

# 量販店 節約能源技術手冊

經濟部能源局 指導  
財團法人台灣綠色生產力基金會 編印  
中華民國 107 年 9 月印製



# 目錄

壹、前言.....	1
貳、量販店概況.....	2
2.1 分類與營業規模.....	2
2.2 國內家數規模及市場潛力.....	2
2.3 店面規模及總耗電量.....	3
參、量販店設備與耗電介紹.....	5
3.1 量販店設備概況.....	5
3.2 量販店耗電概況分析.....	6
3.3 量販店耗電監測實例.....	8
肆、量販店耗能指標.....	12
4.1 量販店耗能指標.....	12
4.2 國內量販店照明、空調耗電指標.....	15
4.3 國外照明能源效率標準.....	15
4.4 我國空調及照明能源效率標準.....	17
伍、節約能源措施問與答.....	25
5.1 電力系統.....	25
5.2 照明系統.....	31
5.3 空調系統.....	53
陸、節約能源案例.....	113
6.1 量販店節約能源措施統計.....	113
6.2 量販店節約能源措施案例介紹.....	114
柒、結語.....	128
捌、參考資料.....	129



## 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。

一般大家所稱的零售通路，可區分為便利商店、超級市場、量販店及傳統市場四大業種。自從結合批發與倉儲的零售式量販店引進台灣後，在台經營發展已近 30 年，各連鎖業者持續在台各地開設分店，營業額亦屢創新高，觀察近 10 年量販店營業額每年均呈正成長，營業額由 96 年 1,372 億元攀升至 105 年 1,913 億元，近 10 年平均成長率為 3.7%，對於年年成長的量販店業而言，已達成熟期。

現國內各量販店規模頗大，平均賣場面積 5,000 坪，若加上停車位則達 8,000 坪，能源耗用大。以樓地板單位面積計年均耗電約 230.4kWh/m<sup>2</sup>.y，為辦公類建築年均耗電 135.5 kWh/m<sup>2</sup>.y 之 1.7 倍有餘。以 106 年 156 家平均每店用電量約 777 萬度計算，量販店用電量約占 106 年我國服務業部門電力消費量 483.2 億度之 2.5%。

由新、舊量販店之設備使用及管理制度，實地抽樣節能訪測平均節能潛力約 7%，業者需有關節能改善之經驗及技術參考資料，以利進行自發性節能改善，降低能源支出，以提升市場競爭力。

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重新編撰本手冊，並經由外聘專家委員(鄭正仁、楊正光、宋福生、陳柏璇等人)協助審查，業經修訂彙編完成，提供給各量販店業者參考應用。

## 貳、量販店概況

### 2.1 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，量販店的基本營業面積約 2,000~4,000 坪(不含倉庫面積及停車場)，而商品項數約 20 萬項。

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	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	400 坪	1.2 萬項
專門店	不定	0.3 萬項

### 2.2 國內家數規模及市場潛力

經 106 年 3 月統計，台灣地區有 10 家連鎖量販店集團，如表 2-2 各集團量販店名單，所屬直營及加盟店合計約 156 家，持續成長中。目前國內排前五名之集團量販店共 155 家，占約 99%，依序分別為：

1. 家樂福有 97 家，占 62.6%。
2. 大潤發有 24 家，占 15.5%。
3. 愛買吉安有 16 家，占 10.3%。
4. 好市多有 13 家，占 8.4%。
5. 台糖量販有 5 家，占 3.2%。

經統計國內各集團量販店展店數趨緩，96 年有 10 個集團 114 家店，因競爭激烈消漲互見，至目前僅剩 6 個集團 156 家店，已達飽合點，目前全買量販、新天地量販、亞洲購、萬家福等已整合或退出市場。

表 2-2 各集團量販店名單

項目別	合計	家樂福	便利購	大潤發	愛買吉安	好市多	台糖量販	大樂量販	全買量販	新天地量販	亞洲購	萬家福
96年底	114	48	-	23	14	5	5	3	6	2	1	7
97年底	117	59	-	24	15	5	5	1	6	2	-	-
98年底	125	65	3	24	16	6	5	1	6	2	-	-
99年底	125	63	3	26	17	6	5	1	5	2	-	-
100年底	127	63	3	26	18	8	5	1	5	1	-	-
101年底	129	64	3	26	19	9	5	1	5	-	-	-
102年底	135	69	7	26	19	10	5	1	5	-	-	-
103年底	131	70	9	26	19	10	5	1	-	-	-	-
104年底	142	82	18	24	19	11	5	1	-	-	-	-
105年底	154	94	30	24	18	12	5	1	-	-	-	-
106年4月底	156	97	33	24	16	13	5	1	-	-	-	-
較96年底 增減店數	42	49	33	1	2	8	0	-2	-6	-2	-1	-7

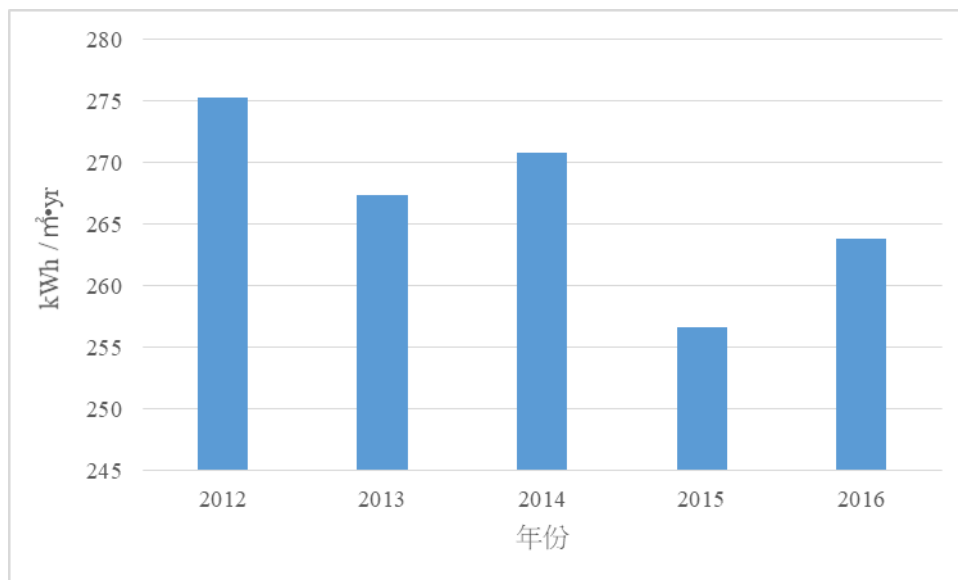
註：流通快訊

## 2.3 店面規模及總耗電量

根據本會調查集團連鎖量販店規模頗大，平均賣場面積 15,462m<sup>2</sup>、約 5,000 坪，若加上停車位則為 25,875m<sup>2</sup>、約 8,000 坪，如圖 2-1 量販店空調面積與樓地板面積關係圖所示，空調面積占有之比例多為六成以上，平均值約為 66%，非空調區多為倉儲、停車場等非賣場用途。這其中空調用電占有相當高之比例，而空調用電與空調面積成正比。

空調、照明用電設備幾乎每天運轉約 13 小時，冷凍冷藏用電設備幾乎全天運轉，能源耗用大，大多數量販店用電需量為超過

1,000 kW 之能源大用戶，平均約 1,200kW，如表 3-2。依 2017 年非生產性質能源查核年報，若以量販業平均近五年單位面積年耗電量變化，用電效率似乎有逐步提升之趨勢。



資料來源：綠基會 2017 年非生產性質能源查核年報

圖 2-1 量販店近五年單位面積年耗電量變化

#### (四) 量販店經營概況及產值

目前量販店整體經營概況，於 106 年 1~11 月所有量販店搶下了約 1,761 億元的營業額，其中好市多 750 億、家樂福 600 多億元，這樣的成績表現，對於近幾年年年成長的量販店業而言，已趨向成長趨緩的成熟期。因應市場變化，業者指出量販店在經過台灣本土化後，正變形出現一種複合式的賣場，朝向社區化或販賣特殊性商品發展，帶來新消費型態。



## 參、量販店設備與耗電介紹

### 3.1 量販店設備概況

基本上，以便利服務為主要目標的量販店，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，依取樣六家量販店耗電設備之裝置情況，如表 3-1，大致可了解量販店設備裝置種類、型式、規格大小、及數量規模。但也有專賣家庭用品為主之 B&Q 特力屋，則無冷凍冷藏設備。

1. 空調設備：大致以多台螺旋式及離心式中央空調主機為主，約 400~750RT，每天運轉時間 13 小時。
2. 照明設備：目前量販店賣場及停車場照明大致分三種型式設計
  - (1) 採用 T5 54W×2、T8 36W×2、T9 40W×2 及 T12 110W×2 吊掛笠型電子安定器日光燈具。
  - (2) LED 的 MR-16 及 PAR-38 重點投射照明。
  - (3) 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：大致以往復式機為主，裝置量約 90hp~150hp，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 80hp~150hp，每天運轉時間 24 小時。

表 3-1 量販店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 200RT*3	賣場 110W 電子式日光燈+170W 複金屬燈為輔。 辦公室 40W*2 電子式日光燈。	30hp*3	20hp*4
2	離心 750RT+ 螺旋 400RT	賣場 110W 電子式日光燈。	30hp*3	25hp*4
3	螺旋 300RT+ 螺旋 240RT	賣場 400W 複金屬燈	無	無
4	螺旋 250RT*2	賣場辦公室 36W*2 及 36W*2 高功因日光燈+70W 複金屬燈(或 150W 複金屬燈)。	3RT(9.2kW) *4 台	25hp*4 台
5	螺旋 200RT*2	賣場 40W*2 電子式日光燈。	30hp*5	30hp*5
6	離心 300 RT*2	賣場 400W 複金屬燈+辦公室 40W 電子式日光燈+停車場 250W 複金屬燈。	10hp*2+ 22hp*6	10hp*3+25hp*1 +5hp*3+7.5hp*1 +3hp*1

註：106 年度取樣的六家量販店耗電設備統計。

### 3.2 量販店耗電概況分析

根據所取樣的六家量販店進行耗能實測，各空調、冷凍冷藏設備及夜間局部照明設備耗電分布，如表 3-2。量販店設備用電平均契約容量約 1,221kW，尖峰用電需量約 1,188 kW，其用電分布，空調約占 45%、照明約占 29%、冷凍冷藏約占 17%、動力其它設備約占 12%，可見空調、照明及冷凍冷藏之耗電為主要之耗能。

表 3-2 量販店設備耗電分布統計(例)

案例編號	能源耗用狀況				電能分布			
	樓地板面積 m <sup>2</sup>	空調面積 m <sup>2</sup>	契約容量 kW	尖峰需量 kW	空調 %	照明 %	冷凍冷藏 %	動力 %
1	27,009	6,200	1,500	1,488	48.0	20.6	16.7	14.8
2	16,874	15,186	1,400	1,484	48.0	30.0	13.0	9.0
3	7,769	7,120	726	622	54.9	37.1	0.0	8.0
4	16,423	5,314	999	1,013	32.2	33.6	16.4	17.7
5	40,195	21,071	950	1,040	36.7	33.0	26.6	3.7
6	33,653	12,420	1,750	1,478	47.7	20.0	13.7	18.6
平均值	23,654	11,219	1,221	1,188	45	29	17	12

註：106 年度取樣 6 家量販店統計

量販店之耗電特性也可從表 3-3 中獲知，單位面積年均耗電與空調面積比有關，如案例 2 與 3 空調面積比大者其耗電較多。再者，案例中單位面積年均耗電值差異很大，顯示量販店之耗電不只空調面積比有所關連，似與其用電特性及用電系統之設計有關。以耗電兩大項空調及照明而言，各案例之年均耗電強度(kWh/m<sup>2</sup>.y)差異極大，明顯案例中有過大設計問題，若以平均值作為耗電目標，則節能潛力不言而喻。

表 3-3 量販店之耗電特性

案例編號	樓地板面積	空調面積	空調面積占比	電力	電力	照明	空調	空調	動力插座	尖峰需量
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	%	kWh/m <sup>2</sup> .y	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	RT/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	kW
1	27,009	6,200	23	243	55	11	115	0.10	16	1,488
2	16,874	15,186	90	424	88	40	44	0.05	8	1,484
3	7,769	7,120	92	464	80	30	48	0.08	6	622
4	16,423	5,314	32	277	62	16	57	0.04	17	1,013
5	40,195	21,071	52	160	26	9	18	0.02	7	1,040
6	33,653	12,420	37	254	44	9	57	0.05	8	1,478
平均值	23,654	11,219	-	304	59	19	57	0.06	10	1,188

註：106 年度取樣 6 家量販店統計

將以上案例之實測室內環境條件作比較，見表 3-4 除案例 2 之溫度太低，案例 5 及 6 也稍低，濕度卻多為較高。與室外 CO<sub>2</sub> 濃度 380 ppm 比較，表 3-4 中案例之外氣供應量相當充足，平均 492 ppm，CO<sub>2</sub> 濃度在 800 ppm 即已達到健康的條件，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 3-4 中可見各案例之照度不一，有者(案例 2 與案例 3)賣場內照度差異極大。表中之實測值只為抽樣量測結果，僅作參考用，並非是全賣場之量測值。

表 3-4 實測量販店案例之室內環境及照度

案例編號	溫度	濕度	CO <sub>2</sub>	照度
	°C	%	ppm	lux
1	26.0	76	429	900~1000
2	23.0	70	450	500~1500
3	25.0	65	456	350~485
4	23~25	55.0	520	800~1050
5	23.0	65	444	700~900
6	22~24	67	650	650~750
平均值	24	66	492	

### 3.3 量販店耗電監測實例

某量販店例位於商業大樓內，使用樓層為地下一、二樓，使用面積為 5,620m<sup>2</sup>，營業時間為上午 09:00 至凌晨 00:00，賣場供電電壓為 22.8kV/380/220V，契約容量為 999kW，空調設備 250RT 螺旋機×2，50RT 空調箱×8，300RT 冷卻水塔×2，冷凍冷藏設備方面冷凍機組 74kW，冷藏機組 37kW，如表 3-5 所示。

表 3-5 實測案例之空調冷凍設備

賣場面積 1,700 坪			
空調設備		冷凍冷藏設備	
空調主機	250RT*2	冷凍設備	6×4=24RT
冷卻水泵	50hp (380V) *3	冷藏設備	3×4=12RT
冰水泵	20hp (380V) *3	冷卻泵	15hp *4
區域泵	50hp (380V) *2		
空調箱	50RT*8		
冷卻水塔	300RT*2		

目前主要營業項目為各類家電、家庭民生產品、各類生鮮食品、服飾、文具等各項產品，電力分布比例以照明與其他動力設備(如電扶梯、辦公設備、烹飪等)所占比例最大為 56 %，其次是以空調設備占比為 26 %，冷凍冷藏設備占 18 %，如圖 3-1 所示。本案例為連續監測資料，因照明與其他設備共用同一電源，無法獨立監測照明用電。

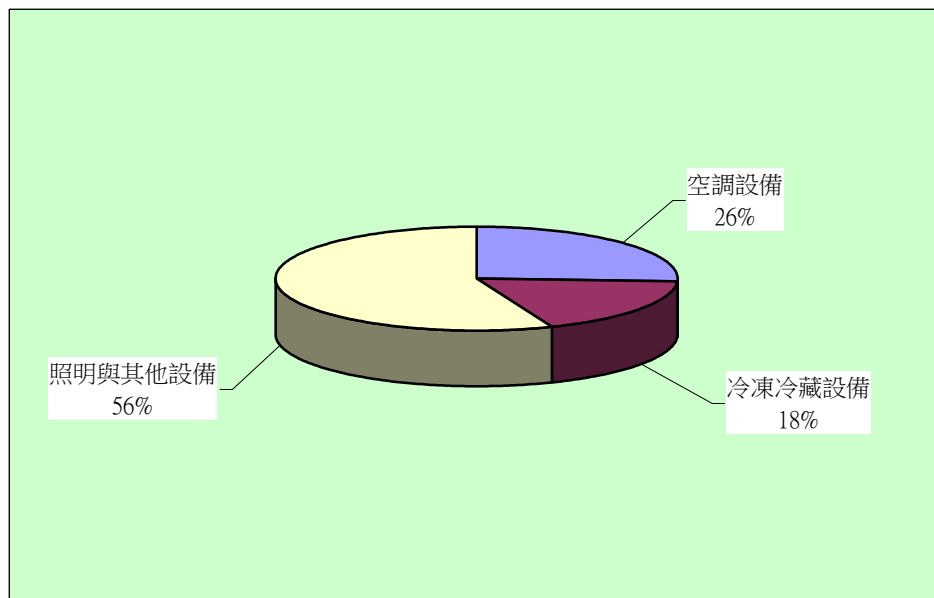


圖 3-1 量販店各項設備用電比例

目前該量販店之空調方式使用以式中央空調系統為主，由地下三樓機房泵送冰水至各區空調箱使用，再由風管傳送至各區域，所以空調設備包含冰水主機、水泵、空調箱、冷卻水塔等設備。而量販店賣場內之環境溫度平均為 24°C，相對溼度平均為 67 %。量販店內冷凍冷藏設備使用中央系統式，由機房經由冷媒管路傳送至賣場冷凍冷藏櫃與冷凍冷藏庫使用。如圖 3-2 所示，為量販店單日空調設備與冷凍冷藏設備使用情形，其縱座標為每小時之耗電量。由圖 3-2 可見冷凍冷藏在非營業時間之用電只比營業時間稍低 10% 左右。圖 3-3 為量販店案例空調與冷凍冷藏設備一週逐時耗電，顯示空調為最大之尖峰負載。

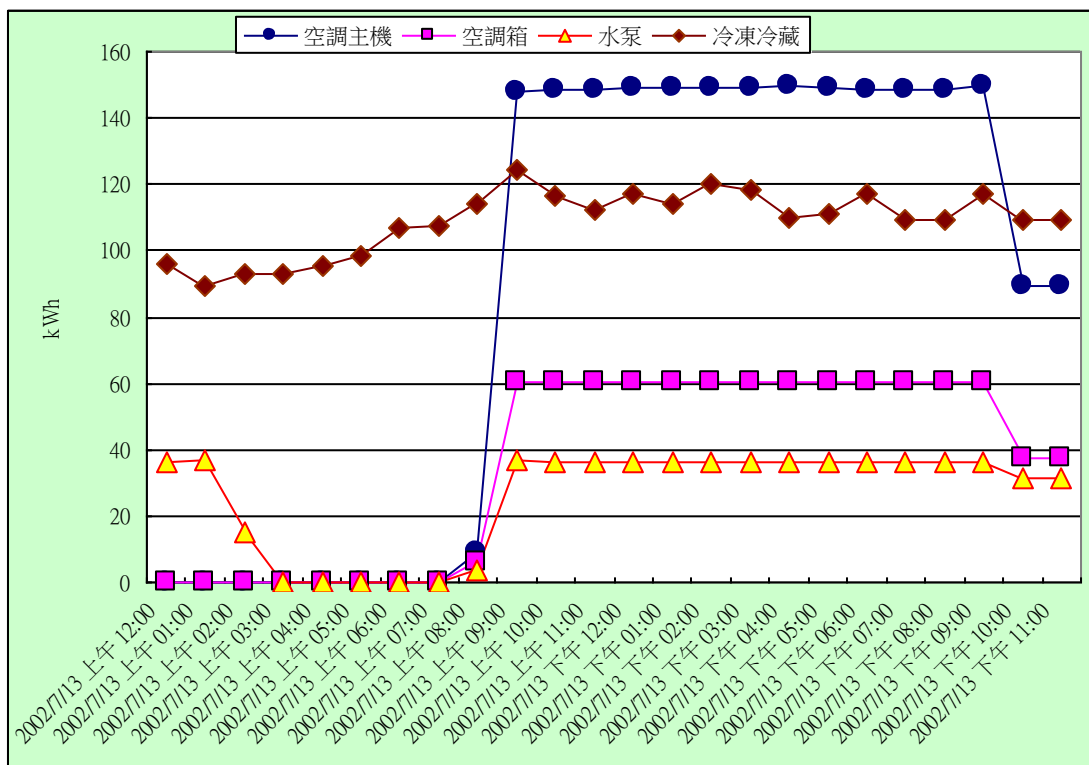


圖 3-2 量販店空調與冷凍冷藏設備單日耗電圖

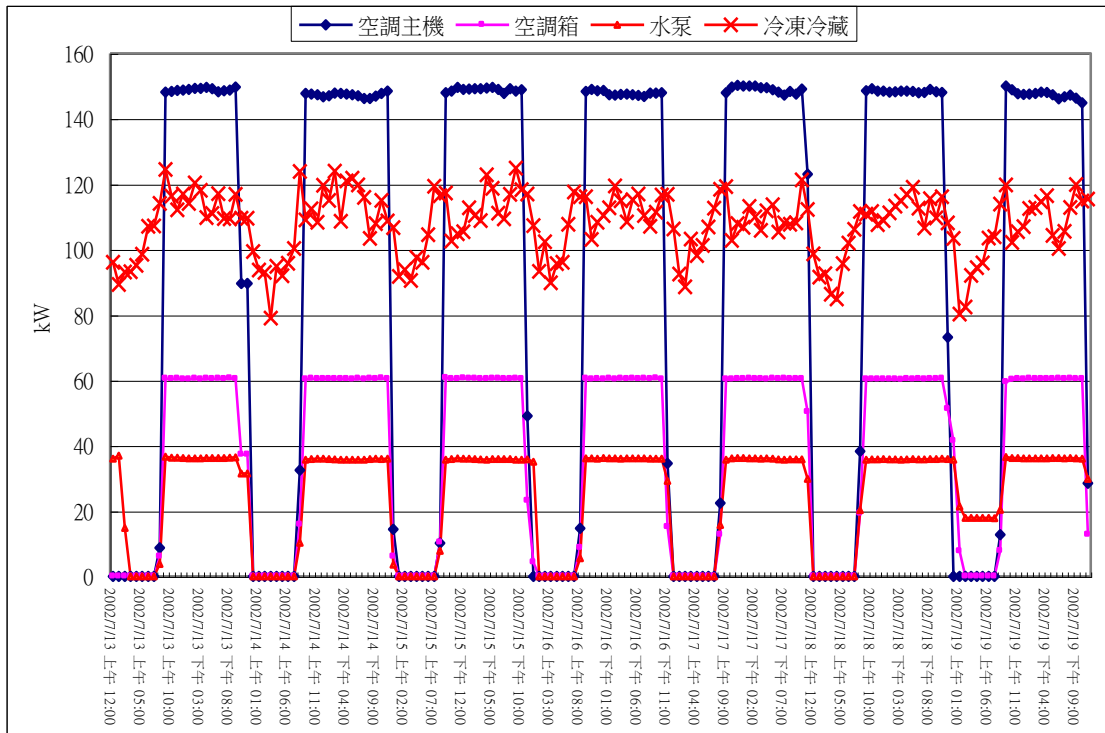


圖 3-3 量販店案例空調與冷凍冷藏設備一週逐時耗電圖

目前該量販店整年使用情形如圖 3-4 所示；圖中耗電尖峰可分為兩種情形，一為夏季空調使用造成夏月耗電量成長，二為量販店人潮所造成之耗電，例如週年慶與各式活動人潮眾多，造成空調使用與冷凍冷藏的負荷增大。

