

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



汽車冷氣壓縮機創新系統

指導老師：_____林重仁_____老師

科別班級：_____科_____年_____班

座 號：_____

姓 名：_____

中 華 民 國 106 年 5 月

摘要

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，並運用此凸極型線性馬達結合兩側雙活塞四流道之往復式高效能壓縮機設計；此凸極型線性馬達主體結構包含：外殼、前後配置之定子電樞、電樞磁極上之線圈及與定子同極數的凸極形移動子等構建單元；此前後配置之定子係由前後兩組定子鐵芯構成，並且具有多個磁極成對向內凸出，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。

目 錄

摘要.....	ii
表目錄.....	iv
圖目錄.....	v
壹、製作動機.....	01
貳、製作目的.....	02
參、文獻探討.....	04
一、汽車冷氣各機件說明.....	04
二、冷氣壓縮機運作時耗油量.....	06
三、冷氣機常見故障原因.....	07
四、Arduino.....	07
五、傳統旋轉型切換式磁阻馬達.....	08
肆、製作方法.....	09
一、製作架構.....	09
二、設備材料.....	10
三、製作過程.....	10
伍、製作成果.....	13
一、成果示意圖.....	13
二、成果說明.....	13
三、成果討論.....	16
陸、結論.....	17
參考文獻.....	19
競賽日誌.....	21
作品分工表.....	24

表目錄

表 2-1	各式冷媒壓縮機基本特性之優缺點比較表	03
表 4-1	使用儀器（軟體）設備	10
表 4-2	使用材料名稱	10
表 6-1	2006 年全球冷媒壓縮機市場規模	17

圖目錄

圖 2-1	依壓縮方式之壓縮機的分類.....	02
圖 2-2	各種冷媒壓縮機的應用領域與基本特性.....	03
圖 3-1	冷氣系統循環圖.....	05
圖 3-2	蒸發器.....	06
圖 3-3	冷氣壓縮機.....	06
圖 3-4	冷凝器.....	06
圖 3-5	儲液筒.....	06
圖 3-6	Arduino UNO 主機板.....	08
圖 4-1	專題製作架構圖.....	09
圖 4-2	本作品之凸極型線性馬達之立體爆炸圖.....	11
圖 4-3(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.....	11
圖 4-3(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.....	12
圖 4-4(a)	凸極型線性馬達之兩端連接相同壓縮機之剖面圖.....	12
圖 4-4(b)	凸極型線性馬達之兩端連接高低壓活塞壓縮機之剖面圖.....	12
圖 5-1	成果示意圖.....	13
圖 5-2(a)	凸極型線性馬達之左側線圈群驅動帶動活塞往左運動圖.....	14
圖 5-2(b)	凸極型線性馬達之右側線圈群驅動帶動活塞往右運動圖.....	14
圖 5-3(a)	凸極型線性馬達雙活塞壓縮機組兩組串接活塞往兩側相對運動.....	15
圖 5-3(b)	凸極型線性馬達雙活塞壓縮機組兩組串接活塞往中間相對運動.....	15

【汽車冷氣壓縮機創新系統】

壹、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。

根據行政院在 2009 年通過之「全國能源會議結論行動方案」中有關邁向永續能源發展願景、低碳能源發展方向、部門效率全面提升、能源價格合理化原則及能源科技發展策略等原則，推動引導產業結構低碳化，推展綠色能源產業，加速我國低碳產業佈局及搶占低碳發展商機，並落實推動「能源國家型科技計畫」，發展國家能源科技重點研發領域，培養能源科技的高級人才等為主旨，以調整產業結構，積極推動節約能源，提升能源使用效率，使在 2020 年之前，每年至少節約能源 2% 為目標。

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。

冷凍空調設備節能推廣是重點發展的首選，而冷凍空調系統中耗能最大，製作成本最貴首推「壓縮機」，故如何來創新研究新型節能與高效率的壓縮機設計，是屬國內外各研究單位及產業界迫切急需突破關鍵瓶頸，以達成創新節能的技術的整合應用；本團隊即是在此環保及節能背景下，亦覺得有一份身為地球公民應盡的責任及義務，故集思廣益針對目前壓縮機的既有技術來探討，是否有較為簡單設計、製作成本低廉、高效率輸出等特色的創新節能設計？經由多次設計失敗經驗下，終於發展出全球最新的「線性壓縮機」節能創新設計。

本校汽車科的學生必須接受汽車學、電工概論與實習、汽車冷氣空調、基本電學、電工概論與實習、動力機械概論、電子概論與實習、電子學…等課程的訓練，不僅僅在學理上有深入的理解，也在實務上擁有扎實的訓練，透過本專題的製作可以讓參與的我們在基本的知能下進行知識的拓展，並達到冷氣系統操作與測試的額外經驗，對於培訓技職人才擁有不可替代的效果，相信未來升學就業一定有幫助。

貳、製作目的

壓縮機為冷凍空調產業的心臟，欲建立完整的冷凍空調系統，冷媒壓縮機技術的開發，為不可或缺的一環，然而壓縮機如同小型空調機一樣，面臨了地球環保如臭氧層保護和溫室效應等問題，各研究單位及產業界正努力開發新型式的壓縮機，以符合省能高效率及環保的需求。

冷媒壓縮機主要有兩種分類方式：第一種以壓縮方式來分類，可分為容積式(positive displacement)和動力式(dynamic)兩大類。容積式壓縮機將輸入功以壓縮機構傳輸，透過改變壓縮室的相對容積造成冷媒蒸氣容積減少、壓力上升；此類型的壓縮機又再分為往復式、迴轉式、螺旋式和渦卷式。動力式壓縮機利用外力驅動旋轉機構，迫使冷媒蒸氣接收角動量引起分子推擠，從而造成蒸氣相對容積減少，產生壓縮效果，此類壓縮機之代表為離心式壓縮機。圖 2-1 所示為以壓縮方式分類之冷媒壓縮機類型，至於壓縮機則又可依所壓縮機的流體媒介，區分為空氣壓縮機(Air compressor)、冷媒壓縮機(Refrigerant compressor)，有關各型式之冷媒壓縮機的應用領域，如圖 2-2 所示，冷媒壓縮機基本特性之優缺點，如表 2-1 所示。

