

摘要

乒乓發球機在現在體育館可以常常看到的機器，價格不用說非常的昂貴，不是一般學生想要買來自己練習打球就可以買到的機器，所以我們希望可以藉由簡單的材料，便宜的成本就可以達到跟市面上賣的發球機一樣的效果，將可以讓預算不高的人可以在家DIY自己製造，讓自己一個人在家也可以享受打球的樂趣。

我們製作發球機主要就是將乒乓球放進集球管，在順著集球管掉落到發球孔，再利用馬達以及一定的速度將球很有規律的發射出去，可以依照個人的喜好調到自己想要的擊球位子或選用兩顆馬達來加強發球的力道，讓你享用快速球的快感，則可以關一邊馬達的方式來改變出球的速度也可以發出完美的左旋球右旋球來練習，讓你在短時間內學會將左右旋球，快速球擊回去，藉由發球機能讓你找不到人進行對打也可以讓你自己的球技越來越進步。

第一章 前言

1-1 研究動機與目的

大一大二在打乒乓球的時候，因為技術不好而一直掉球，一直撿球，那時候就在想，為什麼沒有一個可以一直發球的發球機，可讓我們一直練習就好，而不是在那一直練習撿球，撿到來都下課了，根本沒練到幾顆球，之後看了專題展，看到了一個做的很好幾乎可以跟外面賣的相比的乒乓球發球機，那時候想說可以拿去玩玩看，結果那要保留著，怕我們用壞，而且那一台用壞了我們也賠不起，那時候就在想，可以做一個自己的發球機，那價位不會太高的話，就可以什麼時候練習，也不會被別人給限制住，又可以打乒乓球打到爽，所以我們決定製作了一個簡單，便宜又實用的乒乓球發球機，也可以讓每個想成為乒乓球好手的人，不用花大把的錢，只要跟花時間和毅力，我們相信都會成功！

1-2 文獻回顧

製作前我們先到學校圖書館，尋找圖書館的書籍和參考學長們的專題報告書。

黃廷合〔1〕，介紹了 C 型扣環，L 型鐵……等等材料，讓我們有更好的選擇來做出裡面的架構。蔡欲祥〔2〕，教我們如何計算球掉下來又不會卡到減速馬達而打不出去，計算出了減速馬達和小馬達的距離，可以讓乒乓球順利發射出去而不會回彈。周長彬〔3〕，裡面教了怎麼樣把鐵和錫，焊接到工件上面，了解之後我們就把電線焊接到馬達上面。溫詩鑄等人〔4〕，裡面介紹了摩擦輪的帶動，利用摩擦輪知道了兩輪摩擦乒乓球可以發射出不同的旋球。曹昭陽〔5〕，介紹了減速馬達和小馬達，減速馬達的運轉比較慢，但是知道小馬達運轉快速，我們利用了這些原理，讓小馬達在後面打出乒乓球，讓小馬達快速運轉加快了乒乓球射出的速度。鐘逸平等人〔6〕，利用製作流程與製作過程的完整敘述，讓我們不會沒有計畫的作事情，也可以好好的分配工作，知道什麼時候該做甚麼事，有比較寬裕的時間策劃跟設計。林猷盛等人〔7〕，考慮了馬達參數，利用馬達傳動渦桿與渦輪，經由渦桿與渦輪的減速來壓縮彈簧，撞擊乒乓球，使乒乓球發射。我們把渦輪與渦桿改成減速馬達和直流小馬達來搭配，知道如何運用馬達的旋轉產生摩擦力將乒乓球

發射出去，利用兩個馬達相互反轉與乒乓球接觸，切線速度 $[V=r(\text{切線速度})\cdot\omega(\text{角速度})]$ ，將球發射出去，我們還利用了雙馬達的構造，可使乒乓球射出去時變成左旋球和右旋球。

找尋市面上的發球機大部分是利用馬達來帶動的，因為馬達只需要電來帶動，不需要再額外空氣壓縮機來啟動，少了空氣壓縮機成本上可以說省下特別的多，還有利用轉速的快慢來造成球的速度及讓乒乓球落下來的點，來達到出球的變化。

