

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高職組 機械科

最佳(鄉土)教材獎

090902

渾身是勁的電動自行車

學校名稱：國立羅東高級工業職業學校

作者：  職二 莊智豪  職二 蔡尊翔  職二 吳思宥	指導老師：  黃雲春  許保強
---	-----------------------------

關鍵詞：續航力、電動腳踏車、輪鼓馬達

## 摘要

本研究主要是爲了要研發讓電動自行車增加續航力。爲達此目的，本研究設計有兩大功能：一、自製可以讓三個電池互相串聯輪替切換供電的開關；二、設計兩個馬達：輪鼓馬達、直流有刷馬達，可以適用在不同的地形進行切換，並對直流有刷馬達進行電力回充，延長電力，以達增加續航力的目的。經實驗結果發現：三個電池的輪替切換可以提昇續航力約 30%，另外兩顆馬達的切換，在平時較平緩的路段以輪鼓馬達來供給動力，直流有刷馬達對不供電的其中一顆電池進行充電，若遇到上坡路段時，切換成由直流有刷馬達來提供動力，並可變換不同的齒輪比達到輕鬆爬坡的目的。

## 壹、研究動機

近年來各國學者紛紛指出，全球的石油存量在近百年來就會使用殆盡，而且石油燃料或者其他石油加工品，使地球環境惡化，因而在環保意識高漲的年代，人們處處都爲了保護地球設想，響應環保而崛起的腳踏車以及電動自行車，就是一個明顯的例子。電動自行車具有速度優、快捷舒適及不用費力蹬踏等優點，這幾年在各廠商的改良下越來越趨近大眾化；然持續的電力提供更是大家關心的議題。騎乘電動自行車時可以發現，長時間行駛下的電力耗損，喪失它原本不用費力蹬踏的功能，因此能長距離的行駛的變成它首選的條件之一，這就是所謂的「續航力」，本論文將針對此議題進行研究與實驗。

## 貳、研究目的

電動自行車「續航力」這個問題大部分的廠商是把電池容量加大，而我們實驗的方向有兩點，一、是完全自己改裝，二、是應用自行車在行駛的過程中產生動力而發電並將此電力儲存以增加續航力；於是我們專心投入這項研究與製作在它的硬體和軟體做了許多改變，以增加電動自行車本身的續航力。

## 參、研究設備與材料

### 一、研究設備與工具

	工具與器材名稱	數量	單位	用途
1.	十字起子(大)	1	隻	鎖緊或鬆開螺絲
2.	十字起子(小)	1	隻	鎖緊或鬆開螺絲
3.	一字起子(大)	1	隻	鎖緊或鬆開螺絲
4.	一字起子(小)	1	隻	鎖緊或鬆開螺絲
5.	電動起子	1	隻	鎖緊或鬆開螺絲
6.	交流電鑽	1	隻	鑽孔
7.	尖嘴鉗	1	隻	夾持導線

8.	斜口鉗	1	隻	切斷導線
9.	撥線鉗	1	隻	撥開導線絕緣皮
10.	電烙鐵	1	隻	焊接電路用
11.	烙鐵架	1	個	放置電烙鐵
12.	示波器	1	台	顯示波形
13.	電源供應器	1	台	提供實驗用電源
14.	三用電錶	1	台	測量電壓電流電阻
15.	零件盒	2	個	放置零件
16.	示波器連接線	2	條	連接示波器與待測物品
17.	電源供應器連接線	2	條	連接電源供應器與負載
18.	相機	1	台	實驗過程紀錄
19.	活動扳手	2	隻	鬆緊腳踏車螺帽
20.	手弓鋸	1	隻	鋸開角鐵
21.	麵包版	3	片	提供電路模擬裝配
22.	內六角鎖	1	套	腳踏車內六角螺帽拆卸
23.	筆記型電腦	1	台	紀錄實驗過程與電腦電路模擬
24.	延長線	3	條	供應需要插座以提供器具運作
25.	壓接鉗	1	隻	壓接套管
26.	扭力扳手	1	盒	鬆緊六角螺絲螺帽

