

2012 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

編號：100020

作品名稱

節能減碳-波浪發電機模型之創作與應用

得獎獎項

大會獎：三等獎

候補作品：1

作者姓名：洪浩哲

就讀學校：桃園縣立內壢國民中學

指導教師：鍾文憲、陳美華

關鍵字：波浪發電、模擬波浪測試平台、

水域波浪警示燈

作者簡介



大家好，我叫洪浩哲，我於國小及國中階段就非常喜愛參加科學研究與展覽活動，也都曾於國小及國中階段多次由市賽獲選代表參加全縣賽，也由全縣賽獲選代表參加全國賽，均得到了不錯的成績；個人覺得最大的收穫還是那種對科學探究之熱忱積極態度的培養、及問題解決能力的學習之過程，讓我增廣見聞與成長了許多，也提升了更宏觀理性的科學素養與謙虛學習精神。十分珍惜能夠參與此次的科展盛會，將會更加努力學習與交流，感謝大家。

摘要

隨著全球石油能源短缺，世界各國無不積極尋求永續開發且無公害污染之能源方案，而利用海洋能量發電的形式已成為世界諸國積極研究之重要課題。本研究利用近海岸浮體式波浪發電設計，並利用波浪理論推導與波浪實境測試之方式，創作出在波浪中之發電系統。發電過程為波浪推動浮體，浮體拉動水下的掛重移動，透過掛重上的橡膠管經由摩擦力效應拉動波浪發電機模型的旋轉輪，此刻旋轉輪的轉動與波浪的波高、週期產生連動效應，進而轉換擷取波浪能量，並利用此波浪發電方式，設計研發出『危險水域波浪警示燈』模型，且能在海中真實運作良好成功。

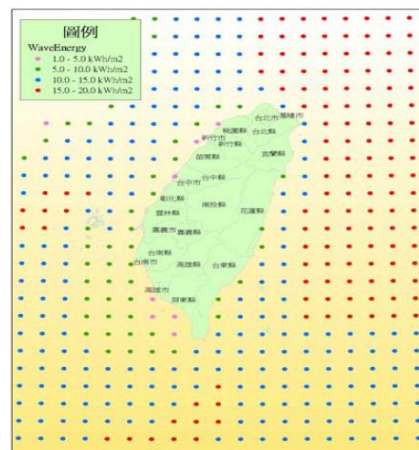
Abstract

Following the growing scarcity of energy from petroleum, all the countries in the world are seeking for sustainable development of pollution free energy solution and marine energy power generation is one of the most important lessons the world is studying with no effort spared. In this research, we adopted coastal float wave power generation design and in the manner of wave theory and wave site test to create this wave power generation system. The power generating process is that waves move floats and floats pull underwater weight to move and the rubber pipe connected with the weight pull the rotor of wave power generator model through the effect of friction. In this process, the rotation of the rotor is interlinked with wave height and wave cycle to convert the wave energy to generate electric power. In this way, we designed “Dangerous Waters Wave Warning Light” model. This model has been working well and successfully in the sea.

一、前言

(一)、研究動機

台灣為一海島地形，海岸線長約 1,448 公里，每年約有半年以上的東北季風吹襲，波瀾浪濤終年不斷。根據工研院蒐集中央氣象局的波浪模式推估台灣的波浪潛能如上圖，台灣四面環海，擁有豐富波浪能量而尚未開發，卻高度仰賴外來能源的台灣，如果能妥善開發利用，將可提升我國能源的自主性，並減少二氧化碳排放量，為減緩溫室效應提供助力，海洋能量波浪發電（wave power）有其研究的必要性與急迫性。



台灣四周海域之單位面積波浪能量分佈(物理雙月刊(2007))

(二)、研究目的

對波浪發電技術而言，一般需要三種機構組合而成：

1、波浪能的蒐集機構：

通常利用聚波和共振的方式統一匯集分散的波浪能，提高波浪的振幅和能量密度。

2、蒐集波浪能的中間傳遞機構：

使蒐集波浪能轉換為有用的機械能。

3、波浪能的最終轉換電能機構：

將有用的機械能透過發電機轉換為電能。

依據上述分析，本研究對波浪發電的研究目的有如下九點：

1、研究分析波高、週期、載重與波浪發電機浮體作功的關係。

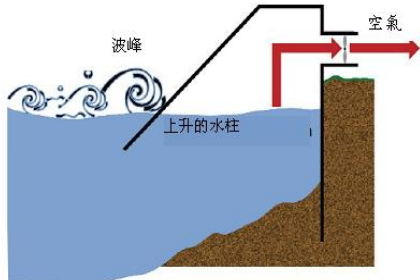
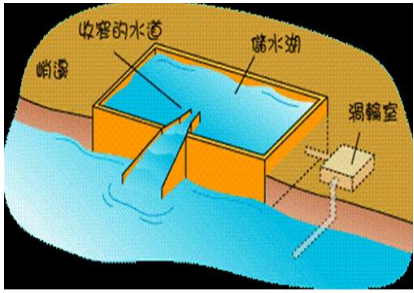
2、研究並測試波浪發電機浮體模型。

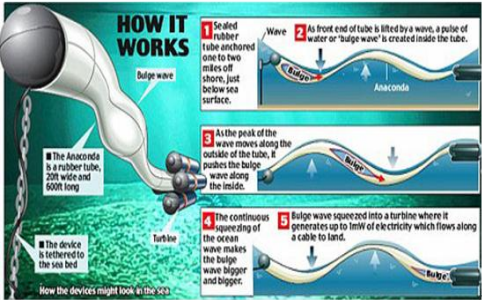
- 3、設計並測試波浪發電機核心之形式。
- 4、研發並製作一組模擬波浪測試平台。
- 5、利用模擬波浪測試平台實驗測試波浪發電機核心之發電電壓效率。
- 6、研發並創作一組波浪發電機模型。
- 7、游泳池實驗測試改良後波浪發電機模型。
- 8、大海真實實驗測試改良後波浪發電機模型。
- 9、應用波浪發電機設計與研發出『危險水域波浪警示燈』。

(三)、文獻探討

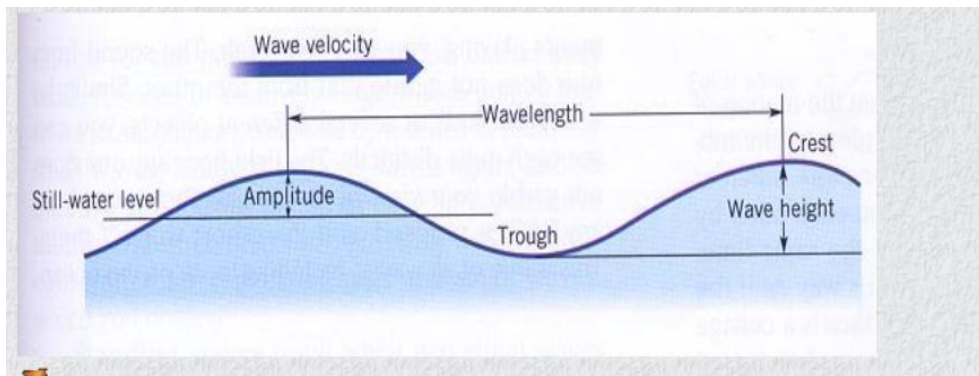
1、全球相繼發展出下列各主要形式之波浪發電系統，在此加以簡要說明瞭解，並予以優缺點

比較整理：

發電方式	特性分析	優點	缺點
振盪水柱式  http://cn.newmaker.com/news_68953.html	當波浪起伏時，空腔內的水位會升降且壓出或吸入空氣，形成一股高速氣流，氣流使空氣渦輪機旋轉，帶動發電機而發電。	結構簡單，效率較高並能削減一半波浪高以上，用於岸基式則可取代部份消波堤。	漲潮太高或落潮太低都會使發電站無法工作。
收窄水道式  收窄水道式波浪發電系統 摘自 http://web2.ssvs.tn.edu.tw/aegt/	變窄的水道將波浪聚集到比海平面高數米的儲水湖中，最後儲水湖中的水會被送到水輪機進行發電。	因槽中海水排放穩定，故電力輸出特性較震盪水柱式發電穩定。	建構成本為各種波浪發電方法中最髙。

發電方式	特性分析	優點	缺點
Pelamis 海蛇式  摘自http://www.pelamiswave.com	圓柱形鋼殼結構，外型類似火車，靠著每節骨架運動被液壓油缸吸收，產生的高壓油驅動液壓馬達，然後馬達再牽引發電機進行發電。	Pelamis 發電機組件較少，容易維修。	發電量較小，約 225 萬瓦特的電力，相當於一座風力渦輪發電機的發電量。
水蟒式  水蟒波浪發電工作原理示意圖 摘自http://big5.cri.cn/gate/big5/gb.cri.cn	以似水蟒的橡膠管道內充滿海水。當有波浪經過時，彈性極強的橡膠管就會隨之上下擺動，橡膠管內部就會產生一股水流脈衝。隨著波浪幅度的加大，脈衝也會越來越強，並匯集在尾部的發電機中，最終產生電能。	由於主要材料是橡膠水蟒，比其他波浪發電裝置重量更輕、構造更簡單、建造和維修成本更低。	波浪能轉換為電能，效率較低，電力輸出波動大。
人工肌肉式  人工肌肉波浪發電工作原理示意圖 摘自 http://gtob.sdnews.com.cn/soc.sdnews.com.cn	一端固定於海床，另一端則繫在海面浮體的人工肌肉彈性體纜線，浮體在波峰中升起時，人工肌肉彈性體便會拉長，浮體在波谷中落下時，此刻人工肌肉彈性體便會收縮而產生電能。	即使很小的動能，如果引起人工肌肉彈性體長短變化的話，也可以高效率發電。	人工肌肉的成本較為昂貴。
點吸收式  Ocean Power Technologies 開發的 PowerBuoy 波浪發電裝置 (來源: Ocean Power Technologies)	本體的起伏可以直接發電，也可以驅動安裝於海床的活塞或者軟管泵，以推動渦輪機從而發電。	可以提供相當穩定的電力。	發電功率較低。

2、波形以及波浪特性相關的名詞瞭解：



波峰(Crest): 外觀波形之最高點。

波谷(Trough): 兩波峰間最凹下部份稱之。

波高(Wave height):任一波峰與其相鄰波谷間之垂直距離，以 H 表示。

波長(Wavelength):波面上任意一點與其隨後波形上對應點之間的水平距離稱之，

例如：兩相鄰波峰或兩相鄰波谷之間的距離，以 L 代表。

波尖銳度(Wave steepness):波高與波長之比值 H/L 稱之。

靜水位(Still water level):海面之平均水位，或是無波浪作用時之水位。

振幅(Amplitude):波面最高點至靜水位之垂直距離，或是波高值的一半稱之。

週期(Period):在一個固定點觀察一個完整波形(一個波長)通過所需要的時間，以 T 表示。

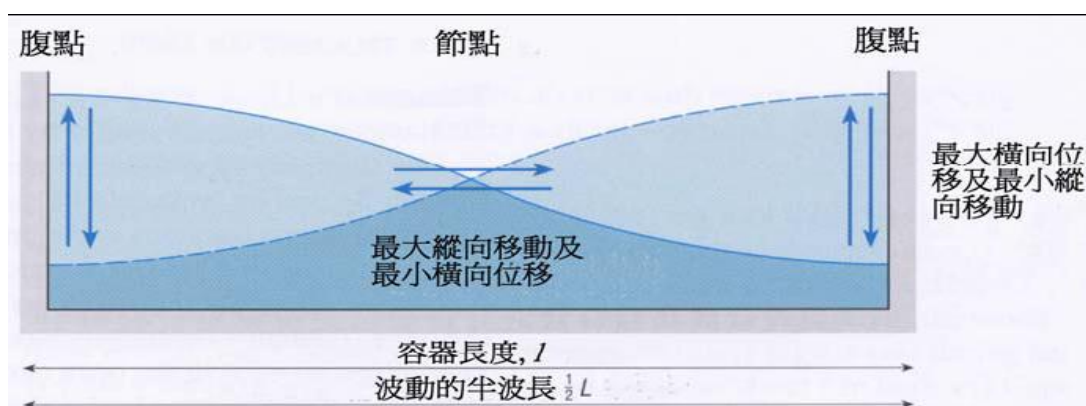
頻率(Frequency):單位時間內所產生之波數，亦為週期之倒數，通常以 f 表示， $f = 1/T$ 。

波速(Wave speed):又稱為相速度(Phase speed)，即外觀波形移動的速度。

波群(Wave group):海洋中外觀波形常呈現成群出現現象，即海面上出現一長列向同一方向傳播的波形。在某一固定點觀測時，首先出現一陣波高較小的時段，隨後波高漸漸增大，而在連續出現幾個大波後，波高又再減小；這種成群的波列即稱為波群，以 C_g 表示。

盪漾(Seiches):在邊界受限制的水域（如港灣）內，如果其邊界長度為波浪波長

之半的整數倍時，則波浪進入後會產生重覆反射形成駐波的型態，此波浪會持續振盪，這種現象稱為盪漾，亦稱為港池盪漾。



3、波浪推算法主要有兩種方法：

(1)、示性波法：將海面受風吹拂成長的波浪以示性波表示，進而分析實測風場參數與實測示性波特性的關係，以建立代表示性波特性和風場參數關係的經驗式。

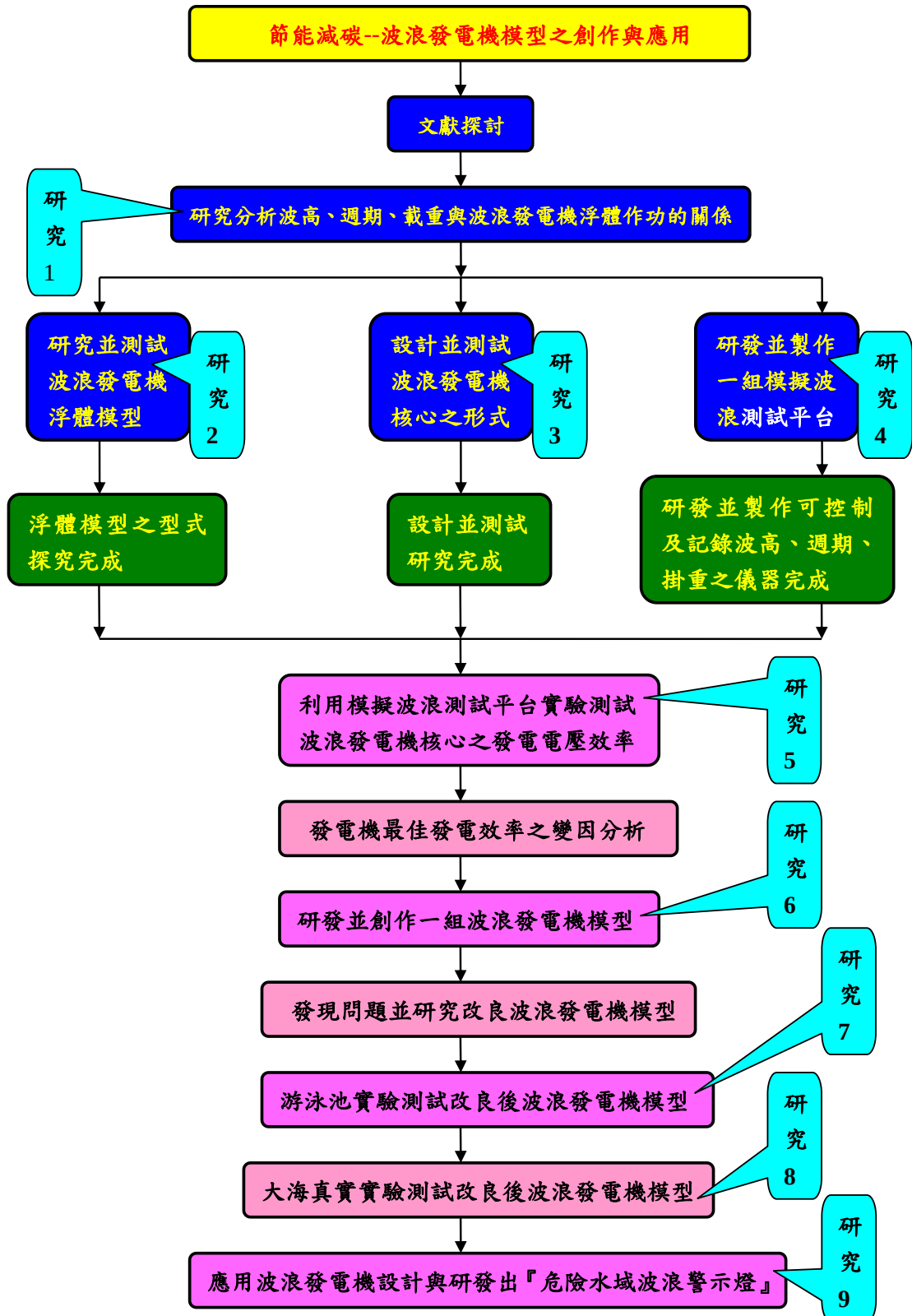
(2)、波譜法：即將海面起伏視為十分之一秒到數十秒的成份波所疊合而成，以頻率及方向來表示成份波的能量分佈，也就是將成份波以能量譜來表示。

(四)、研究設備及器材

設備	按鍵開關	老虎鉗	自行車踏板	調速器	鉚槍	電鑽	三用電錶
	長柄微動開關	電腦	數位相機	旋轉輪	減速馬達	螺絲起子	實心橡膠管
	剝線鉗	斜口鉗	電壓測試頭	定滑輪	動滑輪	紅色 LED 燈	電子錶
器材	快乾膠	保麗龍板	迷你滾輪	保麗龍箱	鑰匙扣環	塑膠籃子	保特瓶
	鋁條	軌道滑輪	泡棉雙面膠	細繩	導線	保鮮盒	啞鈴及鐵塊
	長條螺絲	螺絲套蓋	掛鉤	小鉛錘	圓環螺絲	旋轉鑰匙環	木棒

