

高科技廠房耗能分析軟體(FES)&廠務系統能源轉換係數(ECFs)

介紹

由於半導體技術的快速發展，全球對晶圓生產的需求增加，導致電力消耗大幅上升。以台灣為例，電子產業的用電量從2018年的19.2% (511億度) 增長到2023年的22.6% (631億度)，五年間增長了23.4%。高耗能產業面臨減碳的壓力，企業必須識別碳排放的熱點並優先減碳。為此，研究使用了能源轉換係數 (ECF) 計算器、SEMI S23 和 Fab 耗源模擬 (FES) 軟體來估算廠房的年運轉能耗，並將這些數據轉換成二氧化碳排放量，進行電力消耗和碳排放的分佈評估，以探索潛在的節能策略，達成能源效率和減碳目標。

ECF 計算器

在高科技工廠的實際運作中，由於負載率、潔淨度等因素影響其運作工況，各系統的運作參數會有所不同。因此，胡等人及蔡耀文開發了ECF計算器，可以讓使用者輸入各系統的相關運作參數，進行合理計算，得到系統對應的ECF值，彌補SEMI S23的不足。

ECF計算器的優點

- 提供合理的計算方法，將各系統的耗能視覺化、指標化
- 作為節能改善目標的估算
- ECF值可以方便計算設備能耗

$$\text{Power} = Q(\text{流量}) \times T(\text{時間}) \times \text{ECF}(\text{能源轉換係數})$$

$$\text{ECF} = \frac{\text{kW}}{\text{CMH}} \quad \text{或} \quad \text{ECF} = \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$$

◆ 只需填入黃色表格的參數

Exhaust(一般排) ECF計算器

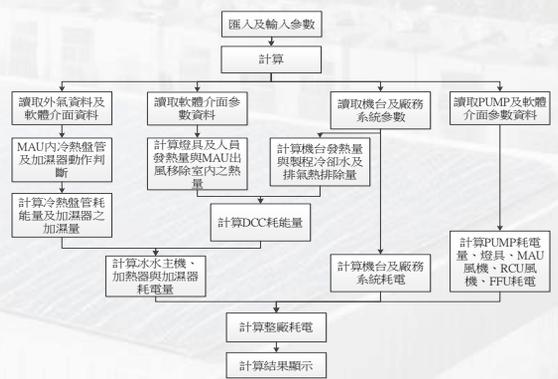
A	排氣風機	
A.1	風機吸入端靜壓	50 Pascal
A.2	風機吐出端靜壓	1000 Pascal
A.3	風機靜壓 Ps	950 Pascal
A.4	風機出口風速	97 mmAq
A.5	風機動壓 Pv	8 m/s
A.6	風機全壓 Pt = Ps + Pv	38.4 Pascal
A.7	風機效率	988 Pascal
A.8	馬達效率	60.0%
A.9	馬達效率	88.0%
A.9	風機耗電	0.00052 kW _e /(m ³ /hr)
B	外氣空調箱(MAU)	
B.1	風機全靜壓 Ps	1193 Pascal
B.2	風機出口風速	2.89 m/s
B.3	風機動壓 Pv	5.0 Pascal
B.4	風機全壓 Pt = Ps + Pv	1198 Pascal
B.5	風機效率	78.0%
B.6	馬達效率	94.2%
B.7	風機耗電	0.0004529 kW _e /(m ³ /hr)
B.8	外氣空調箱冷房負載	0.0125 kW _e /(m ³ /hr)
B.9	恆溫冰水系統ECF能源轉換係數	0.2010 kW _e /kW _e
B.10	冷房負載ECF能源轉換係數	0.0025 kW _e /(m ³ /hr)
B.11	外氣空調箱ECF	0.00297
C	S23 ECF=	0.0035 kW _e h/m ³

空調冰水系統-高溫 ECF計算器

A	冰水主機	
A.1	圓錐機形式	離心式(離心式或螺旋式)
A.2	冷凍能力	2000 RT
A.3	冷凍能力	7032 kW _e
A.4	蒸發器進水溫度	18 °C
A.5	蒸發器出水溫度	12 °C
A.6	冷凝器進水溫度	28 °C
A.7	冷凝器出水溫度	34 °C
A.8	蒸發器水量	0.0399 L/(s · kW)
A.9	冷凝器水量	0.0498 L/(s · kW)
A.10	空氣COP=	6.286
A.11	修正COP=	7.877 實際
A.12	查表PLV=	7.041
A.13	修正PLV=	8.823
A.14	冰水主機耗電	892.7 kW _e
A.15	S23 ECF=	0.127 kW _e /kW _e
B	冷卻水塔	
B.1	ASHRAE 90.1標準	3.23 (L/s)/kW _e
B.2	冷卻水量	350.48 L/s
B.3	冷卻水塔耗電	108.51 kW _e
B.4	散熱能力	8790 kW _e
B.5	S23 ECF=	0.012 kW _e /kW _e
C	冰水泵浦	
C.1	ASHRAE 90.1標準	0.349 kW _e /(L/s)
C.2	冰水量	280.38 L/s
C.3	泵浦耗電量	97.85 kW _e
C.4	冷凍能力	7032.00 kW _e
C.5	S23 ECF=	0.014 kW _e /kW _e
D	冷卻水泵浦	
D.1	ASHRAE 90.1標準	0.301 kW _e /(L/s)
D.2	冷卻水量	350.48 L/s
D.3	泵浦耗電量	105.49 kW _e
D.4	冷卻能力	8790 kW _e
D.5	S23 ECF=	0.012 kW _e /kW _e
E	冰水系統S23 ECF=	0.171 kW _e /kW _e

