

# 建築能源管理節能技術應用

台北科技大學  
能源與冷凍空調工程系  
蔡尤溪

# 建築節能之要素

參考美國ASHRAE

<p>新建建築之節能設計項目 <b>ASHRAE 90.1</b></p>	<p>建築外殼 空調通風 熱水系統 動力設備 照明</p>
<p>舊有建築之節能管理 <b>ASHRAE 100</b></p>	<p>耗能調查 操作維護 節能改善工程</p>

# ASHRAE 100-1995 之空調節能管理

1. 建築各耗能設備之資料蒐集分析，保留至少兩年之紀錄，所蒐集之資料應涵蓋至少85%之建築耗能。
2. 瞭解同類建築之耗能情況，以平均值作為自己最低之目標。
3. 確定溫溼度設定之準確度，沒在使用時，應適當調整溫度。
4. 送風口及風溫做適當之調整及平衡，以避免過冷所造成之浪費。
5. 在溫度控制方面，外週區（離外牆5m以內）應做分區之控制，每15m至少有一控制點，控制之精確度應達到 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 。
6. 修改建築以達到更節能之功效，如用內外遮陽。
7. 因應空調負荷適當降低送風量以節約空調耗電。
8. 新購之空調設備應達到所規定之EER值。

# 我國之建築能源管理

<p>新建建築之節能設計項目</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 建築外殼節能ENVLOAD逼</li><li>2. 建築空調節能設計基準與技術規範 (已由能源局公告研究成果)</li><li>3. 動力設備之節能有相關之標準如馬達效率</li><li>4. 照明節能標準已有建議值</li></ol>
<p>舊有建築之節能管理</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 耗能調查方面我國已有能源查核</li><li>2. 操作維護之節能標準尚未建立</li><li>3. 節能改善工程部份目前有內政部之綠建築推動方案及能源局之ESCO</li></ol>

# 建築空調節能設計基準與技術規範

## 主要參照美國90.1

1. 機器設備效率…
2. 系統負荷及容量設計
3. 空調區劃與控制
4. 空氣側系統
5. 水側系統
6. 散熱設備
7. 排氣能源回收
8. 風管及水管路保溫
9. 建築空調系統檢查、管理及驗收

# 節能設計基準與技術規範 之執行配套

附錄1、空調負荷計算軟體之認可標準及程序

附錄2、建築能源管理系統

附錄3、系統測試、平衡及驗收

# 建築能源管理系統

## Building Energy Management System

### 建築能源管理系統(BEMS)設計之要點

BEMS之系統設計須具備以下四項性能：

1. 採取網路架構設計，支援TCP/IP通訊協定，可進行遠端遙測。
2. 為開放式網路架構。
3. 採國際間廣用之開放式通信協定如BACNet、Lonwork等。
4. 進行空調相關系統之量測數據自動擷取，即時線上顯示系統的運轉性能。

# BEMS機能之分級

BEMS 之等級，應由建築物規模  
及管理點數作區分，針對監視  
機能，控制、操作機能等，作  
為優先考慮的條件

# 建築能源管理系統之分級

	系統處理裝置之等級			
	等級1	等級2	等級3	等級4
樓地板面積	2000m <sup>2</sup> 至5,000m <sup>2</sup>	大於5,000m <sup>2</sup> 至20,000m <sup>2</sup>	大於20,000至50,000m <sup>2</sup>	大於50,000m <sup>2</sup>
管理點數	50~250點	250~500點	500~3,000點	3,000點以上
系統之主要功能	<p>空調系統警報監視功能</p> <p>空調系統運轉資料之記錄功能</p>	<p>基本之設備運轉狀態監視功能，包含耗電量、累積用電、運轉效率，設備維護記錄等</p> <p>設備啟停之時程管理</p> <p>空調系統運轉資料之記錄及存檔功能</p>	<p>包含大部分設備之運轉狀態監視及控制</p> <p>具備有計費機制功能</p> <p>具備有資料處理功能，將各設備之用電情形及運轉狀態，以報表（月報、季報、年報等）及各類圖形之方式作比較分析</p>	<p>將建築物內之所有設備皆納入監視及控制範圍，並設置統一且集中之管理中心</p> <p>具有最佳化運轉控制功能，針對建築室外環境條件，有效調整設備之運轉狀態</p> <p>其他功能： 除計費機制外，設備之生命週期也一併納入管理整合消防及保全系統，包含人員管理等</p>

