

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030812

退休電扇大變身－自製網球發球機

學校名稱：新北市立樟樹國民中學

作者： 國二 游偉哲 國二 林子傑 國二 陳愛蓮	指導老師： 陳姿諭 蔡明岳
---	-----------------------------

關鍵詞：自製發球機、網球、廢物利用

退休電扇大變身—自製網球發球機

摘要：

本研究的目的是盡量廢物利用，做出雙輪式網球發球機。我們用學校廢棄的電扇馬達製作加速部分，用圓形回收塑膠桶做集球桶，用車窗升降器的馬達做活塞推進部分及防卡球裝置，用電扇的調速開關控制輪子的轉速，完成第一代發球機；第二代發球機利用廢棄辦公椅下半部加上可固定腳輪，且加入搖控功能；第三代發球機將第二代體積縮小後，用廢棄辦公椅的木條做增加仰角的活動腳架，另外還加了握把、保護墊；第四代發球機則加入控制擺頭功能，讓球路更有變化，且加裝廢棄行李箱的伸縮把手以方便移動發球機。第四代發球機的平均水平射程約為 8.57 至 8.61m，平均發球速度範圍為 27.8 至 30km/hr，發球機擺動幅度為左右各 33°。

壹、研究動機：

暑假中，看到學校老師利用課餘時間打網球，沒有球伴時，也可利用網球自動發球機來練習。詢問老師後，才知道現今市面上有各式各樣的網球發球機，但價格不便宜，品質也良莠不齊。剛好學校有幾台「退休」的電風扇（扇葉已老舊，但馬達仍堪用），因此我們想，是否可以將這些風扇馬達廢物利用，試著在最少花費的情況下，自己動手做出一臺網球發球機。

與本主題相關之教學單元為康軒版九上第二章力與運動、3-4 簡單機械和第四章基本電路。

貳、研究目的：

- 一、蒐集資料，了解網球發球機的基本原理
- 二、試做小型桌球發球機
- 三、盡量廢物利用，自製網球發球機
- 四、改良自製網球發球機，使其功能更完備
- 五、測試自製網球發球機的射程和球速

參、研究設備及器材

使用工具及特殊材料



上：伸縮尺/下：角尺



上：大電鑽/下：小電鑽



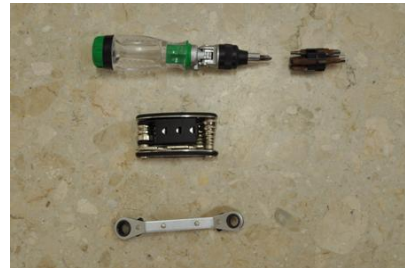
上：手工木鋸/中：手工鋼鋸/下：線鋸



上：尖嘴鉗/中：剪刀/下：美工刀



上：簽字筆/中：圓規/下：2B 鉛筆



上：起子組/中：工具組/下：扳手



鐵鎚



水管剪



左：焊錫/ 中：電烙鐵/ 右：烙鐵架



不鏽鋼束帶



測速槍



手機內建量角器



充電式電鑽起子組



套筒組



游標卡尺



車用車窗升降器



電風扇馬達



扭腰盤



電源遙控器



行李箱伸縮拉桿

小型桌球發球機使用材料

四驅車馬達	2	四驅車輪框	2	口徑 4.1 公分水管	50 cm	1 公升寶特瓶	1
1 公分厚木板	1m	木工螺絲釘	15	15cm 長束帶	15	電線	1m

網球發球機使用材料

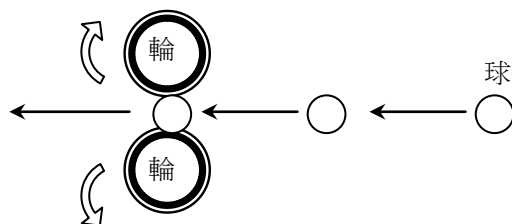
AC220V 風扇馬達	2	電風扇開關	2	車窗升降器馬達	2	直徑 12.5 cm 滾輪	2
圓形塑膠桶	1	60cm 長角鋼	4	30cm 長角鋼	2	20cm 長角鋼	2
角鋼螺絲	20	角鋼螺絲母	20	螺絲墊片	20	C 形墊片	20
口徑 7.5cm 塑膠水管	2m	口徑 8cm 塑膠軟管	1m	1 公分厚木板	1.5 m	塑膠束帶	30
圓木棍	50 cm	網球	15	變壓器x3 活塞：AC110V 60Hz→DC9V 300mA 轉盤：AC110V 60Hz→DC9V 250mA 擺頭：AC110V 60Hz→DC3V 800mA			

