



工廠馬達動力系統 節能改善應用 與2013年實例

The Applications and Practices of Energy Efficiency Improvement
for Industrial Electric Motors and Driven Systems in 2013

沈宗福

工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

盧江溪

工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

吳江龍

工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

詹瑞麟

工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

彭昌明

工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

楊竣翔

工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

關鍵詞(Keywords)

- 高效率馬達 High efficiency motor
- 冰水機 Chiller
- 空壓機 Air compressor
- 風機 Fan

摘要(Abstract)

使用高效率馬達取代傳統馬達是直接、快速與有效的省能手段，效率可提高 2~8 %，而馬達動力系統(如風扇、空壓機、泵浦、冰水機...)更是節能重要的對象，節能可達 10~50 %。本文介紹新版 CNS14400 高效率馬達標準，並以 2013 年輔導 3 家示範廠商馬達動力系統節能改善的案例說

明改善的評估過程、改善手段與結果，以作為國內廠商推廣馬達系統節能之參考。

Using high efficiency motors to replace the standard efficiency motors is a direct, rapid, and effective way to reach the goal of energy savings and it will have a benefit of energy improvement of about 2~8%.

However, improving the efficiency of motor driven systems will obtain a higher energy saving benefit of 10~50 %. There are three practices of motor system energy savings shown in this article to illustrate the evaluation process, related measures used, and the results of improvements which can be examples of energy savings for industry in 2013.



1. 前言

全球積極地推廣高效率馬達及進行工廠馬達系統節能，IEC (International Electrotechnical Commission) 將多國之馬達能源效率標準調合 (Harmonization) 版本後，公告了 IEC60034-30，並於今年 3 月(2014.3.6)發表修訂，將全球馬達進行能源效率分級為 IE1、IE2、IE3 與 IE4，工業技術研究院機械與系統研究所執行能源局「高效率馬達工業動力能源效率驗證與推廣計畫」參考 IEC 60034-30 等提出 CNS14400 標準修訂建議案，經相關程序審查後，已經於 2012 年 3 月 26 日由主管機關公告實施。相較於舊版 2003 年 CNS14400，新版將高效率感應電動機分為三種：(a) IE1⁺ 為高效率、(b) IE2 為優級效率、(c) IE3 為超高效率。IE1⁺ 即等同舊版 2003 年所定義之高效率感應電動機，IE2 比 IE1⁺ 效率高，IE3 比 IE2 效率更高，即效率 IE3 > IE2 > IE1⁺，相較於 IEC 60034-30 定義之 IE1 IE2 IE3，CNS14400 之 IE1⁺ 介於 IEC 60034-30 IE1 與 IE2 間，而兩者之 IE2、IE3 則相近[1]。

使用高效率馬達已是全球節能減碳趨勢，經濟部於 2013 年 8 月 9 日公告「高效率電動機示範推廣補助作業要點」，針對馬達製造商及代理商提供補助方案，期帶動國內高效率馬達產業發展，同時提振經濟。此補助方案為期 3 年，分兩階段執行，第一階段為期 1 年，推廣能源效率達 IE2 等級以上(含 IE3)；第二階段為期 2 年，針對能源效率達 IE3 等級以上進行補助[2]。

根據台電資料統計台灣工業部門用電佔各行業總耗電的 70 % [3]，工業部門於馬達應用設備能

源耗用已佔工業耗能 70 %，即每年約 50 % 的國內用電量是由馬達動力所耗用，因此使用高效率馬達及提高馬達動力系統能源效率，對廠商生產成本及國家能源政策已是重要課題。

使用高效率馬達取代傳統馬達是直接、快速與有效的省能手段，效率可提高 2~8 % (但驅動離心設備時因轉速增加耗電可能增加)，而馬達動力系統(如風扇、空壓機、泵浦、冰水機及其系統...) 更是節能重要的對象，節能可達 10~50 %。馬達效率、驅動系統、被驅動機械系統的設計匹配、應用操作及維護等，都會影響能源效率，各項應用能源效率提升潛力都不同。

