

商業冷凍冷藏Q&A 節能技術手冊

經濟部能源局指導
財團法人台灣綠色生產力基金會編印

目 錄

目 錄	II
圖 目 錄	V
表 目 錄	VIII
第一章、前言	1
第二章、國內商業冷凍冷藏系統耗能概況	2
2.1 國內商業能源消耗現況	2
1. 國內總能源消費量概況?	2
2. 非製造業中主要建築分類的家數及能源消費?	3
2.2 冷凍冷藏設備台數與耗電	5
1. 商業行業別冷凍冷藏設備台數與耗電規模?	5
2. 建築分類大用戶之冷凍冷藏用電分佈比例?	6
3. 量販店冷凍冷藏設備台數與耗電如何?	7
2.3 節能技術應用統計分析	10
1. 冷凍冷藏系統節能改善案例數統計?	10
2. 主要廠商之賣場冷凍冷藏系統節能技術調查現況如何?	10
第三章、冷凍冷藏設備之分類及構造之節能設計	13
1. 冷凍冷藏設備之分類及構造上節能設計為何?	13
2. 冷凍冷藏設備之依性能如何分類?	17
3. 電冰箱之性能指標為何?	17
4. 冷凍冷藏展示櫃之空氣溫度設定值為何?	18
5. 環境溫濕度對冷凍冷藏展示櫃之負載變化影響為何?	20
6. 冷凍冷藏展示櫃之設定溫度對壓縮機機組運轉時的能源效率比值有何影響?	22
第四章、冷凍冷藏櫃效率標準	23
1. 冷凍冷藏展示櫃應考慮那些能源效率指標?	23
2. 冷凍冷藏展示櫃之 COP 能源效率標準為何?	24
3. 展示櫃相關(測試)標準?	25
第五章、冷凍冷藏系統之節能技術	26
5.1 冷凍冷藏系統冷凝機組之節能技術	26
1. 冷凍冷藏系統之基本系統流程與原理為何?	26
2. 冷凍系統傳統上有那些加卸載控制方法?	27
3. 冷凍冷藏系統冷凝機組有那些商業化之節能技術?	27
4. 變頻式壓縮機之節能原理為何?	28
5. 氣冷式冷凝器之散熱效果對系統效率之影響為何?	28
6. 蒸發式冷凝器之節能原理為何?	28
7. 何謂浮動式高壓控制?	30
8. 使用浮動式高壓控制應該注意那些事項?	30

9.冷凍系統之熱回收技術如何進行施作？	31
10.如何控制冷凍系統之熱回收設備？	31
11.何謂冷凝機組環境過冷卻技術？	32
12.冷凝機組環境過冷卻技術在應用上有何注意事項？	32
13.何謂冷凝機組機械式過冷卻技術及節能效益如何？	32
四、冷凍冷藏櫃（庫）之節能技術	34
1.冷凍冷藏櫃（庫）與冷凝機組之關係與系統架構為何？	34
2.冷凍冷藏櫃（庫）具商業化節能技術有那些？	34
3.冷凍冷藏庫之蒸發器為何會結霜？對系統效率有何影響？	35
4.冷凍冷藏庫之除霜方法有那些？	35
5.除霜以維持冷凍效果，除霜方法有那幾種？	35
6.何謂冷凍冷藏庫之熱氣除霜法？節能原理為何？	39
7.冷凍食品展示櫃為何要設置防汗電熱？	39
8.展示櫃如何節省防汗電熱耗電量？	39
9.蒸發器風扇採用 ECM 馬達之節能成效為何？	39
10.如何進行除霜之節能控制？成效為何？	40
11.設置壓縮機回氣側之液氣冷媒熱交換器(LSHX)之節能原理為何？	40
12.設置壓縮機回氣側之液氣冷媒熱交換器(LSHX)應注意那些事項及節能成效？	40
13.增加隔熱保溫性能之節能成效為何？	41
14.冷媒管路長短對耗能之影響？	41
15.冷凍冷藏展示櫃之照明如何節能？	42
5.3 賣場濕度節能控制技術	43
1.賣場濕度對冷凍冷藏系統之耗能有何影響？	43
2.賣場濕度控制方法與節能成效為何？	44
3.冷凍設備之耗能與環境溫濕度的關係為何？	46
第六章、冷凍冷藏節能技術實際案例分析	48
1.分析流程	48
2.分析案例	49
3.評估探討除濕方式	56
第七章、冷凍冷藏系統節能措施實例相片	60
1.量販店冷凍冷藏系統實景	60
2.便利商店冷凍冷藏系統實景	61
3.超市冷凍冷藏系統實景	62
第八章、國內外冷凍冷藏節能研究與推廣	63
1.四門後補式展示櫃定頻改為變頻節能效果為何？	63
2.五門後補式展示櫃及 1 對 5 開放展示櫃定頻改為變頻節能效果為何？	64
3.一對三高效率共用主機展示櫃節能效果為何？	64

4.開放臥式冷凍冷藏展示櫃如何節能操作？	65
5.開放式展示櫃之熱負荷為何？	66
6.開放式展示櫃如何節能操作？	67
7.後補式冷藏飲料展示櫃除霧控制省能技術？	67
8.冷凍冷藏區域庫門雙廉 PVC 門簾效益如何？	68
9.冷凍冷藏主機熱回收效益評估如何？	69
10.商業冷凍冷藏系統具體可採用之節能技術節能效益潛力？	71
11. 冷凍冷藏系統日常應遵循之節能守則？	72
第九章、冷凍冷藏節能監控系統	74
1.系統概述	74
2.系統主要節能功能	75
第十章、冷凍冷藏系統節能措施計算案例	80
案例 01- 量販店冷凍冷藏系統監控系統	80
案例 02- 量販店冷凍冷藏主機熱回收	81
案例 03- 超市加蓋式冷凍臥櫃	82
案例 04- 便利商店電力節能監控系統	83
案例 05- 便利商店冷凍冷藏採用高效率變頻主機	84
案例 06- 便利商店冷藏主機散熱器熱源外移	85
案例 07- 便利商店多門飲料冷藏櫃玻璃門裝置除霧溼度感應控制器	86
案例 08- 便利商店單門飲料冷凍冷藏展示櫃採用 LED 燈	87
第十一章、結語	88
編後語	89
參考文獻	90

圖目錄

圖 2.2-1 商業行業別冷凍冷藏設備台數與耗電 kW 統計圖	6
圖 2.2-2 建築分類大用戶用電分佈比例統計圖	6
圖 2.2-3 某大量販店冷凍冷藏設備用電分佈比例統計圖	7
圖 2.3-1 各系統節能措施改善案例數統計圖	10
圖 3-1 一般密閉冷凍櫃【7】	14
圖 3-2 多層開放式展示櫃【7】	15
圖 3-3 物品之佈置不應阻擋氣流【7】	16
圖 3-4 玻璃密閉服務型冷凍展示櫃【7】	16
圖 3-5 後補貨式之冷凍冷藏室【7】	21
圖 3-6 雙向式展示櫃【7】	21
圖 3-7 各類應用下，單段壓縮機系統之典型能源效率比值【7】	22
圖 5.1-1 冷凍系統流程圖	26
圖 5.1-2 氣冷式冷凝器	29
圖 5.1-3 蒸發式冷凝器外觀圖	29
圖 5.1-4 蒸發式冷凝器構造圖	30
圖 5.1-5 冷凍冷藏主機之熱回收控制閥及供應熱水使用【13】	31
圖 5.1-6 機械式過冷卻	33
圖 5.2-1 商業冷凍冷藏系統流程圖	34
圖 5.2-2 壓縮機停止法除霜模式【9】	36
圖 5.2-3 熱氣除霜法之控制模式【9】	36
圖 5.2-4 逆循環熱氣除霜裝置圖【9】	37
圖 5.2-5 熱除霜控制模式【9】	38
圖 5.2-6 灑水除霜控制模式【9】	38
圖 5.2-7 壓縮機回氣側之液氣冷媒熱交換器之節能技術	41
圖 5.3-1 某超級市場之 5~8 月賣場環境相對溫濕度監測統計【11】	44
圖 5.3-2 外氣預冷熱回收再熱法控制相對濕度	45
圖 5.3-3 化學除濕法控制相對濕度	45
圖 5.3-4 熱管及熱回收再熱法控制相對濕度	46

圖 5.3-5 冷凍系統耗能與濕度之變化【7】	47
圖 5.3-6 開放式冷藏設備之負荷隨溫濕度之變化【7】	47
圖 6-1 DOE-2 冷凍冷藏節能技術動態耗能評估分析流程	48
圖 6-2 案例之電腦耗能與節能評估模擬建築模型	50
圖 6-3 高溫段冷凍系統圖	52
圖 6-4 低溫段冷凍系統圖	53
圖 6-5 量販店各設備用電比例	53
圖 6-6 六月及七月 24 日最大尖峰日負載圖	54
圖 6-7 量販店各項設備 EUI 值	54
圖 6-8 量販店各項設備 DUI 值	55
圖 6-9 冷凍冷藏區監測點溫溼度逐時平均散佈圖	55
圖 6-10 案例模擬值與實際值比對	56
圖 6-11 DOE-2 固體除濕模組系統流程圖	57
圖 6-12 除濕模式 C3 於賣場溫度 24°C 及不同相對溼度設定之耗能	58
圖 6-13 模擬各種空調除濕模式在不同相對溼度之建築總耗能	59
圖 8-1 展示櫃採用變頻控制系統	63
圖 8-2 展示櫃採用變頻控制系統	64
圖 8-3 一對三高效率共用主機展示櫃採用變頻控制系統	65
圖 8-4 開放臥式冷凍冷藏展示櫃	65
圖 8-5 開放式展示櫃之熱負荷	66
圖 8-6 開放式展示櫃加置夜間節電夜簾及溫控	67
圖 8-7 冷凍冷藏展示櫃智慧型電子防霧省電器(例)	68
圖 8-8 冷凍冷藏食品區域倉庫門雙廉 PVC 門簾	69
圖 8-9 冷凍冷藏系統主機熱回收熱水系統流程圖	70
圖 8-10 冷凍冷藏系統主機熱回收熱水系統安裝實景	71
圖 9-1 控制系統及頁面(例)	74
圖 9-2 Pt1000 傳感器的型式與精確度	75
圖 9-3 自動控制壓機的製冷台數	76
圖 9-4 系統中性控制方式 (Neutral Zone)	76
圖 9-5 系統吸氣壓力優化控制方式	77

圖 9-6 蒸發器節能控制邏輯.....	78
圖 9-7 自適應過熱溫度控制.....	79

表 目 錄

表 2.1-1 台灣 2007 年能源消費量分析.....	2
表 2.1-2 台灣 2007 年電力消費量.....	3
表 2.1-3 2007 年度非製造業能源大用戶主要建築分類家數統計.....	4
表 2.1-4 2007 年度非製造業能源大用戶主要建築分類能源消費量統計.....	4
表 2.2-1 商業行業別冷凍冷藏設備台數與耗電 kW 統計.....	5
表 2.3-1 國內冷凍冷藏系統節能技術調查.....	11
表 2.3-2 超級市場冷凍冷藏部門之節能潛力分析(DOE, USA).....	12
表 3-1 冷凍冷藏設備之分類.....	13
表 3-2 冷凍設備分類.....	17
表 3-3 冷凍設備之測試環境條件.....	17
表 3-4 電冰箱能源因素標準.....	18
表 3-5 冷凍冷藏展示櫃的空氣溫度【7】.....	19
表 3-6 環境溫濕度差異對冷凍、冷藏展示櫃產生負載變化.....	20
表 4-1 商業冷凍冷藏展示櫃效率與性能之基本填寫參考範例.....	23
表 4-2 商業冷凍冷藏展示櫃之系統性能係數 COP 效率標準.....	24
表 4-3 英國 BS EN441(歐洲)能源效率指標.....	25
表 5.2-1 氣態冷媒壓損致使冷凍能量下降與耗能增加.....	41
表 5.3-1 環境溫濕度差異對冷凍冷藏展示櫃產生負載變化(ASHRAE Handbook).....	43
表 6-1 案例建築物理與設備調查表.....	50
表 6-2 冷凍展示櫃裝置量.....	51
表 6-3 冷凍庫與作業室裝置量.....	52
表 6-4 不同空調除濕模式說明.....	58
表 6-5 量販店節能潛力分析總表.....	59
表 8-1 美國能源部之商業冷凍冷藏系統節能效益研究.....	72
表 8-2 商業冷凍冷藏系統日常應遵循之節能守則.....	73
表 9-1 傳感器的型式與精確度.....	75

第一章、前言

台灣地區天然資源蘊藏貧乏，99.22%能源仰賴進口。依 2007 年能源統計年報分析，96 年電力消費量 227,182.1 百萬度，服務業占 18.05%。

依台灣能源查核研究統計 2007 年商業能源查核大用戶（用電契約超過 800kW）冷凍冷藏系統設備包括冷凍主機、冷藏庫、冷凍庫、展示櫃、冰箱、製冰機等，合計台數約有 4,500 台，耗電容量約 30,600 kW，加上約有 0.4 倍之附屬設備耗電容量約 12,240 kW，則總系統容量將高達 42,840kW。

抽樣調查國內數家量販店冷凍冷藏系統，大多數並未採用相關節能控制設備或系統。以某量販店為例，全年耗電約 240.37 萬度電，冷凍冷藏設備用電約占總用電 17%，根據美國能源部所做之超級市場冷凍冷藏部門之節能潛力分析研究，至少有將近 50%以上之節能潛力空間。量販店之冷凍冷藏食品儲存需求大，藉由集量販店業者已執行之冷凍冷藏節能控制設備、變頻主機、除霧控制及熱回收等節能成功案例，將有助於冷凍冷藏系統節能技術之廣泛提昇與推廣。

國內工商各行業能源管理者及業者可藉由「冷凍冷藏系統節能技術」實際改善經驗、效率標準、技術與選購的參考資料。乃委請 台北科技大學能源與冷凍空調系李魁鵬助理教授撰稿，由本會郭華生組長配合協助蒐集實際相關節能服務案例資料，彙編成此一問一答技術手冊。本手冊介紹國內商業冷凍冷藏用電概況、基本原理、設備種類與選用、節能措施及節能應用與案例等內容，提供各能源用戶參考，而遺誤掛漏，必所難免，尚請學者先進，賜予指正為禱。

第二章、國內商業冷凍冷藏系統耗能概況

本章主要介紹國內商業能源消耗現況，冷凍系統耗能概況，使能源用戶及業者了解未來推動冷凍冷藏系統應用之主要對象及節能潛力與節能改善市場規模。

2.1 國內商業能源消耗現況

1. 國內總能源消費量概況如何？

答：目前國際經濟成長能源需求大增，使能源價格大幅波動，依台灣 2007 年能源統計年報分析如下：【1】

(1)台灣能源 99.22% 仰賴進口，能源供給每年成長，2000 年至 2007 年間能源消費 7 年年平均成長率約 3.33%。如表 2.1-1 所示，2007 年最終能源消費量為 121,028.5 千公秉油當量，較 2006 年，115,395.6 千公秉油當量，成長 4.88%。其中服務業部門占 11.21% 成長 1.03%。

(2)如表 2.1-2 所示，台灣 2007 年電力消費量 227,182.1 百萬度，其中服務業部門占 18.05%。

表 2.1-1 台灣 2007 年能源消費量分析

項目	總計	能源部門	工業部門	運輸部門	農業部門	住宅部門	服務業部門	非能源消費
消費量 (千公秉油當量)	121,028.5	10,486.2	62,630.6	15,898.8	1,082.1	12,171.3	13,568.8	5,190.7
百分率%	100.00	8.66	51.75	13.14	0.89	10.06	11.21	4.29
與 2006 年比較%	4.88	-1.45	10.02	-3.84	-16.12	0.22	1.03	17.21

資料來源：經濟部能源局台灣能源統計手冊(2007)【1】

表 2.1-2 台灣 2007 年電力消費量

項目	1987 年		1997 年		2007 年	
	百萬度 GWh	%	百萬度 GWh	%	百萬度 GWh	%
消費量	61,764.30	100.00	128,960.70	100.00	227,182.10	100.00
工業部門	35,445.20	57.39	68,863.00	53.40	119,000.80	52.38
運輸部門	220.60	0.36	339.20	0.26	557.60	0.25
農業部門	1,765.70	2.86	2,264.10	1.76	2,619.60	1.15
服務業部門	5,318.00	8.61	14,987.50	11.62	41,008.60	18.05
住宅部門	11,907.90	19.28	27,840.80	21.59	43,123.10	18.98
能源部門自用	7,106.80	11.51	14,666.20	11.37	20,872.40	9.19

資料來源：經濟部能源局台灣能源統計手冊(2007)【1】

2.非製造業中主要建築分類的家數及能源消費？

答：依 1996 年中華民國行業標準分類之非製造業行業別分類包含：營造業、商業、運輸倉儲及通信業、金融保險及不動產業、工商服務業、社會服務及個人服務業、公共行政業等，2007 年統計契約容量在超過 800kW 之能源大用戶共 1,346 家。非製造業中主要建築分類的能源大用戶包含：學校、辦公大樓、醫院、政府機關、量販店、百貨公司、旅館等 7 個主要建築分類，如表 2.1-3 所示。

如表 2.1-4 所示，2007 年能源用戶依主要建築分類統計，其能源消費量以學校(16.65%)、醫院(13.96%)、辦公大樓(10.60%)、百貨公司(9.64%)、量販店(5.64%)、旅館(5.08%)、政府機關(3.11%)等七個主要建築分類所耗用能源占比較高。

表 2.1-3 2006 年度非製造業能源大用戶主要建築分類家數統計

主要建築分類名稱	家數(家)	占比(%)
學校	215	15.97
辦公大樓	210	15.60
醫院	124	9.21
政府機關	92	6.84
量販店	90	6.69
百貨公司	74	5.50
旅館	61	4.53
其它	480	35.66
總計	1,346	100.00

註：其他建築類型包含：軍事單位、車站、電信公司、商場、實驗室、展覽館、體育場、停車場、資源回收廠、等等。

資料來源：2007 非製造業能源查核年報【2】。

表 2.1-4 2006 年非製造業能源大用戶主要建築分類能源消費量統計

主要建築分類	公秉油當量(kLOE/年)	占比(%)
學校	572,172	16.65
醫院	479,727	13.96
辦公大樓	364,091	10.60
百貨公司	331,168	9.64
量販店	193,851	5.64
旅館	174,537	5.08
政府機關	107,026	3.11
其他	1,213,479	35.32
總計	3,436,051	100.00

資料來源：2007 非製造業能源查核年報【2】。

2.2 冷凍冷藏設備台數與耗電

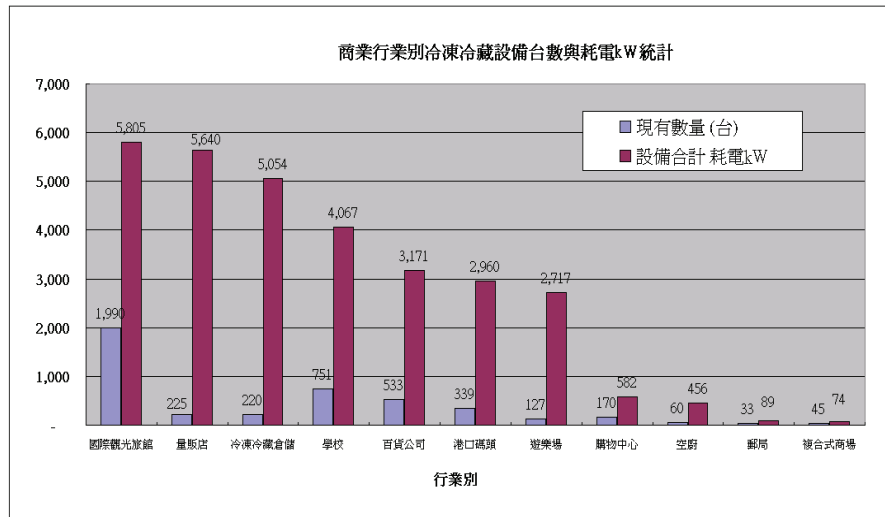
1.商業行業別冷凍冷藏設備台數與耗電規模？

答：統計 2007 非製造業能源查核大用戶（用電契約超過 800kW）所填報之冷凍冷藏設備如表 2.2-1 及圖 2.2-1 所示，冷凍冷藏主機使用範圍包括冷藏庫、冷凍庫、展示櫃、冰箱、製冰機等，合計台數共約 4,500 台，耗電容量約 30,600 kW。（不含冷卻水塔、除霜電熱、庫內風扇等），加上約 0.4 倍之附屬設備約 12,240kW，則總系統容量將高達 42,840 kW，可概略了解國內商業冷凍冷藏設備規模。其中冷凍冷藏設備使用量前五名行業為國際觀光旅館、量販店、冷凍冷藏倉儲、學校、百貨公司，可列為冷凍冷藏節能服務推動之重點行業【2】。其中觀光旅館、學校之冷凍冷藏設備為提供廚房之食材保存使用，百貨公司之冷凍冷藏設備則為位於地下樓層之超級市場使用。

表 2.2-1 商業行業別冷凍冷藏設備台數與耗電 kW 統計

主要建築類型	現有數量	設備合計	
	(台)	耗電 kW	占比
國際觀光旅館	1,990	5,805	19.0%
量販店	225	5,640	18.4%
冷凍冷藏倉儲	220	5,054	16.5%
學校	751	4,067	13.3%
百貨公司	533	3,171	10.4%
港口碼頭	339	2,960	9.7%
遊樂場	127	2,717	8.9%
購物中心	170	582	1.9%
空廚	60	456	1.5%
郵局	33	89	0.3%
複合式商場	45	74	0.2%
統計	4,493	30,615	100%

資料來源：2007 非製造業能源查核年報【2】。



註：此表依據 2007 非製造業能源查核大用戶（超過 800kW）所填報之冷凍冷藏設備有效資料統計，可概略了解規模大小，供參考之用。

圖 2.2-1 商業行業別冷凍冷藏設備台數與耗電 kW 統計圖

2. 建築分類大用戶之冷凍冷藏用電分佈比例？

答：由建築分類大用戶用電分佈比例統計圖 2.2-2，冷凍冷藏耗電占比中以量販店類 16.6% 最高，其次分別為旅館、百貨公司、學校、醫院、地方政府機關、中央政府機關及辦公大樓。

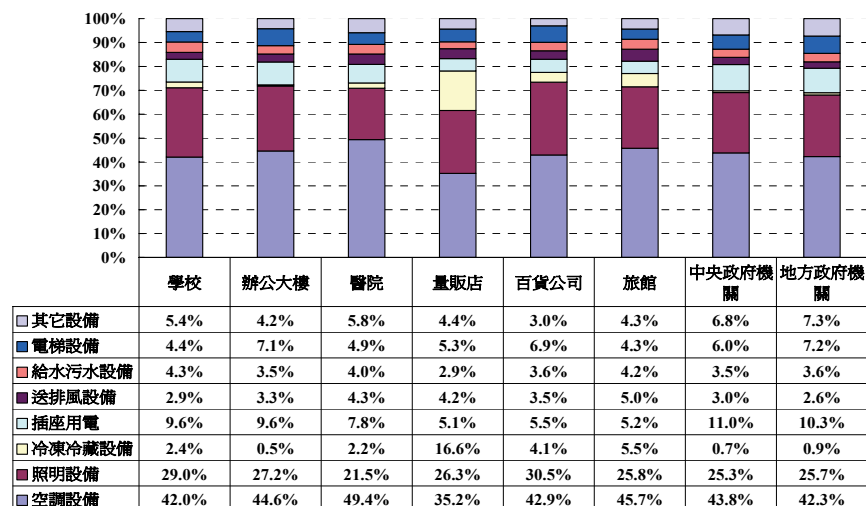


圖 2.2-2 建築分類大用戶用電分佈比例統計圖

3.量販店冷凍冷藏設備台數與耗電如何？

答：以某量販店為例，冷凍冷藏系統總耗電約 240 萬度，占總用電 1,414 萬度之 17%，如圖 2.2-3 所示。其中主機設備有冷凍主機 33hp×4 台(冷凝風扇 3hp×10 台)、冷藏主機 25hp×4 台(冷凝風扇 3hp×8 台)，全年耗電量平均約 97.8 萬度電，占冷凍冷藏系統總用電之 40.7%。

