

中華民國第四十八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

080810

田溝仔發電機

學校名稱：臺中縣豐原市翁子國民小學

作者： 小六 洪齊亞 小六 廖宇雯 小六 劉亦浚 小六 潘彥弘	指導老師： 楊宗榮 吳豐凱
---	-------------------------

關鍵詞： 法拉第定律、佩爾吞水輪機、變速箱

作品摘要：

利用報廢的光碟機，拆下內部的徑向馬達做為發電機，並善用輪軸及齒輪傳動原理設計齒輪比 $1:216$ 的變速箱，加速發電機轉動。以橋式整流器控制電流方線，並以 $220\mu\text{F}$ 及 $2200\mu\text{F}$ 的電容儲存電壓，設計發電效果最佳的發電機組。由 9 片扇葉及腳踏車車輪組成攻角 40° 的水輪機，有較佳的拉力及轉速。結合發電機組及水輪機組成田溝仔發電機，利用校園源源不絕的灌溉水溝來發電，能使 18 個 LED 燈持續發光，可用來照明。將改良版發電機組裝在腳踏車上，可為夜間騎車的人提供照明，增加夜間騎車的安全性。

壹、研究動機

六上時，老師上電磁作用單元，我們學到電流會產生磁場，使指南針偏轉，也可以利用線圈加鐵棒製作電動機，當時我們產生一個疑問，如果電流能產生磁場，那麼磁場能不能產生電流呢？於是我們將三用電表接在小馬達的兩極，轉動小馬達的轉軸，發現指針會晃動。既然現在處處聽到能源危機，也許我們可以自己發明一台小發電機喔。正好學校有一條灌溉用水溝流經，水量頗大，又不會枯竭，因此想研究是否作出一台田溝仔發電機，幫學校節省能源。

貳、研究目的

根據收集的資料，我們的研究目的如下：

- 一、認識發電的原理。
- 二、找出發電效果最佳的發電機。
- 三、設計阻力最小，齒輪比最大的變速箱。
- 四、找出能暫存電壓的裝置。
- 五、設計受力最大阻力最小的水輪機。
- 六、完成能讓 LED 燈亮的田溝仔發電機及發電機組的應用。

參、研究問題

- 一、水力發電機需具有哪些構造呢？
- 二、發電的原理為何？
- 三、何種馬達可以發出最高的電壓？
- 四、如何設計阻力小、齒輪比又大的變速箱？
- 五、二極體及整流器能使電流的正負極固定嗎？
- 六、電容能暫存電壓嗎？
- 七、扇葉的攻角會影響水輪的推力嗎？
- 八、如何結合水輪機及發電機組設計田溝仔發電機？
- 九、發電機組還能有哪些應用呢？

肆、研究器材與設備：

實驗器材	1.玩具車馬達(6V)	2.太陽能車馬達(9V)	3.光碟機馬達(9V)	
	4.一般小馬達(3V)	5.教具齒輪大(灰)、中(黃)、小(綠)數片		
	6.長螺絲釘數個	7.木板一片	8.手搖鑽	9.整流二極體
	10.橋式整流器	11.扇葉	12.電風扇	13.電容 (220 μ F)
	14.腳踏車前輪	15.支架	16.塑膠水管	17.鋸子
	18.熱容膠	19.彈簧秤 5 支	20.電容 (2200 μ F)	
	21.萬用電路板	22.LED 燈數個		
	數位設備	1.數位相機	2.電腦	

伍、研究過程及方法

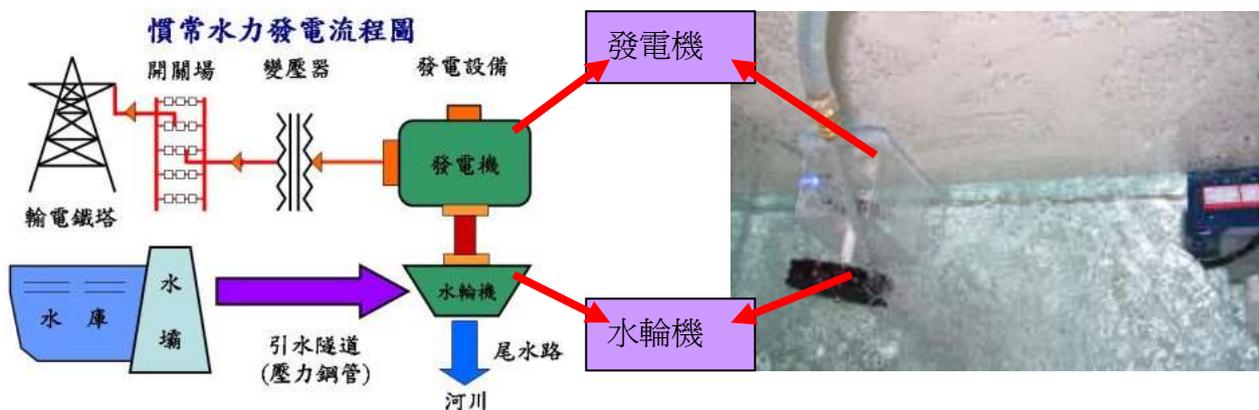
問題一、水力發電需具有哪些構造呢？

文獻探討：水力發電基本原理是利用水位落差,配合水輪發電機產生電力,也就是利用水的位能轉為水輪的機械能,再以機械能推動發電機,而得到電力. 水力發電就是利用水力（具有水頭）推動水力機械（水輪機）轉動，將水能轉變為機械能，如果在水輪機上接上另一種機械（發電機）隨著水輪機轉動便可發出電來，這時機械能又轉變為電能。水力發電在某種意義上講是水的勢能變成機械能，又變成電能的轉換過程。(引用自奇摩知識+)

(一) 研究步驟：

1. 收集水力發電機的構造，了解水力發電的所需要的機組。
2. 找出適合自己使用的機構。

(二) 研究結果：



(左圖 1 引用自關於發電機的問題(水力發電) 超急~!! 感激不盡

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1106111006010>)

(右圖 2 引用自強而青科技開發有限公司 <http://www.solar-i.com/S&Y/power1.htm>)

【結果】

1. 從圖 1、2 比較可知，水力發電機需要發電機組(發電)、水輪機(帶動發電機)、強度夠的水流。
2. 水力發電原理：由高位能或強度夠的水流，帶動水輪機轉動，水輪機帶動發電機轉動，以產生電能。

問題二、發電的原理為何？

文獻探討：

1. 電磁感應就是利用磁來產生電，這個原理由英國的法拉第與美國的亨利在西元 1831 年同時提出。電磁感應中，必須有一個正在運動或變化的磁場，任何靠近這個磁場的導體都會產生電動勢。在發電機永久磁鐵的兩極之間，有一個稱為『電樞』的線圈在轉動，當電樞的一側經過磁北極時，因為切割了磁力線，而產生感應電流，將電樞接到**整流器上，流出的電流方向就會固定不變**。(引用自電的故事，葉李華譯寫，p34-37)
2. 法拉第定律，當線圈的磁通量產生變化時，線圈就會有感應電流流過。
冷次定律，線圈內的磁場增強時，感應電流產生的新磁場與原磁場方向相反。
(引用自 Miss 三毛的電磁魔法盒)