我們想了些創意，看了學長們的專題報告和相關資料，我們決定利用輪胎摩擦的方式來發射乒乓球。

1-3 未來發展趨勢

製作完成之後真的沒有想像中的這麼簡單，可是製作完一次之後，下一次就可以不用這麼花這麼多時間做一個乒乓球發球機了，遇到的困難也可以迎刃而解，以後也不用為了一台很貴的乒乓球發球機而煩惱，便宜的材料，簡單又方便的製作過程，慢慢的我相信未來每個人都可以自己動手做這個簡單又方便的發球機在家裡自己練習，但這次遇到的轉向機構還沒有辦法很成功的裝在乒乓球發球機上邊。

第二章 工作原理

2-1 雙輪式發球機構想

在市面上看到的許多雙輪式發球機，是利用馬達帶動輪胎旋轉摩擦讓乒乓球發射出去，參考了這個原理，我們把大的輪胎改成玩具車的小輪胎，再使用小馬達，把球順利的發射出去之後，緊接著我們就把所構想的東西給做出來了。

2-2 材料零件介紹

1. 直流馬達介紹

直流馬達的原理，就是利用電流轉換成磁場，簡單來說就是電磁鐵的概念，每個教科書都有寫到，電磁鐵的漆包線圈數增加，會增強磁場的強度，關於線圈數和磁場強度的大小關係，參考孫清華〔8〕，磁場強度公式為，全華科技出版社，2001年。

$$H=N*I$$

其中 H 是磁場強度. N 是線圈數. I 是電流大小。

$$B=u*H$$

B 是磁通密度，u 是常數，可以視為材料特性，B 可以視為你所說

的磁力大小。

所以當您自行增加線圈數時，由於磁力大小會增加，應該是能加快馬達的轉速了。

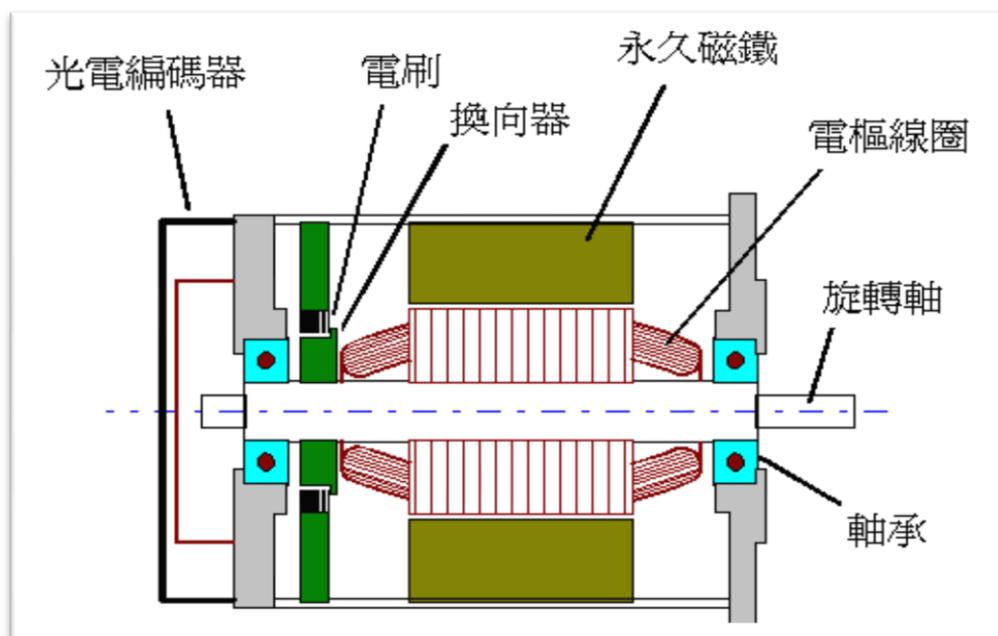


圖 1 直流馬達介紹圖

直流馬達的優點：

一般而言同樣的體積直流馬達可以輸出較大功率，直流馬達轉速不受電源頻率限制可以製做出高速馬達，速度控制只要控制電壓比較簡單容易。

直流馬達的缺點：

碳刷使用一段時間會磨損須更換，電樞會磨損。

表1馬達轉速

直流小馬達(12V)						
實驗次序	第 一 次	第 二 次	第 三 次	第 四 次	第 五 次	平 均
400 : 1 放慢齒 輪組測得1分 鐘所轉圈數。	23	24	24	24	24	23.8

