

# 中華民國第 53 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

### 最佳創意獎

030801

我真的抓得住你—腳踏車剎車動能能量的轉換

學校名稱：新北市立板橋國民中學

作者：  國二 莊濬齊  國二 黃存喻  國二 方成霖	指導老師：  莊順源  陳錫鏞
---	-----------------------------

關鍵詞：腳踏車、發電、能量轉換

## 摘要

本研究利用腳踏車剎車時的能量，設計製作轉換成電能的裝置，創造一台發電儲電的環保腳踏車。經過多次的改良，我們完成了有效的方法，將腳踏車剎車時的動能轉換成電能，也能輔助剎車系統的剎車效率，達到「綠色能源」、「節能減碳」的目標。

現在大家追求節能減碳，能夠一邊騎一邊發電、充電的腳踏車裝置越來越多，但是我們發現市面上這種可以一邊騎一邊發電的腳踏車裝置，其能量主要是我們多費力造成的。而我們的作品是利用腳踏車剎車時本來的動能因摩擦變成熱能所應浪費的能量來進行發電，這樣不但不會比較費力，而且是把本來會浪費的能量收集起來使用或儲存，達到真正節能的效果。我們最後成品『電輪3代』發電盤與摩擦盤合而為一，模組化的型式更有實用價值。

## 壹、研究動機

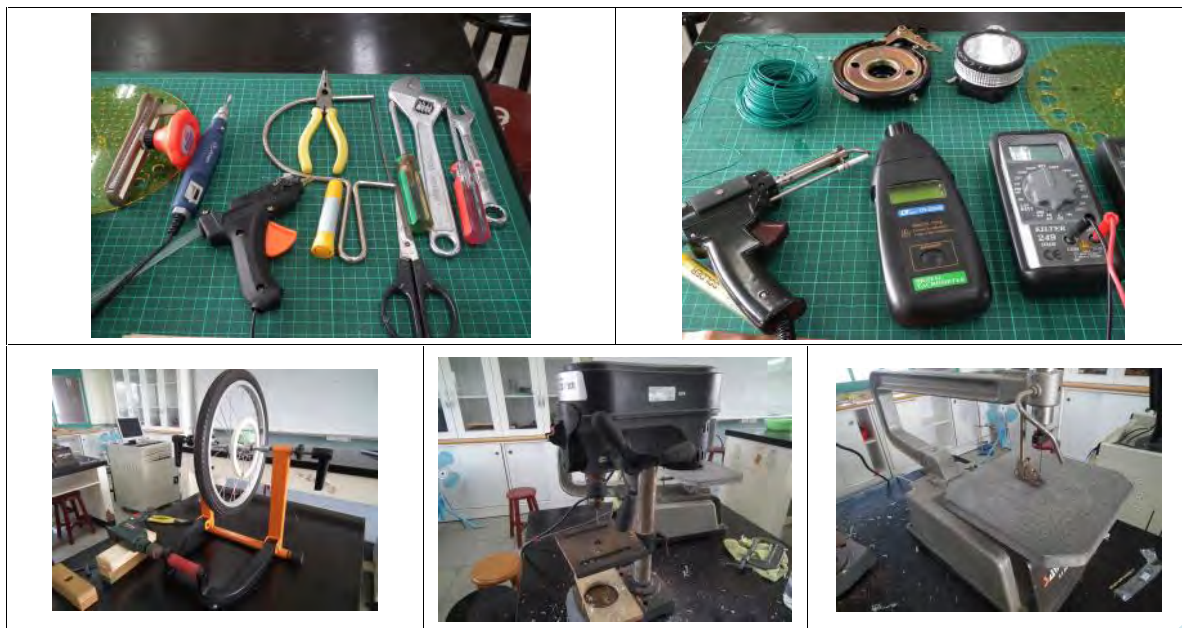
去年學長們研究利用腳踏車飛輪單方向轉動(即外圈轉，內圈不轉)的特性，使腳踏車於剎車時應用馬達接齒輪摩擦轉動來發電，我們覺得這樣的構想很棒，但學長們因為時間關係，最後沒能完成實用裝置，相當可惜，因此我們延續原先的構想繼續研發改進，希望達到實用的地步。

## 貳、研究目的

- 一、分析學長們研發的第一代成品優缺點、思考可以改善的方向。
- 二、研發改良更好的發電效率以利用剎車時發電、儲電的腳踏車發電系統。
- 三、模組化整個裝置，使具有更高實用性。

## 參、研究設備及器材:

老虎鉗、尖嘴鉗、斜口鉗、螺絲起子、美工刀、剪刀、電鑽、鉚槍、三用電表、轉速器、電線、木板、塑帶、熱熔膠、螺絲釘、馬達、齒輪、鐵尺、切割墊、切割器、板手、圓規、三秒膠、保力膠、矽膠、腳架、線鋸機、輪胎、腳踏車、廢光碟機、電腦。



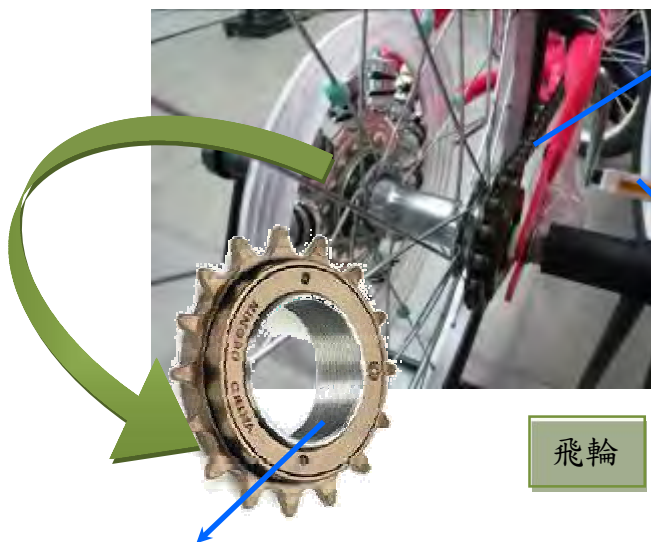
## 肆、研究過程及方法:

