

電子廠廠務真空泵變頻節能實務，以 A 光電公司為例年省 32.0 萬度電

重點摘述	<p>電子廠中半導體與光電廠廠務設施中使用 100 mbar 粗略真空作為製程使用，傳統定速真空泵於壓力達到時，仍然以全速運轉，消耗相當大之電力，新型變頻真空泵於壓力達到時，會降低轉速，相對的消耗電力比傳統定速真空泵少很多，節能一般可達 20 ~ 50%。</p>
詳細說明	<p>一個空間其中的氣體壓力小於一大氣壓者為真空。真空度可分為粗略真空(1013~1 mbar)、中度真空(<math>1\sim10^{-3}</math> mbar)、高真空(<math>10^{-3}\sim10^{-7}</math> mbar)、超高真空(壓力小於 <math>10^{-7}</math> mbar)。</p> <p>電子廠中半導體與光電廠廠務設施中使用 100 mbar 粗略真空作為製程使用，廠務真空系統設計初以最大抽氣量需求加上備用抽氣量計算，故一般設置皆大於實際運轉時需求。</p> <p>一般廠務真空系統由多台大小馬力真空泵組成，當真空抽氣量需求大時，開多台真空泵，當真空抽氣量需求變小時，逐步關掉真空泵，使系統真空壓力維持在特定使用合理範圍，常見的做法使用 PLC 依據空氣桶之壓力感測器回授信號控制，使真空壓力維持於希望的特定範圍內，譬如說 100 mbar 附近。</p> <p>真空系統節能改善措施有：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 適當保養維護</li> <li>● 使用高效率真空泵</li> <li>● 使用變頻真空泵</li> <li>● 多機聯控</li> </ul> <p>早期，變頻技術尚未普及，一般真空泵為定頻運轉，近年來，變頻技術進步及價格下降使變頻真空泵日漸普及。</p> <p>定頻真空泵浦較變頻真空泵浦耗電，定頻真空泵浦在需求變動時，仍會固定轉速運轉消耗大量的耗電，相對地，變頻真空泵浦（如圖 1 所示）在抽氣量需求變小時，會依需求改變轉速，耗電也會相對地較固定轉速運轉小，故若定頻真空泵浦改為變頻真空泵浦，藉由變頻+進氣調控閥控制改善，一般可有高至 20~50%之節能空間，依不同負載條件下，節能空間不一樣！</p> <p>進氣調控閥主要使用於啟動時微開進氣閥使啟動電流最小化，節省保養費用，變頻控制技術配合前端製程需求控制負載，可有效地改變轉速以降低耗電。</p>

## 節能特性

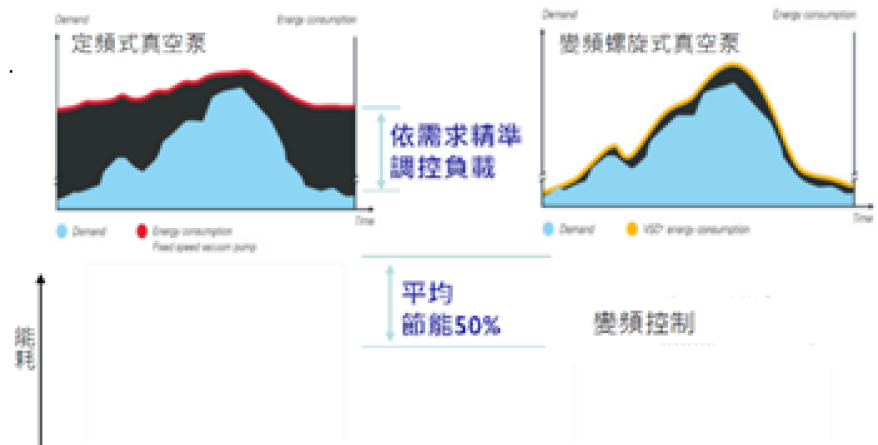


圖 1、定頻真空泵浦(左)與變頻真空泵浦(右) 耗電特性圖

變頻真空泵浦較定頻真空泵浦省電有三大方面：

- 採用高效率新機取代舊機提升單機效率，舊機原本效率較差且長年使用，效率更是衰退。
- 採用變頻取代定頻，在真空壓力需求到達時，變頻運轉較定頻省電。
- 採用變頻控制，當需求真空壓力達到需求時，真空壓力值比較穩定，不會過度真空，因為真空壓力越低越耗電。