肆、研究過程：

一、蒐集資料，了解網球發球機的基本原理

(一) 根據我們上網蒐集資料的結果，市面上常見的網球發球機可分為下列幾類：

1. 雙輪式發球機：滾輪式發球機是利用輪子來發球。如下圖所示，兩個高速旋轉、旋轉方向相反的輪子，輪子之間的空間略小於球的直徑，當球從滑軌滾入兩輪之間的時候，藉由輪子和球的摩擦力將球快速旋出。



2. 氣壓式發球機：利用空氣壓縮機產生的氣壓，儲存在集氣鋼瓶內，當球掉入送球管時，再釋放鋼瓶內空氣，以空氣壓力將球彈出。

3. 彈射式發球機：利用鋼片的彈力將球射出。

在衡量我們的現有材料（風扇馬達）後，我們決定採用雙輪式的做法。

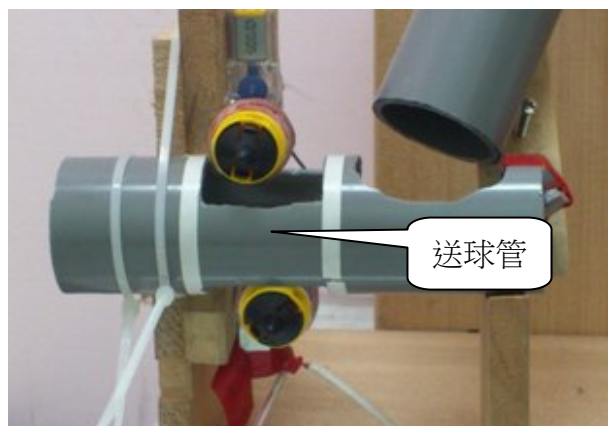
(二) 由蒐集資料中，我們歸納出發球機必須包括以下部分：

1. 發球部分：如上文所述。
2. 集球部分：一空間將多顆球集中，準備經由特定軌道將球發出。
3. 控制出球：控制每顆球從集球部分進入軌道準備發球的時間。

- 4.兩個對轉雙輪的相對速度變化可以改變球的旋轉方式。當上面的轉輪轉得比下面的快時，發出來的是上旋球。當下面的轉輪轉得快時，發出來的是下旋球。雙輪轉速相同時，轉出來的是平擊球。

二、試做小型桌球發球機

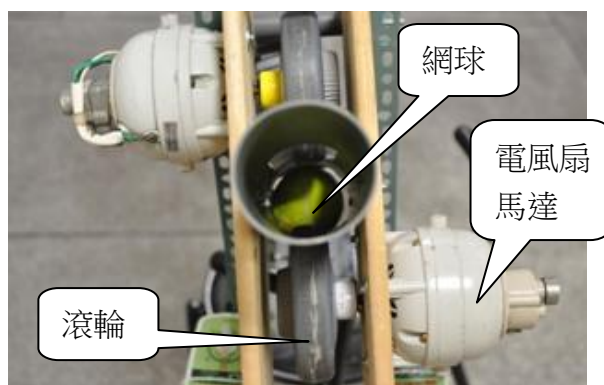
我們以兩個四驅車馬達帶動兩個車輪，使桌球通過兩輪間加速。經多次實驗，發現送球管位置必須放在兩輪正中間，且送球管和輪軸互相垂直，桌球才有最大的射程。另外，原本使用的是四驅車的車輪，但加速效果不好，甚至有時球沒有射出去，反而還被往後推。我們猜想也許是桌球表面太過光滑，質量也太輕，應該要想辦法增加輪子與球間的摩擦力，於是我們將車輪外胎卸下，改在輪子上纏繞橡皮筋，果然加速效果好很多，平均速度可達 282cm/sec，射程也可達到 60~120cm。



