

有「水」就有「電」- 水力發電機模型製作

壹、研究動機

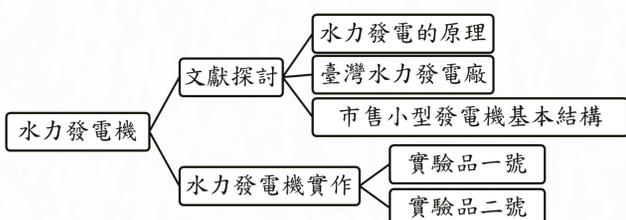
研究者：詹定軒、黃韋翔 指導老師：林育萱

我們常常在想，為什麼自然和社會課常常著重在於環境保護的議題上，經過一番討論後，歸納出是因為過往的地球一片綠意，但人類過度開發自然環境，導致地球的容貌、資源遠遠不如從前，加上水的過度浪費，更是雪上加霜。因此希望藉由這次的獨立研究機會，製作出水力發電機，讓被浪費掉的水，可以有重新被利用的機會，也讓大家明白保護環境的重要性。

貳、研究目的

- 一、了解水力發電的原理以及水力發電機的基本結構。
- 二、製作出水力發電機模型。

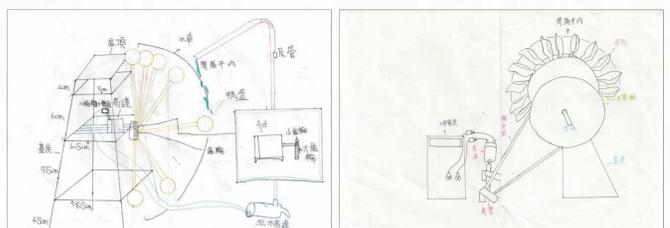
參、研究架構



肆、自製水力發電機設計圖

(一) 實驗品一號設計圖

(二) 實驗品二號設計圖



伍、研究結果

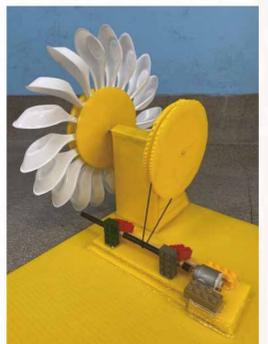
(一) 實驗品一號



基座製作很順利，但在做水車葉片時，發現不僅木棒需要一一仔細地測量、裁切，木棒與齒輪的接合更是一大工程，除了位置需準確外，還得確保熱熔膠不能溢出，避免遮蓋到齒緣。實際測量電量時水車葉片瓶蓋掉了，推測有可能是熱熔膠遇水後無法承受水柱的衝擊力。我們的實驗品一號未裝設電容與二極體所發出來的電最高只有到 0.03-0.05 伏特，雖然有成功發電但電量極小。

(二) 實驗品二號

製作過程中遇到了熱熔膠黏性不夠和小馬達不能碰到水的問題。我們改用三秒膠並墊高小馬達，但又發現用湯匙碰到三秒膠會脆化，因此又使用熱熔膠修補。零件組合的過程中，測試了許多不同的黏著劑，最後決定使用 3M 強力接著劑，黏性強且黏上去後有一段時間可以微調。實驗品二號的小馬達雖然可以轉動，但是發電量最高只有 0.11 伏特，比預期的少了很多，推測原因可能是皮帶輪太緊的問題，水流的衝擊力道無法帶動皮帶輪，導致轉動速度不夠快。



(三) 實驗品一號改良

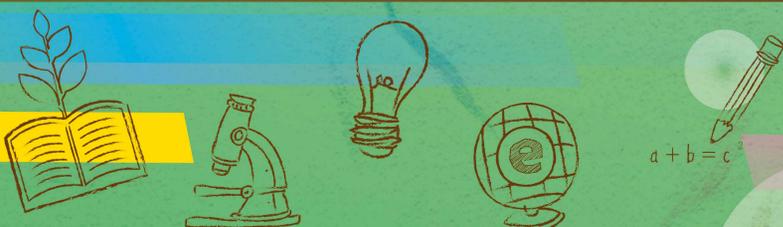
我們將實驗品一號加上電容與二極體，希望能讓電量更加穩定。實測發電量較安裝前明顯提高，大約可到 0.9 伏特左右。