(一) 研究步驟：

1. 收集資料，瞭解影響發電的因素。
2. 比較交直流發電機有何不同。
3. 比較馬達和直流發電機有何不同。

(二) 研究結果：

1. 根據收集的資料，發現只要造成線圈內磁通量產生變化，就能產生感應電流，磁通量變化越大，感應電流就越大。要使磁通量變化越大，有幾個方法。增加永久磁鐵的強度、增加線圈通過磁力線的速度、增加線圈的圈數、線圈內加鐵芯。
2. 交直流發電機比較表

	交流發電機	直流發電機
相同	都需要永久磁鐵、電樞、集電環、電刷。	
不同	集電環是圓形，所以電流會正負交替	集電環是半圓形，電流電流方向固定，正極永遠是正極。

3. 發電機與馬達比較表

	直流發電機	馬達
相同	都需要永久磁鐵、電樞、集電環、電刷。	
不同	由磁場變化產生感應電流，可以發電。 由磁生電。	由電流產生磁場，馬達可以轉動。 由電生磁。

【結果】馬達與直流發電機很類似，將馬達逆轉也能產生電流。

問題三、何種馬達可以發出最高的電壓？

實驗材料：玩具車馬達(6V)、太陽能車馬達(9V)、光碟機馬達(9V)、一般小馬達(3V)

(一) 研究步驟：

1. 蒐集 4 種不同的馬達。將正負極接上三用電表。
2. 由同一人轉動轉軸 10 次。實驗 5 次，紀錄發出的電壓。

下列各圖為實驗操作過程

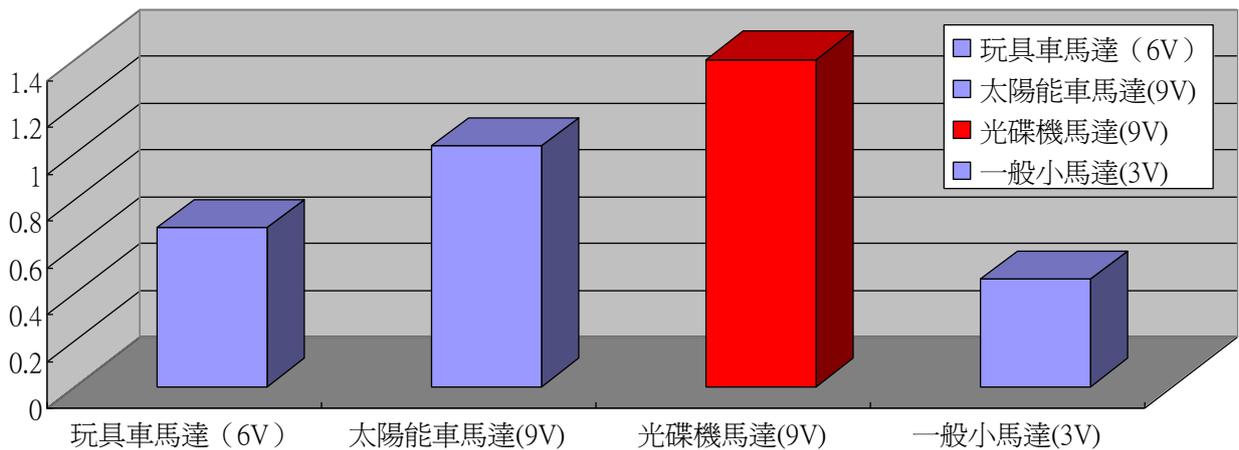
			
報廢的光碟機	拆解光碟機	光碟機徑向馬達	無刷馬達
			
3 種不同的馬達	正負極接上三用電表	轉動轉軸	紀錄電壓

(二) 研究結果：

表 1：不同馬達產生電壓統計表(單位：電壓)

馬達種類	一	二	三	四	五	平均
玩具車馬達 (6V)	0.63	0.69	0.71	0.7	0.68	0.68
太陽能車馬達(9V)	0.87	1	0.94	1.24	1.12	1.03
光碟機馬達(9V)	1.42	1.33	1.51	1.36	1.42	1.4
一般小馬達(3V)	0.42	0.45	0.44	0.54	0.46	0.46

圖 3：不同馬達所產生電壓的直條圖



【結果】

從圖 3 可知，9 伏特的光碟機馬達，能夠產生最大的電壓。

問題四、如何設計阻力小、齒輪比又大的變速箱？

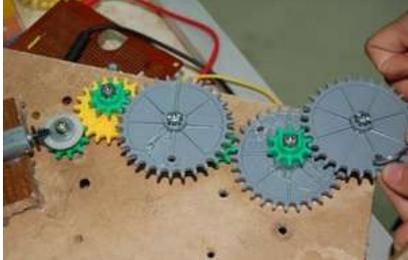
討論：在六下的第一單元簡單機械中，知道利用齒輪組來傳動，可使小齒輪的轉速變快，拆開玩具車的內部，也發現變速箱由許多齒輪組合而成，如果能設計出摩擦力小，齒輪比大的變速箱，可使馬達轉速加快，增加發電效果。

實驗材料：教具齒輪大(灰)、中(黃)、小(綠)數片、長螺絲釘數個、木板一片、手搖鑽

(一) 研究步驟：

1. 利用手搖鑽在木板上鑽洞，將長螺絲穿過孔及齒輪當作固定軸。
2. 依此方法，使用 4 個小齒輪(10 齒)、1 個中齒輪(20 齒)、3 個大齒輪(30 齒)，運用輪軸原理製作齒輪比 1：27 的變速箱 (A)。
3. 使用 9 個小齒輪、2 個中齒輪、4 個大齒輪，製作齒輪比 1：81 的變速箱(B)。
4. 使用 5 個小齒輪、1 個中齒輪、3 個大齒輪、1 個平齒輪(60 齒)、垂直齒輪(15 齒)，製作齒輪比 1：216 的變速箱(C)。
5. 利用兩個彈簧秤扣住齒輪孔，沿切線方向(和半徑垂直)拉動，紀錄 5 次使變速箱轉動的拉力。