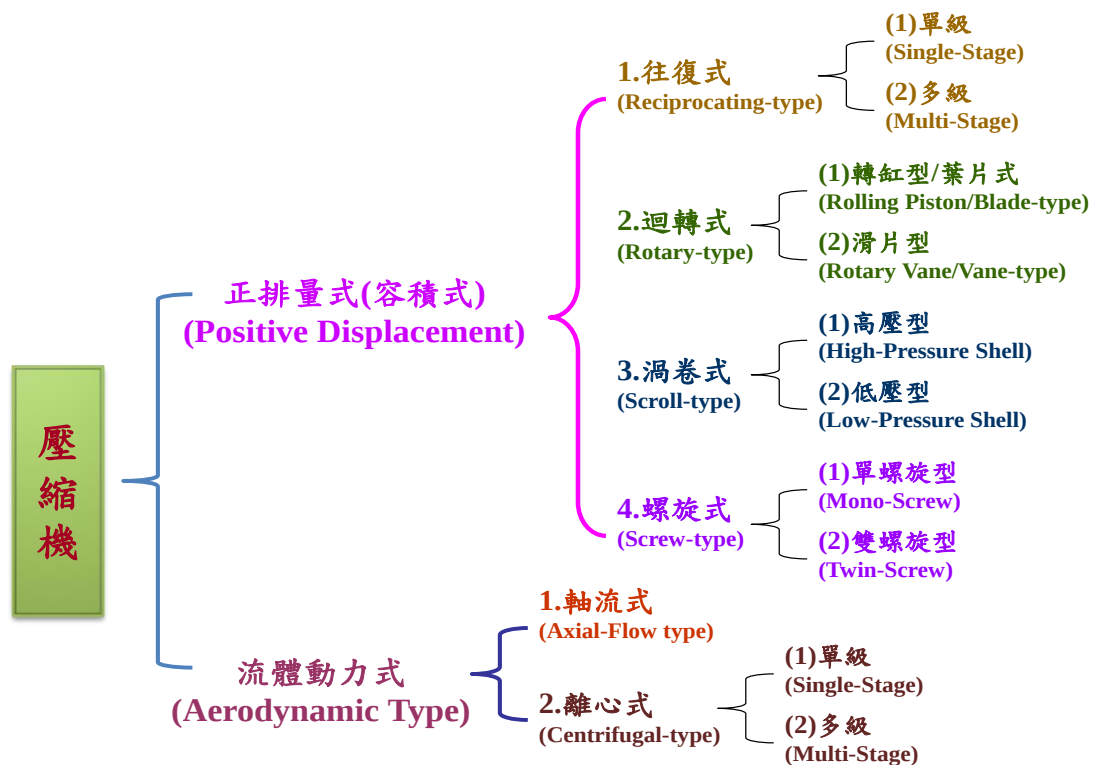


圖 2-1 依壓縮方式之壓縮機的分類
資料來源：工業技術研究院

壓縮機 型式	應用領域					
	冰箱 冷凍機	車用 空調	窗型 冷氣	分離式 與熱泵	商用冷 凍空調	大型 中央空調
往復式			0.1~400RT			
迴轉式		0.6~2RT				
渦卷式			0.8~50RT			
螺旋式					30~400RT	
離心式					>200RT	

圖 2-2 各種冷媒壓縮機的應用領域與基本特性

註：冷凍噸(RT)是冷凍能力的計量單位意，1RT相當於把 1 公噸(1000kg)的純水在 24 小時(即一天)內製成 0°C 的冰所需的凝固熱； $1RT = 3320kcal/hr = 3.861kW = 5.176hp$

資料來源：工研院IEK(2007/07)

表 2-1 各式冷媒壓縮機基本特性之優缺點比較表

	維修狀況	優點	缺點
往復式	每年需拆卸保養一次，並更換冷凍機油。	1.適用於高速運轉。 2.可靠性高。 3.排氣脈動小。	1.高機械損失。 2.噪音大。
迴轉式	每年更換破損品。	1.轉速高，平衡容易，震動減低。 2.壓縮比高，效率增加 3.迴轉接觸面的磨損較小。 4.構造簡單，重量輕，噪音小。 5.起動所需扭力較小。	1.價格較高。 2.機件須精密配合。
渦卷式	每年檢測絕緣值即可。	1.連續壓縮，無震動。 2.零件數少故障率低。 3.浮動式渦卷，比較不怕液態壓縮。	1.加工精密，所以價格高。 2.小型化困難。
螺旋式	壓縮機無磨損部位長期間不需保養，需更換冷凍機油。	1.可靠度高體績效率可達 99% 2.可做無段卸載（約 10%） 3.可在較高壓縮比（25：1）下操作。 4.體積小，以同容量來比較為往復式的 1/5。	1.加工精密，所以價格高。 2.不易小型化。

		5.震動小，噪音低，基座台較輕。 6.啟動轉矩小，啟動電流低。 7.排氣溫度較低。 8.不受液壓縮影響。 9.故障少，維修費用低。	
離心式	不需每年保養，但應依照原廠建議於使用年限到達時，拆卸檢測推力軸承及葉輪狀況。	1.在化工流程中，對化工介質可做 到絕對無油的壓縮過程。 2.運轉平衡，可靠度高，運轉效率 高，摩擦零件少。 3.排氣量大，結構簡單緊湊，重量 輕，尺寸小，占地面積小。	不適合用於氣量 太小及壓縮比過 高之場合。

