



經濟部能源署

Energy Administration
Ministry of Economic Affairs


114年度中小能源用戶節能服務與推廣計畫

中小能源用戶節能診斷服務報告



受服務用戶：貿特科技股份有限公司 198 號

主辦單位： 經濟部能源署

管理單位： 財團法人台灣綠色生產力基金會

服務單位：聯合大學 節能診斷服務中心

教授簽名：

中華民國 114 年 05 月 23 日

用戶名稱	貿特科技股份有限公司 198 號	行業別	
用戶地址	新北市中和區建八路 198 號 3 樓		
服務日期	114 年 05 月 23 日 上午 9-12 時		
用戶人員	李增會/總經理	聯絡電話	(02)2221-1798 分機 202
服務人員	陳美玲老師、呂哲宇老師、方絃安同學、林岳蒼同學、江柏毅同學、黃明欽同學、楊淳安同學、陳昱丞同學、高宜萱同學、陳歆同學、鄭楚薰同學、朱晟鑫同學、曾柏勳同學、張哲維同學、陳文明同學	聯絡電話	陳昱丞同學 0906779501
報告撰寫人	陳昱丞同學	聯絡電話	0906779501
報告審核人	陳美玲老師	聯絡電話	0919-703607

節能改善項目及效益彙整表

本次節能診斷服務用戶為貿特科技股份有限公司（以下簡稱 貴用戶），針對電力、空調系統等設備，進行暫態效率之檢測，初步分析各項耗能設備使用現況，提出節能改善建議及節能效益評估如下：

方案名稱	預估節電量 (kWh/年)	預期節能效益 (萬元/年)	預估投資經費 (萬元)	回收年限預估 (年)	預估減碳量 (公噸/年)
空調附屬設備變頻控制	19,617	7.36	50	6.79	9.30
調升冰水回水溫度設定	35,736	13.40	0	0	16.94
空壓機查漏	24,984	9.37	0.5	0.05	11.84
改為熱回收式吸附式乾燥機	74,952	28.11	150	5.34	35.53
合 計	155,289	58.24	200.50		73.61

建議貴用戶短期內可先針對本次節能診斷服務所提節能改善建議進行改善，並持續監測、評估設備運轉效率及高效率設備發展概況，適時導入使用，以確保能源有效利用，達成節約能源目標。

壹、能源使用現況說明

1-1 電力系統

1. 能源流向

圖 1-1 為本次現場訪視經由設備盤查及實際量測數據推估計算之設備用電流向分布圖，貴用戶為製造業，其中空調佔 23%；空壓佔 36%乃因迴焊設備需要大量氮氣所致；電力、照明等其他系統用電佔 7%；製程用電佔 34%；符合現場觀察之運轉情況。

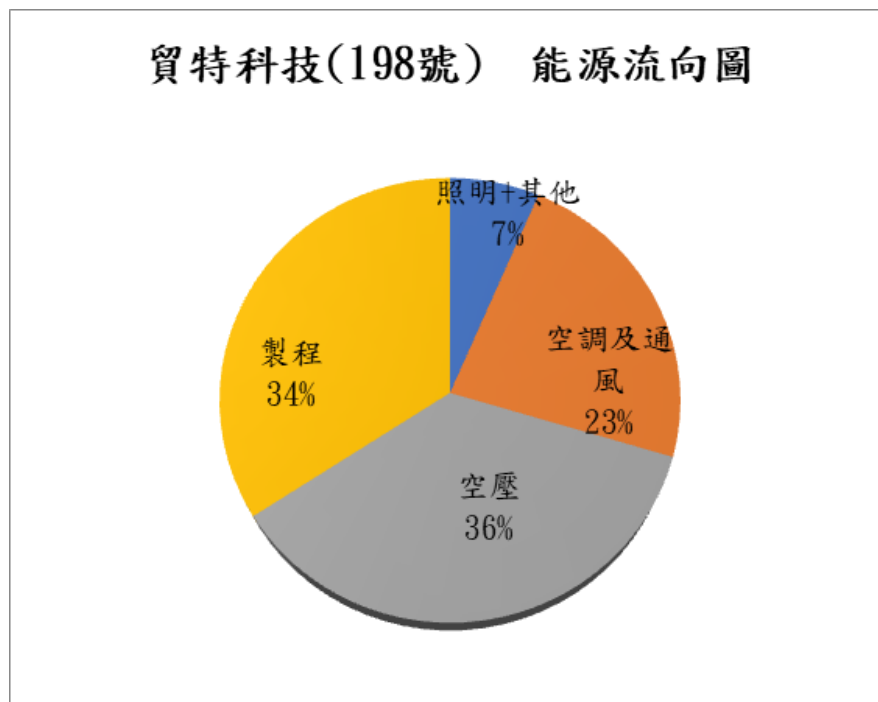


圖 1-1、電力能源流向分布

2. 用電現況

(1) 用電基本資料

表 1-1 為貴用戶提供之電費明細表 113 年 08 月~114 年 07 月的用電統計，114 年總用電 1,316,800 度/年，總電費 4,936,037 /年，單位電價 3.92 元/度，根據台灣電力公司公布資料顯示 113 年度之平均電價為 3.27 元/度。貴用戶之電價水準雖略高於平均值，但仍屬於合理區間，整體電價結構健全。

另就功率因數部分，貴用戶平均功率因數維持在 99%，已達台電規範中可享費率折減之最高標準，顯示用電品質良好。

表 1-1、貴用戶 113 年 8 月~114 年 07 月電費統計表

公司名稱：貿特科技股份有限公司 電號：01-43-8015-60-9							尖峰度數 (kWh)	週六半 尖峰度 數(kWh)	離峰度 數(kWh)
收費日期	經常契約 容量 (kW)	最高需 量(kW)	用電度數(kWh)	功率 因數 (%)	電費支出(元)	單位電 價(元/ 度)			
11312	210	188	105,920	99	393,491	3.71	45,920	10,320	49,680
11401	210	188	81,840	99	321,208	3.92	38,960	5,280	37,600
11402	210	194	82,880	99	320,403	3.87	38,080	4,800	40,000
11403	210	198	98,960	99	370,954	3.75	43,440	8,400	47,120
11404	210	204	112,000	99	412,615	3.68	48,160	10,320	53,520
11405	210	212	109,840	99	414,770	3.78	50,320	8,720	50,800
11406	210	246	116,640	99	458,758	3.93	54,160	6,880	55,600
11407	210	236	138,880	99	550,025	3.96	62,560	13,040	63,280
11308	170	228	130,480	98	477,667	3.66	62,560	9,920	58,000
11309	210	224	127,600	98	444,847	3.49	58,000	11,360	58,240
11310	210	208	106,160	99	360,952	3.40	47,920	8,880	49,360
11311	210	199	105,600	99	410,347	3.89	51,440	880	53,280
合計	-	2525	1,316,800	1186	4,936,037	45.04	601,520	98,800	616,480
平均	-	210	109,733	99	411,336	3.75			

(2) 用電計費改善

貴用戶為低壓契約用戶，採用 3Φ4W 220/380V 供電，根據貴用戶提供之最近一年電費資料評估，目前之經常契約容量為 210kW，以最佳化程式計算(如圖 1-2)，最佳契約容量應為 223kW，建議若近期內沒有較顯著之節能方案，可以向台電申請提升契約容量至 223kW，調升契約容量需一次性繳交 $2750 \text{ 元/kW} \times (223-210)\text{kW} = 35,750 \text{ 元}$ 。調升後每年約可節省 5,280 元/年。