### 一、第一代電輪1代成品及原理分析：

#### (一) 電輪一代成品：



#### (二) 電輪一代成品原理特色說明：



飛輪

(1) 加裝另一飛輪在後輪軸上左側。

(2) 腳踏車前進時，飛輪跟著後輪轉動。

(3) 利用外力抓住飛輪上的齒輪，齒輪靜止但軸心可以跟著後輪繼續轉動。

(4)-1 把一個由數個小馬達（軸心套上齒輪）串連成的「發電盤」固定在飛輪的齒輪軸上。

(4)-2 後輪輻條上固定有「摩擦盤」。當發電盤停止，「摩擦盤」仍隨輪子繼續轉動，相對運動造成馬達轉動而發電。

(5) 當剎車時，利用勾桿勾住發電盤上的馬達，固定飛輪齒輪軸上的「發電盤」也跟著靜止。但飛輪的軸心可以繼續轉動，帶著後輪向前旋轉，使得固定在後輪輻條上的「摩擦盤」與「發電盤」上的齒輪相對旋轉摩擦。因此，小馬達就可以發電，而「摩擦盤」與「發電盤」上的齒輪相互摩擦的力量，就可以協助車輛停下來(輔助剎車)。

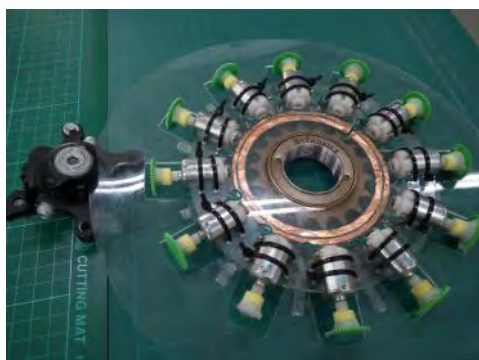
## 二、電輪 1 代缺點及可改善方向分析→研發電輪 2 代

### (一) 電輪 1 代的缺點:

- (1) 利用夾刹帶動勾桿勾住發電盤，聲響過大，且在刹車時即啟動磨擦發電機制，無法隨使用者控制是否發電。
- (2) 設計有集電環，但電刷未完成，無法將電流引出，並未達到實用地步。

### (二) 改進策略:

- (1) 我們分析腳踏車刹車系統有 3 種，分別是夾刹、鼓刹及碟刹，我們首先想利用碟刹，因此做了如下圖的設計，但後來發現 2 個難題，一是碟刹的夾具如何安裝？二是電刷如何安裝？嘗試許多方法，仍無法達到理想。



利用碟刹夾具夾住發電盤



碟刹夾具

- (2) 再來想辦法利用鼓刹取代夾刹，我們將鼓刹圓鐵盤利用螺絲與發電盤鎖在一起，安裝後當鼓刹拉緊時，鼓刹內部刹車皮往內抓住圓鐵環，圓鐵環漸停下同時也使發電盤跟著漸停下，但輪子仍在前進(摩擦盤也跟著轉動)，這時摩擦盤與發電盤就有相對運動而啟動發電機制。



- (3) 另外利用鼓刹環內部加裝一壓克力環，於內外貼上銅箔當集電環，再於鼓刹鐵蓋上安裝電刷，可順利將電流引出。

鼓刹裝置---圓鐵盤與外鐵蓋



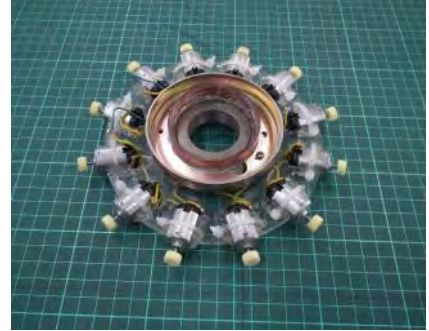
鼓刹環內部加裝集電環



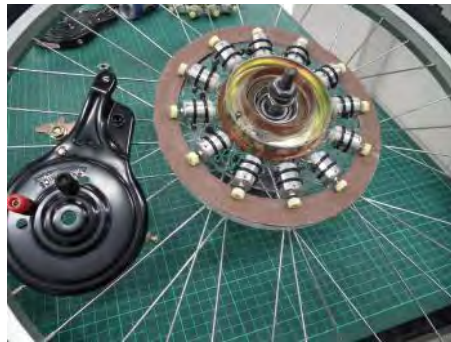
鼓剎裝置組裝



鼓剎圓鐵盤內部加裝一壓克力環



電輪 2 代發電盤與摩擦盤



鼓剎鐵蓋上安裝電刷



(4) 磨擦發電盤由鼓剎啟動，並設置獨立把手。使用者單獨啟動發電(同時也可作為緩剎車功能)，緊急時，可同時握緊剎車(夾剎)，達到急剎車功能。也可完全不啟動發電功能。

(5) 改進後成品如下圖：

鼓剎組裝完成並連接剎車線



電輪 2 代剎車發電獨立把手



(三) 電輪 2 代成品：



### 三、電輪 2 代缺點及可改善方向分析→研發電輪 3 代

#### (一) 電輪 2 代缺點:

- (1) 發電效率不高，只有在轉速很快情況下剎車，才能產生使車燈發亮的電量，充電效果也就可想而知了。
- (2) 磨擦盤固定在輪子輻條上，不同的車子要安裝本裝置都必須調校與發電盤的距離及相關位置，不甚方便。

