
FES 的功能及應用

主講人：徐榮生

日期：中華民國 103 年 07 月 25 日

大綱

□ 功能及使用介紹



□ 案列結果與討論



□ 結論



空調系統

耗能計算軟體

匯入資料 匯出資料 匯出圖表 MAU空氣性質表 離開

參數設定

空調系統 MAU+FFU+DCC AHU

輸入條件 空調系統 機台設備 室內條件 Fan 其他冷負荷 Chiller and Heater Pump 計算

Make-up-Air-Unit
原始MAU內元件數：6

預熱盤管 出口控制 控溫 控焓 控露點

預冷盤管 出口控制 控溫 控焓 控露點

加濕器 加濕方式 水洗 蒸氣 其他

冷卻盤管 出口控制 控溫 控焓 控露點

再熱盤管 出口控制 控溫 控焓 控露點

風扇 請選擇

37.7831 kJ/kg 20 °C 100 %

13.4526 °C 16 °C 100 %

參數					
加濕係數	0	kW/kg/h	水洗泵揚程	93.6	m
電熱效率	0	%	水洗泵效率	88	%
燃料熱值	0	kCal/kg	水洗泵循環水量	200	l/min
			水洗出口RH	100	%

空氣性質計算

DB °C °C

DB °C WB °C

RH % W kg/kg

v m³/kg h kJ/kg

DP °C P kg/m³

1. 匯入外氣資料
2. 空調箱元件依實際排列。
3. Coil 狀態點可選擇控制方式:控焓或控溫。
4. 加濕方式可選擇:水洗或蒸氣。

機台設備

MAU+FFU+DCC
 AHU
 空調系統
 機台設備
 室內條件
 Fan
 其他冷負荷
 Chiller and Heater
 Pump

計算

Equipment Number	Equipment Name	Process Time Percentage(%)	Standby Time Percentage(%)	Processing Mean Power(kW)	Standby Mean Power(kW)	Cooling Water(17°C → 22°C) of Processing Mean Amount of Use (m3/h)	Cooling Water(17°C → 22°C) of Standby Mean Amount of Use (m3/h)	Cooling Water(17°C → 22°C) Mean Temperature Difference(°C)
1	A	100	0	11640.34246711...	0	0	0	5

設備名稱：	A		
全載時間比(%)：	100	待機時間比(%)：	0

	Processing	Standby	溫差(°C)	ECF(kW/CMH)
功率(kW)：	11640.342	0		
一般排氣風量(CMH)：	455640	0	3.5	0.001
酸排氣風量(CMH)：	150505	0	0.3	0.001
鹼排氣風量(CMH)：	208070	0	0.3	0.0007
有機排氣風量(CMH)：	191080	0	2.4	0.0022

	Processing	Standby	溫差(°C)	ECF(kW/CMH)
PCW(17-22°C)(CMH)：	0	0	5	0.2917
PCW(20-25°C)(CMH)：	1475	0	5	0.2739
N2(CMH)：	5150	0		0.0944787
PV(CMH)：	7200	0		0.0237324
CDA(CMH)：	30876	0		0.1181
HCDA(CMH)：	0	0		0
UPW(CMH)：	322.56597	0		2.8223694065
DI(CMH)：	0	0		0

1. 需先詳細計算各系統之ECF值。
2. 可依據設備Process time或Standby time設定。
3. 計算出各系統耗電量。

$$W_x = Q \times ECF \quad (3.1)$$

其中：

W_x ：該設備(X)的耗電量。

Q ：該設備體積流率(m³/h或kW)。

ECF：單位體積流率(或kW)有多少耗電量。

$$ECF_{utility} = \text{Electrical energy (kW) / Unit of Utility (m}^3 \text{/h or kW)} \quad (3.2)$$