二、研究方法或過程

研究過程如下圖 1【研究流程心智發展圖】所示：



(一)、研究分析波高、週期、載重與波浪發電機浮體作功的關係

根據功能原理：合力對波浪發電機浮體所作的功=波浪發電機浮體動能的改變量，其分析計算如下：

$$W = F \cdot \Delta s = \Delta k = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad \dots\dots\dots(1-1)$$

$$\text{在加速度中 } v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s \quad \dots\dots\dots(1-2)$$

將(1-2)式代入(1-1)式可推得功為：

$$W = ma\Delta s \quad \dots\dots\dots(1-3)$$

其中：W：功

F：力

Δk ：動能改變量

Δs ：波浪發電機浮體位移量

m：波浪發電機浮體質量(載重)

$$a = -\omega^2 \Delta s$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

將上式代入(1-3)式可推得波浪發電機浮體被作功為：

$$W = ma\Delta s = m(-\omega^2 \Delta s)\Delta s = m[-(\frac{2\pi}{T})^2 \Delta s]\Delta s \quad \dots\dots\dots(1-4)$$

其中：T：週期

在此處之研究分析，推論波浪發電機浮體被作功將受到：波浪發電機浮體質量(載重)m、位移量 Δs 、週期 T 等因素影響；在之後的實驗設計，將測試是否真是受到這些因素影響。

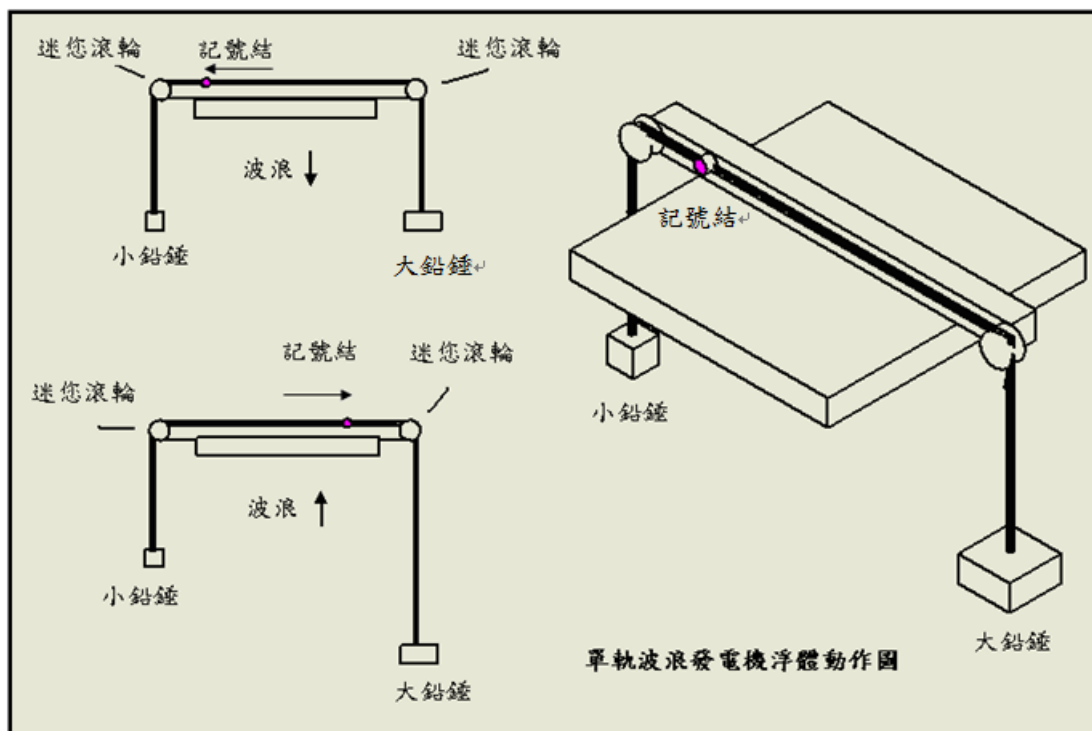
(二)、研究並測試波浪發電機浮體模型

實驗 2-1：單軌波浪發電機浮體模型

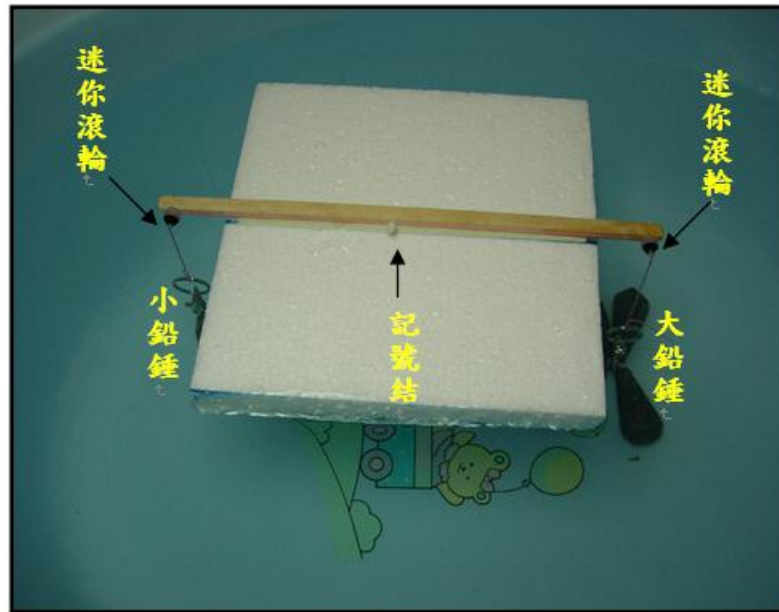
【實驗步驟】

- 1.裁長 20 公分寬 20 公分厚 2 公分保麗龍板。
- 2.取長 30 公分寬 0.5 公分厚 0.5 公分木條。
- 3.木條兩端各裝上迷您滾輪，並將木條貼在保麗龍板上。
- 4.取長 50 公分的細繩並在兩端各綁上鑰匙扣環，且在細繩上做一個白色記號結。
- 5.最後在細繩一端掛上 100 公克重小鉛錘，另一端掛上 300 公克重大鉛錘，便完成

單軌波浪發電機浮體模型。



單軌波浪發電機浮體模型研究設計圖

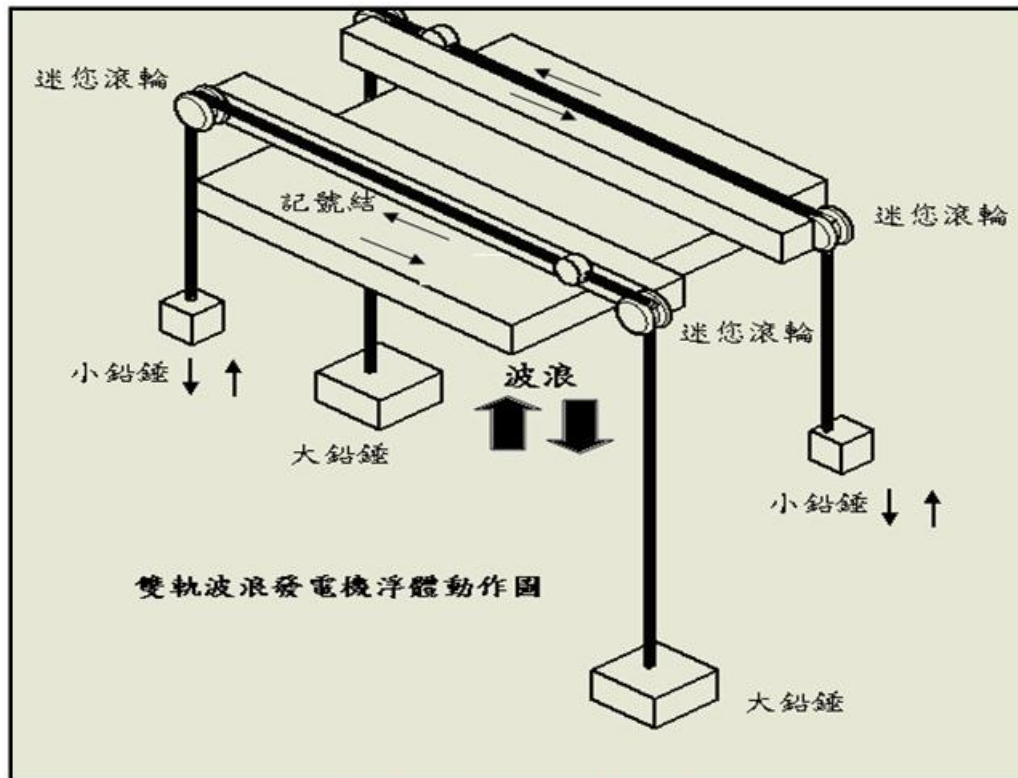


單軌波浪發電機浮體模型創作完成品

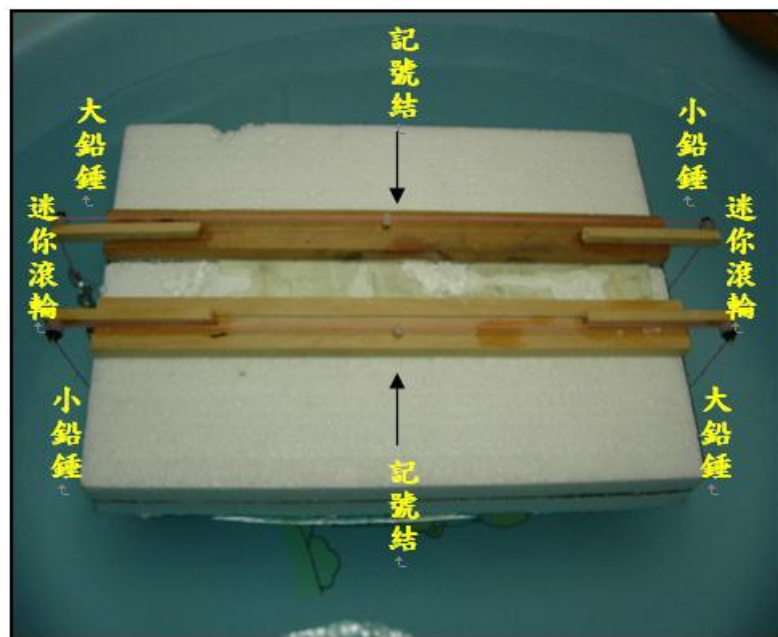
實驗 2-2：雙軌波浪發電機浮體模型

【實驗步驟】

- 1.裁長 20 公分寬 20 公分厚 2 公分保麗龍板。
- 2.取長 20 公分寬 3 公分厚 1 公分大木條 2 條，並將大木條貼在保麗龍板上。
- 3.取長 10 公分寬 0.5 公分厚 0.5 公分小木條 4 條。
- 4.小木條兩端各裝上迷你滾輪，並將小木條分別貼在前述大木條的兩端。
- 5.取長 50 公分細繩 2 條並在兩端各綁上鑰匙扣環，且在細繩上做一個白色記號結。
- 6.最後在細繩一端掛上 100 公克重小鉛錘，另一端也掛上 300 公克重大鉛錘，便完成雙軌波浪發電機浮體模型。



雙軌波浪發電機浮體模型研究設計圖



雙軌波浪發電機浮體模型創作完成品

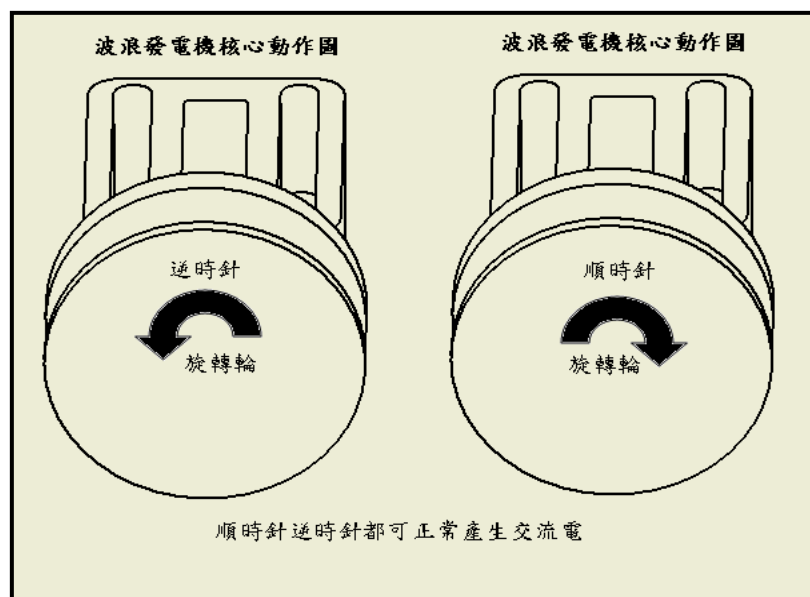
(三)、設計並測試波浪發電機核心之形式

實驗 3-1：扯鈴童玩聯想到製作波浪發電機的核心

【實驗步驟】

1.由鈴碗在繩索中的來回擺動，聯想到可學習如扯鈴的方式來利用波浪扯動發電機的核心而發電，將生活中的物品積極觀察與取材，設計並製作出可如扯鈴方式發電之核心。

2.觀察到家中的腳踏車踏板有發光的功能，先將前面蓋子打開研究，內有左右各一片 LED 警示發光板，剪斷其中一片 LED 警示發光板的二條電源供應線，再拿二條細電線分別與此二條電源供應線相接，再把由生活物品中所聯想設計應用的像高腳杯形狀之『旋轉輪』與踏板相結合，將此旋轉輪轉動，可發電正常，完成了我們波浪發電機核心之初步設計。



波浪發電機核心研究設計圖

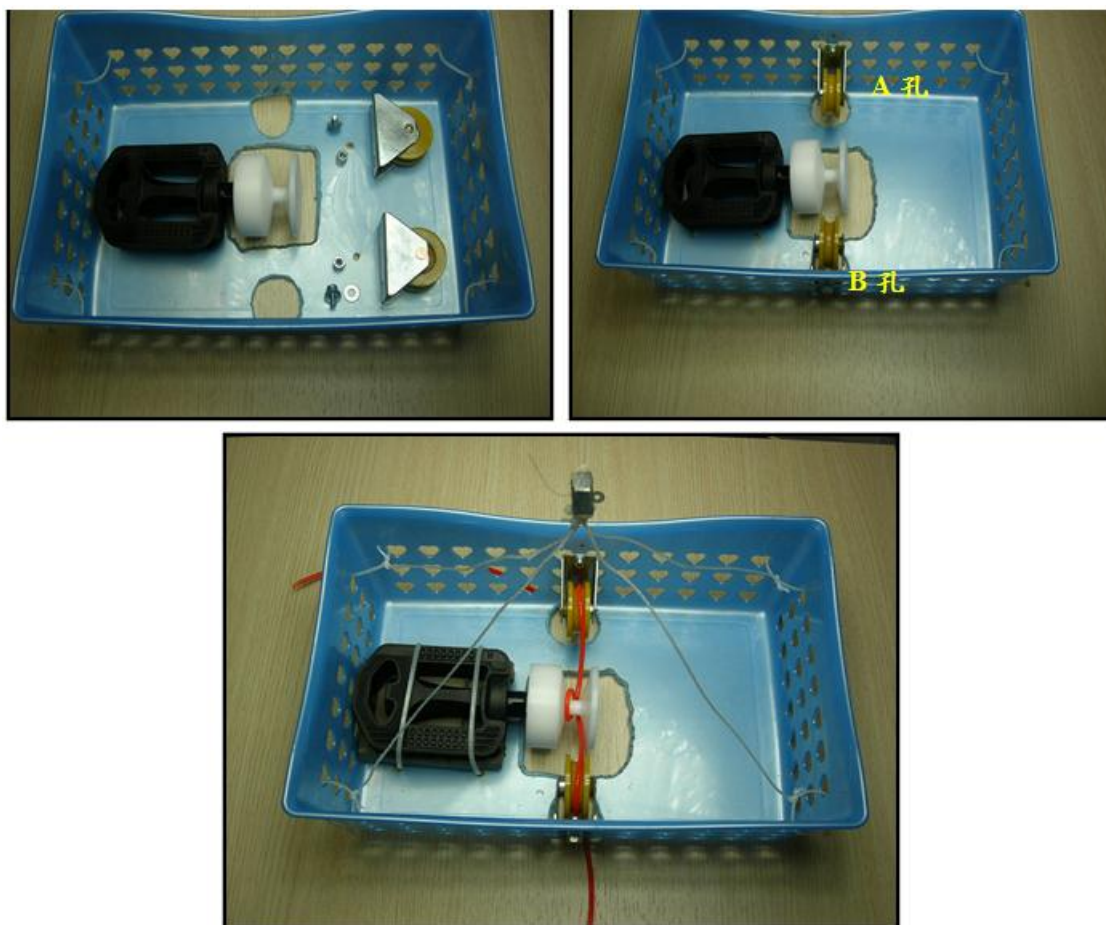


波浪發電機核心創作完成品

實驗 3-2：製作波浪發電機核心之承體

【實驗步驟】

- 1.挑選一個長方形塑膠籃子，並在籃子底面鑽出三大孔及四小孔。
- 2.挑選市面上賣的軌道滑輪，並把軌道滑輪二個及波浪發電機核心固定在籃子內。
- 3.選用四條束帶在長方形塑膠籃子四個角，做出四個束帶圈。
- 4.選用四條白色細塑膠繩，將其一端分別繫於四個束帶圈，另一端都與大螺帽相綁在一起。
- 5.取一條橘色實心橡膠管，一端綁有一個掛勾，另一端從籃子下方穿過 A 孔上方的軌道滑輪，再穿過高腳杯形狀的旋轉輪，像扯鈴一般環繞旋轉輪一圈，最後再從 B 孔上方的軌道滑輪穿過往下方拉，製作完成了波浪發電機核心之承體。



