

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



創新節能交錯移動子壓縮機

指導老師：蘇志雄 老師

科別班級：電機科 3 年 2 班

組 長：李佳承(08)

組 員：張家毓(16)、蔡保泉(34)

中 華 民 國 105 年 6 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。

經過這麼漫長的時間，本專題報告在努力下終於順利的完成，要先感謝指導老師蘇志雄老師細心的引導我們，克服專題製作中所面臨的困難，使得本專題可以順利完成。

專題報告口試期間，感謝林勇志老師給予我們很多上台練習的機會，不僅給我們指導，並且提供寶貴的經驗與建議，使得我們的專題內容可以更完整，在此由衷感謝。

同時在這段時間內，也感謝週遭老師及學生的支持協助，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。

最後，感謝科內的各位老師在各個學科領域方面，細心的指導，使我們的專題報告能夠更充實更完整，在此致上最高的敬意。

中文摘要

本作品改良傳統往復式壓縮機利用旋轉式馬達帶動曲柄連桿機構推動活塞，使汽缸內氣體壓縮，進而得到所需要的壓力，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，卻衍生出潤滑油汙染壓縮氣體或流體等問題。

本作品是有關於一種具有凸極型交錯移動子線性馬達之往復式雙活塞壓縮機，利用電樞線圈產生之磁場，以驅動前後交錯排列的凸極移動子，透過驅動定子電樞線圈吸引前後凸極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可連接雙活塞壓縮機，使得壓縮機缸體內之氣體壓縮，構成由線性馬達帶動之往復式雙活塞壓縮機；本專利具有無側向力，減少摩擦耗損，進一步達到高機械強度、低機械耗損、低噪音、提高效率及構造元件簡單大量節省製造成本等特色。

關鍵詞：交錯移動子、電樞

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、前言	1
二、創意設計	1
三、創意節能特色	6
四、市場效益	7
貳、理論探討	9
一、傳統旋轉型切換式磁阻馬達	9
二、本作品之凸極型線性馬達	10
三、本作品之凸極型線性馬達 90 度角剖面圖	10
四、製作方法	14
五、鈹鐵硼磁鐵	14
六、3d 印表機	15
七、壓縮機種類	15
八、電力電驛基本原理	16
參、專題製作	19
一、設備及器材	19
二、團隊任務配置	22
肆、製作成果	23
一、製作過程	23
二、製作成果與功能介紹	24

伍、結論與未來實用性	28
一、結論	28
二、未來實用性	30
陸、參與心得	33
柒、參考文獻	35

表目錄

表 1	使用儀器設備一覽表	19
表 2	使用材料	20
表 3	專題製作計畫書	21
表 4	工作進度甘特圖	22

圖目錄

圖 1 傳統傳統往復式壓縮機參考圖	1
圖 2 交錯電樞直驅式往復馬達	2
圖 3 (a) 凸極型線性馬達之兩端連接相同壓縮機之剖面圖	3
圖 3 (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	4
圖 4 凸極型線性馬達之右側線圈群驅動帶動活塞往右運動圖	5
圖 5 兩組串接活塞往兩側相對運動之剖面圖	6
圖 6 專題製作架構圖	8
圖 7 本作品之凸極型線性馬達之立體爆炸圖	10
圖 8 (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 8(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	11
圖 9(a) 凸極型線性馬達之兩端連接相同壓縮機之剖面圖	12
圖 9(b) 凸極型線性馬達之兩端連接活塞壓縮機之剖面圖	12
圖 10 (a)左側線圈群驅動帶動活塞往左運動圖	13
圖 10(b)右側線圈群驅動帶動活塞往右運動圖	14
圖 11 鈦鐵硼磁鐵	14
圖 12 保持電驛	17
圖 13 保持電驛接腳圖	18
圖 14 控制電路	21
圖 15 零件材料	23
圖 16 修整材料	23
圖 17 設備組裝	23
圖 18 壓縮機半成品	23
圖 19 手動控制裝設	23