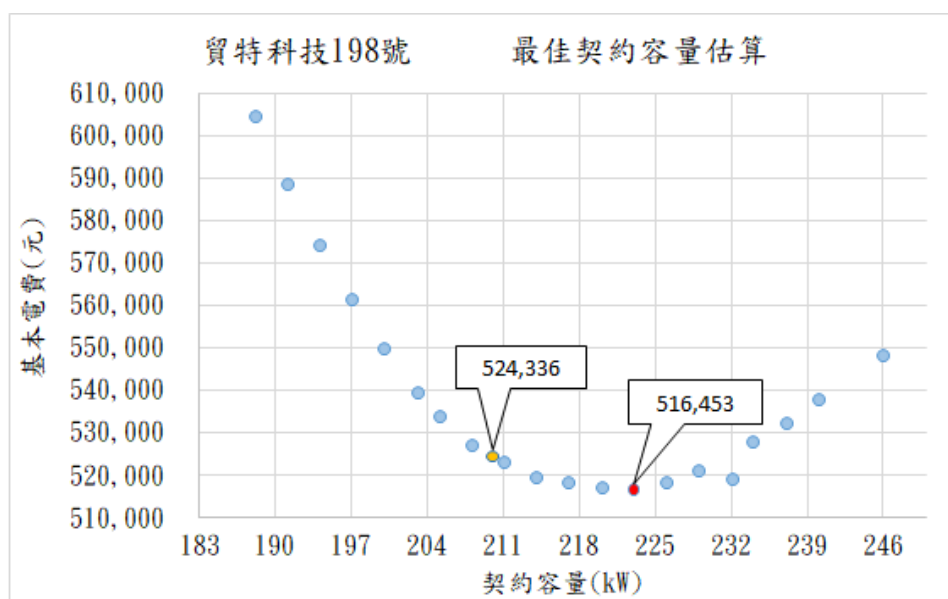


圖 1-2、113 年 8 月~114 年 7 月最佳契約容量估算

表 1-2、最佳契約容量計算

貿特科技股份有限公司 198電號最佳契約容量	
目前契約容量(kW)	210
目前年基本電費(元/年)	524,336
預估最佳契約容量(kW)	223
預估最佳年基本電費(元/年)	519,056
價差(年省基本電費)(元/年)	5,280



1-2 空調系統分析

1. 改善前現況

貴用戶由三台水冷式冰水主機提供廠區空調需求，均為全密閉式機型，因此量測時只能量到全系統的耗電功率，表 2-1 為三台主機之設備規格，圖 3-1 為空調設備外觀及銘牌。

表 2-1、空調設備統計表

設備名稱	實測電功率 (kW)	額定制冷電 功率(kW)	設備容量		設備 數量(台)	COP (kW/kW)	年運轉時 數(小時)	年耗電量 (kWh)	具變頻 調控
			容量	單位					
A5冰水主機(KHPW-40)	19.07	28.70	140.7	kW	1	4.9	4,000	114,800	定頻
A5冰水水泵			5	HP	1		4,000	-	定頻
A5冷卻水塔			60	RT	1		4,000	-	定頻
A5冷卻水泵			5	HP	1		4,000	-	定頻
A6冰水主機(KHPW-20)	11.85	14.6	70.4	kW	1	4.82	4,000	58,400	定頻
A6冰水水泵			2	HP	1		4,000	-	定頻
A6冷卻水塔			30	RT	1		4,000	-	定頻
A6冷卻水泵			2	HP	1		4,000	-	定頻
A7冰水主機(KHPW-25)	11.63	18.30	87.9	kW	1	4.8	4,000	73,200	定頻
A7冰水水泵			3	HP	1		4,000	-	定頻
A7冷卻水塔			40	RT	1		4,000	-	定頻
A7冷卻水泵			2	HP	1		4,000	-	定頻

 <p> 堃霖冷凍機械股份有限公司 KUEN LING MACHINERY REFRIGERATING CO., LTD. NO.336, CHIKAN N. RD., ZIQUAN DIST., KAOHSIUNG CITY, TAIWAN, R.O.C. 水冷式冰水機組(容積式) </p> <table border="1"> <tr> <td>產品型號: KHPW-040TQV-2</td> <td>製造號碼: KA20220209</td> </tr> <tr> <td>電壓: 3 相 380 V 60 Hz</td> <td>性能係數(COP): 4.90</td> </tr> <tr> <td>額定制冷能力: 140.7 kW</td> <td>額定制冷消耗電功率: 28.7 kW</td> </tr> <tr> <td>運轉電流: 64 A</td> <td>起動電流: 234 A</td> </tr> <tr> <td>冷媒: R-410A 20 kg</td> <td>重量: 1500 kg</td> </tr> <tr> <td>登錄編號: ACL-111-000312</td> <td>能源效率等級: 2 級</td> </tr> <tr> <td>管理序號: ACL-111-000312-111-03933</td> <td>製造日期: 2022/09</td> </tr> </table> <p>工廠: 高雄市中區赤崁北路336號 TEL: (07)6192345 FAX: (07)6193583 網址: http://www.kuenling.com.tw</p>	產品型號: KHPW-040TQV-2	製造號碼: KA20220209	電壓: 3 相 380 V 60 Hz	性能係數(COP): 4.90	額定制冷能力: 140.7 kW	額定制冷消耗電功率: 28.7 kW	運轉電流: 64 A	起動電流: 234 A	冷媒: R-410A 20 kg	重量: 1500 kg	登錄編號: ACL-111-000312	能源效率等級: 2 級	管理序號: ACL-111-000312-111-03933	製造日期: 2022/09	 <p> 堃霖冷凍機械股份有限公司 KUEN LING MACHINERY REFRIGERATING CO., LTD. NO.336, CHIKAN N. RD., ZIQUAN DIST., KAOHSIUNG CITY, TAIWAN, R.O.C. 水冷式冰水機組(容積式) </p> <table border="1"> <tr> <td>產品型號: KHPW-025DQV-2</td> <td>製造號碼: KA20220152</td> </tr> <tr> <td>電壓: 3 相 380 V 60 Hz</td> <td>性能係數(COP): 4.80</td> </tr> <tr> <td>額定制冷能力: 87.9 kW</td> <td>額定制冷消耗電功率: 18.3 kW</td> </tr> <tr> <td>運轉電流: 38 A</td> <td>起動電流: 158 A</td> </tr> <tr> <td>冷媒: R-410A 12.5 kg</td> <td>重量: 880 kg</td> </tr> <tr> <td>登錄編號: ACL-111-000258</td> <td>能源效率等級: 2 級</td> </tr> <tr> <td>管理序號: ACL-111-000258-111-03917</td> <td>製造日期: 2022/09</td> </tr> </table> <p>工廠: 高雄市中區赤崁北路336號 TEL: (07)6192345 FAX: (07)6193583 網址: http://www.kuenling.com.tw</p>	產品型號: KHPW-025DQV-2	製造號碼: KA20220152	電壓: 3 相 380 V 60 Hz	性能係數(COP): 4.80	額定制冷能力: 87.9 kW	額定制冷消耗電功率: 18.3 kW	運轉電流: 38 A	起動電流: 158 A	冷媒: R-410A 12.5 kg	重量: 880 kg	登錄編號: ACL-111-000258	能源效率等級: 2 級	管理序號: ACL-111-000258-111-03917	製造日期: 2022/09
產品型號: KHPW-040TQV-2	製造號碼: KA20220209																												
電壓: 3 相 380 V 60 Hz	性能係數(COP): 4.90																												
額定制冷能力: 140.7 kW	額定制冷消耗電功率: 28.7 kW																												
運轉電流: 64 A	起動電流: 234 A																												
冷媒: R-410A 20 kg	重量: 1500 kg																												
登錄編號: ACL-111-000312	能源效率等級: 2 級																												
管理序號: ACL-111-000312-111-03933	製造日期: 2022/09																												
產品型號: KHPW-025DQV-2	製造號碼: KA20220152																												
電壓: 3 相 380 V 60 Hz	性能係數(COP): 4.80																												
額定制冷能力: 87.9 kW	額定制冷消耗電功率: 18.3 kW																												
運轉電流: 38 A	起動電流: 158 A																												
冷媒: R-410A 12.5 kg	重量: 880 kg																												
登錄編號: ACL-111-000258	能源效率等級: 2 級																												
管理序號: ACL-111-000258-111-03917	製造日期: 2022/09																												
25RT(A5)冰水主機銘牌	40RT(A7)冰水主機銘牌																												