2. 馬達動力系統節能改善措施

一般馬達動力系統的節能改善，主要可分為九個重要步驟：(1)馬達驅動系統之電源管理、(2)瞭解廠內的電費單、(3)瞭解工業電力系統的配置、(4)擷取現場各項量測值、(5)進行馬達負載與效率評估、(6)進行能源、用電量與省錢分析、(7)設立馬達應用設備之改善規劃、(8)功率因數之修正及(9)擬定預防性與預測性之維修計畫[4]。

一般電費單中，包含記錄與分析能源使用與費用資料，這項程序有助於：

- 說明能源的使用。
- 確認或找出最可能節省電費的區段。
- 證實資本支出的決定。
- 管理投資成效。
- 獲得管理階層的支持。
- 確認帳單錯誤。



表 1 馬達動力系統應用節能潛力[3]

系統改善方法	節能比例
1.使用變速控制	10 ~ 50 %
2.換用高效率馬達	2 ~ 8 %
3.傳動效率改善	2 ~ 10 %
4.系統維護調整與潤滑	1 ~ 5 %
5.馬達規格匹配適當	1 ~ 3 %
6.電力品質改善	0.5 ~ 3 %
7.馬達維修保養適當	0.5 ~ 2 %

· 比較類似設備或製程的能源效率[5]。

透過以上九個重要步驟逐步分析馬達動力系統的節能空間，進而使用表 1 之系統改善方法改善系統以節省電力使用。

馬達動力設備隨著時間運轉效率會逐漸下降，適當的維護可減緩衰退程度。又適當的負載操作控制，亦可提高馬達動力設備之使用能效。

以離心式風機為例，風機之風量調整方式有：出口葉片調整、入口葉片調整、速度控制(變速調整)，其中以出口葉片調整最耗電，速度控制(變速調整)調整最省電，其風量調整方式與排氣百分比對應耗電百分比之關係可如圖 1 [6]所示。

為使國內工業能源有效運用，減少無謂的能源消耗，經濟部能源局於 96 年度開始展開「高效率馬達應用技術開發與推廣計畫」，希望藉由此計劃的進行，可有效推廣及改善國內工業用馬達動力設備之能源效率。繼 2007~2012 年本計畫共發表輔導改善 18 家廠商案例後，2013 年再輔導改善 3 家廠商。以下以 2013 年 3 家廠商馬達動力系統節能改善的案例說明改善的評估過程、改善手段與結果。

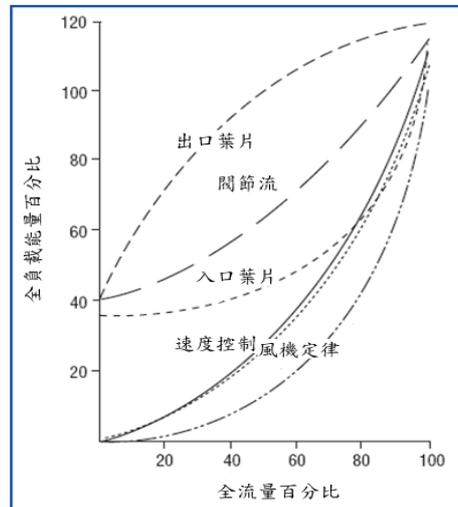


圖 1 風機不同風量控制方式之耗功比較

案例 A 之風機系統依據「裝設速度調整(變速)裝置」原則，增設變頻控制使風機耗能降低，達到節能目的。

案例 B 之空壓機系統依據「提昇空壓機效率」原則將原來效率低之空壓機淘汰，並依據「裝設速度調整(變速)裝置」原則，選擇變頻機涵蓋全廠負載變化需求，同時節省螺旋空壓機空載耗電，螺旋空壓機在不同控制模式下之排氣百分比與耗電百分比關係如圖 2 [7]所示，在部分負載下，變頻控制有明顯之節能效果。

案例 C 之冰水系統依據「提昇冰水機效率」原則，更換效率不佳之冰水機，並增加控制裝置使新機全載運轉，降低系統單位耗能;依據「換用高效率馬達」原則，將冷卻水塔馬達更換為高效率馬達，並依據「裝設速度調整(變速)裝置」原則，依據濕球溫度使用變頻控制改變水塔馬達轉速，達到節能目的。