PS. 電容是一種可以儲存電量的電子材料，二極體則是可以用來阻止電流逆流。



陸、結論

- (一) 市面上常見的小型發電機，例如：手搖式手電筒、手搖式玩具、手搖式發電機等，多以齒輪來帶動小馬達，是因為用大齒輪來帶動小齒輪，使得小齒輪轉速變快，發電量較大。
- (二) 實驗品二號以類似齒輪的機械原理—皮帶輪來製作，但因皮帶輪與皮帶材質造成皮帶輪與馬達軸牽引過緊，水流的衝擊力道無法帶動皮帶輪，造成轉動效果不佳，發電量不如預期。
- (三) 實驗品一號加入電容與二極體後發電量明顯提高，但仍不足以提供沉水馬達運達到水循環使用之目的，因時間因素我們未做後續的修正，若未來有時間後可再請教專家如何修改。
- (四) 在水力發電機實驗中得知，如果水的衝擊力道不夠大即水位高度不夠，也會讓水車葉片無法順暢轉動，所以水位高度也是一大影響因素。
- (五) 兩個實驗品所採用的葉片外型及材質分別為寶特瓶蓋及免洗湯匙，前者圓形瓶蓋材質較硬且接水量穩定，轉動較為穩定快速；後者則因免洗湯匙材質較軟，容易漏水，造成轉動效果不佳。



有「水」就有「電」—水力發電機模型製作

研究者：詹定軒、黃韋翔

指導老師：林育萱老師

第一章 緒論

一、研究動機

我們常常在想，為什麼之前在原班的自然和社會課大多數都著重在於環境保護的議題上，我們經過一番討論後，歸納出是因為過往的地球是一片綠意，但是人類過度開發自然環境，導致地球的容貌、資源遠遠不如從前，再加上水的過度浪費，更是雪上加霜，因此我們希望能藉由這次的獨立研究機會，來製作出一種用水力來發電的機器，來讓被浪費掉的水，有可以重新被利用的機會，也要讓大家明白保護環境的重要性。

二、研究目的

1. 了解水力發電的原理以及水力發電機的基本結構。
2. 製作出水力發電機模型。

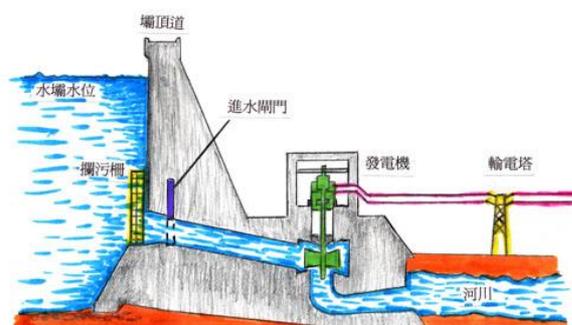
三、研究問題

1. 水力發電的原理以及水力發電機的基本結構為何？
2. 小型發電機所應用的基本動力傳遞方式為何？
3. 如何自製水力發電模型？

第二章 文獻探討

一、水力發電的原理

水力發電的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，科學家們以此水位落差的天然條件，有效的利用流力工程及機械物理等，精心搭配以達到最高的發電量。水力發電在某種意義上講是水的位能變成機械能，又變成電能的轉換過程。