下列各圖為實驗操作過程

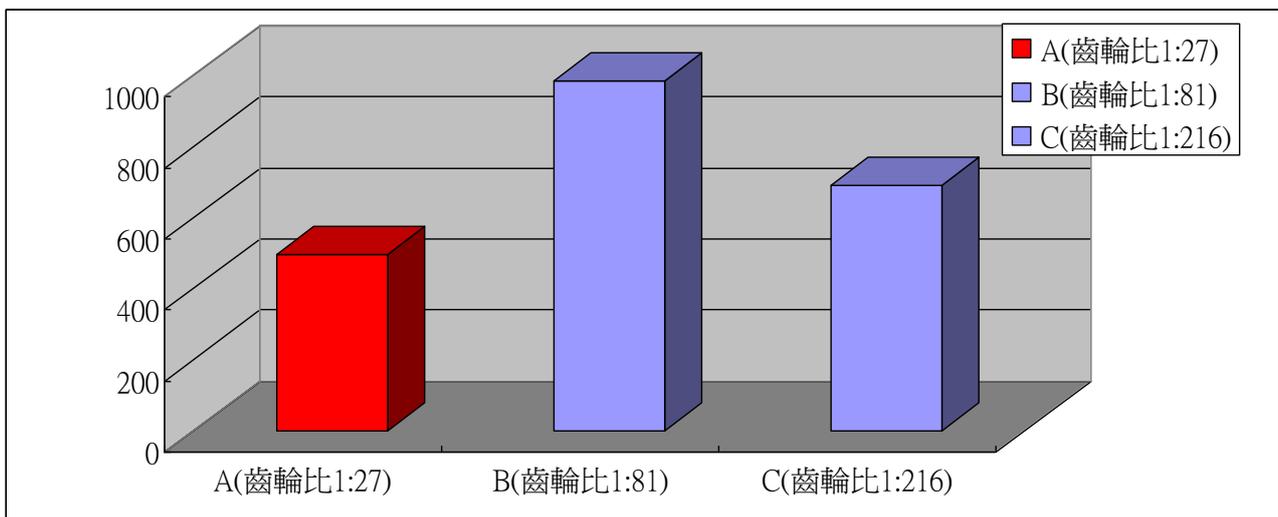
		
齒輪比 1 : 27 的變速箱 (A)	變速箱 (A) 側面圖	齒輪比 1 : 81 的變速箱(B)
		
變速箱 (B) 側面圖	齒輪比 1 : 216 的變速箱(C)	利用彈簧秤秤摩擦力

(二) 研究結果：

表 2：不同變速箱阻力統計表(單位：公克)

變速箱	一	二	三	四	五	平均
A	500	500	520	460	500	496
B	1000	950	980	1000	1000	986
C	700	650	720	700	680	690

圖 4：不同變速箱阻力直條圖



【結果】

1. 從圖 4 可知，變速箱 (A) 的阻力最小，第二是變速箱 (c)，阻力最大是變速箱 (B)。
2. 考慮阻力小且齒輪比要大的條件，選擇齒輪比 1：216，阻力 690 克的 (c) 變速箱做為發電機組中增加轉速的機構。

問題五、二極體及整流器能使電流的正負極固定嗎？

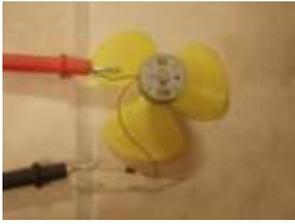
文獻探討：二極體具有陽極(anode)和陰極(cathode)兩個端子（這些用語是來自於真空管），電流只能往單一方向流動。也就是說，電流可以從陽極流向陰極，不能從陰極流向陽極。這種作用就被稱之為整流作用。橋式整流器可將交流電變成直流電(引用自奇摩知識+)

實驗材料：9v 馬達、整流二極體、橋式整流器、扇葉、電風扇。

(一) 研究步驟：

1. 將 9V 馬達裝上葉片，並將電線其中一邊接上整流二極體，完成整流機組 (A)。
2. 將電線兩端都接上整流二極體，完成成整流機組 (B)。
3. 在電線兩端接上橋式整流器，完成整流機組 (C)。
4. 開啓風扇，吹動葉片並帶動轉軸。
5. 測量並記錄 5 次結果。

下列各圖為實驗操作過程

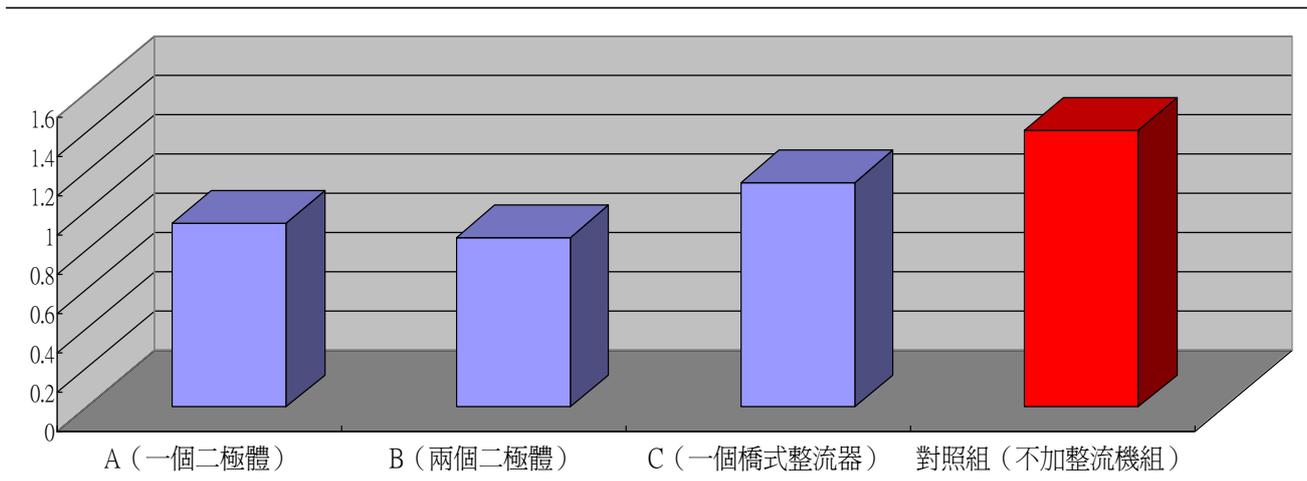
			
未加整流機組 (對照組)	接一個二極體 整流機組 (A)	整流機組 (A)，測試 電壓。	接兩個二極體 整流機組 (B)
			
整流機組 (B)，測試 電壓。	接一個橋式整流器 整流機組 (C)	橋式整流器	整流機組 (C)，測試電 壓。

(二) 研究結果：

表 3：不同整流機組電壓統計表(單位：電壓)

整流機組	一	二	三	四	五	平均
A (一個二極體)	0.98	0.91	0.96	0.93	0.89	0.934
B (兩個二極體)	0.84	0.83	0.87	0.89	0.89	0.864
C (一個橋式整流器)	1.14	1.17	1.11	1.16	1.13	1.142
對照組(不加整流機組)	1.39	1.46	1.38	1.45	1.37	1.41

圖 5：不同整流機組電壓直條圖



【結果】

從圖 5 可知，不加整流機組的電壓比較強，但是為了使電流方向固定，選擇耗損較少的整流機組 (C) 當作後來實驗的整流機組。

問題六、電容能暫存電壓嗎?

