

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 物理科

佳作

030110

潮汐來電

學校名稱：臺北市立誠正國民中學

作者： 國一 薛靖寰	指導老師： 楊侃燊 鄭雅之
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：水壓、虹吸管、潮汐發電

作品名稱：潮汐來電

壹、摘要

雖然由水壓公式，可以由水位，計算底部的水壓，但是我們經由實驗，以針筒製作活塞，以及減重法方式來測量水壓，成功地直接量測到不同水位時，底部的壓力。由截面積不同的活塞水壓量測實驗，證明壓力與水位為線性關係，分析實驗數據證明，相同水位，有相同壓力，但是底部承受總壓力與受壓面積成正比。經由實驗證明，水壓並無方向性，垂直向下及轉彎橫向所測得壓力，結果幾乎相同。

依照我們的構想，成功製作自動虹吸管裝置，模擬潮汐變化，可以充分應用水位差產生的能量，而且漲潮與退潮皆可利用來發電。規劃潮汐發電應用，經由發電量計算，將可提供 675 公尺碼頭岸邊的安全照明，只要 1~2 座發電蓄水池，就能達成漁港保護人車安全的目的。

貳、研究動機

我曾經閱讀過觀念物理Ⅲ有關水的部分，裡面有介紹許多液體的物理知識，我特別對水的力量「水壓」很有興趣，經過我收集閱讀資料，得知水壓很多一般人並不完全了解的部分。我也去找老師討論八下認識壓力的課程，因此我就想實驗水壓跟水位高度是否呈等比例關係，又跟承受的底面積是否有關？以前也學過連通管原理，一直對虹吸現象很有興趣，希望能利用這個原理來發明水利發電機，配合潮汐產生無窮的能源。

參、研究目的

- 一、探討水壓跟水位及面積的關係。
- 二、探討水中水壓的方向性。
- 三、利用連通管原理，發明自動虹吸管裝置，探討利用在潮汐發電的可行性。

肆、研究設備及器材

一、設備（圖 4.1-1 及 4.1-2）

- （一）水位高調整管：使用 2 英吋的不透明 PVC 塑膠水管。因為要紀錄水位，所以在旁邊利用彎頭再接一根細透明塑膠水管，因為連通管原理，所以兩管水位會相同，並在透明管上貼標尺，方便觀察記錄水位高度。
- （二）水壓測定裝置：利用天秤兩邊平衡的特性來製作。首先先用線拉到水底綁住下方或側方(側方需用滑輪結構)的針筒活塞，線的另一端掛住天秤。天秤的另一端則掛一瓶子放在電子秤上，用漏斗從連通水位細管上加水，使瓶子重量減輕。
- （三）改變受壓活塞承受水壓裝置：購買 5 種不同大小的針筒，選用 2 種適合尺寸，由中間管子部分，因原針筒附的活塞摩擦力大，因此自行製作活塞。鋸下一節針筒，填滿塑鋼土，乾後將它取出當活塞使用。為了方便拆裝，因此我將針筒管黏在異徑接頭上，使異徑接頭與主水管連接，把活塞放入針筒管即可實驗，實驗方向性時，是在彎頭裡裝滑輪連接測量。
- （四）潮汐發電設備：用大的透明塑膠盒，將中間利用隔板分成左右兩半，左半邊模擬海洋，右半邊則是發電蓄水池。中間有兩組連通管，分為進水發電用連通管設施以及退水發電用連通管設施。

二、材料

- （一）實驗器材製作材料包括：培琳、鐵鉤、線、逆止筏、滑輪（用釣竿掛線的圓圈）、防水膠帶、標尺、木板、塑膠回收瓶、透明塑膠水管、PVC 塑膠直管、彎頭及異徑接頭等。
- （二）電器設備：抽水馬達、開關、電子秤。

