

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



創新節能螺旋泵

指導老師：蘇志雄 老師

科別班級：電機科 3 年 2 班

組 長：陳冠旭(30)

組 員：張仲緯(23)、吳少軒(03)

陳立軒(28)

中 華 民 國 104 年 4 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

本創意提供一種「創新節能螺旋泵」，其中轉子包括多磁極圓柱形永久磁鐵內嵌螺旋葉片及定子電樞，而定子三相線圈之旋轉磁場可變頻控制速度，轉子便因定子之旋轉磁場被調變而帶動螺旋葉片轉動；本創意之創新節能泵浦利用轉子與定子之間所產生之磁場感應來帶動內嵌螺旋葉片之轉子旋轉，因此整體之體積有效地被縮減，可有效地提高輸出效能，是屬節能的綠色產品。

關鍵詞：螺旋泵、變頻控制

製作架構

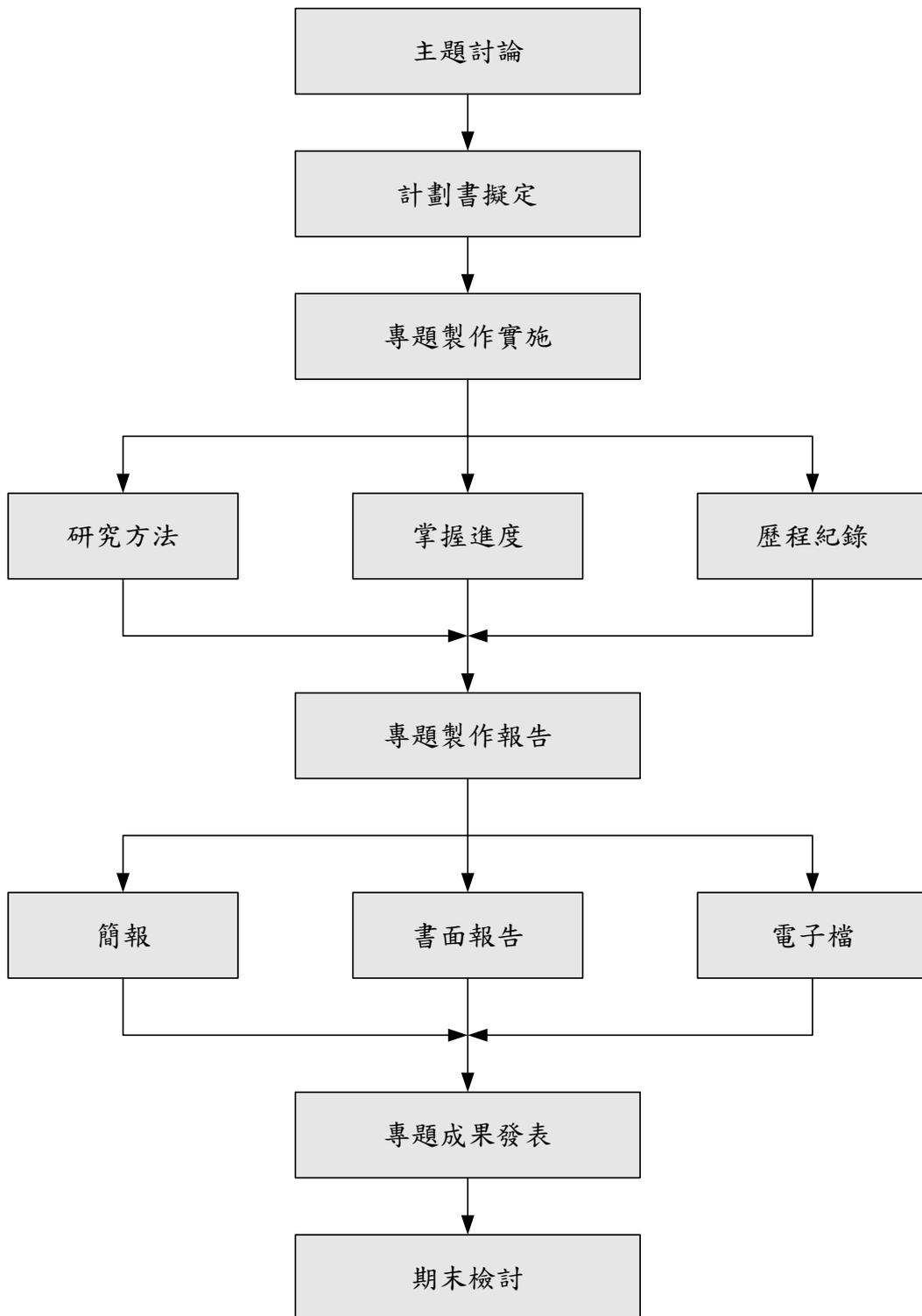


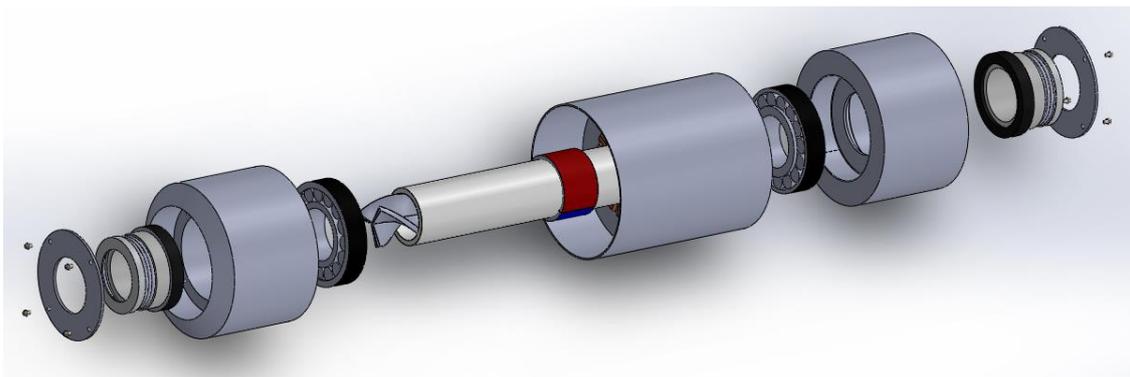
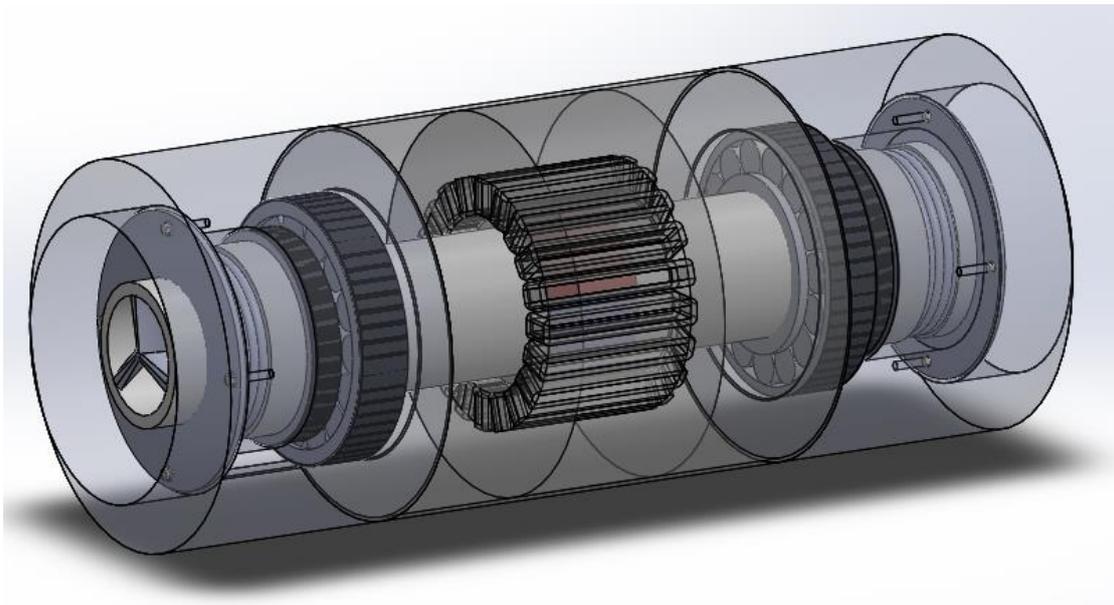
圖 1 專題製作架構圖

作品說明

群 別：電機與電子群

參賽作品名稱：創新節能螺旋泵

關 鍵 詞：螺旋泵、變頻控制



【創新節能螺旋泵】

摘要

本創意提供一種「創新節能螺旋泵」，其中轉子包括多磁極圓柱形永久磁鐵

