手冊【13】，建議利用冷凍展示櫃下之管溝使冷風被送至空氣調節箱，如圖 5.3-3 所示。

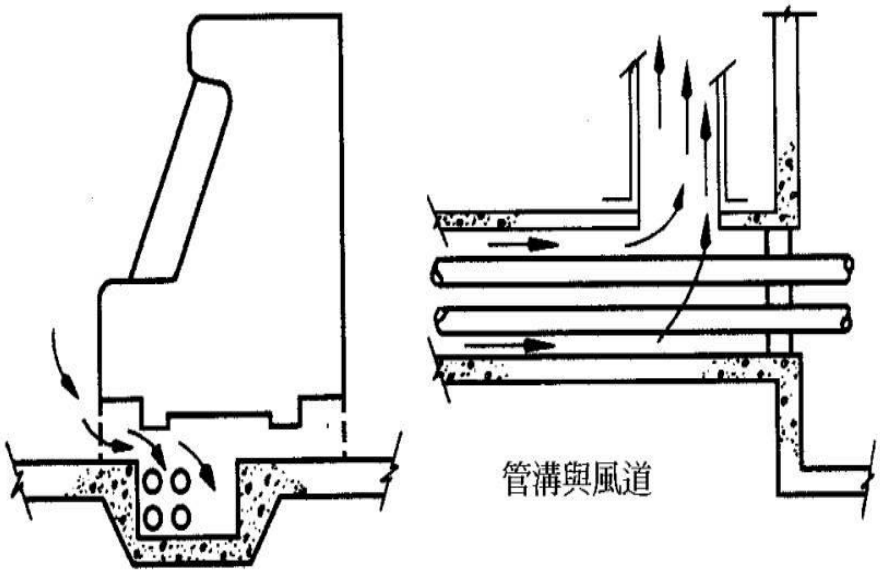


圖 5.3-3 以下方空調回風誘導冷風回空調箱

（六）空調主機之節能方法

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

A. 應採用高效率之主機，以減少耗電。

B. 考慮選擇有變頻控制轉速功能之主機，而非使用傳統改變進口導流葉片角度來配合負載的方式，增加部份負載時之效率。

C. 應同時考慮其滿載時之效率和部份負載的運轉效率。

D. 適當地調整冰水主機冰水之設定溫度，每 1.0℃會影響約 3%之效率，如圖 5.3-4。

E. 冷卻水入口溫度應在符合冰水機特性及外氣濕球溫度的限制下，儘可能地降低。

F. 冷卻水或冰水水質的管理，避免熱交換器結垢影響熱傳效率，定期清洗熱交換器，污垢會影響主機效率達 20%以上。

G. 利用負載控制器(Load Controller)適當地調配冰水機組運轉台數來適應空調負載變化，使每部主機在最佳效率下運轉，避免起動過多的冰水機，而使得冰水機反而在低負載下運轉，如圖 5.3-5 所示。

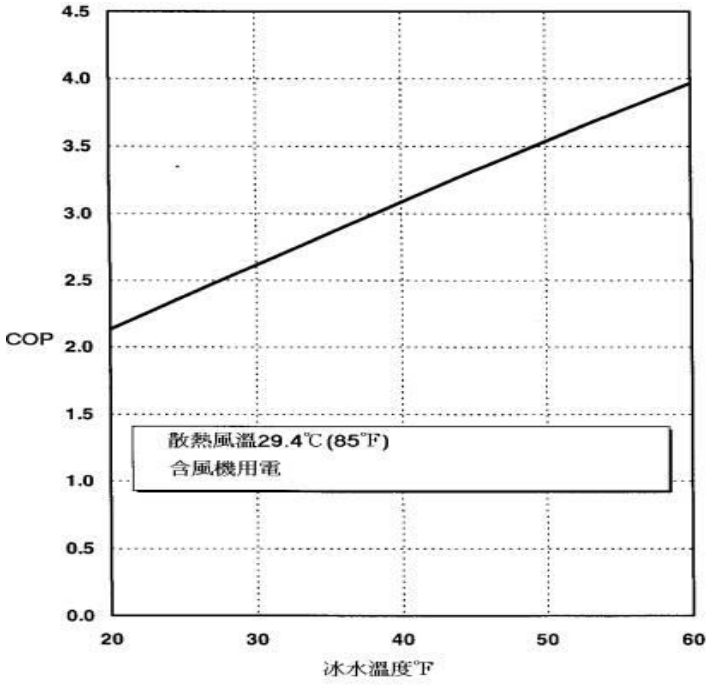


圖 5.3-4 氣冷式主機效率與冰水溫度之關係【12】

壓縮機容機之控制

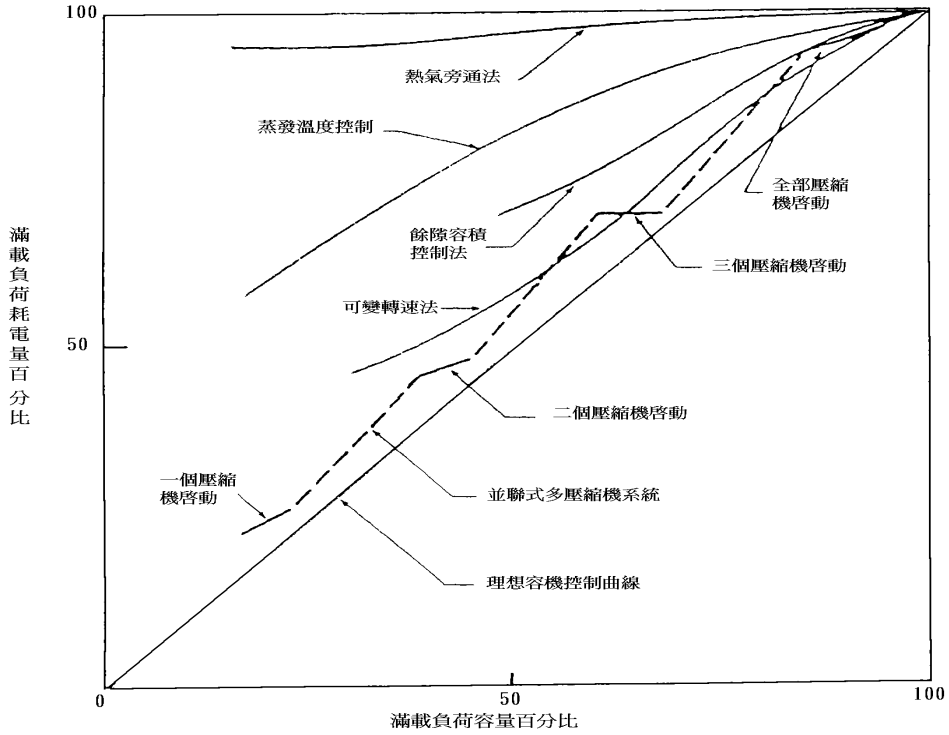


圖 5.3-5 適當空調容量控制減少空調耗能【25】

(七)空調搬運系統之功能

空調搬運系統為空調系統不可或缺之一部份，如圖 5.3-6 為空調系統之搬運系統之示意圖。其主要功能為：

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

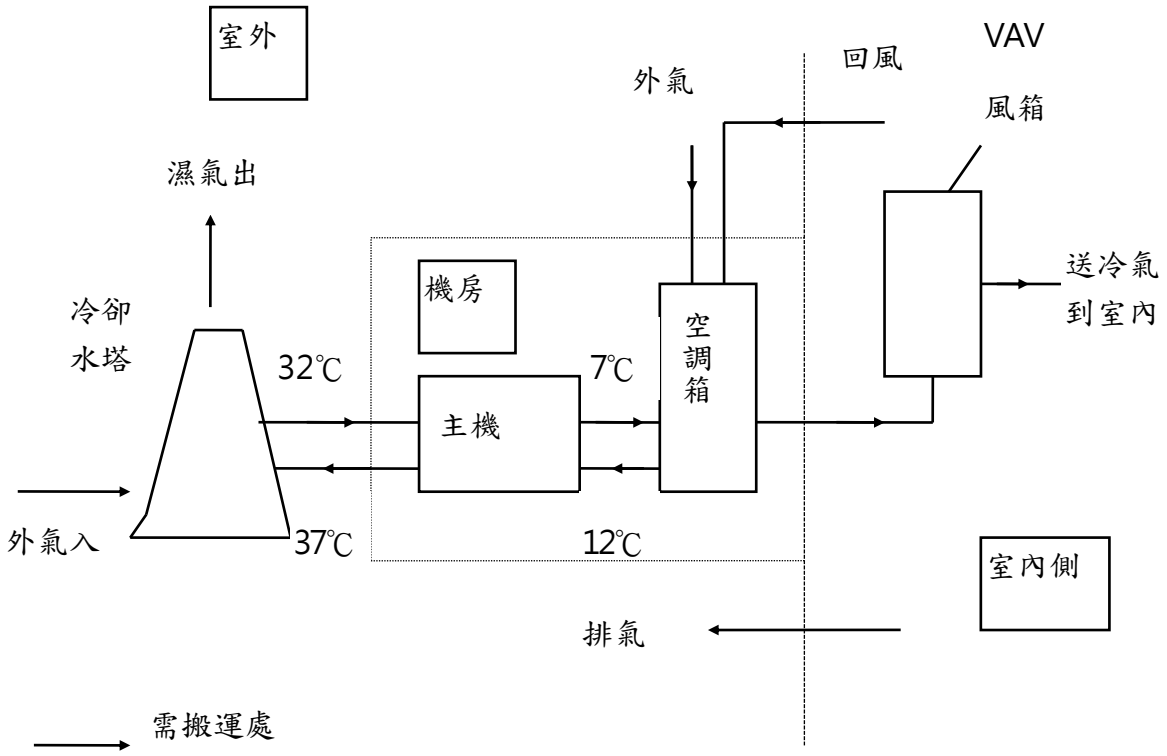


圖 5.3-6　空調系統之搬運系統

(八)送風系統節能計畫

送風系統的品質非僅由送風機就能決定，其系統設計及控制策略亦為重要關鍵，以提供均衡的風量及維持空氣的衛生與健康條件。送風系統之耗能甚大，其裝置之電力可達空調總裝置電力之 25%，但是，因其運轉時間長，故其實際耗電比裝置比例大，不得不給予重視。簡單而言，可將送風系統分成三種系統來討論，其一為風機盤管型，如圖 5.3-7。

(1)風機盤管系統

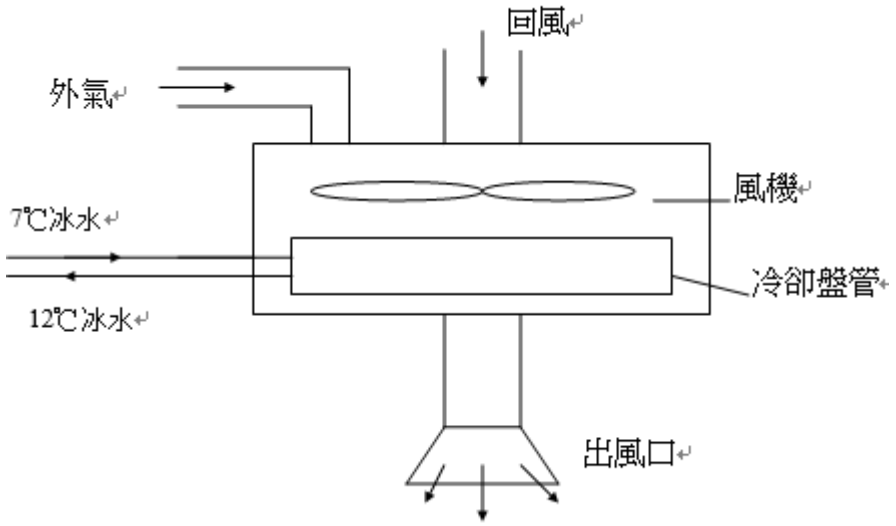


圖 5.3-7　風機盤管內主要有一個風機和一個盤管

如上圖 5.3-7 所示，風機盤管內主要有一個風機和一個盤管，風機為送風之動力，而盤管為熱交換器。風機盤管設置在室內牆角或置於天花板上，由主機房冰水主機所產生之冰水經送水系統將冰水送至風機盤管，流入盤管，風流經盤管而被冷卻產生冷氣效果。盤管應設有外氣口，另以風管送外氣至室內，對風機盤管而言，其送風距離短，外氣一般而言只有送風量之 20%，故使用風機盤管會有較低之送風耗能。對風機盤管而言，其節約能源之潛力有兩方面：

1. 依需要或用溫度來調節冰水量，以節約水泵之耗能。
2. 一般而言，風機盤管之風車有三速控制，可用約 50%、75%及 100%之風量操作，節約能源，但筆者在一項研究中發現馬達之控制未如理想，無法達到有效及節能變速之目的。為了節能，馬達可裝置無段變速控制，最佳為 30-100%風量之控制，如此不但可節約能源，並可增加空調之溫度及舒適度控制效果。

(2)全空氣系統

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

A. 空氣較集中處理，可獲得較佳之空調品質，如溫濕度控制、清淨度等。

B. 設備集中，較易維護。

其缺點為風管較長，送風耗能大。解決耗能的方法為使用 VAV 空調系統，其可節省大量的送風耗能。

如前所述，單以控制冰水流量無法有效節約能源，而送風之相當全負載時間幾乎是冰水主機之兩倍，如能將之送風量減少，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)。

(3)可變風量系統

以下說明 VAV 系統之操作。VAV 系統流量的監控如圖 3.5-8 所示，在系統中用溫度和壓力的感測器（transmitter)，偵測風管內溫度及壓力的改變，然後將訊息傳給接收控制器（receiver controller)，以控制風門和風扇的進氣量及冷盤管的冷水量來節約能源。其詳細控制程序如下：

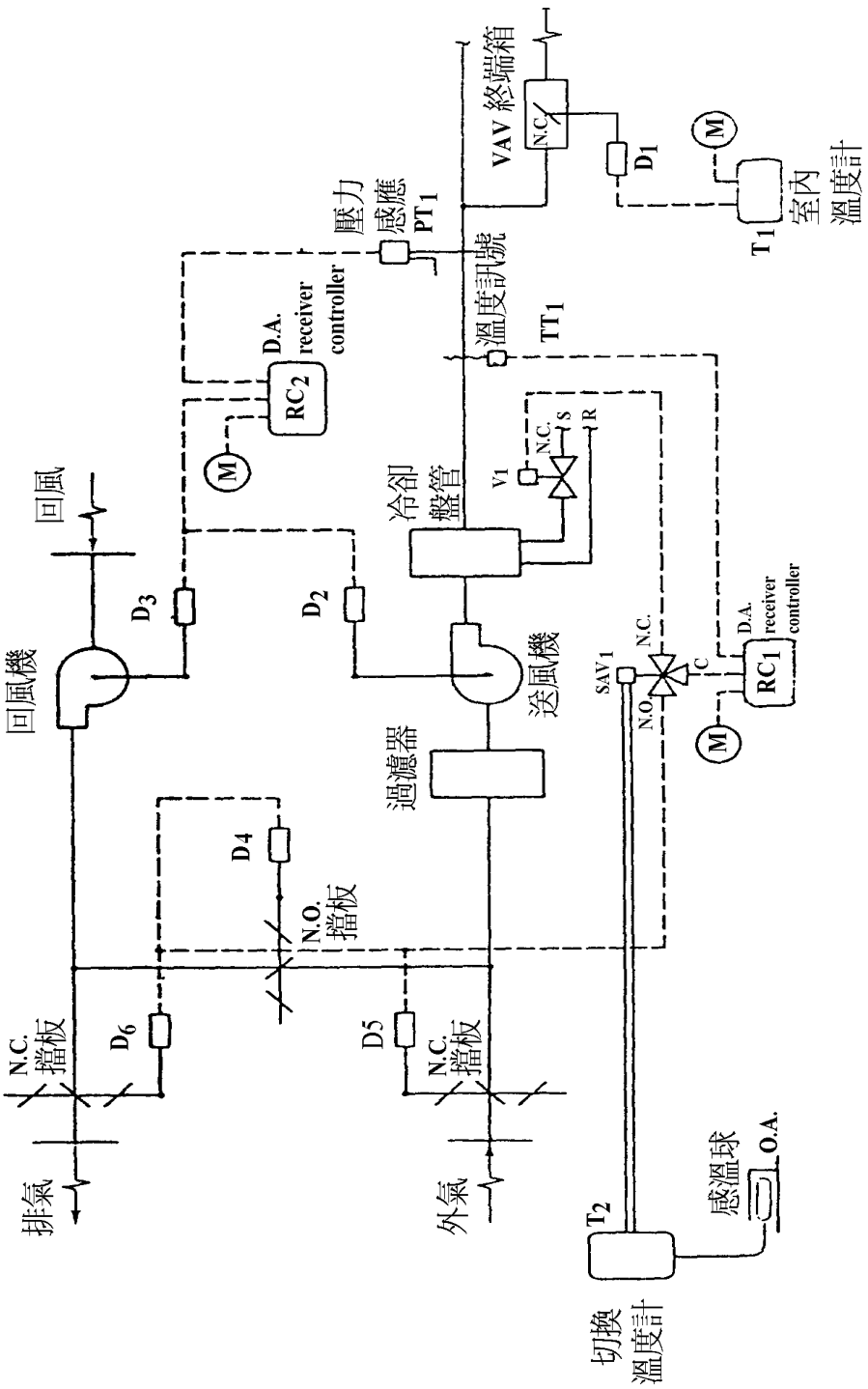
A. 切換溫度計(T_2)感測室外溫度並傳送到選擇器(SAV_1)，若室外溫度高於設定點，則選擇可變風量系統操作。若室外溫度低於設定點，則選擇外氣冷房系統操作。