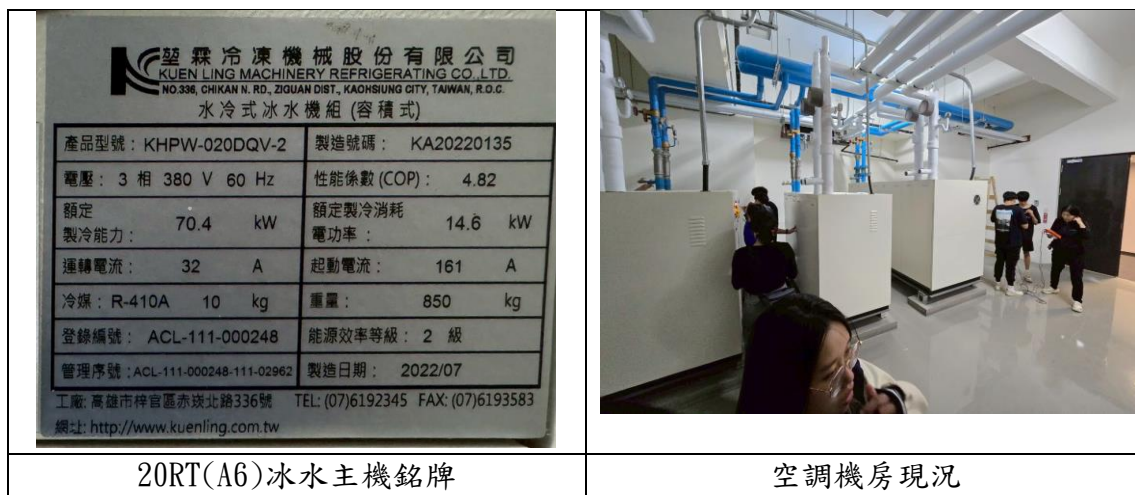


圖 2-1、冰水主機設備及銘牌照片

2. 空調系統量測

現場針對三部冰水主機進行功率與冷卻水進出水溫度監測，冷卻水流量部份因為現場為三台主機共管，量測時只能量到三台合併之冷卻水量，因此表 2-2~表 2-4 各個主機之冷卻水量僅以空調容量比例分配後之水量作為計算依據。

表 2-2、40RT 冰水主機量測計算表

冰水主機1號機 40RT 冰水系統耗電量測			
	額定功率(hp)	數量	消耗功率(kW)
冷卻水泵耗電量測	5	1	
冷卻水塔風扇耗電量測(60RT)	0.5	1	
冰水泵耗電量測	5	1	
冰水主機耗電量測	28.7kW	1	
合計耗電			19.70
冷卻水側量測及計算數據		標準值/設計值	判讀說明
冰水回水溫度(℃)	11	12	系統在輕載狀況
冰水出水溫度(℃)	9	7	
冷卻水出水溫度(℃)	32.8	11	冰水機幾乎沒有冷房效果
冷卻水回水溫度(℃)	31.6	10	
外氣濕球溫度(℃)	28		
冷卻水出回水溫差(℃)	1.2	3-5℃	
冷卻水塔趨近溫度(℃)	3.6	3-5℃	
冷卻水流量(LPM)	419	500	
冷卻水塔散熱能力(kcal/hr)	30,155		
冷房能力(kcal/hr)	23,985	120,960	
冷房能力(RT)	7.93	40RT	20%負載狀況
全系統COP(kW/kW)	1.42		

註:黑字為量測數值，紅字為計算值。

表 2-3、25RT 冰水主機量測計算表

冰水主機2號機 25RT 冰水系統耗電量測			
	額定功率(hp)	數量	消耗功率(kW)
冷卻水泵耗電量測	3	1	
冷卻水塔風扇耗電量測(30RT)	0.5	1	
冰水泵耗電量測	3	1	
冰水主機耗電量測	18.3kW	1	
合計耗電			11.60
冷卻水側量測及計算數據		標準值/設計值	判讀說明
冰水回水溫度(°C)	8	12°C	系統在輕載狀況
冰水出水溫度(°C)	6.5	7°C	
冷卻水出水溫度(°C)	33	35°C	冷卻水塔散熱不佳
冷卻水回水溫度(°C)	32	30°C	
外氣濕球溫度(°C)	28		
冷卻水出回水溫差(°C)	1	3-5°C	
冷卻水塔趨近溫度(°C)	4	3-5°C	
冷卻水流量(LPM)	262	312.5	
冷卻水塔散熱能力(kcal/hr)	15,706		
冷房能力(kcal/hr)	11,771	75,600	
冷房能力(RT)	3.89	25RT	16%負載狀況
全系統COP(kW/kW)	1.18		

註:黑字為量測數值,紅字為計算值。

表 2-4、20RT 冰水主機量測計算表

冰水主機3號機 20RT 冰水系統耗電量測			
	額定功率(hp)	數量	消耗功率(kW)
冷卻水泵耗電量測	3	1	
冷卻水塔風扇耗電量測(30RT)	0.5	1	
冰水泵耗電量測	2	1	
冰水主機耗電量測	14.6kW	1	
合計耗電			11.60
冷卻水側量測及計算數據		標準值/設計值	判讀說明
冰水回水溫度(°C)	13	12°C	系統在輕載狀況
冰水出水溫度(°C)	11	7°C	
冷卻水出水溫度(°C)	34	35°C	冷卻水塔散熱不佳
冷卻水回水溫度(°C)	31.8	30°C	
外氣濕球溫度(°C)	28		
冷卻水出回水溫差(°C)	2.2	3-5°C	
冷卻水塔趨近溫度(°C)	3.8	3-5°C	
冷卻水流量(LPM)	209	250	
冷卻水塔散熱能力(kcal/hr)	27,642		
冷房能力(kcal/hr)	24,503	60,480	
冷房能力(RT)	8.10	20RT	16%負載狀況
全系統COP(kW/kW)	2.46		

註:黑字為量測數值,紅字為計算值。

結果顯示其實際運轉效率 COP(kW/kW)低於銘牌標示之 COP 甚多。現場數據顯示,其冷卻水側的運作效率都極低。三台主機系統的冷卻水溫差分別只有 1.2°C、1.0°C 和 2.2°C,遠低於業界標準的 3-5°C。這種「低溫差」現象反映出冷卻水泵的流量過大,導致熱交換效率不佳。這不僅造成水泵自身的能源浪費,更迫使冰

水主機以高耗能狀態運轉導致能效比下降。同時，為維持過度的散熱需求，冷卻水塔風扇與水泵需長時間高負載運轉，進一步造成非必要的電力消耗。換言之，冷卻能力過剩並未提升系統整體效能，反而使主機與輔助設備同時出現能耗增加的情況，顯示目前系統缺乏依負載需求彈性調整的能力。

	
<p>A5 進水溫度(33°C)、回水溫度(32°C)</p>	<p>A5 冷卻主機耗電功率 19.07kW</p>
	
<p>A6 進水溫度(34°C)、回水溫度(31.8°C)</p>	<p>A6 冷卻主機耗電功率 11.85kW</p>




	
A7 進水溫度(32.8℃)、回水溫度(31.6℃)	A7 冷卻主機耗電功率 11.63kW
	
三台主機併管冷卻水流量 860LPM	

圖 2-2、現場量測照片

3. 改善建議

(1) 附屬設備變頻控制：

建議導入以外氣濕球溫度為基準的智慧化控制模式，將冷卻水塔出水溫度與外氣濕球的趨近溫度維持在 3-5℃ 的理想範圍，並設定 17℃ 以上的安全下限以避免主機跳機。此控制方式可平衡冷卻需求與能源消耗，並在低負載時避免不必要耗能。若趨近溫度持續偏低，應檢視水泵，確保流量與實際需求匹配，避免效率下降。另外冷卻水泵與冰水泵也可以依據出回水溫差進行變頻流量控制，確保流量與實際需求匹配，避免冷卻水以及冰水過量導致全系統效率下降。

表 2-5、三台主機附屬設備變頻控制效益計算

改善前				加裝變頻控制後						
主機容量	水泵名稱	額定功率(hp)	運轉數量(台)	運轉功率(kW)	滿載運轉時數(小時/年)	75%負載率運轉功率(kW)	75%負載率運轉時數(小時/年)	50%負載率運轉功率(kW)	50%負載率運轉時數(小時/年)	年省用電(度/年)
40RT	冷卻水泵	5	1	3.00	2000	1.27	1000	0.375	1000	4,359
	冷卻水塔風扇	0.5	1	0.30	2000	0.13	1000	0.0375	1000	436
	冰水泵	5	1	3.00	2000	1.27	1000	0.375	1000	4,359
25RT	冷卻水泵	3	1	1.80	2000	0.76	1000	0.225	1000	2,616
	冷卻水塔風扇	0.5	1	0.30	2000	0.13	1000	0.0375	1000	436
	冰水泵	3	1	1.80	2000	0.76	1000	0.225	1000	2,616
20RT	冷卻水泵	3	1	1.80	2000	0.76	1000	0.225	1000	2,616
	冷卻水塔風扇	0.5	1	0.30	2000	0.13	1000	0.0375	1000	436
	冰水泵	2	1	1.20	2000	0.51	1000	0.15	1000	1,744
合計										19,617