# BEMS須顯示之即時線上數據

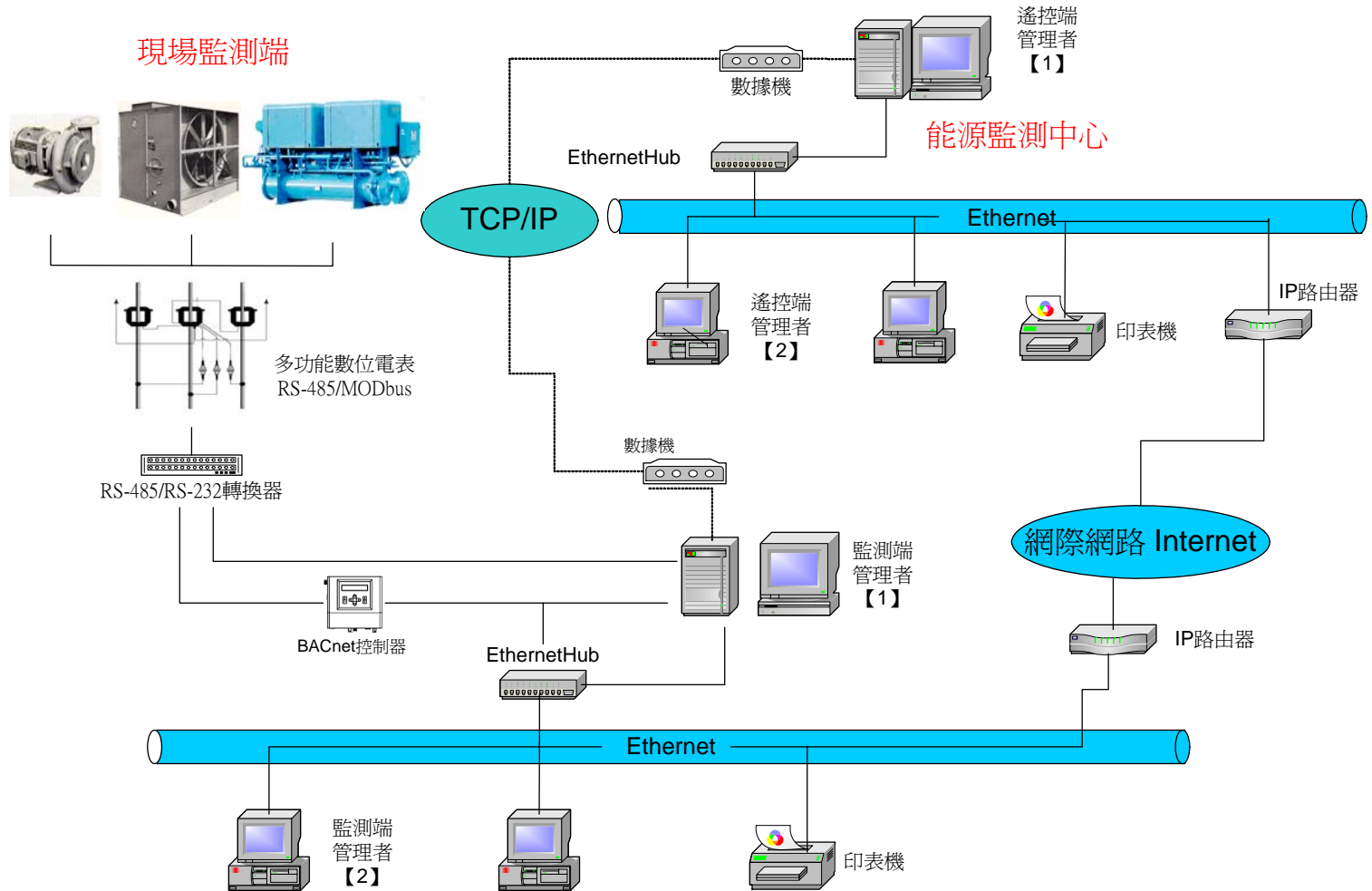
BEMS之即時線上量測數據須包含下列圖形：

1. 即時外氣環境(溫濕度)變化圖。
2. 即時用電趨勢圖，計算單位面積年耗電量EUI值(kWh/m<sup>2</sup>yr)。
3. 即時空調主機負載與冰水出水溫度迴歸分析圖。
4. 外氣濕球溫度與冷卻水出水溫度迴歸分析圖。
5. 即時負載與耗電量迴歸分析圖。
6. 耗電量與外氣溫度迴歸分析圖。
7. 風機靜壓與變頻器轉速迴歸分析圖  
(設置可變風量VAV之系統適用)。
8. 泵末端差壓與轉速迴歸分析圖  
(設置可變冰水量VWV之系統適用)。
9. 冷卻水溫度與主機耗電kW/RT迴歸分析圖。
10. 冰水出水溫度與主機耗電kW/RT迴歸分析圖。

# BEMS各類趨勢圖表之基本座標

區分	評價項目	圖形種類	X軸		Y軸		內容	備註
			表示	單位	表示	單位		
全體	能源利用區分	圓餅圖	--	--			熱源、泵及照明等設備，按耗能比例區分	
	能源利用區分	柱狀圖	月		耗能量	kWh	每月能源使用量表示，作日後每月能源消耗量的推估	
	主要機器運轉時間	柱狀圖	月		累積運轉時數	Hr	主要機器每月的運轉時數	
	空調負荷分佈	點陣圖	溫度	°C	負荷	kWh	空調使用時外氣溫度與室內負荷的分佈	CO <sub>2</sub> 濃度外氣量控制
個別	外氣冷房時間	柱狀圖	月		累積時間	Hr	各月外氣冷房累積運轉時數	
	室內狀態	點陣圖	乾球溫度	°C	相對濕度	%	空調使用時之室內狀態	
	室內狀態評價	柱狀圖	月		件數	件	室內舒適度不佳之申訴案件	
	熱源機器成績係數	點陣圖	輸出冷房能力	RT	消耗電功率	kW	熱源機器輸出熱量的能源消耗量，與送水溫度的相互關係	COP值等
	照明負荷	柱狀圖	時刻	Hr	電力量	kWh	按每小時、晝光利用、每季及全天之消耗量作比較	
	照明負荷	點陣圖	室內人數		電力量	kWh	室內使用人數準確掌握	

# 線上監測之網路系統

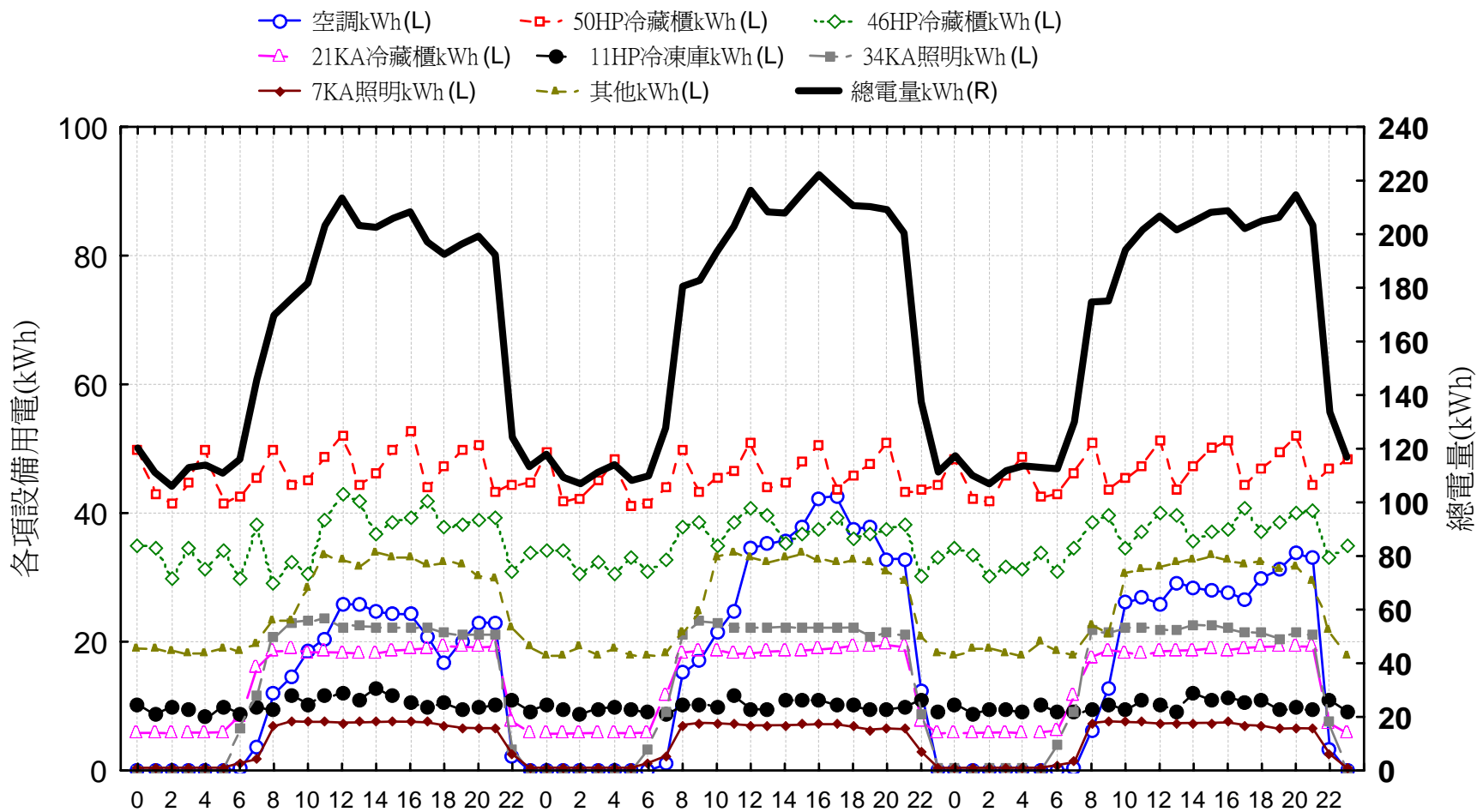


# 案例

## 超級市場耗能監測分析

- 超市各項設備逐時用電量特性，除了冷凍設備及部分冷藏設備之外，其他設備在一天之內則有隨營業時間而波幅變動的現象。
- 空調與冷藏設備之耗能波動，不僅會受外氣溫度影響，亦受到每日消費顧客人潮多寡所影響。
- 冷凍庫在進出貨時若未能及時將庫門關上，亦是造成冷凍負荷增加的原因之一。