B. 操作可變風量系統時，控制器(RC_1)接收送風管送風溫度感測器(TT_1)之訊號，藉以控制冰水控制閥(V_1)之冰水流量及送風溫度。

C. 操作外氣冷房系統時，控制器(RC_1)接收送風管送風溫度感測器(TT_1)之訊號，藉以開啟外氣風門(D_5)及排氣風門(D_6)，並關閉再循環氣風門(D_4)，進行外氣冷房。

D. 冷房內恆溫器(T_1)感測到室溫升高時，驅使 VAV 終端箱將風門開啟的範圍加大，以讓更多的空氣進入室內。

E. 由於多數 VAV 終端箱風門開啟，流出主風管之流量大，造成風管內靜壓(PT_1)降低。接收控制器(RC_2)獲得壓力訊息後便控制空調箱送風機及迴風機的轉速，以增加室內空氣循環量，補充負荷增加所需要的冷空氣。



VAV空調系統之控制流程圖

圖 5.3-8　VAV 空調系統之控制流程圖

VAV 終端箱之設計有多種類，以 VAV 的功能而言，可由圖 5.3-9 作簡略的說明，圖 5.3-10 為另一種設計，增加一風機以提高室內空氣之流動量。

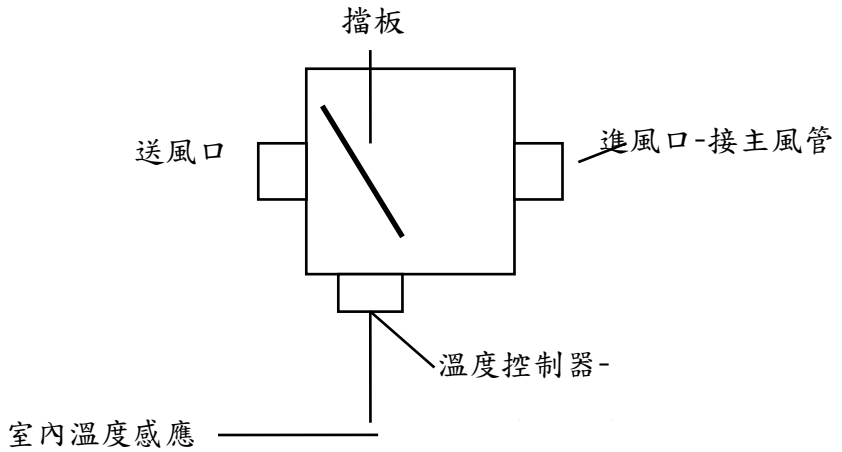


圖 5.3-9　VAV 終端箱之設計

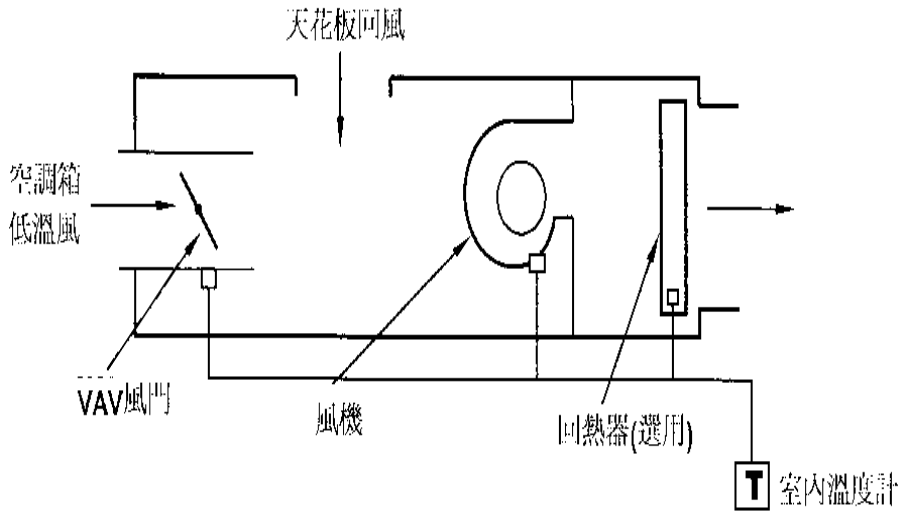


圖 5.3-10　以風機提升室內空氣流動量之 VAV 終端箱

其之設計要點為變化送風量來控制室溫，室內溫度計所量測到的溫度與設定溫度作比較，室溫較高時將擋板開度加大，提高冷氣效果，反之將擋板開度關小。由於在此系統中，分別於室內及風管內設置溫

度感測器，因此可依據不同空間的冷房負荷作調節用，以達到多區域(multi-zone)溫度控制的要求。可變流量式的空調系統在元件上多了一些溫控及控制流量的風門，構造上顯然比單區域式的複雜，所以造價也稍高。但由於它的節能效果與較佳之空調品質，因此是一種較前瞻性的系統，在美國已是市場之主流之一。

外氣與室內空氣之熱值(熱焓)差異很大，外氣在 32℃ 70% RH 時，其之熱焓為 20.6 kcal/kg，室內空氣在 26℃ 50% RH 時，其之熱焓為 12.6kcal/kg。尤其是夏季之尖峰，室內外空氣的熱焓之差異更大，引入外氣會造成很大的負載，甚至高達 30%之多。為了節約能源，美國 Ashrae(冷凍空調學會)在 1973 年訂定了 62 號標準，隨後在 2013 與 2016 年修定了 62 號標準，如後表 5.3-2。

對於有較大空調負荷之內週區，或內部空調負荷大之建築如旅館，在換季甚至在冬季時內週區尚需空調。在這種情況下可考慮用低溫外氣以提供空調，其調節如圖 5.3-11，其可行性分析如下：

參考本文所附之濕空氣線圖，圖 5.3-12。

1. 設室內之空氣為 22℃ 60%，其之熱焓約為 48kJ/kg。
2. 設室外之空氣為 16℃ 70%，其之熱焓約為 38kJ/kg。
3. 室內外之焓差約為 10kJ/kg。
4. 1000m^3/hr 外氣量可提供之冷氣為

   1000 m^3/hr×1.2kg/m^3×10kJ/kg=12000 kJ/hr= 3.3 kW。

由上可見 1000 m^3/hr(cmh)之外氣可提供之空調約一個冷凍噸(~3.5kW)，故外氣冷房在有適當條件下是為可行，其之設計需考慮兩點：

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

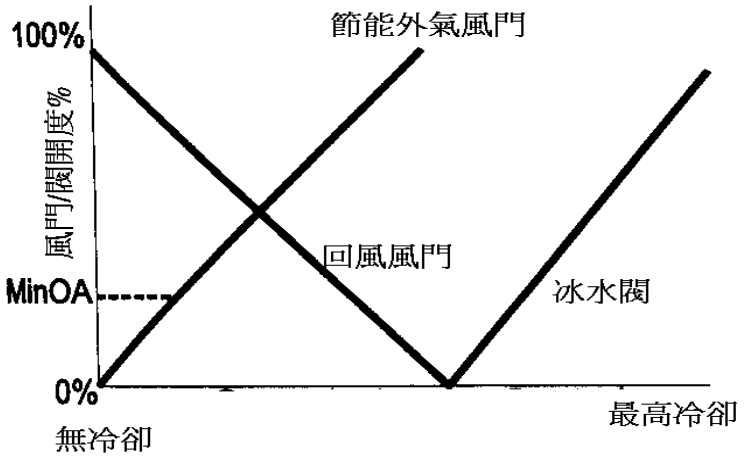


圖 5.3-11 外氣冷房之節能控制

表 5.3-2　ASHRAE 62 號標準外氣換氣量【13】

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

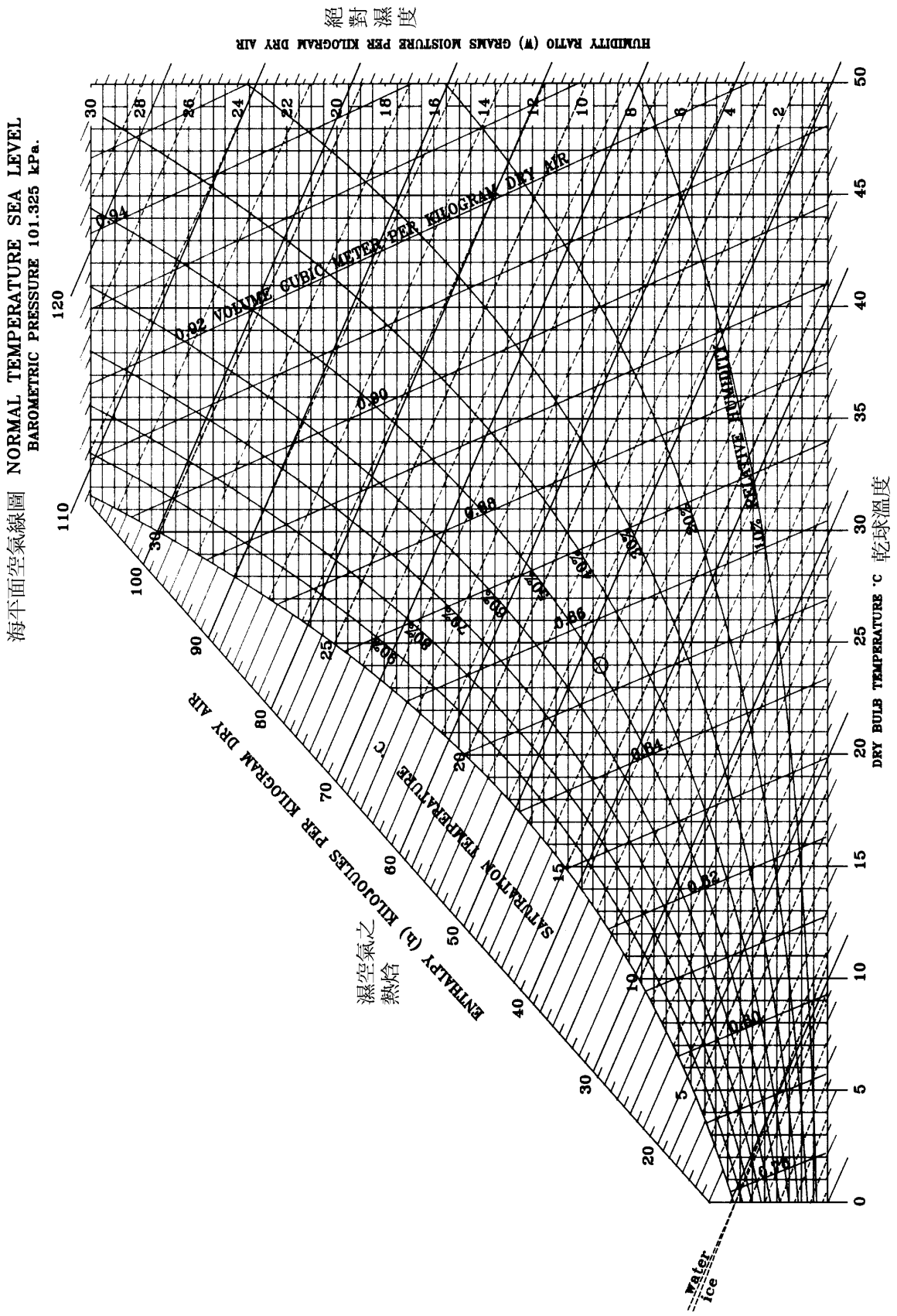
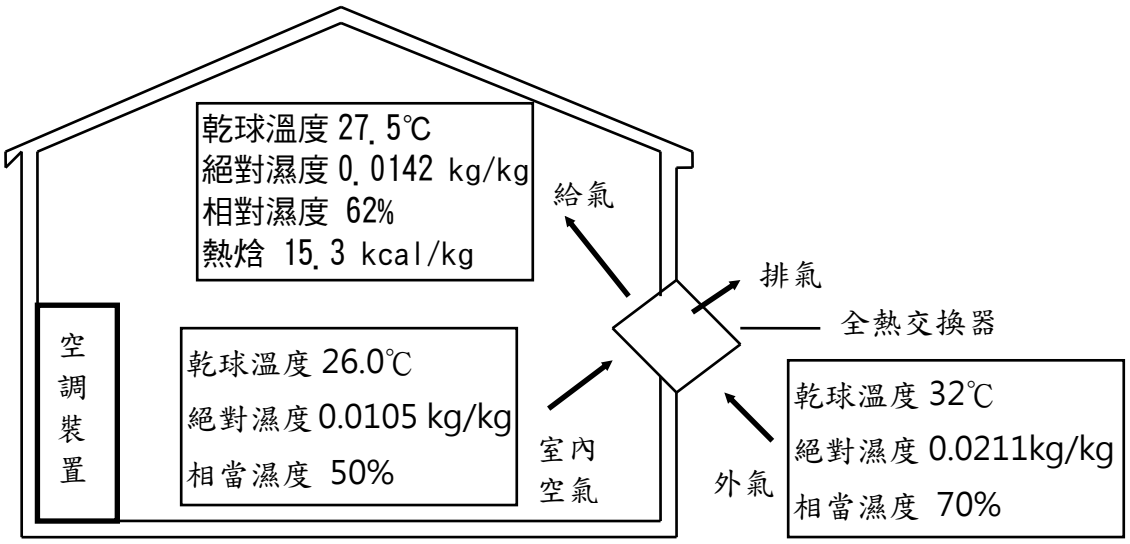


圖 5.3-12　海平面之濕空氣線圖

室內與室外之空氣有很大之熱焓差異，如圖 5.3-13 所示，在同時引入新鮮空氣與排氣時，若能使兩股氣流作熱(或焓)交換，可節約大部份的外氣負荷。圖 5.3-13 為一個熱回收之設計例子，用一個全熱交換器，使外氣進入室內前將其溼氣與熱吸收，使進入之外氣降溫降濕；排氣亦先流經全熱交換器，把濕氣與熱帶到室外。在 70% 之交換效率下，可將外氣之焓值自 20.6kcal/kg 降至 15.3kcal/kg，節約 70%之外氣耗能。若排出之廢氣有影響室內空氣品質時，則勿使用全熱交換器，可使用一般熱交換器來節約能源。



交叉流式全熱交換器之應用

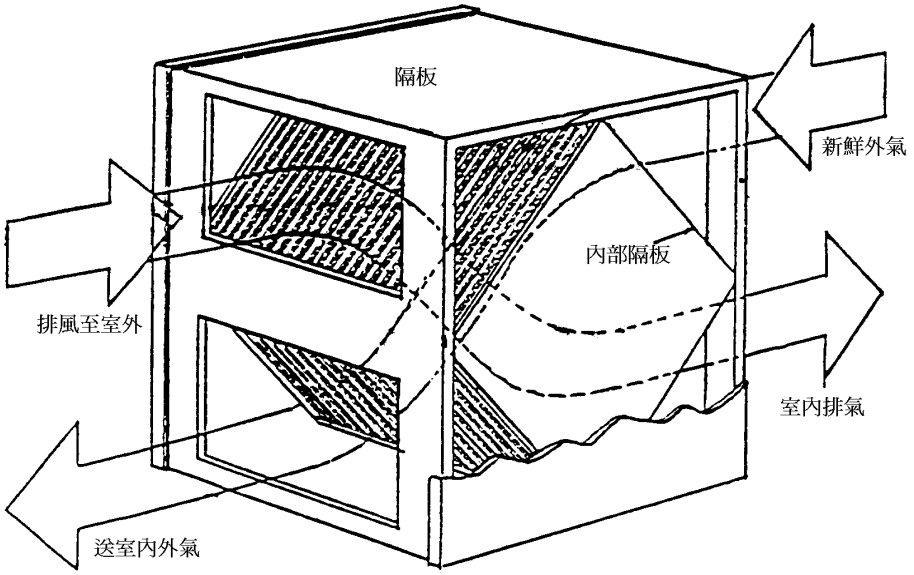
圖 5.3-13　用一個全熱交換器，使外氣進入室內前降溫降濕

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

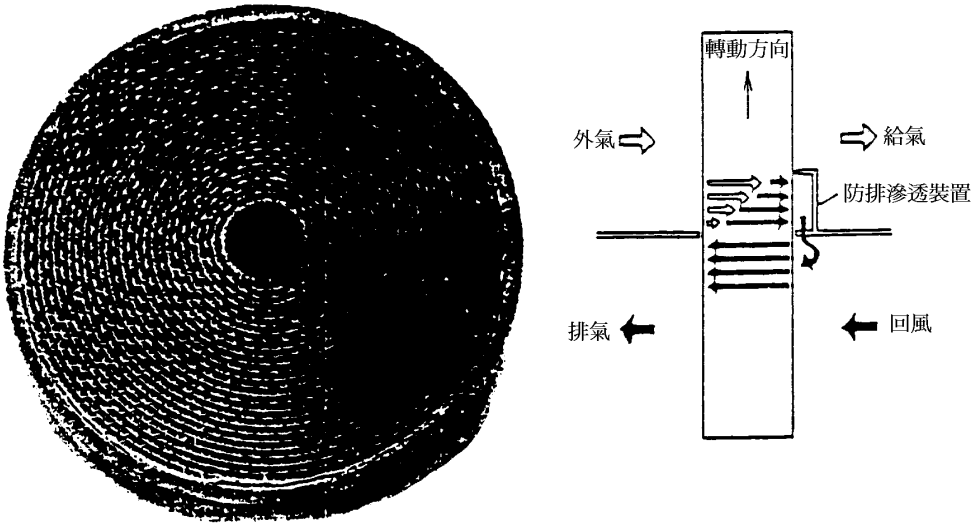
如圖 5.3-14 所示，全熱交換器基本上有兩種，一為靜態之交叉流式，另一為轉輪式，操作原理及應用可簡述如下：

1. 靜態交叉流式之全熱交換器內有許多平板之流道，以隔板與密封裝置將兩股流分開在每個平板之兩側，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。
2. 轉輪式顧名思義，需用一個小馬達造成這種蜂巢輪之轉動，蜂巢內為無數平行之小通道，形成很大的交換面積。轉輪上需有裝置將之分成兩側，外氣流經一側，其之熱量與濕氣有一部份被吸收在轉輪裡，已達飽和之部份持續的轉到另一側。較低溫及低濕之排氣流經另一側，將熱量與濕汽自轉輪帶走，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。