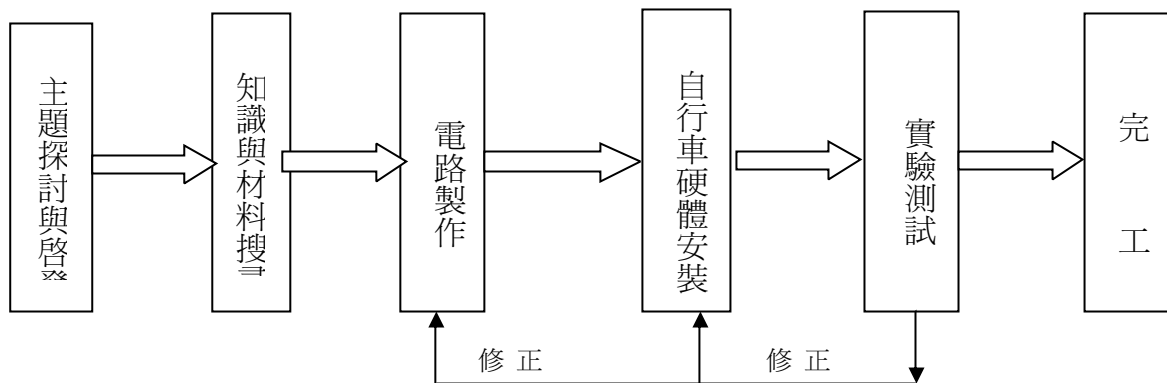
## 二、材料

	元件名稱	數量	單位	備註
1.	LED燈	數	個	方向燈之使用
2.	固定電阻1K	2	只	IC工作電壓限流
3.	可調電阻50K	1	只	方波頻率調整
4.	可調電阻10K	1	只	方波寬度調整
5.	電解電容470U	1	只	IC工作電源濾波
6.	電解電容2200U	1	只	主電路電源濾波
7.	陶瓷電容103	3	只	主電路電源及IC工作電源濾波
8.	保險絲20A	數	個	防止電路短路
9.	保險絲座	數	個	提供保險司放置之位子
10.	控制器機殼	2	個	組裝控制器
11.	端子臺6p/8p/12p	1	個	方便馬達引出線 電源線與控制器的組裝
12.	無熔絲開關20A	1	個	電路總開關
13.	5.5導線	數	公尺	裝配主電路用
14.	輔助電驛x	4	個	電路切換
15.	煞車斷電把手	1	對	煞車時可斷馬達的電

16.	自製切換開關	1	個	電路切換功能使用
17.	單向直流馬達	1	個	提供腳踏車之動力
18.	輪鼓馬達	1	個	提供腳踏車之動力
19.	二極體	2	只	防電壓逆衝
20.	鋁置機殼	1	只	裝置方向燈之用途
21.	自製木箱	1	只	裝置電瓶等控制元件
22.	電瓶12V10AH	3	個	提供腳踏車電能
23.	束線帶	數	條	整理導線用
24.	1.25導線	數	公尺	配置控制電路用
25.	焊錫	數	公尺	裝配控制板用
26.	裸銅線	數	公尺	裝配控制板佈線用
27.	壓接端子	數	個	提供導線與端子臺更便利連接
28.	保麗龍	數	片	電池/馬達防震用
29.	鱷魚夾	數	隻	提供電瓶與導線連接

