

Green Tech >>>

科技創未來 · 打造綠生活 >> Green Life >



變頻器節能方案

YOUR BEST ENERGY-SAVING SOLUTION

前言

面對全球暖化與缺電議題已成為各大企業間即刻面臨的關鍵問題，降低二氧化碳排放量與節省企業用電量將成為射向淨零碳排重要的兩支箭。近期 ESG (Environment Social Governance) 議題，快速成為各公司間產品發展策略或企業內部控管的顯學。

寧茂企業創立於西元 1987 年，致力於馬達變頻器的研發、製造與銷售服務。技術深根台灣 30 年，始終秉持著「Green Tech Green Life 科技創未來 打造綠生活」的理念開發變頻與節能應用技術，提供性能優異且高效的變頻節能應用方案給客戶。本節能應用手冊提供幾項在各個廠區或樓宇間常見的節能範例，如：電梯、空調系統、空壓機、水泵、風扇等，期望分享給各企業在進行產品碳足跡或組織碳盤查時，一併規劃節能方案，若在馬達動力相關的應用需做節能評估或節能工程，都可與我們聯繫交流，一同解決即將面臨的省電與節電需求。

目錄

一、全球 ESG 議題與節能商機	1
1.1 何謂 ESG.....	1
1.2 ESG 淨零碳排趨勢.....	2
二、能源管理系統	3
2.1 能源管理系統的種類.....	3
2.2 能源管理系統的功能.....	4
三、馬達能耗	5
3.1 高效率馬達感應馬達效率分級.....	5
3.2 高效率馬達節能效益.....	5
四、油壓泵節能	7
4.1 液壓油箱站變頻節能.....	7
4.2 塑膠射出機系統及節能.....	7
五、空壓機變頻恆壓節能	9
5.1 變頻空壓機節能原理.....	9
5.2 變頻空壓機節能優勢.....	10
5.3 變頻空壓機節能試算.....	12
六、水泵、風扇節能	13
6.1 相似定律：	13
6.2 泵浦特性曲線：	14
6.3 智慧型時段恆壓調節供水：	14
6.4 變頻泵浦節能總效益試算：	15
七、SOLAR PUMP 太陽能水泵系統	16
7.1 SOLAR PUMP 介紹與優點.....	16
7.2 SOLAR PUMP 太陽能水泵範例.....	17
7.3 改善效果與效益：	18
八、空調系統節能	19
8.1 磁浮離心式冰水主機.....	19
8.2 冰水泵變頻控制.....	20

8.3 冷卻水塔風扇變頻節能控制.....	21
8.4 冷卻水泵變頻溫差控制.....	22
8.5 寧茂三廠空調節能改善實例.....	22
九、電能回生應用.....	25
9.1 電能回生系統方案.....	25
9.2 電梯&自動倉儲回生應用.....	26
9.3 電梯回生應用實際案例.....	26
9.4 自動倉儲回生應用案例.....	27
十、R-RIDER 健身綠能發電站.....	28
10.1 R-RIDER 方案簡介.....	28
十一、小水力發電系統.....	30
11.1 小水力發電系統架構：.....	30

一、全球 ESG 議題與節能商機

1.1 何謂 ESG

「ESG」是由三個英文單字的第一個字母合成的縮寫，分別代表三個面向：環境保護（Environment）、社會責任（Social）和公司治理（Governance），如下圖 1.1 所示。2004 年聯合國發佈的「Who cares wins」報告中提出將企業在碳排放及能源使用效率、供應鏈廠商生產線對環境的衝擊、員工培訓、勞動條件與利害關係人權益等各類，列為影響公司永續發展的重大項目，受到世界各國政府的及企業的重視漸被視為評估一間企業經營的指標。



圖 1.1 ESG 三大面向

為配合國際發展趨勢，強化與國際接軌，提升企業對社會責任之重視，臺灣自 2015 年起，特別要求食品工業及最近年度餐飲收入總營收達 50% 以上之特定公司、金融業、化學工業及實收資本額新臺幣（以下同）100 億元以上之上市櫃公司，應編製與公告企業社會責任報告書（CSR 報告書），又於 2021 年 12 月 7 日公布修正部分條文，包含調整辦法名稱、擴大強制永續報告書編制企業，及提升報告書品質，並增加第三方查驗證涵蓋之企業。

1.2 ESG 淨零碳排趨勢

2021 COP26 會議通過《格拉斯哥氣候公約》，要求維持「巴黎協議」要求把全球氣溫升高幅度控制在 1.5 攝氏度以內的目標並且逐步減少煤炭使用，世界主要國家陸續制定碳稅及碳權交易法規，並宣告預計達成碳中和之時程及目標。

在臺灣，國發會已於 2022 年 3 月 30 日發表「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，宣布 2050 年淨零入法之目標。立法院已於 2023 年 1 月 10 日三讀通過「溫室氣體減量及管理法」修正草案，將名稱修正為「氣候變遷因應法」，其重點如下圖 1.2 所示。



圖 1.2 臺灣氣候法推動重點

金管會配合政府 2050 淨零碳排目標，已訂定「上市櫃公司低碳策略」明定上市櫃公司溫室氣體盤查資訊揭露時程，俾利企業遵循及訂定減碳目標，並配合政府減碳計畫，透過上市櫃公司串連供應鏈，以達企業永續發展。

二、能源管理系統

2.1 能源管理系統的種類

在進行實際的節能改善之前，必須先瞭解整個組織或建物運作時所有的能源耗用狀況，可藉由導入資訊化的能源管理系統，將各設備使用時耗用能源的實際數據即時且完整的進行收集，再透過標準化的管理手法加以分析，定期檢討能源耗用及溫室氣體排放之合理性，才能鎖定節能重點目標進行研討改善方案。

A. 建築能源管理 (Building Energy Management System, BEMS)

BEMS 系統可將電力、照明、空調、電梯、供熱、供／排水等建築物能源使用及再生能源最佳化，以雲端技術應用於管理建築能源需求，在原本提高能源使用效率以及再生能源利用率的基礎上，加上了跨區域及遠距管理的效益(如圖 2.1)。

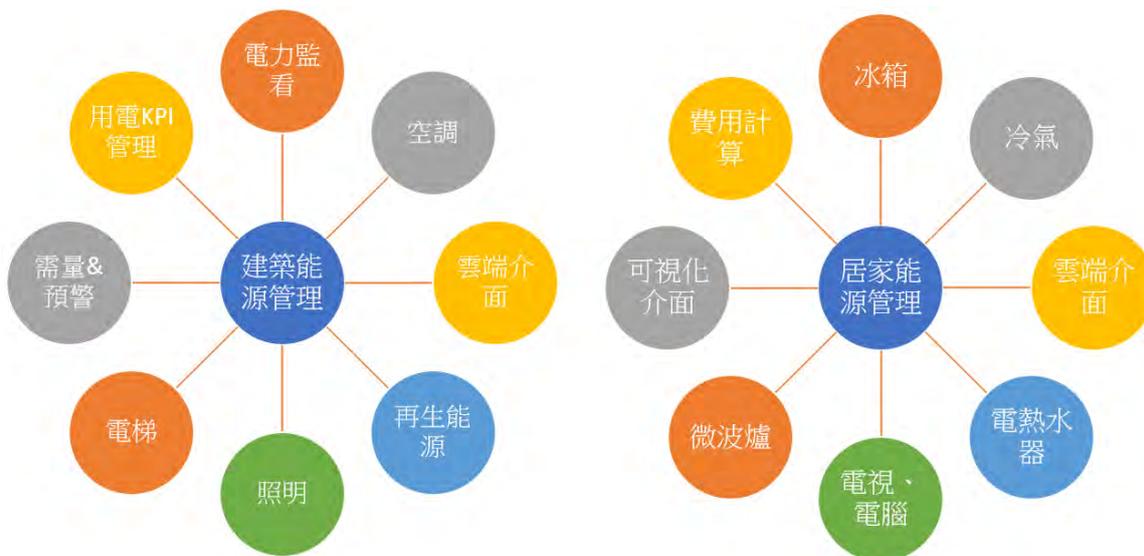


圖 2.1 BEMS 及 HEMS

B. 居家能源管理系統 (Home Energy Management System, HEMS)

將居家環境中的主要用電設備，透過 WiFi 光纖或行動通訊網路連結，進行資料收集並遠端控制，進而達到能源視覺化，讓使用者了解居家能源消耗比例、時間和費用(如圖 2.1)。

2.2 能源管理系統的功能

A. 電力監控：

將電力系統上之設備、電表，以資通訊技術整合成一智慧電網系統，以便企業或使用者可即時監控所有用電設備，並蒐集各設備的能源使用數據，進而建立用電模型。

B. 照明監控：

建物所有照明設備亦是主要耗電設備之一，將所有照明設備進行編號，以遠端控制進行燈光亮度及開關控制，並於系統中預設排程進行開關，或以感測器回授後以預設邏輯及情境進行照明控制，以達成節能及足夠照明需求之雙重效益。

C. 空調能效監控：

經濟部能源局已規定契約用電容量超過 800 瓩之企業，屬於列管之能源用戶，自民國 111 年起須建立冰水機群組(加總容量 1000RT 以上)的溫度/流量/電量量測裝置。民國 112 年申報時必須提報平均的 kW/RT 量測計算值。

D. 溫室氣體碳排計算：

依據 ISO 14064-1 所列之各類別於系統中設定以資通訊連結，以換算為等量之碳排放量，可於系統產生報表以減少管理負擔。其範圍分別分成六大類如表 2.1 所示。

表 2.1 ISO 14064-1 溫室氣體排放新舊類別對照表

範疇	ISO/CNS 14064-1
範疇一 直接排放	類別 1 直接排放如天然氣、發電機燃油、冷媒、滅火器。
範疇二 間接排放	類別 2 輸入能源間接排放，如電力。
範疇三 其他間接排放	類別 3 來自運輸之間接排放量，如車輛燃油。
	類別 4 使用其他組織提供的產品間接產生的排放，如供應商之產品或廢棄物處理產生的排放。
	類別 5 使用其他組織的產品或服務所衍生的間接排放，如加工廠商製程或租賃產生的排放。
	類別 6 其他未列於類別 1~類別 5 之排放來源。