圖 20 通電手動測試	23
圖 21 電源指示燈	24
圖 22 快速壓縮指示燈	24
圖 23 中速壓縮指示燈	24
圖 24 慢速壓縮指示燈	24

壹、前言

一、前言

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，如圖 1 所示。

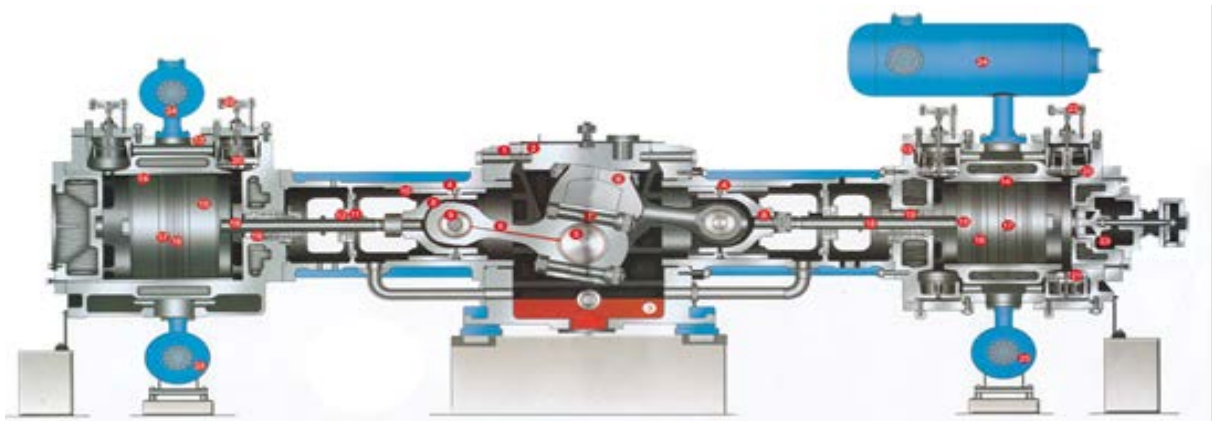


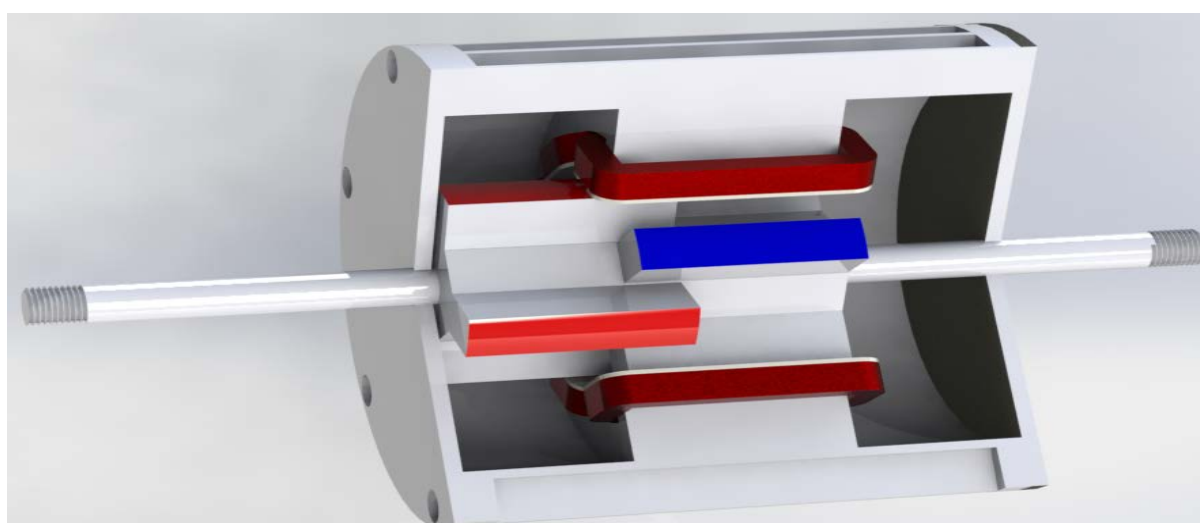
圖 1 傳統傳統往復式壓縮機參考圖

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。

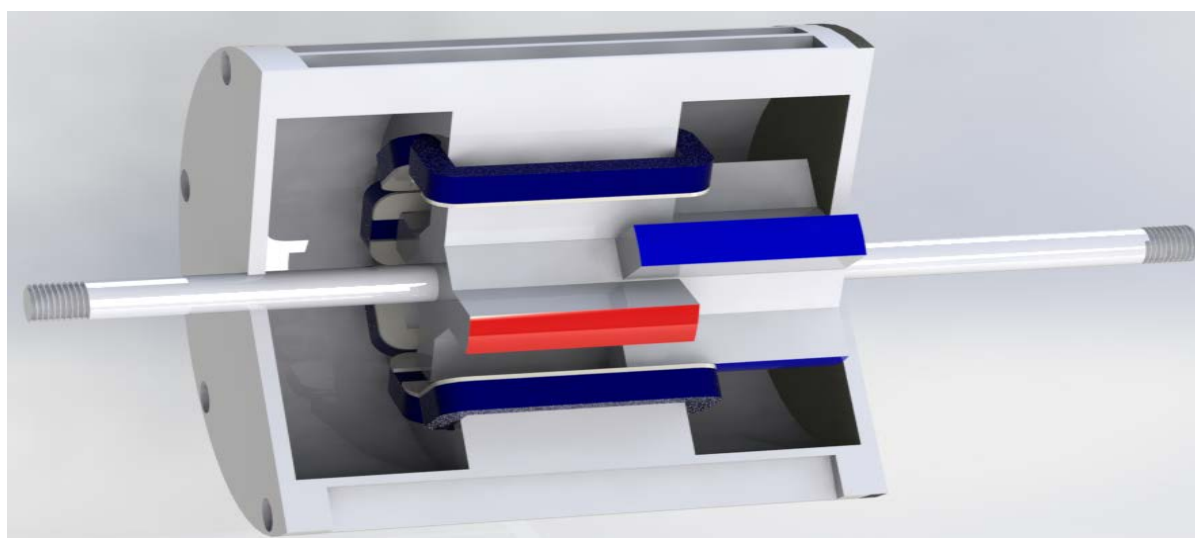
二、創意設計

本發明是有關於一種凸極型線性馬達及具有凸極型線性馬達之往復式雙活塞壓縮機，特別是有關於一種利用線圈單元產生之磁場，以驅動移動子中前後交錯排列的第

一凸極及第二凸極，透過磁極吸引第一凸極或第二凸極沿著定子之中心軸向往復線性運動之馬達，如圖 2 所示。本發明之凸極型線性馬達 120 度角剖面圖，如圖 2(a)、(b)所示。圖 2(a)藉此施加驅動電流於成形現圈，產生 N 極磁場透過定子電樞來吸引牽動移動子鐵芯向前移動，而鐵芯前後移動的驅動大小由定子的線圈匝數與電流來決定驅動力的大小；然而如圖 2(b)所示，若驅動反向電流於線圈時，產生 S 極磁場透過定子電樞磁極來吸引牽動凸極型移動子向後移動。



(a)



(b)

圖 2 交錯電樞直驅式往復馬達

此凸極型線性馬達之兩端更可連接具有雙活塞之壓縮機，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壓縮機，如圖 3 所示。

圖 3(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凸極為例，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 3(a))或設計成高低壓活塞之壓縮機(如圖 3(b))，壓縮機缸體上更可設置更多散熱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。