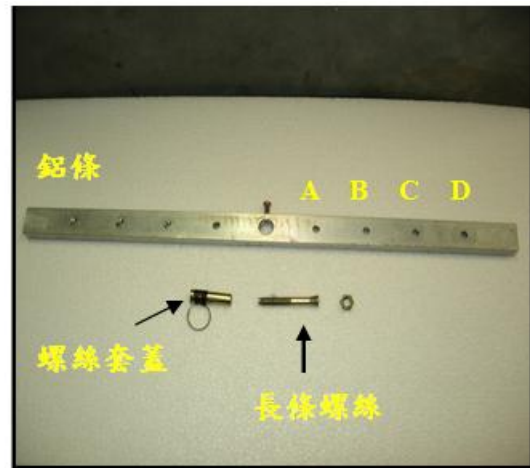
波浪發電機核心之承體製作完成品

(四)、研發並製作一組模擬波浪測試平台

實驗 4-1：製作模擬波浪測試平台之動力運轉機組

【實驗步驟】

- 1.選用 110 伏特交流電、1/8 馬力，且每分鐘 30 轉的減速馬達跟調速器一組。
- 2.取一條鋁條長 50 公分寬 2.5 公分厚 1.3 公分，並在中心位置鑽一孔與減速馬達軸心相接合，且在中心孔左右兩邊各鑽四個小孔，孔與孔各相距 5 公分，分別為 A、B、C、D 四個孔。
- 3.發揮創造力，取 1 個長條螺絲及螺絲套蓋，將其套合，再拿一個鐵圈與螺絲套蓋相結合，便完成了可跟著減速馬達運轉而旋轉的旋轉式套蓋，製作完成了模擬波浪測試平台之動力運轉機組，這是我們特別的創意設計。





模擬波浪測試平台之動力運轉機組製作完成品

實驗 4-2：製作模擬波浪測試平台之週期測量機組

【實驗步驟】

1.發揮聯想，取有碼錶功能的電子錶，旋開其小螺絲，拿出錶芯，觀察發現在錶芯右邊鐵片

A 的位置壓下接觸下方金屬片時，會啟動碼錶計時開始，再度壓下接觸時便會計時停止，我們發揮創意把 A 位置的鐵片接出紅色延長電線，而把 A 位置的下方金屬片接出綠色延長電線，其中綠色、紅色延長電線分別與長柄微動開關的接腳相接。

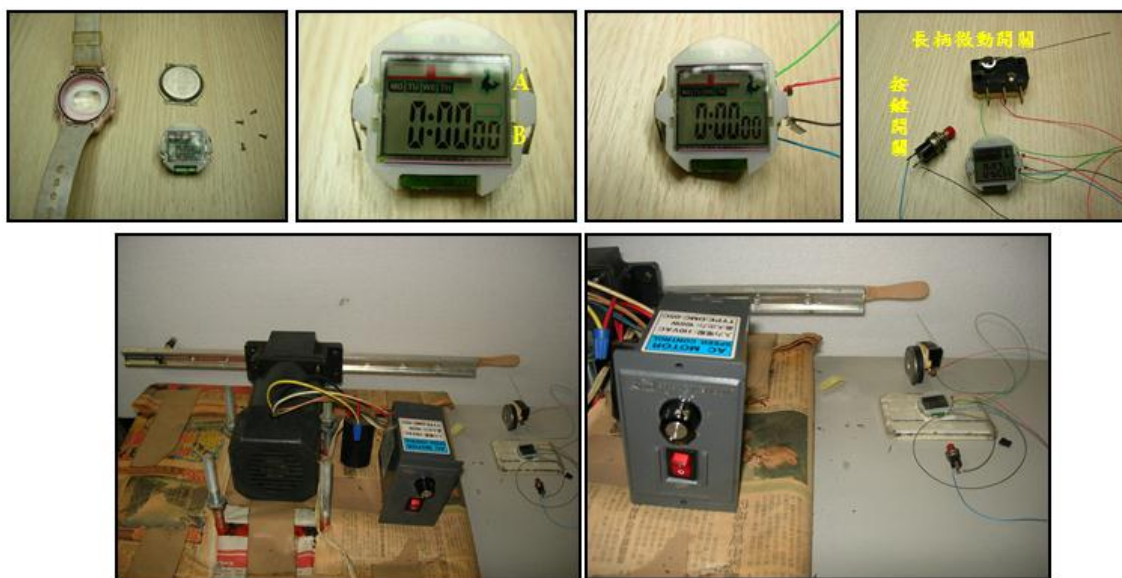
2.觀察發現錶芯右邊鐵片 B 的位置壓下接觸下方金屬片時，會使碼錶計時歸零，發揮創意把 B 位置的鐵片接出黑色延長電線，而把 B 位置的下方金屬片接出藍色延長電線，其中黑色、藍色延長電線分別與按鍵開關的接腳相接。

3.長柄微動開關的動作原理：長柄微動開關的長柄鐵桿，平常是上揚 30 度角，此時紅色延長電線與綠色延長電線兩者是不接通的，只要使長柄微動開關的長柄鐵桿，向下傾斜 15 度角鋁條旋轉時末端之小木片會壓此長柄鐵桿向下)，便會造成紅色延長電線與綠色延長電線接通，這是我們特別發明的自動化設計，可自動計時開始與停止，測量出週期時間為何。

4.按鍵開關的動作原理：平常藍色延長電線與黑色延長電線兩者是不接通的，只

要按下紅色按鍵開關，便會造成藍色延長電線與黑色延長電線接通，我們便是特別研發這種方式，可方便進行計時歸零之動作。

5.以上步驟便製作完成了模擬波浪測試平台之週期測量機組，這也是我們創意的聯想與設計。

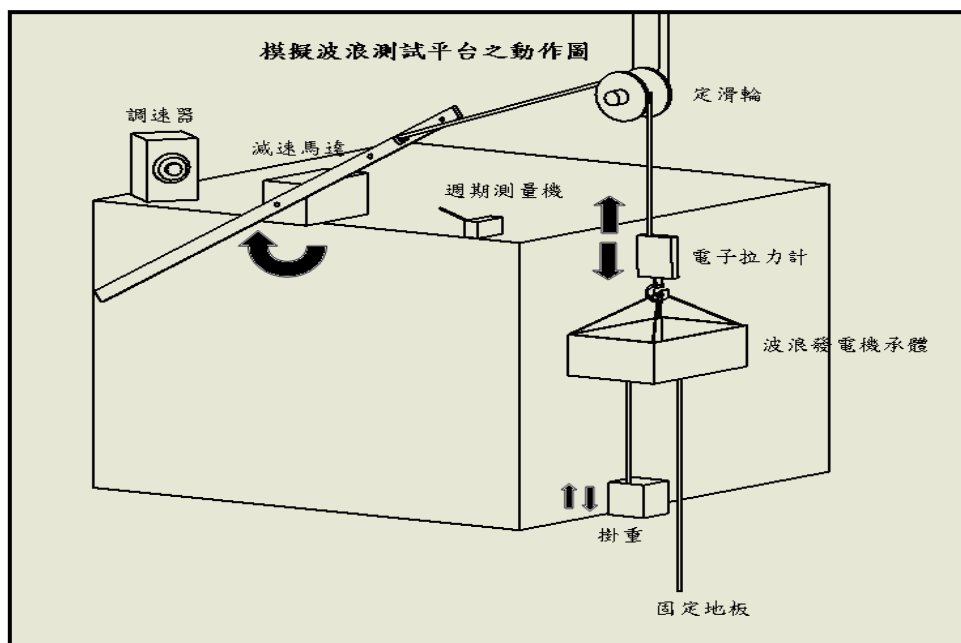


模擬波浪測試平台之週期測量機組製作完成品

實驗 4-3：設計並進行模擬波浪測試平台之組合

【實驗步驟】

- 1.先將一段木頭固定在牆壁上，並在木頭下方一個定滑輪及掛勾。
- 2.取一條 3 公尺的橘色實心橡膠管，一端扣在鋁條上的旋轉式套蓋，另一端先穿過木頭下方的定滑輪後，再穿過一個動滑輪，最後將其固定在掛勾上。
- 3.在動滑輪下方勾住實驗 3-2 所完成波浪發電機核心之承體。
- 4.取一條 4 公尺橘色實心橡膠管，一端綁有一個掛勾，另一端從承體下方穿過承體 **A 孔上方** 的軌道滑輪，再穿過高腳杯形狀的旋轉輪，像扯鈴一般環繞旋轉輪一圈，最後再從承體 **B 孔上方** 的軌道滑輪穿過往下拉，最後將此一端橡膠管固定在 10 公斤重的啞鈴上。
- 5.最後則是把波浪發電機核心上所接出的二條電源供應線與三用電錶的測試線相接，便完成模擬波浪測試平台之組合工作，可以開始準備測試發電電壓了。



模擬波浪測試平台研究設計圖



模擬波浪測試平台
創作完成品

(五)、利用模擬波浪測試平台實驗測試波浪發電機核心之發電電壓效率

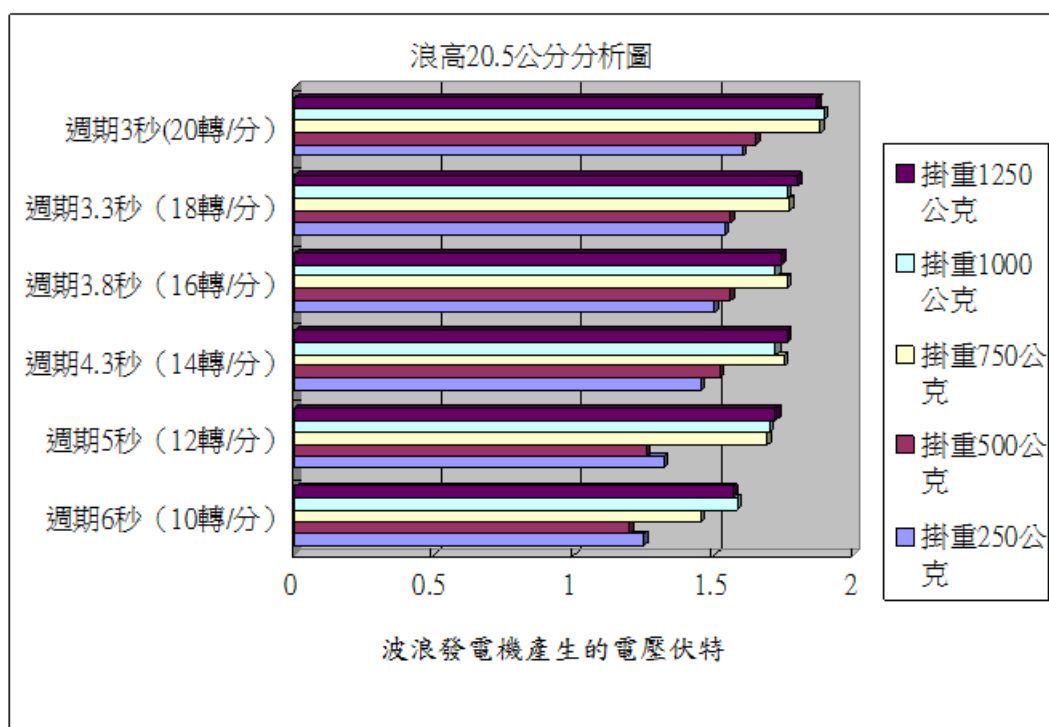
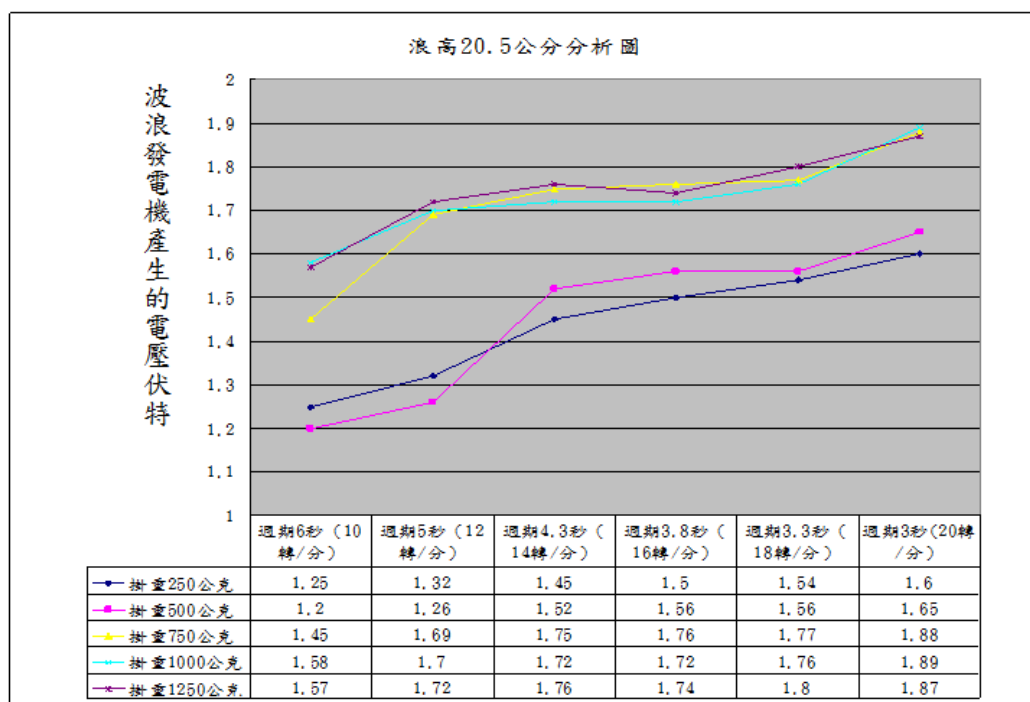
實驗 5: 以所自製研發之模擬波浪測試平台系統控制不同浪高 (包括: 20.5 公分、15 公分、10 公分) 不同週期 (包括: 6 秒、5 秒、4.3 秒、3.8 秒、3.3 秒、3 秒) 以及不同掛重 (包括: 250 公克、500 公克、750 公克、1000 公克、1250 公克), 以實驗測試波浪發電機核心之發電電壓效率變化為何

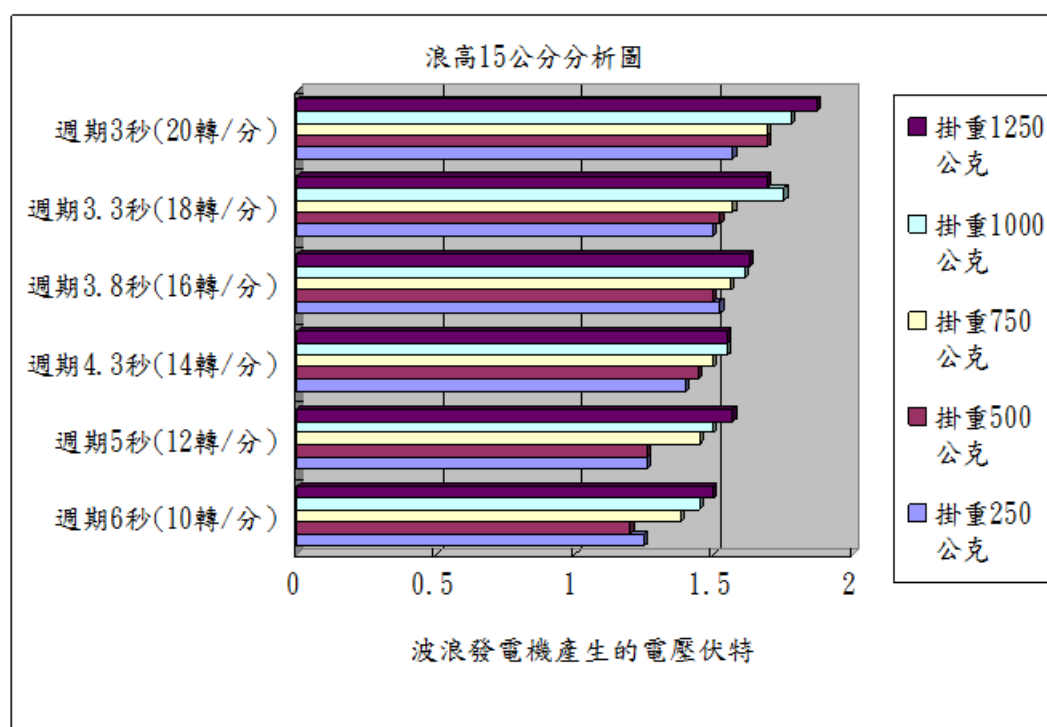
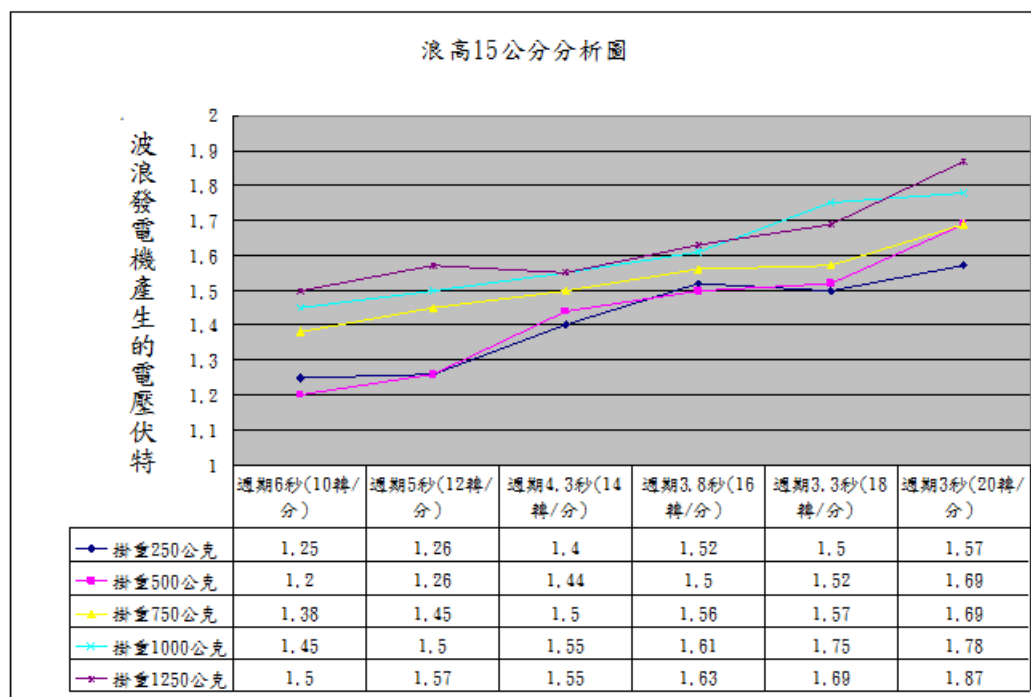
【實驗步驟】