室內條件

耗能計算軟體

匯入資料 匯出資料 匯出圖表 MAU空氣性質表 離開

參數設定

空調系統

MAU+FFU+DCC AHU

輸入條件

空調系統 機台設備 室內條件 Fan 其他冷負荷 Chiller and Heater Pump

計算

室內基本條件

參數					
室內乾球溫	23	℃	室內面積	59760	m ²
室內相對溼	55	%	室內高度	3.5	m

人員條件

參數					
人數	150	人			
發熱量	0.6	W/人			

燈具條件

參數					
功率	0.01186	kW/m ²	負荷率	50	%

1. 輸入室內條件、人員資料、燈具資料。
2. 可計算出人員發熱量及燈具發熱量。

Fan

匯入資料 匯出資料 匯出圖表 MAU空氣品質表 離開

參數設定 計算結果

空調系統 MAU+FFU+DCC AHU

輸入條件 空調系統 機台設備 室內條件 Fan 其他冷負荷 Chiller and Heater Pump 計算

Fan-Filter-Unit

型式一					
面風速	0.405	m/s	單台面積	1.44	m ²
靜壓	80	Pa	台數	8151	台
風機效率	60	%	馬達效率	70	%

型式二

面風速	0.29	m/s	單台面積	0.72	m ²
靜壓	150	Pa	台數	6184	台
風機效率	60	%	馬達效率	70	%

MAU Fan

參數					
台數	8.4	台	馬達效率	80	%
機內靜壓(平均)	1182	Pa	風機效率	83	%
外氣風量(平均)	150000	CMH			

RCU Fan

參數					
台數	0	台	馬達效率	0	%
機內靜壓	0	Pa	風機效率	0	%
風量	0	CMH			

1. 輸入風機資料(FFU及MAU)。
2. 可計算出各FFU及MAU耗電量。

其他冷負載

匯入資料 匯出資料 匯出圖表 MAU空氣性質表 離開

參數設定 計算結果

空調系統

MAU+FFU+DCC AHU

輸入條件

空調系統 機台設備 室內條件 Fan 其他冷負荷 Chiller and Heater Pump

計算

編號	供應區域	供應設備	冷凍負載(RT)	冰水溫度
1		AHU	227.0268066302...	低溫冰水
2		SRS	62.31588366056...	低溫冰水
3		BACKUP12℃	120.3603907336...	低溫冰水
4		PV	41.57169890036...	高溫冰水
5		CDA	121.1409620546...	高溫冰水
6		Dryer	56.37203910273...	高溫冰水
7		UPW	272.9873779422...	高溫冰水
8		Others	81.57579903934...	高溫冰水
*				

1. 輸入其它冰水冷凍負載。
2. 計算出冰水系統整體耗電量。

choller and heating

匯入資料 匯出資料 匯出圖表 MAU空氣性質表 離開

參數設定 計算結果

空調系統 MAU+FFU+DCC AHU

輸入條件 空調系統 機台設備 室內條件 Fan 其他冷負荷 Chiller and Heater Pump 計算

Chiller

<input checked="" type="checkbox"/> 無熱回收	高低溫冰 ▾	<input checked="" type="checkbox"/> 熱回收	高溫冰水 ▾
高溫冰水COP	6.26	高溫冰水COP	5.24
低溫冰水COP	5.81		

Heater

加熱方式 電熱 熱泵 鍋爐

參數				
電熱效率	0	%	燃料熱值	0 kcal/kg
熱泵熱水係數	4.5	kW/kW(電)	鍋爐效率	0 %

1. 輸入冰機COP值及熱水COP值。
2. 加熱方式選擇及相關參數輸入。
3. 可計算出MAU Preheating及Reheating load。

Pump

空調系統

MAU+FFU+DCC AHU

輸入條件

空調系統 機台設備 室內條件 Fan 其他冷負荷 Chiller and Heater Pump

計算

泵浦種類

Other pump Chiller pump PCW pump HW pump

	Pump Number	Pump Name	Flow Rate(m3/h)	Head(m)	Efficiency(%)	Number of units	Load ratio(%)
▶	1	CWP-401	12616.666666666...	25	75	1	0
	2	CWP-402	12616.666666666...	25	75	1	0
	3	CWP-403	12616.666666666...	25	75	1	0
	4	CWP-404	12616.666666666...	25	75	1	0
	5	CWP-405	12616.666666666...	25	75	1	100
	6	CWP-406	12616.666666666...	25	75	1	100
	7	CWP-407	12616.666666666...	25	75	1	100
	8	CWP-409	14500	28	75	1	100
	9	CWP-410	14500	28	75	1	100
	10	CWP-411	14500	28	75	1	100
	11	CWP-412	14500	28	75	1	0
	12	CWP-413	14500	28	75	1	0
	13	CWP-452	18000	21	75	1	0