資料來源：工業技術研究院

迴轉式壓縮機主要應用於家用空調等小能力等級的系統。往復式壓縮機發展時間最為悠久，是迄今為止在各種商業化冷凍空調系統中最被廣泛應用的形式，具有高壓縮比的特性，但也有噪音、震動大、效率較低等缺點，在空調領域已逐漸被其他類型壓縮機所取代，但由於其高壓縮比的特性，在冷凍冷藏領域仍廣泛使用。渦卷式壓縮機是較新型的一種壓縮機產品，其運轉平穩性遠優於一般傳統的壓縮機，具有高效率、低洩露、低噪音、低震動等特點，主要應用於箱型機和小型冰水機產品。螺旋式壓縮機在較高冷凍容量領域是往復式壓縮機的主要競爭對手，具有體積較小、震動和噪音較低的特點。而離心式壓縮機則一般應用於大型冷凍空調設備中。

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，進而得到所需要的壓力，但活塞壓縮的過程中會造成一側向力，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，卻衍生出潤滑油汙染所壓縮氣體等問題。

為解決往復式壓縮機運轉時，側向力所帶來之振動與噪音等問題，在馬達設計上，採用線型馬達設計能有效改善側向力所造成的缺點，而且線型馬達改由雙室壓縮機設計，相較於迴轉式壓縮機，往復式壓縮機體積較小，而線型馬達具有高效率及高響應之性能，能設計在應用於各種領域所需的壓縮機中，其直驅式機構更具有其市場競爭優勢，故本作品鎖定在「直線型往復式雙壓縮機」為主要節能創意設計目標。因此，本研究主要預期成效在於：

- 一、減少壓縮機摩擦耗損。
- 二、進一步達到壓縮機高機械強度。
- 三、降低壓縮機機械耗損。
- 四、降低壓縮機噪音。
- 五、提高壓縮機效率。

參、文獻探討

一、汽車冷氣各機件說明

冷氣的循環系統包括四大部分，壓縮機、冷凝器、膨脹閥、蒸發器(鄭少康，2008)。如下圖 3-1 所示，冷媒在冷氣系統中的循環情形如下：壓縮機使冷媒氣體成為高壓高溫狀態，並送至冷凝器，在冷凝器中利用散熱片傳導與對風扇對流將熱量釋放於空氣中，此時冷媒已冷凝成中溫的高壓液態，經過儲液筒的過濾與氣態與液態分離，使液態冷媒經膨脹閥進入蒸發器內氣化以吸取熱量，經過膨脹閥的節流控制，冷媒進入低壓低溫的蒸發器中，吸取車內的熱量而蒸發成氣態冷媒，再回到壓縮機如此一直循環，將車內的熱量移至車外，使車內溫度降低達到冷卻空氣的溫度的效果。

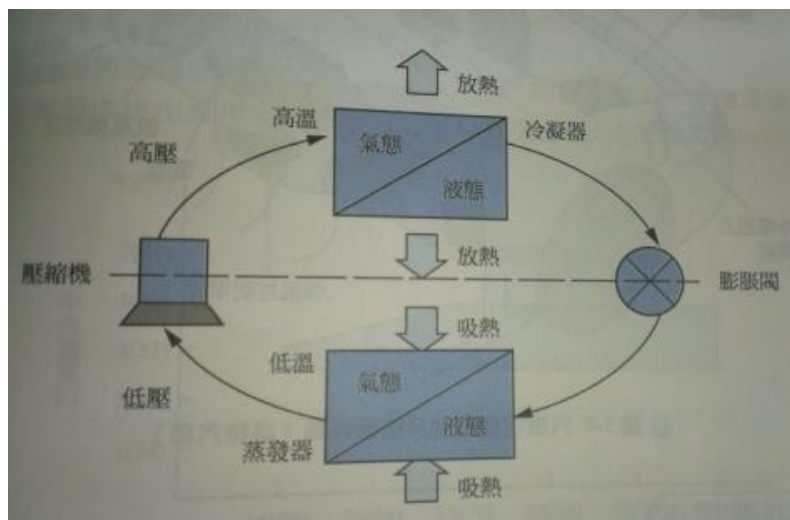


圖3-1 冷氣系統循環圖

資料來源：汽車實習 V 綜合篇；台科大圖書股份有限公司

(一) 蒸發器

冷氣系統中的鼓風機，可以把空氣吸入吹送至蒸發器，蒸發器管路內之冷媒吸收空氣的熱量，由液體變成氣體狀態，當空氣的熱量被吸收後，進入車內的空氣便是冷氣，「通過蒸發器的空氣會是過飽和的水蒸氣，在此時就會凝結成水滴，經由排水管排出到車外，達到除濕的效果」(許振武，2012)。其架構如下圖 3-2 所示。

(二) 壓縮機

壓縮機裝置在引擎本體的側面，是利用皮帶靠曲軸皮帶盤來驅動，吸入蒸發器的氣態冷媒，經由壓縮機壓送至冷凝器，同時低壓氣態冷媒經由壓縮後亦因此變成高壓高溫的氣態冷媒，如下圖 3-3 所示。

(三) 冷凝器

冷凝器是裝置在冷卻水箱的前面，由壓縮機壓送出來的高壓、高溫氣態冷媒，流經冷凝器的鰭管，被外界流過的冷空氣帶走冷媒的熱量，使氣態的冷媒液化成高壓、中溫液態冷媒，「通常為進入冷凝器之冷媒溫度約 80~120 度 C，經冷凝器散熱後，溫度約將至 40 度 C，再送入乾燥瓶」(許振武，2012)。本裝置就是加速降低冷媒冷卻溫度，讓車內達到所需涼爽溫度，使壓縮機縮短運轉時間減少機件損害，如下圖 3-4 所示。

