

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030820

全速潛進

學校名稱：臺中市立大華國民中學

作者： 國二 鍾孟岳 國二 許君碩 國二 黃奕呈	指導老師： 江美珠 田烱良
---	-----------------------------

關鍵詞：水下滑翔機、電腦分析軌跡

摘要

影響物體沉入水底或是浮出水面的最主要原因，就是物體的重量與浮力兩者作用的結果。對於無動力的水下滑翔機，我們做了兩組實驗，其一主要是改良水下滑翔機，其二是以長度、寬度(操縱變因)來了解其走的距離行程路線角度。發現機翼面積會影響浮力及阻力，不同的機翼長、寬能適應各類深度的水域。

壹、 研究動機

曾在科學研習月刊上看到「水下滑翔機」的實驗報告，它是在無動力狀態下，於水中來去自如，便深感興趣。於是便照著書上簡易作法做了幾架水下滑翔機。多測試幾架後，發現會因為小小的人為誤差或是本身設計不良，致使實驗難以成功。於是我們開始了利用機翼長、寬的操作變因，來測量它所走的水平距離、下潛和上浮的角度、時間和水平速率。

貳、 研究目的

- 一、 嘗試製作出可運作之水下滑翔機。
- 二、 利用電腦程式分析水下滑翔機之潛行軌跡。
- 三、 探討水下滑翔機機翼大小、潛行角度、潛行速率之關係。

參、 研究設備

機身：直徑約 0.5 公分的吸管依 13、14、14 公分裁剪。(圖一)

機翼：市售果汁紙盒、塑膠墊板。(圖二)

尾翼：市售果汁紙盒(長 1 cm 寬 4 cm)、塑膠墊板(長 2 cm 寬 6 cm)。(圖三)

配重：1 個一元硬幣。吸管裡放五顆鋼珠(每顆 0.88 克)、大頭針一支(圖四)

重心(支點)：疊合五塊錢一個，一塊錢兩個。

黏著劑：泡棉膠、熱熔膠。(圖五)(圖六)

掛配重的位置：大頭針一支。(圖七)

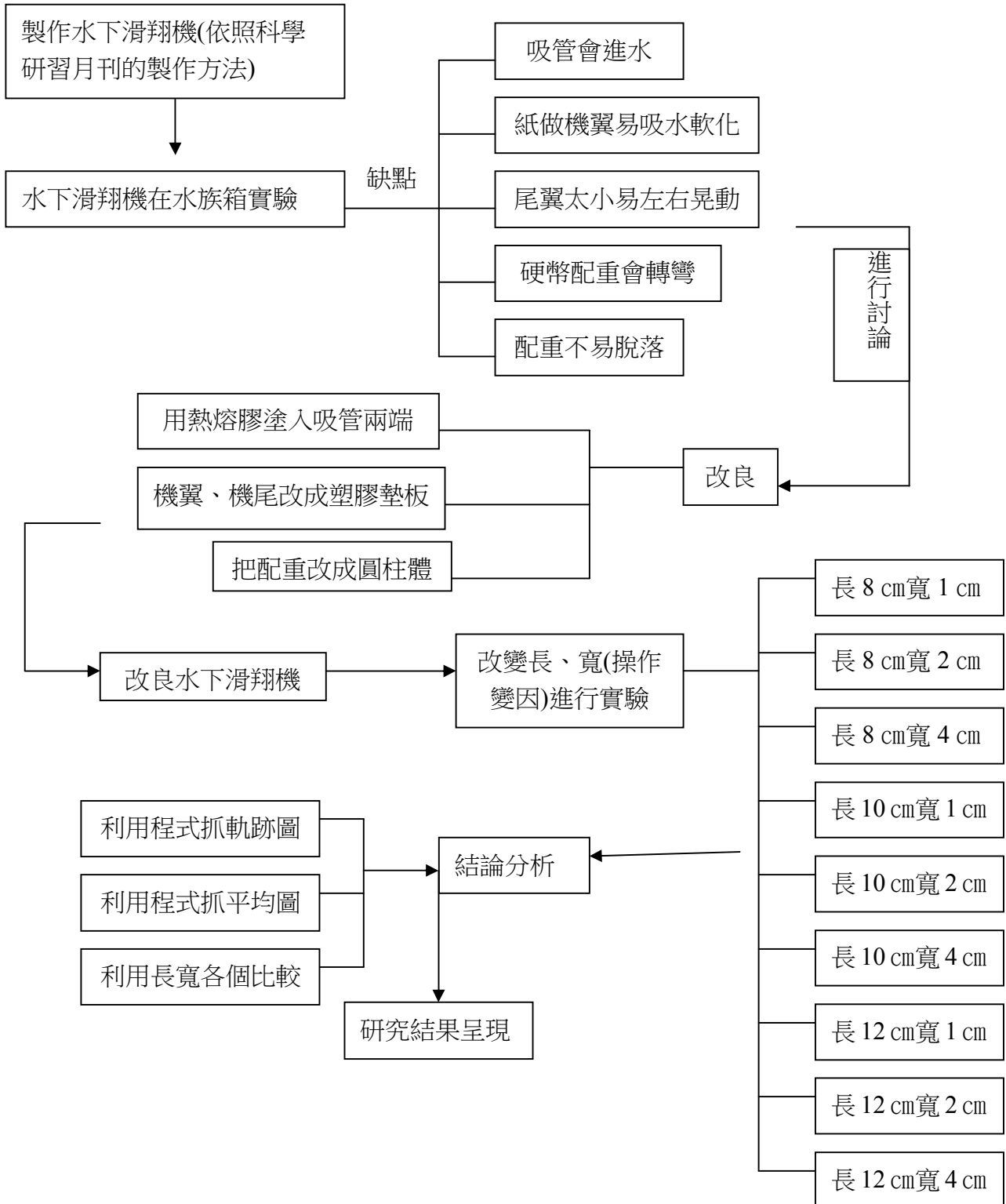
實驗水槽：水族箱長、深、寬分別為 120cm、50cm、45cm。(圖八)

其他：剪刀、美工刀、尖嘴鉗、膠帶。



肆、研究方法：

一、實驗流程表



二、先依科學研習月刊的內容製造滑翔機

(一)製造滑翔機主體

- 1.將三根吸管的兩端分別以膠帶封口。《圖一》
- 2.將頂管(一個 13 公分)及底管(兩個 14 公分)對齊一端，以透明膠帶予以黏貼固定。《圖二》



(二)滑翔機配重勾

- 1.裁剪 2 片長寬約 1 公分x1.5 公分的泡棉膠，並將其疊合在一起《圖三》
- 2.將疊合後的泡棉膠黏至主體艙部之底管下方，再以透明膠帶予以固定《圖四》
- 3.取出一支大頭針，從泡棉膠中央處，以 45 度斜角插入，要避免插入吸管，防止進水。《圖四》