(1)冷藏主機耗電量：如圖 2.2-4。

夏月(9月)營業時間之耗電量變化約 40~90kW，平均約 66 kW，每天耗電量平均約 1,583 度電。平均負載率約 53%。

非夏月(1月)營業時間之耗電量變化約 25~50kW，平均約 40kW，每天耗電量平均約 966 度電。平均負載率約 32%。

全年耗電量平均約 465,193 度電。平均負載率約 43%。

(2)冷凍主機耗電量：如圖 2.2-5。

夏月(9月)營業時間之耗電量變化約 40~85kW，平均約 63 kW，每天耗電量平均約 1,514 度電。平均負載率約 39%。

非夏月(1月)營業時間之耗電量變化約 35~60kW，平均約 54kW，每天耗電量平均約 1,298 度電。平均負載率約 33%。

全年耗電量平均約 513,190 度電。平均負載率約 36%。

(3)冷凍食品區溫度與相對濕度變化：如圖 2.2-6 所示，非夏月(12月)溫度平均約 21.44°C、濕度 56.42%。

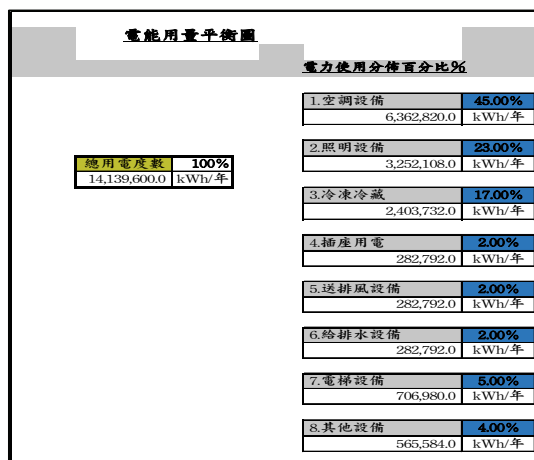


圖 2.2-3 某大量販店冷凍冷藏設備用電分佈比例統計圖

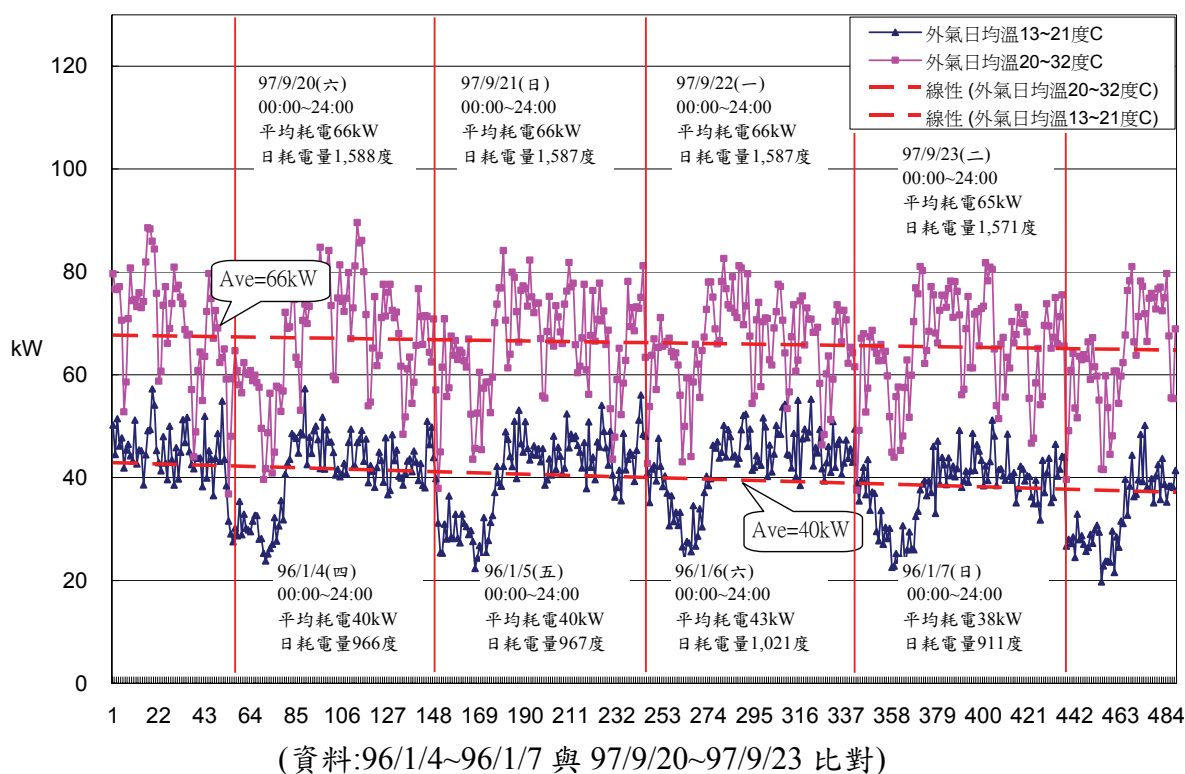


圖 2.2-4 冷藏主機(夏月與非夏月)日負載耗電變化曲線圖

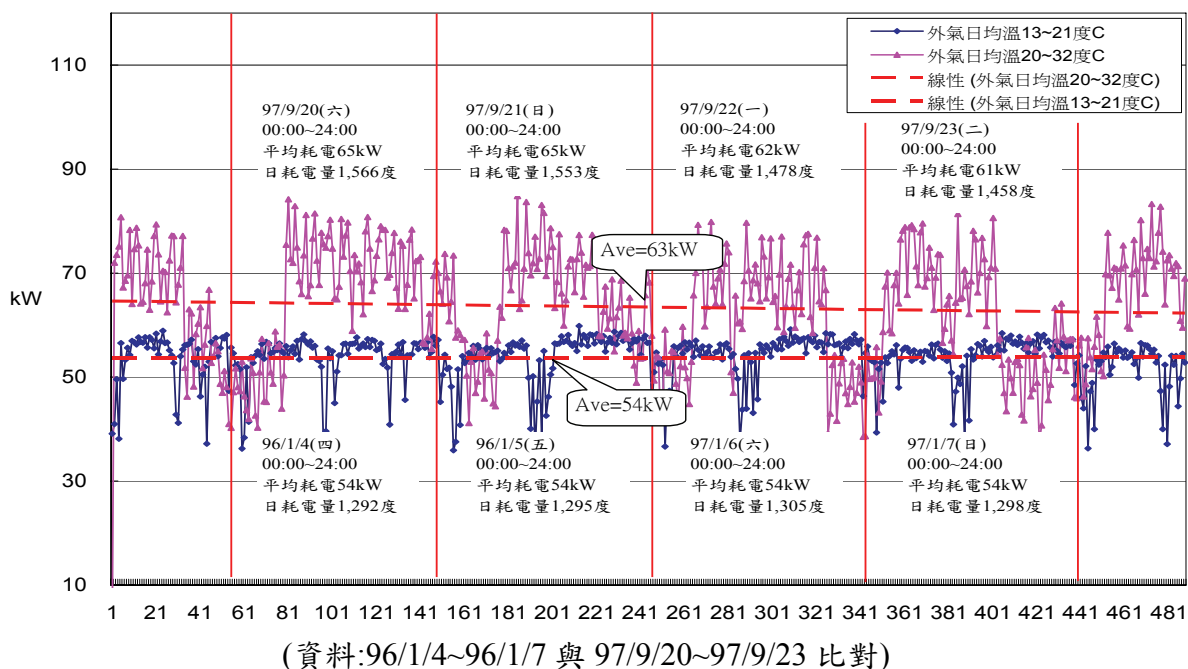
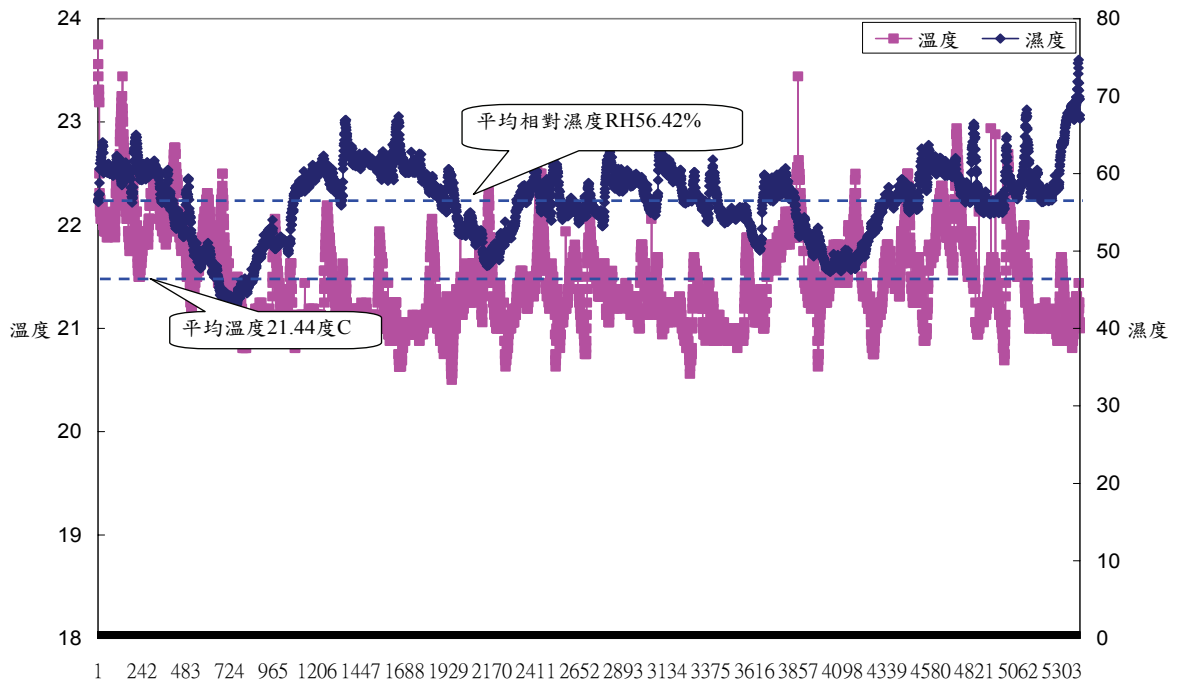


圖 2.2-5 冷凍主機(夏月與非夏月)日負載耗電變化曲線圖



冷凍食品區相溫度與相對濕度變化曲線圖

圖 2.2-6 冷凍食品區(非夏月)溫度與相對濕度變化曲線圖

2.3 節能技術應用統計分析

1. 冷凍冷藏系統節能改善案例數統計？

答：由主要建築物分類系統節能改善案例數統計如圖 2.3-1 所示，其中以「空調系統」之節能改善案例數最多，也最為一般大能源用戶所重視，其次為「照明」及「電力」系統等。而冷凍冷藏系統節能改善案例最少。【2】

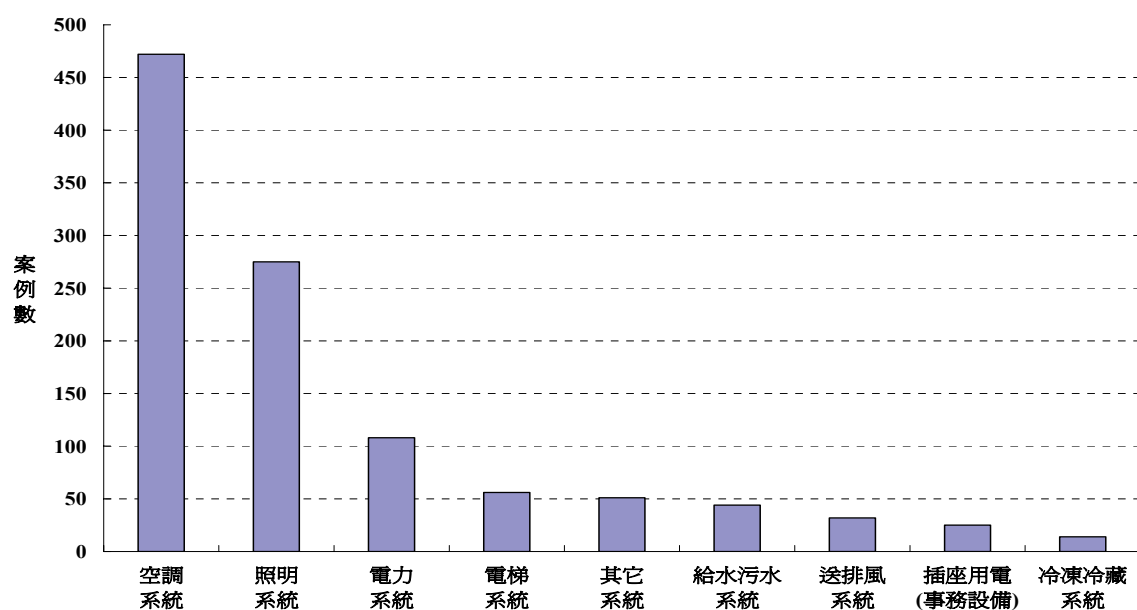


圖 2.3-1 各系統節能措施改善案例數統計圖

2. 賣場冷凍冷藏系統節能技術調查現況如何？

答：取樣調查數家主要賣場之冷凍冷藏系統節能技術結果如表 2.3-1 所示，大多數賣場之冷凍冷藏系統並未採用相關節能控制設備或系統，根據美國能源部所做之超級市場冷凍冷藏部門之節能潛力分析研究報告，如表 2.3-2 所示【4】，我國商業冷凍冷藏系統至少有將近 50%以上之節能潛力。目前已有某家量販店集團開始採用冷凍冷藏節能控制設備，將該量販店之節能成效成果進行分析與推廣，有助於我國賣場冷凍冷藏系統節能技術之廣泛提昇。

表 2.3-1 國內冷凍冷藏系統節能技術調查

技術類別	節能技術	案例一	案例二	案例三	案例四
冷凍主機	變頻壓縮機	無	無	無	無
	使用蒸發式冷凝器	無	無	無	無
	浮動式高壓控制	有	有	無	無
	熱回收	無	無	無	無
	機械式過冷卻	有 (低溫系統)	有 (低溫系統)	無	無
	環境過冷卻	無	無	無	無
	夜間蒸發器壓力重置	有	有	無	無
冷凍冷藏櫃	高效率照明	無	無	無	無
	熱氣除霜	無	無	無	無
	防汗電熱絲控制	有 (露點溫度控制)	有 (露點溫度控制)	無	無
	蒸發器無刷直流馬達 風扇控制	無	無	無	無
	除霜需量控制	需量啟動 (定時關閉)	需量啟動 (定時關閉)	無(定時啟 動關閉)	無(定時啟 動關閉)
	低溫系統之低壓回氣 管熱交換	無	無	無	無
	中溫系統之低壓回氣 管熱交換	無	無	無	無
濕度控制	賣場濕度控制	無	無	無	無

表 2.3-2 超級市場冷凍冷藏部門之節能潛力分析(DOE, USA)

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 (ASHRAE-HB)	13 (環境 10%RH 降低)	N/A

資料來源；超級市場冷凍冷藏部門節能潛力分析報告，美國能源部 DOE【4】

第三章、冷凍冷藏設備之分類及構造之節能設計

本章針對冷凍冷藏展示櫃節能相關之設備分類及構造、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：

1. 冷凍冷藏設備之分類及構造上節能設計為何？

答：我國在商業用冷凍、冷藏展示櫃方面之標準為 CNS 10797【5】，冷凍冷藏設備依構造可分為四類，如表 3-1 所示。

表 3-1 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，除節能之考量外，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。而外型主要以不銹鋼材質或在表面處理防銹蝕之動作。圖 3-1 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，可避免結露及減少耗能，所以玻璃門之隔熱為重

要之節能措施。

當室內溫濕度為 24°C ， $50\%\text{RH}$ 時，其露點溫度為 13°C ，則雙層玻璃門外側表面溫度需高於 13°C ，才不會結露。冷藏展示櫃玻璃門一般設計皆採電熱器加熱以防結露。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°C 以上的溫度，或可作分段之電熱控制，依實際所需控制電熱量以節約耗電。

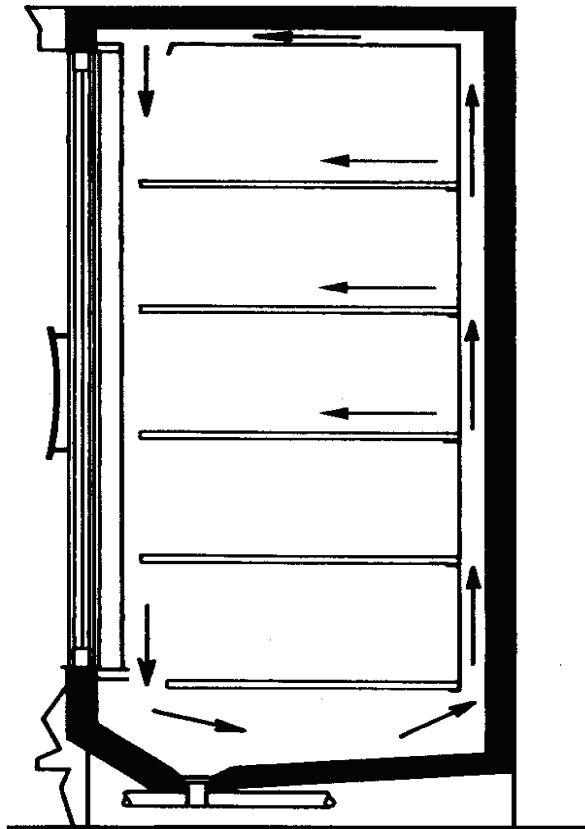


圖 3-1 一般密閉冷凍櫃【7】

圖 3-2 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，因此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 3-3 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 3-4 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 3-4 之密閉型展示櫃多用於低溫冷凍，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。

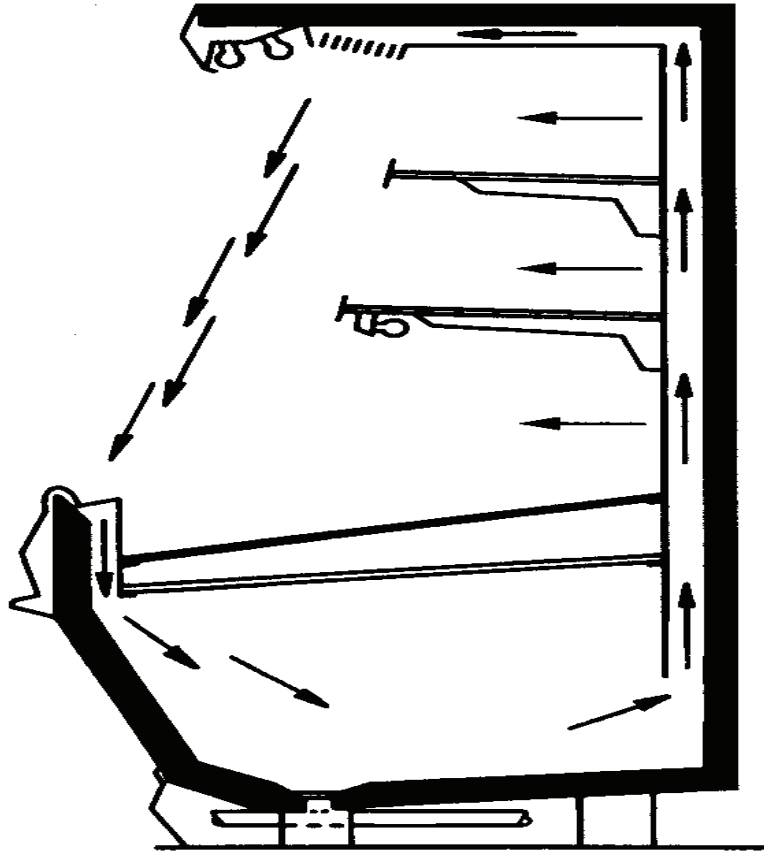


圖 3-2 多層開放式展示櫃【7】

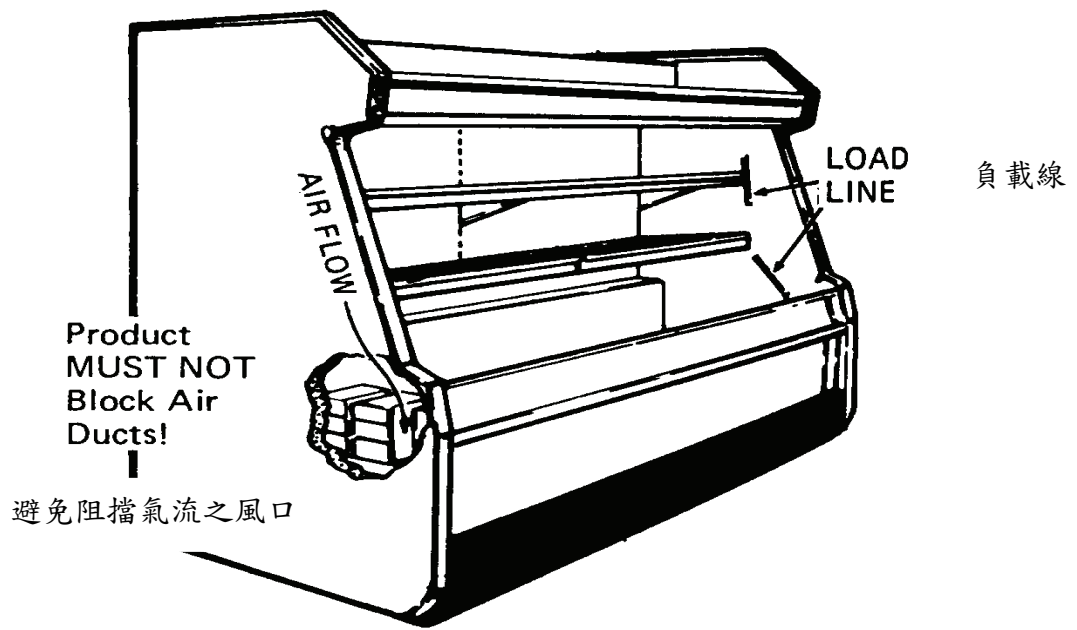


圖 3-3 物品之佈置不應阻擋氣流【7】

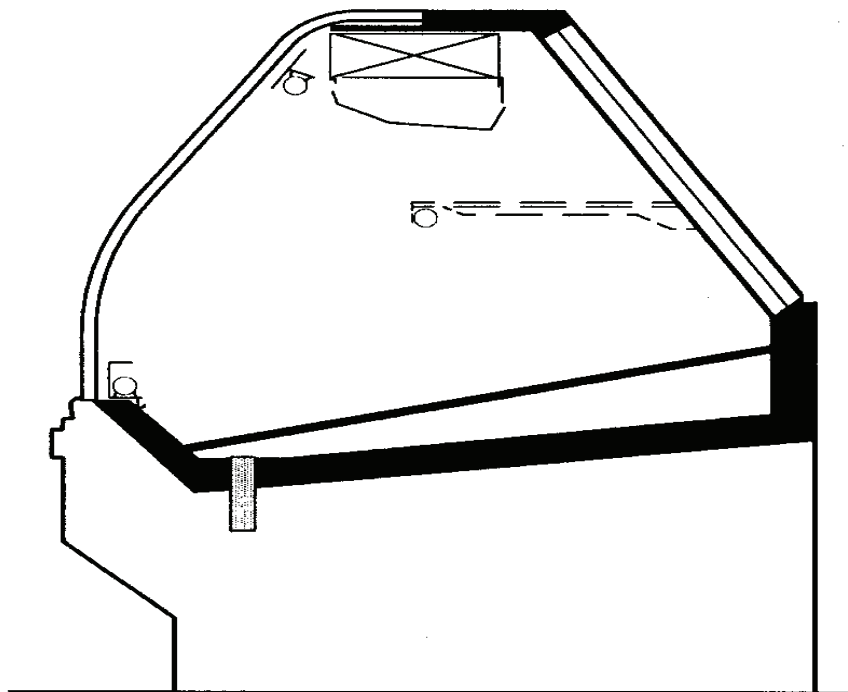


圖 3-4 玻璃密閉服務型冷凍展示櫃【7】

2. 冷凍冷藏設備之依性能如何分類？

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

冷凍冷藏設備之耗能會受環境溫濕度影響，故需設環境條件作為冷卻性能之比較，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 3-2 冷凍設備分類

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 (低溫)	-12°C 以下	—	-15°C 以下	-18°C 以下
M (中溫)	7°C 以下	-1°C 以上	—	5°C 以下
H (高溫)	10°C 以下	1°C 以上	—	10°C 以下
S (特殊)	※	※	※	※

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。

表 3-3 冷凍設備之測試環境條件

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

3. 電冰箱之性能指標為何？

答：在性能指標方面，冷凍冷藏電冰箱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 3-4 選用 EF 值，才符合省電的最低要求。

表 3-4 電冰箱能源因素標準

電冰箱型式	實施日期	
	中華民國九十六年八月一日	中華民國九十八年一月一日
低於 400 公升風扇式冷凍冷藏電冰箱	$E.F. = \frac{V}{0.058V + 38.3} \times 1.45$	$E.F. = \frac{V}{0.037V + 24.3}$
400 公升以上風扇式冷凍冷藏電冰箱	$E.F. = \frac{V}{0.054V + 35.2} \times 1.45$	$E.F. = \frac{V}{0.031V + 21.0}$

註：上表所列皆以等效內容積計算之，表中等效內容積 V (公升) = $V_R + K \times V_F$ 。

V_R (公升)：冷藏室有效內容積

V_F (公升)：冷凍室有效內容積

K 值：冷凍室等效內容積換算係數，二星級為 1.56；超二星級者為 1.67；三星級及四星級為 1.78。

4. 冷凍冷藏展示櫃之空氣溫度設定值為何？

答：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 3-5 的測試標準【6】，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 3-5 所示。

表 3-5 冷凍冷藏展示櫃的空氣溫度【7】

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	2.2b	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	-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	c	-25c
冷凍食品 多層開放展示櫃	c	-23c
冷凍食品 手拉玻璃展示櫃	c	-20c
冰淇淋 單層展示櫃	c	-31c
冰淇淋 手拉玻璃展示櫃	c	-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°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。

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。

5.環境溫濕度對冷凍冷藏展示櫃之負載變化影響為何？

答：如表 3-6 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 3-6 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，濕度太高會致使需經常除霜，會影響冷凍冷藏之品質。

圖 3-5 及 3-6 為可雙邊開啟之冷凍冷藏系統，圖 3-5 後邊可為冷藏用，前面為展示用，可利用推車更換產品。圖 3-6 將銷售區與儲藏區設計成兩邊開門，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 3-6 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 相對溼度%					26°C 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
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）。