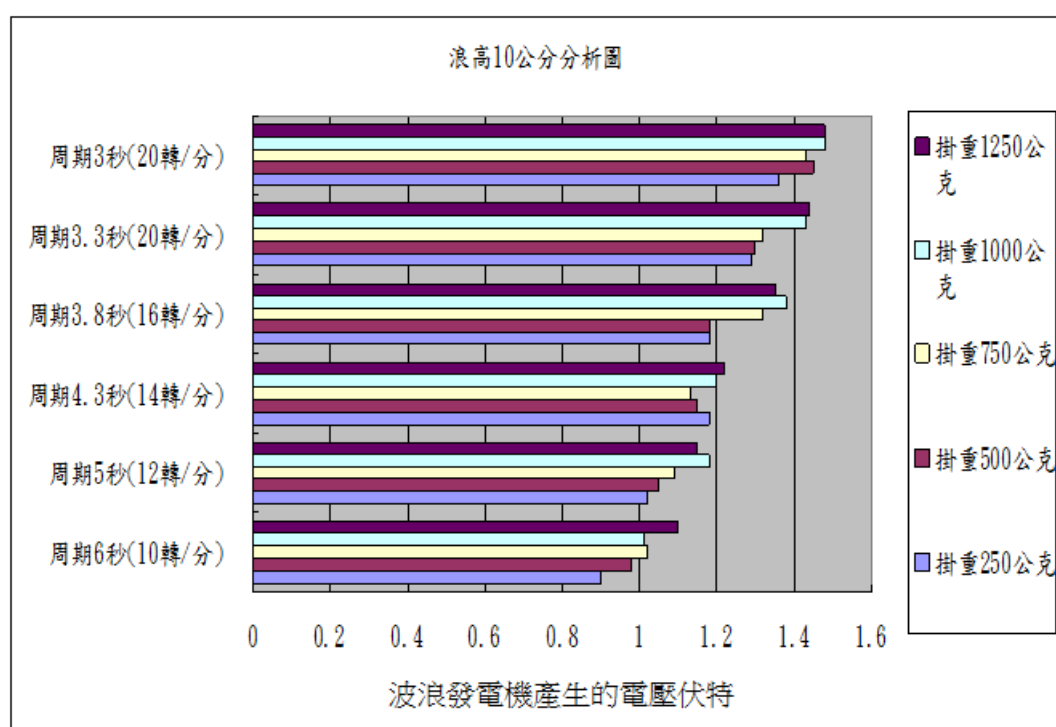
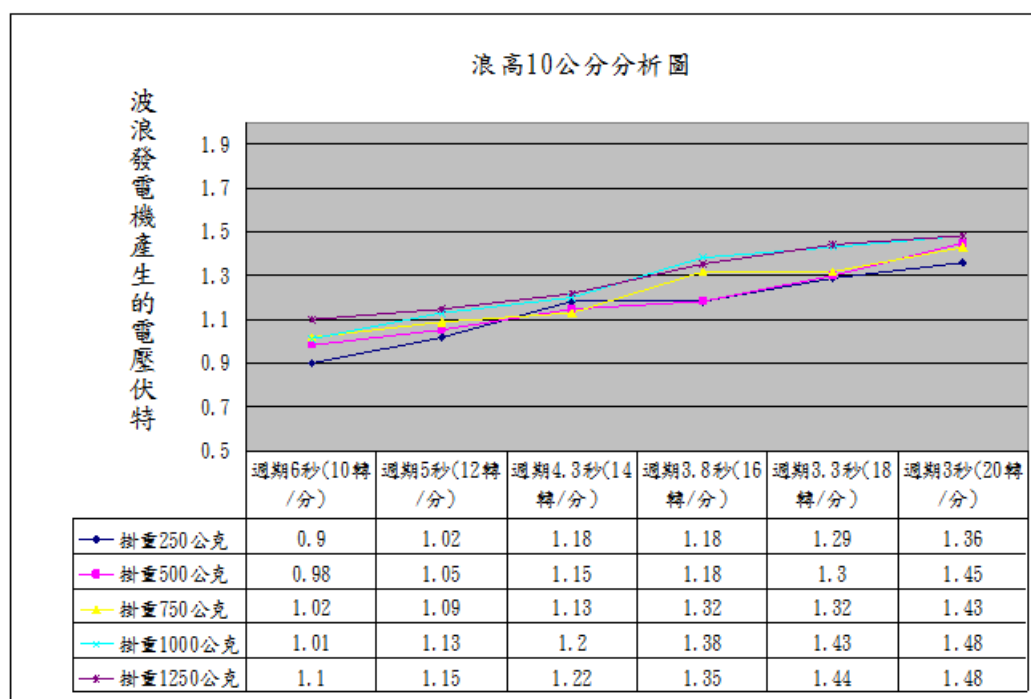
- 1.將實驗 4-1 的旋轉式套蓋固定在鋁條上的 A、B、C 三個孔位上，以決定實驗的浪高。
- 2.再把待測的掛重，掛在實驗 3-2 波浪發電機核心之承體的 4 公尺橘色實心橡膠管一端的掛勾上。
- 3.先把調速器速度旋鈕歸零，關閉調速器電源按鍵，才將減速馬達的電源插頭插上。
- 4.打開調速器電源按鍵，旋轉調速器速度旋鈕，此刻鋁條開始緩緩旋轉，鋁條末端小木片會週期性地壓觸到長柄微動開關的長柄，藉由所研發的週期測量機組便可知道鋁條旋轉週期為何。
- 5.調整調速器的速度旋鈕，就可以決定不同的週期時間，此刻鋁條上旋轉式套蓋會拉動 3 公尺橘色實心橡膠管，造成發電機核心之承體如在波浪中週期性的上下起伏之動作。
- 6.再使用三用電錶記錄波浪發電機核心產生的電壓變化。

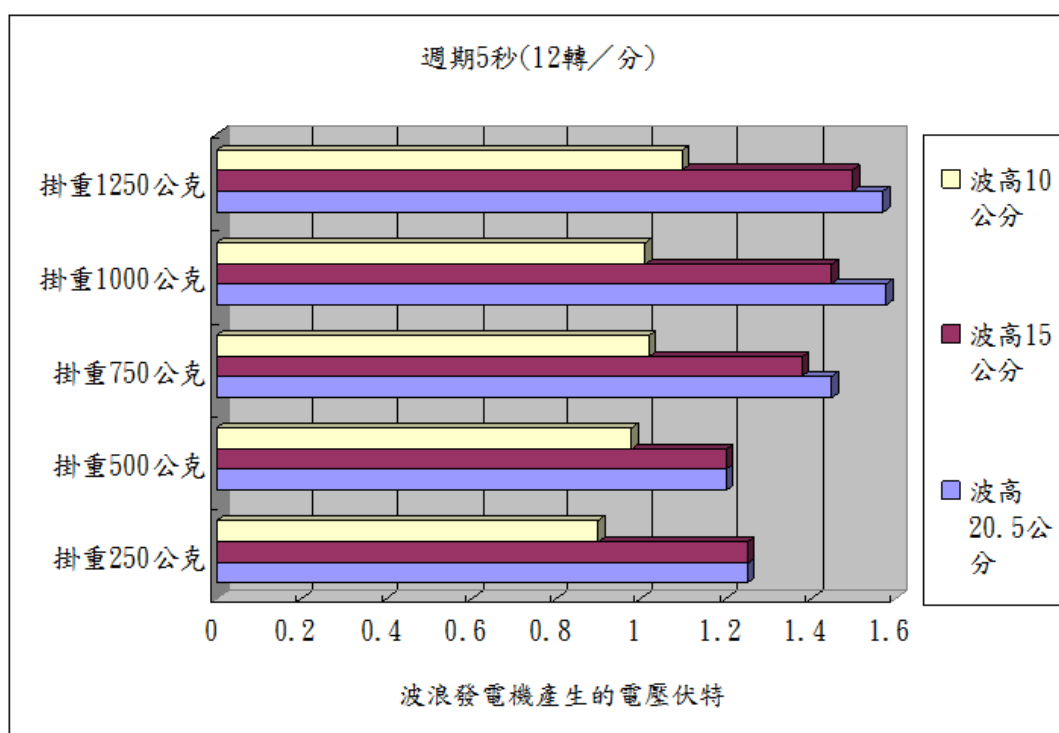
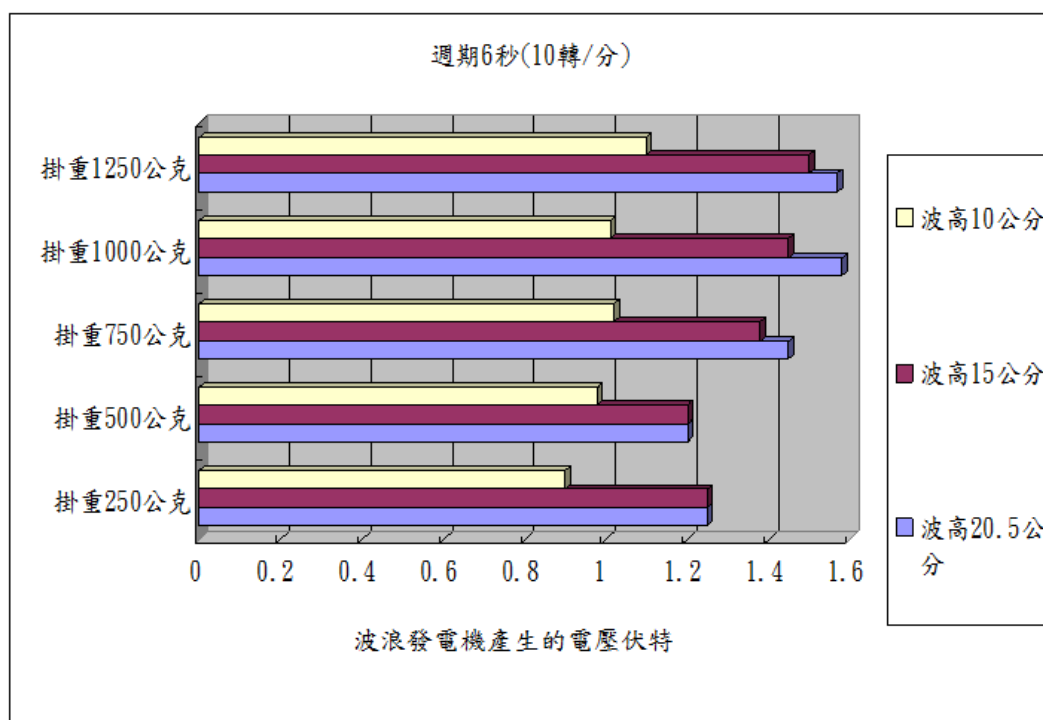


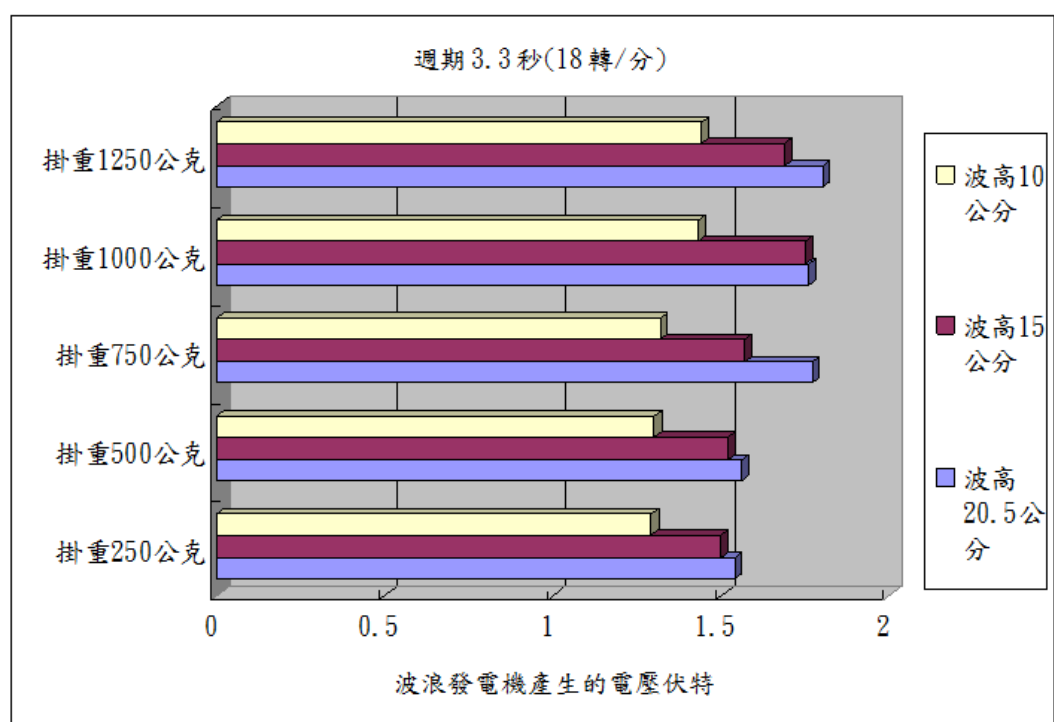
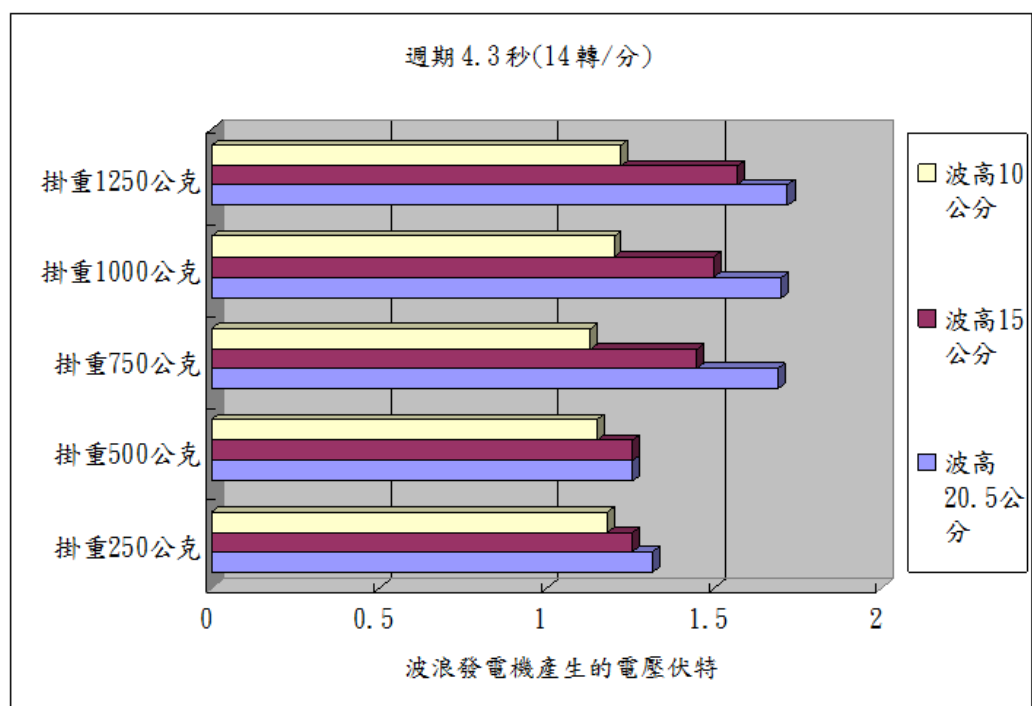
7.波浪發電機核心的發電效率之觀察記錄表及統計圖：