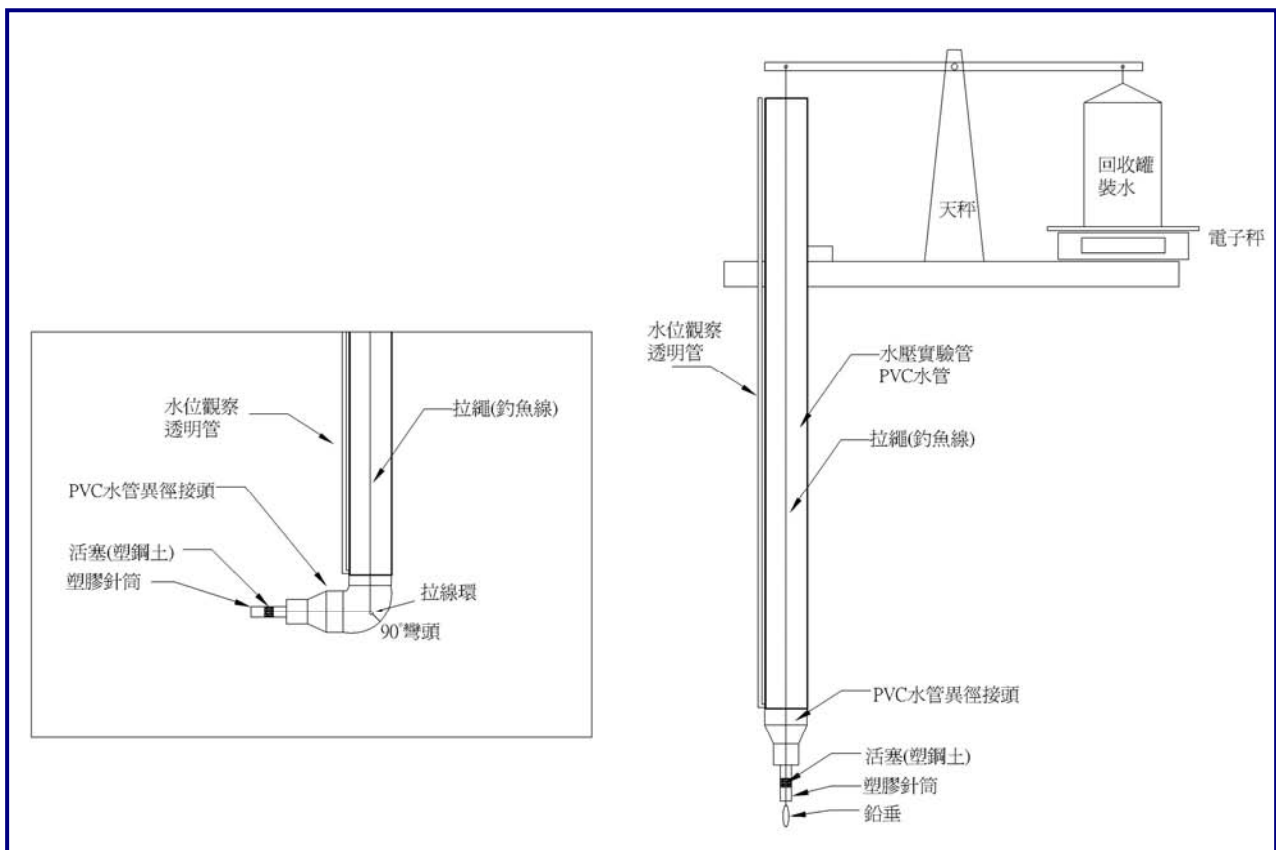


圖 4.1-1 壓力測量實驗設備示意圖



圖 4.1-2 壓力測量實驗設備照片

水平方向水壓測量實驗



彎頭



針筒



面積與水壓測量實驗



天秤

PVC 管

圖 4.1-2 壓力測量實驗設備照片（續）

伍、研究過程、方法與結果

一、壓力測量設備校正

爲了確定天秤兩邊是否平衡、減重法的正確性、測量水壓時摩差力等問題，因此實驗設備校正應該有三項重點：

- (一) 將天坪兩端掛上一樣重之物品 A_1 、 A_2 (用水瓶加水秤重固定)，實驗是否會平衡。把 A_1 、 A_2 位置互換，實驗是否依然平衡。
- (二) 減重法校正一：在天秤右側放置電子秤，取出二個瓶子裝不同水重(A 瓶、B 瓶)，A 瓶放在電子秤上，B 瓶掛在天秤另一端，實驗電子秤顯示的數字是否等於「A 瓶重－B 瓶重」。變換 B 瓶重，A 瓶不變，使二瓶重差異增加，如表 5.1-1、5.1-2 所示。

表 5.1-1 減重法校正一實驗數據 A

項目	第一次	第二次	第三次	平均
秤重水桶重	860.00	860.00	859.00	859.67
吊掛水桶重	500.00	500.00	500.00	500.00
平衡重理論值(秤重水桶重-吊掛水桶重)	360.00	360.00	359.00	359.67
平衡重測量值	360.20	358.90	358.00	359.03
誤差(g)	(0.20)	1.10	1.00	0.63
誤差百分比	0.176%			

表 5.1-2 減重法校正一實驗數據 B

項目	第一次	第二次	第三次	平均
秤重水桶重	859.80	859.90	859.80	859.83
吊掛水桶重	300.00	300.00	300.00	300.00
平衡重理論值(秤重水桶重-吊掛水桶重)	559.80	559.90	559.80	559.83
平衡重測量值	560.75	560.00	558.80	559.85
誤差(g)	(0.95)	(0.10)	1.00	(0.02)
誤差百分比	-0.003%			

- (三) 減重法校正二：在天秤右側放置電子秤，取出一個瓶子裝固定水重(A 瓶)放在電子秤上，天秤另一端掛上鉛垂、繩子、瓶子(B 瓶)、模擬實驗，在底下的 B 瓶中加固定量的水，每加一次即記錄電子秤數字，實驗電子秤顯示的數字是否等於「A 瓶重－B 瓶重」，如表 5.1-3 所示。

表 5.1-3 減重法校正二實驗數據

秤重瓶繩鉛		64.3	無活塞			
項目		電子秤重	換算重	理論值	誤差	誤差百分比
原始		800	0	0	0	0.00%
掛瓶繩鉛		740.1	59.9	64.3	4.4	6.84%
右底下加水	50	689.1	110.9	114.3	3.4	2.97%
	100	639.2	160.8	164.3	3.5	2.13%
	150	589.7	210.3	214.3	4	1.87%
	200	541.3	258.7	264.3	5.6	2.12%
	250	492.4	307.6	314.3	6.7	2.13%
	300	443.3	356.7	364.3	7.6	2.09%
	350	393.6	406.4	414.3	7.9	1.91%
	400	344.2	455.8	464.3	8.5	1.83%
	450	294.5	505.5	514.3	8.8	1.71%
	500	244.5	555.5	564.3	8.8	1.56%
	550	195.1	604.9	614.3	9.4	1.53%
	600	145.5	654.5	664.3	9.8	1.48%
	650	93.2	706.8	714.3	7.5	1.05%
	700	42.4	757.6	764.3	6.7	0.88%
	750	0.4	799.6	814.3	14.7	1.81%

二、探討水壓跟水位及面積的關係

- (一) 秤重活塞、繩子、鉛垂。
- (二) 開啓電子秤，在秤重水瓶中加入固定重量以電子秤測量(800g)。
- (三) 繩子掛上鉤子、活塞放入針筒、鉛垂掛上活塞並記錄電子秤數據。
- (四) 以漏斗在水位觀察管加水，每加一次記錄水位、電子秤數據。
- (五) 分別進行 2 種不同活塞面積的實驗。每組實驗紀錄整理如表 5.2-1、5.2-2。

表 5.2-1 水壓測量實驗 A

水位(cm)	秤讀值(g)	減重法稱得重量(g)	換算壓力(g/cm ²)
0.0	773.50	0.00	0.00
24.3	725.40	48.10	24.65
33.0	707.60	65.90	33.78
42.4	692.30	81.20	41.62
48.9	676.00	97.50	49.97
57.3	663.00	110.50	56.64
68.1	638.00	135.50	69.45
74.0	631.00	142.50	73.04
起始水重(g)	800.00		
活塞面積(cm ²)	1.95		

表 5.2-2 水壓測量實驗 B

水位(cm)	秤讀值(g)	減重法稱得重量(g)	換算壓力(g/cm ²)
0.0	760.70	0.00	0.00
23.5	687.70	73.00	23.07
29.0	669.00	91.70	28.98
36.0	649.40	111.30	35.18
39.3	638.00	122.70	38.78
47.3	611.20	149.50	47.25
50.5	599.60	161.10	50.92
56.8	579.70	181.00	57.21
61.6	568.30	192.40	60.81
71.8	532.20	228.50	72.22
75.1	522.70	238.00	75.22
81.5	499.40	261.30	82.59
起始水重(g)	800.00		
活塞面積(cm ²)	3.16		

三、探討水中水壓的方向性

- (一) 秤重活塞、繩子、鉛垂。
- (二) 開啓電子秤，在秤重水瓶中加入固定重量以電子秤測量(800g)。
- (三) 繩子穿越彎頭圓環再掛上鉤子、活塞放入針筒、鉛垂掛上活塞並記錄電子秤數據。
- (四) 以漏斗在水位觀察管加水，每加一次記錄水位、電子秤數據。
- (五) 選擇進行 1 種活塞面積實驗。實驗紀錄整理如表 5.3-1。

表 5.2-2 水平方向水壓測量實驗

水位(cm)	秤讀值(g)	減重法稱得重量(g)	換算壓力(g/cm ²)
0	800.00	0.0	0
27	718.5	81.5	25.759
56	635.2	164.8	52.086
72	582.9	217.1	68.616
起始水重(g)	800		
活塞面積(cm ²)	3.164		

