

高雄市高英高級工商職業學校

Kao Ying Industrial Commercial Vocational High School

專題製作報告



創新節能直驅式往復線性壓縮機

指導老師：蘇志雄 老師

科別班級：電機科 3 年 2 班

組 長：林信賢(12)

組 員：方國慶(01)、馬健瑋(22)、簡傳東(42)

中 華 民 國 104 年 5 月

## 誌謝

首先感謝高英工商陳德松校長提倡教師專業本位之學術研究專題製作，以教師專業領域跨於教師帶領學生深入專題製作的依據，使學生這門專題製作課程有一個遵循規範，並了解實質專題製作的學習意義及專業探討研究的精神，如此便能使教師及學生在專業研究領域中不斷追求專業，並養成專業科技人的涵養。

同時在這段時間內，也感謝週遭同事及學生的支持協助，使得有著一股執著的動力，提領著學生突破時間及距離的障礙，充份善用科技人的專業研究執著、溝通及檢討修正的精神，一同完成此專題製作的任務。

## 中文摘要

在生活中人人為了方便，往往都忘了方便的背後所造成能源的浪費及環境的污染，近年來很多人開始提倡「節約能源救地球」的行動，而開始利用所謂的再生能源。

本作品提供一種構造簡單、製作成本低廉、輸出效率高的凸極型線性馬達創新節能設計，絕對達到節源、實用的一項專題，來達到現充現用的效益。

# 目錄

誌謝 .....	i
中文摘要 .....	ii
目錄 .....	iii
表目錄 .....	iv
圖目錄 .....	v
壹、前言 .....	1
一、製作動機 .....	1
二、製作目的 .....	1
三、製作架構 .....	2
貳、理論探討 .....	3
參、專題製作 .....	9
一、設備及器材 .....	9
二、團隊任務配置 .....	12
肆、製作過程 .....	13
一、製作過程 .....	13
伍、結論 .....	14
一、結論與未來實用性 .....	14
陸、參考文獻 .....	15

## 表目錄

表 1	使用儀器設備一覽表 .....	9
表 2	使用材料 .....	10
表 3	專題製作計畫書 .....	11
表 4	工作進度甘特圖 .....	12

## 圖目錄

圖 1	專題製作架構圖 .....	2
圖 2	凸極型線性馬達之立體爆炸圖 .....	4
圖 3	(a)凸極型線性馬達之施加電流於前方成形線圈圖 .....	5
圖 3	(b)凸極型線性馬達之施加電流於後方成形線圈圖 .....	6
圖 4	(a)凸極型線性馬達之兩端連接相同壓縮機之剖面圖 .....	6
圖 4	(b)凸極型線性馬達之兩端連接活塞壓縮機之剖面圖 .....	7
圖 5	(a)左側線圈群驅動帶動活塞往左運動圖 .....	7
圖 5	(b)右側線圈群驅動帶動活塞往右運動圖 .....	8
圖 6	零件材料 .....	13
圖 7	修整材料 .....	13
圖 8	設備組裝 .....	13
圖 9	壓縮機半成品 .....	13
圖 10	手動控制 .....	13
圖 11	通電測試 .....	13

# 壹、前言

## 一、製作動機

地球暖化與氣候變遷是全球人類所必須共同面對的議題，從地球環境生態的面向來看，在滿足民眾生活舒適與確保經濟發展的需求下，再生能源應用的促進、能源有效的利用、耗能系統效能的提升是全球政府在制定經濟發展政策時的最高指導原則。此外，依據2009年4月15~16日所召開的全國能源會議總結報告中，針對冷凍空調設備節能與減碳技術研發領域，要求提升冷凍空調系統節能及創新技術研發；在住商部門建構節能減碳消費生活模式中，也明確訂定推動節能標章及能源效率標示制度，並強化產品耗能資訊提供與宣導，引導消費者選購高效率產品。為達國家政策所訂定相關節能目標，必須進行各產業高效率節能技術研發與推廣應用。

## 二、製作目的

以高職三年專業背景能力，其中利用所學軟體設計能力及硬體設計能力來設計一套既簡單又實用的控制系統，並實質應用在生活上達到「做中學、學中做」的道理。並讓學生了解一套系統並非是只要有一門專業技術能力就夠了，而是要多種專業能力的融合才能設計出成果。

