省錢大作戰六吋晶圓廠節能新手法

Saving money combat – New methods for six-inch fab energy-saving

羅諺聘[1] 羅仁志[2] 楊勝元[3]

[1]旺宏電子晶圓一廠廠務部電力空調課 JeffLo@mxic.com.tw
[2]旺宏電子晶圓一廠廠務部電力空調課 MichealLo@mxic.com.tw
[3]旺宏電子晶圓一廠廠務部電力空調課 VicYang@mxic.com.tw

摘要

地球的天然資源，經歷數百萬年甚至是數億年的時間演進下，慢慢成為我們現今所使用的各種原料與能源。在生產的過程中，付出的除了製造成本外，更是大量的消耗這些原料以及能源，所獲得的代價也包含了環境的污染與能源耗竭。現今工業對生態影響甚鉅，能源與物料消耗下越來越短缺，整體營運成本只會不斷的攀高(電價、油價、民生、運輸)，加上環境不斷惡化，氣候變化加劇，終究人類文明發展會造成更多環境的破壞。

爲了能永續經營，社會企業提倡節能減量，觀點不再只是單純的成本考量或所謂的社會企業責任，這更是我們全體人民應當面對的責任，要有正確的能源使用觀念與養成不浪費的習性，隨手關閉或調節減少不必要的耗費，皆可對環境以及企業更多正面的助益。現今設置的生產系統、廠房，在設計時均已納入高效能或是低耗量的架構系統，以符合最高經濟效益模式下，維持良率高產出，卻可大幅縮減能源成本的比例，早期建制的廠房，系統架構或是系統均為較無節能設計的設備，因次我們在原設計的廠房系統中，找出任何可能被耗費的資源，齊心努力的完成每一項節約效益。

關鍵詞: 節能減量、Cost down、控管

1.前言

節能政策在本廠行之有年，廠房建置至今已營運 20 年來，廠務系統仍為既有舊設計，幾乎在支出成本、空間、時間允許的狀況下，皆已盡力執行節能措施，也漸漸地遇到執行上的瓶頸，面對能源局所提出的新課題，勢必要以嶄新的思惟來檢視各種節能的可能性。

魔鬼往往藏在細節中，拿著放大鏡重新檢視了各個系統的運轉模式，魔鬼一個個的都慢慢現形了，透過即時用量分析與現場比對，我們發現節能率低的系統，往往是因為落在近年來節能觀念的窠臼，而不願在沒有增設節能設備的前提下進行節能改善，錯失了消滅耗能魔鬼的大好機會。

緣起

依據經濟部能源局 2014/08/01 公佈能源管理法第 8.9.12 條規定，能源用戶(契約用電容量超過八百瓩之法人及自然人)，2015-2019 平均年節電率需達 1%以上，產能因素不得列入節電率計算(節電率計算問題 2-13)，廠內的節能重擔頓時落在用電大宗廠務設備身上，也因此廠務設備節電率需提升至 1.5%，以利廠區平均節電率達標，依據這樣的計算方式，本次目標將 2015 及 2016 的節電差異一次補足，共需節電 1.2%。

表 1.節電目標分析

起始點	廠區用電(%)	廠務用電(%)	節省度數(%)	廠務設備節電率(%)	能源局目標(%)	換算廠務設備目標節電率	差異
2015	100	65	0.52	0.80	1	1.5%	-0.7%
2016	100	65	0.64	1.00	1	1.5%	-0.5%

2.廠區用電及節電分析

首先，依據我們現有的電力監控類別，可區分為 8 大類用電系統：冰水系統、潔淨室系統、排氣系統、照明系統、製程冷卻水系統、一般空調系統、壓縮空氣系統、純水系統，除了找出用電比例外，還要找出各系統歷年的節電比例，不讓有節能空間的系統被忽略。

除了高用電比例以外，依據台電節電獎勵辦法分級排出節電順位，級數越高代表節能比例越低

(0%-2%:A 級、2-5%:B 級、5%以上:C 級)，是最需要進行節能的系統，在 8 項系統中，除了排氣系統與照明系統外，其餘 6 項系統都須重新檢視節能的裕度，甚至在一般空調系統部分幾乎完全被忽略。