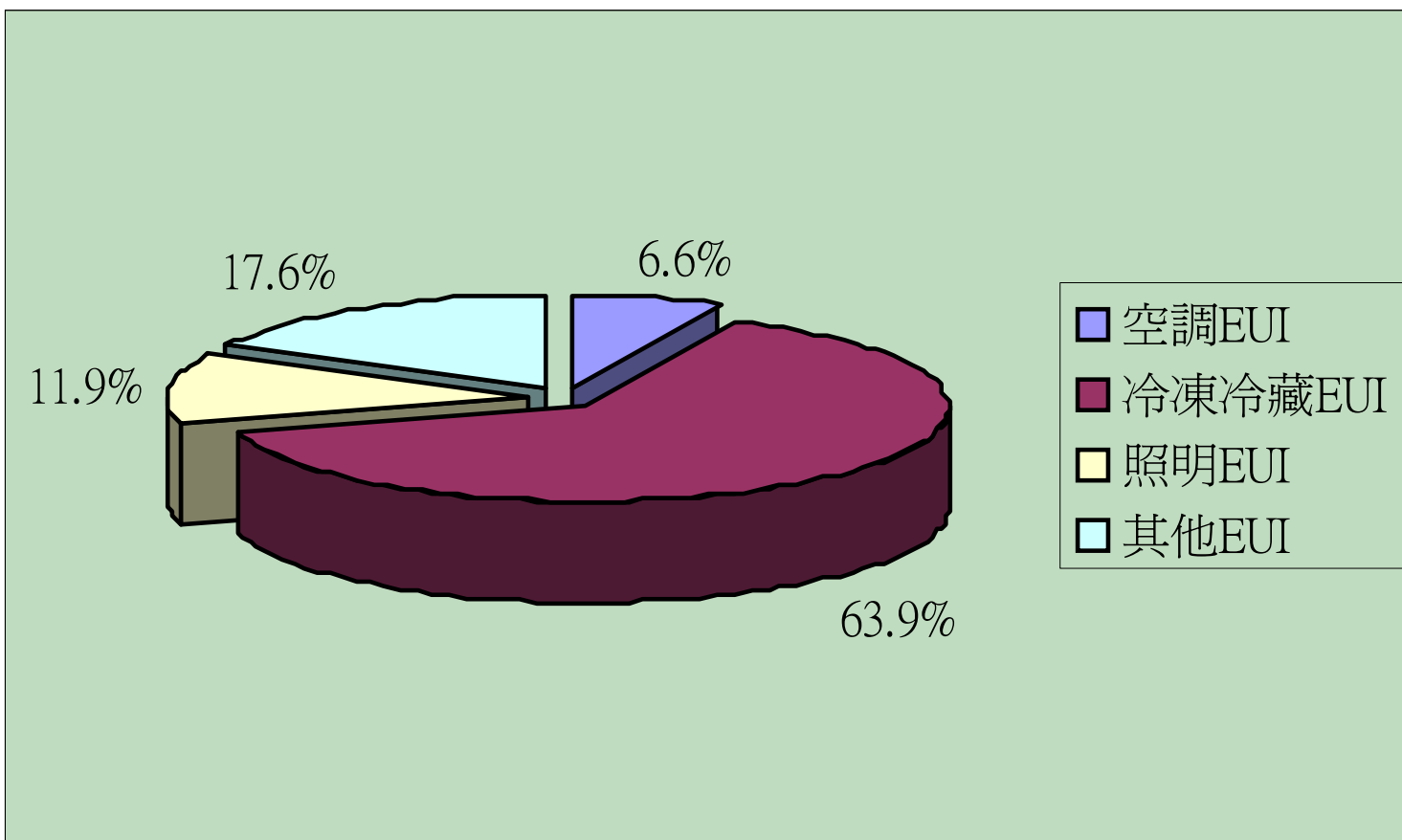
# 超級市場各項設備逐時用電量 (2002/7/1~7/3)



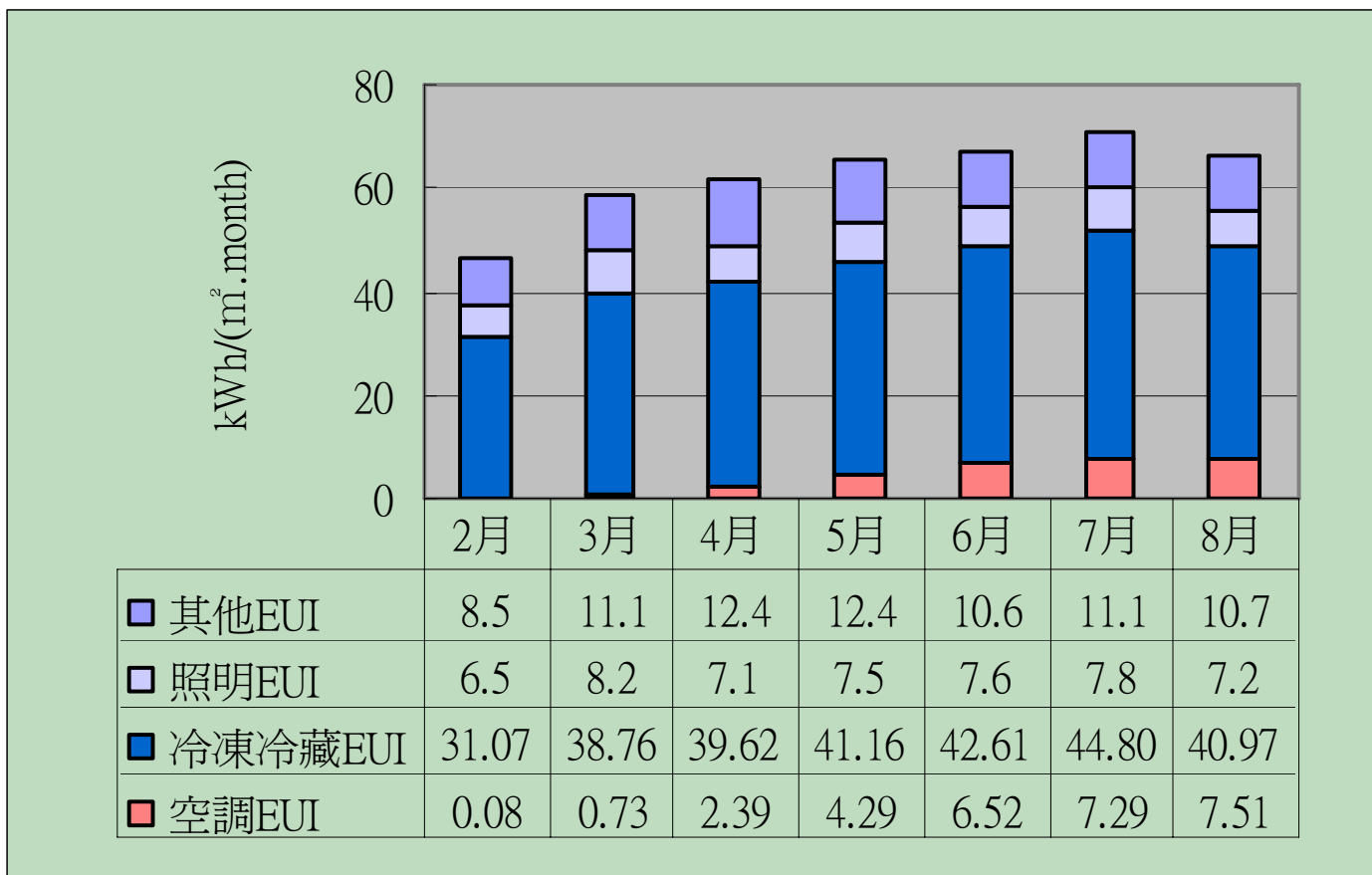
發現冷凍冷藏設備為超市主要耗能設備，有別於以往大家認為空調設備為主要耗能設備之觀念，特別是在較寒冷的月份中空調耗電所佔比例幾乎為零。