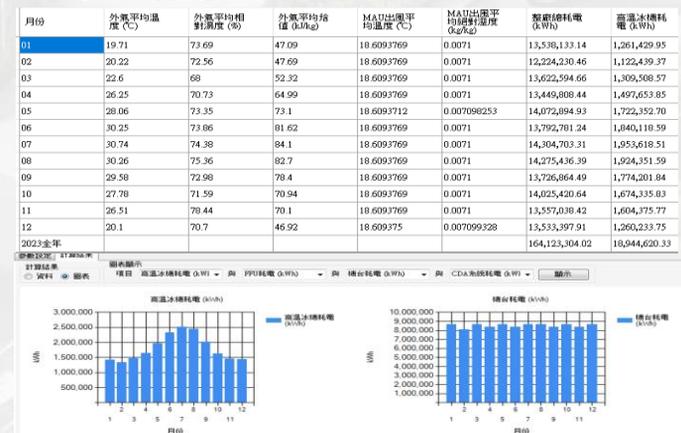
FES

● 程式架構



使用者可以對MAU中的元件進行排列，並選擇每個組件的出口控制方式，更符合實際情況。

計算結果可使廠務工程師及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)。



ECF計算器-實際案例 1

➢ 案例1-提升1°C 高溫冰水出水溫度預估能耗

空調冰水系統-高溫 ECF計算器		空調冰水系統-高溫 ECF計算器	
A 冰水主機		A 冰水主機	
A.1 離心機型式 (離心式或螺桿式)		A.1 離心機型式 (離心式或螺桿式)	
A.2 冷凍能力	2000 RT	A.2 冷凍能力	2000 RT
A.3 冷凍能力	7032 kW	A.3 冷凍能力	7032 kW
A.4 蒸發器出水溫度	12°C	A.4 蒸發器出水溫度	13°C
A.5 冷凝器出水溫度	34°C	A.5 冷凝器出水溫度	34°C
A.6 蒸發器水量	0.0399 L/(s · kW)	A.6 蒸發器水量	0.0478 L/(s · kW)
A.7 冷凝器水量	0.0498 L/(s · kW)	A.7 冷凝器水量	0.0498 L/(s · kW)
A.8 蒸發器水量	0.0498 L/(s · kW)	A.8 蒸發器水量	0.0498 L/(s · kW)
A.9 冷凝器水量	0.0498 L/(s · kW)	A.9 冷凝器水量	0.0498 L/(s · kW)
A.10 性能COP	6.266	A.10 性能COP	6.266
A.15 S23 ECF=	0.127 kW _e /kW _t	A.15 S23 ECF=	0.122 kW _e /kW _t
B 冷凍水泵		B 冷凍水泵	
B.1 ASHRAE 90.1標準	3.23 (L/s)/kW _e	B.1 ASHRAE 90.1標準	3.23 (L/s)/kW _e
B.2 冷凍器水量	350.48 L/s	B.2 冷凍器水量	350.48 L/s
B.3 冷凍器水量	0.0022 kW _e /L/s	B.3 冷凍器水量	0.0022 kW _e /L/s
B.4 散熱效率		B.4 散熱效率	
B.5 S23 ECF=		B.5 S23 ECF=	
C 冰水泵浦		C 冰水泵浦	
C.1 ASHRAE 90.1標準		C.1 ASHRAE 90.1標準	
C.2 冰水		C.2 冰水	
C.3 泵浦耗電量		C.3 泵浦耗電量	
C.4 冷凍能力		C.4 冷凍能力	
C.5 S23 ECF=	0.014 kW _e /kW _t	C.5 S23 ECF=	0.017 kW _e /kW _t
D 冷凍水系統		D 冷凍水系統	
D.1 ASHRAE 90.1標準	0.301 kW _e /(L/s)	D.1 ASHRAE 90.1標準	0.301 kW _e /(L/s)
D.5 S23 ECF=	0.012 kW _e /kW _t	D.5 S23 ECF=	0.012 kW _e /kW _t
E 冰水系統S23 ECF=	0.171294 kW _e /kW _t	E 冰水系統S23 ECF=	0.169141 kW _e /kW _t