### 三、製作架構

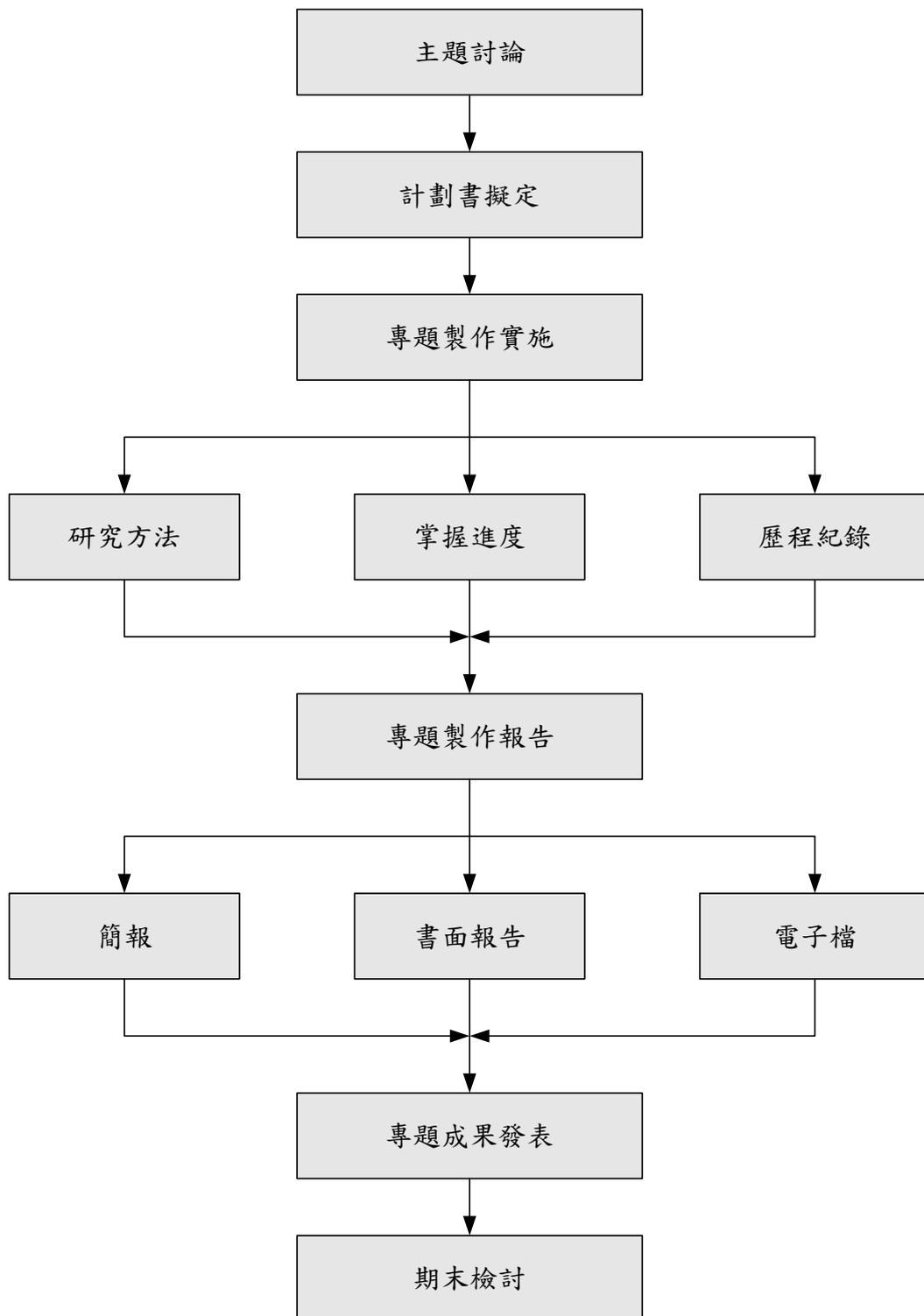


圖 1 專題製作架構圖

## 貳、理論探討

### 一、傳統旋轉型切換式磁阻馬達

是利用封閉磁力線會走最小磁阻路徑之特性，使得磁路中兩導磁材料會朝最小磁阻方向移動，而推動可移動的導磁材料往固定導磁材料移動，產生互相吸引的磁吸力來作為馬達驅動力矩之來源，由於此種轉矩原理使得馬達轉子及定子呈現凸極狀態，轉子上無激磁場繞組或為永久磁鐵，只需導磁性佳的鐵芯簡易構造即可，大大降低構造成本，因此磁阻馬達具有構造簡單、體積小、可用於高轉速應用場所等優點。

傳統往復式壓縮機需要較大的馬達推力來達成氣體的壓縮循環或液體的帶動，然而受限於壓縮機整體體積限制，一般筒狀型線型馬達無法滿足如此高驅動力的需求，唯有藉由傳統往復式壓縮機才足夠驅動力，而傳統往復式壓縮機主要利用旋轉式馬達帶動曲柄連桿(Crank)，經連桿機構推動活塞，使汽缸內氣體壓縮或帶動流體，進而得到所需要的壓力。

然而，此種傳統旋轉式馬達所帶動的往復式壓縮機雖具有成本較低以及運作範圍廣等優點，但活塞壓縮的過程中因旋轉式馬達帶動直線運動的活塞會造成一側向力，使汽缸壁磨損，間接導致噪音、振動及高機械損失等問題，影響整體系統效率，透過潤滑劑雖可減緩上述問題，卻衍生出潤滑油污染壓縮氣體或流體等問題。

本作品的目的在於提供一種具有「凸極型線性馬達之往復式雙活塞壓縮機」創新節能設計，創意設計的重點是利用定子電樞之磁極前後排列方式配合驅動磁極上之線圈，以驅動凸極型移動子作往復線性運動，進而帶動兩端壓縮機之活塞。

## 二、本作品之凸極型線性馬達

本作品之凸極型線性馬達係於定子上配置前後之定子鐵芯磁極，並於磁極上配置成形線圈，爆炸圖如圖 2 所示，係利用前後之線圈產生磁場，藉由封閉磁力線會走最小磁阻路徑之特性，使得動子會朝著最小磁阻之方向移動，進而構成線性運動之凸極型線性馬達。並且利用此凸極型線性馬達驅動雙活塞雙路進出流體或壓縮氣體設計之壓縮機，以取代傳統採用旋轉馬達配合連桿機構帶動活塞之驅動方式。