全熱交換器可與小型空調系統配合使用，圖 5.3-15 及圖 5.3-16 為其應用安裝之例子，可以達到省能又維持高新鮮空氣之目的。



靜態交叉流式全熱交換器



轉輪式全熱交換器

圖 5.3-14　兩種全熱交換器，靜態交叉流式與轉輪式

全熱交換器之應用於小型空調系統

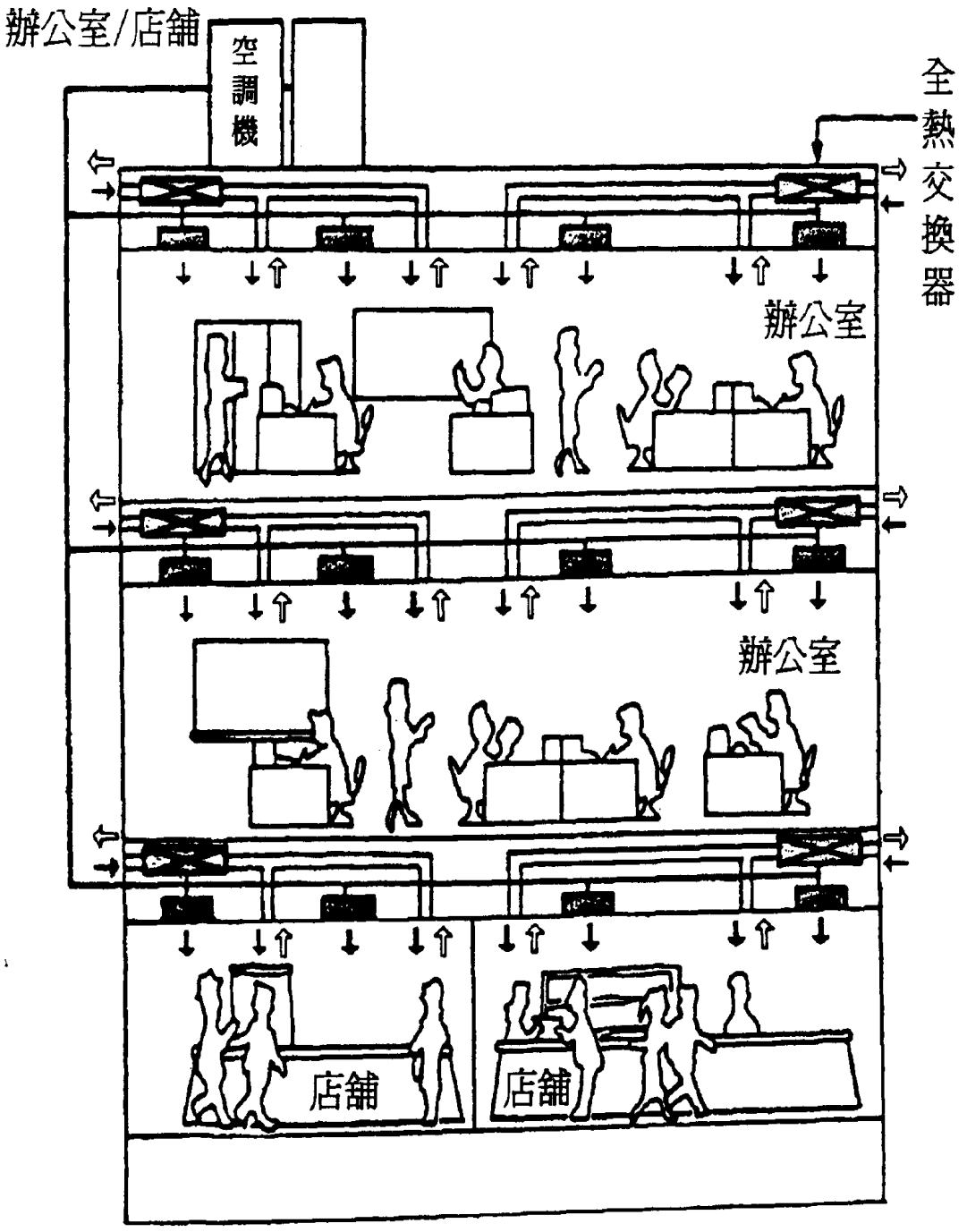


圖 5.3-15　全熱交換器可與小型空調系統配合使用於店舖【14】

全熱交換器之
配置方法

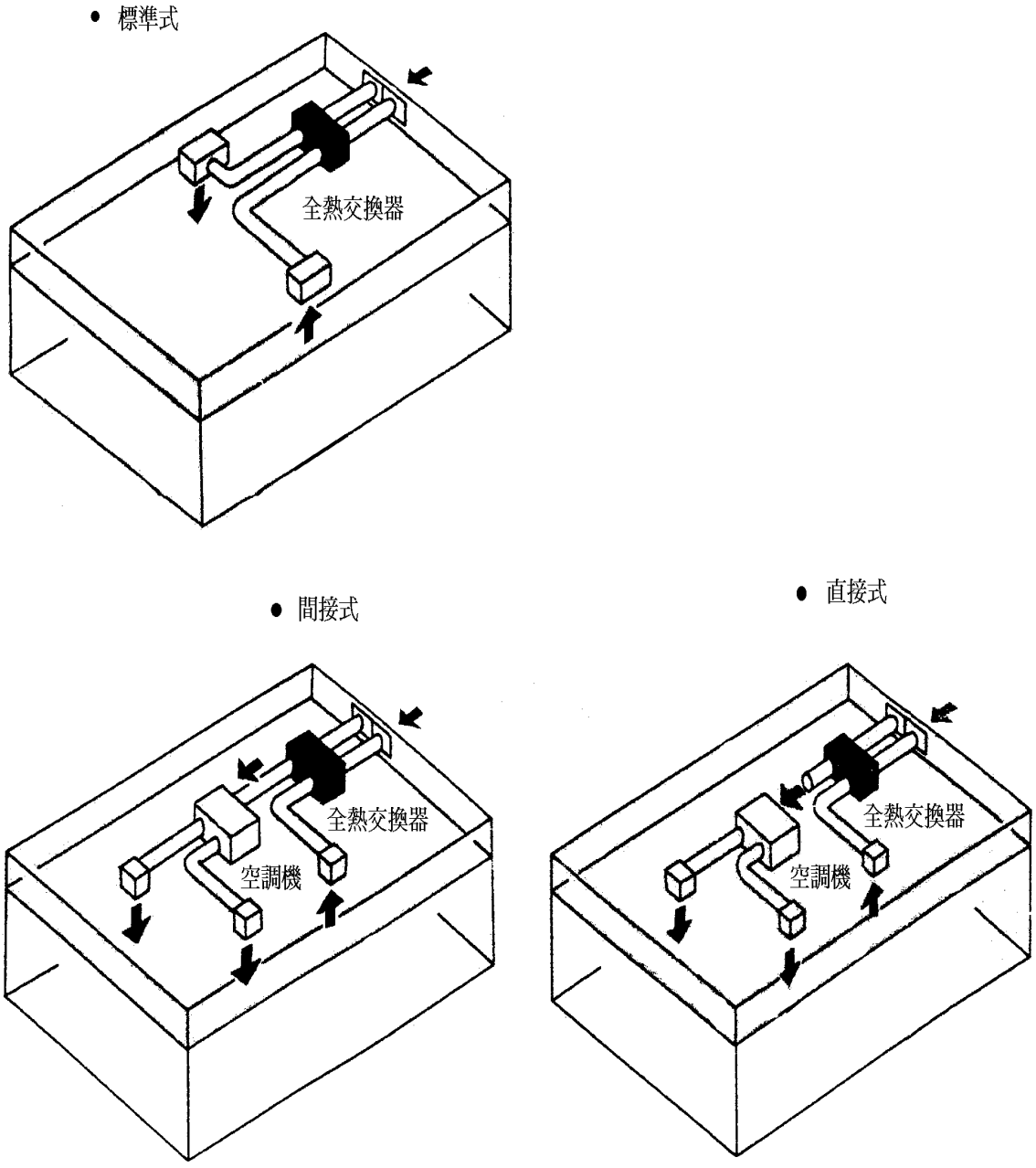


圖 5.3-16　全熱交換器安裝之例子【14】

(九)冰水側系統節能計畫

在冰水側系統運轉之節能方面，可參考以下之節能設計。

1. 一般而言超級市場之水側系統規模不大，但若超級市場與商業大樓共用同一中大型中央空調系統時，需使用 P-S 系統(Primary-Secondary System)時，應遵循以下三項原則：
   (1) 全載時共通管必須完全沒有阻抗，也就是說該管的壓損必須接近於零。
   (2) 二次側負載端必須使用二通閥控制流量，這樣的設計才能使分離水路系統發揮功效。
   (3) 多台主機併聯時所有冰水機必須設定在相同的出水溫度，並且相同的冰水溫差。
2. 選擇適合系統之冰水泵

   冰水主機所產生的低溫冰水是由冰水泵推送至空調箱或冷風機之熱交換器(冰水盤管)，使其與高溫高濕之室內回風熱交換，並將溫度升高之冰水送回冰水主機內冷卻，故其負擔著將冰水由冰水主機房載運至現場之任務。故應選擇適合系統之冰水泵，提升冰水泵之效率。
3. 送水系統節能計畫

   送水系統如前所述，亦為耗能之部份，而其中負載側因管路長，為主要耗能之處，本文將對其之節能潛力作一探討。送水系統之耗能分析主要在比較定流量與變流量系統(variable water volume, VWV)，如圖 5.3-17 所示，分析如下：

(1) 定流量系統

流經空調主機之水量是固定的，定流量系統利用三通閥來改變流經盤管之流量，當負載低時將旁通量提高以減少流經盤管之水量，降低冷卻能力。如此，低負載時水量不改變，搬運之阻力也並不會有效的減少，泵之耗能維持一樣。這種設計只考慮到調節冷氣能力，沒考慮到節能。

(2) 變流量系統(VWV)

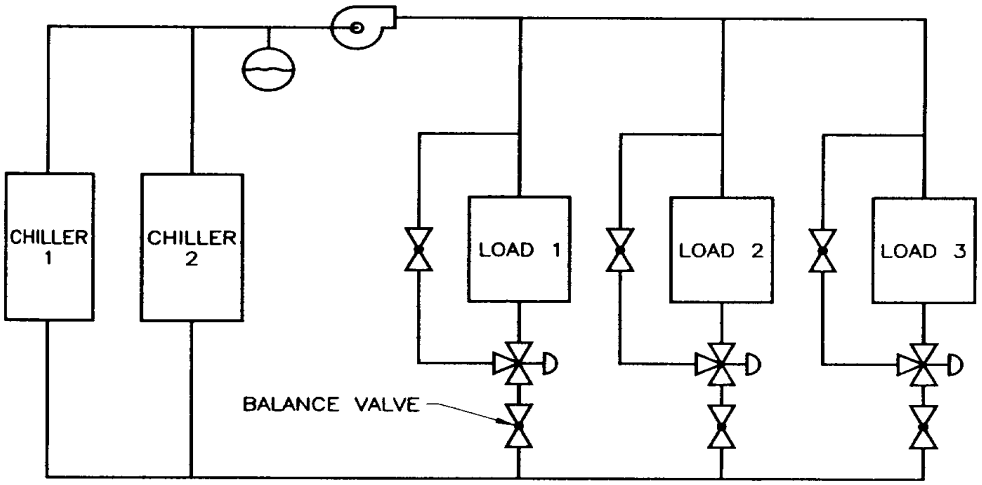
這是一種較新之系統設計觀念，如圖 5.3-17 所示，若超級市場與商業大樓共用同一中大型中央空調系統，其將熱源(主機)與負載側之送水系統分開控制，其之控制介面為一個共同管(common pipe)。 共同管之左側為主迴路(primary loop)，為空調主機機房內之水循環系統，各主機有一個泵負責送水(定量)，故其之總循環量為開啟主機水量之總和。主機之開啟依負載而定，負載大時開啟之主機多，負載小時減少主機之開啟數。熱源側之送水距離短，且送水量隨主機之開啟數變化，耗能較小。在負載側方面，其之送水系統(或稱二次迴路，secondary loop)亦需有泵作為動力，因送水之距離長，為送水系統之主要耗能之處，亦是 VWV 系統主要節能之處。VWV 系統之操作原理如下：

A. 可用水壓控制二次側之送水量，如負載低時減少開啟之數量，節約搬運耗能。

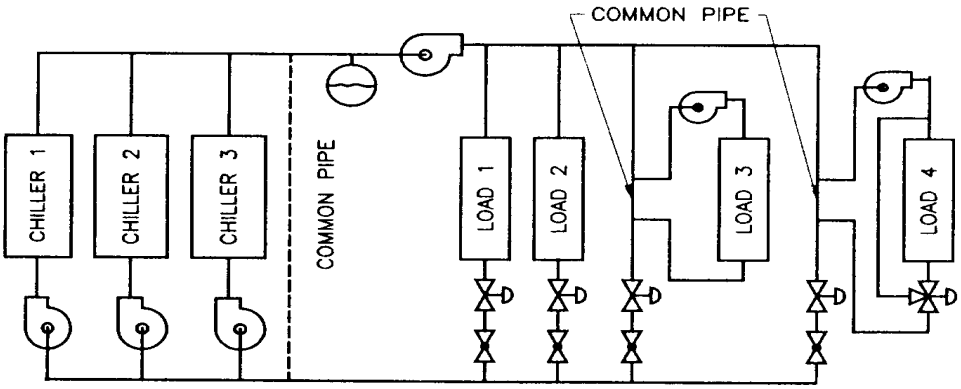
B. 負載處(如風機盤管)以二通閥控制流量，不需旁通管路，只送所需之冰水量至盤管，二通閥之開啟度依盤管之出水水溫而定，當閥關小時水流阻力加大，經控制系統使二次泵減少送水量，如此達到最佳之節能效果。

C.當二次側之冰水需求量減少時，熱源(一次)側之循環量較大，多餘之冰水經共同管流回主機，共同管之阻力極小，不會造成耗能。當經共同管旁通之水量多時，流回主機之水溫降低，溫度訊息將使主機依需求減少開啟數，同時減少一次側之水循環量。當二次側之水量過大時，二次側之回水就會有一部份經共同管反向流到供應側，如此會提高供應冰水之溫度，溫度過高時會啟動多台空調主機，補充冷氣能力之不足。與送風側 VAV 相同，VWV 有節約近一半水搬運之耗能之潛力。

D.使用 VWV 系統時，空調箱或風機盤管應使用 2-Way 控制閥。



定流量冰水系統



變流量冰水系統

圖5.3-17　定流量與變流量送水系統之比較【12】

（十）提升冷卻水塔的運轉效率

1. 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。
2. 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再循環而被抽回進風口。
3. 冷卻水塔並聯運轉，且冷卻水溫隨外氣濕球溫度重置(reset)。一般中大系統冰水主機台數偏多，使得冷卻水塔台數亦多，無法隨著空調負載及外氣條件變動而調整風扇耗電量。冷卻水溫度每降低

1.0℃，約可省電1.5~2.0%，因此，冷卻水入口溫度應在符合冰水主機特性及外氣濕球溫度的限制下，儘可能地降低來節約冰水主機用電。

4. 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。

5. 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 1RT=10LPM)，而冷卻水量則是冷凍噸數的 13 倍(亦即 1RT=13LPM)，這是以 5℃之設計溫差為準之流量。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℃，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。然而冷卻水溫不可以無限制地降低，最低設定溫度應諮詢冰水機製造廠的意見。若能配合冰水機與冷卻水塔選擇較大溫差之設計時，水流量即可降低，因而減少冷卻水泵之初設費用及運轉費用。

6. 在冷卻水塔節省能源控制方面，有下列方法：

(1)以多組冷卻水塔並聯運轉，並由冷卻水送水溫度回饋至變頻器控制冷卻水塔風車轉速，如圖 5.3-18。

(2)備用水塔同時一起運轉。

冷卻水塔在正常設計時多半會有備份。冷卻水塔的散熱能力在其他條件固定的情形下與風扇風量大約呈正比關係，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，如圖 5.3-19 所示。