表 2.用電比例及節能現況分級

	2013	2015	2013-2015	
	用電比例(%)	用電比例(%)	近3年系統節電比例	節電順位
冰水系統	42.0	41.9	4.7%	B
潔淨室系統	15.3	15.8	1.3%	A
排氣系統	5.0	4.9	8.1%	C
照明系統	6.6	5.4	22.0%	C
製程冷卻水系統	3.8	4.1	0.0%	A
一般空調系統	12.8	13.5	0.1%	A
壓縮空氣系統	8.0	8.4	0.0%	A
純水系統	6.1	6.1	4.9%	B
Total	100	100		
節電順位：0%-2%：A級 2-5%：B級 5%以上：C級(依據台電節電獎勵辦法分級)				

分級後雖能看出需要進行節能改善評估的系統，但仍無法確定改善的項目及方向，因此需針對這 6 項系統進行節能分析。

冰水系統因為泵浦變流量工程的關係，在節電比例上有很大的貢獻，歷經多年的修正與測試，PID 的設定也找到合適的運轉點，但在冰水主機及冷卻水塔的部分卻是沒有持續進行任何節能改善。

表 3.冰水系統節能現況及分析

	2013 用電比例	2015用電比例	節電比例
冰水主機	81.1%	90.0%	-8.9%
冷卻水泵	8.3%	3.0%	5.3%
一次冰水泵	2.7%	0.9%	1.7%
二次冰水泵	3.3%	1.4%	1.8%
冷卻水泵	4.7%	4.7%	0.0%
冰水系統	100.0%	100.0%	

表 3-1.冰水主機及冷卻水塔

冰機	冷凍能力
CH-1	890RT
CH-2	890RT
CH-3	1120RT
CH-4	1060RT
CH-5	1060RT

C/T 編號	原廠風量設計值 (CMH)	風量實際量測值 (CMH)	差異 (CMH)
A2	200,000	199,455	545
D2	200,000	184,556	15,444

冰水主機的效能與冷卻水塔散熱能力是有強烈相關性的，隨著負載冷凝器高壓側壓力升高，冷凝器的散熱越顯重要，若不能有效散熱，有可能導致冰機自我保護卸載，因此即便冰水主機 3 台的設計值可達 3010RT，實際運轉至 2800RT 時便會開啟第 4 台備機運轉，對於冰水系統整體的用電量有顯著的影響，冷卻水塔的單台設計風量為 200000CMH，實際量測 C/T-D2 卻僅有 184556CMH，低於設計值 8%，若於冰機接近滿載時確實難以負荷。

潔淨室系統主要提供生產環境穩定的溫濕度及潔淨度，因此室壓的維持非常重要，往年已針對潔淨室的環境溫度由 23℃→23.5℃進行節能，OAC 是提供潔淨室維持正壓及控制相對溼度的重要設備，以空氣線圖的理論來看，OA 供應量過多將會導致該區溫度偏低，相對濕度偏高，露點溫度的設定則會偏低來達到相對濕度目標值(45%)，而以調查的結果可看出，OAC-1 的供應量是明顯偏高的。

表 4.潔淨室系統運轉現況及分析

區域	OAC	露點溫度	室壓	有無變頻器
Main Fab	OAC-A	備載	1.0 mmAq	無
	OAC-B	11.2		
	OAC-C	11.3		
	OAC-D	11.2		
	OAC-E	11		
E/R 2F	OAC-2	10.8	1.5 mmAq	有
E/R 4F	OAC-1	10.1	5.4 mmAq	

潔淨室內部循環風車 RCF 及 FFU 皆已有節能停機的措施，故不列入本次節能改善措施之中。

表 5.製程冷卻水系統節能現況及分析

PCW 數據	供應溫度 (℃)	供應壓力 (kg_f/cm^2)
FAC Control limit	16.5±1.5	> 6.3
供應現況	16.3	6.9

供應壓力與 control limit 相比有節能空間，但實際現場機台已接近機台需求流量下限，若進行壓力節能將會有品質疑慮，進行管路流量平衡無法 on line 施作，故不考慮進行節能。

表 6.一般空調系統節能現況及分析

	使用空調設備	有無節能設備	現況供應溫度	已執行節能措施	再節能可能性
Fab(非無塵室)	室內送風機、冷氣機	變頻冷氣	<26	部份室內送風機停機	高
辦公大樓	室內送風機、空調箱	無	<26	部份室內送風機停機	高
化倉	室內送風機	無	<26	無	中