四、利用連通管原理，發明自動虹吸管裝置，探討利用在潮汐發電的可行性

（一）設計構想

要能達到潮汐發電的效果，必須有水位差才能產生水的力量，參考之前實驗數據，想設計發明自動虹吸管裝置，目的是使漲潮到最高點後，才開始啟動虹吸管，將水導入發電蓄水槽，相反地，當退潮到最低點時，才開始啟動虹吸管，將水排回低潮的海洋，利用潮差的水位來發電。

（二）設備說明

- 1.用大的透明塑膠盒，將中間利用隔板分成左右兩半，左半邊模擬海洋，右半邊則是發電蓄水池。中間有兩組虹吸管，分為漲潮虹吸管及退潮虹吸管。
- 2.用優酪乳瓶製作浮杯，利用浮杯的浮力拉住逆止閥，當水位超過浮杯後進水下沈，無浮力可拉住逆止閥。在杯內裝一條連通管（可折彎吸管），使杯底與杯外相通，當潮汐水位下降時，杯內也因虹吸現象，隨著下降直到排空，使下次漲潮時有浮力。
- 3.漲潮虹吸管設施：將浮杯底的繩子，利用圓環轉向連接拉住逆止閥，避免尚未漲到滿潮時，水會流到發電蓄水槽，當滿潮時，浮杯進水下沈，無浮力可拉住逆止閥，啟動漲潮虹吸管，使左側模擬海洋部分的水，可大量快速的衝入右側發電蓄水槽。
- 4.退潮虹吸管設施：此時左右水池應都是滿的，在模擬海洋部分裝置一浮板，利用圓環轉向連接拉住鉛垂，當退潮到最低點時，浮板無浮力，鉛垂下降，使浮杯下沈進水，無浮力可拉住逆止閥，啟動退潮虹吸管，使右側發電蓄水槽，可大量快速的衝入左側模擬海洋部分。
- 5.模擬海洋漲退潮的方法，是用抽水馬達，將水抽到左側模擬海洋，並裝溢流管使水位保持滿潮水位。退潮則是把馬達關掉使水從馬達扇葉中逆流，讓水位下降。整個設備都會架設在一個比它大的一個塑膠方盒上，這個方盒提供足夠水量。
- 6.設備示意圖，如圖 5.4-1。

（三）設備製作（如圖 5.4-2）

- 1.設備製作遭遇許多的困難，失敗許多次，因為逆止閥容易漏水，最後用原子筆塑膠頭，當逆止閥，再塑鋼土填充入塑膠管，快要硬化時拿出原子筆塑膠頭，這樣兩者就可以密合了。
- 2.中間隔板因為要拆裝，所以容易漏水，想了許多方法，最後用貼膠帶來防水。
- 3.管線銜接使用 AB 膠，防水效果不錯。
- 4.浮板及浮杯都是用回收瓶罐，容易找到適當的材料，我還用爸爸釣魚的小配件，製作一些拉線的設備。