## 肆、研究過程與方法

本組研究與製作過程詳如圖一所示，說明如下：



圖一 研究流程

### 一、主題探討與啓發

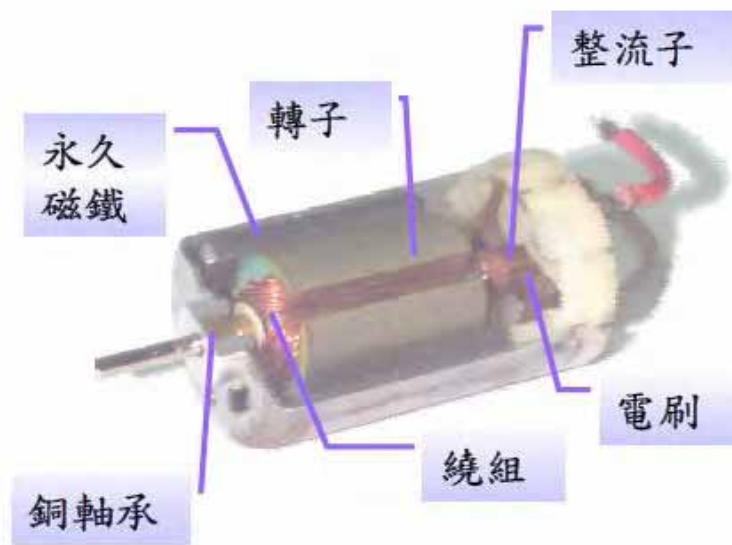
在高職二年級專業科目有教授到電機科特有的「電工機械」這門課，對電動機、發電機產生了無比的興趣，經過跟師長及小組成員研究討論後，覺得在目前市面上電動自行車很普遍的情況下，增加電動自行車的續航力是很值得探究的主題，加上過去本科師生在電動自行車方面頗有研究，曾榮獲「99 年全國電動自行車創意設計與製作競賽」靜態類組亞軍及動態 24V 組季軍，另外曾以電動自行車為主題的研究在 51 屆全國科展榮獲第三名，因此本研究團隊決定朝向此一方向做為研究的主題。

## 二、知識與材料搜尋

在確認好研究主題後，本研究團隊便著手從書本或網路上搜尋與電動自行車相關的資料。茲將相關知識匯整如下：

### (一)直流有刷馬達

有刷直流馬達是靠電流流經電刷在經電樞轉動。其垂直磁場的產生採用在轉子上增加多組的線匝繞組，經由電刷(brush)與換相(commutator)的調整，使流入電樞的電流，能控制轉子磁場保持在磁場垂直的方向上，其機械結構如圖二所示。



圖二 直流有刷馬達之機械結構

馬達的旋轉原理的依據為佛萊明左手定則或是右手開掌定則，當一導線置放於磁場內，若導線通上電流，則導線會切割磁場線使導線產生移動。

電流進入線圈產生磁場，利用電流的磁效應，使電磁鐵在固定的磁鐵內連續轉動的裝置，可以將電能轉換成力學能。

與永久磁鐵或由另一組線圈所產生的磁場互相作用產生動力直流馬達的原理是定子不動，轉子依交互作用所產生作用力的方向運動。

直流有刷馬達大多使用於造紙機械、車床、起重機、升降機、自動化、電器鐵道、等其他用途。

## (二)直流輪轂馬達

輪鼓馬達(外觀如圖三所示)是運用**輪轂電機技術**，此項技術又稱為車輪內裝式電機技術，是一種將電動機、傳動系統和制動系統融為一體的輪轂裝置技術。採用這項技術的驅動系統佈置非常靈活，應用範圍廣泛，若應用於電動自行車上，只需要將輪圈鋼絲編製於輪鼓馬達上(如圖四所示)，再加上馬達速度控制器總成，則可以帶動電動自行車，並作簡易的速度控制，操作上很簡單，並可大大提高傳動效率。



