

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080814

MIT 一號—腳踏車發電照明之研究

學校名稱：臺北縣淡水鎮竹圍國民小學

作者： 小六 阮滢芳 小六 陳 宸 小六 林芷仔 小六 高璿翔	指導老師： 陳建興 邱瓊儀
---	---------------------

關鍵詞：腳踏車、感應發電、發電照明

MIT 一號---腳踏車發電照明之研究

摘要

本研究以水平感應發電機的原理，探討線圈加入金屬、線圈中加入鐵心、磁鐵磁力大小、漆包線的粗細、速度與發電效能、磁鐵與線圈距、漆包線線圈數對於發電、電壓、電流、效能的影響。利用最佳串並聯發電效率的組合之組合應用於腳踏車發電照明設計，解決腳踏車的照明問題。

壹、研究動機

每次在晚上騎腳踏車時，經常發現電池沒電，導致電燈不亮的情況，發現市面上有販售一種磨電燈的腳踏車發電照設備，但經過我們測試在發電時十分的費力，因而想設計一輛**不必需要電池**，就可以**提供照明又省力的環保腳踏車**。依照書中感應電流發電機（水平型）的作法施作，漆包線 500 圈時才使 LED 燈發亮，如何使 LED 燈持續發亮及更亮，要用何種方式才會使產生連續電力，如何設計**省力與有效發電機並利用於腳踏車照明**，是我們所要研究的問題。

貳、研究目的

- 一、研究將線圈中加入鐵心所產生的電流與電壓的變化。
- 二、研究線圈中加入金屬與所產生的電流與電壓的關係。
- 三、研究磁鐵磁力大小與發電電流及電壓的關係。
- 四、研究漆包線的粗細與發電的關係。
- 五、研究風扇腳踏車磁鐵環速度對發電效能的影響。
- 六、研究磁鐵與線圈距離對發電大小的影響。。
- 七、研究線圈數與發電電流與電壓關係。
- 八、研究最佳串、並聯發電效率的組合。
- 九、研發腳踏車發電照明設計。
- 十、研究與其他類似產品之比較

參、研究材料與設備

漆包線、LED 燈、三用電表、3mm 密集板、健身腳踏車、腳踏車、磁鐵 3 公分、磁鐵 2.4 公分、流明計、模版螺絲、電鑽、線鋸、腳踏車速度碼表、1A 整流器、電流表、電壓表、腳踏車照明燈、厚紙板、三秒膠、鱷魚夾、漆包線(直徑 0.3mm、0.5mm、1.0mm)。

肆、研究過程與方法



試驗設備（風扇腳踏車磁鐵環）

將密集板鑽孔成環狀再將磁鐵以一正一負極排成環狀（共 32 顆），裝在運動腳踏車風輪上，踏動運動腳踏車，帶動風輪轉動，當風輪轉動即帶動環狀磁鐵運動，形成一個連續不斷的磁場轉換，在本研究中稱為「風扇腳踏車磁鐵環」。



加裝試驗電路接點

加裝整流器 2 個連接電路

加裝試驗操作平面板

一、研究將線圈中加入鐵心所產生的電流與電壓的變化

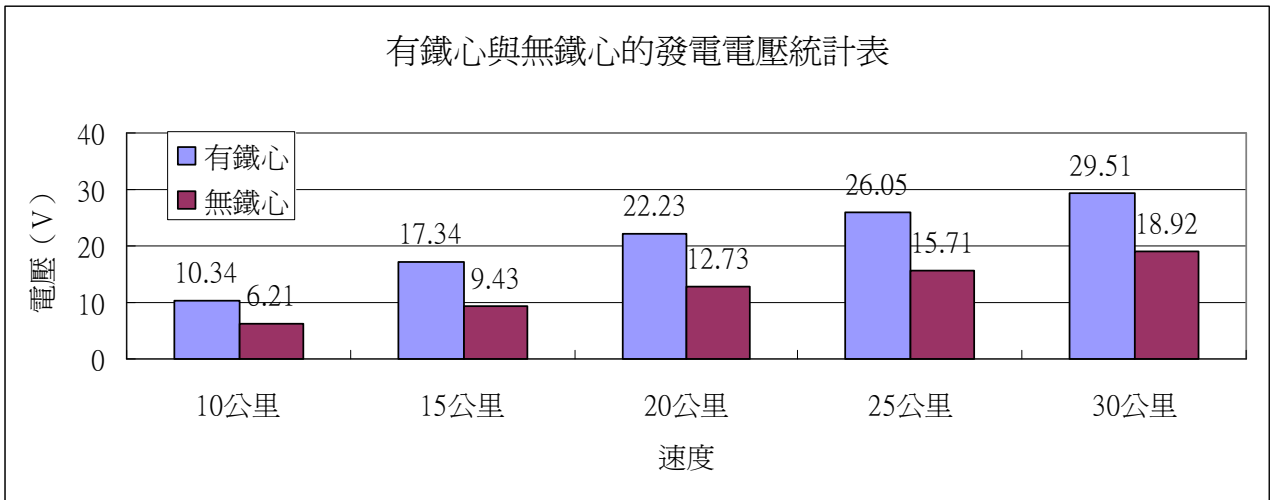
在電磁鐵的單元中，發現在線圈中加入鐵棒會使磁力增加，若把線圈中心加入鐵棒是否可以提高發電電力，在五金行發現六角形螺母（固定模版的螺母）重 21.5 公克、高 1.4 公分，寬 1.5 公分，如果將螺絲為鐵心加入線圈的中心，可以使發電效能增加嗎？

操作變因：螺絲鐵心、沒有螺絲鐵心

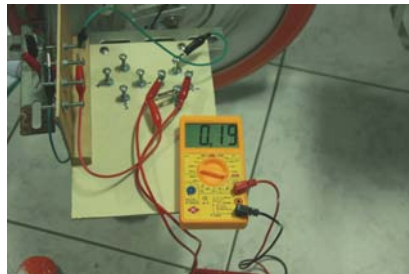
固定變因：漆包線 0.3mm、1800 圈。

應變變因：電壓、電流、效能。

表 1-1 有鐵心與無鐵心的發電電壓統計表



螺絲鐵心



測量電流



測量電壓

表 1-2 有鐵心與無鐵心的發電電流統計表

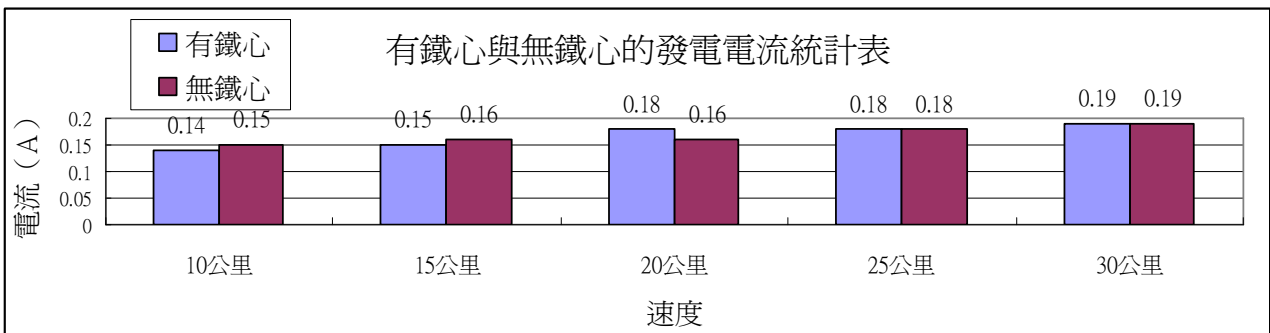
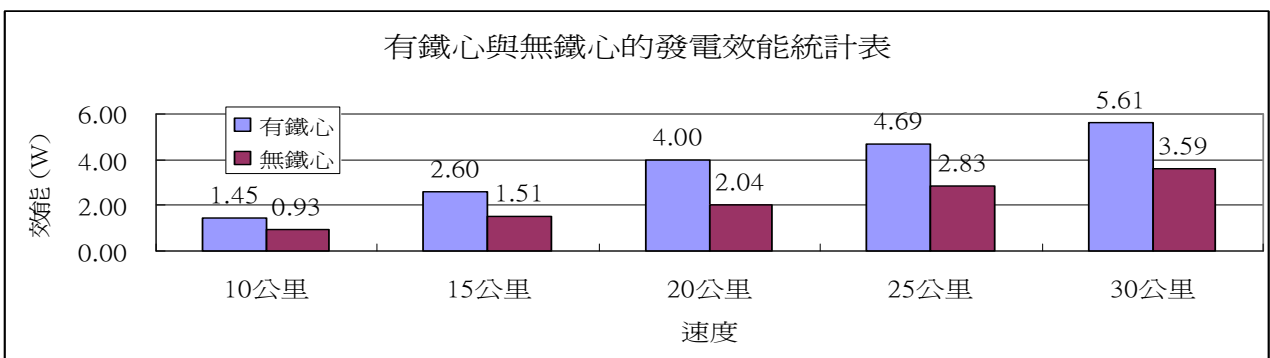


表 1-3 有鐵心與無鐵心的發電效能統計表



二、研究線圈中加入金屬與所產生的電流與電壓的關係

在線圈的中心加入的不同金屬，不同金屬所產生的電壓、電流、輸出效能的會有差異嗎？在線圈中心各加入直徑 0.3cm、長度 1.5cm 六小段排成環狀（鋁、銅、鉛、鐵），再繞上漆包線 0.5mm、400 圈。