表 2-5 為三台主機之附屬設備均加裝自動化變頻控制，以全年運轉 4,000 小時/年估算，假設滿載運轉佔 50%總運轉時間，75%以及 50%負載率之運轉時間僅 25%。根據下圖變頻器之耗電量與頻率之 3 次方成正比，流量/風量卻與變頻器成正比。以此計算加裝變頻控制馬達流量與風量可以節省約 19,617 度/年。

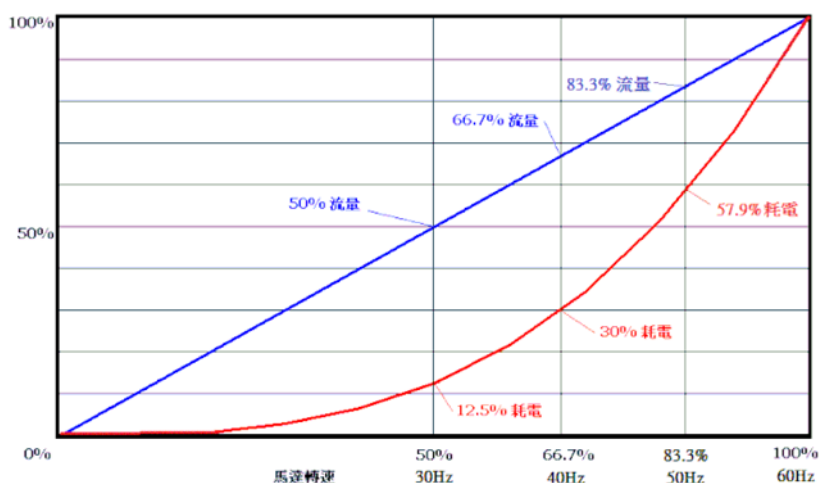


圖 2-3、變頻器耗電量與頻率關係

(2)冰水回水溫度設定：

根據表 2-2~表 2-4 發現，三台主機之冰水回水控制之溫度設定均不相同，一般主機出廠時之回水溫度設定為 12℃，若為達節能之目的可以稍微調高至 13℃，每調高 1℃可以節省約 6%之主機耗能。三台主機僅 20RT 主機冰水回水溫度設定為 13℃。其餘設定溫度均低於 12℃，25RT 主機甚至低至 8℃。

建議將三台主機之冰水回水溫度均設定至 13°C ，如此 40RT 主機可以減少約 $(13-11)^{\circ}\text{C} \times 6\% / ^{\circ}\text{C} = 12\%$ ；25RT 主機可以減少約 $(13-8)^{\circ}\text{C} \times 6\% / ^{\circ}\text{C} = 30\%$ 之主機耗電。

以表 2-1 年耗電量計算：

40RT 主機年耗電量：114,800 度/年，調升溫度設定後節省：

$114,800 \text{ 度/年} \times 12\% = 13,776 \text{ 度/年}$ 。

25RT 主機年耗電量：73,200 度/年，調升溫度設定後節省：

$73,200 \text{ 度/年} \times 30\% = 21,960 \text{ 度/年}$ 。

合計年省 $13,776 \text{ 度/年} + 21,960 \text{ 度/年} = 35,736 \text{ 度/年}$ 。

1-3 空壓系統

1. 現況分析



表 3-1、空壓系統設備統計表

設備名稱	量測電功率(kW)	滿載設備容量		最大壓力(kg/cm ²)	處理風量(CMM)	出廠效率(kW/CMM)	設備數量(台)	年運轉時數(小時)	年耗電量(kWh)	具變頻調控	備註
		容量	單位								
空壓機(100HP)	53.11	92.2	kW	8	15.2	3.49	4	4,000	424,880	變頻	交替運轉
空壓機(75HP)	37.4	68.5	kW	8	11.4	3.28	1	2,000	74,800	變頻	備用
冷凍乾燥機	3.5	5.05	KW	7	3.3	1.06	3	4,000	42,000	定頻	兩用一備
無熱式吸附式乾燥機(制氮)	0	0	KW	7	7		8	3,000	-	定頻	
製氮機	1	1	KW		6.4		1	4,000	4,000	定頻	

(1) 空壓設備

貴用戶目前配置五台變頻空壓機，設備統計如表 3-1，採用並聯交替運轉模式。當天現場使用情況為第 4、5 號機運轉，其餘設備處於待機狀態。壓縮空氣系統並聯兩座穩壓桶，以穩定供氣壓力再接至冷凍乾燥機進行空氣乾燥；三台冷凍式乾燥機為兩用一備，以串聯方式運行。壓縮空氣主要分為兩路供應：一部分直接供應製程使用，另一部分則提供制氮機運行需求。雖然變頻控制有助於節能及依負載需求調整效率，但其運轉特性可能引入高頻諧波，對電力系統造成污染，進而影響其他關鍵設備之運行穩定性。

貴用戶採用之變頻式空壓機期滿載頻率均高於 60HZ，此類型之空壓機因無變速箱等機械結構，且採用永磁變頻馬達可以大幅降低機械及馬達損失。

 <p>壓力: 00.71 MPa 菜單 溫度: 0082 °C 複位 頻率: 125.8 Hz 卸載 功率: 051.1 KW 啟動 風機運行 停機</p> <p>運行狀態: 自動加載運行 運行總時間: 003250:06:59 負載總時間: 002529:00:00</p>	
#5 空壓機現況 125.8HZ 51.1kW	空壓機銘牌 100HP(共 4 台) 200HZ

#4 空壓機現況 133HZ 40.9kW	#4 空壓機銘牌 75HP 200HZ
#1 制氮機銘牌 375m ³ /h	#1 冷凍乾燥機銘牌(共 3 台)
#1 吸附式乾燥機銘牌	風車馬達

圖 3-1、空壓設備及銘牌照片

表 3-2、空壓系統運轉效率

設備名稱	滿載頻率	滿載設備容量		滿載風量	銘牌效率	運轉頻率	運轉電功	運轉風量	運轉效率
	(HZ)	容量	單位	(CMM)	(kW/CMM)	(HZ)	率(kW)	(CMM)	(kW/CMM)
空壓機 (100HP)	200	92.2	kW	15.2	6.07	125.80	51.1	9.5608	5.34
空壓機 (75HP)	200	68.5	kW	11.4	6.01	133.00	40.9	7.581	5.40

根據現場操作螢幕顯示運轉頻率與耗電功率計算，表 3-2 為當時之運轉效率，兩台效率均高於銘牌標示之效率，一般空壓機之運轉功率需要低於 6.5kW/CMM，表 3-2 顯示目前在部份負載情況下，效率高於滿載效率。

(2) 空氣乾燥設備

貴用戶除了傳統冷凍式乾燥機外，另採用之吸附式乾燥機為無熱式吸附式乾燥機，此種乾燥機雖然本身無需消耗太多能源，但需要消耗大量壓縮空氣進行再生、初期投資成本較高、吸附劑有使用壽命需定期更換、操作維護相對複雜，另外乾燥效果易受環境溫度影響，在較高環境溫度下效果可能下降。無熱吸附式乾燥機的耗氣量約為總處理氣量的 3%至 20%，具體數值取決於設備規格和設定，例如-40℃露點的設備可能在 14%至 20%範圍內，而某些高效能設備可將再生氣量降至 3%左右。

