

臺南市政府經濟發展局

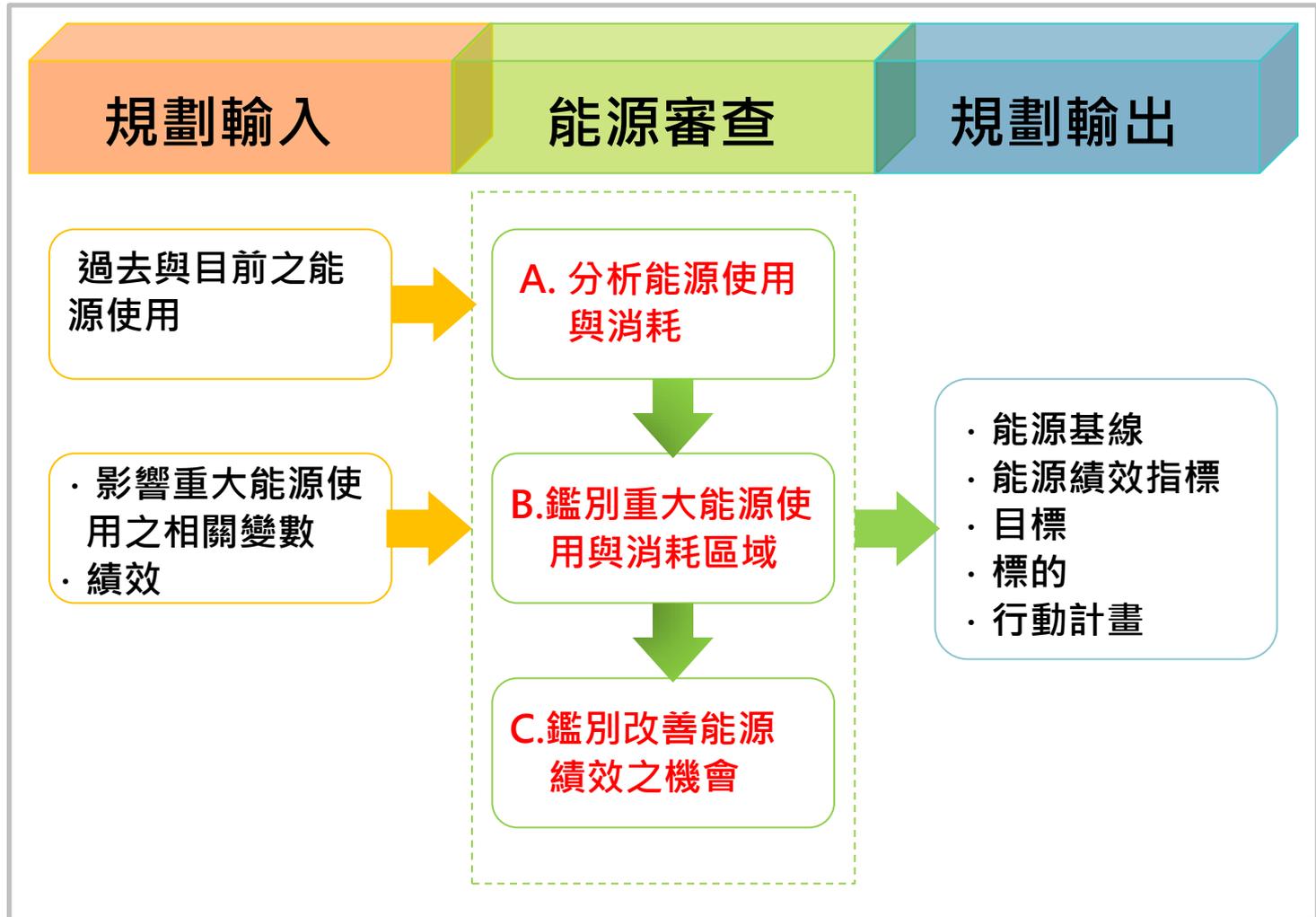
校園導入智慧能源管理系統及節能措施

報告人：王瑋民
崑山科大電機系

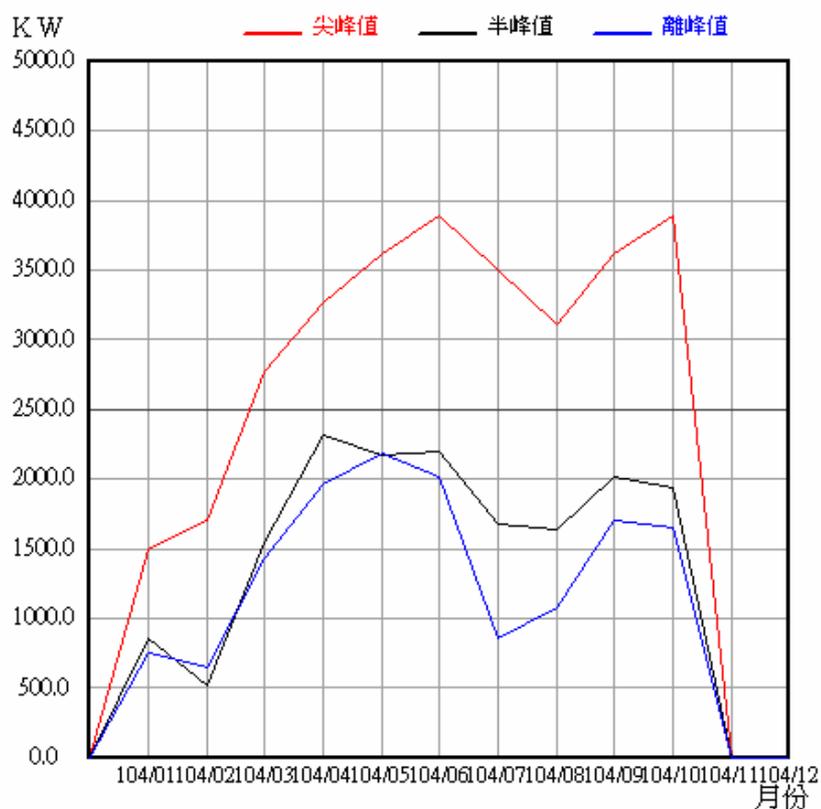
ISO 50001能源管理系統-流程



ISO 50001建置方法-能源管理規劃

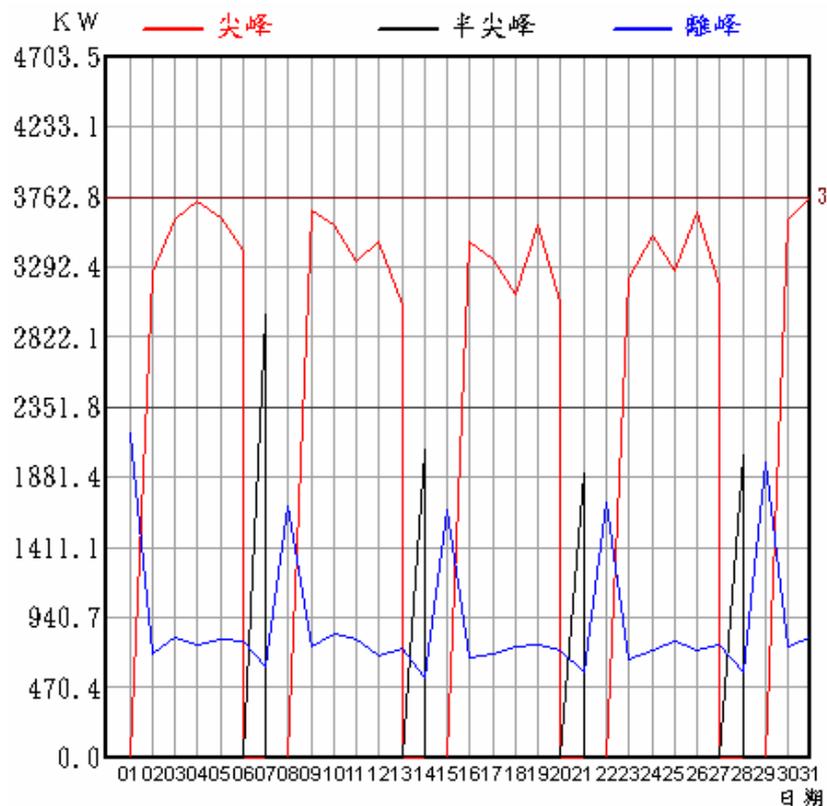


用電特性分析1



年報表

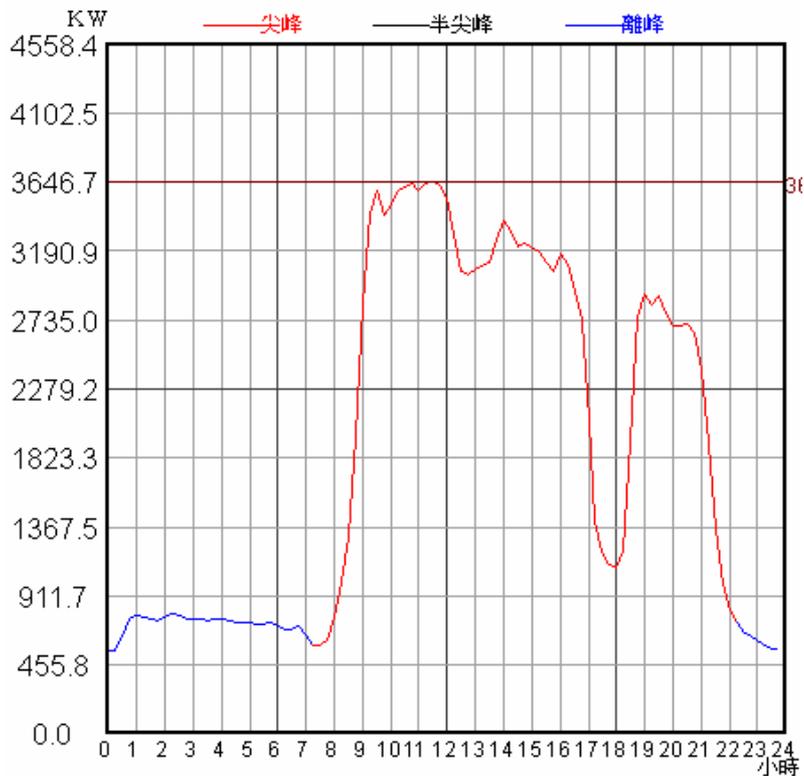
- ✓ 契約容量檢討
- ✓ 空調負載比例



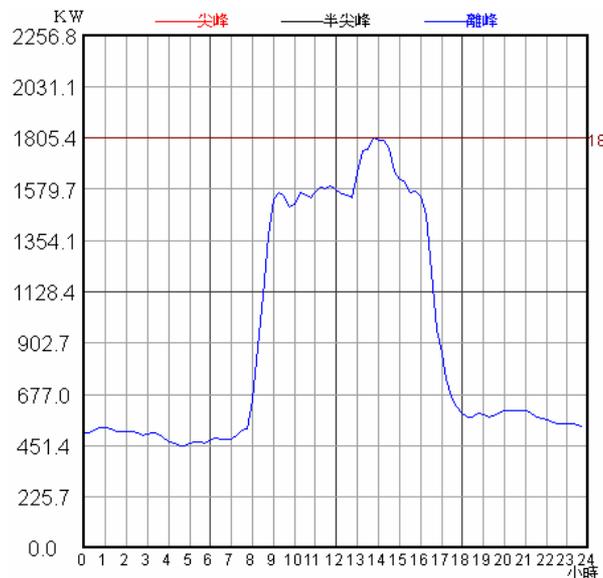