操作變因：鋁、銅、鉛、鐵（徑 0.5cm、長度 1.5cm 六小段排成環狀）

固定變因：漆包線 0.3mm、400 圈，線圈距離磁鐵 0.2 公分。

應變變因：電壓、電流、效能。

表 2-1 線圈中加入不同的金屬所產生的電壓統計表

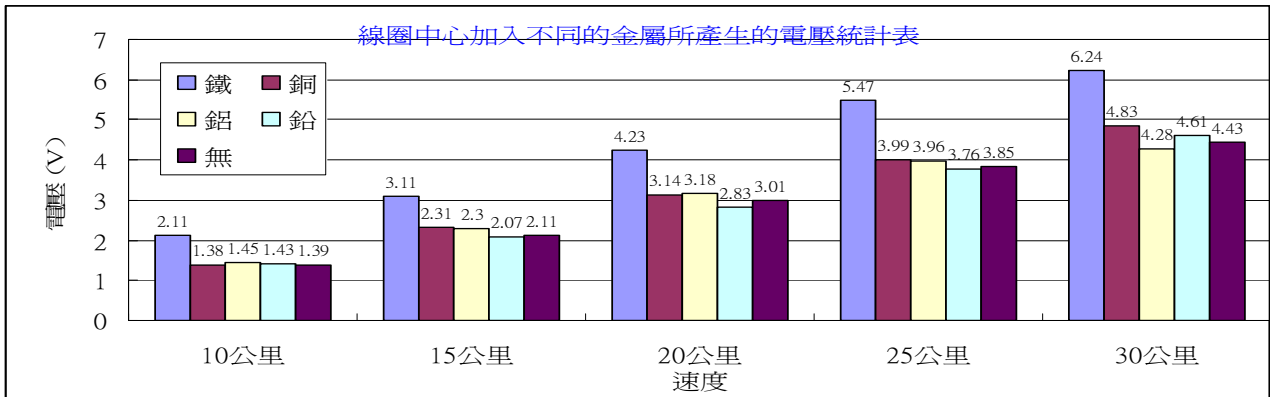


表 2-2 線圈中加入不同的金屬所產生的電流統計表

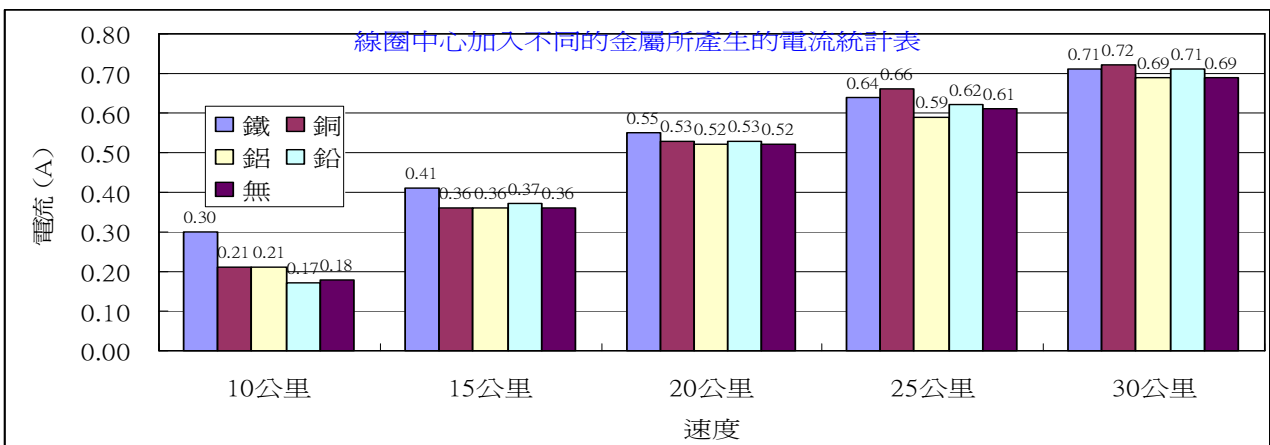
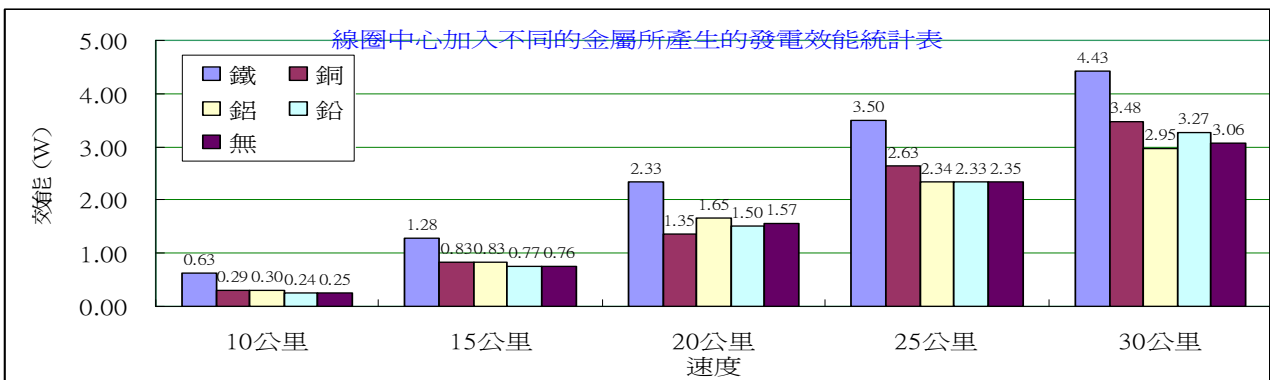


表 2-3 線圈中加入不同的金屬所產生的效能統計表



三、研究磁鐵磁力大小與發電電流及電壓的關係

磁力大小不同的磁鐵，產生的發電電力的會有差異性嗎？，強力磁鐵磁力可吸 21.05 公克可螺絲鐵塊五個，磁力強度 105.25 公克，一般磁鐵磁力可吸 21.05 公克螺絲鐵塊三個磁力強度 63.15 公克。

操作變因：強力磁鐵、一般磁鐵

固定變因：線圈圈數 1200 圈（電阻 28.6Ω ）、漆包線 0.3mm。

應變變因：電壓、電流、效能。

表 3-1 強力磁鐵與一般磁鐵發電電壓統計表

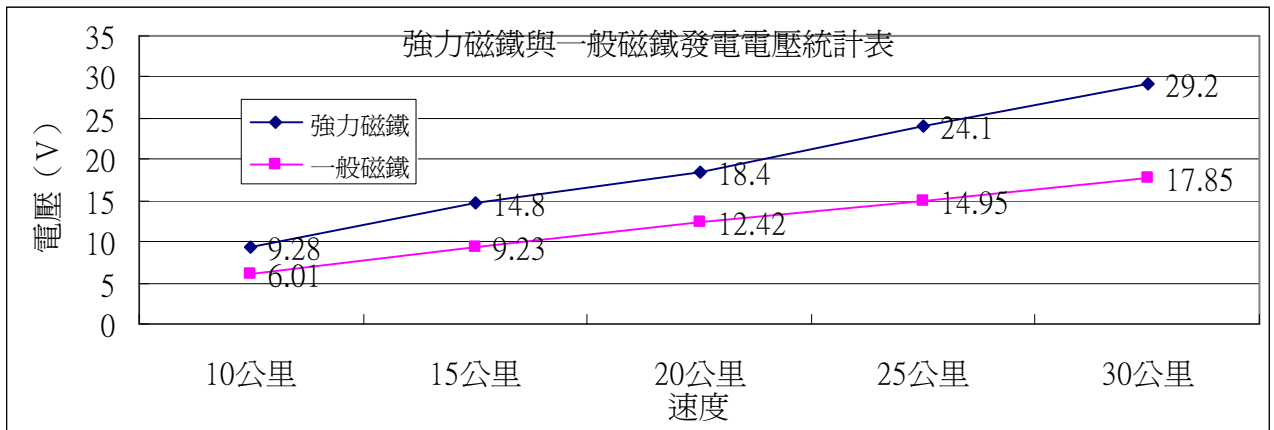


表 3-2 強力磁鐵與一般磁鐵發電電流統計表

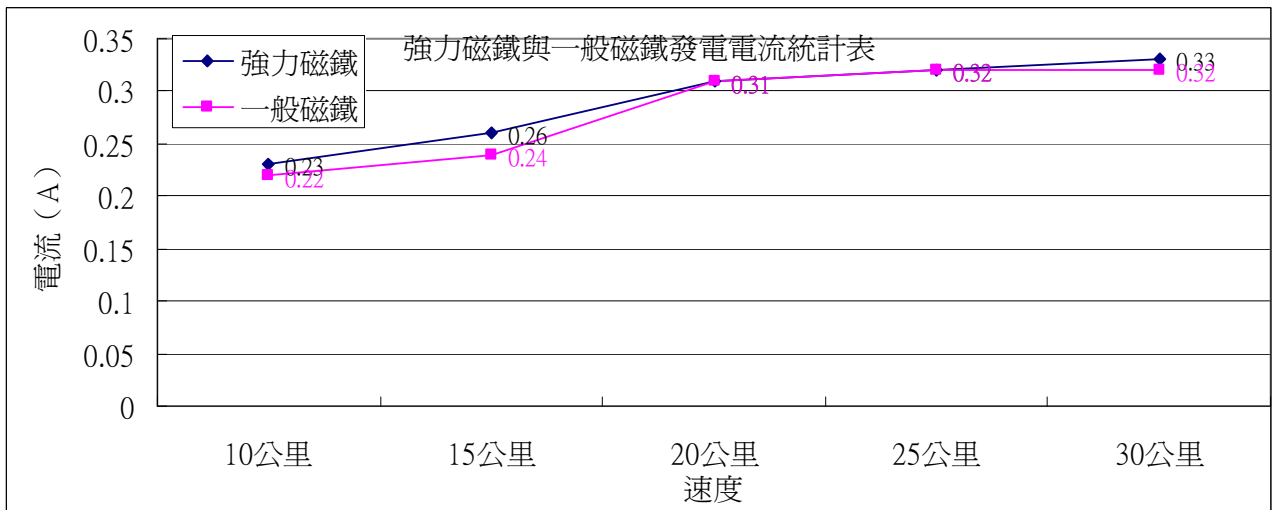
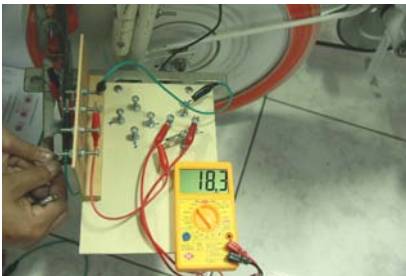
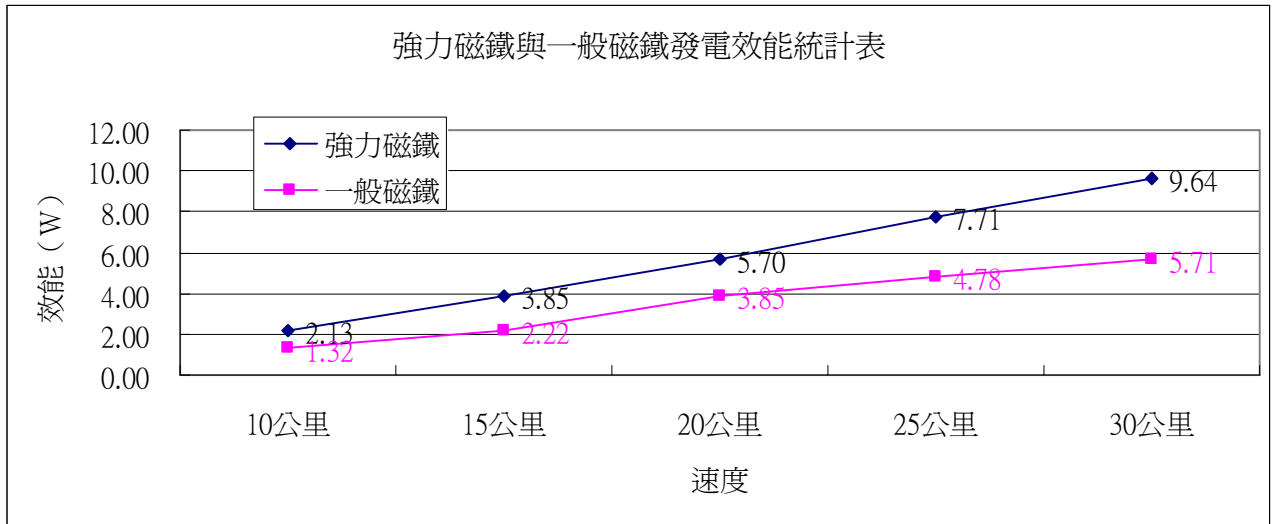
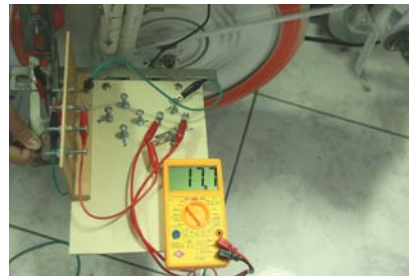