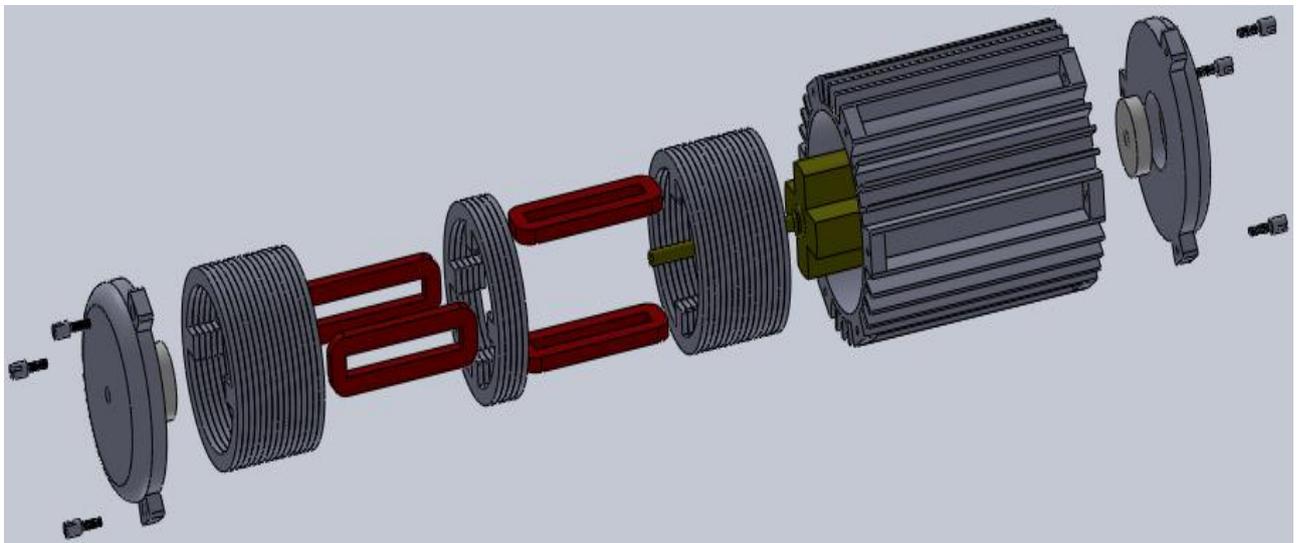


圖 2 本作品之凸極型線性馬達之立體爆炸圖

### 三、本作品之凸極型線性馬達 90 度角剖面圖

如圖 3(a)、3(b)所示。圖 3(a)中藉此施加驅動電流於前方一對成形現圈，產生相對左右 N 極與 S 極磁場透過定子電樞磁極來吸引牽動凸極型移動子往前移動，而移動子往前移動的驅動力大小是由定子線圈的匝數與通過線圈的電流來決定驅動力的大小；相對的如圖 3(b)中所示，若施加驅動電流於後置一對成形線圈時，產生相對上下 N 極與 S 極磁場透過定子電樞磁極來吸引牽動凸極型移動子往後移動，進而重覆控制前、後驅動電流於前後成形線圈時，即可讓凸極型移動子沿著定子之中軸向作往復線性運動，而凸極型移動子前後往復線性運動的頻率由驅動電流切換於前後成形線圈的速度來決定。