內嵌螺旋葉片及定子電樞，而定子三相線圈之旋轉磁場可變頻控制速度，轉子便因定子之旋轉磁場被調變而帶動螺旋葉片轉動；本創意之創新節能泵浦利用轉子與定子之間所產生之磁場感應來帶動內嵌螺旋葉片之轉子旋轉，因此整體之體積有效地被縮減，可有效地提高輸出效能，是屬節能的綠色產品。

壹、創意動機及目的

創意動機：

現代社會中泵浦應用於工業、商業、農業、家庭、醫療、防洪等各種領域中，已成為不可或缺且使用極為普及的設備，而螺旋泵浦在工業及日常生活中主要用於運送流體，亦可用於液、氣混合物之運送；傳統螺旋泵係一種運用螺旋推力將速度能轉換為壓力之泵浦，如 1 圖所示，現有之螺旋泵係包括馬達 10 及中空泵體 20，內設有螺旋葉輪 30 且中空泵體 20 上設有入水孔 210 及出水孔 220；螺旋葉輪 30 與馬達 10 係彼此連接，且螺旋葉輪 30 可由馬達 10 連動而作高速旋轉。流體自入水孔 210 流進中空泵體 20 內，隨著螺旋葉輪 30 之轉動而獲得動能後，再由出水孔 220 流出。

然而，現有之螺旋泵，其馬達 10 係連接於中空泵體 20 外，整體之體積仍然較大。再者，現有之離心泵其輸出效能偏低，亦即，輸入電能予馬達後，經由馬達轉軸軸心連帶螺旋泵帶動螺旋葉輪 30 再推動流體輸出之過程中，其整體效能經由多處損耗後約莫只有一半之輸出效能，但基本上一般幫浦效能只能最高在 70% 左右，甚至其他經由連結結構效能更低於 60%，是效能極低之耗能驅動方式。