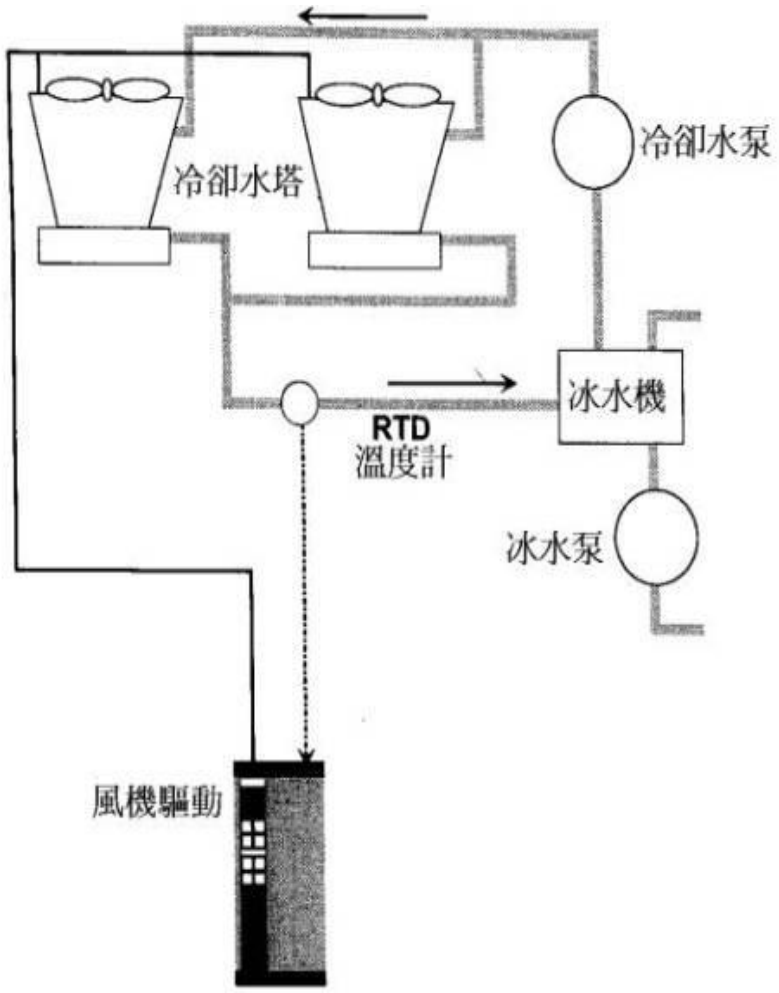


圖 5.3-18　單變頻驅動冷卻水塔系統【15】

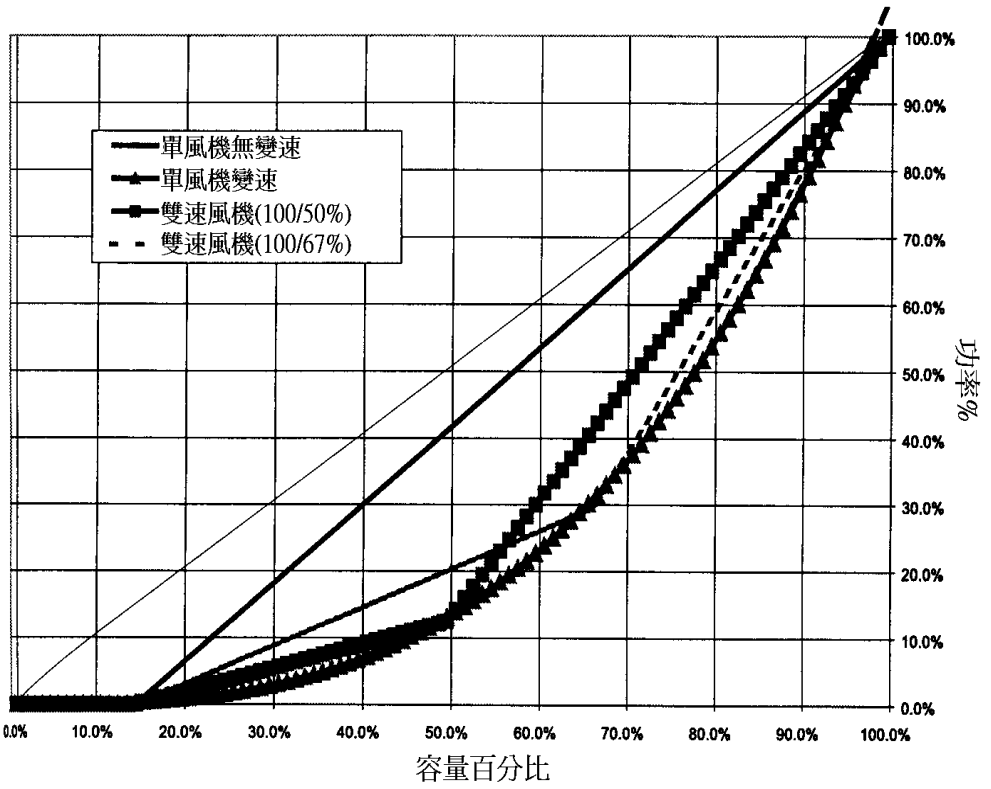


圖 5.3-19 冷卻水塔風機控制節能【15】

(十一)冷卻水塔安裝位置

冷卻水塔的座落位置應注意以下幾點，以圖 5.3-20 (a)~5.3-20 (c)。

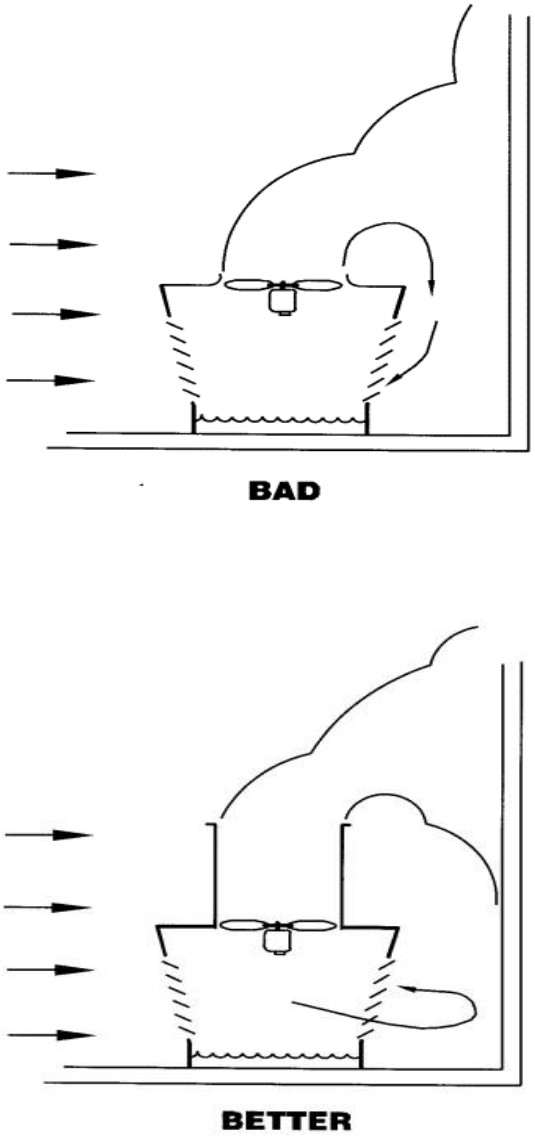


圖 5.3-20 (a) 提高排熱氣高度減少氣流短路【15】

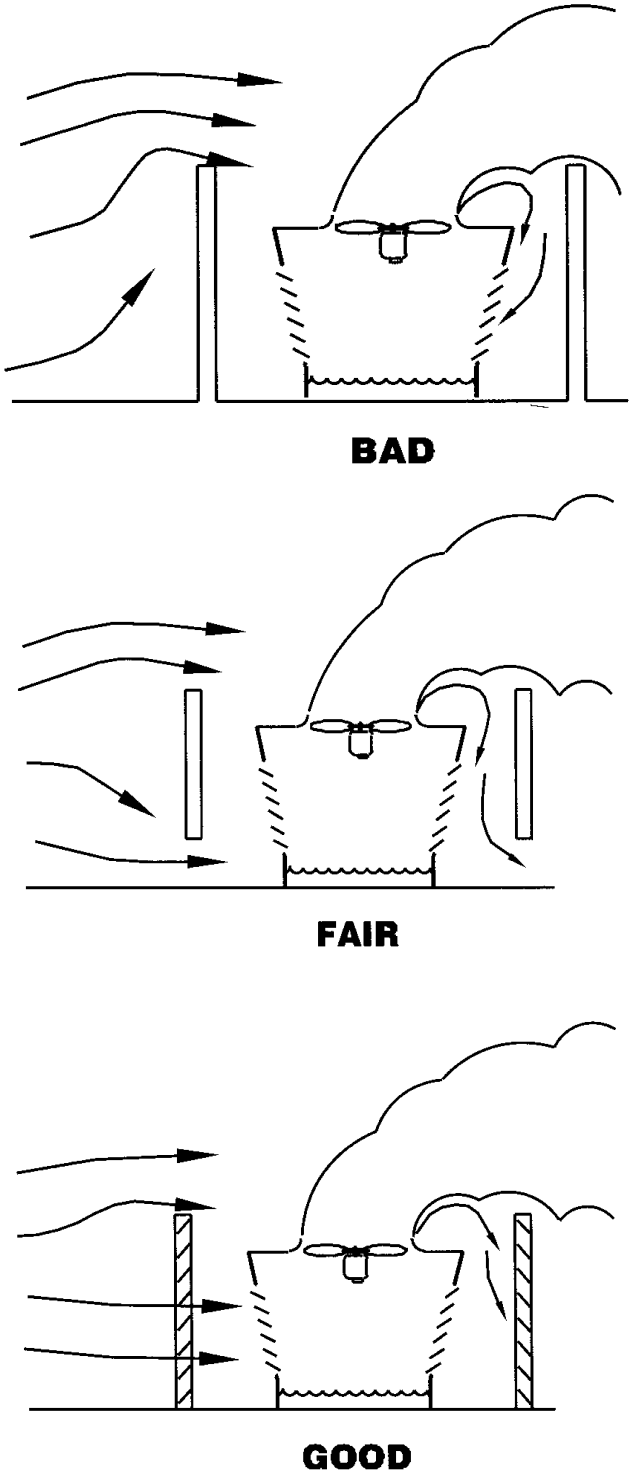
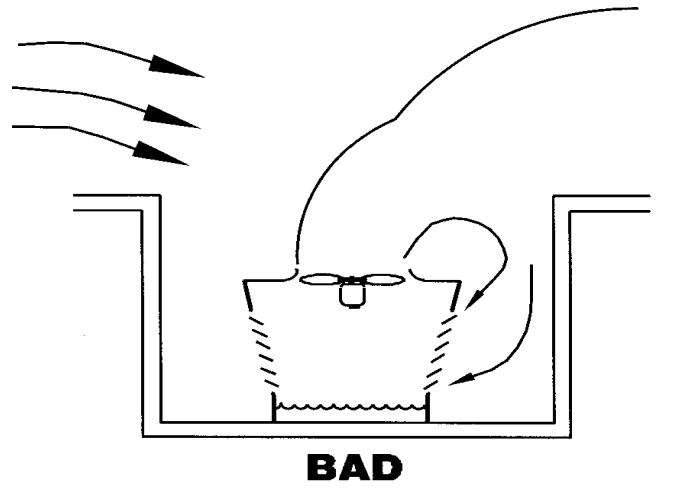
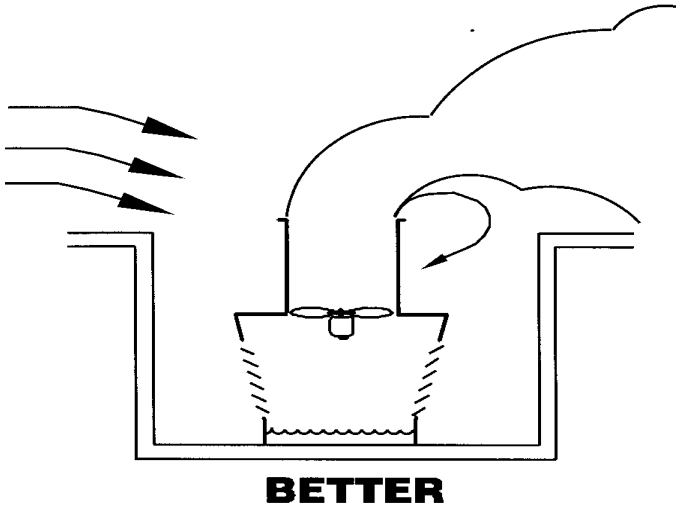


圖 5.3-20 (b) 避免進氣受阻【15】





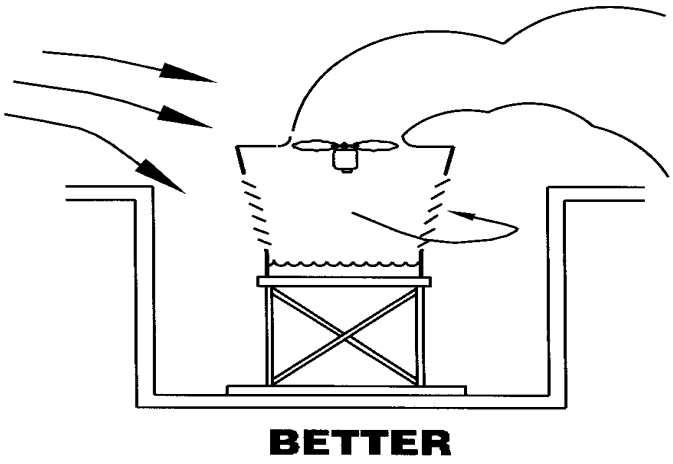


圖 5.3-20 (c) 必要時墊高冷卻水塔，但要注意地震與颱風的影響【15】

（十二）變頻與馬達效率

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 5.3-21，在送風量降至 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，如圖 5.3-22。

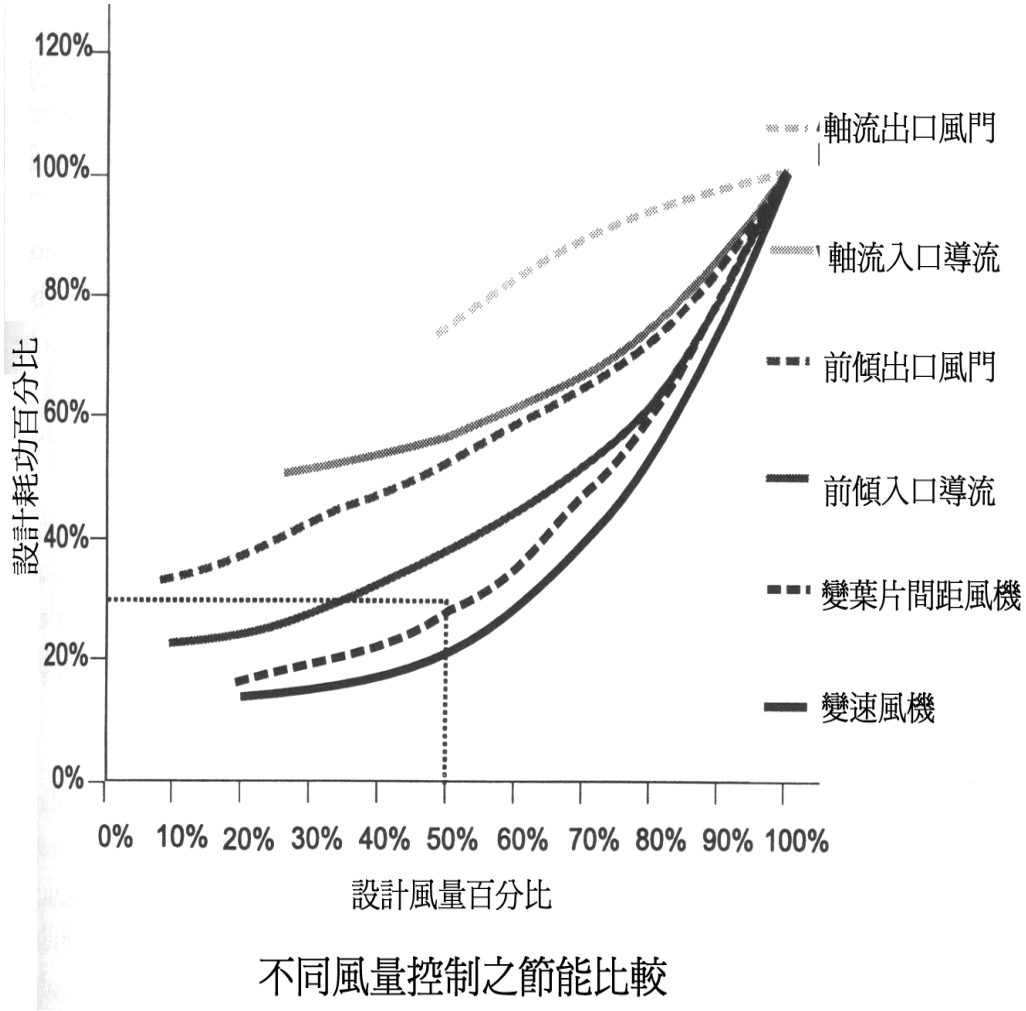


圖 5.3-21 不同風量控制之節能比較 【16】

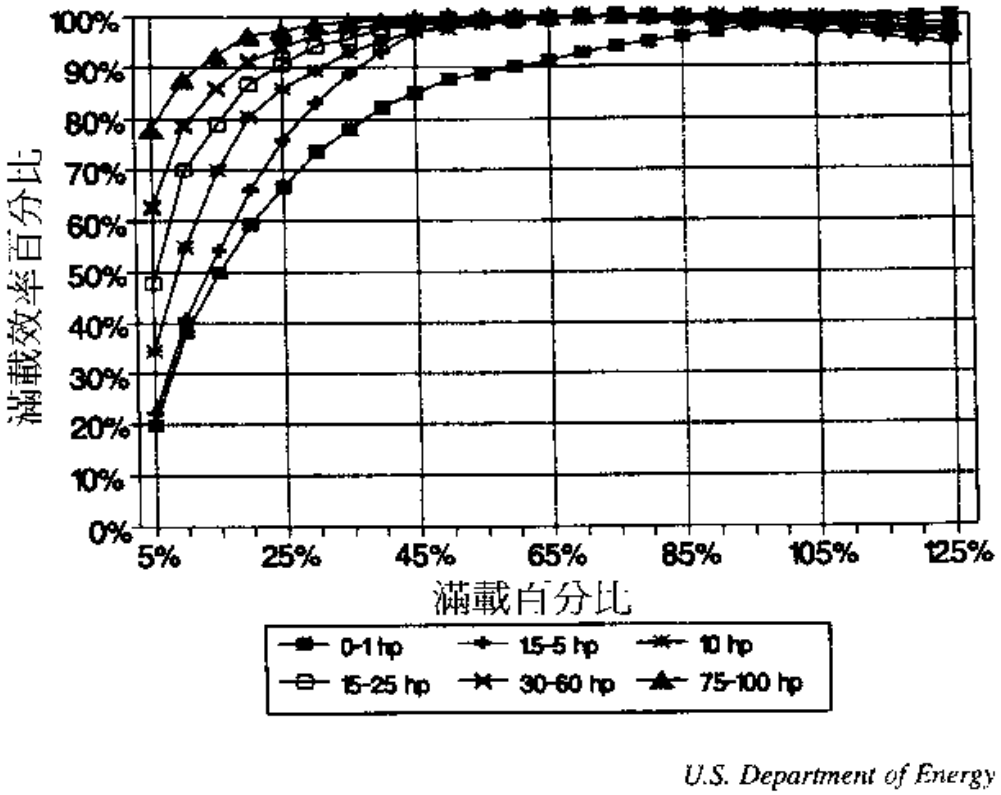


圖 5.3-22 低負載時小馬達效率降低【16】

(十三)節約能源之問答

1.主機省能

問(1)：不同空調負荷時，中央空調主機之性能是否會改變？

答：目前市售之中央空調主機，都有控制或調整冷卻能力之功能，但在不同負荷比例，其 EER 或 COP 值會有所不同，一般而言，在 50%至 80%負載之間其性能較佳，應依原廠資料查得最省能之操作範圍。

問(2):供空調之冰水,一般設定在 7℃,不同的冰水溫度設定會有何影響？

答：中央空調用冰水通過熱交換器將空氣冷卻，設備廠一般是以 7℃之冰

水作為設計規格，空調設計之露點多在 15~16℃，7℃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，換季時空調負載低時也可將冰水溫度調高，每升高 1℃可減少 3%之主機耗能。

問(3)：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，空調主機在低度負荷時會有較高之電力負載，故美國已漸用部份負載積分值(IPLV)，其較能反應實際耗能。

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

2. 泵耗能

問(1)：如何使泵在最佳效率下運轉？

答：每一個泵都有其高效率之運轉範圍，如圖 5.3-25 所示【17】，高效率之操作區多在曲線之中間偏右區，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。

問(2)：用變頻器改變泵轉速及流量有何節能效果?

