

省錢有力的四驅車心臟

—20元馬達麻雀變鳳凰

高小組應用科學科第一名

國立臺南師範學院附屬實驗國民小學

作者：吳權洲

指導教師：楊明宗、葉麗娟

一、研究動機與研究目的

1-1. 研究動機：

去年暑假我期待的樂事就是可以好好玩「四驅車」，好不容易有了一台，但是不管怎麼跑，還是“好慢好慢”。又看到許多小朋友，甚至於大孩子人手一車，在軌道上跑來跑去，好快好快的跑著！好懷疑為甚麼小小車能跑的如此快呢？

開學後，有一天班上同學帶他的“馬達”到學校纏繞線圈，啊！原來馬達還能修改，我很小心的看著他細心的繞著。此時心中好想學如何纏繞線圈，目的想使我的車快起來。我問這位同學如何繞線圈，他告訴我這是“單線金字塔”繞法；此時我又傻住了！繞就繞還有不同方法。

經多日的找尋資料、問同學及親自拆了一個同型玩具馬達重繞線圈並裝於四驅車上，終於繞出第一個有點速度的馬達，因為它比原來的馬達快上許多許多，我好高興好高興。後來用最便宜的20元馬達來修改也跑出很好的成績。原來馬達轉速快慢是可以用設計的，跟剛開始玩車時的想法完全不同，我相信可以用很省錢的馬達，經改良後就有高速的表現。去年我的最愛是四驅車，現在又學會了繞馬達，閱讀許多有關四驅車的書，因此就選定以四驅車小馬達為主來作為研究的題材。使20元馬達能麻雀變鳳凰。

1-2. 研究目的：

對於本次科展研究小馬達的目的有下列幾點：

（一）六下課程有關電動機與本研究之馬達的關聯性如何？

（二）使用各種不同線徑的漆包線及不同纏繞法來了解馬達轉速與電流關係。

（三）如何使用20元便宜的馬達經改裝後，變成能達到高轉數、又有力的馬

達使四驅車跑得快。

(四) 利用試驗出最佳的組合，來製作出一顆心目中的夢幻馬達。

二、實驗內容與實驗器材

2-1. 實驗內容：

本次實驗內容就是利用我目前所發現市面上最便宜20元玩具小馬達加以改裝，以不同繞線法、不同磁鐵強度組合及全部換上較好的碳刷、最後直接以四驅車車體荷重置於測速機上方加以測試。以荷重後之實際速度來了解20元的改裝馬達有高速的表現嗎？再以測得最好表現的馬達組合方式，來完成我心目中的『夢幻』馬達——也就是便宜、快速又有力的馬達。

2-1-1. 預備實驗：

到文具店買一個70元的「電動機」組件，按課本中敘述的程序，裝置完成「二極馬達」；啟動後在緩慢的轉動中我認識了馬達的基本構造與原理。但那龐大的體積既無法裝入四驅車中，而且轉速極慢；與理想中的『夢幻馬達』差太遠了。還是找可用於四驅車上的三極馬達加以改造吧。

2-1-2. 馬達的基本認識：

馬達也可以叫電動機，平常我們都叫它為『馬達』好像比較順口。本次科展是以四驅車「直流三極馬達」為對象，因此所討論的內容也以三極小直流馬達內容為主。由六下自然課程有關馬達一章中得知二極馬達構成，由模型中更清楚知道轉動、磁場（軸心與永久磁鐵越近越快，遠則慢等現象）、電流換向會使磁極改變基本知識。

馬達的構造可分為幾個部分：

(1) 外殼為固定馬達零件的骨架也是保護外衣有馬達殼及馬達蓋。

(2) 軸心為一金屬片組合而成的轉子，將旋轉線圈組纏繞在上面經通電流後產生磁場，與轉子外側之永磁鐵組之磁場互相排斥及相吸（電磁效應）的慣性相互作用而轉動之主構件。