該超市地理位置於地下一樓，且冷凍冷藏櫃為開放式又環繞於該賣場，所以冷凍冷藏櫃所產生的低溫提供了該賣場之部分空調負荷需求

# 超級市場2~8月 平均各項設備用電(kWh)比例

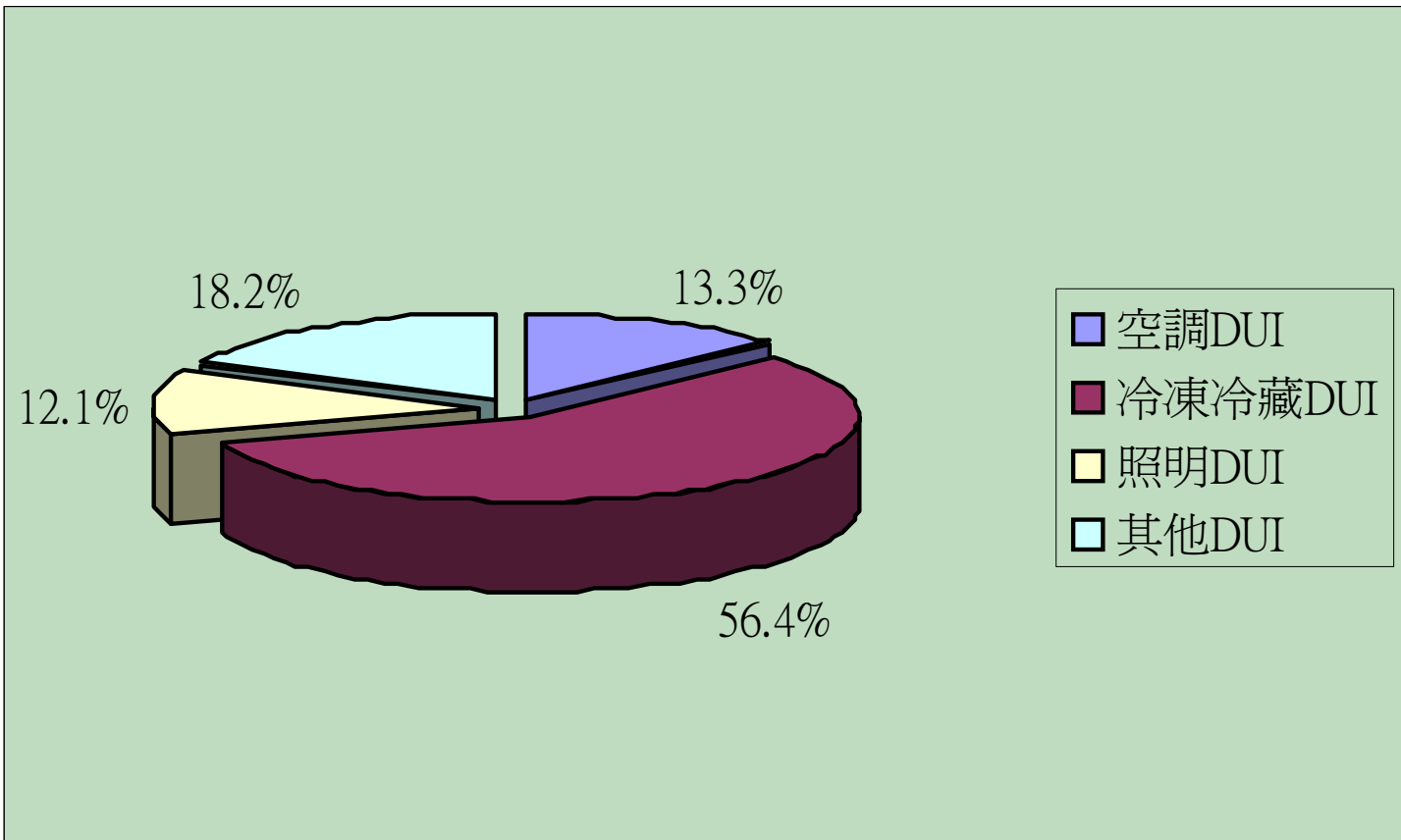


# 超級市場各項設備之單位面積耗電密度

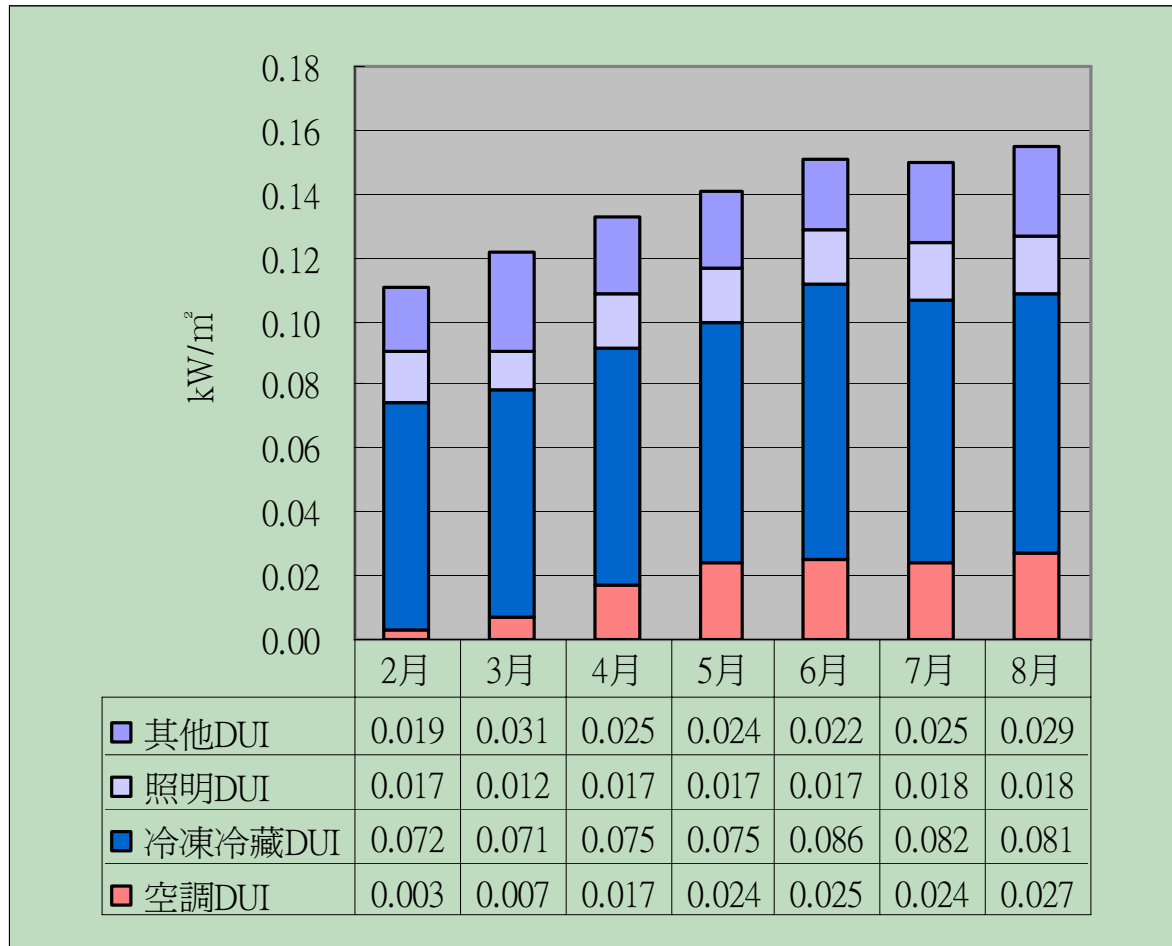


# 超級市場2~8月最大尖峰時 各項設備平均用電需量(kW)比例

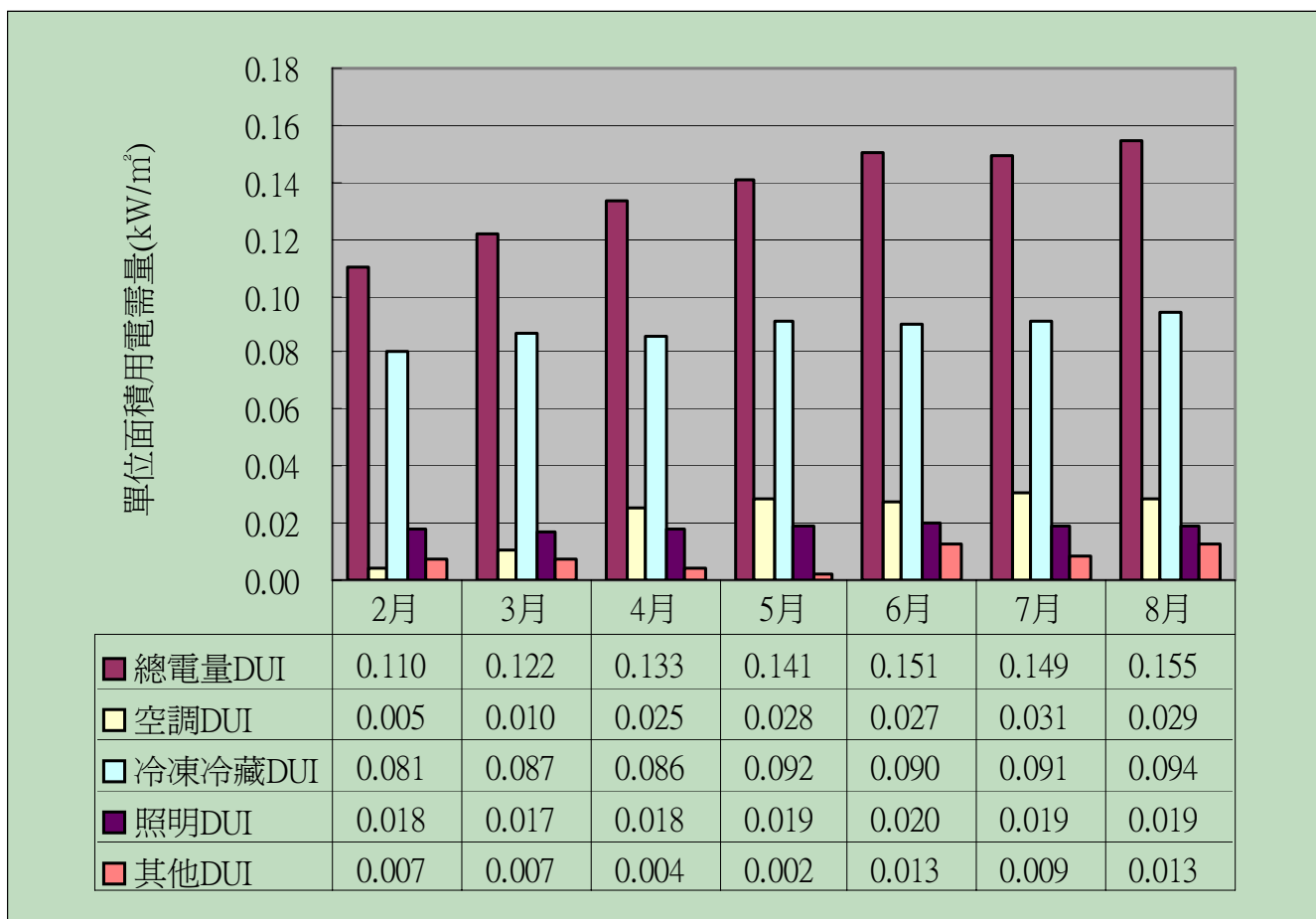
(各月平均)



# 超級市場平均最大用電尖峰時 各項設備分別用電需量



# 超級市場各項設備最大用電需量密度



# EUI之管理

## 能源局公告各類場所EUI標準

### 建築物用電參考指標

建築物分類			扣除室內停車場之 EUI 值(kWh/m <sup>2</sup> .yr) (註 1)					計入室內停車場之 EUI 值(kWh/m <sup>2</sup> .yr) (註 1)					B/A
主類別	次類別	總樣本數	平均值(A)	標準差	標準差/平均值	Top25% (註 3)	Btm25% (註 3)	平均值(B)	標準差	標準差/平均值	Top25% (註 3)	Btm,25% (註 3)	
行政院所屬機關(註 2)		47	—	—	—	—	—	155.8	68.4	43.9%	109.7	201.9	
地方政府所屬機關(註 2)		91	—	—	—	—	—	116.5	48.3	41.4%	83.9	149.0	
公立大專院校(註 2)	國立科技大學	10	—	—	—	—	—	92.2	24.9	27.0%	75.4	109.0	
	國立普通大學	20	—	—	—	—	—	72.8	19.2	26.3%	59.9	85.7	
辦公大樓類		132	241.9	87.4	36.1%	183	301	186.2	72.3	38.8%	137	235	77%