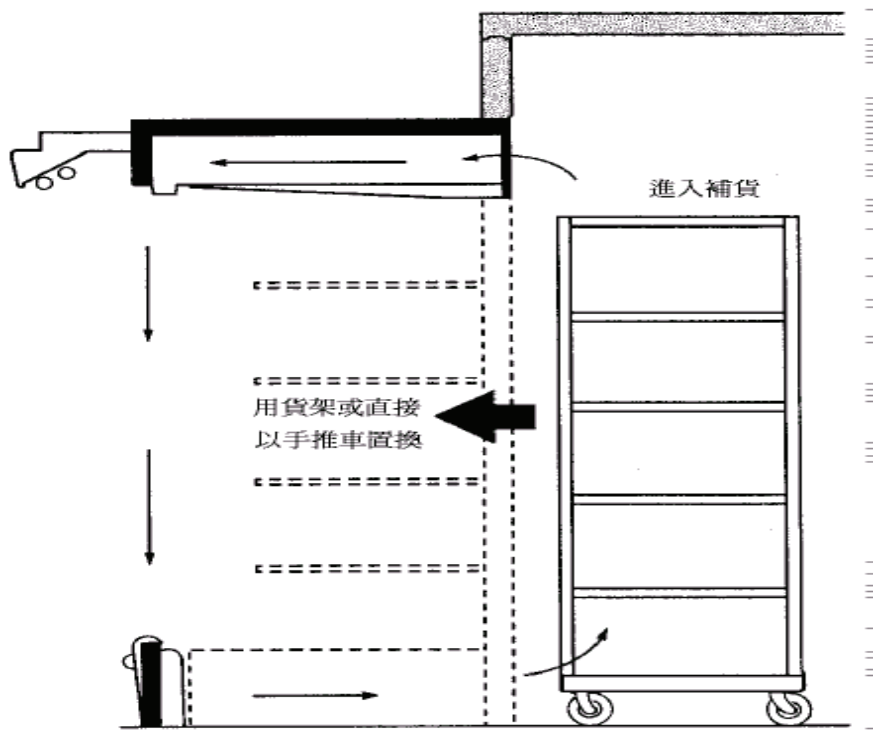


圖 3-5 後補貨式之冷凍冷藏室【7】

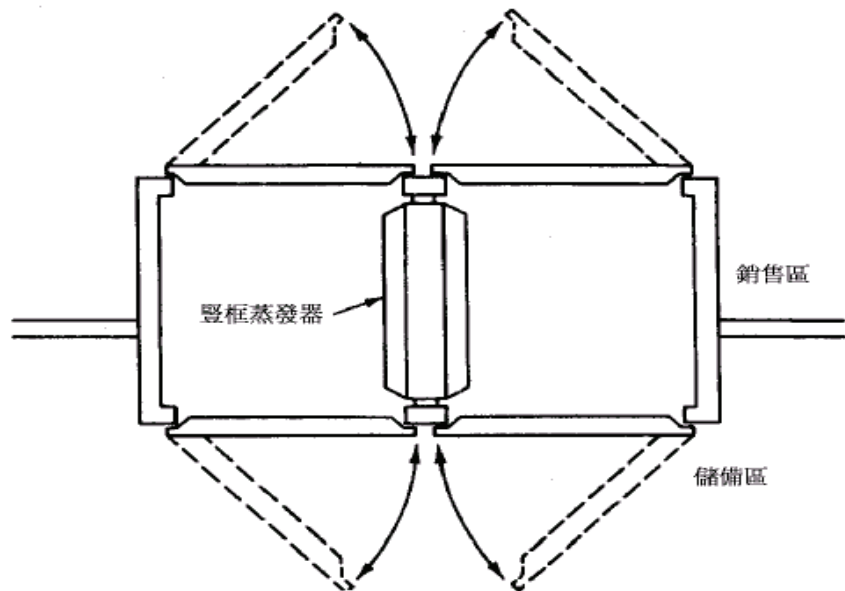
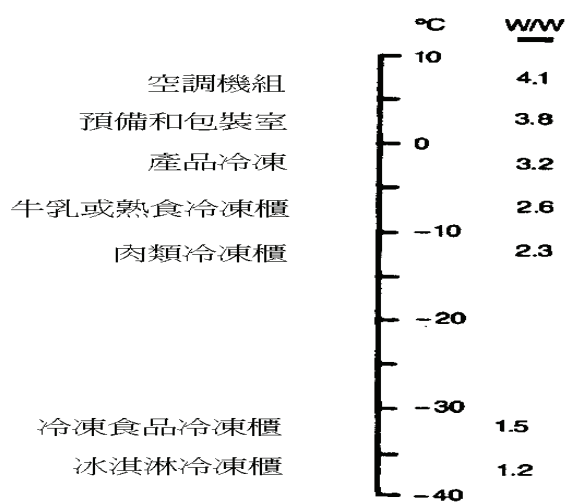


圖 3-6 雙向式展示櫃【7】

6. 冷凍冷藏展示櫃之設定溫度對壓縮機機組運轉時的能源效率比值有何影響？

答：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 3-7 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) = 冷凍能力 W ÷ 耗電 W

圖 3-7 各類應用下，單段壓縮機系統之典型能源效率比值【7】

第四章、冷凍冷藏櫃效率標準

本章主要介紹冷凍冷藏展示櫃之有關之能源效率指標及標準，以作為日後自我改進之參考依據。

1. 冷凍冷藏展示櫃應考慮那些能源效率指標？

答：冷凍冷藏展示櫃應考慮之能源效率與性能之基本表達參數，可參考美國冷凍學會(ARI) 所制定之展示櫃性能測試標準 Standard 1200-Commercial Refrigerated Display Cases，其規格之參考範例如下表 4-1 所示。

表 4-1 商業冷凍冷藏展示櫃效率與性能之基本填寫參考範例

項目編號	項目說明	技術資料
1	商業冷凍冷藏展示櫃型號	Model X
2	調整後露點溫度, °F	21
3	冷凍能力, Btu/h	16,400
4	總體積, ft ³ /Unit of Length, ft	11.67
5	商業冷凍冷藏展示櫃測試電壓, V	120
6	測試環境類型 (Type I, Type II 或其他)	Type I
7	商業冷凍冷藏展示櫃蒸發器冷媒露點溫度, °F	23.0
8	產品之整體測試平均溫度, °F	41.0
9	壓縮機耗電, kW·h/ft.day	2.30
10	風扇防汗電熱, kW·h/ft.day	N/A
11	蒸發器風扇耗電, kW·h/ft .day	0.120
12	照明耗電, kW·h/ft .day	0.59
13	凝結水蒸發加熱器耗電, kW·h/ft .day	N/A
14	防汗電熱耗電, kW·h/ft .day	0.0
15	除霜耗電, kW·h/ft .day	0.0
16	總耗電計算值, kW·h/ft .day	3.01
17	其他負載備註:	

2. 冷凍冷藏展示櫃之 COP 能源效率標準為何？

答：可參考美國冷凍學會(ARI) 所制定之展示櫃 COP 系統性能係數-- Standard 1200- Commercial Refrigerated Display Cases，其建議應達到之標準如表 4-2 所示。

表 4-2 商業冷凍冷藏展示櫃之系統性能係數 COP 效率標準

中溫			低溫		
調整後露點溫度		COP	調整後露點溫度		COP
°F	°C		°F	°C	
5	-15	2.89	-36	-37.8	1.61
6	-14.4	2.94	-35	-37.2	1.63
7	-13.9	2.99	-34	-36.7	1.65
8	-13.3	3.04	-33	-36.1	1.68
9	-12.8	3.08	-32	-35.6	1.7
10	-12.2	3.13	-31	-35	1.73
11	-11.7	3.19	-30	-34.4	1.75
12	-11.1	3.24	-29	-33.9	1.78
13	-10.6	3.29	-28	-33.3	1.8
14	-10	3.34	-27	-32.8	1.83
15	-9.4	3.39	-26	-32.2	1.86
16	-8.9	3.46	-25	-31.7	1.88
17	-8.3	3.51	-24	-31.1	1.9
18	-7.8	3.57	-23	-30.6	1.93
19	-7.2	3.63	-22	-30	1.96
20	-6.7	3.69	-21	-29.4	1.99
21	-6.1	3.76	-20	-28.9	2.02
22	-5.6	3.82	-19	-28.3	2.05
23	-5	3.89	-18	-27.8	2.07
24	-4.4	3.95	-17	-27.2	2.11
25	-3.9	4.02	-16	-26.7	2.14
26	-3.3	4.09	-15	-26.1	2.17
27	-2.8	4.16	-14	-25.6	2.2
28	-2.2	4.24			
29	-1.7	4.32			
30	-1.1	4.39			
31	-0.6	4.48			
32	0	4.56			
33	0.6	4.64			
34	1.1	4.73			
35	1.7	4.81			

註：調整後露點溫度是指以壓縮機吸氣管之壓損調整蒸發器溫度，也就是蒸發溫度（冷媒露點溫度）是以壓縮機吸入口之壓力所對應之冷媒飽和溫度

3.展示櫃相關(測試)標準?

答：目前國內外相關測試標準如下表 4-3 所示：

- (1) CNS 10797, 10798(中華民國)
- (2) BS EN441(歐洲)
- (3) AS 1731 (澳洲)
- (4) JIS 8611, 8612(日本)
- (5) ISO 1992, 5160(美國)
- (6) ASHRAE 72(美國)
- (7) DIN 8954 (德國)

舉例英國 BS EN441(歐洲) 能源效率指標：

Energy Efficiency Index =

$$\frac{(TEC / TDA)_{cabinet}}{(TEC / TDA)_{european \ average}}$$

TEC = Total Energy Consumption (kWh)

TDA =Total Display Area (m²)

表 4-3 英國 BS EN441(歐洲)能源效率指標

能源指標(I) (kWh/m ²)	能源效率分類
I < 0.55	A
0.55 ≤ I < 0.75	B
0.75 ≤ I < 0.90	C
0.90 ≤ I < 1.00	D
1.00 ≤ I < 1.10	E
1.10 ≤ I < 1.25	F
I ≤ 1.25	G

第五章、冷凍冷藏系統之節能技術

本章主要介紹冷凍冷藏系統及冷凍冷藏櫃（庫）之基本原理、流程、負載控制方法、節能方法等。

5.1 冷凍冷藏系統冷凝機組之節能技術

1. 冷凍冷藏系統之基本系統流程與原理為何？

答：基本之冷凍系統流程，如 5.1-1 所示，壓縮機將來自於蒸發器低溫低壓之氣態冷媒，壓縮為高溫高壓之氣態冷媒後，吐出至冷凝器進行冷凝，冷凝之後的液態冷媒流入經過高壓受液器，再經過膨脹閥膨脹為低溫低壓液態冷媒，最後進入蒸發器冷卻物品，低溫低壓液態冷媒吸收外界熱量後汽化為低溫蒸氣冷媒，再進入壓縮機進行前述之冷凍循環。

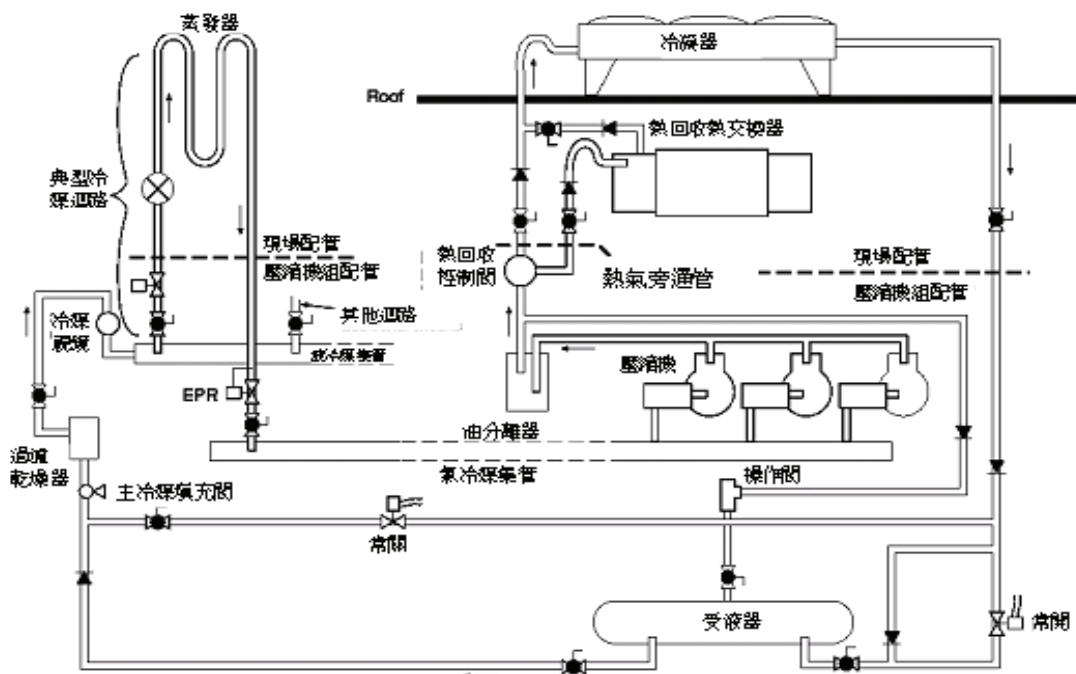


圖 5.1-1 冷凍系統流程圖

2. 冷凍系統傳統上有那些加卸載控制方法？

答：一般商業之冷凍冷藏系統大多採用直膨式系統，壓縮機之功能在於控制冷凍冷藏系統之運轉壓力，並且提供系統源源不絕之冷媒循環量產生製冷功能。因系統蒸發器之熱負荷會受到冷卻空間使用強度或使用情形而變動，例如冷凍冷藏櫃之開啟頻率、賣場空間溫濕度變化或建築熱外殼構造負荷，故壓縮機必須隨時進行容量調節之加卸載控制，以匹配蒸發器之負載，避免冷凍冷藏櫃溫度過高或過低。傳統壓縮機之卸載方法有以下列三種方法：見前圖 5.1-1 所示。

(1) 熱氣旁通法

(2) 壓縮機蒸氣吸入口節流閥控制

(3) 壓縮機起停控制

其中(1)熱氣通法是將壓縮機壓縮吐出之熱氣再旁通回壓縮機吸入口，以降低壓縮機對於蒸發器之排氣容量，避免蒸發器之溫度過低而造成庫溫失控，損傷產品。(2)壓縮機蒸氣吸入口節流閥之控制功能在於增加壓縮機之吸入口冷媒壓損，調節冷媒流量，降低壓縮機對於蒸發器之製冷效果。

上述熱氣旁通法及壓縮機蒸氣吸入口節流閥控制都是以降低壓縮機運轉效率之方法而達到庫溫控制之目的，因此不具有節能之功效；而(3)壓縮機起停控制則常因系統負載很難達到理想匹配條件，因此壓縮機起停頻繁，是藉由設定較低蒸發壓力或較高蒸發壓力，來避免壓縮機起停頻繁，而降低系統之穩定性與壽命。但過高之蒸發壓力將造成庫溫過高，產品品質降低，因此常常必須設定較低蒸發壓力，如此將造成壓縮機效率降低、冷凍冷藏庫負載增加、結霜情形嚴重等耗能之狀況。

3. 冷凍冷藏系統冷凝機組有那些商業化之節能技術？

答：商業冷凍冷藏之主機系統側，也就是包含壓縮機及冷凝器之節能技術包含：

- (1)變頻式壓縮機
- (2)使用蒸發式冷凝器
- (3)浮動式高壓控制
- (4)熱回收
- (5)環境過冷卻
- (6)機械式過冷卻

4.變頻式壓縮機之節能原理為何？

答：變頻式壓縮機可藉由變頻器適當控制壓縮機之排氣容量，精準匹配蒸發器負載，避免壓縮機起停頻繁以及庫溫過低之現象，進而達到節能之目的，其投資回收年限約在 2~5 年。

5.氣冷式冷凝器之散熱效果對系統效率之影響為何？

答：大部分之商業冷凍系統之冷凝器大多屬於放置在戶外之氣冷式冷凝器，其基本構造包含管鰭式熱交換器及散熱風扇，如圖 5.1-2 所示。氣冷式冷凝器之散熱狀況受到周圍空氣乾球溫度所影響，戶外乾球溫度較高時，散熱較差，冷凝溫度及冷媒壓力上升，每增加 1°C 之冷凝溫度，約降低性能係數（COP）2.5~3%。

6.蒸發式冷凝器之節能原理為何？

答：蒸發式冷凝器之外觀圖及基本構造如圖 5.1-3、圖 5.1-4 所示，其散熱方式是藉由泵將水灑在散熱管排上所產生之蒸發冷卻效果，蒸發冷卻散熱效果與周圍空氣之濕球溫度有關，濕球溫度都比乾球溫度低，除非空氣相對濕度達 100%。因此，蒸發式冷凝器之散熱效率高於氣冷式冷凝器，冷凝溫度低於氣冷式冷凝器，故採用蒸發式冷凝器可提昇冷凍系統之效率。

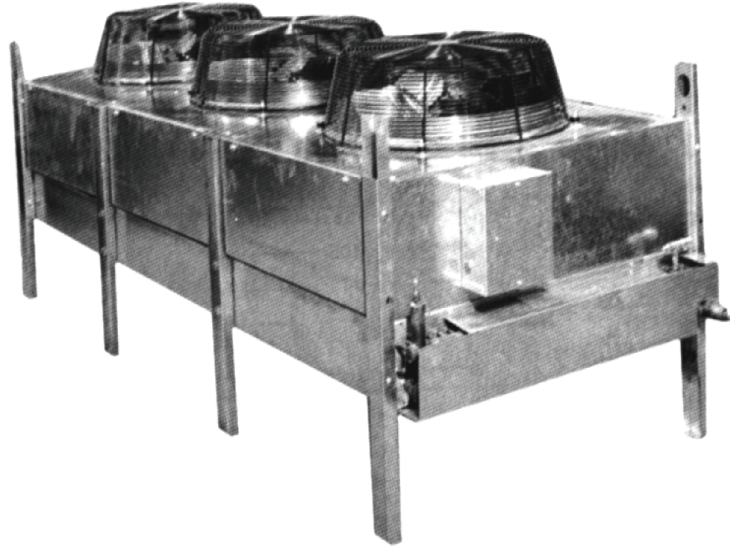


圖 5.1-2 氣冷式冷凝器



圖 5.1-3 蒸發式冷凝器外觀圖

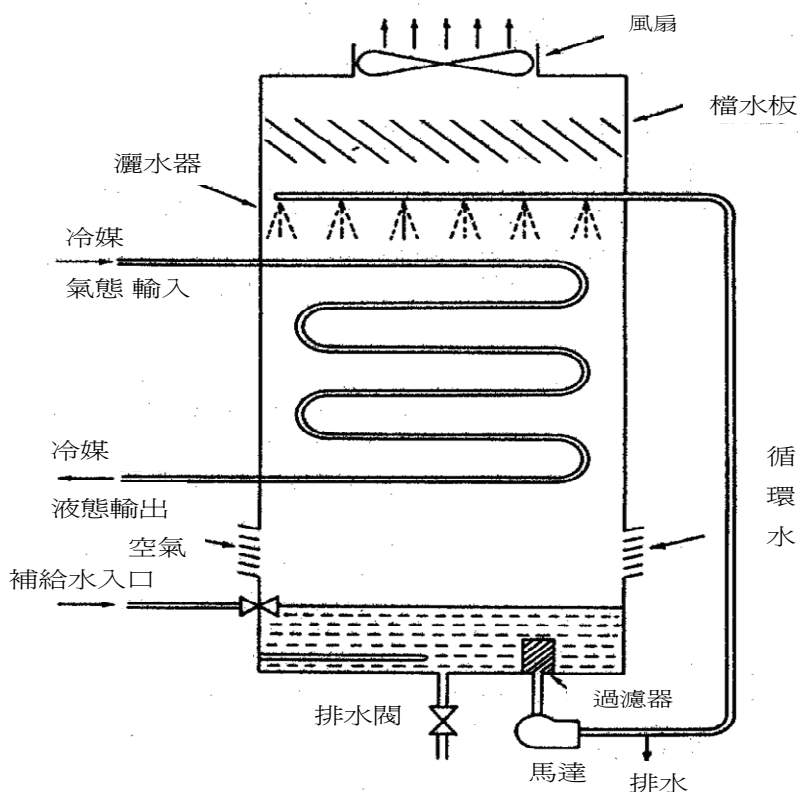


圖 5.1-4 蒸發式冷凝器構造圖

7.何謂浮動式高壓控制？

答：傳統上，冷凍系統之冷凝器高壓側都控制在一定之壓力水準，以避免傳統感溫式膨脹閥兩端之高低壓力差不足，造成冷媒流量減少，影響冷凍能力。但是當冷凝壓力太高時，則造成壓縮機運轉效率變差。然而，目前已商業化之電子式膨脹閥因為可進行較為彈性之閥開口控制，可適應較為寬廣之壓力變化，若搭配採用浮動式高壓控制方法，則可依外界氣候條件適當重置冷凝壓力控制值，當散熱條件好時降低冷凝壓力，以提升壓縮機效率。

8.使用浮動式高壓控制應該注意那些事項？

答：浮動式高壓控制方法相當複雜，必須充分進行系統運作條件之了解

與判斷，以避免高壓過低而造成冷媒流量不足、油壓不足或熱氣除霜之能量供給不足等問題。採用浮動式高壓控制方法後，也必須進行系統測試、調整等性能驗證程序，方可確保該節能技術之可靠性。

9. 冷凍系統之熱回收技術如何進行施作？

答：冷凍系統之熱回收技術施作方法，可參考前圖 5.1-1 所示，利用熱回收熱交換器將壓縮機吐出之高溫高壓氣態冷媒之熱量取出，可運用於空間除濕之再熱或提供為賣場之熱水加熱之使用。

10. 如何控制冷凍系統之熱回收設備？

答：冷凍系統之熱回收設備之控制方法，是藉由熱回收控制閥控制所需之熱回收量，當熱回收需求降低或冷凝壓力太低而可能造成冷凍系統運轉之可靠性時，必須將熱回收控制閥關小或關閉，降低熱回收器之熱回收量，如圖 5.1-5 實例所示。【13】

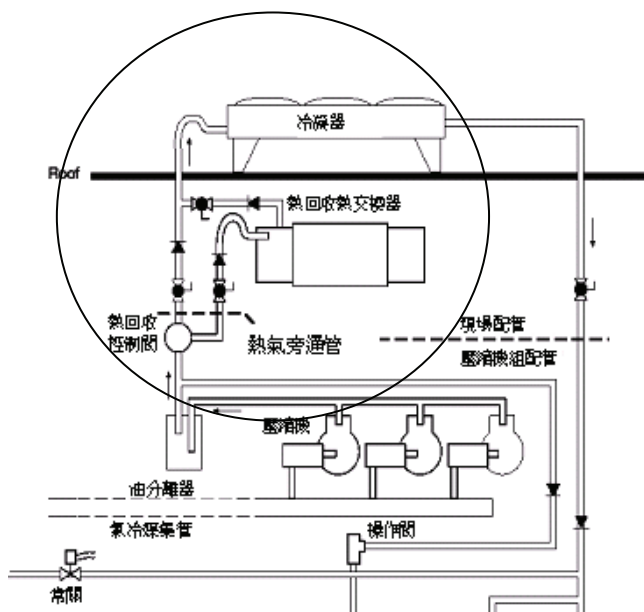


圖 5.1-5 冷凍冷藏主機之熱回收控制閥及供應熱水使用【13】



11.何謂冷凝機組環境過冷卻技術？

答：藉由冷凝器之加大設計或額外再增加過冷卻之熱交換器，即可利用大氣環境來冷卻高壓高溫汽態冷媒，使之凝結為過冷狀態之液態冷媒。過冷狀態液態冷媒可降低其在管路流動中所產生之閃氣量，降低冷媒在進入膨脹閥之前因汽化而產生之冷媒流量不穩定現象及膨脹閥控制問題；另一方面，過冷液態冷媒之焓值及膨脹後所含之蒸氣量低於未過冷之飽和液態冷媒，因此其在進入蒸發器時，單位質量可產生較大之冷卻能力與較高之熱傳效率，進而降低壓縮機所需處理之冷媒質量流率，節省壓縮機耗電。

12.冷凝機組環境過冷卻技術在應用上有何注意事項？

答：由於降低冷凝器壓力之節能效果大於過冷卻效果，除非因液冷媒管路壓力損失過大造成閃氣增加而需過冷卻之外，在應用環境過冷卻方法之前，應該優先處理冷凝器高壓過高之問題，只有當冷凝器壓力控制已經達到最低下限值時，再利用環境過冷卻技術才比較有意義。因此，過冷卻之節能效果主要是在大氣環境溫度較低的時候才比較會產生節能效果。

13.何謂冷凝機組機械式過冷卻技術及節能效益如何？

答：和利用大氣環境過冷之原理相同，採用機械式過冷卻，可增加單位質量較大之冷卻能力以及降低液態冷媒在管路流動中所產生之閃氣量。如圖 5.1-6 所示之機械式過冷卻技術係利用部分分路之冷媒膨脹蒸發來冷卻供給蒸發器之液態冷媒，經過膨脹與熱交換之分路冷媒汽化後，利用壓縮機將其由中間壓力壓縮至高壓共通管路，而達到節能之效果。

機械式過冷卻所需額外增加之壓縮機耗電必須納入總節能計算之減項，但是儘管如此，因為中間段壓縮功率低於低壓段之壓縮功率，良好設計與經過妥當之試車調整的機械式過冷卻還是具有其節