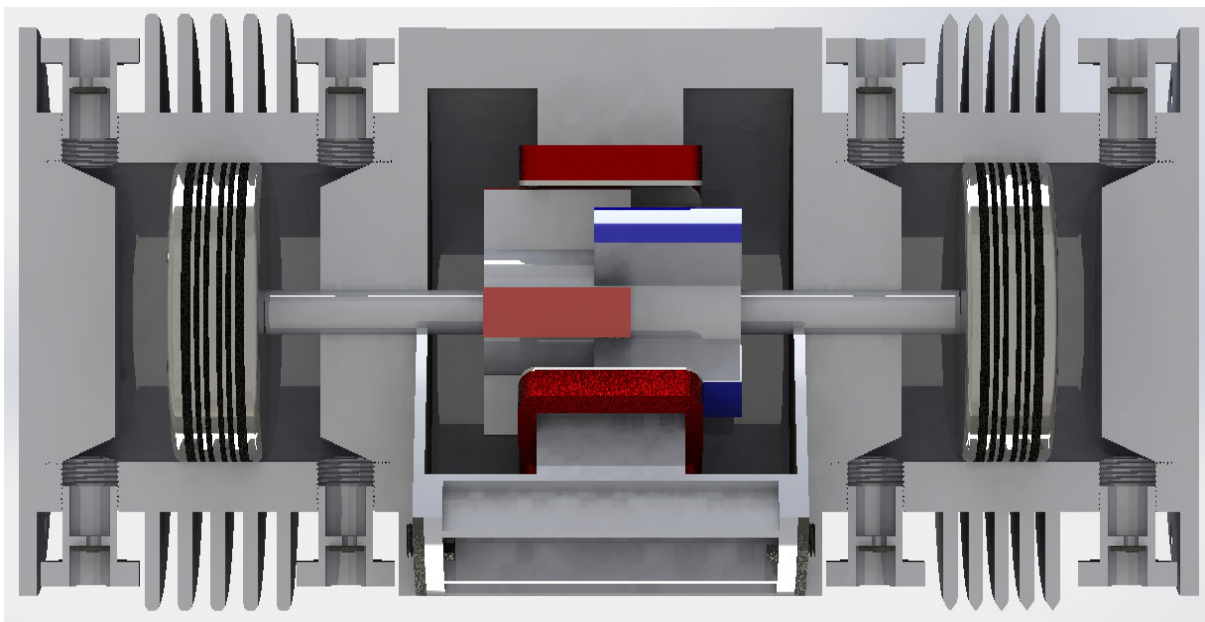


圖 3(a) 凸極型線性馬達之兩端連接相同壓縮機之剖面圖

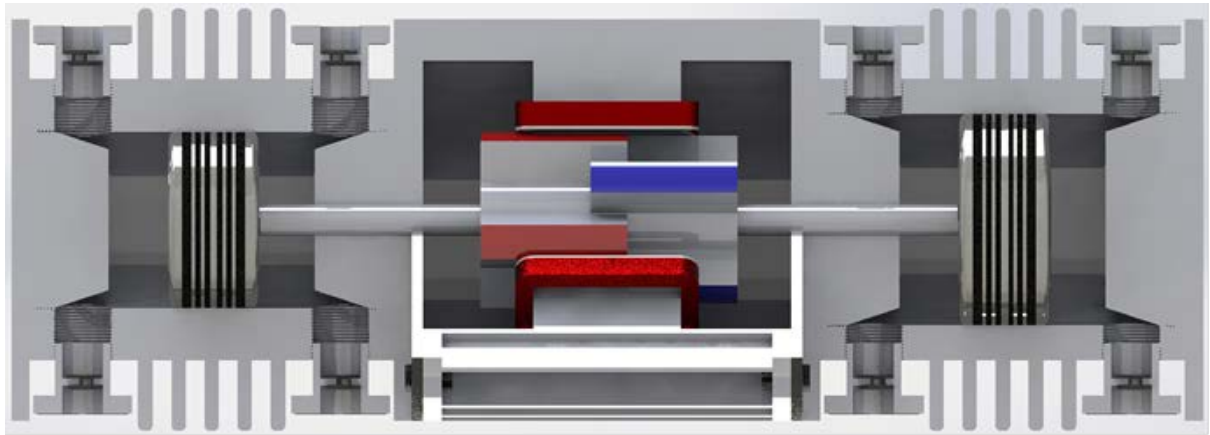


圖 3(b) 凸極型線性馬達之兩端連接高低壓活塞壓縮機之剖面圖

如圖 4 當施加驅動電流於凸極型線性馬達之右側線圈時，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。

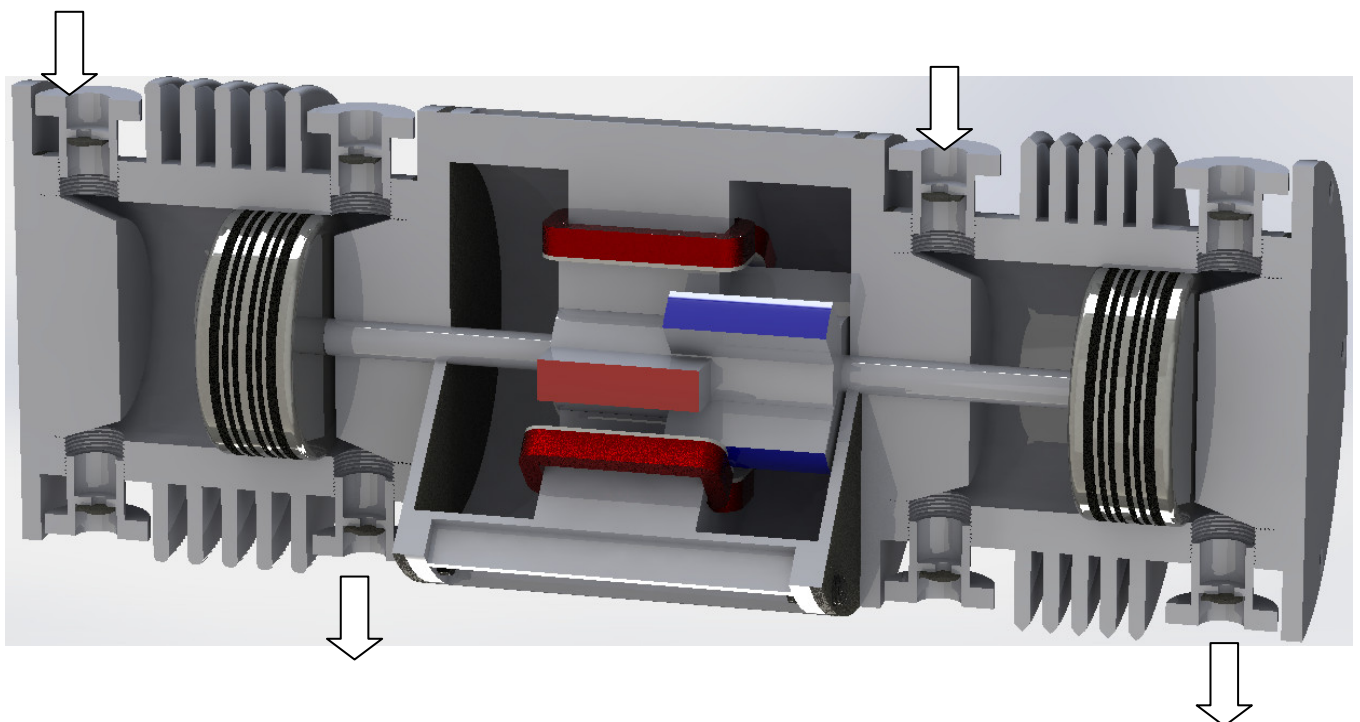


圖 4 凸極型線性馬達之右側線圈群驅動帶動活塞往
右運動圖

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。

本作品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 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。

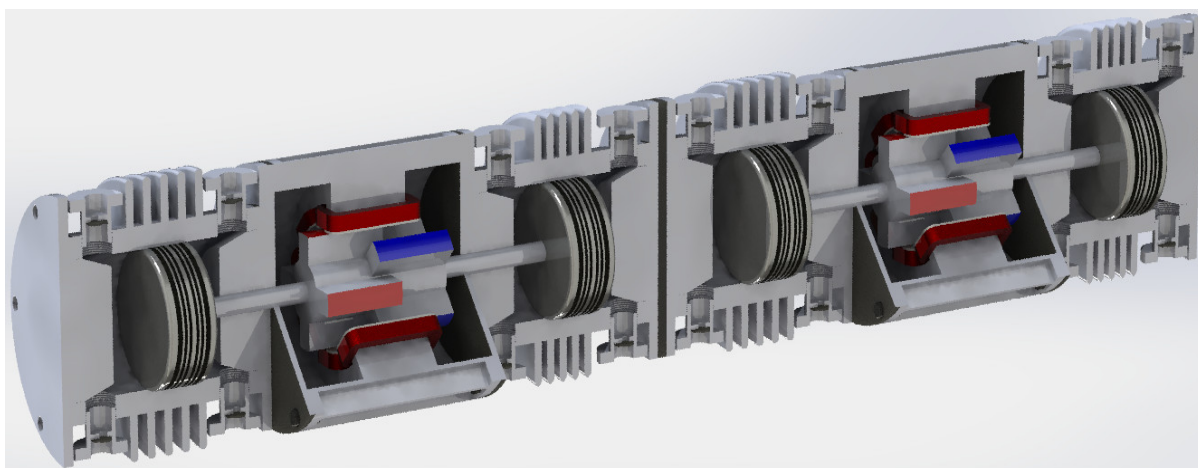


圖 5 兩組串接活塞往兩側相對運動之剖面圖

三、創意節能特色

本作品利用前後交錯的凸極移動子及單電樞設計，組成線性馬達並帶動兩側的雙活塞壓縮機；定子電樞使用傳統磁極上配置線圈，所產生的磁通密度高、磁驅動力強，而移動子設計成凸極型，鐵芯材料可使用導磁性佳的材料或永久磁鐵，因構造簡單故能縮減製作成本；驅動此線性馬達使電能直接轉換成線性運動的機械能，以直接驅動前後定子線圈使移動子做往復運動，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，達到高機械能低耗損、低噪音及高輸出高效率，本作品為何能夠作為廣泛壓縮機設計應用的優勢是因為具有多個下述優點：

- (1) 本作品線性馬達可依照定子與鐵心改變距離使運動長度增加。
- (2) 本作品線性馬達可增加移動子凸極數量配合定子電樞而增加磁吸力，使其應用在驅動需要更大壓縮力之電器或工業之壓縮機。
- (3) 本創新線性馬達跟傳統往復式馬達不同處，在於傳統往復式馬達為外覆式螺線管線圈設計，驅動力較弱只能用於小型電器等，本作品線性馬達使用磁極直接帶動活塞，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) 本作品線性馬達不僅定子磁極上的磁通密度高，所產生的磁驅動力強，移動子可使用導磁性佳的材質或永久磁鐵，使組成元件大量減少，故能降低製作成本。