旅館類	國際觀光旅館	31	314.9	60.2	19.1%	274	356	262.0	58.3	22.3%	223	301	83%
	一般觀光旅館及一般旅館	124	190.6	58.6	30.8%	151	230	169.7	50.4	29.7%	136	204	89%
醫院類	教學醫院	15	320.8	42.7	13.3%	292	350	258.7	38.8	15.0%	233	285	81%
	區域醫院	59	310.1	51.0	16.4%	276	344	254.1	45.6	18.0%	223	285	82%
	地區醫院	37	205.3	66.7	32.5%	160	250	180.8	56.9	31.5%	142	219	88%
百貨商場類	購物中心	15	525.2	162.8	31.0%	415	635	289.0	71.9	24.9%	240	338	55%
	量販店	80	457.4	92.9	20.3%	395	520	297.8	92.8	31.2%	235	360	65%
	百貨公司	54	586.2	92.9	15.8%	523	649	402.1	92.2	22.9%	340	464	69%

註1：EUI表Energy Use Intensity，每年單位樓地板面積耗電量(kWh/m<sup>2</sup>.yr)。

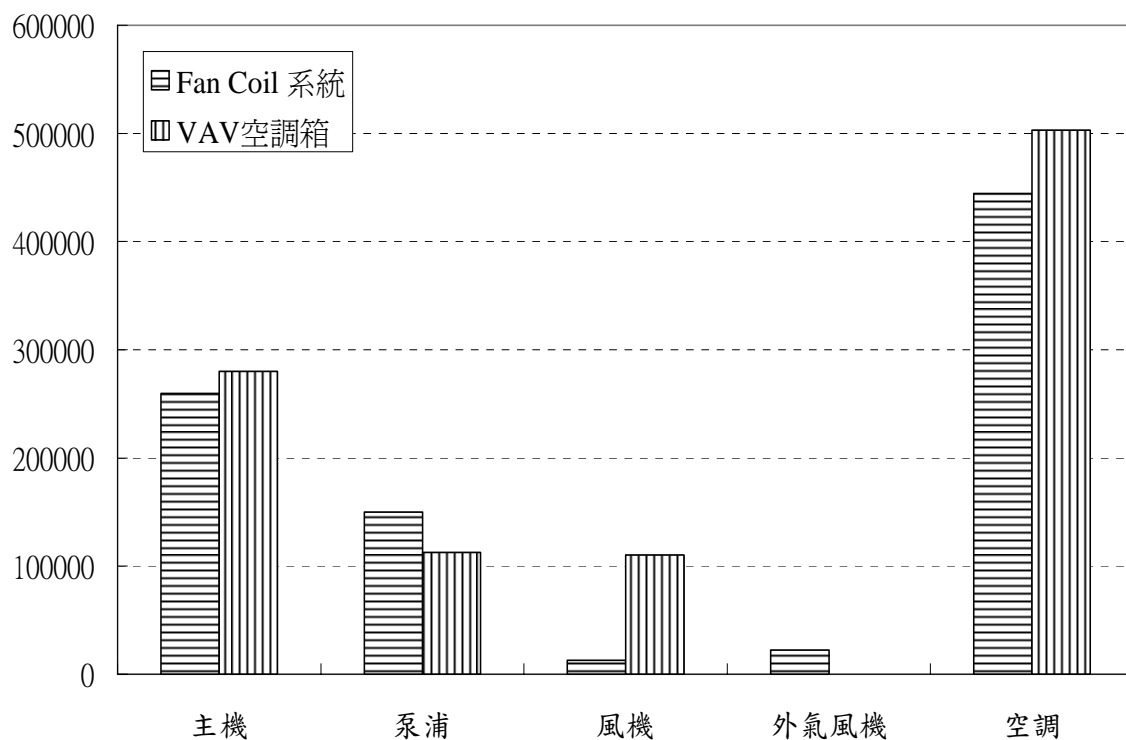
註2：目前政府機關及公立大專院校，目前尚無室內停車場面積之統計資料。

註3:Top25%表相對取換算統計區間100名中，由高至低排列第25名之值、而Btm25%則取第75名之值(由低至高則為第25名)之用電指標值。

# 設計之管理

- 空調節能：(1)高效率設備  
(2)節能設計(節能規範)  
(3)性能設計(能源模擬分析，DOE 2, 負荷計算)  
(4)空調耗能標準(空調之EUI, DUI標準)