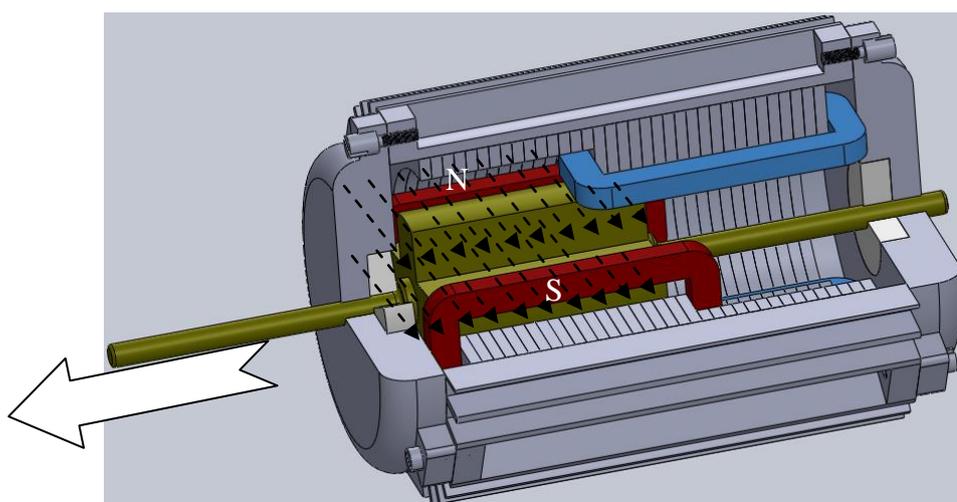


圖 3(a) 本作品之凸極型線性馬達之施加電流於前方成形線圈  
圖

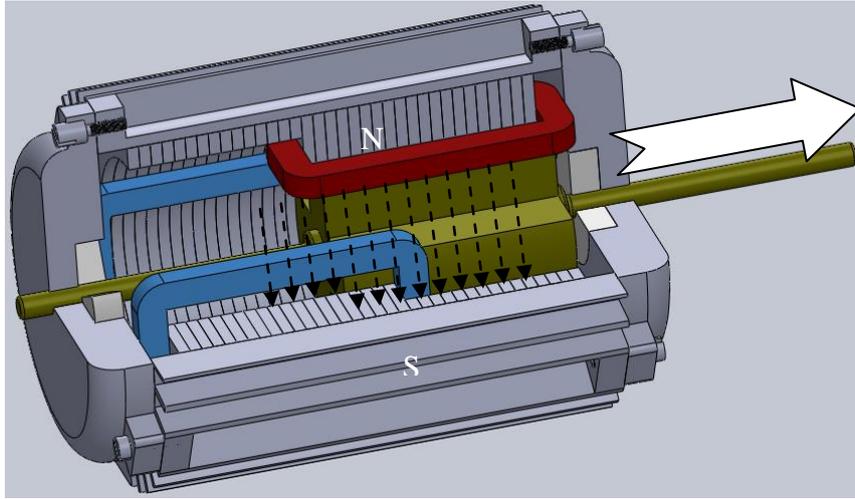


圖 3(b) 本作品之凸極型線性馬達之施加電流於後方成形線圈圖

圖 4(a)、(b)係為本作品之凸極型線性馬達之兩端連接壓縮機缸體之剖面圖。線性壓縮機設計以八極凸極移動子為例，此凸極型線性馬達左右兩側可設計成連接具有相同活塞之壓縮機（如圖 4(a)）或設計成高低壓活塞之壓縮機（如圖 4(b)），壓縮機缸體上更可設置多片散熱片幫助壓縮機散熱；左右壓縮機之活塞可分別連接於凸極型移動子之兩端，當驅動電流加入至凸極型線性馬達之前後定子電樞上的驅動成形線圈時，即可直接帶動兩側壓縮機的活塞做直線往復式來回運動，使兩側壓縮機活塞壓縮氣體或帶動流體流動。