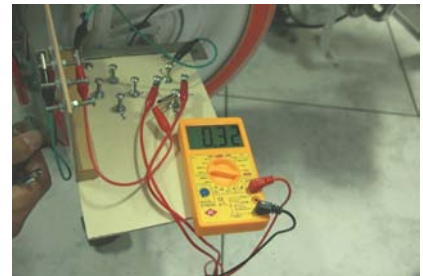
表 3-3 強力磁鐵與一般磁鐵發電效能統計表



測量電壓



測量電壓



測量電流

四、研究漆包線的粗細與發電的關係

在相同的圈數下漆包線是否會影響發電效能？用 1.0mm、0.5mm、0.3mm 三種不同粗細的漆包線做成線圈，試驗其發電效能。

操作變因： 1.0mm、0.5mm、0.3mm 三種不同粗細的漆包線 200 圈

固定變因：線圈圈數 200 圈。

應變變因：電壓、電流、效能。

表 4-1 漆包線粗細與發電電壓統計表

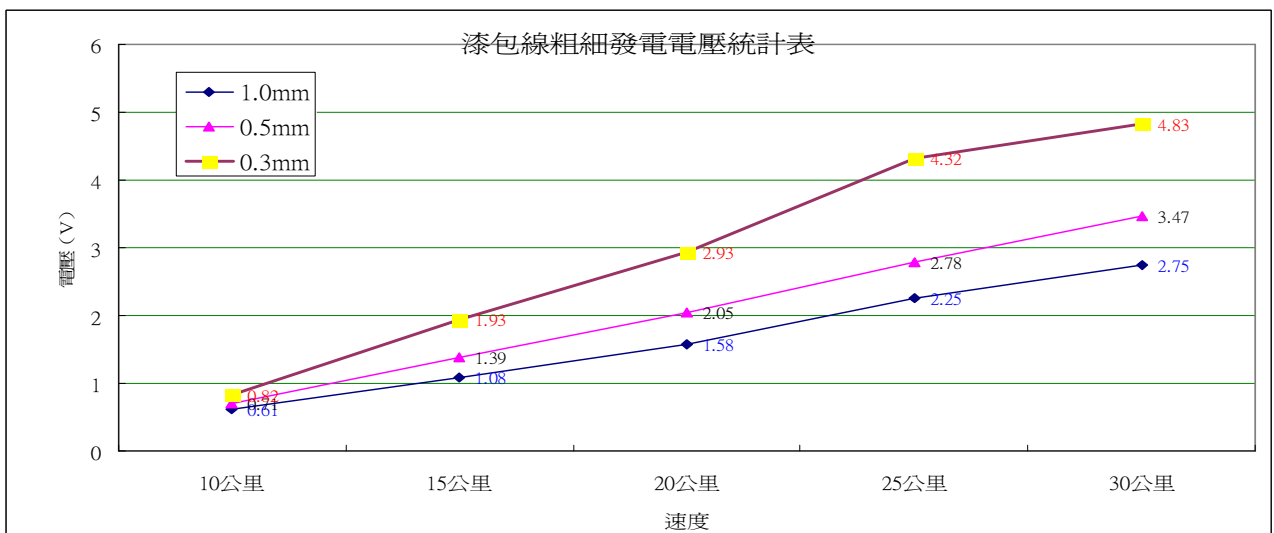


表 4-2 漆包線粗細發電電流統計表

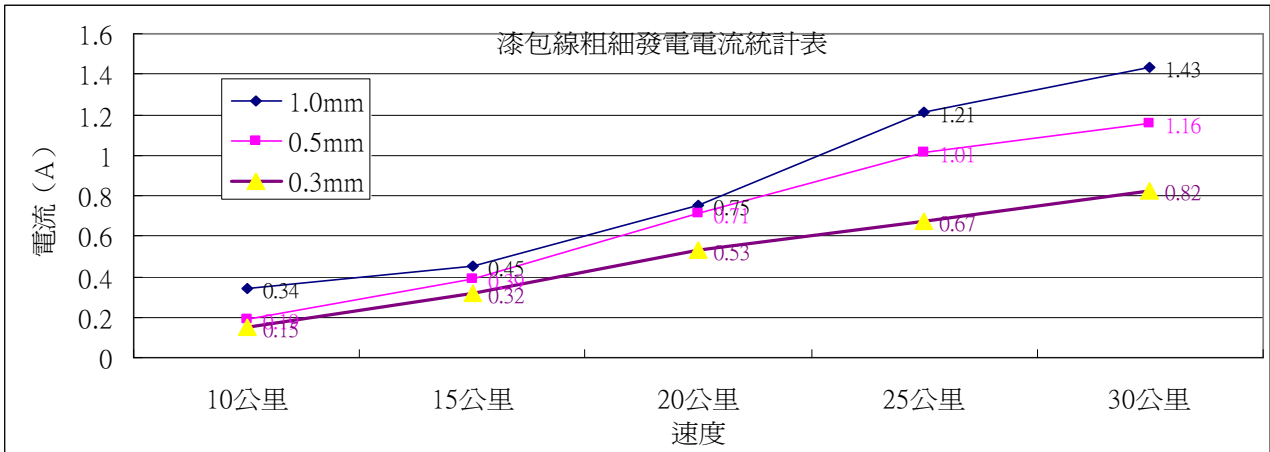
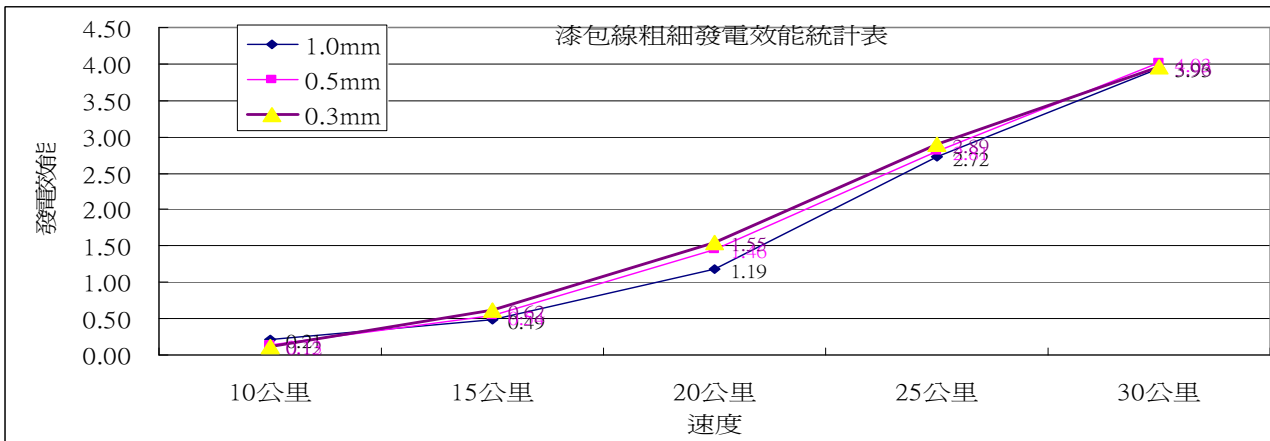


表 4-3 漆包線粗細電效能統計表



五、研究風扇腳踏車磁鐵環速度對發電效能的影響

風扇腳踏車磁鐵環速度與發電效能有何關連性？會隨著速度增加而增加發電電壓、電流、效能。

操作變因：風扇腳踏車磁鐵環速度 5、10、15、20、25、30、35、40 公里

固定變因：線圈圈數 800 圈（電阻 8.6Ω ）

應變變因：電壓、電流、效能。

表 5-1 風扇腳踏車磁鐵環速度與發電電壓統計表

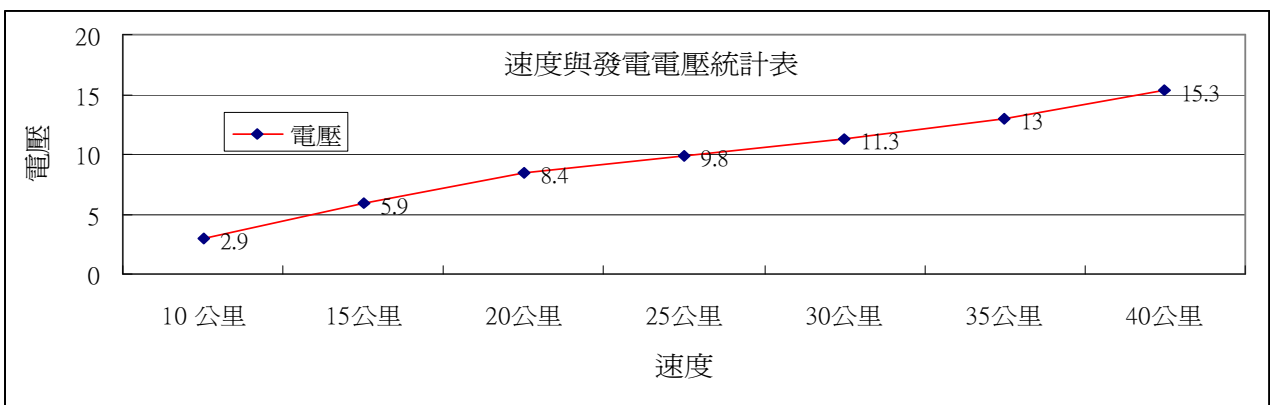


表 5-2 風扇腳踏車磁鐵環速度與發電電流統計表

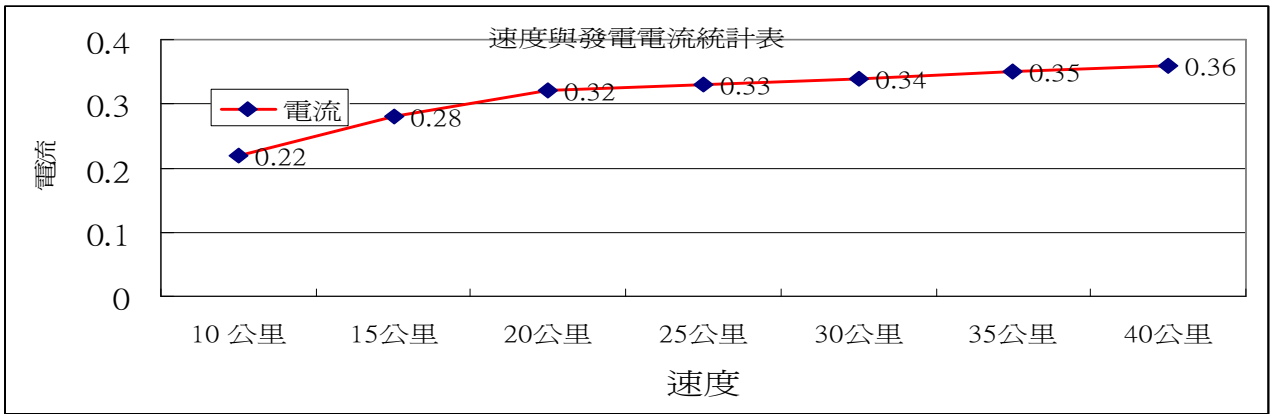
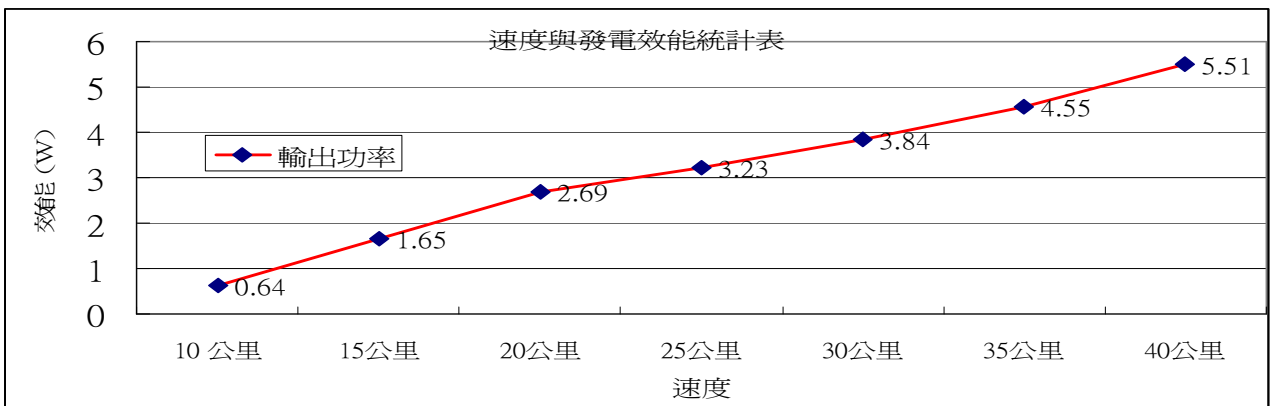