三、製作網球自動發球機

(一) 製作發球部分

- 1.我們發球時的動力源，是兩顆扇葉壞掉的電風扇馬達，在馬達軸上接輪子，藉摩擦力發球。但又因為兩個馬達轉向相同，因此我們想到將兩個馬達各固定在一片木板上，把兩片木板靠近，輪子會以相反方向旋轉，當球碰觸輪子時，就會彈射出去。有了桌球發球機的經驗，我們知道需想辦法增加網球和輪子間的摩擦力，而網球本身彈性很好，所以兩輪間的距離應該可以再縮小一點。經過我們實驗測試，兩輪間的距離，是以一顆網球再縮小約 1 公分效果最佳，因為這樣能提供網球較大的彈力，又不會卡到球。



2.如何將兩個馬達固定，也費了我們一番功夫。原本我們是直接用木板打洞，鎖螺絲。但因木板加工不易，須微調時不便，且無法有仰角，因此我們改採用角鋼當主支架。用角鋼的好處是上面有很多洞，要調整角度或位置時，只要將螺絲換個洞鎖緊就可以了，十分方便。但要用角鋼固定馬達位置時，用其現有的孔來固定，卻一直無法調到我們需要的最佳間距。最後我們決定結合兩者的優點，還是用原本的木板鑽孔固定馬達，但是利用角鋼當支架，讓整體更穩固，並製造仰角。為了讓發球機有最大射程，所以我們將仰角固定在45度。

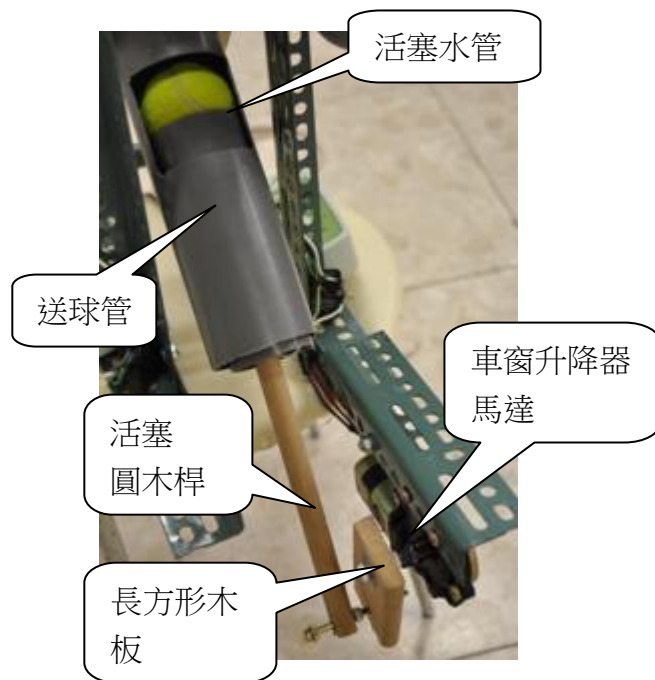


3.兩輪之間是最主要也最長的送球管。為了讓輪子接觸到網球，必須在上下管壁各挖一長型洞，且洞必須要對準輪子，不能卡到輪子。送球管的位置也必須置中，不能偏上或偏下，否則球無法同時受兩個輪子帶動，便無法得到最大動力。原本我們直接用電工膠帶固定送球管，但膠帶受到馬達震動影響，很快就不牢了。後來想用螺絲直接從外將木板與送球管之間鎖緊，但送球管管壁太薄，一直無法鎖得很緊。最後的解決方法是：各在木板和水管兩側上打兩組不對稱的四個洞，透過其中一組洞用長柄螺絲起子伸到對面送球管內壁（如下圖所示），鎖上螺絲釘，共鎖四個，如此一來即可兼顧送球管置中和固定的問題。