(四) 儲液筒

儲液筒的功用是貯存冷媒，流過系統中的冷媒量是隨著冷氣機的作用情形隨時在變化，當冷氣機的熱負荷降低時，儲液筒貯存過量的冷媒，而當在冷氣效果需要增加時，放出貯存的冷媒，如此來維存系統中最適當的冷媒量。儲液筒內之乾燥劑可吸收冷媒中之水分，儲液筒且可使液態冷媒與氣態冷媒完全分離，如下圖 3-5 所示。



圖 3-2 蒸發器



圖 3-3 冷氣壓縮機



圖 3-4 冷凝器

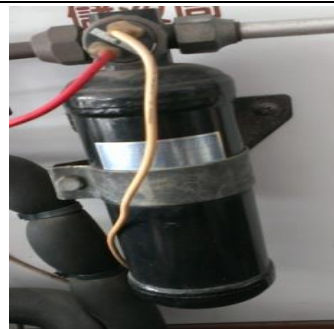


圖 3-5 儲液筒

資料來源：本小組自行拍攝

二、冷氣壓縮機運作時耗油量

由於汽車冷氣之動力來自引擎，而引擎轉數在 600~5,000 rpm 間變化，變化幅度較大，因此壓縮機之製冷量受到行駛狀態之影響。通常，當環境溫度 25°C 時，小客車在行駛所使用車內冷氣空調，約會增加 16% 的油料消耗；當環境溫度 35°C 時，使用車內冷氣空調約會增加 23% 的油料消耗(鍾皎平，2015)，故只要快速達到我們所設定溫度，即可減少壓縮運轉，怠速就會下降，即可達到省油。

三、冷氣機常見故障原因

學者許獻宇(2006)指出造成冷氣機空調系統冷凍效果 EER 值在炎熱夏季呈現大幅度降低的原因分成諸多因素，大體上歸納為以下幾點造成：

- (一)冷氣機空調管路鬆脫、鬆動或者腐蝕破洞，造成冷媒外洩使冷氣機達不到工作壓力及吸收熱量能力不足。
- (二)冷氣機空調管路阻塞，冷煤管內冷煤流動不易無法有足夠冷煤，冷氣機冷度因此降低。
- (三)冷氣機內部空調系統零件損壞（如：壓縮機、冷凝器等等）。
- (四)冷凝器空氣流率太低，以致冷凝器散熱效率低，無法將冷媒蒸汽完全冷卻成稍微低溫的高壓液體，讓閃變造成低溫的液態冷煤不足，因而冷凍效果降低。
- (五)冷凝器表面的溫度與大氣的溫差不夠高，導致冷凝器的散熱不良，冷凝器散熱率低，無法將冷媒蒸汽完全冷卻成稍微低溫的高壓液體，經膨脹閥的閃變造成低溫的液態冷煤不足，冷凍效果降低影響到冷氣機空調系統冷凍效果大為降低。

故在冷氣機常見故障原因中，原因第（一）~（三）項大部分是可經由維修使其冷氣機恢復正常運作功能，在第（四）~（五）項原因無法經由維修來恢復其冷氣機的功能。並且目前車輛冷氣最昂貴的零件為壓縮機。本專題正是針對該點作出有效改善冷氣空調的方法。

四、Arduino

Arduino，為開放原始碼的單晶片微電腦，「微電腦系統所有單元整合在一片晶片(Chip)上，其驅動和控制線直接、擴充容易、簡單易學，而且成本低」(林宜賢，2015)，它使用 Atmel AVR 單

片機，採用開放原始碼的軟硬體平台，構建於開放原始碼 simple I/O 介面板，並具有使用類似 Java，C 語言的 Processing/Wiring 開發環境。Arduino 能使用 Arduino 語言與 Macromedia Flash、Processing、Arduin 能使 Arduino 語言與 Macromedia Flash、Processing、Max/MSP、Pure Data 和 SuperCollider 等軟體，結合電子元件，如開關或感測器或其他控制器件、LED、步進馬達或其他輸出裝置，做出互動作品。Arduino 也可以獨立運作，成為一個可以跟軟體溝通的介面，如下圖 3-6 所示，故本專題採用 Arduino 作為控制模組。



圖 3-6 Arduino UNO 主機板

資料來源：微電腦原理與應用-Arduino；全華圖書股份有限公司

五、傳統旋轉型切換式磁阻馬達

傳統旋轉型切換式磁阻馬達 (switched reluctance motor, SRM)，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。