表 5-3 風扇腳踏車磁鐵環速度與發電效能統計表



六、研究磁鐵與線圈距離對發電大小的影響

線圈距離磁鐵不同會在發電、電壓、電流、效能產生何種變化？

操作變因：距離 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 公分

固定變因：線圈圈數 800 圈（電阻 8.6Ω）、風扇腳踏車磁鐵環速度 20 公里。

應變變因：電壓、電流、效能

表 6-1 線圈距離發電電壓統計表

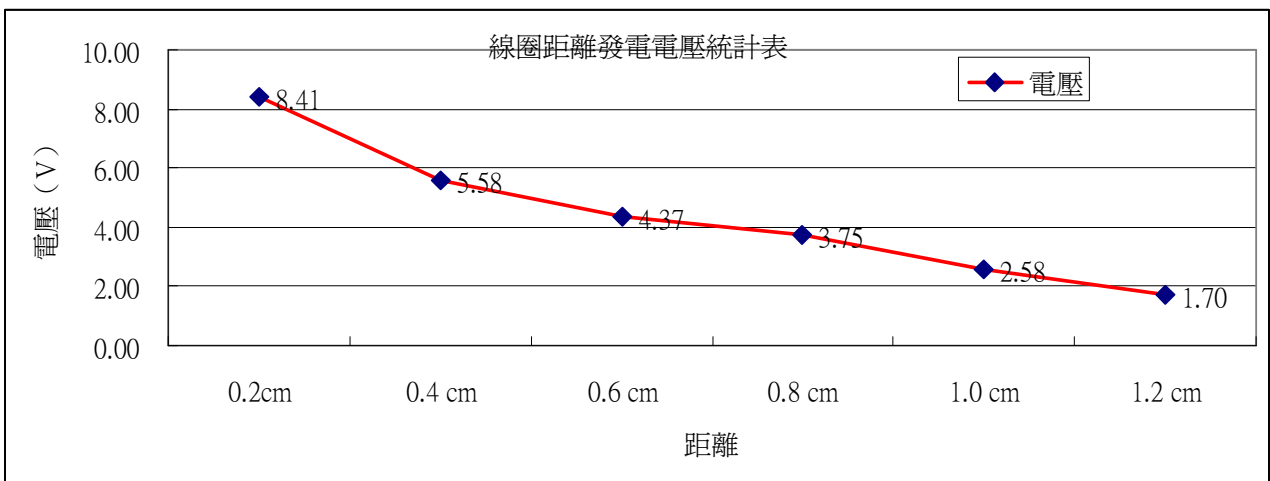


表 6-2 線圈距離發電電流統計表

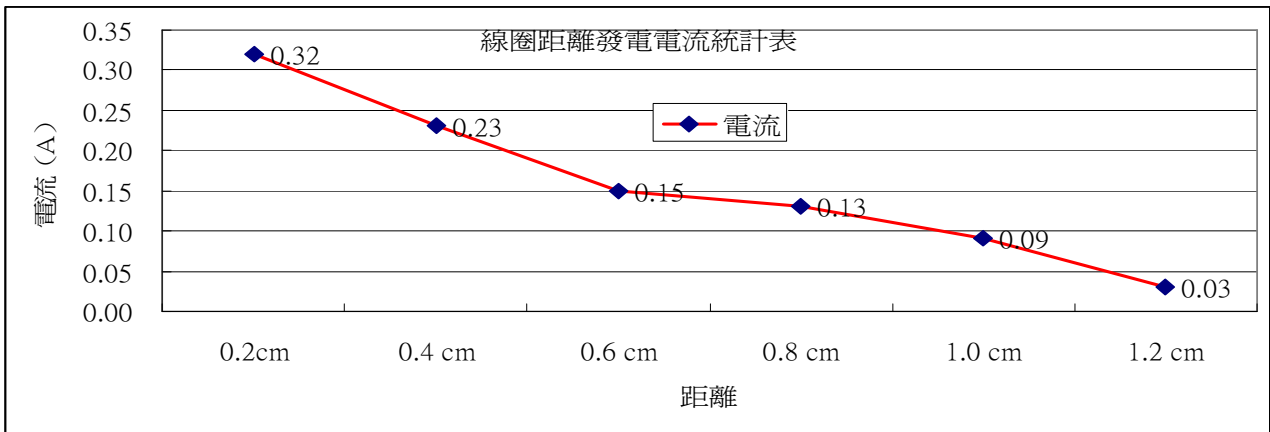
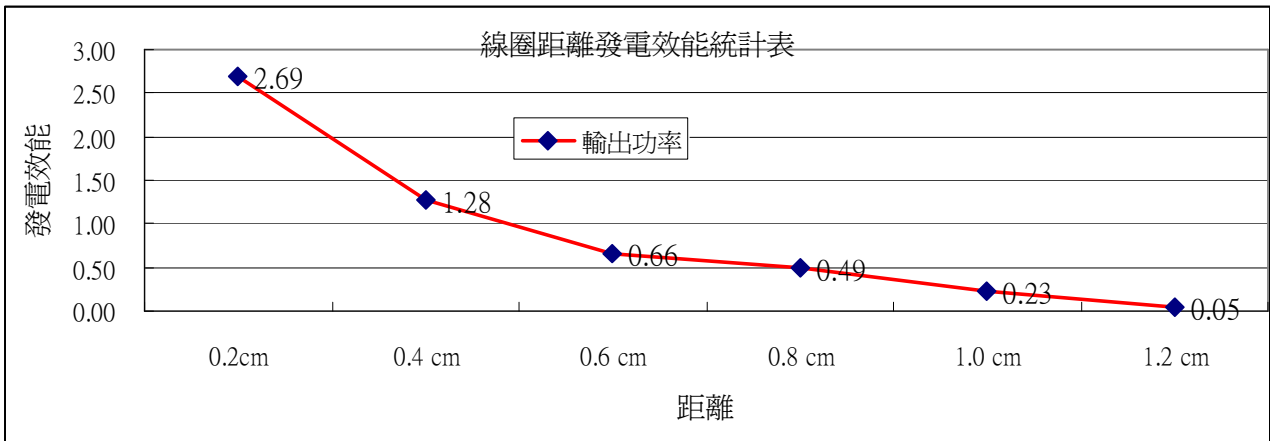


表 6-3 線圈距離發電效能統計表



七、研究線圈數與發電電流與電壓關係。

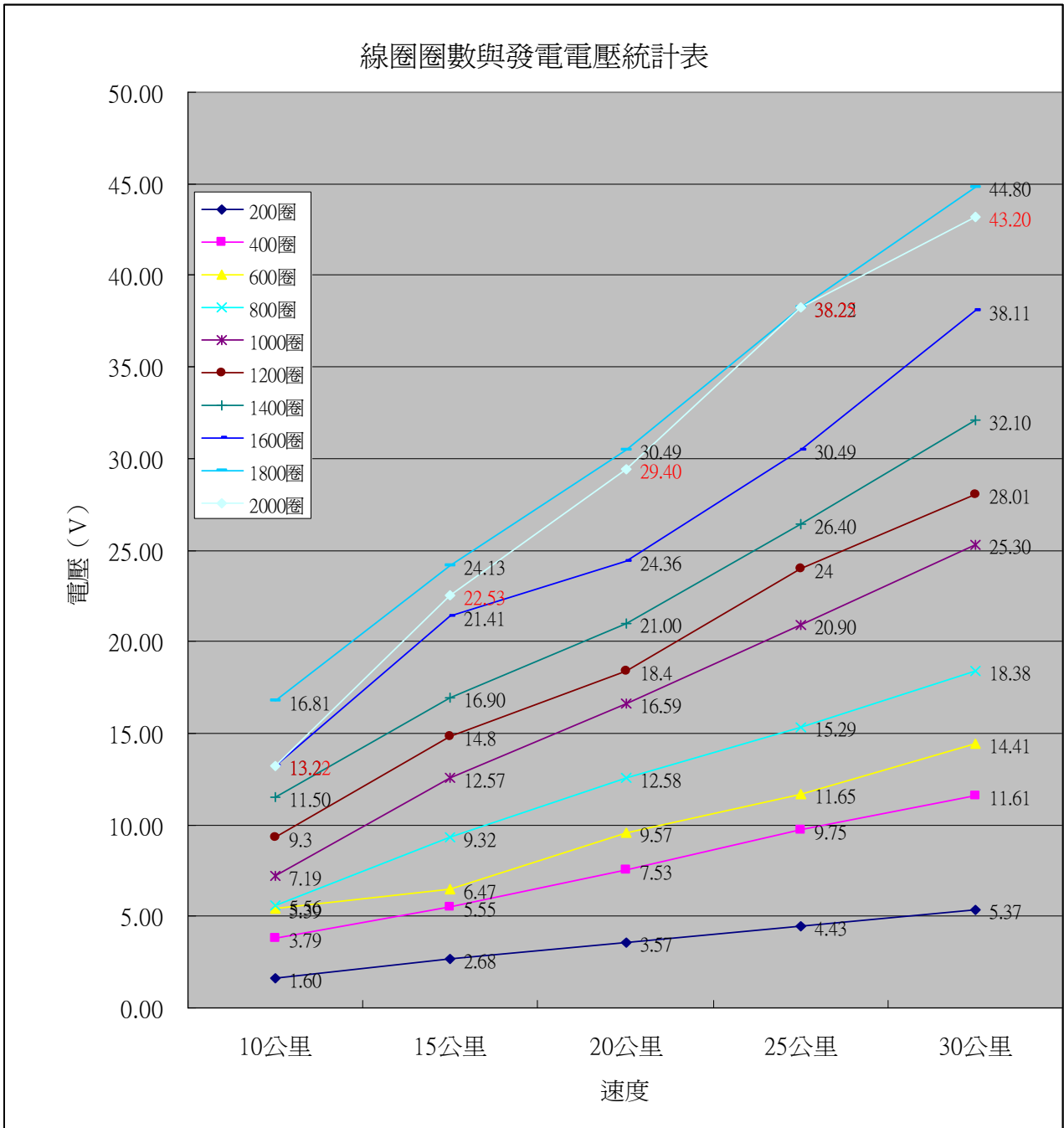
由表 5-3 漆包線粗細電效能統計表，發現線圈的粗細與發電效能影響不大，所以選擇細的漆包線為試驗要項，研究在不同的漆包線圈數下，發電電壓、電流、效能。