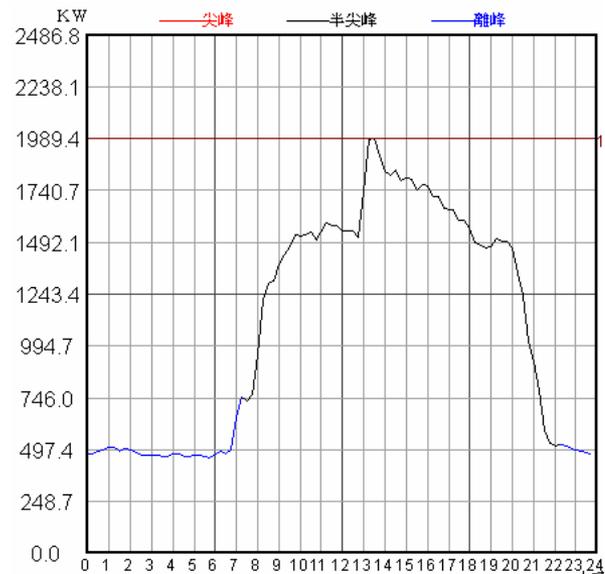
月報表

- ✓ 異常用電

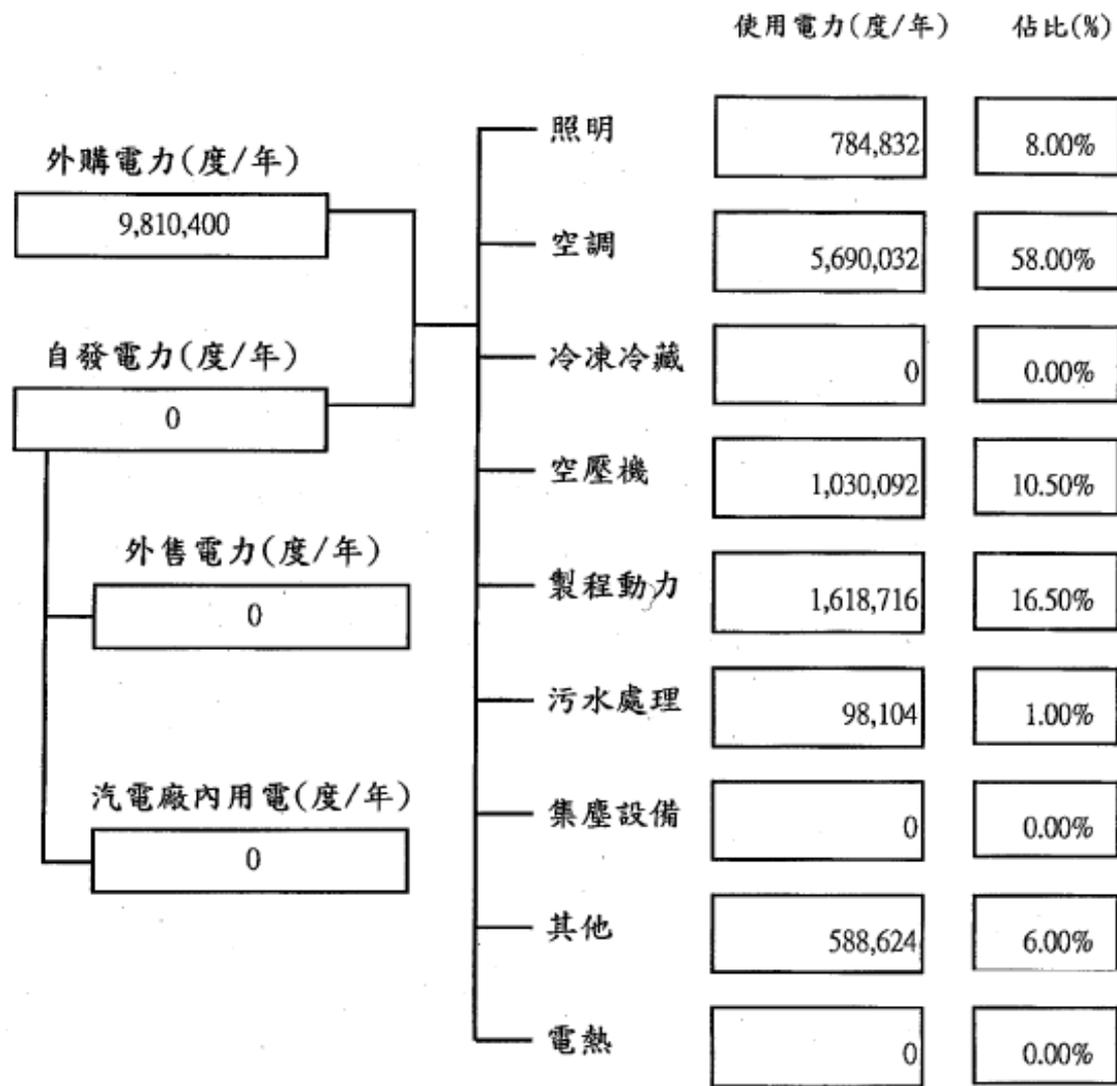
用電特性分析2



- ✓ 時間電價檢討
- ✓ 變壓器鐵損



電能平衡圖例



單位面積年用電量(EUI)比較

建築物用途分類		平均值 (kWh/m ² ·yr)	最小值 (kWh/m ² ·yr)	最大值 (kWh/m ² ·yr)	標準差
主類別	次類別				
醫院類	醫學中心	238.0	160.1	339.1	46.7
	區域醫院	211.8	140.0	280.2	40.2
	地區醫院	148.8	88.3	223.7	37.6