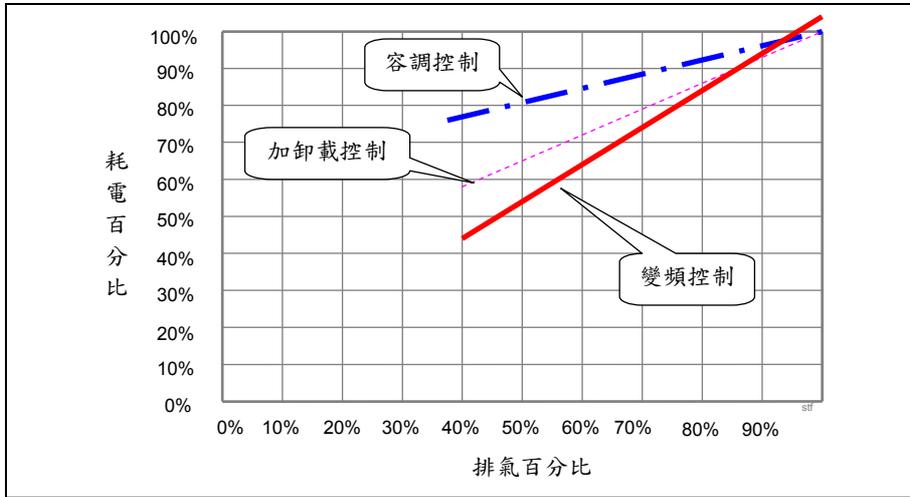


圖 2 螺旋空壓機在不同控制模式下之排氣百分比與耗電百分比關係

案例：A 公司風機系統節能改善案例

■改善前狀況說明

(1) A 公司工廠生產使用 EP 靜電集塵機及窯爐，全年 8,600 小時生產。

EP 靜電集塵機使用 200 hp 廢氣風車系統(圖 3)，主要為廢氣處理後排放，現況使用為 100 % 風車直接啓用，風量再以入口葉片風門調節，入口葉片開度由 40 ~ 90 % 負載(視窯爐開機數決定)。廢氣風車設計相關資料如下：

- 馬力：200 hp、6 P、AC 440 V
效率：92.6 %、功率因數：85.6 %。
- 轉速：實際值為 1,145 rpm/min。
- 靜壓：420 mmAq、風量：83,124 m³/h。
- 滿載電流：246.98 A。
- 啓動方式：直接啓動。
- 啓動電流：1,200 A 以上，時間為 9~10/Sec。
- 風車運轉噪音值：2011 年 12 月 26 日測得 85.5 dB。(風車室門開著離軸心 1 m 處)
- 平均運轉電流：100 A。

(2) 10 號窯爐二次風車設計資料如下：

- 型式：透浦送風機(如圖 4)。
- 馬力：50 hp(2 極)、AC 440 V
轉速：3,500 rpm
- 靜壓：1,100 mmAq
- 風量：80 m³/min = 4,800 m³/h
- 啓動方式：Y-△啓動
- 滿載電流：122.29 A

現場實際測量風車電流約在 100 A

- 風車運轉噪音值：風車全載輸出
2013 年 8 月 27 日測得 94.3 dB (離風車 1 m 處)



圖 3 200 hp 廢氣風車系統



圖 4 10 號窯爐風車系統



圖 5 EP 風車系統變頻箱



圖 6 10 號窯爐 30 hp、50 hp 風車系統變頻箱

■節能改善措施

- (1) EP 靜電集塵機使用 200 hp 廢氣風車系統，新增一台 200 hp 變頻箱變頻控制(圖 5)。
- (2) 10 號窯爐 30 hp、50 hp 風車系統增加變頻控制(圖 6)及增加一 10 hp 流口瓦斯風車。