操作變因：漆包線圈數 200、400、600、800、1000、1200、1400、1600、1800、2000 圈

固定變因：漆包線 0.3mm、風扇腳踏車磁鐵環速度。

應變變因：電壓、電流、效能

表 7-1 線圈圈數與發電電壓統計表



7-2 線圈圈數與發電電流統計表

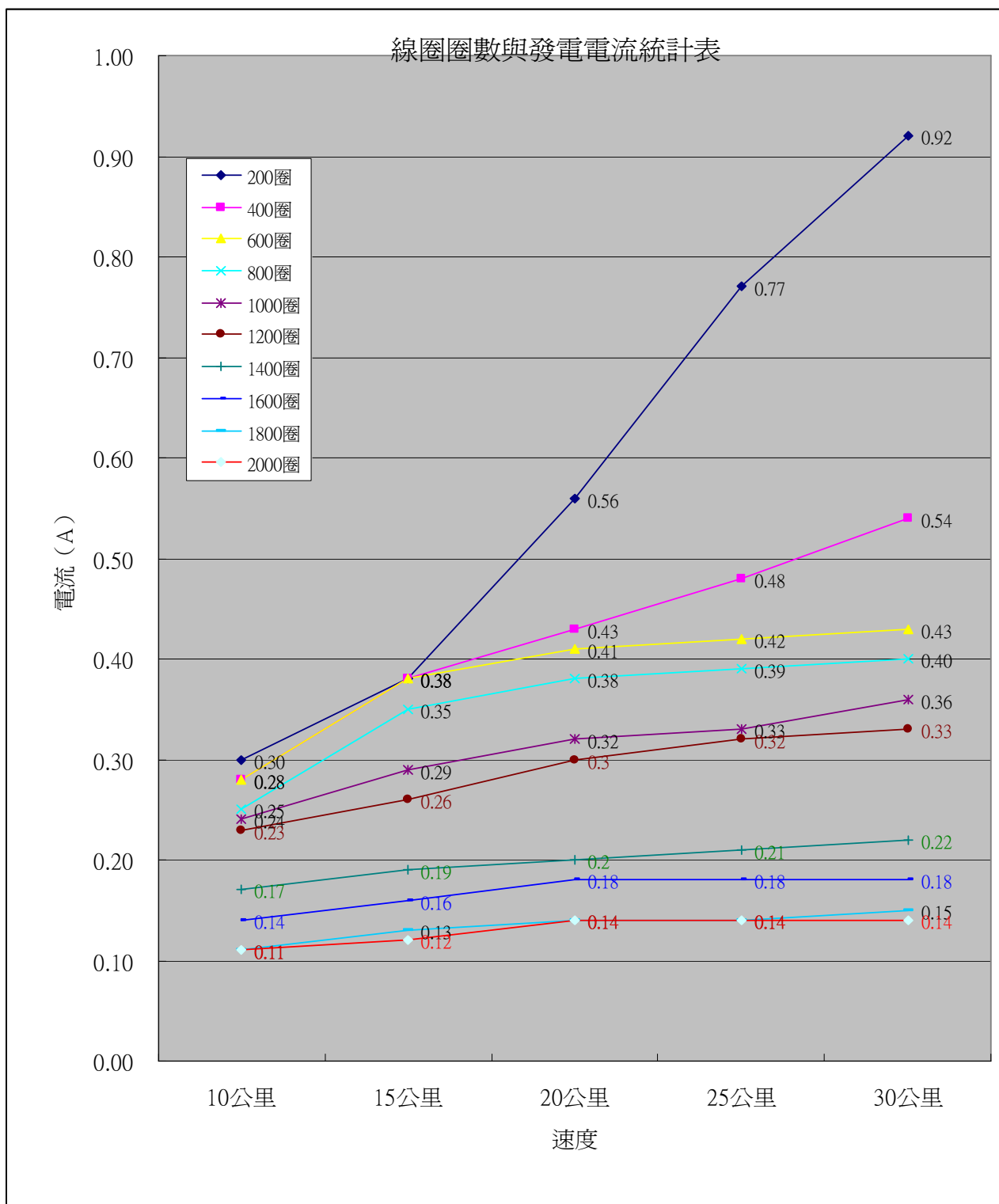
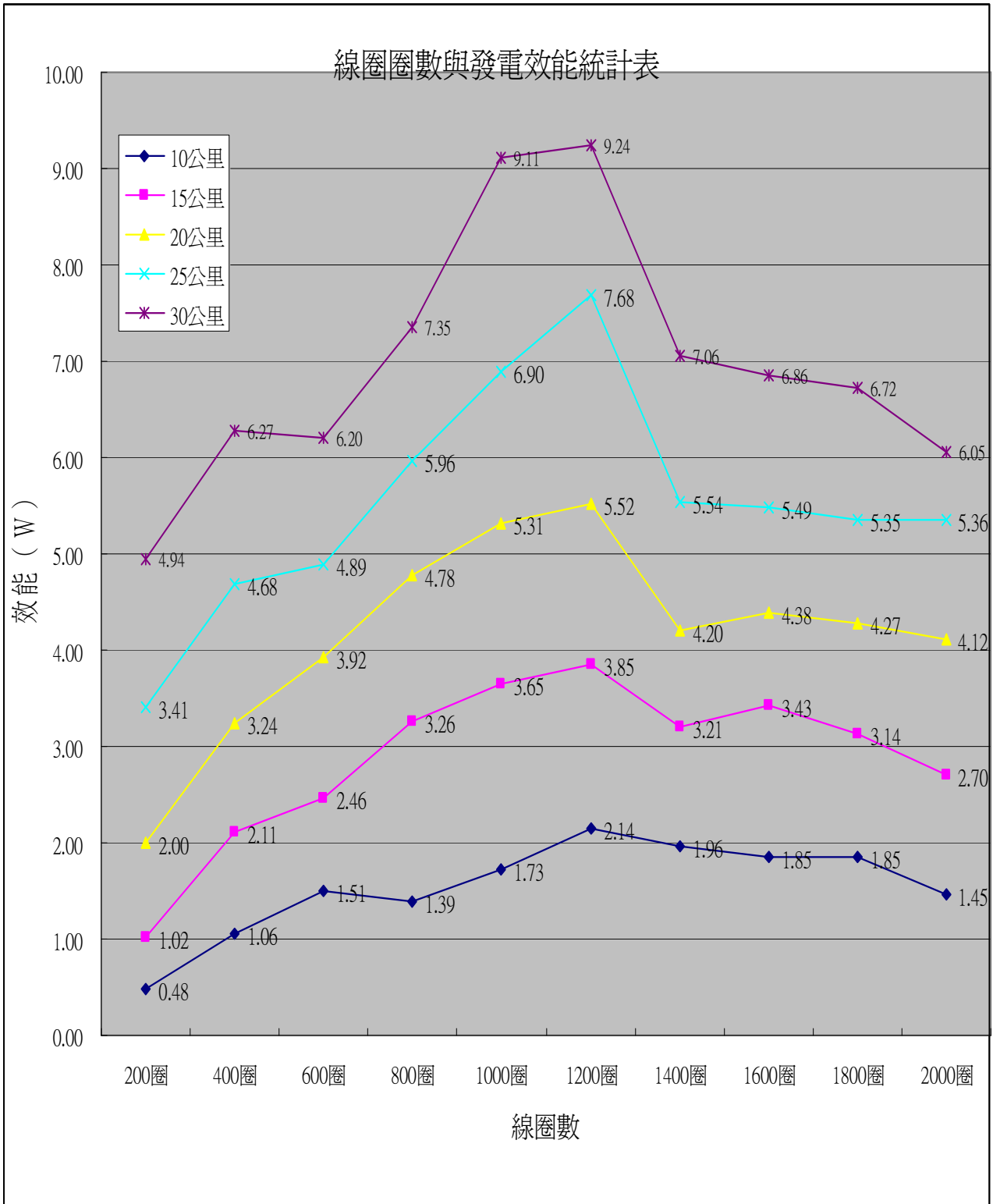
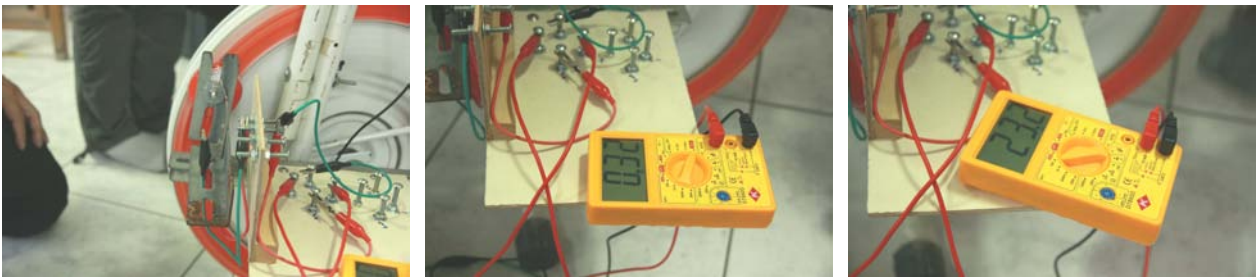


表 7-3 線圈圈數與發電效能統計表





八、研究最佳串、並聯發電效率的組合增加電力

在線圈 1200 圈在不同的速度下，發電效能都最佳，將 2 個線圈 1200 圈，做整流再串、並聯，研究串聯與並聯電壓、電流、發電效能。再以試驗結果選擇最佳的組合裝置在腳踏車的發電線圈。

線圈一（ 28.7Ω ）（電壓、電流、效能）試驗記錄表

	5 公里	10 公里	15 公里	20 公里	25 公里	30 公里
電壓(v)	4.59	8.09	12.43	14.70	19.82	24.50
電流(A)	0.15	0.23	0.26	0.32	0.32	0.34
效能 (W)	0.69	1.86	3.23	4.70	6.34	8.33

線圈二（ 28.5Ω ）（電壓、電流、效能）試驗紀錄表

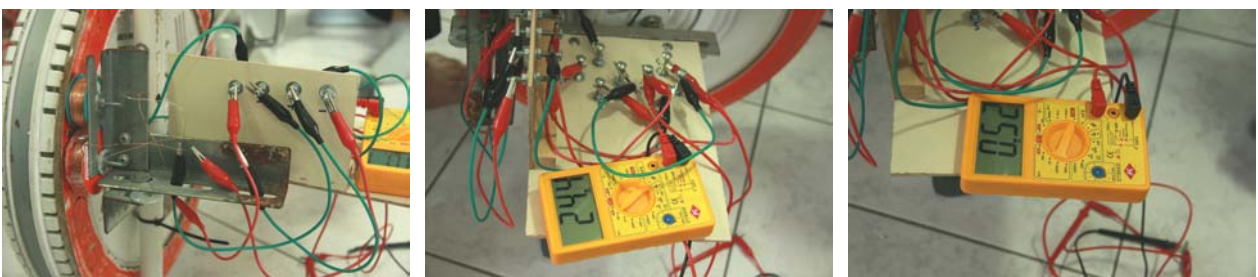
	5 公里	10 公里	15 公里	20 公里	25 公里	30 公里
電壓(v)	4.60	9.58	11.45	17.19	20.35	25.31
電流(A)	0.14	0.23	0.26	0.32	0.33	0.35
輸出功率(W)	0.64	2.20	2.98	5.50	6.72	8.86

（一）線圈整流再串聯（線圈一 + 線圈二）（電壓、電流、效能）試驗紀錄表

	5 公里	10 公里	15 公里	20 公里	25 公里	30 公里
電壓(v)	9.20	18.20	27.01	31.39	40.38	46.63
電流(A)	0.15	0.24	0.27	0.31	0.33	0.35
輸出功率(W)	1.38	4.37	7.29	9.73	13.33	16.32

（二）線圈整流再並聯（線圈一 + 線圈二）（電壓、電流、效能）試驗紀錄表

	5 公里	10 公里	15 公里	20 公里	25 公里	30 公里
電壓(v)	4.80	10.10	13.40	18.53	20.85	25.90
電流(A)	0.28	0.42	0.53	0.55	0.62	0.65
輸出功率(W)	1.34	4.24	7.10	10.19	12.93	16.84



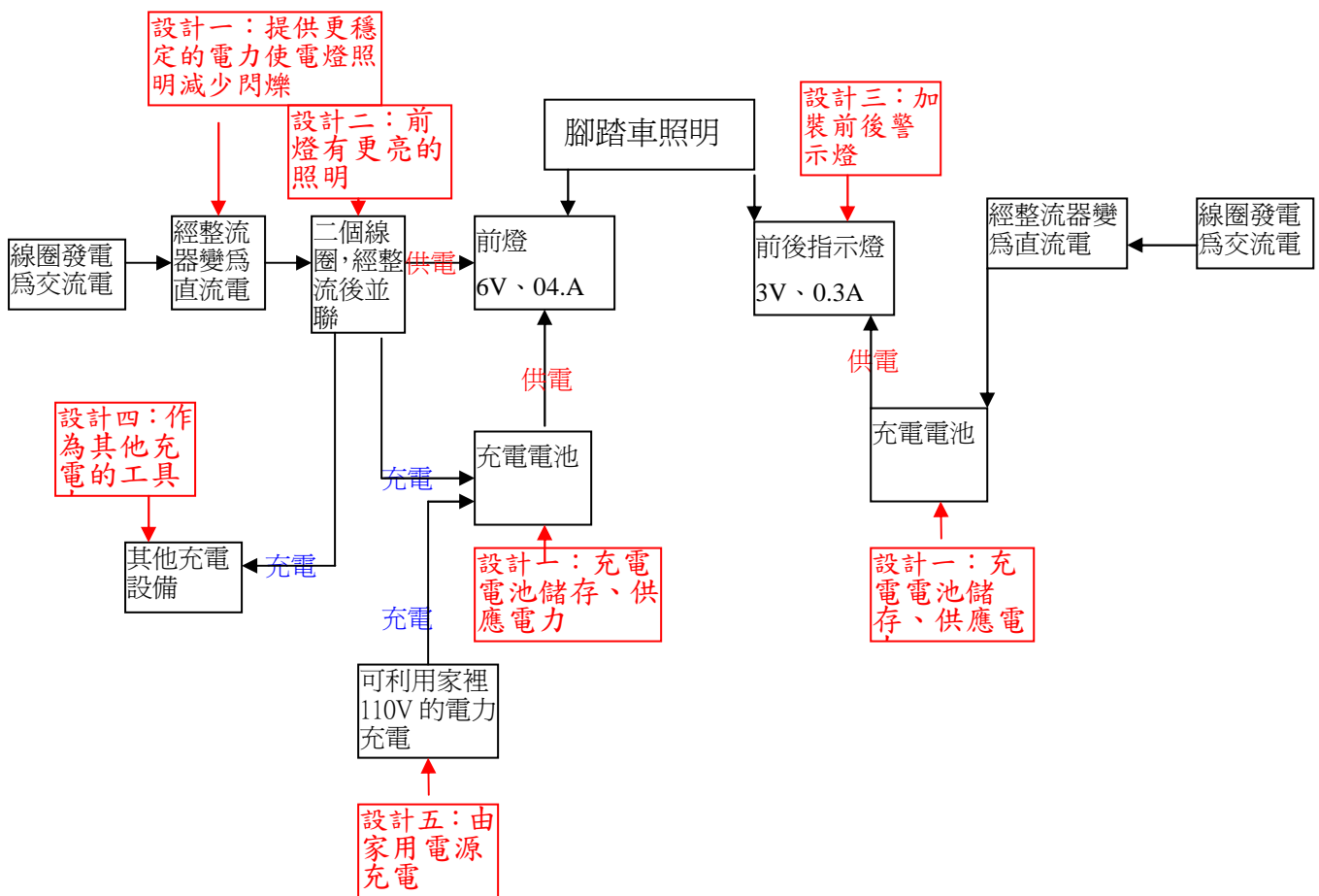
九、研發腳踏車發電照明設計

如何將最佳的發電線圈，磁鐵環裝置在腳踏車上，讓我們思考很久，配合輪徑大小磁鐵環為 26 顆 2.4 公分的強力磁鐵組成，發電線圈（1200 圈）三個裝置於後輪支架上。