(5) 本作品線性馬達與兩側壓縮機是隔離設計，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。故可設計成各種尺寸及各種壓縮力的需求，並且可使用在危險特殊化學氣體的輸送上。

(6) 本作品線性馬達構件簡單，由磁力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，故壓縮機可設計成無油潤滑，是一項節能及高效率的設計。

四、市場效益

從產業發展歷程來看，壓縮機是一個相當傳統的產業，已有超過百年的發展歷史，由於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。因此在此全球迫切節能減碳的壓力下，本創作之「交錯移動子直驅式往復壓縮機」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，未來可設計朝向不種用途的壓縮機應用，未來商機無限。

三、製作架構

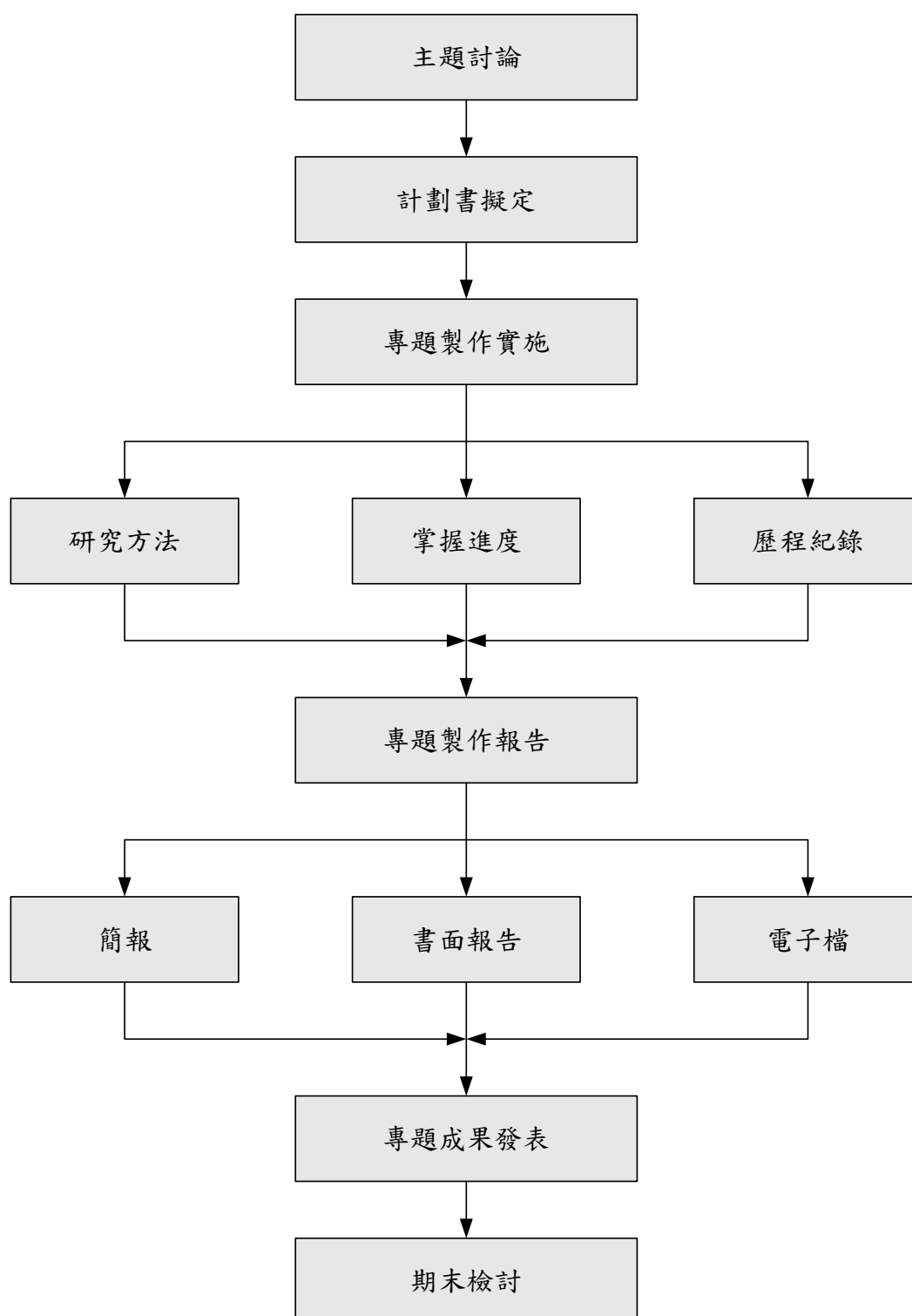


圖 6 專題製作架構圖

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合或為永久磁鐵，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 7 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。

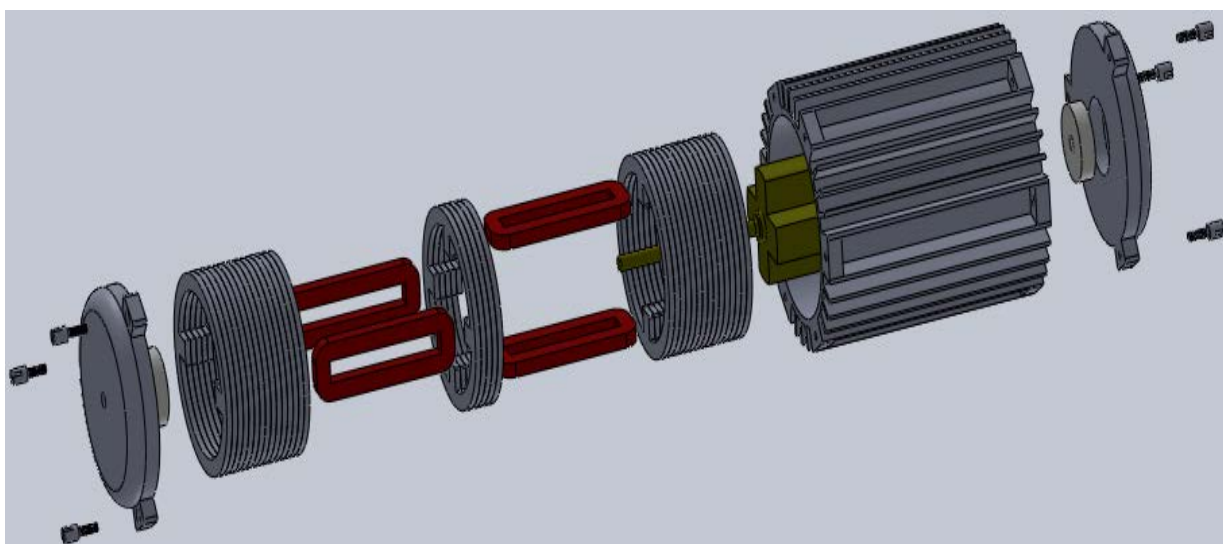


圖 7 本作品之凸極型線性馬達之立體爆炸圖

三、本作品之凸極型線性馬達 90 度角剖面圖

如圖 8(a)、8(b)所示。圖 8(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 8(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。