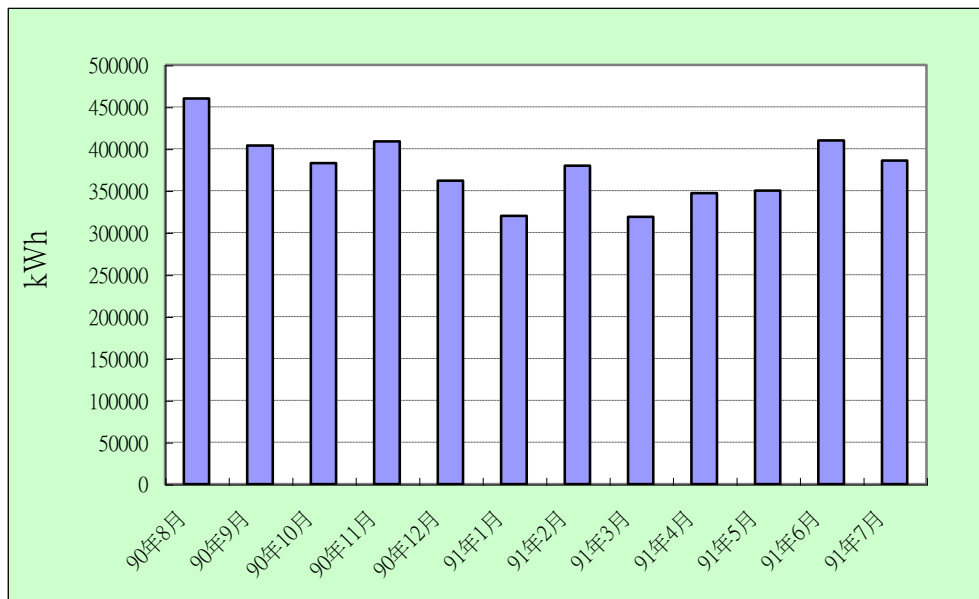


圖 3-4 量販店整年每月總用電度數

## 肆、量販店耗能指標

### 4.1 量販店耗能指標

在評估量販店能耗高低之方法，可參考建築物耗能評估所採用的下面二種方法：

1. 單位面積年耗電量( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{y}$ )：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%、 $\text{kW}/\text{RT}$ 、 $\text{EER}$ 、 $\text{COP}$  值等)、建物面積大小(如賣場+倉庫+停車場)、購買人數及運轉時間長短(時/年)等的整體性用電量指標。
2. 單位面積耗電  $\text{W}/\text{m}^2$  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%、 $\text{kW}/\text{RT}$ 、 $\text{EER}$ 、 $\text{COP}$  值等)、建物面積大小(如賣場+倉庫+停車場)、購買人數等，但不論運轉時間長短(時/年)的整體性用電量指標。

目前國內外所謂耗能指標，一般都採行簡單易懂方式，以取樣調查各量販店耗電量( $\text{kW}$ 、 $\text{kWh}$ )、面積( $\text{m}^2$ )再計算  $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{y}$ 、 $\text{W}/\text{m}^2$  平均值，僅供各量販店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，則需整體考量用電影響因子，細分各條件，才具公平性。

台灣地區量販店之  $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{y}$  耗電指標，依 2017 非生產性質行業能源查核年報統計資訊，如表 4-1 所示，百貨商場類中的量販店單位面積年耗電量平均值(含停車場)為  $230.4 \text{ kWh}/\text{m}^2\cdot\text{y}$ 、單位面積年耗電量平均值(不含停車場) $380.9 \text{ kWh}/\text{m}^2\cdot\text{y}$ 。



表 4-1 量販店單位面積年耗電量

類別	樣本家數 (家)	單位面積年耗電量平均值 (含停車場)(kWh/m <sup>2</sup> .y)	單位面積年耗電量平均值 (不含停車場)(kWh/m <sup>2</sup> .y)
量販店	86	230.4	380.9

註：2017 非生產性質能源查核年報

由表 4-2 取樣 6 家節能訪測量販店單位面積耗電結果，影響單位面積年耗電量(kWh/m<sup>2</sup>.y)最大因素，為設備容量大小、營業額、樓地板面積(賣場、倉庫及停車場)等。

由表 4-1 及 4-2 各單位面積年耗電量(kWh/m<sup>2</sup>.y)及單位面積耗電需量(W/m<sup>2</sup>)，可供各店自行評估耗能狀況參考。

表 4-2 量販店耗電調查分析

項目 樣本	樓地板面積		單位面積年耗電量		單位面積耗電需量		能源耗用狀況					
	含停車場	不含停車場	(1)	(2)	(3)	(4)	契約容量	尖峰需量	用電度數	功因	平均電價	能源費用
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup> .y	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>		kW	kW	kWh/年	%	元/kWh	萬元/年
1	27,009	6,200	243	1059	55	240	1,500	1,488	6,566,680	97	2.03	1,331.4
2	16,874	15,186	424	471	88	98	1,400	1,484	7,156,900	100	1.90	1,359.8
3	7,769	7,120	464	506	80	87	726	622	3,606,000	99	1.86	670.0
4	16,423	5,314	277	855	62	191	999	1,013	4,544,000	97	1.98	899.2
5	40,195	21,071	160	305	26	49	950	1,040	6,425,500	97	1.73	1,110.6
6	33,653	12,420	254	688	44	119	1,750	1,478	8,540,000	96	1.86	1,591.0
平均值	23,654	11,219	304	647	59	131	1221	1188	6,139,847	98	1.89	1160.3

註：

1. 單位面積年耗電量(1)kWh/m<sup>2</sup>.yr 為用電度數 kWh/y ÷樓地板面積(含停車場)
2. 單位面積年耗電量(2)kWh/m<sup>2</sup>.yr 為用電度數 kWh/y ÷樓地板面積(不含停車場)
3. 單位面積耗電需量(1)W/m<sup>2</sup> 為尖峰用電 kW×1,000W/kW ÷樓地板面積(含停車場)
4. 單位面積耗電需量(2)W/m<sup>2</sup> 為尖峰用電 kW×1,000W/kW ÷空調面積(不含停車場)

## 4.2 國內量販店照明、空調耗電指標

有關量販店照明、空調耗能指標方面，可依表 3.3 量販店之耗電特性，大致了解，如下：

1. 照明單位面積需量指標(含停車場)約 19W/m<sup>2</sup>。
2. 空調單位面積需量指標(含停車場)約 57W/m<sup>2</sup>、16m<sup>2</sup>/RT，
3. 其他動力單位面積需量指標(含停車場)約 10W/m<sup>2</sup>

## 4.3 國外照明能源效率標準

### 1. 新加坡

新加坡室內照明用電密度基準，如表 4-3 所示，百貨單位面積耗電指標約 25 W/m<sup>2</sup>。

表 4-3 新加坡室內照明用電密度標準

Type of usage	Maximum lighting power budget (Watts/m <sup>2</sup> )
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，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(1m/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。

強制性之規定如照明耗電之建築面積法(building area method)，如表 4-4，如零售業(Retail)空間之照明電力負載以 20W/m<sup>2</sup> 標準設計。ASHRAE 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之彈性。

表 4-4 照明電力標準(建築面積法) ASHRAE 90.1 (2013 版)

**TABLE 9.5.1 Lighting Power Densities  
Using the Building Area Method**

<b>Building Area Type<sup>a</sup></b>	<b>LPD, W/ft<sup>2</sup></b>
Automotive facility	0.80
Convention center	1.01
Courthouse	1.01
Dining: Bar lounge/leisure	1.01
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。

#### 4.4 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，經濟部訂定及公告無風管冷氣機、空調冰水主機、螢光燈管、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，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 4-5~表 4-10 內容所示。

表 4-5 無風管冷氣機能源效率比值標準對照表

表 4-6 空調冰水主機能源效率標準

表 4-7 螢光燈管能源效率標準

表 4-8 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

表 4-9 安定器內藏式發光二極體(LED)燈泡能源效率基準

表 4-10 CNS12112 Z104 室內工作場所照明標準

表 4-5 無風管冷氣機能源效率比值標準對照表

機種		額定冷氣能力分類 (kW)	CSPF (kWh/kWh)
氣冷式	單體式	2.2 以下	4.35
		高於 2.2 , 4.0 以下	4.42
		高於 4.0 , 7.1 以下	4.16
		高於 7.1 , 71.0以下	4.03
	分離式	4.0 以下	5.93
		高於 4.0 , 7.1 以下	5.33
		高於7.1 , 10.0 以下	5.11
		高於10.0 , 71.0以下	5.03
水冷式	全機種(71.0以下)	5.58	

表 4-6 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) kW/kW	能源效率比值 (EER) kcal/h-W	性能係數(COP) kW/kW	
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

表 4-7 螢光燈管能源效率標準

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

註：

一、類別、螢光燈管區分依 CNS 691 規定。上表類別之 T5 螢光燈管即 CNS 691 規定中，燈管之玻璃管型式為 T15。

二、光源色依 CNS 691 規定：

(一)晝光色(D)：5700~7100K。

(二)冷白色(CW)及晝白色(N)：4600~5400K。

(三)白色(W)：3900~4500K。

(四)溫白色(WW)：3200~3700K。

(五)燈泡色(L)：2600~3150K。

三、發光效率實測值為初期特性之全光束(lm)與螢光燈管功率(W)之比。初期特性之全光束與螢光燈管功率計算至小數點後第一位，第二位四捨五入。

四、植物培植燈、捕蟲燈、半導體專用燈、滅菌燈等彩色螢光燈管不適用本公告。

五、產品之螢光燈管區分無法與上表對應者，其發光效率基準值應適用同類別、同尺寸且額定螢光燈管功率較接近之螢光燈管區分；介於中間者，其



發光效率基準值應適用二鄰近之同類別且發光效率基準值較高之螢光燈管區分；大於最大螢光燈管區分者，其發光效率基準值應適用同類別且最大螢光燈管區分。

表 4-8 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<sub>o</sub>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  $C=0^\circ$  至  $C=180^\circ$  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  $0^\circ$  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  $C=0^\circ$  至  $C=180^\circ$  之平面，其二分之一最大光強度之角度  $\theta_1$  及  $\theta_2$  均在  $38^\circ$  以上，且總合在  $80^\circ$  以上。
- C.圖二中參考軸立體角  $80^\circ$  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)) $\times$ 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 4-9 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 4-10 商店、百貨店、其它之 CNS 照度標準

CNS 12112, Z 1044

- 18 -

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

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	備註
(7) 檔案室	200	25	80	
<b>23. 零售店</b>				
(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	
<b>24. 餐廳、旅館</b>				
(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
<b>25. 娛樂場所</b>				
(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
<b>26. 圖書館</b>				
(1) 書架	200	19	80	
(2) 閱讀區	500	19	80	
(3) 櫃檯	500	19	80	
<b>27. 公共停車場(室內)</b>				
(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。

## 伍、節約能源措施問與答

### 5.1 電力系統

量販店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，每家量販店的主要設備差異不大，除了保存食物的冰箱與冷凍櫃、空調設備外，以照明設備提供稱具有誘因的舒適而明亮的環境、以微波及其他加熱設備供賣場之熱食烹煮作業、而各類型家電產品如尤其是電視視聽音響設備更是與營業時間同步地展示，此外供消費者停車的停車場通風及照明設備，辦公行政所需的作業用電，動力運輸設備及配電系統及供電設備等，構成交量販店的主要電力負荷。至於其他的消防與中央監控設備則屬於配套之監控設備，也是不可忽視的一環，故綜觀量販店的規模及屬性縱然略有出入，企業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，但就使用能源設備的型態則幾乎大同小異，大約可分為下列九大類：

量販店的主要用電設備：

1. 冷凍食品、冷藏食品電氣負載
2. 空調設備及空調系統
3. 電熱設備、食品街等現煮設備
4. 照明設備
5. 電氣展示品設備、視聽音響現場展示用電
6. 收費記帳、一般行政作業等辦公作業
7. 停車場照明及通風設備
8. 其他動力設備如升降機與充電式升降設備

## 9. 供電系統及受電設備

量販店依各類型賣場的主要用途及其配屬用電設備而言，量販店的主要用電設備如下表 5.1-1 所示。

表 5.1-1 量販店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	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、抽排風機

### (二) 配電系統供電電壓

量販店的用電設備平均耗能約 1,220kW，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。基於前述的量販店用電設備，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，以達到降低導線電流及壓降的優點。

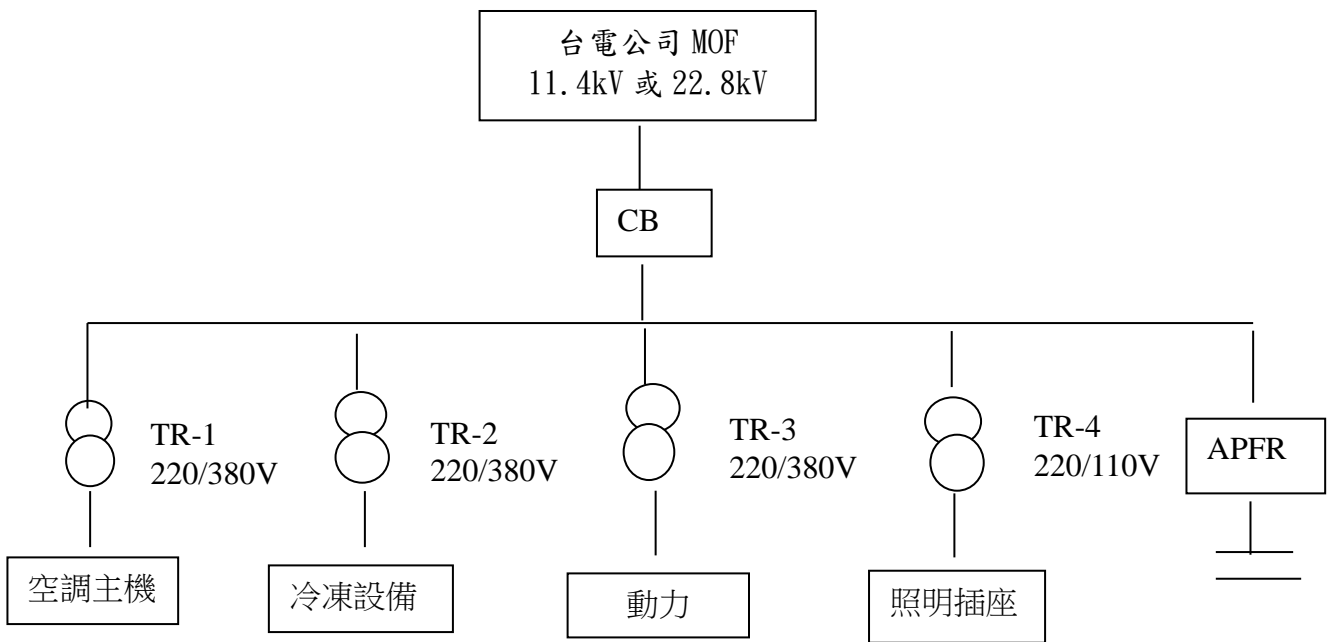


圖 5.1-1 一般量販店的配電示意單線圖

### (三) 電壓變動率標準及線路壓降

依用戶用電線路裝置規則第九條要求，「供應電燈、電力、電熱或該等混合負載之低壓分路，其壓降不得超過該分路標稱電壓之 3%，分路前尚有幹線者，幹線壓降不得超過 2%。」(幹線 $<2\%$  + 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 $<2\%$ )。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 $\pm 5\%$ 以內；頻率變動值為額定的 $\pm 5\%$ ，見表 5.1-1 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

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	±5%	

註：資料來源電業供電電壓及頻率標準 106 年版。

#### (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，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可洽

(1) 財團法人台灣綠色生產力基金會(02-2911-0688)

(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，可短暫停機之負載諸如：多台式冰水主機、箱型機、停車場抽排風扇、揚水泵等。



## (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。因此若實地量測照明迴路，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

以三相供應之用戶，按表燈非時間電價計費且用電設備容量 20 千伏安以上、按住商型簡易時間電價計費且用電設備容量 20 千伏安以上，或按表燈標準型時間電價(二段式)計費且契約容量 20 瓩以上者，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；超過百分之九十五時不增減。

因此量販店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，而造成用電損失增加，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。

#### **(七) 其他設備的節能省電措施**

量販店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，以達全面推動量販店節能目的。

## 5.2 照明系統

好的照明系統規劃設計，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、美國建築照明之節能規範概要、理想量販店照明規劃設計、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)量販店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。

商業設施的照明設計也要朝向消費導向，以小吃店、百貨業、時裝店、便利商店及量販店等營業場所，裝飾性效果尤其重要，也就是說必須因應各式各樣的商業空間的功能要求。這些照明不僅要使人能看見商品，而且還要創造出商品陳列和高級品的價值感，增加購買慾望。許多上班族及社區民眾，每天或假日都到量販店採購，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，良好的照明可以催化消費行為的完成。照明乃量販店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，進入量販店的顧客的心理，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，來營造喜悅接近的氣氛，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，以及給予興趣和聯想的第三階段、第四階段，至第五階段為了吸引顧客到量販店來，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，這些照明要和全部量販店很好地協調起來，人在買物品時留下好的印象，變成讓顧客下次還想再到量販店來的重要因素。

顧客的購買心理，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。

依量販店照明的目的來說，基本要求是把商品價值顯示出來，若照明效果較商品更為顯眼，則煞費苦心的商品排列就完全得不到有效的利用。因此，巧妙地利用照明效果是必要的。

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。

良好的量販店照明是依靠空間協調的光線，來滿足人的舒適感，及生理和心理要求，以引起買者的興趣。量販店使用的照明器具，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) 量販店照明結構

量販店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：

目前量販店內的一般照明，以全般照明為主，只考慮明亮，容易產生平淡感與刺眼眩光，這樣的設計作為量販店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；並且有部分量販店仍採用傳統鐵磁安定器螢光燈具，低功因又高耗能，徒然增加電力浪費。此外，即使是一般照明，有些量販店仍使用低演色性的燈管，也影響對顧客的吸引力。

### 2. 重點照明：

為了重點地把主要商品和主要場所照亮，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。重點照明設置要點如下：

- (1) 和一般照明的比例一般是 3~5 倍，以突出商品的形象。
- (2) 以高亮度光源突出商品表面的光澤。
- (3) 以強烈的定向光突出商品的立體感和質感。
- (4) 利用投射光突出特定的部位和商品。

在台灣的一般量販店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增多時，重點照明設計將會增加。

### 3. 裝飾照明：

可表現量販店業務狀態和顧客性格的氣氛照明。如通過照明器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。這類照明未來以 LED 或光纖可能性居多。

### (三) 國內量販店照明狀況

台灣地區的集團量販店冷凍櫃及冷藏櫃等食品保存設備、中央保全監控與消防設備、密閉空間或地下室的停車場通風及照明等設備應是屬於 24 小時全天候用電，而供電系統及配電變壓器及配電設備則是整個營業場所的能源心臟，自是完全全日服務，其餘設備則均配合營業時間而開機，即使是空調設備也是配合營業時段，反而是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，而安定器則以電子式或傳統式為主，燈管方面則大都以三波長高演色性燈管 6700K 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。至於在倉儲型的大型產品或批發區域，則因高度較高而採用高強度放電燈如複金屬燈。而在精品場所如化妝品或飲食熱品處，則常以高演色性 CDM 或 LED 燈為主，來提高購買意願。

依據實測結果，在國內便利超商照度高達 1,000Lux 以上，固然可增加賣場明亮的舒適感，但偏高的照度有浪費能源之嫌。而量販店的照度實測如表 5.2-1 所示，就實測 3 家而言，以一般性商品銷售為主之量販店，其照度水準較高，容易給人明亮的舒適感，吸引買氣；而較

低照度的 DIY 性質的銷售量販店，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，要訂定一個合理的照度數值，顯然頗有難度。

對既有照明系統照度及電壓偏高者，為省電及延長燈壽命，目前已有廠商嘗試引進調降電壓供電設備來供照明設備使用，約可減少 15% 左右的電費，設備約 2 年半就可回收，業者可自行評估參考。

表 5.2-1 量販店的照度實測

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	螢光燈 110W×40	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	區域大小(m)	距離量測高度(m)	平均照度(Lux)
植物區	螢光燈 38W×48 支	22×7	1.0	846
家電	複金屬燈×6 盞	18×2	5.0	648
油漆	水銀燈×8 盞	8×7	5.0	673
裁切	水銀燈×11 盞	13×9	5.0	811
板材板料	水銀燈 12 盞	15×10	5.0	598
地材	水銀燈×9 盞	10×9	5.0	716

照明案例(三)

區域	光源	區域大小(m)	距離量測高度 (m)	平均照度(Lux)
電器	螢光燈 40W×54 支	12×7	1.8	830
服飾	40W×54 支	16×5	1.8	983
文具	40W×72 支	13×9	1.8	1160
衛浴用品	40W×68 支	11×6	1.5	1924
一般商品	40W×36 支	10×9	1.9	719
蔬果	螢光燈泡 17W 燈泡×28 個	13×11	1.0	822
區域	光源	平均照度(Lux)		
魚類	螢光燈泡 17W×14 個 40W×6 支	1890		
肉類	40W×16 支	1077		
麵包	螢光燈泡 17W8 個 40W×24 支	1162		
冷飲	螢光燈 40W 燈管	2031		



#### (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特之照明效果，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  $\text{lm/W}$  表示，表示輸入  $1\text{W}$  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，而目前仍以螢光管最為實用與普遍。以螢光燈效率高低作為比較原則，其中大瓦特數( $40\text{W}$ )較小瓦特數的燈管( $20\text{W}$ )效率高；直管比環管效率高；省電燈管(精緻型或緊湊型省電燈泡)中，燈管外型螺管型的冰淇淋形狀者較多角轉彎或急轉彎的 U 型及 PL 燈管效率高。量販店自以  $40\text{W}$ 、 $110\text{W}$  長直管為最佳之光源。節能標章產品要求發光效率需達  $90 \text{ lm/W}$ ，而螢光燈平均演色性  $R_a \geq 80$ 。有關螢光燈管節能標章產品標準，詳細內容可至經濟部能源局網站 <https://www.moeaboe.gov.tw> 查詢參考。
2. 光色（色溫 K）：一般稱為色溫，一般而言，色溫低於  $5,000\text{K}$  者為暖色系，反之溫高於  $5,500\text{K}$  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，目前國內量販店賣場照度都已提高至  $1,000\text{Lux}$  左右，因此宜選擇色溫  $5,500\text{K}$  為宜。若選擇暖色系色溫  $4,000\text{K}$  以下者，有燥熱之感覺，需降低冷氣溫度克服，也因而較為耗電。但熱食區可用暖色系光源，可增加熱食商品之賣相。

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，量販店以銷售商品為主，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，如珠寶店中以鹵素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；量販店燈具設計原則，燈具吊掛 4m 以下者，應可採用鏡面反射型 OA 螢光燈具，可惜目前國內的量販店基於成本考量，大部份均為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，則應採用低輝度高瓦特之複金屬燈，可減少燈具設置數量及維護費。

表 5.2-2 燈具特性分析比較表

項目	T8 燈具	T5 燈具	直管型 LED 燈具
平均壽命(h)	8000	20000	30000
演色性	Ra80	Ra85	Ra80~90
閃頻(秒)	高頻 40000~50000/秒	高頻 40000~50000/秒	無(直流電)
每管瓦數	短 18W(2 尺) 長 38W(4 尺)	14W(2 尺)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
白 熱 燈 泡	一般燈泡/球型燈泡 (量販店等 20 類指定 能源用戶已禁用)	白熱燈泡與日光燈比較，其亮光有溫暖感。其中透明型燈泡與白色燈泡，透明型燈泡較有輝煌感，因白熱燈絲的光輝令人感覺愉悅，白色燈泡則較為柔和而溫暖。
	反射燈泡(量販店等 20 類指定能源用戶 已禁用)	可將光線集中在同一方向的投光照明，有聚光照明的功能。在真空狀態的燈泡內做了反射鏡加工，因此即使沒有反射燈罩也能達到集光效果，也不會因器具污損而產生劣化。
	珠寶燈泡(量販店等 20 類指定能源用戶 已禁用)	常用於百貨公司、飾品店、櫥窗展示。
	蠟燭泡/迷你燈泡(量 販店等 20 類指定能 源用戶已禁用)	從小型檯燈、小夜燈到大型的花形吊燈都能廣泛使用。主要為裝飾用燈泡。
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。在桌燈及嵌燈中廣泛被使用。
	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。所謂的省電燈泡，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 光源與燈具的選擇各種光源的特性。