(3) 永久磁鐵為一固定式磁場發生器，由N極及S極等構成。

(4) 整流子為一將電流輸入轉動線圈組的轉換接頭，線圈轉動時整流子便使其電流反向流動。

(5) 碳刷為一將電流輸入整流子的開關，由銅片或碳質材料構成。

2-2. 實驗器材：

又本次實驗需使用材料類、工具類、及測試儀器類等器材，以這些器材來完

成科展。

2-2-1. 材料類：

(1)市售20元小馬達數顆（均為一般磁鐵、轉子、碳刷），為不改裝及提供測試時改裝用。

(2)繞線用漆包線0.4mm，0.5mm，0.6mm等三種。（重繞繞線用）。

(3)小馬達專用（磁鐵）強薄磁、強厚磁各一種。（不同組合測試時用）。

(4)品質較高小馬達專用轉子貳顆。（纏繞終極馬達用）。

(5)備用碳刷數組。（測試時更換用）。

(6)使用充電電池分為600mAh四組計8顆於測試時更換使用。

(7)四驅車車台壹組。（每次測試共用車台）。

(8)瞬間膠。（繞線時固定線圈）。

(9)高速充電器一組。

(10)電池放電器。

K 電源開關。

2-2-2. 工具類：

(1)焊接用烙鐵及焊錫。（接合線圈與整流子）。

(2)美工刀及螺絲起子等。

(3)分釐卡。（量測漆包線及馬達尺寸用）。

(4)磅秤。（量測轉子重量）。

2-2-3. 測試儀器類：

(1)三用電表二只。（測試電壓及電流用）。

(2)四驅車專用測速器一台。（測車速用）。

(3)計時器。

(4)電腦。（求馬達轉速及文書整理用）。

三、實驗方法、實驗過程

3-1. 實驗方法：

測試實驗的基本方法是這樣子的：

本次以馬達以自訂方法在標準格式下每次跑的時間由測速機定格時間所測的km/hr（公里／小時），以及由三用電表讀到電流數等。以此數據來反求馬達轉數及得知耗電流量。測得各馬達的轉數性能表現，就是模擬馬達裝於四驅車中跑軌道平路時的最直接的表現。

3-1-1. 影響車速的原因探討：

四驅車中馬達是最主要動力來源，當然除了馬達外影響車子性能的原因還有很多；例如：

●馬達本身有：

- (1)軸心。
- (2)碳刷。
- (3)磁鐵。
- (4)軸承潤滑性。

●車體本身有：

- (1)車體零件組合精密度。
- (2)各關節接點潤滑性。
- (3)輪胎種類。
- (4)電池瞬間出力及續航力。

除了馬達及車體外，路況也是一個很大的因素。本次實驗只討論馬達；其它因素暫不考慮。

3-1-2. 以最佳組合車體來測試馬達轉動速：

以上這些都是影響車速的原因，但主要動力還是“馬達”。所以在測試實驗時將各零組件使用最佳組合，例如車台轉軸使用培林（軸承）減少阻力，使用海棉胎防止震動等以減少馬達額外之耗能。再將每一組馬達放入實驗車台上，使用外接電源在專用測試器上來測試。各馬達在同一外在條件下（車台、電力、同一齒輪比）所測得的km/hr來反求馬達轉數。

3-2. 實驗過程：

一開始作科展時，因為已經有了繞馬達線的經驗，但不知以何種方法來知道何種繞線法最好，總是在試試看；也繞過好多個馬達但總是不滿意。想借此科展找到最佳的繞線法及搭配何種磁鐵的組合為最佳的馬達。但想找到便宜的馬達還不容易，因為市面上一般的四驅車因為每個購買者都想“飆車”因此最便宜的馬達都要上百元以上。上百元的東西對我們小朋友而言是非常“高價”的。若能以最便宜的馬達改造而達到能“飆車”的目的那有多好；最後還是找到了想要的便宜馬達。

3-2-1. 材料、工具、測試儀器收集：

首先好不容易找到20元馬達已經增加了我的信心，接著找測試材料、工具、儀器等等。由於馬達測速器非常昂貴，以四驅車製造公司之專用測速機來反算馬

達轉速也是方法之一。

3-2-2.馬達拆裝及重組合：

將買回之20元小馬達依不同繞法每組6顆，再細分0.4mm組、0.5mm組、0.6mm各2顆。分別拆裝後重繞線，請爸爸在掛勾處重新焊接，以保證通電良好。最後配上新碳刷以求穩定，因為原裝碳刷非常薄，根據經驗它很快就被磨光而且會將整流子磨斷，因此更換備用碳刷以求安全。