圖三 輪鼓馬達外觀



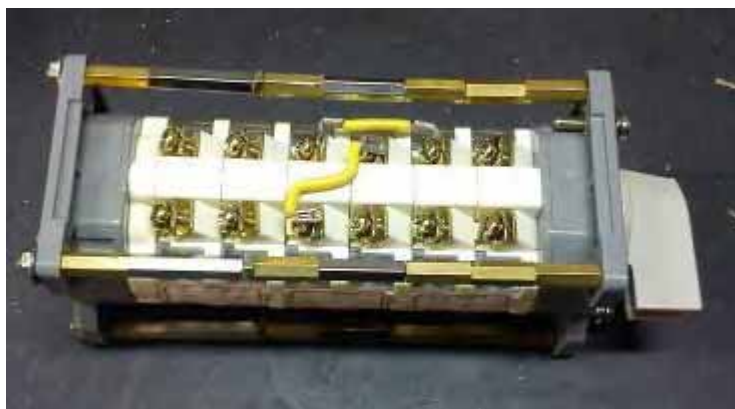
圖四 電動自行車編製好的輪鼓馬達

## 三、電路製作

一般開關只有通或者不通這兩種簡單的功能，無法滿足我們電池所需的三個電池切換(兩顆串聯供電、一顆充電與休息)等問題。因而自行改裝了切換開關，在一開始時使用工業電子技能檢定用的切換開關去改裝(如圖五所示)，成功的實現了三個電池輪流充電的切換模式，但實際運轉時發現這種小型電子開關並無法負荷流經馬達的電流。接著我們將切換開關改為低壓工業配線裡耐電流較大的電壓切換開關(如圖六所示)，我們去更改它內部的機械結構使得它符合本實驗的需求。

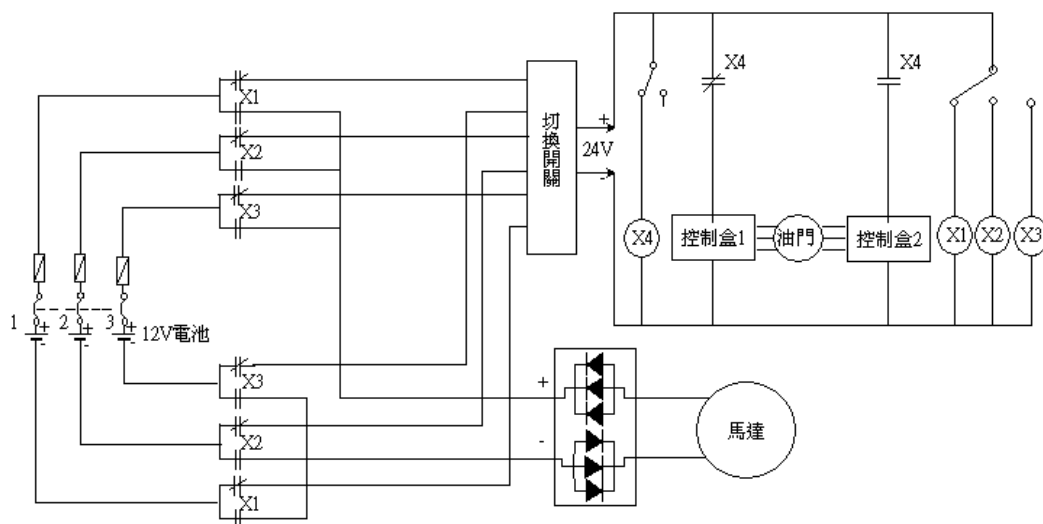


圖五 低耐電流之自製切換開關



圖六 高耐電流之自製切換開關

經由自製切換開關讓供應電路電源擁有三顆電池輸出 24V 及 12V 充電切換三種的方法，再利用電力電驛去決定由哪顆電池去回充電力增加他的續航力，並不讓電池在放電過程時幫讓直流馬達回充，增加行駛中的安全，電路圖如圖七所示。



圖七 控制電路圖

#### 四、車體安裝

- (一)電動機安裝：將帶動電動自行車行駛的輪鼓馬達安裝於前輪，如圖八所示，馬達規格：DC24V，230W。
- (二)發電機安裝：將欲發電用的馬達安裝於坐墊下方並以鏈條裝上以帶動發電機運轉而發電，如圖九所示，馬達規格：DC24V、3600rpm、1/6 RATIO（減速比）（註三）。



圖八 安裝於前輪的電動機



圖九 安裝受後輪帶動的發電機



(三)後置物箱安裝及配線：將電池及控制電路安裝於後方座墊上方的置物箱，如圖十、圖十一所示。



圖十 控制線路安裝



圖十一 置物箱成品



(四)控制面板製作安裝：將電池電壓顯示及電池切換開關安裝於控制面板，如圖十二所示。



圖十二 控制面板

上排三個數位電壓表可以在行使過程中得知電池電壓(標示 1)，切換開關(標示 2)可切換三種電池串聯功能，電源供應指示燈，正常供電時亮綠燈，回充休息時則亮紅燈(標示 3)，切換油門控制之馬達(標示 4)，電源供應指示燈之開關(標示 5)，三種切換方式如圖十三、圖十四、圖十五所示。