三、馬達能耗

馬達系統佔終端用電量約 46%，其中又以中型馬達(1~500HP)佔總用電量為最大宗，如何降低馬達系統對企業帶來的高用電量，汰除舊馬達更換高效率馬達或是加裝變頻器都會是解決馬達系統的能耗最直接的辦法。

3.1 高效率馬達感應馬達效率分級

國際上絕大多數國家大多以 IE(International Efficiency)等級區分馬達效率，馬達效率等級是由國際電工委員會(IEC)於 2008 年整合各國馬達能源效率標準，定義能效等級有 IE1、IE2、IE3，數字越大代表效率越好，越省電，2014 年 IEC 公告新版標準新增 IE4。我國政府為提升馬達用電效率並與國際接軌，自 2016 年開始實施 IE3，限制新生產之馬達需達 IE3 等級以上效率才可上市販售。根據歐盟 EC 640/2009 之規定，於 2021 年 7 月 1 日起正式要求馬達需具有 IE3 以上等級，並制訂變頻器搭配馬達之系統效率需達 IE2 以上等級，歐盟馬達與變頻器能效規定如下圖 3.1 所示。

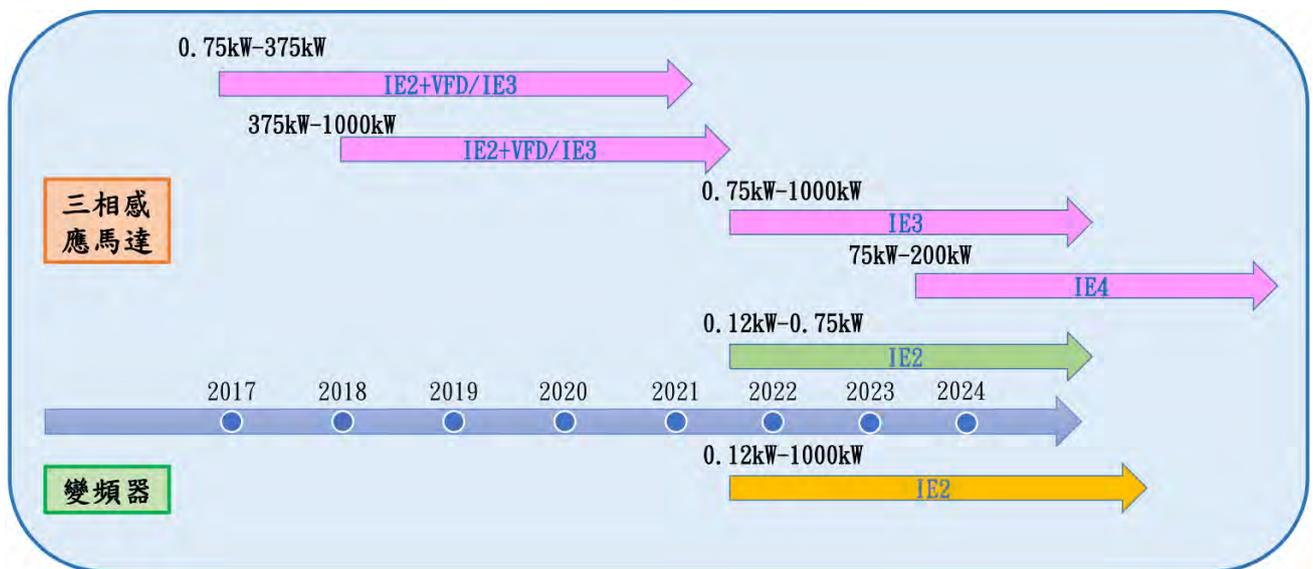


圖 3.1 歐盟馬達及變頻器的最低能效規定

3.2 高效率馬達節能效益

以 4 極 75kW 馬達由 IE1 提升至 IE3 為例，每年使用時間 6000 小時，平均電價 3.0 元/度。

改善前：IE1 馬達，額定效率 93.2%。

改善後：IE3 馬達，額定效率 95.4%。(請參考表 3.1)

改善前耗電量：75kW×6000 小時/年÷0.932=482,832 度/年。

改善後耗電量：75kW×6,000 小時/年÷0.954=471,698 度/年。

節約用電量(度/年)：471,698 度/年-482,832 度/年=11,134 度/年。

節約金額(萬元/年)：11,134 度/年×3 元/度÷10,000 = 3.34 萬元/年。

投資費用：20 萬元。

節能率(%)：11,134 度/年÷482,832 度/年×100%=2.3%。

回收年限(年)：20 萬元÷2.75 萬元=5.98 年。

表 3.1 CNS14400 低壓三相鼠籠型感應電動機 IE3 能源效率基準

額定輸出功率		2 極		4 極		6 極		實施日期			
		同步轉速 (rpm)	額定滿載效率 η(%)	同步轉速 (rpm)	額定滿載效率 η(%)	同步轉速 (rpm)	額定滿載效率 η(%)				
kW	HP (參考值)	60Hz	全閉型	保護型	60Hz	全閉型	保護型	60Hz	全閉型	保護型	自一百零五年七月一日起
			0.75	1		3600	77.0		77.0	1800	
1.1	1.5	84.0	84.0	86.5	86.5		87.5	86.5			
1.5	2	85.5	85.5	86.5	86.5		88.5	87.5			
2.2	3	86.5	85.5	89.5	89.5		89.5	88.5			
3.7	5	88.5	86.5	89.5	89.5		89.5	89.5			
5.5	7.5	89.5	88.5	91.7	91.0		91.0	90.2			
7.5	10	90.2	89.5	91.7	91.7		91.0	91.7			
11	15	91.0	90.2	92.4	93.0		91.7	91.7			
15	20	91.0	91.0	93.0	93.0		91.7	92.4			
18.5	25	91.7	91.7	93.6	93.6		93.0	93.0			
22	30	91.7	91.7	93.6	94.1		93.0	93.6			
30	40	92.4	92.4	94.1	94.1		94.1	94.1			
37	50	93.0	93.0	94.5	94.5		94.1	94.1			
45	60	93.6	93.6	95.0	95.0		94.5	94.5			
55	75	93.6	93.6	95.4	95.0		94.5	94.5			
75	100	94.1	93.6	95.4	95.4		95.0	95.0			
90	125	95.0	94.1	95.4	95.4		95.0	95.0			
110	150	95.0	94.1	95.8	95.8	95.8	95.4				
150	200	95.4	95.0	96.2	95.8	95.8	95.4				
185~200	250~270	95.8	95.4	96.2	96.0	95.8	95.8				

四、油壓泵節能

4.1 液壓油箱站變頻節能

傳統液壓油箱站的油泵是以定速供油，當設備液壓缸壓力大於洩放閥或保壓時，大量過剩的液壓油會由洩放閥回流至油箱造成耗能與油溫升高。變頻控制搭配壓力感測器可進行精準壓力控制，將讓油泵依負荷狀態供給所需的流量，可大幅降低迴流的能源浪費(如圖 4.1)。

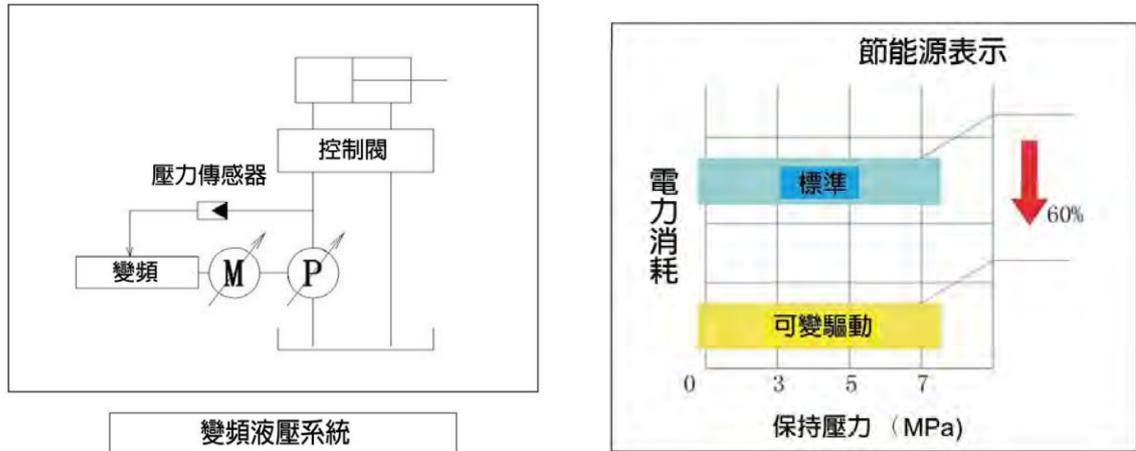


圖 4.1 變頻油壓架構圖&節能效益(資料來源:七洋)

液壓油箱站變頻節能優點:

- A. 搭配壓力傳感器，依照負載狀態調整油壓流量供給。
- B. 連續保壓時用低轉速供油節能 60% 以上。
- C. 保壓時噪音比一般無變頻油箱站低約 15dB 左右。
- D. 連續保壓(6MPa)時油溫約在室溫+2°C, 實現低發熱。

4.2 塑膠射出機系統及節能

射出機的液壓油泵用電量占整機體用電量 75% 以上。傳統定頻油壓泵射出機只能以定量供油，但大部份射出成型條件的供油都是供過於求，導致大量多餘的高壓液壓油須經由溢流閥回流，造成能源浪費。射出機加入變頻節能控制，依據系統的速度與壓力指令由變頻器控制油泵依實際需求供應液壓油，可大幅減少液壓油經由溢流閥回流，由圖 4.2 中可看出變頻器控制的節能效果。