以下，以工研院執行能源局「馬達動力機械效率管理政策執行與基準訂定研究」計畫實際執行一個節能輔導示範案例說明。

### ■改善前狀況說明

(1) A 光電公司原有 5 部 QUINCY 製程真空泵浦（表 1），正常使用 1 台 20 hp Quincy 牌型號 QSVI-20 定頻真空泵浦、1 台 25 hp Quincy 牌型號 QSVI-25 定頻真空泵浦與 1 台 50 hp Quincy 牌型號 QSVI-50 定頻真空泵浦共 3 台常態運轉，另外 2 台年份較舊，當備機使用。

表 1、A 光電公司真空泵浦基本規格

年份	品牌	型號	型式	馬力	出風量		現況運轉
2002 年	QUINCY	QSVI-20	定頻	20	319	CFM	備機
2006 年	QUINCY	QSVI-20	定頻	20	319	CFM	備機
2006 年	QUINCY	QSVI-20	定頻	20	319	CFM	常態運轉
2010 年	QUINCY	QSVB-25	定頻	25	365	CFM	常態運轉
2010 年	QUINCY	QSVB-50	定頻	50	730	CFM	常態運轉

其中 QSVI-20 與 QSVI-50 抽氣量為  $319 \text{ ACFM} + 730 \text{ ACFM} = 1049 \text{ ACFM}$  ( $= 1782 \text{ m}^3/\text{h}$ )，每年運轉 8,760 小時，每度電 2.5 元。經 2018/8/28 現場使用 FLUKE 1736 電力計量測，Quincy 牌 QSVI-20、QSVI-50 定頻真空泵浦持壓時平均耗電（功率）共為 47.76 kW ( $18.64 \text{ kW} + 29.12 \text{ kW}$ ，圖 2、圖 3)。其中，QSVI-20 為皮帶傳動，2006 年份，噪音很大，耗電大於額定值，異常！

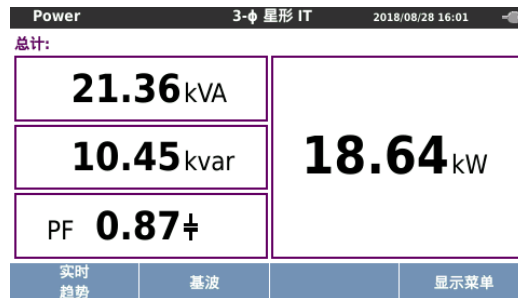


圖 2、改善前 QSVI-20 泵浦耗電量測

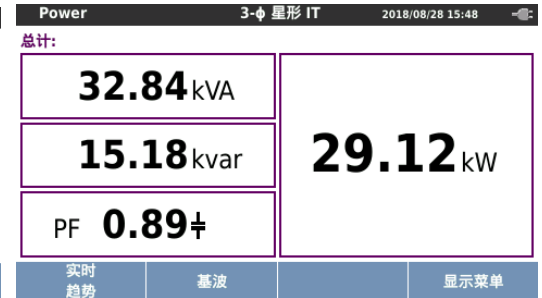


圖 3、改善前 QSVI-50 泵浦耗電量測

#### ■改善措施:

1. 購入 1 台 50hp Atlas Copco GHS 1900 VSD+高效率變頻之真空泵浦（圖 4），取代原來效率較低之 20hp QSVI-20 與 50hp QSVI-50 真空泵浦。新 Atlas Copco GHS 1900 VSD+高效率之變頻真空泵浦規格如表 2。