單位面積用電需量(DUI)比較

建築物用途分類		平均值 (W/m ²)	最小值 (W/m ²)	最大值 (W/m ²)	標準差
主類別	次類別				
醫院類	醫學中心	43.5	27.7	62.8	8.9
	區域醫院	40.4	24.8	57.8	7.6
	地區醫院	30.9	15.7	47.1	7.3

重大能源使用鑑別因子-範例

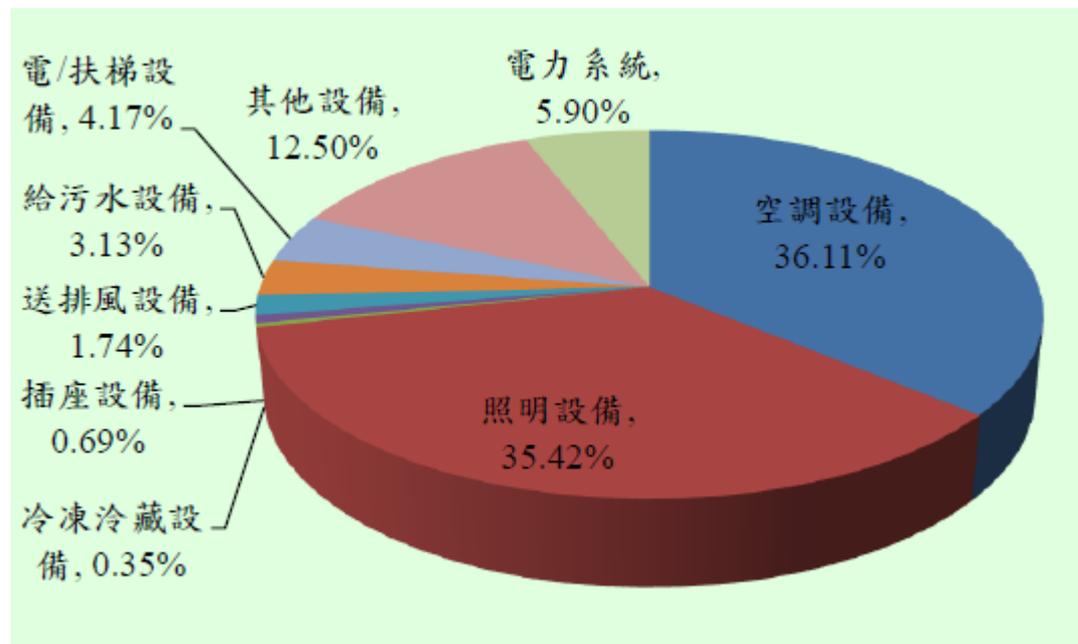
設備耗能值		分數
0 ~	4,999kwh/年	1
5,000 ~	10,000kwh/年	2
10,001 ~	80,000kwh/年	3
80,001 ~	200,000kwh/年	4
200,001 ~	kwh/年	5

重大能源使用鑑別			級別
0.0 ~	3.4	分	C
3.5 ~	4.0	分	B
4.1 ~	5.0	分	A

鑑別因子	佔比
設備耗能值	40%
設備老舊度	30%
設備運轉度	30%
總計	100%

設備老舊度			分數
0 ~	1	年	1
2 ~	3	年	2
4 ~	5	年	3
6 ~	9	年	4
10 ~		年	5

設備運轉度			分數
0 ~	1,459	hr/年	1
1,460 ~	2,920	hr/年	2
2,921 ~	4,380	hr/年	3
4,381 ~	5,840	hr/年	4
5,841 ~	8,760	hr/年	5



重大能源使用鑑別後結果-範例

系統別	A級設備數目	B級設備數目	C級設備數目	影響該系統耗能相關變因	相關改善措施	
					研提能源管理改善行動計畫	制訂設備管理操作規範
空調系統	20	42	37	外氣溫度	空調箱更新	空調設備管理操作規範
照明系統	8	6	3	使用時間	以LED代替HQL燈	照明設備管理操作規範
電梯	1	4	22	來客數	更新變頻電梯	
給水污水設備	0	0	33	來客數		
送排風設備	1	54	112	使用時間		抽風排風系統自動檢查操作規範
冷凍冷藏設備	0	12	252	來客數		冷凍冷藏設備管理操作規範
熱泵	0	2	0	來客數		熱泵供應設備管理操作規範
鍋爐	0	2	0	住房率	降低含氧量	鍋爐設備管理操作規範
事務設備	APC	0	0	使用時間	中央監控電腦更新	
洗衣房設備	0	8	34	住房率		水洗機管理操作規範 乾洗機管理操作規範 烘乾機管理操作規範 空氣壓縮機管理操作規範
廚房設備	1	0	143	來客數		旋轉烤箱設備管理操作規範 冷凍冷藏設備管理操作規範

常見節能及相關措施

1. 合理契約容量
2. 需量控制系統
3. 提高功率因數(電費優惠上限已改為95%)
4. 選用高效率電器設備(燈具、空調等)
5. 採用變頻器控制
6. 採用熱泵熱水系統
7. 汰換低效率主機及相關泵浦

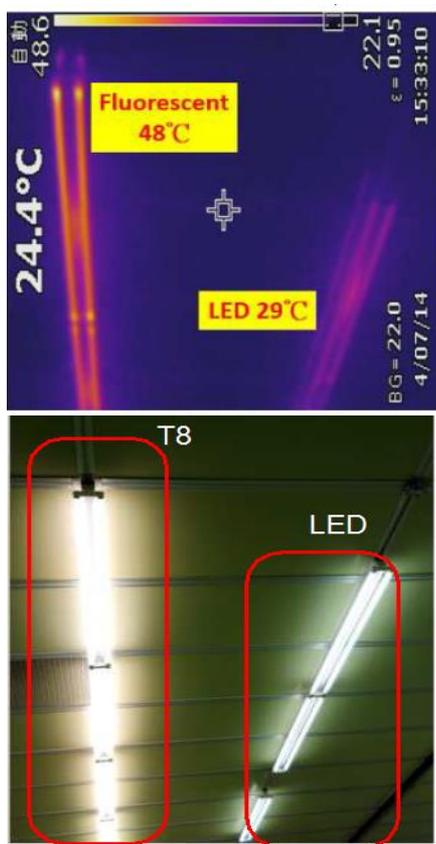
傳統日光燈管T8 / T5/ LED 比較表(4尺單支)

項目	T8	T5	LED
燈管管徑	28mm	16mm	28mm
燈管額定功率	40W	28W	18W
實際耗電功率	48~54W	32~36W	18W
使用壽命	約5,000hr	約9,000hr	> 25,000hr
安定器	需搭配安定器，會額外耗電。	須搭配安定器，會額外耗電。	無需搭配安定器
啟動器	需搭配啟動器	無需搭配啟動器	不需搭配啟動器。 傳統日光燈具，可直接更換LED燈管。