■節能改善成果

- (1) EP 風車系統改善後變頻設備已開始導入，目前 EP 風車變頻為 30 Hz 使用(15 號窯爐、9 號窯爐、11 號窯爐、14 號窯爐共四座)。

- 改善後運轉電流值：20 A。
- 啓動電流：緩升(0~20 A)。

說明：原有 EP 風車運轉電流 100 A，啓動電流 1,200 A 以上。

- 噪音值：2013 年 3 月 5 日測得 75.8 dB(風車室門開著離軸心 1m 處)。

說明：EP 風車運轉原有噪音值測得 85.5 dB(風車室門開著離軸心 1 m 處)。所以噪音值下降 9.7 dB。

- 馬達運轉：正常(無發熱等現象)。

- (2) 10 號窯爐二次風車系統改善後運轉相關數據：改善後風車於 8 月 28 日測試風量，二次風車變頻器頻率為 49 Hz 時，風量約 2,512 m³/h 左右；頻率 60 Hz 時，風量可達 4,400 m³/h。

修改後運轉相關數據：

- 運轉頻率值：49 Hz。
- 運轉電流值：51 A。
- 啓動電流：緩升(0~51 A)。

說明：原有 10 號窯爐 50hp 風車運轉電流 100 A 左右。

- 噪音值：變頻器頻率在 49Hz 左右，噪音下降 7.1 dB。



- 改善前測得 94.3 dB(離風車約 1 m 處)。
- 改善後測得 87.2 dB(離風車約 1 m 處)。
- 馬達運轉：正常(無發熱等現象)

■ 節能改善效益

(1) EP 風車改善前電力= 65.15 kWh。

$$65.15 \text{ kWh} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ 天} \times 12 \text{ 月} = 562,896 \text{ kWh/年}$$

- EP 風車改善後電力=15.224 kWh。

$$15.224 \text{ kWh} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ 天} \times 12 \text{ 月} = 131,535 \text{ kWh/年}$$

- EP 風車改善年效益：

$$\text{年節省電力} = \text{改善前 } 562,896 \text{ kWh/年} - \text{改善後 } 131,535 \text{ kWh/年} = 431,361 \text{ kWh/年}$$

$$\text{年節省費用} = 431,361 \text{ kWh/年} \times (3.0 \text{ 元/kWh})$$

$$= 1,294,083 \text{ 元/年}$$

- 預估抑低 CO₂ 排放量：

$$431,361 \text{ kWh/年} \times 0.536 = 231,209 \text{ kg/年}$$

(以每度電抑低 0.536kg 的 CO₂ 計算)

- 節能比率= 76.6 %

- 投資金額：600,000 元

- 簡易回收年限：0.46 年(5.6 個月)

(2) 10 號窯爐二次風車改善前電力=32.6 kW

(50 hp 風車用電)

$$32.6 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ 天} \times 12 \text{ 月} = 281,664 \text{ kWh/年}$$

- 10 號窯爐二次風車改善後電力=19.43 kW

(50 hp 風車用電)..... (A)

- 增加一流口瓦斯風車(10hp) = 7.5 kW(B)

$$(A)+(B)=26.93 \text{ kW} \text{ , (頻率在 } 49 \text{ Hz 時, 風量約 } 2,512 \text{ m}^3/\text{h, 電流 } 51 \text{ A) 。}$$

節能效益計算：

- $26.93 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ 天} \times 12 \text{ 月} = 232,675 \text{ kWh/年}$ 。

- 10 號窯爐二次風車改善年效益：

$$\text{年節省電力} = \text{改善前 } 281,664 \text{ kWh/年} - \text{改善後 } 232,675 \text{ kWh/年} = 48,959 \text{ kWh/年}$$

$$\text{年節省費用} = 48,959 \text{ kWh/年} \times (3.0 \text{ 元/kWh})$$

$$= 146,967 \text{ 元/年}$$

- 預估抑低 CO₂ 排放量：

$$48,959 \text{ kWh/年} \times 0.536 = 26,242 \text{ kg/年 (以每度電抑低 } 0.536 \text{ kg 的 CO}_2 \text{ 計算)}$$