第 1 圖 傳統離心泵示意圖

創意目的：

本創作提供一種創新節能螺旋泵改良傳統螺旋泵，如圖 2 示意圖；可應用於需要水力揚程的場所，應用範圍可從家庭至工業用途皆可，本發明是屬直接驅動螺旋轉子軸，改良傳統由馬達帶動壓縮機低效率的驅動方式，是屬節能、高效率的產品，製程由國內廠商即可完成，深具市場淺力。

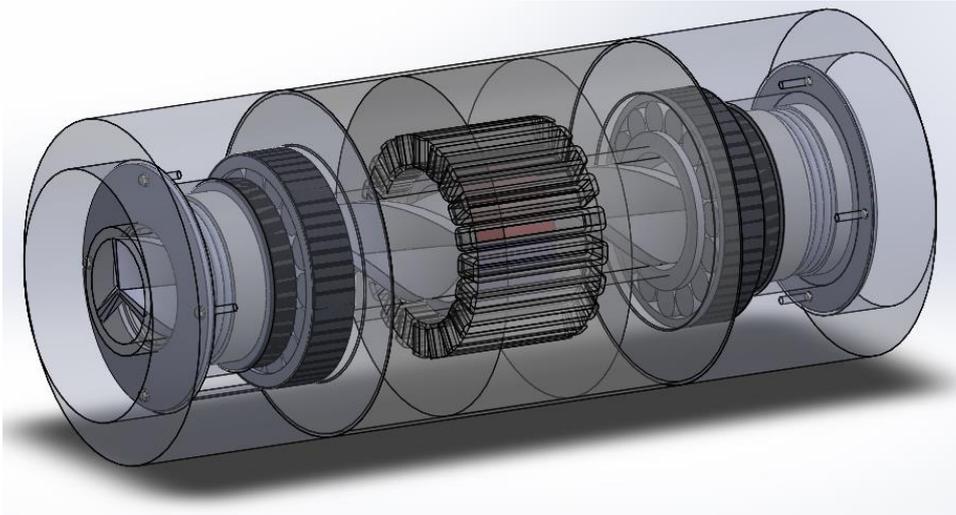


圖 2 創新節能螺旋泵示意圖

貳、作品特色與創意特質

本創作係為一種直接驅動式螺旋葉片轉子式泵浦，爆炸圖如圖 3 所示，轉子為阿基米德螺旋葉片鑲嵌在圓柱型永久磁鐵內，相鄰之磁極彼此之磁場相異；定子電樞設於轉子外，定子線圈為多相式線圈，利用 PWM 調變變頻器控制旋轉磁場速度及磁力大小，轉子便因定子之旋轉磁場被調變而帶動螺旋葉片轉動。本創作係將內嵌有螺旋葉片之轉子，置於定子電樞內，因此螺旋轉子式泵浦整體之體積有效地被縮減。本創作之螺旋轉子式泵浦利用轉子與定子之間所產生之磁場感應來帶動內嵌螺旋葉片之轉子旋轉，再電性調變定子電樞線圈所產生之磁場來帶動轉子，並可藉由控制調變頻率，進而控制轉子之旋轉速度，以令流入轉子之流體隨著螺旋葉片之轉動而獲得動能並有效控制流體之流動速度，可有效地提高輸出效能。