(三)黏貼機翼及重心

- 1.取長 2 公分寬 2 公分的泡棉膠黏在機翼的一側，並把 1 個五塊夾在 2 個一塊的重心貼在上面。《圖五》

- 2.再取長 10 公分寬 2 公分的牛奶盒紙板，並在一側的中央處黏 1.5x2 的泡棉膠，貼在底管下方，邊緣距離機尾約 5 公分。《圖六》

(四)垂直尾翼

- 1.取長 1 公分寬 4 公分的牛奶盒紙板折起來(須保持中間可以讓吸管插入之空間)，插入頂管的尾部。《圖七》

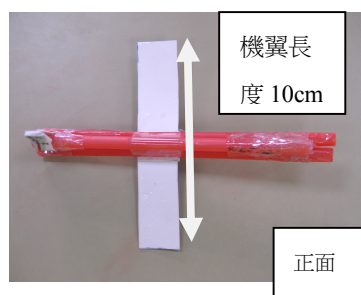


(五)配重製作

- 1.取出 2 小塊泡棉膠，黏於一元硬幣兩側。
- 2.利用尖嘴鉗將大頭針彎成 U 字型，並把 U 字型大頭針黏在雙面膠上。《圖八》



(六)成品照片



三、水下滑翔機運動實際操作照片(以長 10 公分，寬 2 公分作機翼)

水箱規格：水深 50 公分，水箱長 120 公分，寬 45 公分

水下滑翔機在水族箱中「下潛---上浮」的運動實際操作照片。

第(一)階段：將水下滑翔機水平輕放入水面上，滑翔機會自動以一定角度下降。



第(二)階段：水下滑翔機正逐漸以穩定角度下降。



第(三)階段：水下滑翔機正下潛、前進並輕碰水族箱底部，碰到底部時配重會自動脫落。



第(四)階段：水下滑翔機一拋棄配重後機頭會上揚，改變運動姿態，開始上升。



第(五)階段：水下滑翔機逐漸往上浮，並同時以穩定角度前進。



第(六)階段：水下滑翔機浮出水面。



四、從實驗中發現按照科學雜誌所做滑翔機，實際操作後的滑行情形並不理想

(一) 幾經測試後，我們發現科學雜誌上的機型在實驗操作上有許多的問題：

- 1.問題(一)發現進水問題嚴重，用不到二、三次便進水。
- 2.問題(二)紙做的機翼用久了會變軟。(吸水後質量變重)
- 3.問題(三)滑翔機會不定時的轉彎。
- 4.問題(四)性能不夠優異、穩定。如：同樣的滑翔機，但其所走的路線相差遠或在行進時會左

右漂移。

5.問題(五)封口速度慢，導致製作效率較低。(用凡士林塗抹會減慢速度)

6.問題(六)配重難脫落。

(二) 解決方案

1.針對問題(一)、問題(五)：一開始我們只是膠帶貼多一點，但發現這樣子沒有用，於是先使用凡士林塞住其口，再用膠帶封口。但還是發現這樣子效果不佳，所以我們改用以熱熔膠均勻的填充在吸管兩端，絲毫不會有水進入。

2.針對問題(二)：經過多次的機翼材料設計後，我們改用塑膠墊板製作。(完全防水)

3.針對問題(三)、問題(四)：發現是一塊錢配重的影響，會意外產生舵的效應，於是我們把配重改成圓柱體(在水中的阻力較小)，防止其影響轉彎。並將尾翼加大(改成長 6 公分，寬 2 公分)，使其更具有穩定的作用。

4.針對問題(六)：把硬幣(配重)改成直立的 5 顆小鋼珠，垂直的外型在碰到底部時，向上推擠，變得更容易脫落。同時，我們也發現可以減少水造成的阻力，用不同數目的小鋼珠，讓配重的質量調整更為精細。

問題	解決方案	成效
吸管浸水，導致沉入水底	1.增加膠帶	不佳，仍易進水。
	2.用凡士林塞入吸管兩端。	1.不易黏貼膠帶，且仍易進水。
		2.機身重量顯著增加。
		3.封口速度慢。
	3.用熱熔膠塞入吸管兩端。	1.佳，完全防水。
		2.機身重量改變不大。
3.製作效率高。		
紙用機翼易吸水軟化，導致增加重量，影響實驗。	改用塑膠墊板做機翼	佳，塑膠不吸水。
用硬幣打直做的配重，會轉彎	1.硬幣橫掛。	下潛阻力過大，速度明顯變慢。
	2.配重改圓柱體。	佳，圓柱體不易造成轉彎。
尾翼小，易左右晃動	加大尾翼，面積變成 2 x6	移動路徑接近直線。
配重(硬幣型)不易脫落。	將配重改為直立 5 顆小鋼珠。	1.垂直外型更容易脫落。
		2.質量調整更為精細容易。

※利用天平及排水法求出水下滑翔機的質量與體積，如下表：

	質量 (克)		體積 (立方公分)	
	改良前	改良後	改良前	改良後
機身主體 (含機翼、尾翼、重心)	16.3	16.2	16.9	17.2
配重 (改良前：硬幣；改良後：5 個鋼珠)	3.9	4.9	1.5	1.4
總重量 (體積)	20.2	21.1	18.4	18.6

統整以上的問題與發現，我們決定用熱熔膠、塑膠墊板、圓柱體配重來改良。

總算是做出了耐用、穩定性高、製作快速的改良機種。

五、改良後的水下滑翔機製作方法

(一)先製造滑翔機主體

- 1.將三根吸管的兩端分別以熱熔膠封口。《圖九》
- 2.將頂管(一個 13 公分)及底管(兩個 14 公分)對齊一端，以透明膠帶予以黏貼固定。《圖十》



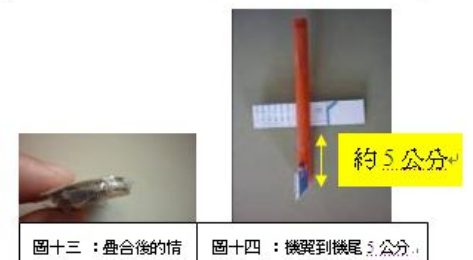
(二)滑翔機配重勾

- 1.裁剪 2 片長寬約 1 公分x1.5 公分的泡棉膠，並將其疊合在一起《圖十一》
- 2.將疊合後的泡棉膠黏至主體艙部之底管下方，再以透明膠帶予以固定《圖十二》
- 3.取出一支大頭針，從泡棉膠中央處，以 45 度斜角插入，要避免插入吸管，防止進水。《圖十二》



(三)黏貼機翼及重心

- 1.取長 2 公分寬 2 公分的泡棉膠黏在機翼的一側，並把 1 個五塊夾在 2 個一塊的重心貼在上面。《圖十三》
- 2.再取長 10 公分寬 2 公分的塑膠墊板，並在一側的中央處黏 1.5x2 的泡棉膠，貼在底管下方，邊緣距離機尾約 5 公分。《圖十四》



(四)垂直尾翼

- 1.取長 2 公分寬 6 公分的塑膠墊板折起來(須保持中間可以讓吸管插入之空間)，插入頂管的尾部。《圖十五》



(五)配重製作

- 1.取出長約三公分的吸管，裡面塞入直徑約 0.5 公分的鋼珠 5 顆(每顆小鋼珠質量 0.88 克)。《圖十六》
- 2.利用尖嘴鉗將大頭針彎成 U 字型，再用熱熔槍把大頭針與塞入鋼珠的吸管固定起來。《圖十六》

(六)完成圖(照片)：(圖十七)、(圖十八)、(圖十九)