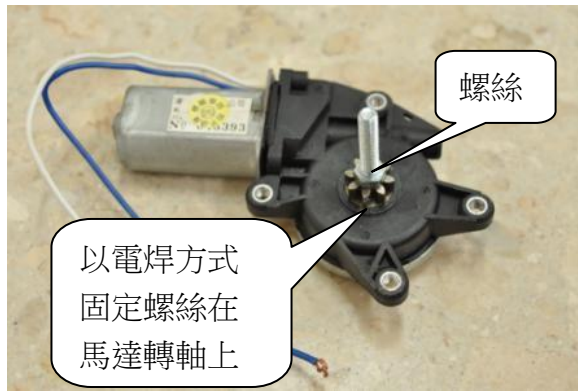


(二) 控制出球部分

- 1.因為送球管有 45 度仰角，所以必須做一個活塞將掉入送球管的球推進。此活塞後退時，網球由上方洞口落下，活塞前進時便將此顆網球推向兩輪之間加速射出。活塞在後退時，必須控制不能後退太多，否則上方洞口就會掉不只一顆球出來，且活塞不能跑出管外；活塞前進時，也不能跟上下輪子擦到。
- 2.活塞製作：我們的想法是把推桿接在一個圓盤的邊上，當圓盤轉動時，就可以帶動桿子前後推動。一開始時，我們把小於送球管口徑的水管用束帶綁在桿子上（束帶有彈性，比較不會卡住）。小水管若太細，反而會卡住球，我們改用略小於送球管口徑的水管，解決了問題。但活塞裝置若太靠近送球管時，由於圓盤半徑過大的關係，桿子會卡住，移遠活塞又距離過大。最後解決辦法是把圓盤換成長方形木板，作用和圓盤一樣，但更方便調整轉動半徑，並把送球管鋸短，這樣可以縮小體積，讓活塞的馬達更接近送球管管尾。最後微調轉動半徑和活塞裝置的位置，當活塞前進時，能將一顆網球送到滾輪之間，同時擋住上方的球不再進入送球管內；當活塞後退時，剛好容許一個網球進入送球管。



- 3.活塞馬達則是用車窗升降器的馬達（我們運氣很好，恰好修車廠老闆有舊型汽車的全新車窗升降器，現在已經用不到了，就慷慨送給我們）。馬達和螺絲原本用 AB 膠黏接，但三度斷裂，所以直接請鐵工廠工人用電焊把螺絲焊接在馬達轉軸上，之後就沒有斷裂情形。



(三) 製作集球/餵球部分

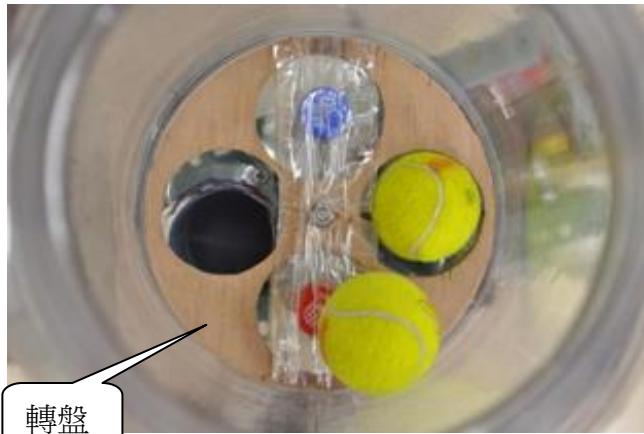
- 1.為了自動化，不需要有人一直將球放入送球管中，所以再研發集球/餵球部分。此部分必須有兩個功能：集球部分必須能儲存大量網球以供練習；餵球部分必須控制網球能順利一個接一個掉入控制出球的活塞裝置，不會卡住。
- 2.集球容器的選擇：原先我們利用家中待回收的方形塑膠桶來當集球的容器，實驗後發現球常卡在四個角落，於是我們改用圓桶來當集球容器。
- 3.避免卡球的餵球部分：

(1)嘗試一：攪拌法

原先我們將一段大約 10.5 公分的短木棒，從塑膠桶裡面鎖在車窗升降器的螺絲上，利用車窗升降機的馬達帶動木棒攪拌，目的是讓在裡面的球不會卡住掉不下來；最後在大塑膠桶底部開個比網球大一點的洞，以塑膠軟管連接至送球管內活塞推進處。但這種「攪拌法」並不理想，球還是常被卡在攪拌棒和桶底中間。

(2)嘗試二：轉盤法

後來我們嘗試另一種「轉盤法」：用木板做一圓盤，在上面挖出可以卡住網球的四個圓洞（類似像扭蛋機的轉盤），將此圓盤鎖在車窗升降器馬達上，當圓盤轉動時，卡在圓洞上的球對到集球容器底部的洞，便可順利落下。剛開始最大的問題是球常卡在轉動圓盤和塑膠桶底之間，經多次調整圓盤和桶底之間距離，經實驗測得兩者間距離約為 3 公分時，可讓球順利落下不會卡住。同時，我們也發現四個洞時，圓盤只要轉 1/4 圈，就有球掉下去，會導致出球頻率太高，因此用膠帶封住兩個洞，改成轉半圈才會有球掉下。膠帶中加入瓶蓋，是為了防止網球停在轉盤上不動。