(3) 製氮設備

貴用戶主要產品為電路板，電路板焊接過程中需要使用大量氮氣（N₂），因為氮氣能降低焊料在焊接過程中的氧化作用，改善焊錫的流動性和潤濕性，並減少金屬氧化物的產生，從而提高焊接品質與可靠性。製氮機須使用高壓空氣產生氮氣，高壓空氣之溫度會影響製氮之品質。電路板製造過程中，氮氣純度要求通常在 99.995% 或更高，以確保生產過程中的穩定性與產品品質。貴用戶採用的是如下圖之雙塔式製氮系統，影響該系統製氮純度之因素有：高壓空氣之溫度以及乾燥程度。空氣溫度過高會造成氧氣分子過大，因分子篩主要利用氮氣分子大於氧氣分子的原理過濾取獲得氮氣，因此須確保進入製氮機之溫度不可過高。高壓空氣若含有水分，碳分子篩的微孔容易因含水量過高而收縮，或因粉塵脫落而堵塞，最終影響氮氣的產量與純度，也可能造成設備損壞。



圖片來源:<https://www.gasmaster.com.tw/product-nitrogen-generator>

圖 3-2、雙塔式製氮系統

2. 空壓設備量測

以下針對空壓系統進行電力品質與管路洩漏等量測，量測結果分析如後：

#1 儲氣桶壓力 7kg	#2 儲氣桶壓力 7kg

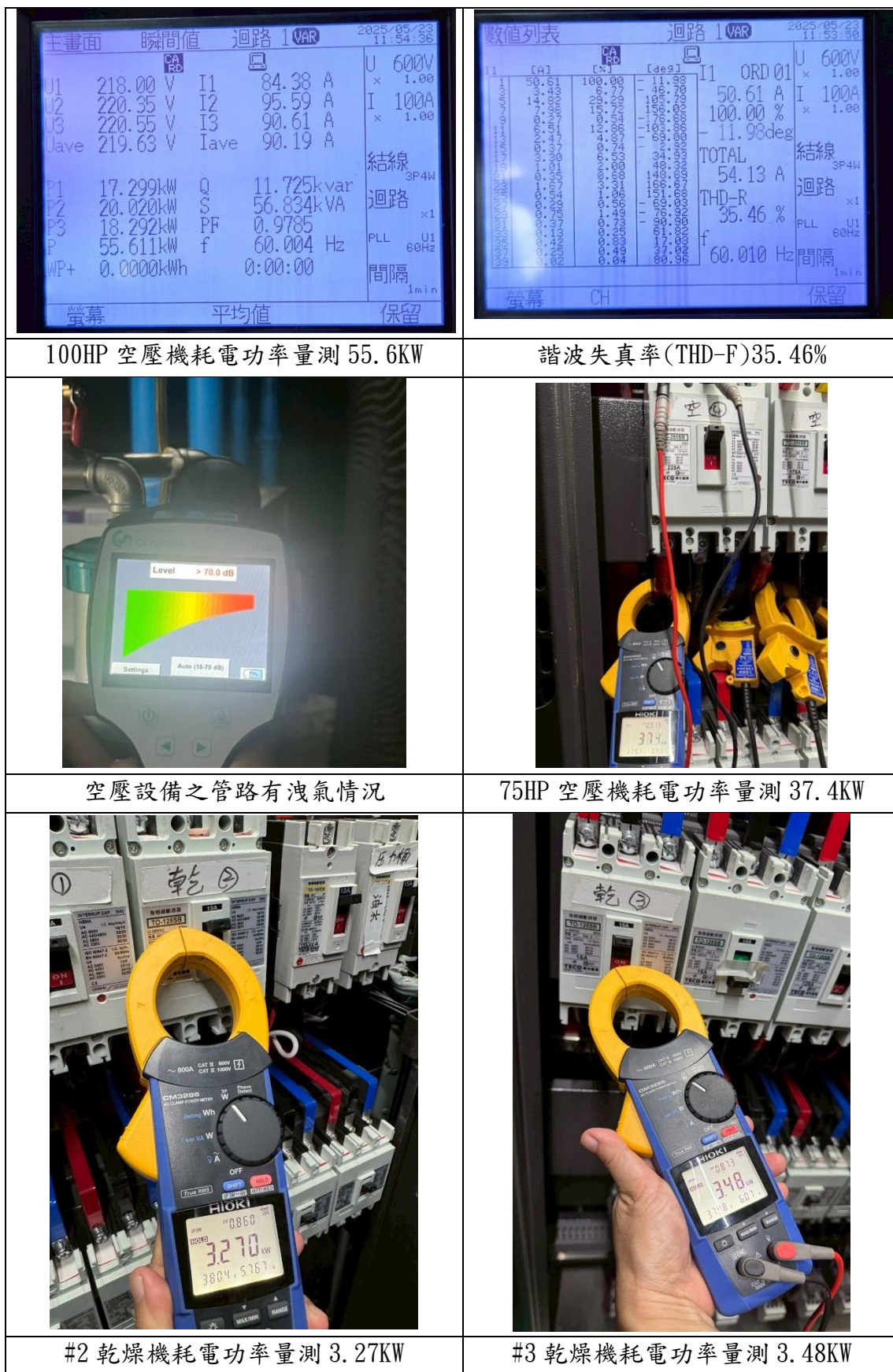


圖 3-2、現場量測照片

3. 電力分析儀數據分析

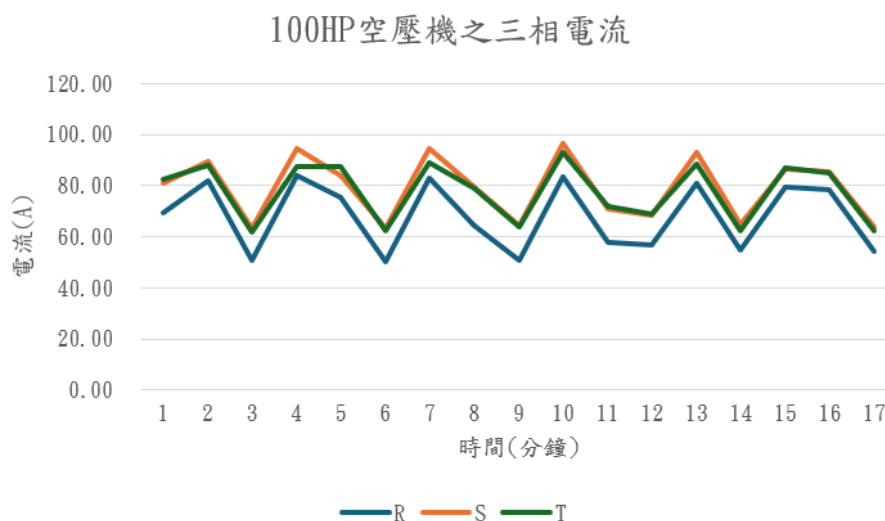


圖 3-3、空壓機三相電流

從數據顯示，空壓機的三相電流在整個測量期間呈現出持續性的不平衡狀態。儘管整體電流值隨時間變化而波動，但三相電流之間的差異卻始終存在，尤其 R 相電流在多個時間點顯著高於或低於 S 相與 T 相。這種長期的不平衡現象，揭示了潛在的設備運作或系統配置問題。當三相電流同步上升時，這通常是空壓機系統負載增加的直接表現。這類負載變化可能由以下原因造成：

1. **設備運作狀態**：例如現場可能存在空氣洩漏，這會迫使空壓機不斷作功來維持預設壓力，從而導致電流長期處於較高水平。
2. **作業需求變動**：在特定時段，若有多台氣動設備同時運轉或用氣量增加，會增加空壓機的運作負載，反映在電流的上升上。
3. **系統設定調整**：空壓機的壓力設定若被調高，馬達將必須以更高的負載運轉以達到目標壓力，這會直接導致電流值的增加。