- 節能比率= 17.3 %

- 投資成本：220,000 元

- 回收年限：1.5 年

(3) 改善後風車系統新增 3 台變頻控制，使系統效率提高，降低系統平均耗能。

- EP 改善前風車系統運轉電力 562,896 kWh/年，改善後風車系統運轉電力為 131,535 kWh/年，年節省運轉電費 1,294,083 元/年，改善後節能率高達到 76.6 %，效果良好。

- 10 號窯爐改善前風車系統運轉電力 281,664 kWh/年，改善後風車系統運轉電力為 232,675 kWh/年，年節省運轉電費 146,967 元/年，改善後節能率達到 17.3 %。

- 有效降低設備啓動電流及因高電流造成之電費增加或設備因高電流啓動而容易故障。

- EP 風車系統改善前測得 85.5 dB，改善後側得 75.8 dB(離風車 1 m 處)。噪音值下降 9.7 dB。

- 變頻器頻率改變來控制風量，較原有入口葉片風門控制來得穩定與靈敏。以燃控的方面來看，風量穩定與反應靈敏也會使產品品質也會來得穩定。



案例：B 公司空壓系統節能改善案例

■改善前狀況說明

- (1) B 公司空壓系統有二台空壓機(圖 7)，一為 75 hp 二手空壓機(98 年底購買目前故障)；一為 100 hp 螺旋空壓機，皆為空重車控制，提供全廠製程設備用氣需求，無備用空壓機。
- (2) 使用 iiTrak 負載記錄器(圖 8)收集實際運轉之數據進行耗能分析，量測 2012/12/21 ~ 2012/12/28 共 7 日，運轉時間總計 168 小時，其停車間時間約 4.7 小時、佔 2.7%，空壓機運轉時間約 163.3 小時、佔量測運轉時間約 97.2%，其中重車為 60.3 小時、佔運轉時間的 36.9%，空車為 103 小時；佔運轉時間的 63.1%。
- (3) 量測期間平均功率約 66.2 kW，重車耗能比例 47.4%、空車耗能比例 52.6% (圖 9)，累積總耗能約為 10,809 kWh，產氣量約 43,778 m³，單位耗能耗能約為 0.2469 kWh/m³ 偏高 (表 2)，空車耗能約 5,687 kWh，以每度電費平均 3 元計算，則每年空車運轉損失近 70 萬元的用電成本。圖 10 為空壓系統量測期間負載電流狀態曲線，與當中 9 點到 10 點間一小時資料作放大運轉狀態下的空重車變化曲線，顯示空車頻率高；圖 11 為量測期間每日使用風量變化曲線圖，由圖中發現製程設備用氣量需求約 3.4 cmm~8.7 cmm 之範圍。

■節能改善措施

- (1) 淘汰 75 hp 空壓機，新增一台 Atlas GA75VSD 100 hp 變頻空壓機(圖 12)為供氣主力，銘版標示 7 bar 壓力下供氣量約 2.3~14.7 m³/min，可

符合公司變動用氣負載需求，並可減少空車運轉耗能成本。



圖 7 B 公司空壓系統空壓機(左：100 hp，右：75 hp)



圖 8 iiTrak 負載擷取量測設備

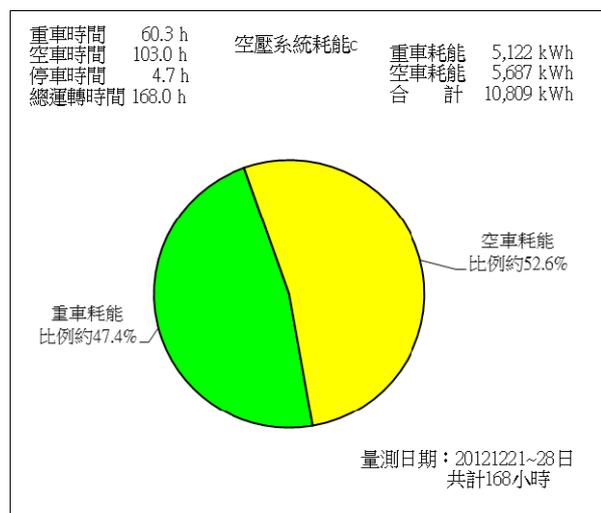


圖 9 改善前空壓系統設備運轉耗能比例分析圖



表 2 改善前空壓系統運作狀況分析表

項目	空壓系統量測數據
量測期間總耗電量(kWh)	10,809
量測期間總排氣量(m ³)	43,778
量測運轉時間(h)	168
系統重車耗能比例(%)	47.4 %
系統空車耗能比例(%)	52.6 %
平均單位耗能比值(kWh/m ³)	0.2469
單位電費(元/kWh)	3
量測期間的運轉成本(元)	32,427
推估年耗電量(kWh)	562,068
推估年運轉總成本(元)	1,686,204