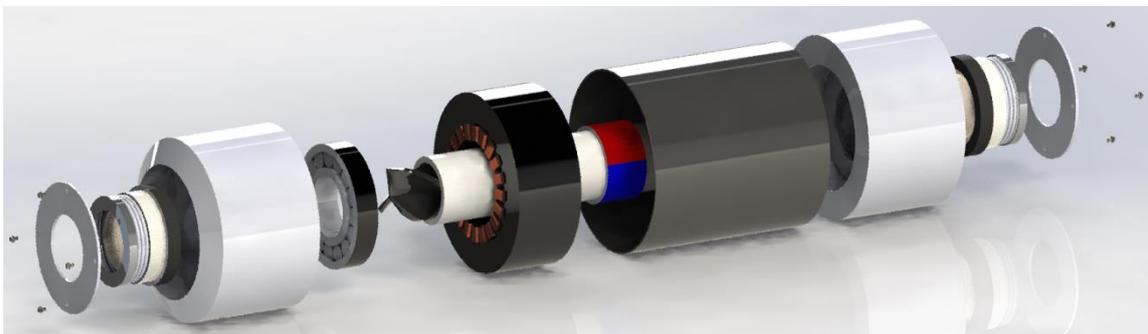
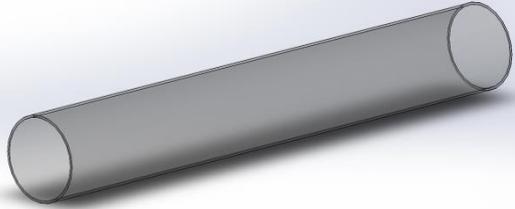
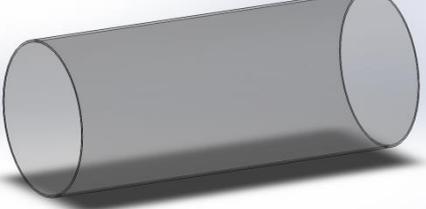
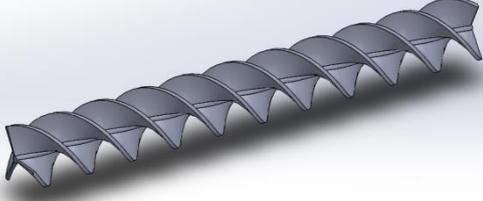
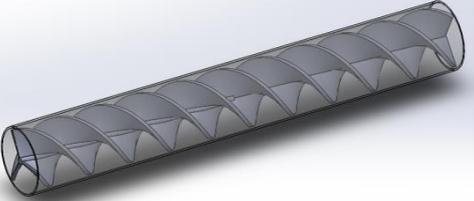
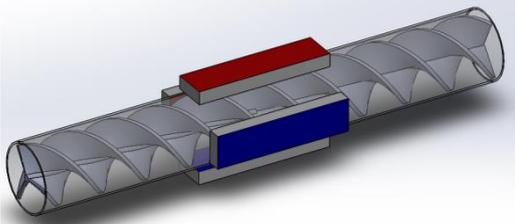
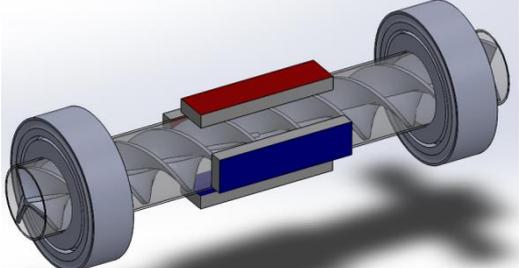
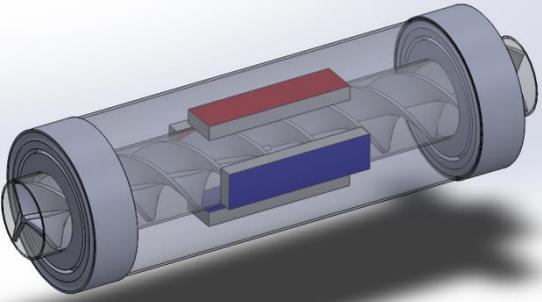
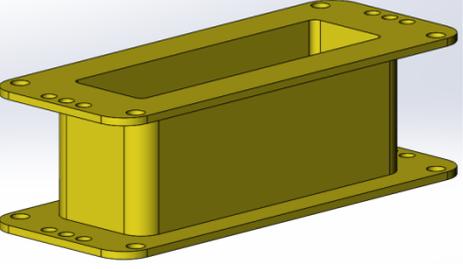
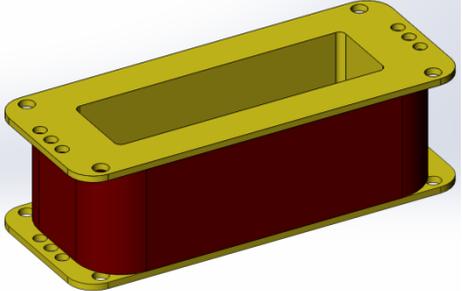
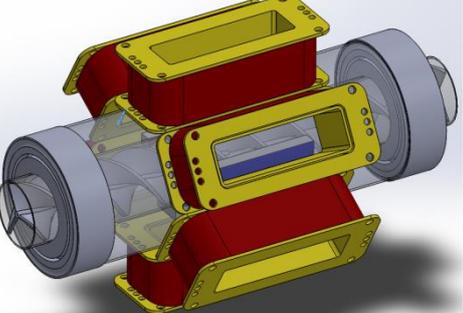


圖 3 創新節能螺旋泵爆炸圖

參、研究方法（過程）

為驗證本創作的實務可行性，經研究需用不同材質來配合建構各元件的

組合，並依此來作組員工作上的分工合作，其中先利用 3D 機構軟體 Solidworks 來規劃機構組成的組合是否有缺失，再加以修正改善以提供製作過程的合理性，下列各圖即是建構本創作研究的建構過程。