## VAV空調箱與 風機盤管之整 年各項空調耗 電電量



# 施工之管理

## 公共工程施工綱要規範部份空調相關章節之概要

章碼	章名	概要
第15911章	空調系統監視及控制設備	本章包括空調控制系統所需之硬體、軟體供應、施工安裝、整體測試、試車和訓練。
第15131章	空調用泵	本章節詳細規定離心泵及相關附件的供應及安裝。
第15620章	冰水機組	本章規定建築物空調系統中有關冰水機之構造及安裝標準。
第15730章	箱型空調設備	本章規定建築物空調用各型工廠組合完成之空調機組，包括冷氣、暖氣及相關設施之供應及安裝。
第15720章	空氣調節箱	本章節詳細規定空調箱之設計、製造及組裝。
第15810章	風管	本章說明建築物之風管材料、製作、構造、安裝支撐及清理等之規定。
第15640章	冷卻水塔	本章規定建築物[商業用][ ]冷卻水塔之材質及基本安裝方式。
第15832章	軸流式風機	本章說明軸流式風機的製造、工場測試、交貨及組裝。
第15861章	空氣過濾器	本章規定一般住宅、辦公室大廈空調通風系統使用之空氣過濾器的功能、材料、供應及安裝。
第15820章	風管附屬設備	本章詳細說明擴散出風口、格柵風口、風門、防火風門、電動風門及其附件的供應與安裝。
第15833章	動力通風機	本章節詳細規定動力通風機包括屋頂式壁式風機和箱型風機的工場測試、交貨及安裝。
第15834章	小型冷風機	本章節詳細規定盤管型小型冷風機的供應及安裝。
第15831章	離心式風機	本章節說明離心式風機的製造、工場測試、交貨及安裝時之要求。
第15820章	風管附屬設備	本章詳細說明擴散出風口、格柵風口、風門、防火風門、電動風門及其附件的供應與安裝。
第15950章	測試、調整及平衡	本章節規定所有水及空氣系統的平衡、測試及調整。
第15911章	空調系統監視及控制設備	本章包括空調控制系統所需之硬體、軟體供應、施工安裝、整體測試、試車和訓練。

# 竣工驗收之管理

空調系統之測試調整平衡，應先自設備安裝檢查完成後，作設備試運轉，接者為單機(風機、泵浦之流量)性能測試，以上具備後進行空氣側與水側之平衡。

測試、平衡與驗收方法之規範與作業標準，其作業程序共有五項，其為：

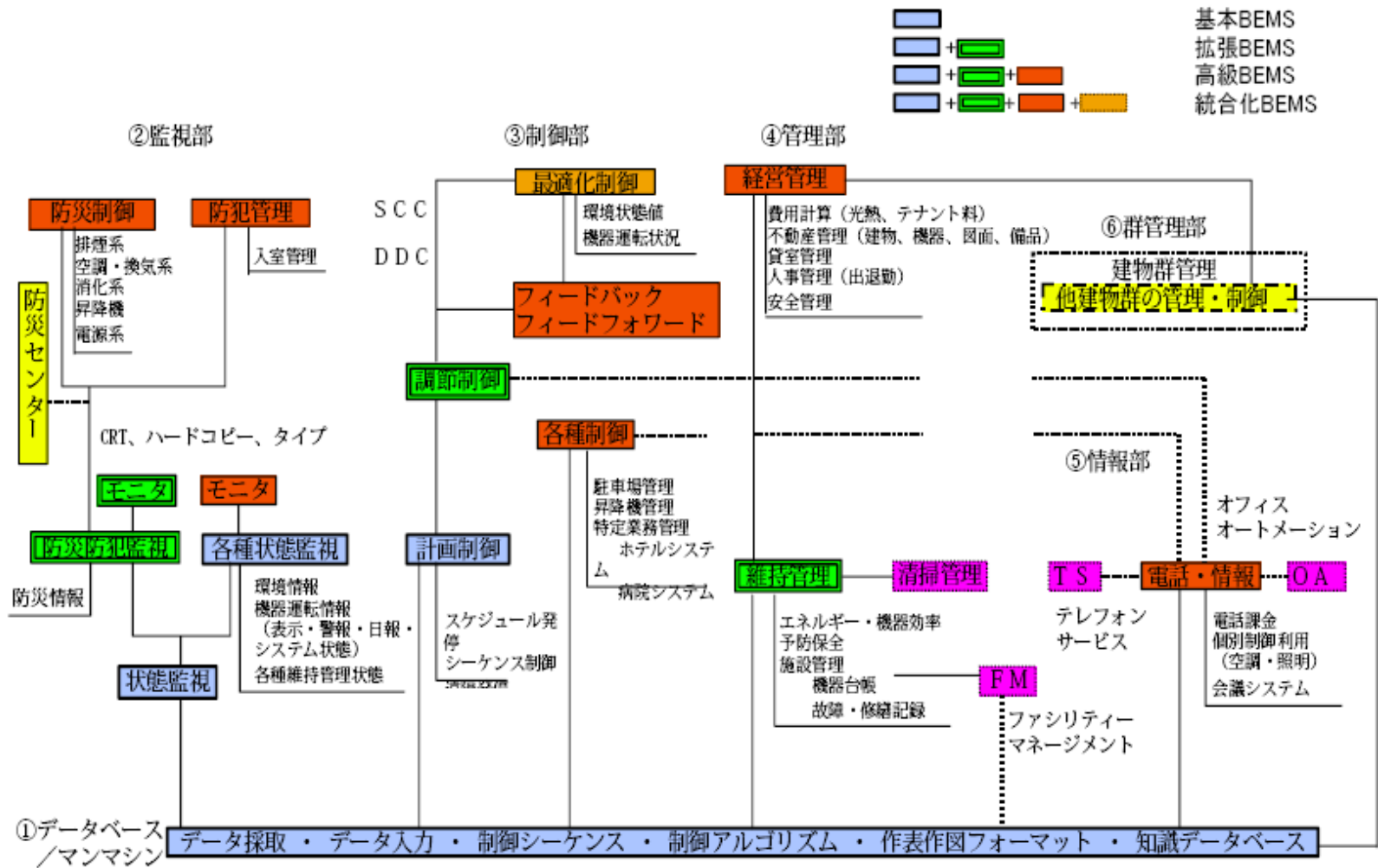
1. 測試前應備妥之文件資料
2. 測試平衡與驗收計畫書送審
3. 執行前確認事項
4. 綜合報告
5. 竣工資料移轉