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

市面上所謂陽光燈管、太陽神螢光燈管都是製造商自己命名之螢光燈管，正式學名是三波長域發光螢光燈管，型名使[EX]為代號。此種燈管之特徵是：燈管效率高，比傳統螢光燈約高 5% 以上、演色性好（平均演色評價數 Ra=84，螢光燈 Ra=61）。其燈管發光分布是對人類肉眼色覺識別最佳的光的三原色（紅、藍、綠），接近太陽光色，色調自然，因此可以達到高演色性及色澤鮮麗的效果，提高物品之價值感與鮮度感。平均壽命可達 10,000 小時以上。最近新型 T8/45W 之三波長域發光螢光燈管，其燈管效率已達 96~100 lm/W，比傳統螢光燈管 84 lm/W，又提高 15% 以上。見表 5.2-6 高輸出型螢光燈管與一般燈管之比較。

螢光燈管自 T10 進化到 T9、T8，所謂 T9 即是表示螢光燈管之管徑為 9/8 英吋，管徑愈小，其發光效率愈高，使用汞的含量越低，更加符合環保的要求。所以如果採 T8-32W 是比原來 T9-38W，可以節省燈管耗電 6W 左右，亦可以達到原來 T9-38W 之螢光燈管出之光束。但這些螢光燈最好使用高頻電子安定器來搭配，更能增加其出光束。

高效率螢光燈之選用，可參考經濟部 106 年 4 月公佈之螢光燈管效率標準如表 4-8，就量販店的商品展示而言，以高演色性的螢光燈管為宜，既可以產生足夠的照度，又節省電能及電費。國內氣候一般選用 5,000K 至 6,500K 的晝光色燈管，產生清涼的環境，對於吸引顧客

上門及安全感與信賴感的建立，將有顯著的幫助。

螢光燈管的主要分類方法如下：

1. 依燈管形狀區分 (直管、環管、各式各樣節能燈管)
2. 依燈管直徑區分 (T12, T9, T8, T5)
3. 依燈管消耗電功率區分 (110W, 55W, 38W, 32W, 28W, 14W.....)
4. 依相對演色性評價係數(CRI, Ra) (100, 95, 90, 85, 80, 65,...)
5. 依色溫度區分 (2800K, 3000K, 4000K, 5000, 6500K,.....)
6. 依燈光色澤色彩區分 (WW, W, CW, D,.....)
7. 啟動方式區分 (預熱型、快速點燈型、瞬間型、冷陰極、無極燈)

表 5.2-6 高輸出型螢光燈管與一般燈管之比較

光源別		燈管 功率 (W)	燈管 電流 (A)	初光束 (lm)	色溫 (K)	發光效率 (lm/W)	演色性 (Ra)	管徑 (mm)	全長 (mm)
新 產 品	LED T8 25W	25	0.425	4500	2700	100	85 三波長 域	25.5	1500
				4500	4100	100			
				4500	5000	100			
				4230	6500	94			
現 有 品	T9 40W FL 40/38	38	0.415	3200	2700	84	74	29	1198
				3200	4100	84			
				3000	5000	79			
				2800	6500	74			

## (五) 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。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，因此量販店可將店內點燈 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。

表 5.2-7 高效率電子安定器與一般傳統安定器比較

品 名	消耗電力 (W)	消耗電流 (A)	功率因數 (%)	輸出光束 (lm)	發光效率 (lm/W)	電流諧波 失真率%
T8 45W 2 燈 220V 電子安定器	99	0.46	98 以上	8460	85	10 以下
T9 40W 3 燈 220V 電子安定器	115	0.53	98 以上	8400	73	10 以下
T9 40W 3 燈 220V 傳統電磁型	135	0.68	90 以上	8400	62	25 以下

## (六) 選擇照明燈具的考量

### 1. 照明燈具的器具效率

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 5.2-8 現有常用 20W、40W、45W 光源比較，可知日光燈配電子式安定器之發光效率為 85.5 lm/W，為傳統鐵磁式安定器之發光效率之二倍。

表 5.2-8 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

#### (七) 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 4-4)
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, 如表前表 4-4 照明電力標準(建築面積法) ASHARE 90.1 (2013 版)，如零售業(Retail)空間之照明電力負載以 1.26W/m<sup>2</sup> 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之彈性。

## (八) 量販店在照明設計上的問題

在照明設計方面，目前各集團所屬量販店長期以來對於照明工程缺乏有效的規劃，照明設備充其量只有量的補充，缺乏品質的觀念，因此有六大缺失：

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，使用低效率照明光源及燈具，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特色。
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。
4. 裝設便宜且低演色性的螢光燈，不利營業氣氛及商品之的營造。
5. 缺乏照明系統的控制觀念，偏高的照度是否可於適當時段適度的降低照度，以減少能源浪費。

## (九) 理想量販店照明規劃設計

理想量販店營業場所的照明規劃設計，應該兼顧營業需求及節能，故應朝向適度引進天然採光，以減低人工照明需求：

1. 天然採光設計：採光井與玻璃帷幕牆的設計，均可以產生必要的天然光線照明效果，但應該隔離太陽輻射熱而增加冷氣負荷。
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及燈具，以發揮高照明品質的效果，並兼顧節能。

## (十) 照明控制方式

量販店的照明控制方法，因工作場所不同而有所差異，大體上可分為(1)室內大面積辦公場所，(2)公共空間如走廊、洗手間等場所，(3)夜間景觀照明來設計。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、下班及夜間景觀照明之自動點滅。
2. 配合晝光感知器或亮度檢知器，當屋外陽光線充足明亮時，可自動調降可調光型照明的輸出，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量販店的小型會議室、會客室、廁所....等場所，由熱感感知器檢知空間內人體溫度，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。
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，經過時間延遲設定而自動熄滅燈具，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，可機動配合量販店作息變動需求，來整體監控管理，節約照明用電 30 % 以上。

## (十一) 照明設備的維護保養與汰換

螢光管固然壽命較長，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，故在照明設計之初，即應考慮日後的保養維護，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，可參考表 5.2-9 定期清掃間隔所示之國內外之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參考下列重點辦理：

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)。表 5.2-10 不同光源最經濟清掃的預估時間。
2. 由於燈管的自然老化開始發光衰退，故宜分批更換燈管，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亮，仍應更換為宜。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：一般量販店每年點燈時數約 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。注意瞬間起動型電子安定器，燈管無燈絲，燈管老化時，不亮時，安定器仍耗電。

表 5.2-9 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

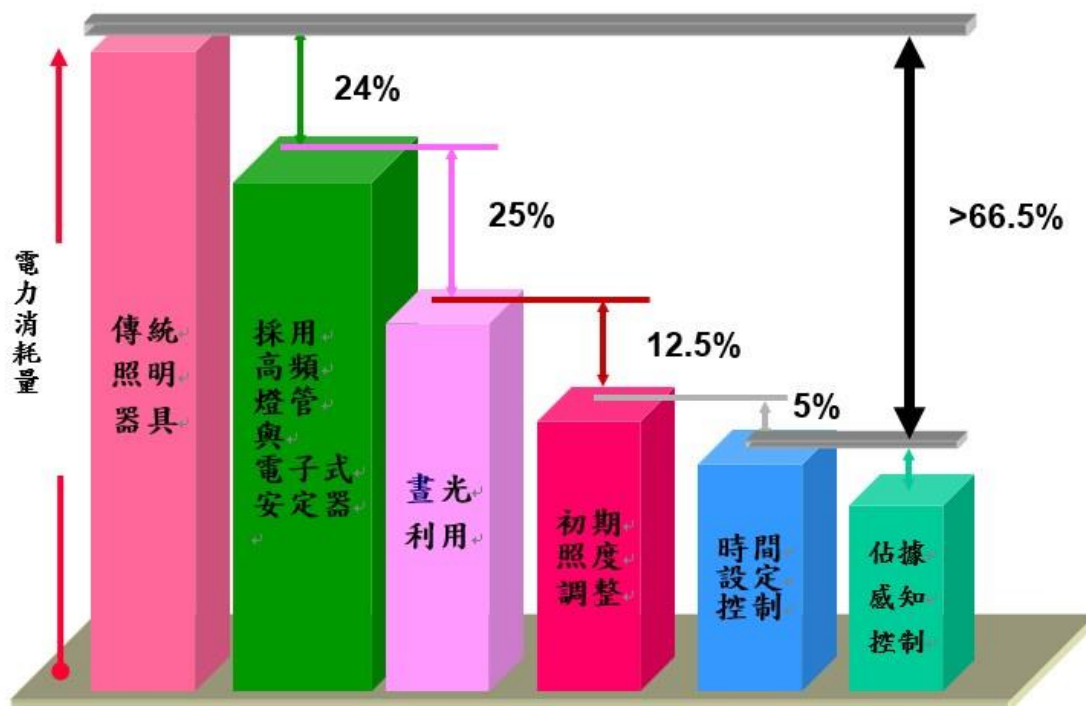
表 5.2-10 不同光源最經濟清掃的預估時間

周圍環境	清掃容易度	螢光燈	HID 燈
清潔	容易	2-6 個月	3-10 個月
	普通	6-9 個月	10-12 個月
	困難	9-12 個月	12-15 個月
普通	容易	2-5 個月	3-6 個月
	普通	5-7 個月	6-9 個月
	困難	7-9 個月	9-12 個月
非常易污染	容易	1-4 個月	2-5 個月
	普通	4-6 個月	5-7 個月
	困難	6-8 個月	7-9 個月

## (十二) 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、占據感知控制等，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%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

量販店之空調系統耗電量約占店內總耗電量之 45%。因此好的空調規劃設計，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：

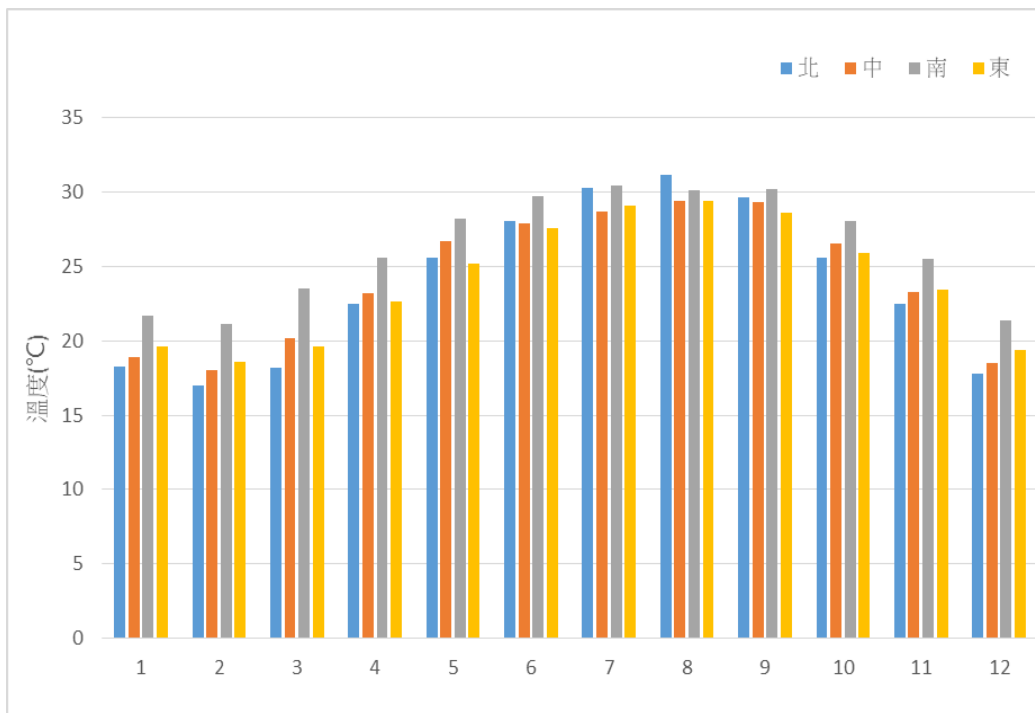
## (一) 空調冷凍之耗能特性

在空調與冷凍方面，量販店與一般辦公建築耗電之差異在於：

1. 量販店為大面積之賣場，須以較長的風管送風到賣場各部位，送風耗能大。
2. 因量販店為大面積之賣場，其內週區之面積大，每年需要空調之季節較長。
3. 含開店前與打烊後之準備時間，量販店之空調應用時間較辦公室稍長。
4. 量販店之空調設計需因應人潮之尖峰，外氣引入之設計量大，當引入與室內溫濕度差異大之外氣，造成過大之耗能。
5. 人潮之尖離峰造成不同時段空調負荷差異大，經常因缺少適當之控制調整而使離峰時空調太大而耗能。
6. 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。
7. 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，量販店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布圖，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) 量販店之耗能總量與影響之因素

依節能訪測調查 22 家樣本店基本資訊如下：

1. 營業面積：有的郊區量販店提供大面積停車場，也有市區大樓內之量販店則停車場小。停車場面積越小者其單位面積耗電 kWh/m<sup>2</sup>.y、W/m<sup>2</sup> 越大。
2. 營業時間：量販店一般為 9:00~22:00 約 13 小時。也有 6:00 開業者，耗電也多。
3. 耗能設備：量販店因營業差異需求，賣場照明、空調、冷凍冷藏、熱食烹飪設備等有略不同。有些僅賣家庭用品，不需冷凍冷藏耗電。
4. 地理位置氣候：量販店分布北、中、南、東，依圖 5.3-1 臺灣地區 106 年每月氣溫分布及表 5.3-1 基隆、台北、台南近 10 年之日照時數，可知有自然條件差異。
5. 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) 量販店之空調負荷來源

量販店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建築外殼開窗部分之玻璃，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. 量販店賣場大，室內主要空調負荷部份包括照明、電器(電視、燈飾、音響)產品插座耗電約 30%，另照度偏高設計，耗電密度約為 20W/m<sup>2</sup> 或更高，也易衍生空調熱負荷。
3. 採購人潮之多寡，致使空調負荷有所變化。
4. 大門外氣進入及空調箱引入，亦造成空調負荷之變化。
5. 倉庫補貨車輛進出頻繁，亦造成大量外氣侵入賣場。

#### (五) 量販店之空調冷凍節能設計要點

為達到節能之目的，量販店之空調冷凍應參考以下之設計要點：

1. 考慮購物舒適，室內冷氣溫度設計在 26°C，倉儲與烹飪區則依需求設定溫度。
2. 室內空氣品質及冷凍設備電力負荷與室內濕度有關，冷凍冷展藏示櫃電力負載與室內濕度比之關係如圖 5.3-2，建議濕度維持在 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，也可避免電力浪費。
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供應量。
7. 以室內二氧化碳 CO<sub>2</sub> 濃度來控制新鮮空氣量引入量，降低空調負荷。

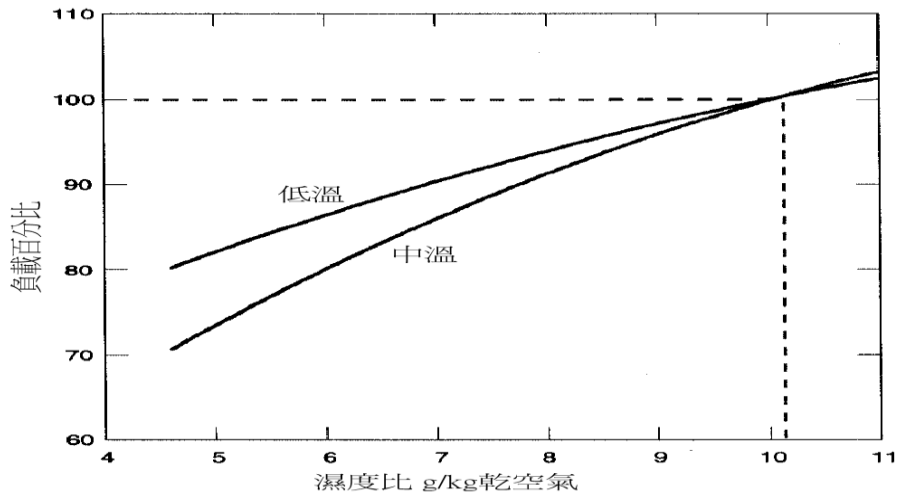


圖 5.3-2 冷凍展示櫃電力負載與室內濕度比之關係

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，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。

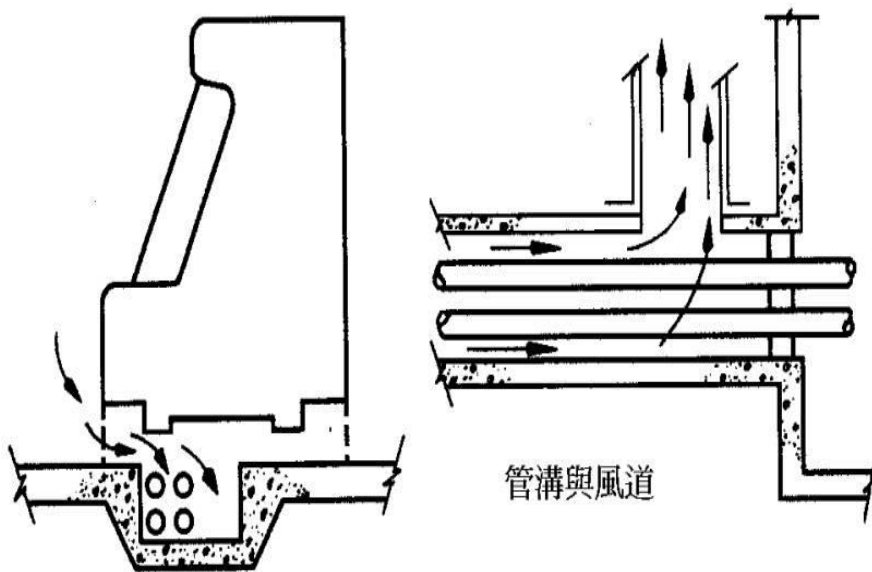


圖 5.3-3 以下方空調回風誘導冷風回空調箱

## (六) 空調之節能方法

### 空調主機節能

#### (1) 慎選冰水主機及提高其運轉效率

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

- A. 應採用高效率之空調主機以減少耗電。
- 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，每調高 1°C 會提高約 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。

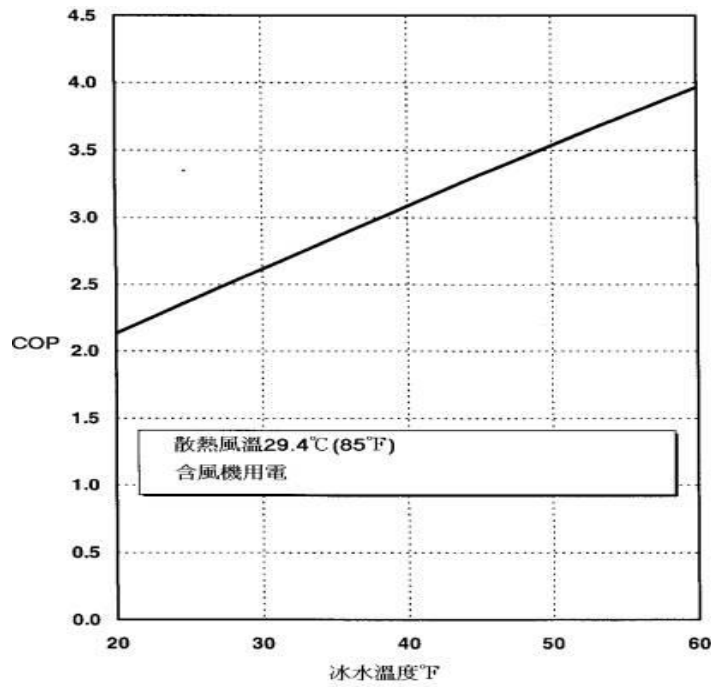


圖 5.3-4 氣冷式主機效率與冰水溫度之關係(Ashrae Handbook, Systems)

壓縮機容機之控制

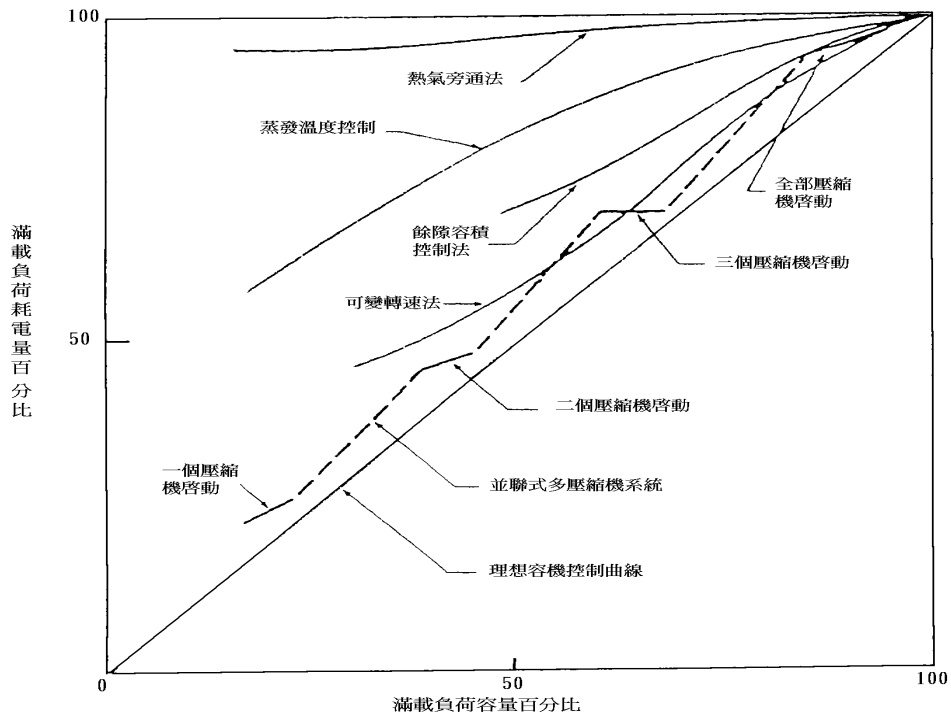


圖 5.3-5 適當空調容量控制減少空調耗能，使耗電量百分比趨近容量百分比



### (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3.5-6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。

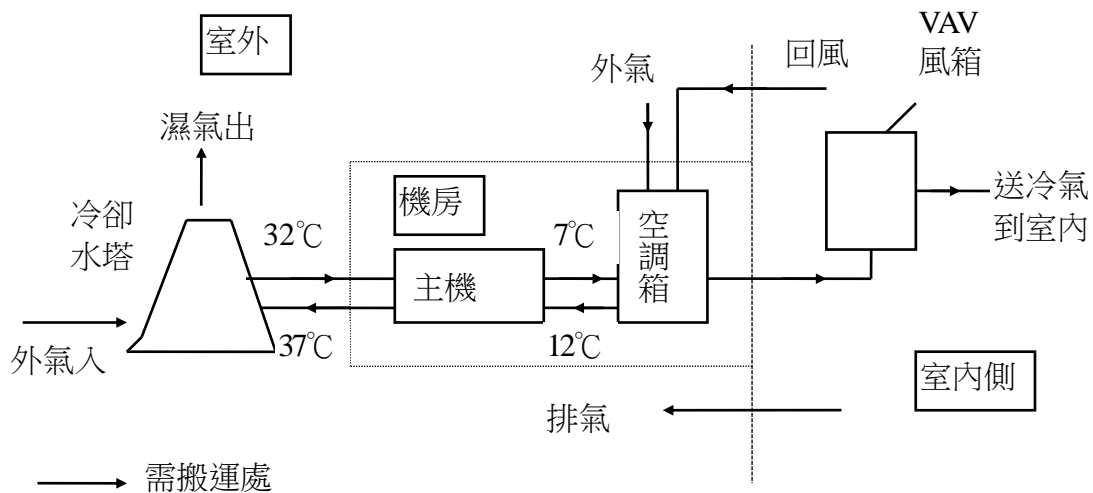


圖3.5-6 空調系統之搬運系統

### (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，其裝置電力可達空調總裝置電力之25%，但因其運轉時間長，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。