肆、製作方法

一、製作架構

本專題的製作流程請參考下圖 4-1。

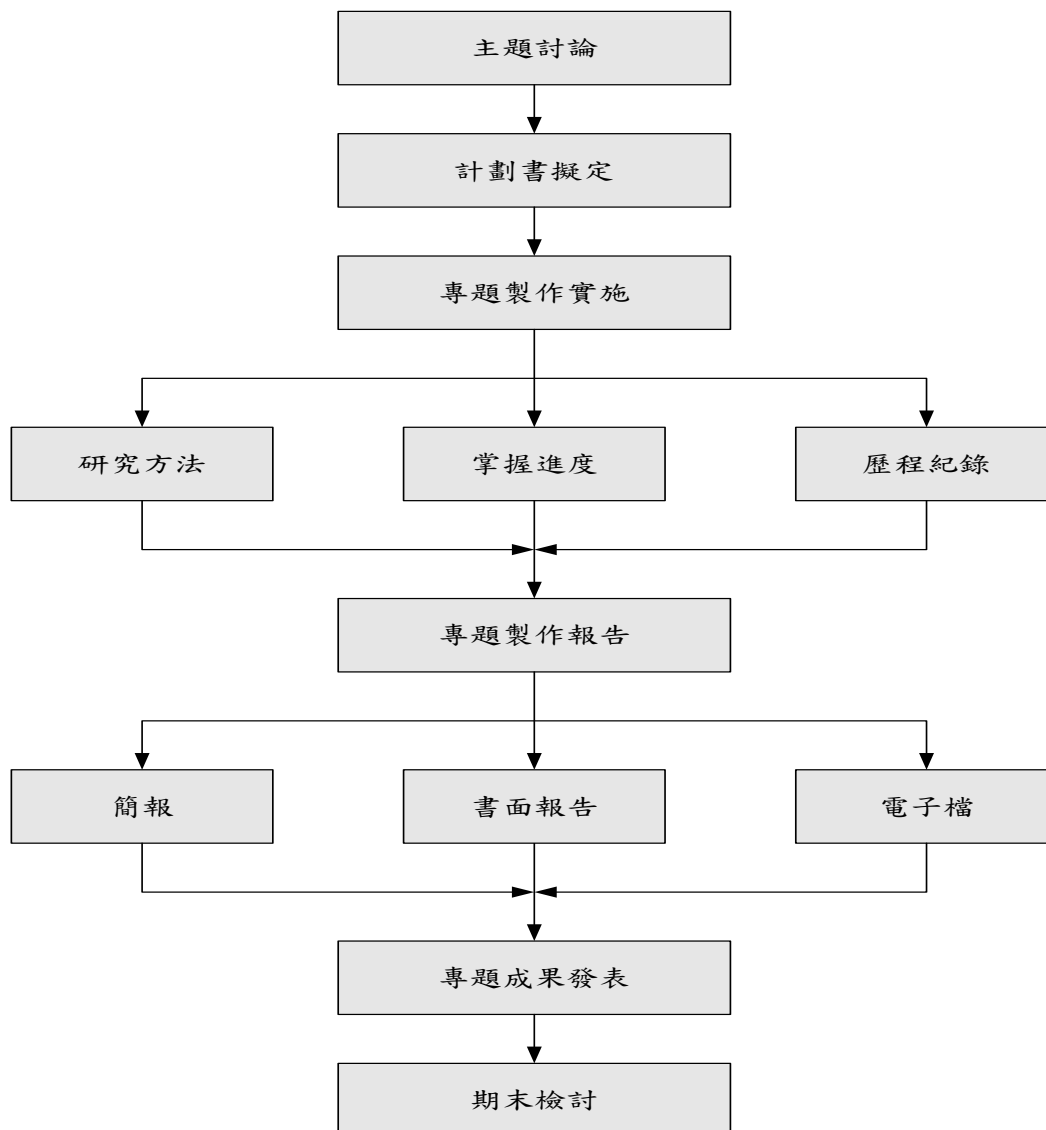


圖 4-1 專題製作架構圖

資料來源：本研究小組

二、設備材料

表 4-1 使用儀器（軟體）設備

儀器（軟體） 設備名稱	應 用 說 明
Solidwork	3D 機構及零件設計軟體，用以設計專題零件及組裝
3D 印表機	列印 3D 設計軟體所設計的零件，並予以組裝達成硬體動作功能。
Arduino 控制板	以 Arduino 為硬體核心設計驅動控制器。
鉛酸電池	提供驅動控制器及驅動電路之電源。

資料來源：本研究小組

表 4-2 使用材料名稱

材 料 名 稱	規 格	單位	數量	備 註
鉛酸電池	DC 12V	伏特	1	
Arduino 控制板	Arduino UNO R3	板	1	
穩壓 IC	LM7805	顆	2	
繼電器	5VDC	個	2	
電解電容器	2200 μ F/35V	個	2	
二極體	1N4001	個	2	
可變電阻	1K Ω	個	1	

資料來源：本研究小組

本作品之採用課程中實習課零組件，設備及使用材料，如表 4-1、表 4-2。

三、製作過程

本作品利用線性馬達帶動壓縮機不僅定子磁極上成形線圈的磁通密度高，所產生的磁驅動力強外，凸極型移動子構造可使用導磁性佳的材料，構元件簡單大量節省製造成本，且利用此凸極型線性馬達定子鐵芯之前後磁極上的驅動線圈，將通入線圈中的電能透過磁能，直接轉換成線性運動的機械能，無需額外的轉換傳動機構或機件，以直接驅動移動子作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、低噪音及提高輸出高效率。

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 4-2 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。

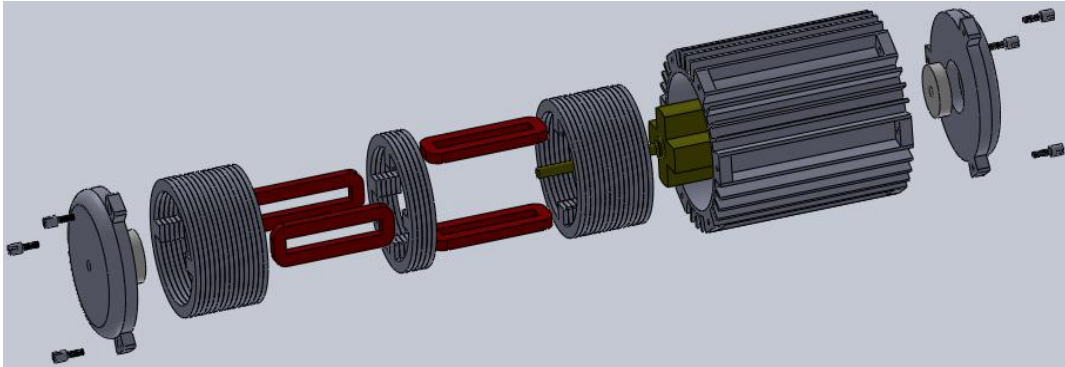


圖 4-2 本作品之凸極型線性馬達之立體爆炸圖

資料來源：本研究小組

本作品之凸極型線性馬達 90 度角剖面圖，如圖 4-3(a)、4-3(b)所示。圖 4-3(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 4-3(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心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。