減少1.25%高溫冰水系統能耗
節省598,030 kwh/年
減少排放295.42噸CO₂/年

ECF:0.171294 kW_e/kW_t

ECF:0.169141 kW_e/kW_t

ECF計算器-實際案例 2

➢ 案例2-調降空壓系統壓力 1kg/cm² 預估能耗

CDA-1 ECF計算器		CDA-1 ECF計算器	
A 空壓機		A 空壓機	
A.1 空壓機入口空氣壓力	101 kPa	A.1 空壓機入口空氣壓力	101 kPa
A.2 空壓機出口空氣壓力	902 kPa	A.2 空壓機出口空氣壓力	802 kPa
A.3 空氣入口溫度	40 °C	A.3 空氣入口溫度	40 °C
A.6 空氣出口焓值 h23	388.0 kJ/kg	A.6 空氣出口焓值 h23	387.0 kJ/kg
A.7 等焓效率	84.6%	A.7 等焓效率	84.6%
A.8 空氣出口焓值 h2a	637.0	A.8 空氣出口焓值 h2a	614.6
A.9 馬達效率	96.0%	A.9 馬達效率	96.0%
A.10 空壓機耗電	0.104 kW _e /(m ³ /hr)	A.10 空壓機耗電	0.104 kW _e /(m ³ /hr)
B 乾燥機		B 乾燥機	
B.1 乾燥機(Purge)損失		B.1 乾燥機(Purge)損失	5% (5%加熱式+15%無)
B.2 乾燥機耗電量	0.0022 kW _e /(m ³ /hr)	B.2 乾燥機耗電量	0.0022 kW _e /(m ³ /hr)
C 冷卻裝置		C 冷卻裝置	
C.1 空壓設備需求熱量	0.118 kW _e /(m ³ /hr)	C.1 空壓設備需求熱量	0.110 kW _e /(m ³ /hr)
C.2 乾燥設備需求熱量	0.002 kW _e /(m ³ /hr)	C.2 乾燥設備需求熱量	0.002 kW _e /(m ³ /hr)
D S23 ECF=	0.1418 kW _e /m ³	D S23 ECF=	0.1321 kW _e /m ³

空壓機出口壓力902kPa

空壓機出口壓力802kPa

減少7% CDA系統能耗
節省1,620,945 kwh/年
減少排放800.74噸CO₂/年

ECF:0.1418 kW_e/m³

ECF:0.1321 kW_e/m³

FES應用-省能改善建議耗能估算

➢ 節能方案 ➡ 降低MAU供風溫度至DB 12.2°C

Fab Energy Simulation

檔案(File) · 語言(Language) · About

參數設定

空調系統 輸入條件

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

Make-up-Air-Unit

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

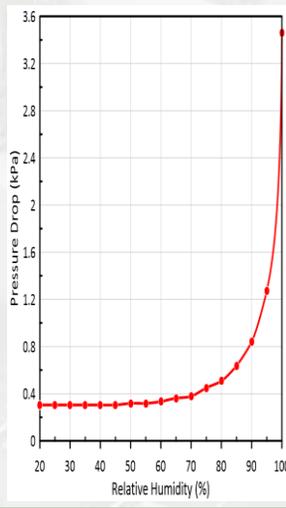
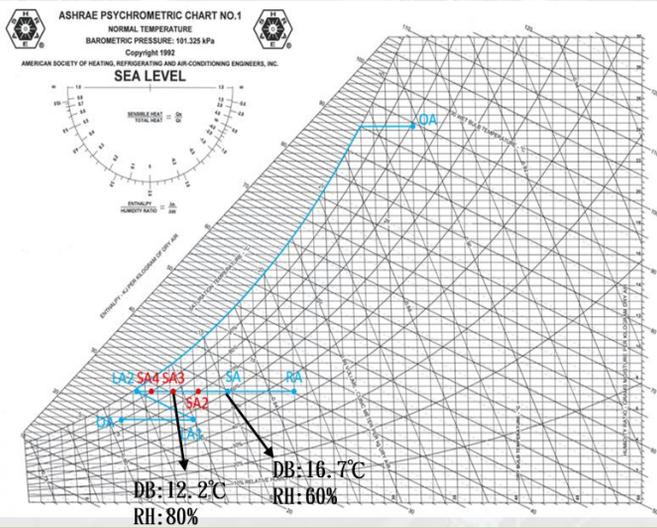
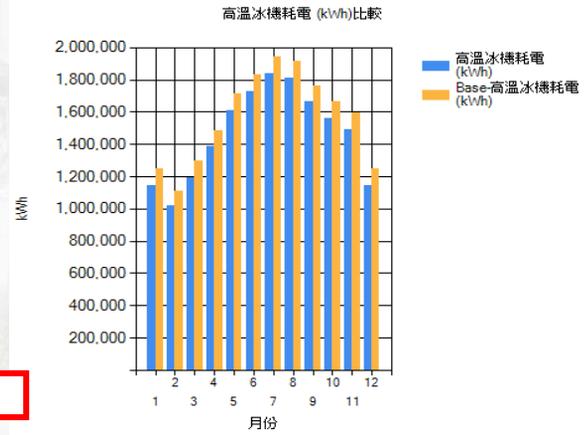
加濕器 加濕方式: 水洗 蒸氣 其他

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

41 kJ/kg 15 °C 100 % 9.2 °C 16.7 °C 95 %

MAU供風溫度12.2°C



空調系統	年總耗電 (KWh)
改善前	23,669,768
改善後	22,555,773
節省耗電量	1,113,995
節省%	4.7

減少排放 550.3噸CO₂/年