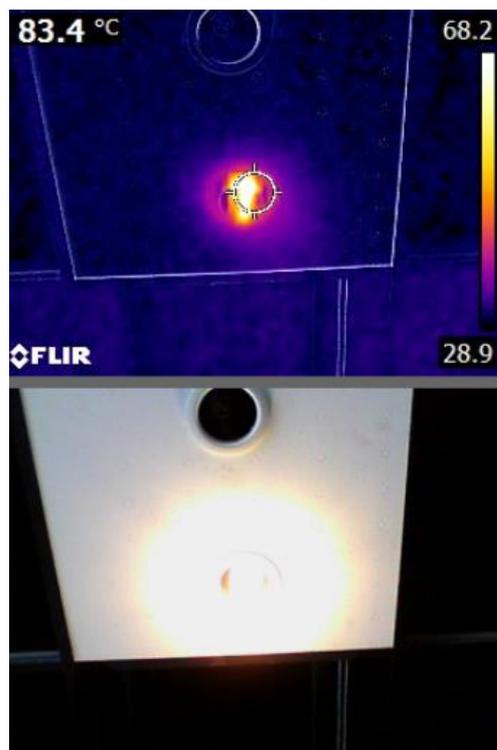
LED 光源產品與各種光源的比較

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
鹵素燈	25	100	3000	2,000~5,000
省電燈泡	60	85	4000	5,000~6,000
T5 螢光燈	90-100	85	2700	15,000~20,000
LED 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	5000~ 6500	25,000~30,000
複金屬燈	90	65~85	3000~ 4700	10,000~20,000

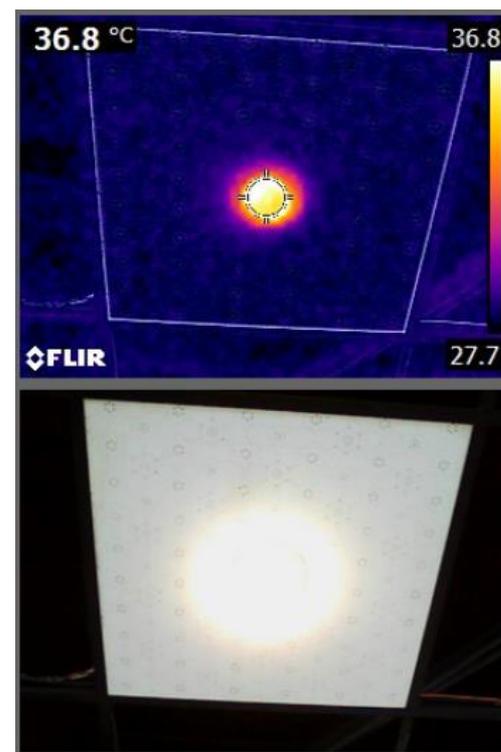
T8與LED燈管溫度

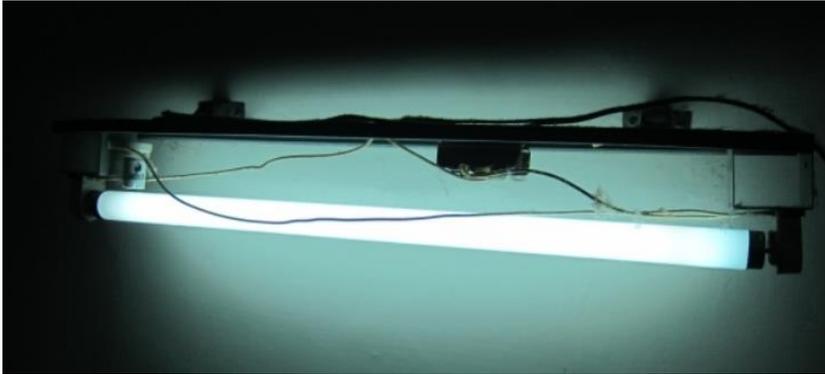


螺旋燈泡溫度



LED燈泡溫度





2呎T8傳統燈管+
鐵心安定器



2呎T8 LED
+鐵心安定器

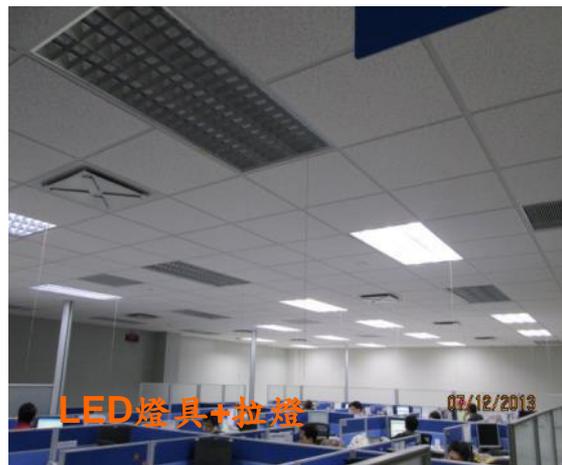


2呎T8 LED



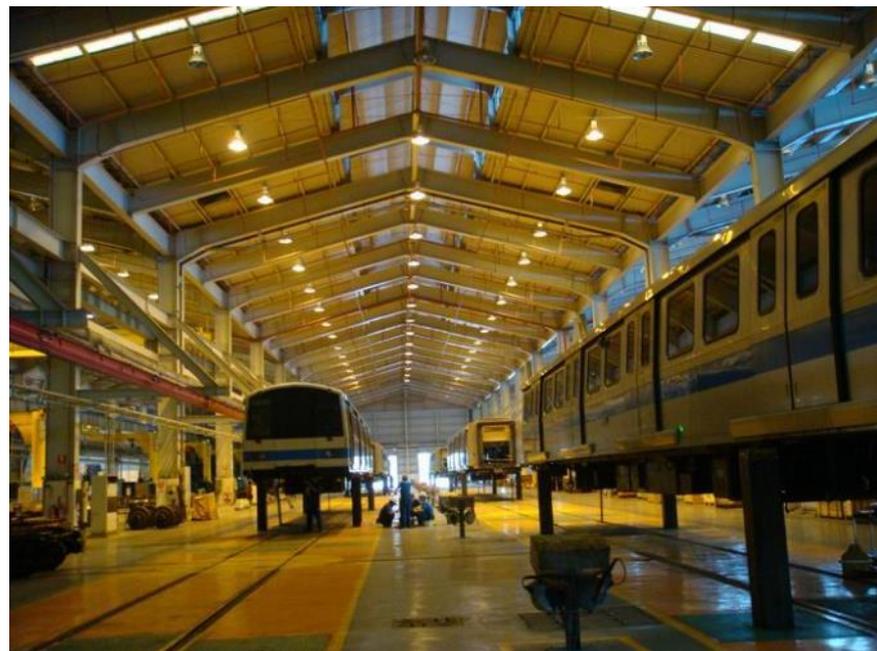
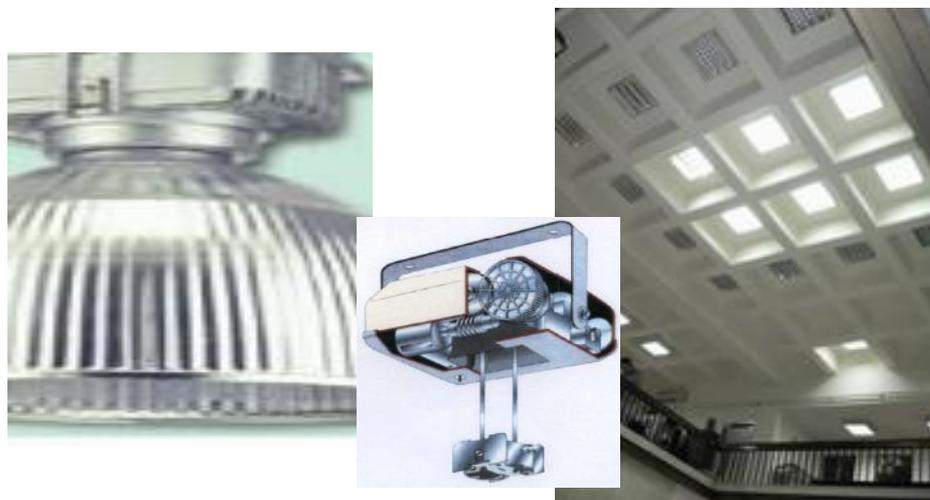
一般照明採用LED燈與照明控制最適化

- 改用LED燈。
- 地下停車場照明加裝Timer控制改善。
- 茶水間與廁所照明加裝動態感測器。
- 辦公室照明加裝拉燈開關，同仁離開座位時自行控制照明點滅。



大空間/挑高作業區

- ✓ 用高效率陶瓷複金屬燈、LED等節能燈取代水銀燈
- ✓ 採用可升降高天井燈，以利維修。



85W 節能燈具

冷凍噸(Refrigeration Ton, RT)