	
<p>圖 4-1 透明內管作為中空轉子</p>	<p>圖 4-2 透明外管作為定子</p>
	
<p>圖 4-3 轉子三葉螺旋葉片</p>	<p>圖 4-4 內管轉子內嵌三葉螺旋葉片</p>
	
<p>圖 4-5 內管轉子外貼永久磁鐵</p>	<p>圖 4-6 內管轉子前後加裝軸承</p>
	
<p>圖 4-7 外管定子與軸承固定</p>	<p>圖 4-8 定子線圈繞線套筒</p>
	
<p>圖 4-9 定子線圈套筒繞線</p>	<p>圖 4-10 三相線圈固定在外筒定子</p>

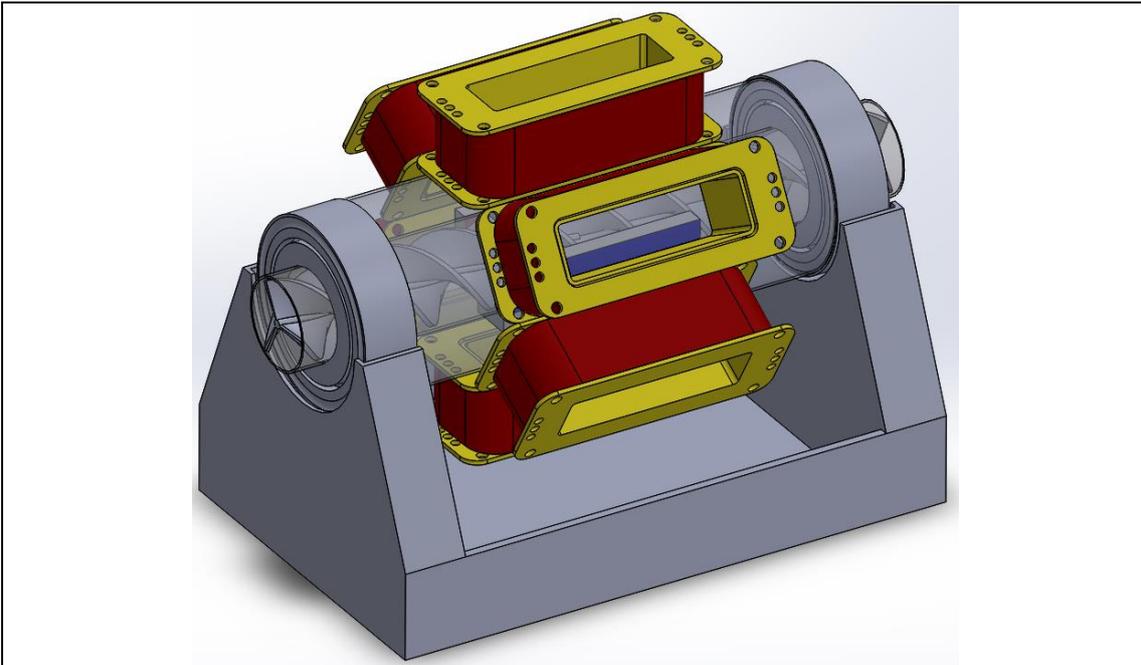


圖 4-11 將整組組合以固定架承托

肆、依據理論及原理

直流無刷馬達由於構造簡單、堅固、體積小和免維護等優點，亦擁有相當於直流馬達的性能，更因為轉子為磁性材料，轉動慣量小，不需激磁電流，可減少轉子功率損失，提昇運轉效能，因此已在精密機械、電腦週邊及消費性電子產品等被廣泛應用。直流無刷馬達的轉子材質是永久磁鐵，因此具高效率、低噪音、高啟動轉矩等優點，此種馬達通常用於硬碟驅動、風扇及壓縮機...等。就無感測器六步方波驅動的直流無刷馬達而言，任一時刻馬達電樞中只有兩相導通，第三相不導通，因此可以利用浮接的第三相來偵測馬達感應電動勢零點而不需要霍爾元件。傳統上使用的方法是建構一虛擬中性點，此中性點的電位與 Y-接馬達中性點的電位相同，然後量測浮接的三相線圈兩端的電壓得到感應電動勢零點。然而，若採用切換式驅動，脈寬調變訊號將會出現於中性點，因此所量得的感應電動勢須額外加以濾波，才能求得感應電動勢的零點訊號，如此方便於變頻控制操作。

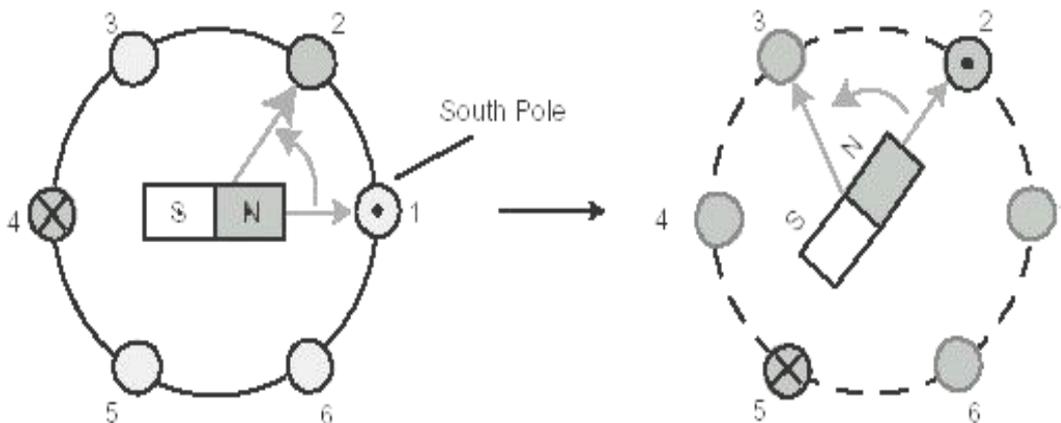


圖 5 永磁式直流無刷馬達基本原理

直流無刷馬達最大的特徵為無刷構造的關係，原理上不會產生雜訊，此為不只機械性的雜訊，也有使不會發生電氣性雜訊。更因無接觸部容份，故較易製作高速旋轉型的電動機；由於此種狀況，在壽命方面直流馬達不比交流馬達遜色。換言之，直流馬達因為其無刷化，所以能避免直流馬達的維護問題。以下為無刷馬達的主要特徵：