圖十七：滑翔機側面



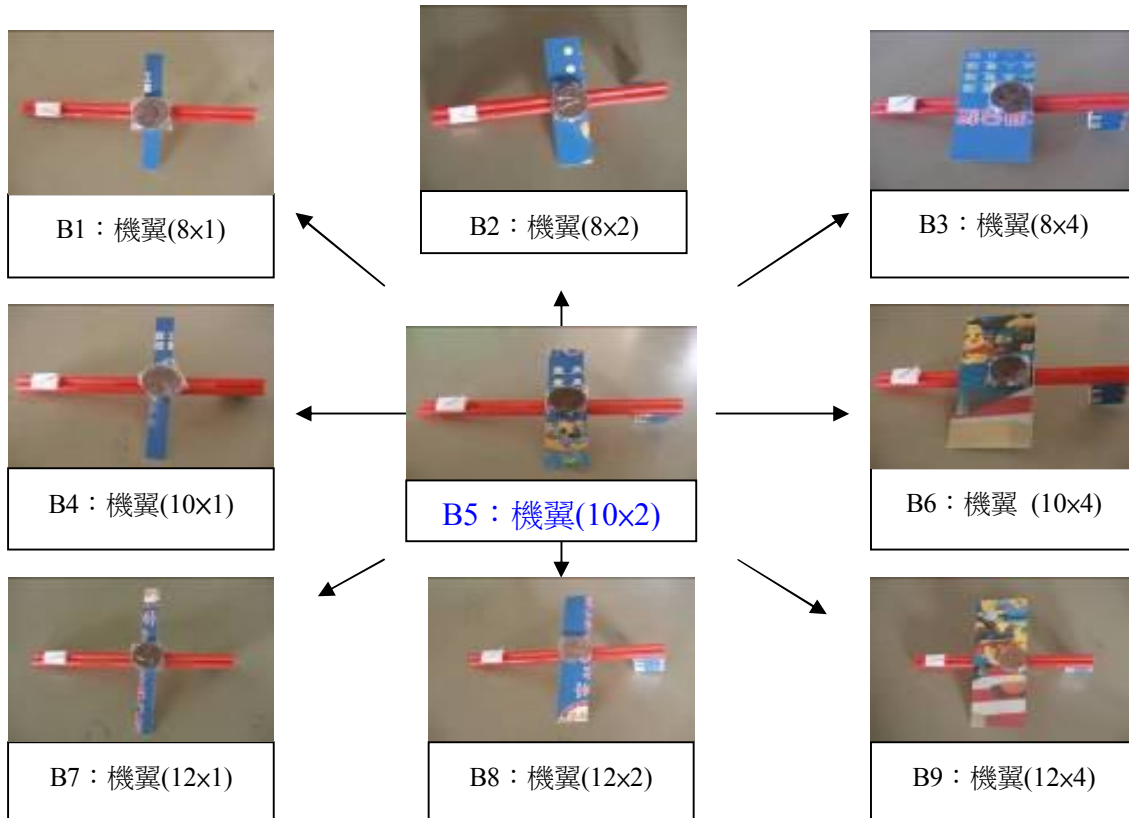
圖十八：滑翔機反面



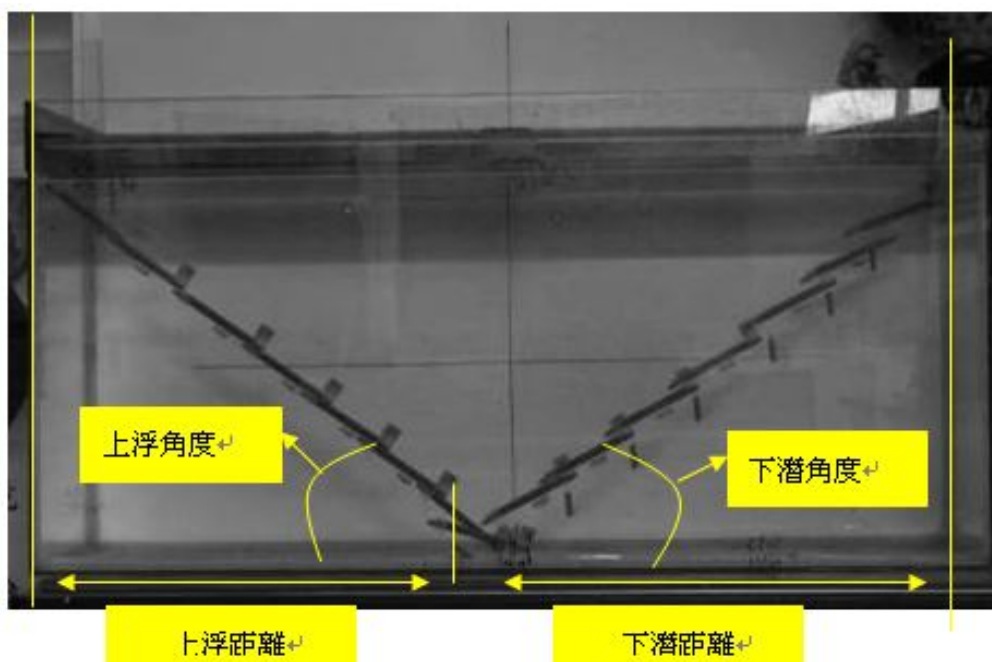
圖十九：滑翔機正面

伍、實驗過程及結果分析和討論

- 一、以原型機（機翼 10×2 cm），為基準，長各增加、減少二公分，寬各增加一公分與二公分，共製造出 9 種機翼長度不同之水下滑翔機。
- 二、每個機種分別作 10 次操作，探討不同機翼大小的水下滑翔機其水平移動距離、水平速率及潛行角度之關係。
- 三、本研究所用之九種水下滑翔機。



※以下實驗中的表列數據，下潛跟上浮的距離和角度的測量如圖所示



四、水下滑翔機下潛及上浮過程軌跡電腦程式分析操作過程

- (一) 首先於水族箱背面中心定點設定軌跡參考原點。
- (二) 將攝影機固定於水族箱前定點，調整至適當大小視窗，並利用攝影機將水下滑翔機移動的情形錄影。
- (三) 利用截圖軟體(XnView)，取得整個移動情形約 15 張照片。
- (四) 利用分析軟體(MATLAB)，首先將 15 張照片整合於同一張照片，以初步瞭解實際水下潛艇移動的軌跡；接著經由合成照片，計算每一個水下滑翔機首的照片位置，如 (x_1, y_1) ，與中心參考原點 (x_0, y_0) 的相對位置，即 $(x_1 - x_0, y_1 - y_0)$ ，另外因為實際水族箱的寬度為 120 公分，因此對照片而言，可量測於照片上的水族箱的寬度距離，如 D ，則可由公式 $(x_1 - x_0)/D * 120$ 及 $(y_1 - y_0)/D * 120$ 分別計算得到滑翔機機首對中心參考原點的實際距離。此方法可校正因不同視窗大小或不同攝影距離所引起的量測差異值。
- (五) 經由上述方法分析計算後，可分別得到 15 個實際移動軌跡的取樣點，最後再利用分析軟體所提供的 curve fitting 功能，將軌跡線描繪出來，並重複前述步驟，計算同樣條件下 10 次實驗的結果後，最後計算 10 次平均移動軌跡的路線。
- (六) 分析圖(一)是十次實驗軌跡綜合圖，分析圖(二)是十次實驗軌跡平均圖。

分析圖(一)中的十種符號代表十次實驗，經攝影及程式轉換後所描繪的:

第一次：*

第二次：+

第三次：×

第四次：○

第五次：□

第六次：◇

第七次：-----

第八次：-.-.-.-.

第九次：.....