(1) 英制單位：

- **BTU (British Thermal Unit)**為英制熱量單位，1BTU等於使1磅的水升高華氏1度所需要的熱量。
- **英(美)制冷凍噸 (1 USRT)**是將1噸 (2000磅)32°F的冰 (冰的融解熱為144 BTU/lb)，在24小時內溶為32°F的水時所吸收的熱量。
- **1 USRT=144 BTU/lb×2,000 lb/24hr**
=12,000 BTU/hr
=3,024 kcal/hr
=3.52 kW
- **1 kW= 860 kcal/hr=3,412 Btu/hr=0.28 USRT**
- **1 kcal=3.968 BTU**
- **1 kcal/hr=1.163 W**

冰水主機運轉效能評估

Energy Efficiency Ratio 能源效率比值
Coefficient Of Performance, 性能係數

$$\text{運轉效率} = \frac{\text{用電量 } P_{\text{chiller}} \text{ (kW)}}{\text{冷凍能力 } Q_{\text{evap}} \text{ (RT)}}$$

$$\text{COP} = \frac{\text{冷凍能力 } Q_{\text{evap}} \text{ (kW)}}{\text{用電量 } P_{\text{chiller}} \text{ (kW)}}$$

$$\text{EER} = \frac{\text{冷凍能力 } Q_{\text{evap}} \text{ (kcal/hr)}}{\text{用電量 } P_{\text{chiller}} \text{ (W)}}$$

執行階段/實施日期		第一階段/民國92年1月1日			第二階段/民國94年1月1日			
型	式	冷卻能力	能源效率比值 (EER)	性能係數 (COP)	運轉 效率	能源效率比值 (EER)	性能係數 (COP)	運轉 效率
水冷式	容積式 壓縮機	< 150RT	3.50	4.07	0.86	3.83	4.45	0.79
		≥ 150RT ≤ 500 RT	3.60	4.19	0.84	4.21	4.90	0.72
		> 500RT	4.00	4.65	0.76	4.73	5.50	0.64
	離心式 壓縮機	<150RT	4.30	5.00	0.70	4.30	5.00	0.70
		≥ 150RT <300RT	4.77	5.55	0.63	4.77	5.55	0.63
		≥ 300RT	4.77	5.55	0.63	5.25	6.10	0.58
氣冷式	全機種	2.40	2.79	1.26	2.40	2.79	1.26	

冷氣機：

		回列表
型號：	RA-25PL	 <p>可以點選圖片放大</p>
證書號碼：	950108	
合約有效期限：	2006/11/27-2008/11/26	
廠牌名稱：	日立	
室內機尺寸 (mm)：	寬600×高425×深775	
室外機尺寸 (mm)：	寬×高×深	
總冷氣能力：	2.69(kW)	
產品形式：	變頻式(60Hz)	
產品型態：	氣冷式	
EER (W/W)：	3.22	

$$\text{耗電功率} = 2.69 \text{ kW} / 3.22 = 0.84 \text{ kW} = 840 \text{ W}$$

冷房能力

$$= 2.69 \text{ kW} * 860 = 2,314 \text{ kcal/hr}$$

$$= 2.69 * 3,412 = 9,178 \text{ BTU/hr}$$

窗(壁)型冷氣機能源效率分級基準表(101年)

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

註：上表適用範圍為消耗電功率 3kW 以下之單體式窗(壁)型冷氣機及分離式窗(壁)型冷氣機。
<https://ranking.energylabel.org.tw>

機種	能源效率比 (W/W)	各等級基準				
		5 級	4 級	3 級	2 級	1 級
氣冷式	低於 3.15	3.15 以上，低於 3.37	3.37 以上，低於 3.59	3.59 以上，低於 3.81	3.81 以上	
水冷式	低於 4.25	4.25 以上，低於 4.55	4.55 以上，低於 4.85	4.85 以上，低於 5.14	5.14 以上	

註：上表適用範圍為冷氣能力在 26kW 以下氣冷式或水冷式冷氣機。

表 5.1 窗型冷氣機能源效率比值標準對照表

機種冷氣	能力分類 (KW)	能源效率比 (W/W)				
		5 級	4 級	3 級	2 級	1 級
各等級基準						
單體式	2.2 以下	低於 2.95	2.95 以上 低於 3.10	3.10 以上 低於 3.25	3.25 以上 低於 3.40	3.40 以上
	高於 2.2, 4.0 以下					
	高於 4.0, 7.1 以下					
	高於 7.1, 10 以下					
分離式	4.0 以下	低於 3.45	3.45 以上 低於 3.69	3.69 以上 低於 3.93	3.93 以上 低於 4.17	4.17 以上
	高於 4.0, 7.1 以下	低於 3.20	3.20 以上 低於 3.42	3.42 以上 低於 3.65	3.65 以上 低於 4.17	3.87 以上
	高於 7.1	低於 3.15	3.15 以上 低於 3.37	3.37 以上 低於 3.59	3.59 以上 低於 3.81	3.81 以上

註：上表適用消耗電功率 3kW 以下之單體式窗型冷氣機及分離式窗型冷氣機

以冷房能力14kW (約等同 $14/3.52=4RT$)分離式空調為例，
 取一級效率機種，COP為 3.81 (W/W)，
 耗電功率為 $14 \text{ kW}/3.81=3.67 \text{ kW}$ ，
 每RT耗電功率為 $3.67 \text{ kW}/4 \text{ RT}=0.92 \text{ kW}/ \text{RT}$ 。

新指標-冷氣季節性能因數

(Cooling Seasonal Performance Factor, CSPF)

- ✓ 分析空調機在全年運轉所能滿足之冷氣需求總量與運轉所需消耗之電量，計算空調機在全年冷氣季節運轉之效率，反映空調機在長期運轉的特性。
- ✓ 變頻式機種具較佳溫控特性，避免傳統壓縮機啟動之突升電流

表一、無風管冷氣機容許耗用能源基準

機種		額定冷氣能力(kW)	冷氣季節性能因數 CSPF (kWh/kWh)
氣冷式	單體式	2.2 以下	3.40
		高於 2.2，4.0 以下	3.45
		高於 4.0，7.1 以下	3.25
		高於 7.1，71.0 以下	3.15
	分離式	4.0 以下	3.90
		高於 4.0，7.1 以下	3.60
		高於 7.1，10.0 以下	3.45
		高於 10.0，71.0 以下	3.40
水冷式	全機種	4.50	

空調系統冰水主機能源效率標準

執行階段		第一階段			第二階段	
實施日期		民國九十二年一月一日			民國九十四年一月一日	
型	式	冷卻能力等級	能源效率比值 (EER) kcal/h-W	性能係數 (COP)	能源效率比值 (EER) kcal/h-W	性能係數(COP)
水冷式	容積式 壓縮機	<150RT	3.50	4.07	3.83	4.45
		≥150RT ≤500RT	3.60	4.19	4.21	4.90
		>500RT	4.00	4.65	4.73	5.50
	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：