●本次實驗數量預計：

- a.單線金字塔繞法 6個。
- b.單線雙繞法 6個。
- c.複合式繞法 6個。
- d.原裝20元不改繞法（原體） 2個。

a、b、c等參種重繞線每組6顆計18顆，下表為拆裝重繞線一覽表：

A	0.4 mm線組		0.5 mm線組		0.6 mm線組		數量
單線金字塔繞法	A4-1	A4-2	A5-1	A5-2	A6-1	A6-2	每組二顆
每組數量	1	1	1	1	1	1	6

B	0.4 mm線組		0.5 mm線組		0.6 mm線組		數量
單線雙繞法	B4-1	B4-2	B5-1	B5-2	B6-1	B6-2	每組二顆
每組數量	1	1	1	1	1	1	6

C	0.4 mm線組		0.5 mm線組		0.6 mm線組		數量
複合式繞法	C4-1	C4-2	C5-1	C5-2	C6-1	C6-2	每組二顆
每組數量	1	1	1	1	1	1	6

D	數量						
原裝 20 元不重繞馬達	每組二顆						
每組數量	2						

測試總數為：20顆。

在重繞馬達過程中以0.4mm、0.5mm線組較好繞；以0.6mm線組較難繞。這是因為以0.6mm鋪底層時無法鋪五條底線；又因為掛鉤太小無法用力拉線，稍一用力掛勾就斷裂。20元的馬達以0.6mm線來重繞還真難。結果0.6mm線無法順利掛上整流子掛勾。所以0.6mm線無法完成繞線，因此放棄單線雙繞法及複合式繞法。

總數修正為：16顆如下：

A	0.4 mm線組		0.5 mm線組		0.6 mm線組		數量
單線金字塔繞法	A4-1	A4-2	A5-1	A5-2	A6-1	A6-2	每組二顆
每組數量	1	1	1	1	1	1	6

B	0.4 mm線組		0.5 mm線組		0.6 mm線組		數量
單線雙繞法	B4-1	B4-2	B5-1	B5-2	B6-1	B6-2	每組二顆
每組數量	1	1	1	1	無法繞線	無法繞線	4

D	數量						
原裝 20 元不重繞馬達	每組二顆						
每組數量	2						

測試總數為：16顆。

3-2-3. 測試方法整理分析：

(1)預備測試：

終於可以測試了，第一個測試的是0.4mm組（A4-1）。

為求平均值，每次測試時每一組繞線均以同組二顆馬達如A4-1、4-2，同時測試。每顆每次均測三次，求其平均值。用此方法記錄各組馬達轉速及電流量。

●測試車台內容為：

車台型式	車台重量	尺輪比	輪胎直徑	培林(軸承)
TAMIYA-X 底盤	65g	3.5 : 1	2.5 cm	2mm

車台架設及接線法如下所示，測試結果發現幾個問題如下：

狀況	原因	處理情形
①電流不穩定	因為使用夾線接頭及使用微動開關因此無法將正常電流送到碳刷因此電流不穩定	更換大型手控開關
②碳刷磨損	當同馬達使用原裝碳刷多次運轉後發現碳刷嚴重磨損,這一定也是電流不穩定原因,故更換炭刷。	更換碳刷
③馬達溫度高	高轉速	測試時需休息
④電池電力不穩定	充電後馬上使用電池電力不穩定	需放置冷確後才可使用

測試結果車台部分還算穩定，可達到預期的效果。有關上列問題於正式測試時將加以改進。

(2)正式測試：

綜合預備測試時所發現的問題改進後，即開始測試。分普通磁鐵組、及強力磁鐵組二大組。

●測試注意事項：

一切就緒後檢查所有測試材料後依序進行，測試時特別注意電池電力每次測完一組馬上進行放電及重新充電。

甲、普通磁鐵組：（使用原裝磁鐵）。

線徑	單線金字塔繞法		單線雙繞法		複合式繞法		總計
0.4mm	A4-1	A4-2	B4-1	B4-2	C4-1	C4-2	6
0.5mm	A5-1	A5-2	B5-1	B5-2	C5-1	C5-2	6
0.6mm	A6-1	A6-2	0		0		2
原裝 20 元馬達							2
測試結果（如成果表 1）							16