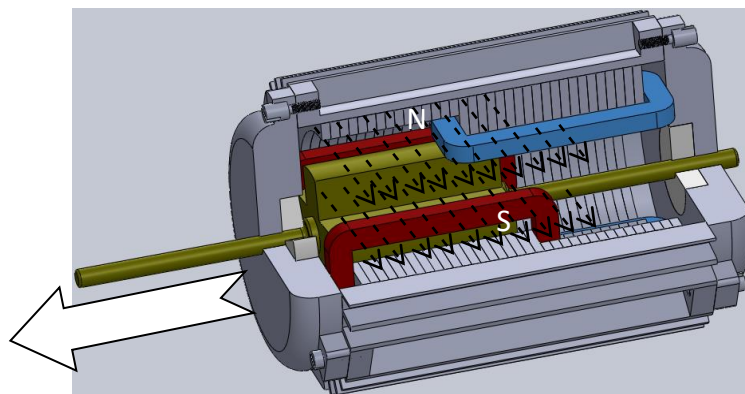


圖 4-3(a) 本作品之凸極型線性馬達之施加電流於前方成形線圈圖

資料來源：本研究小組

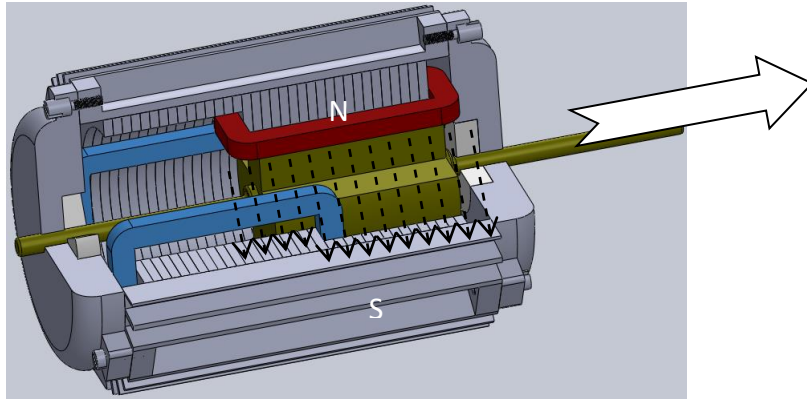


圖 4-3(b) 本作品之凸極型線性馬達之施加電流於後方成形線圈圖
資料來源：本研究小組

圖 4-4(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 4-4(a)或設計成高低壓活塞之壓縮機，如圖 4-4(b)，壓縮機缸體上更可設置多片散熱鰭片可幫助壓縮機散熱；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。