能成效。不過，其總體投資之經濟效益還須依個案詳細評估後，才有明確之結果判斷。

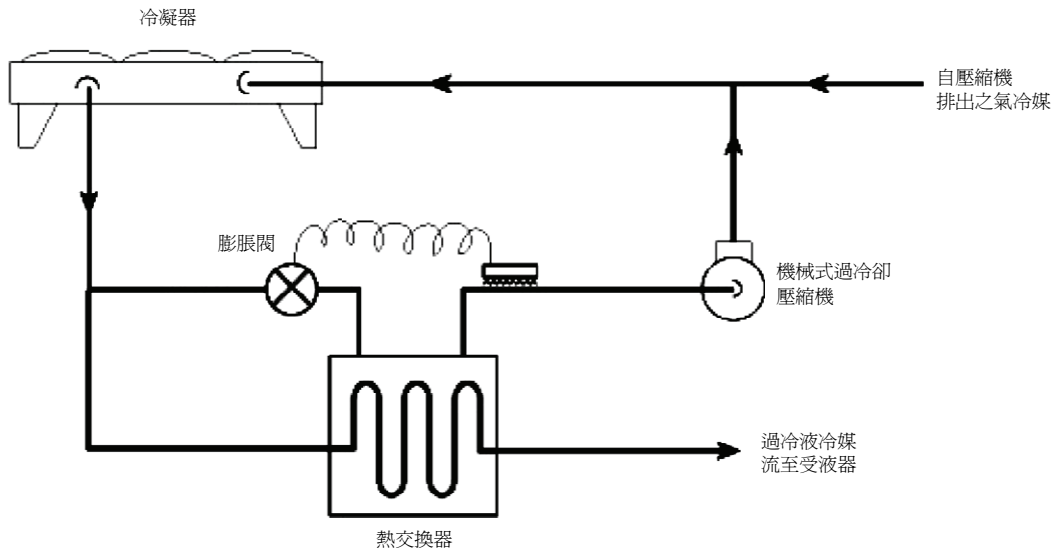


圖 5.1-6 機械式過冷卻

5.2 冷凍冷藏櫃（庫）之節能技術

1. 冷凍冷藏櫃（庫）與冷凝機組之關係與系統架構為何？

答：商業冷凍冷藏櫃（庫）係用來置放產品及達到低溫保鮮功能之設備，如圖 5.2-1 所示，商業冷凍冷藏系統流程為冷凍冷藏壓縮機壓縮冷媒供應至展示櫃及冷凍庫之蒸發器，而蒸發器吸收之熱能，必須由冷凝機組來輔助達成其系統循環冷卻功能。

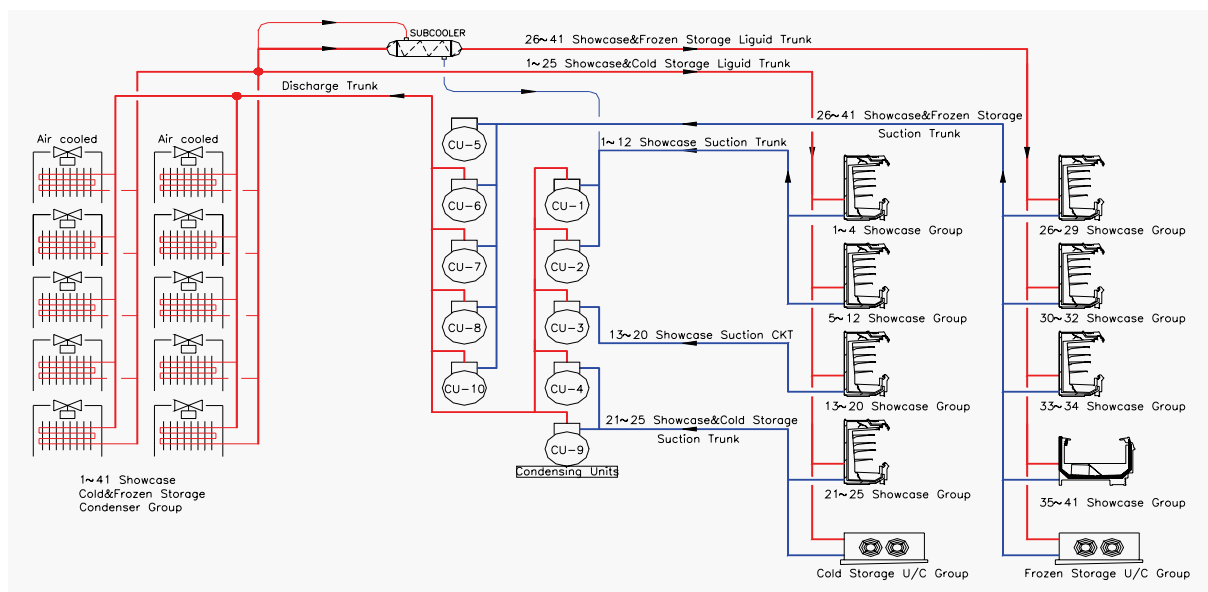


圖 5.2-1 商業冷凍冷藏系統流程圖

2. 冷凍冷藏櫃（庫）具商業化節能技術有那些？

答：冷凍冷藏櫃（庫）具商業化之節能技術包含：

- (1) 熱氣除霜
- (2) 防汗電熱控制
- (3) 蒸發器風扇採用 ECM 馬達
- (4) 除霜控制
- (5) 設置壓縮機回氣側之液氣冷媒熱交換器(LSHX)
- (6) 增加隔熱保溫性能
- (7) 高效率照明

3. 冷凍冷藏庫之蒸發器為何會結霜？對系統效率有何影響？

答：冷凍冷藏庫之低溫蒸發器的冷卻管排會將空氣中之水分子凝結出來並且附著在冷卻管排上，若管排表面溫度低於 0°C ，則凝結水會進一步在管排上結霜或結冰，造成冷卻管排之熱傳效率降低，並且阻礙氣流流通。且隨著霜厚度的增加，空氣流道變窄風量變少，因熱傳率降低蒸發器負荷降低，故冷凍能力、吸氣壓力會下降，結霜情形將更嚴重，如此惡性循環，嚴重時將造成風扇卡死、損壞，無法保持食品溫度並且使冷凍系統效能降低。

開放型展示櫃蒸發器結霜來源的水蒸汽，可能來自因洩漏氣流引入之潛熱負荷，或冷凍冷藏食品等，結霜的程度會因運轉參數而不同，主要可分為：循環氣流參數（溫度、濕度、流速、壓力等）、蒸發器盤管之冷卻參數（溫度、形狀、尺寸、粗糙度、濕潤度）以及除霜之時間參數等。

4. 冷凍冷藏庫之除霜方法有那些？

答：為了解決蒸發器冷卻管排之結霜或結冰所造成之冷卻效率降低的問題，通常會採用以下五種方式進行除霜之處理：(1)停機除霜法(或稱為自然除霜法)、(2)電熱除霜法、(3)熱氣除霜法、(4)灑水除霜法及(5)不凍液除霜法，其各有不同之適用條件、場合與優缺點。

在商用展示櫃系統而言，以停機、電熱及熱氣除霜法較適用，其中又以停機及電熱除霜法，占大多數。電熱除霜法應用在較低溫、結霜狀況較明顯之冷凍冷藏櫃，蒸發溫度較高之冷凍冷藏櫃常採用停機除霜法。

5. 除霜以維持冷凍效果，除霜方法有那幾種？

答：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

($>3^{\circ}\text{C}$)的冷凍冷藏室，此法之控制模式可參考圖 5.2-2。

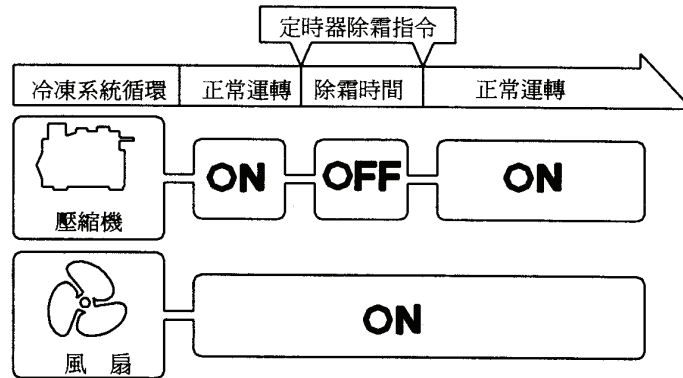


圖 4.3 壓縮機停止法除霜模式

圖 5.2-2 壓縮機停止法除霜模式【9】

(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 5.2-3 為熱氣除霜法之控制模式，圖 5.2-4 為一種熱氣除霜法之除霜裝置圖。

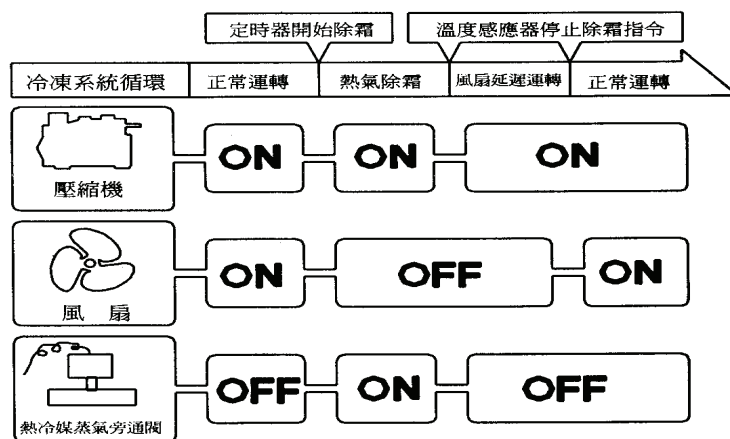


圖 5.2-3 熱氣除霜法之控制模式【9】

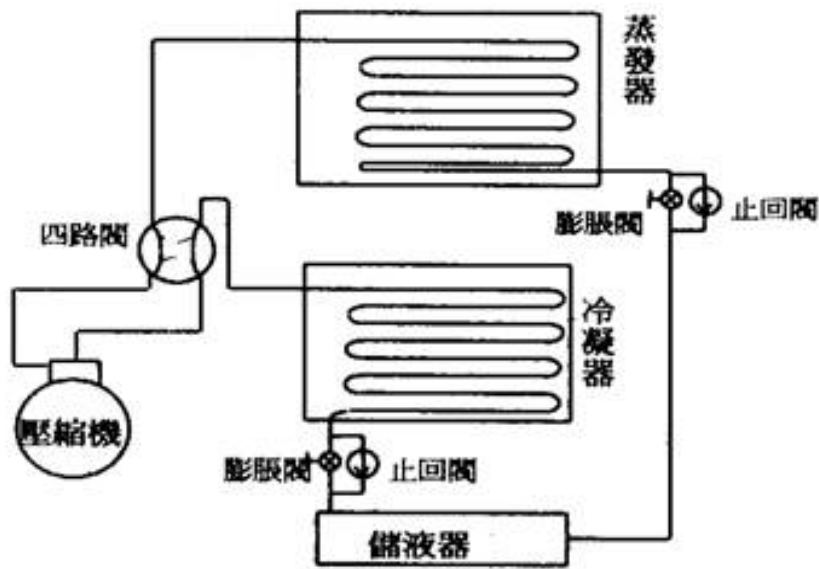


圖 5.2-4 逆循環熱氣除霜裝置圖【9】

- (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 5.2-5 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，如 圖 5.2-6 之控制模式。

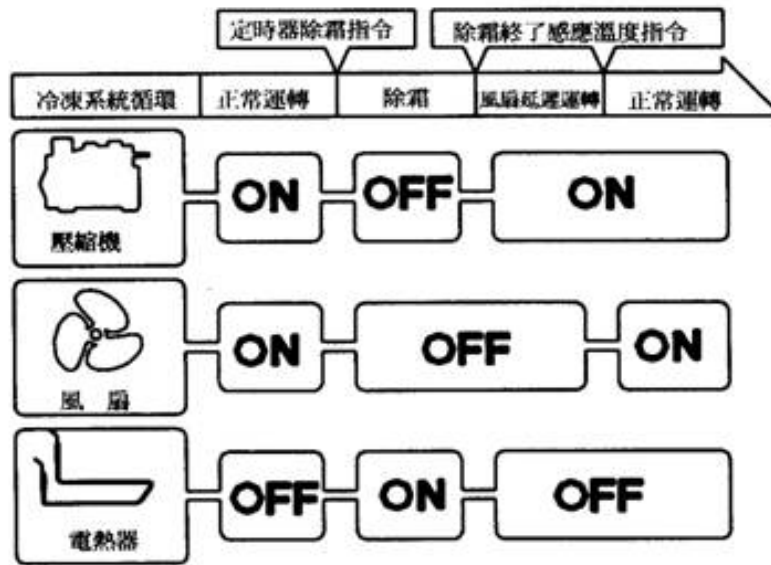


圖 5.2-5 熱除霜控制模式【9】

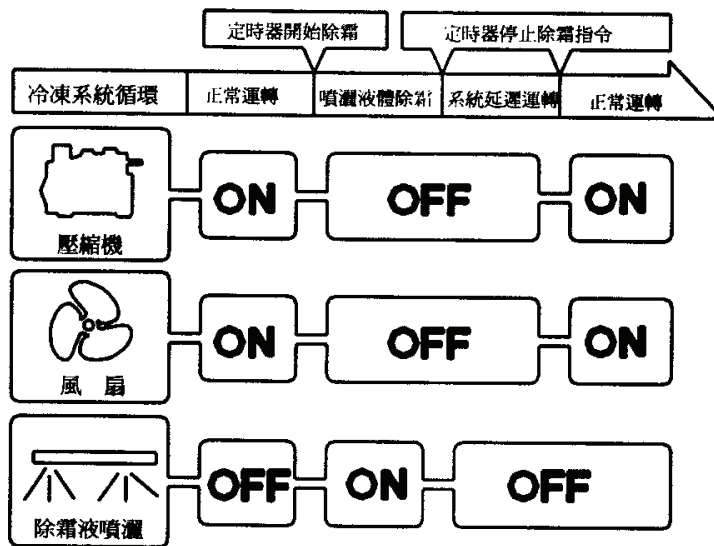


圖 5.2-6 灑水除霜控制模式【9】

6.何謂冷凍冷藏庫之熱氣除霜法？節能原理為何？

答：除霜控制的精神在於當需除霜時才啟動除霜設備，傳統的定時啟動定時停止的控制，除霜時間的設定必須克服最大結霜量的時間，如此，不需長時間除霜的季節如冬季等，則視同一種多餘的耗能。為了解決蒸發器冷卻管排之結霜或結冰所造成之冷卻效率降低的問題，以及降低電熱除霜之耗電，建議採用熱氣除霜法。

熱氣除霜法係將壓縮機吐出之高溫氣態冷媒導入蒸發器，加熱管排將蒸發器表面的霜融化掉。相對於電熱除霜而言，因熱氣除霜法係利用系統原來就要在冷凝器散熱之高溫冷媒來提供除霜熱量來源，因此不需額外之耗電，大大節省運轉電費，投資回收年限約為1.5~3年。

7.冷凍食品展示櫃為何要設置防汗電熱？

答：賣場中冷凍食品展示櫃需於邊框裝置防汗電熱絲，以防止結露的現象發生，傳統這些電熱裝置是保持通電狀態，但實際是否結露需視該環境露點溫度而定，如同除霜控制一般，存在需量問題，適當的控制即可節省不必要的耗能。展示櫃防汗電熱設備占整體展示櫃設備耗電之13%，產生之顯熱負荷中60%由展示櫃吸收，約占整體展示櫃熱負荷之8%，其餘40%顯熱負荷則散至賣場由空調系統吸收。

8.展示櫃如何節省防汗電熱耗電量？

答：防汗電熱控制之方法係由展示櫃周圍之露點溫度感測器來決定防汗電熱啟動之時機，當展示櫃周圍之露點溫度高於展示櫃之表面溫度時，則需啟動防汗電熱，以避免展示櫃邊框或櫃體結露；相反地，當展示櫃周圍之露點溫度低於展示櫃之表面溫度時，則關閉防汗電熱以節省耗電，投資回收年限約為1~3年。

9.蒸發器風扇採用ECM馬達之節能成效為何？

答：ECM馬達 (Electronically Commutated Motor) 為高效率之直流無刷馬

達，普遍應用在具需轉速控制之電子產品，其效率遠比一般小馬力的傳統馬達還高，特別是在低轉速運轉時，因此蒸發器之小馬力風扇採用 ECM 馬達，並且搭配變頻控制將可獲得很好之節能效果，其投資回收年限約在 1~3 年。

10.如何進行除霜之節能控制？成效為何？

答：傳統之除霜控制皆為定時啟動以及定時關閉，除霜時間的設定必須克服最大結霜量的時間，如此，不需長時間除霜的季節如冬季等，則視同一種多餘的耗能。因此，建議應採用需量控制方法，藉由蒸發器氣流速度降低或結霜厚度之偵測以判斷需啟動除霜時間，並且根據盤管溫度上升之偵測以控制除霜完成時間點，如此將可獲得節能之成效以及避免除霜過度或不足所造成之能源浪費或產品品質降低，其投資回收年限約在 3 年。

11.設置壓縮機回氣側之液氣冷媒熱交換器(LSHX)之節能原理為何？

答：本項節能技術如圖 5.2-7 示，設置壓縮機回氣側之液氣冷媒熱交換器，使蒸發器出口冷媒在進入壓縮機回氣口前先與冷凝器出口的液冷媒進行熱交換，如此可讓液冷媒進一步過冷，且使回氣冷媒過熱度增加，且因回氣冷媒管與周圍環境溫差變小，而降低回氣冷媒在管路上之無效熱得。

12.設置壓縮機回氣側之液氣冷媒熱交換器(LSHX)應注意那些事項及節能成效？

答：設置壓縮機回氣側之液氣冷媒熱交換器時，因為回氣冷媒之熱焓值變高，因此壓縮機之負載也會增加。本項技術之節能潛力依冷媒類型和運轉壓力條件不同而異，也有可能因為熱交換器之額外壓損而抵消所獲得之節能成效，因此應用前必須先進行審慎評估，低溫回氣側之液氣冷媒熱交換器投資回收年限約在 3 年。

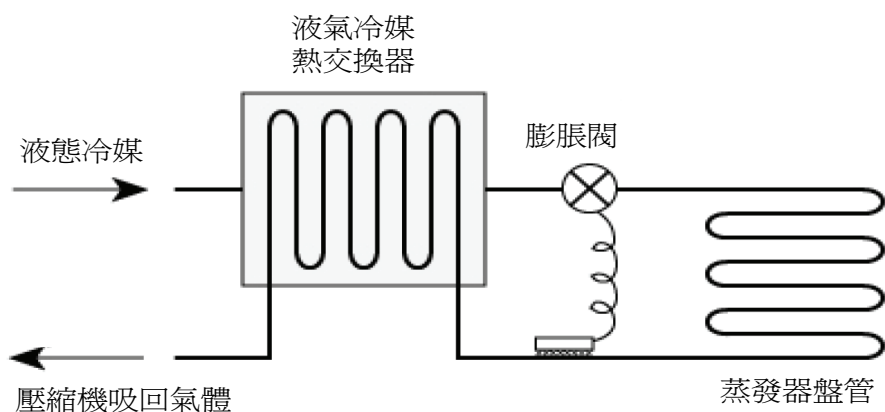


圖 5.2-7 壓縮機回氣側之液氣冷媒熱交換器之節能技術

13. 增加隔熱保溫性能之節能成效為何？

答：採用高性能之保溫材料或增加保溫厚度，可降低冷凍冷藏庫之熱得量，節省耗電。但對於開放展示櫃而言，因其主要之熱得是來自於引入周圍熱濕氣流以及周圍環境輻射熱，因此增加隔熱保溫性能對其節能成效比較小一些。

14. 冷媒管路長短對耗能之影響？

答：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 5.2-1。【7】

表 5.2-1 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)
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

15. 冷凍冷藏展示櫃之照明如何節能？

答：在很多冷凍冷藏展示櫃總用電當中，燈光照明也占相當高之比重，例如開放式展示櫃及密閉型手取式冷藏櫃(Reach-In Refrigerator)。建議採用高效率之燈管及電子式安定器，以降低照明用電及對冷凍庫所產生之熱負荷。

5.3 賣場濕度節能控制技術

1. 賣場濕度對冷凍冷藏系統之耗能有何影響？

答：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【10】。根據國外相關研究顯示，如表 5.3-1(ASHRAE Handbook)，以內差推估超市之環境氣溫在 21°C DB，65%RH 之下，會比 55%RH 時多出 13%之負載。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 5.3-1 所示【11】。

表 5.3-1 環境溫濕度差異對冷凍冷藏展示櫃產生負載變化(ASHRAE Handbook)

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	1.08	1.18	0.99	1.08	1.18
多層低溫	0.90	0.95	1.00	1.08	1.18	0.99	1.08	1.18
單層低溫	0.90	0.95	1.00	1.08	1.15	0.99	1.05	1.15

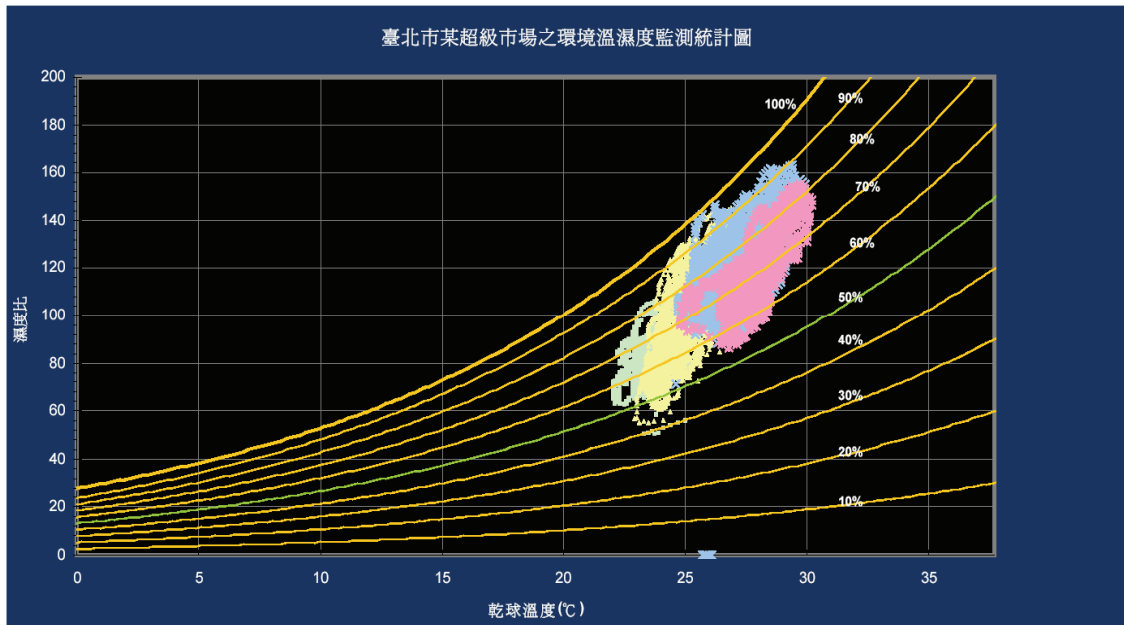


圖 5.3-1 某超級市場之 5~8 月賣場環境相對溫濕度監測統計【11】

2. 賣場濕度控制方法與節能成效為何？

答：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 5.3-2~圖 5.3-4 所示。傳統上台灣之超級市場設計，均未考慮賣場環境濕度控制，就台灣之熱濕氣候而言，經本研究分析，在賣場溫度 25°C 的控制條件下，以固體吸附除濕及利用冷凍系統熱回收再生固體吸附輪之方法，最佳相對溼度控制點為 60% 時，其建築節能達 19.22%

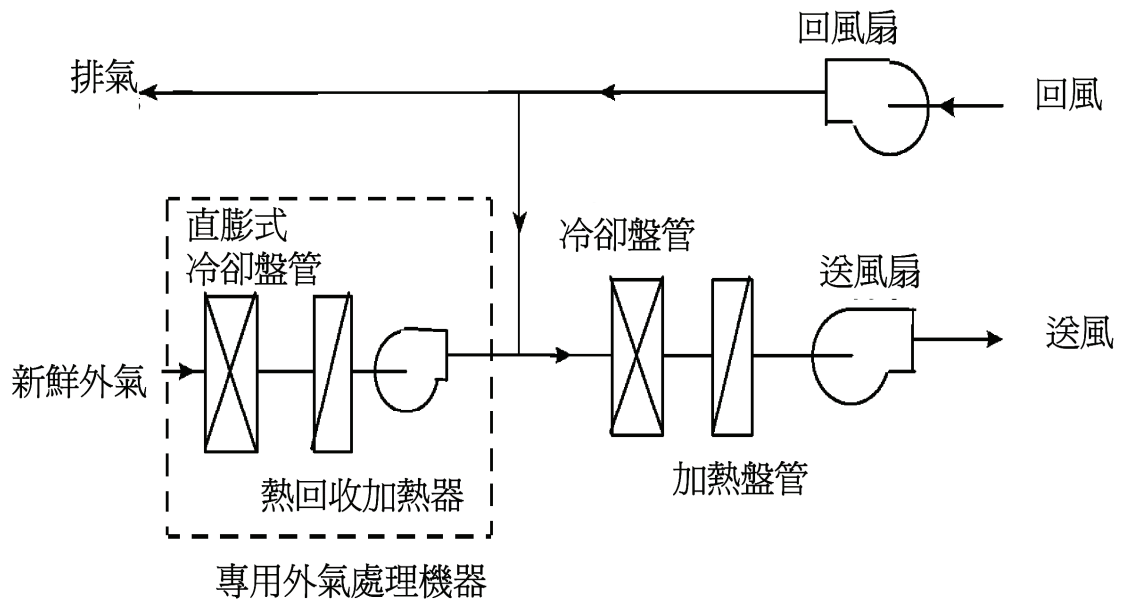
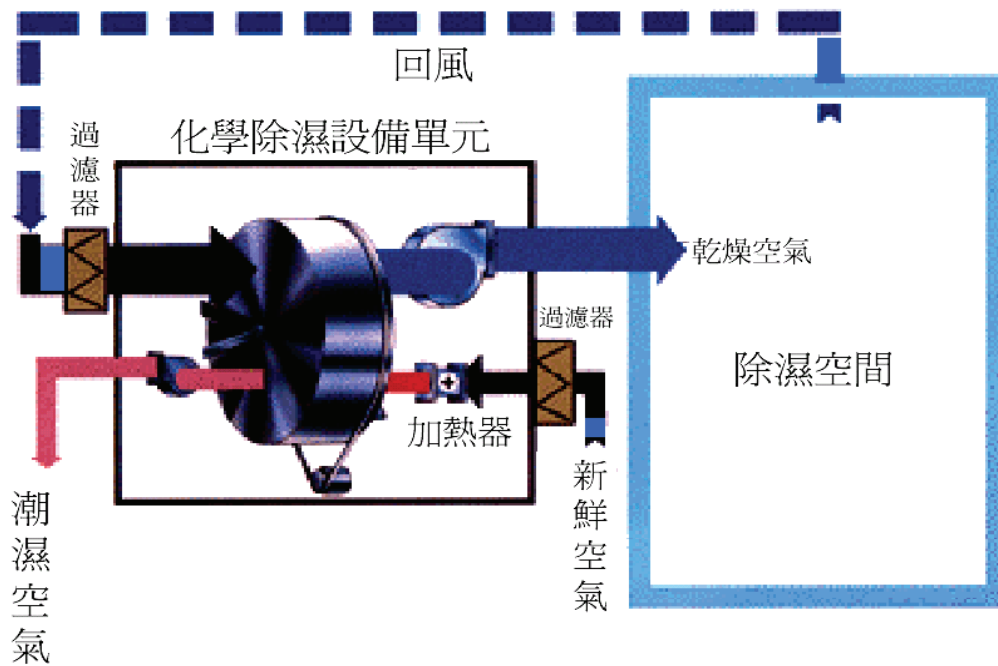