#### (二) 改進策略：

##### (1) 尋找發電效能更好的馬達：

查詢歷年科展作品，我們發現有人利用光碟機主轉軸馬達作成高效率發電機，剛好學校有許多報廢光碟機，經拆解測試的確光碟機主轉軸馬達有很好的發電效率。



學校報廢的光碟

- (2) 測試方法：改裝學校的發電機裝置如右圖，輸出負載以 10 歐姆電阻串接。手握緊馬達於轉轉上摩擦，同時利用轉速計測量轉速，並讀出電壓及電流。



改裝學校的發電機以測試馬達發電效率



上排：光碟機拆下的馬達  
下排：玩具馬達

##### (3) 測試結果：

編號	馬達類別	電壓(V)				電流(mA)			
		第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均	第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均
A	A 圓形	0.7	0.7	0.7	0.7	50	50	50	50
B	B 圓形	0.6	0.6	0.6	0.6	40	40	40	40
C	C 圓形	0.5	0.5	0.5	0.5	30	30	30	30
D	D 圓形	0.6	0.6	0.6	0.6	40	40	40	40
E	玩具馬達	0.2	0.2	0.1	0.17	10	10	10	10
F	玩具馬達	0.1	0.1	0.1	0.1	10	10	10	10
G	細長	0.4	0.4	0.4	0.4	20	30	30	26.7

編號	馬達類別	電壓(V)				電流(mA)			
		第1次	第2次	第3次	平均	第1次	第2次	第3次	平均
	馬達								

(編號 A、B、C、D 馬達都拆自光碟機或 DVD 播放器，E 為玩具小馬達也是電輪 1 代所使用的馬達，F 為另一種常見玩具小馬達)

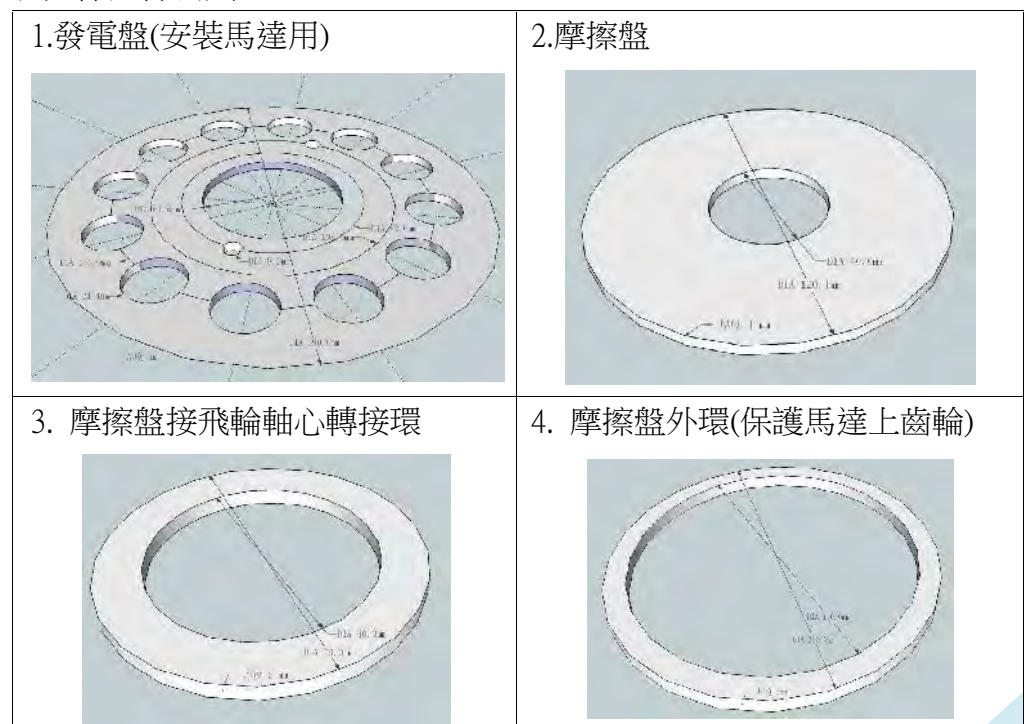
- (4) 經測試結果我們發現光碟機轉盤馬達(A)效能最好，於是採用這種馬達，因為所需數量較多，於是上網搜尋採購，規格如下：



MODE.	VOLTAGE		NO LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY				STALL			
	OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED r/min	CURRENT A	SPEED r/min	CURRENT A	TORQUE mNm	gcm	OUTPUT W	TORQUE gcm	CURRENT A	
RF-300FA-12350	1.5~6.0	3V CCNANT	3500	0.022	2830	0.093	0.48	4.9	0.14	2.51	26	0.39

Also available with terminals (without leadwires).

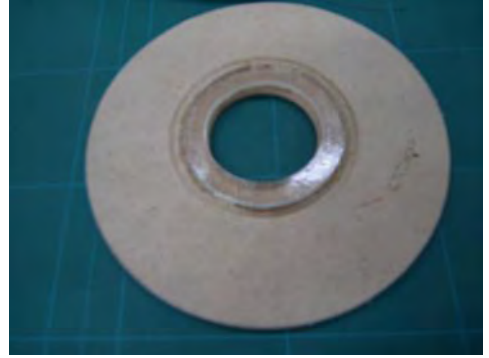
- (5) 因為新選定的馬達構造與前 2 代的馬達不同，整個發電盤必須重新設計。因此我們做了以下的變更設計：
- <1> 磨擦盤由垂直面，改為外接圓磨面，以符合馬達軸向的改變。
  - <2> 利用轉接環延伸飛輪中間轉軸，以接合摩擦盤，使發電盤與摩擦盤合而為一，達到模組化的效果。
- (6) 利用 google sketchup 軟體進行設計，再用木板切割模擬是否可行。
- (7) 經試驗可行後，為了精密度再請廠商依設計圖切割壓克力，以完成各項元件。
- (8) 組合各元件進行測試。