1. 輸入各泵浦流量、揚程、效率、台數及負載率。
2. 可計算出各泵浦耗電量。

結果

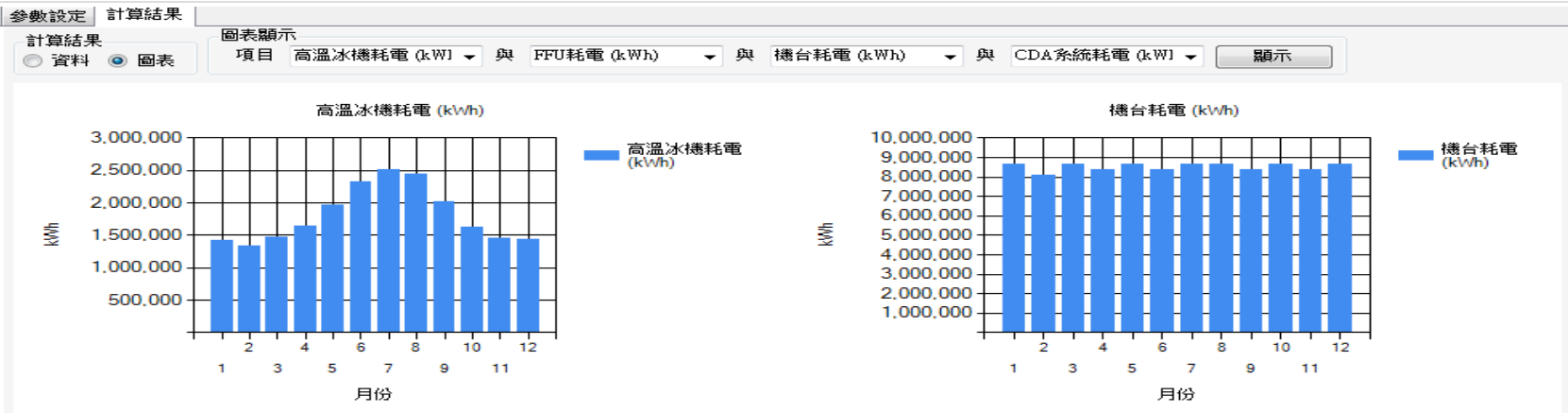


參數設定 計算結果

計算結果

資料 圖表

	室內顯熱負荷移除 (kWh)	MAU Cooling Load (kWh)	加濕量 (kg)	機台發熱量 (kWh)	FFU馬達發熱量 (kWh)	燈具發熱量 (kWh)	人員發熱量 (kWh)	MAU preheat load (kWh)	MAU reheat load (kWh)
▶	9,006,785.57	1,078,615.15	1,082,643.13	1,741,133.39	1,016,757.37	110,735.66	66.96	539,125.27	824,762.98
	8,424,823.97	1,297,814.47	914,628.54	1,628,802.20	951,160.12	103,591.43	62.64	659,471.78	771,609.46
	9,028,695.58	2,257,487.55	1,170,013.42	1,741,133.39	1,016,757.37	110,735.66	66.96	497,457.15	839,968.72
	8,710,380.81	6,501,246.66	429,966.58	1,684,967.79	983,958.75	107,163.54	64.80	8,373.53	793,754.65
	9,000,616.94	9,329,061.87	115,949.29	1,741,133.39	1,016,757.37	110,735.66	66.96	0.00	820,115.88
	8,710,274.46	11,960,492.71	3,124.22	1,684,967.79	983,958.75	107,163.54	64.80	0.00	793,660.53
	9,000,616.94	13,008,433.04	0.00	1,741,133.39	1,016,757.37	110,735.66	66.96	0.00	820,115.88
	9,000,616.94	12,651,831.60	0.00	1,741,133.39	1,016,757.37	110,735.66	66.96	0.00	820,115.88
	8,710,274.46	9,719,363.87	128,071.37	1,684,967.79	983,958.75	107,163.54	64.80	0.00	793,660.53
	9,000,616.94	6,072,154.10	581,565.12	1,741,133.39	1,016,757.37	110,735.66	66.96	0.00	820,115.88
	8,710,274.46	4,374,279.52	674,657.21	1,684,967.79	983,958.75	107,163.54	64.80	8,594.53	793,663.37
	9,039,970.06	2,296,163.66	1,162,699.63	1,741,133.39	1,016,757.37	110,735.66	66.96	477,960.65	847,838.73
	106,343,947.16	80,546,944.19	6,263,318.51	20,556,607.08	12,004,296.72	1,307,395.24	790.56	2,190,982.92	9,739,382.50