二、台灣水力發電廠

(一)台灣第一期水力發電

1. 日月潭水力電氣工事

(1)介紹：日月潭水力電氣工事，又稱為日月潭水力發電工程，是1930年代台灣最大的水力發電計畫，利用落差20公尺之水力來推動發電機，而產生10萬千瓦的電量。

(2)轉變：日月潭水力電氣工事開始營運後轉為以水力發電為主的「水主火輔」時代，且持續到台灣戰後時期的1960年代為止，1934年至1950年，日月潭發電系統的發電量佔全台灣百分之七十以上。日月潭水力發電廠即是現在的大觀水力發電廠。

(二)台灣現代水力發電

1. 大觀水力發電廠

(1)介紹：大觀發電廠，簡稱大觀電廠，位於臺灣南投縣水里鄉，即日月潭西側的水里溪溪谷，水力發電廠包括「大觀一廠」及「大觀二廠」。大觀一廠原稱「日月潭第一發電所」，啟用時總裝置容量排名全球第二，同時是亞洲最大的發電廠；大觀二廠又稱「明湖抽蓄水力發電廠」，是台灣第一座抽蓄式水力發電廠。

(2)運作方式(大觀一廠)：大觀一廠是一般傳統慣常水力機組，水源來自於日月潭，主要將日月潭湖水經由地下引水隧道引到水里溪的大觀一廠上方，再流入五支壓力鋼管，然後進入廠房，推動五部橫軸佩爾頓式水輪發電機組，總裝置容量為11萬千瓦，落差達320公尺。

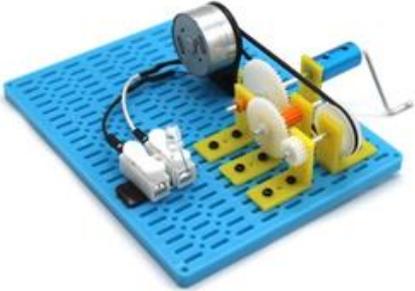
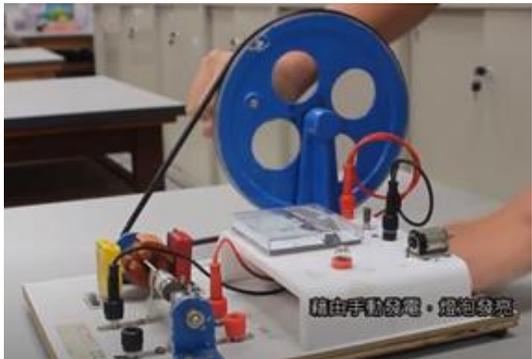
(3)運作方式(大觀二廠)：明湖抽蓄水力發電廠與明潭抽蓄水力發電廠都是利用日月潭為上池，明湖水庫及明潭水庫則作為下池。明湖抽蓄水利發電廠的進水口位於日月潭西側水社附近，經由兩條引水隧道，以壓力鋼管將水輸送至電廠發電。電廠共有四部「豎軸法蘭西斯可逆式」機器，利用上、下池間達309公尺的位能差帶動發電機。當正轉時，可帶動發電機發電，反轉時，則可將下池的水抽回至上池蓄存

2. 明潭水力發電廠

明潭發電廠，是一座由台灣電力公司管轄的水力發電廠，位於臺灣南投縣水里鄉，即日月潭西側水里溪溪谷。是目前臺灣最大的水力發電廠。其中，抽蓄機完成後成為當時世界上最大的抽蓄水力發電廠之一，目前抽蓄機組部分仍是東南亞最大、全球第十大的抽蓄水力發電廠，是台灣水力發電的樞紐。