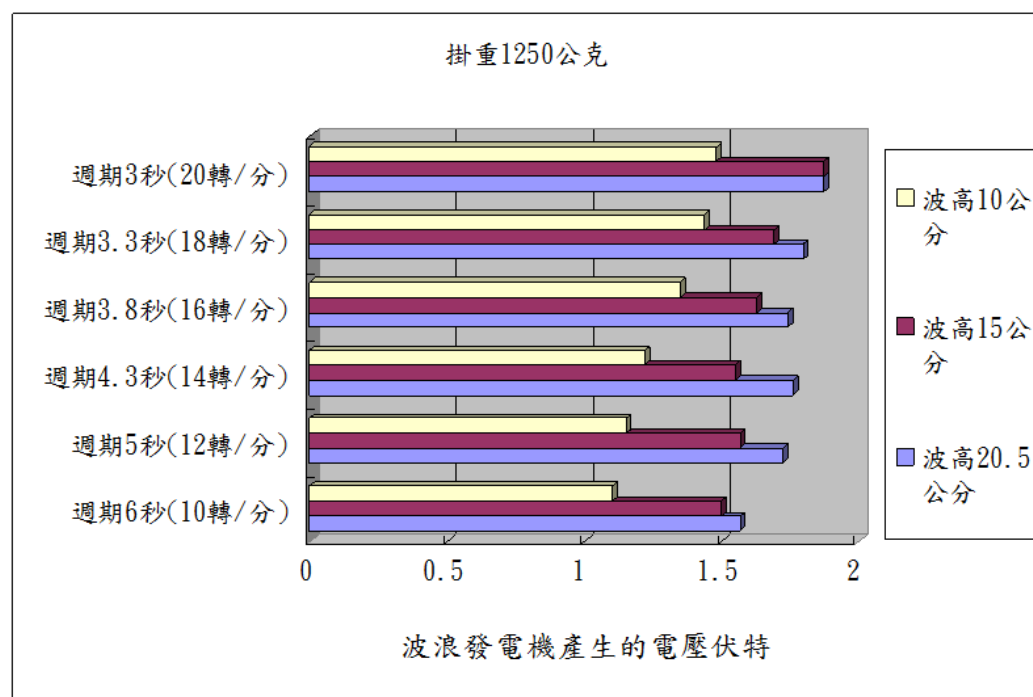
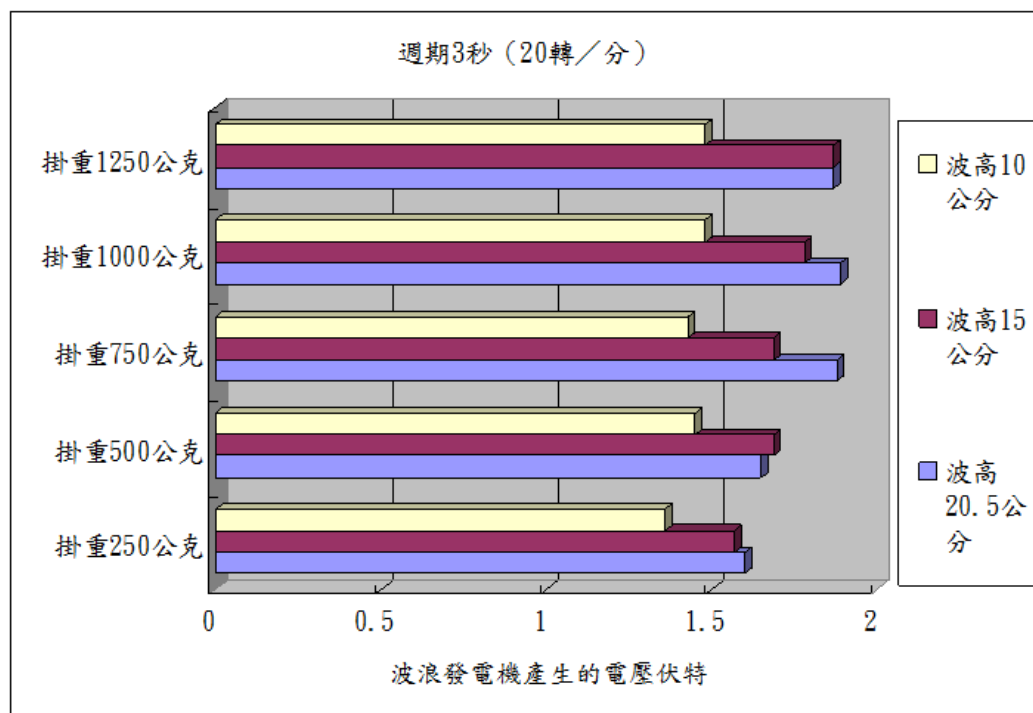


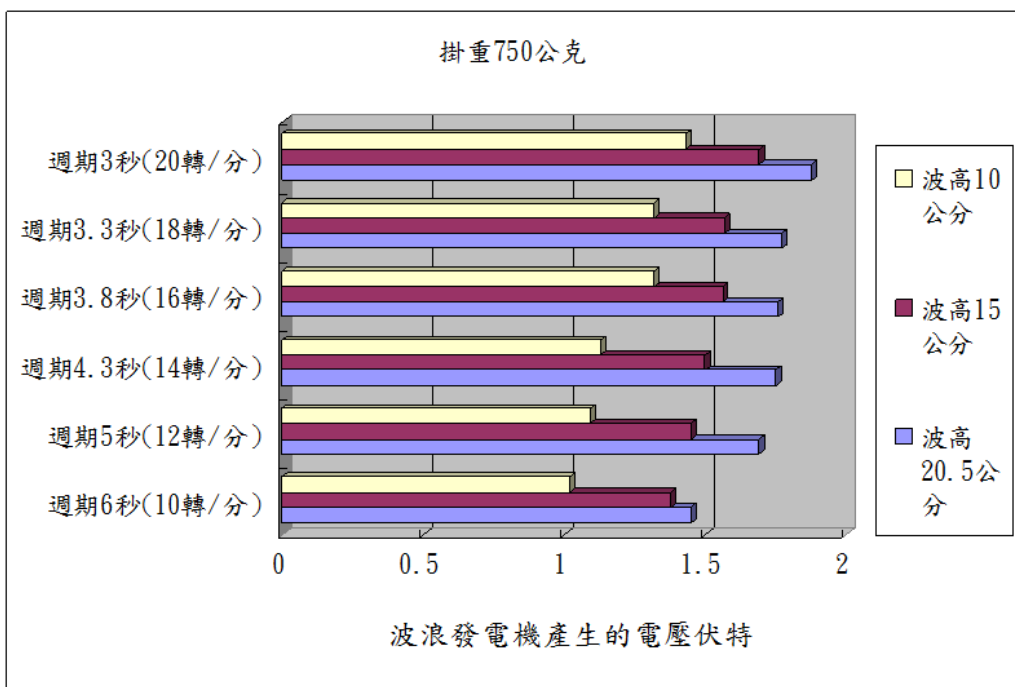
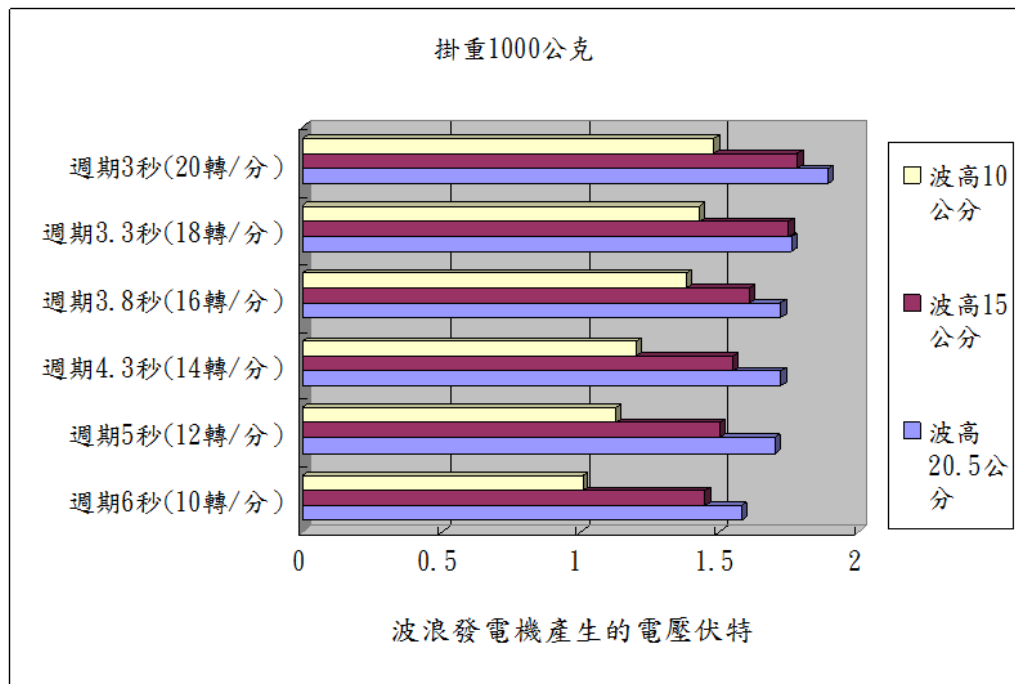


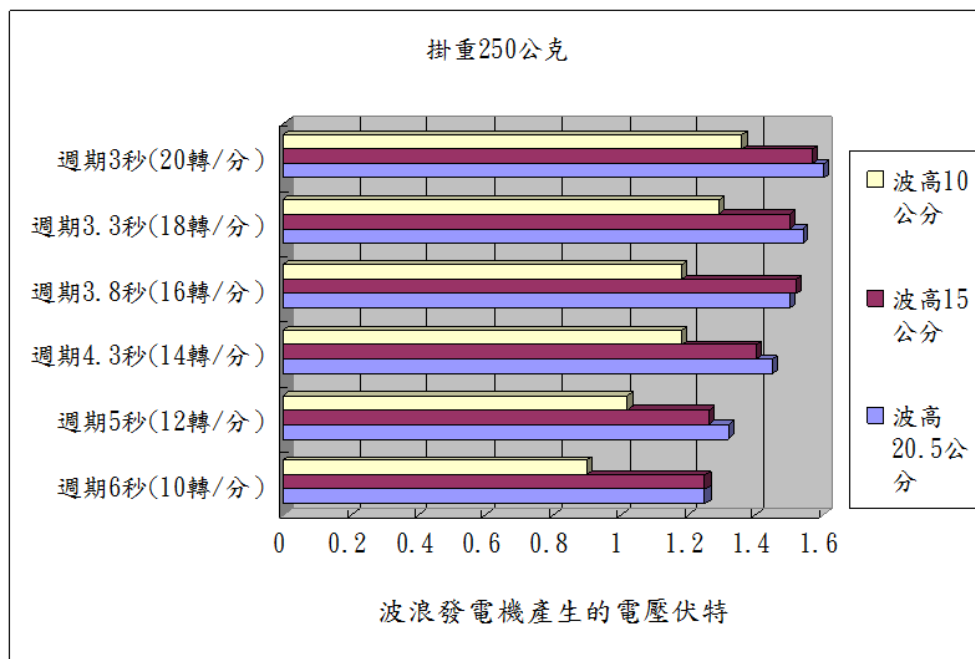
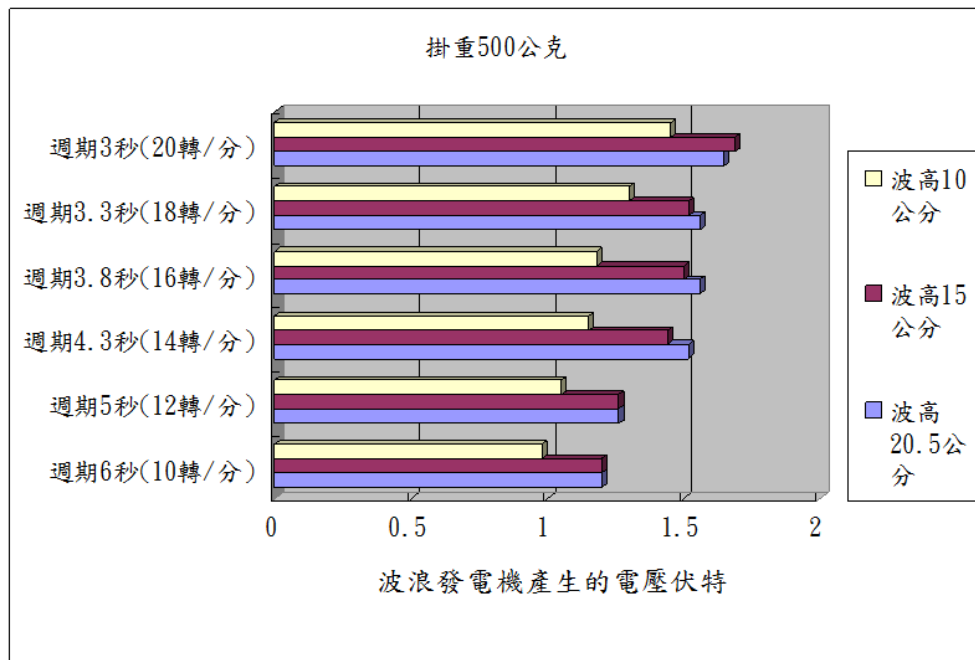












(六)、研發並創作一組波浪發電機模型

實驗 6-1：製作第一代波浪發電機模型

【實驗步驟】

- 1.取長 46 公分寬 40 公分高 28 公分保麗龍箱，將上蓋與下箱牢固封住。
- 2.取 4 個長 5 公分寬 2.5 公分高 2 公分的木頭，沿邊角 45 度對切。再拿 4 個軌道

滑輪、8 個圓環螺絲，如圖鎖上，便完成 4 個導軌滑輪。

3.取長 60 公分寬 46 公分高 1.5 公分的木板，把 4 個導軌滑輪如圖裝上鎖緊螺絲。

4.拿 2 個長 21 公分寬 15 公分高 8.5 公分的保鮮盒，再拿實驗 3-1 完成的波浪發電機核心，放入保鮮盒中比對底部適當位置鑽孔後，取塑膠束帶固定，便完成波浪發電箱。

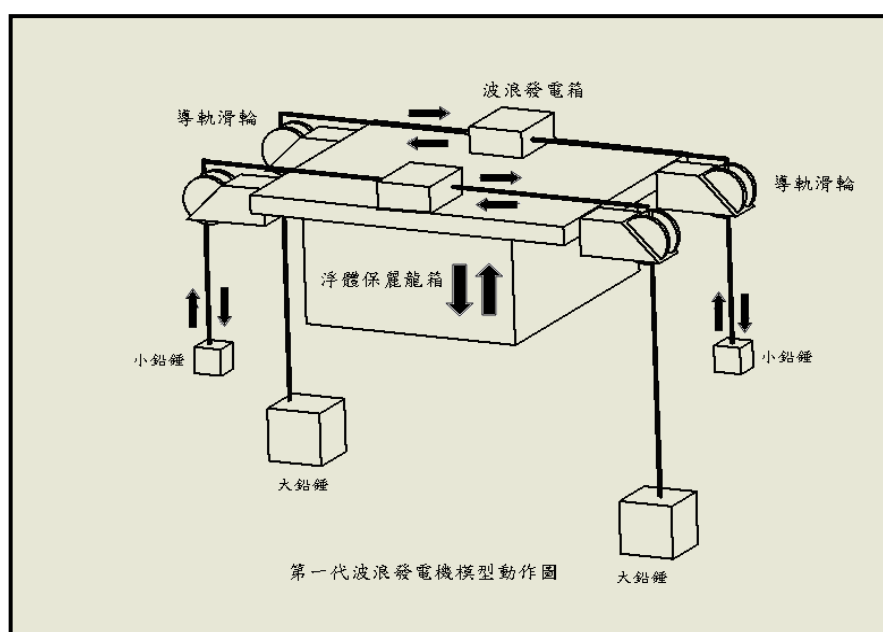
5.在木板上選適當位置後，把步驟 4 完成的 2 個波浪發電箱固定。

6.取 2 條直徑 0.3 公分長 3.5 公尺的橘色實心橡膠管，先將一條的一端綁上旋轉鑰匙環，另一端先穿過 1 號導軌滑輪下方圓環螺絲中的圓環，接著再沿著滑輪凹溝穿過上方圓環螺絲中的圓環。

7.將步驟 6 的實心橡膠管，穿過波浪發電箱，環繞旋轉輪一圈後，穿出 A 波浪發電箱。

8.將步驟 7 的實心橡膠管，拉往 2 號導軌滑輪上方圓環螺絲中的圓環，接著再沿著滑輪凹溝穿過下方圓環螺絲中的圓環後，再把這一端綁上旋轉鑰匙環。

9.重複步驟 6、7、8，讓另一條實心橡膠管穿過 3 號、4 號導軌滑輪及 B 波浪發電箱，再將保麗龍箱與木板貼牢，便完成第一代波浪發電機模型之設計。



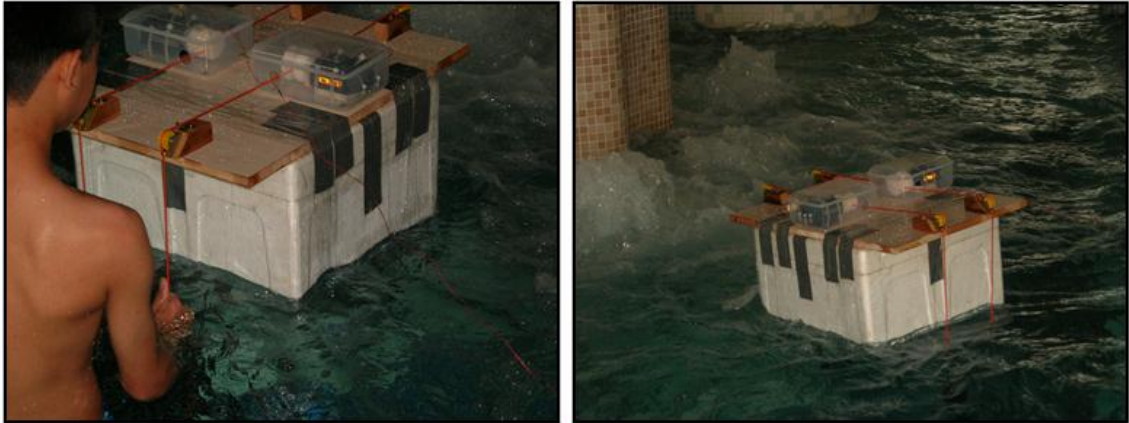
第一代波浪發電機模型研究設計圖



實驗 6-2：游泳池實驗測試第一代波浪發電機模型

【實驗步驟】

1. 討論聯想到可先去社區的游泳池進行測試，首先觀察了解游泳池的地形，並測量了 SPA 池的水深，找尋有適合空間且較大波浪之處準備進行測試。
2. 調整實心橡膠管的長度，以配合 SPA 池的水深，並準備 2 個 3 公斤重的啞鈴及 2 個 1.2 公斤重的鐵塊。
3. 先把波浪發電機模型放到測試的位置，將 2 個 3 公斤重的啞鈴，分別掛在編號 1、4 號導軌滑輪的旋轉鑰匙環上，再把 2 個 1.2 公斤重鐵塊，分別掛在編號 2、3 號導軌滑輪的旋轉鑰匙環上。
4. 最後把波浪發電機核心上所接出的二條電源供應線，與三用電錶測試線相接，便完成了可以開始測量發電電壓的準備。