輸出數值及圖表也可匯出後製處理

實驗結果與討論

Item	ECF value	Unit	Operating conditions
Low Temperature Chiller	0.1932	(kW/kW)	Used in cooling coils of MAU
High Temperature Chiller	0.1597	(kW/kW)	Used in cooling coils of Dry Coils and PCW
high temperature heater	0.0313	(kW/kW)	Used for preheating and reheating coil in MAU
Compressed dry air	0.1181	(kWh/m ³)	Supply pressure: 6.5 kg/cm ² (about 6.5*10 ⁵ Pa)
FFU	0.1361	(kW/kW)	Class 10 Flow rate: 10,784,534 m ³ /h
	0.1704	(kW/kW)	Class 100 Flow rate: 9,108,418 m ³ /h
	0.1399	(kW/kW)	Class 1,000 Flow rate: 4,629,442 m ³ /h
	0.0097	(kW/kW)	Class 10,000 Flow rate: 238,049 m ³ /h
Make-up air	0.0127	(kWh/m ³)	Flow rate: 1,256,053 m ³ /h
PCW	0.9440	(kWh/m ³)	Water cooled by refrigeration process. Supply Pressure: 5 kg/cm ² (about 5*10 ⁵ Pa)
General exhaust air	0.0010	(kWh/m ³)	Flow rate: 455,640 m ³ /h
Alkaline exhaust air	0.0007	(kWh/m ³)	Flow rate: 208,070 m ³ /h
Acid exhaust air	0.0010	(kWh/m ³)	Flow rate: 150,505 m ³ /h
Flammability exhaust air	0.0022	(kWh/m ³)	Flow rate: 72,226 m ³ /h
Solvent exhaust air	0.0022	(kWh/m ³)	Flow rate: 118,854 m ³ /h

實驗結果與討論

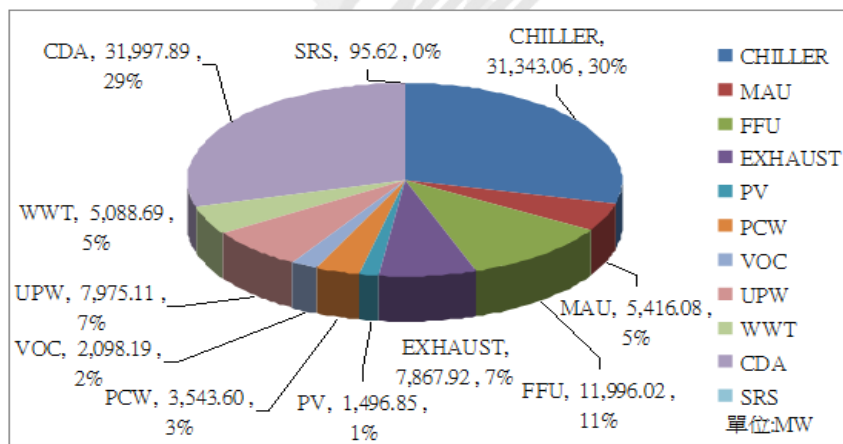


圖 3.1 廠務系統用電量比例

表 3.20 實際耗電量與 FES 軟體計算數值比對誤差

項次	說明	實際耗電量 (MWH)	FES 軟體計算值 (MWH)	誤差(百分比)
1	設備用電	101,969.40	102,248.77	0.27%
2	CHILLER	31,343.06	32,300.05	3.05%
3	MAU	5,416.08	5,472.80	1.05%
4	FFU	11,996.02	12,004.30	0.07%
5	EXHAUST	9,966.11	10,296.34	3.31%
6	Vacuum	1,496.85	1,500.95	0.27%
7	PCW	3,543.60	3,548.76	0.15%
8	UPW	7,975.11	7,996.96	0.27%
9	CDA	31,997.89	32,030.47	0.10%