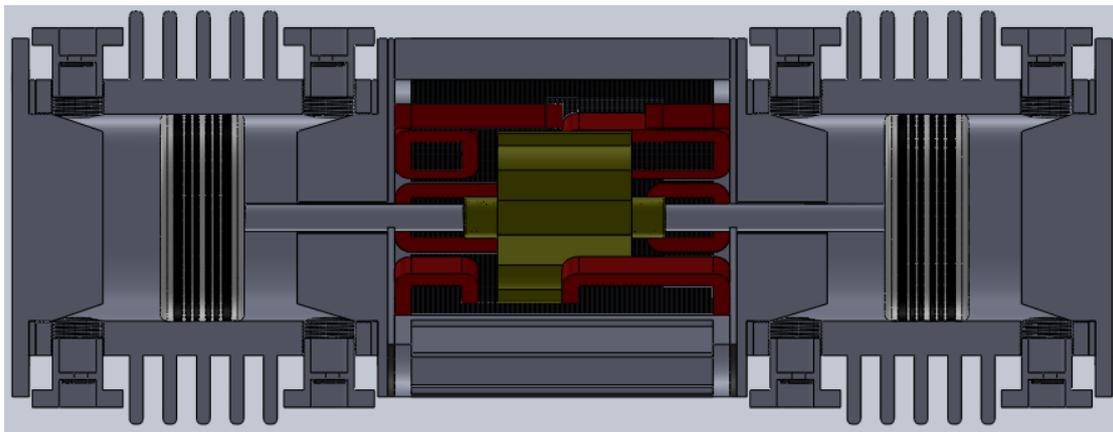


圖 4(a) 凸極型線性馬達之兩端連接相同壓縮機之剖面圖

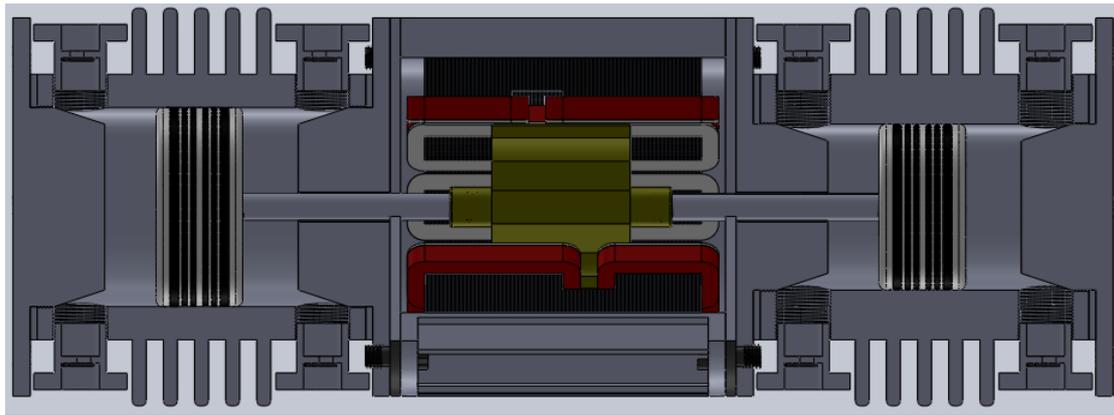
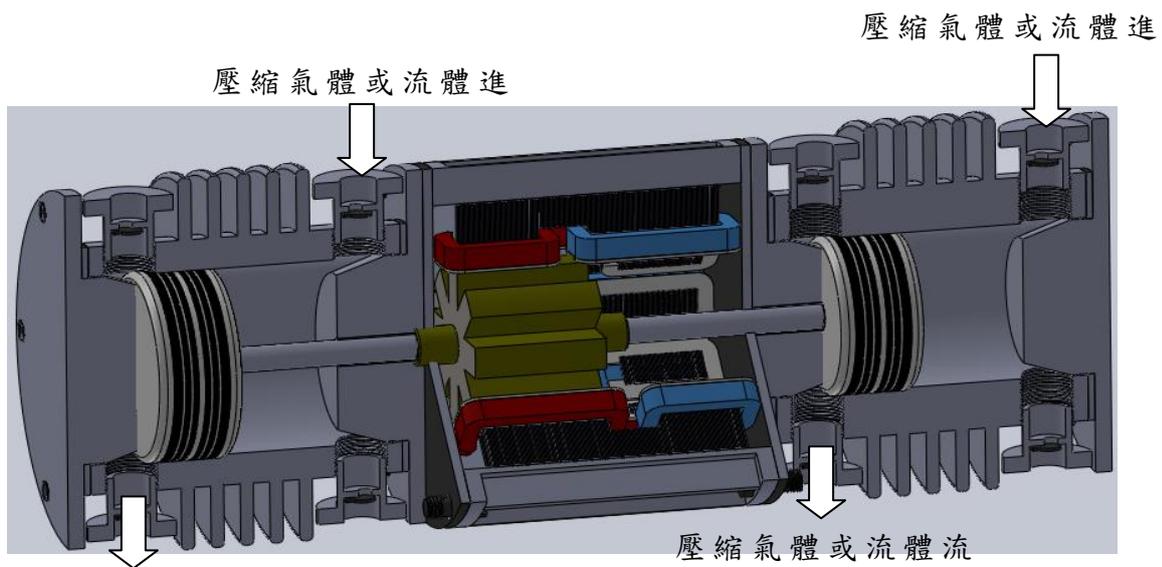


圖 4(b) 凸極型線性馬達之兩端連接活塞壓縮機之剖面圖

本創作之兩側壓縮機共可包含四個進氣逆止閥門及四個出氣逆止閥門，形成活塞來回運動時皆有兩迴路及壓縮出氣及進氣同時運作，可有效提高壓縮氣體或帶動流體的運轉效率。如圖 5(a)當施加驅動電流於凸極型線性馬達之左側線圈群時，凸極移動子帶動活塞往左運動帶動兩側活塞往左壓縮，使得兩側壓縮機缸體左下之出氣逆止閥門開啟，進而壓縮氣體或流體由壓縮機缸體左下之出氣逆止閥門排出。同時，兩側壓縮機缸體右上之進氣逆止閥門因壓縮機缸體內部形成負壓，進而開啟壓縮機缸體右上之進氣逆止閥門，使得氣體或流體由壓縮機缸體右上之進氣逆止閥門進入壓縮機缸體中。



壓縮氣體或流體流

圖 5(a)左側線圈群驅動帶動活塞往左運動圖

如圖 5(b)當施加驅動電流於凸極型線性馬達之右側線圈群時，凸極移動子帶動活塞往右運動，使得兩側壓縮機缸體右下之出氣逆止閥門開啟，進而壓縮氣體或流體由壓縮機缸體左下之進氣逆止閥門排出。同時，兩側壓縮機缸體左上之進氣逆止閥門壓縮機缸體內部形成負壓，進而開啟壓縮機缸體左上之進氣逆止閥門，使得氣體或流體由壓縮機缸體左上之進氣逆止閥門進入壓縮機缸體中。