三、市售小型發電機基本結構

常見的小型發電機動力傳遞結構可分為以下兩種：

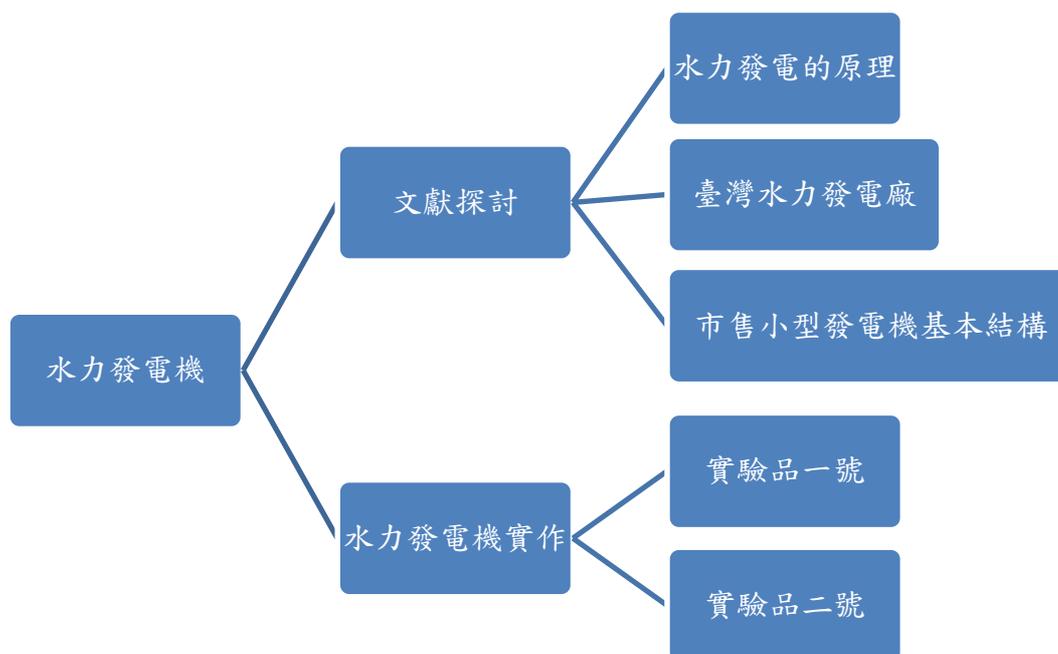
傳遞結構	傳遞原理	示意圖
齒輪	因為齒與齒之間的嵌合，可以讓一個齒輪轉動時，順便帶動另一個齒輪，藉此達到傳遞動力的目的	
皮帶	皮帶與皮帶輪之間的摩擦，可以使二個皮帶輪同方向旋轉，轉動一個便可以使另一個也旋轉。原理類似腳踏車上的鏈條。	