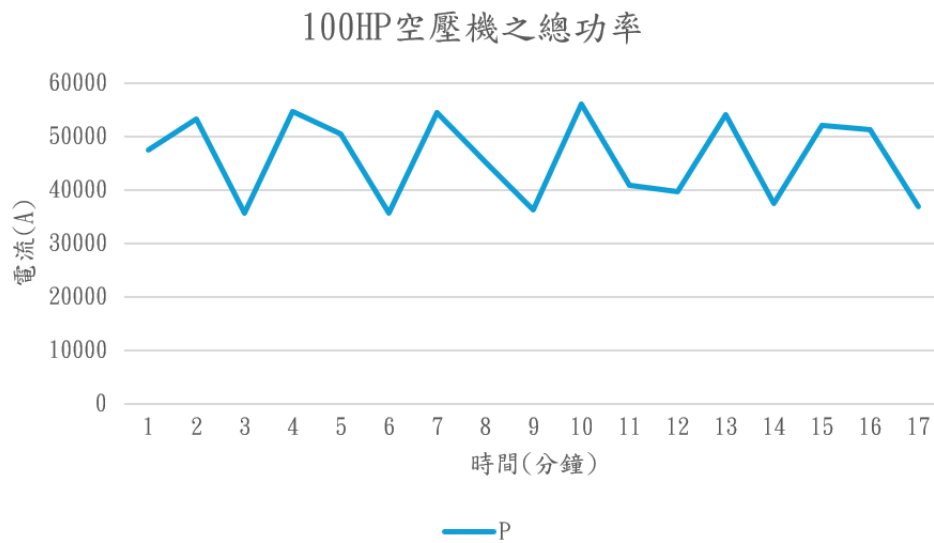


圖 3-4、空壓機耗電功率

從數據可觀察到，空壓機的運轉功率在約 35kW 至 56kW 之間呈現明顯的週期性波動。這種現象反映了設備處於加載與卸載的交替運轉模式：功率高峰(56kW)代表空壓機正在滿載產氣，而功率低谷(37kW)則表示其進入卸載空轉狀態。值得注意的是，即使在空轉期間，空壓機仍在消耗高達約 35-37kW 的無效能耗。這種頻繁的加卸載循環浪費能源，有運轉效率改善空間。

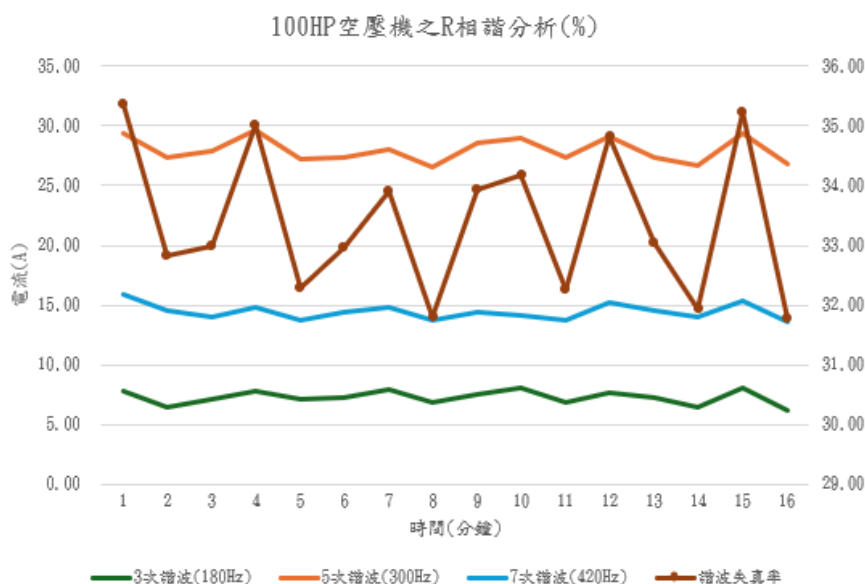


圖 3-5、100HP 空壓機之 R 相諧波

根據上圖，可見這台空壓機存在嚴重的電力品質問題：

1. 本次量測顯示，空壓系統的平均諧波失真率高達 32%，明顯超出工業標準建議的 5% 至 20% 範圍。主要諧波成分集中於第 5 次與第 7 次，屬於典型六脈衝變頻器運行時的特徵性諧波。此現象代表系統已存在明顯的諧波污染，若未改善，可能影響設備效率與供電品質，建議後續應規劃適當的諧波抑制措施。

潛在問題：

1. 超過 30% 的總諧波失真率（THD）意味著電流波形已明顯偏離正弦波，雖然諧波電流總值仍低於基波，但波形已呈現明顯扭曲。
2. 電力系統面臨高風險：如此程度的諧波污染可能造成設備故障或損壞，並導致運行效率下降，進而增加能耗與電費支出。

3. 解決方案：

- (1) 加裝主動式諧波濾波器（APF）：此裝置能有效將 THD 值降至 5% 以下，從根本上改善電力品質，提升設備運作的可靠性。
- (2) 多脈衝變頻器：若後續有更換變頻器的計畫，可考慮使用 12 脈衝或 18 脈衝等多脈衝變頻器，此類變頻器能從源頭大幅減少諧波產生，是更為徹底的解決方案。

4. 空壓系統改善建議

(1) 諧波問題改善建議

根據電力品質量測結果，空壓機系統存在諧波污染，其平均總諧波失真率（THD）高達 32%，超過工業標準（<20%）。此現象主要源於變頻器運作所產生的非線性電流，對整體電力系統造成負面影響。為了解決此一問題，我們提出以下改善建議：

- A. **加裝諧波濾波器（APF）**：APF 能即時消除諧波，可將 THD 值降至 5% 以下，是直接有效的解決方案。
- B. **優化現有變頻器**：可透過調整參數或更換模組來減少諧波，但此方法效果有限，適合作為輔助措施。
- C. **採用多脈衝變頻器**：若未來有設備汰換計畫，建議考慮使用 12 脈衝或 18 脈衝變頻器，此類變頻器能從源頭減少諧波生成，是更徹底的長遠解決方案。

- D. **定期電能品質監測**：應建立定期監測機制，持續追蹤數據，以評估改善效果並及時發現潛在風險。

(2)空壓系統洩氣問題

經現場檢測，空壓系統的管線與接頭發現有局部洩漏情形。此類洩漏將導致壓縮空氣無謂流失，迫使空壓機需額外作功以維持系統壓力，進而造成不必要的能源消耗。為此，強烈建議實施全面的洩漏檢測與修繕作業，並將其納入例行性維護計畫。空壓機洩漏是一個相當普遍的問題，世界平均漏氣量是 10%，若透過積極查漏可以減少 5%洩漏量，根據表 3-1 空壓機總耗電量為 499,680 度/年，5%相當於 24,984 度/年。

(3)變頻空壓機使用策略優化

變頻空壓機的用電量與頻率呈三次方關係。當運轉頻率降低時，用電量會大幅下降。因此，最佳策略是在用氣量不大時，避免單台空壓機滿載運轉，改採多台空壓機以低頻方式分擔負載。因為貴用戶使用之空壓機為超頻運轉之空壓機，根據表 3-2 發現在超頻(>60HZ)模式下實際運轉功率並無法以三次方關係計算，即使如此，仍然可以發現空壓機在低於滿載頻率下之效率較佳，因此建議可以將目前平時僅運轉 2 台的模式，嘗試改為 3 台以較低頻模式運轉。

(3)製氮系統

貴用戶一部分高壓空氣做為製氮系統之用。製氮機處理量為 $375 \text{ m}^3/\text{h}/60\text{min}=6.25\text{CMM}$ ，每產生 1CMM 的氮氣約需 4.1CMM 的壓縮空氣，空壓機之滿載功率為 92.2kW，產氣量為 15.2CMM，相當於 6.06kW/CMM，製氮單價估算為 $[6.06\text{kW}/\text{CMM}(\text{空壓機}) \times 4.1(\text{耗氣比}) + 1\text{kW}(\text{製氮機}) + 3.48\text{kW}(\text{冷凍乾燥機})] \times 3.75 \text{ 元/度} = 110 \text{ 元}/\text{m}^3$ ，建議可以思考是否改由購買氮氣更為划算。

(4)無熱式吸附式乾燥機

無熱吸附式乾燥機雖然本身無需加熱做為吸附劑再生之用，但每次再生時，會消耗 15%至 20%的乾燥後壓縮空氣來釋放吸附劑吸收的水分，再排放到大氣中。因高壓空氣相當貴根據表 3-2 計算，每 CMM

需消耗 5.3~5.4KW，若以 15%消耗量計算，根據表 3-1 以每年空壓機總耗電量為 499,680 度/年計算，15%相當於 74,952 度/年。

建議可以考慮採用熱回收式之吸附式乾燥機，利用空壓機壓縮熱作為主要熱源，不足部份再以第二階段加熱器操作，耗電量較加熱式低，可降低操作成本。另外熱回收式一般使用矽膠作為吸附劑，再生溫度較低，吸附劑使用壽命約 10 年。唯因利用空壓機壓縮熱作為再生氣源，需從空壓機最後段出口配管，且再生過程分兩階段，整體安裝空間比加熱式增加 10~20%。