文獻探討：

1. **電容**或**電容量**是指物體在電場中所能儲存的電荷量，或是指電容器的儲存電荷所能產生的電勢差。(引用自維基百科)
2. 電容的標示主要有下列幾項，先簡單的來介紹一下：

電容量：這是標示著這一個電容的容量大小。電容器的代表字母是 C [capacitor]，單位為法拉 [farad]，但是因為法拉的額度太大並不符合電容實際使用容量大小的標示需要，所以又有較小的微法拉 μF [micro farad] 相當於 0.00001 法拉。

電容耐壓：這是表示此一電容所能承受的最高峰值電壓，需要視電路的狀態選用足夠的耐壓品種，才不會因為電容耐壓能力不足，輕則電容被擊穿而報銷，重則電容爆裂機毀人傷，不可不慎！

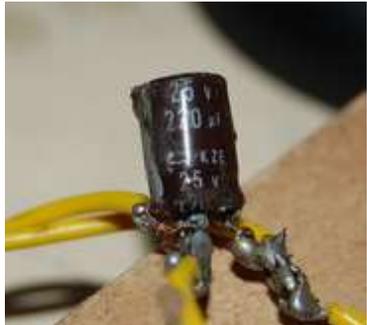
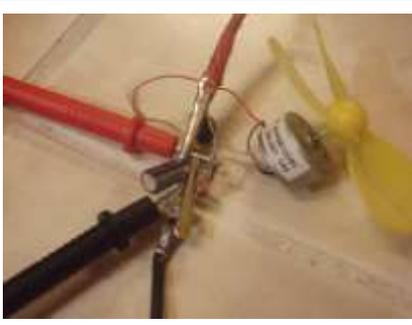
電容極性：除了無極性金屬膜電容與陶瓷電容，雲母電容外，一般電容都有極性的分別，裝機時極性搞錯接反了，小心炸電容的慘烈景況！恐怖啊！（引用自奇摩知識）

實驗材料：9v 馬達、橋式整流器、扇葉、電風扇、電容（220 μ F）。

（一） 研究步驟：

1. 將馬達接上整流器並裝上葉片。
2. 開啓風扇吹動葉片並帶動轉軸。
3. 在整流器後接上電容。記錄電壓。
4. 分別離開風扇 1 秒後，記錄結果。

下列各圖為實驗操作過程

		
電容（220 μ F）	接上整流器及電容	測試電壓

（二） 研究結果：

表 4：電容有無電壓統計表(單位：電壓)

電容有無	一	二	三	四	五	平均
有電容	0.98	0.91	0.96	0.93	0.89	0.934
無電容	0.94	0.91	0.89	0.96	0.95	0.93

表 5：離開風扇電壓統計表(單位：電壓)

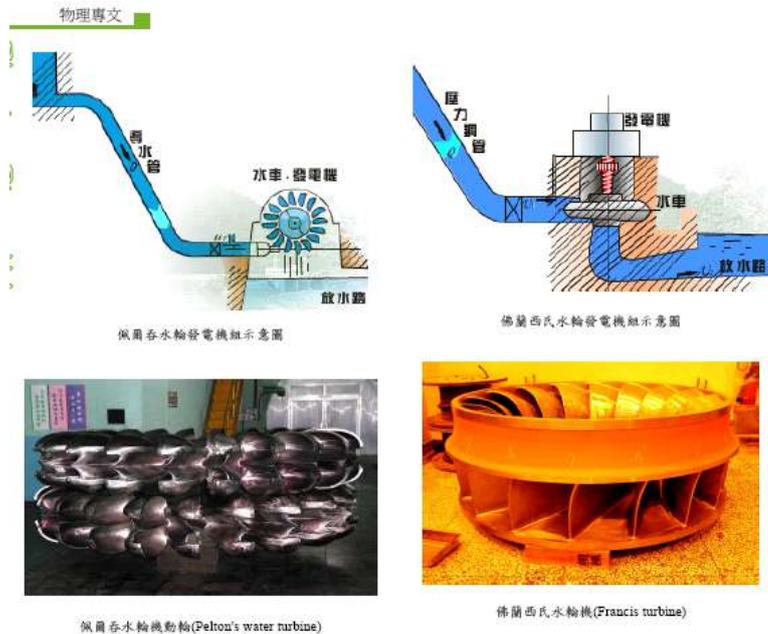
電容有無	一	二	三	四	五	平均
有電容	0.81	0.75	0.85	0.84	0.8	0.81
無電容	0	0	0	0	0	0

【結果】

1. 從表 4 可知，有沒有加電容，不影響電壓的高低。
2. 從表 5 可知，電容能暫存電壓，離開風扇時，仍有電壓。

問題七、扇葉的攻角會影響水輪的推力嗎？

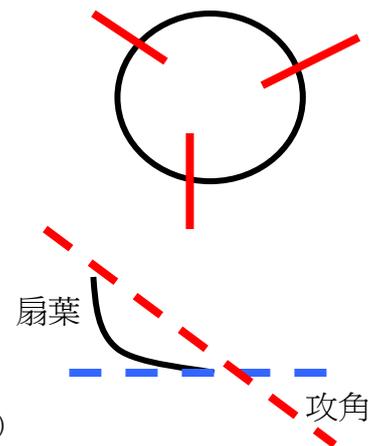
文獻探討：水輪機分為兩大類，一種是佩爾吞水輪機(衝擊型水輪機)，如下圖左，全賴高速水流的衝擊力來運轉，所以需要高低落差較大的溪流，才容易運轉。另一種是佛蘭西氏水輪機(反擊型水輪機)，如下圖右，靠水流的衝力及壓力來運轉，發電效能比較好(引用自張天瑞，水力發電系統介紹)



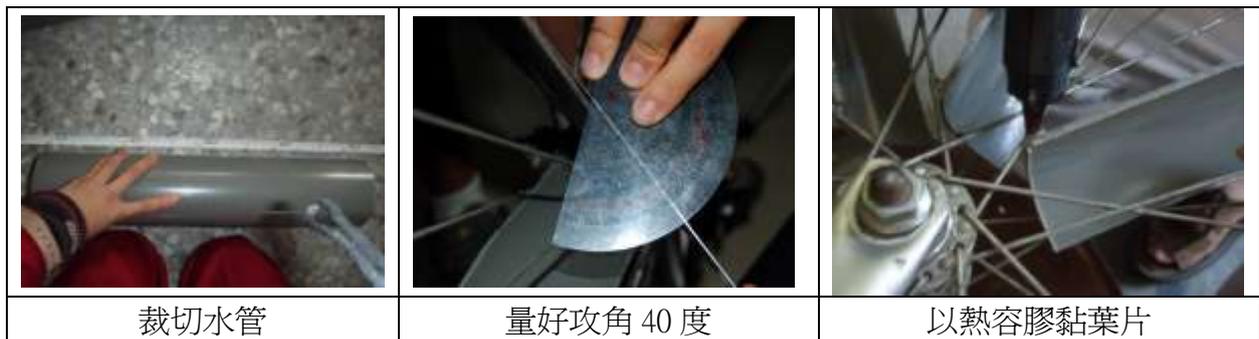
實驗材料：腳踏車前輪、支架、水管、鋸子、熱容膠、彈簧秤 5 支

(一) 研究步驟：

1. 收集資料，尋找適合的水輪機構。
2. 利用腳踏前車輪當水輪機主體。
3. 將直徑 10cm 的塑膠水管，平分成三等分，製作扇葉。
4. 將 9 片扇葉以熱容膠固定在車輪鋼絲上。
5. 使扇葉的攻角為傾斜 60 度、40 度、20 度、0 度。
6. 將水輪機放在水溝裡轉動，用五支彈簧秤拉住車輪鋼絲
7. 記錄 5 次水流推力。(在同一天測試完，以免水流流量變化)
8. 記錄 5 次每分鐘轉幾圈。



下列各圖為實驗過程





(二) 研究結果：

表 6：攻角角度影響水輪機推力統計表(單位：公克)