一般空調系統的供應區域可分為 3 大塊，包含 1.Fab 扣除潔淨室的區域(值班室、光罩室) 2.辦公大樓 3.倉庫，可分為 3 種供應設備，室內送風機、分離式冷氣機、空調箱，皆是本次節能的重點，進行現況調查後，發現 3 區皆有可改善的位置點

Fab(非無塵室) ： 值班室目前是使用分離式冷氣進行冷房，但值班室相對位置並非無其他空調設備可供應，可評估替代方案進行節能。

辦公大樓 ： 空調箱設計為全量供應無變頻，供應時間為 07:00~18:00，調查下班後環境溫度的變化曲線，發現溫度在空調關閉 5 小時後僅上升 1℃，冷房的裕度上應該有節能的空間。

表 6-1.冷房需求與空調供應量

樓層	上班開啟期間	關閉後5小時	差異
2F	24.5℃	25.6℃	1.1℃
3F	24.5℃	25.7℃	1.2℃
4F	24.7℃	25.8℃	1.1℃
5F	24.6℃	25.5℃	0.9℃
6F	25.9℃	26.9℃	1℃

化倉 ： 室內送風機運轉電流小且是唯一供應該區空調的設備，節能空間小，故將將節能重點放於室內送風機所使用的冰水泵。

表 7.壓縮空氣系統節能現況及分析

Item	Control limit	現況
供應壓力 (kg/cm2)	> 7.0	> 7.5

目前的供應壓力為 7.6Kg/cm^2，理論上與 control limit 相比確實有節能空間，但本廠備機啟動點為 7.2Kg/cm^2，供應壓力變動範圍 0.2Kg/cm^2，僅有 0.1 Kg/cm^2 的節能空間，故不進行節能改善。

表 8.超純水系統節能現況與分析

純水系統	耗能項目	單位	用量比例	運轉模式
前處理系統	原水泵	KW	2.1%	批次運轉
	其他耗能	KW	9.7%	
混床系統	產水泵	KW	2.1%	批次運轉
	滅菌系統	KW	11.2%	
	其他耗能	KW	12.9%	
RO 系統	RO 送水泵	KW	40.3%	批次/連續式運轉
	其他耗能	KW	8.4%	
循環系統	循環泵	KW	8.6%	連續式運轉
	其他耗能	KW	4.7%	

超純水系統泵浦皆無使用變頻控制，而是以回流方式管控流量，2015 用電最大宗 RO-1 送水泵進行節能效果良好(運轉模式變更)，故 2016 年可將此概念進行用電次之的 RO-2 送水泵。

3.本次節能手法說明

冰水系統節能

本次冰水系統的節能目標為冰水主機與冷卻水塔，首先在冰水主機的部份，運轉的台數與負載比例是決定關鍵，若能有效提升加開冰水主機的上限值，便能在夏季及冬季運轉時間上取得提前開關機的節能效益，目標設定在 2900RT(原 2800RT)，此項目標需配合冷卻水塔的效率提昇一併進行。

首先，運用新型的冷卻水塔節能扇葉(佔總體效能 70%)，FRP 材質具有輕量化(原為金屬)、高彈性、低吸水特性，加上設計角度的變更，有效提升風量及降低能源消耗，更換前後單台風量提升 15%(平均值)，能源消耗降低 25%(平均值)，冰水主機在 2900RT 的負載下，高壓側冷煤壓力僅 11PSI(<14PSI)，可達到延遲加開及提前關機的目標。

表 9.冷卻水塔節能扇葉效益

軸流風機性能測試報告/PERFORMANCE TEST REPORT OF AXIAL FLOW FAN

旺宏電子一廠(MXIC Fab1)

Date: 104.11.28

ORIGINAL GRP FAN 改善前

Location	Fan Type	Fan No./馬達編號	Fan Dia. mm 風扇直徑	Fan Maker	Trav. Area M² 通風面積	Air Velocity m/sec 風速/秒	Air Flow CMH 風量/小時	Amps 電流	KW 耗電
Fab1	C/T	A2	3100	BAC	7.16	7.7	199455	21.6	18.03

ENCON FRP FAN 改善後

Fan Dia. mm 風扇直徑	Blade Angle (deg.) 葉片角度	Trav. Area M² 通風面積	Air Velocity m/sec 風速/秒	Air Flow CMH 風量/小時	Amps 電流	KW 耗電
3100	12	7.34	8.250	217998	15.0	12.7