註：量測時間:101年12月21日~28日，168時



圖 12 Atlas GA75VSD 100hp 變頻空壓機

表 3 改善後空壓系統效益分析

項目	空壓系統量測數據
量測期間總耗電量 (kWh)	7,007.72
量測期間總排氣量(m ³)	57,277.10
量測運轉時間(h)	168
系統重車耗能比例(%)	99.55
系統空車耗能比例(%)	0.45
平均單位耗能比值(kWh/m ³)	0.1223
單位電費(元/kWh)	3
量測期間的運轉成本(元)	21,023
推估年耗電量(kWh)	364,401
推估年運轉總成本(元)	1,093,204

註：量測時間自 102年9月27日~10月4日，168時

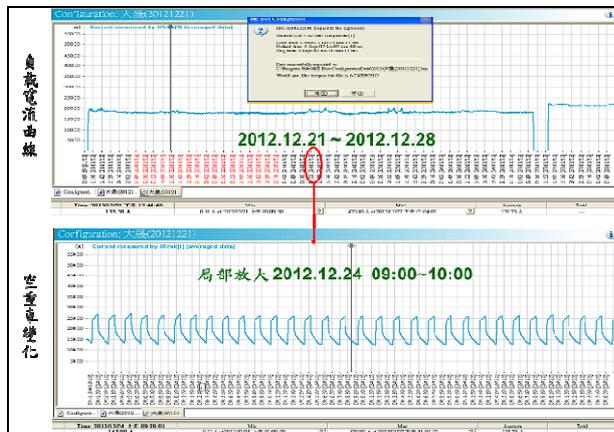


圖 10 空壓系統電流負載曲線及局部放大曲線圖

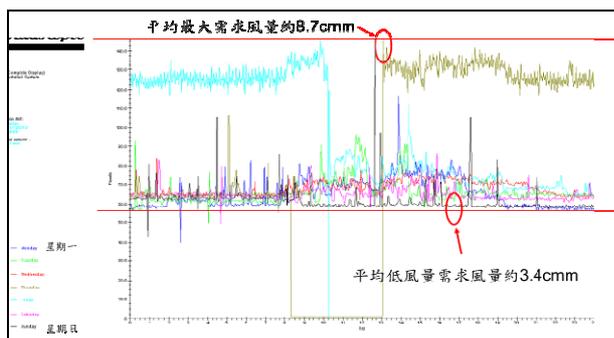


圖 11 量測期間每日使用風量變化曲線

(2)原有 100 hp 定頻空壓機改為備機使用。淘汰 75 hp 定頻空壓機。

■ 節能改善成果

使用負載記錄器量測自 2013/9/27 日至 2013/10/4 計 168 小時(表 3)，整理分析得知：



(1) 量測期間因手動交換開啓備機空壓機 50 分，因而產生部分時間的空車時間與耗能，其餘時間皆由新變頻機單獨供氣，系統平均功率約 44 kW，平均壓力約 7.21 bar，平均氣量約 5.98 cmm，單位耗能為 0.1223 kWh/m³。

■節能改善後效益

- 改善前空壓系統耗能成本約每年 1,686,204 元
- 改善後空壓系統耗能成本約每年 1,093,204 元
- 節能效益=1,686,204 元/年-1,093,204 元/年
= 593,000 元/年。
- 投資金額 1,152,381 元。
- 簡易回收年限=1,152,381 元/593,000 元/年
= 1.95 年。
- 抑低 CO₂ 排放量：105,949 kg/年。
- 新增變頻空壓機使無效之空車運轉幾乎消除，節能比率= (0.2469 - 0.1223) ÷ 0.2469 = 50.4 %。