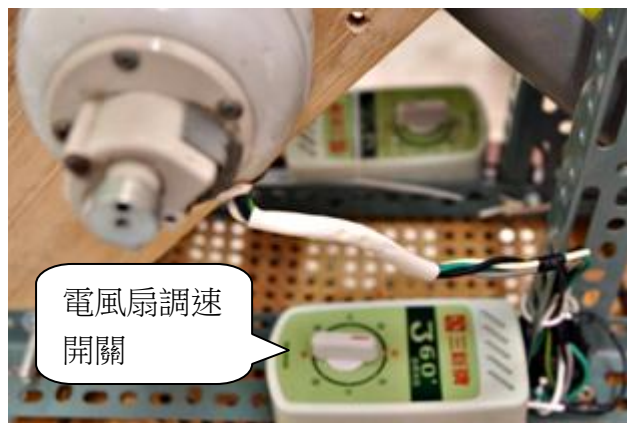


經過反覆測試，當集球桶內球數較少時，因為網球間彼此碰撞的機會變小，會比較容易掉下，導致出球頻率仍偏高，所以我們最後決定將此圓盤改成只有一個圓洞，拉大出球的間距。

(四) 再改良—改變上下輪轉動速度

原本我們是用並聯的方式，將兩個馬達的線接在 110 伏特轉 220 伏特升壓變壓器上（原本電扇馬達是適用 220V 的），但到後來發現這樣不能調上下輪的轉動速度，發球機便無法發出上下旋球。因此我們把變壓器改裝上原本風扇的三段式調速開關，兩台馬達各裝一個。

但其中一個風扇開關在反覆測試後壞掉了，學校也沒有其他多餘的調速開關，因此我們最後只剩上輪可控制強、中、弱三種速度，下輪速度仍維持定速。



(五) 第二代發球機—增加實用性（可煞車腳輪和遙控器）

完成後的第一代發球機體積頗大，搬運不便，且底下還須用其他東西（如桌子）架高。我們靈機一動，把導師室已被坐壞的辦公椅除去座墊以上的部分，將辦公椅下半部與我們的發球機結合，便形成一個可以推著移動、高度又夠的發球機。但考慮到發球時，發球機受到反作用力的影響，底下輪子容易動，所以又將辦公椅的輪子都改成有煞車功能的輪子，如此一來不但發球機能方便地移動，移到定點後也可以固定發球機。

另外，我們希望在使用發球機時可以單人操作，不需有另一個人幫忙開開

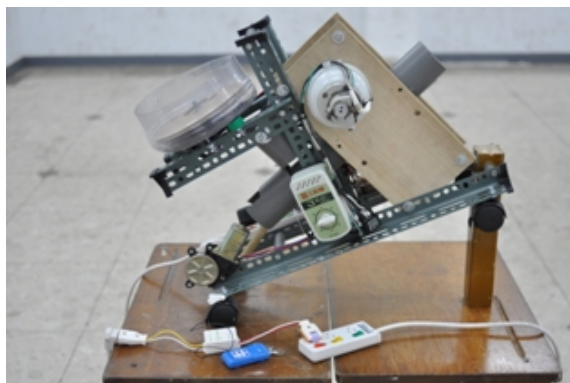
關，所以又在延長線總開關處加了搖控器。加了搖控器後，實用性大大提高，可以自己將球倒入集球桶中，設定好上下輪的轉速後，走到定點拿起球拍，準備好後按下遙控器開關，發球機才會開始運轉發球。完成後的第二代發球機如下圖所示。