乙、強力磁鐵組：（使用厚磁鐵）。

線徑	單線金字塔繞法		單線雙繞法		複合式繞法		總計
0.4mm	A4-1	A4-2	B4-1	B4-2	C4-1	C4-2	6
0.5mm	A5-1	A5-2	B5-1	B5-2	C5-1	C5-2	6
0.6mm	A6-1	A6-2	0		0		2
原裝 20 元馬達							2
測試結果（如成果表 2）							16

丙、普通磁鐵組及強力磁鐵組平均值測試結果：（如成果表3）。

(3)測試資料整理：

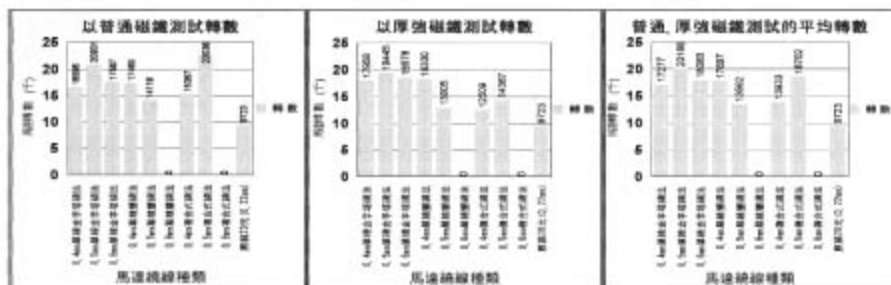
所有測試數據資料建立後，以電腦來處理電子試算表及文書製作，其主要計算公式為：

馬達轉數計算：測得公里數（Km/hr） $\times$ 1000公尺 $\times$ 100公分 $\div$ 2.5公分 $\div$ 3.14 $\div$ 60分鐘 $\times$ 3.5=轉數 齒輪比為3.5:1 輪胎直徑2.50公分（重繞20元馬達測試成果表1,2,3）。

成果表 1

成果表 2

成果表 3



3-2-4. 從資料中選擇最佳組合馬達：

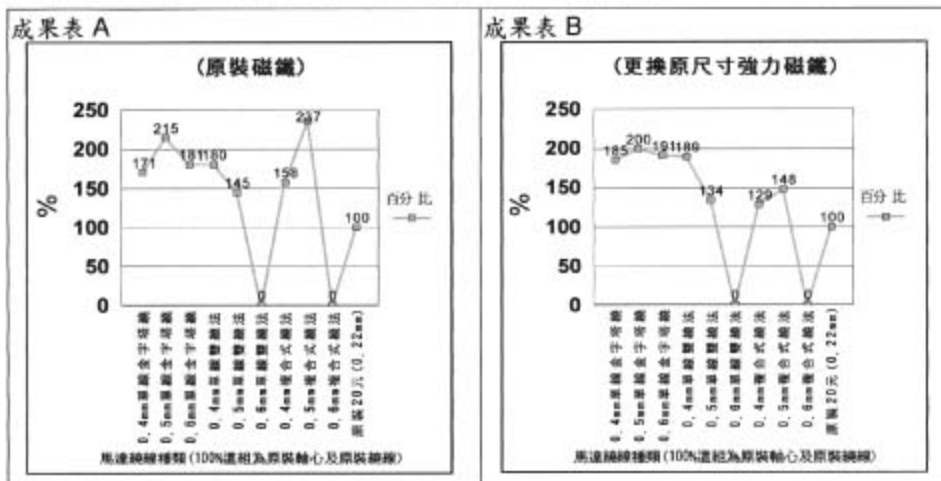
從本次測試資料結果顯示最佳組合為：

第一名			第二名			第三名		
單線金字 塔繞法 (0.5mm)	電流	轉速	單線雙繞 法 (0.4mm)	電流	轉速	複合式繞 法 (0.5mm)	電流	轉速
	普磁磁 鐵 3.15	20931		普磁磁 鐵 5.3	17463		普磁磁 鐵 4.37	23036
	強力磁 鐵 2.81	19445		強力磁 鐵 4.98	18330		強力磁 鐵 5.71	14367
平均	2.98	20188	平均	5.14	17897	平均	5.04	18702
最易纏繞	最省電	最快	不易纏繞	不佳	次快	不易纏繞	不佳	不穩定