Machine type	Nominal Displacement		Ultimate Pressure	Oil quantity		Noise level range	Permissible ambient temperature range	Inlet / Outlet connection Size	Shaft power	
	m³/hr	cfm		litres	gallons				kW	hp
GHS 350 VSD+	400	240	0.35	16	4.2	51-65	0-46	DN80 (PN6)	5.5	7.5
GHS 585 VSD+	560	330	0.35	16	4.2	51-68	0-46	DN80 (PN6)	7.5	10
GHS 730 VSD+	730	430	0.35	16	4.2	51-73	0-46	DN80 (PN6)	11	15
GHS 900 VSD+	870	510	0.35	16	4.2	51-76	0-46	DN80 (PN6)	15	20
GHS 1300 VSD+	1300	765	0.35	40	10.5	65-75	0-46	DN150 (PN10)	22	30
GHS 1600 VSD+	1600	942	0.35	40	10.5	65-79	0-46	DN150 (PN10)	30	40
GHS 1900 VSD+	1900	1119	0.35	40	10.5	65-80	0-46	DN150 (PN10)	37	50

圖 4、1900 VSD+ 真空泵外觀圖

表 2、新高效率之變頻真空泵浦規格

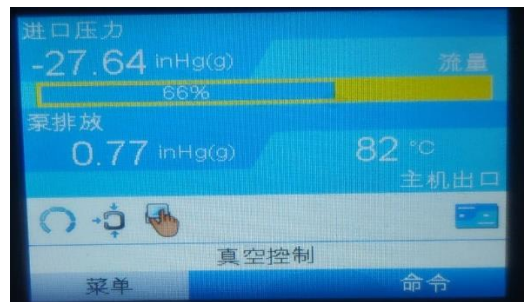
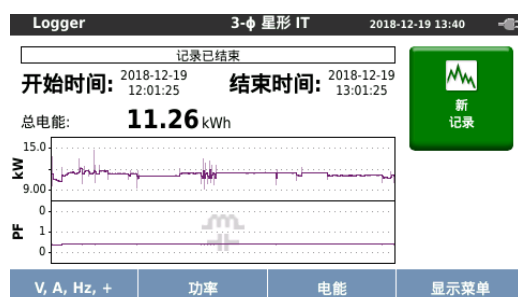


圖 5、改善後新 50 hp VSD 機耗能量測 圖 6、改善後新 50 hp VSD 機運轉狀況

在持壓在 100 mbar 條件下，改善前，2 台抽氣量  $319 \text{ ACFM} + 730 \text{ ACFM} = 1049 \text{ ACFM}$  ( $= 1782 \text{ m}^3/\text{h}$ ) 為耗電  $18.64 \text{ kW} + 29.12 \text{ kW} = 47.76 \text{ kW}$ 。

改善後 20hp QSVI-20 與 50hp QSVI-50 真空泵關閉，改開新 50hp Atlas Copco GHS 1900 VSD 高效率變頻之真空泵浦於持壓在 100 mbar 時平均負載只需 11.26 kW (如圖 5) 約只有使用 66% 負載 (如圖 6)，仍有 34% 的負載未使用，顯示抽氣性能與變頻效果非常理想。

■節能效益及節能比率：

年運轉時間 = 8,760 h/年

(1) 每年節能效益： $(47.76 - 11.26) \text{ kW} \times 8,760 \text{ h/年} = 319,740 \text{ kWh/年}$ 。

(2) 節能費用： $319,740 \text{ kWh/年} \times 2.5 \text{ 元/kWh} = 799,350 \text{ 元/年}$ 。(1 度電 2.5 元計算)

(3) 抑低  $\text{CO}_2$  排放量： $169,142 \text{ kg/年}$  ((105 年  $\text{CO}_2$  換算值，每 kW-h 為 0.529 kg)

(4) 節能比率： $= (47.76 - 11.26) \text{ kW} \div 47.76 \text{ kW} = 36.5 \text{ kW} / 47.76 \text{ kW} = 76.4 \%$ 。

(本案節能比率較高，一般改善案為 20~50% 之節能量)

(5) 投入成本: 1,105,000 元。

(6) 簡易回收年限  $1,105,000 \text{ 元} / 799,350 \text{ 元/年} = 1.38 \text{ 年}$ 。