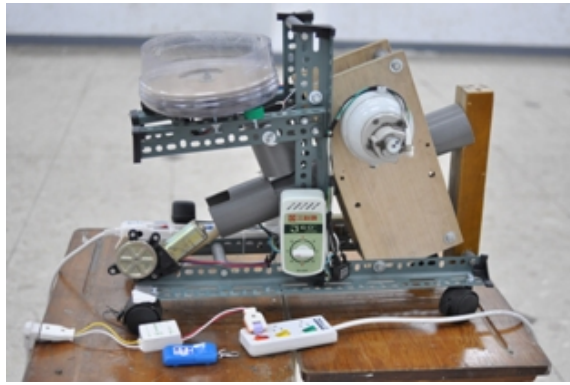
(六) 第三代發球機—增加便利性和安全性（體積縮小、增加把手和防護墊）

當我們完成第二代發球機後，赫然發現比賽辦法中，有規定攜至評審會場之實物尺寸不得超過深 60 公分×寬 70 公分×高 50 公分，而我們的發球機光是高度就不符合標準了。但我們實在太希望能把發球機帶至現場展示，所以決定想辦法將發球機的體積縮小。因為高度超過太多，我們只得先捨棄辦公椅下半部，直接將輪子鎖在角鋼上，再將二代發球機的主體部分盡量去除不必要的部分。

由於活塞部分仍須維持一定長度比例，才不會影響出球的頻率，而發球機的高度又受限於 50 公分內，因此送球管的角度無法維持原本的 45 度角。我們在前端角鋼鎖上廢棄辦公椅的木條作為活動腳架，作為增加仰角之用，不需使用時可以收起來（如下圖所示）。



第三代發球機—增加仰角的活動腳架立起時



第三代發球機—活動腳架收起時

為了方便搬運，我們在左右兩根角鋼中間鎖了一條小水管當作把手，同時也有再固定兩根角鋼的功能。此外，由於角鋼邊緣較銳利，為了預防不小心刮傷，我們用防護墊將角鋼邊緣包起來。至此，第三代發球機總算完工了。

(七) 第四代發球機—增加擺頭裝置和伸縮把手部分

我們在製作這台發球機的過程中，移動機器一直是個問題，因為發球機本身算是個不輕的機器，雖然我們為了方便推動，已將可剎車式的輪子裝在底座，但機器本身高度不高，要推動時必須彎腰，仍不方便。後來我們想到，若可利用行李箱的伸縮把手做為發球機的拉把部分，這樣就可以讓使用者輕鬆移動機器，不用彎下腰了。

但行李箱的收縮把手要從何而來？經過長時間的尋尋覓覓，某天居然發現學校附近社區有人丟棄不要的行李箱，我們如獲至寶，馬上將它們撿回學校。將拉桿和行李箱結合的塑膠部份用鋸子鋸下來後，發現金屬管內有一根鐵棒，當我們把鐵棒向下壓時，管中彈簧會被壓縮，而卡桿也會同時向內縮，這時若把拉桿往上或下拉動，卡桿就會移到下一個可以卡住的地方，以達到伸縮的目的。

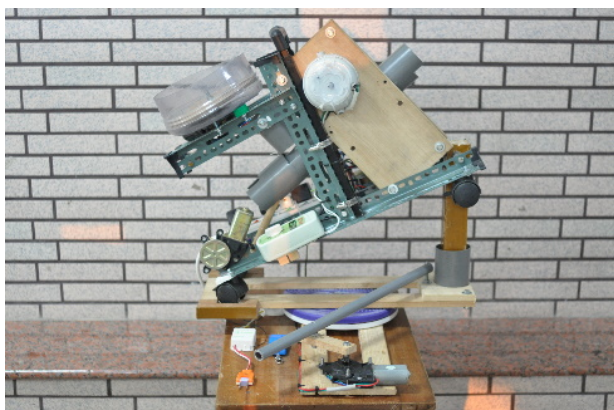
但是，即使這支伸縮拉桿縮到最短時，也超過了比賽規定的高度，因此我們決定再把它鋸短。由於卡桿那一端（底端）加工相當不易，所以我們最後決定鋸有塑膠按鈕的那一頭（前端），至於塑膠按鈕要把它裝回去，就用自攻螺絲在伸縮拉桿的外殼部分鑽下去固定就行了。而為了讓整根拉桿穩定地固定在發球機本體上，我們把原本的線路重整，並且用金屬束環把整隻拉桿緊緊的固定在發球機上，這樣，就可以達到我們不用彎腰也可以輕鬆移動發球機的目的了。（如下左圖）



在市賽中，評審建議我們可讓發球機有更多的球路，因此我們研發了發球機的擺頭裝置。我們想到的方法是利用夾在兩木板中的扭腰盤，藉由馬達推動扭腰盤轉動，帶動上頭的發球機，以達到我們要的效果。（如上右圖）