圖十三 控制盤切換選擇一、三電池串聯供電



圖十四 控制盤切換選擇一、二電池串聯供電



圖十五 控制盤切換選擇二、三電池串聯供電

#### (五)自製方向燈

可使用搖頭開關手動切換，另內部設置水銀開關，當車體左右傾斜可以使該方向自動亮燈。如圖十六、十七所示。



圖十六 自製水銀開關方向燈



圖十七 向右傾斜右轉燈亮

#### (六) 直流馬達控制盒

可藉由油門傳送訊號至控制盒，控制速度快慢，如圖十八、圖十九、圖二十所示。



圖十八 直流馬達控制盒



圖十九 輪鼓馬達控制盒



圖二十 油門把手

(七)煞車組

煞車時經由內部開關，電路立即斷電，防止馬達繼續運轉，提高煞車時的安全性，如圖二十一所示。

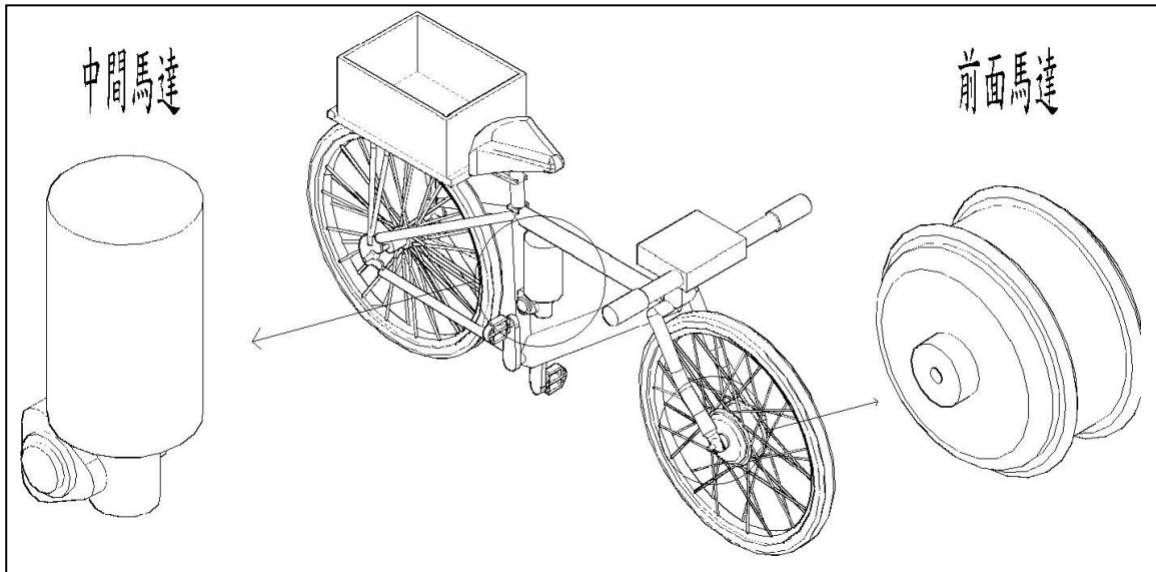


圖二十一 煞車組



### (八)作品立體圖

作品完成 3D 立體圖。如圖二十二所示。



圖二十二 3D 立體圖

### (九)作品實體完成圖

將所有軟硬體設備與電路安裝完工。實體圖如圖二十三所示



圖二十三 作品完成照片

## 伍、研究結果

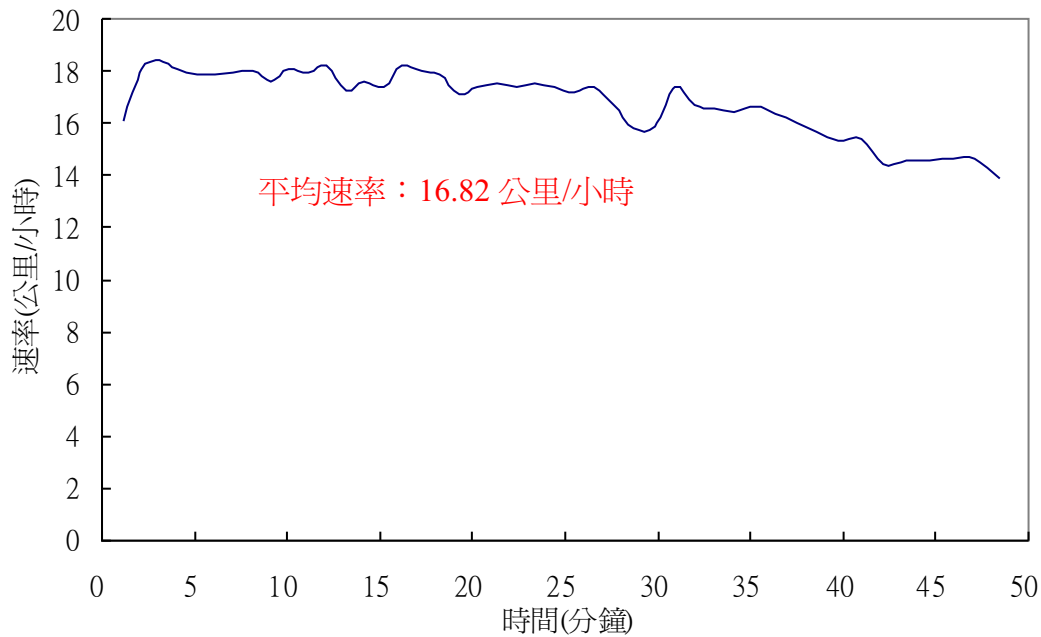
### (一)車體未改裝前的測試

以直流 24V 電池供電給輪鼓馬達行駛於 300 公尺操場的實驗數據如表一所示，速率曲線如圖二十四所示。

表一 以直流 24V 電池供電給輪鼓馬達行駛於 300 公尺操場的實驗數據

圈數	每圈時間(秒)	平均速率	圈數	每圈時間(秒)	平均速率
1	67.1	16.10	24	62	17.42
2	59.7	18.09	25	62.9	17.17
3	58.6	18.43	26	62	17.42
4	59.7	18.09	27	64.7	16.69
5	60.5	17.85	28	68.3	15.81
6	60.4	17.88	29	67.9	15.91
7	60.3	17.91	30	62	17.42
8	60	18.00	31	64.6	16.72
9	61.4	17.59	32	65.1	16.59
10	59.7	18.09	33	65.6	16.46
11	60.3	17.91	34	65	16.62
12	59.3	18.21	35	66.1	16.34
13	62.7	17.22	36	67.6	15.98
14	61.3	17.62	37	69	15.65
15	62.2	17.36	38	70.3	15.36
16	59.4	18.18	39	70.1	15.41
17	60	18.00	40	75	14.40
18	60.4	17.88	41	74	14.59
19	63	17.14	42	74.3	14.54
20	62	17.42	43	73.6	14.67
21	61.5	17.56	44	73.8	14.63
22	62.2	17.36	45	77.9	13.86
23	61.7	17.50			