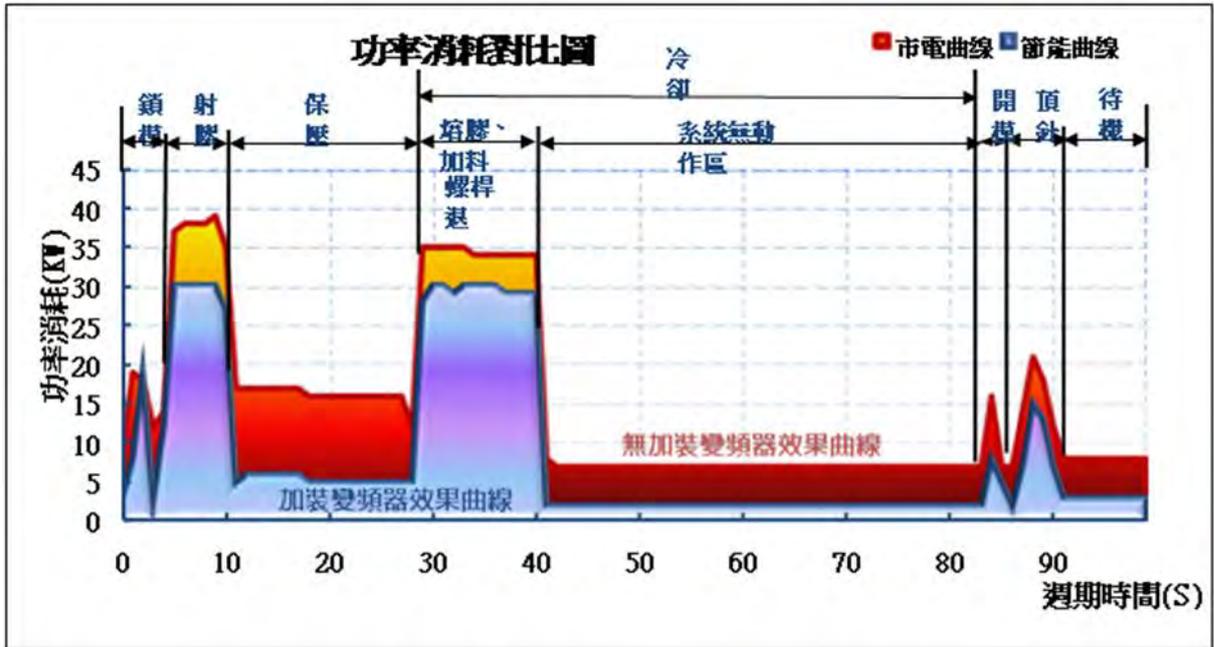


圖 4.2 變頻控制節能效果

射出機節能控制櫃的特點：

- A. 節省電能 25 ~ 65%，配合電抗器之功率因數可達 0.9 以上，投資成本低回收快。
- B. 降低馬達啟動電流，特別是發電機供電時更易感受。
- C. 液壓油溫度顯著降低(5~15 度)延長密封壽命，降低冷卻水的消耗。
- D. 降低噪音、平滑啟動與停車，消除液壓沖擊，設備故障率降低。
- E. 在特定成型條件下，可減少週期時間，增加產能。
- F. 改裝後與改裝前的操作方式完全相同，不用重新教育訓練。

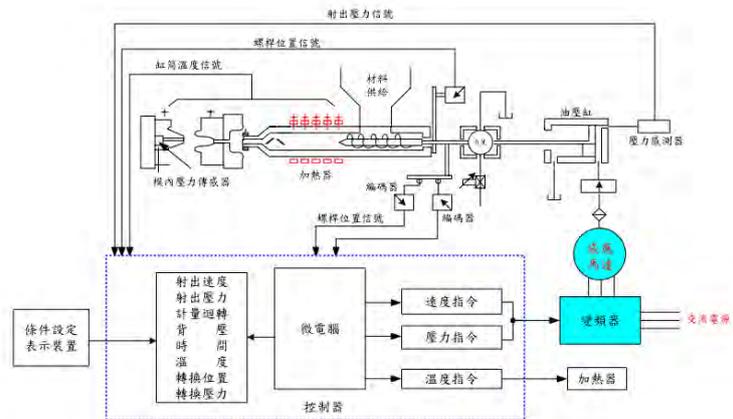


圖 4.4 射出機節能控制櫃

五、空壓機變頻恆壓節能

工廠的製程會有許多的空氣壓縮應用需求，空壓機耗電量也是廠區內最值得留意與監測指標，空壓機能源消耗佔比如圖 5.1 所示。

依據能源局統計，空壓機購置之費用僅佔空壓機完整使用成本之 10%~20%，保養費約佔 5%~10%，異常維修費用佔約 2%~5%，其餘的 70%~80%之費用皆為能源耗用。

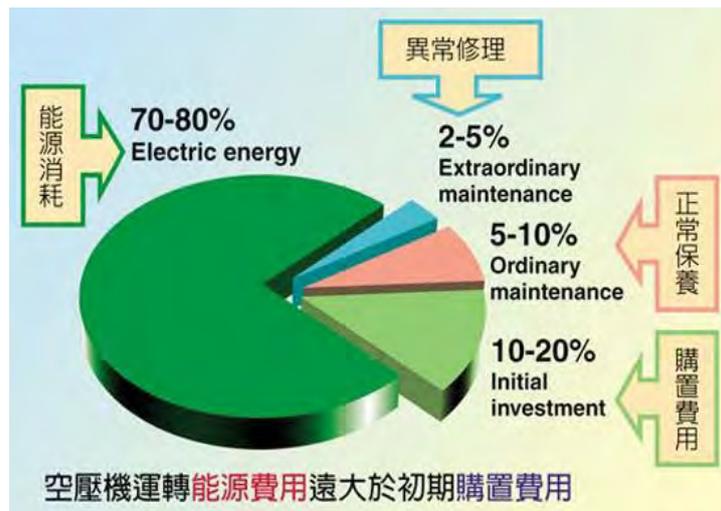


圖 5.1 空壓機運轉成本比例 (資料來源：能源局)

5.1 變頻空壓機節能原理

傳統的控制方式大多為空/重車控制，只使用 50~70%的時間壓縮空氣，其餘時間處於空車狀態，雖處於運轉狀態，但並沒有壓縮空氣產生，也就是無效運轉；此時仍會消耗約 45% 的電能。如 75 kW 空壓機於空車狀態時約消耗 34 kW 的電能。所以空壓機控制應該增加重車運轉時間，減少空車運轉時間，空壓機重載與空車運行模式如下圖 5.2 所示。

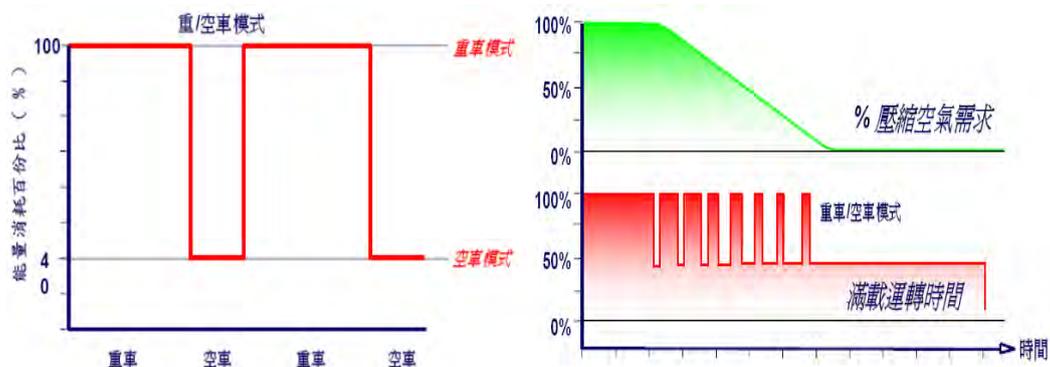


圖 5.2 重/空車模式

變頻式空壓機可透過壓力傳感器回饋實際壓力狀況做恆壓控制，依據壓縮空氣需求控制馬達轉速達到穩定壓力控制，可大幅降低運轉成本達 45%(如圖 5.3 所示)，空壓機變頻架構如下圖 5.4 所示。

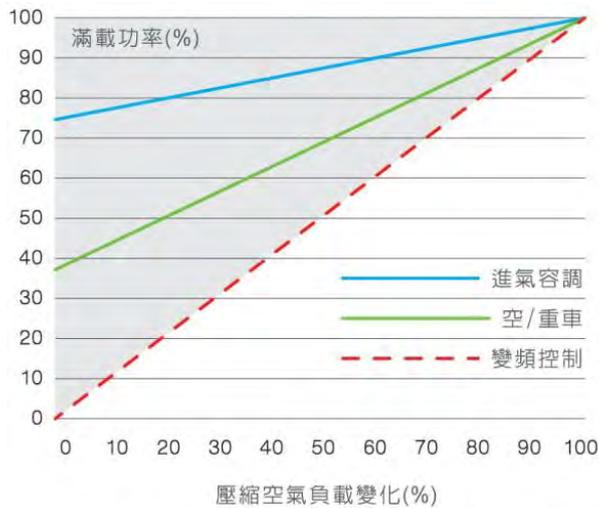


圖 5.3 壓縮空氣負載變化 (資料來源：復盛空壓機)