第十次：☆

分析圖(二)中所標示的縱座標及三個點分別代表的意義是:

座標+25 公分處是水面，座標-25 公分處是水底。

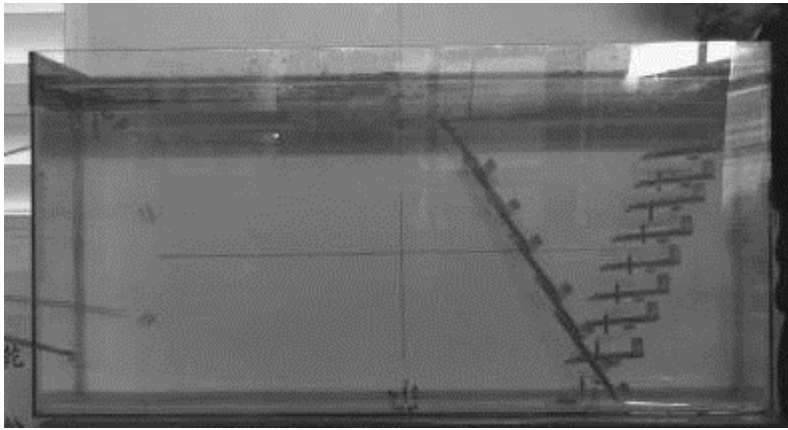
1. **起始點**：(1)水面到起始點的距離，是由於飛機至水面下潛到穩定仰角才開始取點造成。(2) 水箱最右側到起始點的距約 14 公分，此段距離即為機身長。

2. **坐底點**：水底到轉折點的距離，是因為配重著地脫離時，機頭並不會碰到底部。

3. **出水點**：機頭一浮出水面，立即用程式繪點。

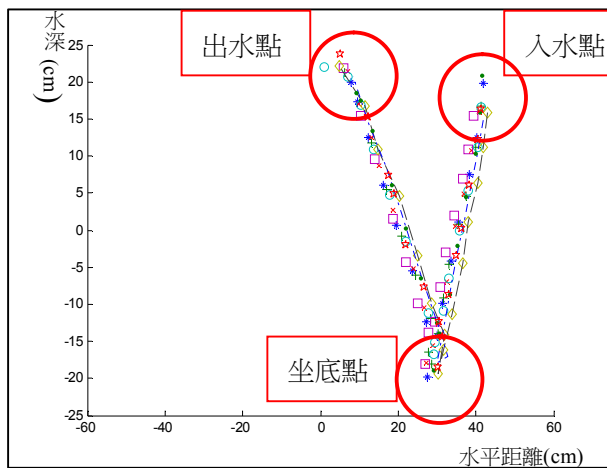
五、研究結果

實驗 1：(1)機翼長 8 公分寬 1 公分(編號 B1)水下滑翔機下潛及上浮過程照片

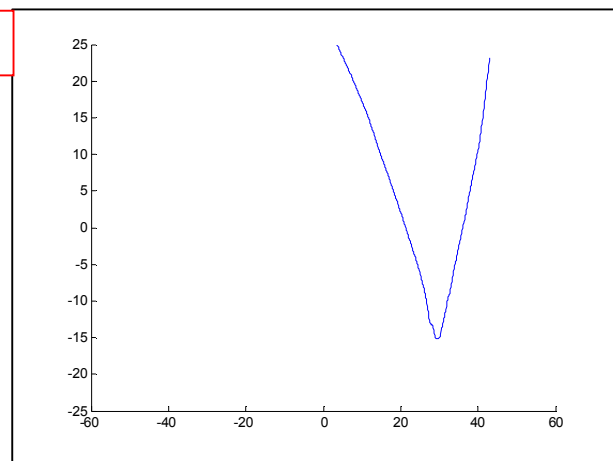


(2)水下滑翔機下潛及上浮軌跡電腦程式分析圖及實驗數據

分析圖(一)

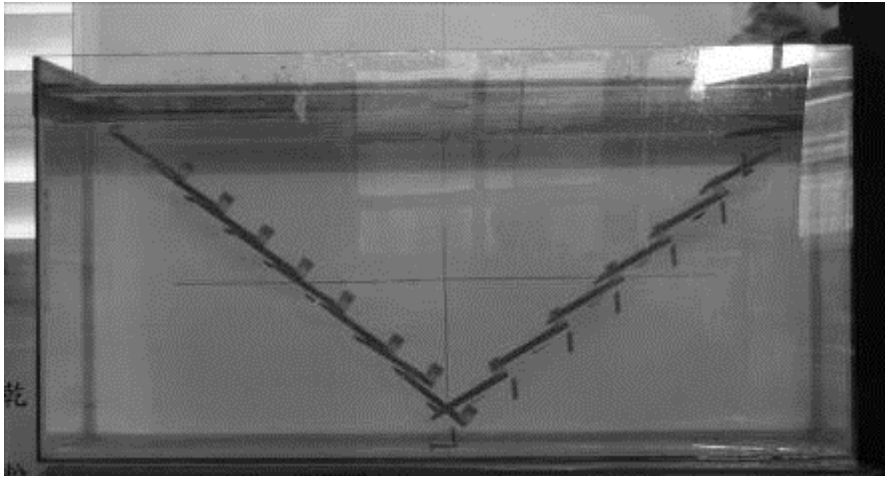


分析圖(二)



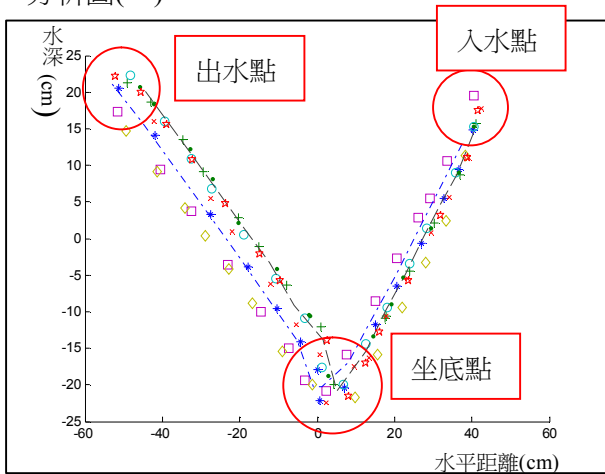
實驗 編號	水平距離(cm)			時間(sec)			水平速率 cm/sec			角度	
	下潛	上浮	總距離	下潛	上浮	總時間	下潛	上浮	平均速率	上浮	下潛
1	18.5	21.5	40	3.1	3.3	6.4	6	6.5	6.3	65	80
2	18	24.5	42.5	3.4	3.5	6.9	5.3	7.0	6.2	70	77
3	16.5	26.5	43	3.2	3.7	6.9	5.2	7.2	6.2	70	78
4	16.5	27.5	44	3.3	3.6	6.9	5.0	7.6	6.4	67	79
5	18.5	25.5	44	3.2	3.7	6.9	5.8	6.9	6.4	69	79
6	15	25.5	40.5	3.2	4	7.2	4.7	6.4	5.6	66	80
7	15	26	41	3.3	3.9	7.2	4.5	6.7	5.7	69	76
8	15.5	25	40.5	3.2	3.9	7.1	4.8	6.4	5.7	66	76
9	15.5	27	42.5	3.3	4	7.3	4.7	6.8	5.8	71	78
10	15	26	41	3.2	3.7	6.9	4.7	7.0	5.9	67	77
平均	16.4	25.5	41.9	3.2	3.7	7	5.1	6.8	6	68	78