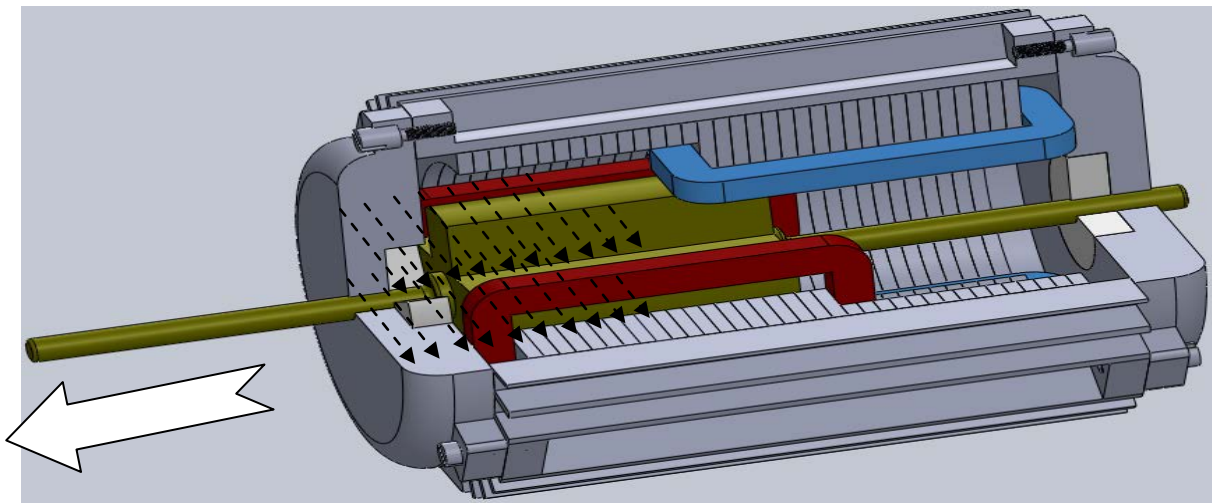


圖 8(a) 本作品之凸極型線性馬達之施加電流於前方成形線圈圖

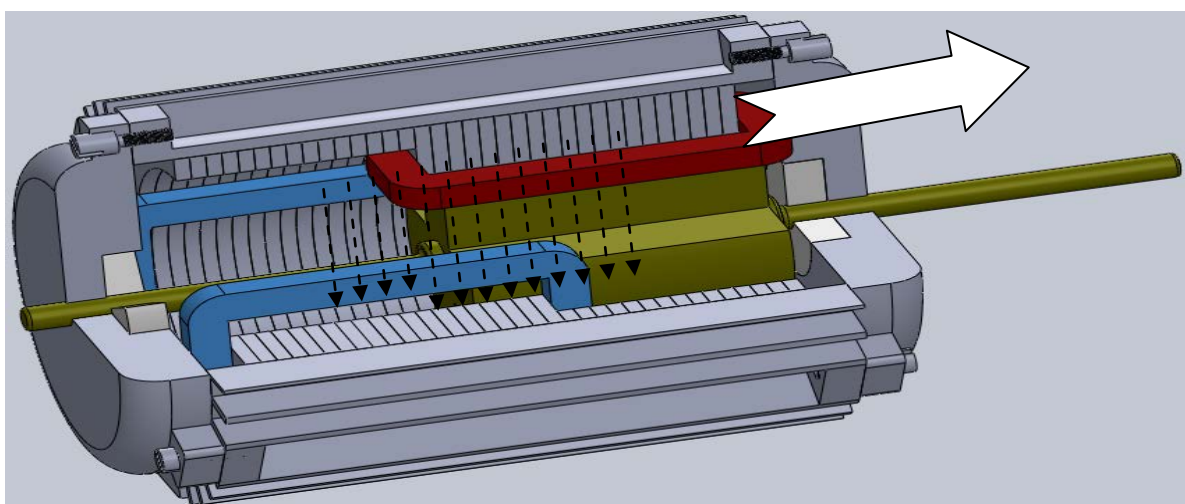


圖 8(b) 本作品之凸極型線性馬達之施加電流於後方成形線圈圖

圖 9(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 9(a)）或設計成高低壓活塞之壓縮機（如圖 9(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。

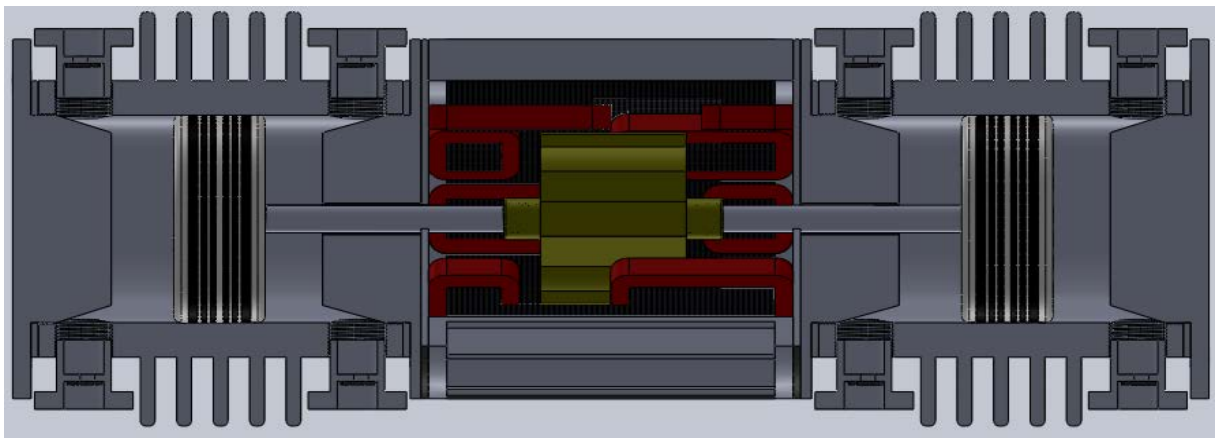


圖 9(a) 凸極型線性馬達之兩端連接相同壓縮機之剖面圖

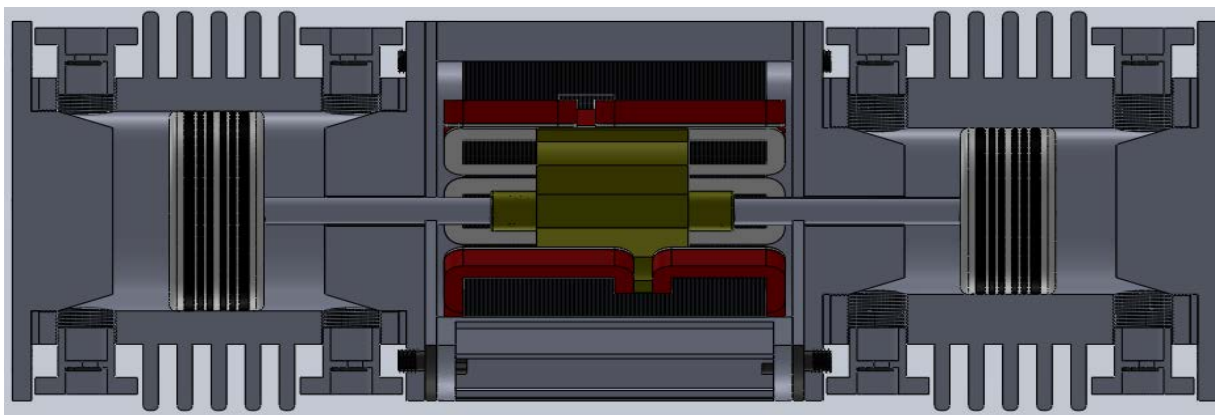


圖 9(b) 凸極型線性馬達之兩端連接活塞壓縮機之剖面圖

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 10(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。