由圖3.1廠務系統用電量比例與FES軟體計算耗電量由表3.18可知誤差皆為6%以下。項次5因FES軟體計算搬送動力耗電已經包括處理設備，故實際耗電量Exhaust搬送動力7,867.92 MWH需與處理設備VOC耗電量2,098.19 MWH合計比較，總合計耗電量為9,966.11 MWH，FES計算總耗電量為10,296.34 MWH，誤差3.31%。

實驗結果與討論

表 3.25 案列說明

案列名稱	案列說明	原始條件
Case-1	探討潔淨室內溫度調整效益	原室內條件 23°C, 55%RH, 絕對濕度 9.6 g/kg
Case-2	降低 MAU Total supply airflow rate	Q mau=1,260,000 m ³ /h
Case-3	探討 MAU 元件不同排列方式造成耗電的差異	原為抽風式(送風溫度 16.5°C)
Case-4	探討 MAU 元件不同排列方式造成耗電的差異	原設置預冷及冷卻兩道盤管
Case-5	探討將 MAU 出風溫度降低所造成的效益及影響, 考慮 filter pressure increase (100Pa) and fan efficiency decrease	MAU 出風溫度=16.5°C 機內靜壓=1,182Pa, 馬達效率=80%, 風機效率=83%
Case-6	探討將 MAU 因過濾網無定期更換所造成的效益及影響	MAU 機內靜壓=1,182Pa, 馬達效率=80%, 風機效率=83%

實驗結果與討論

表 3.26 Case 1 與 Base 耗電量之差異

項目	耗電量(kWh)				
	Base	Case 1A	Case 1B	Case 1C	Case 1D
高溫水機耗電	21,668,692	20,915,272	20,872,416	22,272,119	22,362,851
低溫水機耗電	10,631,363	10,631,330	9,248,430	10,631,363	11,953,912
MAU Cooling load	80,546,944	80,546,751	72,512,100	80,546,944	88,230,952
MAU Re-Heating load	9,739,383	9,739,189	6,671,003	9,739,383	12,757,970
總耗電量(kWh)	1,292,311,233	1,291,557,393	1,279,028,800	1,292,914,660	1,305,030,536
效益(%)		-0.06%	-1.03%	0.05%	0.98%

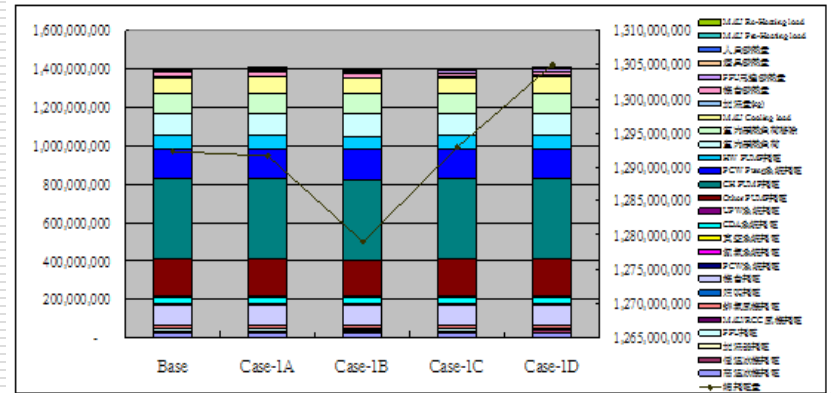


圖 3.10 Case 1 與 Base 相較圖

Case 1A:室內條件24°C，52%RH，絕對濕度9.6 g/kg

Case 1B:室內條件24°C，55%RH，絕對濕度10.2 g/kg 效益最高(-1.03%)

Case 1C:室內條件22°C，58%RH，絕對濕度9.6 g/kg

Case 1D:室內條件22°C，55%RH，絕對濕度9.1 g/kg 效益最差(0.98%)