利用木板切割組裝發電盤



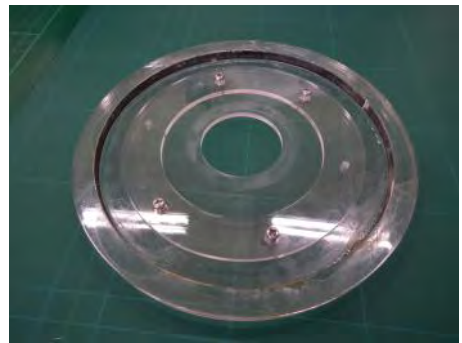
木板切割摩擦盤，中間為飛輪接環



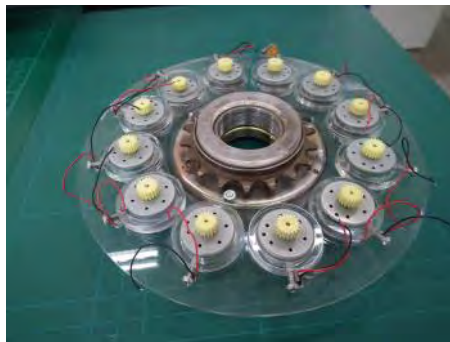
發電盤與摩擦盤組裝



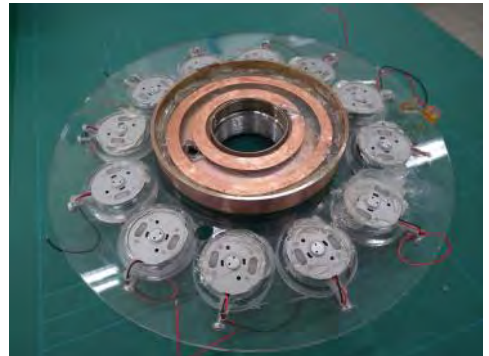
壓克力切割摩擦盤並加上外環



壓克力發電盤與摩擦盤組裝



利用鼓剎內圓鐵盤裝設集電環



裝置與車輪組合



鼓剎外鐵蓋裝上電刷



### (三) 調整較有效率的馬達組合方式

- (1) 利用右下圖裝置，進行發電測試。
- (2) 以不同的轉速針對下列不同組合進行測試：

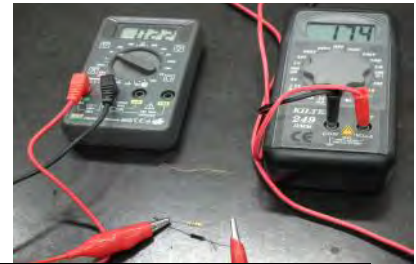


- <1> 單一顆馬達
- <2> 2 顆串聯
- <3> 2 顆並聯
- <4> 4 組 3 顆串聯再並聯
- <5> 3 組 4 顆串聯再並聯
- <6> 6 顆串聯
- <7> 2 組 6 顆串聯再並聯
- <8> 12 顆串聯