1-5 建議導入能管系統

台灣目前有相當多的廠商投入 EMS 系統之開發，技術已經相當成熟，大多採用模組化規劃，省去重新開發系統之研發費用，價格也不似過去高昂。一般估計，導入能源監測系統約可節電 2-5%，若導入智慧監控(監測+監控)則可讓節電率上升至 10%以上。因貴用戶尚未有建置太陽能光電系統，若能導入智慧電網結合監測+監控+發電+儲能根據資策會的研究報告指出，可達到 15%以上節能減碳效益。

貴用戶最大用電設備為空調與空壓系統，因此監測部份投資費用並不高，可以先針對這兩項設備進行監測，如此可以讓所有的節能措施獲得很精確的數據支持，未來若想執行溫室氣體自願減量計畫，也可以有完整數據可以佐證。

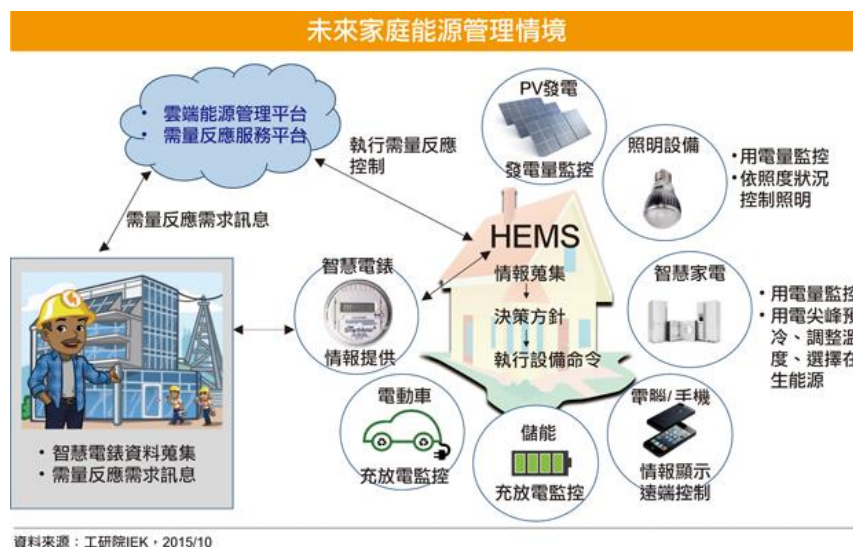



圖 4-1、智慧監控系統架構示意圖

圖片引用：科技網 https://www.digitimes.com.tw/tech/dt/n/shwnws.asp?id=0000453881_GE A9HH4Y75047N2G4LRNC

貳、輔導建議改善方案之潛力評估

節能診斷改善建議表(一)										
改善措施	空壓機查漏	本項之耗能量		預計年省能效益				改善投資費用	回收年限	溫室氣體減量
		電能	熱能	直(間)接省電		直(間)接省熱				
		(kWh/年)	(kLOE/年)	(kWh/年)	(萬元/年)	(kLOE/年)	(萬元/年)			
		499,68		24,984	9.37					
現況說明								預期效益		
經現場檢測，空壓系統的管線與接頭發現有局部洩漏情形。此類洩漏將導致壓縮空氣無謂流失，迫使空壓機需額外作功以維持系統壓力，進而造成不必要的能源消耗。 		為此，強烈建議實施全面的洩漏檢測與修繕作業，並將其納入例行性維護計畫。空壓機洩漏是一個相當普遍的問題，世界平均漏氣量是 10%，若透過積極查漏可以減少 5%洩漏量，根據表 3-1 空壓機總耗電量為 499,680 度/年，5%相當於 24,984 度/年。						1. 省能效益：節省電費 93,700 元/年（電費單價以 3.75 元/度計算）。 2. 投資費用：0.5 萬元（實際費用以廠商報價為準）。 3. 溫室氣體減量：11,842 kgCO2e 排放（以 113 年公告電力排放係數 0.474 kg CO2e/kWh 估算）。 4. 回收年限：0.05 年。		

節能診斷改善建議表(二)																																																																																																																																								
改善措施	空調附屬設備變頻控制			本項之耗能量		預計年省能效益				改善投資費用	回收年限	溫室氣體減量																																																																																																																												
				電能	熱能	直(間)接省電		直(間)接省熱																																																																																																																																
				(kWh/年)	(kLOE/年)	(kWh/年)	(萬元/年)	(kLOE/年)	(萬元/年)																																																																																																																															
						19,617	7.36																																																																																																																																	
現況說明				改善方案				預期效益																																																																																																																																
空調主機經常處於低負載情況下運轉，導致整體運轉效率過低。建議導入以外氣濕球溫度為基準的智慧化控制模式，將冷卻水塔出水溫度與外氣濕球的趨近溫度維持在 3-5°C 的理想範圍，冷卻水泵與冰水泵也可以依據出回水溫差進行變頻流量控制，確保流量與實際需求匹配，避免冷卻水以及冰水過量導致全系統效率下降。				下表為三台主機之附屬設備均加裝自動化變頻控制，以全年運轉 4,000 小時/年估算，假設滿載運轉佔 50%總運轉時間，75%以及 50%負載率之運轉時間僅 25%。根據下圖變頻器之耗電量與頻率之 3 次方成正比，流量/風量卻與變頻器成正比。以此計算加裝變頻控制馬達流量與風量可以節省約 19,617 度/年。				1. 省能效益：節省電費 736,000 元/年（電費單價以 3.75 元/度計算）。 2. 投資費用：50 萬元（實際費用以廠商報價為準）。 3. 溫室氣體減量：9,298 kgCO2e 排放（以 113 年公告電力排放係數 0.474 kg CO2e/kWh 估算）。 4. 回收年限：6.79 年。																																																																																																																																
<table><tr><th colspan="4">改善前</th><th colspan="7">加裝變頻控制後</th></tr><tr><th>主機容量</th><th>水泵名稱</th><th>額定功率(hp)</th><th>運轉數量(台)</th><th>運轉功率(kW)</th><th>滿載運轉時數(小時/年)</th><th>75%負載率運轉功率(kW)</th><th>75%負載率運轉時數(小時/年)</th><th>50%負載率運轉功率(kW)</th><th>50%負載率運轉時數(小時/年)</th><th>年省用電(度/年)</th></tr><tr><td rowspan="3">40RT</td><td>冷卻水泵</td><td>5</td><td>1</td><td>3.00</td><td>2000</td><td>1.27</td><td>1000</td><td>0.375</td><td>1000</td><td>4,359</td></tr><tr><td>冷卻水塔風扇</td><td>0.5</td><td>1</td><td>0.30</td><td>2000</td><td>0.13</td><td>1000</td><td>0.0375</td><td>1000</td><td>436</td></tr><tr><td>冰水泵</td><td>5</td><td>1</td><td>3.00</td><td>2000</td><td>1.27</td><td>1000</td><td>0.375</td><td>1000</td><td>4,359</td></tr><tr><td rowspan="3">25RT</td><td>冷卻水泵</td><td>3</td><td>1</td><td>1.80</td><td>2000</td><td>0.76</td><td>1000</td><td>0.225</td><td>1000</td><td>2,616</td></tr><tr><td>冷卻水塔風扇</td><td>0.5</td><td>1</td><td>0.30</td><td>2000</td><td>0.13</td><td>1000</td><td>0.0375</td><td>1000</td><td>436</td></tr><tr><td>冰水泵</td><td>3</td><td>1</td><td>1.80</td><td>2000</td><td>0.76</td><td>1000</td><td>0.225</td><td>1000</td><td>2,616</td></tr><tr><td rowspan="3">20RT</td><td>冷卻水泵</td><td>3</td><td>1</td><td>1.80</td><td>2000</td><td>0.76</td><td>1000</td><td>0.225</td><td>1000</td><td>2,616</td></tr><tr><td>冷卻水塔風扇</td><td>0.5</td><td>1</td><td>0.30</td><td>2000</td><td>0.13</td><td>1000</td><td>0.0375</td><td>1000</td><td>436</td></tr><tr><td>冰水泵</td><td>2</td><td>1</td><td>1.20</td><td>2000</td><td>0.51</td><td>1000</td><td>0.15</td><td>1000</td><td>1,744</td></tr><tr><td colspan="4">合計</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>19,617</td></tr></table>											改善前				加裝變頻控制後							主機容量	水泵名稱	額定功率(hp)	運轉數量(台)	運轉功率(kW)	滿載運轉時數(小時/年)	75%負載率運轉功率(kW)	75%負載率運轉時數(小時/年)	50%負載率運轉功率(kW)	50%負載率運轉時數(小時/年)	年省用電(度/年)	40RT	冷卻水泵	5	1	3.00	2000	1.27	1000	0.375	1000	4,359	冷卻水塔風扇	0.5	1	0.30	2000	0.13	1000	0.0375	1000	436	冰水泵	5	1	3.00	2000	1.27	1000	0.375	1000	4,359	25RT	冷卻水泵	3	1	1.80	2000	0.76	1000	0.225	1000	2,616	冷卻水塔風扇	0.5	1	0.30	2000	0.13	1000	0.0375	1000	436	冰水泵	3	1	1.80	2000	0.76	1000	0.225	1000	2,616	20RT	冷卻水泵	3	1	1.80	2000	0.76	1000	0.225	1000	2,616	冷卻水塔風扇	0.5	1	0.30	2000	0.13	1000	0.0375	1000	436	冰水泵	2	1	1.20	2000	0.51	1000	0.15	1000	1,744	合計										19,617
改善前				加裝變頻控制後																																																																																																																																				
主機容量	水泵名稱	額定功率(hp)	運轉數量(台)	運轉功率(kW)	滿載運轉時數(小時/年)	75%負載率運轉功率(kW)	75%負載率運轉時數(小時/年)	50%負載率運轉功率(kW)	50%負載率運轉時數(小時/年)	年省用電(度/年)																																																																																																																														
40RT	冷卻水泵	5	1	3.00	2000	1.27	1000	0.375	1000	4,359																																																																																																																														
	冷卻水塔風扇	0.5	1	0.30	2000	0.13	1000	0.0375	1000	436																																																																																																																														
	冰水泵	5	1	3.00	2000	1.27	1000	0.375	1000	4,359																																																																																																																														
25RT	冷卻水泵	3	1	1.80	2000	0.76	1000	0.225	1000	2,616																																																																																																																														
	冷卻水塔風扇	0.5	1	0.30	2000	0.13	1000	0.0375	1000	436																																																																																																																														
	冰水泵	3	1	1.80	2000	0.76	1000	0.225	1000	2,616																																																																																																																														
20RT	冷卻水泵	3	1	1.80	2000	0.76	1000	0.225	1000	2,616																																																																																																																														
	冷卻水塔風扇	0.5	1	0.30	2000	0.13	1000	0.0375	1000	436																																																																																																																														
	冰水泵	2	1	1.20	2000	0.51	1000	0.15	1000	1,744																																																																																																																														
合計										19,617																																																																																																																														