圖二十四 實驗(一)速率曲線

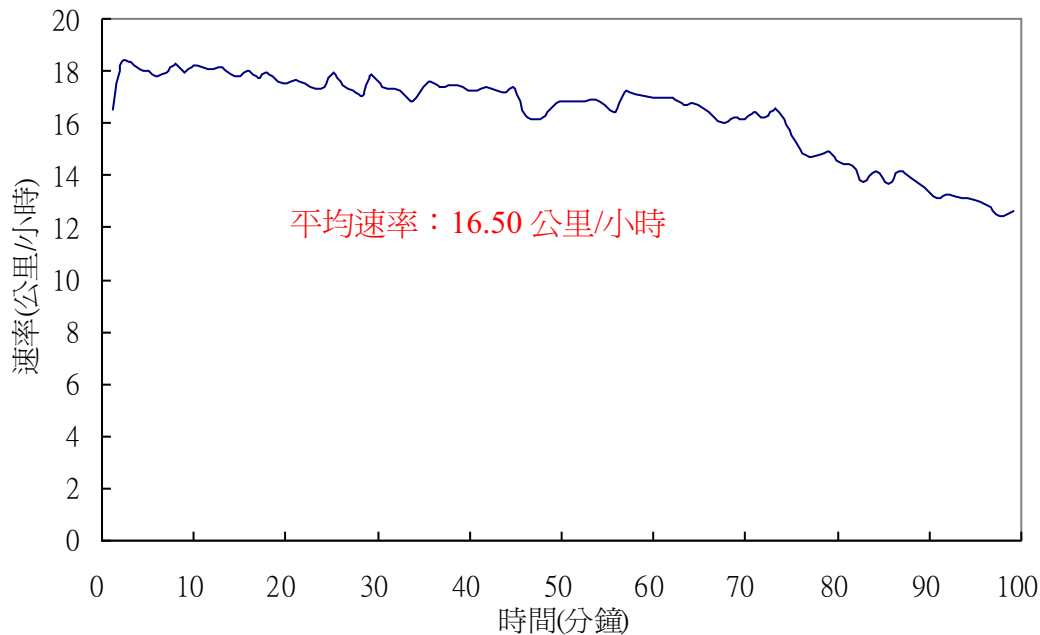
## (二)車體改裝後的實驗

改裝後的電動自行車(以 3 顆 12V 電池輪替切換+輪鼓馬達+發電機充電)行駛於 300 公尺操場的實驗數據，如表二所示，速率曲線如圖二十五所示。

表二 改裝後的電動自行車行駛於 300 公尺操場的實驗數據

圈數	每圈時間(秒)	平均速率	圈數	每圈時間(秒)	平均速率
1	65.5	16.49	46	66.9	16.14
2	58.8	18.37	47	66.4	16.27
3	58.8	18.37	48	64.3	16.80
4	59.7	18.09	49	64.1	16.85
5	59.9	18.03	50	64.1	16.85
6	60.7	17.79	51	64.1	16.85
7	60.2	17.94	52	64	16.88
8	59.1	18.27	53	64.8	16.67
9	60.1	17.97	54	65.7	16.44
10	59.2	18.24	55	62.8	17.20
11	59.5	18.15	56	63.2	17.09
12	59.7	18.09	57	63.3	17.06
13	59.5	18.15	58	63.7	16.95
14	60.4	17.88	59	63.7	16.95
15	60.6	17.82	60	63.7	16.95

16	60	18.00	61	64.8	16.67
17	61	17.70	62	64.5	16.74
18	60.1	17.97	63	65.3	16.54
19	61.3	17.62	64	66.5	16.24
20	61.5	17.56	65	67.6	15.98
21	61.1	17.68	66	66.6	16.22
22	61.7	17.50	67	66.9	16.14
23	62.3	17.34	68	65.8	16.41
24	62.1	17.39	69	66.5	16.24
25	60.1	17.97	70	65.3	16.54
26	61.9	17.45	71	67	16.12
27	62.7	17.22	72	70.3	15.36
28	63.3	17.06	73	73.2	14.75
29	60.5	17.85	74	72.9	14.81
30	62.2	17.36	75	72.5	14.90
31	62.4	17.31	76	74.6	14.48
32	62.5	17.28	77	75.3	14.34
33	64.2	16.82	78	78.7	13.72
34	62.9	17.17	79	76.3	14.15
35	61.4	17.59	80	79.1	13.65
36	62	17.42	81	76.2	14.17
37	61.9	17.45	82	78	13.85
38	61.9	17.45	83	79.9	13.52
39	62.6	17.25	84	82.1	13.15
40	62.7	17.22	85	81.5	13.25
41	62	17.42	86	82.3	13.12
42	62.7	17.22	87	82.8	13.04
43	62.9	17.17	88	84.2	12.83
44	62.4	17.31	89	86.8	12.44
45	66.4	16.27	90	85.2	12.68



圖二十五 改裝後的電動自行車速率曲線

從實驗數據看出，從兩個電池增加至三個電池，理論上應增加至1.5倍，而我們增加電路、車體設備及切換開關後，平均行駛速率從原本16.82公里/小時略降為16.50公里/小時，續航距離從原本兩個的45圈(13.5公里)換成三個而應有的67.5圈(20.25公里)進而增加至90圈(27公里)，大大地增加了續航力。