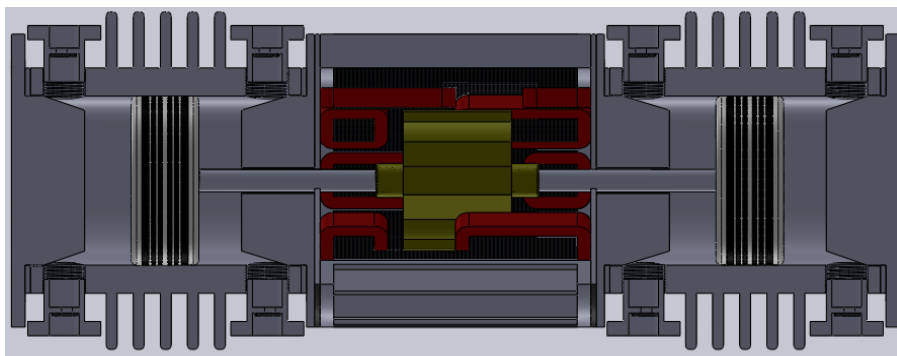


圖 4-4(a) 凸極型線性馬達之兩端連接相同壓縮機之剖面圖
資料來源：本研究小組

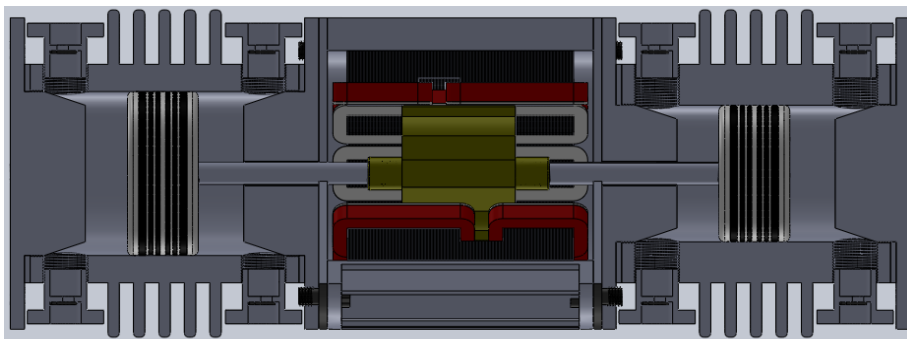


圖 4-4(b) 凸極型線性馬達之兩端連接高低壓活塞壓縮機之剖面圖
資料來源：本研究小組

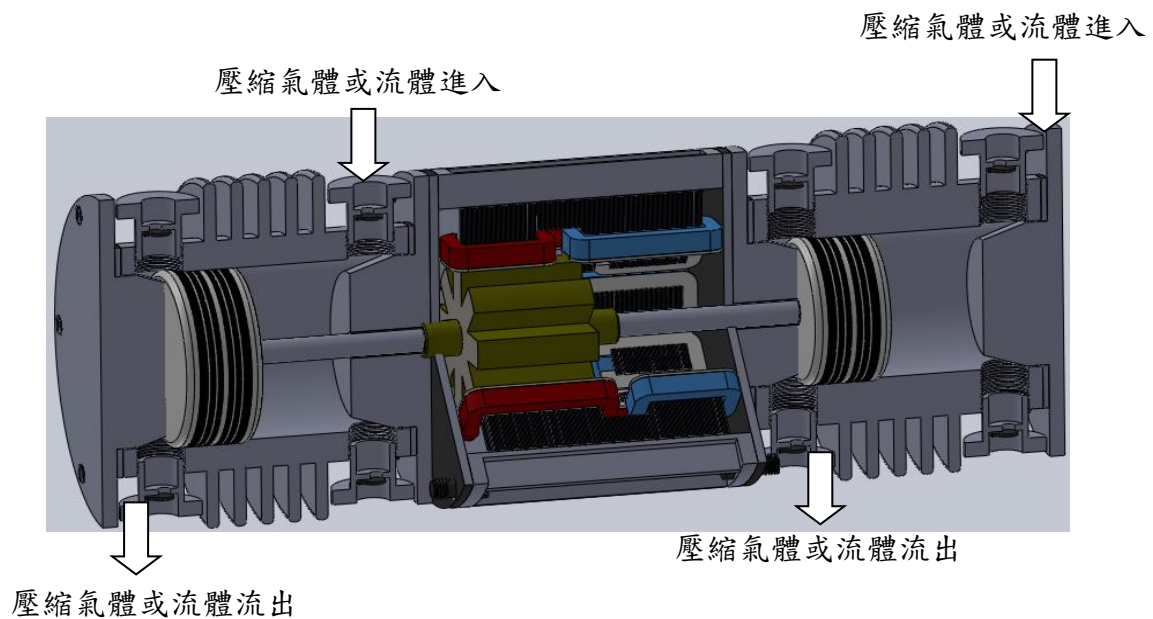


圖 5-2(a) 凸極型線性馬達之左側線圈群驅動帶動活塞往左運動圖

資料來源：本研究小組

如圖 5-2(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帶動兩側活塞往右壓縮，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右下之出氣逆止閥門排出。同時，兩側壓縮機缸體左上之進氣逆止閥門因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。

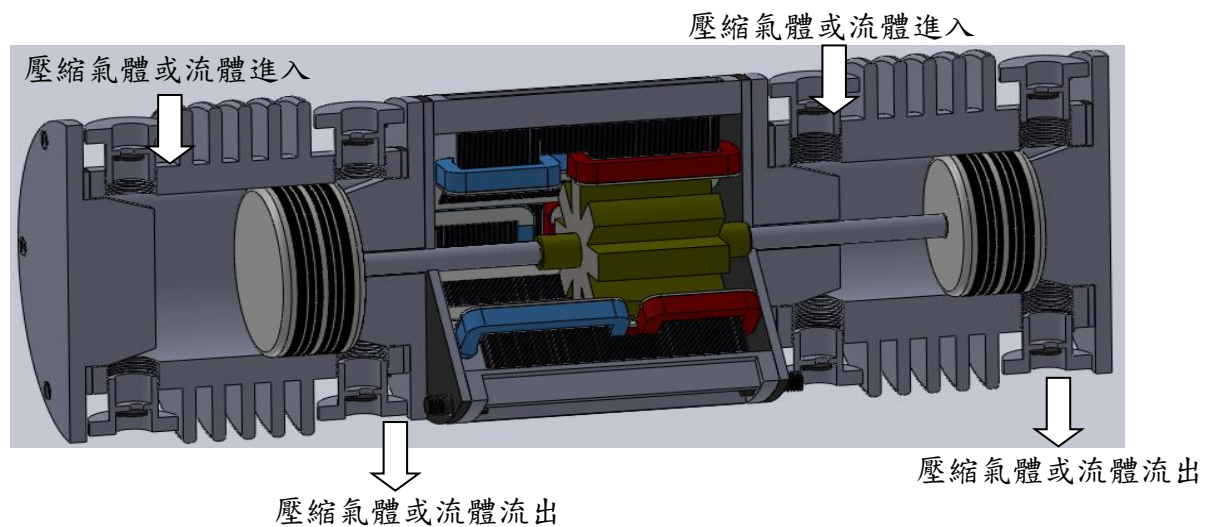


圖 5-2(b) 凸極型線性馬達之右側線圈群驅動帶動活塞往右運動圖

資料來源：本研究小組

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。

此外，本創作若使用單一凸極型線性馬達來帶動兩側壓縮機，因兩側活塞運動方向為同一方向，整體凸極移動子加上兩側活塞的慣性運動，會使壓縮機剛體在快速驅動活塞的情況下造成震動，進而產生噪音與機械力不平衡的狀況，若本作品設計運用在小型壓縮機上，不需考量震動與噪音等問題時，則本創作可具有縮小整體體積與驅動簡易之優勢，但若設計使用在中、大型壓縮機之驅動時，為防止單組兩端連接壓縮機缸體之凸極型線性馬達帶動雙活塞所產生之震動，可將兩組兩端各連接壓縮機缸體之凸極型線性馬達串接在一起，並且安排兩組凸極型線性馬達雙活塞安置在直線上相對的位置，以使驅動電流在驅動線性馬達時能造成移動部的相對運動，以抵消因單組雙活塞往復運動產生機械力所造成之震動，進而達到力量平衡減震功能，以消除震動及噪音。

如圖 5-3(a)所示為凸極型線性馬達雙活塞壓縮機組兩組串接活塞往兩側相對運動之剖面圖，當施加驅動電流於兩組凸極型線性馬達之外側線圈群時，兩個凸極移動子同時帶動活塞往外側相對運動，並帶動兩側活塞往兩側向外壓縮，形成單方向壓縮時具有四迴路、來回則具有八迴路的壓縮行程運作，不僅可達機械平衡的效果，更促使本設計能夠達到最高壓縮機效率的產生；圖 5-3(b) 為凸極型線性馬達雙活塞壓縮機組兩組串接活塞往中間相對運動之剖面圖。驅動方式相似於圖 5-3(a)所述。