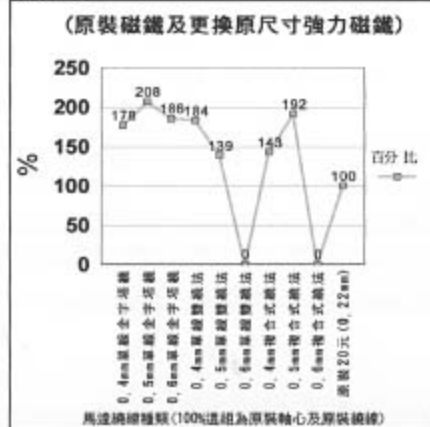
所以選擇單線金字塔繞法的原因是依所得二項資料及纏繞線時之難易度來決定何種將為夢幻馬達的製作依據。這次試驗所得我覺得最佳的馬達組合是金字塔繞法，終於找到了最佳組合；決定以目前同一尺寸之較好轉子及同線徑繞法製作一顆心目中所盼望最佳的“四驅車夢幻”馬達。再依前測試法測試：測試結果與理想有差距，（如成果表D顯示）原因有待查明。

但單線金字塔繞法，我自己認為身為小朋友的我們，是最理想的繞法；因為從省錢方面那是省最多的、學習也不發太多時間。因此我覺得單線金字塔繞法最適合小朋友及初學者。

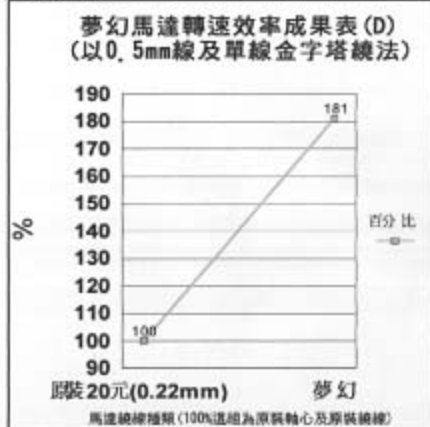
3-2-5. 本次實驗提升轉數效率成果表（成果表A,B,C,D）：



成果表 C



成果表 D



四、實驗結果

4-1. 實驗結果心得：

(一) 經歷了六下自然課本中的電動機模型製作，了解二極與三極馬達有何不同。

(二) 再經重繞20元馬達預備測試的經驗，再到正式測試階段的最佳組合馬達的選出，再利用實驗出之繞法及磁鐵組合完成理想中的夢幻馬達為止得到下列結果。

4-1-1. 二極與三極馬達比較：

- (1) 二級馬達起動慢、轉數慢、不穩定、體積大、很難用轉動的機器上。
- (2) 三極馬達起動快、轉數高、精密度高穩定、體積小能直接用於玩具或其他機器上。
- (3) 無論是二極或三極馬達繞線時都要按順序排列整齊並拉緊才能跑出高轉。

4-1-2. 最快馬達組：

- (1) 試得知為複合式繞法最快但耗電、且不穩定不適用於重繞20元馬達上。
- (2) 友可能較難入門。

4-1-3. 最省電馬達組：

為原裝馬達組，但其轉數太慢無法使四驅車跑得快，不列入討論。

4-1-4. 最佳電馬達組：

為單線金字塔繞法，可用於重繞20元馬達用，其轉數快、省電、易於學習、

這就是我所選定之夢幻馬達的祖師爺。

4-1-5. 對夢幻馬達的期望：

(1)由『單線金字塔繞法』測試中得到好的表現，表示此繞法適合20元馬達改裝使用；既便宜又可改善轉數。這種繞法非常簡單學習也不花太多時間，適合小朋友的小手來纏繞。讓小朋友親自感受到麻雀變鳳凰的喜悅與興奮。