圖 5.3-2 外氣預冷熱回收再熱法控制相對濕度



資料來源：www.munters.com/products.nsf

圖 5.3-3 化學除濕法控制相對濕度

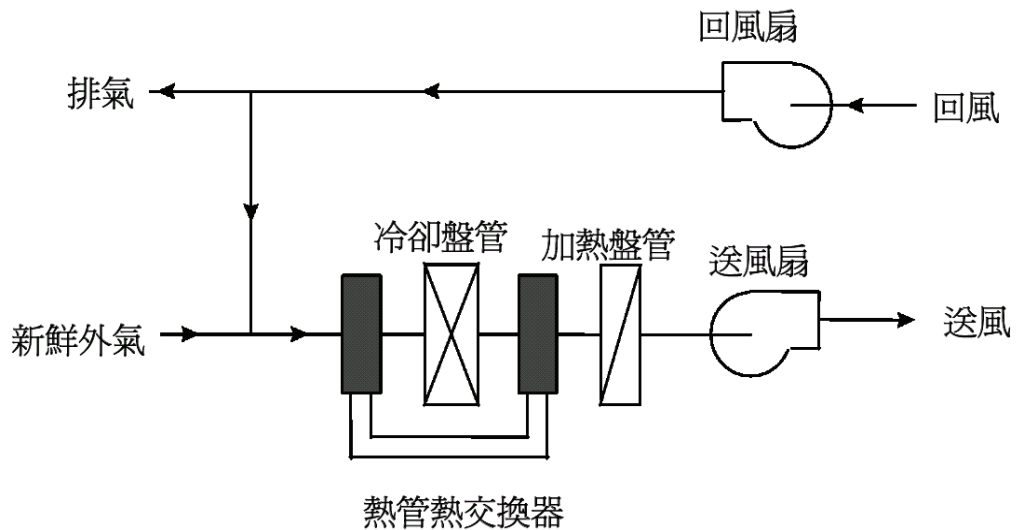


圖 5.3-4 熱管及熱回收再熱法控制相對濕度

3. 冷凍設備之耗能與環境溫濕度的關係為何？

答：冷凍設備之耗能與蒸發器之結霜有關係，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蒸發器結霜情況較嚴重，隨之增加冷凍系統之耗能。圖 5.3-5 為美國 ASHRAE 手冊中之比較圖【7】，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 5.3-6。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。

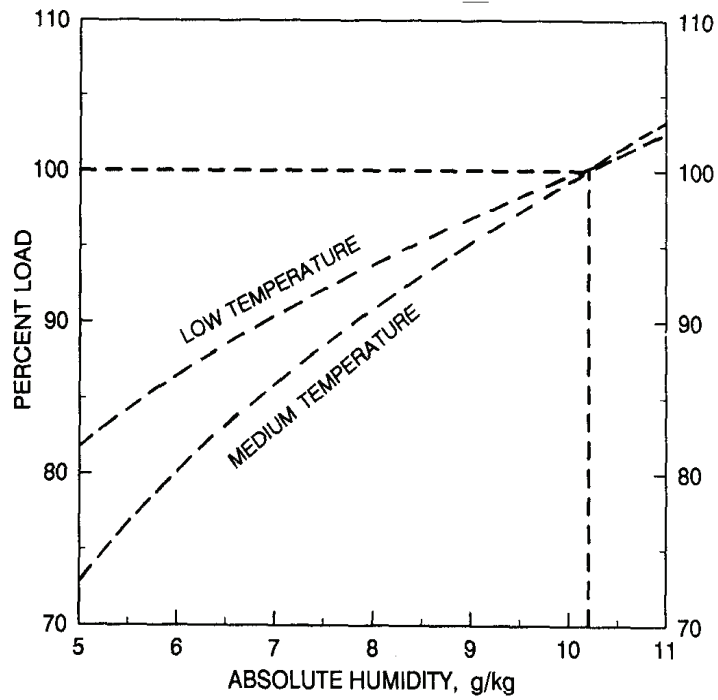


圖 5.3-5 冷凍系統耗能與濕度之變化【7】

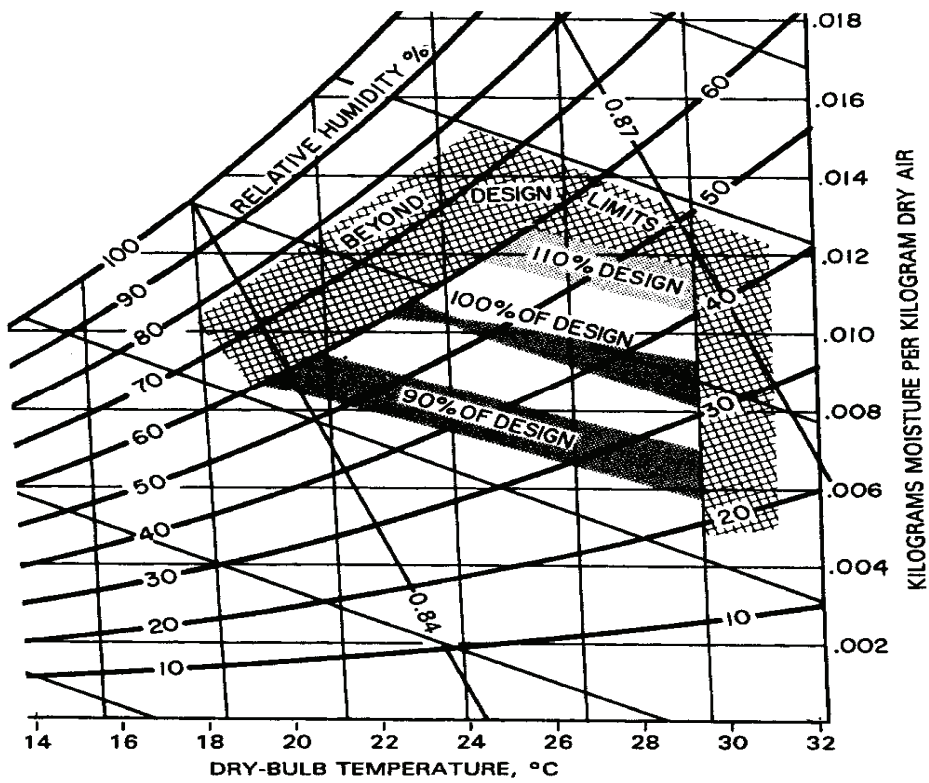


圖 5.3-6 開放式冷藏設備之負荷隨溫濕度之變化【7】

第六章、冷凍冷藏節能技術實際案例分析

本章主要介紹冷凍冷藏系統節能模擬評估與實際案例分析比對，讓用戶及業者了解冷凍冷藏節能技術方向及其節能潛力。

1.分析流程

依據台灣氣候特性，以提高能源使用效率之目的，進行實測研究與使用含有冷凍模組之 DOE-2 動態模擬程式，解析量販店各項耗能因子，建立九種不同空調除濕模式、四種不同冷凍系統並聯模式，分析賣場空間相對溼度對冷凍空調系統產生之效應，並結合各項節能手法達系統之最佳化之節能潛力，其分析流程如圖 6-1 所示。

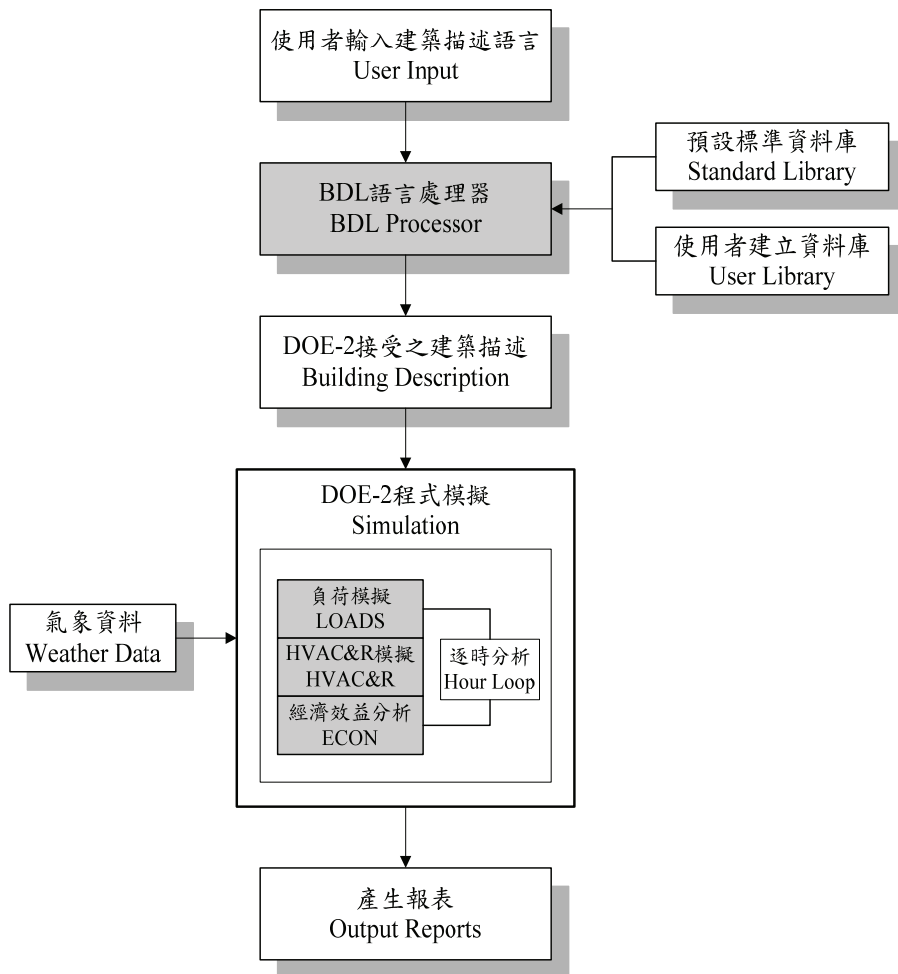


圖 6-1 DOE-2 冷凍冷藏節能技術動態耗能評估分析流程

2.分析案例

本分析案例為位於北部某大型量販店，如圖 6-2 所示，其為地下一層地上五層之建築物，總樓地板面積為 50,569m²，賣場面積為 13,234m²，停車場面積為 28,530m²，營業時間為上午 09:00 至下午 10:00 時。電力使用情形方面，目前該量販店供電電壓為 22.8kV/380/220V，契約容量為 1200kW，各項設備裝置容量與建築物理與設備如表 6-1 所示。

營業時間為上午 10 點至下午 10 點、賣場設定溫度為 24°C、外牆 U 值為 2.84 W/m²K、內牆 U 值為 2.95 W/m²K、屋頂 U 值為 1.42 W/m²K、賣場位於建築物 1、2、3 樓，其他樓層為停車場。經調查後賣場照明密度為 59.2 W/m²、人員密度為 9.29 m²/人、冷凍設備包含了有展室櫃、冷凍庫、作業室等，詳細調查值，如表 6-1~表 6-3 所示。

本案例冷凍冷藏系統可分為三組獨立之系統，其中一組負責蒸發溫度較高之冷藏展示櫃與冷凍庫，其壓縮機組為 30hp×5 並聯運轉，高溫段冷凍系統如圖 6-3 所示，其餘兩組系統負責溫度較低之冷凍臥櫃與冷凍庫等，其壓縮機組均為 20hp×4 並聯運轉，低溫段冷凍系統如圖 6-4 所示。

實際量測建築之各設備用電比例%、夏月(6 月、7 月)最大尖峰日負載、及 EUI(kWh/m².yr)與 DUI(W/m²)值耗電統計，如圖 6-5~圖 6-8 所示，其中照明及其他用電占 66%，空調耗電 21%、冷凍冷藏耗電 13%。冷凍冷藏區監測點溫溼度逐時平均散佈如所示圖 6-9，由該量測結果顯示，全年賣場有相當多的時間處於高濕度，少部分時間屬於低濕度，因此冷凍冷藏之防汗電熱與除霜時間常常處於高耗能運轉。

本評估案例之模擬值與實際值比對結果如圖 6-10 所示，顯示本評估計算之具有相當可靠度。

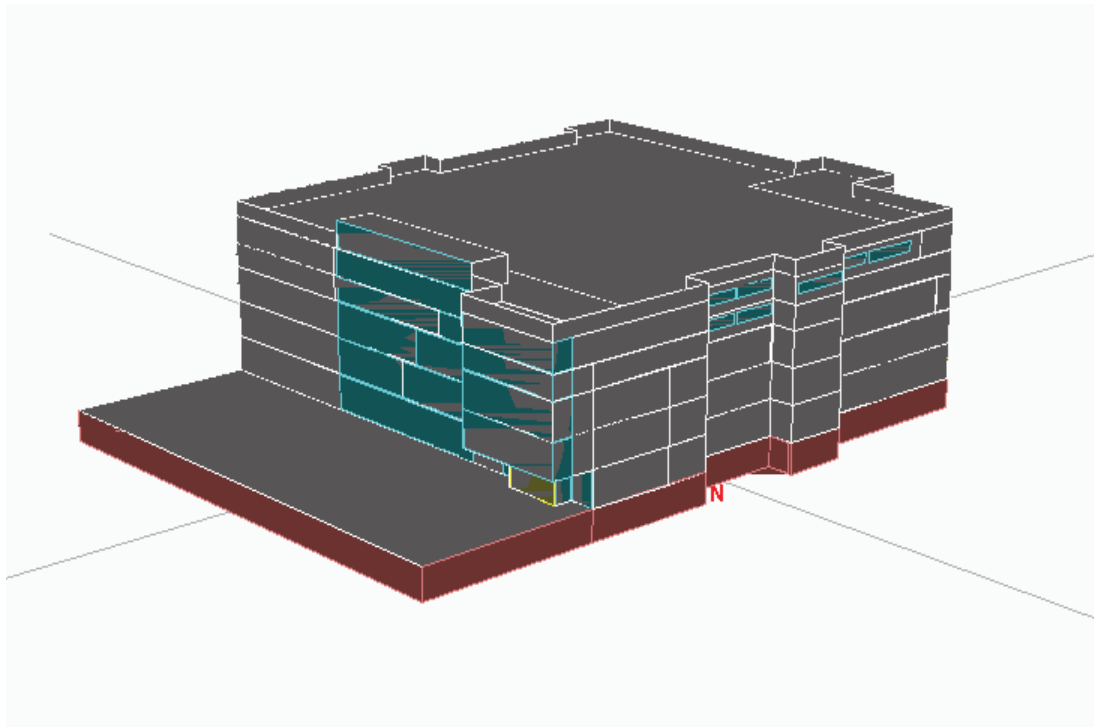


圖 6-2 案例之電腦耗能與節能評估模擬建築模型

表 6-1 案例建築物理與設備調查表

項目	數量單位	項目	數量單位
總面積(m ²)	50569	空調設備容量(kW)	1140
使用面積	22039	空調主機容量(RT)	600*2 離心式
樓層數	地上 5 地下 1 層	冷卻 PUMP (hp)	50*3
營業時間	09:00-22:00	冰水 PUMP (hp)	60*3
供電電壓(kV)	22.8	空調箱(hp)	340
契約容量(kW)	2500	照明設備容量(kW)	1217
環境氣溫(°C)	24	電扶梯(kW)	15 部*5.5
相對溼度(%)	68	電梯(kW)	5 部*20
二氧化碳濃度(ppm)	710	DUI 耗能指標(W/m ² month)	121.14
照度(Lux)	800	EUI 耗能指標(kWh/m ² month)	58.24
冷凍設備(hp)	30*5	冷凍設備(hp)	22*8

表 6-2 冷凍展示櫃裝置量

使用形態	圖面代號	溫度範圍 °C	QTY	Total Cap (BTU/h)	除霜時間 (6 次 30 分)
蛋糕櫃	S2	-2~2	1	8532	2 點開始
蛋糕櫃	S3	-2~2	1	8532	2 點開始
生魚片櫃	S1	-2~2	1	14762	2 點開始
冰淇淋	G5	-18~-20	1	10750	0 點開始
	G10		1	10750	1 點開始
冷凍食品	G3;G4	-22	2	21500	0 點開始
	G8;G9		2	21500	1 點開始
冰淇淋	F2;F3;F4	-22	3	32250	0 點開始
冰淇淋	F7;F8;F9	-22	3	32250	1 點開始
冷凍食品	G2;G7	-22	2	14333	1 點開始
冷凍食品	G1;G6	-22	2	6143	1 點開始
冰淇淋	F1;F5		2	6143	0 點開始
	F6;F10		2	6143	1 點開始
日配低櫃	E2;E3;E4;E5;E8;E9	2~6	6	68572	0 點開始
日配低櫃	E7;E10	2~6	2	15698	0 點開始
日配低櫃	E1;E6	2~6	2	15698	0 點開始
日配	D3;D4;D5;D6;D7	2~6	5	95536	1 點開始
日配	D10;D11		2	38214	1 點開始
日配	D2;D8;D9	2~6	3	38905	1 點開始
日配	D1	2~6	1	9552	1 點開始
精肉立櫃	C2;C3	-2~2	2	42992	3 點開始
精肉立櫃	C1	-2~2	1	14329	3 點開始
精肉矮櫃	B1;B2	-2~2	2	10238	3 點開始
蔬果	A3;A4;A5;A7;A8	5~8	5	83611	不需除霜
蔬果	A6;A9	5~8	2	23206	不需除霜
蔬果	A1;A2	0~5	2	23206	不需除霜

展示櫃

表 6-3 冷凍庫與作業室裝置量

冷凍庫	使用形態	圖面代號	溫度範圍 °C	QTY	Total Cap (BTU/h)	除霜時間 (6次 30分)
	水產冷凍庫	J3;J3	-20	2	27778	2點除霜
	精肉冷凍庫	J4;J4	-20	2	27778	2點除霜
	熟食冷凍庫	J5	-20	1	16270	2點除霜
	日配冷凍庫	J1;J1;J;J1	-20	4	65080	2點除霜
	烘培冷凍庫	J2	-20	1	16270	2點除霜
	日配冷凍庫	I1;I1;I1	0	3	57143	2點除霜
	烘培冷凍庫	I2	0	1	19048	2點除霜
	水產冷凍庫	I3;I3	0	2	28770	2點除霜
	精肉冷凍庫	I4;I4	0	2	27778	2點除霜
	熟食冷凍庫	I5	0	1	19048	3點除霜
	蔬菜冷凍庫	I6	5~8	1	19048	不需除霜
	青果冷凍庫	I7	5~8	1	19048	不需除霜
	作業室	使用形態	圖面代號	溫度範圍 °C	QTY	Total Cap (BTU/h)
精肉作業室		P1	14~18	1	19345	不需除霜
青果作業室		P2	14~18	2	38691	不需除霜
鮮魚作業室		P3	14~18	1	19345	不需除霜