攻角角度	一	二	三	四	五	平均
60 度	750	800	800	750	750	770
40 度	950	1000	1050	950	1000	990
20 度	1200	1150	1200	1250	1200	1200
0 度	1450	1400	1400	1500	1450	1440

圖 6：攻角角度影響水輪機推力直條圖

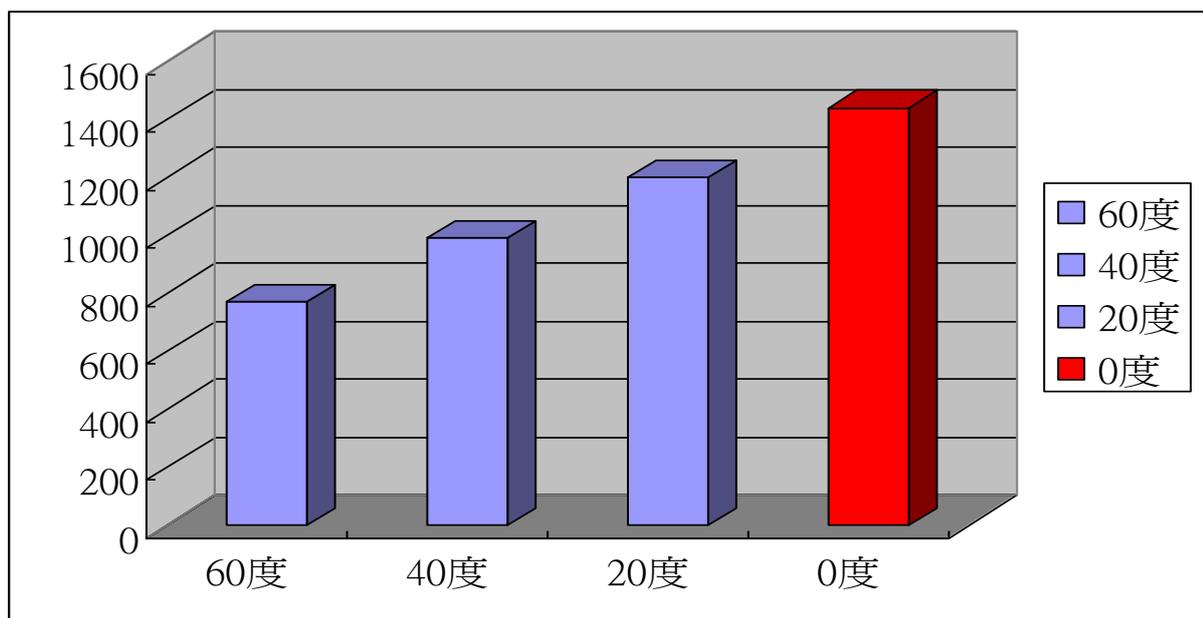
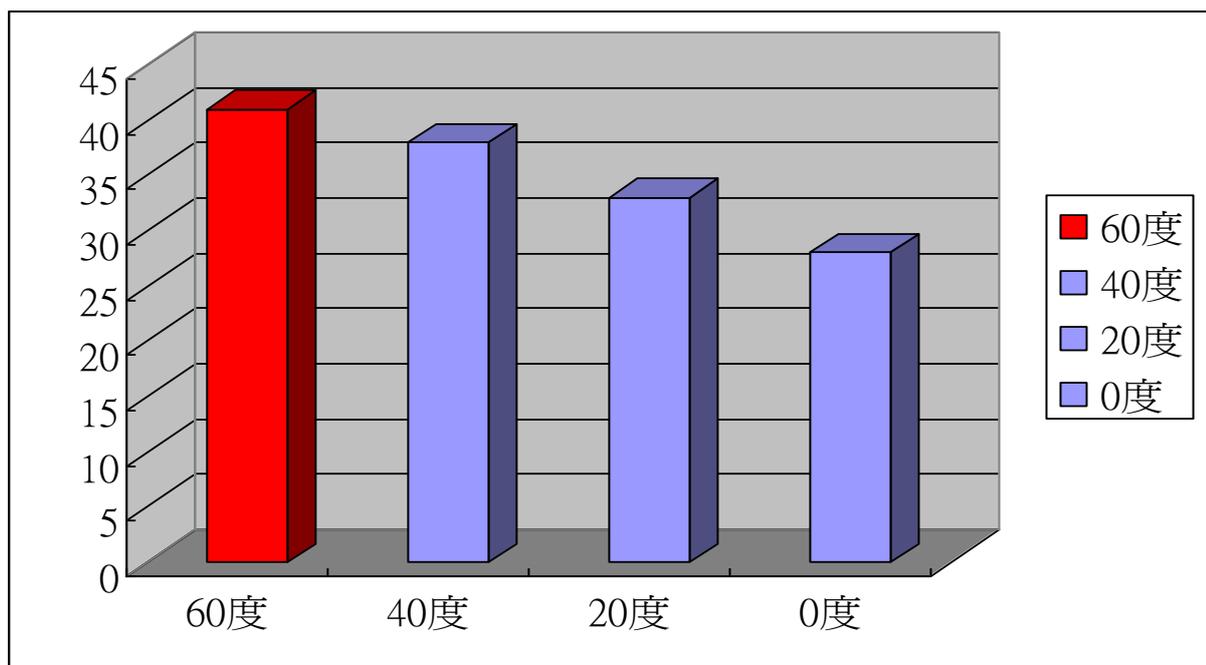


表 7：攻角角度影響水輪機轉速統計表(單位：圈/分)

攻角角度	一	二	三	四	五	平均
60 度	40	41	41	42	41	41
40 度	38	37	38	39	38	38
20 度	34	33	33	32	33	33
0 度	27	27	28	29	29	28

圖 7：攻角角度影響水輪機轉速直條圖



【結果】

1. 從圖 6 可知，攻角越小，受水流推力越大。
2. 從圖 7 可知，攻角越大，水的阻力越小，轉速越快。
3. 綜合以上實驗，採用攻角 40 度的扇葉當水輪機。

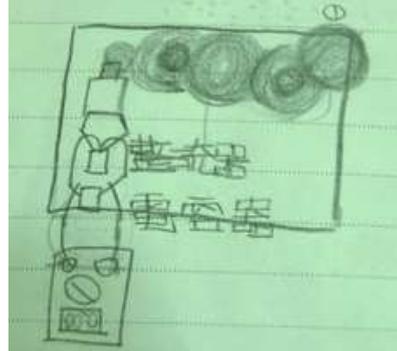
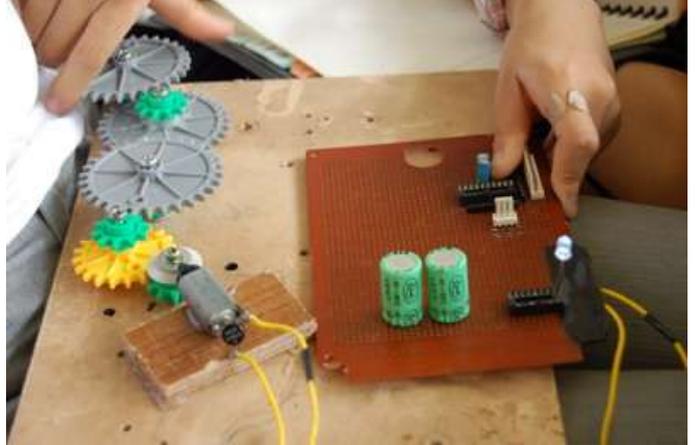
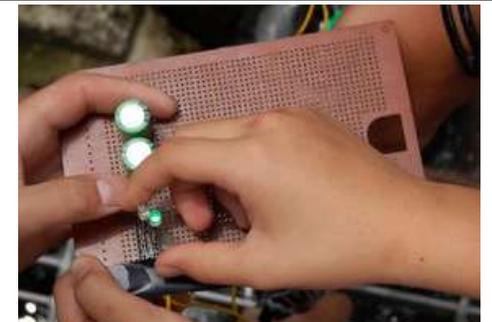
問題八、如何結合水輪機及發電機組設計田溝仔發電機？