(2)次在製作心目中的夢幻馬達並沒有非常高的轉速表現，有點失望。其原因應該為軸心還是非『高品質』的『普通軸心』製品。應再試試『其它軸心』，以更深入了解。

4-2. 小結：

綜合本次測試的成績，只作到軸心的重繞線、更換磁鐵組合等項就用掉好長的時間；當然我是初學者，對繞線的成熟度還有一段距離。繞線的「工夫」好像一定也影響成果，所測試出的資料正確性是不是全部具代表性，我仍然無法非常肯定。但它確是我一筆一筆記錄的成果。

從正式測試中又發現一些測試上的問題：

①碳刷一直是最頭痛的問題，因為整流子與碳刷間接合角度問題有不正常電流產生。

②車台較輕會有偏移現象，最後加較細電線加強避震。

③當加潤滑油時會流出至測試器導輪打滑影響測試。

④同一軸心使用一般磁鐵速度並不比用強磁慢，但無法得知扭力有何差異。

⑤單線雙繞法耗電量過大，出現高電流，電池發熱。

⑥測試時拆裝馬達常使測台與電池間接線斷線影響工作。

⑦所計算出之轉速只能參考而無法作為馬達用於如彎道、爬坡路時的情況。

⑧二極直流馬達無法測試出速度因此無法與三極直流馬達作比較。

五、結論與建議

5-1. 結論：

●實驗心得與感想：

經過這次科展我深深感覺到科學是非常的深奧永無止境的，但經過好好的探索就能有成果的；從上網找資料開始起，雖然在纏繞馬達時手是那樣的疼痛，又常拉斷線必需重來；終於順利完成科展。由馬達這個題材使我在小學的最後一年提前學習到甚麼是電動機及其它的相關知識，也許對未來學習相關課程有很大的幫助。

●本次科展我得到最大的收穫有：

（一）了解馬達轉動原理與各種繞線法技巧及其效能，用自己的雙手創造出另一種動力其喜悅大於所測得的成績。

（二）了解機械與電力之間的原理與關係。

（三）了解一件試驗成果並非是完全正確的。

（四）了解如何找尋資料及應用資料來自我學習。

（五）由此次科展我得到許多各式各樣繞法的馬達，能與弟妹分享『飆車』樂趣。

我要感謝我的老師及家人給予我最大的支持，爸爸材料的供給及用大量的時間陪我作測試，並提供意見以及電腦資料整理給予幫忙是最偉大的精神支柱。

5-2.建議：

經本次科展試驗結果得知馬達這個動力體是變化無窮的，在馬達的組合中什麼組合才是真正的『夢幻』呢？

（一）對於國小六下自然課程中「第3單元二極電動機」，內容非常有趣，「一切自己來」；但它少了另一種「實用性」。若能將內容提昇為『三極電動機』那一定更實用更好玩。而且很省錢喔！

（於四驅車馬達的選擇不一定要貴的，我想可以動動手自己來改裝馬達，如所測出0.5mm單線金字塔繞法就是一好方法喔。

六、參考書籍

- 1.國民小學自然科學第12冊（六下）：國立編譯館。
- 2.牛頓科學研習百科：牛頓出版社。
- 3.新世紀機械大百科：貓頭鷹出版社。
- 4.四驅車攻略讀本：入門技巧篇。
- 5.軌道車完全改造讀本：尖端出版。
- 6.馬達改造手冊：百見益出版。
- 7.超四驅雜誌：1999.01。
- 8.<http://www.tamiya.com>
- 9.<http://www.jackyhouse.com.tw>
- 10.<http://www.taconet.com.tw/AHKEN/>

評語

本作品針對四驅車使用的直流馬達，分別以多種線徑的漆包線及三種不同的方法加以繞製，並改變永久磁鐵的強度及電刷的式樣。繞製完成之馬達再分別安裝於四驅車專用測試台上運轉測試，探討最後的驅車速率，從而找出最佳的製作方式，分析及製作程序條理分明，為一甚為完整的作品。