- 1、沒有機械式的電刷和整流子
- 2、壽命長
- 3、使用應用檢測器（霍爾元件）的電子整流裝置
- 4、不產生機械的雜音（除了軸承部分之外）
- 5、在電刷部分不產生碳粉，油霧等之污垢
- 6、不產生電氣之雜訊（不產生電波干擾）
- 7、不產生火花（不跳火）
- 8、容易製造高速旋轉型馬達
- 9、容易製造多極型馬達（單相、2相、3相、…… n相）
- 10、正/逆轉扭力大
- 11、馬達之各種特性和普通DC馬達相同
- 12、能夠製造扭力穩定、旋轉穩定的馬達
- 13、需要驅動電路
- 14、利用電路技術能夠改善無刷馬達特性

控制馬達需要知道轉子位置，有兩個方法可獲得此訊息：

1. 霍爾效應量測器（量測器模式）。
2. 反電動勢偵測（無量測器模式）。

本創作結構相似直流無刷馬達之直結式節能螺旋泵設計如圖 6 所示，是依據無刷馬達原理所設計，電樞線圈為三相線圈，通過三相平衡電源會產生旋轉磁場，利用電子控制改變電源頻率來控制螺旋轉子轉速，而轉子是強力永久磁鐵圓筒內裝螺旋軸，為直結驅動方式帶動流體通過，相較於傳統式馬達所帶動的壓縮機系統，傳統馬達效率一般只有 80% 左右，再經由機構連結驅動壓縮機系統，所得到的整體效率將低於 60%，而本創作驅動方式是直接驅動流體，效能高達 90% 以上，是屬相當節能的流體幫浦系統，又本創作螺旋軸與流體的接觸面大，所以驅動流體的力量較大，故適合各種高低壓流體驅動的場所。

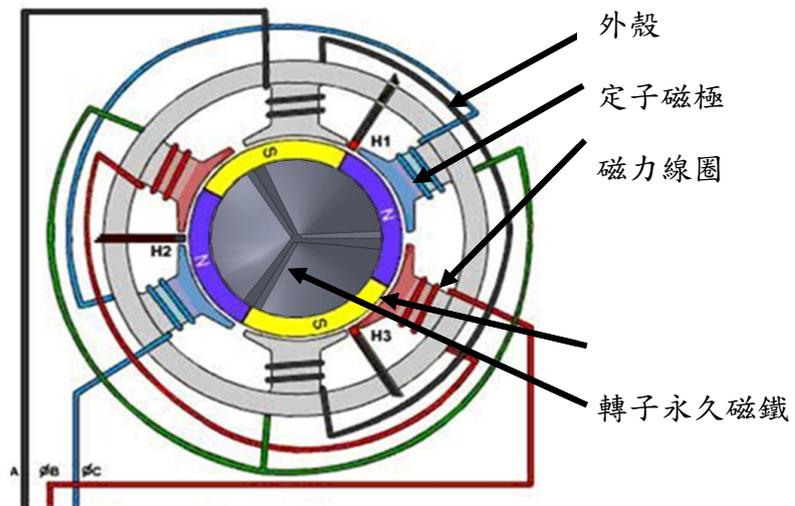
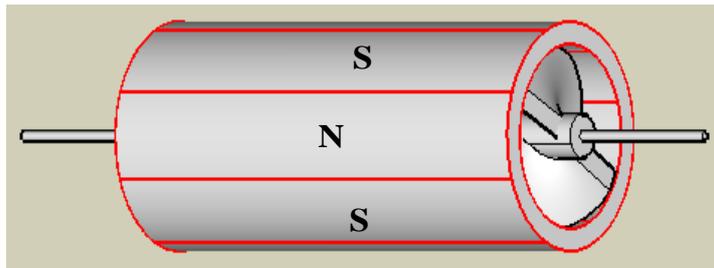


圖 6 螺旋轉子式泵浦正視圖

本創作利用內轉子型無刷馬達之概念做為技術基礎，於內轉子中央設置螺旋葉片本體，由不同極性之永久磁鐵來包覆；而定子部分為電樞，由三相平衡線圈加入變頻之三相平衡電源，產生調變之同步旋轉磁場，用以控制轉子由永久磁鐵所包覆之螺旋葉片轉動(葉片數可設計成多葉方式)，進而直接帶動流體推動之用，結構如圖 7、8 所式。