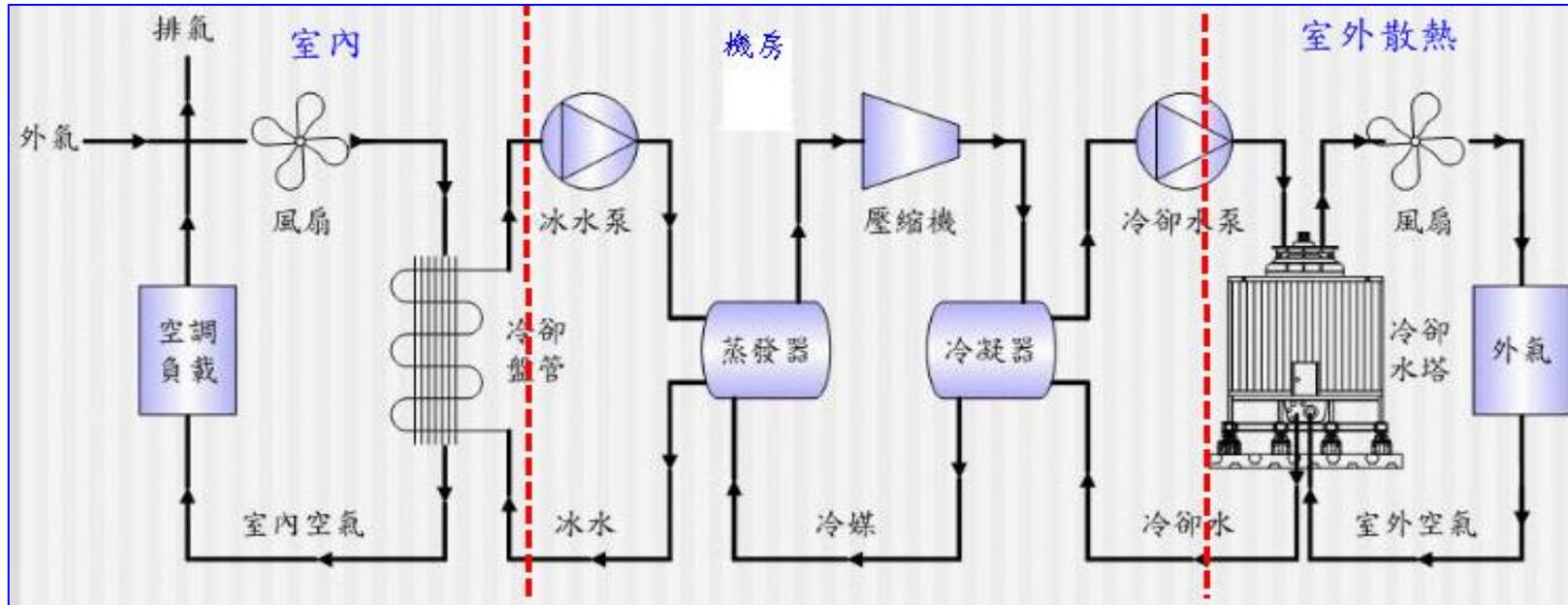
- 1.冰水機能源效率比值(EER)依CNS12575容積式冰水機組及CNS12812離心式冰水機組規定試驗之冷卻能力(Kcal/h)除以規定試驗之冷卻消耗電功率(W),測試所得能源效率比值不得小於上表標準值,另廠商於產品上之標示值與測試值誤差應在百分之五以內。
- 2.性能係數(COP)=冷卻能力(W) / 冷卻消耗電功率(W)=1.163EER。1RT(冷凍噸)=3024Kcal/h。

更新日期：105-11-30

取COP為4.45 (W/W)，100RT主機
耗電功率為 $(100 \times 3.52 \text{ kW}) / 4.45 = 79 \text{ kW}$ ，
每RT耗電功率為 $79 \text{ kW} / 100 \text{ RT} = 0.79 \text{ kW} / \text{RT}$ 。

中央空調節能

- ✓ 提升冰水機運轉效率
- ✓ 冷卻水塔定期清洗
- ✓ 水循環系統定期檢視
- ✓ 空氣側定期檢視



- 冰水出水溫度提高 1°C ，約可節能1.5 %
- 冷卻水入水溫度降低 1°C ，約可節能3.0 %

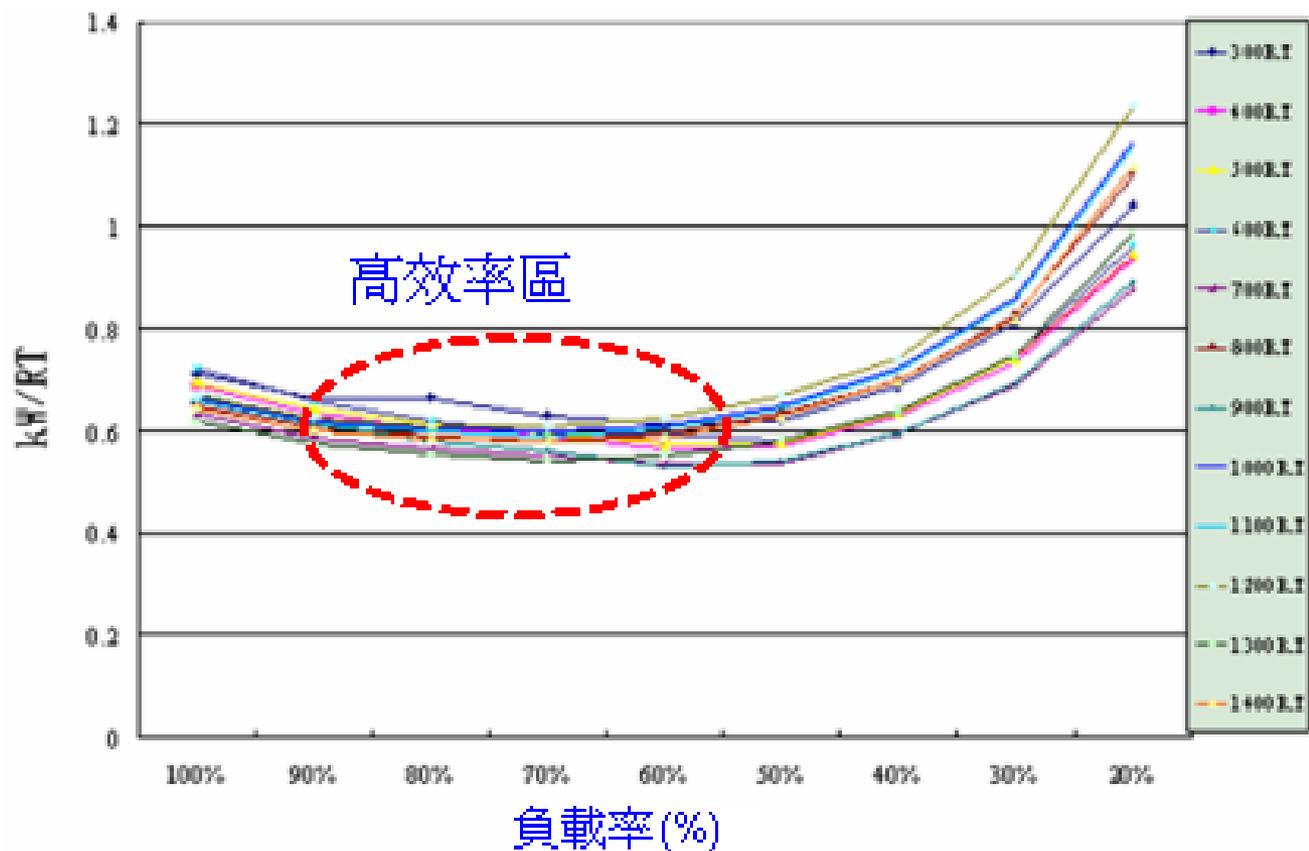
- ✓ 風扇變頻器應用
- ✓ 冷氣不外洩
- ✓ 濾網清洗
- ✓ 換氣檢討

- ✓ 冰水出水溫度設定及檢測
- ✓ 換用高效率馬達及水泵
- ✓ 冰水泵變頻控制需求
- ✓ 冷凝器銅管清洗
- ✓ 冰水溫度設定

- ✓ 冷卻水質檢測
- ✓ 冷卻水進出水溫監測
- ✓ 水塔散熱環境通風
- ✓ 散熱風扇運轉控制

中央空調冰水主機運轉效率

- 主機運轉效率曲線



冷卻水塔 水流量異常比較



冷卻水塔散熱片更新前後測重比較



換起之舊散熱片：
連水垢雜質24kG



新散熱片：5kG

電動機與傳動機械

■ 電動機（馬達）系統耗用的電能

- 美國工、商、住宅用電約各佔1/3，馬達佔總用電46%，佔工業用電可達到65~70%，在台灣工業用電佔比較美國高，使用度數約為770億度。
- 馬達為各項工業機械的核心元件，其驅動的系統包含、泵浦、風機、空壓機、冷媒壓縮機、材料處理如工具機、製程設備等。
- 其中以泵浦、風機、空壓機佔達一半以上馬達系統用電。