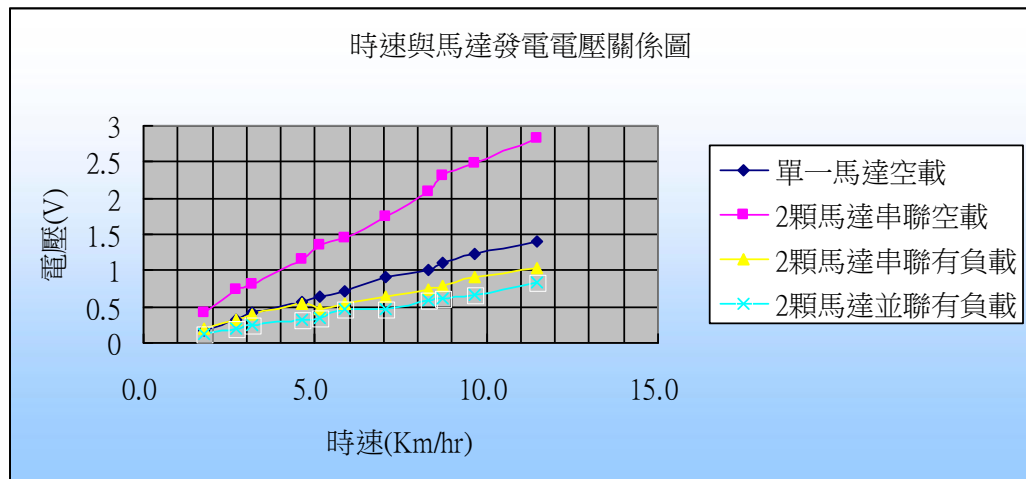


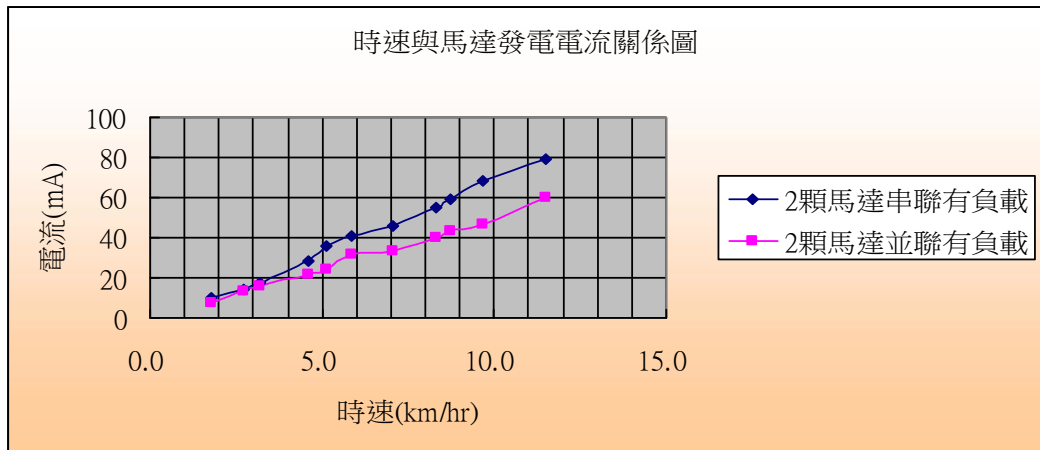
進行測試空載電壓及負載電壓，負載電流。

- (3) 負載為串接一顆 10 歐姆之電阻。
- (4) 測試結果：

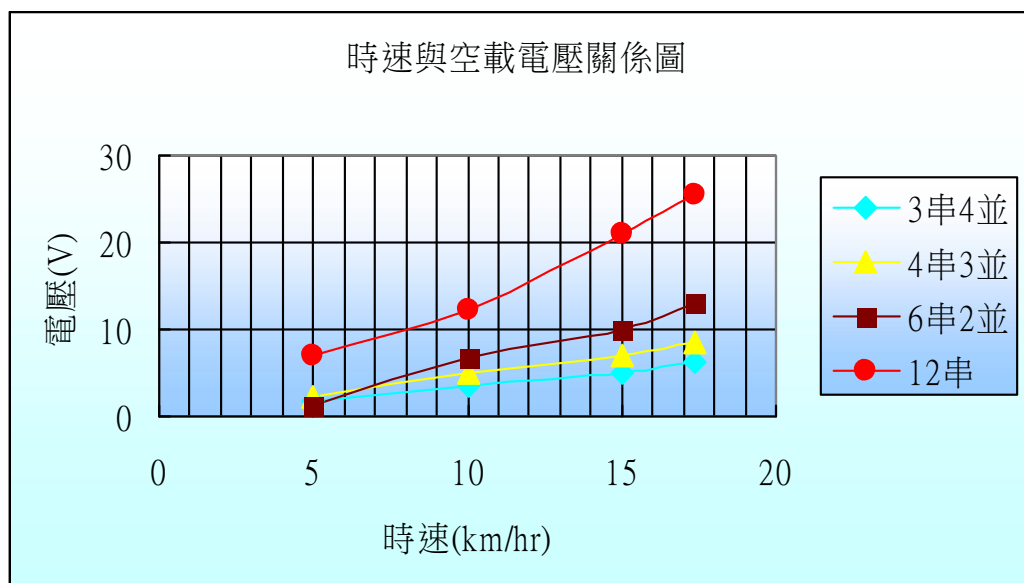


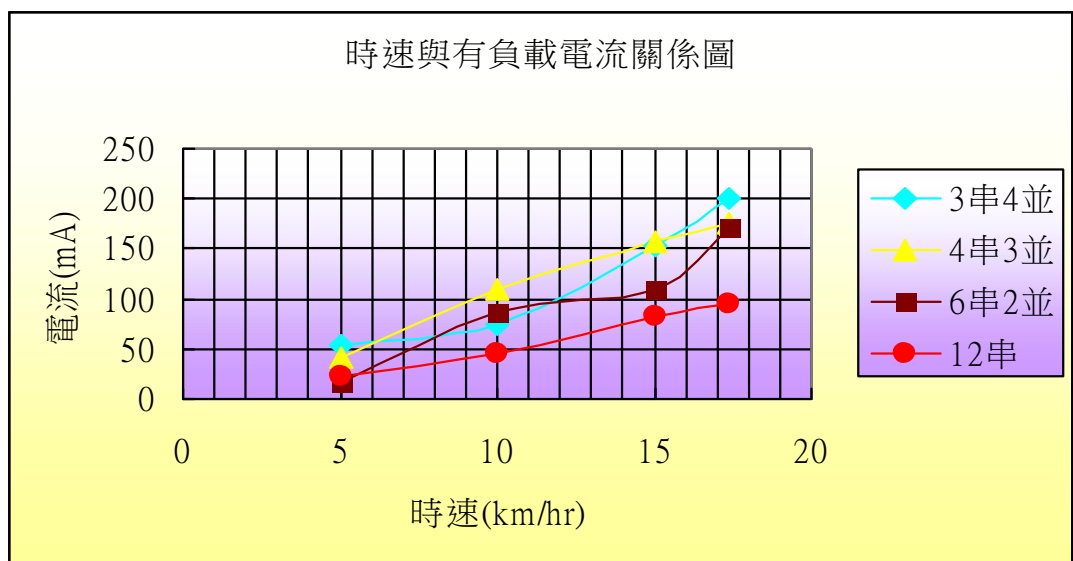
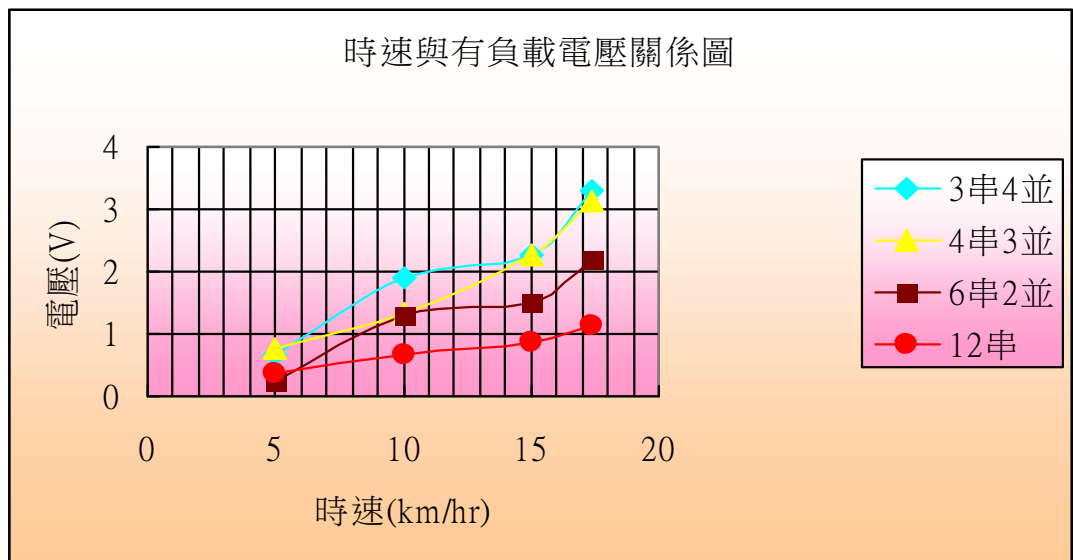
車輪轉速 (RPM)	時速 (Km/hr)	單一馬達空載	2 顆馬達串聯空載	2 顆馬達串聯有負載		2 顆馬達並聯有負載	
		電壓(V)	電壓(V)	電壓(V)	電流 (mA)	電壓(V)	電流 (mA)
18.6	1.8	0.16	0.42	0.2	9.6	0.12	7.8
28.8	2.7	0.33	0.73	0.33	14.3	0.19	13
33.8	3.2	0.42	0.82	0.4	17.4	0.25	16
48.9	4.6	0.57	1.16	0.53	28	0.33	22
54.5	5.1	0.65	1.35	0.47	36	0.35	24
62	5.8	0.71	1.44	0.55	41	0.46	32
74.7	7.0	0.9	1.75	0.63	46	0.47	33
88	8.3	1.02	2.1	0.74	55	0.58	40
92.8	8.7	1.1	2.3	0.79	59	0.62	43
102.7	9.7	1.24	2.48	0.9	68	0.67	47
121.9	11.5	1.41	2.82	1.04	79	0.84	60