轉子為永久磁鐵所包覆之螺旋葉片

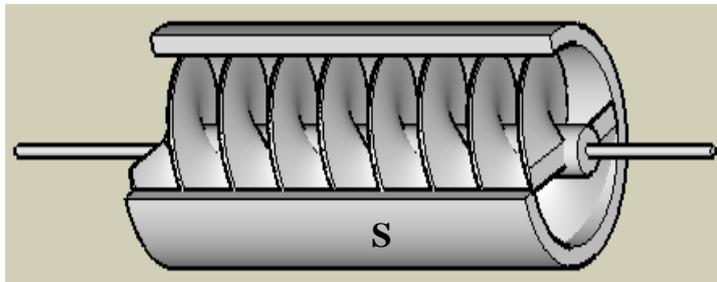


定子為電樞具有三相平衡線圈連接



圖 7 螺旋轉子及定子電樞圖

永久磁鐵所包覆之螺旋葉片切面圖



定子為電樞具有三相平衡線圈連接

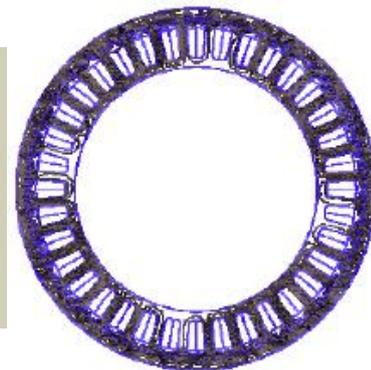


圖 8 螺旋轉子頗面及定子電樞圖

本創作驅動模式類似直流無刷伺服馬達之變頻控制方式，而轉子之轉速與轉子極數及變頻器操作頻率有關，如(1)式所示：

$$N_s = \frac{120f}{P} \quad (1)$$

N_s : 馬達轉速

f : 變頻器操作頻率

P : 轉子磁極數

伍、作品功用與操作方式：

本創作可應用於各種水力幫浦，包括家庭用水幫浦，消防用水幫浦，超高樓層壓力幫浦，一般超高樓層大樓中間樓層將設計成中繼水池及水幫浦設備機電樓層，本創作結構體積小及驅動輸出效率高，具有非常節能效果可直結在管路上無需較大空間的中繼樓層，大大節省投資成本，亦可用於沉水馬達及各類小型水力馬達或交通工具流體驅動，更可應用於工業危險化學流體輸送用及其他相關流體驅動使用等廣泛市場應用。

傳統直流馬達由直流電源驅動馬達運轉，其轉子電樞上利用電刷去做適當電流換相工作，並調整輸入電壓的大小來控制馬達轉速。而直流無刷馬達將直流馬達的機械式電刷換相改為電子式換相，如圖9所示。三相直流無刷馬達最基本的驅動方法，分為矩形波驅動與正弦波驅動。前者將6個開關以單純之ON-/OFF訊號驅動馬達運轉，後者驅動方式如同一般的交流馬達，在定子端輸入三相正弦波訊號，合成一旋轉磁場帶動轉子旋轉，其馬達運轉情況如同永磁式交流同步馬達變頻控制，主要為將供應三相交流感應馬達的交流(簡寫為AC)電源之電壓(Voltage-簡寫為V)與頻率(Frequency-簡寫為f)予以變化，而提供不同轉速(簡寫為N)下之定扭力(Torque-簡寫為T)控制，故而，不同之馬達設計，將會有不同的V/f曲線而搭配不同的馬達性能曲線(俗稱T/N曲線)，所以在變頻控制時，只要改變電壓與頻率，便可使壓縮機有不同的轉速呈現，但是要匹配壓縮機負載所需扭力而提供適合的電源功率。

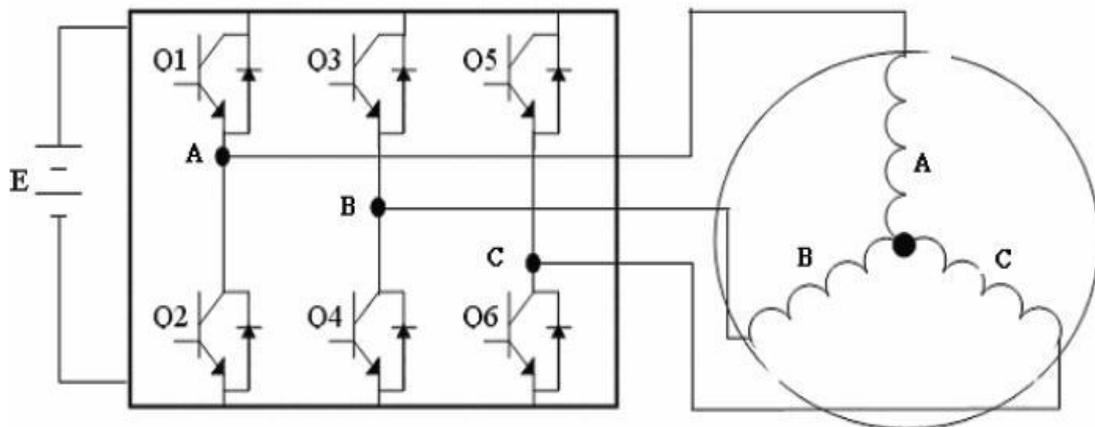
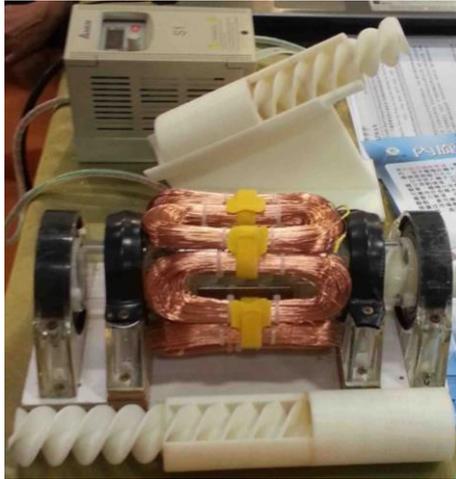