圖 5.4 空壓機變頻控制架構

5.2 變頻空壓機節能優勢

A. 減少空壓機空車運轉時間

標準空壓機於空車運轉時，並沒有壓縮空氣產生，此時仍會消耗約 45%的電能，若有變頻器控制即可克服無效運轉時間的能源消耗。

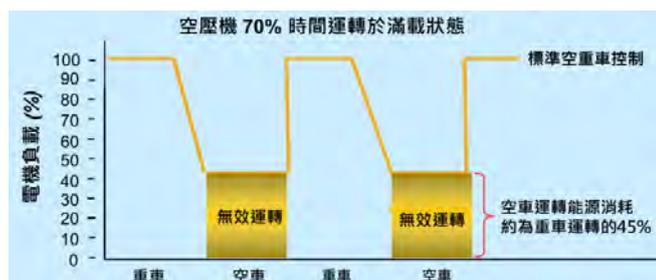


圖 5.5 無效運轉損失

B. 減少空重車轉換時的電能損耗及壓縮空氣的洩放損失

空重車轉換已儲存的壓縮空氣會被洩放出來，約有 1 分鐘的能源損失。

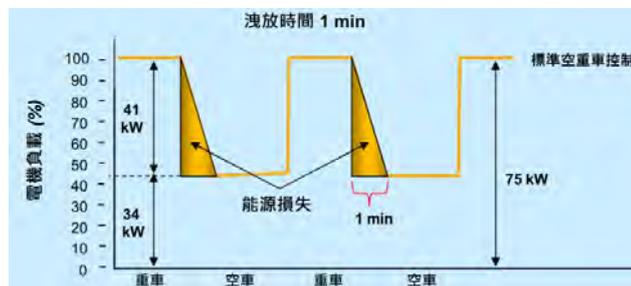


圖 5.6 空/重車切洩放損失

C. 減少壓力波動範圍

透過變頻器內建 PID 控制，將有效的將系統壓力控制於 ± 0.1 bar 之內。壓力減少 1 bar，可減少 6~8%的能耗損失，變頻恆壓輸出節能效果如下圖 5.7 所示。

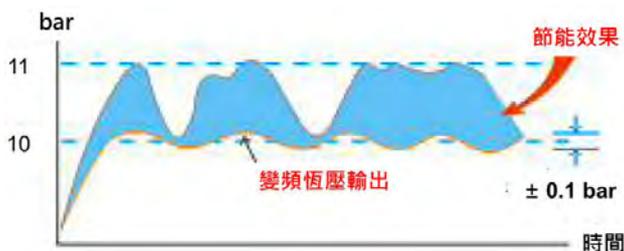


圖 5.7 變頻恆壓輸出節能效果

D. 減少管路洩漏損失

空壓系統平均洩漏 20~30%的壓縮空氣，每減少系統壓力 1 bar，可減少 10% 洩漏。

E. 減少機械磨耗

控制轉速方式控制風量，與標準空壓機進行空重車切換方式不同，低磨耗、減少保養維修成本、延長機器壽命、維持機器效能。

F. 降低馬達啟動電流

透過變頻器降低馬達啟動電流、消除直接啟動或 Y- Δ 啟動的大電流、延長壓縮機體使用壽命。

5.3 變頻空壓機節能試算

以 100 HP 標準空壓機、30%空車運轉、運轉 6000 小時、3 元電費為例，加裝變頻器節能效益如下表 5.1 所示：

表 5.1 空壓機設備加裝變頻器節省效益

項目	運行程序	使用變頻器節省金費(NTD)
1	空車耗能	183,600
2	空重車轉換時的電能損耗	92,250
3	空重車轉換時壓縮空氣的洩放損失	23,760
4	壓力波動損失	94,500
5	管路洩漏損失	125,280

使用變頻空壓機，一年可望減少 50 萬元的支出，未來能源價格提高，所節省的成本也越多。

六、水泵、風扇節能

風扇、泵浦是一種提供流體或氣體能量，使流體或氣體獲得壓力、速度的機械，主要應用於空調、廢水處理、加熱系統與增壓裝置，經統計其能耗佔全球耗電量 20%。

風扇、泵浦所消耗的電力費用，約占總使用成本的 85%，若能改善風扇泵浦的使用及耗電量，將使系統的使用成本大幅度將低，泵浦維運成本佔比如下圖 6.1 所示。

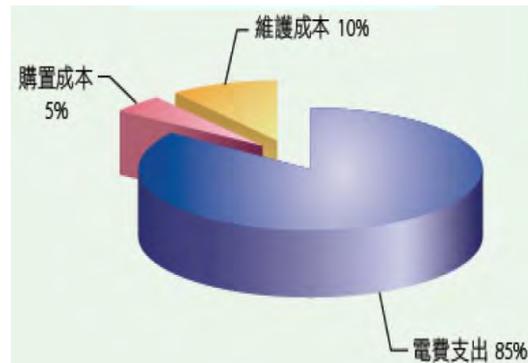


圖 6.1 泵浦維運成本佔比

6.1 相似定律：

相似定律不僅可應用於泵浦液態系統，只要是離心設備操作流體介質均適用，例如風扇。當系統流量變化時，靜壓水頭、摩擦損失及其他系統因素均會影響風扇泵浦的性能，其關係如下圖 6.2 所示。

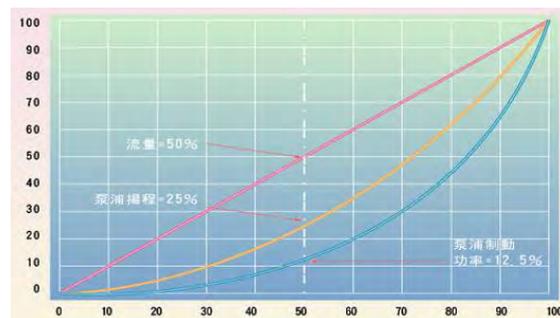


圖 6.2 泵浦相似定率曲線圖 (來源:台北科技大學冷凍空調研究所)

$$\text{水量(風量)與轉速成正比: } \frac{Q1}{Q2} = \frac{N1}{N2}$$

$$\text{揚程與轉速平方成正比: } \frac{H1}{H2} = \left(\frac{N1}{N2}\right)^2$$

$$\text{功率與轉速三次方成正比: } \frac{BHP1}{BHP2} = \left(\frac{N1}{N2}\right)^3$$

6.2 泵浦特性曲線：

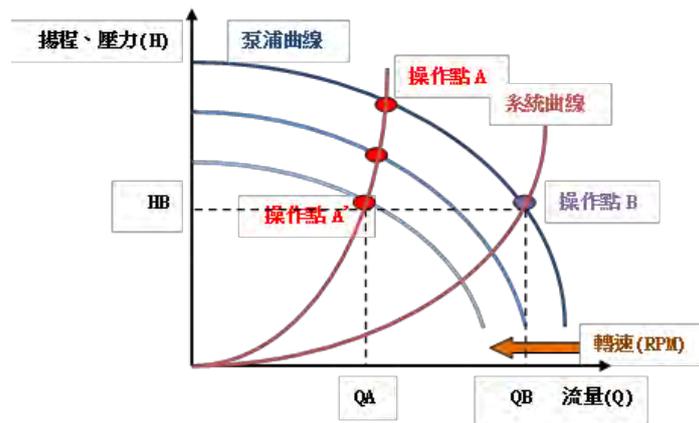


圖 6.3 泵浦特性曲線

利用泵浦定律，在確保揚程及流量足夠的情況下，使用**變頻器**將水泵轉速降低，系統曲線與泵浦性能曲線之交點將隨之往下移動，可得到較低的操作點。

6.3 智慧型時段恆壓調節供水：



圖 6.4 多時段供水示意圖

智慧型時段恆壓調節供水，可依生活作息透過變頻器設定供水壓力，自動調節尖峰/離峰用水水壓，達到節能並減少洩漏及管路保護功能；最多可設八段，最長循環週期為一週，另有斜率調整功能。

6.4 變頻泵浦節能總效益試算：

泵浦系統所消耗的電能計算公式如下：

$$P(\text{kW}) = \frac{Q\left(\frac{\text{m}^3}{\text{min}}\right) \times H(\text{m}) \times \rho\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \times g\left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)}{\eta(\%)}$$

以下為計算範例：

恆壓式泵浦規格為：

流量(Q)= 6(m³/min)，揚程(H)= 50(m)，泵浦效率(η)= 85%，液體密度(ρ)= 1(kg/m³)

重力加速度(g)= 9.81(m²/s)，年總運轉小時數(T)= 6000(hrs)

依據公式計算，其泵浦運轉之消耗功率約 57.5kW

若所需流量減半，所需的揚程不變：

流量從 Q=6(m³/min)降至 Q=3(m³/min)，使用變頻控制，依據公式計算，其泵浦運轉之消耗電量降低為 28.8kW，節能率約 50%。

$$P_{diff}(KW) = P_1 - P_{\text{變頻控制}} = 57.5(KW) - 28.8(KW) = 28.7(KW)$$

所降低的電費差異(整年度)(電費每度以 2.7 元計算):

$$\text{電費} = 28.7(KW) \times 6000(\text{hrs}) \times 2.7(\text{元/度 KWH}) = 464,940(\text{元})$$

因此,使用變頻器控制泵浦馬達，當系統流量減低時，每年電費可減少 464,940 元。

七、Solar Pump 太陽能水泵系統

7.1 Solar pump 介紹與優點

Solar Pump 太陽能水泵適合應用於電網不易抵達的地區，作為控制水泵或通風設施，其架構分為三部分:電源(太陽能模組)、電力控制(變頻器)及輸出(水泵.馬達)，如圖 7.1 所示，太陽能板供電予變頻器，變頻器直接驅動馬達，其中變頻器同時兼具電源管理與馬達控制之功能，太陽能水泵具備下列優點：



圖 7.1 Solar pump 基本架構

A. 彈性供電：

電力來源不會受到區域電網分布限制，有陽光的地方就有電，使農、漁業擺脫電網區域限制，亦能降低燃油發電機依賴減少油料使用。

B. 應用多元：

太陽能水泵為一種再生能源之驅動裝置，可用於農林灌溉、畜牧供水、水產養殖、民生娛樂、水處理工程多種產業。

C. 內建 MPPT 最大功率追蹤：

提供完整的保護、切換機能，當遮蔽物影響導致太陽能急速下降時，變頻器將自動降載避免頻繁停機／啟動，可選擇加裝電源自動切換器(ATS)，變頻器會自動偵測太陽能發電量，當日照不足時經 ATS 投入市電電源以補足電力，同時也持續使用太陽能電力。

D. 低維護需求：

Solar Pump 系統僅需定期檢查並清潔太陽能板即可，相較於傳統作法大多使用燃油發電機作為電力來源以驅動馬達設備，雖然看似方便，但其需定期保養、更換耗材、運轉效率低落以及伴隨而來的汙染及噪音卻經常遭多數人忽略。