類別	轉速(RPM)	53	106	159	187
	時速(km/hr)	5	10	15	17.4
3 串 4 並	空載電壓(V)	1.72	3.53	5.09	6.34
	負載電壓(V)	0.67	1.89	2.27	3.31
	負載電流(mA)	52.9	74.5	153.2	199.7
4 串 3 並	空載電壓(V)	2.34	4.89	6.92	8.61
	負載電壓(V)	0.78	1.34	2.26	3.15
	負載電流(mA)	41.7	109.1	157.1	174.8
6 串 2 並	空載電壓(V)	1.27	6.82	9.97	13.06
	負載電壓(V)	0.23	1.3	1.49	2.2
	負載電流(mA)	16	86.4	109.1	171.5
12 串	空載電壓(V)	6.88	12.34	20.9	25.6
	負載電壓(V)	0.37	0.68	0.88	1.12
	負載電流(mA)	22.7	44.6	83.1	95.4





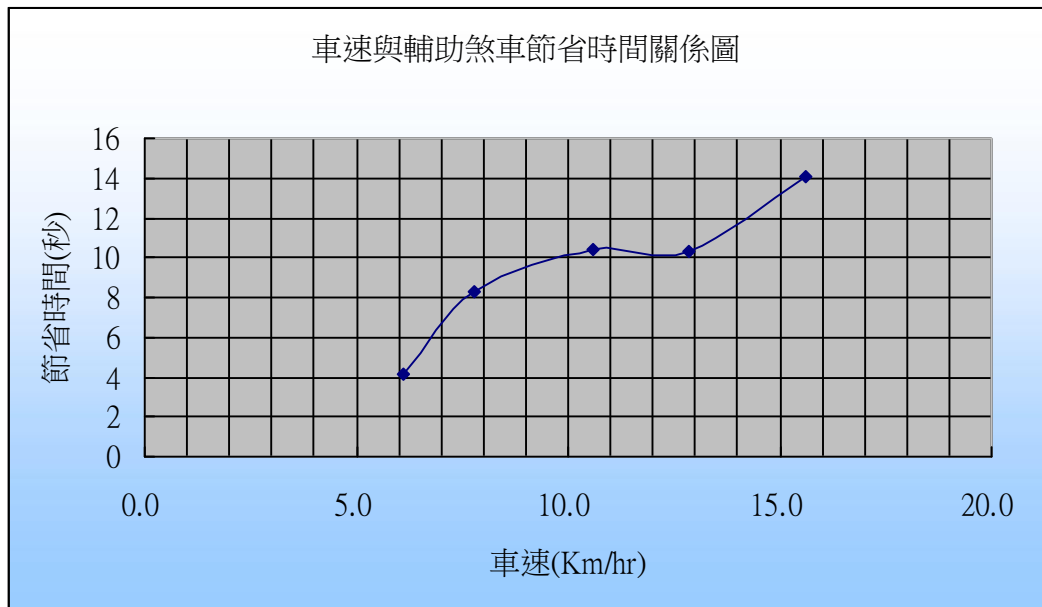
- (5) 由測試結果發現，以空載電壓來看，串聯愈多電壓愈大，似乎有較好發電效果，但是加了負載後發現不是愈多馬達串聯效果愈好，因為馬達本身電阻高達 11 歐姆左右，串聯愈多輸出電壓、電流反而變小。
- (6) 我們發現以 3 組 4 顆串聯再並聯的效果最好，在時速 10 公里時，輸出電流高達 109.1mA，時速 17.4 公里時，輸出電流高達 174.8mA。
- (7) 電輪 3 代成品發電盤以 3 組 4 顆串聯再並聯方式聯接，經實際測試於時速 15 公里時即可讓 12 顆 LED 燈加 USB 風扇轉動，也可以對手機電池座充進行充電(充電燈亮起，這時電壓有 4.7V)。

#### (四) 輔助剎車效能測試

- (1) 於各種不同轉速下測量輪子停止所花時間。另測量於啟動發電情況下，輪子停止需花多少時間。
- (2) 實驗結果：

車輪轉速 (RPM)	車速 (Km/hr)	車輪停止時間(秒)		節省的時間(秒)	節省時間百分比(%)
		無輔助系統	有輔助系統		
64.9	6.1	5.03	0.87	4.16	82.70%

車輪轉速 (RPM)	車速 (Km/hr)	車輪停止時間(秒)		節省的時間 (秒)	節省時間 百分比(%)
		無輔助系統	有輔助系統		
82.4	7.8	8.9	0.65	8.25	92.70%
112.6	10.6	11.25	0.87	10.38	92.27%
136.4	12.8	12.06	1.78	10.28	85.24%
165.9	15.6	16.25	2.21	14.04	86.40%



(3) 由測試結果可了解，本裝置具有輔助刹車的功能。

#### (五) 儲電功能測試

- (1) 取 2 顆 AAA 型號 1.2V 鎳氫可充電電池，先量先前電壓，每隔五分鐘充電後量一次電壓。
- (2) 30 分鐘後將充電後之電池接於小型風扇上進行放電測試。