2. 減速馬達介紹



圖 2 減速馬達介紹

表 2 減速馬達規格

說 明	
馬達分類	直流小馬達
Description	強扭力直流減速馬達
電壓(V)	DC6→24V
電流(mA)	50→125mA
高度(m/m)	
外徑(m/m)(φ)	
軸徑(m/m)(φ)	
轉速 rpm	60rpm
重量	123.75g/pc

3. PVC T 型接頭介紹

表 3 PVC T 型管規格

單位:mm

規格 SIZE	ℓ	$\ell 1$	H	H1
13X13 ³ / ₈ "	26	26	36	36

16X13	$1/2" X^{3/8}"$		30	26	41	38
16X16	$1/2"$		30	30	43	43
20X13	$3/4" X^{3/8}"$		35	26	46	40
20X16	$3/4" X^{1/2}"$		35	30	48	45
20X20	$3/4"$		35	35	50	50
25X13	$1" WX^{3/8}"$		40	26	51	43
25X16	$1" WX^{1/2}"$		40	30	53	48
25X20	$1" WX^{3/4}"$		40	35	55	53
25X25	$1" W$		40	40	58	58
28X13	$1" X^{3/8}"$		40	26	51	45
28X16	$1" X^{1/2}"$		40	30	53	49

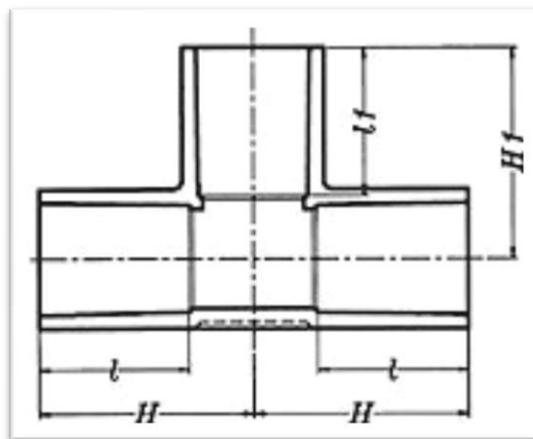


圖 3 T型接管尺寸圖



圖 4 T型接管圖



圖 5 T型接管黑色圖

2-3使用材料

動力馬達、玩具車輪胎、電池盒、發射平台在射球的過程中，我們發現馬達和輪胎需擠壓到球心，球才能夠射的遠。於是我們決定在馬達和輪胎中間加上木板來克服這個問題。



圖6 結構圖1

我們把減速馬達固定在T型管旁邊，乒乓球從上方洞口掉下來，讓減速馬達上的撥桿打到前面去，如圖6所示。



圖7 結構圖2

在前方裝上兩顆小馬達，把兩顆塑膠輪胎裝在馬達上，讓馬達旋轉，球接觸輪胎利用摩擦方式把乒乓球發射出去，如圖7所示。

利用兩顆馬達的特性，可發出不同旋轉方向

- A. 直球(兩個馬達都開)
- B. 右旋球(只開左側馬達)
- C. 左旋球(只開右側馬達)

第三章 實驗設備與過程

3-1 設計

剛開始設計我們參考網路上製作的發球機，了解它是如何製作，之後仿照他們設計概念開始初步的測試製作，製作過程中常常買錯材料與零件，然而浪費許多不必要的花費去購買用不到的材料，不是大小不一就是組裝不完全，馬達也固定不穩常常發射到一半位子就跑掉了，有了前面的失敗後，我們經過多次的討論，並重新購買所需的材料，開始了新的製作，首先我們先依照老師的建議把設計圖先簡略的設計出來。