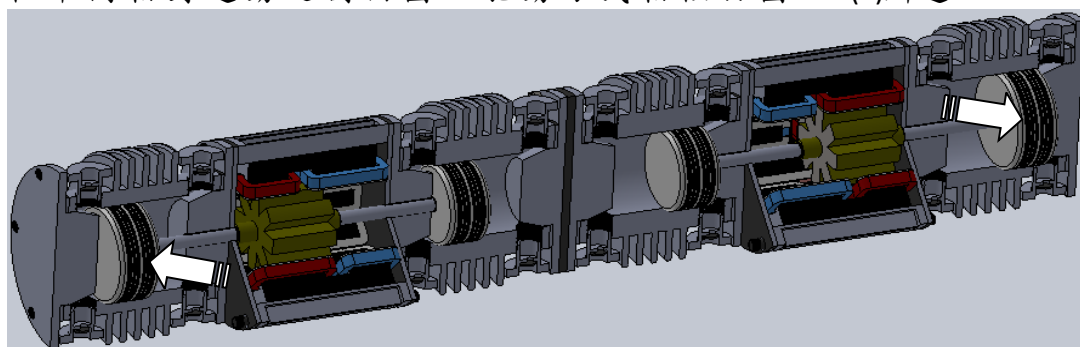


圖 5-3(a) 凸極型線性馬達雙活塞壓縮機組兩組串接活塞往兩側相對運動
資料來源：本研究小組

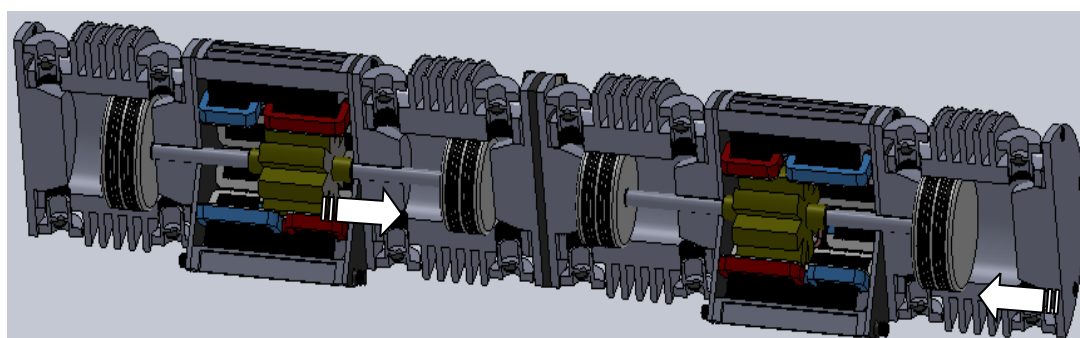


圖 5-3(b) 凸極型線性馬達雙活塞壓縮機組兩組串接活塞往中間相對運動
資料來源：本研究小組

三、成果討論

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。整體來說，歐美企業在中大型冷媒壓縮機領域實力較強，而日本企業則是家用和小型商用空調領域的技術和市場領導者；國內冷媒壓縮機產業雖然起步遠較國外企業晚，但發展至今已取得有目共睹的成績。

目前應用於空調產品的往復式冷媒壓縮機大部分是 6HP 以下的小容量密閉型產品，在較高能力範圍，往復式壓縮機的市場被其他類型壓縮機大幅侵蝕；雖然往復式壓縮機的製造業者很多，但市場掌控在 Copeland、Bristol 和 Tecumseh 三家大廠手中，2006 年這三家公司合計市佔率達到 81.4%。美國是往復式壓縮機的主要生產地，約佔全球總產量的 80%。

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，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複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、低噪音及提高效率。

- (4) 本作品凸極型線性馬達不僅定子磁極上成形線圈的磁通密度高，所產生的磁驅動力強外，凸極動子構造可使用導磁性佳的材料或永久磁鐵，構造元件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，兩側壓縮機之壓縮氣體或液體並無流經馬達本體中，馬達磁力不受壓縮氣體或液體高溫影響而致使驅動力下降，所以可設計成各種尺寸及各種壓縮力的需求，故可使用在危險特殊化學氣體或流體的傳輸上使用。
- (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時，經由磁力直接轉換成壓縮力帶動凸極動子運動，在能量轉換過程中並無任何機械轉換損失，是為輸出機械力直接線性往復運動，線性度極高；故壓縮機可設計成無油潤滑，為一項非常節能及高效率的設計。

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。

陸、結論

依據工研院產業經濟與趨勢研究中心(IEK) 2007/12/04，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，如表 2 所示。

表 6-1 2006 年全球冷媒壓縮機市場規模

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。

近年來又隨著環保意識的高漲，在節約能源、抑制 CO₂ 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 CO₂、氨 NH₃、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 CO₂ 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以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。

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, "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, "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"。
- (13)鄭少康(2008)。汽車實習V綜合篇。新北市：台科大圖書股份有限公司。
- (14)林宜賢(2015)。微電腦原理與應用-Arduino。新北市:全華圖書股份有限公司。

- (15)高敏聰(2015)。電子概論與實習總複習。新北市:科友圖書股份有限公司。
- (16)高敏聰(2015)。電工概論與實習。新北市:台科大圖書股份有限公司。
- (17)許振武(2012)。汽車空調。台北市：華興書局。
- (18)張志鉸(2012)。電工概論與實習。台南市：復文圖書有限公司。
- (19)蔡燕山、蔡賜琦(2012)。電子概論與實習。新北市：台科大圖書股份有限公司。
- (20)蔡朝洋(2006)。電子電路實習。新北市：全華科技圖書股份有限公司。
- (21)鍾皎平(2015)，停置汽車車內空氣品質的研究，大華科技大學/機電工程研究所。



高足盈校 英才輩出

高雄縣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) 7832991

網址：www.kyicvs.khc.edu.tw

E-Mail：kyic@kyicvs.khc.edu.tw