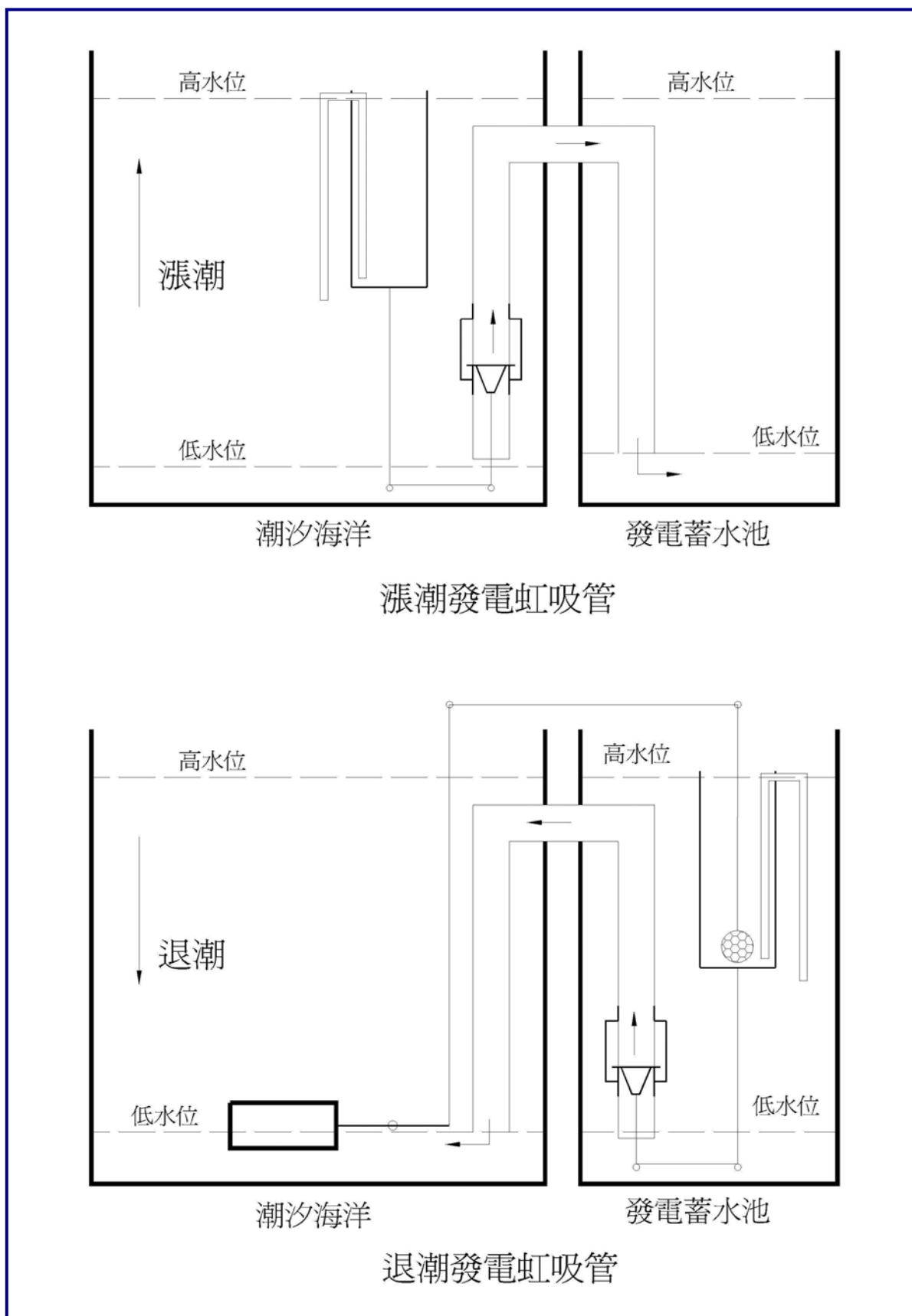


圖 5.4-1 潮汐發電自動虹吸管裝置示意圖

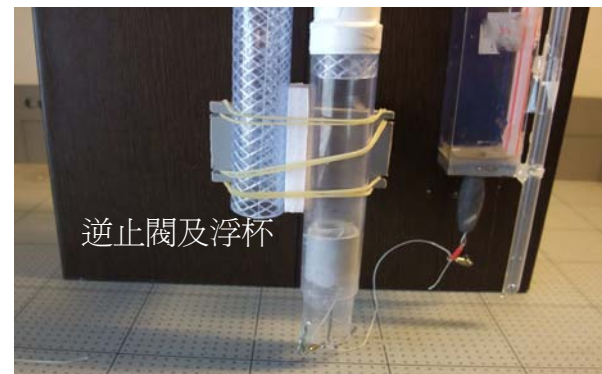
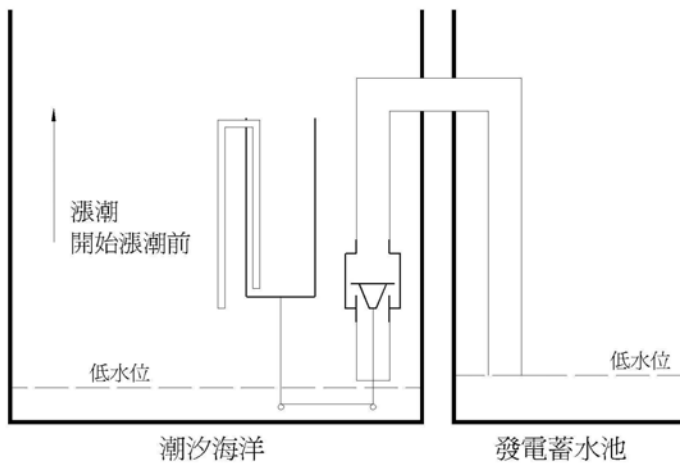