案例：C 公司冰水系統節能改善案例

■改善前狀況說明

- (1) C 公司主要有 3 台(No.1 ~ No.3) k 牌(表 4、圖 13)冰水機供應工廠生產製程使用。離峰時開啓 1~2 台於部分負載運轉，尖峰時 2~3 台全開於部分負載運轉。k 牌冰水機操作依負載大小有 5 段變化，分別為 100 %、84 %、67 %、50 %、33 %，然而，每段操作時單位耗能卻都不一樣，以全載 100 %為基準，隨著負載變小單位耗能相對增加，也就是說，全載時效率最佳，部分負載時效率變差，故造成整體運轉效率只有 1.39 kW/RT，浪費電力。各段負載與單位耗能增加約略關係如表 5。
- (2) No.1 冰水系統冷卻水循環水塔設備老舊，該風扇馬達(圖 14)為 5 hp，2007 年製造出廠，是一般馬達效率(CNS2934)，效率差，擬汰舊更新為高效率馬達，並控制改為變頻控制模式，以達到節能目的。

表 4 C 公司使用冰水機原始量測資料

No	馬力 (hp)	壓縮機	製造年份	耗電量 (kW)	冷凍能力 (RT)	效率 (kW/RT)
1	125	往復式	1996	93.3	72	1.30
2	125	往復式	1996	74.6	66.6	1.12
3	125	往復式	1996	93.3	78	1.20



圖 13 C 公司 No1 冰水系統



圖 14 No.1 循環水冷卻風扇



圖 15 新購 100 hp 冰水機

表 5 k 牌冰水機各段負載與約略單位耗能關係

負載	單位耗能	備註
100 %	1	比較基準
83.3 %	+2 %	較耗能
66.6 %	+5 %	較耗能
50 %	+10 %	較耗能
33.3 %	+20 %	最耗能

■節能改善措施

- (1) 更新單機能耗差的 No.1 k 牌 125 hp 往復式冰水主機(年份:1996)，置換為高效率的滿液螺旋式 100 hp 冰水主機新機一台(圖 15)，依負載需求控制其他各台啟動順序，使負載集中於新裝 No.1 100 RT 冰水主機，以提升冰水系統運轉效能，降低單位耗能成本。
- (2) 更新冷卻水塔風扇馬達(5 hp、圖 16)，置換新高效率馬達並改變頻控制模式(圖 17)，利用循環水溫度與濕球溫度(圖 18)之溫差控制在 3 度內，控制馬達運轉速度的快慢，以達到風機節能效果。進而達到節能目的。
- (3) 於冰水系統之區域主幹管加裝冰水熱值計 (BTU 錶、圖 19 以監測實際各區域冰水熱能使



圖 16 新循環水冷卻風扇馬達

用量，且於冰水主機主電源上安裝電錶，借由電錶與 BTU 錶的值，求出冰水系統之單位能耗進而加以管控以達到節能目的。

■節能改善後效益

使用新冰水主機後，量測一週系統效能表現如表 6。



圖 17 冷卻風扇變頻控制器



圖 18 濕球溫度計



圖 19 BTU 表

表 6 C 公司冰水系統改善後節能分析總表

項目	No.1	No.2	No.3
廠牌	鑫國	k	k
種類	滿液螺旋式	往復式	往復式
馬力(hp)	100	100	125
控制方式	加卸載	加卸載	加卸載
Control Degree	3	5	5
CHWT Setpoint (°C)	7	7	7
Ton of refrigeration(RT)	104	66.6	78
Power(kW)	69.5	74.6	93.3
單機全載效率(kW/RT)	0.67	1.12	1.2
Ton of refrigeration (RT)	9,557.90	2,257.50	1,102.10
100% Loaded Time(h)	91.4	0.9	5.1
84% Loaded Time(h)	9.6	0.1	13.7
67% Loaded Time(h)		1.9	0
50% Loaded Time(h)	0.2	8.6	0
33% Loaded Time(h)	0	82.9	0
Stopped Time(h)	66.81	73.6	149.3
Load factor(%)	97.50 %	35.90 %	88.30 %
Total Running Time(h)	101.2	94.4	18.8
Total Energy Cons. (kWh)	7,406.00	3,342.10	1,448.40
單機運轉效率 (kW/RT)	0.77	1.48	1.31
計算系統資料			
全部冷凍噸(RT)	12917.5		
全部耗能(kWh)	12196.5		
系統效率(kW/RT)	0.94		