## (1)風機盤管系統

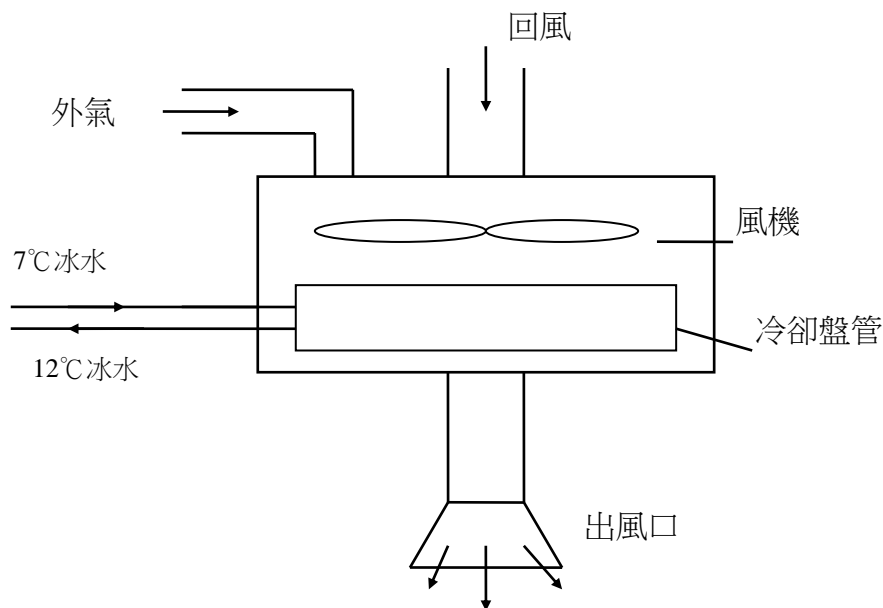


圖3.5-7 風機盤管內主要有一個風機和一個盤管

如圖3.5-7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，其之送風距離短，外氣一般而言只有送風量之20%，故使用風機盤管會有較低之送風耗能。對風機盤管而言，其節約能源之潛力有兩方面：

1. 依需求或溫度來調節冰水量，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。

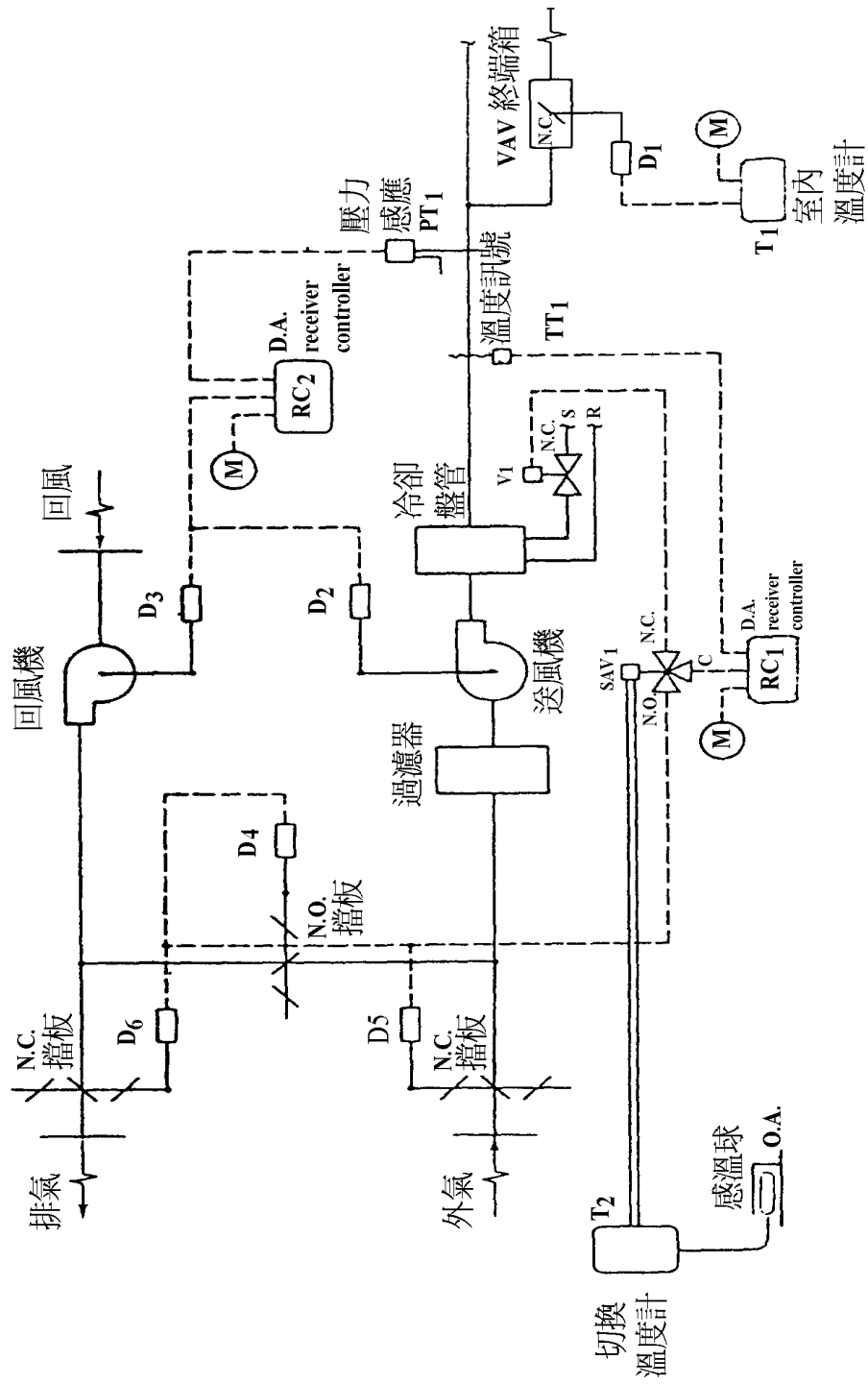


圖 3.5-8 VAV 空調系統之控制流程圖

圖 3.5-8 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 3.5-9 作簡略的說明，圖 3.5-10 為另一種設計，增加一風機以提高室內空氣之流動量。

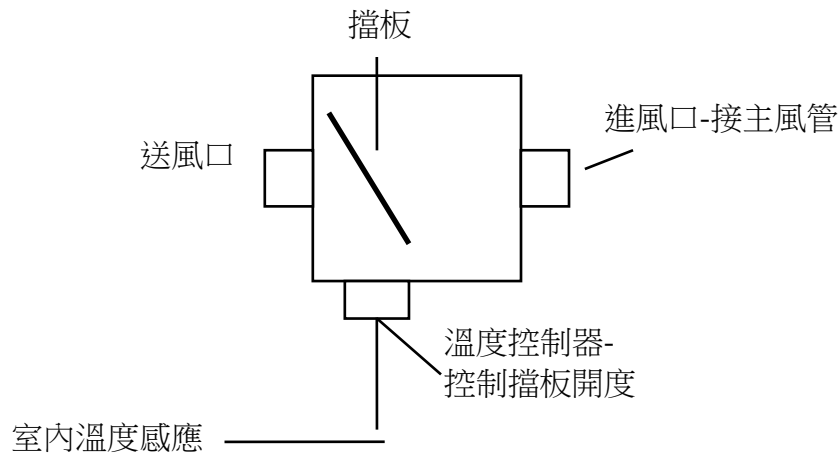


圖 3.5-9 VAV 終端箱之設計

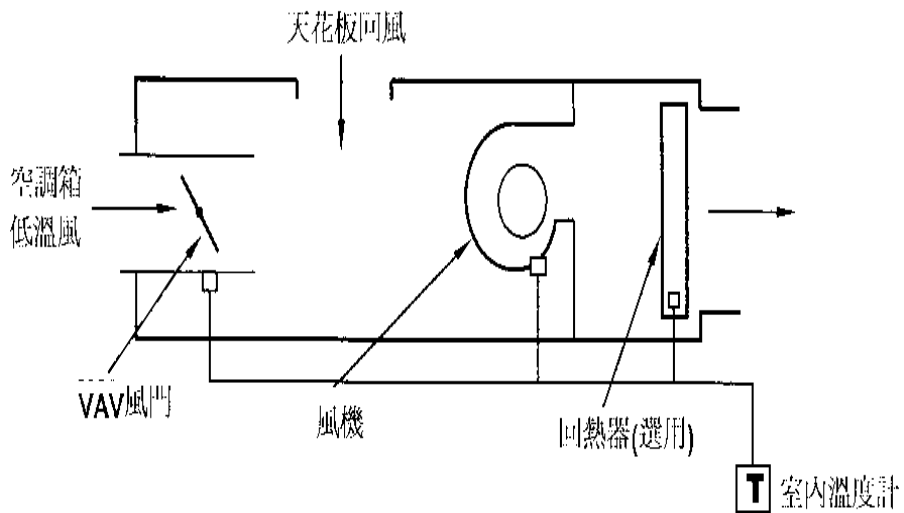


圖 3.5-10 以風機提升室內空氣流動量之 VAV 終端箱

其設計要點為變化送風量來控制室溫，室內溫度計所量測到的溫度與設定溫度作比較，室溫較高時將擋板開度加大，提高冷氣效果，反之將擋板開度關小。由於在此系統中，分別於各室內設置溫度感測器，因此可依據不同空間的冷房負荷作調節用，以達到多區域(muIti-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°C 70% RH 時，其之熱焓為 20.6 kcal/kg，室內空氣在 26°C 50% RH 時，其之熱焓為 12.6kcal/kg。尤其是夏季之尖峰，室內外空氣的熱焓之差異更大，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，如表 3.5-2。

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。

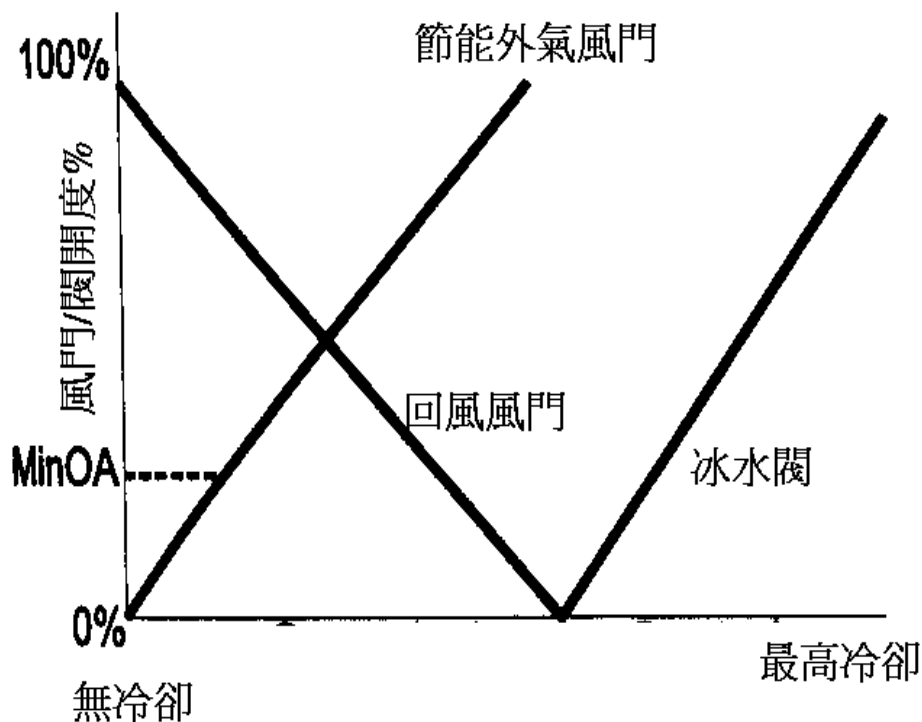
假設以1,000m<sup>3</sup>/hr(cmh)之外氣引入為例：

1. 室內之空氣為 22°C 60%，其之熱焓約為 48kJ/kg。
2. 室外之空氣為 16°C 70%，其之熱焓約為 38kJ/kg。
3. 室內外之焓差約為 10kJ/kg。
4. 1,000m<sup>3</sup>/hr 外氣量可提供之冷氣為

$$1,000 \text{ m}^3/\text{hr} \times 1.2\text{kg}/\text{m}^3 \times 10\text{kJ}/\text{kg} = 12,000 \text{ kJ}/\text{hr} = 3.3 \text{ kW}。$$

由上可見1,000 m<sup>3</sup>/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，其設計需考慮以下幾點：

1. 台灣地區濕度高，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. 一般之外氣約占總送風量之 20%，故送風管皆不大，若用外氣冷房則需將外氣管加大，才會有足夠之外氣。
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。



## 外氣冷房節能控制

圖5.3-11 外氣冷房之節能控制



表3.5-2 ASHRAE 62號標準外氣換氣量

空間用途	以人員計算換氣量 Rp		以空間計算換氣量 Ra	
	cfm/人	L/s·人	cfm/ft <sup>2</sup>	L/s·m <sup>2</sup>
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。				

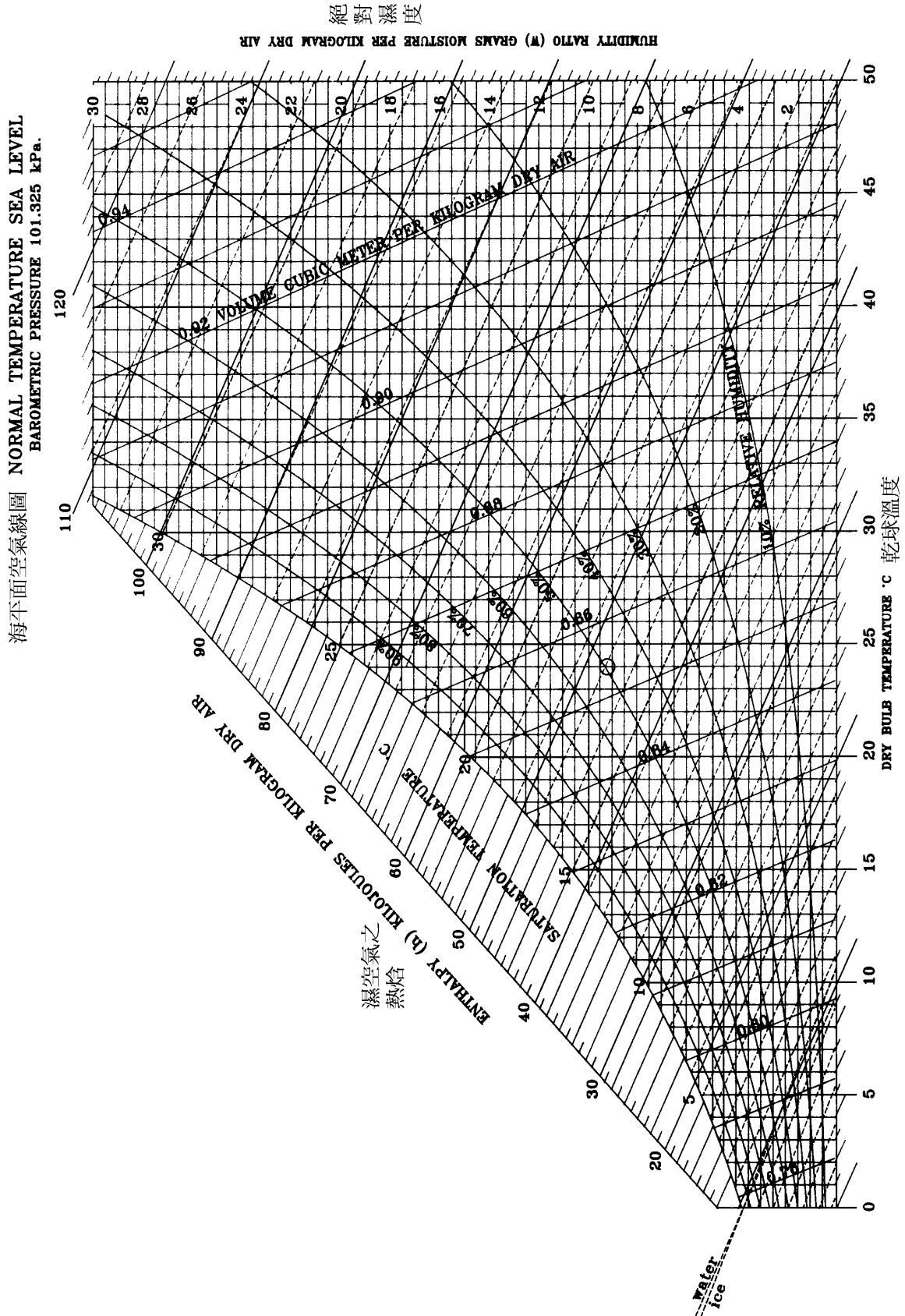
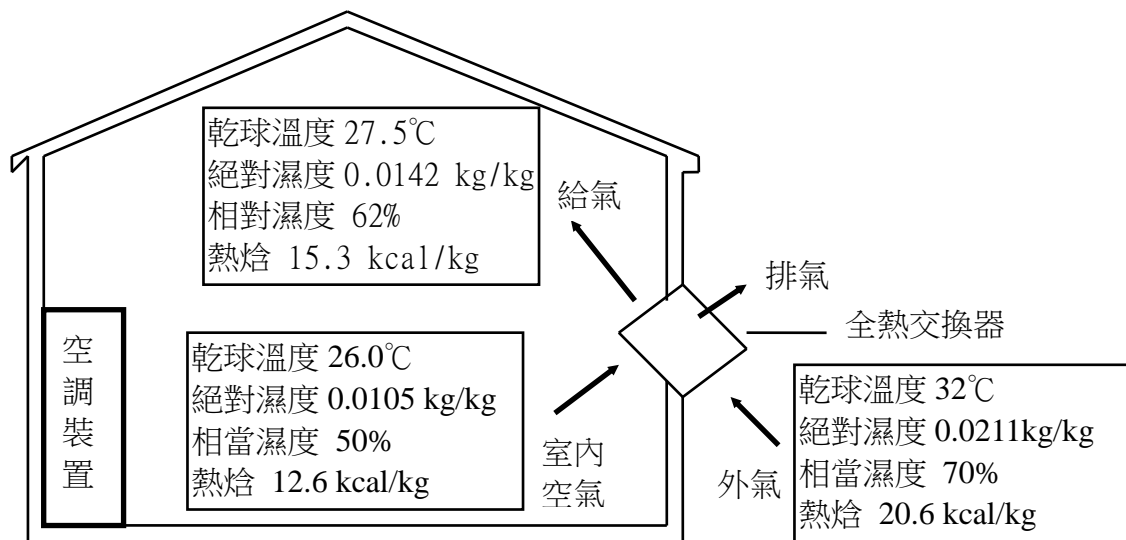


圖5.3-12 海平面之濕空氣線圖

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

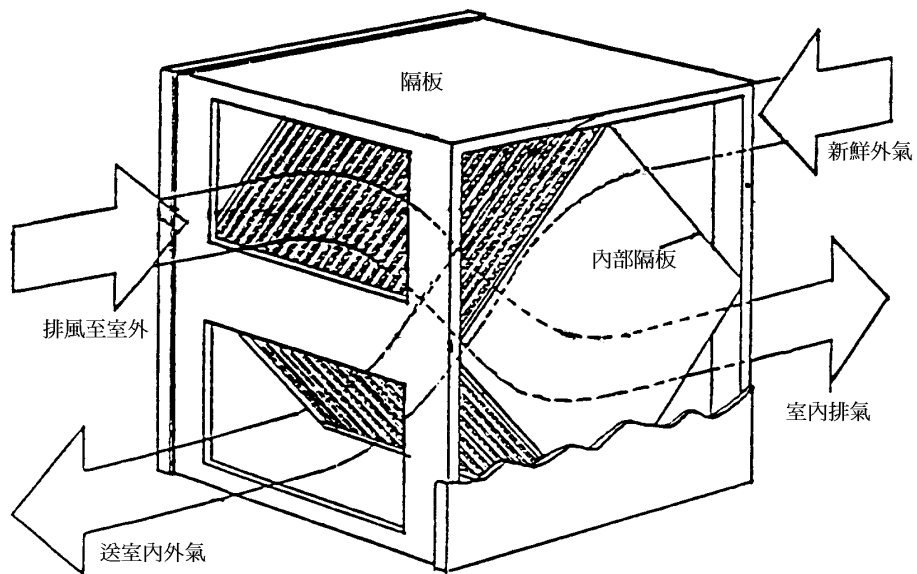
圖 5.3-13 使用全熱交換器對引入室內之外熱降溫降濕

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，則水份會蒸發進入比較乾之空氣，隨乾空氣流出。

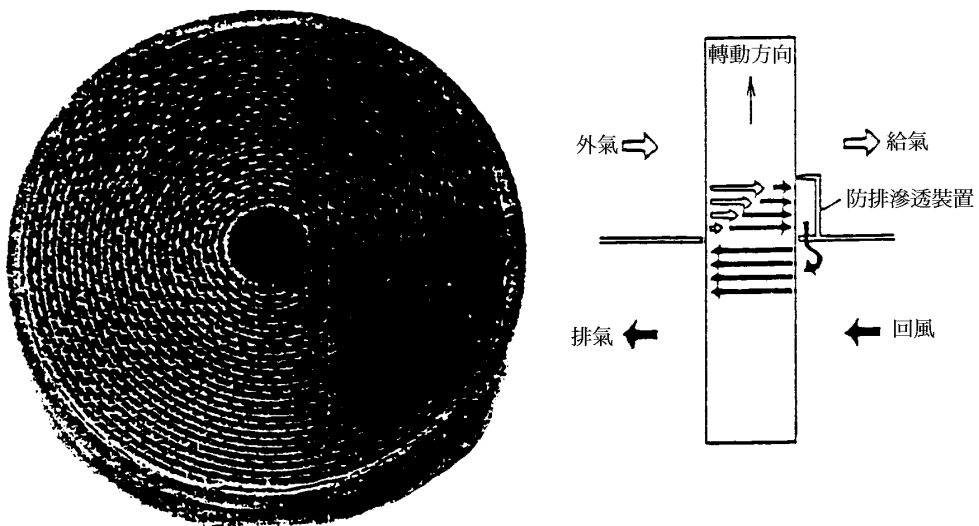
如圖5.3-14所示，全熱交換器基本上有兩種，一為靜態之交叉流式，另一為轉輪式，操作原理及應用可簡述如下：