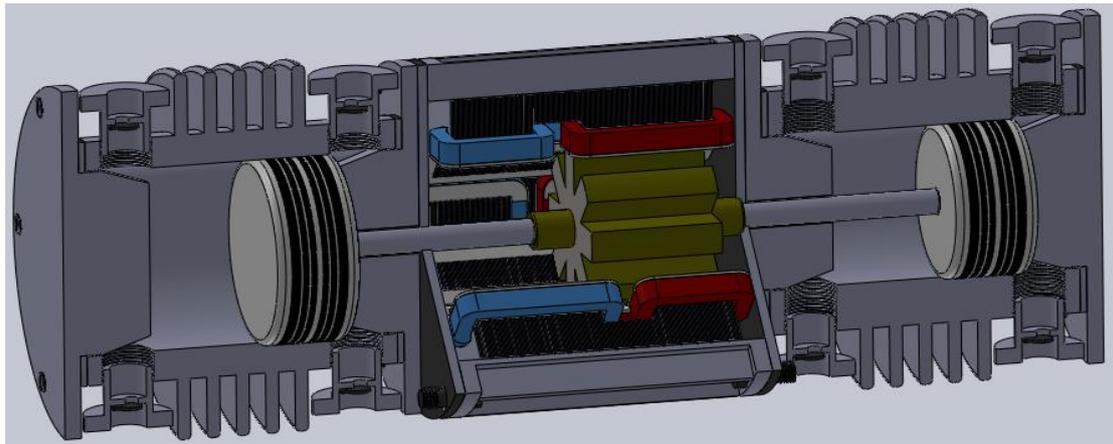


圖 5(b)右側線圈群驅動帶動活塞往右運動圖

因此，利用此凸極型線性馬達之移動子的往復線性運動，不僅能夠降低活塞運動時所造成之側向力，亦可減少摩擦耗損，進一步達到高機械強度、低機械耗損、低噪音及高效率。

## 參、專題製作

### 一、設備及器材

表 1 使用儀器設備一覽表

設備名稱	用途說明
個人電腦	程式設計、報告撰寫、電路圖繪製及專題成品測試
電源供應器	模擬、實驗過程使用
數位相機	紀錄整個專題製作流程
三用電錶	測量元件好壞及量測元件之信號
3D 列印機	列印模擬用的材料
Microsoft Office Word	製作專題報告
Microsoft Office Power Point	進行口頭報告、製作及專題成品報告呈現
電鑽及鑽頭	鑽螺絲孔
銲接工具（電烙鐵、電烙鐵架、吸錫器）	銲接電路板

表 2 使用材料

材料名稱	數量	備註
LED 燈泡	4	
兩段開關	2	
三段開關	1	
後照鏡	2	
鏈條式發電機	1	
USB 延長線	1	
多功能 USB 轉接頭	1	

表 3 專題製作計畫書

專 題 類 型		<input type="checkbox"/> 個人型專題 <input checked="" type="checkbox"/> 團隊型專題
科 別 / 年 級		電機科 / 三年級
專 題 名 稱	中 文	創新節能直驅式往復線性壓縮機
	英 文	Linear Compressor
專 題 內 容 簡 述		<p>本作品提供一種構造簡單、製作成本低廉、輸出效率高的凸極型線性馬達創新節能設計；此前後配置之定子係由前後兩組定子鐵芯構成，其電樞極上纏繞線圈，藉此當依序施加驅動電流於前後線圈時，藉由所產生之磁場吸引相同極數的移動子沿著定子之中心軸向往復線性運動。此凸極型線性馬達之兩端設計連接具有雙活塞四流道之壓縮機，使得壓縮機缸體內之氣體壓縮或帶動流體，構成由線性馬達帶動之往復式雙活塞高效能壓縮機。</p>
指 導 老 師 姓 名		蘇志雄老師
組 長 姓 名		林信賢(12)
組 員 姓 名		方國慶(01)、馬健瑋(22)、簡傳東(42)
專 題 執 行 日 期		103 年 9 月 1 日 至 104 年 6 月 30 日

## 二、團隊任務配置：

以下每個組員利用每天的早自修或下課跟專題指導老師報告專題製作進度，同時也利用即時通或 MSN 通訊與指導老師作線上溝通詢問問題或直接針對控制程式利用網路遠端進行解答程式問題，使專題進度持續前進。

表 4 工作進度甘特圖

工作進度	103 年				104 年						負責成員	
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6		
確認研究主題	●	●										全體成員
擬定研究大綱	●	●										全體成員
文獻資料蒐集		●	●	●								全體成員
製作原理探討		●	●	●								林信賢
硬體電路設計			●	●								簡傳東
購買專題器材				●	●							馬健璋
硬體電路製作				●	●	●	●	●				簡傳東
整體專題測試							●	●				全體成員
數據資料整理							●	●				方國慶
撰寫專題報告								●	●			林信賢
專題成果發表									●	●		全體成員
完成進度(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		