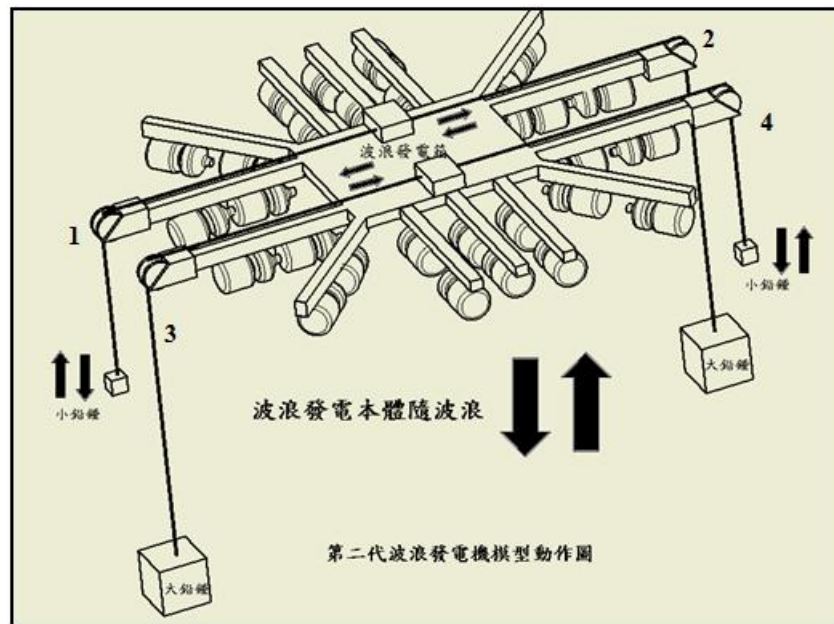


游泳池實驗測試第一代波浪發電機模型

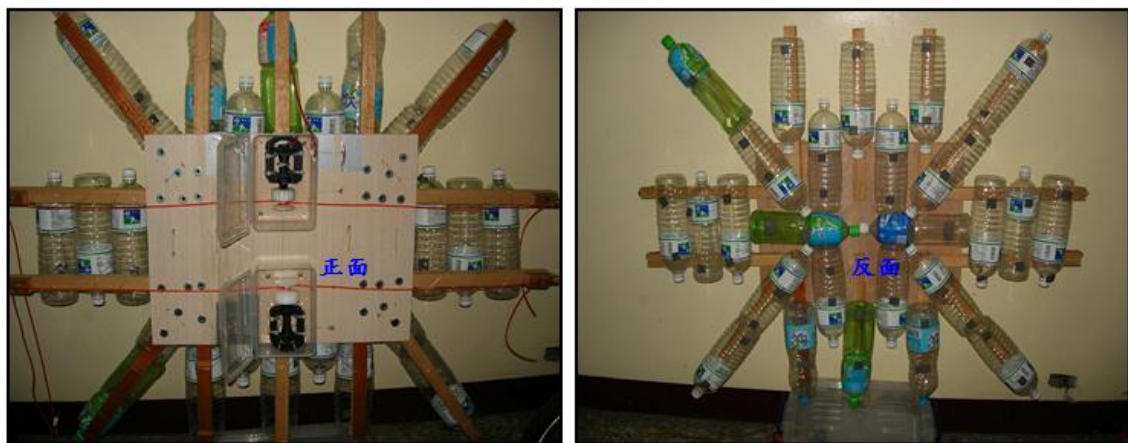
實驗 6-3：製作改良後的第二代波浪發電機模型

【實驗步驟】

- 1.由於第一代波浪發電機模型於游泳池測試時，我們經過討論，發現了一些問題須改進（可參見之後：三、研究結果與討論：實驗 6-2 之研究結果與討論處），故在此進行第二代波浪發電機模型之改良研究工作。
- 2.拆卸實驗 6-1 的波浪發電機模型的保麗龍箱及 4 個導軌滑輪。
- 3.取長 90 公分高 3 公分厚 2.5 公分的木棒 14 枝，並按照如下的研究設計圖，完成與木板的固定工作。
- 4.準備 26 個容量 1500ml 的保特瓶，利用鐵線分別將 26 個保特瓶綁在木棒及木板下面
- 5.把 4 個導軌滑輪，分別裝在如下的研究設計圖上編號為 1、2、3、4 號的新位置上。
- 6.其餘步驟與實驗 6-1 的實驗步驟 6、7、8、9 相同，便完成改良後的第二代波浪發電機模型之設計。



第二代波浪發電機模型研究設計圖



第二代波浪發電機模型創作完成品

(七)、游泳池實驗測試改良後波浪發電機模型

實驗 7：游泳池再實驗測試改良後第二代波浪發電機模型

【實驗步驟】

1. 我們再次不斷地溝通與協商，終於再次借用到了游泳池以進行重新實驗測試，將改良後第二代波浪發電機模型，放到 SPA 池中相同的測試位置。
2. 接著將 2 個 3 公斤重的啞鈴，分別掛在編號 1、4 號導軌滑輪的旋轉鑰匙環上，再把 2 個 1.2 公斤重鐵塊，分別掛在編號 2、3 號導軌滑輪的旋轉鑰匙環上。
3. 最後把波浪發電機核心上所接出的二條電源供應線，與三用電錶測試線相接，便

完成了可以開始測量發電電壓之準備。



游泳池再實驗測試改良後第二代波浪發電機模型

(八)、大海真實實驗測試改良後波浪發電機模型

實驗 8：大海真實實驗測試改良後第二代波浪發電機模型

【實驗步驟】

- 1.我們首先查詢及討論了「中央氣象局海象測報中心」的網站資料，了解海邊乾、滿潮時間為何。
- 2.先將改良後第二代波浪發電機模型所接出的電源供應線加長為 40 公尺，即可在岸邊測試發電電壓。
- 3.再把發電機模型在乾潮時間後 30 分鐘內，放置在海深 2 公尺的位置，便可開始進行最興奮的大海真實實驗測試。



大海真實實驗測試改良後第二代波浪發電機模型

(九)、應用波浪發電機設計與研發出『危險水域波浪警示燈』

實驗 9：設計與製作出危險水域波浪警示燈模型

【實驗步驟】

1.考慮自製的波浪發電機模型在海水中產生的電壓、電流狀況，我們討論並尋找 適合的 LED 燈(HL-6573)(如右圖)，做為警示燈搭配使用。

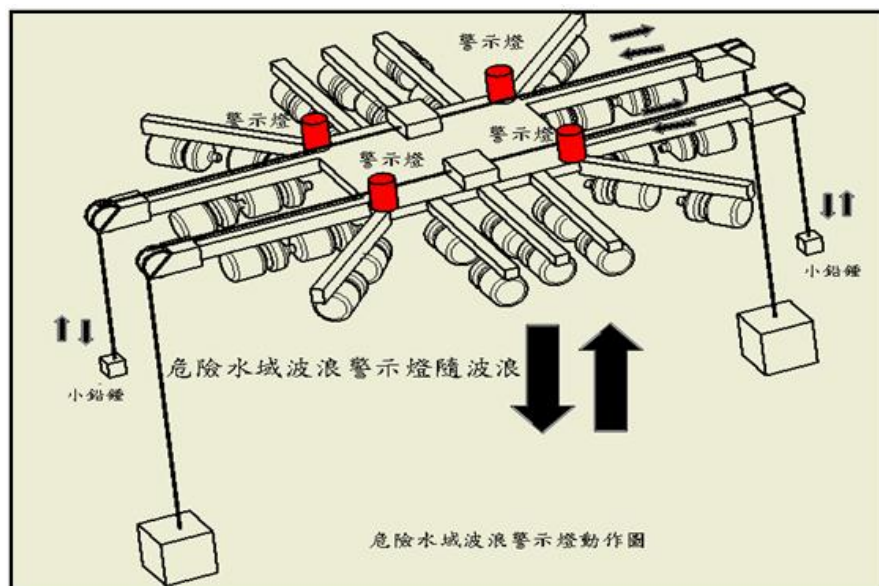


2.選四個 LED 警示燈固定在第二代波浪發電機模型上(如下圖研究設計圖所示)，接著將兩台發電箱所接出的電源供應線，分別供應給四台 LED 警示燈使用，並且以電氣接點做為防水處理，完成危險水域波浪警示燈模型之設計與製作。

3.我們也特別搜尋了進行大海真實實驗測試時所需要合作的相關單位資料〈例如多家海洋遊憩公司及專業板浪俱樂部等單位〉，一一用心地向其負責人員與專業人員詳細解釋了我們的研究目的與需求，透過不斷地溝通與協調〈例如向海岸巡防單位解釋及向當地民眾說明……等等〉，終於感動了其願意接納與合作的意願，一同協助進行此大海真實實驗測試，學到了許多聯繫與溝通的技巧，辛苦但卻十分值得。

4.我們也事先查詢及討論了「中央氣象局海象測報中心」的網站資料，以了解海邊乾、滿潮時間為何。

5.再把我們研發設計的危險水域波浪警示燈模型在乾潮時間後 30 分鐘內，放置在水深 2 公尺的位置，便可開始進行大海之真實實驗測試。



危險水域波浪警示燈研究設計圖



整合與感謝相關單位的協助與合作



危險水域波浪警示燈創作完成品

三、研究結果與討論

(一)、研究分析波高、週期、載重與波浪發電機浮體作功的關係

研究結果與討論 1：

先前在：<二、研究過程與方法>處所推導之理論上波浪發電機浮體被作功為：

$$W=ma\Delta s=m(-\omega^2\Delta s)\Delta s = m[-(\frac{2\pi}{T})^2\Delta s]\Delta s \dots\dots(1-4)$$

在該處之研究分析，推論波浪發電機浮體被作功將受到：波浪發電機浮體質量(載重) m 、位移量 Δs 、週期 T 等因素影響。

由於我們所創意設計的波浪發電機核心之發電機制是只要一有些許移動，即可立即發電亮光，故波浪發電機浮體被作功之量可與其所發電電壓之量產生連動關係，即發電電壓高低可作為波浪發電機浮體被作功大小之判斷依據，故為了測試波浪發電機浮體被作功是否真是受到上述因素影響，在之前：<二、研究過程與方法>處特別以所設計的：<實驗 5：以所自製研發的模擬波浪測試平台系統控制不同浪高、不同週期以及不同掛重，以實驗測試波浪發電機核心之發電電壓效率變化為何>，作為判斷上述因素是否會影響以及如何影響波浪發電機浮體被作功量之依據。

實驗研究結果發現，不同掛重、浪高、週期確實會產生不同的發電電壓，證明了我們所推論的波浪發電機浮體被作功會受到：波浪發電機浮體質量(載重)、位移量、週期等因素影響的假設是成立的，並且也由實驗結果發現：掛重越大、浪高越高或是週期越短，發電量越高，證明了波浪發電機浮體的質量(載重)越大、位移量越多或是週期越短，其被作功量越大，真實實驗結果與所推導的理論關係式是完全相符的，也讓我們得知將來以我們所設計的波浪發電機浮體模型與發電機制，若想產生較高的發電電壓效能，則須提高波浪發電機浮體被作功之量，亦即必須考量到掛重、浪高、週期等因素之掌握，以期產生更好之發電效率。

(二)、研究並測試波浪發電機浮體模型

實驗 2-1：單軌波浪發電機浮體模型

研究結果與討論 2-1：

1. 觀察發現水波觸及浮體模型時，記號結果會左右移動，並且能夠隨著水波大小而產生規律性變化。
2. 實驗過程中，我們發現單軌波浪發電機浮體模型不會固定在相同地點上，而會產生左右漂移之問題，須要加以研究改進。
3. 透過實際的實驗測試，我們發現了波浪的能量能夠順利轉換成讓繩子左右扯動的力量，證明了我們對波浪發電機的初期動機之研究假設是可行的。

實驗 2-2：雙軌波浪發電機浮體模型

研究結果與討論 2-2：

1. 針對上述實驗 2-1 所發現之問題，我們討論與研究出把大鉛錘與小鉛錘對角交錯放置在細繩的兩端，則雙軌波浪發電機浮體模型就可固定在相同地點上，不會左右漂移了，解決了問題，兩個記號結也會左右移動，且會隨著水波大小而產生規律性變化。

(三)、設計並測試波浪發電機核心之形式

實驗 3-1：扯鈴童玩聯想到製作波浪發電機的核心

研究結果與討論 3-1：

1. 我們自製的波浪發電機核心有著以創意加裝的旋轉輪，只要少許轉動，就可以發電亮光，發電效能高。
2. 在實驗測試過程中，觀察發現到紅色 LED 燈是交錯間隔發光，推論應是交流電產生，再以三用電錶特別接線測量後，證實確實是產生交流電。

實驗 3-2：製作波浪發電機核心之承體

研究結果與討論 3-2：

1.用雙手拉住橘色實心橡膠管的兩端，做上下拉動的動作，可帶動波浪發電機核心的旋轉輪旋轉發光。

2.波浪發電機核心的發電原理：利用軌道滑輪把波浪的上下力量方向，轉換為左右方向，使實心橡膠管能左右移動，再經摩擦力效應，帶動波浪發電機核心的旋轉輪，此刻旋轉輪的轉動與波浪的高低浪高、長短週期，產生連動效應，進而能夠擷取轉換波浪的能量。

(四)、研發並製作一組模擬波浪測試平台

實驗 4-1：製作模擬波浪測試平台之動力運轉機組

研究結果與討論 4-1：

1.原先鋁條上安裝的是固定式的套蓋，並不會旋轉，使得在初期的測試實驗中，出現鋁條上安裝的固定式的套蓋拉動的實心橡膠管，會隨著減速馬達的運轉而扭曲打結的問題，經過研究與討論，換上了會隨著減速馬達的運轉而配合著旋轉的旋轉式套蓋，才成功地解決了此一大問題。

2.鋁條中心孔的左右兩邊小孔，A、B、C 孔距減速馬達軸心各為 5、10、15 公分，在其孔內插入旋轉式套蓋，並開啟減速馬達運轉之後，會讓綁在旋轉式套蓋的實心橡膠管末端產生：

A 孔 10 公分、B 孔 15 公分、C 孔 20.5 公分的固定上下運動，我們便可從變換旋轉式套蓋插入 ABC 三孔的孔位來控制與變換三種模擬的浪高。

3.在測試減速馬達的過程中了解需要有穩定的拉力，等調速器控制調整好週期後，要讓減速馬達先熱機旋轉個 3 分鐘，這樣才能提供穩定的拉力。

實驗 4-2：製作模擬波浪測試平台之週期測量機組

研究結果與討論 4-2：

1.運用生活中電子錶的觀察與聯想，再加上自己創意設計的長柄微動開關及按鍵開關之組合運用，確實可十分方便且自動準確地測量出週期時間為何（可精準至 0.01

秒)。

2.關於長柄微動開關這個方式，我們也有討論與聯想到其它方法，例如利用磁鐵吸引磁簧管造成通路的方式，也可以模擬代替碼錶的計時開始與停止的功能按鍵。

實驗 4-3：設計並進行模擬波浪測試平台之組合

研究結果與討論 4-3：

1.利用我們在實驗 4-1 及實驗 4-2 所研發完成的模擬波浪測試平台之動力運轉機組與週期測量機組，加上此處實驗所完成的相關物件聯結組合，讓我們可以控制不同的浪高、不同的週期以及不同的掛重，而能夠進行下一個研究目的：可以利用此一模擬波浪測試平台系統來控制相關的變因，以實驗測試我們的波浪發電機核心之發電電壓效率的應變結果為何。

2.我們也觀察發現當承體在被拉動時會有旋轉的問題產生，理解將來在進行研發與創作真實的波浪發電機模型時要進行問題解決，要設計出如實驗 2-2 的雙軌對稱穩定性的樣式創作。

(五)、利用模擬波浪測試平台實驗測試波浪發電機核心之發電電壓效率

實驗 5：以所自製研發之模擬波浪測試平台系統**控制不同浪高**（包括：20.5 公分、15 公分、10 公分）**不同週期**（包括：6 秒、5 秒、4.3 秒、3.8 秒、3.3 秒、3 秒）**以及不同掛重**（包括：250 公克、500 公克、750 公克、1000 公克、1250 公克），**以實驗測試波浪發電機核心之發電電壓效率變化為何**

研究結果與討論 5：

1.在模擬波浪測試平台系統的測試下，可以知道同掛重、同週期，不同浪高的情況下，浪高愈高產生的電壓愈高(浪高 20.5 公分>浪高 15 公分>浪高 10 公分)。

2.在模擬波浪測試平台系統的測試下，可以知道同掛重、同浪高，不同週期的情況下，週期愈短產生的電壓愈高(週期 3 秒>週期 3.3 秒>週期 3.8 秒>週期 4.3 秒>週期 5 秒>週期 6 秒)。