實驗材料：變速箱、發電機組、電容（2200uF）、萬用電路板、LED 燈數個、水輪機

（一）研究步驟：

1. 連接光碟機馬達（9V）、變速箱（齒輪比 1：216）、橋式整流器、電容（220 μ F）。製作第一代發電機組。
2. 接三用電表測試電壓，每轉 10 圈記錄一次。
3. 將第一代發電機組加裝 2 個電容（2200 uF）並焊接在萬用電路板上。製作第二代發電機組。
4. 接三用電表測試電壓，每轉 10 圈記錄一次。
5. 在萬用電路板上加裝兩顆 LED 燈，轉動齒輪，觀察是否發光。
6. 利用大鐵夾夾住發電機組，使齒輪和水輪機的輪胎接觸，觀察 LED 燈是否發亮。
7. 固定所有機構，完成田溝仔發電機。

下列各圖為實驗過程

		
<p>第一代發電機組設計圖</p>	<p>第一代發電機組實體</p>	<p>轉動齒輪可讓兩個紅光 LED 亮</p>
		
<p>第二代發電機組設計圖</p>	<p>第二代發電機組實體</p>	
		
<p>第二代讓綠光及藍光 LED 亮</p>	<p>水溝實際測試田溝仔發電機</p>	<p>能讓綠光 LED 燈亮</p>

(二) 研究結果：

表 8：發電機組電壓統計表(單位：伏特)

發電機組	10 圈	20 圈	30 圈	40 圈	50 圈	平均
第一代	10	10.75	11.26	11.68	11.74	11.086
第二代	10.99	13.88	15.63	18.56	20.3	15.872

圖 8：發電機組所發的電壓折線圖

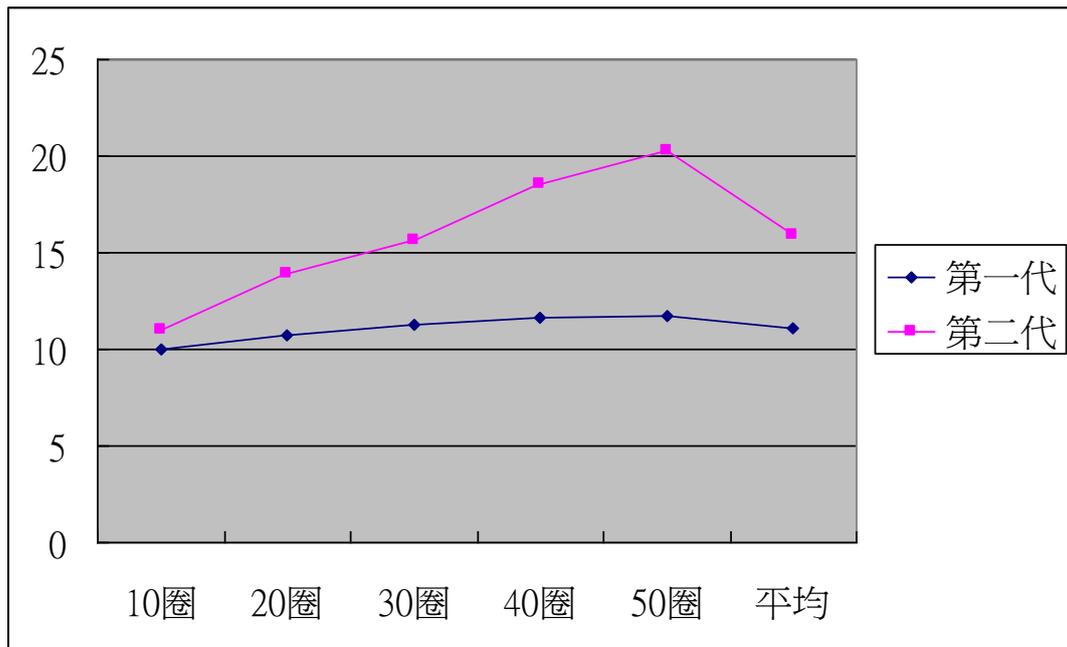


圖 9.田溝仔發電機可讓 18 顆 LED 燈亮

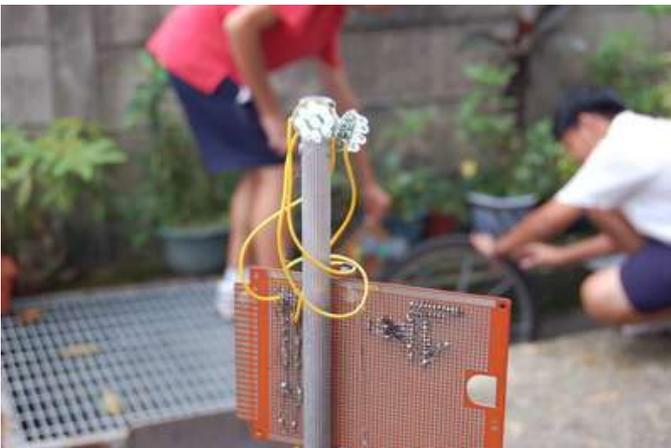


圖 10.田溝仔發電機被水流帶動



【結果】

1. 從圖 8 可知，電容可累積電壓，第二代發電機組電容較大，所以累積電壓速度也快，效能較佳。
2. 從圖 9 及圖 10 可知，田溝仔發電機組容易被水流帶動，可讓 18 顆 LED 燈亮，可供照明。

問題九、發電機組還能有哪些應用？

思考方向：變速箱的齒輪很大，使整個發電機組變大、變重，所以我們改用較輕的模型車齒輪及細鐵軸來製作變速箱，並加裝容量更大的電容提升發電效能。另外，現在為了節能省碳，越來越多人晚上騎腳踏車外出，為了照明，必須加裝手電筒，手電筒要裝電池，但這不也是浪費能源嗎？所以我們想把發電機組結合手電筒裝在腳踏車上面，發掘出田溝仔發電機的應用。

實驗材料：變速箱、發電機組、電容（10000uF）、電容（2200uF）、萬用電路板、LED 燈 18 個、水輪機

（一）研究步驟：

1. 利用模型車齒輪製作齒輪比 1：39 的變速箱，並加裝 2 顆 10000uF 的電容。
2. 將發電機組及 LED 燈固定在腳踏車上。
3. 測試腳踏車發電情形。