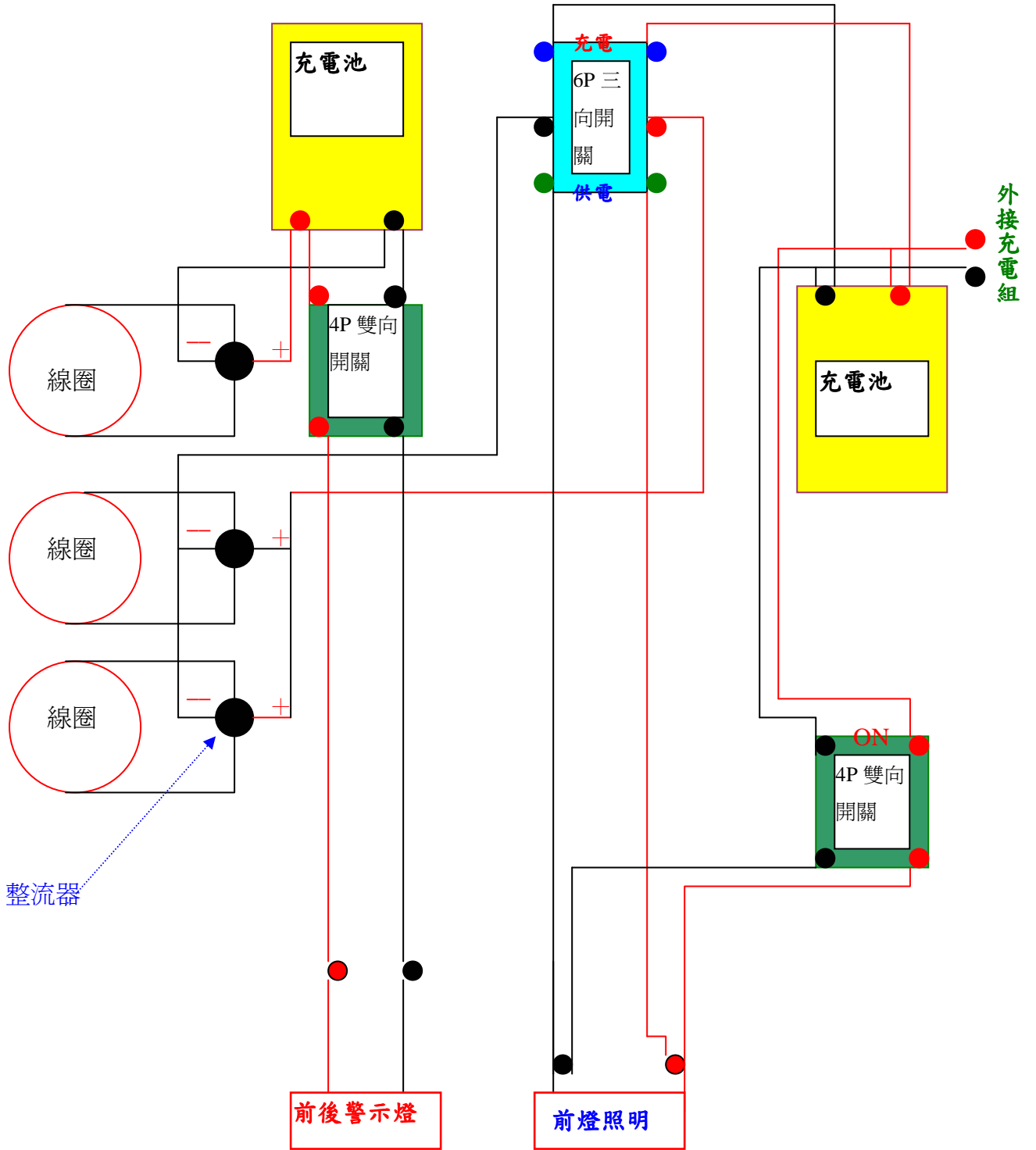
（一）主要設計需求表：

項次	主要設計需求	設計製作方案
1	提供更穩定的電力使電燈照明減少閃爍，及停止時也會有電力。並可提供充電電力。	加裝整流器，使發電機所產生的交流電轉為直流電，減少電燈閃爍。並利用充電電池並聯供電，當腳踏車慢速及停止的供應電力。當不需照明時發電機所發的電力充入充電電池儲存電力。
2	前燈有更亮的照明	由二個線圈，經整流後並聯，提供更加的電力。
3	有前後警示燈的設計	由一個線圈加裝前後警示燈，並利用充電電池並聯供電當不需照明時發電機所發的電力充入充電電池儲存電力。
4	可以作為其他充電的工具	可使用腳踏車發電機所發的電力，作為其他充電電池的電力。
5	可以由家用電源充電	可將充電電池利用家裡 110V 的電力充電。

設計概念圖



腳踏車發電照明設計電路簡圖



(二) 發電腳踏車之製作



將電路箱開關與整流器分開設置，將整流器裝在後輪支架下（如上圖所示），並將電路箱體積縮小裝設在把手上方，使操作方便，更有實用性。



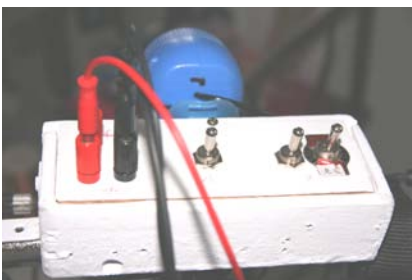
發電模組（線圈與腳踏車磁鐵環）



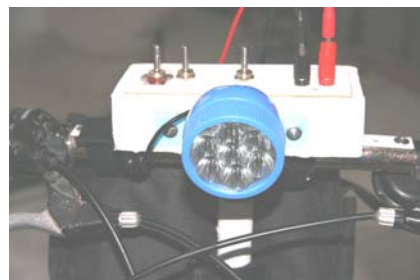
整流器裝在後輪支架下



線圈三個



電路箱及開關



前燈與電路箱整合一體



後警示燈

(三) 完成測試結果

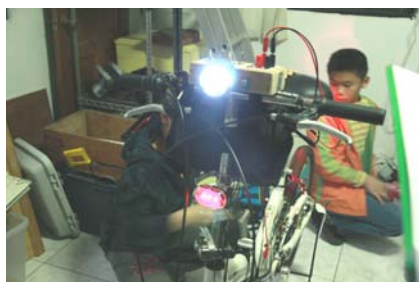
1.前燈亮度試驗紀錄表(測量距離 3 公尺)

速度	停止	5 公里	10 公里	15 公里	20 公里	25 公里	備註
發電電壓 (V)	0	4.82	6.51	7.04	13.20	17.24	電燈 最大 亮度 220
發電電流 (A)	0	0.16	0.22	0.27	0.35	0.42	
發電機照明 (流明) LUX	0	120 (閃爍)	180	220	220	220	
發電機發電並聯充電電池 (流明) LUX	220	220	220	220	220	220	

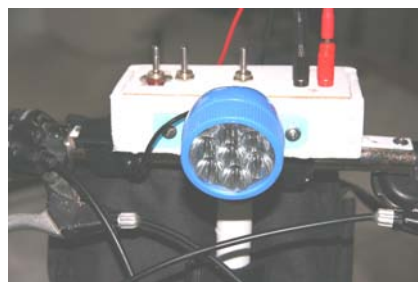
速度 10 公里以上前燈的照明即可提供腳踏車夜間行駛之足夠照明 (流明測量距離 3 公尺), 發電機發電經充電電池亮度為固定 220 LUX。參考市售: 照明為距離 3 公尺 130~180 LUX



10 公里照明



20 公里照明



前燈照明組

2.前後警示燈即有足夠亮度試驗紀錄表(亮度測量距離 30 公分)

速度	5 公里	10 公里	15 公里	20 公里	25 公里	備註
發電電壓 (V)	1.53	5.11	7.04	10.3	12.03	前後警示 燈最大亮 度 120
發電電流 (A)	0.08	0.15	0.8	0.20	0.22	
發電機並聯充電電池	120	120	120	120	120	

發電機發電經充電電池亮度為固定 120 LUX 照明(流明測量距離 30 公分,一般市售為 120LUX

3.可以作為其他充電的工具試驗紀錄表(前燈充電組)

速度	5 公里	10 公里	15 公里	20 公里	25 公里
充電電壓 (V)	3.82	6.51	7.04	13.20	17.24
充電電流 (A)	0.16	0.22	0.27	0.35	0.43
充電效能 (W)	0.61	1.43	1.90	4.62	7.41