# 系統操作維護之管理

操作維護之作業應依據竣工後移轉之操作維護手冊執行。

節能空調系統經過靜態性能認證後，開始營運使用，一開始因為經濟環境影響或業主政策方向改變，會有二種現象發生，其一為依據原設計觀念進行營運，則至少第一年可做動態性能認證，但必須依據能源查核規定，辦理能源查核申報。另外一種則在營運階段辦理內部改裝，或原有性能不合規定，要修改內部裝飾及空調系統。

# 日本之BEMS分級及功能示意圖



# 國內案例：南部某大型展覽館

## 建築物簡介

佔地面積19.16公頃、建築面積20,756平方公尺、樓地板面積114,355平方公尺、建築高度36.89公尺。

北館：建築面積15,313平方公尺，設置行政中心、常設展示廳、臨時展示廳、大螢幕電影院、多媒體世界、維修工廠、文教服務區、禮品店等觀眾服務之設施。

南館：建築面積5,443平方公尺，設置圖書中心、研究中心、大型演講廳、階梯教室、蒐藏庫等場所。

# 問題描述

向台電申請契約容量大(3700 kW)，主機噸數大(2800噸)，缺乏建立BEMS建築物能源監測管理系統，進行智慧型運轉策略控制模式，針對春夏秋冬不同季節進行良好之控制，預計可顯著改善整體空調系統節能效益及運轉費用。

# 改善對策

將既設之半密閉式BAS監控系統更新為web-base開放式BEMS系統。

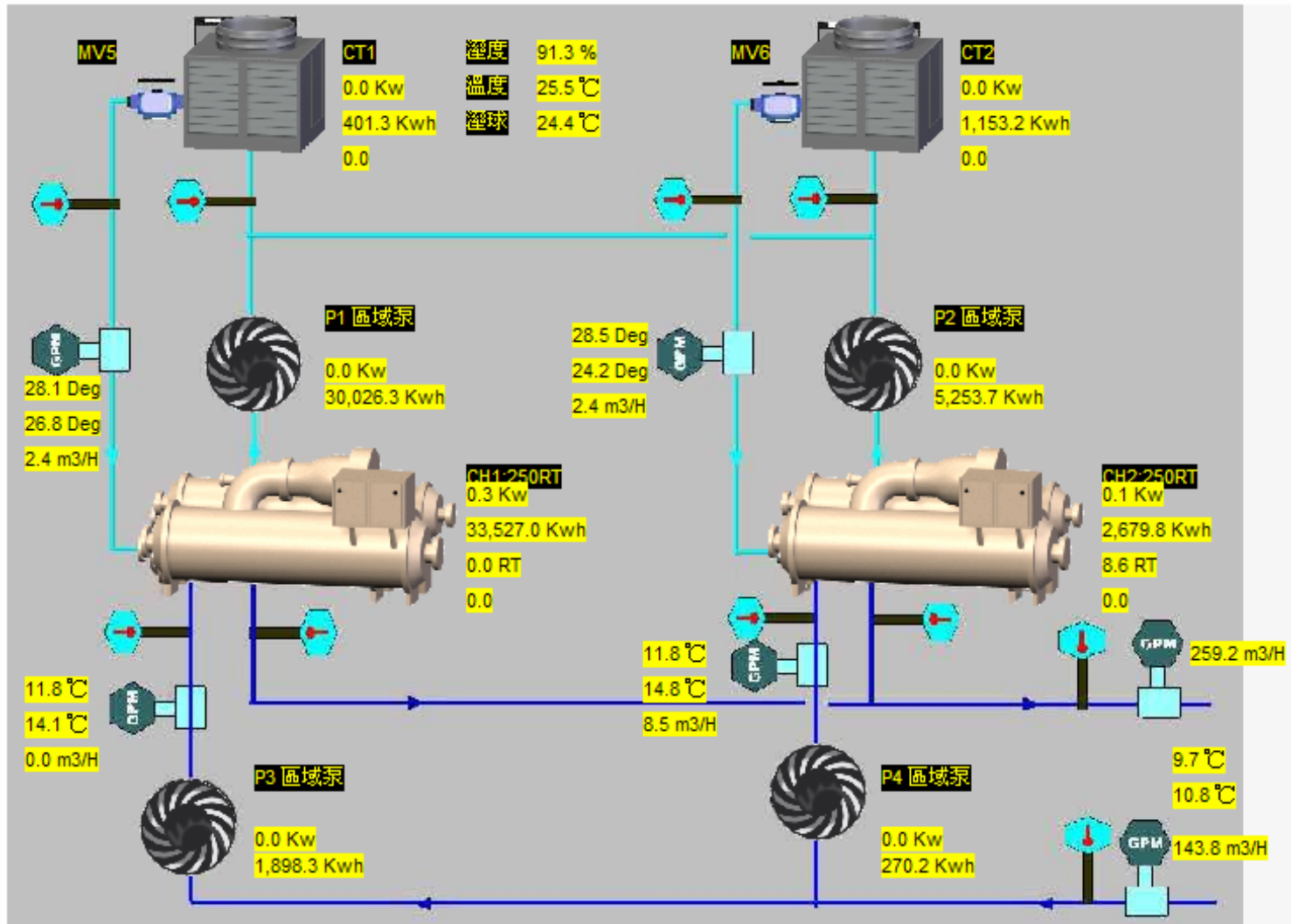
建立需量控制系統，並預設超約前之卸載程序  
整合設置web-base開放型BEMS建築物能源管理系統，建立最佳化運轉模式，並經由網際網路追蹤節約能源效益，安全管理、行政費用管理，等綜合成效

# Web-base即時監控系統改善對策

將既設之半密閉式BAS監控系統更新為web-base開放式BEMS系統。

建立需量控制系統，並預設超約前之卸載程序  
整合設置web-base開放型BEMS建築物能源管理系統，建立最佳化運轉模式，並經由網際網路追蹤節約能源效益，安全管理、行政費用管理，等綜合成效