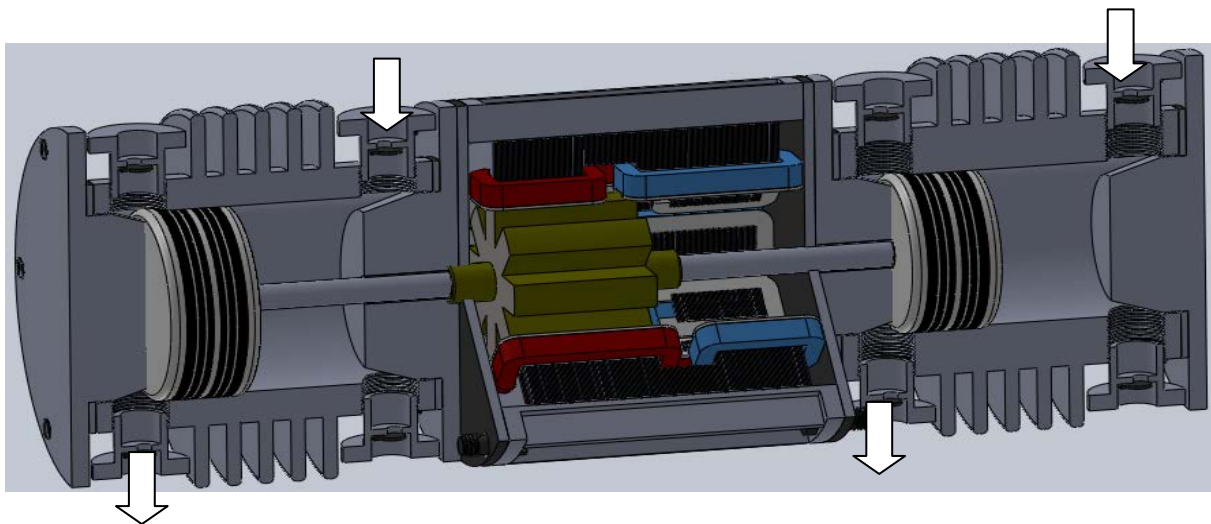


圖 10(a)左側線圈群驅動帶動活塞往左運動圖

如圖 10(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。

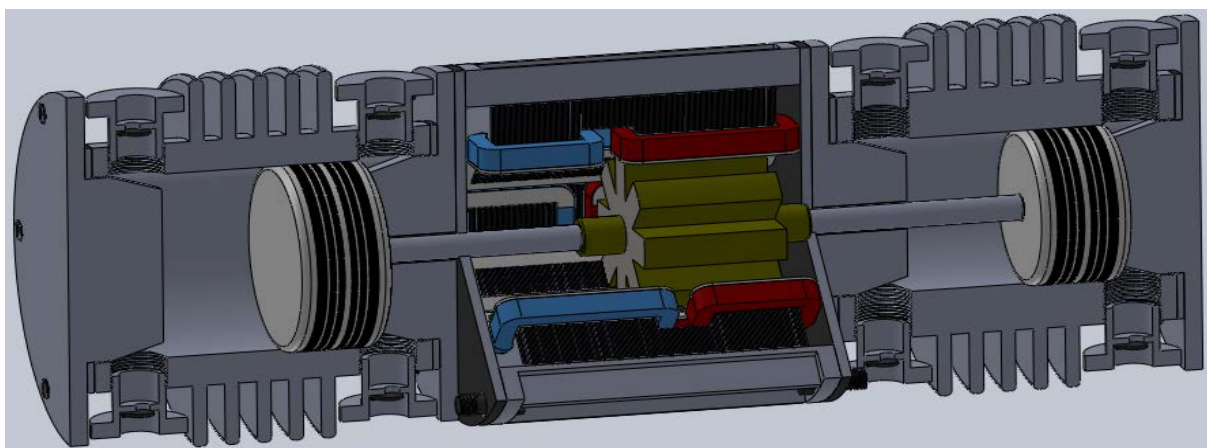


圖 10(b)右側線圈群驅動帶動活塞往右運動圖

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。

四、製作方法

我們使用了螺絲起子(鎖螺絲.拆螺絲.配線)剝線鉗(剝線.剪線)三用電表(量測電路)3D 印表機(列印作品元件)鑽孔機(方便組裝元件)。

五、鈹鐵硼磁鐵



圖 11 鈹鐵硼磁鐵

是由釹、鐵、硼 ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$) 形成的四方晶系晶體。於 1982 年，住友特殊金屬的佐川真人 (Masato Sagawa) 發現釹磁鐵。這種磁鐵的磁能積 (BH_{max}) 大於釷鈷磁鐵，是當時全世界磁能積最大的物質。^[2]後來，住友特殊金屬成功發展粉末冶金法 (powder metallurgy process)，通用汽車公司成功發展旋噴熔煉法 (melt-spinning process)，能夠製備釹鐵硼磁鐵。^[3]這種磁鐵是現今磁性最強的永久磁鐵，也是最常使用的稀土磁鐵。

六、3d 印表機

又稱增量製造、積層製造 (Additive Manufacturing, AM)，可指任何列印三維物體的過程。^[1]3D 列印主要是一個不斷添加的過程，在電腦控制下層疊原材料。^[2]3D 列印的內容可以來源於三維模型或其他電子資料，其列印出的三維物體可以擁有任何形狀和幾何特徵。3D 列印機屬於工業機器人的一種。

七、壓縮機種類

目前市場上的壓縮機有往復式、迴轉式、渦卷式、螺旋式、離心式。

往復式每年需拆卸保養一次，並更換冷凍機油。它的優點是 1.適用於高速運轉。2.可靠性高。3.排氣脈動小。缺點是 1.高機械損失。2.噪音大。

迴轉式每年更換破損品。它的優點是 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。缺點是 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。它的優點是 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。缺點是 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。它的優點是 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。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。缺點是 1.加工精密，所以價格高。2.不易小型化。

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。它的優點是 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。缺點不適合用於氣量太小及壓縮比過高之場合。

八、電力電驛基本原理

電驛（Relay）的英文原意是轉送、接力、補充的意思。但是在電氣系統解釋是將電氣信號做傳遞、處理或回應，即在電路裡繼續將電的信號交替下去。能夠處理這件工作的裝置就叫電驛。以前也有人把 Relay 翻譯為繼電器或替續器。在低壓控制電路裡常用到的有電磁電驛、電力電驛、保持電驛、棘輪電驛及控制時間的限時電驛等。若是一個低壓控制系統裡少了這些電驛的幫忙，就很難達到隨心所欲的控制效果。