十、研究與磨電機產品之比較

(一) 發電電壓、電流與效能比較

在市面上腳踏車發電設備磨電燈, 利用摩擦輪帶動發電機發電, 我們將兩種電方式分析比較, 分別裝置在同一腳踏車之後輪, 測量發電電壓、發電電流。

表 10-1 MIT 一號與磨電燈發電電流比較表

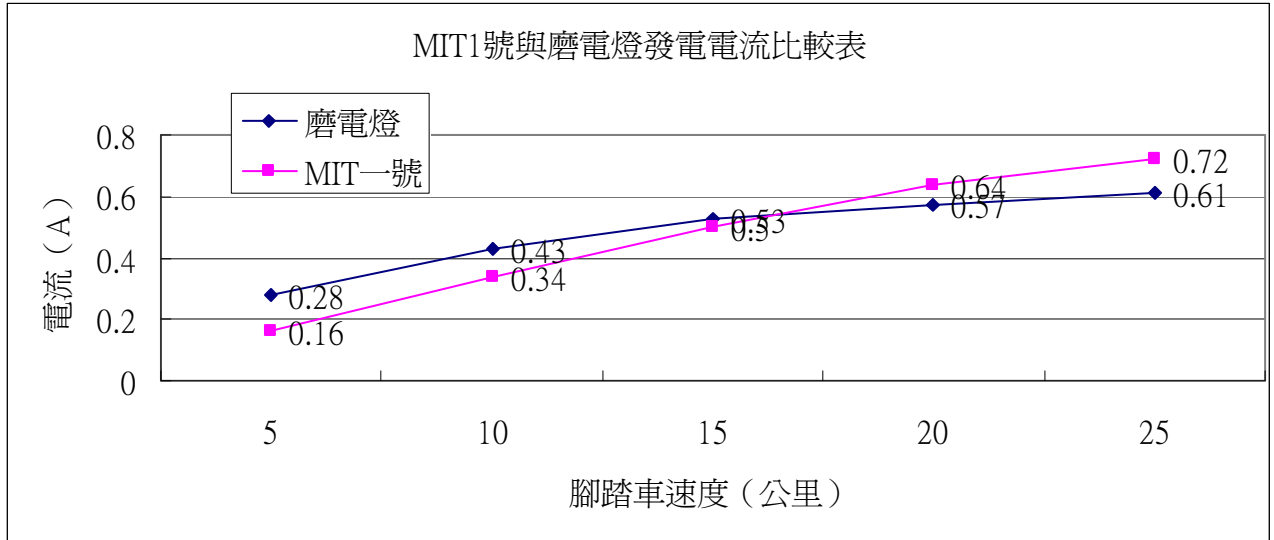


表 10-2 MIT 一號與磨電燈發電電壓比較表

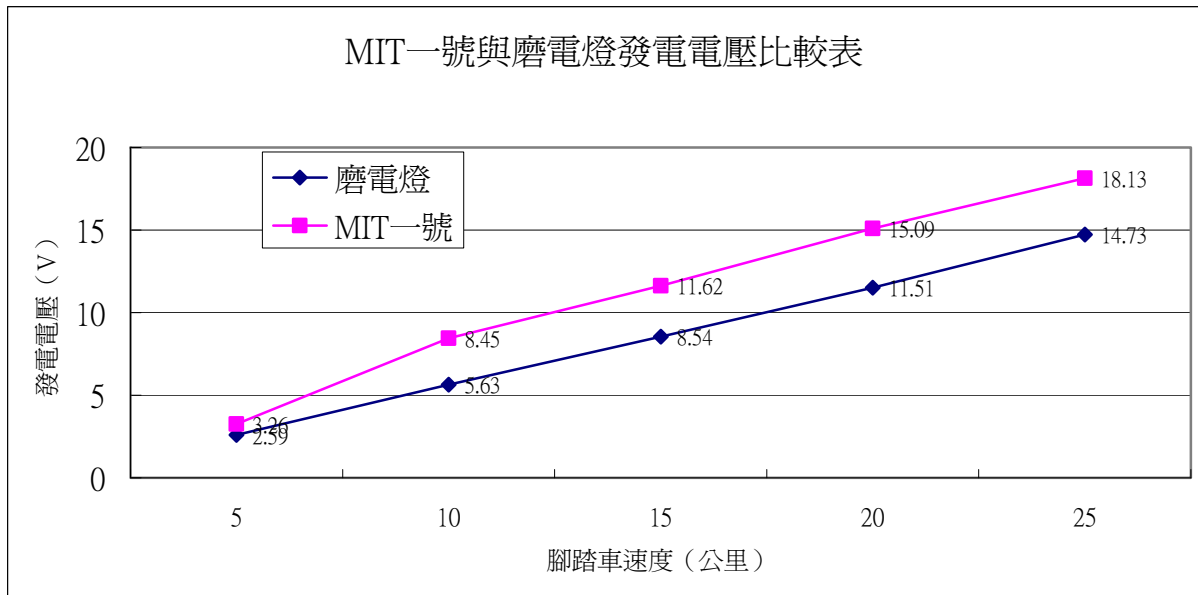
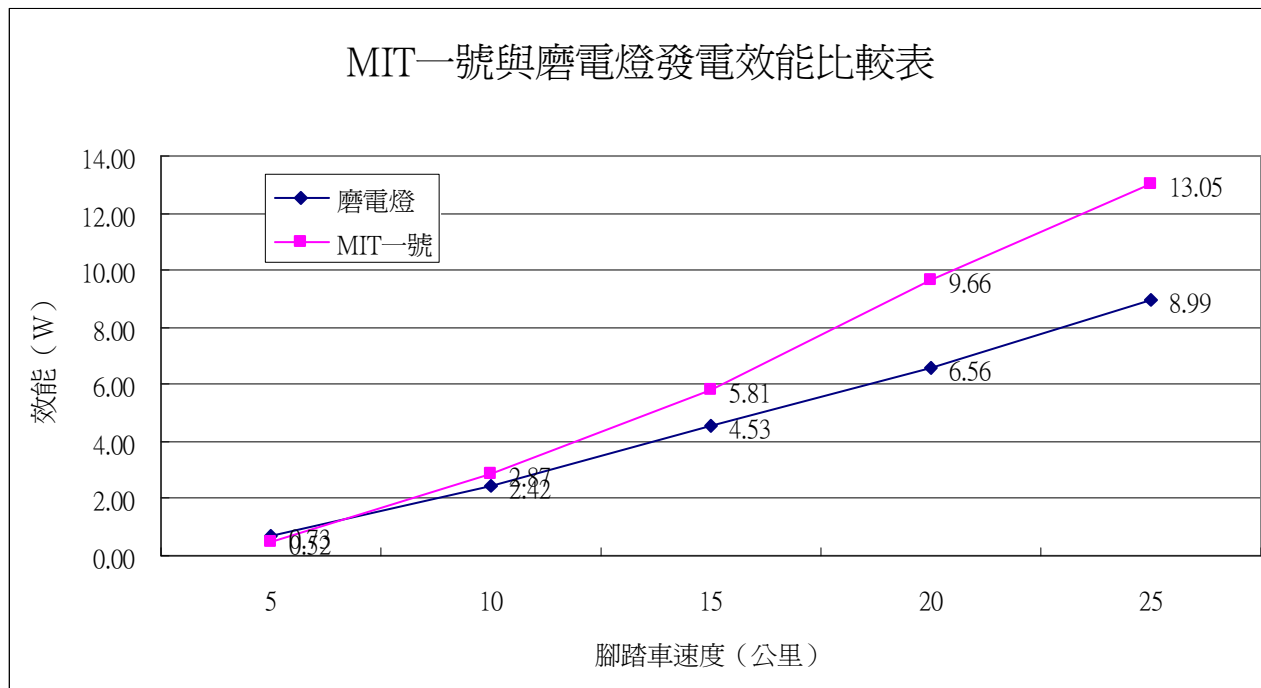


表 10-3 MIT 一號與磨電燈發電效能比較表



(二) 測量施力大小與速度影響

測量踏板在水平位置施力大小（利用螺母每顆 21.5 克）測量多少重量才能使踏板往下移動，並帶動後輪轉動（靜摩擦力），及在 25 公里的速度下，讓後輪自由轉動停止時間（動摩擦力），探討發電機對於腳踏車施力的大小與速度的影響。

表 10-4 MIT 一號與磨電燈靜止啓動力量大小比較表（靜摩擦力）

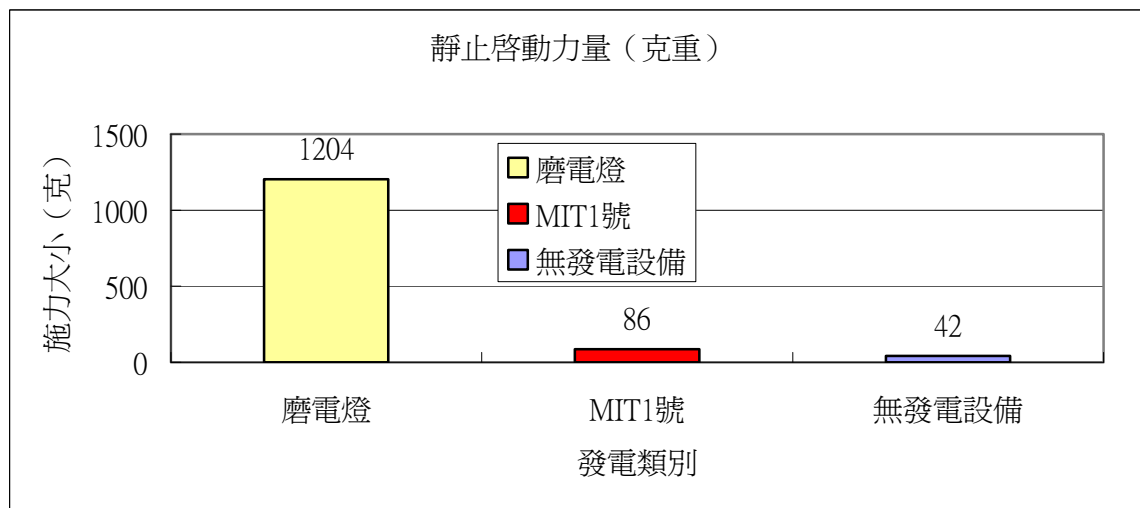
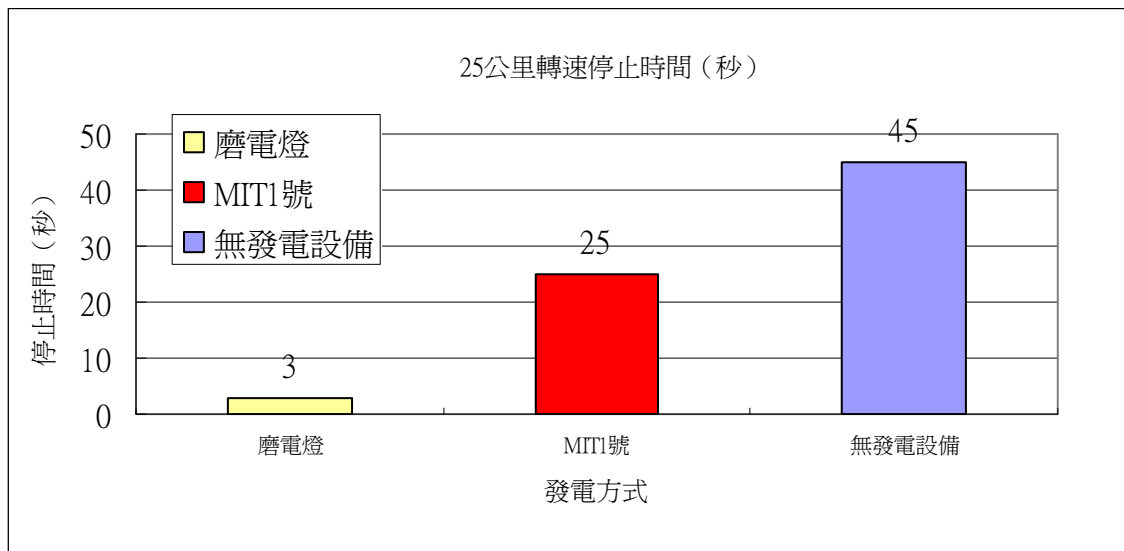


表 10-5 MIT 一號與磨電燈 25 公里速度至靜止時間（動摩擦力）



磨電燈

伍、討論

一、討論將線圈中加入鐵心所產生的電流與電壓。

由研究一：表 1-1、表 1-2、表 1-3 整理如下表

	平均電壓(V)	平均電流(A)	平均效能(W)
有鐵心	21.09	0.17	3.67
無鐵心	12.60	0.17	2.18
效率比(有鐵心/無鐵心)	1.67	1.00	1.68

有鐵心的平均發電電壓為無鐵心的 1.67 倍，發電電流與無鐵心相同。平均發電效能的 1.68 倍。由試驗結果發現加入鐵心主要的功能為電壓增加，電流並無增加的現象。

二、討論線圈中加入哪種金屬所產生的電流與電壓

由研究二：表 2-1、表 2-2、表 2-3 整理如下表

金屬	平均電壓(V)	平均電流(A)	平均效能(W)
鐵	4.23	0.52	2.43
銅	3.10	0.48	1.71
鋁	3.29	0.48	1.62
鉛	2.90	0.49	1.59
無	3.05	0.49	1.65
與鐵比較效率比	1.36	1.05	1.38

鐵的發電效能平均值約為其他金屬的 1.38 倍。銅、鋁、鉛與無金屬的比較並無顯著的差異，無法增加發電電壓、電流、效能。

三、討論將磁鐵磁力大小與發電電流與電壓的關係。

由研究三：表 3-1、表 3-2、表 3-3 整理如下表

	磁力強度	平均電壓(V)	平均電流(A)	平均效能(W)
強力磁鐵	105.25 公克	19.16	0.29	5.81
一般磁鐵	63.15 公克	12.09	0.28	3.58
效率比(強力磁鐵/一般磁鐵)	1.67	1.58	1.03	1.62

強力磁鐵是一般磁鐵發電電壓約為 1.58 倍，發電電流無明顯增加，發電效能增加 1.62 倍，強力磁鐵與一般磁鐵的磁力強度比為 1.67 倍，磁鐵的磁力強度與所產生的電壓、效能成正比。

四、討論線漆包線的粗細與發電的關係。

由研究四：表 4-1、表 4-2、表 4-3 整理如下表。

	平均電壓	平均電流	平均效能
1.00mm	1.65	0.84	1.71
0.5mm	2.08	0.69	1.79
0.3mm	2.97	0.50	1.83

在相同的圈數下，漆包線越粗發電電流越大，漆包線越細發電電壓越大，在發電效能，漆包線的粗細並無顯著的差異。

五、討論速度與發電效能

由研究五：表 5-1、表 5-2、表 5-3 整理如下表。

速度	10 公里	15 公里	20 公里	25 公里	30 公里	35 公里	40 公里
發電電壓 (V)	2.9	5.9	8.4	9.8	11.3	13	15.3
發電電流 (A)	0.22	0.28	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36
發電效能 (W)	0.64	1.65	2.69	3.23	3.84	4.55	5.51