# 肆、製作成果

## 一、製作過程



圖 6 零件材料



圖 7 修整材料



圖 8 設備組裝

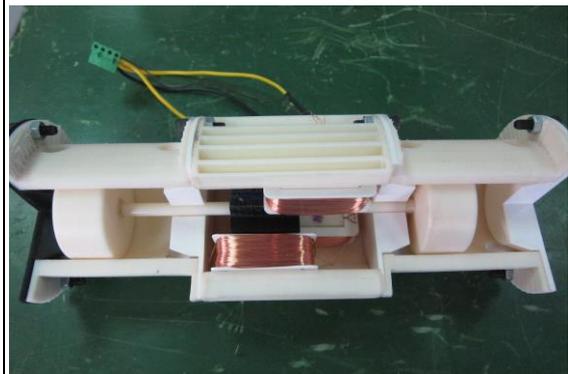


圖 9 壓縮機半成品

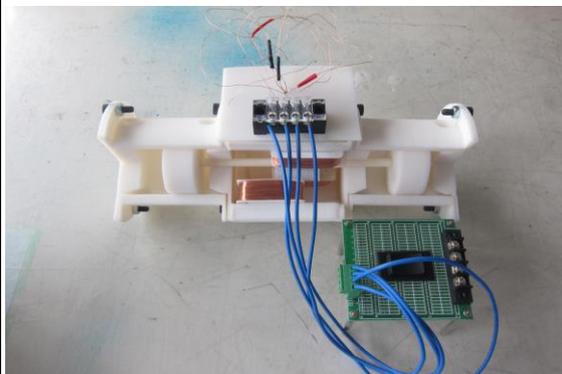


圖 10 手動控制

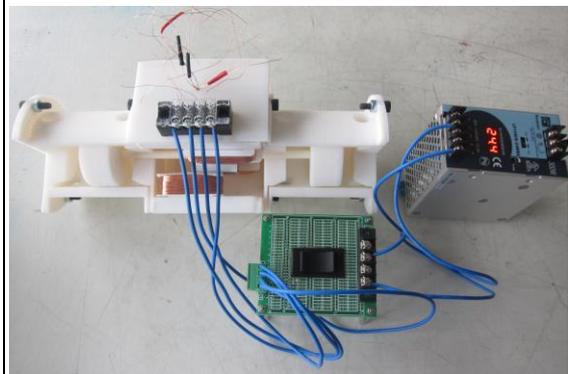


圖 11 通電測試

## 伍、結論與未來實用性

### 一、結論

從產業發展歷程來看，冷媒壓縮機是一個相當傳統的產業，已有超過百年的發展歷史，但由於其與工業和民生應用密切相關，隨著不同時代工業發展和人類需求的改變，以及近 20 年來全球對環保和節能議題的日益重視，這個「百年老店」型的產業仍不斷創新和進步。

然而往復式冷媒壓縮機的最大應用是在家用冰箱領域，其中 100~200W 的產品佔冷凍冷藏用往復式壓縮機全球總產量之 84%，美國市場對大型家用冰箱的需求較大，因此 300W 以上產品產量相對較大。2006 年家用冰箱所使用的往復式冷媒壓縮機全球總產量超過 1 億台。中國為最大的生產區域，產量達 4,500 萬台，其次為歐洲，產量約 3,400 萬台。全球共有超過 20 個主要業者，前六大業者分別是 Embraco(巴西)、Tecumseh(美)、Danfoss(丹)、松下(日)、Electrolux(瑞典)和 LG(韓)，合計市場佔有率達 64%。全球主要業者均在中國大陸設廠，藉由低製作成本的投資增加產量，並且地球在溫室效應作用下全球世界各國每年夏季溫度不斷攀升情況，導致全球壓縮機需求度逐年有不斷的攀升趨勢。

因此，在此全球迫切節能減碳的壓力下，本創作之「凸極型線性馬達往復式雙活塞壓縮機」適時地發展出來，改良了目前往復式壓縮機的多項缺點，更將線性壓縮機結合凸極移動子的高效率、可小型化的優勢突顯出來，故本作品具有多個下述優點：

- (1) 本作品之凸極型線性馬達可依照中間定子鐵芯及兩側定子鐵芯為單元延伸定子之長度，並將動子凸極長度配合增加，藉此增加動子之運動行程。
- (2) 本作品之凸極型線性馬達可增加動子之凸極數量及定子鐵芯之磁極數量，可以加強磁極對移動子之磁吸力，進而能夠有效地提高馬達之驅動力。
- (3) 本作品之凸極型線性馬達更可連接數個具有活塞之壓縮機缸體，利用此凸極型線性馬達之移動所造成之往復側向力，亦可減少摩擦損、低噪音及提高效率。
- (4) 本作品之凸極型線性馬達不僅定子磁極上成形線圈之磁通密度高，所產生的磁驅動力強外，凸極構造簡單大量節省製造成本。
- (5) 本作品之凸極型線性馬達與兩側壓縮機是隔離設計，兩側壓縮機之壓力不受液體或氣體影響，而致使驅動力下降，故可避免液體或氣體在各種特殊化學氣體的傳輸上使用。
- (6) 本作品之凸極型線性馬達構件單元簡單，且當驅動電流驅動定子電樞線圈運動時，經由磁量轉換直接成並無任何機械轉換損失，是為輸出縮幾可設計。

本作品之線性馬達帶動往復式雙活塞壓縮機更有小型化及驅動簡易的優勢，亦可設計成高低壓縮機型式以提升壓縮效率，故此作品可應用於耗電量大的電動車冷氣系統上，更可以應用在目前現有需要壓縮機的各項家用、商用及工業用上的需求，如：除濕機、冷飲機、冰水機、各類型電冰箱、家用冷氣、各類型制冷壓縮機、各類家電、空氣壓縮機、各類空調壓縮機、工業用壓縮機或需具有往復運動壓縮系統等之驅動源。

## 二、未來實用性

依據工研院產業經濟與趨勢研究中心(IEK) 2007/12/04[11]，所發表「全球冷媒壓縮機市場現況與產品趨勢」一文中表示，2006年全球冷媒壓縮機銷售值達209.5 億美元，銷售量 2.86 億台。其中空調用冷媒壓縮機銷售值 87.5 億美元，銷售量 1.13 億台；冷凍冷藏用冷媒壓縮機銷售值 121.9 億美元，銷售量 1.74 億台。

單位：百萬美元；百萬台

應用領域別	銷售值	銷售值比重 (%)	銷售量	銷售量比重 (%)
空調	8,754.0	41.8	112.6	39.3
冷凍冷藏	12,193.2	58.2	173.5	60.7
合計	20,947.2	100	286.1	100

資料來源：BSRIA；工研院 IEK(2007/07)

其中關鍵的壓縮機，係冷凍空調系統的動力來源，全球冷凍空調市場的規模逐年上升需求，而冷媒壓縮機市場規模更為大增，可見壓縮機在冷凍空調產業整體中占著相當重要地位。目前全球年複合成長率約 10%，市場需求前三名則分別為美國、日本和中國大陸，其中美國市佔率最高，但中國大陸、印度及蘇聯其市場需求成長最快，平均年複合成長率約 15% 以上[12]。