更換前後效能比較	Increase % in CMH 風量提升	Saving % in KW 節能比例
	(217998-199455)/199455*100%=9.3%	(21.6-15)/21.6*100%=29.34%

Date: 104.11.28

ORIGINAL GRP FAN 改善前

Location	Fan Type	Fan No.水幅編號	Fan Dia. mm 風扇直徑	Fan Maker	Trav. Area M² 通風面積	Air Velocity m/sec 風速/秒	Air Flow CMH 風量/小時	Amps 電流	KW 耗電
Fab1	C/T	D2	3100	BAC	7.16	7.2	184556	20.1	16.62

ENCON FRP FAN 改善後

Fan Dia. mm 風扇直徑	Blade Angle (deg.) 葉片角度	Trav. Area M² 通風面積	Air Velocity m/sec 風速/秒	Air Flow CMH 風量/小時	Amps 電流	KW 耗電
3100	12	7.34	8.5	223970	15.0	12.60

更換前後效能比較	Increase % in CMH 風量提升	Saving % in KW 節能比例
	(223670-184556)/184556*100%=21.36%	(16.62-12.6)/12.6*100%=23.95%

實際節能效益計算部分，冷卻水塔可節省 8.2 萬度/年，冰水主機較 2015 同期溫度高 3℃，加開冰機時間仍可延後 13 天(5/15→5/28)，可節省 9.3 萬度電/年，冰水系統共可節省 17.5 萬度電/年。

潔淨室系統節能

OAC-1 為供應 E/R 4F 外氣空調箱，室壓 5.4mmaq 明顯偏高，但須考量該區有部份對外出口為出貨區(A tunnel)，有長時開啟需求，先進行出貨區洩壓測試，潔淨室人員將出貨對外門開啟後，出貨區室壓下降 1mmaq，仍高於其他區域正壓維持(0.5mmaq)，故以 A tunnel 室壓維持 1.5mmaq 為基準點進行變頻器輸出調整，並進行潔淨度量測，皆能有效維持在規範內。

表 10.潔淨室節能措施前後比較

4F	調整前室壓	調整後室壓
A TUNNEL	3.8mmAq	1.5mmAq
B TUNNEL	5mmAq	3mmAq
C TUNNEL	5.4mmAq	2mmAq
D TUNNEL	6.2mmAq	2.1mmAq
E TUNNEL	6mmAq	3mmAq

潔淨室系統節能效益，變頻器頻率可由 50HZ 調

降至 38HZ，運轉電流由 41A 降至 18A，共可節省 17 萬度電/年。

表 11.潔淨室系統節能效益

	調整前	調整後
輸出設定	38%	13%
運轉Hz數	53Hz	39Hz
電流	41.06A	18.23A

一般空調系統節能

分離式冷氣 ： 值班室目前使用分離式冷氣取代室內送風機(fan coil)進行冷房，主要原因為室內送風機安裝位置保養不易，本次節能措施將再尋找替代方案。由於值班室相對位置於潔淨室下方，供應此區的外氣空調箱為全量供應無變頻，主風管於值班室正前方通過，以室壓條件評估後(1mmaq)，可利用其裕度直接供應值班室冷房需求，冷氣機便可進行節能停機，不但降低能源損耗，使用外氣空調箱供應，更有效提升室內空氣品質，節能效益為 2 萬度/年。

辦公大樓空調箱 ： 辦公大樓空調箱採全量供應，以辦公大樓各樓層溫度監控看來，明顯供過於求(能源局建議 26~28 度 C，實際現場為<25 度 C)，但在設備空間限制及無法 on line 增設變頻設備的考量下，需考量其他的替代節能方案，以家用冷氣概念為出發點，達冷房需求便停止供應中央空調，只讓現場室內送風機維持循環，實際依空氣品質(CO_2<1000ppm)及冷房需求測試後，以運轉 0.5 小時停止供應 0.5 小時能符合條件，將此項運轉排程寫入既有監控設備控制排程，中央空調運轉時數可有效縮減 1/2，節能效益為 10.6 萬度/年