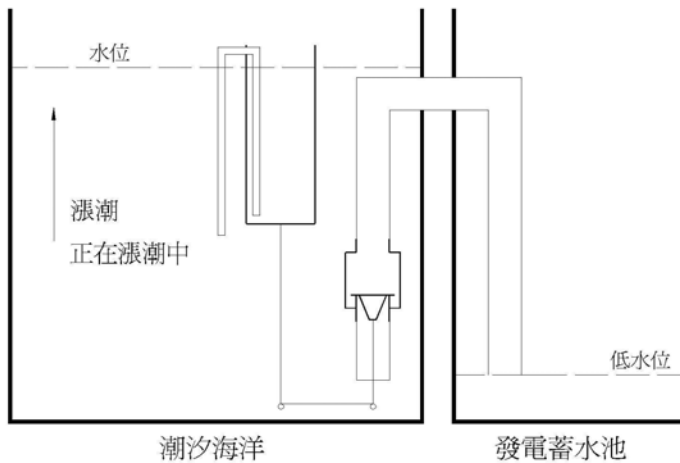
圖 5.4-2 潮汐發電自動虹吸管裝置照片

(四) 潮汐發電運作過程說明

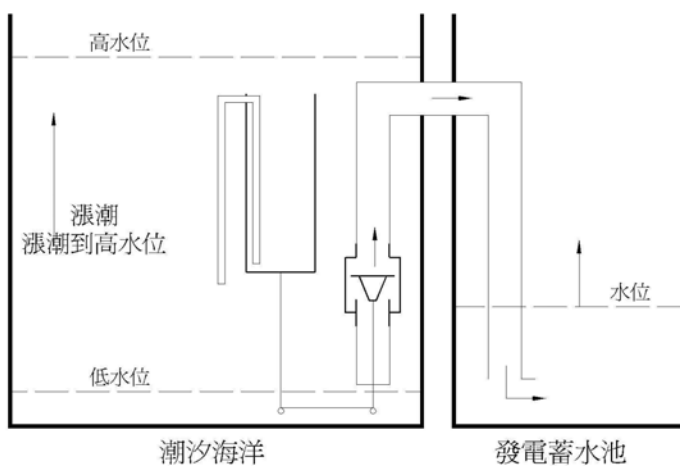
1. 漲潮發電過程



開始漲潮前，水位在最低點，逆止閥鬆開。

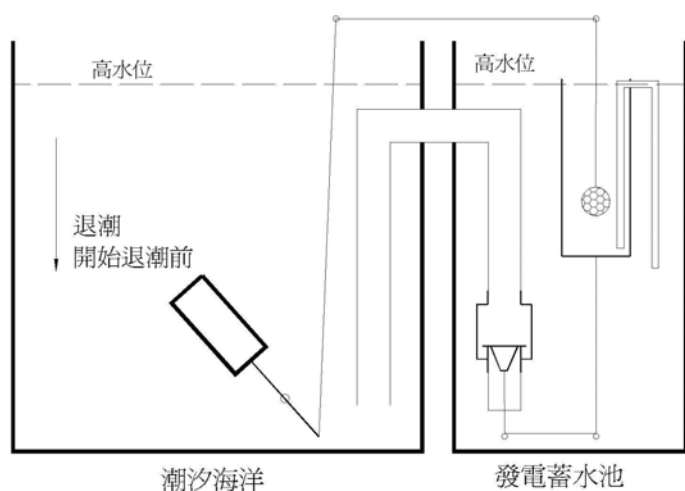


漲潮過程中，水位上升，浮杯慢慢上浮，線拉緊，使逆止閥關閉，水不能流到發電蓄水池。

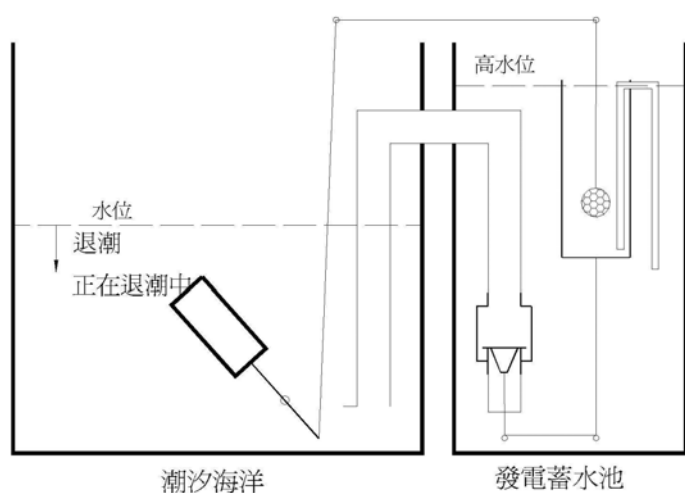


漲潮到最高點，水位超過浮杯，浮杯下沉，線放鬆，使逆止閥鬆開，水快速衝到發電蓄水池，這樣就可以充分利用漲潮的水位差了。

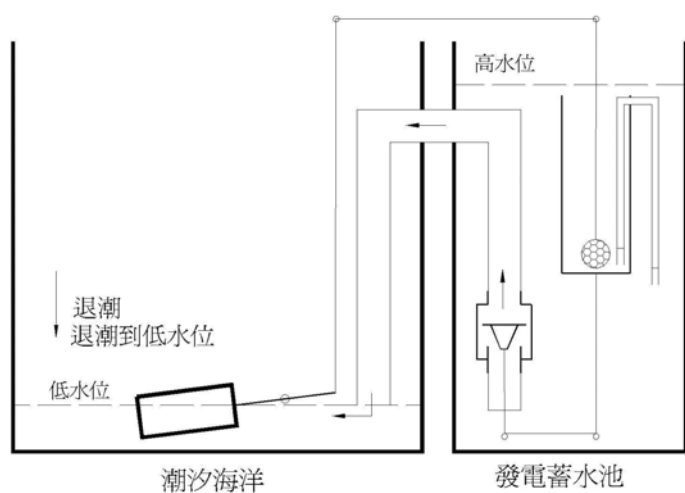
2.退潮發電過程



開始退潮前，兩池水位都在最高點，逆止閥因浮杯上浮一直是緊閉。



退潮過程中，水位下降，浮板慢慢下降，線依然拉緊鉛垂，使逆止閥關閉，水不能流到模擬海洋池。



退潮到最低點時，浮板無浮力，鉛垂下降，使浮杯下沈進水，無浮力可拉住逆止閥，啟動退潮虹吸管，使右側發電蓄水槽，可大量快速的衝入左側模擬海洋部分。這樣就可以充分利用退潮的水位差了。

陸、討論

一、壓力測量實驗

- (一)要測量水的壓力並不容易，曾經使用天秤右側掛固定重量，左側加水水位逐漸升高，希望測知平衡時水位與重量，但是因為平衡前就會漏水，無法實驗。
- (二)我們成功的發明了減重法方式來測量水壓，因為天秤右側掛重許多的重量，以測知水壓造成重量減少的方式，得知水位與壓力的關係。
- (三)曾經以擋板方式測量水壓，但是有嚴重漏水問題，因此配合針筒製作活塞，得到許多改善。

二、探討水壓跟水位及面積的關係

(一)水壓測量誤差

- 1.我們配合針筒製作底面積 1.951cm^2 (A 型) 及 3.164cm^2 (B 型) 的活塞來測量壓力，將實驗數據使用 Excel 軟體來整理，計算與理論值的誤差量，如表 6.2-1 及表 6.2-2。

表 6.2-1 A 型活塞壓力測量誤差分析

A型活塞面積(cm2)	1.951			
水位(cm)	減重法測得壓力(g/cm2)	理論壓力值(g/cm2)	誤差量(g)	誤差百分比(%)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24.30	24.65	24.30	0.35	1.46%
33.00	33.78	33.00	0.78	2.36%
42.40	41.62	42.40	-0.78	-1.84%
48.90	49.97	48.9	1.07	2.20%
57.30	56.64	57.3	-0.66	-1.16%
68.10	69.45	68.1	1.35	1.98%
74.00	73.04	74	-0.96	-1.30%

表 6.2-2 B 型活塞壓力測量誤差分析

B型活塞面積(cm2)	3.164			
水位(cm)	減重法測得壓力(g/cm2)	理論壓力值(g/cm2)	誤差量(g)	誤差百分比(%)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23.50	23.07	23.50	-0.43	-1.82%
29.00	28.98	29.00	-0.02	-0.06%
36.00	35.18	36.00	-0.82	-2.29%
39.30	38.78	39.30	-0.52	-1.32%
47.30	47.25	47.30	-0.05	-0.11%
50.50	50.92	50.50	0.42	0.82%
56.80	57.21	56.80	0.41	0.71%
61.60	60.81	61.60	-0.79	-1.28%
71.80	72.22	71.80	0.42	0.58%
75.10	75.22	75.10	0.12	0.16%
81.50	82.59	81.50	1.09	1.33%

2.以減重法來測量水壓，A 型活塞實驗誤差介於-1.84%~2.36%，B 型活塞實驗誤差介於-2.29%~1.33%。

(二) 水位與測得壓力關係

1.畫出 A 型活塞與 B 型活塞的水位與測得壓力關係圖，如圖 6.2-1 及 6.2-2，因為壓力與水位為線性關係，迴歸分析結果 B 型活塞效果較佳，R 平方值達 0.9995。

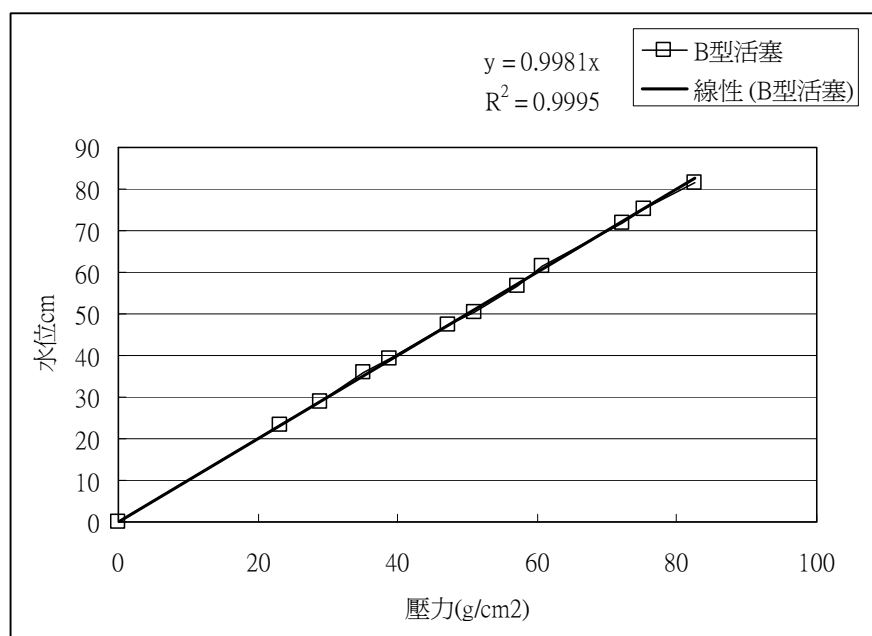
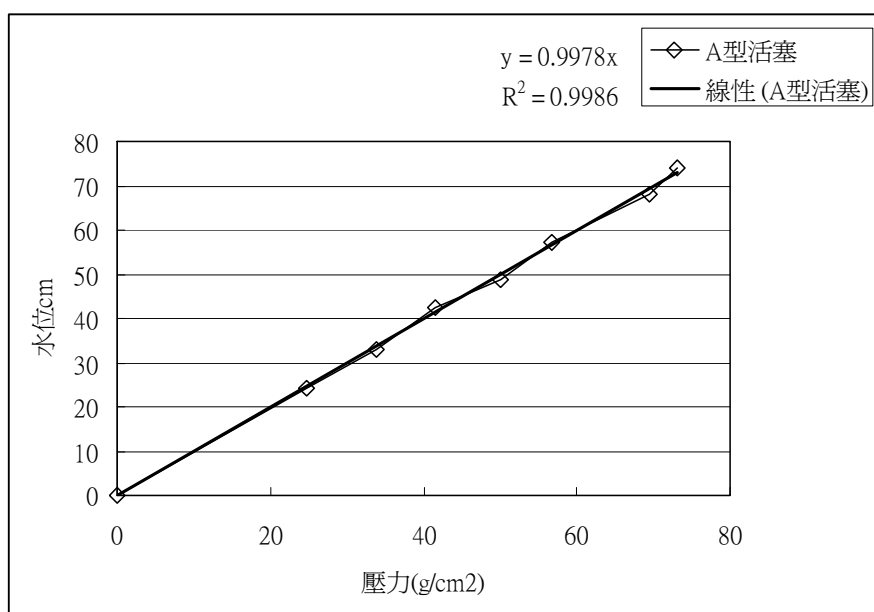