節能診斷改善建議表(三)										
改善措施	調升冰水回水溫度設定	本項之耗能量		預計年省能效益				改善投資費用	回收年限	溫室氣體減量
		電能	熱能	直(間)接省電		直(間)接省熱				
		(kWh/年)	(kLOE/年)	(kWh/年)	(萬元/年)	(kLOE/年)	(萬元/年)			
				35,736	13.4					
現況說明		改善方案				預期效益				
貴用戶三台主機之冰水回水控制之溫度設定均不相同，一般主機出廠時之回水溫度設定為 12℃，若為達節能之目的可以稍微調高至 13℃，每調高 1℃可以節省約 6%之主機耗能。三台主機僅 20RT 主機冰水回水溫度設定為 13℃。其餘設定溫度均低於 12℃，25RT 主機甚至低至 8℃。		建議將三台主機之冰水回水溫度均設定至 13℃，如此 40RT 主機可以減少約(13-11)℃×6%/℃=12%；25RT 主機可以減少約(13-8)℃×6%/℃=30%之主機耗電。 以表 2-1 年耗電量計算： 40RT 主機年耗電量:114,800 度/年，調升溫度設定後節省：114,800 度/年×12%=13,776 度/年。 25RT 主機年耗電量:73,200 度/年，調升溫度設定後節省：73,200 度/年×30%=21,960 度/年。 合計年省 13,776 度/年+21,960 度/年=35,736 度/年。				1. 省能效益：節省電費 134,000 元/年（電費單價以 3.75 元/度計算）。 2. 投資費用：0 萬元（實際費用以廠商報價為準）。 3. 溫室氣體減量：16,939 kgCO2e 排放（以 113 年公告電力排放係數 0.474 kg CO2e/kWh 估算）。 4. 回收年限：0 年。				

節能診斷改善建議表(四)										
改善措施	改為熱回收式吸附式乾燥機	本項之耗能量		預計年省能效益				改善投資費用	回收年限	溫室氣體減量
		電能	熱能	直(間)接省電		直(間)接省熱				
		(kWh/年)	(kLOE/年)	(kWh/年)	(萬元/年)	(kLOE/年)	(萬元/年)			
		499,680		74,952	28.11					
現況說明		改善方案				預期效益				
貴用戶採用無熱吸附式乾燥機雖然本身無需加熱做為吸附劑再生之用，但每次再生時，會消耗 15%至 20%的乾燥後壓縮空氣來釋放吸附劑吸收的水分，再排放到大氣中。因高壓空氣相當貴根據表 3-2 計算，每 CMM 需消耗 5.3~5.4KW，若以 15%消耗量計算，根據表 3-1 以每年空壓機總耗電量為 499,680 度/年計算，15%相當於 74,952 度/年。		建議可以考慮採用熱回收式之吸附式乾燥機，利用空壓機壓縮熱作為主要熱源，不足部份再以第二階段加熱器操作，耗電量較加熱式低，可降低操作成本。另外熱回收式一般使用矽膠作為吸附劑，再生溫度較低，吸附劑使用壽命約 10 年。唯因利用空壓機壓縮熱作為再生氣源，需從空壓機最後段出口配管，且再生過程分兩階段，整體安裝空間比加熱式增加 10~20%。 改為熱回收式之吸附式乾燥機可以減少 15%之高壓空氣，相當於 74,952 度/年。				1. 省能效益：節省電費 281,100 元/年（電費單價以 3.75 元/度計算）。 2. 投資費用：150 萬元（實際費用以廠商報價為準）。 3. 溫室氣體減量：35527 kgCO2e 排放（以 113 年公告電力排放係數 0.474 kg CO2e/kWh 估算）。 4. 回收年限：5.34 年。				

參、結論

本次至貴用戶進行現場節能診斷服務，針對各能源使用設備與系統之能源耗用現況，深入進行分析與探討後，本中心提出建議改善方案共計 **4** 項，並預估貴用戶之節能潛力為節省用電 **155,289 kWh/年**，相當於減少 **73.61 ton-CO₂e/年** 溫室氣體排放；預期改善方案執行後，每年可為貴用戶節省能源費用約 **58.24** 萬元。

方案名稱	預估節電量 (kWh/年)	預期節能效 益(萬元/年)	預估投資經 費(萬元)	回收年限預 估(年)	預估減碳量 (公噸/年)
空調附屬設備變頻控制	19,617	7.36	50	6.79	9.30
調升冰水回水溫度設定	35,736	13.40	0	0	16.94
空壓機查漏	24,984	9.37	0.5	0.05	11.84
改為熱回收式吸附式乾燥機	74,952	28.11	150	5.34	35.53
合 計	155,289	58.24	200.50		73.61

貴用戶若能繼續有效管理，進而充分發揮各耗能系統設備性能，相信除對能源使用管理有所助益外，節省金額將可更加提高，進而達到節約能源、降低生產成本之目的。

本中心所提建議改善方案，乃根據節能診斷服務當天利用檢測儀器量測及現場觀察所得，提供 貴用戶作為改善參考。工廠於執行改善措施及工程時，仍需進一步洽詢相關廠商進行詳細規劃與設計。後續，本中心服務人員將持續與 貴用戶保持聯繫，除持續瞭解改善進度與效益外，並視 貴用戶需求提供相關協助。

再次誠摯感謝 貴用戶的配合、協助與接待！！

聯合大學 節能診斷服務中心

如有任何問題請與本中心 陳美玲老師聯絡
電話：0919-703607 E-mail: marilyn@nuu.edu.