第三章 研究方法與設計

一、研究方法

我們透過文獻資料的蒐集來了解水力發電機的原理及製作方法，並實際自製，嘗試製作出可實際發出電力的水力發電機。

二、研究架構

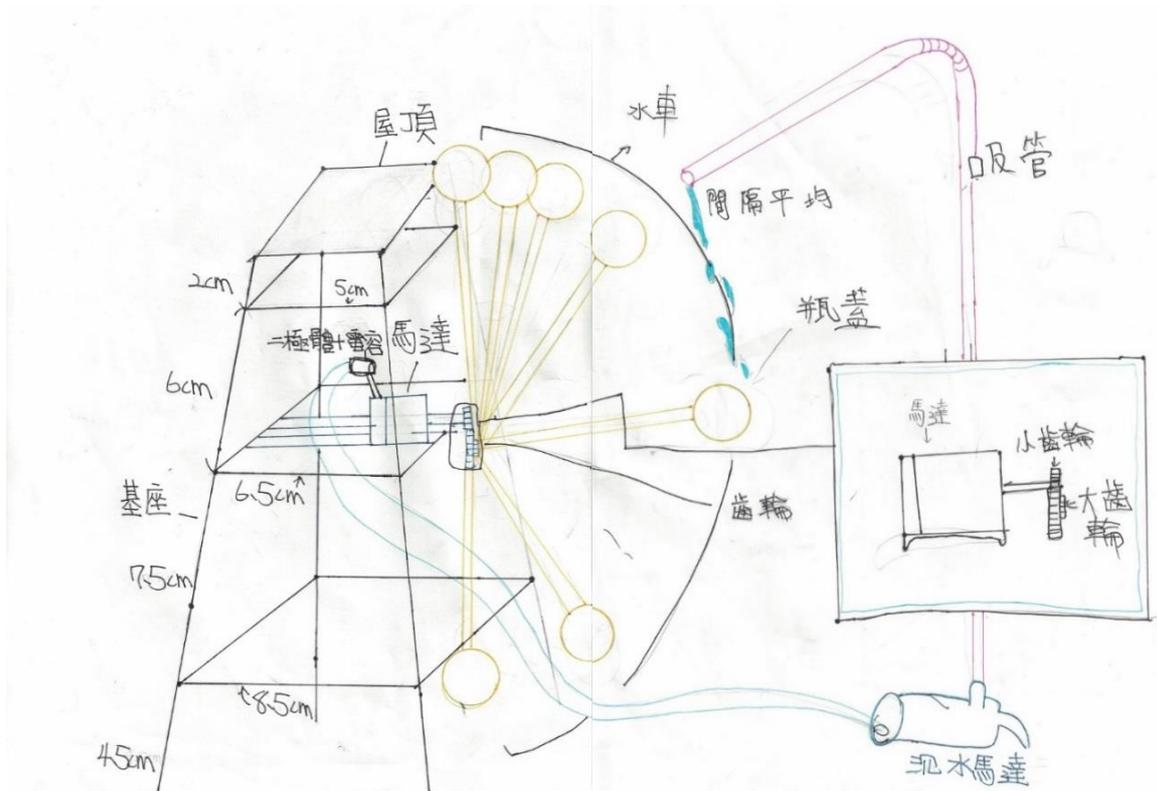


三、研究流程

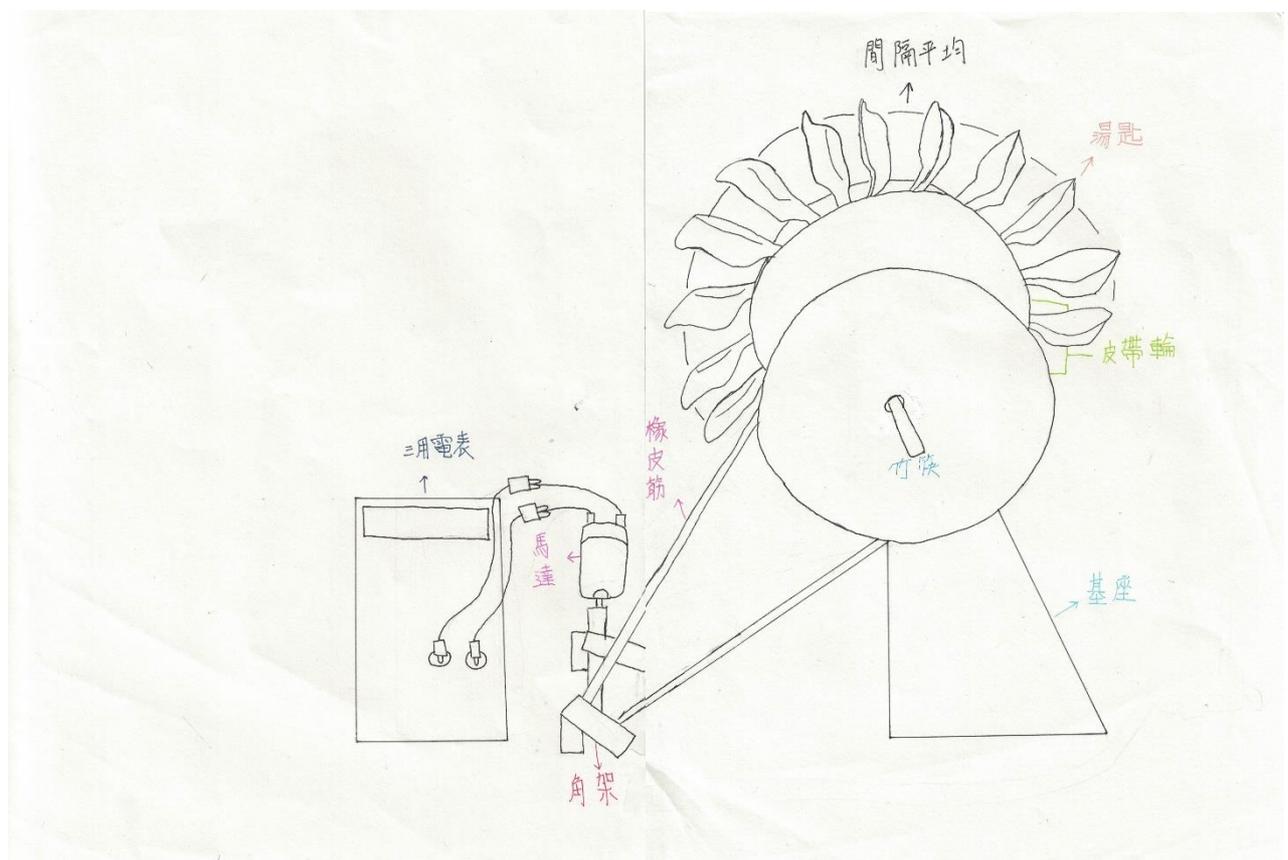
1. 擬定主題
2. 查詢文獻資料
3. 了解水力發電的原理
4. 了解市售小型發電機
5. 設計並繪製設計圖
6. 討論與收集材料
7. 製作出水力發電機
8. 針對水力發電機進行改良
9. 整理、探討實作結果