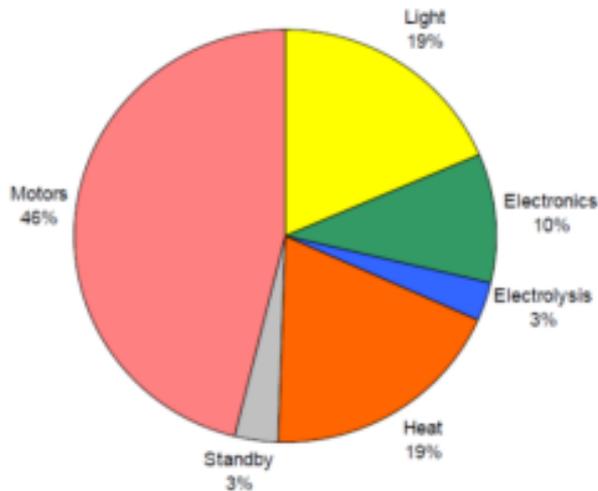


Fig.1 Electricity Consumption of end-use equipment

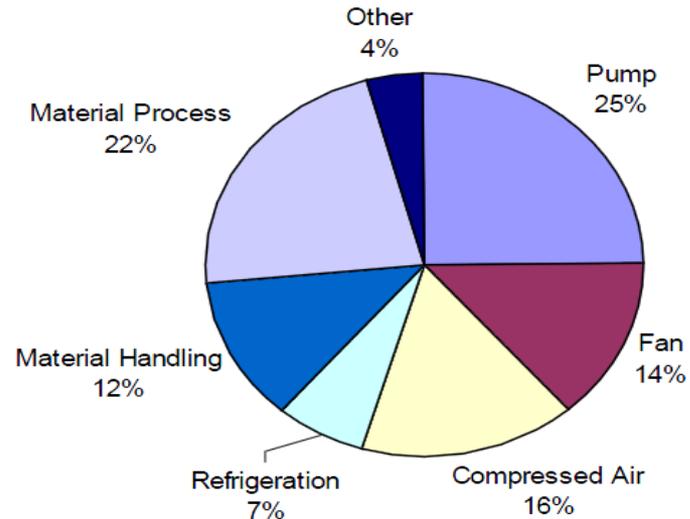


Figure 1: National Industrial Motor Systems Energy End-Use (Source: Nadel et al. 2002)

電動機管理

- 電動機效率定義：

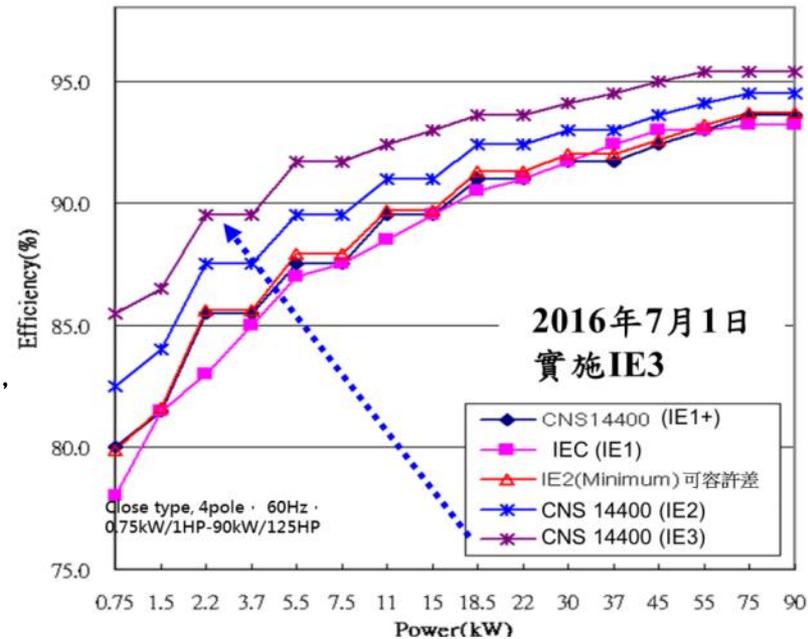
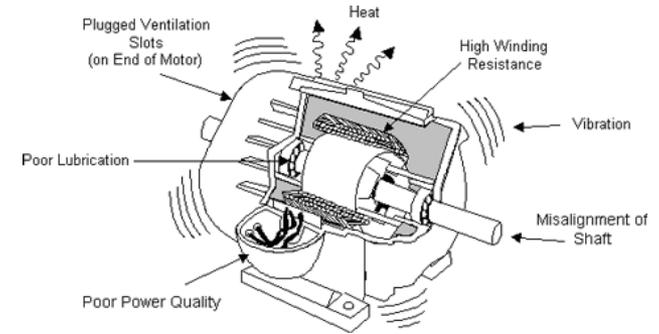
$$\text{效率} = \frac{\text{機械能輸出}}{\text{電能輸入}}$$

- 電動機效率標準：

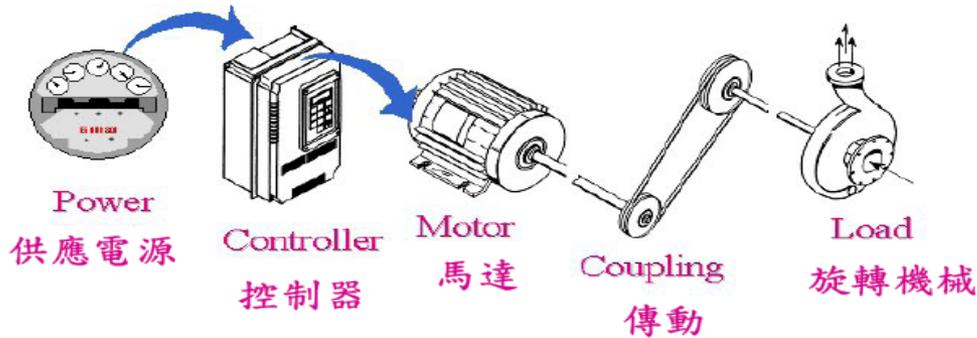
- 台灣高效率CNS14400，IE1、IE2、IE3(最高)
- 台灣CNS 2934(已廢除)
- 與IEC(國際電工協會)-IE1, IE2, IE3同步

- 國內電動機管理標準：

- 低壓三相鼠籠型感應電動機(含安裝於特定設備之一部者)能源效率基準、效率標示及檢查方式(中華民國103年12月22日，經能字第10304606310號公告修正)
- CNS 14400規定，額定輸出功率在 0.75kW/1HP 至 200kW/270HP之低壓三相鼠籠型感應電動機，其能源效率：
 - 2015年1月1日起應符合電動機IE2能源效率基準
 - 2016年7月1日起應符合IE3能源效率基準規定
- 所稱特定設備，指廠商製造或進口之泵、空氣壓縮機或通風機，其內含電動機。



電動機節能管理



系統改善方法	節能比例
1. 使用變速控制	10 ~ 50%
2. 換用高效率馬達	2 ~ 8%
1. 傳動效率改善	2 ~ 10%
2. 系統維護調整與潤滑	1 ~ 5%
3. 馬達規格匹配適當	1 ~ 3%
4. 電力品質改善	0.5 ~ 3%
5. 馬達維修保養適當	0.5 ~ 2%