實驗結果與討論

表 3.27 Case 2 與 Base 耗電量之差異

項目	耗電量(kWh)	
	Base	Case 2
高溫冰機耗電	21,668,692	21,602,271
低溫冰機耗電	10,631,363	10,228,825
MAU/RCC 風機耗電	5,472,802	5,212,193
MAU Cooling load	80,546,944	76,711,375
加濕量(kg)	6,263,319	5,965,065
MAU Pre-Heating load	2,190,983	2,086,650
MAU Re-Heating load	9,739,383	9,275,602
總耗電量(kWh)	1,292,311,233	1,287,177,983
效益(%)		-0.40%

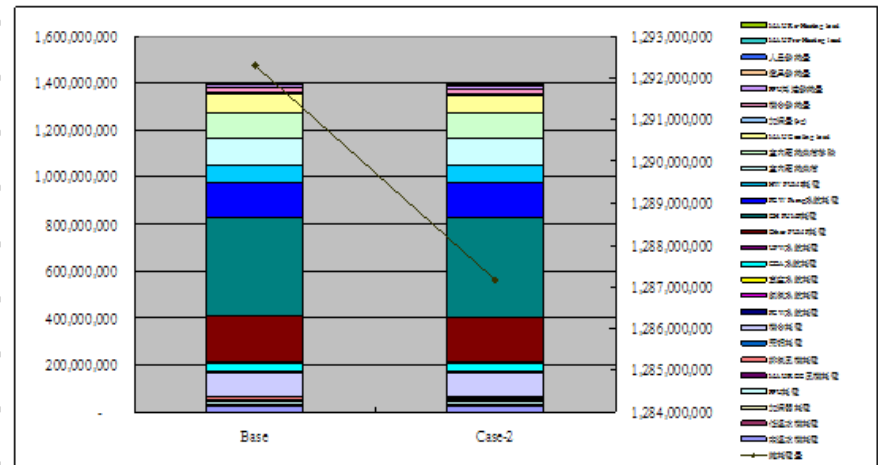


圖 3.11 Case 2 與 Base 相較圖

Case 2: 原風量 $Q_{mau} = 1,260,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ，修改成風量 $Q_{mau} = 1,200,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 效益(-0.4%)

實驗結果與討論

表 3.29 Case 4 與 Base 耗電量之差異

項目	耗電量(kWh)	
	Base	Case 4
高溫冰機耗電	21,668,692	↓ 16,658,491
低溫冰機耗電	10,631,363	16,065,633
MAU Cooling load	80,546,944	80,686,831
加濕量(kg)	6,263,319	15,663,913
MAU Re-Heating load	9,739,383	9,682,892
總耗電量(kWh)	1,292,311,233	1,292,818,698
效益(%)		↑ 0.04%

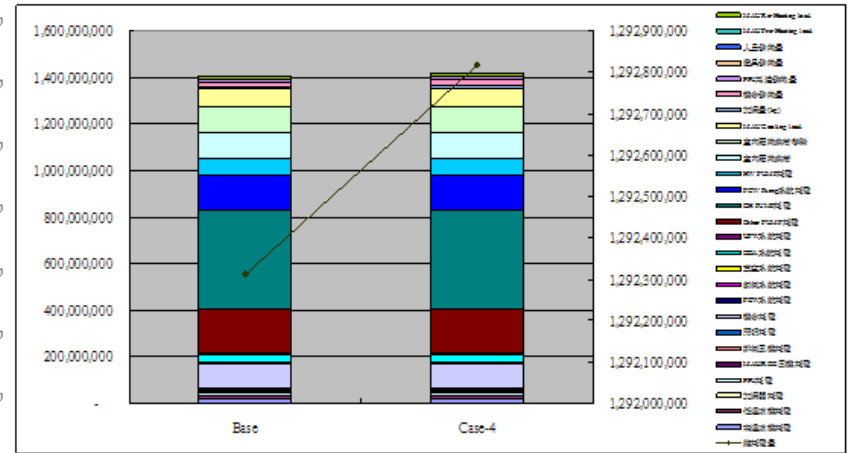


圖 3.13 Case 4 與 Base 相較圖

Case 4將MAU設置兩道冷卻盤管改成僅設置一道冷卻盤管，此Case以Cooling Coil製造成本考量。模擬計算結果如表3.29與圖3.12。冰水主機耗電量增加因盤管冷卻能力需提昇，對整體耗能是增加的。