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

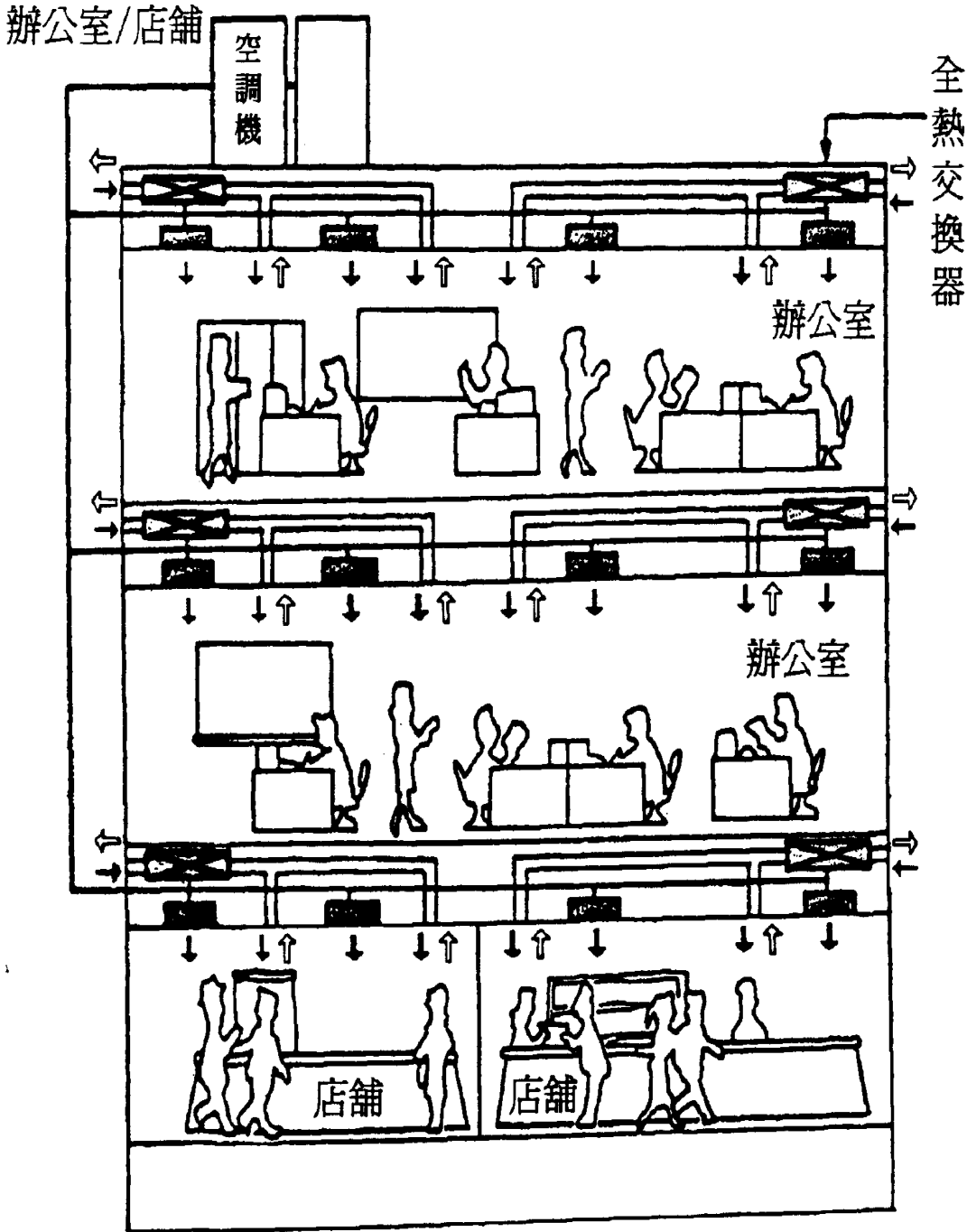
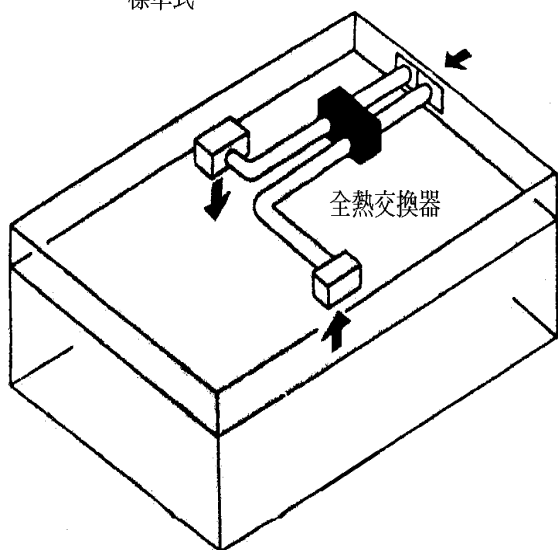


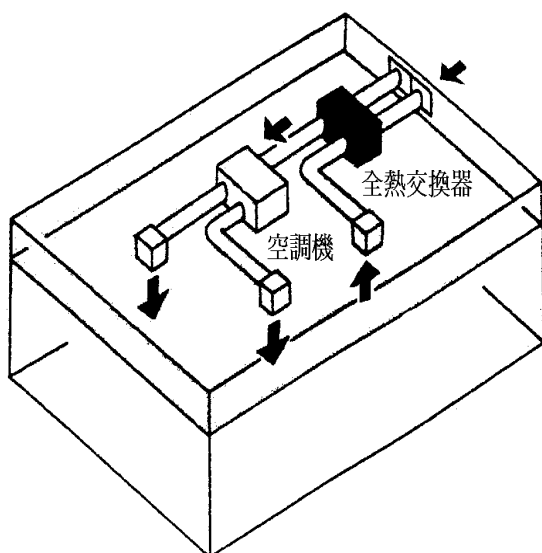
圖 5.3-15 全熱交換器可與小型空調系統配合使用於店舖

# 全熱交換器之 配置方法

• 標準式



• 間接式



• 直接式

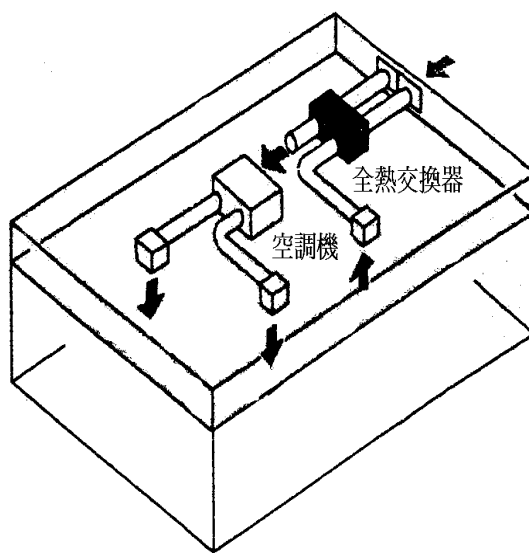


圖 5.3-16 全熱交換器安裝之例子

## (九) 冰水側系統節能計畫

在冰水側系統運轉之節能方面，可參考以下節能設計。

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

- (1)全載時共通管必須完全沒有阻抗，也就是該管的壓損必須接近於零，共通管可促成一次側、二次側間流力分離、熱力耦合之功能。
- (2)二次側負載端必須使用二通閥控制流量，這樣的設計才能使二次側為變流量、定溫差運轉。二次冰水泵可為變頻變流量，水泵耗能可隨流量變低而節能。
- (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，故其負擔將冰水由冰水主機房載運至現場之任務。故應選擇水泵操作點位於高效率區間內之冰水泵，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。

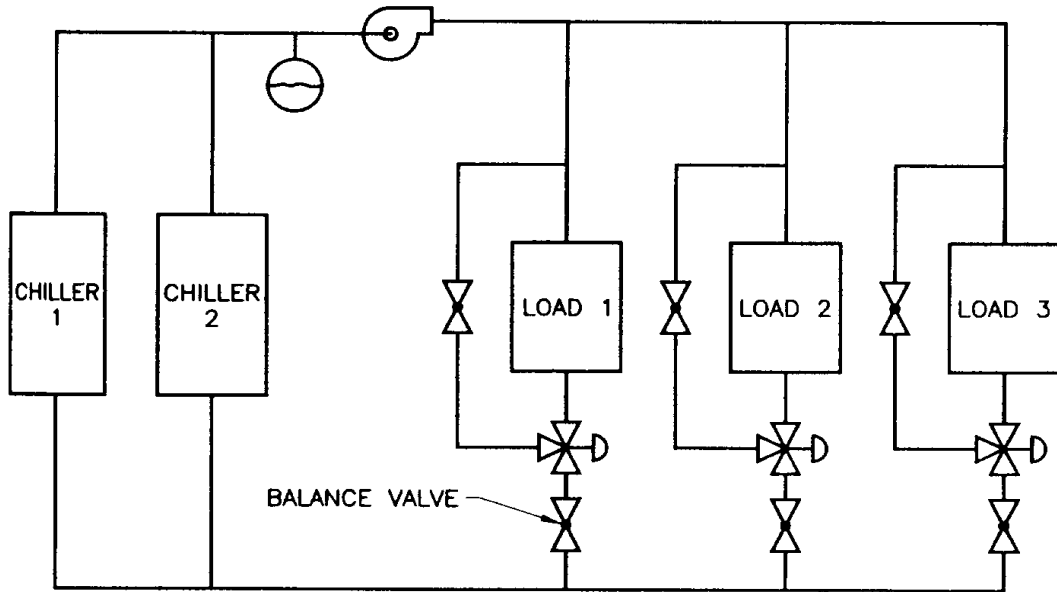
## (2) 變流量系統(VWV)

這是一種較新之系統設計觀念，如圖 5.3-17 所示，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：

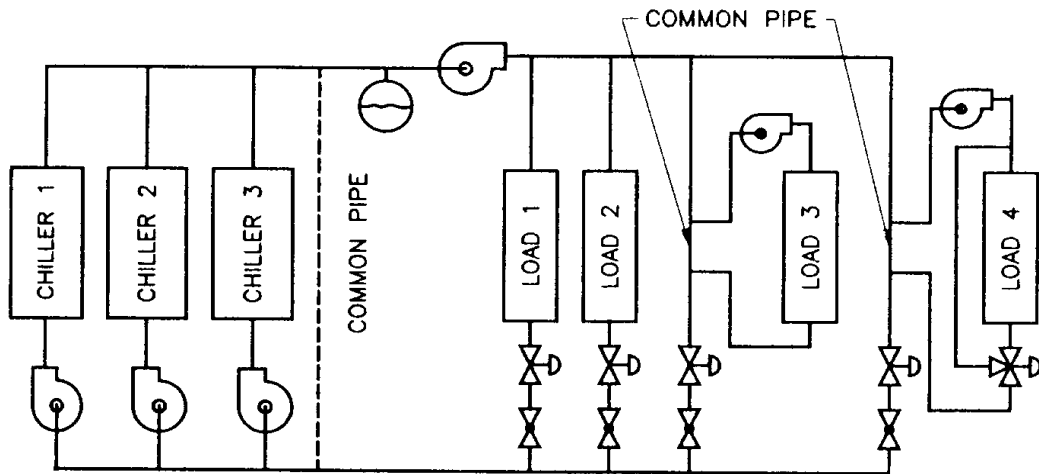
- A. 可用送、回水管之水壓差控制二次側之送水量，如負載低時減少開啟之數量，節約搬運耗能。
- B. 負載處(如風機盤管)以二通閥控制流量，不需旁通管路，只送所需之冰水量至盤管，二通閥之開啟度依盤管之出水水溫而定，當閥關小時水流阻力加大，經控制系統使二次泵減少送水量，如此達到最佳之節能效果。
- C. 當二次側之冰水需求量減少時，熱源(一次)側之循環量較大，多餘之冰水經共同管流回主機，共同管之阻力極小，不會造成耗能。當經共同管旁通之水量多時，流回主機之水溫

降低，溫度訊息將使主機依需求減少開啟數，同時減少一次側之水循環量。當二次側之水量過大時，二次側之回水就會有一部份經共同管反向流到供應側，如此會提高供應冰水之溫度，溫度過高時會啟動多台空調主機，補充冷氣能力之不足。與送風側 VAV 相同，VWV 有節約近一半水搬運之耗能之潛力。

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

#### (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  $1.0^{\circ}\text{C}$ ，約可省電 1.5~2.0%，因此，冷卻水入口溫度應在符合冰水主機特性及外氣濕球溫度的限制下，儘可能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均勻正常，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  $\text{IRT}=10\text{LPM}$ )，而冷卻水量則是冰水量的 13 倍(亦即  $\text{IRT}=13\text{LPM}$ )，這是以  $5^{\circ}\text{C}$  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  $3^{\circ}\text{C}$ ，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。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。

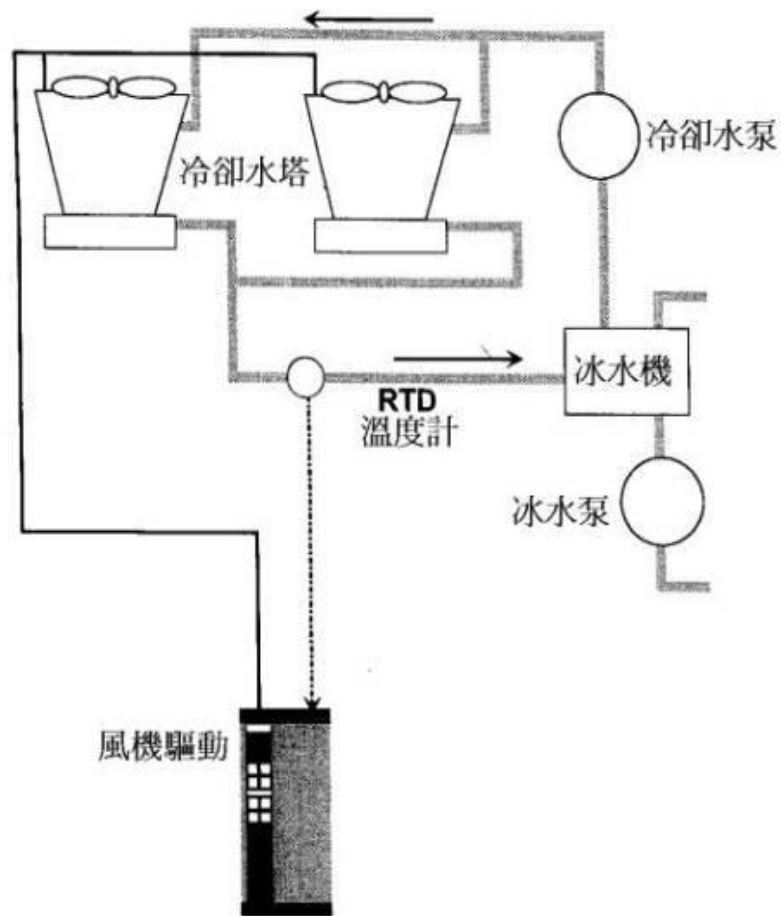
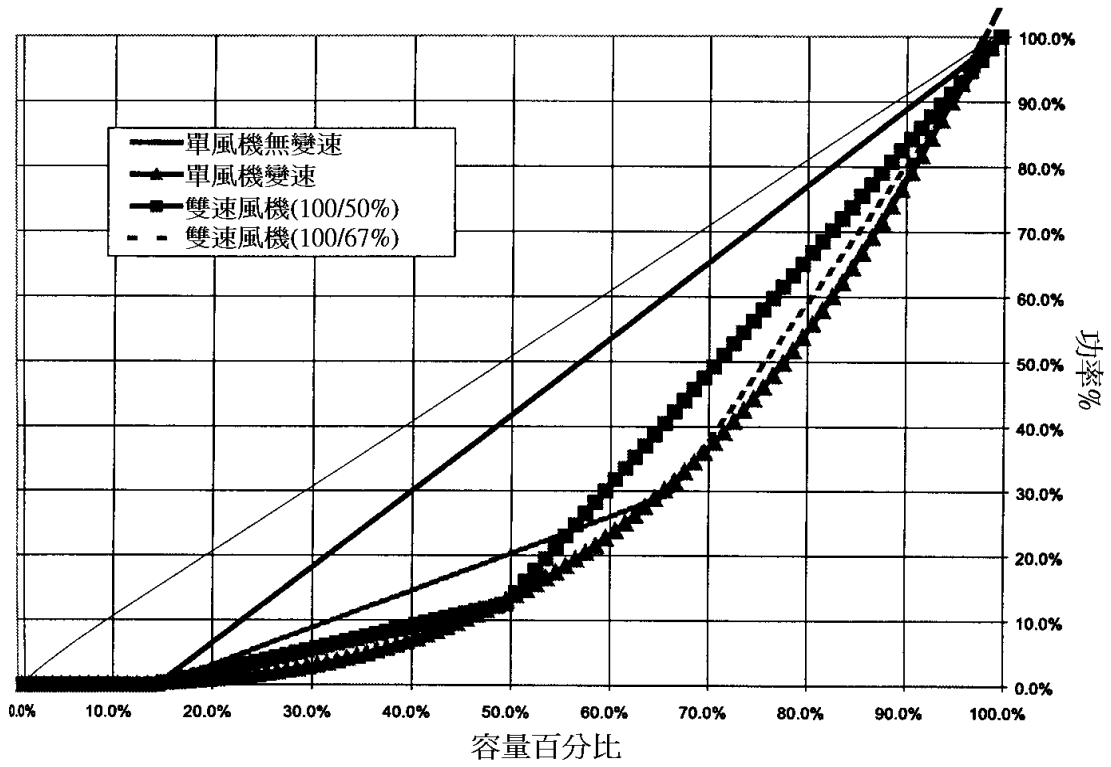


圖 5.3-18 單變頻驅動冷卻水塔系統



冷卻水塔風機控制節能  
圖 5.3-19 冷卻水塔風機控制節能

### (十一) 冷卻水塔安裝位置

冷卻水塔的座落位置應注意如各圖 5.3-20 (a)~5.3-20 (c)之說明【20】。

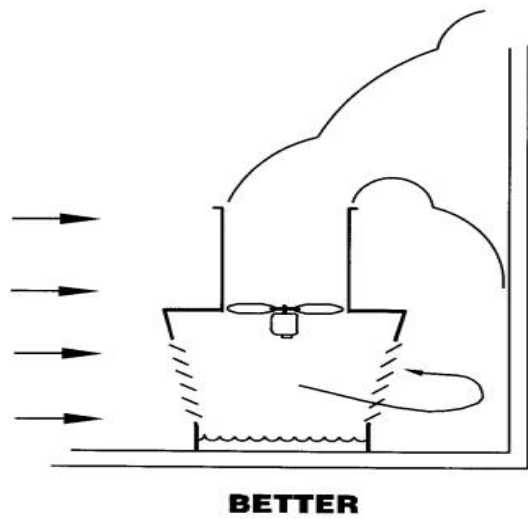
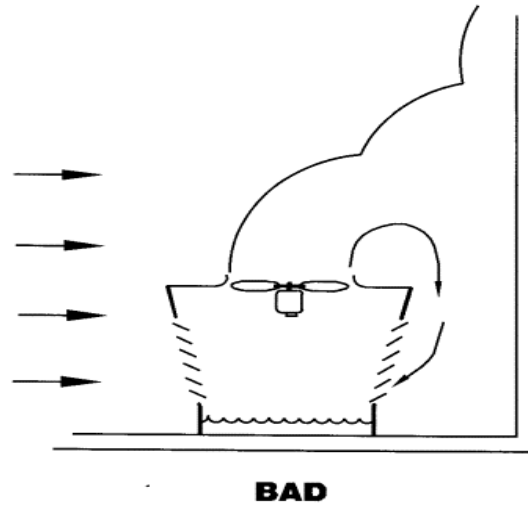
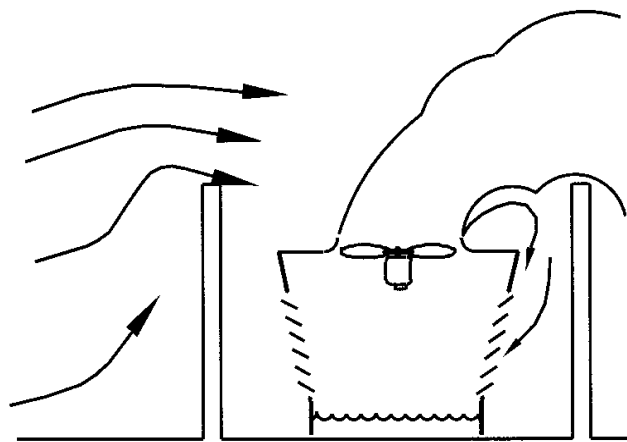
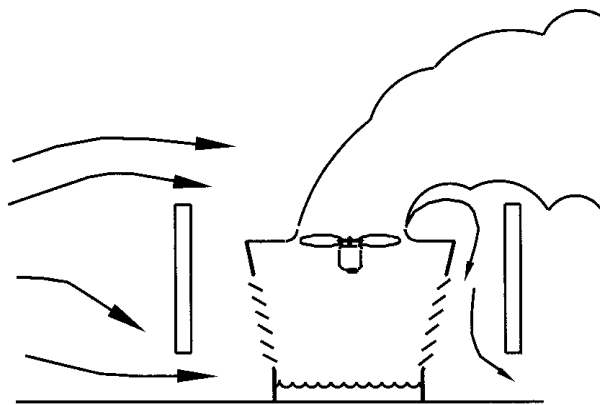


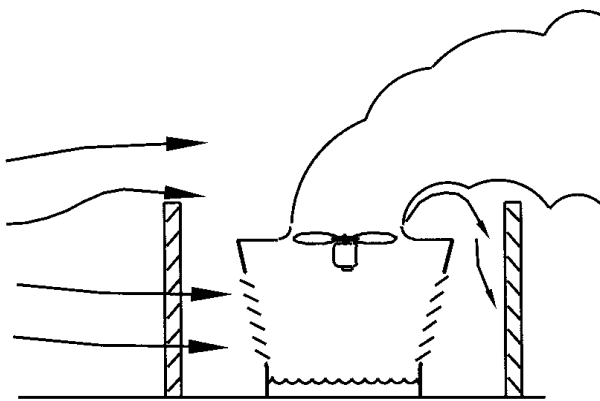
圖 5.3-20 (a) 提高排熱氣高度減少氣流短路



**BAD**



**FAIR**



**GOOD**

圖 5.3-20 (b) 避免進氣受阻



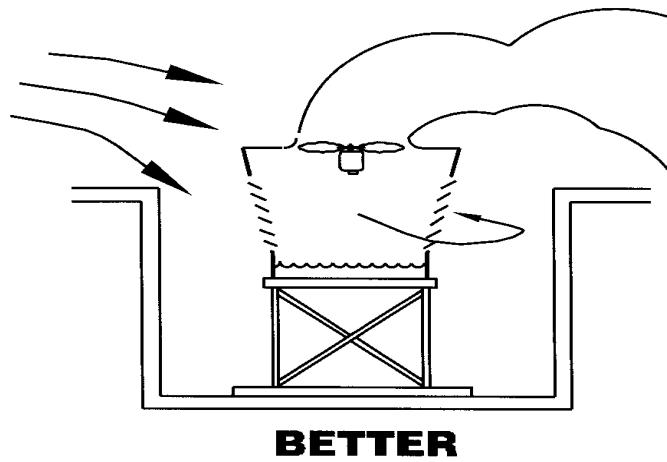
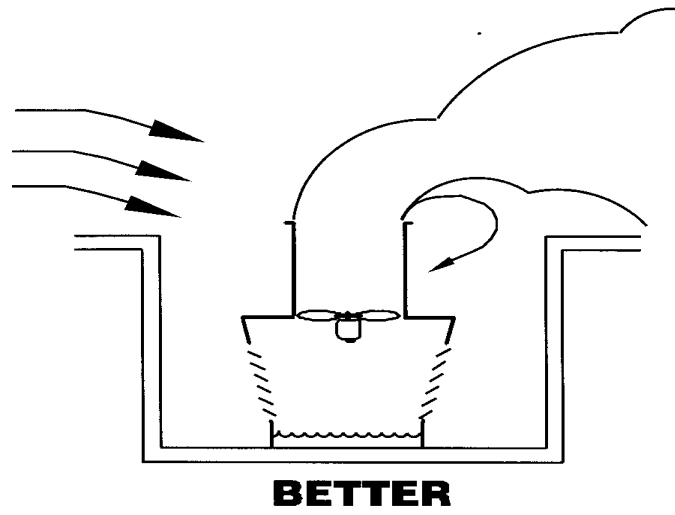
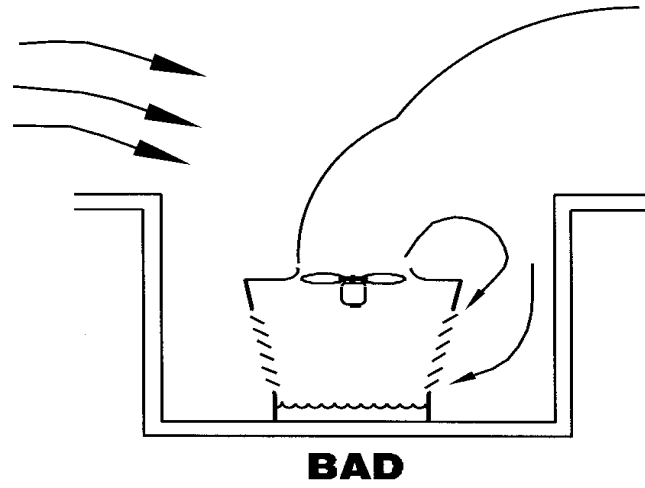