圖9 電子式換相之開關元件單元示意圖

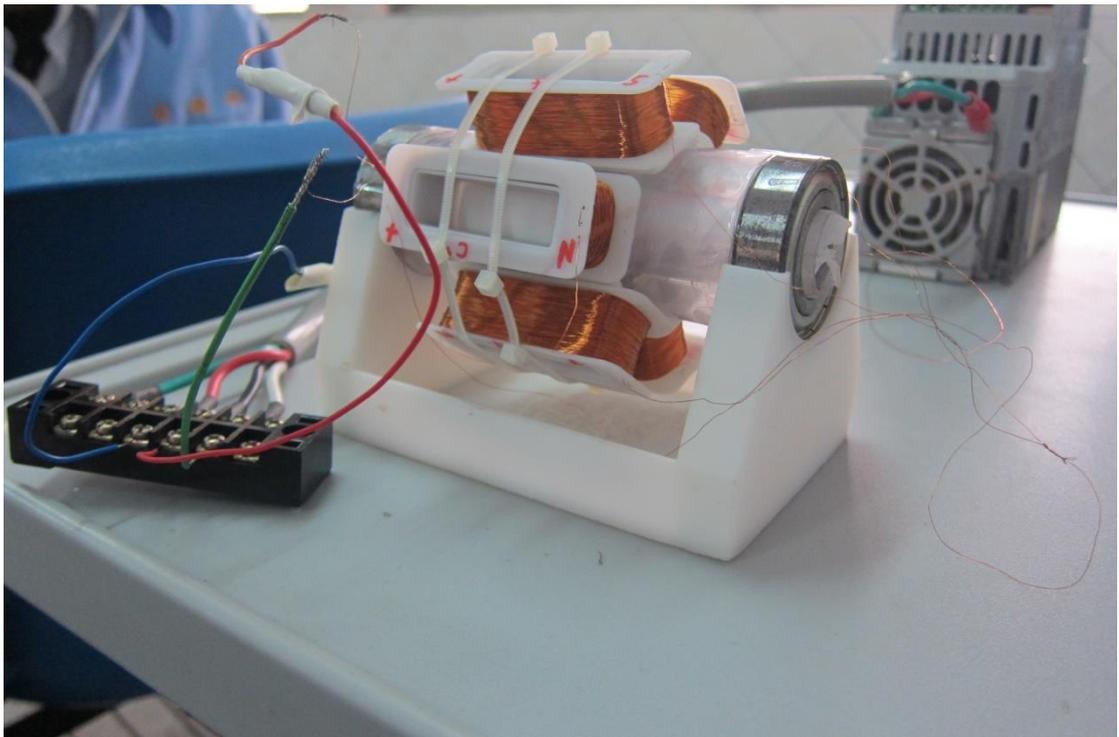
本創作原理與永磁式直流伺服馬達變頻式控制的理論相同，可利用永磁實心轉子來改裝成螺旋葉片，如圖10所示，形成本創作之創新節能螺旋泵結構方式，驅動器的選擇可運用原變頻器的設計，充分運用原設計技術來達成節能目的，轉速快慢則由變頻器頻率輸出旋鈕來調整控制轉子轉速快慢，方便操作轉子轉速是本



創作一大特色。

圖 10 永磁式交流伺服馬達與驅動器(貼上驅動整體相片)

陸、製作歷程說明（請附圖或照片說明）：



成果圖

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	報告撰寫、搜尋資料
數位相機	紀錄整個專題製作流程
3D 印表機	製作轉子、定子、檯架
繞線器	製作泵浦線圈
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）	將線圈連接

使用材料表

材料名稱	數量	備註
線圈	6	
塑膠管大	1	
塑膠管小	1	
軸承	2	
錫	1	
電烙鐵	1	
烙鐵架	1	

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 螺 旋 泵
	英 文	Energy saving spiral pusher
專 題 內 容 簡 述		本創意提供一種「創新節能螺旋泵」，其中轉子包括多磁極圓柱形永久磁鐵內嵌螺旋葉片及定子電樞，而定子三相線圈之旋轉磁場可變頻控制速度，轉子便因定子之旋轉磁場被調變而帶動螺旋葉片轉動；本創意之創新節能泵浦利用轉子與定子之間所產生之磁場感應來帶動內嵌螺旋葉片之轉子旋轉，因此整體之體積有效地被縮減，可有效地提高輸出效能，是屬節能的綠色產品。
指 導 老 師 姓 名		蘇志雄老師
組 長 姓 名		陳冠旭座號:30
組 員 姓 名		張仲緯座號:23 吳少軒座號:03 陳立軒座號:28
專 題 執 行 日 期		103 年 9 月 1 日 至 104 年 4 月 5 日

作品分工表

學生	工作任務
1 陳冠旭	編排所收集的全部資料
2 陳立軒 3 吳少軒	尋找網路上所有相關資料
4 張仲緯	將所有資料編輯為電子檔

參考文獻

- [1] 王景弘，“無量測器直流無刷馬達控制與模擬”碩士論文，國立台灣科技大學電機研究所，民國94年6月。
- [2] 曾佑民，“無量測器直流無刷馬達控制之FPGA設計與製作”碩士論文，國立台灣科技大學電機研究所，民國94年6月。
- [3] <http://baike.baidu.com/view/1760103.htm>
- [4]
- [5]



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