# 空調系統即時運轉畫面



# 空調系統運轉耗能歷史資料查詢功能

報表種類 電費報表

日期區間 2006-12-01 ~ 2006-12-05

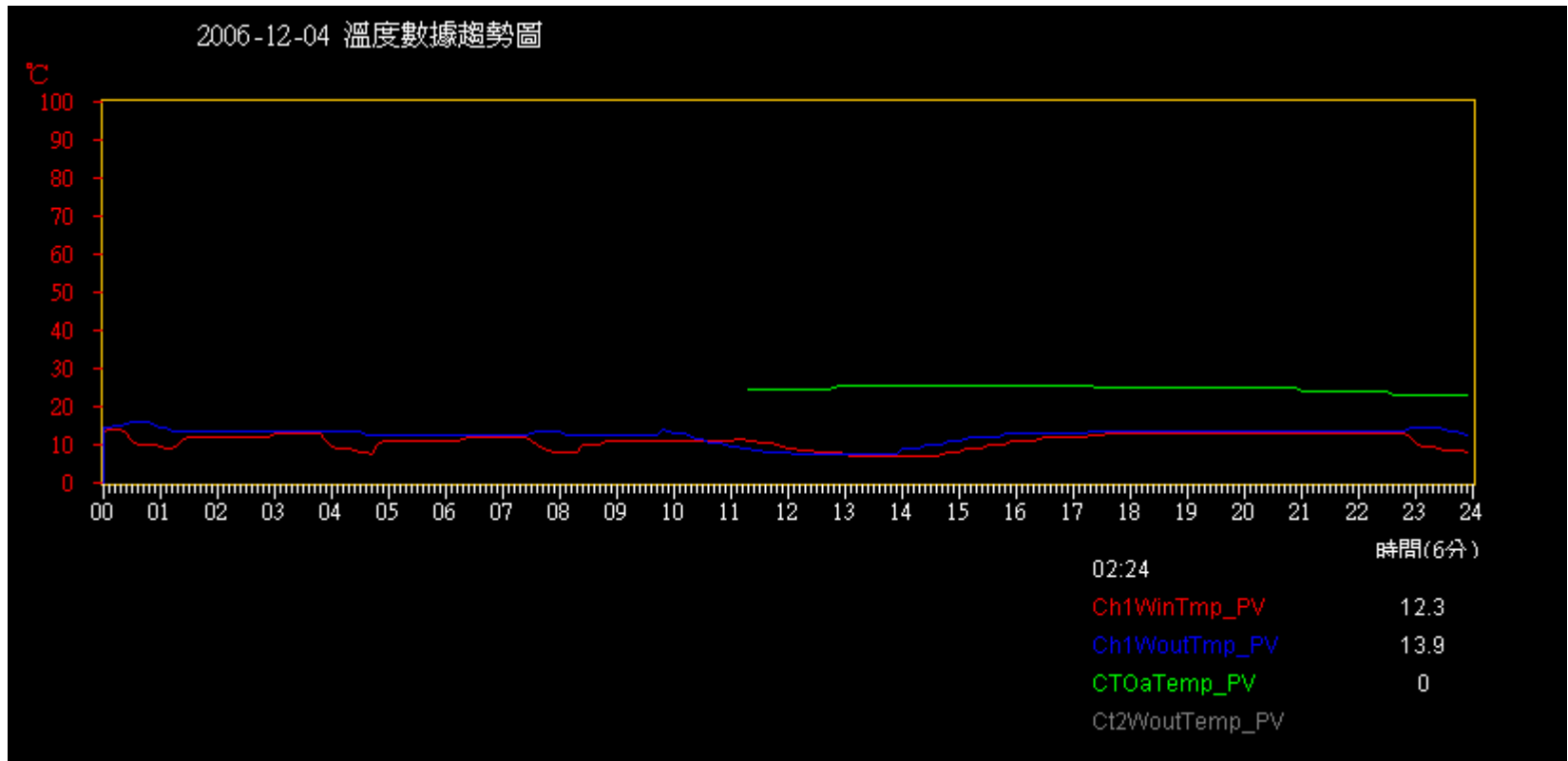
查詢

運轉設備	離峰用電 週日全天及每天 22:30 - 07:30		半尖峰用電 週六 07:30 - 22:30		尖峰用電 週一~五 07:30 - 22:30		合 計	
	度 KWH	元	度 KWH	元	度 KWH	元	度 KWH	元
冰水主機 CH1	3,428.2	4,085.9	1,699.3	1,410.4	1,487.6	3,317.4	6,615.1	8,813.6
一次冰水泵 PUMP01	3,260.3	4,072.5	1,440.7	1,195.7	1,335.2	2,977.5	6,036.1	8,245.7
二次冰水泵 PUMP03	185.0	232.9	80.8	67.1	76.6	170.8	342.4	470.8
冰水主機 CH2	8.3	12.6	2.0	1.6	1,267.8	2,827.3	1,278.1	2,841.5
一次冰水泵 PUMP02	0.0	0.0	0.0	0.0	1,279.5	2,853.2	1,279.5	2,853.2
二次冰水泵 PUMP04	0.0	0.0	0.0	0.0	66.4	148.1	66.4	148.1
製冰機 IB01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
製冰機 IB02	310.1	682.1	0.0	0.0	0.1	0.3	310.2	682.4
一次冰水泵 PUMP12	4.0	4.7	2.3	1.9	10.8	24.1	17.1	30.7
一次冰水泵 PUMP13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
二次冰水泵 PUMP08	211.3	471.2	0.0	0.0	409.8	913.8	621.1	1,385.0
製冰機 IB03	1,745.3	2,591.2	12.8	10.7	3.1	7.0	1,761.3	2,608.9
製冰機 IB04	1,452.2	1,986.7	11.7	9.7	3.2	7.2	1,467.1	2,003.6
一次冰水泵 PUMP14	6,002.6	7,329.1	718.6	596.4	1,281.9	2,858.6	8,003.0	10,784.1
一次冰水泵 PUMP15	5.3	6.9	2.4	2.0	9.0	20.1	16.7	29.0
二次冰水泵 PUMP09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2
二次冰水泵 PUMP10	192.8	160.0	458.3	380.4	526.4	1,173.9	1,177.5	1,714.3
製冰機 IB05	1,554.2	2,186.1	13.3	11.1	1.4	3.2	1,569.0	2,200.4
一次冰水泵 PUMP16	11,890.8	15,919.4	462.3	383.7	3,483.1	7,767.2	15,836.1	24,070.3
二次冰水泵 PUMP11	727.6	603.9	417.1	346.2	1,124.3	2,507.2	2,269.0	3,457.2
區域泵 PUMP05	308.3	464.0	0.0	0.0	122.1	272.4	430.5	736.4
區域泵 PUMP06	156.5	238.7	82.0	68.1	366.6	817.4	605.2	1,124.2
區域泵 PUMP07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合 計	31,442.7	41,048.0	5,403.6	4,485.0	12,855.0	28,666.7	49,701.4	74,199.7

# 空調系統運轉性能歷史資料查詢功能

報表種類	冷凍效率表								
日期	2006-12-04								
查詢									
運轉設備	上週累計(2006-11-27 星期一)			現在累計(2006-12-04 星期一)			本週值		
	KWH	RTH	KWH/RTH	KWH	RTH	KWH/RTH	KWH	RTH	KWH/RTH
熱交換器 HX1	-	0.0	-	-	5,610.1	-	-	5,610.1	-
Total	-	0.0	-	-	5,610.1	-	-	5,610.1	-
製冰機 IB01	2,523.2	-	0.00	2,523.2	-	0.45	0.0	-	0.45
製冰機 IB02	5,184.7	-	0.00	6,860.6	-	1.22	1,675.9	-	1.22
一次冰水泵 PUMP01	3,887.7	-	0.00	30,026.3	-	5.35	26,138.6	-	5.35
二次冰水泵 PUMP03	732.0	-	0.00	1,898.3	-	0.34	1,166.3	-	0.34
Total	12,327.6	-	0.00	41,308.4	-	7.36	41,308.4	-	7.36
運轉設備	上週累計(2006-11-27 星期一)			現在累計(2006-12-04 星期一)			本週值		
	KWH	RTH	KWH/RTH	KWH	RTH	KWH/RTH	KWH	RTH	KWH/RTH
熱交換器 HX2	-	0.0	-	-	15,475.8	-	-	15,475.8	-
熱交換器 HX3	-	0.0	-	-	14,055.3	-	-	14,055.3	-
Total	-	0.0	-	-	29,531.1	-	-	29,531.1	-
製冰機 IB03	5,690.7	-	0.00	10,608.9	-	0.36	4,918.2	-	0.36
製冰機 IB04	5,738.3	-	0.00	10,275.7	-	0.35	4,537.4	-	0.35
一次冰水泵 PUMP14	3,133.5	-	0.00	67,264.8	-	2.28	64,131.3	-	2.28
一次冰水泵 PUMP15	6,299.2	-	0.00	26,006.9	-	0.88	19,707.7	-	0.88
二次冰水泵 PUMP09	2,664.0	-	0.00	2,672.9	-	0.09	8.9	-	0.09
二次冰水泵 PUMP10	4,869.9	-	0.00	9,994.0	-	0.34	5,124.1	-	0.34
Total	28,395.6	-	0.00	126,823.2	-	4.29	126,823.2	-	4.29

# 空調主機冰水運轉趨勢圖



# 結論

BEMS是建築物監控系統結合專家診斷系統所開發的新式建築物能源管理系統，自動擷取監測系統中BEMS程式所需要之各項相關參數，診斷設備是否故障、低效率運轉以及適時提出警告，這些資訊提供設備維護人員一個很好的參考依據，做好事前的預防措施並提高能源效率並。

能源之合理化應用

合理之設計評估與成效之實測

節能之效益

指引未來能源應用之減量