E. 高效節能：

整合太陽能發電及馬達驅動於一體，系統結構簡單，免去 PV Inverter 或儲能系統-電池的轉換損失(10%~30%)，直接利用太陽能板的電力驅動馬達運轉，效率表現更好。

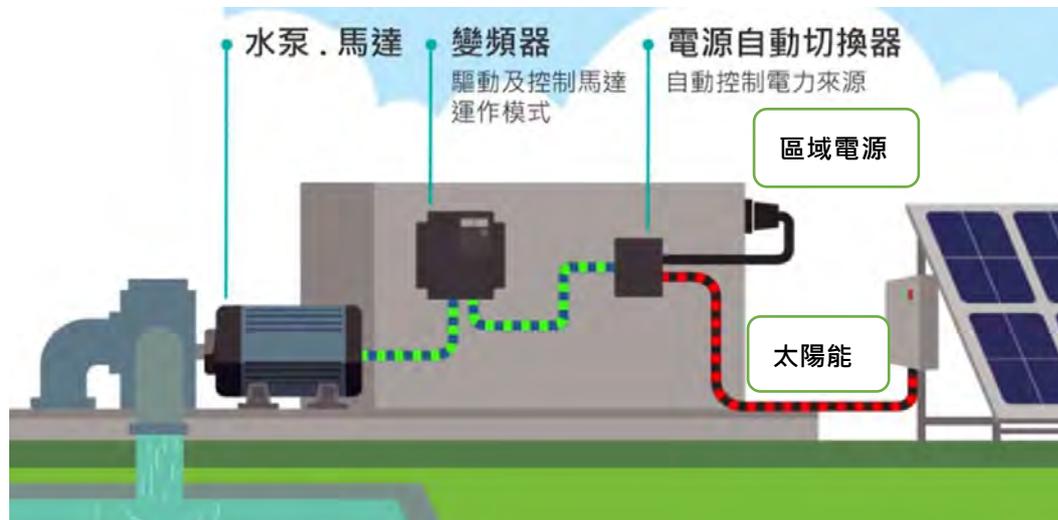


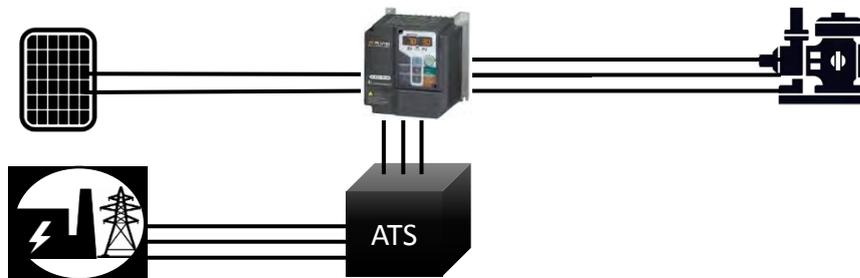
圖 7.2 太陽能水泵混合供電模式

7.2 Solar pump 太陽能水泵範例

太陽能板 每片 450W
 Voc : DC49.2V
 Vmp : DC41.4V

RM6F6-4A009B3-0713
 DC 運作範圍 270~800V

3.7kW 鼠籠式馬達
 額定電壓：380V
 額定電流：8.7A



規格選用說明如下：

A. ATS 電源切換開關：日照不足時 ATS 讓市電投入，確保泵浦可於全時段運轉。

B. Vmp 電壓須 \geq 馬達額定電壓，以 Vmpp 41.4V 計算：

$$(380 \times 1.414) \div 41.4 = 12.97 \leftarrow \text{最少串聯 13 組}$$

$$450 \times 13 = 5850W > 3700W$$

C. 一片太陽能板開路電壓為 49.2V，變頻器 DC 電壓最大 DC800V：

$$800 \div 49.2 \doteq 16.2 \leftarrow \text{串聯不可超過 16 組}$$

7.3 改善效果與效益：

若預估用水量約為每日 19,000 公升，抽水馬達馬力 3HP(2.24KW)，每日約耗電 3.55 度，於理想節能情況皆由太陽能板供電，則每年可省電 1,295 度，減少 CO2 排放量 0.66 公噸 (如下表 7.1)。

泵浦預估每日運轉時間： $19,000 \text{ 公升} \div 200 \text{ 公升/min} = 95 \text{ 分鐘}$

預估每日用電量： $\text{功率 } 2.24\text{kW} \times 95 \text{ 分鐘} \div 60 = 3.547 \text{ 度(瓩小時)}$

預估年節省電力： $3.547 \times 365 \text{ 天} = 1,295 \text{ 度}$

表 7.1 節能效益

		
節省電力 1,295 度/年	節省費用 4,531 元/年	減少 CO2 排放 0.66 公噸/年

(碳排放依能源局公布 108 年度電力排碳係數 0.509 公斤 CO₂/度計算)

八、空調系統節能

空調能耗與效率分級：

108 年我國住商部門用電約 938 億度電，占全國用電 35.4%。住商部門耗電設備前三名，分別為空調 350 億度(占住商部門 37%)、照明 127 億度(占住商部門 14%)、冷凍冷藏 59 億度(占住商部門 6%)。

國際 ASHRAE 及新加坡 BCA 已針對注重整體中央空調系統運轉效率制訂法規，為落實高能效設計，提供一份冰水機房追求高效率節能目標如表 8.1。新加坡之技師建議參考該表進行水系統節能改善，其執行經驗與高能效成績吻合。

我國冰水機能效分級已於 109 年 7 月強制登錄，可落實設備能效管理，目前透過節能績效保證案及縣市政府補助案推廣中央空調效率提升。

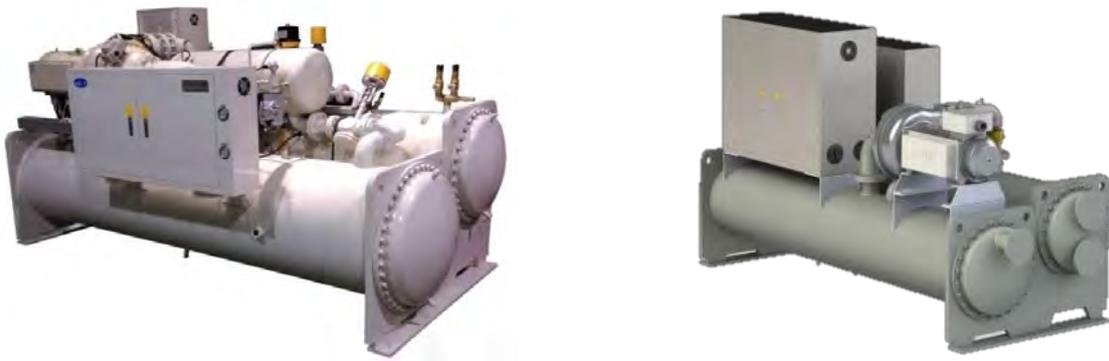
表 8.1 空調系統主要設備能耗效率比例

設備	典型 kW/RT	高效 kW/RT	差異 (節電潛力)	節電比例 %
主機	0.62	0.485	0.135	22%
冷卻水塔	0.045	0.012	0.033	73%
冷卻水泵	0.0589	0.022	0.0369	63%
冰水泵	0.0765	0.026	0.0505	66%
總水側系統	0.8004	0.545	0.2554	32%

資料來源：國際 ASHRAE 及新加坡 BCA

8.1 磁浮離心式冰水主機

高速磁浮離心式冰水主機之磁懸浮軸承於運轉中無任何實體接觸，免除傳統機型之磨擦及潤滑油之黏滯性損失，最高運轉速度可達 23000rpm 以上，最高效率可達 COP 7.2 / IPLV 12 (通過經濟部能源局一級能效認證)，採用 R-134a 冷媒無需潤滑油，可解決熱交換器衰減問題及減少維護保養費用，冰水主機型式如下圖 8.1，磁浮高速離心機與傳統機種優缺點表如下圖 8.2 所示。



來源：力菱機電

圖 8.1 磁浮離心式冰機

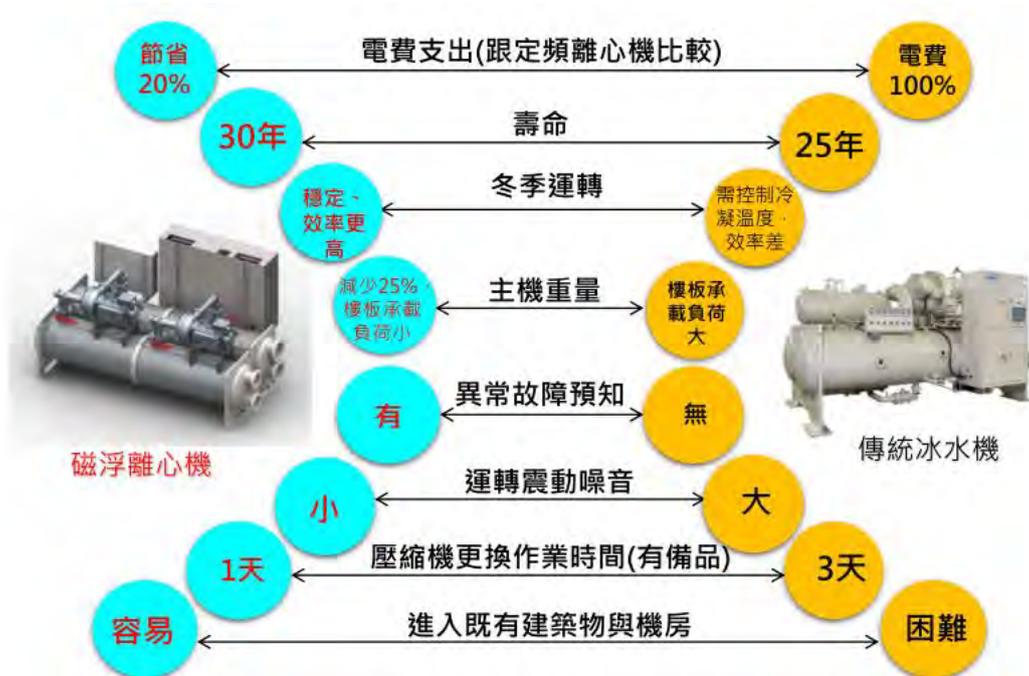


圖 8.2 磁浮高速離心機與傳統機種比較 (來源：工研院)