四、自製水力發電機設計

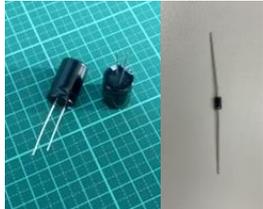
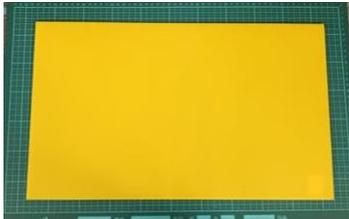
(一) 實驗品一號設計圖



(二) 實驗品二號設計圖



(三)製作工具與材料

<p>美工刀</p> 	<p>剪刀</p> 	<p>熱熔膠槍</p> 	<p>線鋸</p> 
<p>三用電表</p> 	<p>鐵尺</p> 	<p>三秒膠</p> 	<p>電氣膠帶</p> 
<p>齒輪</p> 	<p>可彎曲吸管</p> 	<p>直流馬達</p> 	<p>電容、二極體</p> 
<p>瓶蓋</p> 	<p>瓦楞板</p> 	<p>竹筷</p> 	<p>冰棒棍</p> 
<p>積木</p> 	<p>皮帶</p> 	<p>塑膠湯匙</p> 	<p>強力接著劑</p> 

(四)材料簡介

1. 沉水馬達

沉水馬達是一種用以增加流體的壓力，使加壓過的流體產生比平常狀況下更巨大的推進力量的裝置，且可放在水中使用。

2. 直流馬達

馬達是一種將電能轉換為力學能的裝置，反之，如果提供的是馬達旋轉的機械動能時，會在電線上得到電力。日常生活中，利用馬達為動力的電器很多，例如電扇、吸塵器、抽水機、吹風機。

3. 齒輪

兩齒輪互相咬合，運動時，兩齒輪轉動方向相反。常見的齒輪有單層齒輪、雙層齒輪、主軸齒輪、冠齒齒輪等，我們的實作用到的是雙層齒輪和單層齒輪

4. 電容

在電路學裡，給定電壓，電容器儲存電荷的能力，稱為電容。電容採用國際單位制，電容的單位是法拉。

5. 二極體

二極體在順向導通時兩個電極（陽極和陰極）間擁有零電阻，而逆向時則有無窮大電阻，即電流只允許由單一方向流過二極體。

第四章 研究結果

一、實驗品一號



(一)研究情形

我們是朝著要水循環與發電的目標去做這個「實驗品一號」。一開始的基座製作起來很順利，到後來要做水車葉片時，發現不僅木棒需要一一仔細地測量、裁切，木棒與齒輪的接合更是一大工程，除了位置需準確外，還得確保熱熔膠不能溢出，避免遮蓋到齒緣。而小馬達下面是連接細鋁棒，會有晃動不穩定的問題，我們便利用瓦楞板加以固定後。