圖 6.2-2 B 型活塞水位與壓力關係圖

2.分析減重法測得重量與水位關係，如圖 6.2-3，得知 A 與 B 型活塞之斜率比值即為面積比值，所以驗證相同水位，一物體承受總壓力與受壓面積成正比。

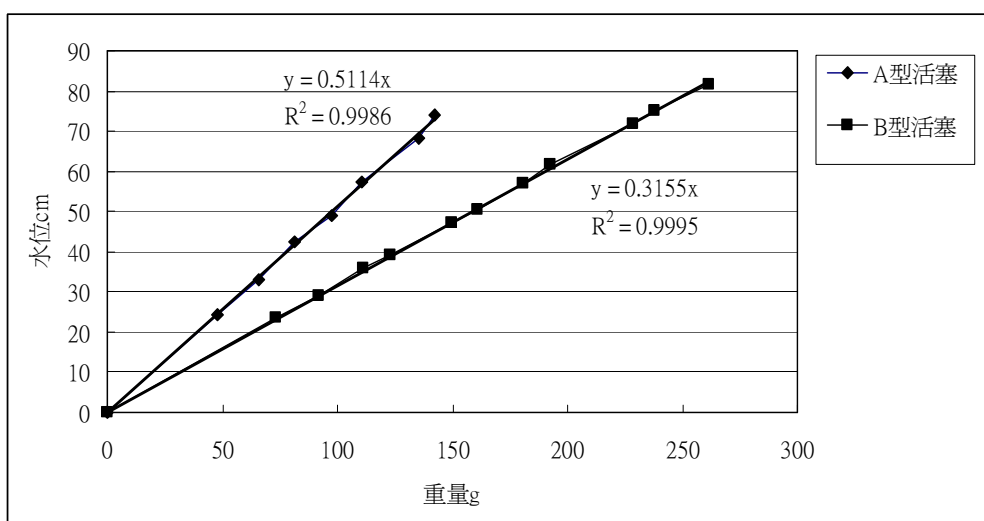


圖 6.2-3 減重法測得重量與水位關係圖

三、探討水中水壓的方向性

(一) B 活塞以水平方式測得數據的誤差分析，如表 6.3-1。

(二)因為彎頭轉彎對拉線有摩擦力，因此實驗誤差較大，但是比較之前垂直壓力實驗，如圖 6.3-1，驗證水壓應無方向性。

表 6.3-1 B 活塞水平方向實驗誤差分析

B型活塞面積	3.164				
水位(cm)	減重法稱得重量(g)	減重法測得壓力(g/cm2)	理論壓力值(g/cm2)	誤差量(g)	誤差百分比(%)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27	81.50	25.76	27.00	(1.24)	-4.60%
56	164.80	52.09	56.00	(3.91)	-6.99%
72	217.10	68.62	72.00	(3.38)	-4.70%

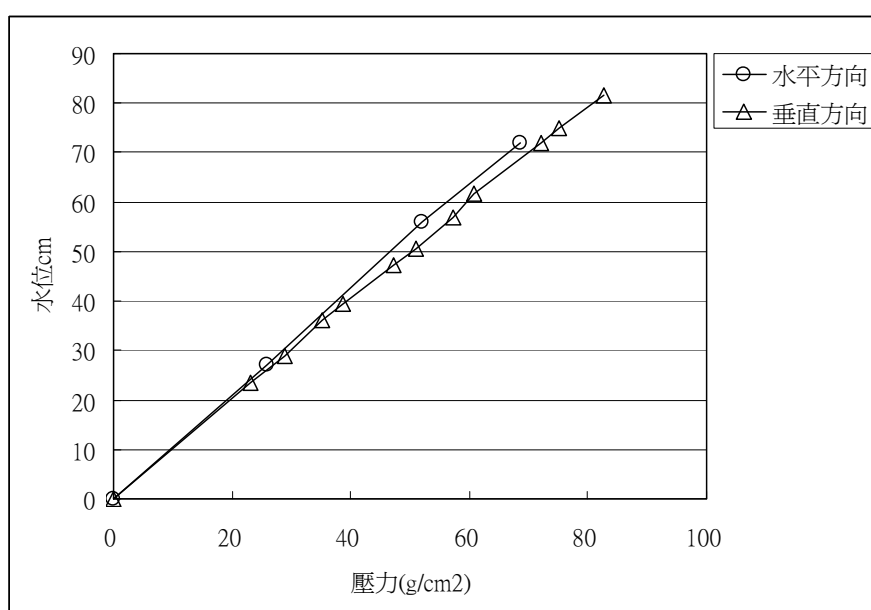


圖 6.3-1 比較垂直與水平方向壓力關係圖

四、利用連通管原理，發明自動虹吸管裝置，探討利用在潮汐發電的可行性

(一)我們成功製作自動虹吸管裝置，模擬潮汐變化時，使發電蓄水池的水位，在滿潮時開始上升，退潮到底後才開始下降，可以充分利用水位差產生的能量。

(二)自動虹吸管裝置，無需電力控制，利用簡單的物理原理，就可以充分應用水位差產生的能量，而且漲潮與退潮皆可利用來發電。

(三)潮汐發電的應用可行性

我們構想應用潮汐發電在港灣的照明，並且預期在碼頭下方的混凝土基礎中，設置發電蓄水槽。如圖 6.4-1。查詢水力發電的相關知識，知道水力發電與水位差及流量有關，而且我們想利用潮汐水位，所以漲滿潮或退潮底的持續時間也是要考慮。