之後依照設計圖和構想來組裝購買的材料，之後並把材料加以固定，才能解決無法穩定發射或是卡住的問題，組裝完成後開始實際的操作，操作的過程比先前製作和預計還要好很多。

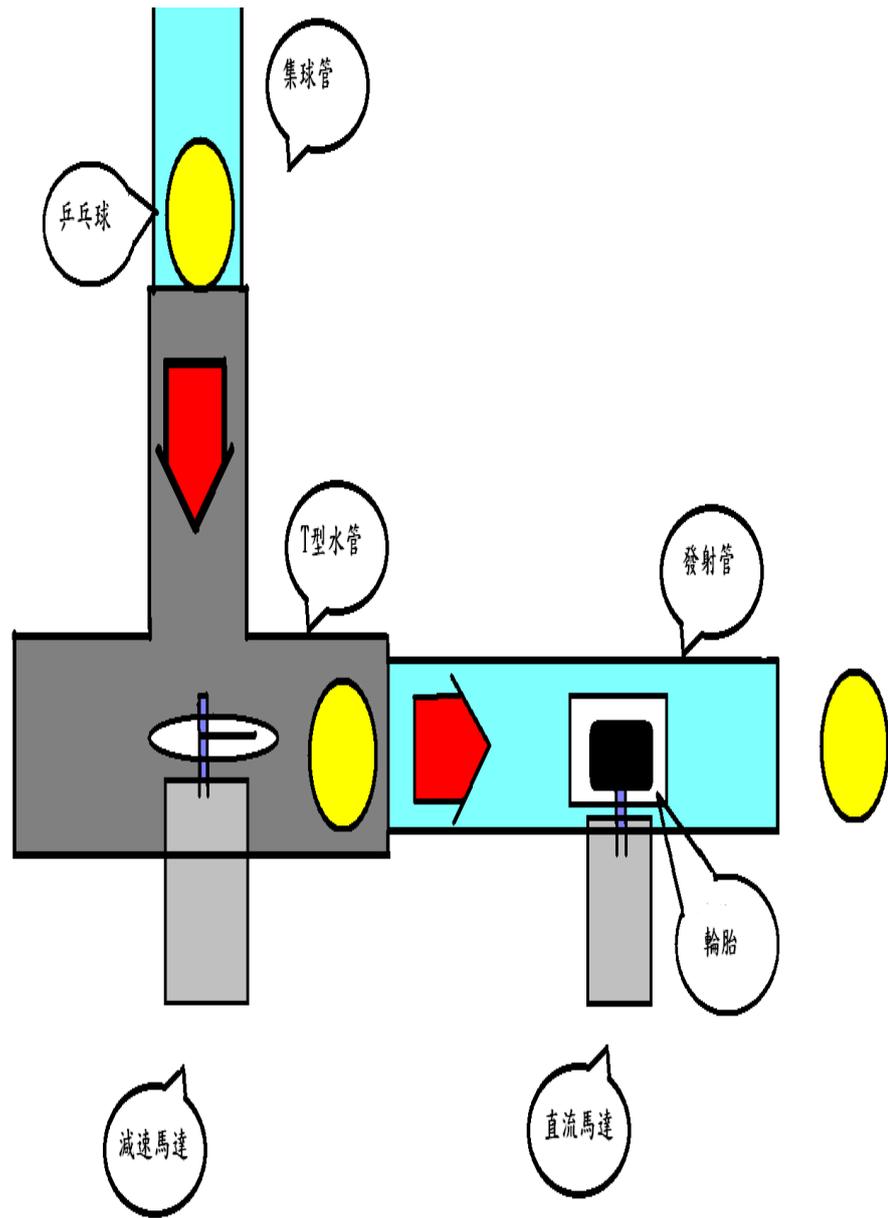


圖 8 設計圖

3-2 步驟說明

1. 找尋開會場地，排出個人行程表。
2. 設定目標、分配工作，排定專題製作與開會行程表。
3. 尋找題目，決定題目。
4. 尋找資料並了解製作所要需設備材料和製作步驟與過程。
5. 擬好初步設計圖。
6. 列出材料清單、確認材料、購買材料，估計所花費金額。
7. 尋找製作場地以及所需設備。
8. 作好安全措施，確認分配工作。
9. 實際操作，並進行測試。
10. 問題討論，找出優缺點，並加以改進。
11. 確認變更材料，購買後變更材料。
12. 第二階段測試，完成成品。
13. 成品討論。
14. 製作書面報告。

3-3 製作設備



圖 9 電焊槍

電烙鐵(鐔槍、30W)

型號：#MZ0068-G030

解說： 電烙鐵(鐔槍)，30W

鐔槍用途：

先準備一個可以放置加熱後鐔槍的地方(避免一時間無法放置火熱的錫槍導致受傷)，再根據自己的需求裁剪需要的電線長短，分段剪下細電線，並把線頭上的包覆薄膜去掉留下細銀線，接著把細銀線跟要銜