8.2 冰水泵變頻控制

當建築所需之空調冷卻負載降低時，部分二通閥將關閉或減小開度，以降低進入送風機冰水盤管之冰水量，變頻器可藉由差壓感測器將壓力差回授信號為依據控制冰水泵之轉速，而獲得冰水泵之節能效果。

差壓量測點應位於最遠端的熱交換器或熱交換器最大差壓需求的地方，當差壓量測點愈靠近泵，則泵可調整之範圍愈小，節能效益愈低，變頻控制冰水循環系統如下圖 8.3 所示。

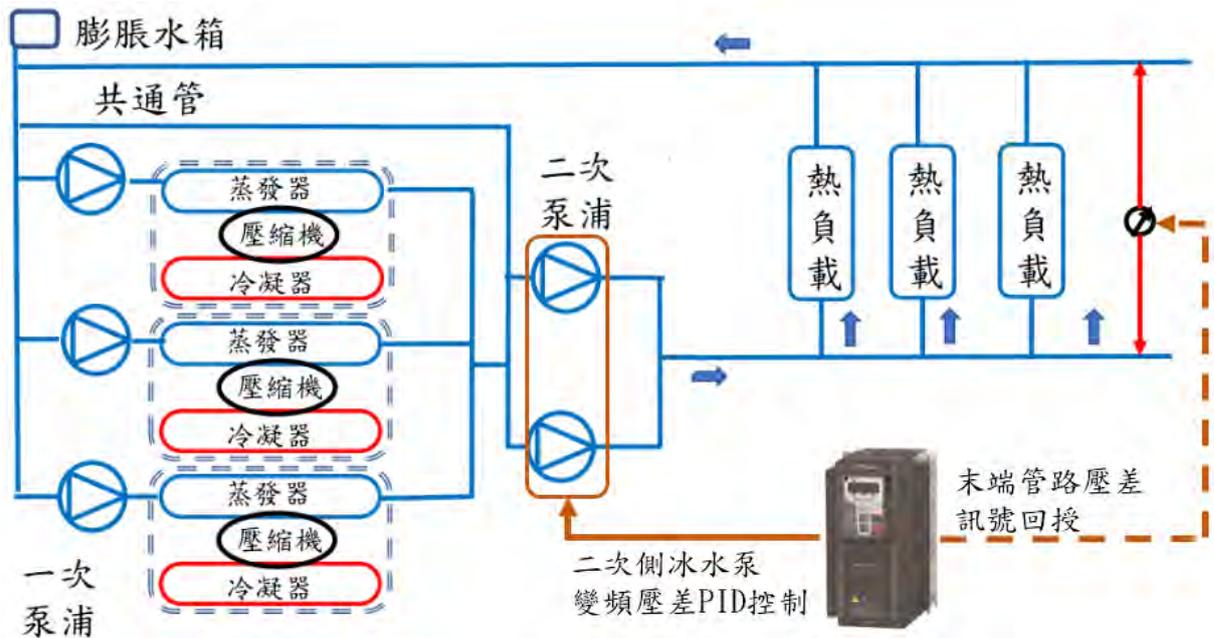


圖 8.3 變頻控制冰水循環系統

8.3 冷卻水塔風扇變頻節能控制

一般而言冷卻水進水溫度每降低 1°C ，可降低冰水主機耗電 $1.5\sim 2.0\%$ ，但外氣溼球溫度會影響冷卻水塔最低水溫能力。在外氣溼球溫度的限制下，過高的風扇轉速並不能有效的降低冷卻水溫度，反增加風扇耗能而使能源效率不佳。

我們可根據外氣溼球溫度來調變控制目標溫度，並由冷卻水塔出水溫度回饋至變頻器，PID 控制調降冷卻水塔風車轉速，冷卻水塔風扇變頻節能控制系統架構如下圖 8.4 所示。



圖 8.4 冷卻水塔風扇變頻節能控制

8.4 冷卻水泵變頻溫差控制

冷卻水系統的控制通常用進水和回水的溫差為依據作變頻控制。溫差大，應提升冷卻水泵的轉速，增大冷卻水的循環速度；溫差小，可以降低冷卻水泵的轉速，減緩冷卻水的循環速度，冷卻水泵控制架構範例如圖 8.5。

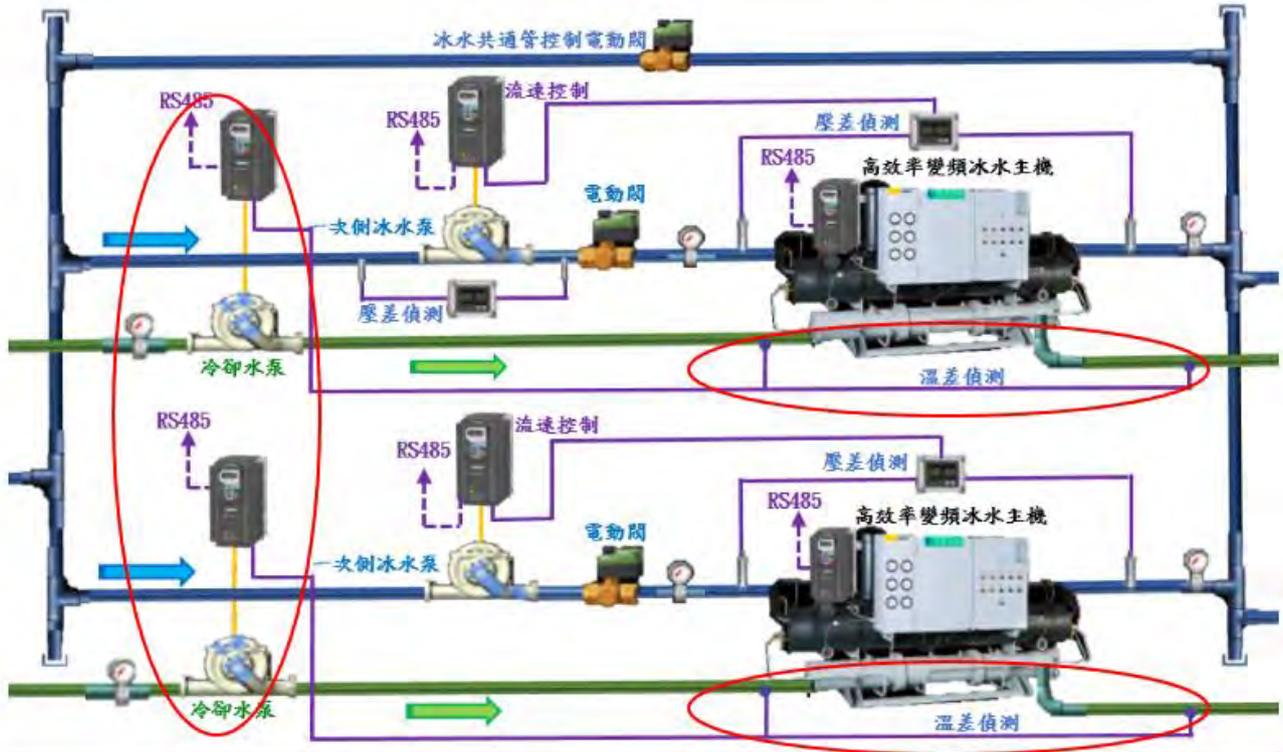


圖 8.5 以冰水溫差控制冷卻水循環量，降低冷水泵耗電量

8.5 寧茂三廠空調節能改善實例

寧茂針對三廠之空調之水側系統前後分別針對硬體-管路揚升損失及軟體-冰水/冷卻水循環控制邏輯進行改善，其項目有：

A. 管路揚程損失改善

傳統冰水管路會配置逆止閥來阻擋冰水出水後逆流至未開機之冰水主機中，但逆止閥往往會造成不小的揚程損失，且難以完全阻擋冰水滲透回流，而造成冰水溫度額外損失，故改用電子式碟閥進行精準控制。