(二)研究結果

實際測量電量時水車葉片瓶蓋掉了，推測有可能是熱熔膠遇水後無法承受水柱的衝擊力。我們的實驗品一號未裝設電容與二極體所發出來的電最高只有到 0.03-0.05 伏特，雖然有成功發電但電量極小。

二、實驗品二號紀錄



(一)研究情形

製作實驗品二號的過程中遇到了一些問題，像是熱熔膠的黏性不夠和小馬達不能碰到水等，令我們很困擾。我們以改用三秒膠、墊高小馬達等解決方式，在過程中又發現用三秒膠黏的湯匙會有氧化、脆化的情形，我們用熱熔膠修補。將零件組合的過程中嘗試了許多不同的黏著劑：

名稱	三秒膠	3M 強力接著劑	AB 膠	熱熔膠
黏性	最黏	次黏	黏	普通
特性	快乾，接合點容易受到衝擊力而斷裂。	24 小時後乾燥，在這之前可微調。	標榜 10 分鐘乾燥，但實測並不止，使用時要混和。	黏性不佳，價格便宜。
圖片				

在幾次嘗試後決定使用 3M 強力接著劑，黏性強且黏上去後有一段時間可以微調。

(二)研究結果

實驗品二號的小馬達雖然可以轉動，但是發電量最高只有 0.11 伏特，比預期的少了很多，推測原因可能是皮帶輪太緊的問題，水流的衝擊力道無法帶動皮帶輪，導致轉動速度不夠快。

三、實驗品一號改良



我們將實驗品一號加上電容與二極體，希望能讓電量更加穩定。實測發電量較安裝前明顯提高，大約可到 0.9 伏特左右。

第五章 結論與建議

一、結論

1. 市面上常見的小型發電機，例如：手搖式手電筒、手搖式玩具、手搖式發電機等，多以齒輪來帶動小馬達，是因為用大齒輪來帶動小齒輪，使得小齒輪轉速變快，發電量較大。
2. 實驗品二號以類似齒輪的機械原理—皮帶輪來製作，但因皮帶輪與皮帶材質造成皮帶輪與馬達軸牽引過緊，水流的衝擊力道無法帶動皮帶輪，造成轉動效果不佳，發電量不如預期。
3. 實驗品一號加入電容與二極體後發電量明顯提高，但仍不足以提供沉水馬達運達到水循環使用之目的，因時間因素我們未做後續的修正，若未來有時間後可再請教專家如何修改。
4. 在水力發電機實驗中得知，如果水的衝擊力道不夠大即水位高度不夠，也會讓水車葉片無法順暢轉動，所以水位高度也是一大影響因素。
5. 兩個實驗品所採用的葉片外型及材質分別為寶特瓶蓋及免洗湯匙，前者圓形瓶蓋材質較硬且接水量穩定，轉動較為穩定快速；後者則因免洗湯匙材質較軟，容易漏水，造成轉動效果不佳。

二、建議

1. 製作模型時，好的工具是很重要的，模型不能有差錯，因此要拿來測量的尺也需要非常精細。例如：有些材料可能不好切割，需用到線鋸、瓦楞板與木片的長寬則要使用刻度較小的尺測量等問題。
2. 參考水力發電相關文獻，葉片數目較多的水車，受到的衝擊面積越大，發電成功率會越大，但須注意過多葉片也會有阻流現象，此可做為未來進一步設計改良的參考。
3. 建議往後如果要製作小型發電機的話，可以從這兩個方案中擇一：
 - (1)製作發電機時，可加入電容、二極體，使發電量更穩定。
 - (2)如果使用小馬達發電，電量不足的話，可將小馬達替換成大馬達。