由於扭腰盤的面積太小，無法直接承載發球機，所以加裝木板來增加面積讓發球機可以放置在上方，並且考慮穩固性，在前方加裝站立的水管，方便固定角架，在後方鎖上有凹槽的木塊，方便固定後輪。下方的木板則是裝上馬達，用適當長度的水管連接扭腰盤上方之木板達到擺頭的效果。此處碰到的困難有二：一是找不到適當功率的變壓器來驅動馬達，讓發球機能穩定平順的左右擺頭；其次是要決定水管之適當長度，讓擺頭有左右對稱的角度。最後我們找到 AC110V 60Hz→DC3V 800mA 的變壓器，可以讓發球機不至擺動得太快，也不會功率小到動不了。多次測試後，水管長度（兩固定螺絲間的長度）取 38.5 公分，可以讓發球機有左右各 33°的擺角。

另外，在做第三代發球機測試時，發現測出來的球速和射程不大穩定，我們覺得，問題應該是出在輪子上。拆開來檢查，果然輪子中心的金屬部份和旁邊的塑膠部分已經鬆脫，也就是說，輪子並沒有確實被馬達驅動。為了解決這個問題，我們在輪子的邊緣打上四個小洞，並用鋼絲穿過輪軸和那四個小洞，這樣輪子就不會有空轉的問題。下圖為我們的第四代發球機組裝好的樣子。



伍、研究結果

我們想從網球的球速和射程來知道自製的網球發球機威力如何。球速方面，我們使用測速槍測量發球時的球速；射程則是參考網路上的相關報告，使用「VirtualDubMod」這個免費軟體，它可將我們用數位相機錄下的影片分格成一張張間隔時間不到 0.1 秒的照片，如此一來，我們便可利用這些分格照片來看出射程，同時知道所需時間。

下圖為我們錄影時的場地佈置。為了方便從分格照片中看出較準確的射程，我們先在地上放置三角錐，每個三角錐之間相距一公尺，三角錐間每十公分再用膠帶做記號，如此依來，從分格照片中便可推估發球後網球的射程。我們將發球機放在桌子上，加上發球機的 45 度仰角，發球口距離地面約為 124.0 公分。



此外，我們發現餵球部分的轉盤雖可解決卡球問題，但無法使每顆球落下的頻率相同；當球和球之間相距時間太短，上顆球彈出後，輪子來不及加速至原本轉速，下顆球又接踵而來，此時第二顆球的射程和球速便會受影響。在實際使用發球機練習網球時，這可能是一個優點，可以增加彈出網球的變化度，但在此我們的目的是希望知道自製發球機真正的「威力」，所以在測試時，我們採取人工餵球的方式，刻意將每個球落下的時間間距拉長，以便得到確實經過輪子加速的數據。

一、上輪轉速不同時，發球球速之比較

次數	球速 (km/hr)		
	強	中	弱
1	30	29	27
2	31	31	29
3	30	30	28
4	30	29	29
5	30	29	28
6	28	28	29
7	29	27	27
8	30	29	28
9	30	29	29
10	30	27	24
11	31	29	28
12	31	30	27
13	30	30	28
14	30	30	28
15	30	28	28
平均	30	29	27.8

二、上輪轉速不同時，射程之比較

次數	射程 (m)		
	強	中	弱
1	8.70	8.80	8.30
2	8.50	8.60	8.50
3	8.45	8.45	8.70
4	8.50	8.50	8.45
5	8.60	8.45	8.40
6	8.60	8.70	8.65
7	9.20	8.60	8.70
8	8.10	8.50	8.30
9	8.50	8.50	8.50
10	8.40	8.50	8.40
11	8.50	8.70	8.70
12	9.00	8.60	8.90
13	8.50	8.30	8.70
14	9.00	8.50	8.50
15	8.60	9.10	8.80
平均	8.61	8.59	8.57