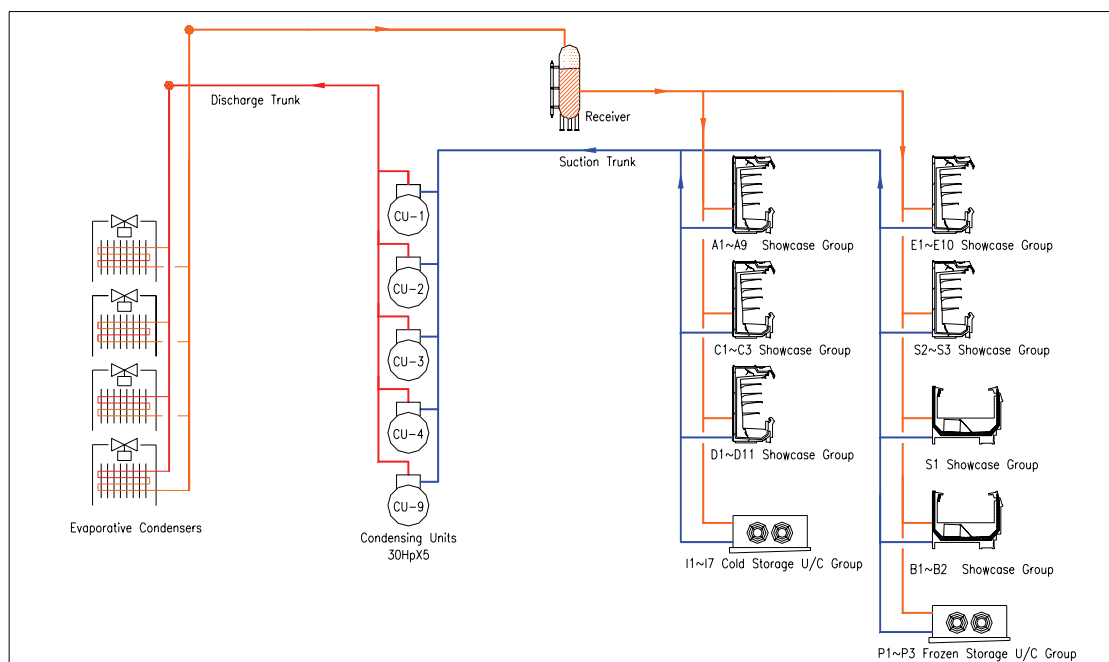


圖 6-3 高溫段冷凍系統圖

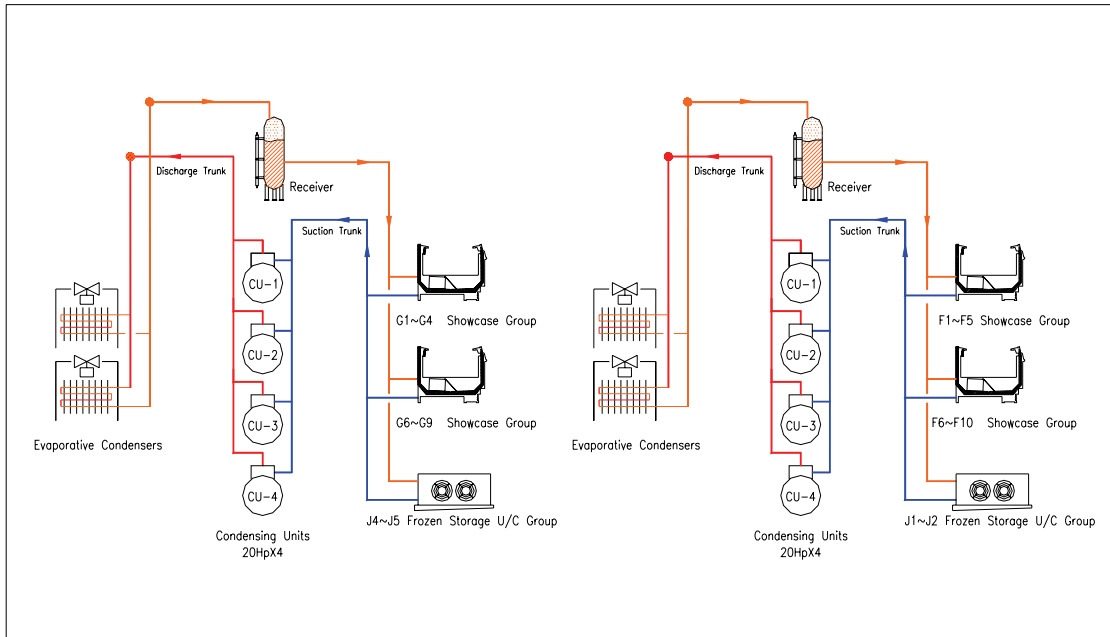


圖 6-4 低溫段冷凍系統圖

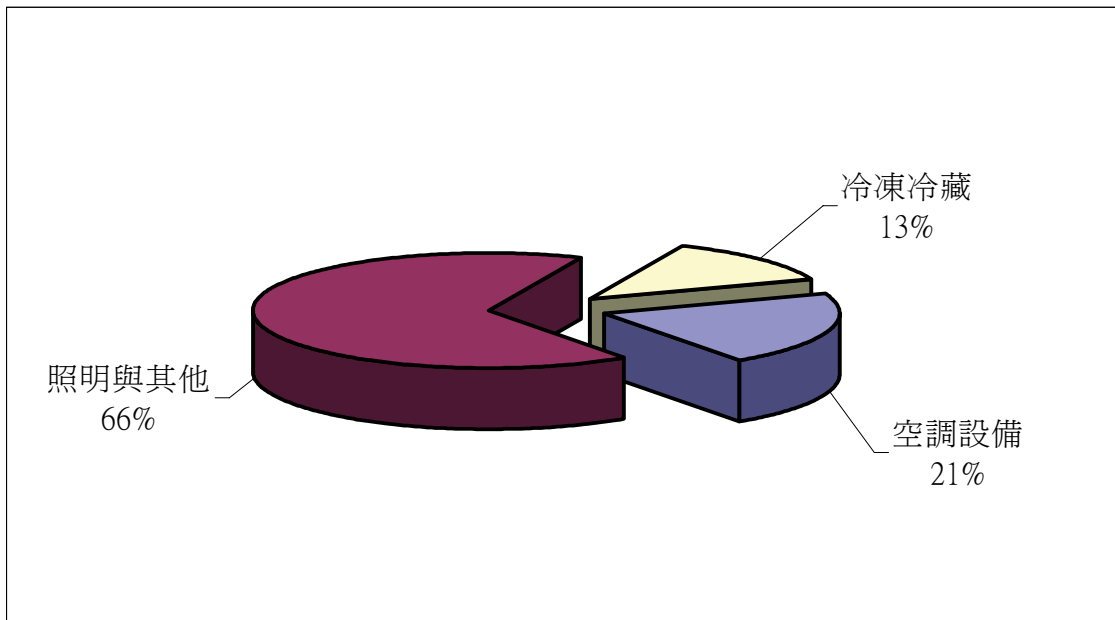


圖 6-5 量販店各設備用電比例

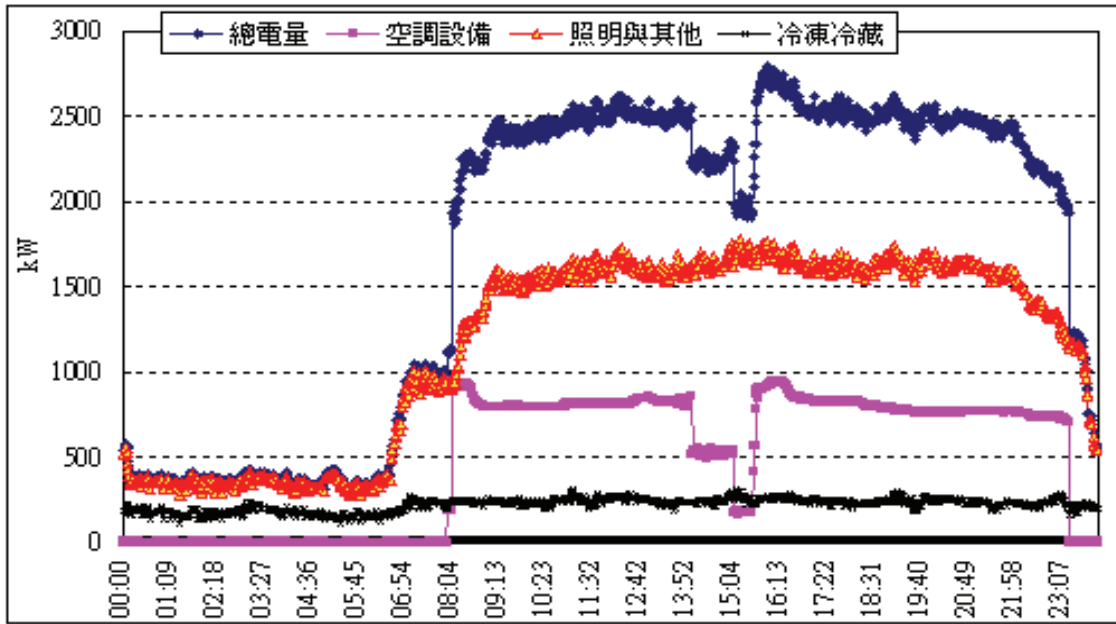


圖 6-6 六月及七月 24 日最大尖峰日負載圖

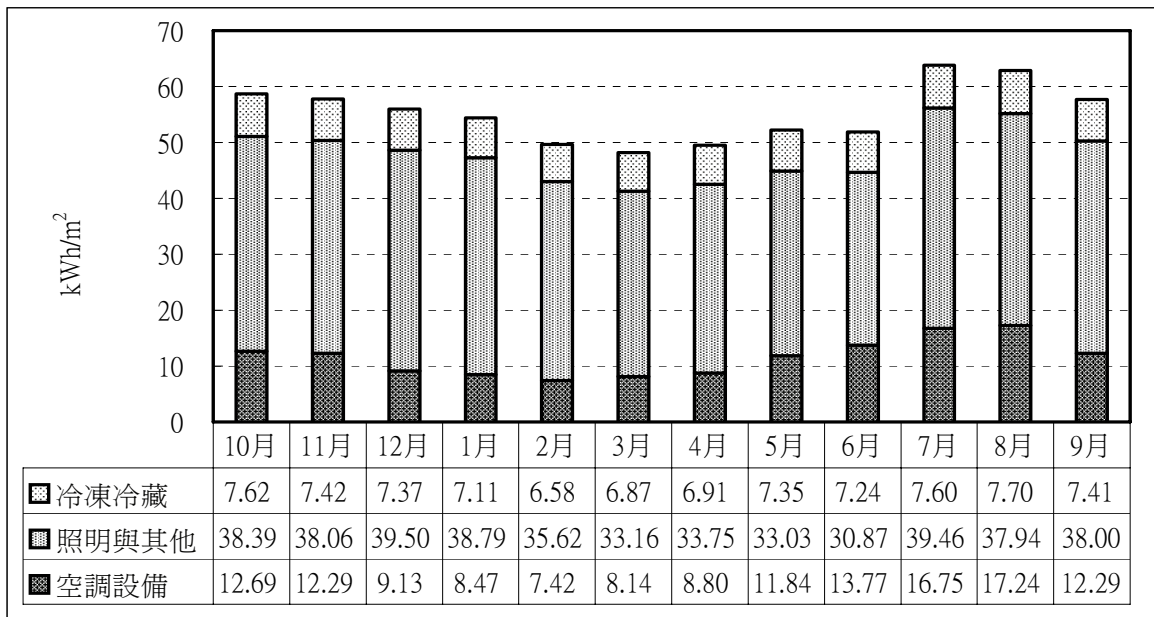


圖 6-7 量販店各項設備 EUI 值

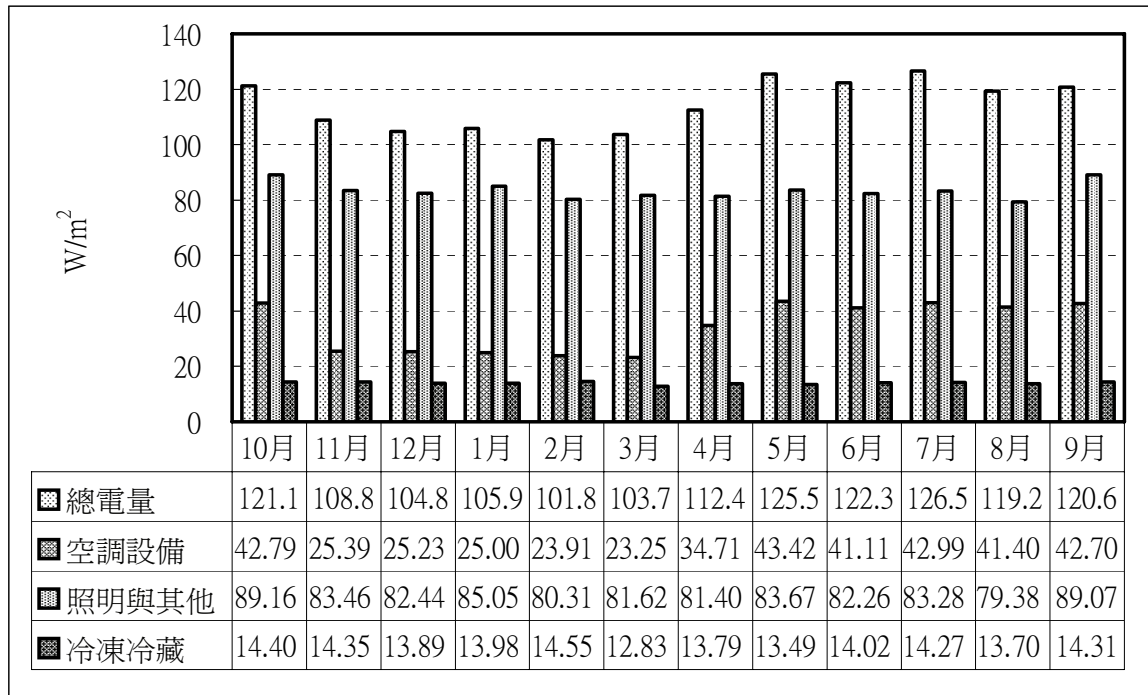


圖 6-8 量販店各項設備 DUI 值

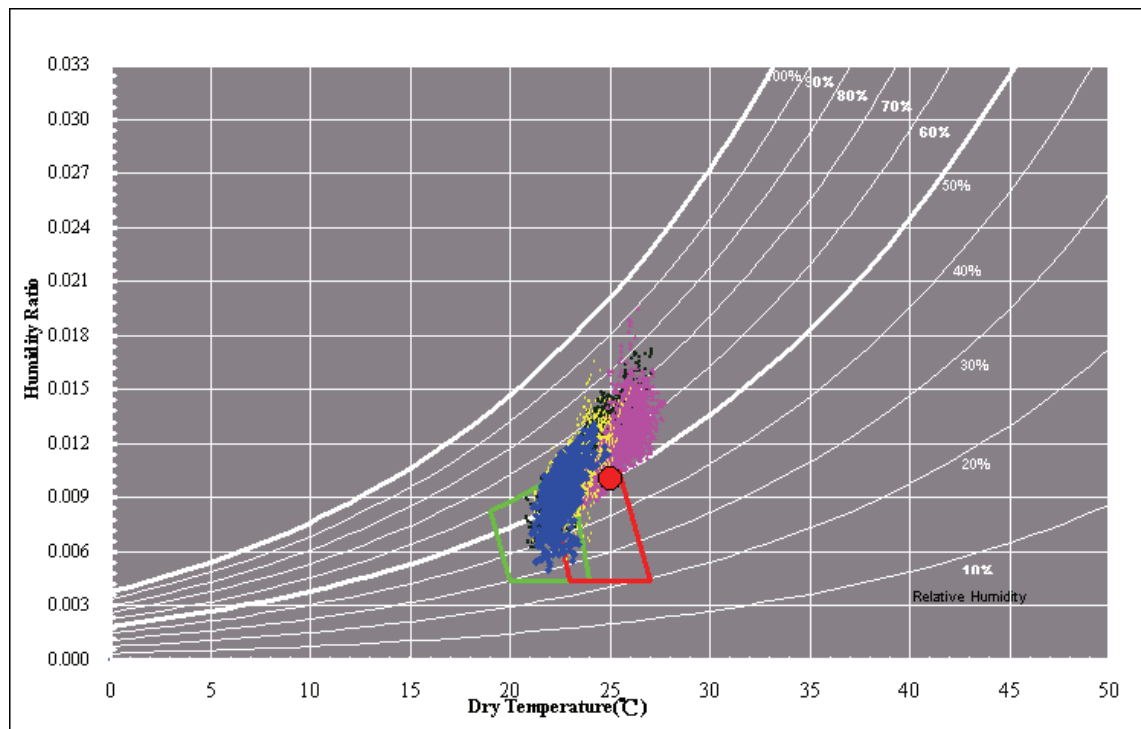


圖 6-9 冷凍冷藏區監測點溫溼度逐時平均散佈圖

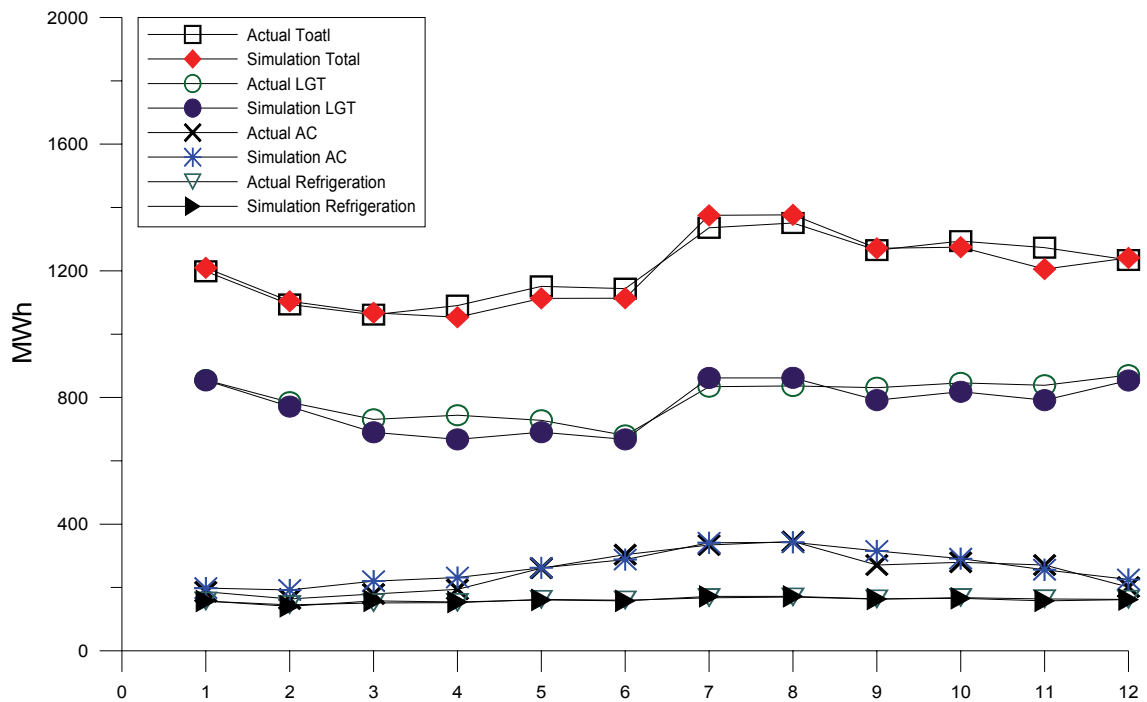


圖 6-10 案例模擬值與實際值比對

3. 評估探討除濕方式

本評估探討之除濕方式為冷卻除濕法與固體吸附除濕法（圖 6-11），在相對溼度模式控制模式時，模擬生鮮區(含有開放式展示櫃)賣場空調設定溫度 24°C，空調系統設有再熱盤管或再熱電熱絲，即當除濕導致空調出風溫度低，則再熱設備就需控制出風溫度以防止賣場空間溫度過低，賣場溫度最低限制於 20°C。考慮九種不同狀況之除濕模式，如表 6-4 所示，其中之熱回收盤管再熱係指由冷凍系統高壓段高溫氣體冷媒經冷媒-水熱交換器，再由熱水泵送至空調機之熱水盤管。本節將針對不同除濕模式之空調設備、冷凍設備及建築總耗電量作分析。

綜合上述 9 種不同賣場相對溼度控制之節能技術分析，各種模式之建築總耗能如圖 6-12、圖 6-13 所示，所有除濕模式最耗能的是 A1、B1

及 C1，B1 及 C1 具有展示櫃除霜防汗機制，但耗能程度仍大，其中主要關鍵在於電熱再熱之耗能量相當大，要控制大型量販店生鮮區賣場相對溼度，其再熱量需求大，若使用電熱再熱其建築節能效果差。最節能之除濕模式依序為 C3、B3、C2、B2，最節能的相對溼度設定點會因除濕模式之不同而有所差異，由模擬結果可知在 C3 除濕模式（固體除濕）相對溼度控制點為 55% 時節能潛力為最大，全年建築總耗能可下降 3.49%，冷凍設備耗能下降 25.23%。

本評估分析以典型之量販店為分析案例，綜合歸納電力監測、調查設備使用情形、建築物理環境量測等詳細建築描述作為電腦模擬基礎，藉由電腦模擬改變各項耗能因子與節能技術設定求得，如表 6-5 之分析結果。

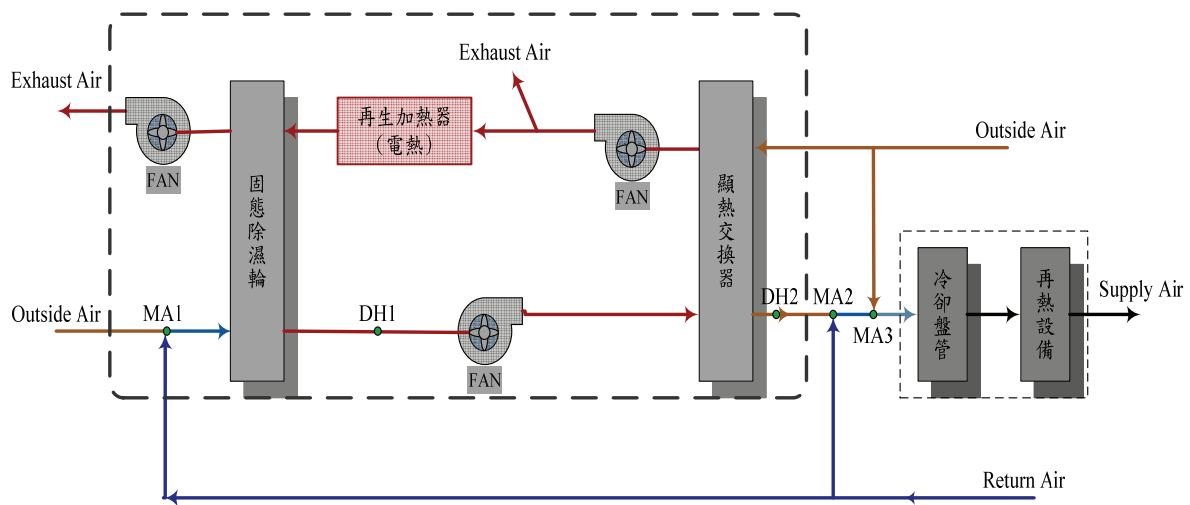


圖 6-11 DOE-2 固體除濕模組系統流程圖

表 6-4 不同空調除濕模式說明

冷卻除濕法 (電熱器再熱)		冷卻除濕法 (熱回收盤管再熱)		固體吸附除濕法 (熱回收盤管再熱)	
A1	A2	A3	無除霜及防汗控制		
B1	B2	B3	具除霜及防汗控制,送風溫度最低12.7℃		
C1	C2	C3	具除霜及防汗控制,送風溫度最低11.4℃		

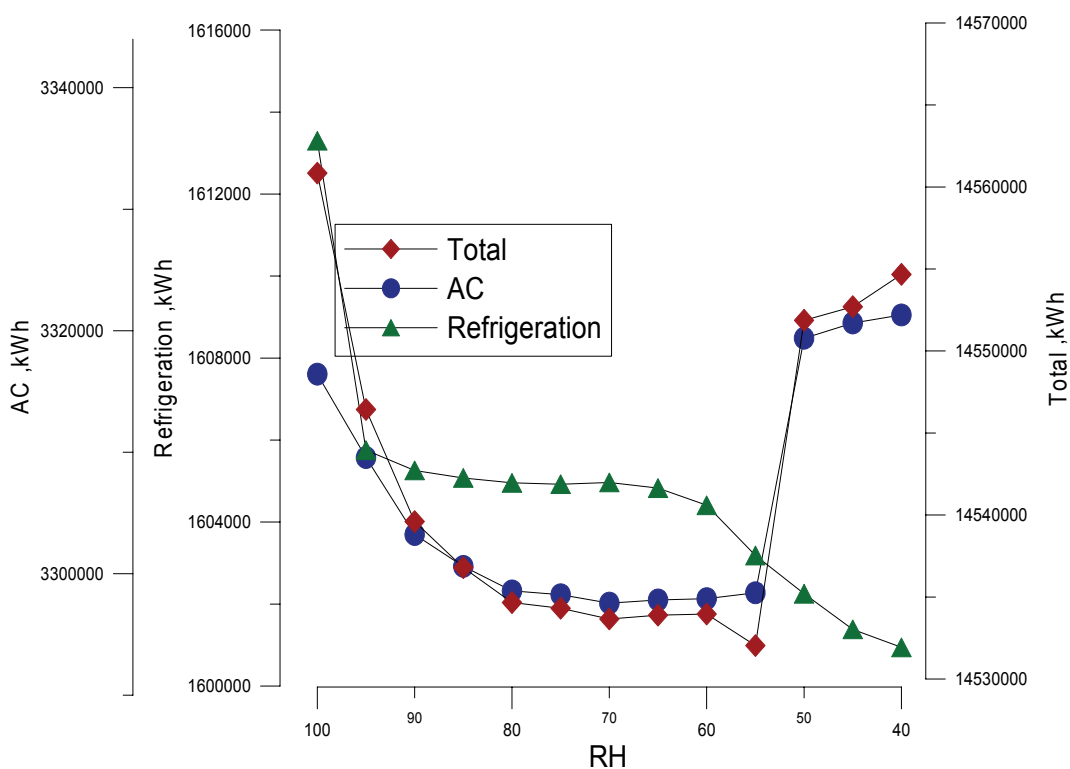


圖 6-12 除濕模式 C3 於賣場溫度 24°C 及不同相對溼度設定之耗能

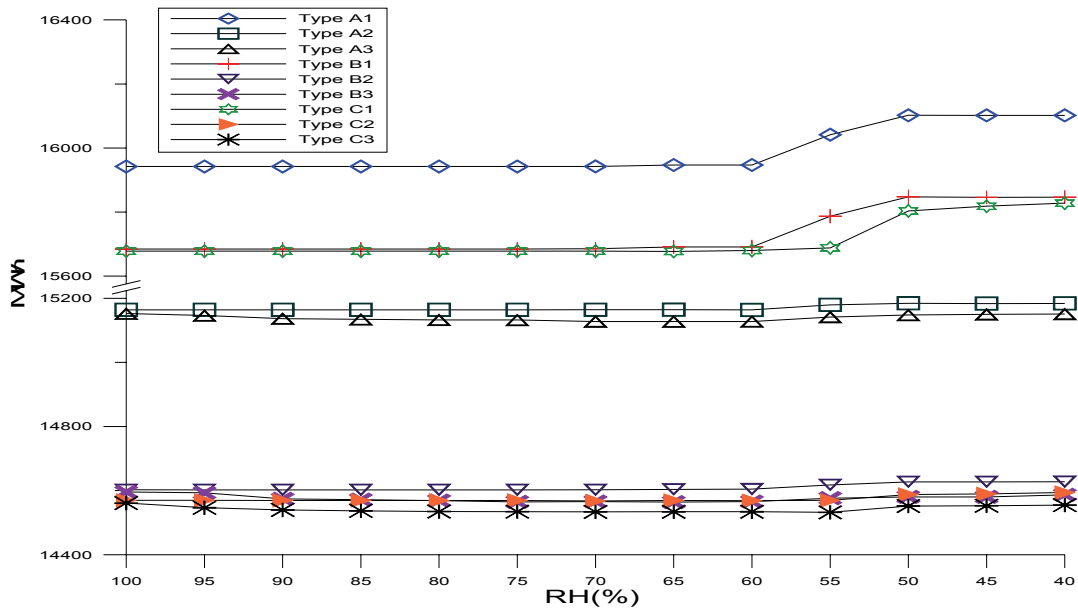


圖 6-13 模擬各種空調除濕模式在不同相對溼度之建築總耗能

表 6-5 量販店節能潛力分析總表

項目	節能手法	節能潛力		
		空調	冷凍	全建築
照明設備	降低照明用電密度 20W/m ²	27.62%	0.93%	38.33%
空調系統	改善冰水主機效率 COP 為 6	6.75%	0.00%	1.41%
	採用變風量空調系統	14.92%	-0.16%	3.23%
	採用變水量空調系統	8.90%	0.00%	1.85%
	外氣需量由人員密度做控制	6.53%	-0.03%	1.36%
冷凍系統	展示櫃電熱定溫除霜	0.00%	14.09%	1.91%
	展示櫃電熱定溫 Demand 除霜	0.00%	14.34%	1.95%
	展示櫃熱氣定溫	0.00%	15.05%	1.96%
	降低 30%展示櫃洩漏氣流	-0.41%	7.05%	0.87%
	展示櫃蒸發器採用高效率風扇	0.00%	1.44%	0.19%
	展示櫃採用 T8 照明燈具	0.02%	3.31%	0.45%
	蒸發式冷凝器風扇控制 Two Speed	0.00%	2.69%	0.37%
	蒸發式冷凝器風扇變頻控制	0.00%	3.29%	0.45%
	展示櫃防汗電熱控制	0.11%	8.15%	1.13%
綜合節能技術	照明與空調等 5 種節能技術	59.40%	0.18%	45.02%
賣場溼度控制	C3 除濕模式 RH 為 55%	0.30%	25.23%	3.49%