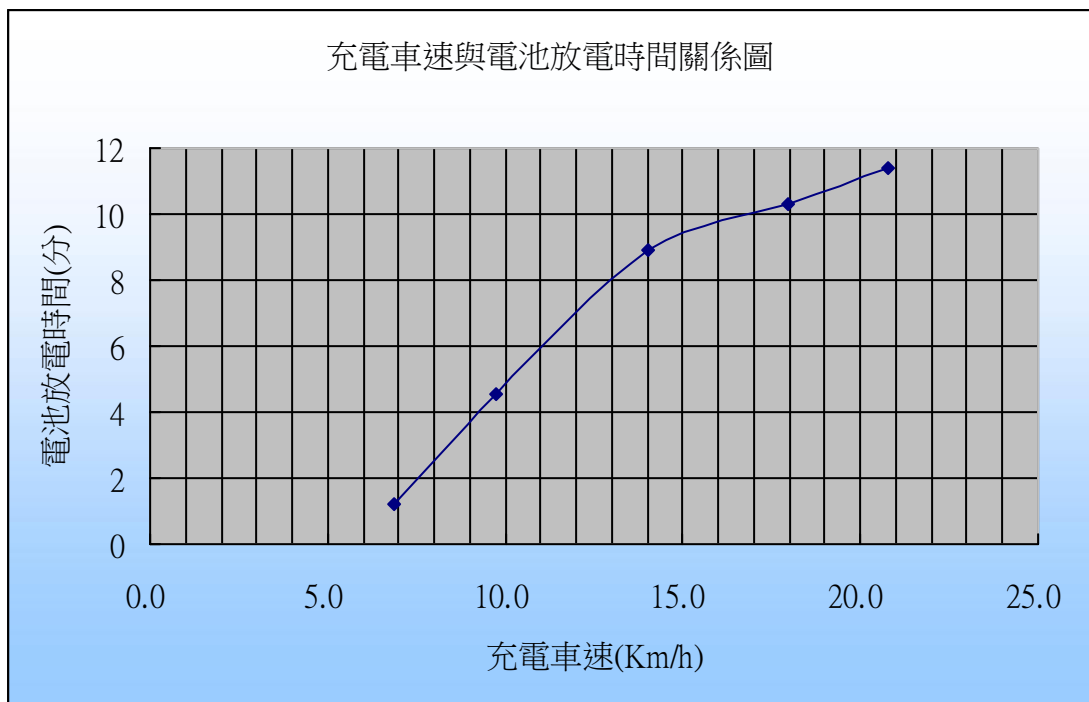
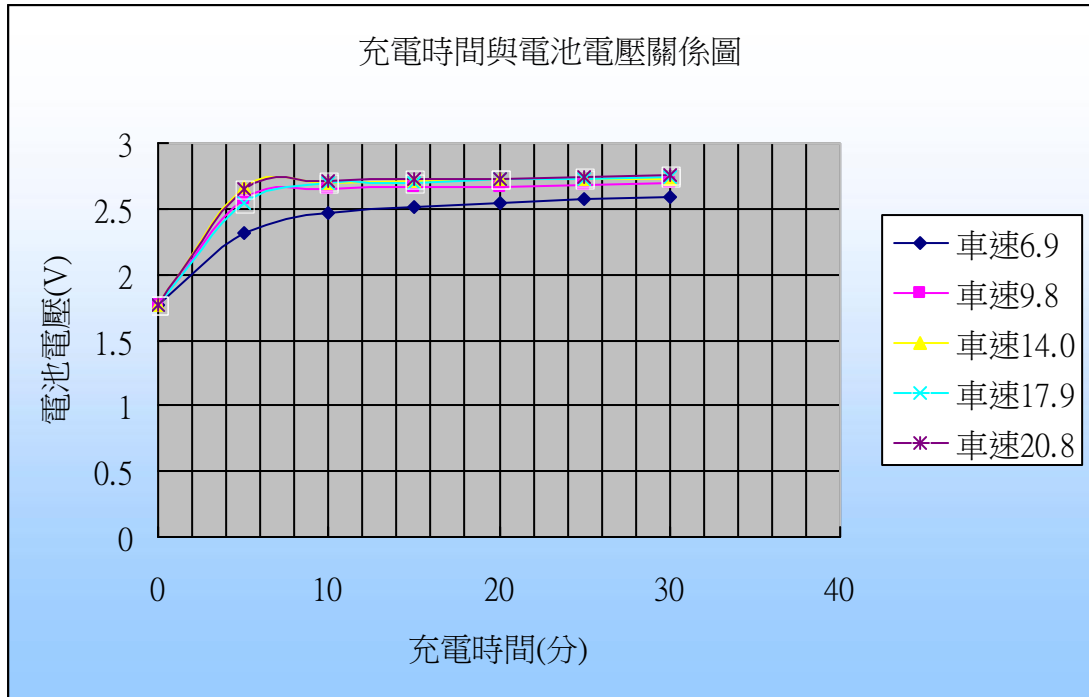


		
充電測試設備	充電鎳氫電池(1.2V)	放電測試設備

(3) 實驗結果：

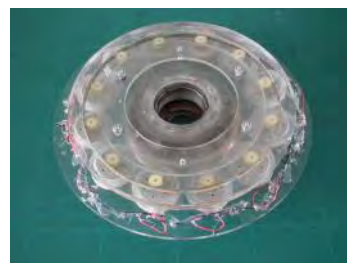
車輪轉速 (RPM)	車速 (Km/hr)	電池電壓(V)							放電時間
		0	5(分)	10(分)	15(分)	20(分)	25(分)	30(分)	
73.0	6.9	1.76	2.32	2.47	2.52	2.55	2.58	2.59	1'14"
103.6	9.8	1.76	2.58	2.65	2.67	2.67	2.68	2.69	4'32"
148.6	14.0	1.76	2.66	2.70	2.71	2.72	2.73	2.73	8'55"

車輪轉速 (RPM)	車速 (Km/hr)	電池電壓(V)							放電時間
		0	5(分)	10(分)	15(分)	20(分)	25(分)	30(分)	
190.4	17.9	1.76	2.55	2.69	2.70	2.72	2.73	2.74	10'19"
220.4	20.8	1.76	2.65	2.71	2.72	2.73	2.74	2.75	11'24"