實驗 2：(1)機翼長 8 公分寬 2 公分(編號 B2)水下滑翔機下潛及上浮過程照片

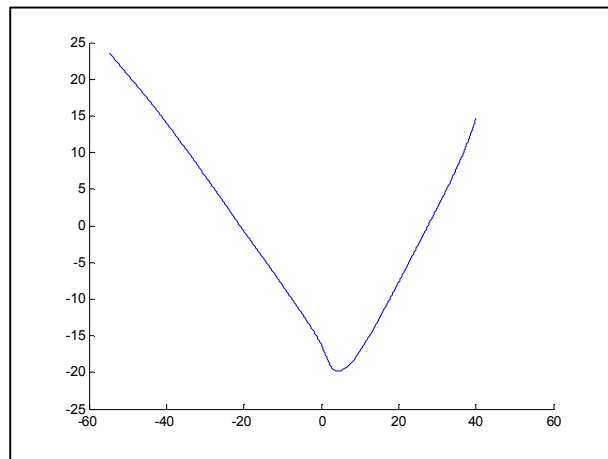


(2)水下滑翔機下潛及上浮軌跡電腦程式分析圖及實驗數據

分析圖(一)

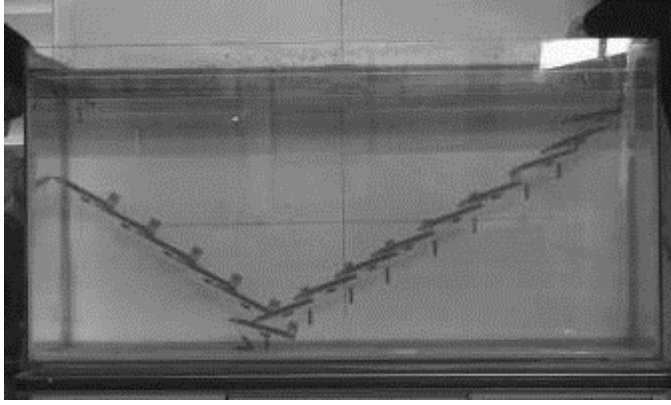


分析圖(二)



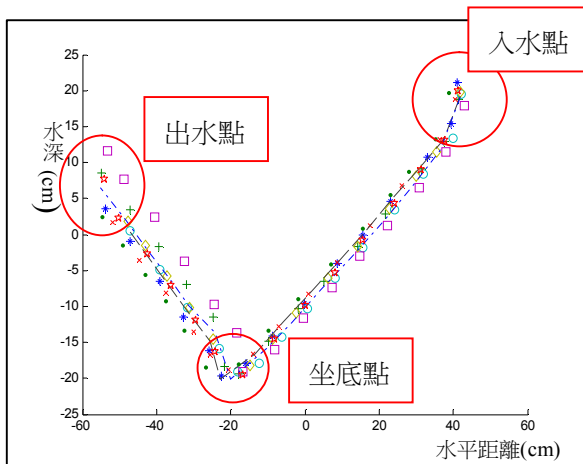
實驗編號	水平距離(cm)			時間(sec)			水平速率 cm/sec			角度	
	下潛	上浮	總距離	下潛	上浮	總時間	下潛	上浮	平均速率	上浮	下潛
1	42	59	101	5.7	2.8	8.5	7.4	21.1	11.9	48	60
2	38	57.5	95.5	5.1	2.7	7.8	7.5	21.3	12	49	60
3	40.5	57	97.5	6	2.8	8.8	6.8	20.4	11.1	47	59
4	40	55.5	95.5	5.1	2.8	7.9	8	19.8	12.1	47	56
5	46.5	59.5	106	5.9	2.9	8.8	7.9	20.5	12.0	46	56
6	41.5	57.5	99	5.2	2.9	8.1	8.0	19.8	12	47	58
7	38.5	57	95.5	5.1	3.2	8.3	7.5	17.8	11.5	49	57
8	44	60	104	5.9	2.8	8.7	7.5	21.4	12.0	49	56
9	38	57.5	95.5	5.2	3.1	8.3	7.3	18.5	11.5	48	60
10	37	58.5	95.5	5.2	3.2	8.4	7.1	18.3	11	50	58
平均	40.6	57.9	98.5	5.4	2.9	8.4	7.5	19.9	11.8	48	58

實驗 3：(1)機翼長 8 公分寬 4 公分(編號 B3)水下滑翔機下潛及上浮過程照片

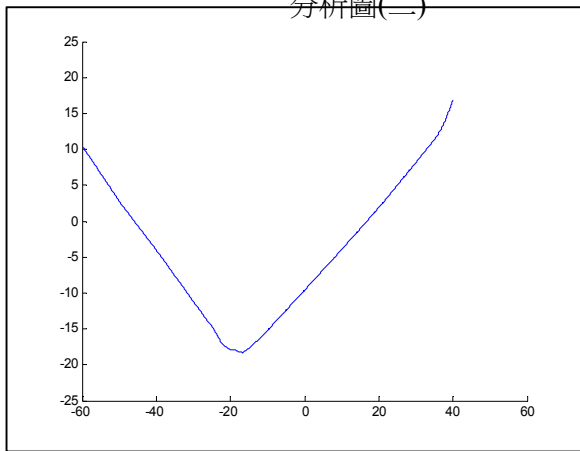


(2)水下滑翔機下潛及上浮軌跡電腦程式分析圖及實驗數據

分析圖(一)



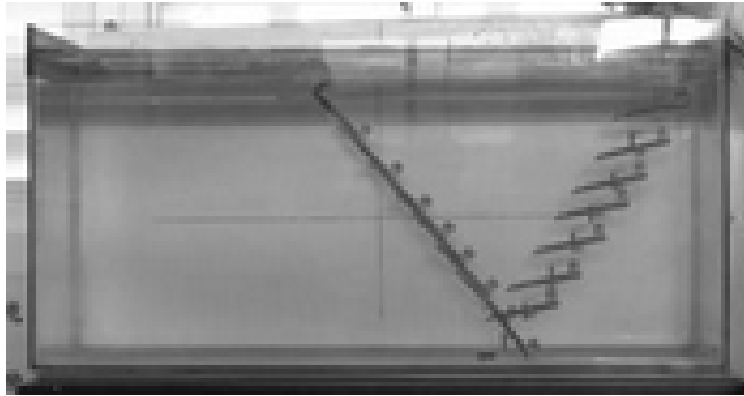
分析圖(二)