B. 冰水循環控制邏輯改善：

針對冰水循環以壓差信號作冰水區域泵變頻控制，並於旁通閥進行開度比例控制。

C. 冷卻水循環控制邏輯改善：

冷卻水以濕球溫度及出入水溫度之溫差信號作水泵及風扇之變頻控制。

D. 能耗監控系統：

導入工研院能效監控系統，搭配超音波流量計計算冰水系統精確能號指標，以便即時觀察空調系統運作情況，並作長期趨勢分析，節電成果如圖 8.6 及圖 8.7 所示。

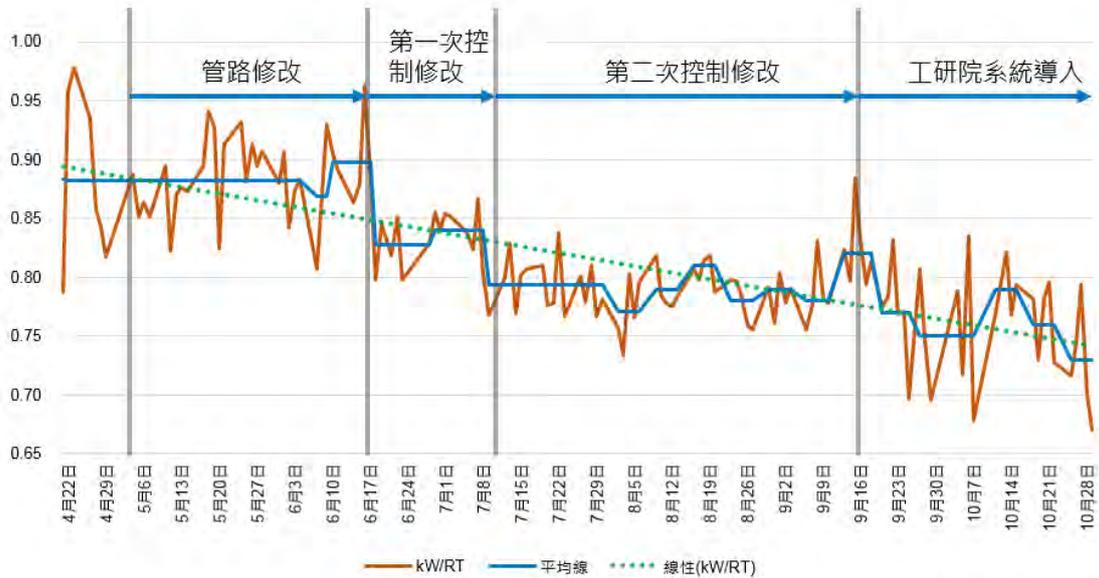


圖 8.6 寧茂三廠冰水主機能效指標

年度氣溫 / 耗電量比較圖

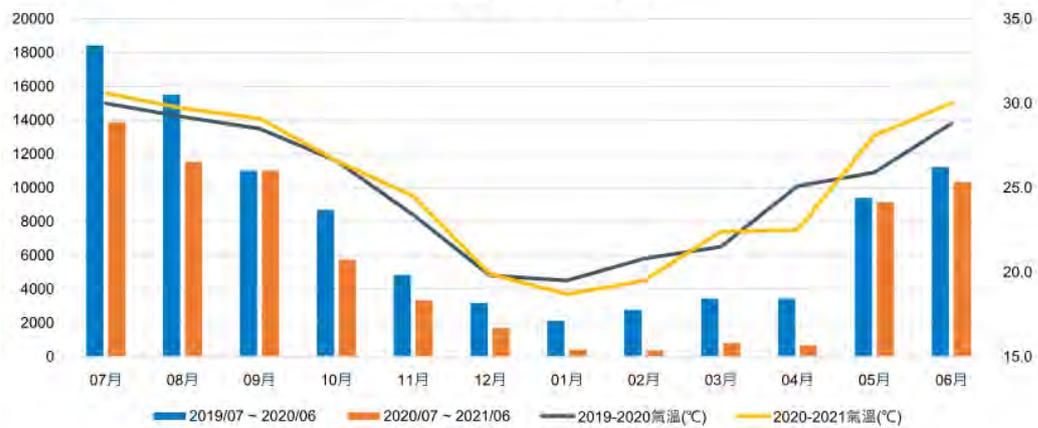


圖 8.7 年度氣溫 / 耗電量比較

年度平均氣溫升高，但實際耗電量減少 24996.34 kWh，約 26.6%

表 8.2 冰水機組製冷能源效率分級基準表

冰水機組類型		標示額定製冷能力	製冷能源效率分級基準		
			性能係數(COP)		
			3 級	2 級	1 級
水冷式	容積式	< 528kW	4.45	4.80	5.15
		≥ 528kW < 1758kW	4.90	5.30	5.70
		≥ 1758kW	5.50	5.90	6.35
	離心式	< 528kW	5.00	5.40	5.80
		≥ 528kW < 1055kW	5.55	5.95	6.40
		≥ 1055kW	6.10	6.60	7.10
氣冷式		全機種	2.79	3.00	3.20

註：

- 1.冰水機組性能係數(COP)依 CNS 12575 (96 年版)「蒸氣壓縮式冰水機組」於全載標準試驗條件，及各積垢容許值皆為零值下，實測所得之額定製冷能力除以額定製冷消耗電功率，採四捨五入計算至小數點後第二位，須符合附表一規定。
- 2.實測所得之額定製冷能力及性能係數應大於產品標示值 95%以上。
- 3.經中央主管機關審核具有 CNS 12575 中所述熱回收功能之冰水機組，不適用本表分級基準。

資料來源：經濟部能源局

九、電能回生應用

馬達 (Motor) 又稱為電動機，是一種可以將電能轉換成機械能的設備，但是當馬達轉子實際旋轉的轉速大於同步轉速時，馬達會轉為發電機狀態產生回生電能回送至電源端，由圖 9.1 說明電動機及發電機二種工作模式，此種電能回生的現象常見於需要快速減速或具有慣性負載之設備上，例如：電梯、吊車、自動倉儲、牽伸或捲曲之機械設備。

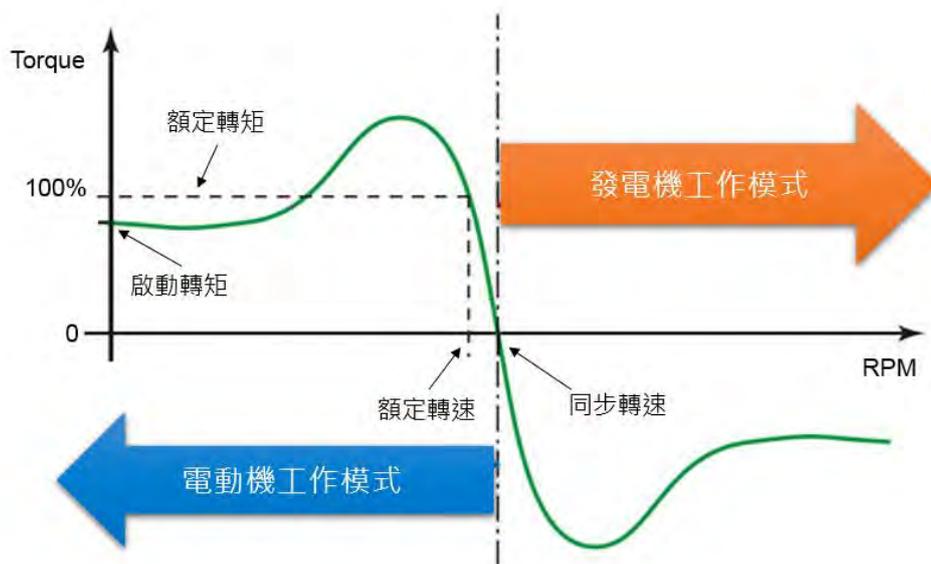


圖 9.1 馬達自然特性曲線及工作模式

9.1 電能回生系統方案

馬達工作於發電機模式時，電能將回充至變頻器導致直流側電壓持續上升，傳統的作法須在變頻器上安裝剎車電阻，利用導通電阻消耗多餘電能，以保持變頻器直流側之電壓穩定。此種為了平衡電壓而利用電阻將動能產生的電力轉換成熱能消耗的方式，實為電力的無形浪費。

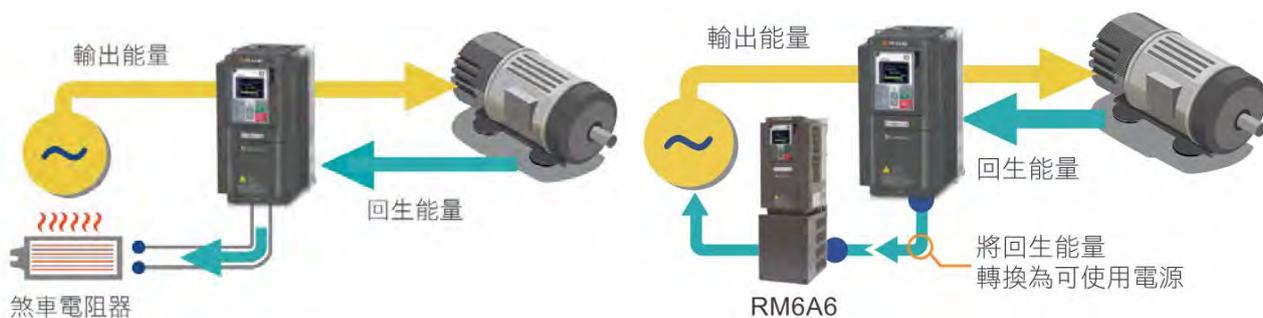


圖 9.2 傳統剎車電阻 vs 電能回生架構

變頻器搭配電能回生單元 RM6A6 除了可取代傳統煞車電阻之功能外，並可將回生能源回饋至電網，其電能回饋效率可達 95%，具有熱損失小及體積小(高回生率應用時)之雙重優點(如圖 9.2)。

適用機具：大慣量負載、四象限負載、快速制動、長時間回饋能量等機具，如紡織牽引、龍門型加工機、電梯起重設備、沖床、自動倉儲等。

9.2 電梯&自動倉儲回生應用

電梯的機構結構均有配重塊的設計，大部份的使用情況為輕載，車廂上下樓的方向大致可分為二類，上樓時馬達工作於電動機模式，下樓時馬達工作於發電機模式。

自動倉儲的機械作動方式與電梯相似，但自動倉儲並無有配重塊設計，故其馬達電能回升的運轉方向恰與電梯相反，在自動存取機的牙叉平台上行時馬達工作於電動機模式，下行時馬達工作於發電機模式，承載的貨物愈重則馬達電能回生量愈大。