近年來又隨著環保意識的高漲，在節約能源、抑制CO<sub>2</sub> 排放及停止破壞臭氧層等環保議題要求下，整個冷凍空調產業也慢慢朝向停用 HCFCS ( R-22 ) 系列冷媒，而改用 HF

(R-134a/R-410A/R-407C) 系列冷媒，雖然HFCS冷媒不會破壞臭氧層，但仍會造成地球的溫室效應並非最佳的長期性替代冷媒。

而天然冷媒（二氧化碳CO<sub>2</sub>、氨NH<sub>3</sub>、碳氫化合物HCs-丙烷R-290/異丁烷R-600a）其臭氧層破壞能力指數為零且對地球之溫室效應亦極低，這才是未來冷媒的趨勢。

另外由於全世界的能源政策共識，對耗能比例極高的冷凍空調產業，在節能方面進行嚴格要求。因此，對冷凍空調與壓縮機產業而言，近幾年來面臨了重大的環保技術革命與節能挑戰。由於冰水主機占了整個空調用電量約60%，所以各國也紛紛訂定了更嚴苛的能源效率標準，以期能提高整個冰水主機效率，降低能源消耗及減少CO<sub>2</sub>排放。

所以，儘管在空調領域，往復式冷媒壓縮機的應用被其他類型壓縮機大幅侵蝕，但在冷凍冷藏領域，往復式壓縮機以其高壓縮比的特性佔有絕對優勢。2006年往復式壓縮機全球市場銷售量1.71億台，佔冷凍冷藏用冷媒壓縮機全球總銷售量之98.7%；銷售值116億美元，佔全球總銷售值之95.1%。往復式壓縮機應用範圍廣泛，涵蓋家用、商用和工業用途，其中家用領域(<1.5HP)銷售量達1.44億台，佔80%的往復式壓縮機市場，商用和工業領域各佔約15%和5%的市場。而迴轉式冷媒壓縮機雖然大量應用於家用空調領域，但在冷凍冷藏領域的使用量很少，且在小冷凍能力範圍受到往復式壓縮機的競爭，市場規模逐漸萎縮，故往復式壓縮機的存在具有其一定的市場需求。

在此全球迫切節能減碳及尋求低耗能的新式技術高度的要求下，本作品之「凸極型線性馬達往復式雙活塞壓縮機」適時地創作出來，改良了目前往復式壓縮機的多項缺點，本團隊樂觀的預估未來全球壓縮機的市場，在本作品：低製造成本、現有生產線技術、可小型化、驅動簡易、低耗能及極高效率…等優勢之下，未來將逐漸取代其他類型及傳統往復式壓縮機的應用市場，所樂

觀預測若能將此節能新科技壓縮機產品推銷至全球，則年度銷售值將具有上達百億美元的市場，並可逐年增加其他領域應用的場所，以提供新節能新科技的全面應用，達至全球節能減碳救地球的真正願景與目標。

## 陸、參考文獻

- [1] 2008年全球小型空調機市場趨勢分析(上)，冷凍空調與熱交換，pp. 52~65，2008/09。
- [2] 2008年全球小型空調機市場趨勢分析(下)，冷凍空調與熱交換，pp. 67~79，2008/11。
- [3] 2012年能源產業技術白皮書 第參章 節約能源。
- [4] "變頻控制與天然冷媒應用技術開發"，經濟部能源科技研究發展計畫 99年執行報告，工研院綠能所，99-D0302，2011/01。
- [5] "高效率製冷設備與關鍵元件開發計畫"，經濟部能源科技研究發展計畫 99年執行報告，工研院綠能所，99-D0301，2011/01。
- [6] "Refrigeration & Air Conditioning Compressors," JARN, Feb.25, 2009, Serial no.481-S pp. 53~76.
- [7] "Report of the Nineteenth Meeting of the Parties to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer", Montreal, 17-21 September 2007, United Nations.
- [8] [www.thermostat.com.tw/pdf/cognition\\_9.pdf](http://www.thermostat.com.tw/pdf/cognition_9.pdf), "國內外空調產品市場分析"。
- [9] 胡凱翔，"新型線型壓縮機馬達之設計與分析"，國立成功大學系統及船舶機電工程學系碩士論文，2007。
- [10] M. Sanada, S. Morimoto and Y. Takeda, "Analyses for Sensorless Linear Compressor using Linear Pulse Motor," Industry Applications Conference, 34th Industry Applications Society Annual Meeting IEEE, 1999.
- [11] [www.taiwangreenenergy.org.tw/files/Paper/20071291634.pdf](http://www.taiwangreenenergy.org.tw/files/Paper/20071291634.pdf), "全球冷媒壓縮機市場現況與產品趨勢"。
- [12] <http://blog.sina.com.tw/tsaipwu/article.php?pbgid=38426&entryid=424377>, "台灣壓縮機產業分析-蔡璞-研發管理園地-新浪部落格"。



高足盈校 英才輩出

高雄市高英高級工商職業學校

校址：高雄市大寮區鳳林三路 19 巷 44 號

電話：(07)783-2991

網址：[www.kyicvs.khc.edu.tw](http://www.kyicvs.khc.edu.tw)

E-mail：[kyic@kyicvs.khc.edu.tw](mailto:kyic@kyicvs.khc.edu.tw)