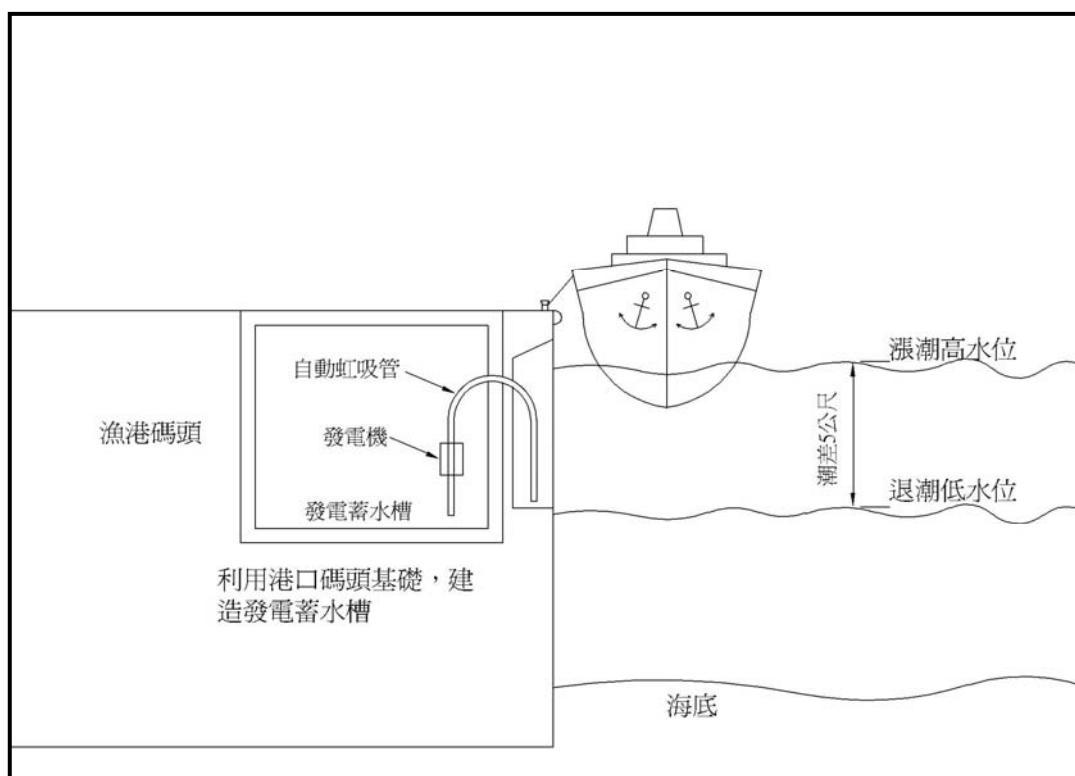


圖 6.4-1 潮汐發電應用在港口的構想

1.發電蓄水槽的大小與發電時間

(1)假設應用港灣潮差為 5 公尺(例如台中港)。

(2)利用托理拆立定律如下，可計算不同水位差的流速，再利用 $Q=AV$ （流量＝管截面積乘以流速）計算得知不同水位時的流量。

$$V^2=2gH$$

V：流速 m/sec

g：重力加速度 m/sec²

H：水位差 m

- (3)我們希望控制發電時間大約是 2 小時，因為考慮漲滿潮或退潮底的持續時間大約是 2 小時，在這段期間水位差較大，有較好的發電效率。
- (4)因為漲潮到頂或退潮到底，會自動啟動虹吸管，使海水衝入或流出蓄水槽，此時水位也隨著持續不斷升高或降低，流速相對應改變，因此我將水位的變化分成 10 個階段，方便計算這樣的動態變化，分別用每一階段的平均水位來計算流速，再換算成時間，最後把 10 個階段的時間加總，計算出發電時間。
- (5)將各項相關參數，如蓄水槽的長與寬、虹吸管管徑、水位、流速流量等，用 EXCEL 軟體建立公式，逐步調整蓄水槽的長寬與虹吸管管徑，最後決定蓄水槽底大小為 20 公尺×8 公尺（底面積為 160 平方公尺），管徑為 15 公分（截面積約為 176.7 平方公分），這樣的蓄水槽，每漲潮或退潮皆可發電 2.3 小時，共可發電 4.6 小時。
- (6)漲潮或退潮過程，詳細計算內容請參閱表 6.4-1。

表 6.4-1 發電蓄水槽的大小與發電時間設計

各階段 分項	總潮差5m，階段水位差			流速 (m/sec)	虹吸管 直徑(cm)	水管截 面積(cm ²)	流量 (m ³ /sec)	蓄水池底尺寸		各階段 水位差(m)	各階段 體積(m ³)	發電時間 (min)
	低水位(m)	高水位(m)	平均 水位差(m)					長(m)	寬(m)			
1	5	4.5	4.75	9.6	15	176.7	0.171	20	8	0.5	80	7.8
2	4.5	4	4.25	9.1	15	176.7	0.161	20	8	0.5	80	8.3
3	4	3.5	3.75	8.6	15	176.7	0.152	20	8	0.5	80	8.8
4	3.5	3	3.25	8.0	15	176.7	0.141	20	8	0.5	80	9.5
5	3	2.5	2.75	7.3	15	176.7	0.130	20	8	0.5	80	10.3
6	2.5	2	2.25	6.6	15	176.7	0.117	20	8	0.5	80	11.4
7	2	1.5	1.75	5.9	15	176.7	0.103	20	8	0.5	80	12.9
8	1.5	1	1.25	4.9	15	176.7	0.087	20	8	0.5	80	15.2
9	1	0.5	0.75	3.8	15	176.7	0.068	20	8	0.5	80	19.7
10	0.5	0	0.25	2.2	15	176.7	0.039	20	8	0.5	80	34.1
總發電時間(min)												137.9
總發電時間(hr)												2.30

2.發電機與發電量計算

網路查詢到一個加拿大專門製造水力發電機的網站，網站中有許多類型的發電機，主要是依據水位差與流量來選擇發電機，利用網站中選擇圖表，找出適合我們的類型有以下幾種，同時網站中有提供計算發電量的公式如下，利用這個公式，我就可以計算潮汐發電的發電功率(W)，再配合發電時間換算成發電量(度)，如表 6.4-2。

(1)Nautilus(低水頭發電)

(2)Powerpal(低水頭發電)

(3)Hydro Turbine(低水頭發電)