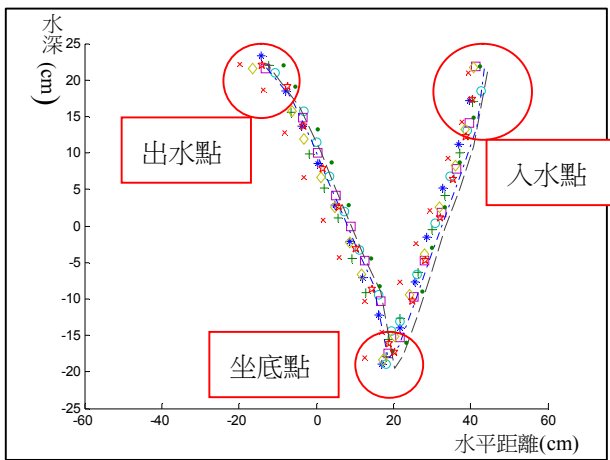
實驗編號	水平距離(cm)			時間(sec)			水平速率 cm/sec			角度	
	下潛	上浮	總距離	下潛	上浮	總時間	下潛	上浮	平均速率	上浮	下潛
1	69	37	106	5.3	3	8.3	13.0	12.3	12.8	52	44
2	69	37	106	5.4	3.3	8.7	12.8	11.2	12.2	50	42
3	69	37	106	5.3	3.3	8.6	13.0	11.2	12.3	50	42
4	67.5	38.5	106	5.1	3.4	8.5	13.2	11.3	12.5	50	40
5	65	41	106	5.3	3.7	9	12.3	11.1	11.8	48	40
6	68	38	106	5.3	3.4	8.7	12.8	11.2	12.2	52	43
7	68	38	106	5.1	3.2	8.3	13.3	11.9	12.8	51	43
8	68.5	37.5	106	5	3.3	8.3	13.7	11.4	12.8	49	44
9	72	34	106	5.1	3.4	8.5	14.1	10.0	12.5	48	41
10	67	39	106	4.8	3.1	7.9	14.0	12.6	13.4	50	41
平均	68.3	37.7	106	5.2	3.3	8.5	13.2	11.4	12.5	50	42

※紅色的數據是基於研究限制，我們已找到市面上最大的水箱，長度仍然不足，水中滑翔機會在上浮途中撞到側壁。

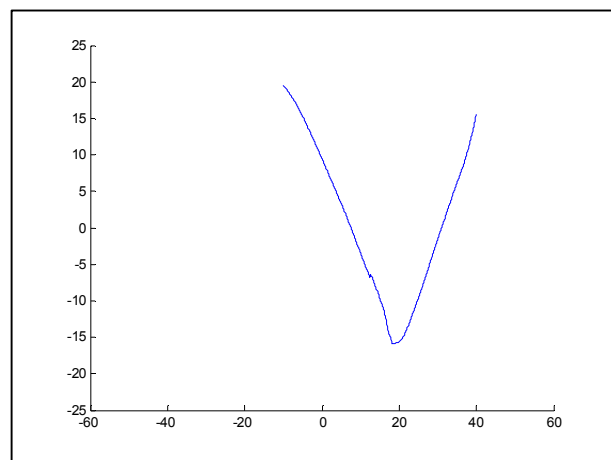
實驗 4：(1)機翼長 10 公分寬 1 公分(編號 B4)水下滑翔機下潛及上浮過程照片



(2)水下滑翔機下潛及上浮軌跡電腦程式分析圖及實驗數據



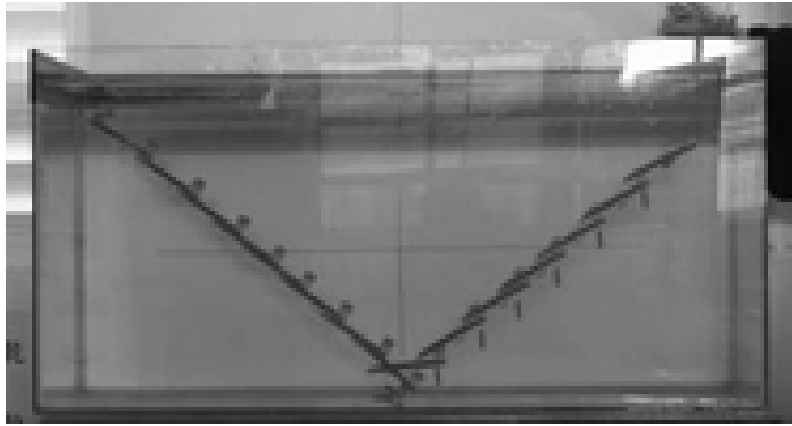
分析圖(一)



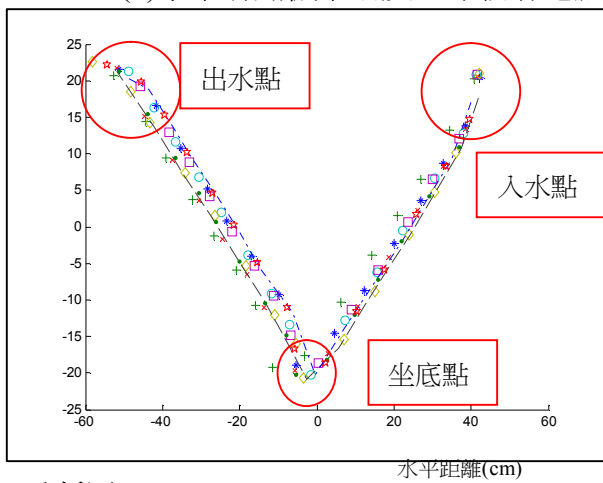
分析圖(二)

實驗編號	水平距離(cm)			時間(sec)			水平速率 cm/sec			角度	
	下潛	上浮	總距離	下潛	上浮	總時間	下潛	上浮	平均速率	上浮	下潛
1	28	28.5	56.5	3.4	4.5	7.9	8.2	6	7.2	66	70
2	28	32.5	60.5	3.1	4.6	7.7	9.0	7.1	7.9	65	70
3	32	31	63	3.2	4.4	7.6	10.0	7.0	8.3	64	66
4	27.5	28.5	56	3.3	4.7	8	8.3	6.1	7.0	65	66
5	26.5	30.5	57	3.5	4.6	8.1	7.6	6.6	7.0	63	68
6	28	32	60	3.5	4.6	8.1	8.0	7.0	7.4	64	69
7	25	31	56	3.3	4.6	7.9	7.6	6.7	7.1	65	67
8	26.5	29.5	56	3.7	5	8.7	7.2	5.9	6	67	68
9	25.5	30.5	56	3.5	4.2	7.7	7.3	7	7.3	65	69
10	26.5	29.5	56	3.4	4.3	7.7	8	6.9	7.3	66	67
平均	27.4	30.4	57.7	3.4	4.6	7.9	8.1	6.7	7.3	65	68

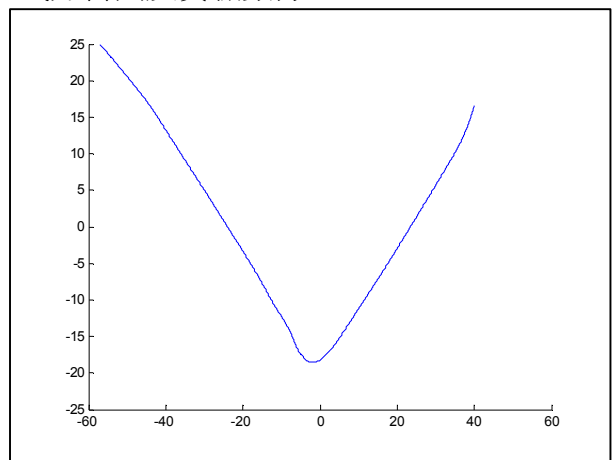
實驗 5：(1)機翼長 10 公分寬 2 公分(編號 B5)水下滑翔機下潛及上浮過程照片