3.在模擬波浪測試平台系統的測試下，可以知道同週期、同浪高，不同掛重的情況下，掛重愈大產生的電壓愈高(掛重 1250 公克>掛重 1000 公克>掛重 750 公克>

掛重 500 公克 > 掛重 250 公克)。

4.在實驗測試時，觀察發現到承體裡橘色實心橡膠管有時會有脫出軌道滑輪凹溝的問題，將來在進行研發與創作真實的波浪發電機模型時要進行此一問題之解決，要設計出實心橡膠管不易脫離軌道滑輪凹溝的樣式創作。

(六)、研發並創作一組波浪發電機模型

實驗 6-1：製作第一代波浪發電機模型

研究結果與討論 6-1：

1.我們經過討論後，利用保麗龍箱當浮體，使波浪發電箱能漂浮於水面，能夠隨著波浪上下起伏，也同時能使波浪發電箱的實心橡膠管產生左右拉扯移動，就像扯鈴的繩索使鈴碗快速轉動一樣，而我們是發揮創意設計將鈴碗換成了發電機的旋轉輪，再加上發電機模型的相關物件加以研發組合，而能成功地將波浪上下起伏的力量轉換成拉動發電機發電的力量。

實驗 6-2：游泳池實驗測試第一代波浪發電機模型

研究結果與討論 6-2：

1.游泳池的 SPA 池之測試，我們的波浪發電機模型並沒有產生較高的電壓，檢視 SPA 池內波浪發電機模型的旋轉輪，其轉動也是較為弱小。

2.在游泳池測試時，發現波浪發電機模型的重心並不穩定，擔心容易傾斜翻倒，發現此一問題須要再研究改進。

3.波浪發電機模型接觸水的底面積，設計的不夠大，使得波浪一來的時候，無法迅速產生較大的瞬間浮力來帶動整個波浪發電機模型的良好上下起伏晃動，故發電電壓不高，此一問題也須再研究改進。

實驗 6-3：製作改良後的第二代波浪發電機模型

研究結果與討論 6-3：

1.針對上述實驗 6-2 所發現之問題，我們討論與研究出改變浮體樣式之設計，以解決問題。

2.原本是想用大片的保麗龍板來做我們的浮體，但到遍訪書局選看保麗龍板時，才發現其板體太軟，無法固定我們的發電機模型之木板，後來經由與老師討論後，才決定用實心木棒排列成放射狀做為堅固的骨架，再與廢棄的保特瓶來綁合，做為波浪發電機模型的浮體，兼顧了強韌、環保、且氣密性佳的特性。

(七)、游泳池實驗測試改良後波浪發電機模型

實驗 7：游泳池再實驗測試改良後第二代波浪發電機模型

研究結果與討論 7：

- 1.此次改良後的波浪發電機模型因重心已放低了，故在池中已相當穩固，不用擔心容易傾斜翻倒，解決了第一代波浪發電機模型的問題。
- 2.此次改良後的波浪發電機模型因增加了接觸水的底面積，故波浪一來的时候，可產生較大的瞬間浮力來帶動整個波浪發電機模型的良好上下起伏晃動，故發電電壓也較高了，也解決了第一代波浪發電機模型的問題。
- 3.游泳池的 SPA 池之測試，改良後第二代波浪發電機模型，已能產生較高的電壓，且能讓我們的 LED 發光片發光不停，檢視 SPA 池內改良後波浪發電機模型的旋轉輪，其亦能左右快速轉動，以三用電錶測試發電電壓，因為是交流電緣故，故電壓值會跳動，按下三用電錶的“MAX”峰值按鍵後，得知可產生高達 3.2 伏特的電壓，可謂成功之改良。



(八)、大海真實實驗測試改良後波浪發電機模型

實驗 8：大海真實實驗測試改良後第二代波浪發電機模型

研究結果與討論 8：

- 1.大海真實的實驗測試結果非常成功，我們的改良後第二代波浪發電機模型在大

海波浪中運作十分良好，一個發電箱即能產生高達 4.5 伏特的電壓，且能將此珍貴的波浪發電再生能源注入 LED 發光片發光不止，這是我們長期付出心血努力的成果，也終於能夠順利地讓自行研發的波浪發電機模型真正運轉成功，達成了研究目的，令我們感觸萬分也感動不已。



(九)、應用波浪發電機設計與研發出『危險水域波浪警示燈』

實驗 9：設計與製作出危險水域波浪警示燈模型

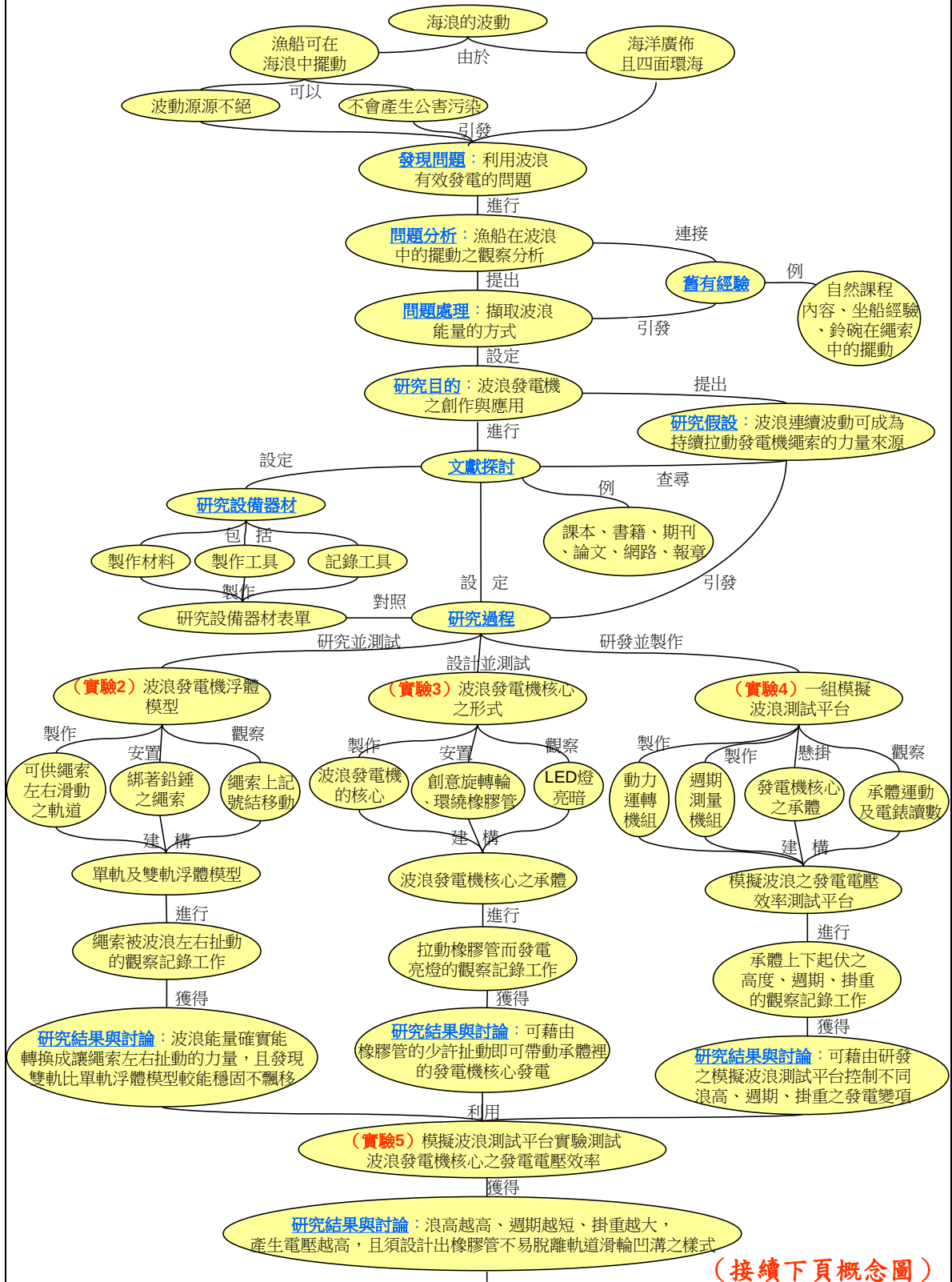
研究結果與討論 9：

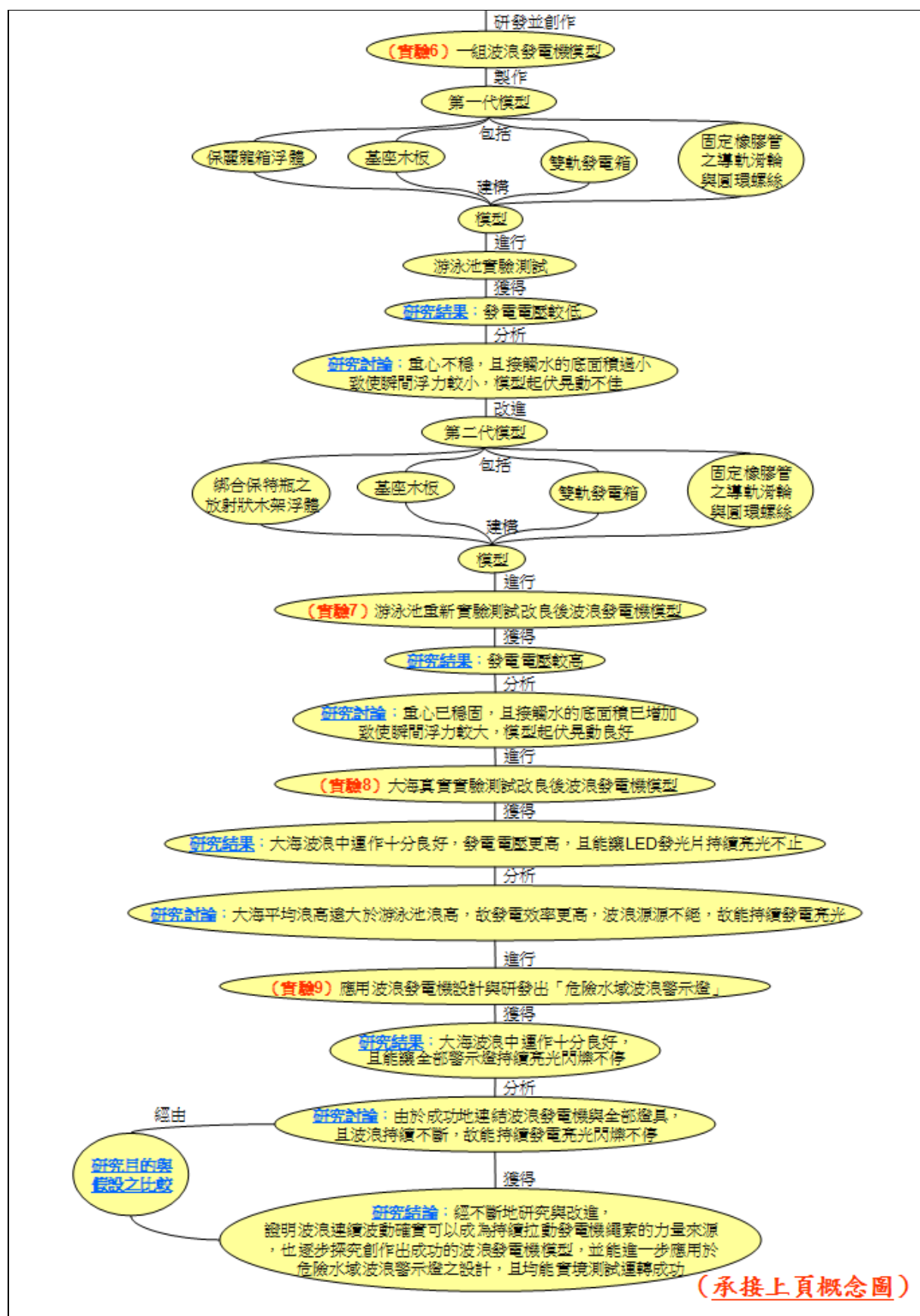
1.大海真實的實驗測試結果非常成功，我們的波浪發電型式之『危險水域波浪警示燈』模型在大海波浪中運作十分良好，波浪所產生的電能能夠不斷地使警示燈具亮光閃爍不停，在夜間的大海中更是醒目不已，這也是我們長期付出心血努力的成果，終於能夠順利地讓自行研發的波浪發電型式之『危險水域波浪警示燈』模型真正運轉成功，達成了另一研究目的，也將我們當初的原始構想確實用心付諸實現了，再次令我們萬分感動不已。



四、結論與應用

科學教育總結報告：思考與研究程序之概念圖分析





- (一)、在研究分析波高、週期、載重與波浪發電機浮體作功的關係之過程中，我們以特別創意設計的研究方法驗證波浪發電機浮體被作功量之推導理論，實驗結果發現：掛重越大、浪高越高或是週期越短，發電量越高，證明了波浪發電機浮體的質量(載重)越大、位移量越多或是週期越短，其被作功量越大，真實實驗結果與所推導的理論關係式是完全相符的，也讓我們得知將來以我們所設計的波浪發電機浮體模型與發電機制，若想產生較高的發電電壓效能，則須提高波浪發電機浮體被作功之量，亦即必須考量到掛重、浪高、週期等因素之掌握，以期產生更好之發電效率。
- (二)、在研究並測試波浪發電機浮體模型的過程中，我們發現單軌波浪發電機浮體模型不會固定在相同地點上，而會產生左右漂移之問題，針對此一發現之問題，我們討論與研究出把大鉛錘與小鉛錘對角交錯放置在細繩的兩端，則雙軌波浪發電機浮體模型就可固定在相同地點上，不會左右漂移了，解決了問題，證明了雙軌波浪發電機浮體模型要比單軌波浪發電機浮體模型適合波浪發電設計；此外，經由觀察模型上的兩個記號結能夠左右移動，且會隨著水波大小而產生規律性變化，發現了波浪的能量確實能夠順利轉換成讓繩子左右扯動的力量，證明了我們對波浪發電機的初期動機之研究假設是可行的。
- (三)、在設計並測試波浪發電機核心之形式的過程中，我們發現了以創意加裝的旋轉輪，只要少許轉動，就可以發電亮光，發電效能高；此外，經由觀察發現到紅色 LED 燈是交錯間隔發光的，之後以三用電錶特別接線測量後，證實確實是產生交流電。我們也經由實驗歸納出我們設計的波浪發電機核心之發電原理為：利用軌道滑輪把波浪的上下力量方向，轉換為左右方向，使實心橡膠管能左右移動，再經摩擦力效應，帶動波浪發電機核心的旋轉輪，此刻旋轉輪的轉動與波浪的高低浪高、長短週期，產生連動效應，進而能夠擷取轉換波浪的能量。
- (四)、利用我們所研究設計完成的自動化模擬波浪測試平台之動力運轉機組（可以從變換旋轉式套蓋插入鋁條的孔位來控制與變換不同模擬的浪高）與週期測量機組（運用了生活中電子錶的觀察與聯想，加上創意設計的長柄微

動開關及按鍵開關之組合運用，確實可自動準確地測量出週期時間為何（可精準至 0.01 秒）），以及**相關物件聯結組合**，讓我們可以控制不同的浪高、不同的週期以及不同的掛重，而**能夠進行波浪發電機核心之發電電壓效率的應變結果為何之測試實驗**。

（五）、在**自行設計的自動化模擬波浪測試平台系統**之測試下，有重要的發現及結論如下：

1、同掛重、同週期，不同浪高的情況下， 浪高愈高產生的電壓愈高(浪高 20.5 公分>浪高 15 公分>浪高 10 公分) 。
2、同掛重、同浪高，不同週期的情況下， 週期愈短產生的電壓愈高(週期 3 秒>週期 3.3 秒>週期 3.8 秒>週期 4.3 秒>週期 5 秒>週期 6 秒) 。
3、同週期、同浪高，不同掛重的情況下， 掛重愈大產生的電壓愈高(掛重 1250 公克>掛重 1000 公克>掛重 750 公克>掛重 500 公克>掛重 250 公克) 。

（六）、在設計**製作第一代波浪發電機模型**時，我們是利用**保麗龍箱當浮體**，使波浪發電箱能漂浮於水面，而能夠隨著波浪上下起伏，也同時能使波浪發電箱的實心橡膠管產生左右移動來發電。而**實際到游泳池測試第一代波浪發電機模型時得到三個問題結論**：