參考資料

一、影片

https://www.youtube.com/watch?v=WtFI-MFn2_U

二、中華太陽能聯誼會

<http://www.solar-i.com/hyd.htm>

三、一塊錢充手機

<https://youtu.be/xowTjeVzdZA>

四、水車科展作品

<http://blog.ilc.edu.tw/blog/index.php?op=printView&articleId=389172&blogId=22831>

五、自製創意水力發電機 風力發電也可做 能源科學 DIY 科展

https://youtu.be/_gCH4cG6o30

六、智高水力發電模型

<https://youtu.be/ejwu5svX0I4>

七、淺談水力發電

https://docs.google.com/document/d/1j2h1RA16KKchxR2rV0TzgvlgugwP_fEZmYhyPpkhdvA/edit

八、中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

https://docs.google.com/document/d/1Mr_bUzQC4qsq1EgeEJ12SggeQ73z-hW0AIheif_zWss/edit

九、台灣水力發電之研究 — 以濁水溪為例

<https://docs.google.com/document/d/1FmytKQSrcRX1Bots0ZQ7qvXg2v-7ssXFXxctyrz8vFs/edit>

十、自己動手做水力發電廠模型

Hydro electric power plant-Adion 蝦蝦科學教室

<https://www.youtube.com/watch?v=ST6sfvtt018>

研究心得

韋翔：

還記得五年級時要分組，我和定軒被分到同一組，我心裡萬般緊張不知道現在要做甚麼，腦袋一片空白。剛開始，定軒跟我說可以做能源轉換，但我一點頭緒都沒有，甚至不太知道那是什麼，後來他爸爸提議要做水力發電，且現在水污染日益嚴重，我們才確定研究主題，之後，我們到定軒家想研究動機，頓時我發現學長姊沒有騙人說獨立研究很燒腦，我們絞盡腦汁才想完動機，但因為夥伴是定軒，才能迅速完成，開課時，我們拚了這條老命在查資料和做 word，以求早日完工，後來我們照到一些關於水力發電的影片，因此，實驗品一號以及實驗品二號相繼誕生，耗費了我們的一大半精力，但最後看到一號有成功發電，二號卻沒有成功發電的結果感到驚訝，但離發表的日子不遠了，所以沒要做後續改良，這次的研究能成功是因為有神隊友詹定軒以及林育萱老師和默默付出的爸媽，謝謝你們！

定軒：

我在剛分完組的時候，我還處在不知道情況的樣子，我到底跟誰一組？研究題目是什麼？我是誰？我在哪！這時候是韋翔先過來找我，說我是和他一組的，我明白我之後的夥伴是他之後，這才放下心來！

之後的每一天，我都在和我的腦袋奮鬥，主題要是那個，還是這個？我那時是想做「能源轉換」的研究，可是內容太過廣泛，無法有一個固定的目標。幸好當時我爸爸提出可以嘗試水力發電、風力發電等自然能源發電。我和韋翔討論了一下後，覺得水力較重要，已經快枯竭了。我們開始查詢資料，約出去商討，我們的研究方向也越來越明確……。漸漸的，離發表的日子不遠了，但我們還有許多的地方尚未修正，導致進度落後，但還好我還有黃韋翔這位夥伴的協助，一天一天的追回落後的部分……。發表當天，他也不斷鼓勵我，我才背得起來。

我沒有辦法自己做出完整的報告，是韋翔的努力，以及林育萱老師的支持，我才能堅持下去，雖然遇到了許多意見分歧的點，不過黃韋翔都會讓著我，謝謝你，也謝謝辛苦執導我們的林老師，更要感謝默默幫助我的爸媽，謝謝你們！！