發電電壓與速度關係約成正比增加，電流在速度高於 20 公里其電流的增加量有限，發電效能與速度關係約成正比增加。

六、討論磁鐵與線圈距離與發電大小關係

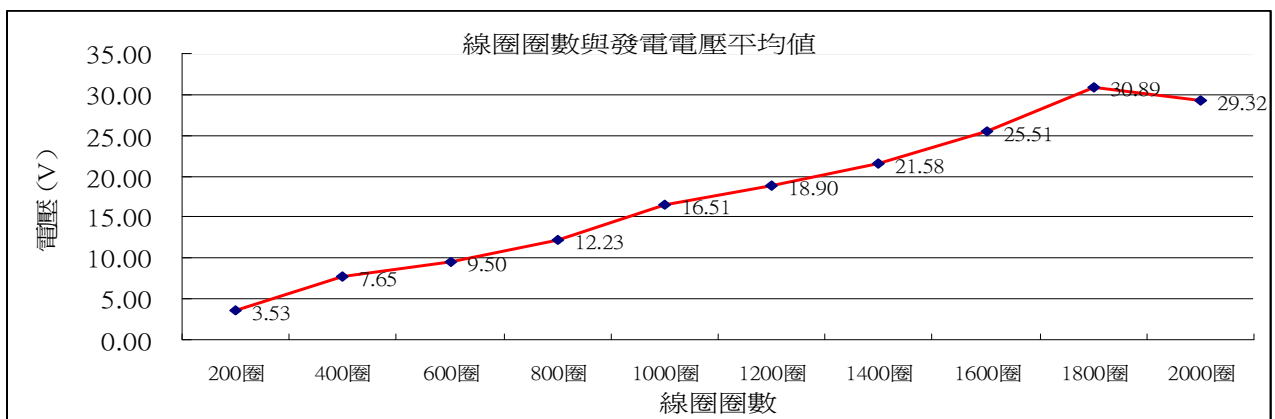
由研究六：表 6-1、表 6-2、表 6-3 整理如下表

	0.2cm	0.4 cm	0.6 cm	0.8 cm	1.0 cm	1.2 cm
發電電壓 (V)	8.41	5.58	4.37	3.75	2.58	1.70
發電電流 (A)	0.32	0.23	0.15	0.13	0.09	0.03
發電效能 (W)	2.69	1.28	0.66	0.49	0.23	0.05

線圈距離磁鐵越遠發電電壓、電流、效能越小，發電效能約與距離成反比。

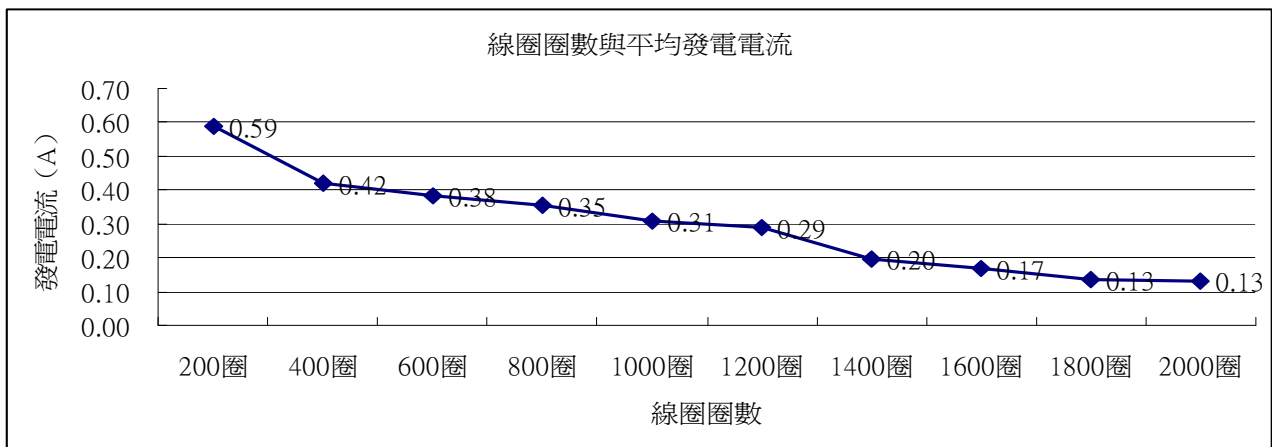
七、討論線圈數的發電電流與電壓關係

由研究七：表 7-1 線圈圈數與發電電壓統計表，整理如下表



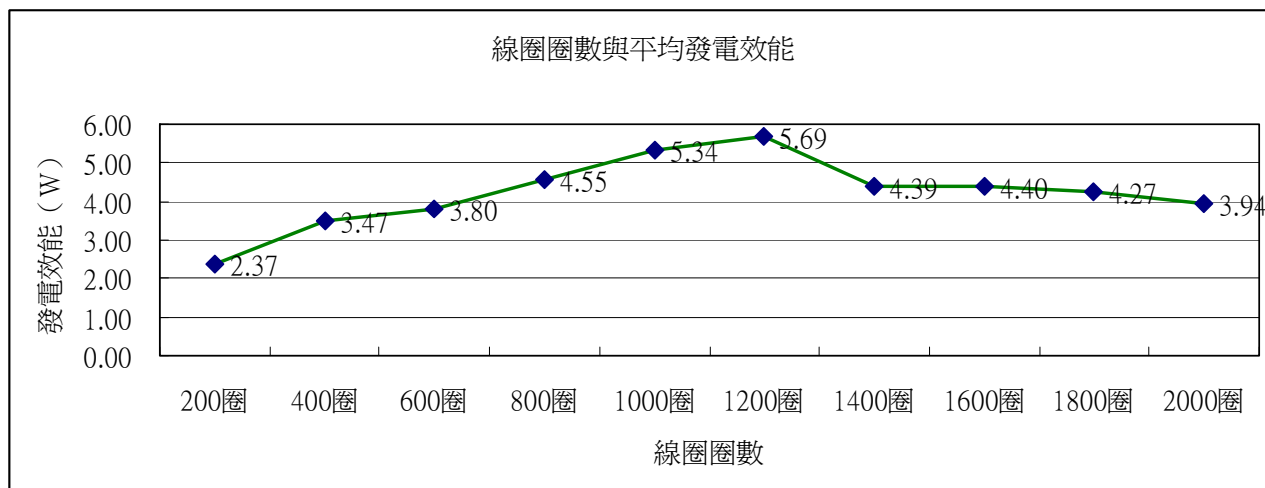
依上表線圈圈數越多其發電電壓越大。

由研究七：表 7-2 線圈圈數與發電電流統計表，整理如下表



依上表線圈圈數越多其電流越小。

由研究七：表 7-3 線圈圈數與發電效能統計表



由上表發現線圈圈數在 1200 圈的發電效能最佳。

八、討論最佳串並聯發電效率的組合

由研究八的結果，線圈用 1200 圈要增加電能時，先整流再串、並聯，可以達到增加電能的效果，但利用串聯時電壓增加在 30 公里時電壓達 46.63V，容易造成電燈燒毀，所以採用整流後並聯，在 30 公里時電流 0.65A，電壓 25.90V，比較適合一般的腳踏車照明燈具使用。

九、討論腳踏車發電照明設計

前燈與前後警示燈的亮度，由於在發電機發 10 公里以上發電電壓為 6.51V（瞬間電壓）比充電電池電壓高，在此情況下並聯的模式下，部分電力可充入充電電池，當電機發電壓減小時充電電池可以補足發電機電壓不足，形成比較穩定的電壓與電流。經過實際測試發電機發電並聯充電電池，前燈照明亮度穩定為大燈亮度 220 LUX，電壓 4.87V，前後警示燈即有足夠亮度 120LUX，電壓 2.43V。

十、討論與磨電燈產品之比較

MIT 一號與磨電燈比分析較表

項目	MIT 一號	磨電燈	
電流	15 公里以上較優	15 公里以下較優	速度越高差距越大 25 公里時差 1.18 倍
電壓	較優	較差	速度越高差距越大 25 公里時差 1.38 倍
效能	較優	較差	速度越高差距越大 25 公里時差 1.45 倍
啓動施力	施力 86 公克	施力 1204 公克	靜磨擦力磨電燈的施力是 MIT 一號 11.9 倍
25 公里自轉靜止	25 秒	3 秒	動摩擦力磨電燈的施力是 MIT 一號 8.33 倍

陸、結論

- 一、在線圈中心加入鐵（21.05 克），可以使發電電壓增加約 1.6 倍，發電效能增加約 1.7 倍。
- 二、線圈中加入鐵、鉛、銅、鋁，只有鐵可以增加發電效能，有增加發電電壓的效果，對於電流增加並不明顯，在線圈中加入鐵心會使發電效能增加。再進一步的研究發現只有能夠變成電磁鐵的金屬如（鐵），才會增強發電效能。
- 三、磁鐵的磁力大小與發電電壓成正比，但對於電流卻沒有增加的效果。
- 四、漆包線的粗細與發電，在相同的圈數下粗的漆包線電流大電壓小，細的漆包線電壓大電流小，但在相同的圈數下，其發電效能約略相等。
- 五、速度與發電效能，速度越快發電電壓越高成正比，但對於電流達到一定的強度後，電流增加有限。
- 六、磁鐵與線圈距離，距離越大發電電壓、電流、效能都會減少。發電效能約與距離成反比。
- 七、線圈數與發電電流、電壓關係，線圈圈數少，電阻小，電流大，但電壓小。線圈圈數多，電阻大、但電壓大、電流小。在電壓與電阻、電流三者的關係，經研究發現在漆包線 0.3mm、1200 圈的情況下發電效能最佳。
- 八、最佳串、並聯發電效率的組合，以漆包線 0.3mm、1200 圈，做線圈的並聯可以增加電流，因腳踏車發電機在 20 公里以上，所發出的電壓比一般的腳踏車照明燈為高，未避免影響燈泡壽命，以並聯為最佳。
- 九、腳踏車發電照明設計，本產品 MIT 一號經過多次設計與改良，磁鐵與線圈沒有接觸，施力減少，並利用線圈整流與並聯，配合充電電池的使用，使電燈的照明亮度保持一定亮度，甚至比至一般的電池照明還高，是一項無污染、高照明亮度、省力的設計，在實際測試與使用後，其效果良好。
- 十、與磨電機的比較，MIT 一號除了在 15 公里以下發電電流略小於磨電燈外，其他在發電電流，電壓、效能都比磨電燈優異。磨電燈動摩擦力、靜摩擦力都很大，在發電時非常費力，現代人追求輕快與速度的觀念，一般腳踏車很少裝設磨電燈，而是使用電池照明，省力照明亮度高，但使用後的電池對於環境嚴重污染。**MIT 一號的施力、摩擦力小，對於速度影響有限，發電效能高，照明亮度高等優點**，如能發展為商品化，可行度很高。對於要使用電池照明的腳踏車電池用量將大為減少，減少乾電池的使用，將是未來環保設計理念，也可將本次研究結果提供腳踏車製造廠，作為研究無污染的腳踏車照明的概念。

柒、參考資料

- 一、林宣安。**感應電流發電機-水平型**，台中縣自然科輔導團—創意教具 DIY。
2009 年 9 月 15 日，取自：<http://enjoy.phy.ntnu.edu.tw/file.php?file=/154/>
- 二、林家湄、林翌蓁、陳麒安、施芳妤、葉宇翔、羅晨光（2008），**閃電二號--水平感應發電機之研究與應用**，48 屆全國科展生活與應用科學科作品。
- 三、**磨電燈**。2010 年 5 月 15 日，取自
<http://buy.yahoo.com.tw/gdsale/gdsale.asp?gdid=1038484>

【評語】 080814

- 1.作品對原理、變因控制與探討，與現有市售之磨電燈的比較都有完整陳述，非常值得鼓勵。
- 2.對於實驗結果的原因探究及說明宜可加強
- 3.對於同樣原理的類似作品，應加強說明其異同，應適當地比較其結果並探討原因。
- 4.參考資料在作品中應該在參考、引用或有所比較之處宜加以註記。