表 12.辦公大樓空調箱排程修改

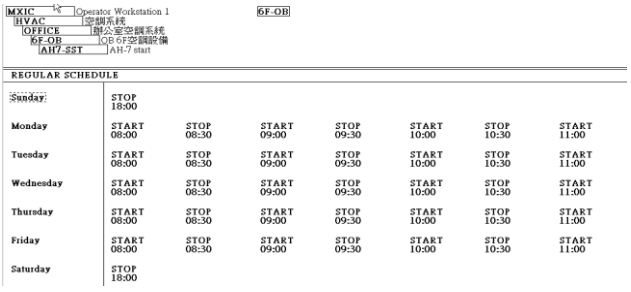

表 13.辦公大樓公調節能效益計算

AH 數據						
	樓層	運轉時間(Hr)	運轉電流	KW	KWH/年	節能KWH/年
調整前	OB 2F	11	12.5	10.4	41723.9	100,000
	OB 3F	11	13	10.8	43392.8	
	OB 4F	11	16	13.3	53406.6	
	OB 5F	11	15	12.5	50068.7	
	OB 6F	11	14	11.6	46730.7	
調整後	OB 2F	6	12.5	10.4	22758.5	
	OB 3F	6	13	10.8	23668.8	
	OB 4F	6	16	13.3	29130.9	
	OB 5F	6	15	12.5	27310.2	
	OB 6F	6	14	11.6	25489.5	

室內送風機 ： 化學倉庫唯一的空調供應方式為室內送風機，故無法以起停控制方式進行節能，該區亦無其他替代空調方案，故節能上僅能以溫度控制的關鍵因子下手，室內送風機的盤管冰水由獨立泵浦供應，以起停的方式進行該泵浦控制便可達到節能效益，測試倉庫溫度變化後，調整冰水泵供應 0.5 小時，停止 0.5 小時，節能效益為 2 萬度/年。

超純水系統節能

RO-2 送水泵在系統負載圖評估後，無法完全比照 RO-1 送水泵修正運轉模式來進行節能，RO-2 單台送水量 31CMH 略大於需求 28CMH，但無法單台供應 RO-2A/B (31<56CMH)，故需進行單台泵浦放大後(65CMH)方能進行運轉模式變更(3 run 2 改為 3 run 1)，節能效益 27 萬度/年。

表 14.超純水系統節能效益計算

RO-2 數據			
	台數	運轉電流	節能KWH/年
改善前	2	45	270,000
改善後	1	53	

4.結論

旺宏電子一廠多年來參與各項節能活動，包含園區輔導；經濟部能源局節能輔導團，以及自行參與各種大小節能研討會活動，多年來提出各種節能如系統更新、設備減量、停用等，不斷地降低本廠耗電成本，實質對環境；公司；能源與地球帶來相當大的助益。本廠系統在多年改善下，面臨節能幅度越來越有限的瓶頸，本次皆是從節電比例偏低的設備下手來找尋可能性，在兼顧供應品質的前提下，還是能跨出多年來很多不敢嘗試的領域，除此之外，適度地投資放大某些單元設備規格，也能對整套系統有很大的節能效益，並非一味地要以零成本來達成節能目標，只要事前能夠審慎評估節能效益，計算出回收年限的時間不

長，絕對是非常值得投資的項目，在所有廠務成員的努力下，最後共可節電 71.5 萬度/年(2.2%)，順利達成經濟部能源局所訂定的目標(2%)，廠務系統用電更是有 3.3%的節能效益，在改善過程中的創新手法，也能夠幫助我們找出 2017 年努力節能的方向。

表 15.總節能效益計算

項次	節能系統	節能項目	節能KWH/年
1	冰水系統	冰機加減載裕度提升	93,000
2		冷卻水塔散熱風量提升	82,000
3	潔淨室系統	OAC-1 供應減量	170,000
4	一般空調系統	中央空調運轉模式變更	100,000
5	純水系統	RO PUMP運轉模式變更	270,000
Total			715,000

6.參考文獻

1.經濟部能源局，節約能源技術手冊

作者簡介

羅諺聘 95年於雲林科技大學獲得化學工程系學士學位，目前任職於旺宏電子晶圓一廠廠務部電力空調課工程師

羅仁志 93年於明新科技大學獲得電子工程系學士學位，目前任職於旺宏電子晶圓一廠廠務部電力空調課電力組 Leader

楊勝元 92 年於海洋大學獲得輪機系學士學位，目前任職於旺宏電子晶圓一廠廠務部電力空調課空調組 Leader