下列各圖為實驗操作過程



（二）研究結果：

將發電機組裝在腳踏車上，於夜間騎車時可供照明，降低能源使用。

陸、研究結果

- 一、水力發電機需要三項機構：(一) 發電機組(發電)、(二) 水輪機(帶動發電機)、(三) 強度夠的水流。
- 二、水力發電原理：由高位能或強度夠的水流，帶動水輪機轉動，水輪機帶動發電機轉動，以產生電能。
- 三、直流發電機與馬達構造很接近，逆轉馬達也可發電。
- 四、9 伏特的光碟機馬達能產生最大電壓。
- 五、以齒輪比 1 : 216，阻力 690 克的齒輪組當變速箱，能兼顧阻力小、轉速快的優點。
- 六、整流器會降低發電電壓，但可以使電流方向固定，橋式整流器損耗率較小，適合當整流機組。
- 七、水管扇葉攻角 40 度的水輪機能兼顧受力大及轉速快的優點。
- 八、電容能暫存電壓，隨著電容的 uF 越大，儲存電壓的效能越好。
- 九、第二代發電機組可累積到 15.872 伏特的電壓，能讓兩個以上的 LED 燈亮。
- 十、結合發電機組及水輪機完成田溝仔發電機，能使 2~18 個 LED 燈持續發光。
- 十一、改良版發電機組可裝在腳踏車上，於夜間騎車時，提供照明。

柒、研究討論

一、發電的原理為何？

- (一) 在六年級上學期，學到電磁作用時，知道電流會產生磁場，讓導線偏轉，同時也能讓馬達轉動，我們覺得很好奇，如果轉動馬達的轉軸，逆轉整個過程，可以產生電嗎？我們先用三用電表來試試看，居然發現指針偏轉了。我們問老師為什麼呢。老師說這和冷次定律及法拉第定律有關，讓我們自己去查，原來只要改變通過線圈的磁通量，就會產生感應電流，感應電流又與磁場方向有關，N 極靠近及離開所產生的感應電流剛好相反。
- (二) 改變磁通量最好的方法就是移動磁鐵或線圈，也可以增加線圈圈數或磁鐵的強度，這都可以讓發電效果增強。
- (三) 如果馬達可以發電，那麼電動機教具的線圈比較多及磁鐵比較大，發電效果應該會比較好？所以我們增加了漆包線的圈數及磁鐵的磁力。但是測試的效果並不好，電壓相當小，可能是接觸不良、電刷鬆脫，或是漆包線纏繞不夠緊密。於是我們嘗試用水管製作更大的電樞，但是無法固定轉軸，只好放棄。



電動機教具組



增加漆包線圈數



加強磁鐵



完成版



測試電壓



嘗試加大電樞

(四) 後來在網路上查到水平式旋轉發電機的作法，利用兩片光碟，底部串聯數個線圈，上面光碟黏上強力磁鐵（鐵鈷硼磁鐵），旋轉轉軸，能使強力磁鐵快速通過線圈，使磁通量的變化加大。在過程中發現很多困難，如強力磁鐵很容易吸在一起，拔不開，必須用水管靠在鐵門上，才能拔開，而且強力磁鐵很脆弱，稍一撞擊就斷裂了。為了固定轉速來測電壓，我們將馬達上接海綿，靠在光碟片上，帶動光碟轉動，可是卻造成轉動不平衡，電壓很弱。想在線圈內部加鐵芯，但是強力磁鐵太強了，結果轉不動，困難重重。

(五) 在製作水平式旋轉發電機時，我們嘗試改變磁鐵數量、線圈圈數、線圈串聯數量、線圈粗細，雖然沒有成功做出強力發電機，卻學到不少，如磁鐵擺放一定要 N、S、N、S 朝下，電壓比較強，因為磁場變換比較快。磁鐵數量越多，磁力線越多，電壓會越強。線圈圈數越多，電壓越強。線圈串聯數量越多，電壓越強。線圈漆包線越粗，可通過的電流越多，電壓就越大。

(六) 推測水平式旋轉馬達失敗的原因。1.線圈纏繞歪斜、2.中軸不穩，旋轉時光碟不平衡、3.線圈中央無鐵芯、4.轉速太慢、5.線圈接觸不良、6.整體機構不穩固，搖搖晃晃。



光碟轉軸俯視圖



光碟轉軸側視圖



製作漆包線圈



將線圈放在底座



蓋上強力磁鐵



用馬達帶動發電機光碟旋轉



測量電壓



增加強力磁鐵



嘗試用鍊條帶動，卻沒成功

二、何種馬達可以發出最高的電壓？

- (一) 測試了玩具車馬達、太陽能車馬達、一般小馬達，發電效果還不錯，可能是因為磁鐵、電樞、線圈…等接無瑕疵，此時發現太陽能車馬達（9V）最好，轉動時發現有**磁煞車**的現象，代表內部磁鐵磁力極強。
- (二) 後來發現網路上有人用光碟機內的馬達來作發電機，效果似乎很不錯，於是我們跟電腦老師要一台報廢的光碟機回來研究，拆解後，發現裡面有三個馬達，主要是主軸馬達、徑向馬達、托盤馬達，其中主軸馬達是**無刷馬達**，所以我們不考慮，托盤馬達電壓太低，所以選用**徑向馬達（9V）**，體積小，效果又比太陽能車馬達好，推測原因，可能是因為徑向馬達體積小，所以磁力線比較集中。

三、如何設計阻力小、齒輪比又大的變速箱？

- (一) 拆完玩具車馬達時，發現他用齒輪組來增加轉速，觀察握式發電機內部，也發現齒輪組的存在，正好六下第一單元就是教簡單機械，我們學會計算齒輪比，以及如何運用輪軸原理來省力和加大轉速。
- (二) 教具的齒輪中孔太大，附的塑膠軸太脆弱，於是改用螺絲釘來當中軸，先利用教具的齒輪嘗試作一個齒輪比 $1:27$ 的變速箱，用彈簧秤很容易拉動，我們不滿意，又作了一個齒輪比 $1:81$ 的變速箱，但是阻力太大，教具齒輪的齒距太大，不容易咬

合，摩擦力很大，只好改成齒輪比 1 : 54 的變速箱，碰巧徑向馬達也有塑膠齒輪，齒距小，齒數多，摩擦力小，可再增強 4 倍，變成齒輪比 1 : 216 的變速箱。

(三) 轉動的過程中，發現從靜止到動要花比較多力，開始動之後，需要的力就變少了，老師說這是**最大靜摩擦力**，動之後就變成**動摩擦力**。

(四) 變速箱加油後，阻力會變小，但是因為教具齒輪齒距大，轉動時，油會噴出來。

(五) 如果再將一些教具齒輪換成齒數多、齒距小或齒數少、齒距小的塑膠齒輪，可以減少齒輪的使用量，讓裝置體積更小，發電效果更好。



四、二極體及整流器能使電流的正負極固定嗎？

(一) 二極體會擋住不同方向的電流，所以接上二極體，電流的方向就會固定。但是不同方向的電就浪費了。原本不會接，還好爸爸有教我們。

(二) **橋式整流器**會過濾電流的正負，不管怎麼接，出去的正負極永遠都會固定，不用擔心會逆流。

(三) 雖然接上整流器的發電效果會下降，但是固定電流方向才能用來啓動其他耗電設備，只好選擇耗費較少的橋式整流器來應用囉。



五、電容能暫存電壓嗎？

- (一) 之前沒聽過電容，但是在拆下來的發電機內看到類似的構造，我們原本想用電容把電充起來，可作其他用途，所以拜託老師幫我們買了一顆電容，不過上面的符號看不懂，上網查了一下資料才知道，**uF 代表微法拉第**，表示能存多少電，25v 則是最高能負載多少電壓，兩根端子，一邊長，一邊短，代表正負極，接錯可能會損毀。
- (二) 實驗證明電容能儲存電壓，但是隨著時間越長，電壓會越高。因此推測，如果加更大容量的電容，存電的效果會更好。