依據IEA的研究：

改善馬達系統可提昇用電效率20%~25%，

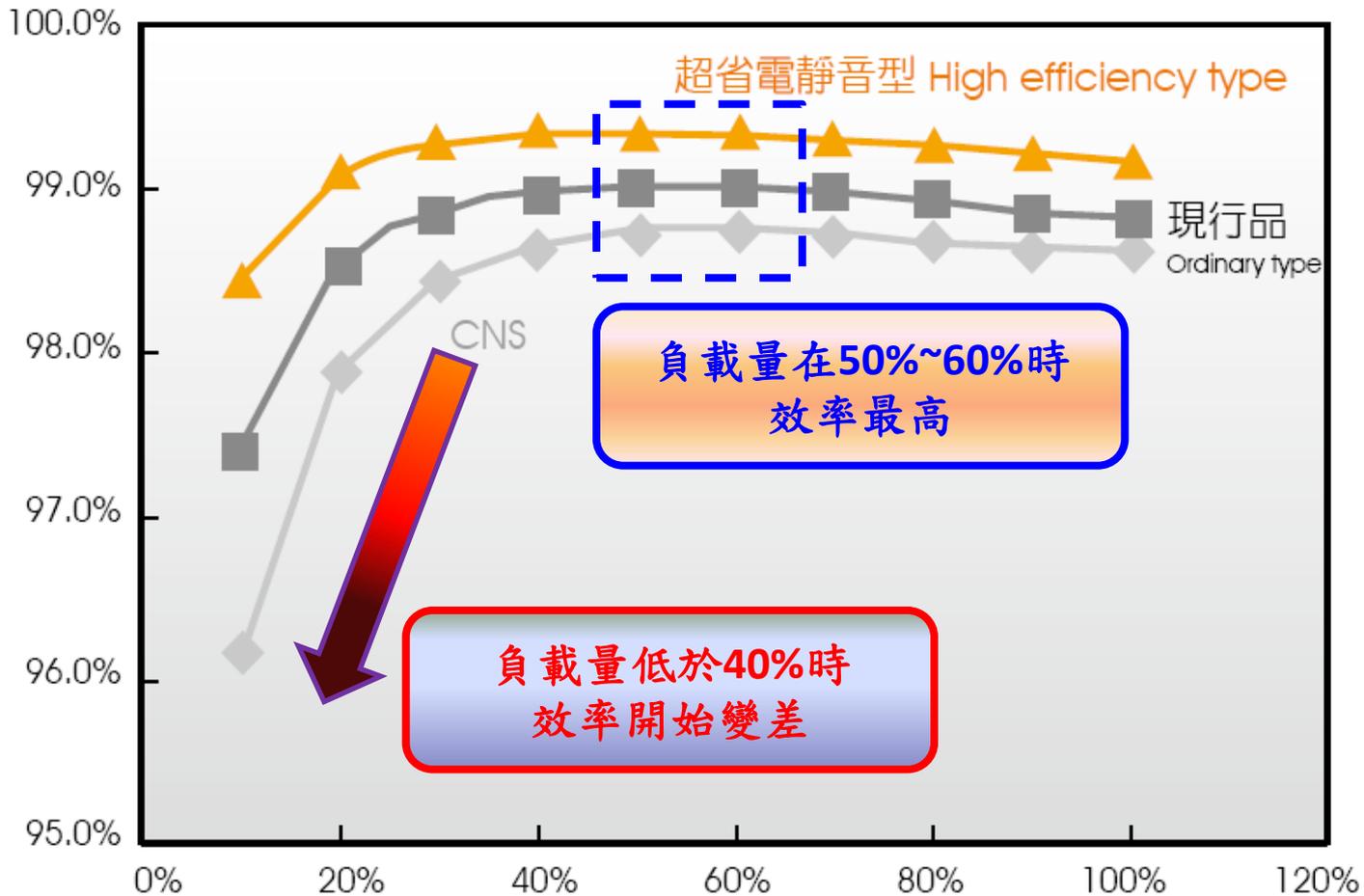
其影響的因素為：

1. 馬達本身的效率
2. 被帶動旋轉機械的效率
3. 動力傳動系統的效率
4. 系統的匹配設計
5. 系統的控制操作
6. 系統的管理與維修
7. 供應電源的品質

配電系統管理

提升變壓器的使用效率-1

變壓器的效率與負載量的關係

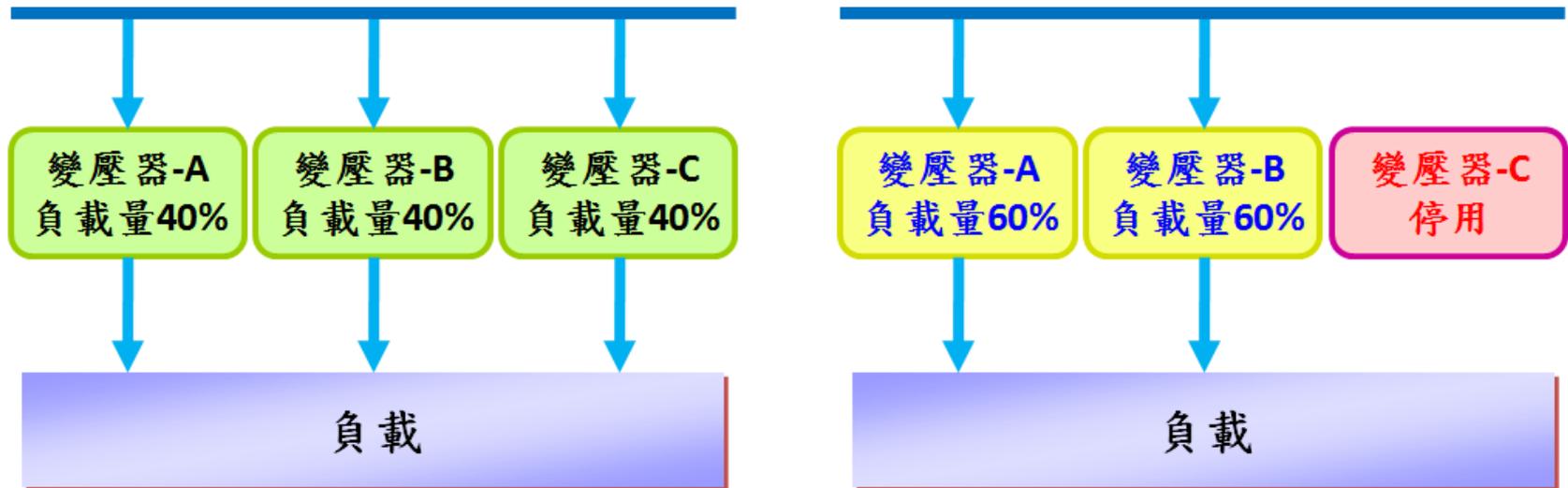


資料來源：
士林電機
變壓器型錄

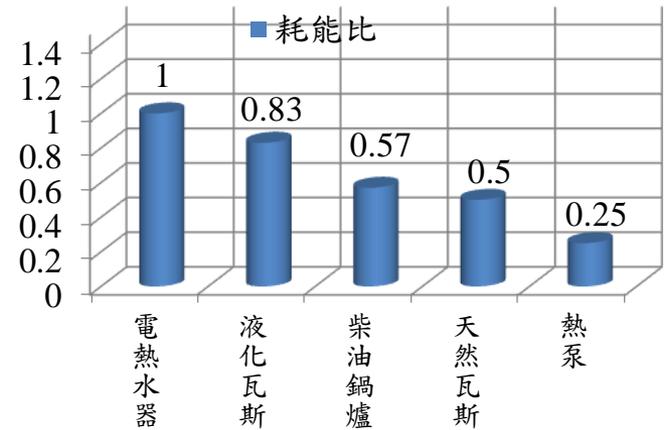
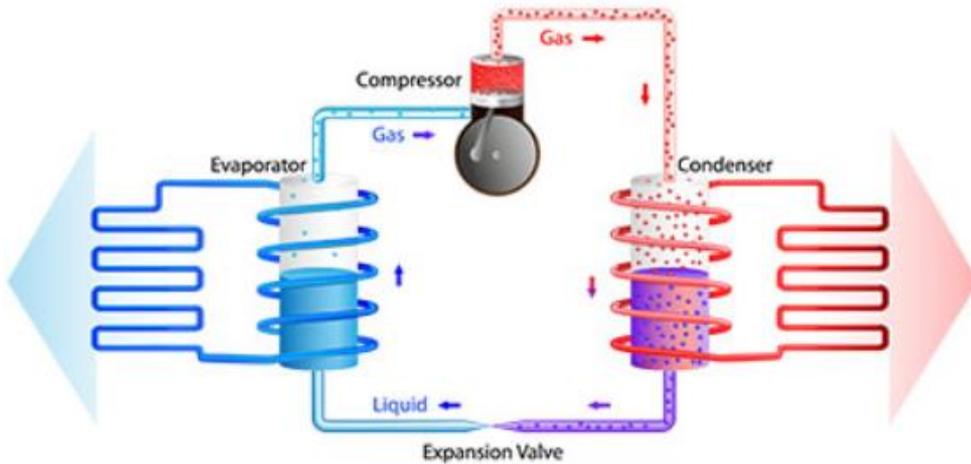
配電系統管理

提升變壓器的使用效率-2

部分變壓器負載率過低時，可將相同的變壓器並聯供電，提高供電電壓器的負載率，使變壓器可以在高效率的狀態下運轉，減少損失。



熱泵(Heat Pump)



✓ 監控系統應用

➤ <http://120.114.48.129:8081/challenger/>

➤ Teamviwer 軟體 

✓ 分享與討論