圖 5.3-20 (c) 必要時墊高冷卻水塔，但注意地震與颱風的影響

## (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，若使用變葉片間距，在送風量降至 50% 時耗電已降至 30% 以下，而使用變頻變轉速風機，在送風量降至 50% 時，耗電已降至 20% 以下。變頻器不宜負載過低，因低負載時小馬達效率會降低，如圖 5.3-22。

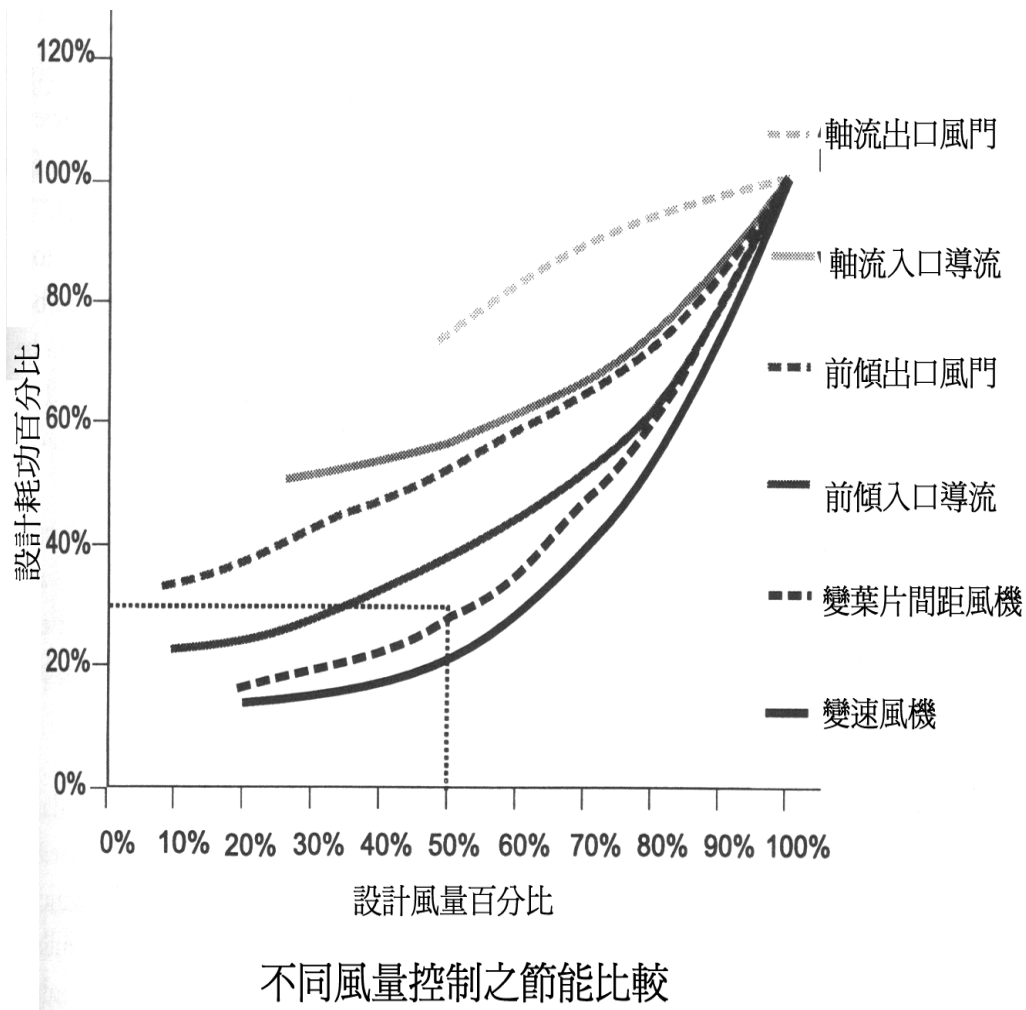
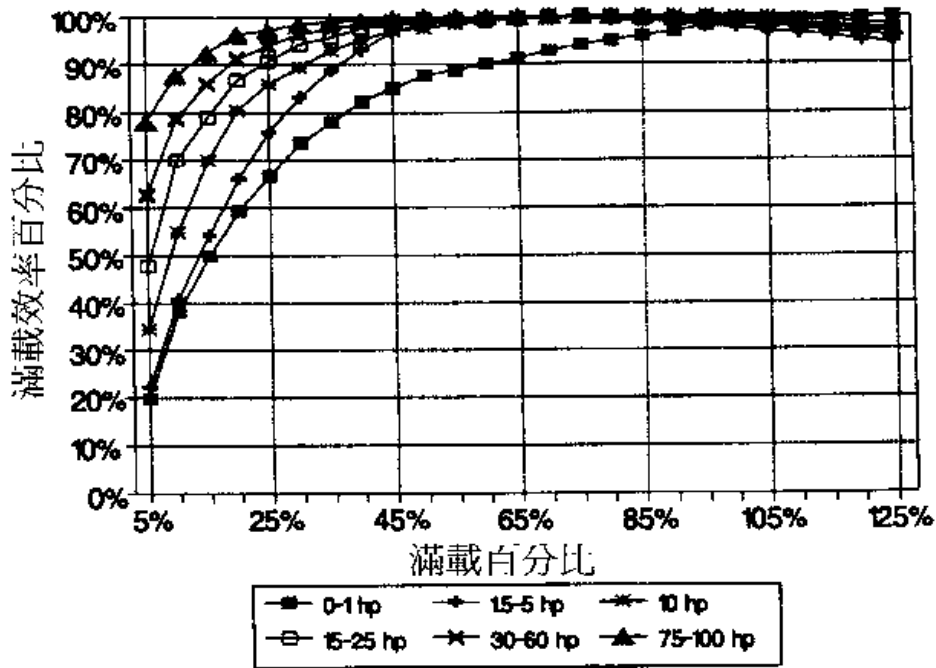


圖 5.3-21 不同風量控制之節能比較(Ashrae 90.1-2013)



U.S. Department of Energy

圖 5.3-22 低負載時小馬達效率降低(Ashrae 標準 90.1-2013)

### (十三) 訪測節能案例說明

就訪測案例中之缺失作節能探討，如下：

#### 1. 減少外氣湧入

- (1) 現況缺失：賣場在地下一樓，因消防法規關係，大門採開放式，又因其倉庫區貨品進出口沒做外氣隔離，故形成氣流通道，大量外氣湧入其倉庫區，當外氣溫度為 28°C 時，其倉庫區氣溫近 27°C，顯示有大量外氣問題。
- (2) 節能方案：以自動門或膠布簾隔離倉庫出口，封閉氣流通道如此減少外氣湧入。
- (3) 節能效益：倉庫區因外氣湧入，處在全負載狀況，賣場區也會因外氣湧入空調負荷增加一倍左右，如倉庫有外氣隔離設計整體賣場空調負荷約會下降 30%，空調電費節省 20% 以上。

## 2. AHU 送風機加裝變頻器

- (1) 現況缺失：目前賣場內氣溫約為 23°C，可將提昇至 26°C，而變風量為最佳節能方案。
- (2) 節能方案：以變頻器控制送風量，一則節約送風耗電量，再者以調節賣場室溫至較適當之 26°C，以降低空調負荷。
- (3) 節能效益：送風機耗電與送風量之三次方成正比，本案送風量可降 20%，約可節約 50% 之送風耗電。室內氣溫升高 1°C 可降低空調負荷約 5%。

## 3. 冷卻水管並聯操作

- (1) 現況：原設計以開啟冰水機台數決定冷卻水塔運轉台數，目前冷卻水塔回冰水機之水溫高達 31°C~32°C。
- (2) 節能方案：冷卻水塔風扇作變頻控制，兩台並聯操作，除省能外尚可控制水溫至 30°C 以下。
- (3) 節能效益：冷卻水每降 1°C，可提升主機效率 3%。

## 4. 外氣空調箱節能

- (1) 現況：原設計之外氣空調箱置於室內車庫層，無法作外氣冷房設計，且粉塵堵塞濾網造成額外之風阻。
- (2) 節能方案：平時無購物人潮時，應減少送外氣風量，設法於換季時迎入低溫外氣，設計兩段外氣量，換季時送全量外氣以替代冰水機功能。
- (3) 節能效益：減少外氣與空調耗能及濾網堵塞之風阻。

## (十四) 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，螺旋式或離心式主機，都有控制或調整冷卻能力之功能，但在不同負荷比例（如 100RT 主機用於 80RT 時），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節能之操作範圍。

問(2)：主機台數控制有何優點，其省能之原理何在？

答：以數台空調主機替代一台較大型主機，會有兩方面之好處，當其中一台主機發生故障時，不致使整個空調系統失效。再者，可依空調負荷啟動不同台數之主機，使主機避免在最耗能之部份負荷條件下運轉。如以三台 400 RT 之主機取代一台 1,200 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。

問(3)：供空調之冰水，一般設定在 7°C，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，一般上設備廠以 7°C 之冰水作為設計規格，空調設計之露點多在 15~16°C，7°C 之冰水會有適當之除溼能力，顯熱比可達 0.8，若潛熱負荷不大，可用較高之冰水溫度，換季時空調負載低時也可將冰水溫度調高，每升高 1°C 可減少 3% 之主機耗能。

問(4)：如何比較中央空調主機之耗能？

答：如用標準之測試條件，可比較每 RT 所需之電力(kW)或 EER 值，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 5.3-23 所示，高效率之操作區多在水泵性能曲線之中間偏右區，也是泵應有之操作區，故應妥善選擇泵，使其在最佳效率下運轉。一個較大型百貨公司，空調泵之電力負載可達 300 hp 以上，故有相當之節能潛力。

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，但其功率與轉速(rpm)<sup>3</sup>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)：如為高層建築，送水至高樓層是否會很耗能？

答：如泵自一個開放式冰水池抽水，則泵需克服地心重力，不但耗能，並且會無法以單泵送至高樓層，故不宜作開放式之送水系統。如冰水為密閉式循環，則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。

問(5)：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°C 溫差之熱能為 1.0 kcal，一般冰水之送回水溫差為 5°C，若能將溫差提昇至 10°C，例如利用儲冰系統之冷能，就能減少送水量，減少泵之耗能。

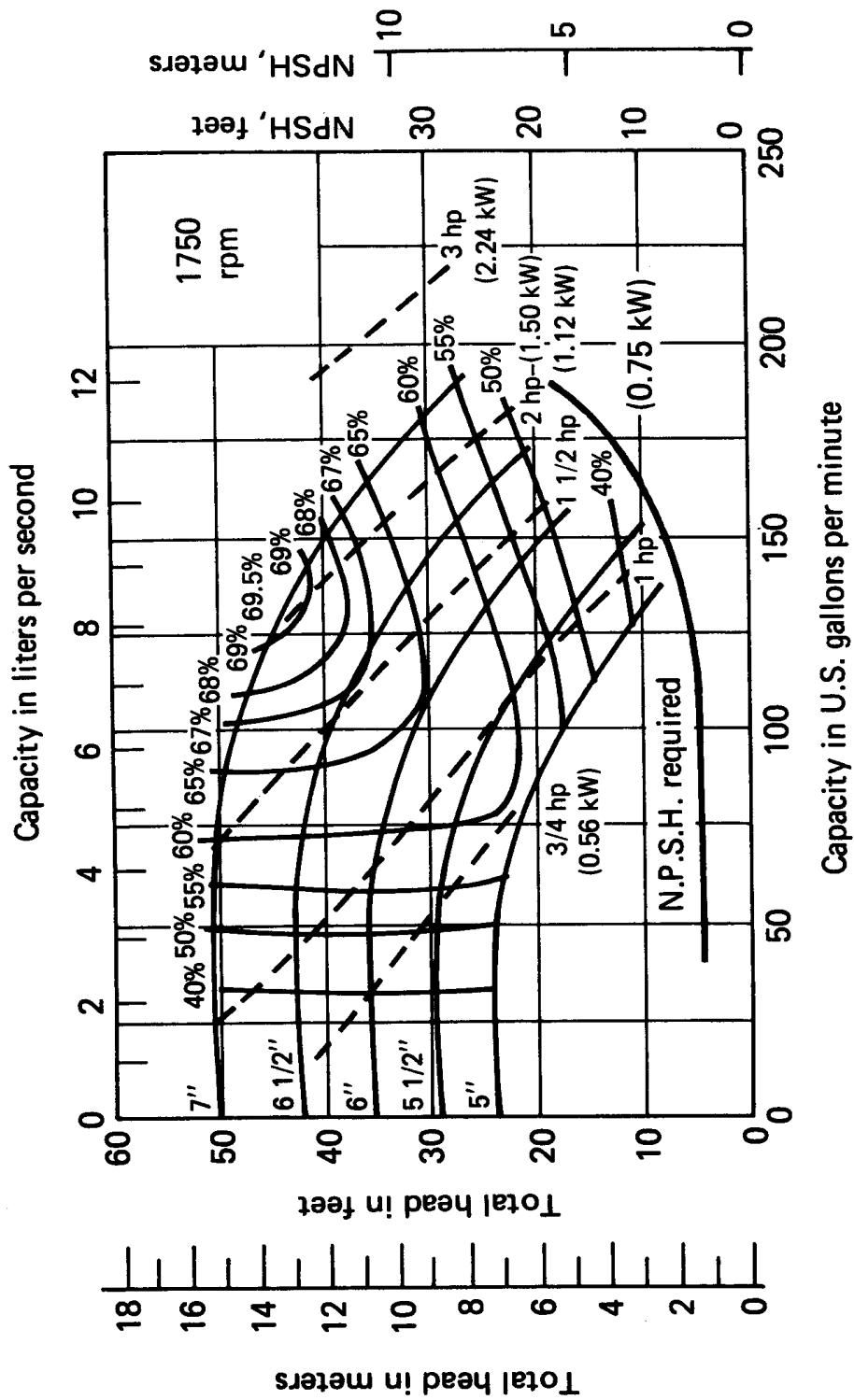


圖 5.3-23 泵之典型性能曲線圖，如用 7 吋葉片，在 8.0 L/s 流量時有較高之效率，圖取自 Parker and McQuiston

### 3. 風機耗能

問(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。

問(2)：如何控制送風量以減少耗能？

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

問(3)：送風分布不佳對空調耗能有何影響？

答：送風分布不佳會使空調能力分布不均，致使某些區域之溫度過低而耗能。

問(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。

問(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，來作為風機選用之因素之一。



#### 4. 外氣之控制

問(1)：何謂外氣冷房？

答：在換季或冬季時，外週區氣溫低，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°C，50% 時，外氣溫度應約為 15°C。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<sub>2</sub> 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，使外氣進入前預冷及除濕，有排氣管設計之空調系統較適用全熱交換器省能。

#### 5. 儲冷系統之應用

問(1)：何謂儲冷？

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

問(2)：何謂全量儲冰與分量儲冰？

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

問(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。

問(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，對使用者而言，利用低價之離峰電力能節約電費及移轉空調尖峰用電之效果，並享受台電公司給予空調儲冷系統之優惠電價及提高契約容量之線路補助費用。

問(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，能使用於設計低溫送風及低溫送水系統，減少送水及送風量，節約能源。

## 6. 溫溼度之控制

問(1)：溫度之設定與耗能有何關係？

答：室內每調高 1°C 之溫度設定有 8~10% 省能效果，故正確之溫度控制影響耗能甚鉅，尤其在人少時應控制空調溫度，減少送風量，降低負載以節約能源。

問(2)：如何精確的控制溫度？

答：除了控制系統外，溫度感知器也是溫控之重點，較精準的溫度感知器，設於空氣流通處，避免輻射熱之影響，就達到精確之溫控及節電效果。

問(3)：能否提昇室內溫度設定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°C，50%RH，若有微風吹到身上(如 0.4m/s 微風)，就可將溫度提昇 2°C，達到相同舒適效果。故容許裝設吊扇之場所，可設置以提昇冷氣設定溫度，節約用電。

問(4)：造成量販店內溫度分布不均勻的主因為何？

答：一般來說，量販店皆用一個空氣調節箱供風到多個區域，有相同之送風溫度，故量販店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布。

## 7. 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，但較無法因應大量人潮出入。
- (2) 空氣簾(Air Curtain)為減少冷氣外洩可考慮之方法。
- (3) 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)：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，或可以間接採光，使陽光經反射板後方進入中庭。

問(6)屋頂之熱傳經常造成頂樓很熱，有何解決方法？

答：可於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。

## 8. 操作、維護及其它

問(1)：空調系統若無適當之試車調整，會造成系統耗電嗎？

答：無試車調整下，水管與風管之流量分布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：我國許多地區水質不佳，高硬度之冷卻水易導致冷凝器嚴重結垢，除此之外，冷卻水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°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

響冷卻水塔效率主因之一為水滴之均勻分布，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：冷卻水塔水溫在 29°C 左右為佳，可用變頻控制冷卻水塔風量以因應氣候變化，如此節約風機之耗能，並使空調主機在高效率下運轉。

問(6)：儲冷空調之性能如何得知？

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

問(7)：過濾器之維護如何影響空調系統性能？

答：過濾器之風阻會隨使用時間升高，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(8)：變頻器之應用為何有節能之效果？

答：變頻器可改變驅動馬達之電流頻率，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，避免電力浪費。

問(9)：廚房排氣量過大，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，可用補氣風機引入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(10)：停車場之排氣量很大，如何節約能源？

答：可同時設計強制排氣與自然排氣，在汽車進出之尖峰時用送風機強制排氣，離峰時用自然排氣，亦可選用全自動系統，利用 CO 偵測器來控制抽風機。

問(11)：空調機房有需要空調嗎？

答：一般而言，只需通風，如有電腦控制則只需在控制室設置空調。

## 5.4 冷凍冷藏設備

量販店之冷凍冷藏系統耗電量約占總耗電量之 1/5。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。因此針對量販店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，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，多用雙層之玻璃門隔熱，避免結露及減少耗能，玻璃門之隔熱為重要之節能。

當室內溫濕度為  $24^{\circ}\text{C}$ ，50%RH 時，露點為  $13^{\circ}\text{C}$ ，即是雙層玻璃門外側溫度高於  $13^{\circ}\text{C}$ ，就不會結露。冷藏展示櫃玻璃門一般設計皆有電熱器用於防結露，在量販店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  $13^{\circ}\text{C}$  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。

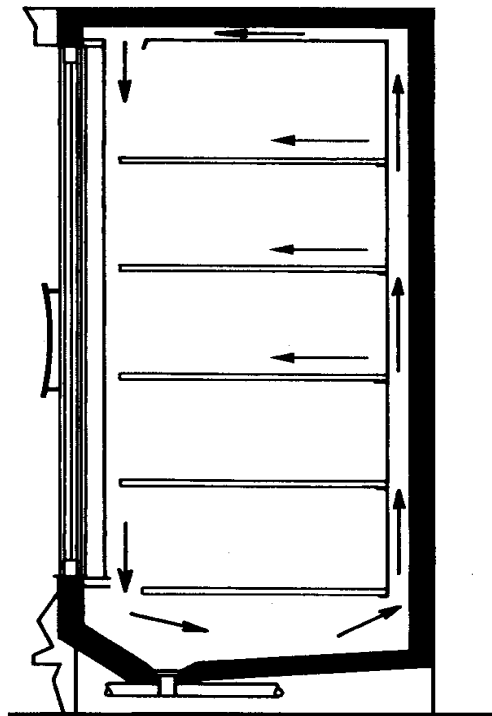


圖 5.4-1 一般密閉冷凍櫃

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，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，如冰淇淋，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。

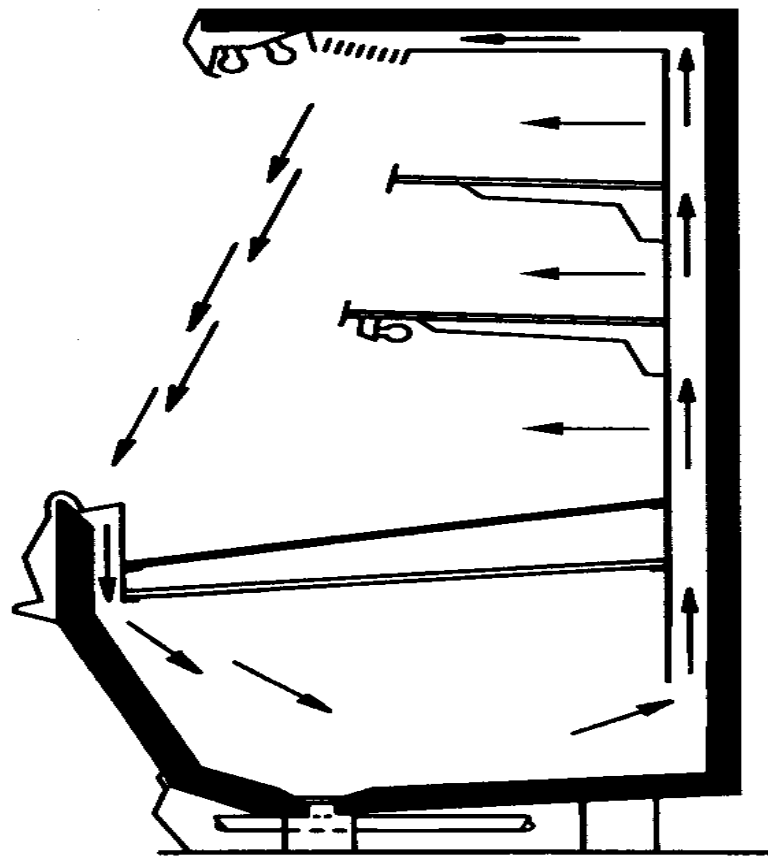


圖 5.4-2 多層開放式展示櫃



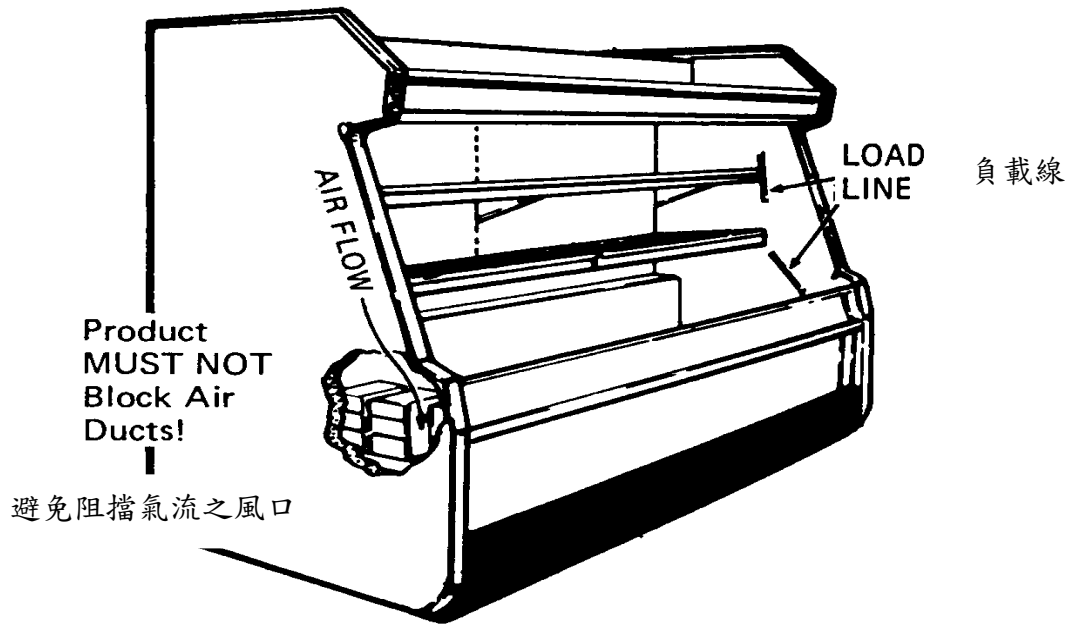


圖 5.4-3 物品之佈置不應阻擋氣流

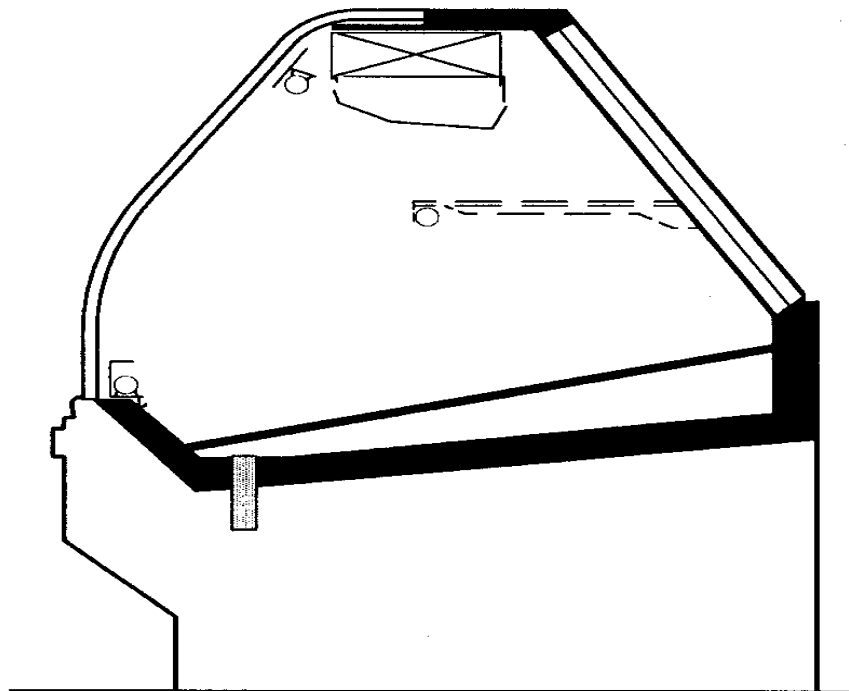


圖 5.4-4 玻璃密閉服務型冷凍展示櫃

## (二) 冷凍冷藏設備之依性能如何分類

冷凍設備依性能分類：分別依冷卻性能（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°C 以下	—	-15°C 以下	-18°C 以下
M	7°C 以下	-1°C 以上	—	5°C 以下
H	10°C 以下	1°C 以上	—	10°C 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 °C	15
相對溼度 %		75	60
B	溫度 °C	15	30
	相對溼度 %	75	60