接的材料用小型固定夾夾住固定位置，使用已加熱的錫槍跟錫絲點入適當的位置，等待錫絲冷卻之後將多餘的部分修剪，銜接組裝完成(組裝方式請參考圖片)



圖 10 焊槍使用方法

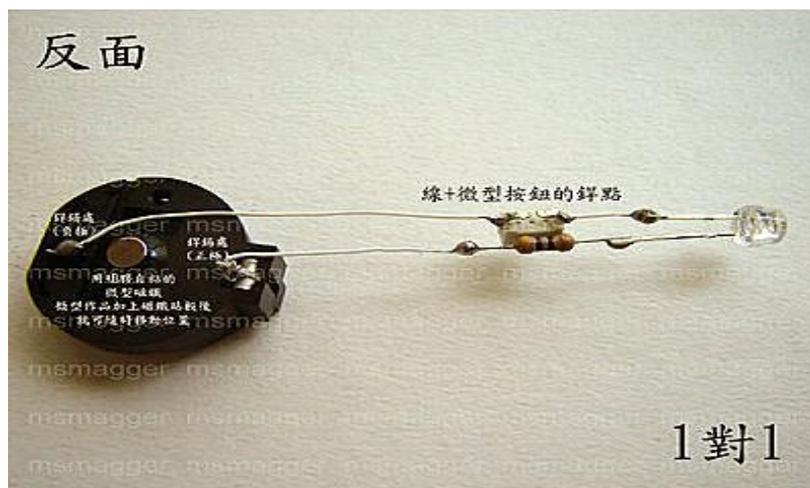


圖 11 錫槍加工圖

保養方法

用衛生紙,把髒東西擦掉,然後再放到錫油,一下再拿起來。在加點錫,其實錫已經有加錫油了。加錫油是要讓錫焊的更漂亮。具有清潔作用。如果不用時,將電烙鐵電源拔掉,可避免焊氧化,用完時可用衛生紙擦拭乾淨就可看到表面免有銀色的錫附著在表面,比較不會快壞掉。

立式鑽床介紹:

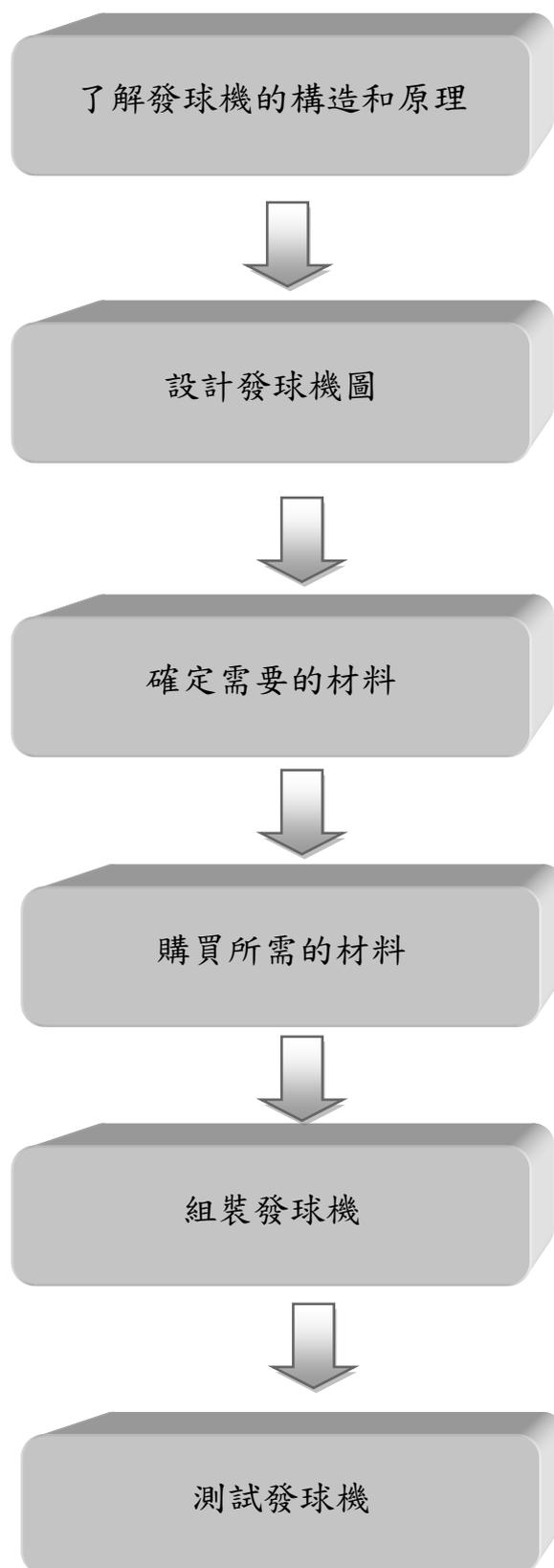
- 採用行星齒輪減速機構及八段變速,高低速變換快速,低轉速大扭力,結構堅固耐用。
- 鑽孔、攻牙雙功能作業時僅需切換開關即可。
- 可選購多軸器以提高加工效率。