- (4) 本實驗放電測試，取用玩具馬達加風扇，原因是經我們試驗了多種放電方式後，發現以這種裝置最穩定也最省時間。充電電池新買來時以本放電裝置進行放電，約可放電 1 小時。
- (5) 由測試結果可知車速愈快充電效果愈好，電力也愈充足。
- (6) 一般騎乘車速約 20 公里(時速)，這時候本裝置就有不錯的充電效能了，充電 30 分鐘約充電電池電容量的 19%。

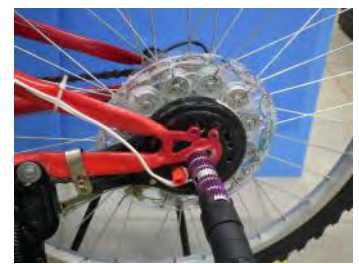
◎電輪 3 代成品：



發電盤與摩擦盤模組



集電環



模組裝上後輪及電刷



組裝完成



加裝握把，第一道為本裝置緩刹車，第二道為原夾刹。



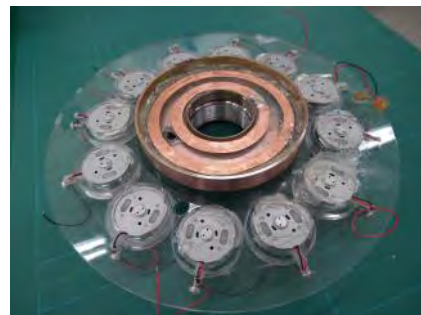
加裝燈號及充電座



## 伍、結論

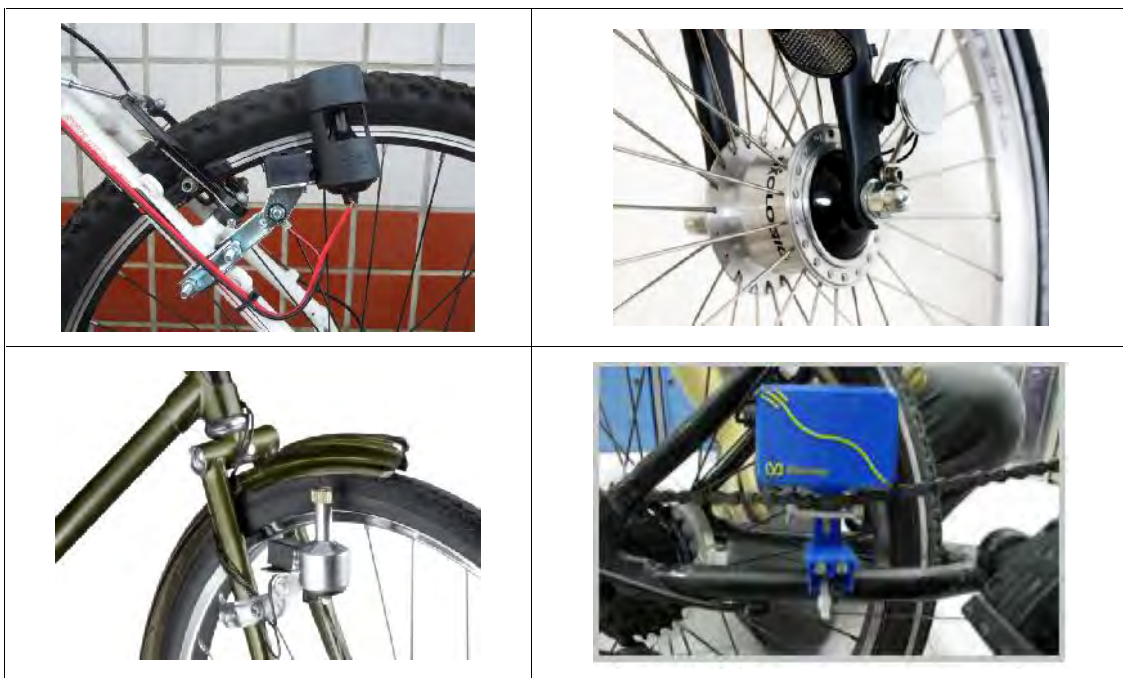
### 一、電輪 3 代成品特色：

- (一) 模組化：發電盤與摩擦盤合而為一，馬達與摩擦盤的緊密度更可靠，安裝也更容易。對馬達、摩擦裝置及集電環皆有隱蔽保護作用。
- (二) 鼓剎裝置的利用：鼓剎是傳統又普遍的元件，價錢相較低廉，穩定度也夠，而且加裝電刷也容易。
- (三) 獨立把手設計，平常可作為輔助剎車功能並充電或充電，需要時也可以一邊騎一邊發電進行對手機電池充電。
- (四) 本裝置於時速 10 公里以下即可對鎳氫電池充電，時速 20 公里時甚至也可以對一般手機進行充電。
- (五) 整個模組重量為 819 公克重，比一瓶礦泉水(600 克重)重一些些，因此不會造成重量上的負擔。



- ### 二、我們設計的裝置，和市面上的腳踏車發電系統設計概念完全不同。一般市售的發電腳踏車只有一邊騎，才會一邊發電，其代價是我們多費力得來的。而利用原本剎車就會浪費的能量來發電，才能夠真正達到節能的目的，也不用多費力。

#### ◆ 市面上的車輛發電系統：



- ### 三、本研究的最重要核心概念是『利用原本剎車就會浪費的能量來發電』，這樣的觀念可以推廣到機車甚至大公車、卡車等，因這些車種行駛能量高，若能有效利用剎車浪費的能量來發電，相信節省的能源將更可觀。

## 陸、參考資料

- 一、 新北市板橋國民中學 著 新北市 100 學年度中小學科學展覽會作品說明書。
- 二、 嘉義縣立太保國民中學 著 第 50 屆全國中小學科展作品說明書-腳踏車環保發電儲電裝置。

## 【評語】 030801

1. 此作品利用腳踏車剎車之能量來充電，並亦可利用行進時間時充電。
2. 此使用剎車能量再利用之想法相當不錯。
3. 對於實際路面測試可再加強。