### (三) 冷凍冷藏設備之性能指標如何表示

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 中之商用冷凍櫃如無電冰箱之 EF 標準，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。

表 5.4-4 電冰箱能源因數值標準

型式	容積	能源因素 EF 值	省能產品 EF 值
風扇式冷凍冷藏電冰箱	(500L)	7.1	8.5 以上
	(400L)	6.3	7.5 以上
	(200L)	4.0	4.6 以上
直冷式冷凍冷藏電冰箱	(200L)	5.0	5.7 以上
冷藏式電冰箱	(80L)	2.5	2.7 以上

### (四) 冷凍冷藏展示櫃之的空氣溫度如何？

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

產品型式	冷凍展示櫃的空氣流出溫度°C	
	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	1.7	3.3
盒裝食品 多層展示櫃	1.7	3.3
無包裝肉類（密閉展示櫃） 陳列區域	2.2	3.3
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	-4.5	-3.3
有包裝肉類（開放展示櫃） 多層展示櫃	-4.5	-3.3
冷凍食品 單層展示櫃	-22	-25
冷凍食品 多層開放展示櫃	-22	-23
冷凍食品 手拉玻璃展示櫃	-16	-20
冰淇淋 單層展示櫃	-22	-31
冰淇淋 手拉玻璃展示櫃	-22	-24

註：

- a：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°C 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。
- b：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何？

如圖 5.4-5 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°C 乾球溫度 60%RH 之下，耗能會比 55%RH 時，多出 8%。再者，濕度太高會導致需要經常除霜，而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 後為冷藏用，前為展示用，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°C 乾球溫度					26°C 乾球溫度		
	相對溼度%					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）。

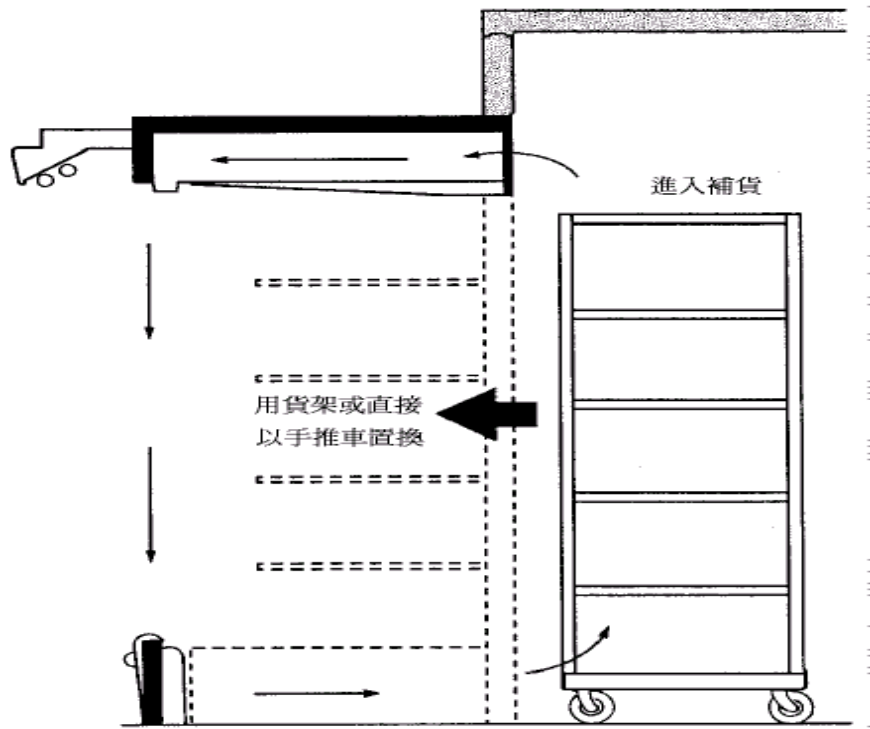


圖 5.4-5 後補貨式之冷凍冷藏室

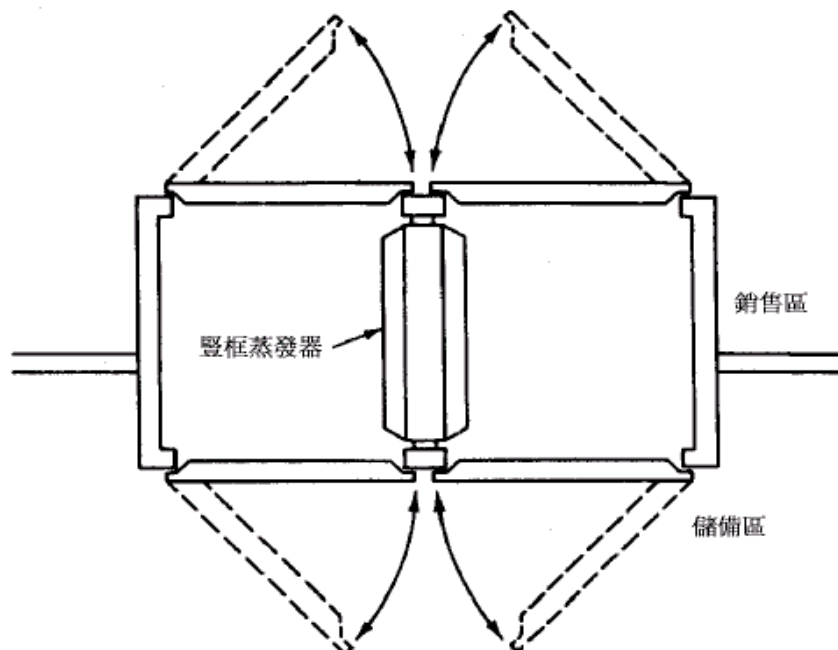
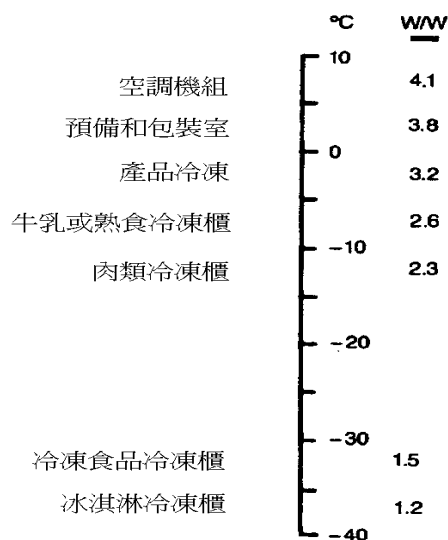


圖 5.4-6 雙向式展示櫃

### (六) 冷凍冷藏展示櫃之壓縮機機組運轉時的能源效率比值如何？

一般量販店裏的冷凍、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能源效率比值 EER (Energy Efficiency Ratio) (註：冷凍能力 W÷耗電 W) 為 2.3W/W 到 2.6W/W，主要用於負載為低溫冷凍和冷藏之較大的系統。(註：W/W 能源效率比值 (Energy Efficiency Ratio) = 冷凍能力 W÷耗電 W)。一般冰淇淋冷凍食品所附屬的壓縮機 EER 值為 1.2W/W 到 1.5W/W 之間，而冷凍食品可更低為 1.0W/W 到 1.2W/W 之間。使用溫度較高，則 EER 值越高，食品準備之冷藏室之能源效率比值約為 2.9W/W，空調壓縮機為 3.2W/W 或更高。圖 5.4-7 為各類應用下，單段壓縮機系統之典型能源效率比值，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，整體能源效率高於各單台壓縮機，且易於操作管理與保養。



註：W/W 能源效率比值 (Energy Efficiency Ratio) = 冷凍能力 W÷耗電 W

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

### (七) 冷凍設備之耗能與環境溫濕度關係

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，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設計上之參考，如圖 5.4-9。高溫高濕之環境會造成較大之負荷，如 27°C 及 60% 相對濕度下，冷凍系統負荷會比原設計值(27°C 及 50% 相對濕度)高出 10% 左右，故其使用應限於 60% 以下之相對濕度及約 29°C 以下之溫度。

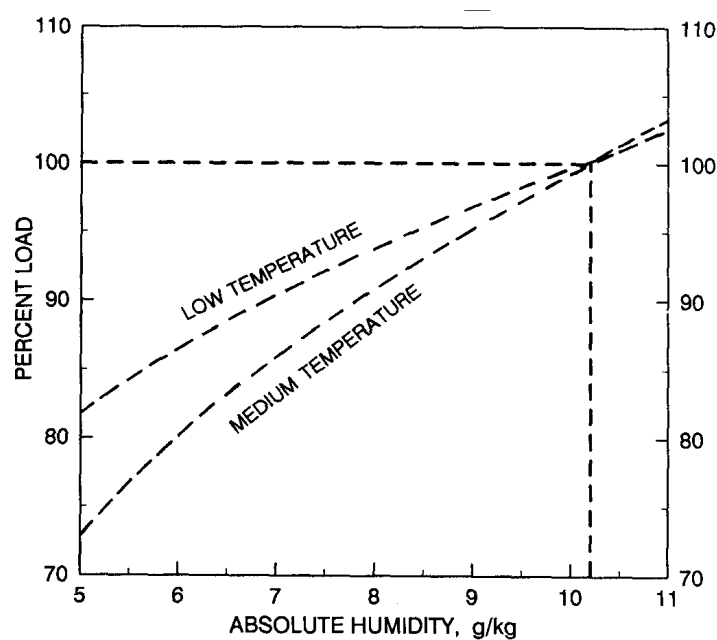


圖 5.4-8 冷凍系統耗能與濕度之變化



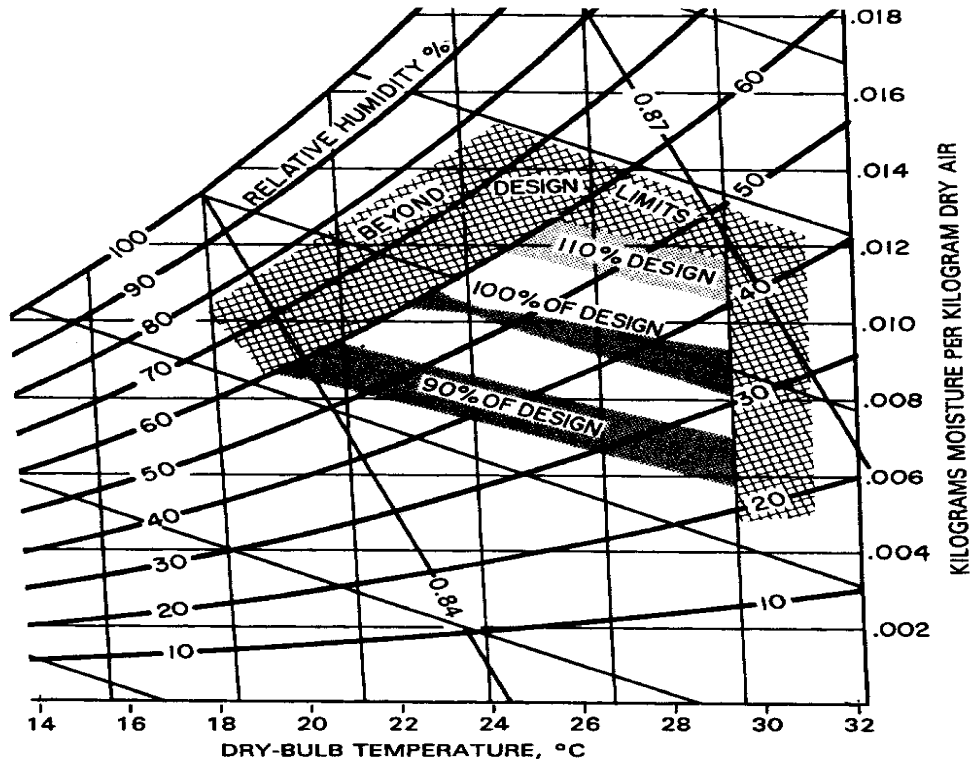


圖 5.4-9 開放式冷藏設備之負荷隨溫濕度之變化

### (十三) 節能措施重點方向

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

氣態冷媒管路壓損，KPA	冷凍能量%	耗能%(KW 耗功/KW 冷凍)
<b>壓縮機吸入管</b>		
0	100	100
1	96.8	104.3
2	93.6	107.3
<b>壓縮機流出管</b>		
0	100	100
1	99.2	102.7
2	98.4	105.7

(九) 除霜會影響冷凍系統之性能及品質，那除霜方法可分幾種？

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  $0^{\circ}\text{C}$  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，減低熱傳效果後，會影響冷凍品質，所以必須適時的除霜維持冷凍效果。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，此方法過程比較緩慢適合溫度較高 ( $>3^{\circ}\text{C}$ ) 之冷凍冷藏室，此法之控制模式可參考圖 5.4-10。

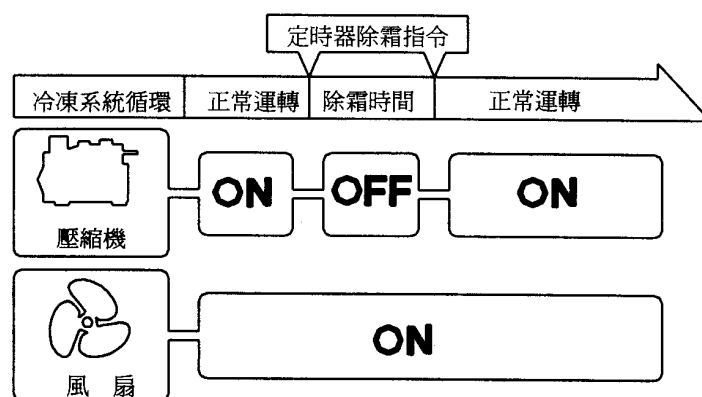


圖 5.4-10 壓縮機停止法除霜模式

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。

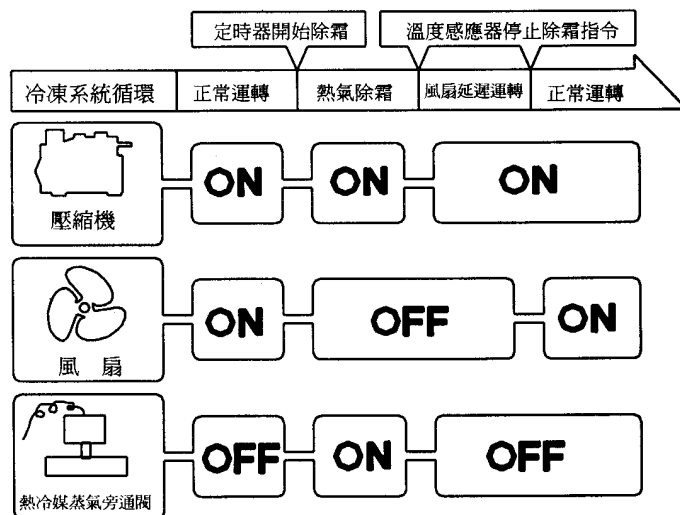
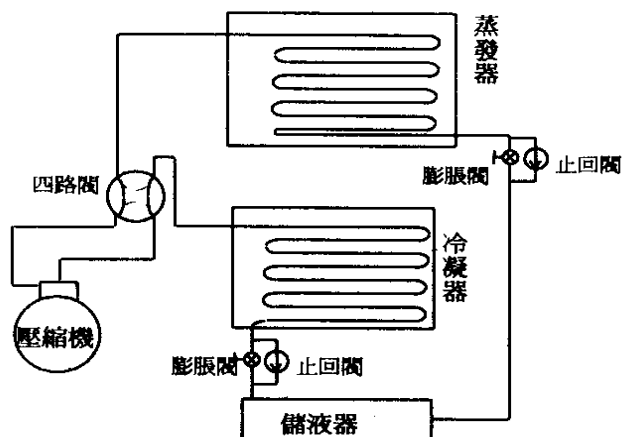


圖 5.4-11 熱氣除霜法之控制模式



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

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鰭片上，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°C 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。

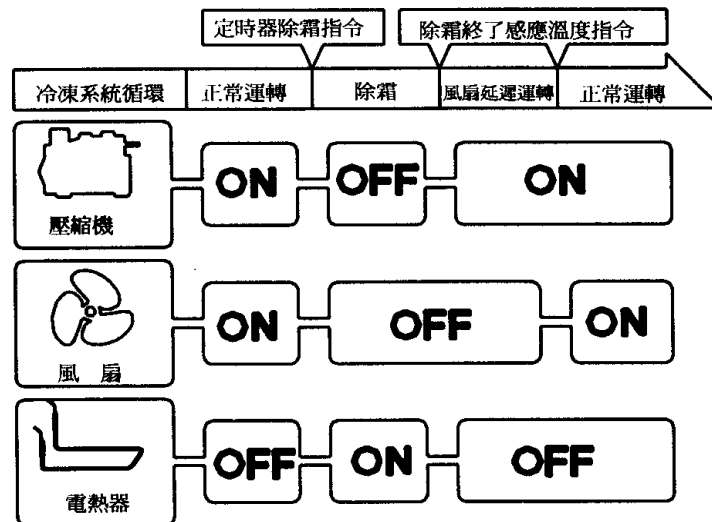


圖 5.4-13 電熱除霜控制模式

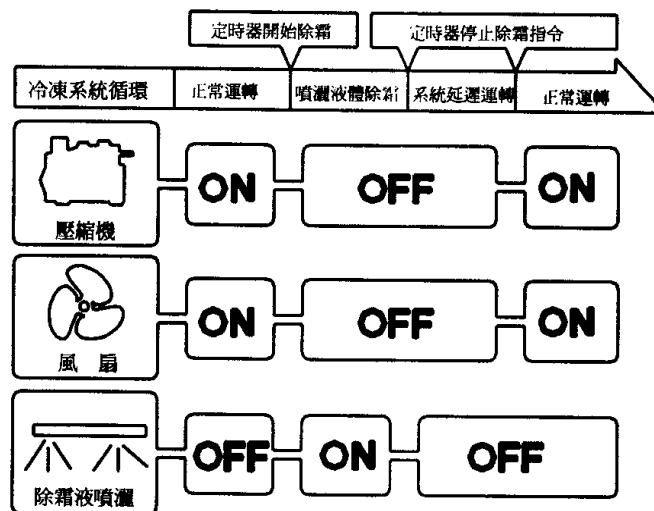


圖 5.4-14 灑水除霜法之控制模式

## 陸、節約能源案例

### 6.1 量販店節約能源措施統計

依據 106 年節能訪測國內六家量販店，在電力、照明、空調、冷凍冷藏可行之節能措施共 12 項，節能潛力約 4~17%，平均約 10%，彙整如表 6.1-1，此表已具體勾劃出各量販店未來節能改善方向，可供同業參考。

表 6.1-1 量販店可採用之節能措施

編號	節能提案	廠家編號					
		1	2	3	4	5	6
1	訂定合理契約容量	★		★	★	★	★
2	採用 LED 燈具	★		★		★	
3	利用自然採光					★	
4	降低主機耗電率	★					
5	風車加裝變頻器	★	★				
6	區域泵浦加裝變頻器		★				
7	增設空氣簾				★		
8	冷風機 AHU 改 VAV 控制				★		
9	適當控制外氣引進	★		★		★	
10	調整冷房溫度		★	★		★	
11	控制停車場抽排風運轉						★
12	建立監控系統	★				★	★
節省電費%		15.34%	4.32%	7.36%	3.99%	16.62%	17.11%

註：106 年產業節約能源技術服務，6 家量販店節約能源訪測報告。

## 6.2 量販店節約能源措施案例介紹

針對表 6.1-1 之統計，整理如表 6.2-1 國內量販店節約能源措施案例，如編號 1~12。

表6.2-1 量販店可行的節能改善提案

序號	系統別	節能改善提案	說明	回收年限
1	電力	訂定合理契約容量	訂定合理契約容量值，減少超約罰款或降低全年基本電費支出。	立即
2	照明	採用LED燈具	目前部份照明燈具採用 T8 型日光燈或省電燈泡，建議未來規劃更換成 LED 各型日光燈，長期而言，其節省電費可抵銷初期購置之額外費用。	2.8
3	照明	利用自然採光	利用照度開關，配合自然採光，節約照明用電。	1
4	空調	降低主機耗電率	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。	1.2
5	空調	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。	5.5
6	空調	區域泵浦加裝變頻器	區域泵浦加裝變頻器，配合空調負載需求高低，調整冰水水量，可節省泵浦耗電。	3.8
7	空調	增設空氣簾	倉庫區貨品進出口沒做外氣隔離，形成氣流通道，造成大量外氣湧入其倉庫區，應加裝空氣簾或 PVC 簾，減少外氣侵入，降低空調負荷。	0.4

8	空調	冷風機 AHU 改 VAV控制方式	AHU送風機，採用VAV控制，依空調冷房現場負載需求調整風量，減少送風機耗電。	3.8
9	空調	適當控制外氣引 進	夏季將預冷空調箱之外氣引入擋板關小，減少外氣補充，以降低夏季室內空調負荷。	立即
10	空調	調整冷房溫度	在不妨礙賣場環境下，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3%的主機的耗電量。	立即
11	空調	控制停車場抽排 風運轉	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，控制開機台數，節約用電。	0.2
12	監控	建立能源管理系 統	增設能源管理系統，建立電力回路、各耗能系統之運轉狀態及使用條件資訊，做為比較分析，建立合理最佳化操作模式。	3.2