第七章、冷凍冷藏系統節能措施實例相片

本章主要舉例國內商業冷凍冷藏系統已採用之節能設備與措施實例，讓用戶及業者了解學習及參考。【3】

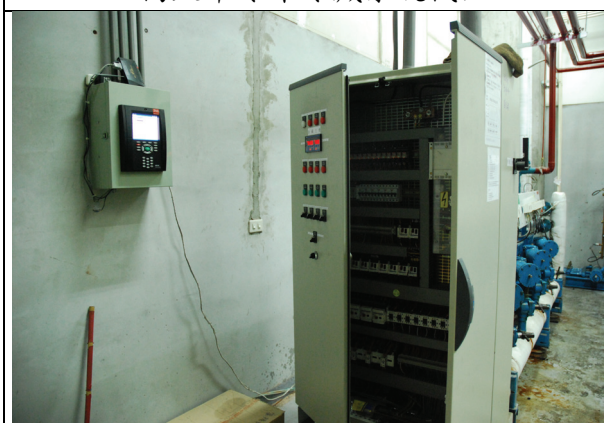
1.量販店冷凍冷藏系統實景



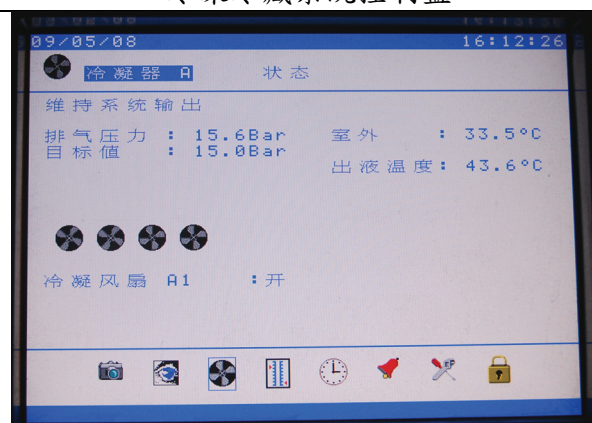
高效率冷凍冷藏系統機組



冷凍冷藏系統控制盤



冷凍冷藏系統控制盤及監控系統



冷凍冷藏系統監控系統畫面

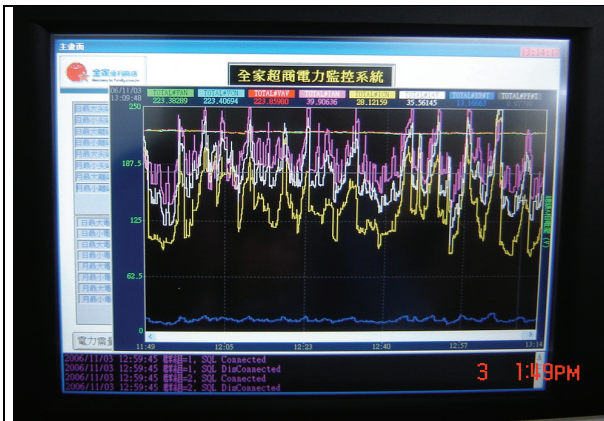


冷凍冷藏主機熱回收
熱水儲水桶與保溫管路



高效率密閉式冷凍展示櫃

2.便利商店冷凍冷藏系統實景



電力節能監控系統



空調及冷凍冷藏變頻主機



冷藏主機散熱器熱源外移



高效率開放式乳品飲料冷藏櫃



多門飲料冷藏櫃玻璃門裝置
除霧濕度感應控制器



單門飲料冷凍冷藏展示櫃採用 LED 燈



臥式密閉式冷凍展示櫃
3 馬力變頻控制系統(R404A)



高效率省能展示櫃
7.5 馬力變頻控制系統(R22)

3.超市冷凍冷藏系統實景



密閉式冷凍櫃



冷凍冷藏機組與散熱器



開放式冷藏展示櫃



加蓋式冷凍臥櫃(1hp)

第八章、國內外冷凍冷藏節能研究與推廣

本章主要介紹工研院能環所對冷凍冷藏系統變頻主機、除霧、展示櫃、冷凍庫、熱回收等節能研究成果推廣案【12】。

1. 四門後補式展示櫃定頻改為變頻節能效果為何？

答：四門後補式展示櫃原為定頻主機耗電 18.0 kWh，改採 2 馬力變頻控制系統耗電降低至 14.7 kWh，省能約 20%。並且櫃溫量測較低且穩定，如圖 8-1 所示。

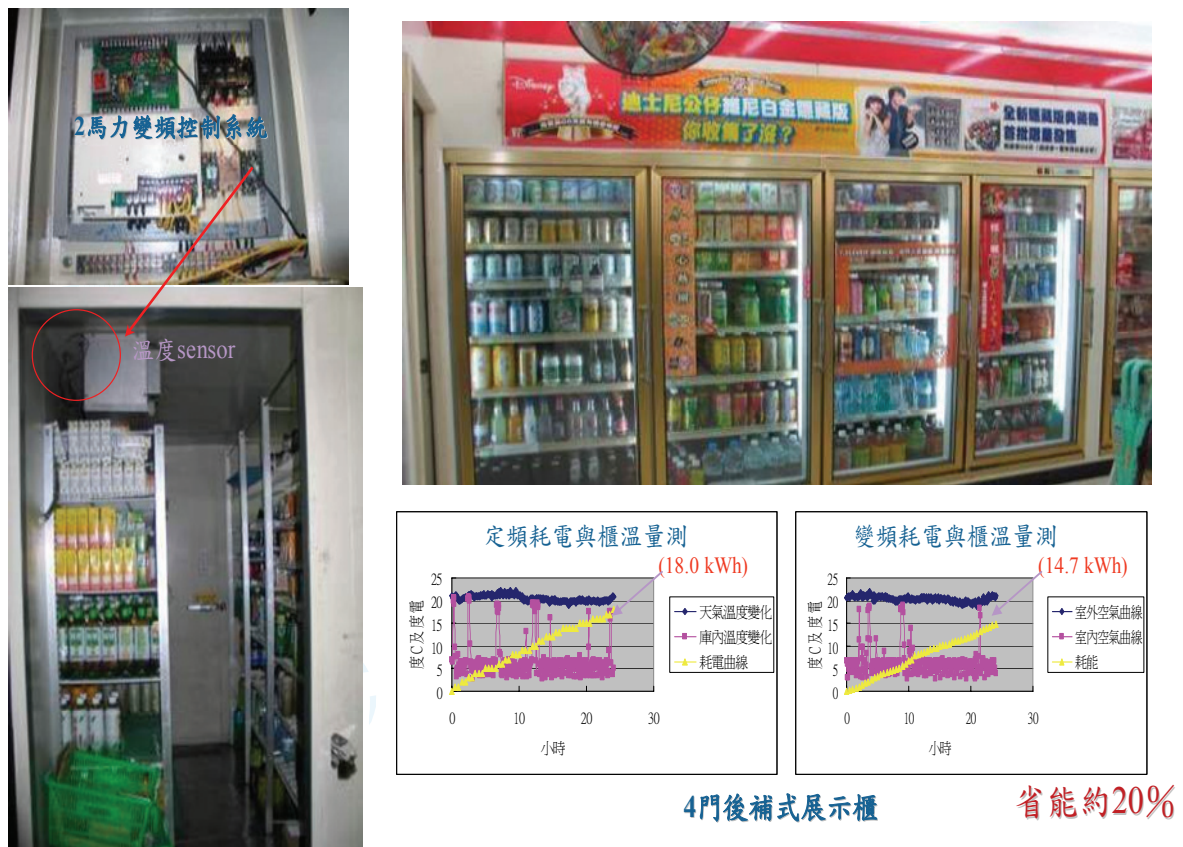


圖 8-1 展示櫃採用變頻控制系統

2.五門後補式展示櫃及 1 對 5 開放展示櫃定頻改為變頻節能效果為何？

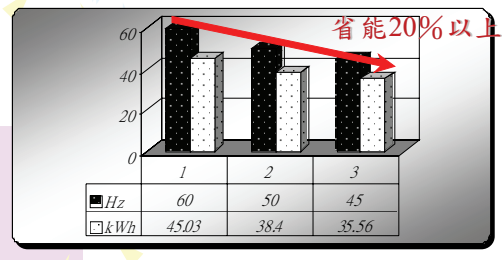
答：五門後補式展示櫃及 1 對 5 開放展示櫃原為定頻壓縮機，分別改採 7.5 馬力及 3 馬力變頻控制系統耗電降低，省能約 25% 以上，如圖 8-2 所示。



圖 8-2 展示櫃採用變頻控制系統

3.一對三高效率共用主機展示櫃節能效果為何？

答：開放展示櫃採用 3 馬力變頻控制系統，採簡易式三段之頻率(45/50/60 Hz)切換控制策略，主要設定控制方式是當展示櫃負載降溫至設定溫度以下時，則切換成低頻率運轉，以達到省能效果其結果耗電降低，省能約 20% 以上，如圖 8-3 所示。



1. 採簡易式三段之頻率(45/50/60 Hz)切換控制策。
2. 主要設定控制方式是當展示櫃負載降溫至設定溫度以下時則切換成低頻率 運轉，以達到省能效果其結果

圖 8-3 一對三高效率共用主機展示櫃採用變頻控制系統

4.開放臥式冷凍冷藏展示櫃如何節能操作？

答：舉例某量販店開放臥式冷凍冷藏展示櫃夜間商品回冷庫，設備關掉，白天也可不必除霜。目前礙於人力及處所，只用於高級、高單價之少量商品，如圖 8-4 所示。



圖 8-4 開放臥式冷凍冷藏展示櫃

5.開放式展示櫃之熱負荷為何？

答：要提升開放式冷凍冷藏櫃效率先要了解其熱負荷如下圖 8-5 所示，
Q1 除霜(Defrost)、Q2 滲透風潛熱(Infiltration latent)及滲透風顯熱(Infiltration sensible)、Q3 輻射(Radiation)、Q4 頂蓋和後方傳導(Conduction, Roof and rear)、Q5 底部(Conduction gables)、Q6 外部照明(Light external)、Q7 內部風扇(Fan internal)、Q8 內部照明(Light internal)。

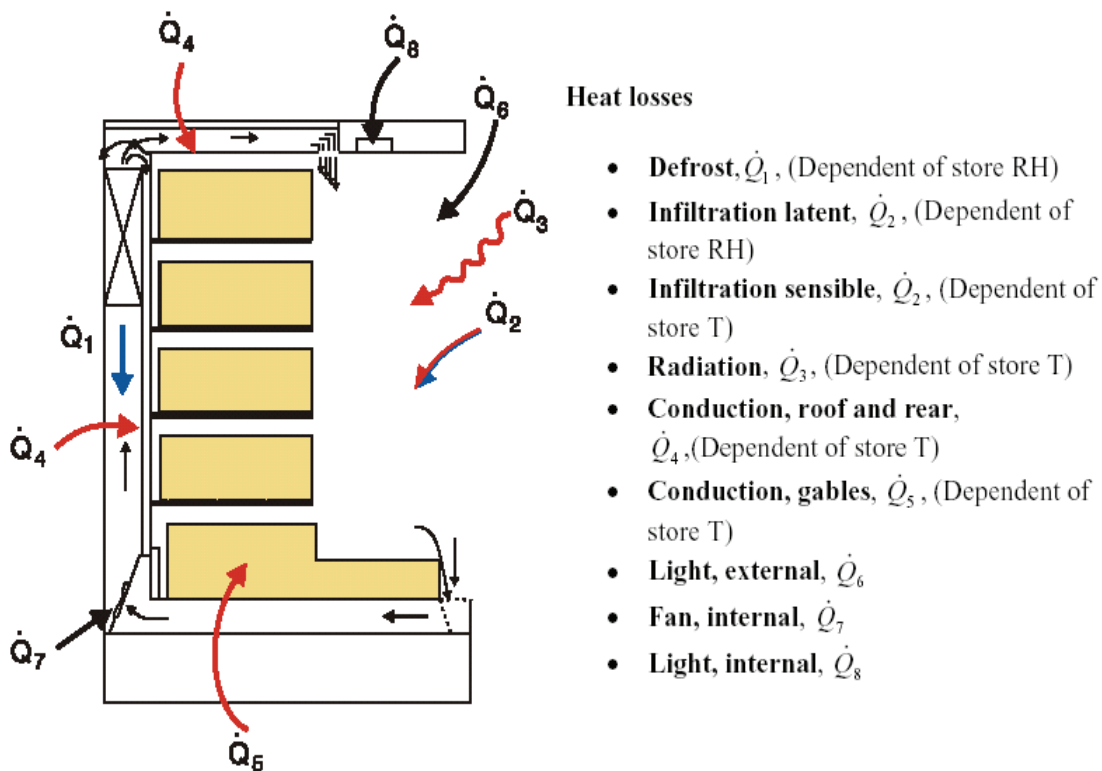


圖 8-5 開放式展示櫃之熱負荷

6.開放式展示櫃如何節能操作？

答：開放式展示櫃一般採出風口溫控，設定會比商品低 4 度，以彌補展示櫃的開放散失。當夜間夜簾拉上，開放散失減少，就會造成回風及商品溫度過低，故可加置夜間節電夜簾及溫控，如圖 8-6 所示。有些用戶採自動調溫(似冷氣的睡眠裝置) 有些採加置回風口溫控。



圖 8-6 開放式展示櫃加置夜間節電夜簾及溫控

7.後補式冷藏飲料展示櫃除霧控制省能技術？

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

某便利商店之冰箱除霧原採電熱除霧電熱絲，常 ON 運轉每天耗電 17 度電，2004 年起導入工研院合作開發之 Walk in（後補式）冰箱門框除霧電熱節電控制器，如圖 8-7 所示的智慧型的防霧控制裝置，高濕時才通電加熱，可節電。以流動電費 1.69 元/度計算，改善 2,000 家計，可節省電費 1,816 萬元，每家省 0.9 萬元，投資費用約

4,000 元/家，投資約 5 個月回收。【13】

此智慧型的防霧控制裝置【12】，它能利用濕度偵測器偵測玻璃門及箱體上的霧氣，再將訊號送至微處理器與預先所設定的結露頻率，除霧終止頻率進行運算比較。適時地控制除霧電熱的啓閉來達到省電的目的。

如圖 8-7 所示之濕度偵測器 (SENSOR) 為純金電鍍製作，絕不氧化及失去光澤，準確性高且經久耐用。

省電率的計算方法，是以除霧線的通電時間為基準來計算的，因此在測試時有另一組線可直接外接測試記錄器，以量測實際的電力使用量。

便利商店五門後補式飲料展示櫃安裝的位置可直接固定於線槽內，濕度偵測器 (SENSOR) 則粘貼於門扉即可。



圖 8-7 冷凍冷藏展示櫃智慧型電子防霧省電器(例)

8. 冷凍冷藏區域庫門雙廉 PVC 門簾效益如何？

答：冷凍冷藏食品區域庫門開門之換氣熱損失，占全負荷約 60%，因此建議裝置雙廉 PVC 門簾減少外氣侵入，如圖 8-8 所示。



圖 8-8 冷凍冷藏食品區域倉庫門雙廉 PVC 門簾

9. 冷凍冷藏主機熱回收效益評估如何？

答：舉例某本北部量販之生鮮作業區熱水器相關資料【12】

(1) 改善前熱水耗能：

A. 烘焙區電熱水器：容量 45 公升，用電單相 220V，耗電 4kW(推估熱水供應量 70L/hr，水溫約 40~45 °C)。

B. 肉品區：與烘焙區相同。

C. 熟食區熱水器：

a. 天然瓦斯熱水器 1 台(出水量 9 L/min=540 L/hr，耗瓦斯量 19,000 kCal/hr($540\text{L/hr} \times (55-20)^\circ\text{C} = 18,900 \text{ kCal/hr}$)，瓦斯爐效率低。

b. 瞬間電熱水器 1 台，用電單相 220V，熱效率 96%，耗電 9.9 kW，水壓 0.5~3 kg/cm²。

D. 每年能源耗用(電熱+瓦斯)共 26.5 萬元。

(2) 經熱能回收節能評估及改善後：

A. 冷凍冷藏主機規格：為水冷式冷凝主機

冷凍主機 30hp-Bitzer 6G30. 2Y (5 台壓縮機)維持 3 台運轉

冷藏主機 35hp-Bitzer 6H35. 2 (4 台壓縮機)維持 3 台運轉

B. 主機熱回收器規格：

冷凍主機熱回收器 20RT/hr

冷藏主機熱回收器 40RT/hr

C.熱水儲水桶容量為 2000L(容量設計可依需求量擴充)

D.熱回收效益評估：目前實測(2/14~2/21)熱水用量 8 噸/天及水溫維持 55-60°C(≥55°C)，回收率 31.6%。(回收率隨補給水、外氣環境與主機運轉時間而異)。

E.維護費用(pump 與 water filter 須定期維護)約 5 萬元/年

F.熱回收系統:節能 3~5%、回收年限:2 年

(3)系統改善優點：

電熱與瓦斯方式其供水無法如熱回收系統穩定、安全與衛生；本系統保守估計 2 年以內將可回收所有製造成本，每年至少帳面上即刻節省 20 萬元，以及其他使用熱水之便利性與附加價值與保持生鮮區之環境衛生等優點。

(6)冷凍冷藏之主機熱回收熱水系統流程圖及安裝實景，如圖 8-9 及圖 8-10 所示。

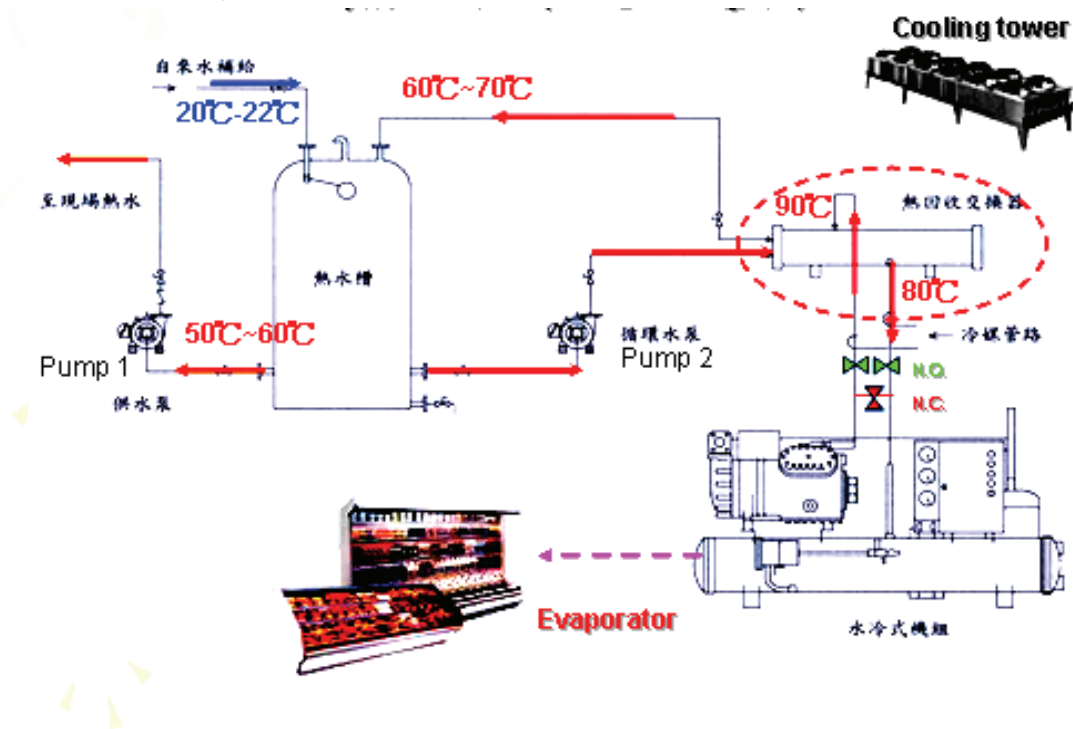


圖 8-9 冷凍冷藏系統主機熱回收熱水系統流程圖

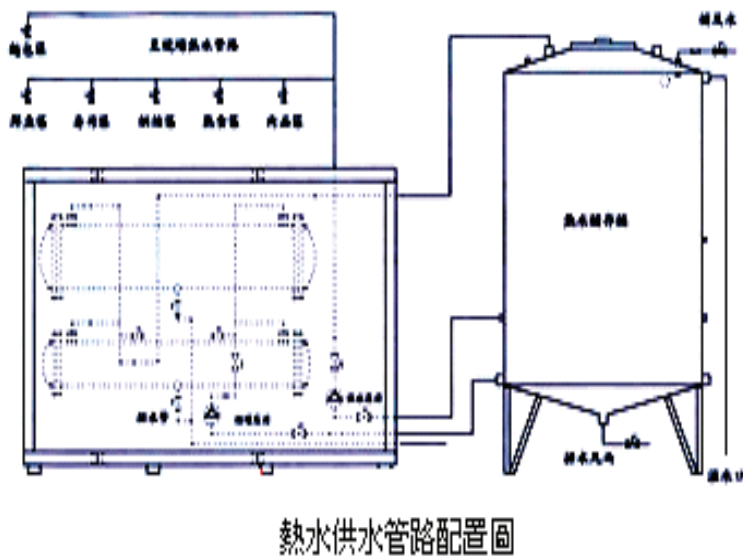


圖 8-10 冷凍冷藏系統主機熱回收熱水系統安裝實景

10.商業冷凍冷藏系統具體可採用之節能技術節能效益潛力？

答：(1)根據美國能源部之研究計畫報告顯示商業冷凍冷藏系統可採用之具體節能技術與投資回收年限之節能潛力如表 8-1 所示【4】。

(2)根據國內工研院能環所之研究顯示商業冷凍冷藏系統具體節能技術、節能潛力與投資回收年限。【12】

A.熱回收系統:節能占總能源費用之 3~5%、回收年限 2 年

B.變頻系統：節能占總能源費用之 4~8%、回收年限 2 年

C.除霜除霧：節能占總能源費用之 5%、回收年限 1 年

D.氣簾設計：節能占總能源費用之 3~5%、回收年限 2 年

E.均溫展示櫃：節能占總能源費用之 3~5%、回收年限 2 年

經比較因美國之設備使用、節能效益、設備成本、人力成本與能源費用與台灣不同，故讀者可進一步參考比較。

表 8-1 美國能源部之商業冷凍冷藏系統節能效益研究

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

11. 冷凍冷藏系統日常應遵循之節能守則？

答：商業冷凍冷藏系統日常應遵循之節能守則，包括運轉操作、維護保養、日常守則三方面，執行之好壞會影響效率、食品品質及設備壽命，如表 8-2 所示【4】。

表 8-2 商業冷凍冷藏系統日常應遵循之節能守則

00	冷凍系統
00-01	運轉操作
00-01-01	保持低溫氣流之送風與回風口之清潔，並避開產品
00-01-02	維持產品建議之最低冷凍溫度
00-01-03	確認冷凍系統冷凝器之適當通風或廢熱回收
00-01-04	將冷凍冷藏展示櫃之周圍空氣相對濕度維持在40~50%時，有最佳之冷凍效率
00-02	維護保養
00-02-01	檢查是否有異常噪音、震動，以及壓縮機或馬達校率降低之現象
00-02-02	定期清潔冷卻管排
00-02-03	更換磨損或有洩漏之氣密條
00-02-04	檢查除霜定時器與濕度感測器之運作或效率是否正常，以確保最佳運轉效能
00-02-05	定期對凝結排水盤進行清潔與消毒
00-03	日常守則
00-03-01	遵守製造商所建議之產品擱板位置及大小
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

第九章、冷凍冷藏節能監控系統

本章主要介紹冷凍冷藏節能監控系統，讓用戶及業者了解監控系統主要節能功能與其控制元件之相對節能效益。

1. 系統概述

目前冷凍冷藏節能監控系統的功能，可達成完整的冷凍冷藏庫、大樓、超市控制系統，可以控制冷凍冷藏、空調、照明及其它負載進行監控。有友好的用戶界面、多語文平台，目前中文版控制器已投入使用。如圖 9-1 所示。【14】

此節能監控系統在製冷領域，可以幫助客戶在食品零售及冷凍行業大幅降低能耗，減少費用，確保食品品質並減少損耗。此系統解決方案，可用於精確溫度控制，降低能耗，進而降低用戶費用。幾十年的實際應用成效顯示，對於採用電子式的膨脹系統，節能效果最高可到 30%。根據運行系統的大小不同，通常的投資回收期在 2 年左右。

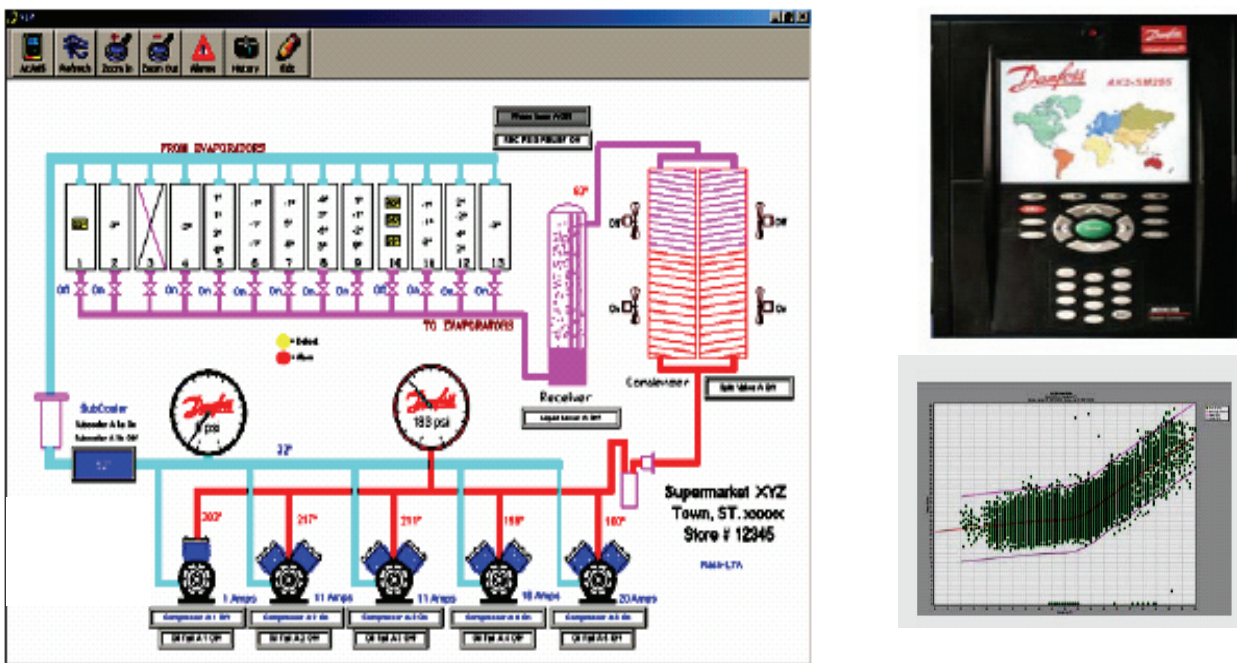


圖 9-1 控制系統及頁面(例)