(2)水下滑翔機下潛及上浮軌跡電腦程式分析圖及實驗數據



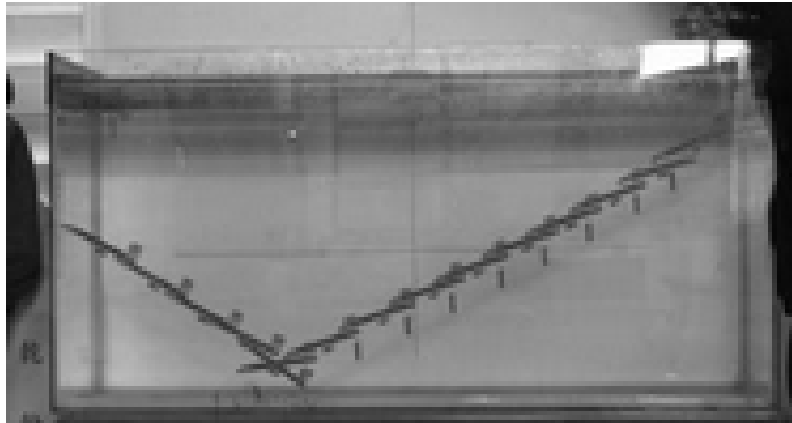
分析圖(一)



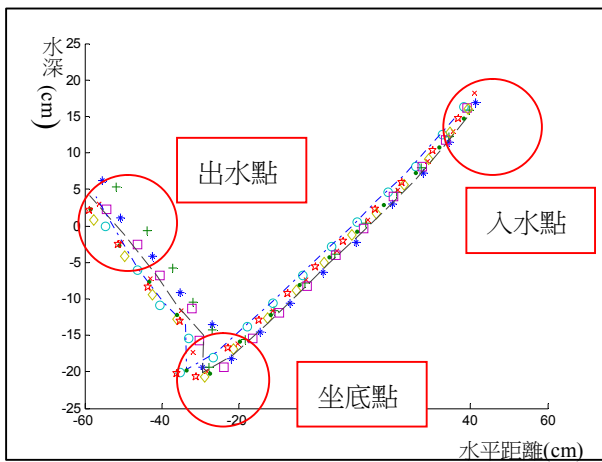
分析圖(二)

實驗編號	水平距離(cm)			時間(sec)			水平速率 cm/sec			角度	
	下潛	上浮	總距離	下潛	上浮	總時間	下潛	上浮	平均速率	上浮	下潛
1	47.5	50	97.5	3.1	4.3	7.4	15.3	11.6	13.2	56	54
2	55.5	49.5	105	3.1	4.9	8	17.9	10.1	13.1	54	56
3	50	53.5	103.5	3.2	5.2	8.4	15.6	10.3	12	54	53
4	48	50	98	3.1	4.4	7.5	15	11	13.1	53	55
5	47.5	47.5	95	3.2	4.5	7.7	14.8	10.6	12.3	57	57
6	49	50.5	99.5	3.3	4.9	8.2	14.8	10.3	12.1	56	57
7	48.5	50	98.5	3.2	4.9	8.1	15.2	10.2	12.2	53	54
8	47.5	45	92.5	3.1	4.6	7.7	15.3	9.8	12.0	57	55
9	50	49	99	3.3	5	8.3	15.2	9.8	11.9	55	56
10	46	49	95	3.2	4.4	7.6	14.4	11.1	12.5	55	53
平均	49	49.4	98.4	3.2	4.7	7.9	15.4	10.5	12.5	55	55

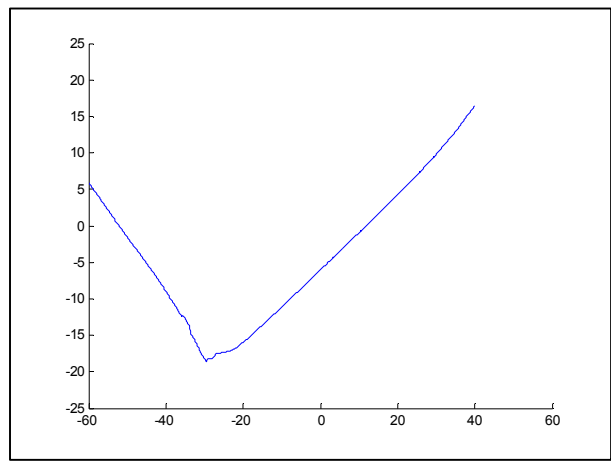
實驗 6：(1)機翼長 10 公分寬 4 公分(編號 B6)水下滑翔機過程照片



(2)水下滑翔機下潛及上浮軌跡電腦程式分析圖及實驗數據



分析圖(一)

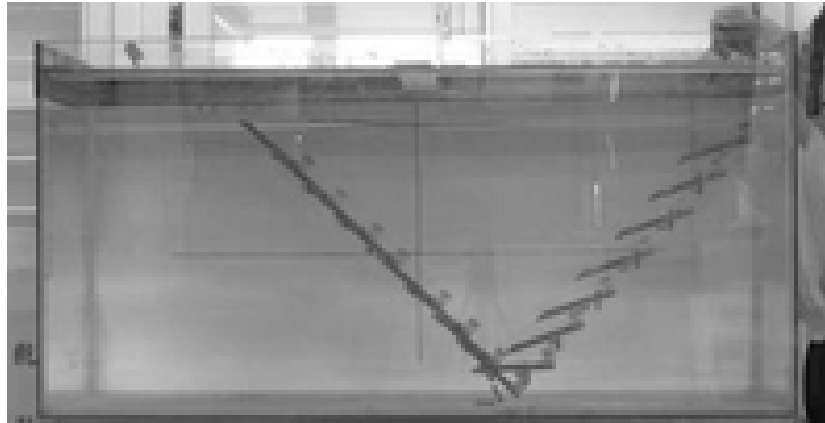


分析圖(二)

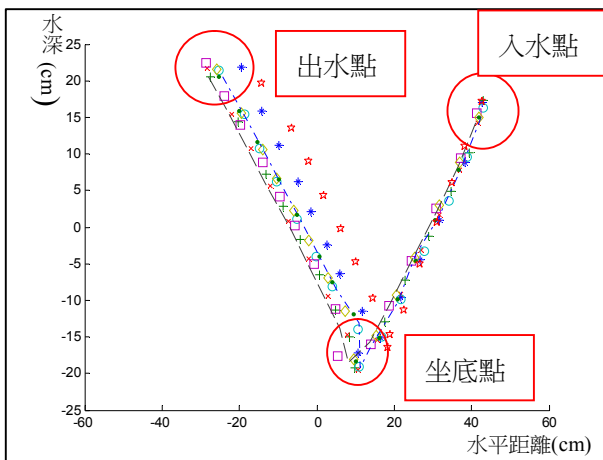
實驗編號	水平距離(cm)			時間(sec)			水平速率 cm/sec			角度	
	下潛	上浮	總距離	下潛	上浮	總時間	下潛	上浮	平均速率	上浮	下潛
1	76	30	106	6	2.7	8.7	12.7	11.1	12.2	51	42
2	76	30	106	6.1	2.9	9	12.5	10.3	11.8	50	43
3	79	27	106	6.2	2.5	8.7	12.7	11	12.2	49	37
4	81	25	106	6.2	2.5	8.7	13.1	10.0	12.2	50	40
5	75	31	106	5.5	2.2	7.7	13.6	14.1	13.8	47	39
6	78	28	106	6.3	2.2	8.5	12.4	12.7	12.5	52	37
7	77	29	106	6.5	2.8	9.3	11.8	10.4	11.4	53	38
8	81	25	106	6.5	2.4	8.9	12.5	10.4	11.9	48	41
9	79.5	26.5	106	6.1	2.3	8.4	13.0	11.5	12.6	48	40
10	81	25	106	6.4	2.5	8.9	12.7	10.0	11.9	52	43
平均	78.4	27.7	106	6.2	2.5	8.7	12.7	11.1	12.2	50	40