## 陸、討論

### 一、三顆電池的串聯輪替切換

當初構想希望三個電池之中，由二個電池互相串聯供電，一個電池進行回充，而有電池1、2串聯供電；1、3串聯供電；2、3串聯供電，三種串聯方法。為達此目的，原先以工業電子音樂盒的切換開關，實驗出如上述的三種切換方式，但在經過實驗之後，發現工業電子的切換開關耐電流低，在經過本研究團隊與老師討論及研究之後，改以耐電流較高的高壓工業配電的電壓切換開關「VS」來取代，並將切換開關內部的機械結構加以改良，達到三個電池有三種切換以及互相串聯應用的方法，以及解決電流過大元件會燒毀的問題；從這當中，本研究團隊學習到在電路當中的元件，為安全起見必須考慮負載電流的大小才行。

### 二、電力電驛的使用與探討

剛開始製作時是以較小型的電力電驛(24V耐流量5A)，後來經實驗後發現電力電驛因耐電流太小的問題而燒毀或損壞，本團隊想到運用24VDC的電磁接觸器但經過實驗後發現電磁接觸器太過於笨重而且耗電量較大；後來我們找到運用在機械工程上的大型電力電驛(24V耐流量10A)，符合我們所需要的耐電流量且重量也大幅減輕，使我們電動自行車控制方面更加安全在車體方面更加輕盈，所以在元件的選擇上，儘量符合安全、輕量化為原則。

## 柒、結論

本研究團隊經過實際測試、反覆修正的結果，茲將結論歸結如下：

### 一、動力方面

在路面運轉時常會有上坡、下坡與平面的路段，此時可以使用本研究團隊所設計的前輪與中間馬達間的切換來解決；在下坡或平面路段時以高轉速低轉矩的前輪輪鼓馬達來當作動力，達到平路有較高的速度；在上坡路段時以高轉矩低轉速的直流有刷馬達來帶動，讓自行車在上坡時也不會感到非常無力。

### 二、續航方面

這次改裝與實驗後的電動自行車續航距離，從原本兩個 12V 電池可行駛 300 公尺操場 45 圈(約 13.5 公里)換成三個 12V 電池應有的 67.5 圈(20.25 公里)，經過本研究團隊設計的電池串聯組合切換後，使其行駛距離增加至 90 圈(27 公里)，雖然平均行駛速率略降 1.9%，尤其最後 15 圈的平均速率(13.5 公里/小時)明顯的降幅，但在與三個 12V 電池使用相比之下，在續航能力方面提升約 30%，由此可知在改裝前和改裝後提升了電動自行車的續航力。

## 捌、參考資料及其他

註一、汪永文、劉啓欣(2011)。《**電工機械I**》。新北市：龍騰文化有限公司。

註二、宋由禮、陳柏宏(2011)。《**電子學I、II**》。臺北市：旗立資訊股份有限公司。

註三、蔡朝洋、蔡承佑(2011)。《**電子學實習I、II**》。全華圖書股份有限公司。

註四、張志安、(2011)。《**數位邏輯實習**》。新北市：台科大圖書股份有限公司。

注五、kingright。2011年12月25日，<http://www.kingright.com.tw/>。

## 【評語】 090902

本作品以切換電池使用（作者認為電池休息後，電壓回升可獲得較長之使用電量）以及加上一顆馬達驅動後輪的方式，可提高前輪有輪穀馬達驅動之自行車的行駛里程。本作品的科學依據值得商榷。首先，電池置放一段時間雖然電壓會回升，但只要對其抽出電流，電壓會隨即下降，電量其實不變，對於里程並無任何貢獻。在後輪加裝一顆馬達，由前輪驅動時帶動，雖可發電，但後輪馬達其實會產生磁阻，消耗自行車的動能。馬達不可能達到 100% 的效率，因此耗電（驅動前輪帶動後輪）來發電其實反而是浪費的（否則就違反熱力學第二定律）。也因此本作品的概念並無法提高同樣電池容量下的自行車里程。