電梯及自動倉儲的運轉模式說明如圖 9.3 所示。

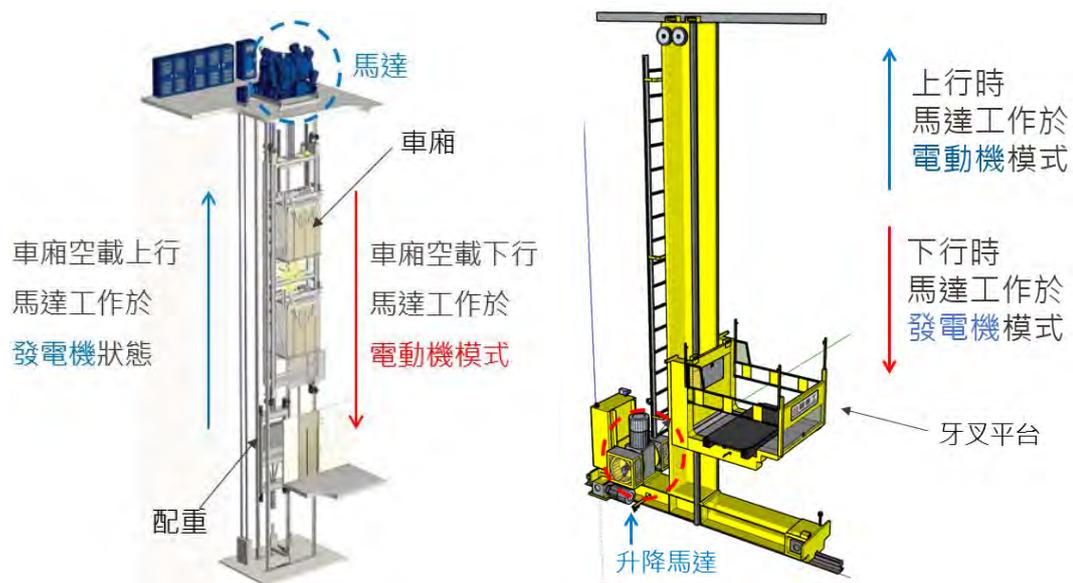


圖 9.3 電梯與自動倉儲運轉模式

9.3 電梯回生應用實際案例

寧茂三廠廠房貨梯之最大載重為 3000kG，樓高 8 層(地下 2 層、地上 6 層)，馬達額定容量為 40HP：

表 9.1 寧茂三廠電梯電能回升記錄

日期	耗電量(kWH)	回生量(kWH)	回生節能率
2020 年 9 月	139.55	63.4	45.4%

電梯機房



RM6A6 電能回生系統



9.4 自動倉儲回生應用案例

寧茂三廠自動倉儲系統之自動存取機最大載重為 650kG，樓高 6 層(地下 2 層、地上 4 層)，馬達額定容量為 20HP：

表 9.2 寧茂三廠自動倉儲電能回升記錄

日期	耗電量(kWH)	回生量(kWH)	回生節能率
2020 年 9 月	238.16	100.05	42.1%

自動存取機



RM6A6 電能回生系統



十、R-Rider 健身綠能發電站

新創能概念：

「地球暖化」所帶來的後果持續惡化，利用人力運動的動能轉換成電能並透過智慧電網相聯結，可成為源源不絕的綠色新能源。

結合「健身」與「發電」雙概念，運動發電健身設備 R-Rider 踩踏出綠色新源，降低現有能源消耗，減少 CO2 排放量，同時提升心肺功能、健康加分，可建置於學校健身房、公司健身房、健身俱樂部中……當踩步健身的同時，也將電力回送市電使用，產生的電力必能聚沙成塔，成為一個「微型綠色能源發電站」，結合個人、學校、企業與政府的共同力量，促進身心健康、緩解學業及工作壓力，具門市之服務業亦可提供客戶辦理業務等待時之娛樂用途，並響應 ESG 及聯合國 SDGs 之永續發展目標第 3 項。



將運動的動能轉換成綠色能源

圖 10.1 R-Rider 健身綠能發電站基本架構

10.1 R-Rider 方案簡介

使用健身器材時，動能經過發電機及變頻控制單元的轉換即可成為電能並且回饋到電網，不需額外加裝外掛模組，使用方式與一般健身車相同。

透過全新的方案組合，搭配樹莓派連結至大尺寸 LCD 顯示器，可於運動的同時以活潑的臺灣本土原生動物與使用者互動，亦可以增加對手機充電之功能，提升使用者運動的樂趣及意願 (如下圖 10.2 所示)。

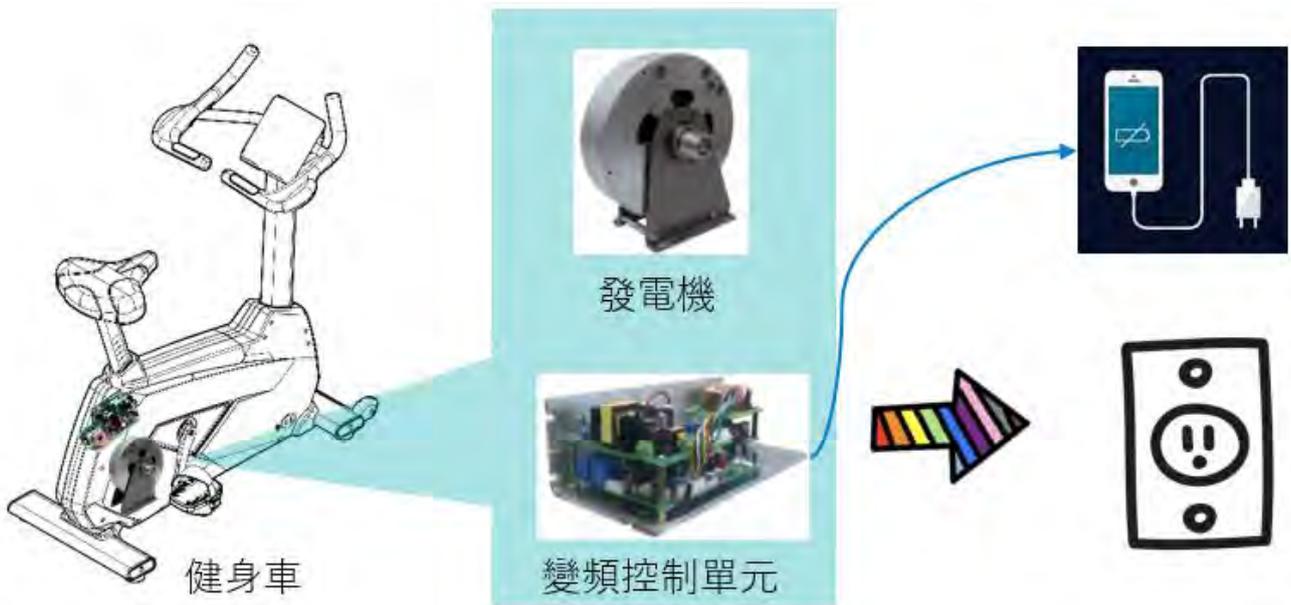


圖 10.2 R-Rider 健身綠能發電站架構

十一、小水力發電系統

臺灣是位於亞熱帶及熱帶馬達的海島，氣候溫和、雨水充沛，但到目前臺灣針對水力資源的開發除了臺灣電力公司建置大型水庫型之水力發電廠外，並無再有中小型水力發電之設置，經初步估計臺灣目前潛在可開發之小水力案場資源高達 2.6GW，未能充份開發運用實屬可惜。

小水力發電可充分利用環境特性，在對環境影響最小的程度下建置發電系統，而不一定要依據高水頭或大流量才可以開發，屬於再生發電之範圍，因此，從高海拔往低海拔的全流域中，不僅是既有的河川、灌溉渠道等，只要具有相關特性之水力條件之場域，都同樣可以設置，包括自來水系統、攔砂壩、排水系統及大型冷卻循環系統等，都可以建置不同規模的小水力發電設施用以發電，如下圖 11.1 所示。



圖 11.1 小水力發電潛力地點

11.1 小水力發電系統架構：

主動式控制之小水力發電系統是利用主動式整流器整流外，同時針對永磁發電機進行最大功率追蹤(MPPT)控制，以從水輪機之動能取得最大發電功率將電力送回台電電網。(如圖 11.2)

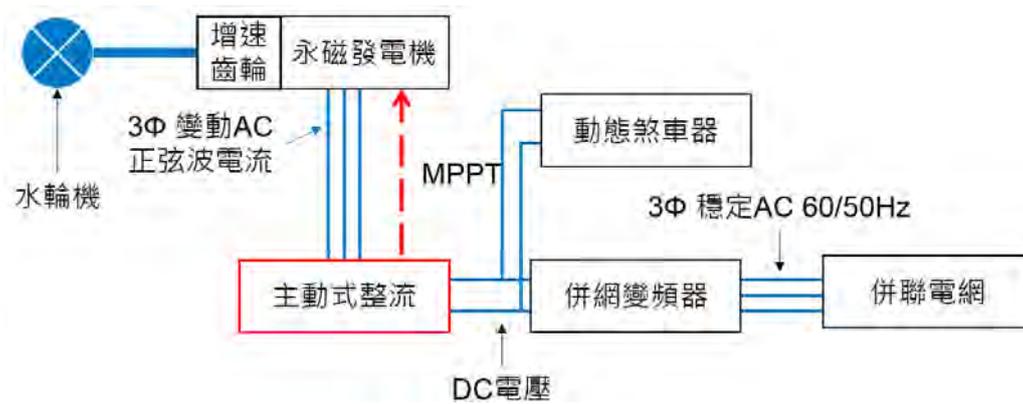


圖 11.2 小水力發電系統架構二

由於水輪機在無發電負載狀態下，若受到水流衝擊其轉速最高可達其額定轉速之 2 倍，將可能造成發電機之電壓過高，而導致主動式整流及併網變頻器損壞，所以必須在 DC 電壓側併聯安裝一動態煞車器，於台電電網斷電或維修需求時，可利用動態煞車器製造假性負載以維持發電機之轉速於合理範圍內。

若欲進一步瞭解小水力發電相關事宜，可以利用以下方式進行交流：

社團法人台灣小水力綠能產業聯盟

電話：04-2321-6631

EMAIL：tshpidca.2021@gmail.com

地址：403 台中市西區臺灣大道二段 186 號 14F-1-F 室

以上是目前在大樓或工廠端較為通用的節能方案，由節能監控軟體到底層的節能、創能、乃至於水利發電等應用，都能提供給企業主面對 ESG 在節能問題上作為實施範例，若有任何需求與問題，歡迎來電或來信詢問。

寧茂企業股份有限公司

聯絡人：張世宗

電話：04-23595237

EMAIL：reterjang@mail.rhymebus.com.tw

地址：40768 台中市西屯區工業區三十三路 17 號

啟動變頻 · 珍愛自然

Eco-friendly with Frequency Inverter

蒲公英白色冠毛輕輕振翅便可將風力運用到最大效能，猶如變頻器電力電子裝置，將固定的電源電壓和頻率Hz轉變為可變量，並發揮到最大效益，兩者皆為能量極致發揮者。