圖 12 立式鑽床

我們利用鑽孔機來把底座鑽筆螺絲還小的孔，也在三角架跟底座做結合的地方鑽孔，利用螺絲來把底座和三腳架做固定。

3-4 製造流程



3-5 實作過程

在發球機設計的過程，我們選用木板來當底座，選用 PVC T 型水管加上 C 型環固定水管鎖在木板上固定水管，發現非常穩定之後我們再把 T 字水管割出一條洞來，如圖 13 所示。



圖 13 製作結構圖

在把減速馬達用 L 鐵固定在洞旁，在馬達上固定一條鐵線讓球有順序的推到前面，在 T 字水管加裝矽力康空管來當發射孔，在矽利康空管兩側割出洞來加裝上兩顆小馬達和玩具車輪胎，利用輪胎摩擦力來將球發射出去，如圖 14 所示。



圖 14 發球結構圖

大致上已經組裝完畢，我們就測試發球看看球出來的感覺大概怎樣，之後發現球發出來的順序非常良好球速也不會忽快忽慢剛剛好，之後把剩下來的木板固定上去就完成了我們的發球機了，如圖 15 所示。



圖 15 組裝結構圖

雖然大致上完成了，之後採用老師的建議在發球機下加上三角架來

架高發球機，可以隨時來調整我們需要的高低度和旋轉方向，如圖 16 所示。



圖 16 三腳架圖

最後我們因為外觀是木板而且因為加工過所以外表不怎麼好看，討論過後決定買了迷彩的壁紙來讓外表更為加分，也沒有因為便宜而不雅觀，如圖 17 18 所示。



圖 17 上外觀成品圖 1



圖 18 上外觀成品圖 2

之後測試了馬達和角度的發射距離，如下表 4 所示。我們採用每個角度五次來統計，發現到 25 度角發射最遠，水平距離發射最近，這個數據可讓想要練習遠近球路的人參考，達到自己想要練習的標準

表 4 馬達和角度的發射距離測試

直流小馬達(12V)						
實驗次序	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
投球機水平發射距離(cm)	114	125	125	128	130	124.4
10 度角發射距離(cm)	217	213	233	210	228	220.2
15 度角發射距離(cm)	227	248	249	248	251	244.6
20 度角發射距離(cm)	269	273	283	284	288	279.4
25 度角發射距離(cm)	285	292	293	298	298	293.2
30 度角發射距離(cm)	256	282	291	304	314	289.4
35 度角發射距離(cm)	241	261	261	270	263	259.2
40 度角發射距離	222	230	228	227	228	227

第四章 總結

4-1 檢討

這次的專題製作過程上有相當多的問題，問題花很多精力才解決的了，有時候一兩禮拜，甚至到快一個月才解決，所謂「書到用時方恨少」在這次的專題深深感受的到，平常上課的知識，實習課的磨練，老師平常分享的技術和經驗，真的真的都是非常重要的，老師在傳承專業知識時，雖然嚴謹，但班上氣氛不枯燥乏味，大家在老師活潑詼諧的講課方式之下學到了很多東西，解決問題的方法越早發現越好，趁著還是學生時期的時候要多多好好學習，多吸取經驗，因為實驗做壞了做錯了，重來就可以，現在大四了，不代表學習就快結束了，出社會才是真正學習的開始。