答：泵之流量與轉速(rpm)成正比，但其功率與$(rpm)^3$成正比，流量減為 80%時用電約為 100%之一半，故可減少大量之耗能。

問(3)：管路中之閥件對泵之耗能有何影響？

答：管件如三通閥、彎管、控制閥等均為管路之必要元件，但也造成管路中之壓損，如球閥(控制閥)之壓損相當於 340 倍管徑左右之管長，開關閥之壓損只有控制閥之幾分之一，故過多的管件及錯誤的選擇最易造成額外的泵耗能。

問(4)：可否適當減少送冰水量以節約泵之耗能？

答：每 1.0 kg 的水每 1℃溫差之熱能為 1.0 kcal，一般冰水之送回水溫差為 5℃，匹配適量送水量，就能減少泵之耗能。

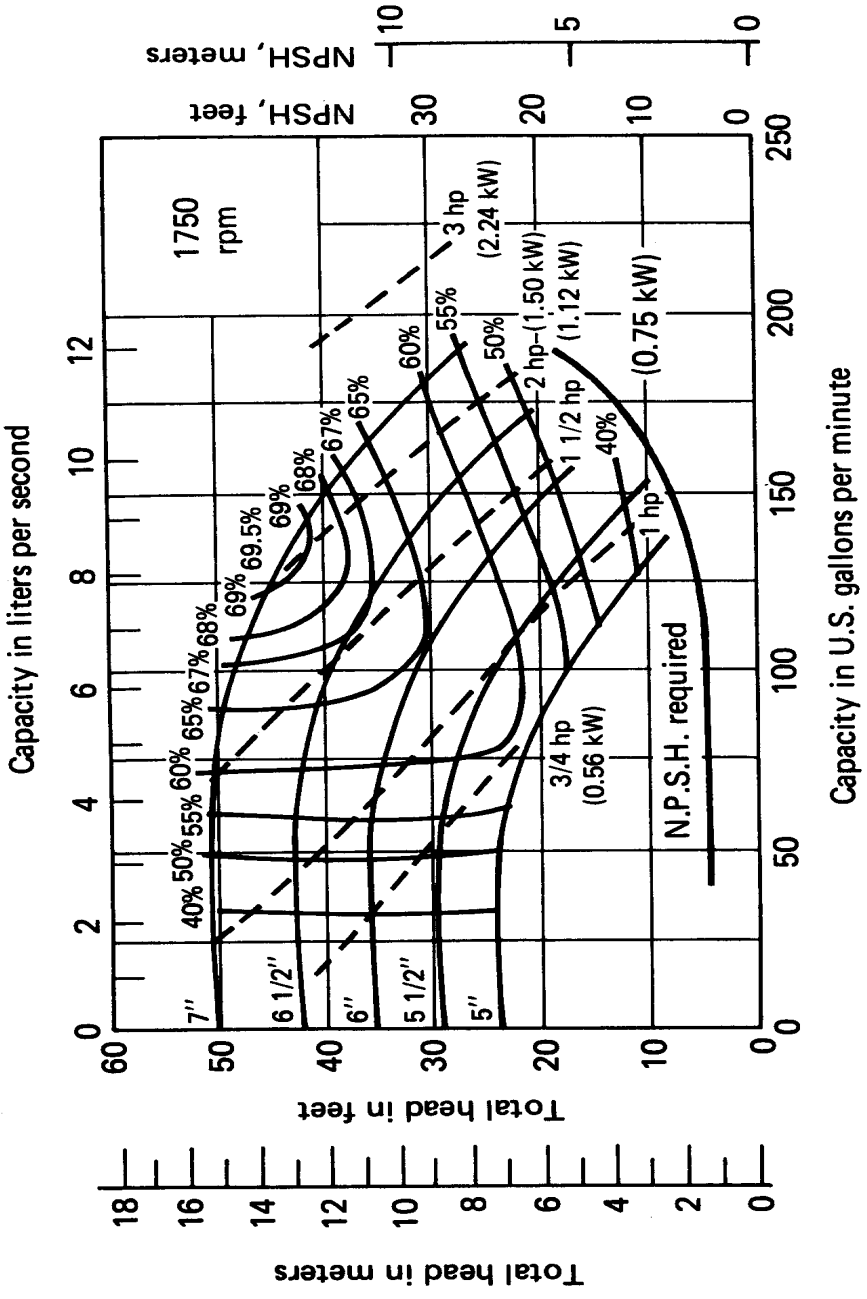


圖 5.3-24　泵之典型性能曲線圖，如用 7 吋葉片，在 8.0 L/s 流量時有較高之效率【15】

3. 風機耗能

問(1)：送風與送水之耗能有何差異？

答：搬運之耗功與(壓差x體積流量)成正比，送風之體積流量比送水大很多，故送風系統之壓差須比送水系統小，風管也遠比水管大。

問(2)：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。

問(3)：如何控制送風量以減少耗能？

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

問(4)：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。

問(5)：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。

問(6)：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。

4. 外氣之控制

問(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。

問(2)：使用外氣冷房之條件為何？

答：每 kg 之送風量，在一般空調模式中，需移除約 12kJ 之熱量，如換季空調負荷低將冷房移除熱量為 6kJ/kg 空氣，室內條件為 22℃，50%時，外氣溫度應約為 15℃。外氣溫度較高，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。

問(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，或在人數少時減少外氣量。

問(4)：如何應用全熱交換器以減少外氣負荷？

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

5. 溫溼度之控制

問(1)：溫度之設定與耗能有何關係？

答：冷氣溫度每調高 1℃，就能節省 6%的冷氣耗電量，故溫度之正確控制影響耗能甚距，尤其在人少時應控制空調溫度，減少送風量，降低負載以節約能源。

問(2)：如何精確的控制溫度？

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

問(3)：能否將室內溫度設定提昇又能達到舒適的條件？

答：根據美國冷凍空調學會之標準，舒適溫溼度為 26℃，50%RH，若有微風吹到身上，如 0.4m/s 之微風，就可將溫度提昇 2.0℃，而達到相同之舒適。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。

問(4)：造成超級市場內溫度分佈不均勻的主因為何？

答：一般來說，超級市場皆用一個空氣調節箱供風到多個區域，有相同之送風溫度，故超級市場冷卻能力由送風量決定。為節約能源，應依各區域之空調負荷調整送風量，如此達到良好的溫度分佈。

6. 建築設計與空調耗能

問(1)：建築用玻璃帷幕對空調耗能有何影響？

答：玻璃帷幕對空調耗能之影響有三方面：

(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)玻璃隔熱性能比水泥差，會有大量的熱傳到室內，增加空調負荷。

(3)溫度較高的玻璃，或外部溫度高之表面，均會造成輻射熱效應，使室內之有效溫度(包括輻射熱)比室內溫度高，需將溫度調降方能達到舒適的環境。

問(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，北向為佳，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。

問(3)：建築內有何阻擋太陽輻射熱之方法？

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

問(4)：如何減少冷氣外洩？

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

(1)旋轉門為防止冷氣外洩之好方法，但較無法因應超級市場之人潮。

(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(中有一室內外空氣之緩衝區)更能阻止冷氣外洩，又較能抗風壓。

(4)倉儲區以自動門或膠布簾隔離外氣。

問(5)屋頂之熱傳經常造成頂樓很熱，有何解決方法？

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

7. 操作、維護及其它

問(1)：空調系統若無適當之試車調整，會有耗能之效果嗎?

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

問(2)：空調主機熱交換器之維護如何影響能源消耗?

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

問(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。

問(4)：冷卻水之溫度對空調主機之效率有何影響?

答：冷卻水溫度過高會影響空調主機效率，29℃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℃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℃之溫差約會影響 COP 約 2.5%。

問(5)：冷卻水塔有何控制耗能之方法?

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

問(6)：過濾器之維護如何影響空調系統性能?

答：過濾器之風阻會隨使用時間升高，增加送風耗能，可用定期(或使用壓差錶)更換、清洗，或以風阻之限值作為更換之依據。

問(7) 變頻器之應用為何有節能之效果?

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

問(8)：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。

問(9)：空調機房有需要空調嗎?

答：一般而言，只需通風，如有電腦控制則只需將控制室設空調即可。

5.4 冷凍冷藏系統

超級市場之冷凍冷藏系統耗電量約佔店內總耗電量之 60～70%。因此好的規劃設計，除提供肉品、乳品的冷凍、生鮮、蔬果、食物的冷藏保鮮、飲料涼度外及尚需注重設備高效率運轉及節能功能。因此針對超級市場冷凍冷藏節能有關展示櫃之設備分類及構造、性能分類、性能指標、空氣溫度、負載變化、能源效率比值、耗能與環境溫濕度關係、及除霜方式等資料及技術，說明如下：

(一) 冷凍冷藏設備之分類及構造上節能設計

我國在商業用冷凍、冷藏展示櫃方面之標準為 CNS 10797【17】，冷凍冷藏設備依構造可分為四類，如表 5.4-1 所示。

表 5.4-1　冷凍冷藏設備之分類

構 造 分 類	構　　造
1	開放式組合型展示櫃
2	密閉式組合型展示櫃
3	開放式分離型展示櫃
4	密閉式分離型展示櫃

一般而言，開放式展示櫃之耗冷能較大，其因為

1. 需較大量之冷風維持物品溫度。
2. 開口無保溫。
3. 冷風易與室內空氣混合，造成額外之冷凍負荷及結霜問題。

目前國外在開放式展示櫃的研究多在冷風道之設計，除省能之考量外，也避免使冷凍櫃週遭溫度過低而造成之不適感。

各式商業用冷凍、冷藏展示櫃，依因不同的產品與顧客服務方式而異，且依產品的需求溫度所訂定，可分為開放式與密閉式，單層與多層式等等。而外型主要以不銹鋼材質或在表面處理防銹蝕之動作。圖 5.4-1 為一般密閉式之冷凍櫃，冷風在內循環，其玻璃門多採用雙層構造以隔熱，避免結露及減少耗能，玻璃門之隔熱為重要之節能措施。

當室內溫濕度為 24℃，50%RH 時，其露點為 13℃，則雙層玻璃門外側表面溫度需高於 13℃，才不會結露。冷藏展示櫃玻璃門一般設計皆有電熱器用於防結露，在超級市場有良好溫濕度控制之環境下，有雙層玻璃之展示櫃的外側易於維持在 13℃以上的溫度，或可作分段之電熱控制，依需要控制電熱量以節約耗電。

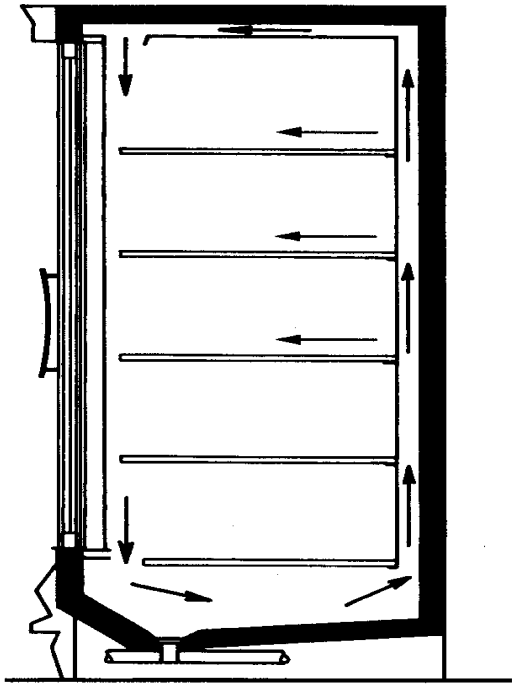


圖 5.4-1　一般密閉冷凍櫃【11】

圖 5.4-2 為一般之開放式多層展示櫃，冷風自上而下，風道設計不但影響物品之冷藏效果，也會影響室內溫度，減少冷風之洩漏為重要之節能設計。再者，不當之物品堆放會嚴重影響氣流，如圖 5.4-3 所示，應遵照 load line(負載線)內置物品之原則，亦應避免阻擋氣流之風口。為獲得較佳之展示，也有用如圖 5.4-4 之密閉式展示櫃。為了節約能源，美國有些開放式展示櫃利用條狀式透明簾防止冷風外洩，但此設計會有降低展示效果之問題，在台灣之應用並不普遍。圖 5.4-4 之密閉型展示櫃多用於低溫冷藏，因無冷風外洩及熱分層效應，儲存部位較能確保冷凍之效果。

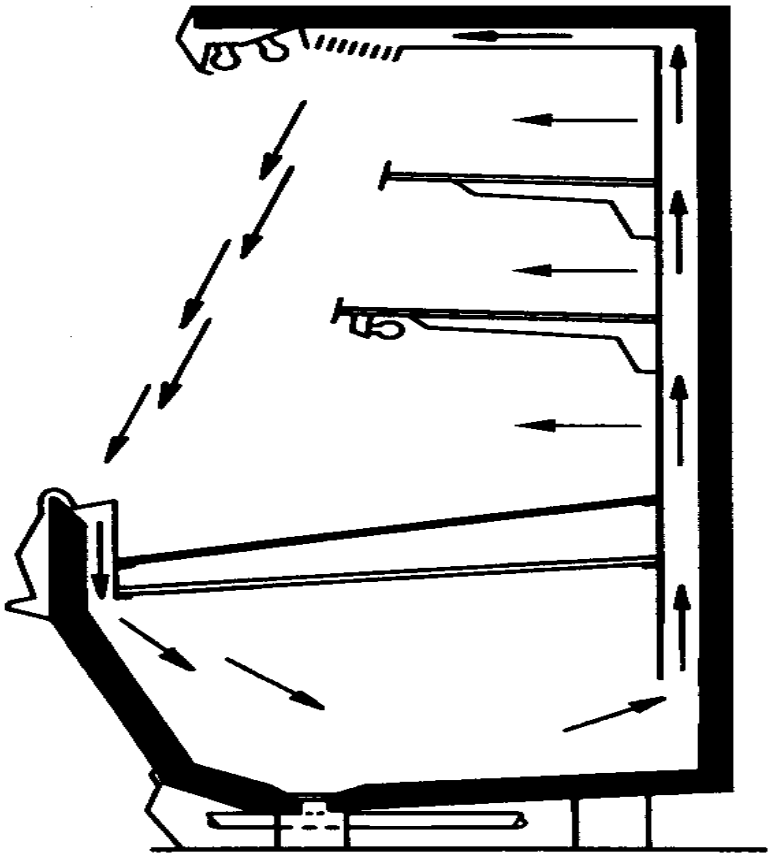


圖 5.4-2 多層開放式展示櫃【11】

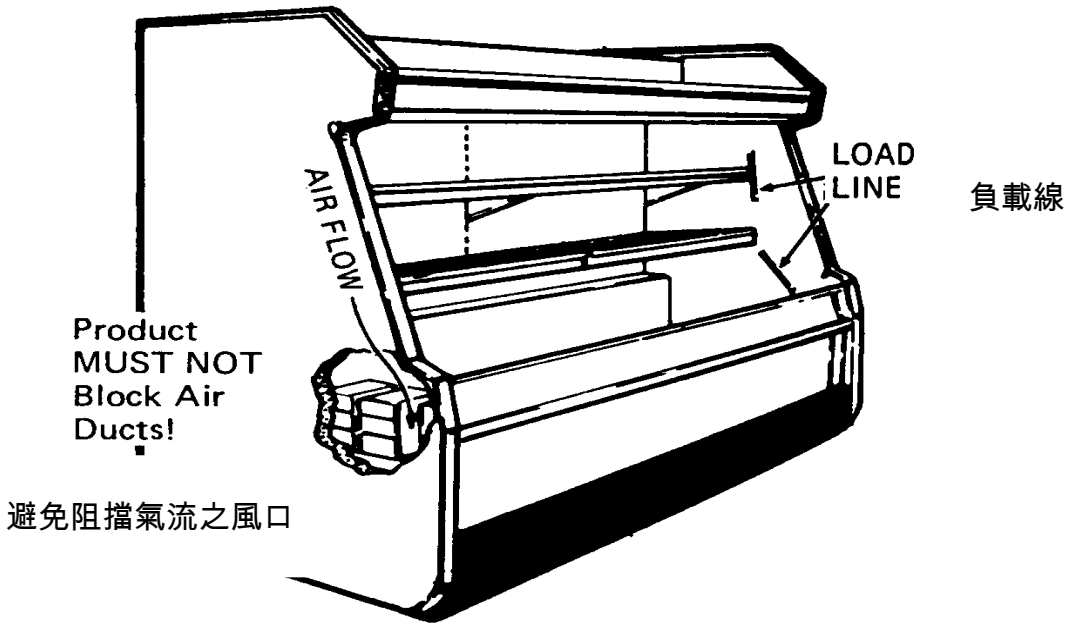


圖 5.4-3　物品之佈置不應阻擋氣流【11】

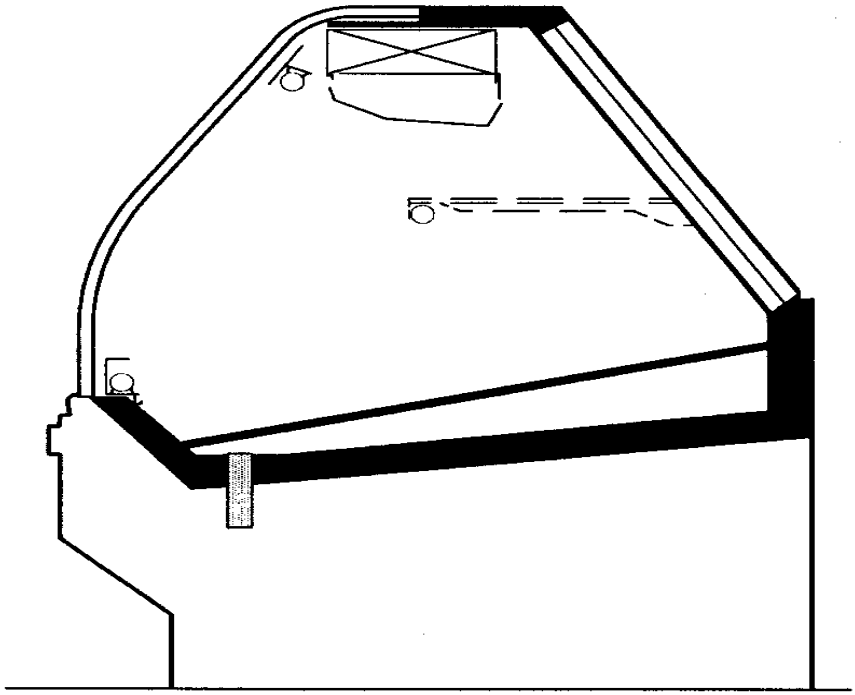


圖 5.4-4　玻璃密閉服務型冷凍展示櫃【11】

（二）冷凍冷藏設備之依性能如何分類

冷凍設備通常依冷卻性能（如表 5.4-2）及保證冷卻性能之環境條件（如表 5.4-3）予以分類。故可依表 5.4-2 之分類來評估冷凍冷藏設備之耗能，以作比較。

表 5.4-2　冷凍設備依性能分類：依冷卻性能

冷卻性能分　　類	調節器置於最不冷時之冷凍負荷溫度	調節器置於最冷時之冷凍負荷溫度	冷凍負荷積分平均溫度	展示櫃內溫度
L	－12℃ 以下	－	－15℃ 以下	－18℃ 以下
M	7℃ 以下	－1℃ 以上	－	5℃ 以下
H	10℃ 以下	1℃ 以上	－	10℃ 以下
S	※	※	※	※