（一）電驛各部份的構造名稱

（1）、電磁線圈：通以額定電壓，使電磁接觸器產生吸持力。

（2）、固定鐵心：內部安裝電磁線圈，透過鐵心才能產生吸持力。

（3）、可動鐵心：帶動可動接點，被固定鐵心吸引，使接點

產生變化。

(4)、輔助 A 接點：平時為開啟狀態，線圈通電時變成通路。

(5)、輔助 B 接點：平時為接通狀態，線圈通電時變成開路。

(6)、蔽極線圈：避免交流電因零點電壓時，線圈因消磁所產生的振動

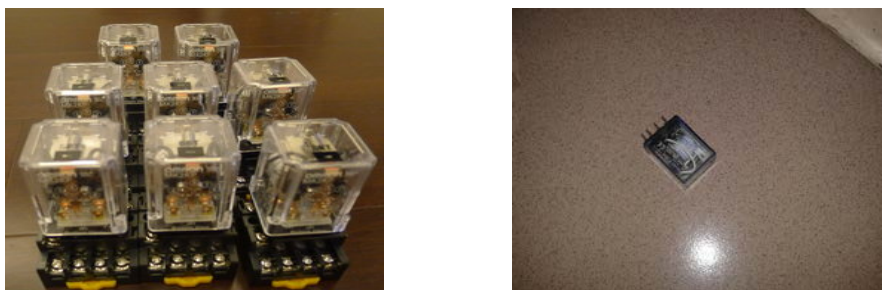


圖 12 保持電驛

(二) 電驛接腳：

Keep Relay(保持電驛)，與一般控制電驛最大不一樣就是一般電驛是線圈送電接點投入，而斷電時則由彈簧做接點復歸。

但保持電驛則是送電與斷電都是靠電磁線圈吸引而使接點轉態，兩線圈都不送電時則接點會一直停留在最後一次通電後的狀態。

通常保持電譯有 SET 與 RESET 兩線圈，SET 是接點投入線圈(SC, Set Coil), RESET 則是接點復歸線圈(RC, Reset Coil)

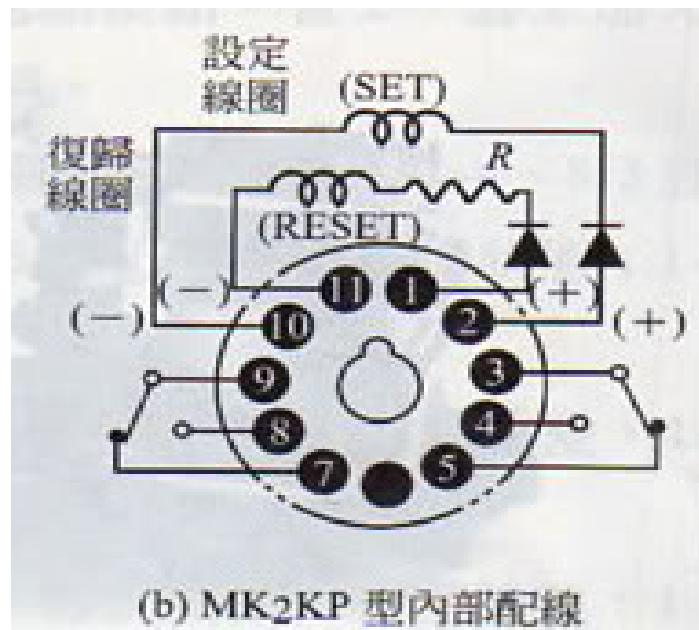


圖 13 保持電驛接腳圖

九、應用場所

適用於電動車冷氣壓縮機、除濕機、冷飲機、冰水機、各類型冰箱、冷氣機、冷凍機、各類型空氣壓縮機、空調壓縮機、工業用壓縮機、各類型製冷壓縮機、需具有往復式運動系統之驅動源。

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

表 2 使用材料

材料名稱	數量
Arduino UNO R3 控制板	1
CT (比流器)-- SCT-013-000	2
感測器擴展板	1
L298N 馬達驅動板	1
2000mA 18650 充電電池	2
18650 電池盒	1
18650 充電器	1
杜邦線	40
銅柱 35mm	4
銅柱 10mm	2
3mm 螺絲螺母	若干

表 3 專題製作計畫書

專 題 類 型		☐ 個人型專題 ☒ 團隊型專題
科 別 / 年 級		電機科 / 三年級
專 題 名 稱	中 文	<u>創新節能交錯移動子壓縮機</u>
	英 文	Innovative energy-saving linear reciprocating compressors
專題內容簡述		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。
指導老師姓名		蘇志雄 老師
組 長 姓 名		李佳承 (08)
組 員 姓 名		張家毓(16)、蔡保泉(34)
專題執行日期		104 年 9 月 1 日至 105 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 FaceBook 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

時間 工作進度	102 年				103 年						負責成員
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
確認研究主題	●	●									張家毓
擬定研究大綱	●	●									張家毓
文獻資料蒐集		●	●	●							蔡保泉
製作原理探討		●	●	●							全體成員
硬體電路設計			●	●							李佳承
購買專題器材				●	●						全體成員
硬體電路製作				●	●	●	●				全體成員
整體專題測試							●	●			全體成員
數據資料整理							●	●			張家毓
撰寫專題報告								●	●		張家毓
專題成果發表									●	●	李佳承
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 15 零件材料