2.系統主要節能功能

(1)高精度的溫度傳感器應用：

按照食品危害監控 (HACCP) 以及 EN441-13 標準中的要求，在-30 ~15°C 範圍內，傳感器的精確度應為 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。目前，市場上各廠家常根據造價的不同，向用戶提供不同的傳感器，如表 9-1 所示。高精度的溫度傳感器能確保冷凍冷藏櫃/食品溫度的準確反饋，進而確保食品的品質，如圖 9-2 所示。

表 9-1 傳感器的型式與精確度

型式	-30°C	+15°C
NTC	+/- 1.2°C	+/- 0.75°C
PTC	+/- 1.5°C	+/- 1.5°C
Pt1000	+/- 0.45°C	+/- 0.375°C

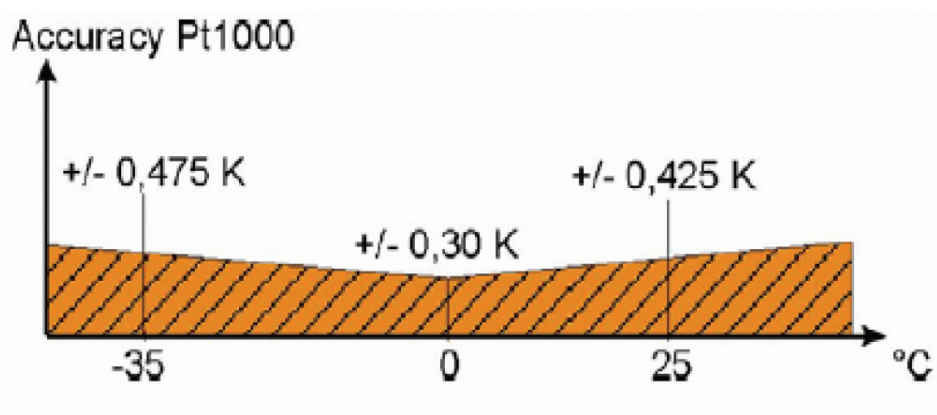


圖 9-2 Pt1000 傳感器的型式與精確度

(2)機組控制：

A.壓縮機控制：控制器可以按照負荷變化及壓縮機運行時間均衡原則，自動控制壓機的製冷台數；同時，用戶也可以根據需要自行定義運轉台數，如圖 9-3 所示。

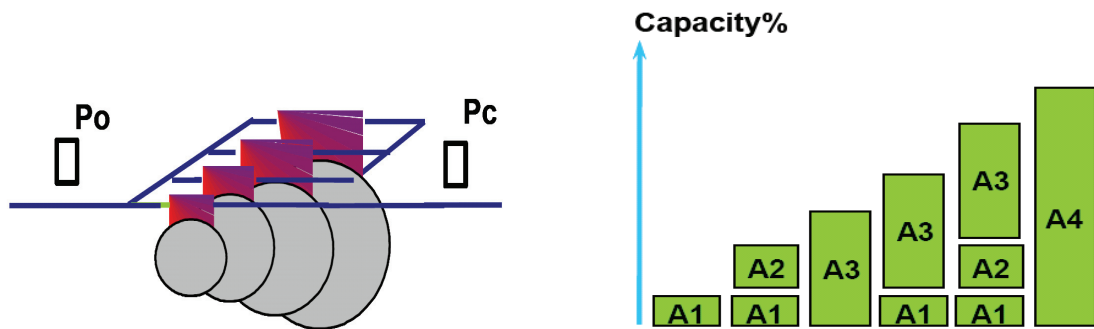


圖 9-3 自動控制壓機的製冷台數

B.系統中性控制方式 (Neutral Zone)，確保系能最佳運行效果，如圖 9-4 所示。

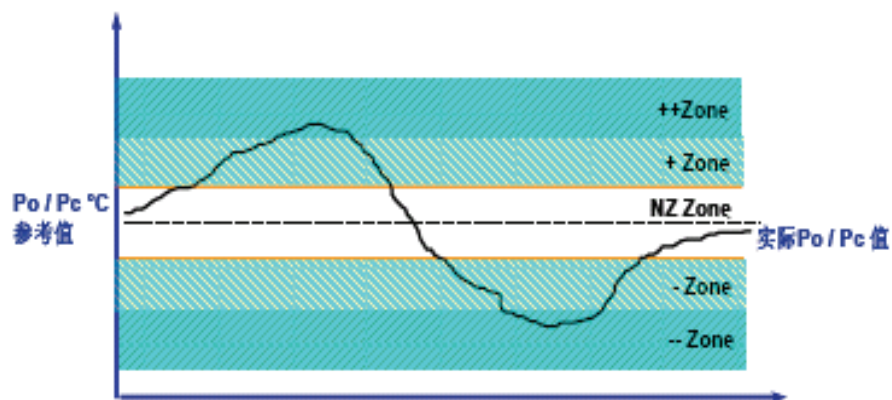


圖 9-4 系統中性控制方式 (Neutral Zone)

C.吸氣壓力最佳化功能：控制器可以根據蒸發器的運行負荷及歷史記錄，自動浮動控制吸氣壓力。如下例：

系統中一共有五個製冷回路（冷櫃/冷庫），系統自動判斷哪個回路是最難達到需要溫度的，然後會降低吸氣壓力，以保證系統中的所有製冷回路都能達到溫度，進而保證了食品品質。另外，如果系統中的所有回路溫度都能夠達到設定溫度，系統會自動提高吸氣壓力的設定溫度。進而達到節能的目的，如圖 9-5 所示。

所以，吸氣壓力的最佳化應該是在最大程度上保證系統中各冷凍庫、冷藏櫃的溫度，保證食品品質的前提下，同時通過最佳化吸氣壓力，可以有效地節能。（通常，每提高 1 °C 吸氣溫度，系統可以節能 1~2%）。

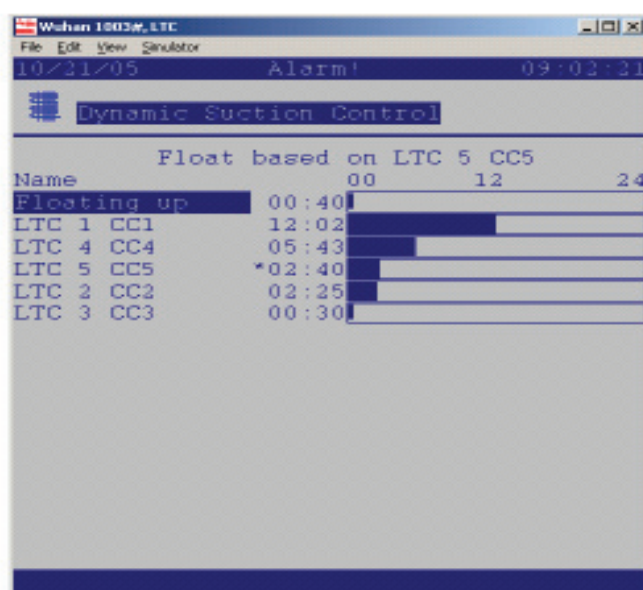


圖 9-5 系統吸氣壓力優化控制方式

D.安全保護：控制器對於吸氣溫度、排氣溫度及冷凝溫度等的監控，以及油壓、過電流、壓縮機熱保護、液位保護等的反饋信號，可以最大限度的保護機組不受損害。

(3) 冷凝器控制：

根據冷凝壓力控制器冷凝器啟停台數。

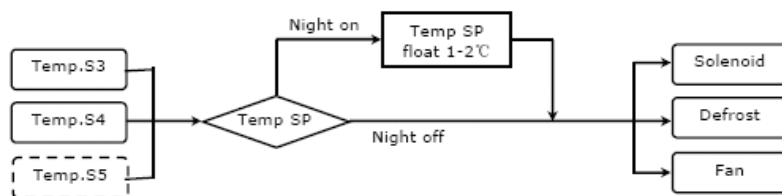
- A. 冷凝壓力浮動：根據室外溫度的變化時時調整冷凝溫度設定，即所謂的冷凝壓力浮動控制，進而大幅度降低能耗。
- B. 冷凝溫度每降低 1 度 $^{\circ}\text{C}$ ，可以節電 1-2%。
- C. 自適冷凝溫度控制，節能潛力最高可達 15%。

(4) 蒸發器控制：如圖 9-6 所示。

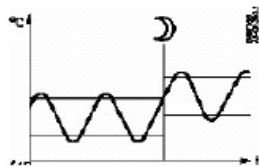
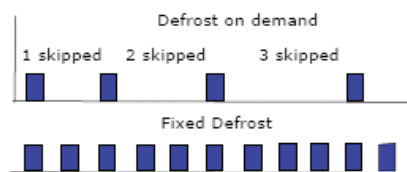
若採用電子膨脹閥控制方式：節能潛力為 10%~15%

- A. 按需要除霜，節能潛力最高可達 5%
 - a. 根據實際除霜需求，分析並減少不必要的除霜。
 - b. 減少溫度波動。
 - c. 降低能耗，提高食品品質

Ref. Evaporators control logic



- Considering different electricity rate in defrost schedule
- Defrost on demand
- Antisweat control
- Night shutdown schedule (Prep. room)
- Night setback



	Discharge Temp	Return Temp
Island	-24 $^{\circ}\text{C}$	-16 $^{\circ}\text{C}$
LT Room	-22 $^{\circ}\text{C}$	
Showcase	0 $^{\circ}\text{C}$	
MT Room	0 $^{\circ}\text{C}$	

圖 9-6 蒸發器節能控制邏輯

B.自適應蒸發/吸氣溫度控制節能潛力最高可達 5%。

C.防汗電熱控制節能潛力最高可達 2%。

在不降低可視度的前提下，將耗能降至最低。

D.夜間溫度回置其節能潛力最高可達 2%。

夜間，負荷相對降低，可以適當提高吸氣設定溫度。

E.自適應過熱溫度控制（電子式膨脹閥）可節能 10~15%。

a.完全根據製冷負荷自適應控制，可以在工作狀況變化大或極端工作狀況下，保持系統正常運行；如圖 9-7 所示。

b.製冷速度快，適應快速冷卻的要求；

c.溫度變化非常小，降低食品乾耗；

d.電子式膨脹閥可以替代電磁閥及熱力膨脹閥，降低投資成本；

e.適用於各種冷媒（當系統更換製冷冷媒，不需要更換閥件。）

綜合以上節能方法，可以選擇合適的項目，把系統擴展或電子膨脹閥控制方式，其節能潛力為 20%~30%。

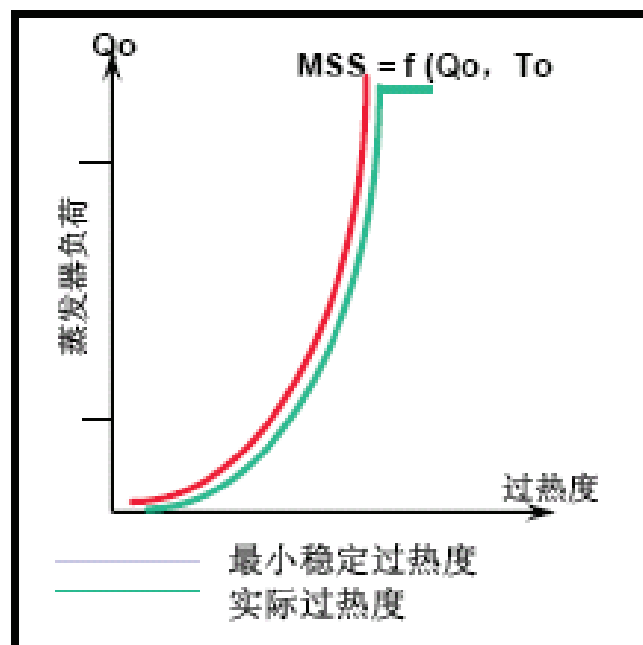


圖 9-7 自適應過熱溫度控制

第十章、冷凍冷藏系統節能措施計算案例

本章主要舉例介紹商業冷凍冷藏系統常用之節能措施計算案例，讓用戶及業者了解學習未來如何自行計算評估省電效益、投資費用及簡易回收年限。【3】

案例 01- 量販店冷凍冷藏系統監控系統

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

案例 02- 量販店冷凍冷藏主機熱回收

節能措施	冷凍冷藏主機熱回收	系統分類	冷凍冷藏系統
說明	採用冷凍冷藏主機熱回收系統，供應肉品、烘培及熟食區熱水使用。		
改善前	<p>(1)肉品區與烘培區：各採用 1 台電熱水器(容量 45 公升，耗電 4kW，熱水供應量 70L/hr)；</p> <p>(2)熟食區：採用天然瓦斯熱水器 1 台(出水量 9L/min=540L/hr，耗熱量約 19,000 kCal/hr(540L/hr*(55-20)°C=18,900 kCal/hr)，瓦斯爐效率 47%及瞬間電熱水器 1 台(熱效率 96%，耗電 9.9kW)。</p> <p>(3)肉品與烘培區：用水量分別各 1 噸/天，熟食區用水量 6 噸/天，每天共用水 8 噸，每年所花費用約 26.6 萬元。</p>		
改善後	冷凍主機(壓縮機 30hp×5 台)採 20RT/hr 熱回收器；冷藏主機(壓縮機 35hp×4 台)採 40RT/hr 熱回收器，熱水儲水桶容量為 2,000L，溫度維持 55~60°C，所產生之熱水供應肉品、烘培及熟食區使用。		
節能成效	<p>●省能效益：</p> <p>肉品區電熱水器年費用：$1,000\text{L}/\text{天} \div 70\text{L}/\text{hr} \times 4\text{kW} \times 30 \text{天}/\text{月} \times 12 \text{月}/\text{年} \times 2.2 \text{元}/\text{kWh} = 45,257 \text{元}/\text{年}$。</p> <p>烘培區電熱水器年費用：$1,000\text{L}/\text{天} \div 70\text{L}/\text{hr} \times 4\text{kW} \times 30 \text{天}/\text{月} \times 12 \text{月}/\text{年} \times 2.2 \text{元}/\text{kWh} = 45,257 \text{元}/\text{年}$。</p> <p>熟食區天然瓦斯年費用：</p> <p>出水量 540L/hr 換算約每小時使用瓦斯量=耗熱量約 19,000 kCal/hr$\div 9,000\text{kcal}/\text{L} \div \text{瓦斯爐效率 } 47.4\% = \text{約 } 4.45 \text{度}/\text{hr}$</p> <p>$4.45 \text{度}/\text{hr} \times 15.2 \text{元}/\text{度}(\text{瓦斯每度單價}) \times 5.55\text{hr}/\text{天} \times 30 \text{天}/\text{月} \times 12 \text{月}/\text{年} = 135,144 \text{元}/\text{年}$。</p> <p>瞬間電熱水器年費用：$9.9\text{kW} \times 5.15\text{hr}/\text{天} \times 30 \text{天}/\text{月} \times 12 \text{月}/\text{年} \times 2.2 \text{元}/\text{kWh} = 40,380 \text{元}/\text{年}$。</p> <p>總能源費用：$(45,257 + 45,257 + 135,144 + 40,380)\text{元}/\text{年} = 26.6 \text{萬元}/\text{年}$。</p> <p>節能率：100%</p> <p>●投資費用：約需 50 萬元。</p> <p>●回收年限：$50 \text{萬元} \div 26.6 \text{萬元}/\text{年} = \text{約 } 1.9 \text{年}$。</p>		

案例 03- 超市加蓋式冷凍臥櫃

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

案例 04- 便利商店電力節能監控系統

節能措施	電力節能監控系統	系統分類	監控系統
說明	門市加裝電力節能監控系統，掌握各門市空調、照明、冷凍冷藏用電狀況並加以分析，進而加強用電管理及節能改善。		
改善前	門市內並未裝設任何電力監視系統。		
改善後	門市內加裝工研院能環所開發之電力節能監控系統，針對門市內各設備用電狀況加以分析，規劃最佳之用電管理模式。經導入後該門市約節省流動電費 4.9 萬元/年，換算節約用電 28,994kWh/yr。		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ●省電效益： <ul style="list-style-type: none"> 該門市年用電量：160,622 kWh/年 門市最佳運轉模式可節約用電 28,994 kWh/年 節能率：$28,994 \text{ kWh/年} \div 160,622 \text{ kWh/年} \times 100\% = 18\%$(不含其他效益) ●投資費用：門市電力節能監控系統 10 萬元。 ●回收年限：$10 \text{ 萬元} \div 4.9 \text{ 萬元/年} = 2 \text{ 年}$ 		

案例 05- 便利商店冷凍冷藏採用高效率變頻主機

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

案例 06- 便利商店冷藏主機散熱器熱源外移

節能措施	冷藏主機散熱器熱源外移	系統分類	冷凍冷藏系統
說明	將冷藏主機散熱器外移，提升冷藏主機散熱器散熱效果，並降低空調主機負荷[空調採用 5RT×2 台(耗電 5kW/台)]。		
改善前	原門市開放式冷藏展示櫃採室內散熱器吸收賣場空調散熱，因散熱器並未設計於通風處，導致散熱器散熱不良，冷藏設備效率差，並造成相當大的空調負荷。		
改善後	<p>將開放式冷藏展示櫃散熱器外移至室外通風處，提升冷藏設備效率，亦降低空調負擔。</p> <p>經實際改善後，實測採用 2hp×3 冷藏主機熱源外移至屋外，各機台錯開運轉平均電流僅 9A。較一台 7.5hp 或 6hp 主機運轉電流 18A，降低 1/2。約節省門市空調及冷藏主機用電共 18,000 kWh/yr，降低流動電費 3 萬元/年。</p>		
節能成效	<p>●省電效益：</p> <p>冷凍冷藏主機年耗電：$6\text{hp} \times 0.746 \text{ kW/hp} \times 8,760\text{hr/年} \times \text{約 } 0.8(\text{壓縮機運轉頻率}) = 31,368\text{kWh/年}$。</p> <p>空調主機年耗電：$5\text{kW/台} \times 2 \text{ 台} \times 8,760 \text{ hr/年} \times \text{約 } 0.8(\text{壓縮機運轉頻率}) = 70,080 \text{ kWh/yr}$。</p> <p>總用電量：$31,368 \text{ kWh/年} + 70,080 \text{ kWh/年} = 101,448 \text{ kWh/年}$。</p> <p>節能率：$\text{節省門市空調及冷藏主機用電共 } 18,000 \text{ kWh/年} \div 101,448 \text{ kWh/年} \times 100\% = 17.7\%$</p> <p>●投資費用：約 4.6 萬元(含工資計)。</p> <p>●回收年限：$4.6 \text{ 萬元} \div 3 \text{ 萬元/年} = 1.5 \text{ 年}$</p>		

案例 07- 便利商店多門飲料冷藏櫃玻璃門裝置除霧溼度感應控制器

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

案例 08- 便利商店單門飲料冷凍冷藏展示櫃採用 LED 燈

節能措施	單門飲料冷凍冷藏展示櫃採用 LED 燈	系統分類	照明系統
說明	更改單門冷凍冷藏展示櫃照明，採用 LED 燈具(耗電 26W)，可節省冷凍冷藏展示櫃內照明用電 70%以上。		
改善前	店面單門飲料冷凍冷藏展示櫃，原採用 40W×1 低溫冷凍日光燈 2 具，(耗電 100W)。		
改善後	採用 LED 照明燈(耗電 26W)，取代 40W×2 低溫冷凍日光燈(耗電 100W)，降低耗電 74W/具，節省用電 74%		
節能成效	<p>●省電效益：</p> <p>低溫冷凍日光燈年耗電：$0.1 \text{ kWh} \times 8,760 \text{ hr/年} = 876 \text{ kWh/年}$</p> <p>LED 燈具年耗電：$0.026 \text{ kWh} \times 8,760 \text{ hr/年} = 228 \text{ kWh/年}$</p> <p>節約用電：$876 \text{ kWh/年} - 228 \text{ kWh/年} = 648 \text{ kWh/年}$。</p> <p>節省電費：$648 \text{ kWh/年} \times 1.69 \text{ 元/kWh(該門市流動電費單價)} = 1,095 \text{ 元/年}$</p> <p>節能率：$648 \text{ kWh/年} \div 876 \text{ kWh/年} \times 100\% = 74\%$</p> <p>●投資費用：約 4,000 元(含工資計)。</p> <p>●回收年限：$4,000 \text{ 元} \div 1,095 \text{ 元/年} = 3.7 \text{ 年}$</p>		

第十一章、結語

由前章節介紹量販店、超市、便利商店冷凍冷藏節能改善案例，可了解現市面上已有許多項節能又環保的冷凍冷藏系統設備產品，如變頻冷凍冷藏主機、高效率臥式冷凍櫃、立式展示櫃冷凝熱氣外移、均溫展示櫃、氣簾設計、飲料展示櫃除霧控制器、冷凍櫃除霜、熱回收系統、電子 T-5 螢光燈管、冷凍展示櫃 LED 燈及監控系統等，若冷凍冷藏系統進行整體設備節能改善，則系統有節約電費 20%~30% 的空間。

因此未來透過能源查核服務，先加強能源大用戶進行冷凍冷藏系統整體節能改善，合計冷凍冷藏系統總容量約 42,840 kW，全年 8,760 小時運轉，主機以平均負載率 40% 計，附屬設備以平均負載率 0.7% 計，全年共耗電約 1.82 億度電，若以每家採行冷凍冷藏節能，平均節約 20% 計，則可節約用電約 0.364 億度電，以每度電價 2.2 元計，節約電費約 0.8 億元，以平均 3 年回收計算，則可產生約 2.4 億元之節能改善市場經濟效益，並減少 CO₂ 排放量約 2.32 萬噸。由各用戶節約能源使用成本降低，可提升經營利潤及市場競爭力，對國家整體節約能源及抑低二氧化碳目標推動上，也相對提出貢獻。

節能效益潛力概算：

- (1) 冷凍冷藏耗電：主機容量約 $30,600\text{kW} \times 8,760 \text{ 小時/年} \times \text{負載率 } 40\% = 107,222,400 \text{ 度電/年}$
- (2) 附屬設備耗電：容量約 $(30,600 \text{ kW} \times 0.4) \times 8,760 \text{ 小時/年} \times \text{負載率 } 0.7\% = 12240\text{kW} \cdot \text{小時}, 75,055,680 \text{ 度電/年}$
- (3) 合計(1)+(2)項耗電 $= (1.07 + 0.75) \text{ 億度電/年} = 1.82 \text{ 億度電/年}$
- (4) 冷凍冷藏節約用電量 $= 1.82 \text{ 億度電/年} \times \text{平均節約 } 20\% = 0.364 \text{ 億度電}$
- (5) 冷凍冷藏節約電費 $= \text{約 } 0.364 \text{ 億度電} \times 2.2 \text{ 元/度計} = \text{約 } 0.80 \text{ 億元}$
- (6) 投資費用 $= \text{約 } 0.80 \text{ 億元} \times \text{以平均 } 3 \text{ 年回收計算} = 2.4 \text{ 億元。}$
- (7) 減少二氧化碳排放量 $= \text{約 } 0.364 \text{ 億度電} \times 0.637 \text{ 公斤/度電} \times 0.001 \text{ 噸/公斤} = 23,187 \text{ 噸}$

編後語

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

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

此手冊的編撰是在綠基會節能中心王文伯主任的指導下，得以順利完成。其過程首先經中心進行現場節能評估，以了解國內商業冷凍冷藏系統的使用節能現況及特點。感謝台北科技大學冷凍空調系李魁鵬助理教授技術撰稿，及由本會郭華生組長配合協助實際相關節能案例資料收集，彙整、編排、增修和校對後，交付廣宣李思昀小姐，進行封面規畫設計，聘請二位諮詢委員台北科技大學能源與冷凍空調系李宗興副教授、李汝殷副教授及工業技術研究院能源與環境研究所謝文德博士負責審核後，送經濟部能源局呈核核准，才得以印製完成，倉促間內容不免有所疏漏和缺失，還望產、官、學界的各位先進不吝指教正，得以使本手冊更形充實和完備。

參考文獻

- 【1】經濟部能源局，2007，2007年台灣能源統計手冊。
- 【2】經濟部能源局，2007，200非製造業能源查核年報，財團法人台灣綠色生產力基金會編撰。
- 【3】財團法人台灣綠色生產力基金會，2008，97年產業及政府機關節約能源技術服務計畫訪測服務報告。
- 【4】U.S. DOE, 1996, Energy Savings Potential for Commercial Refrigeration Equipment
- 【5】中國國家標準CNS 10797，商業冷凍冷藏展示櫃
- 【6】中國國家標準CNS 10798，商業冷凍冷藏展示櫃檢驗法
- 【7】ASHRAE, 2006, ASHRAE Handbook: Refrigeration.
- 【8】ASHRAE, 2007, Handbook: Application.
- 【9】一承冷凍工業，1999，氣冷式冷凍冷藏系統技術手冊，第四版。
- 【10】李魁鵬、蔡尤溪、張哲榮，2003，”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
- 【11】李魁鵬，2003，冷凍系統對百貨類建築耗能之影響性研究，國科會報告
- 【12】謝文德，2007，量販店冷凍冷藏系統節能措施；集團式量販店企業內部節能服務團節能種子專家訓練講義，工研院能環所2007年9月
- 【13】郭華生，2007，集團便利商店自願性節約能源第一年(95年度)節能成果報告，財團法人台灣綠色生產力基金會。
- 【14】丹佛斯Danfoss ADAP-KOOLR-AK2 控制系統介紹
- 【15】Axell, M., 2002, Vertical display cabinets in supermarkets-energy efficiency and influence of air flows, Department of building services engineering, Chalmers university of technology, PhD thesis, Sweden.