註：1、S 類係指依買方用途而設計，不屬 L.M.H 類。
　　2、開放式展示櫃在不使用夜間蓋之狀況。

冷凍冷藏設備之耗能會受環境之溫濕度影響，故需設環境條件作冷卻性能之比較，可分為 A 與 B 類，而各類又有兩種測試之溫濕度條件供選擇。

表 5.4-3　冷凍設備依性能分類：依冷卻性能之環境條件

保證冷卻性能之環境條件分類	保證冷卻性能之環境條件		
A	溫度　℃	15	25
	相對溼度 %	75	60
B	溫度　℃	15	30
	相對溼度 %	75	60

（三）冷凍冷藏設備之性能指標

在性能指標方面，商業用冷凍、冷藏展示櫃的效率是以能源因數值（EF：ENERGY　FACTOR）來表示，其單位為公升/度/月，即為每月消耗 1 度電所能使用的冷凍冷藏容積大小，EF 值愈高，愈為省電。以 400 公升的冷凍冷藏電冰箱為例，如表 5.4-4 選用 EF 值大於 7.5 以上者，才符合省電的最低要求，表 5.4-2 中之商用冷凍櫃無如電冰箱之 EF 標準，但可用相同之指標訂定標準來比較耗能，以不同冷卻性能(表 5.4-2)及環境條件(表 5.4-3)分類，作為耗能之比較。有關電冰箱能源因數值(EF)，可參考查節能標章之節能產品效率標準內容。

表 5.4-4　電冰箱能源因數值標準

型式	能源因數值基準(公升/千瓦小時/月)
等效內容積低於 400 公升風扇式冷凍冷藏電冰箱	E.F.=(V/(0.037×V+24.3)×1.45
等效內容積400公升以上風扇式冷凍冷藏電冰箱	E.F.=(V/(0.031×V+21.0)×1.45
等效內容積低於 400 公升直冷式冷凍冷藏電冰箱	E.F.=(V/(0.033×V+19.7)×1.45
等效內容積400公升以上直冷式冷凍冷藏電冰箱	E.F.=(V/(0.029×V+17.0)×1.45
冷藏式電冰箱	E.F.=(V/(0.033×V+15.8)×1.54

（四）冷凍冷藏展示櫃之空氣溫度設定值

商業用開放型冷凍、冷藏展示櫃負載因數之設計上，有乾球溫度、濕球溫度、與相對溼度之最大與最小設計值考量。冷凍、冷藏展示櫃裏的空氣溫度必須符合表 5.4-5 的測試標準，測試冷凍櫃時，溫度計不得和外氣氣流或陳列產品接觸。而各冷凍冷藏展示櫃的空氣溫度之要求，見表 5.4-5 所示。

表 5.4-5　冷凍展示櫃的空氣溫度【11】

產品型式	冷凍展示櫃的空氣流出溫度℃	
	最小溫度	最大溫度
牛乳食品 　多層展示櫃	1.1	3.3
盒裝食品 　單層展示櫃 　多層展示櫃	1.7 1.7	3.3 3.3
無包裝肉類（密閉展示櫃） 　陳列區域	2.2b	3.3b
熟食醃肉食品 　多層展示櫃	0	2.2
有包裝肉類（開放展示櫃） 　單層展示櫃 　多層展示櫃	-4.5 -4.5	-3.3 -3.3
冷凍食品 　單層展示櫃 　多層開放展示櫃 　手拉玻璃展示櫃	c c c	-25c -23c -20c
冰淇淋 　單層展示櫃 　手拉玻璃展示櫃	c c	-31c -24c

註：　b：無包裝的新鮮肉品應該只陳列於密閉服務型冷凍、冷藏展示櫃裏，肉類在陳列之前應該先冷藏至 2.2℃以內之溫度，且在櫃中空氣調節溫度必須保持最適合年限保存之溫度以內。

c.：冷凍、冷藏展示櫃裏的冷凍食品和冰淇淋無最低溫度之條件，最高儲存溫度對產品的保存與品質卻很重要。冷凍食品和冰淇淋冷凍、冷藏展示櫃的差異在不同型式之設計對冷風溫度有不同之要求，其原因為不同開口形狀及大小會影響冷風之流向，故需有不同冷風出口溫度以確保冷藏效果。不同展示櫃會有不同之冷凍室空氣簾的尺寸和型式，在單一層開放式展示櫃水平空氣簾之尺寸大約為 760mm 至 1070mm 之間，多層開放式展示櫃之垂直空氣簾大約為 1070mm 至 1270mm 之間，冰淇淋手拉玻璃展示櫃方面，除氣簾外，其玻璃手拉門必須作最適當的雙層保溫。

（五）環境溫濕度對冷凍冷藏展示櫃之負載變化

如表 5.4-6 所示，環境溫濕度會對冷凍冷藏設備之性能有所影響，環境溫度越高，展示櫃負荷越大，濕度較高時亦同。表 5.4-6 為在不同溫度與濕度下，冷凍設備性能之比較，21℃乾球溫度 60%RH 之下，耗能會比 55%RH 時，多出 8%。再者，濕度太高會致使需經常除霜，會影響冷凍冷藏之品質。

圖 5.4-5 及 5.4-6 為可雙邊開啟之冷凍冷藏，圖 5.4-5 後邊可為冷藏用，前面是展示用，可用推車式更換產品，結合冷藏與展示。圖 5.4-6 將銷售區與儲藏區成兩邊開門，可用一豎直之冷媒蒸發器提供冷卻。對於這類冷凍冷藏展示設備，保溫性能為影響耗能之要因，需獲得重視。

表 5.4-6　環境溫濕度差異對冷凍、冷藏展示櫃產生負載變化

型式	21℃乾球溫度 相對溼度%					26℃乾球溫度 相對溼度%		
	30	40	55	60	70	50	55	65
多層牛乳製品	0.90	0.95	1.00	1.08a	1.18b	0.99	1.08a	1.18b
多層低溫	0.90	0.95	1.00	1.08a	1.18b	0.99	1.08a	1.18b
單層低溫	0.90	0.95	1.00	1.08a	1.15	0.99	1.05	1.15
單層牛羊肉	0.90	0.95	1.00	1.08a	1.15	0.99	1.05	1.15
多層牛羊肉	0.90	0.95	1.00	1.08a	1.18b	0.99	1.08a	1.18b
低溫手推式	0.90	0.95	1.00	1.05a	1.10	0.99	1.05a	1.10

註：a 表示必須時常除霜。

b 表示必須時常除霜加強內部冷凝（不建議使用）。

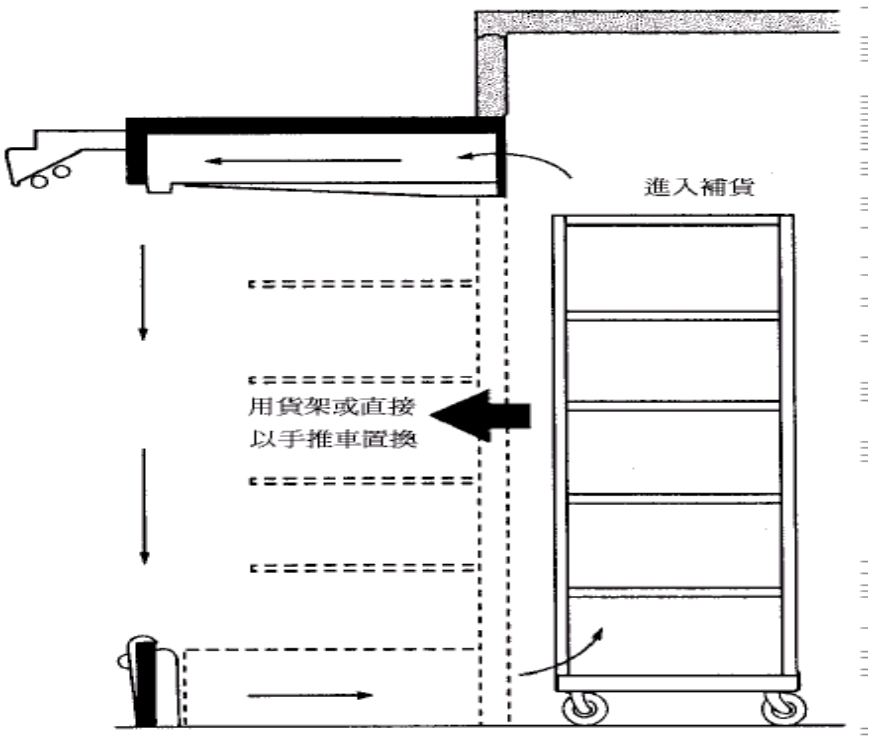


圖 5.4-5　後補貨式之冷凍冷藏室【11】

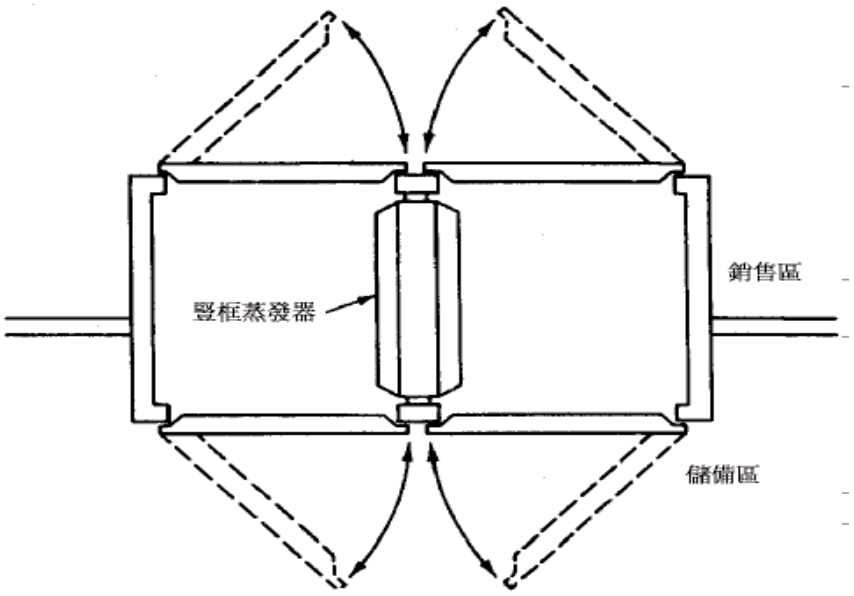
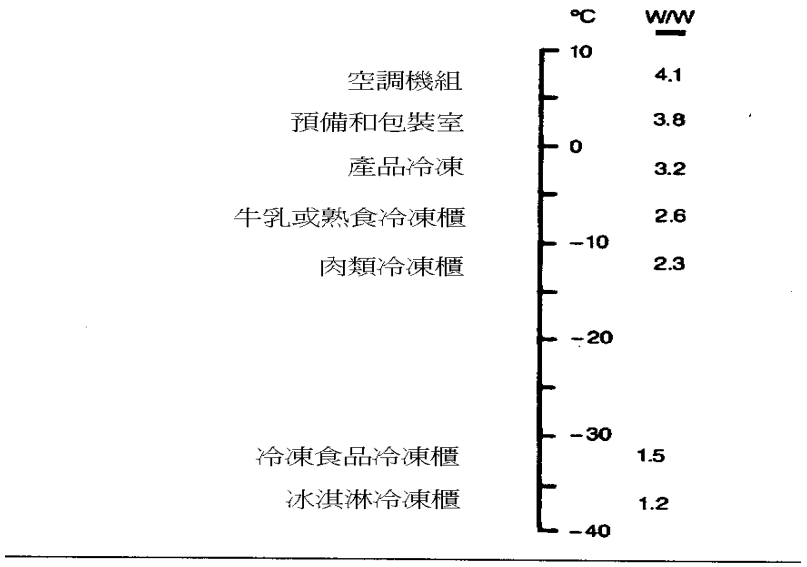


圖 5.4-6　雙向式展示櫃【11】

（六）冷凍冷藏展示櫃之壓縮機機組運轉時的能源效率比值

一般超級市場裏的冷凍、冷藏展示包含了一個或多組各式食品之冷凍、冷藏系統，其中又可分為間接傳遞與直接冷卻。而這些系統通常都將冷凍與冷藏壓縮機分成兩個系統，供應各類食品之冷凍冷藏。很多典型壓縮機機組運轉時的性能係數 COP（Coefficient Of Performance）(註：冷凍能力 W÷耗電 W)為 2.3 到 2.6，主要用於負載為較大之低溫冷凍和冷藏系統。一般冰淇淋冷凍食品所附屬的壓縮機 COP 值為 1.2 到 1.5 之間，而冷凍食品可更低為 1.0 到 1.2 之間。使用溫度較高，則 COP 值越高，食品準備之冷藏室之 COP 約為 2.9，空調壓縮機為 3.2 或更高。圖 5.4-7 為各類應用下，單段壓縮機系統之典型 COP 值，過低之溫度設定會造成不必要之耗能。一般而言，中央冷凍冷藏供應系統之整體 COP 高於各單台壓縮機，且易於操作管理與保養。



註：COP 性能係數（Coefficient Of Performance）

圖 5.4-7 各類應用下，單段壓縮機系統之典型能源效率比值[11]

（七）冷凍設備之耗能與環境溫濕度的關係

冷凍設備之耗能與冷卻器之結霜有關係，尤其是開放式或常開關之冷藏設備，結霜會影響設備之效率。如室內濕度較高會使冷凍櫃之冷卻器(蒸發器)結霜情況較嚴重，隨之增加冷凍系統之耗能。圖 5.4-8 為美國 ASHRAE 手冊中之比較圖【11】，兩條曲線代表不同溫度之冷凍系統，在不同絕對濕度(absolute humidity)下之電力負載比(percent load)，當濕度降低時耗電之差異可達 30%。再者不同溫濕度會有不同之冷凍負荷，ASHRAE 也提供了開放式冷藏設備之設計參考，如圖 5.4-9。高溫高濕之環境會造成較大之負荷，如 27℃及 60%相對濕度下，冷凍系統負荷會比原設計值(27℃及 50%相對濕度)高出 10%左右，故其之使用應限於 60%以下之相對濕度及約 29℃以下之溫度。

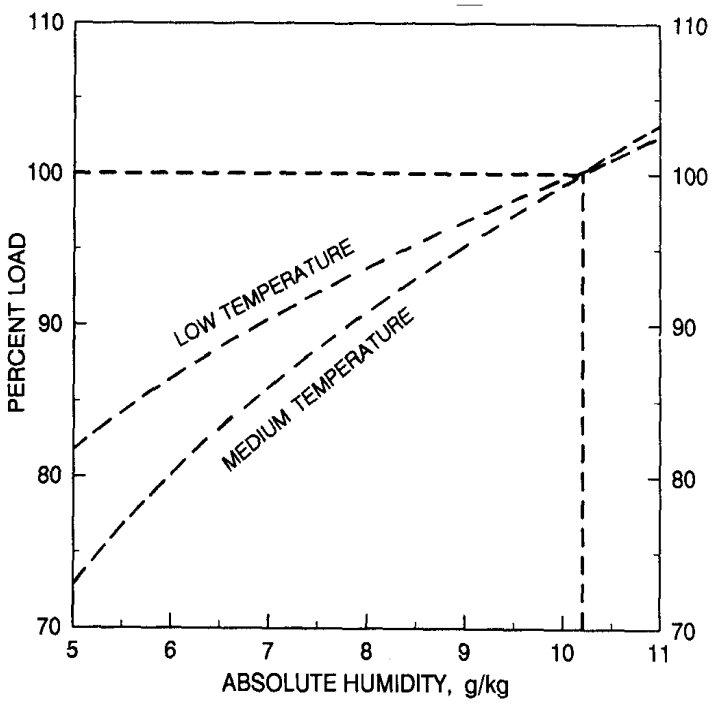


圖 5.4-8　冷凍系統耗能與濕度之變化【11】

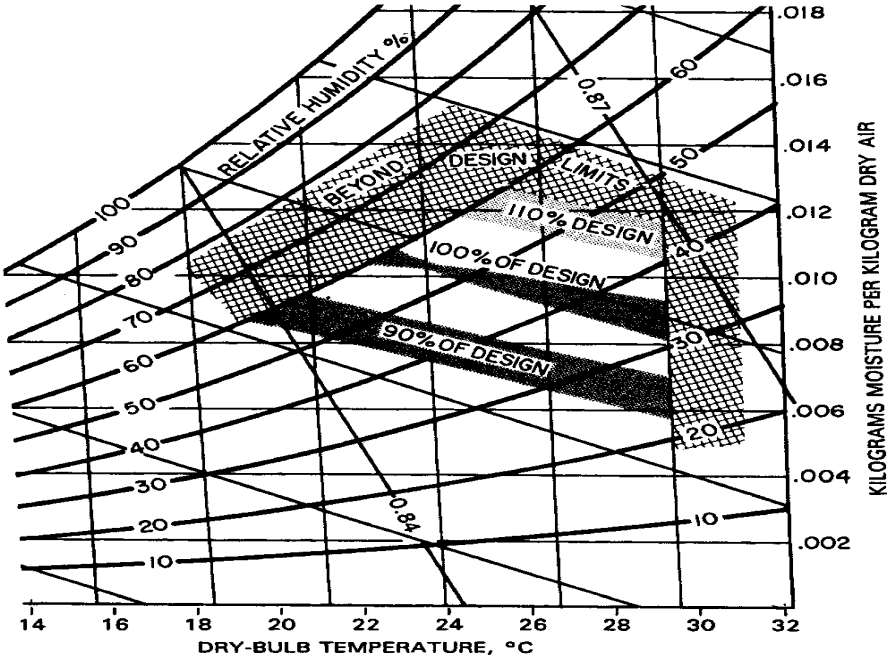


圖 5.4-9　開放式冷藏設備之負荷隨溫濕度之變化【11】

（八）冷媒管路長短與節能之關係

冷凍冷藏設備運轉效率合理化，冷媒管路不宜過長以避免冷媒壓降過大致使冷凍能量下降與耗能增加，如表 5.4-7。

表 5.4-7 氣態冷媒壓損致使冷凍能量下降與耗能增加【11】

	氣態冷媒管路壓損，kPa	冷凍能量%	耗能% (kW 耗功/kW 冷凍)
壓縮機吸入管	0	100.0	100.0
	1	96.8	104.3
	2	93.6	107.3
壓縮機流出管	0	100.0	100.0
	1	99.2	102.7
	2	98.4	105.7