發電量計算公式：

(1)發電功率(W)=水位差(feet)×流量(gal/min)/10

(2)發電量(度)=千瓦小時=發電功率(W)×小時(hr)/1000

表 6.4-2 潮汐發電量計算表

各階段分項	總潮差5m，階段水位差				流量 (gal/min)	發電功率 (W)	發電時間 (hr)	發電量 (千瓦小時，度)
	低水位(m)	高水位(m)	平均 水位差(m)	平均 水位差 (feet)				
1	5	4.5	4.75	15.8	2706.0	4284	0.13	0.56
2	4.5	4	4.25	14.2	2559.6	3626	0.14	0.50
3	4	3.5	3.75	12.5	2404.3	3005	0.15	0.44
4	3.5	3	3.25	10.8	2238.3	2425	0.16	0.38
5	3	2.5	2.75	9.2	2058.9	1887	0.17	0.32
6	2.5	2	2.25	7.5	1862.4	1397	0.19	0.26
7	2	1.5	1.75	5.8	1642.5	958	0.21	0.21
8	1.5	1	1.25	4.2	1388.1	578	0.25	0.15
9	1	0.5	0.75	2.5	1075.2	269	0.33	0.09
10	0.5	0	0.25	0.8	620.8	52	0.57	0.03
總計						18482	2.30	2.94

3.電力應用規劃

我們希望將港口潮汐產生的電量，應用於碼頭的安全照明。保守假設一天只有一次漲退潮，所以有 2 次發電機會，可發電時間共有 4.6 小時，利用公式換算可得 5.88

度電，並且假設儲存在蓄電池中會消耗 20%，所以剩下 4.7 度電可供利用。

查資料得知如果使用 LED 堤防邊安全矮燈，其功率約為 18 瓦，假設每日晚上照明 12 小時，則每支燈需要 0.22 度。

經由發電量計算與港口照明的應用規劃，我們的潮汐發電，可供應 27 支 LED 燈，若以 25 公尺為設置間隔，將可提供 675 公尺碼頭岸邊的安全照明。由衛星照片計算一般漁港的碼頭岸長，只要 1~2 座我們規劃的潮汐發電，就能達成漁港保護人車安全的目的。

柒、結論

- 一、雖然由水壓計算公式，可以得知某一水位高，底部的水壓，但是我們希望經由實驗，來測量壓力的大小，曾經以底部擋板方式測量水壓，但有嚴重漏水問題，後來用針筒製作活塞得到許多改善。又發明減重法方式來測量水壓，最後誤差微小，成功地直接量測到不同水位時，底部的壓力。
- 二、由截面積不同的 A 型與 B 型活塞的水壓量測實驗，證明壓力與水位為線性關係，兩者的誤差在-2.29%~2.36%之間，也成功地將水的壓力，透過天平傳達到秤上。我們分析實驗數據證明，相同水位，有相同壓力，但是底部承受總壓力與受壓面積成正比。
- 三、經由實驗證明，水壓並無方向性，垂直向下及轉彎橫向所測得壓力，結果幾乎相同。
- 四、依照我們的構想，成功製作自動虹吸管裝置，模擬潮汐變化，證明可以充分利用潮汐最大水位差產生的能量。自動虹吸管裝置，無需電力控制，利用簡單的物理原理，就可以充分應用水位差產生的能量，而且漲潮與退潮皆可利用來發電。
- 五、將自動虹吸管應用漁港潮汐發電，經由發電量計算與港口照明的應用規劃，我們發明的潮汐發電，可供應 27 支 LED 燈，若以 25 公尺為設置間隔，將可提供 675 公尺碼頭岸邊的安全照明。由衛星照片量測一般漁港的碼頭岸長，只要 1~2 座發電蓄水池，就能達成漁港保護人車安全的目的。

捌、心得

這次實驗水壓時，透過數據發現了很多奧妙的關係，是我以前不知道的道理。在這次的實驗，有時因為要使實驗更精準，尤其是在測量活塞承受水壓實驗的時候，因為數據不理想，必須不斷重做找出問題。

實驗設備材料是我們利用回收瓶罐以及去大賣場、水族館、水電材料行所買的，但有些材料並不符合我們當初的預期，原先構想的實驗設備修改了好幾次才製作完成。在水壓實驗底下的擋板就換過十幾種，包括墊板、壓克力板、透明片等，最後才找出「活塞」是最適合的；潮汐發電製作時，我們曾經把所有水管都黏好後，才發現盒子太小，又重新買大盒子製作，原先一組因不適合便完全放棄。因此以後設計實驗設備時，要先做事前詳細規劃，才不會做白功。

在實驗設備的製作和操作中，曾經有多次的結果並不理想，因為誤差太大，無法看出微小的變化，因此要努力修正設備。後來我們仔細觀察，發現掛瓶子如果用鐵鉤，誤差竟然到 37%，後來我們選用橡皮筋，誤差馬上降至 0.016%，由於整個實驗設備的精密度提高了許多，因此可以精確測量出水壓，深入探討本次實驗的結果，揭開水的神祕面紗。

潮汐發電的構想是我們想了很久才想完整的，一開始在紙上研究設備草圖時，發現許多問題，因此在製作設備前花了許多時間為了解決問題，等終於成功時，還要面臨實驗漏水等問題。因此我知道一個完整的發明，雖然必須要有很好的點子，但最重要的是周詳的思考以及細膩的心思，如果細節忽略的話，很容易使大發明瞬間失敗到底，潮汐發電實驗便是最好的驗證。

在實驗的過程中，相同的實驗要重複做幾次，雖然覺得辛苦，但是在分析實驗數據時，對數據就有信心了。當完成每一項實驗，從中分析討論得到一些新的結果、新的發現時，心中真的好快樂、好有成就感。

感謝老師的指導與爸媽督促，使我能夠仔細的研究每一個細節，一步一步累積有關水力量、潮汐發電的種種知識。

玖、參考資料

- 一、休伊特，觀念物理Ⅲ，初版，台北市，天下遠見出版股份有限公司，頁 155-180，民 95 年。
- 二、中華太陽能聯誼會會長查丁壬(無日期)。水力發電 Hydropower。民 98 年 2 月 2 日，取自：<http://www.solar-i.com/hyd.htm>。
- 三、中華太陽能聯誼會會長查丁壬戶用型小水力發電。民 98 年 2 月 2 日，取自：<http://www.solar-i.com/wah.htm>。
- 四、天地能源暨溫控器材行(無日期)。水力發電-加拿大 Energy Systems And Design(E.S.&D.) 公司小型水力發電機。民 98 年 2 月 7 日，取自：<http://www.tande.com.tw/rn-hydrau-power.htm>
- 五、Energy Systems & Design Ltd. (無日期)。民 98 年 2 月 7 日，取自：<http://www.microhydropower.com/>。

【評語】 030110

1. 本作品建立模型結構從事潮汐發電應用製作研究，學生與老師及家長討論中，充分學習系統化研究與製作實驗模型方法，對問題能了解並解釋。
2. 本作品其特色可與節能重要課題結合，建議應持續努力考慮改進模式，期達到實驗應用之必要考量設計。