4-2 結論

這次的專題製作我們運用的簡易的機械和電機的技術，運用馬達扭力達成轉速度，間接成為動力把球推出去，雖然看似很容易就完成的機器，其中卻隱藏相當多的繁瑣事物，這個簡易發球機的重點在於，價格低廉也不失於發球機的性能，無法忍受外面商家賣的發球機價格的人也可以自己嘗試這種DIY的發球機。

4-3 未來展望

便宜且便利乃是我們本次設計的最大宗旨，在此前提之下所完成的作品不僅僅是專題的作品，由於相當直觀且簡單地操作方式，因此相當地便民，未來將之改良並創造出DIY產品，在市場上相信一定可以受到廣大民眾的歡迎。我們期望未來能創造出家家都有發球機的最終目標，台灣民眾只要在家中就能利用發球機達到運動健身的效果，培養全民桌球的意識，讓台灣能培育出更多和莊智淵一樣優秀的選手！

最後附上完成品，如圖 19 所示。



圖 19 完成圖

第五章 參考文獻

1. 黃廷合，機械製造，全華科技圖書出版社，2004年。
2. 蔡欲祥，精密量測與檢測，全華科技圖書出版社，2000年。
3. 周長彬，焊接學，全華科技圖書出版社，2007年。
4. 溫詩鑄、黃平，摩擦學原理，清華大學出版社，2010年。
5. 曹昭陽，電動馬達與控制，五南圖書出版社，2003年。
6. 鐘逸平等，攜帶式乒乓球發球機，專題報告書，2010年。
7. 林猷盛等，乒乓球射球機，專題報告書，2002年。
8. 孫清華，直流馬達，全華科技出版社，2001年。

組員介紹

組長:王國修

班級:機械系四年乙班

學號:BA98078

分配工作:書面製作，收集資料

專題製作感想:

一開始製作專題的時候，材料很快速地都買齊了，設計圖也畫好了，心裡想其實專題沒這麼難，可以自己動手下去做的時候，問題一大堆，發現到上課書本講的其實很簡單的道理，實際做了之後卻是這麼難，有時候做到沒有頭緒，這個機構明明書本上都有講，為什麼就是做不出來，試了好多次怎麼樣把乒乓球打出去，試了好幾次怎麼改變球速，試了好幾次怎麼樣把矽力康管跟 T 字水管結合不卡在中間，好幾次的開會跟討論都沒有結果，可是組員都會在旁邊安慰說，一步一步慢慢地做，不急慢慢的一起努力，一起克服困難才把成品做出來，這種感覺真的真的很開心，組員們的用心，老師的關懷，一起的努力，其實這才是專題主要的目的。

組員:施淵清

班級:機械系四年乙班

學號:BA98061

分配工作:實體製造，收集資料

專題製作感想:

很高興學校給予我們這次專題的學習機會，這是我第一次參與專題，我們選擇做乒乓球發球機一開始雖然遇到了很多挫折，從不知道如何作出外觀，如何接電線，如何用什麼馬達、要選擇什麼電阻的器材?這些一開始雖然都是問題，但人家在說的，萬事起頭來，組員們大家都很棒，同心協力，分工合作，有的找材料有的負責組裝，有的幫忙想意見，讓我學到了，如何分享，如何討論，如何解決什麼困難一個團體裡面，不能單打獨鬥，一定要懂得怎麼去合作，怎麼去跟團體裡面的人做搭配。我覺得這些都是很多很多的竅門，這次乒乓發球機我們以小馬達帶動轉速，利用馬達轉速達到讓球可以發射出來的效果，讓我自己還有同學們上到了寶貴的一課。

組員:賴柏均

班級:機械系四年乙班

學號:BA98075

分配工作:書面製作，收集資料，購買材料

專題製作感想:

這一次的專題製作讓我學習到許多團隊配合還有機械機構的結合利用，我們這次製作是乒乓球發球機，剛開始做時覺得好複雜，最後經過團隊的討論，還有上網尋找相關資料後，突然覺得沒那麼複雜，例如：我們製作發球機要發球是在帶動前是用減速馬達來做撥球動作，在利用兩顆線圈馬達的摩擦所帶動出去的，至於外觀是採用木板，球的發射道是用 PVC 管來製作的，也沒有場所的限制，隨時隨地就能練習，我們的出發點是以輕便能自己製作 DIY 發球機，還有製作的費用也不會太高，能讓喜歡打球的人不在於擔心是否有人陪伴你練球，這就是我們所製作的專題。

組員:鄭至宏

班級:機械系四年乙班

學號:BA98076

分配工作:實體製造，實體設計

專題製作感想:

為了這次專題，全組討論多次要怎麼下手去做，才能把乒乓球發球機做出來，這專題也是我大學這四年來學到最寶貴的經驗和團隊合作精神，時間上的配合問題，還有一些大大小小的雜事，在分配每個人的工作內容，製作過程中遇到瓶頸全組就一起討論想出要怎樣把問題解決掉，個人要解決的問題也有限，全組一起討論提供一些意見，這樣解決問題比較快，團體合作是很重要，要不然這乒乓球發球機也不會這麼順利的完成落幕，也讓我學到團體合作精神的重要性。

組員:郭冠麟

班級:機械系四年乙班

學號:BA98080

分配工作:實體製造，購買材料

專題製作感想:

我們這次的專題製作選擇製作的物品是，簡單乒乓球發球機，因先前討論後決定做乒乓球發球機，但是市面上也有許多的專業發球機，但是因為價格實在貴到令人買不下手，所以毅然決然的想要製作一台既便宜又不失功能的乒乓球發球機，途中我們的組員花了很多的心思和時間去投入製作這個發球機，從買材料開始到組裝完成也是耗費的相當大的心力和功夫，做出來之後也一一改良至滿意的程度，之後也經過包裝和一些細部上的調整，終於成就了這台發球機。

這次的專題讓我們大家學習到了很多，例如時間上的配合，組員間的討論和默契，也是這大學四年來認真投入的事物之一，能和大家共同做專題的經驗是金錢所無法買到的。

組員:黃洧桓

班級:機械系四年乙班

學號:BA98092

分配工作:實體製造，購買材料，收集資料

專題製作感想:

我們這組所要做的是乒乓球發球機，製作時大家花費許多時間再這上面，在製作與討論的時候往往都會有衝突或是意見不合，還記得一開始在工廠時，大家一點方向都沒有，不知該如何著手，這一點我們花費許多時間來突破，畢竟萬事起頭難!我們首先必須試著了解我們所要製造東西的結構與所需的材料等等…這時最重要的便是分工這個工作，有了方向之後，大家發揮團體的力量開始把在各個地方所要的材料結合，並加以利用，在這上面，我們也花費了許多時間，一直找老師討論，馬達與水管之間的距離和發射的距離方向，之後該如何組合，要怎麼來帶動，如何達到連續發球雖然一開始認為很簡單，可是實際操作後，才知道並沒有那麼容易，像是怎麼把球打到我們想要的距離，我們了解到，這與馬達的輸出，還有發射的方向，有著切大的關係。

組員:黃聖傑

班級:機械系四年乙班

學號:BA98506

分配工作:實體製造，購買材料，書面製作

專題製作感想：

在這次的專題製作過程光是想個題目就讓我們大家絞盡腦汁了，製作過程不用多說非常的頭痛，還好我們的團隊把每個人分配到的工作做的非常好的讓我們在段時間內解決了許多的難關，在這次的專題製作讓我體驗到什麼是團隊合作什麼是分工合作和面臨困難去解決找到適合的答案，製作專題真是讓我學到非常的多，不僅加強了專業知識也讓我知道團結的力量非常的大。

附錄 1

材料表

項目	數量	項目	數量
木板	6	PVC T 型管	1
玩具馬達	2	矽力康管	2
減速馬達	1	C 型環	2
三號電池	12	L 型鐵	10
尼龍束帶	6	電線	6
電池開關盒	3	扣環	1
相機腳架	1		

附錄二

甘特圖

日期 工作項目	四 月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一 月	十二 月
找尋題目									
初步了解									
尋找資料									
設計構想									
問題討論									
購買材料									
實體製作									
實體測試									
更換零件									
實體整合測 試									
師生整體討 論									

更改外觀									
成品討論									
製作報告									