（九）除霜對於冷凍系統之性能及品質的影響

除霜會影響冷凍系統之性能及品質，在冷凍系統中，由於冷媒的蒸發溫度很低，所以蒸發器表面通常均為 0℃以下，因此空氣中的水分會在蒸發器表面上形成霜，而結霜愈厚，冷凍庫效率愈低，熱傳效果減低後，將影響冷凍品質，所以必須適時的除霜以維持冷凍效果。除霜方法可分為下列幾種：

1. 壓縮機停止法：以停止壓縮機，蒸發器風機繼續運轉，使冷凍庫內之蒸發器除霜，此方法之除霜過程比較緩慢，適合溫度較高(>3℃)的冷凍冷藏室，此法之控制模式可參考圖 5.4-10。

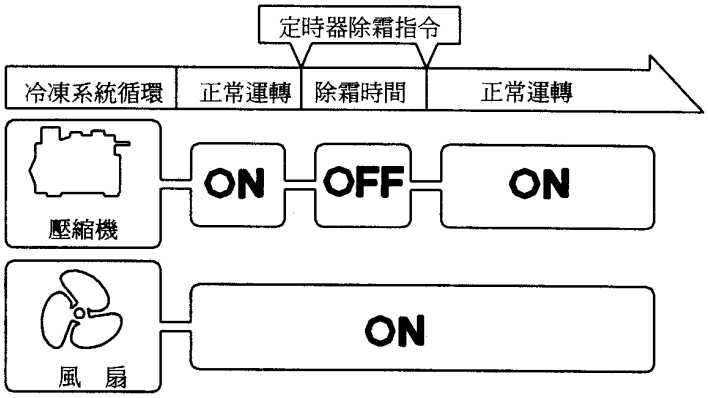


圖 5.4-10　壓縮機停止法除霜模式【18】

2. 熱氣除霜法：是用壓縮機高壓高溫吐出端之冷媒熱蒸氣，利用旁通閥使其通往蒸發器，來進行除霜，當除霜開始時，旁通閥即開，高溫冷媒進入蒸發器將附著在蒸發器之霜除去，此方法十分快速。當溫度感應器感應到除霜設定終了之溫度時，即關閉旁通閥，圖 5.4-11 為熱氣除霜法之控制模式，圖 5.4-12 為一種熱氣除霜法之除霜裝置圖。

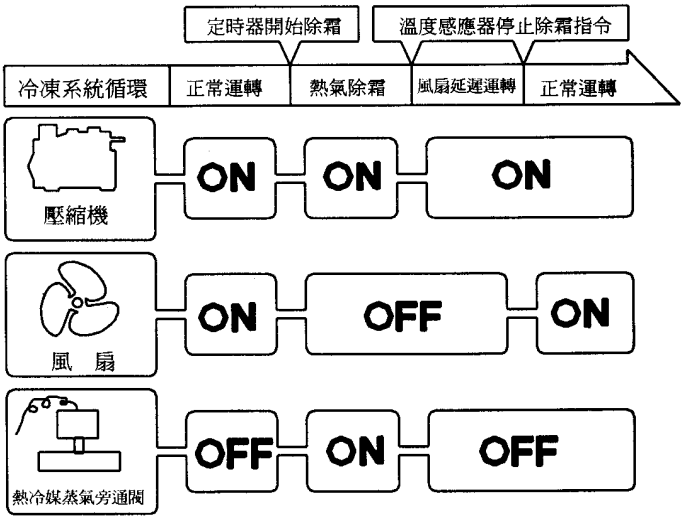
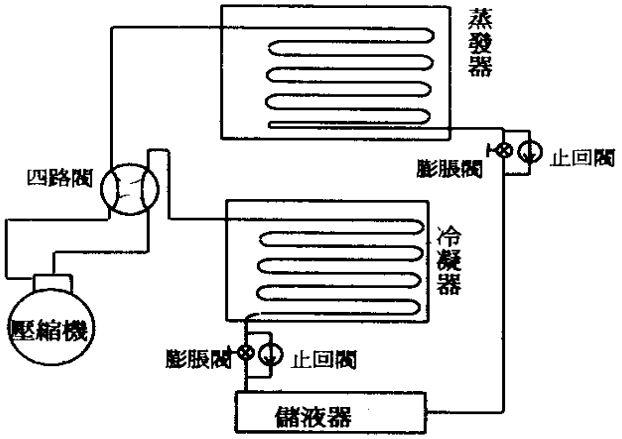


圖 5.4-11　熱氣除霜法之控制模式【18】



逆循環熱冷媒蒸氣除霜裝置圖

圖 5.4-12　逆循環熱氣除霜裝置圖【18】

3. 電熱除霜法：此方法是將電熱器裝於蒸發器鰭片上，當要除霜時給于通電，利用電熱氣之熱量給于除霜。圖 5.4-13 為電熱除霜法之控制模式，使用此法應注意除霜過度造成額外之熱負荷，溫度感應裝於結霜最厚的位置並遠離電熱器。
4. 灑水除霜法：此方法是利用溫度較高的水直接噴灑於蒸發器的緒片上，使霜溶解而達到除霜的效果。當除霜開始時，壓縮機與風扇停

止運轉，除霜水的控制電磁閥打開，使除霜水噴淋散熱片上。此種系統的優點是除霜速度快，並具有清潔散熱片的功能。一般灑水除霜系統適用於庫溫有機會提升到 0℃以上的場合，較不適合長期低溫使用的冷凍庫中。圖 5.4-14 為灑水除霜法之控制模式。

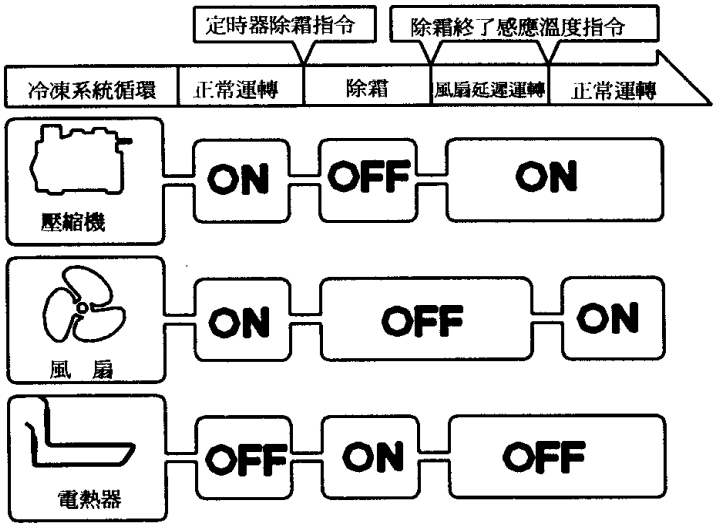


圖 5.4-13　電熱除霜控制模式【18】

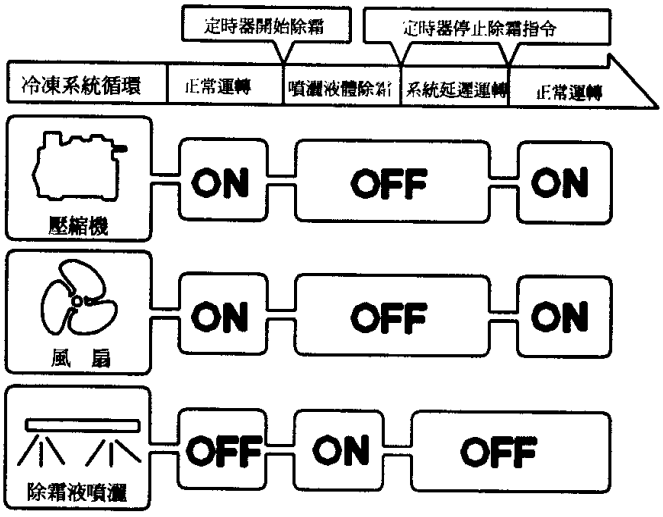


圖 5.4-14　灑水除霜法之控制模式【18】

（十）降低環境相對濕度對冷凍設備耗能影響之控制方法

若賣場環境之相對濕度太高則冷凍系統蒸發器將結霜嚴重、熱傳效率差、除霜次數增加、以及冷凍冷藏展示櫃之防汗與防凍之加熱電絲耗電大，因此相對濕度對於超級市場總耗能具有另一層的關鍵性影響【19】。根據國外之相關研究顯示，超市之環境氣溫在 21℃DB，65%RH 之下，耗能會比 55%RH 時，多出 13%，如前表 5.4-6 所示(ASHRAE Handbook)。因此歐美先進國家之超級市場或量販店之空調系統多設有濕度控制、外氣預處理及熱回收設備以降低建築耗能。反觀國內，台灣地區超級市場環境濕度之控制長期並未受到重視，根據過去實際之監測結果，某超級市場在夏季時 5～8 月賣場平均相對濕度可高達 70%，如圖 5.4-15 所示【20】。為達到節能之效果，賣場環境相對濕度之控制應同時考慮除濕付出成本及冷凍系統節能回收之效益，一般而言濕度節能控制之方法可分為外氣預冷熱回收再熱法、化學除濕法及熱管外氣預冷及再熱法，其系統設計分別如圖 5.4-16～5.4-18 所示。

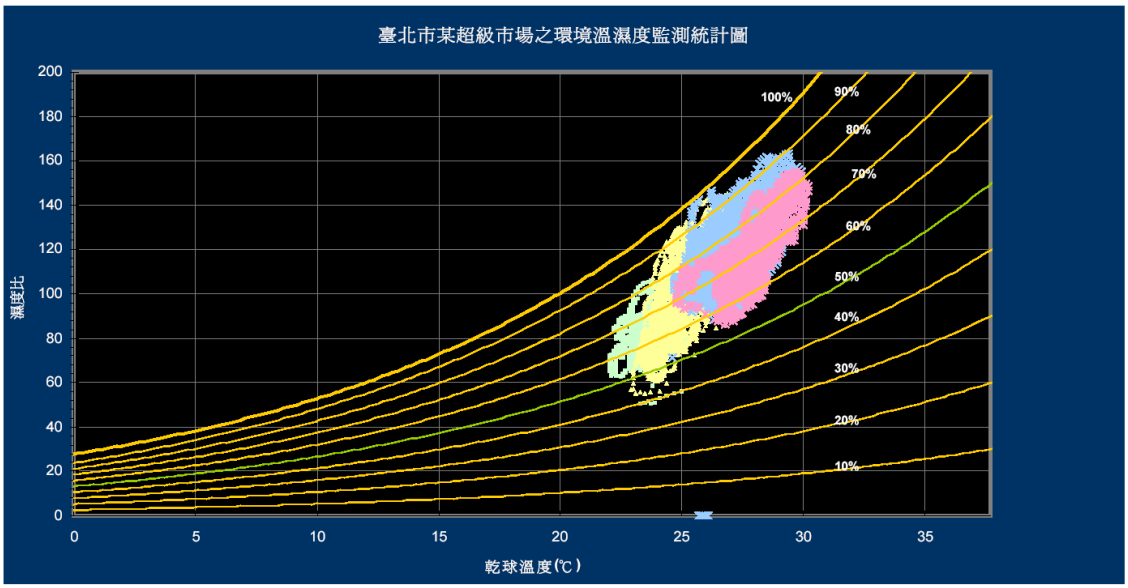


圖 5.4-15 某超級市場之 5～8 月賣場環境相對溫濕度監測統計【20】

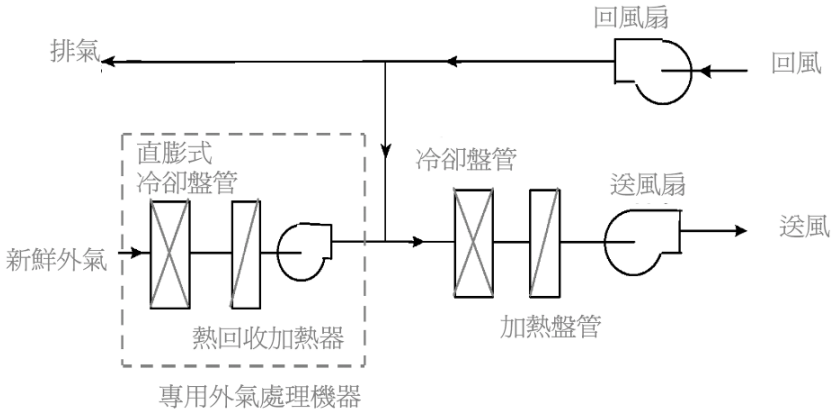
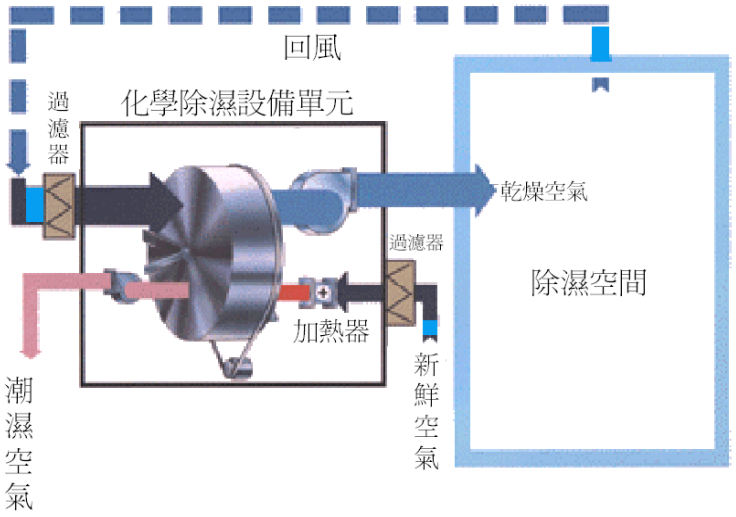


圖 5.4-16 外氣預冷熱回收再熱法控制相對濕度



資料來源：www.munters.com/products.nsf

圖 5.4-17 化學除濕法控制相對濕度

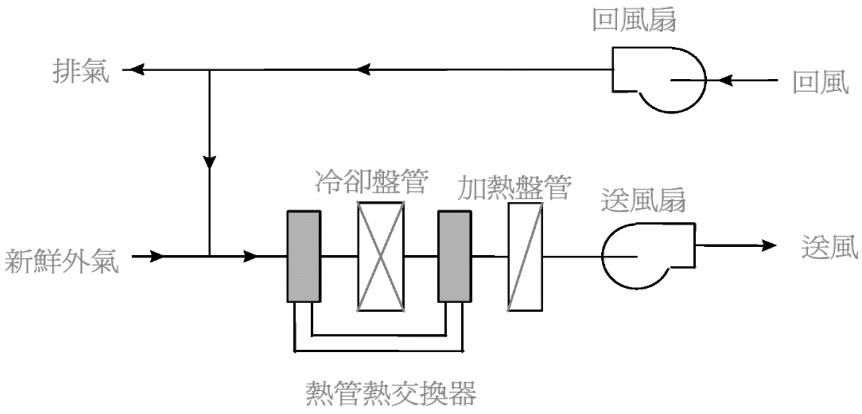


圖 5.4-18 熱管及熱回收再熱法控制相對濕度

（十一）超級市場舊有冷凍系統之節能改善重點與其節能潛力、回收年限

百貨商場建築通常具有冷凍冷藏系統之共通性，其中以超級市場之冷凍冷藏耗電所佔比例為最大，高達 70%以上，若進一步考慮空調系統之耗電，則 HVAC&R 對於超級市場之耗電具有關鍵性之影響。如前文所述，冷凍冷藏設備之冷凍系統與空調系統會彼此互相影響，因此超級市場之冷凍系統與空調系統必須進行整合性設計，並考慮到開放式冷凍冷藏設備或展示櫃抵銷空調負荷的部分。超級市場冷凍冷藏耗電中之各項設備單元耗電所佔比重如圖 5.4-19，因此冷凍冷藏設備對於超級市場耗能具有多方面的影響，大致而言其節能技術分可為三大類：冷凍主機節能、冷凍冷藏櫃節能、賣場濕度控制節能，根據美國之研究報告指出，若應用目前已商業化之成熟技術進行超級市場冷凍冷藏部門耗電之節能改善，則有如表 5.4-8 所示，較為保守之節能潛力與回收年限預估值。

除了表 5.4-8 所示之技術外，尚包含採用電子式膨脹閥、展示櫃加蓋等方法。由表 5.4-8 可發現冷凍冷藏部門之節能潛力以冷凍冷藏櫃及賣場環境濕度之節能控制為較高，且舊系統容易改善，並且不更動冷媒管線，而相對較不影響商店生意。另一方面，若冷凍冷藏櫃及賣場環境濕度兩者結合同時控制，則節能潛力勢必更高。

因壓縮機佔冷凍冷藏耗電之比例極高，因此若舊有冷凍主機使用年限已高且效率不佳，建議超級市場應排定年度保養時間，進行大修並更換高效率主機，其節能潛力極高收年限短。

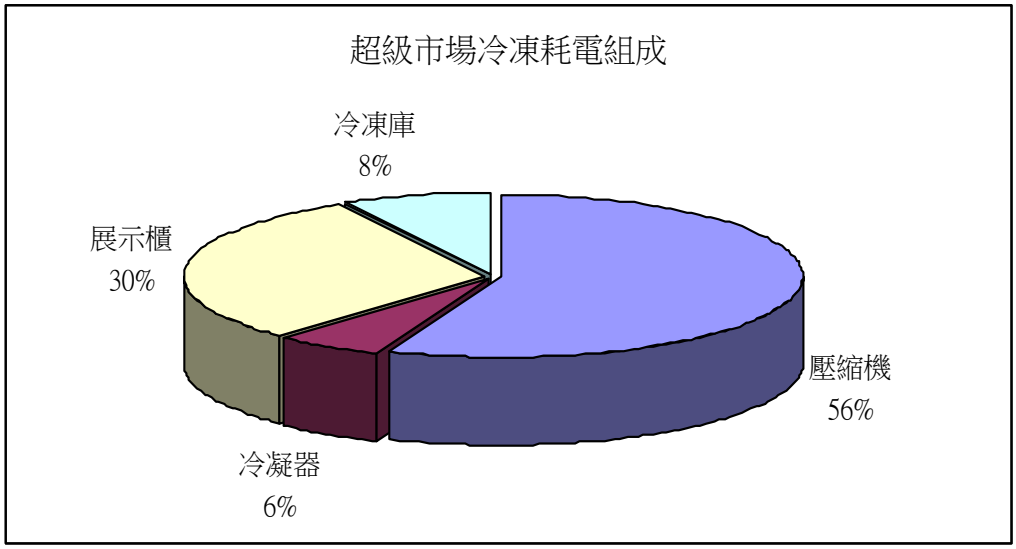


圖 5.4-19 超級市場冷凍耗電組成

表 5.4-8 美國超級市場冷凍冷藏部門之節能潛力分析【21】

技術類別	節能技術	冷凍耗電節省百分比(%)	回收年限
冷凍主機	高效率壓縮機	12.0	0.4
	使用蒸發式冷凝器	3.1	N/A
	浮動式高壓控制	3.1	2.5
	熱回收	依應用而定	2.5
	機械式過冷卻	1.4	4.9
	環境過冷卻	0.5	11.0
冷凍冷藏櫃	高效率照明	10.0	1.0
	熱氣除霜	3.1	1.4
	防汗電熱絲控制	5.7	1.6
	蒸發器無刷直流馬達風扇控制	8.2	1.6
	除霜控制	1.3	3.0
	低溫系統之低壓回氣管熱交換	2.4	4.1
	中溫系統之低壓回氣管熱交換	1.8	14.0
濕度控制	賣場濕度控制	13/10%RH 降低	N/A