圖 16 修整材料



圖 17 設備組裝

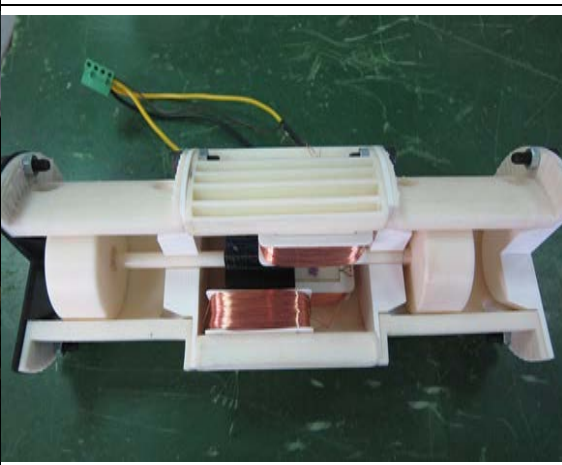


圖 18 壓縮機半成品

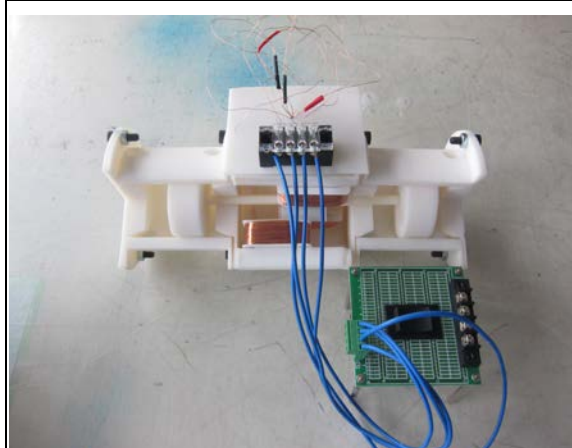


圖 19 手動控制裝設

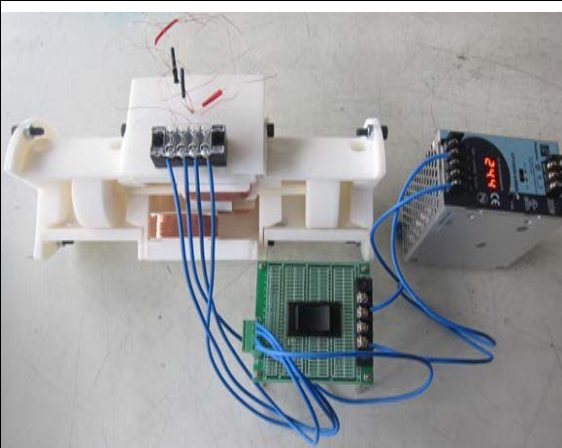


圖 20 通電手動測試

二、製作成果與功能介紹

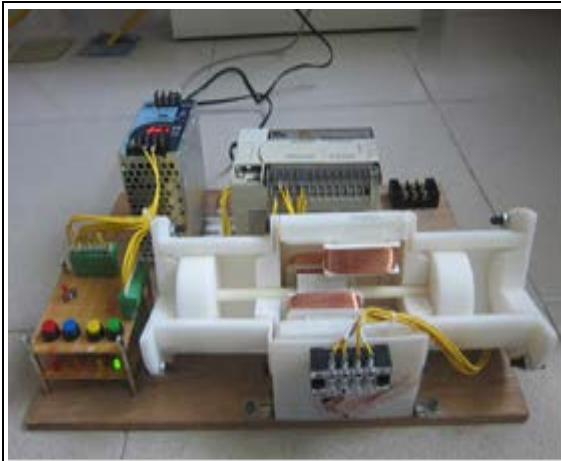


圖 21 電源指示燈

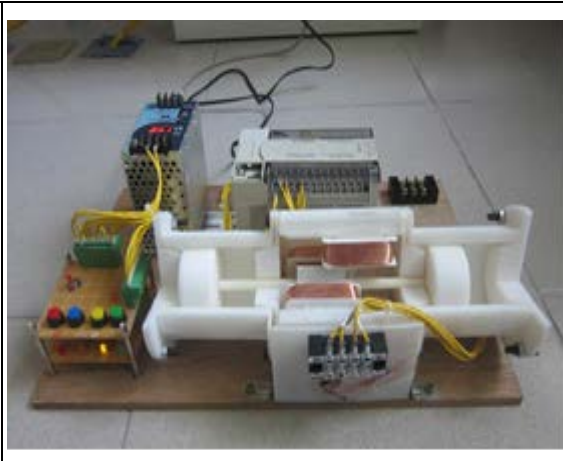


圖 22 快速壓縮指示燈

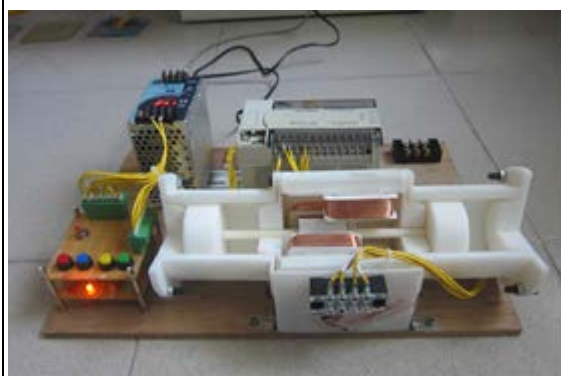


圖 23 中速壓縮指示燈

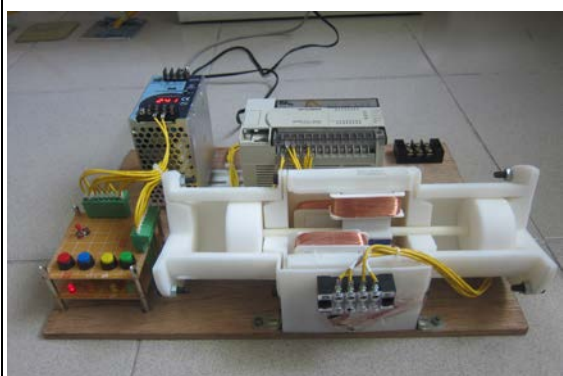


圖 24 慢速壓縮指示燈

三、具體內容（包含預定進度與實際進度）

項次	活動內容	實施過程	預定執行時間	實際執行時間
1	參與專題製作研習	參與研習	103.12.20	103.12.20
2	擬定專題製作主題與方法	小組討論	103.09～12	103.09～12
3	專題作品設計與製作	小組討論、合作	104.01～03	104.01～03
4	製作簡報、口頭表達訓練	小組討論、實作	104.02～03	104.02～03
5	參與期中報告	製作簡報、口頭報告	104.03.07	104.03.07
6	研究報告撰寫	小組討論、合作	104.04	104.04～05
7	口頭表達訓練	小組討論、實作	104.05	104.05
8	參與期末報告及作品展示	製作海報、口頭報告	104.05.23	104.05.23

四、問體與解決

Q1:驅動器過於佔空間該如何解決？

A1:驅動器上的測試 可以改良為體積更小 我們從 plc 控制改成單晶片 arduino 控制

Q2:組裝過程中遇到尺寸不吻合造成組裝困難該怎麼辦？

A2:我們可以利用 3d 印表機重新印出各元件的尺寸大小 使各個零件組裝起來不會衝突

如果在組裝過程中原件大小發生衝突 能夠精準地去調整大小

伍、節能效益

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「創新節能線性壓縮機」改良了目前往復式壓縮機的多項缺點，樂觀預估未來全球壓縮機的市場，在本作品：構件簡單、低製造成本、可小型化、驅動簡易、低耗能及極高效率…等優勢競爭之下，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，並可逐年增加其他領域應用的場所，以提供新節能壓縮科技的全面應用，達至全球節能減碳救地球的真正願景與目標。

伍、結論與建議

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，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) 本作品之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。

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。

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)

單位：百萬美元；百萬

台

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。

三、參與心得

1. 組長：李佳承

這是我第一次與其他同學、老師一起合作製作專題，剛開始在討論專題題目以及設計的時候，雖然有很多的想法，但在與同學們討論以及老師給予的建議之後，最終選擇了此專題「創新節能直驅式往復線性壓縮機」來當作這次的專題。製作過程中，以研究各類型壓縮機以及各類參考文獻最為困難，幸好有老師的輔助以及同學的配合，使這些難關都一一的突破，使專題的設計和製作以及簡報都能順利的在時間內製作出來。雖然製作出來的成品，不是想像中的完美，但在製作的過程中，體會到了團隊合作的意義。

2. 組員：張家毓

終於三年級了，多了一項專題製作的課程，每組製作都要有報告分別為期初、期中、期末報告，這可以讓我們學習到很多知識，例如：可以學習到團結心.學習到如何製作專題.學習到如何上台報告給各位校長.主任.教授.老師.同學.學弟，如果遇到什麼樣的問題與困難都會想辦法克服，其中我們這組很榮幸的要參加比賽，我們一組 4 個人，分別進行分工合作，我們的專題題目是「創新節能直驅式往復線性壓縮機」，我們的構想是因為往復式的壓縮機價錢較低，應用領域較廣，所以才研發這項專題。

3. 組員：蔡保泉

這次做的專題我覺得是一個能在市場上有一定水準，銷量等的一個作品，產品的大部分結構是用現在市場上滿特別的一個產品「3D 印表機」所製造出來的一個基本模組，內部結構是用 4 個強力磁鐵排列形成互斥，進而模仿出往復式壓縮機的運動概念，結構完成後是用 PLC 程式去控制這台壓縮機，一路上有失敗有成功，像控制盤的電路就有做錯一次過，但經過組員的努力研討後還是成功的把它給做出來了，報告的演講和製作也是，每個組員都用心的研討和製作和上台演練，我覺得這次做這個專題不只是把作品做出來而已，這也是一個培養組員之間協調性和感情的方式。

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, "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"。
<http://blog.sina.com.tw/tsaipwu/article.php?pbgid=38426&entryid=424377>,
"台灣壓縮機產業分析-蔡璞一研發管理園地-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

E-mail：kyic@kyicvs.khc.edu.tw