實驗結果與討論

表 3.30 Case 5 與 Base 耗電量之差異

項目	耗電量(kWh)	
	Base	Case 5
高溫冰機耗電	21,668,692	20,262,409
MAU/RCC 風機耗電	5,472,802	6,398,827
MAU Re-Heating load	9,739,383	1,877,907
總耗電量(kWh)	1,292,311,233	1,283,969,499
效益(%)		-0.65%

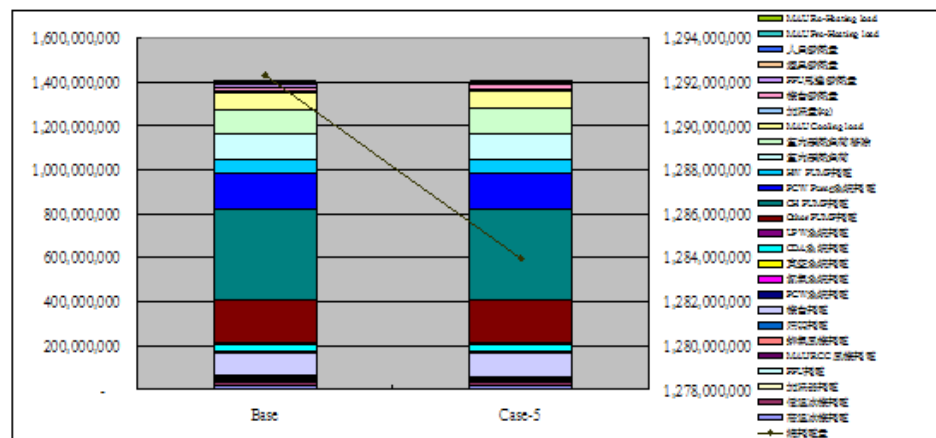


圖 3.14 Case 5 與 Base 相較圖

模擬將MAU出風溫度從16.5°C調降為14.5°C，FES軟體會依照所輸入之送風溫度的不同，計算出MAU再熱盤管及DCC耗能變化，又因廠房使用熱回收冰水主機，也就是MAU的預熱及再熱盤管的熱水來源為冰水主機的冷凝側，所以MAU再熱盤管及DCC耗能的變化都顯示在高溫冰機耗電，如表3.30與圖3.13所示當出風溫度的降低接連也會影響到風機的耗電增加，因MAU內濾網壓損會增加。但此案執行的可能性，因各廠MAU再熱溫度不同，則要評估因濾網壓損增加造成濾網更換頻率增加所造成的費用，與所能節省能源的差異則要詳細估算。

實驗結果與討論

表 3.31 Case 6 與 Base 耗電量之差異

項目	耗電量(kWh)			
	Base	Case 6A	Case 6B	Case 6C
高溫冰機耗電	21,668,692	↓ 21,667,301	↓ 21,665,109	↓ 21,662,974
MAU/RCC 風機耗電	5,472,802	5,704,308	5,935,814	6,167,320
MAU Re-Heating load	9,739,383	↓ 9,663,613	↓ 9,584,141	↓ 9,504,666
總耗電量(kWh)	1,292,311,233	1,292,465,579	1,292,615,421	1,292,765,317
效益(%)		↑ 0.01%	↑ 0.02%	↑ 0.04%