陸、日常節能守則與案例

6.1 超級市場日常應遵循之節能守則

表 6.1-1 超級市場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
00-02	**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	**守則**
00-03-01	遵守製造商所建議之產品擱板位置及大小
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
01	**空調系統**
01-01	**運轉操作**
01-01-01	冬天建議空調設定溫度 16℃
01-01-02	夏天建議空調溫度設定為 26℃，相對濕度為 55%
01-01-03	監控新鮮外氣引入量，其引入標準為每人 15 cfm
01-01-04	空調系統應避免同時進行加熱與冷卻之設計
01-01-05	利用定時器或可程式控制器自動控制起停
01-01-06	利用可程式溫度控制器，自動控制舒適度與效率之最佳化
01-02	**維護保養**
01-02-01	確保氣流可順暢進出風口
01-02-02	在進卸貨區域安裝塑膠氣簾
01-02-03	在非空調區內之冷熱水管應確實進行隔熱保溫

01-02-04	應將空調系統之溫度與通風控制器加蓋上鎖,以防止非授權人員隨意調變
01-02-05	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
01-02-06	確保風管之氣密
01-02-07	定期對凝結排水盤進行清潔與消毒
01-02-08	檢查並清潔冷凝管排
01-02-09	建立每月或雙月之定期維修保養制度或委外合約
01-03	**守則**
01-03-01	無人、低人員流動之空間或區域，以及不使用之建築物，應盡可能降低其空調系統運轉負載
01-03-02	依季節調整建築空調設定溫度，冬天時溫度設定較低，夏天則設定較高
01-03-03	盡可能使用天花板吊扇，以提高空調設定溫度，獲得節能效果
01-03-03	建議員工根據依季節調整之空調溫度，穿著適宜之服裝，例如冬天不著短袖，夏天不穿西裝、不打領帶
01-03-05	隨時關閉臨接戶外或非空調區域之門窗
01-03-06	以自動或手動控制通風扇，有需要時才啟動
01-03-07	若有使用石化燃料，必須每月定期測試一氧化碳感測器
02	**照明系統**
02-01	**運轉操作**
02-01-01	利用照明點滅自動控制器
02-01-02	利用光電感應器控制所有夜間戶外照明
02-01-03	在停車場或限制進入之區域，使用定時控制器
02-01-04	利用自動點滅照明控制器，以充分利用晝光
02-01-05	低人員流動之區域使用運動感應器控制照明
02-01-06	當不使用照明時，隨時將照明燈具斷電
02-01-07	使用演色指數 Ra 高於 80 之燈具以提供農產品及肉品區最好之照明
02-01-08	確認照明設計符合建議之照度標準
02-01-09	降低走廊、廁所、儲藏室、冷凍庫之照度，僅提供安全所需之最低可接受之照度標準
02-02	**維護保養**
02-02-01	定期清潔燈管及燈具以確保最佳之照明效果
02-02-02	維修或更換損壞之燈具
02-02-03	以提供相同照度為原則，以較節能之高效率燈具，更換已損壞不堪使用之燈具
02-02-04	規劃並執行導入高效率照明燈具之升級計畫,例如汰換為省能長壽命之 LED 燈具

02-02-05	在既有之燈具加裝反射板，提升燈具照明效率
02-02-06	招牌照明燈應設自動點滅控制器
02-03	**守則**
02-03-01	不需照明時，隨時關燈
02-03-01	適當使用工作照明，以降低主要照明之照度水平
02-03-03	盡可能打開遮陽簾或百葉窗，以充分利用晝光
02-03-04	指定停車區域，並僅提供限定區域之照明
02-03-05	尖峰用電有超約之危險時，優先關閉裝飾照明及標示照明，避免超約用電
03	**麵包烘烤房**
03-01	**運轉操作**
03-01-01	只有當需要時才進行烤箱預熱，並且設定至最低預熱溫度
03-01-02	食物慢工準備期間應降低排風扇之轉速或停機
03-01-03	離峰期間應將油炸煎鍋關閉或降低其溫度
03-02	**維護保養**
03-02-01	確認烤箱門扉已關閉並且緊密
03-02-02	定期清潔烤箱
03-02-03	有必要時須檢驗溫度控制器之準確度及可靠性
03-02-04	確認燃氣設備之進氣口無碎屑阻塞
03-03	**守則**
03-03-01	盡可能在離峰時間烘烤食品
03-03-02	先烘烤溫度需求較低之食品
03-03-03	大量一次烘烤
03-03-04	盤子與爐壁應保持適當空間
03-03-05	食品進出烤箱時盡可能動作快速，避免熱損失
03-03-06	在烘烤時間即將結束前，提早關閉爐火並緊閉箱門以保持溫度繼續烘烤，節約能源

6.2 超級市場節能重點措施

經蒐集各超市已進行之節能改善重點措施及節能實測發覺之操作運轉耗能缺失，提出如下超市節能重點措施及設備管理辦法。

(一)供電系統：

1. 每年定期量測檢討供電電壓，以維護設備在額定電壓下，高效率運轉及延長使用年限。電壓 220V 偏高 5%以上及照度偏高(1000Lux)以上者，應可採用電壓調整器調降電壓節約用電。
2. 增設低壓進相電容器改善功因至 100%、可獲得功因折扣、減少線路功因落後損失、增加設備裕度、及改善電壓供電品質之效益。

(二)照明系統：

1. 賣場照明採用電子安定器加高演色性三波長燈管，可省照明用電約30%。
2. 各店自行依 CNS 照度標準檢討店內全般照明，(鬧區商店)照度值建議 750~1,000Lux，（郊外商店）照度值建議 300~750Lux。商品架最下層垂直面照度最低 500Lux 應合理可接受。
3. 照明汰換應依合理單位面積耗能 W/m^2 設計，可參考新加坡建築節能法規照明規定商場照明最高 $25W/m^2$。
4. 招牌照明採用鏡面反射板及採用照度開關或時間開關，自動點滅，以減少燈具數量及用電。
5. 走廊照明白天採光足，應採照度開關或時間開關，自動點滅。
6. 照明燈管黑化立即更換，請更換同廠牌燈管，維持燈管光輸出效率及美觀。
7. 燈具及燈管每月應清洗一次，維持燈管光輸出效率及美觀。

(三)空調系統：

1. 空調主機採用高 EER 能源效率比值機種。
2. 氣冷式空調機裝置於屋外環境良好場所。
3. 裝設溫度控制開關及室內溫控設定，應符合舒爽溫度 25~26℃。
4. 自動大門故障應立刻修理，減少外氣侵入或冷氣外洩。
5. 空調主機每年保養清洗熱交換器二次。
6. 回風過濾網每週二、五清洗。

(四)冷凍冷藏系統：

1. 冷凍冷藏選用高效率機種。
2. 壓縮機裝置於屋外環境良好場所。減少室內空調熱負荷。
3. 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。
4. 密閉式冰櫃：每年保養清洗熱交換器二次。
5. 開放冰櫃：每週二、五清洗散熱通氣過濾網。
6. 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。

(五)熱食區設備

1. 烘培設備應區隔，獨立局部排氣，以減少熱散出及降低冷房負荷。

(六)稽核及教育管理：

1. 建立設備及節能日檢點表制度。
2. 新進人員需加強節能觀念教育。

6.3 超級市場設備及節能措施實景

(一)電力系統

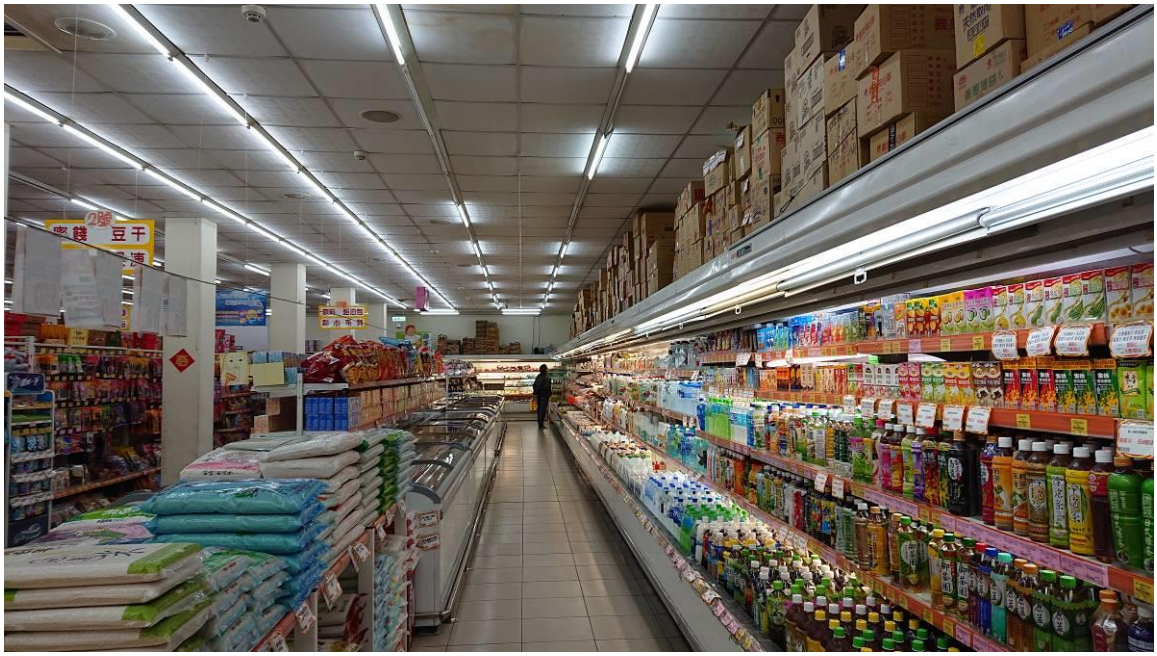
說明：採用高效率乾式變壓器，設有自動功因調整器 APFR 控制功因。

圖 6.3-1 高低壓配電系統

說明：採用電能監控系統控制空調、照明、抽排風開關，合理運轉減少用電。

圖 6.3-2 電能與空調監控系統

(二)照明系統



說明：賣場採用 18W＊1 型節能省電長壽命之 LED 燈具

圖 6.3-3 超市賣場照明實例

說明：高效率省能之 28W＊2 型電子式 T-5 日光燈具

圖 6.3-4 超市賣場照明實例

說明：以天花板高效率性燈具作為一般均齊式賣場基本照明，並結合兼 具高效率與高演色性燈具以創造重點展示商品之高價值形象

圖 6.3-5 超市賣場照明實例

說明：賣場適當照度設計以降低耗電

圖 6.3-6 超市賣場照明實例

(三)空調及冷凍冷藏系統

圖 6.3-7　採用拉門密閉式冷凍冷藏櫃可減少冷能散失而節能

圖 6.3-8　冷凍冷藏主機定期高低壓抄錶檢討調整減少耗電

圖 6.3-9 加強冷凍冷藏主機維護保養

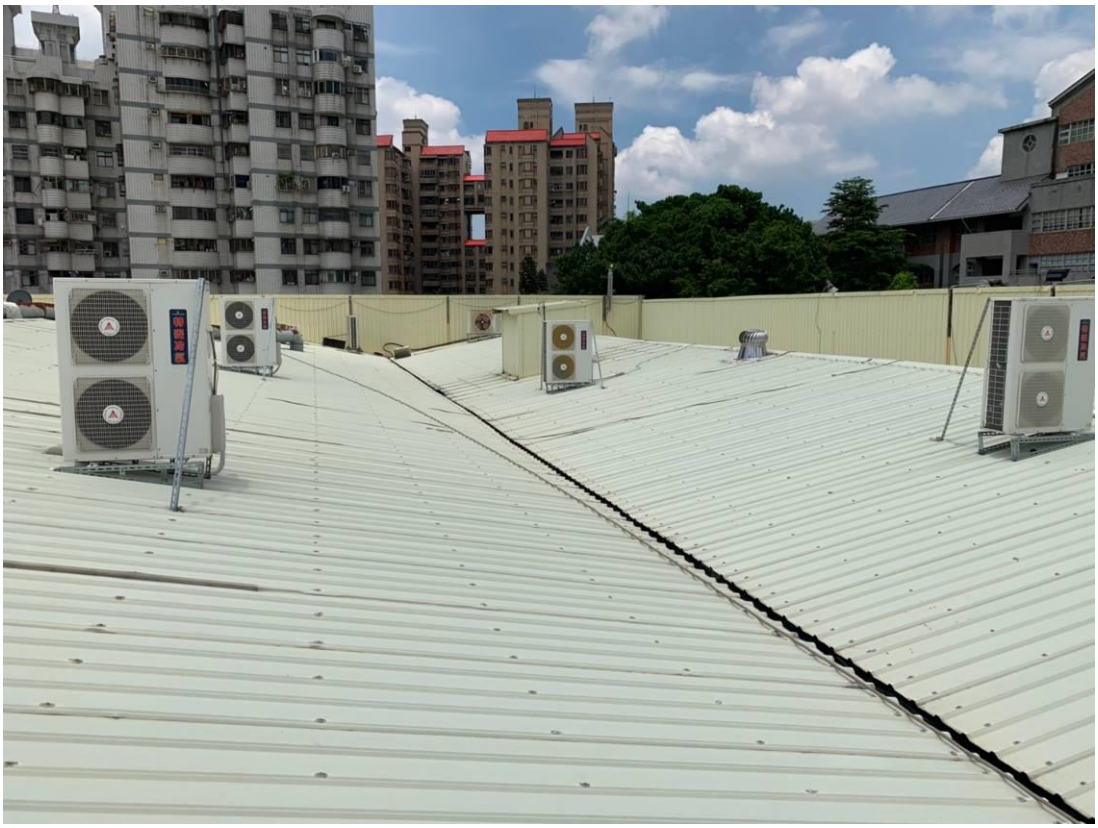


圖 6.3-10　屋外空調及冷凍冷藏主機應加遮陽篷防日曬提高效率

柒、結語

為能順利推動全國節約能源政策，依報告研究目前全省集團式超級市場，共約有 2,201 家店。因超市為 13 或 24 小時經營且耗能設備密度高，全省超市平均單位面積耗電量約 1,097kWh/m^2.yr。高於百貨公司 445 kWh/m^2.yr 之 2.4 倍，可見超市是商業部門耗能大之行業。

有效推行超市節約能源之四步驟為(1)導入使用新型省能設備，(2)建立正確的操作及管理模式，(3)良好的日後維護保養，(4)加強員工「有效用電、節約能源」教育訓練。因此建議集團連鎖超市工程部在規劃店面初設置時，即應考量節能 10 項重點為(1)穩定之供電電壓品質，(2)照度設計合理化(500~1,000Lux 以內)，(3)選用智慧省能省電場壽命之 LED 照明燈具，(4)招牌燈走廊燈採用自動點滅器控制，(5)空調及冷凍冷藏設備採用高效率省能機型，(6)注意空調及冷凍冷藏溫度設定合理值，(7)加強定期維修保養，(8)加強提供店長店員節約能源管理訓練，(9)教導能源管理點檢記錄事項，如室溫設定 26^{0}C、空調及冷凍冷藏設備濾網清潔，照明燈管清潔，(10)研究新節能技術導入，並給與各分店定期現場督導協助。

若各集團超市都能加強仿效以上節能改善，積少成多，估計各店都有獲得 10%以上節能效益，由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目標推動上，也相對提出貢獻。

捌、參考資料

【1】經濟部能源局，2018 非生產性質行業能源查核年報。

【2】台灣連鎖暨加盟協會，2018 台灣連鎖店年鑑。

【3】百貨加值網。

【4】經濟部統計處。

【5】綠基會，2018 年超級市場訪測服務報告。

【6】住宅與服務業能源查核及節能技術輔導推廣計畫。

【7】陳瑞玲、蔡尤溪、李文興，2000 年醫療百貨類建築耗能總量調查之研究，內政部建研所八十九年期末報告。

【8】蔡尤溪、李文興、李魁鵬，2002 年建築耗能設備效率之技術規範研究，能源科技研究發展計畫九十一年期末報告。

【9】ASHRAE, 2013 ASHRAE Handbook: HVAC Applications.

【10】經濟部能源局，電業供電電壓及頻率標準。

【11】ASHRAE, 2018 ASHRAE Handbook: Refrigeration.

【12】ASHRAE, 2016, ASHRAE Handbook: HVAC Systems and Equipments

【13】ASHRAE, 2016 Standard 62-1989, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

【14】日本西部技研技術資料。

【15】D.R Winifinghoff, 1999, Energy Efficiency Manual Energy Institute Press.

【16】ASHRAE, 2016 ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2016, Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings.

【17】中國國家標準CNS10797，商業用冷凍、冷藏展示櫃。

【18】氣冷式冷凍冷藏系統技術手冊：第十一版，106 年，一丞冷凍工業。

【19】李魁鵬、蔡尤溪、張哲榮，2003 年”百貨商場耗能解析與節能策略分析”，建築物能源管理技術國際研討會，經濟部能源會。

【20】李魁鵬，2003年冷凍系統對百貨類建築耗能之影響性研究，國科會報告。

【21】U.S. DOE, 1996 Energy Savings Potential for Commercial Refrigeration Equipment.

【22】Parker and McQuiston, 1994, Heating, Ventilating and Air-conditioning, 4th edition, Wiley.

【23】ASHRAE, 1995 ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 100-1995, Energy Conservation in Existing Buildings.

【24】ASHRAE, 1992 ASHRAE Standard 55-1992, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

【25】台灣冷凍空調工程工業公會。