陸、討論

- 一、試作桌球發球機時，我們發現送球管位置必須放在兩輪正中間，而且送球管和輪軸互相垂直，桌球才有最大的射程。另外，球和兩輪的摩擦力要夠大，彈射效果才會好。
- 二、將第四代發球機放在桌子上，出球口距地面約 124 公分時，測試網球發球機射程。當上輪的轉速不同時，發球機的平均射程大小依序為：強 > 中 > 弱，但差別不大，平均射程最大可達 8.61 公尺，最小的平均射程也有 8.57 公尺。如果練習場地不夠大時，只要將發球機改放較低位置，便可縮短射程。
- 三、當第四代發球機上輪速度設定為「強」時，平均發球速度可達 30 km/hr，設定為「弱」時，平均發球速度也可達 27.8 km/hr。一般發球機的球速範圍大約是 24~113km/hr，相較之下，我們的發球機可能比較適合初學者，若要再增加球速，必須換個轉速較快的馬達。
- 四、我們自製的發球機有個比較不穩定的地方，就是餵球頻率不定。當較多球在集球桶中互相推擠時，球下來便比較不順；而隨著集球桶內的球越來越少，球落下的時間間隔便會逐漸縮短。若球和球之間相距時間太短，上顆球彈出後，輪子來不及加速至原本轉速，下顆球又接踵而來，此時第二顆球的射程和球速便會變弱。若想要在練習時每球球速不要固定，則此現象恰好可提供球速變化；但若希望每球球速較一致，便要請另一人幫忙，一次丟一顆球進集球桶中，將每球的時間間距拉長，才能

使每球確實加速而保持球速穩定。

五、經過校內科展、市賽，一直到參加國展，我們在過程中不斷改良發球機，希望它的功能越來越強大、越來越實用。現在使用第四代網球發球機時，可先設定上輪的轉速（強、中、弱），再設定是否須使發球機左右擺動，朝不同方向發球，之後將球裝好，走到練習位置拿好球拍，再用遙控器開啟發球機，便可開始練習。這些算是已經達到我們心目中網球發球機的基本功能了。

六、原本我們覺得發球機的原理不難，應該很快就可以做出來，沒想到在過程中頻頻遭遇問題，原來理論和實際操作之間還是有很大的距離。此次科展，除了學到工具的使用、測量的方式、電路圖的畫法、電線的配置、機械設計……等，我們學到最多就是要不斷想辦法解決問題，在腦力激盪的過程中也常讓我們產生許多意料之外的巧思。最後，當我們成功地製作出理想中的發球機，心中的喜悅真是筆墨難以形容，超有成就感的！也謝謝許多善心人士在材料方面的提供，我們才能順利做出這一台發球機。

柒、結論

一、一般滾輪式發球機必須包括三個部分：(1)發球部分；(2)集球部分；(3)控制出球。而上下兩輪的滾動速度不同時，就可發出上旋、下旋或平擊球。

二、我們自製的第四代發球機可設定上輪轉速（強、中、弱），平均水平射程約為 8.57 至 8.61m，平均發球速度範圍為 27.8 至 30km/hr，也可設定發球機左右擺動幅度各 33°。有伸縮提把和可固定腳輪，方便移動和固定，還有遙控功能。

三、我們利用學校廢棄的電扇馬達製作網球加速部分，用圓形回收塑膠桶做集球桶，用車行老闆已不用的車窗升降器的馬達來做活塞推進部分、防止卡球裝置和擺頭部分，另用電扇本身的調速開關控制輪子的轉速，再用廢棄行李箱的伸縮把手做為拉桿，其它材料如塑膠水管、木板等，成本都非常低廉，跟市面上造價不凡的發球機比起來，我們已經很滿意了，也達到我們想要廢物利用的目的。

捌、參考資料及其他

張峻翔、黃羿寧、鄭乃嘉、洪瑄徽、江杰倫、夏睿謙(民 97)。快打旋風-快打好手培育旋風計畫。中華民國第四十八屆中小學科學展覽會作品說明書。

<http://www.youtube.com/watch?v=vINfA8hAj5o&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=WQQb6RoXdL0>

<http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=2p282Mg9lcc>

<http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=uViSNW00W0s>

<http://www.youtube.com/watch?v=IU8ehKZHRMA&NR=1>

【評語】 030812

本作品在“廢物利用”的情況下，製作出一網球發球機。實作之經驗與克難之精神值得鼓勵。但在“發明”之前提下，應強調作品之創新性與獨特性。且亦應考慮商用網球發球機的性能，並與之比較。若能達成網球實際練習時，發球的參數，則更為理想。