量販店節約能源措施案例

編號：01

節能措施	契約容量合理化	系統分類	電力系統																										
改善措施	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 106 年全年台電電費通知單，目前契約容量 999kW，尖峰需量 702~1,013kW，目前尖峰需量最高為 7 月 1,013kW；全年僅有 1 個月超約用電，超約附加費支出約 0.6 萬元/年，可見目前契約容量偏高些。如下表所示。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>月份</th> <th>106/6</th> <th>106/7</th> <th>106/8</th> <th>106/9</th> <th>106/10</th> <th>106/11</th> <th>106/12</th> <th>107/1</th> <th>107/2</th> <th>107/3</th> <th>107/4</th> <th>107/5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>尖峰需量 kW</td> <td>829</td> <td>918</td> <td>1013</td> <td>975</td> <td>950</td> <td>829</td> <td>801</td> <td>768</td> <td>745</td> <td>702</td> <td>734</td> <td>744</td> </tr> </tbody> </table>			月份	106/6	106/7	106/8	106/9	106/10	106/11	106/12	107/1	107/2	107/3	107/4	107/5	尖峰需量 kW	829	918	1013	975	950	829	801	768	745	702	734	744
月份	106/6	106/7	106/8	106/9	106/10	106/11	106/12	107/1	107/2	107/3	107/4	107/5																	
尖峰需量 kW	829	918	1013	975	950	829	801	768	745	702	734	744																	
改善後	<p>1. 電價中基本電費占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，實為降低電費最簡易可行的方法之一。</p> <p>2. 經訂定合理電力契約容量；最佳契約容量值為 870kW。如最近一~二年用電負載無再增加，契約容量應調至 870kW。</p>																												
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 契約容量合理重新訂定後，全年可節省基本電費 9.8 萬元。 (改善前 2,127,840—改善後 2,029,414)元/年=98,426 元/年</li> <li>● 投資費用：自行向台電申請調降契約容量，勿需費用。</li> <li>● 回收年限：立即。</li> </ul>																												



量販店節約能源措施案例

編號：02

節能措施	採用電子安定器	系統分類	照明系統
改善措施	<p>1. 目前市場上可取得的 LED 燈為比較基礎，LED 燈其壽命約 10,000 至 30,000 小時，每瓦發光效率約 80~100 流明，由此可見 LED 燈具有發光效率較高、耗電量低且壽命較長等優點。</p> <p>2. 目前照明燈具採用 T8/32W 電子式日光燈，建議未來汰舊換新時可規劃更換成 LED 型 20W 日光燈具，長期而言，可大幅照明用電，其節省電費可抵銷初期購置之成本。。</p>		
改善前	<p>賣場照明以 32W 型傳統式 T8 日光燈具為主，約 1,783 盞，每具耗能約 80~120W，使用時間約 4,380 小時/年。</p>		
改善後	<p>日光燈具如經改善更新為 LED 高效率日光燈具，每年降低尖峰用電需量約 32.4kW，減少用電量約 186,365 kWh，節省 56.3 萬元。</p> <p>節能率：<math>(186,365 \div 346,116) \text{ kWh/年} = 53.84\%</math>。</p>		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 日光燈具如經改善更新為 LED 高效率日光燈具，每年降低尖峰用電需量約 32.4kW，減少用電量約 186,365 kWh，節省 56.3 萬元。</li> <li>● 節能率：<math>(186,365 \div 346,116) \text{ kWh/年} = 53.84\%</math>。</li> </ul>		

## 量販店節約能源措施案例

編號：03

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	停車場入口走道採用 40W×1 日光燈具為基礎照明，白天戶外採光甚佳，可達 500 Lux 以上。		
改 善 後	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依 CNS 標準停車場一般照明為 75~150 Lux，故建議白天採光甚佳，可裝設照度開關，白天 08:00 至 16:00 可關燈，利用自然採光，可減少燈具燈管損耗及照明用電。</li> <li>2. 全年晝光利用率應可達 65%。</li> </ol>		
節 能 成 效	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 節能效益：預估改善後，可節省電費支出約 1.7 萬元/年(8,921kWh/年)。</li> <li>● 投資費用：增設照度開關及控制線路，約需 2 萬元。</li> <li>● 回收年限：2 萬元÷1.7 萬元/年=約 1 年。</li> </ul>		

量販店節約能源措施案例

編號：04

節能措施	降低主機耗電率	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>1. 使用三台日立 200RT 螺旋式冰水機，因水質未加藥處理，且已逾一年未清洗冰水主機冷凝器銅管，以致冰水主機結垢嚴重，高壓過高經常跳機，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> <p>2. 空調機房及冷凍主機設於同機房內，由於環境空間有限，未施作通風管路，送排風量不足。室內溫度偏高至 35°C，對機器散熱有不良影響應予改善。</p> <table border="1" data-bbox="414 936 1276 1137"> <thead> <tr> <th>主機別</th> <th>蒸發器 LMTD 值(°C)</th> <th>冷凝器 LMTD 值(°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>#1</td> <td>11.8</td> <td>14.6</td> </tr> <tr> <td>#2</td> <td>10.4</td> <td>11.3</td> </tr> <tr> <td>#3</td> <td>11.6</td> <td>11.4</td> </tr> </tbody> </table>			主機別	蒸發器 LMTD 值(°C)	冷凝器 LMTD 值(°C)	#1	11.8	14.6	#2	10.4	11.3	#3	11.6	11.4
主機別	蒸發器 LMTD 值(°C)	冷凝器 LMTD 值(°C)													
#1	11.8	14.6													
#2	10.4	11.3													
#3	11.6	11.4													
改善後	改善機房通風，並定期進行清洗冷凝器及蒸發器銅管，使蒸發器之 LMTD 值標準為 5.4°C，提高主機熱傳效率。														
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 節能效益：現有系統之每冷凍噸耗電率平均約 1.4kW/RT，系統噸數 600RT，經由冷凝器及蒸發器之清洗，預期可提高系統製冷效益 10%，節省電費 42.4 萬元/年(67.2kW、221,894kWh/年)。 (600RT×122 天/年×13 小時/天×0.8×1.4kW/RT+400RT×153 天/年×13 小時/天×0.8×1.4kW/RT+200RT×90 天/年×13 小時/天×0.8×1.4kW/RT)×1.91 元/kWh×10%=423,818 元/年、(67.2kW、221,894kWh/年)。</li> <li>● 投資費用：需 50 萬元。</li> <li>● 回收年限：50 萬元÷42.4 萬元/年=1.2 年。</li> </ul>														

量販店節約能源措施案例

編號：05

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	冰水主機冷卻水塔風車共分二組，分別供應 700 RT 及 400 RT 主機，目前使用其中一組、冷卻水塔皆位於頂樓，採用溫度控制冷卻水塔開機台數。		
改善後	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能力，可節省風車耗電。		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 節約效益：  <math>5.5\text{kW}/\text{台} \times 3 \text{ 台} \times 5,000 \text{ 時}/\text{年} \times 1.92 \text{ 元}/\text{kWh} \times \text{省電 } 40\% = 6.3 \text{ 萬元}/\text{年}</math>                      (6.6kW、33,000kWh/年)</li> <li>● 投資費用：                      3 台變頻器約需 35 萬元。(價錢依廠牌而不同，實際費用請自行詢價)。</li> <li>● 回收年限：<math>35 \text{ 萬元} \div 6.3 \text{ 萬元}/\text{年} = 5.5 \text{ 年}</math>。</li> </ul>		

## 量販店節約能源措施案例

編號：06

節能 措施	系統 分類	空調系統
改善 措施	區域泵浦加裝變頻器	
改善 前	將區域泵浦。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 後	<p>1.冰水系統為 Primary-Secondy 系統，有 700 RT 離心式冰水主機一台及 400 RT 螺旋式冰水主機一台，夏季開一台 700 RT 冰水主機，春秋冬季開一台 400 RT 冰水主機。</p> <p>2.目前主泵浦為 40 HP，區域泵浦為 75 HP，分別提供 700 RT 或 400 RT 之冰水主機使用。</p>	
節 能 成 效	<p>在夏季開一台 700 RT 冰水主機時，將 75 HP 區域泵浦，加裝變頻器，可節省泵浦耗電。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 節約效益：  <math>55\text{kW}/\text{台} \times 5,000 \text{ 時}/\text{年} \times 1.92 \text{ 元}/\text{kWh} \times 40\% = 21.1 \text{ 萬元}/\text{年}</math>                      (22kW、110,000kWh/年)</li> <li>● 投資費用：                      一台變頻器約需 80 萬元。(價錢依廠牌而不同，實際費用請自行詢價)。</li> <li>● 回收年限：<math>80 \text{ 萬元} \div 21.1 \text{ 萬元}/\text{年} = 3.8 \text{ 年}</math>。</li> </ul>	

## 量販店節約能源措施案例

編號：07

節能措施	增設空氣簾	系統分類	空調系統
改善措施	倉庫區貨品進出口沒做外氣隔離，形成氣流通道，造成大量外氣湧入其倉庫區，應加裝空氣簾或PVC簾，減少外氣侵入，降低空調負荷。		
改善前	賣場在地下一樓，因消防法規關係大門無法做自動門而採用開放式，又因其倉庫區貨品進出口沒做外氣隔離，故形成氣流通道，大量外氣湧入其倉庫區，當外氣溫度為28°C時，其倉庫區氣溫近27°C，顯示有大量外氣侵入問題。		
改善後	<p>以自動門或膠布簾隔離倉庫出口，封閉氣流道，如此減少外氣湧入。倉庫區因外氣湧入，處在全負載狀況，賣場區也會因外氣湧入空調負荷增加一倍左右，如倉庫有外氣隔離設計，整體賣場空調負荷約會降低30%。</p> <p>該出入口寬約2.5公尺、高約3.2公尺通風面積，經計算面積為8m<sup>2</sup>。測試期間測得，該通風面積之平均外氣湧入風量0.9m/s，(最高1.2m/s 最低0.6m/s)，所以計算可得每小時(2.5m×3.2m)×0.9 m/s/0.87m<sup>3</sup>/kg×(65-45)kj/kg×3,600s/h                      =595,862kj/h×1.054 kj/ Btu=628,038Btu/RTh÷12,000 Btu/h =52.34RT                      52.34RT×5,110 h/y = 267,457 RTh/y。</p>		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 省電效益：                             <ul style="list-style-type: none"> <li>(1)以空氣簾或膠布簾隔離倉庫出口，封閉氣流若以主機每RT耗電0.81kW計算，則：267,457 RTh/時×(0.81kW/RT×30%)=64,992kWh/時 64,992kWh/年×1.98 元/kWh =128,684 元/年</li> <li>(2)增設2台空氣簾年運轉電費：                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>每台耗電270W/台×2台×5,110時/年×1.98元/kWh=5,464元/年</li> </ul> </li> <li>(3)省電效益：(128,684 -5,464)元/年=123,220元/年</li> </ul> </li> <li>● 投資費用：增設2台空氣簾費用約5萬元</li> <li>● 回收年限：5萬元/年÷12.3萬元=0.4年</li> </ul>		

量販店節約能源措施案例

編號：08

節能措施	冷風機 AHU 改 VAV 控制方式	系統分類	空調系統																																																																		
改善措施	AHU 送風機，採用 VAV 控制，依空調冷房現場負載需求調整風量，減少送風機耗電。																																																																				
改善前	現有 AHU 送風機共有 9 台。現行無控制。送風機規格由 2HP~20HP，平日使用 14 小時。賣場內氣溫約為 23°C，可將提昇至 24°C，而變風量為最佳節能方案。																																																																				
改善後	<p>將 AHU 送風機，採用 VAV 控制，依空調冷房現場負載需求調整風量，減少送風機耗電。送風機耗電與送風量之三次方成正比，本案送風量可降 20%，可節約 50% 送風耗電。室內溫度升高 1°C，可降低空調負荷約 5%。</p> <table border="1" data-bbox="767 936 1404 1303"> <caption>送風機運轉中變功率輸入特性表</caption> <thead> <tr> <th>電源電壓 V</th> <th>110</th> <th>110</th> <th>110</th> <th>110</th> <th>110</th> <th>110</th> <th>110</th> <th>110</th> <th>110</th> <th>110</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>電功率輸入 W</td> <td>93</td> <td>81</td> <td>74</td> <td>63</td> <td>59</td> <td>45</td> <td>33</td> <td>26</td> <td>22</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>風速 m/min</td> <td>125</td> <td>118</td> <td>115</td> <td>109</td> <td>100</td> <td>90</td> <td>75</td> <td>65</td> <td>55</td> <td>44</td> </tr> <tr> <td>輸入電壓 V</td> <td>110</td> <td>105</td> <td>101</td> <td>95</td> <td>90</td> <td>81</td> <td>71</td> <td>64</td> <td>60</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>輸入電流 A</td> <td>0.9</td> <td>0.8</td> <td>0.8</td> <td>0.8</td> <td>0.8</td> <td>0.7</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>馬達熱度 C</td> <td>48</td> <td>45</td> <td>44</td> <td>43</td> <td>42</td> <td>42</td> <td>42</td> <td>42</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> </tbody> </table>			電源電壓 V	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	電功率輸入 W	93	81	74	63	59	45	33	26	22	15	風速 m/min	125	118	115	109	100	90	75	65	55	44	輸入電壓 V	110	105	101	95	90	81	71	64	60	52	輸入電流 A	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	馬達熱度 C	48	45	44	43	42	42	42	42	41	41
電源電壓 V	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110																																																											
電功率輸入 W	93	81	74	63	59	45	33	26	22	15																																																											
風速 m/min	125	118	115	109	100	90	75	65	55	44																																																											
輸入電壓 V	110	105	101	95	90	81	71	64	60	52																																																											
輸入電流 A	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4																																																											
馬達熱度 C	48	45	44	43	42	42	42	42	41	41																																																											
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 節約效益：現行 AHU 送風機電力需求:50.13kW            無控制：年使用電量：<math>50.13\text{kW} \times 73.75\% \times 365 \text{ 天/年} \times 14\text{hr/天} \times 1.98 \text{ 元/kWh} = 188,920 \text{ kWh/年}</math>，374,063 元/年            採 VAV 控制：年使用電量:<math>188,920\text{kWh/年} \times 44.75\% \times 1.98 \text{ 元/kWh} = 84,542\text{kWh/年}</math>，167,393 元/年，            節約電費：374,063 元/年-167,393 元/年=206,670 元/年</li> <li>● 投資費用：增設 9 台變頻器費用約 80 萬元</li> <li>● 回收年限：80 萬元/年÷20.7 萬元=3.8 年</li> </ul>																																																																				

量販店節約能源措施案例

編號：09

節能措施	適當控制外氣引進	系統分類	空調系統
改善措施	夏季宜將預冷空調箱之外氣引入擋板關小，減少外氣補充，以降低夏季室內空調負荷。		
改善前	<p>1. 目前賣場全年皆全量引入外氣，以維持賣場內之空氣品質，在夏季造成室內空調負荷，增加空調耗能。</p> <p>2. 實測賣場內環境平均溫度為 26.5°C、平均溼度為 76.7%、平均室內 CO<sub>2</sub> 濃度為 429ppm。當時之外氣溫溼度為 26.7°C、83.2%、CO<sub>2</sub> 濃度 315ppm。</p> <p>註：現場環境溫溼度測試當日主機跳機，以致溫溼度量測偏高。</p>		
改善後	因室內平均 CO <sub>2</sub> 濃度為 429ppm，空氣品質良好，可減少外氣引入，夏季宜將預冷空調箱之外氣引入擋板關小，減少外氣補充，以降低夏季室內空調負荷。		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 節省電費： 於夏季減少外氣引入，可節省空調耗電約 10%，現有冰水機平均耗電量以 1.0kW/RT 計，以空調負載 600RT(200RT×3)估算，每年可節省耗電為 1.0kW/RT×600RT×0.8(參差因數)×1,560hr/年×10%=74,880kWh/年，以平均每度電 1.91 元計算，則每年可節省之電費為 74,880kWh/年×1.91 元/kWh=143,021 元/年，(48kW、74,880kWh/年)。</li> <li>● 投資費用：在夏季時，將預冷空調箱之外氣引入擋板關小，減少外氣補充；其餘季節可全量引入，無須投資費用。</li> <li>● 回收年限：立即。</li> </ul>		



## 量販店節約能源措施案例

編號：10

節能 措施	調整冷房溫度	系統 分類	空調系統
改善 措施	在不妨礙賣場環境下，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 3% 的主機的耗電量。		
改善 前	<ol style="list-style-type: none"> <li>目前室溫經量測結果約 19.6~22.7°C、濕度 57.4~73.5%，平均溫度 21°C，應可在不妨礙賣場環境下，做合理空調節能，調冷房溫度設定至 24°C。</li> <li>冰水主機 400RT 一台實測耗電為 294.2kW。每年空調月份為 1~12 月，每天空調時數 14 小時，每年運轉時數以 5,000 時計。</li> </ol>		
改善 後	<ol style="list-style-type: none"> <li>以現有控制方式調整賣場室內溫度至 26°C，平均提高室溫 3°C。</li> <li>目前冰水出口溫度 11.3°C。提高冰水機溫度設定，在室溫每提高 1°C，可減少約 3% 的主機的耗電量，共可節約 9% 耗電。</li> </ol>		
節 能 成 效	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 調整冷房溫度效益：  <math>294.2\text{kW} \times (26 - 21)^\circ\text{C} \times 3\% / ^\circ\text{C} \times 5,000 \text{ 時/年} \times 0.7 \times 1.92 \text{ 元/kWh} = 177,932 \text{ 元/年}</math>                      抑低尖峰 26kW，節約用電度數 92,673kWh/年，節省金額約 17.8 萬元/年</li> <li>● 投資金額：0 萬元。自行調整賣場室內溫度，勿需投資費用。</li> <li>● 回收年限：立即。</li> </ul>		

## 量販店節約能源措施案例

編號：11

節能措施	系統分類
控制停車場抽排風運轉	空調系統
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，控制開機台數，節約用電。
改善前	目前 B1F~B3F 停車場抽排風容量 30kW/台×3 台/F×3F=270kW，以 CO 控制器及監控設定 AM9:00~23:00 運轉。
改善後	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控制開機台數，節約用電。可採時間控制器(TIMER)控制，每小時輪流運轉 30 分鐘之方式，約縮短每天抽排風機運轉時間約 6.5 小時(13 時/天×50%)，以減少電費支出。
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 省能效益： 經改善後可節約用電度數：<math>30\text{kW}/\text{台} \times 3 \text{ 台}/\text{F} \times 3\text{F} \times 6.5\text{h}/\text{天} \times 50\% \times 365 \text{ 天}/\text{年}</math>(減少運轉時間)=320,287kWh/年。 節省電費支出：<math>369,563\text{kWh}/\text{年} \times 1.44 \text{ 元}/\text{kWh}</math>(夜間平均流動電費)=46 萬元/年。</li> <li>● 投資費用：需增設時間控制器控制抽排風扇運轉，約需 9 萬元。</li> <li>● 回收年限：<math>9 \text{ 萬元} \div 46 \text{ 萬元}/\text{年} = 0.2 \text{ 年}</math>。</li> </ul>

量販店節約能源措施案例

編號：12

節能措施	建立能源管理系統	系統分類	監控系統
改善措施	增設能源管理系統，建立耗能系統運轉狀態及用電資訊，並做比較分析，建立合理最佳化操作模式，尋求合理節能空間。		
改善前	<p>1. 目前無能源管理系統，無法了解全店各設備耗電狀況。</p> <p>2. 冷凍冷藏櫃日負載尖峰用電約 230kW，平均負載約 200kW。冷凍冷藏櫃規格及測試值可知有 3~25HP 各種規格 17 台，有間歇運轉 7 台，冷媒為 R-22，各機負載率分別 72%~128%，其中#12、#13 機台負載率分別為 128%、104% 偏高。</p> <p>3. 目前冷凍冷藏溫度管理靠每小時人工定時檢點管理。冷凍冷藏耗電量為：  <math>200\text{kW} \times 8760\text{hr}/\text{年} \times 1.86 \text{ 元}/\text{度} = 3,258,720 \text{ 元}/\text{年}</math>。</p>		
改善後	<p>增設能源管理系統，建立耗能資訊及記錄，並比較分析，建立合理操作模式，尋求合理節能空間。</p> <p>註：冷凍冷藏節能管理重點，如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 合理溫度及準確度。</li> <li>2. 機台及冷凍冷藏櫃之保養維護。</li> <li>3. 冷凍冷藏除霜控制。</li> <li>4. 冷凍冷藏主機高低壓設定調整及耗能 kWh 大小。</li> <li>5. 加強監視記錄比較分析。</li> </ol>		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 省電效益：                      預估增設能源管理系統後，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。  <math>1591.1 \text{ 萬元}/\text{年} \times 10\% = 159 \text{ 萬元}/\text{年}</math>  <math>8,540,000\text{kWh}/\text{年} \times 10\% = 854,000 \text{ kWh}/\text{年}</math>                      註：冷凍冷藏部份可省能約共 <math>200\text{kW} \times 8760\text{h}/\text{y} \times 1.48 \text{ 元}/\text{kWh} \times 10\% = 175,200 \text{ kWh}/\text{年}</math>。(20kW、25.9 萬元/年)</li> <li>● 投資費用：增設能源管理系統含 PC+PLC+電力、溫度監控點及工資費用約 250 萬元。</li> <li>● 回收年限：1.6 年。<math>250 \text{ 萬元} \div 159 \text{ 萬元}/\text{年} = 1.6 \text{ 年}</math>。</li> </ul>		

## 柒、結語

依報告研究集團式量販店成長快速，國內主要 6 個集團量販店，其數量約有 156 家分店，因其 12 小時經營，耗能設備密度高，為商業部門耗能大之行業。

有效推行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。因此建議集團量販店工程部在規劃店面初設置時，即應考量節能 10 項重點為(1)穩定供電電壓品質，(2)照度設計合理化(1,000Lu 以下)，(3)採用高效率光源如 LED，(4)採用自動點滅器控制，利用自然採光，(5)空調及冷凍冷藏設備採用高效率省能機型，並加強定期維修保養，(6)注意空調及冷凍冷藏設備溫度設定合理值，(7)採用能源管理系統，(8)加強提供店長店員節能管理訓練，(9)教導能源管理點檢記錄事項，如室溫設定 26°C、空調及冷凍冷藏設備濾網清潔、照明燈管清潔，(10)集團工程部研究新節能技術導入，並給與定期現場督導協助。

若各集團量販店都能仿效以上節能改善，積少成多，透過節約能源，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】 2017 非生產性直橫業能源查核年報，經濟部能源局。
- 【2】 流通快訊。
- 【3】 量販店歷年節能訪測資料統計，綠基會。
- 【4】 各能源效率標準，經濟部能源局。
- 【5】 陳瑞玲、蔡尤溪、李文興/醫療百貨類建築耗能總量調查之研究：內政部建研所 2000,9
- 【6】 ASHRAE Handbook-HVAC Applications, 2015, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers.
- 【7】 ASHRAE/IES Standard 90.1-2013, Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers.
- 【8】 電業供電電壓及頻率標準，經濟部能源局。
- 【9】 Ashrae Handbook, Refrigeration, 2018.
- 【10】 中國國家標準 CNS10797，商業用冷凍、冷藏展示櫃。
- 【11】 中國國家標準 CNS10798，商業用冷凍、冷藏展示櫃檢驗法。
- 【12】 ASHRAE HANDBOOK, Applications, 2015.
- 【13】 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。
- 【14】 ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 100-2018, Energy Conservation in Existing Buildings, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers.
- 【15】 ASHRAE Standard 55-2013, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers.
- 【16】 台灣平均氣象資料，中央氣象局