六、扇葉的攻角會影響水輪的推力嗎？

- (一) 一開始用保特瓶來當扇葉，可是保特瓶太軟，黏不住，只好用線穿孔綁在車輪的鋼絲上，可是容易卡住支架，又容易掉落，相當的麻煩。
- (二) 學校的水溝比較適合佩爾吞水輪機(衝擊型水輪機)，製作起來也比較方便，爲了拆下車輪花了九牛二虎之力，還請腳踏車店的伯伯幫忙才搞定。

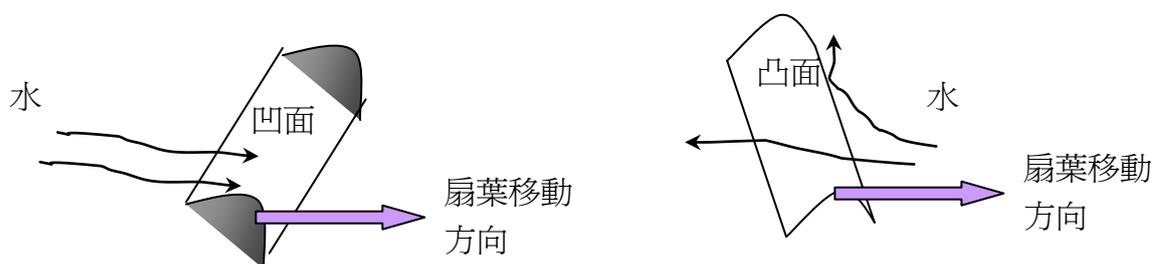


拆腳踏車前輪

用保特瓶作扇葉

在水溝測試轉動

- (三) 爲了加快水流流速及衝擊力，在兩邊加上磁磚，讓河道變窄，流速就會加快。
- (四) 後來改用塑膠水管當作扇葉，經測試以攻角 40 度能產生較佳的推力及轉速。因爲扇葉迎水面是凹面，能包住水，水正向作用力比較強。(下圖左) 扇葉背面是凸面，受水阻力小，在水中前進速度比較快。(下圖右)



(五) 水輪稍微高一些，讓水流衝擊的施力臂長一點，產生的推力會更強。

七、如何結合水輪機及發電機組設計田溝仔發電機？

- (一) 先利用錫錫將馬達、橋式整流器、電容固定在一起，再與齒輪組連接，此時用手轉動已可讓 2 個紅色 LED 燈亮。
- (二) 後來隊長的爸爸給我們兩顆 2200uF 的電容及一片萬用電路板，於是我們改裝發電機組第二代，此用用手轉動可使白光 LED 燈亮，最多可讓 4 個紅色 LED 燈亮，效果非常好。
- (三) 在水溝測試時，依然可讓兩顆 LED 燈亮，水流持續推動水輪帶動發電機組，就可以源源不斷的供應電。
- (四) 比較可惜的是支架不容易支撐，容易歪斜，未來要持續改進田溝仔發電機的支撐結構，並增加電容量、改良變速箱齒輪(尋找齒距小、齒輪大小比例增大的塑膠齒輪)，希望產生更多電壓，使燈管發亮，然後裝置在教室或廁所，這樣就能節省能源啦。

八、發電機組還能有哪些應用？

- (一) 加裝兩顆 10000uF 的電容後，發現用手轉動 1：39 的變速箱一段時間後，就可以輕易讓 18 顆 LED 燈發光，表示 uF 越高，加壓的速度越快，穩定性也比較高。
- (二) uF 越高，一開始充電的時間會比較久一點，燈泡才會開始發光，因為累積的電壓足夠，發光的情形比較穩定，不會閃。
- (三) 裝在腳踏車上，騎車時也可以發電，使電燈發光，當作照明使用，未來想要以並聯的方式加裝後方的警示燈，加強晚上騎腳踏車的人的安全。
- (四) 因為塑膠齒輪比較容易被輪胎磨損，所以在接觸點的外側加裝另一個齒輪來帶動，而固定齒輪的鐵軸有時受外力影響而歪掉，使摩擦力加大，所以要特別注意。
- (五) 未來我們要持續研究將田溝仔發電機充電到充電電池的可行性，挖掘出田溝仔發電機更多的用途。

捌、結論及建議

- 一、水力發電機共分為發電機組及水輪機，水流推動水輪機，帶動發電機組變速箱，使其發電。
- 二、運用法拉第定律，逆轉馬達，即可產生感應電流。
- 三、感應電流的大小和通過線圈的磁通量有關。磁力大、線圈圈數多、線圈中加鐵芯、轉速快、漆包線加粗，都能增加感應電流。
- 四、整流器會擋住部分電流，使電壓降低。但能固定電流方向。
- 五、光碟機內的徑向馬達（9V）加上變速箱（齒輪比 1：216）接上橋式整流器，再接上一個 220 uF 的電容、兩個 2200 uF 的電容能發出較高的電壓。
- 六、水輪機以 9 片塑膠水管當扇葉，使攻角為 40 度時，能使水流正向作用力較強，水中阻力較弱，讓水輪機的拉力強、轉動速度快。
- 七、組合發電機組及水輪機完成田溝仔發電機，能使 18 顆 LED 燈持續發光，可當作廁所照明燈。
- 八、將發電機組運用在腳踏車上，可為夜間騎車的人提供照明及警示，增加安全性。
- 九、田溝仔發電機的支撐架構仍不穩定，電壓仍太小，未來要持續研究，解決問題，希望能結合充電設備（充電電池），擴展新能源。

玖、參考資料及其他

1. 黃能堂(民國 91 年)。認識電子電路的小尖兵。國三生活科技課本。康軒文教事業。P33-p35。
2. 發電機原理。Miss 三毛的電磁魔法盒。http://sciedu.cc.nctu.edu.tw/practice/threehair/page_4.htm。民國 97 年 3 月 11 日引用。
3. 葉李華譯。磁生電。目擊者百科-電的故事。貓頭鷹出版社。P34-36。

【評語】 080810

本作品利用報廢光碟機的徑向馬達，結合齒輪與輪胎傳動及整流電路，以設計並製作簡易型發電機組，並運用於腳踏車照明。本作者群在模組分析、系統設計及製作，均展現相當高的創意，所使用的材料均為生活周遭隨手可得的廢棄物品，充分展現設計過程的巧思及靈活。惟在轉輪傳動設計仍可朝更有效率機電轉換方向改善。