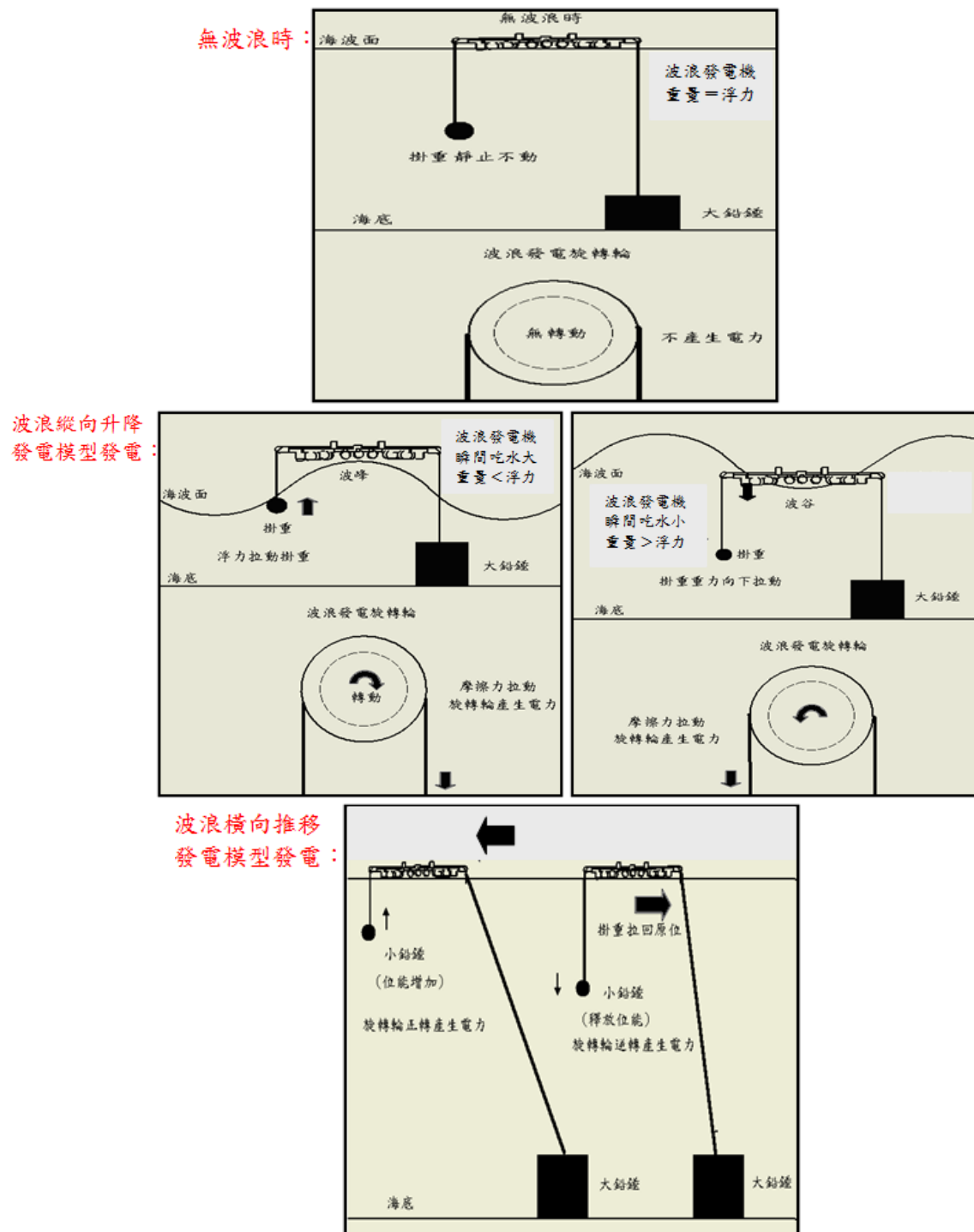
1、並沒有產生較高的電壓，檢視波浪發電機模型的旋轉輪，其轉動也是較為弱小。
2、發電機模型 在池中的重心並不穩定 ，擔心容易傾斜翻倒，這需要再研究改進。
3、發電機模型 接觸水的底面積，設計的不夠大，使得波浪一來的時候，無法迅速產生較大的瞬間浮力來帶動整個發電機模型的良好上下起伏晃動 ，故發電電壓不高，此問題也須再研究改進。

（七）、討論研究後，在設計**製作改良後第二代波浪發電機模型**時，決定改用**實心木棒排列成放射狀做為堅固的骨架**，再與廢棄的保特瓶來綁合做為浮體，兼顧了強韌、環保、且氣密性佳的特性，並**再次申請實際到游泳池進行重新測試**，解決了前述第一代波浪發電機模型的三個問題，所得到的結論為：

- | |
|--|
| 1、已能產生較高的電壓，且能讓我們的 LED 發光片發光不停，檢視改良後波浪發電機模型的旋轉輪，其亦能左右快速轉動，以三用電錶測試發電電壓，因為是交流電緣故，故電壓值會跳動，按下“MAX”峰值按鍵後，得知可產生高達 3.2 伏特的電壓，可謂成功之改良。(且若是真實的海浪，平均浪高會在 40-60 公分，比游泳池 SPA 波浪之浪高 10-20 公分要高出許多，發電電壓應會更高) |
| 2、發電機模型重心已放低了，在池中已相當穩固，不用擔心容易傾斜翻倒。 |
| 3、發電機模型因增加了接觸水的底面積，故波浪一來的时候，可產生較大的瞬間浮力來帶動整個波浪發電機模型的良好上下起伏晃動，故發電電壓也較高。(因為“物體在液體中所受浮力，等於所排開的液體體積重量”，而“物體體積=底面積×高”，所以增加浮體底面積是快速反應瞬間浮力的最佳方法，能在浮體入水最小情況下，快速產生足夠的浮力帶動發電機模型移動。) |

(八)、大海真實的實驗測試結果非常成功，我們的改良後第二代波浪發電機模型在大海波浪中運作十分良好，一個發電箱即能夠產生高達 4.5 伏特的電壓，且能夠將此珍貴的波浪發電再生能源注入 LED 發光片發光不止，這是我們長期付出心血努力的成果，也終於能夠順利地讓自行研發的波浪發電機模型真正運轉成功，達成了研究目的，令我們感觸萬分也感動不已。經由我們的實驗測試結果來分析波浪發電機模型的發電方式，可細分為三大類來說明（配合次頁分析說明圖）：

- | |
|--|
| 第一類：波浪上升時，會直接拉動發電機模型往上移動，此刻發電機模型儲存了位能，同時也拉動旋轉波浪發電機模型的旋轉輪，產生電力。 |
| 第二類：波浪下降時，發電機模型會往下移動，此刻發電機模型會釋放位能，同時也拉動旋轉波浪發電機模型的旋轉輪，產生電力。 |
| 第三類：波浪橫向推移波浪發電機模型，造成發電機模型的橫向移動，同時也拉動旋轉波浪發電機模型的旋轉輪，產生電力。 |



(九)、大海真實的實驗測試結果非常成功，我們的波浪發電型式之『危險水域波浪警示燈』模型在大海波浪中運作十分良好，波浪所產生的電能能夠不斷地使警示燈具亮光閃爍不停，在夜間的大海中更是醒目不已，這也是我們長期付出心血努力的成果，終於能順利地讓自行研發的波浪發電型式之『危險水域波浪警示燈』模型真正運轉成功，達成了另一重要的研究目的，也將我們當初的原始構想確實用心付諸實現了。”因為有了辛苦努力的付出，

學習的過程與成功的果實才能顯得更為珍貴與甘美”，此次的研究過程令我們留下了深刻的記憶，深深地感動不已，也更加地熱愛科學之學習與探究活動。

五、未來展望與建議

(一)、我們研發的波浪發電機模型之特性與未來應用性：

1、我們的波浪發電機模型製作成本十分低廉，且又能充分運用廢棄的物品如保特瓶回收再利用等，兼具了環保、經濟又實用之多項特色。
2、我們的波浪發電機模型亦是屬於高度行動式的，哪裡有需要（例如：船難、暗礁、危險水域.....等等）即可立即施行運作，不虛構築複雜工事，也不需特殊波長的波浪，只要有波動造成波浪起伏即可以發電，即時性及機動性極高。
3、當海面上升時，是浮力拉動發電機模型向上移動，此刻發電機模型儲存了位能，同時也拉動旋轉波浪發電機模型的旋轉輪，產生電力。
4、當海面下降時，被浮力往上拉的發電機模型會向下移動，此刻發電機模型會釋放位能，同時也拉動旋轉波浪發電機模型的旋轉輪，產生電力。
5、當波浪橫向推拉波浪發電機模型時，會造成發電機模型的橫向移動，同時也拉動旋轉波浪發電機模型的旋轉輪，產生電力。
6、我們的發電機模型沒有太複雜的轉換設計，少一份轉換，便少一份能源損耗，成本低，效率高。
7、未來可應用於危險水域警示燈、碼頭船隻導航燈、沿海海域航標燈.....等等相關電能運用設備上，技術提升且規模化後產生的電力亦可供海港燈塔及沿海居民使用或後送其他用途利用（例如：電解海水，製造氫氣與氧氣，可供應其它設備燃料所需.....等等），可預見海洋資源與能量的開發及利用可說是未來人類生活發展的重要趨勢。

(二)、未來要如何提高波浪發電機模型發電的效率：

1、根據實驗結果，波高愈高、週期愈短，波浪發電機模型產生電壓愈大，所以依據這個準繩，選擇合適地點，佈置波浪發電機模型，便可以提高發電效率。
2、未來若能設計搭配專屬特別合適的波浪發電水域位址，利用波浪的反射原理與折射原理來產生聚波的效果，並運用波浪的淺化原理與盪漾原理來產生共振而加成原來波高的效果，將分散的波浪能量統一匯集，以提高波浪的振幅、週期和能量密度，而能獲取更高的波浪發電能量。
3、使用可使電壓升高的升壓變壓器，予以提升輸出之電壓。
4、設計專屬合適波浪發電機模型，並配合儲蓄電能的設計，使我們可以更有彈性來應用所產生的珍貴再生能源。
5、因為波浪發電機模型為浮體設計，所以浮體上面也可以加裝風力發電機及太陽能發電板，可以綜合三者於波浪發電機模型上，以同時增加發電效率。

(三)、我們也進行了我們所研究的**波浪發電能源及其他各種能源的認識與優缺點之比較分析**工作，並加以整理說明如下表：

波浪發電能源及其他各種能源的認識與優缺點之比較分析表

能源種類	優點	缺點
波浪發電	1. 不會造成空氣污染、溫室效應。 2. 它是乾淨且取之不盡的能源。 3. 安全性高。 4. 不受陰晴天氣影響。 5. 海洋或湖水廣佈，波浪資源豐富。 6. 可 24 小時發電。	1. 發電設備需固定於海床上，承受海水腐蝕、浪潮侵襲。
石油	1. 容易儲存和提煉。 2. 容易運送。	1. 石油一經燃燒後，就不可以再重複使用。 2. 中東的政治不穩，影響了石油的供應量。 3. 世界上有產石油的地方不多。 4. 石油會造成空氣污染(汽車排氣就是最明顯的例子)。 5. 石油儲藏量有限，且是石化燃料儲藏量最少的。
煤	1. 容易儲存。 2. 容易運送，且使用安全性較高。	1. 煤一經燃燒後，就不可以再重複被用。 2. 開採煤礦的危險性很高，經常發生礦災。 3. 燃燒煤時會浪費熱能，並釋放出二氧化硫、二氧化碳、微粒及黑煙等，造成空氣污染。 4. 煤儲藏量亦是有限。
天然氣	1. 容易儲存。 2. 容易運送。	1. 天然氣一經燃燒後，就不可以再重複使用。 2. 目前產量不多，有待再研究開發。 3. 天然氣儲藏量亦是有限。
核能	1. 與石化燃料比較，核能比較不會造成環境污染。 2. 不需要空氣中的氧來幫助燃燒。 3. 只需少量原料，即可產生大量熱能。	1. 雖然不會造成環境污染，但會造成周圍的海域生態破壞。 2. 核廢料的輻射能仍然會對人體有害，故存放十分不易。 3. 造廠之費用頗高。
太陽能	1. 不會造成空氣污染、溫室效應。 2. 它是乾淨且取之不盡的能源。 3. 安全性高。 4. 建廠容易。	1. 當有陽光的日子才較能發電，亦即只有白天較能發電。 2. 因受陰、雨天影響，發電日子無法控制。 3. 風大的地方其熱效率會降低。
風能	1. 不會造成空氣污染、溫室效應。 2. 它是乾淨且取之不盡的能源。 3. 蘊藏多，風勢大的地方即可設立。	1. 風能的來源不穩，因風向、風速都不會固定。 2. 風速必須大於每小時 11 公里以上，才較適合用來發電。

水力 (指水力發電)	1. 不會造成空氣污染、溫室效應。 2. 它是乾淨且取之不盡的能源。 3. 可生產氫氣。	1. 建築工程費用相當高。 2. 很難找到適合築水壩的地點。 3. 在河川或湖泊等地區築水壩，會影響或破壞整個環境與生態。
地熱能	1. 蘊藏多，地熱高的地方即可設立。 2. 建廠容易。	1. 一些有毒氣體（如硫、硼或銨摩尼亞）會隨熱氣，噴入空氣中，造成空氣污染。 2. 所流出熱水含有很高的礦物質，對環境與生態造成影響。
生質能	1. 不會造成空氣污染。 2. 所使用的原料來源豐富。 3. 生產技術簡單。 4. 最適合電能使用較少量地區應用。	1. 種植原料所需的土地很大。 2. 原料約含水量高，轉換效率低。

如上分析，波浪發電有著許多珍貴優點，而地球海洋佔全球面積 70%，便是一個很好的能源開發來源，我們台灣又更是有著關於波浪發電的多方面優勢，在“**地利**”優勢方面，台灣屬於海島地形，四面環海，每年又約有半年以上的東北季風吹襲，在廣闊海面上經常存在著洶湧的波濤，特別是全島共擁有長達 1,448 公里的海岸線，波浪能源蘊藏可謂極為豐富；而在“**天時**”優勢方面，波浪的力量可說是經年累月、日夜不停，源源不絕，從無間斷，時間的限制性相當低，可以開發的潛能亦可謂相當大；又在“**人和**”優勢方面，在如今人類竭力提倡節能減碳的重要議題下，若能利用取之不盡、用之不竭的波浪來發電，既不需消耗任何燃料，也不會產生相關污染，更不會產生如二氧化碳等氣體造成了溫室效應危害了地球，可說是萬分有價值的藍色再生能源，海洋資源與能量的開發必可預見是未來人類生活發展的重要趨勢；綜合上述天時、地利與人和的優勢及趨勢，在現在世界諸國無不擔憂且積極尋求與開發永續無公害能源之急迫任務下，台灣擁有如此豐富波浪能量可謂得天獨厚、難能可貴，如今卻是尚未開發，還須高度仰賴外來能源的進口，絕非長遠發展之計，而若能妥善利用與開發如此豐厚波浪能量，增加我國更多能源種類之來源，相信將來必可提升我國能源的自主性，對國家與國際之能源教育與運用必也能貢獻出重要之心力。此篇波浪發電模型的創作與應用之研究，即是希望能將海洋能源的教育從基礎學校的科學教育與學習活動紮根做起，加以推廣施行，提升學生科學研究知能與興趣，能夠認識更多元的再生能源，也能響應節能減碳教育之全球議題，培養更多未來人才，以及促進全民共識，增加我國海洋國家之未來發展空間與國際競爭力，在此誠摯報告與建議，感謝大家。

六、參考文獻

1. 洪長春 (2008)。「波浪能發電之發展潛能」。科技發展政策報導雙月刊，第 3 期，第 116-122 頁。
2. 徐泊樺、顏志偉 (2007)。「淺談我國海洋能源之開發前景」。物理雙月刊，第 29 卷第 3 期，第 718-726 頁。
3. 蘇達貞、鍾珍 (2004)。海洋能源的魅力。科學發展，第 383 期，第 28-33 頁。
4. 吳永照、呂貫閩(2010)。浮式結構物吸紋波能之研究。文章發表於第 23 屆海洋工程研討會論文集。國立成功大學主辦。
5. 郭晉安、簡仲和、黃煌輝(2009)。波浪通過潛堤波高、水位、波速與能量通率剖面之實驗研究。文章發表於第 30 屆海洋工程研討會論文集。國立交通大學主辦。
6. 財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心 (2009)。海洋波能發電技術發展趨勢分析。台北市：國研院科技政策中心。
7. 林英智 (主編) (2011)。國中自然與生活科技教科書 (第三冊)。台北縣：康軒文教。
8. 黃文毅 (2010)。台灣週邊海域波浪能源分佈特性之研究。國立臺灣大學工程科學及海洋工程學研究所碩士論文。
9. 楊謹誌(2010)。台灣東北海域波浪特性與波能潛勢分析研究。國立臺灣海洋大學河海工程學系所碩士論文。
10. 李子靖(2010)。震盪式波浪能量擷取系統之最佳結構探討。國立中山大學機械與機電工程學系碩士論文。
11. 黃光立(2011)。海洋波能收集系統研究-平移推動水槽式。國立中山大學海洋環境及工程學系碩士論文。

12. 鄭敏良(2006)。浮式結構物應用於波浪發電研究。國立中山大學海洋環境及工程學系碩士論文。
13. 黃冠智(2008)。海洋波浪能量擷取系統之分析:發電最佳化與平台抵振分析。國立中山大學機械與機電工程學系碩士論文。
14. 林繼謙 (2009)。岸基震盪水柱式波浪發電系統之設計。國立成功大學系統及船舶機電工程學系碩士論文。
15. 陳亞嵐(2004)。近海風浪推算資料同化之研究。國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。
16. 林志煌(2002)。浮體結構物運動模式及消波特性之研究。國立中山大學海洋環境及工程學系碩士論文。
17. 陳俊嘉(2009)。模擬浮子位移與功率應用於波浪發電之研究。國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。
18. 基礎波浪理論-第四章波浪的圖像。2011 年 8 月 26 日，取自
http://ocean.cv.nctu.edu.tw/NRCEST/teaching/wavedynamic/chap4_5_6.pdf
19. 海洋能源特色知識網。2011 年 8 月 28 日，取自
<http://cc.cust.edu.tw/~april4120/Sea-H3.html>
20. 關於海洋的再生能源。2011 年 9 月 6 日，取自
<http://www.eecs.nkfust.edu.tw/icoe/pdf>

評語

利用波浪能發電雖非創新構想，但本作品能創新發電系統架構，製作出漂浮式波浪發電裝置，並能加以應用，研製出「危險水域波浪警示燈」，富創意，且具實務應用價值。惟發電系統之參數，例如：產生電壓、發電功率等宜依設計加以估算，且其與波浪之波高與波週期、發電裝置之浮體重量與體積、大小、鉛錘之重量之關係宜一併闡明。