■節能改善成果

(1)改善前：

整體運轉效率只有 1.39 kW/RT。

(2)改善後：

- 由表 6 改善後節能效益分析總表，以 1 台 100 RT 冰水主機(No.1)全載運轉、No.2 及 No.3 量測一週累計所測的冷凍噸數 12,917.5 RT，一週耗電量 12,196.5 度/週，系統單位能耗 0.94 kW/RT。
- 改善後年效益：[改善前(1.39)－改善後(0.94)] kW/RT × 12,917.5 RT/週 × 52 週/年 × 3.2 元 = 967,262 元/年。(註：每度電費成本為 3.2 元/度)
- 節能比率= 32.4 %
- 投資金額：1,760,000 元
- 簡易回收年限：1.82 年



結論

馬達驅動的動力設備，其使用電力費用通常遠大於購置費用，進行系統的節能即是很有效益的節能投資。針對系統事前診斷出主要問題，對症下藥，可收事半功倍效果。

本文介紹的 3 個案例，其成果如表 7 所示。更多節能技術、措施與案例請上「MCP 高效率馬達動力設備節能伙伴聯盟平台」<http://hem.org.tw> 參考。

表 7 3 個案例成果表

廠商	每年節省電費(元)	回收年限(年)	節能百分比(%)	每年 CO ₂ 減量(kg/年)
A-1	1,294,083	0.46	76.6	231,209
A-2	146,967	1.5	17.3	26,242
B	593,000	1.95	50.4	105,949
C	967,262	1.82	32.4	162,016

又，綜合近年進行工廠設備節能輔導之經驗，工廠冰水機系統節能改善之重點為：

- 提昇冰水機效率
- 適當的系統設計
- 確實施工
- 良好操作與維護

工廠壓縮空氣系統能源效率改善重點，主要有：

- 維護與監視
- 減少空氣洩漏
- 提昇空壓機效率

- 裝設速度調整(變速)裝置
- 當不使用時關掉系統
- 修改或改善壓縮機控制系統
- 減少使用空氣驅動的設備
- 降低系統壓力至最小需要值
- 減少系統壓降
- 降低吸入空氣溫度
- 改善供氣管路系統佈局方式
- 回收及使用廢熱

致謝

本文為經濟部能源局計畫成果，特此感謝。

參考資料

- [1] 沈宗福、鄭詠仁、許應財，“2012 年版 CNS14400 高效率馬達標準介紹”，馬達電子報，第 496 期，2012 年 8 月。
http://140.116.249.89/emotor/worklog/EMTRC/admin_function/learnweb/pdf/no496_33716.pdf
- [2] http://www.moea.gov.tw/Mns/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=31101
- [3] 賴清溪、郭欽弘、詹瑞麟，“高效率馬達動力系統對產業之重要性”，機械工業雜誌，296 期，第 122-139 頁，2007 年 11 月。
- [4] 詹全富、詹瑞麟、郭欽弘，“馬達動力系統之現場量測實務探討”，機械工業雜誌，298 期，第 131-139 頁，2008 年 1 月。
- [5] 盧江溪、沈宗福，“解析電費單找出馬達動力系統



節能省錢的潛在機會”，機械工業雜誌，295 期，第 125-133 頁，2007 年 10 月。

[6] U.S. DOE, “Improving Fan System Performance”, p43, April 2003。

[7] 沈宗福、彭昌明，“變頻螺旋空壓機之節能效益與實例”，馬達科技數位學習網，馬達電子報，335 期，2009 年 6 月。

http://emotors.ncku.edu.tw/motor_learn/e_news/essay/files/no335_kwo.pdf