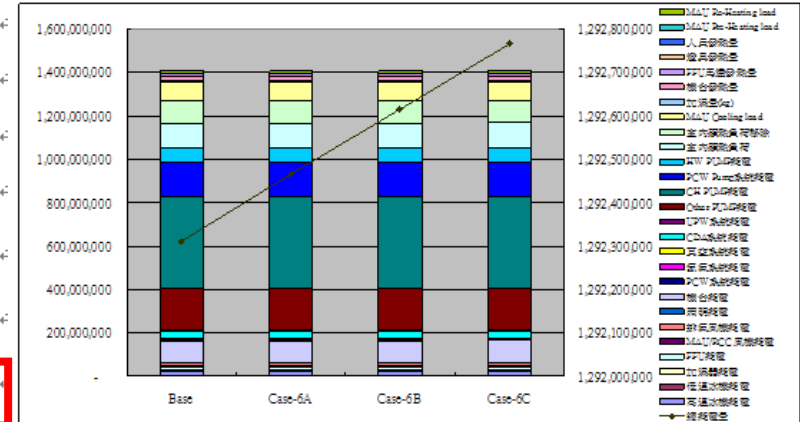


圖 3.15 Case 6 與 Base 相較圖

Case 6A: MAU機內靜壓=1,232Pa, 馬達效率=80%, 風機效率=83%

Case 6B: MAU機內靜壓=1,282Pa, 馬達效率=80%, 風機效率=83%

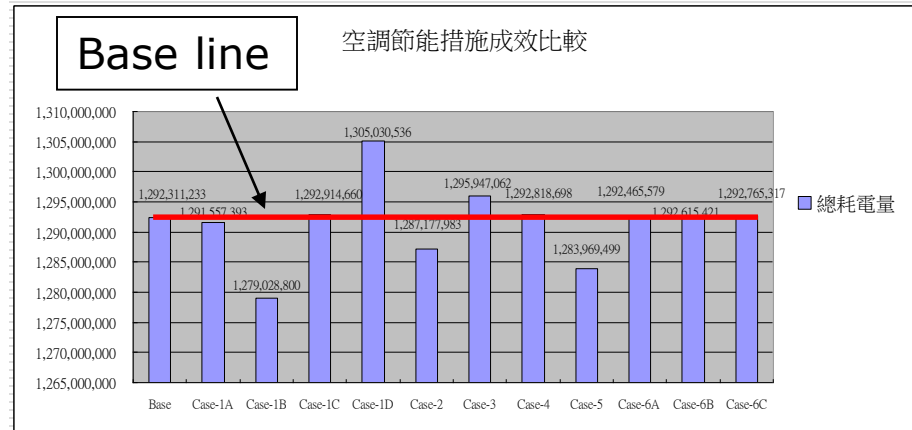
Case 6C: MAU機內靜壓=1,332Pa, 馬達效率=80%, 風機效率=83%

實驗結果與討論



表 3.32 各 Case 全年耗電量與節省率

系列	全年總耗電量(kWh)	節省率(%)
Base	1,292,311,233	
Case 1A	1,291,557,393	-0.06
Case 1B	1,279,028,800	-1.03
Case 1C	1,292,914,660	0.05
Case 1D	1,305,030,536	0.98
Case 2	1,287,177,983	-0.40
Case 3	1,295,947,062	0.28
Case 4	1,292,818,698	0.04
Case 5	1,283,969,499	-0.65
Case 6A	1,292,465,579	0.01
Case 6B	1,292,615,421	0.02
Case 6C	1,292,765,317	0.04



如圖3.15與表3.32，從各案例的計算結果可看出，Case 1B的節能效益最好，可節省1.03 %的耗電量，因空調耗電占整廠耗電量的大部分，所以減少冰水主機耗能或負載，就可節省大量的耗電；最差的為Case 1D將MAU出口絕對濕度由9.6 g/kg調整至9.1 g/kg且潔淨室內溫度調降至22°C，因高溫高濕天氣佔大部份時間故會增加0.98 %全年耗電量。此FES軟體的優點可將欲評估節能的廠內各能源轉換係數經詳細計算並輸入軟體中，可針對此廠欲改善的案列進行先期估算計算節能成效，對於當事者有很大之幫助。

結論



- 可使廠務工程師及ESCO廠商快速建立整廠及各廠務系統之逐月及全年之耗能資料，作為節能成效之計算基準(Baseline)。
- 可使設備工程師了解各機台使用UTILITY之耗能狀況,並從而推估生產成本及建立各機台節能之依據
- 可作為生產相同(或相似)產品各廠間相互比較系統耗能狀況之依據及作為未來建廠系統設計的依據。
- 具有匯入及匯出功能，可以匯入外氣資料、廠務機台、水泵等各項參數資料，匯出功能則包含計算結果、圖表及MAU各元件出口空氣狀態表，另外也可用以分析與評估多種節能設計之成效。
- 使用者可自行排列MAU內元件與選擇各元件的出口控制方式，更為符合實際情況。FES軟體之應用及分析對於評估者來說是非常有幫助的，不過先期條件是要將各種ECF值詳細計算做成基礎數值，對於各項評估會更加準確，以上僅對部份案列進行說明，其實還有許多之想法可由資料數據之改變進行評估及計算。

Thank you for your attention!
Q&A