※紅色的數據是基於研究限制，我們已找到市面上最大的水箱，長度仍然不足，水中滑翔機會在上浮途中撞到側壁。

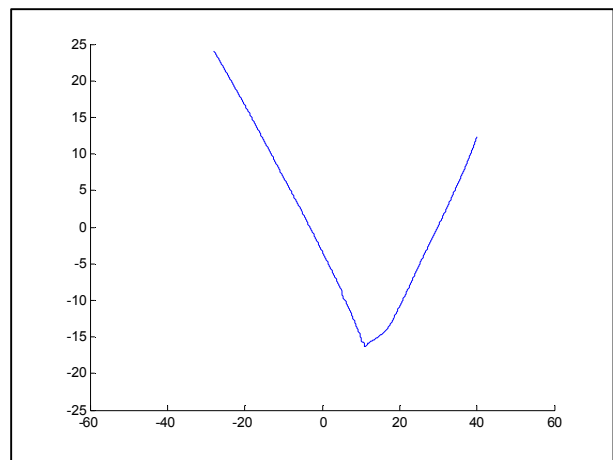
實驗 7：(1)機翼長 12 公分寬 1 公分(編號 B7)水下滑翔機下潛及上浮過程照片



(2)水下滑翔機下潛及上浮軌跡電腦程式分析圖及實驗數據



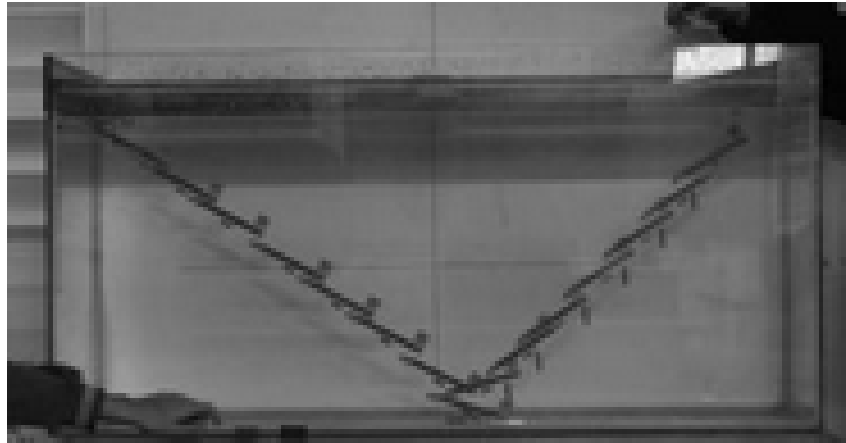
分析圖(一)



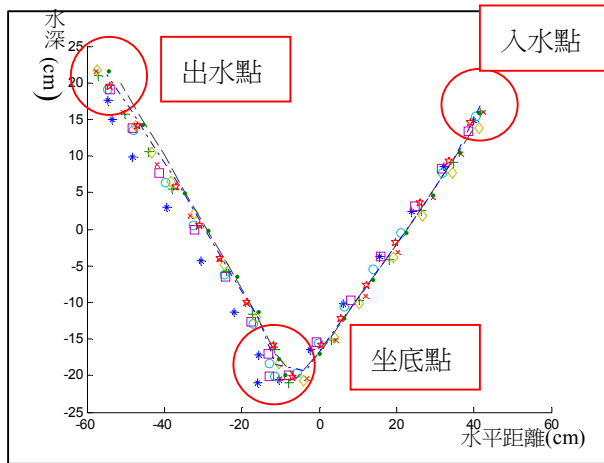
分析圖(二)

實驗編號	水平距離(cm)			時間(sec)			水平速率 cm/sec			角度	
	下潛	上浮	總距離	下潛	上浮	總時間	下潛	上浮	平均速率	上浮	下潛
1	32	38	70	3	5.1	8.1	10.7	7	8.6	57	60
2	34	46.5	80.5	3.1	7.3	10.4	11.0	6.4	7.7	58	63
3	33.5	44	77.5	3	6.5	9.5	11.2	6.8	8.2	61	62
4	33	39.5	72.5	2.9	6.5	9.4	11.4	6.1	7.7	59	59
5	32.5	41.5	74	3	5.9	8.9	10.8	7.0	8.3	56	63
6	35	38	73	3.2	7.4	10.6	10.9	5.1	6.9	54	64
7	35	41.5	76.5	3.2	7.5	10.7	10.9	5.5	7.1	58	60
8	33.5	40.5	74	3.1	6.6	9.7	10.8	6.1	7.6	62	59
9	33	40.5	73.5	3.3	7.5	10.8	10.0	5.4	6.8	55	58
10	30.5	37	67.5	3.6	3.6	7.2	8.5	10.3	9.4	60	62
平均	33.2	40.7	73.9	3.1	6.4	9.5	10.6	6.6	7.8	58	61

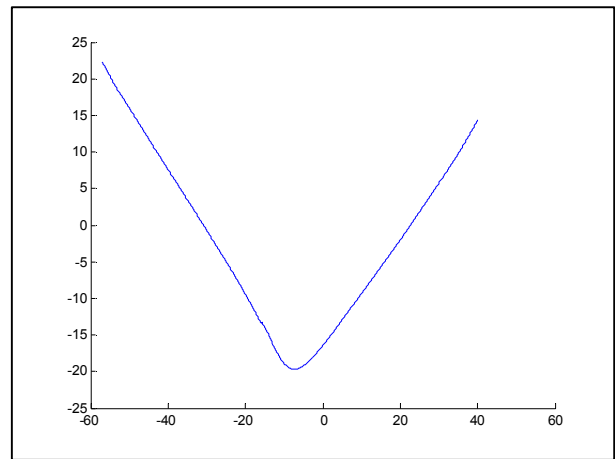
實驗 8：(1)機翼長 12 公分寬 2 公分(編號 B8)水下滑翔機下潛及上浮過程照片



(2)水下滑翔機下潛及上浮軌跡電腦程式分析圖及實驗數據



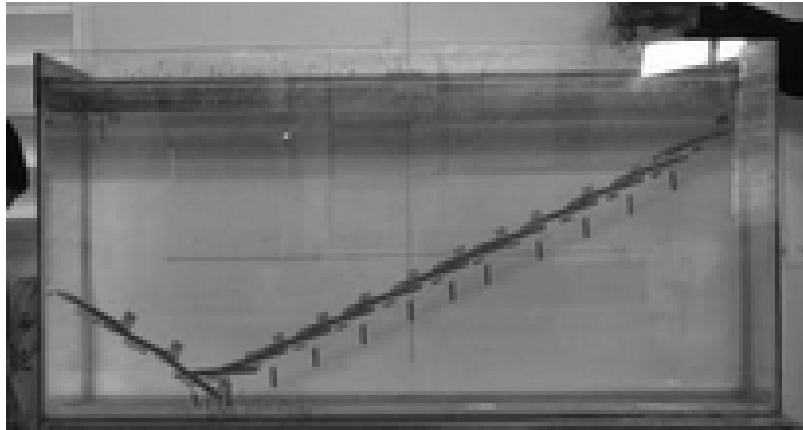
分析圖(一)



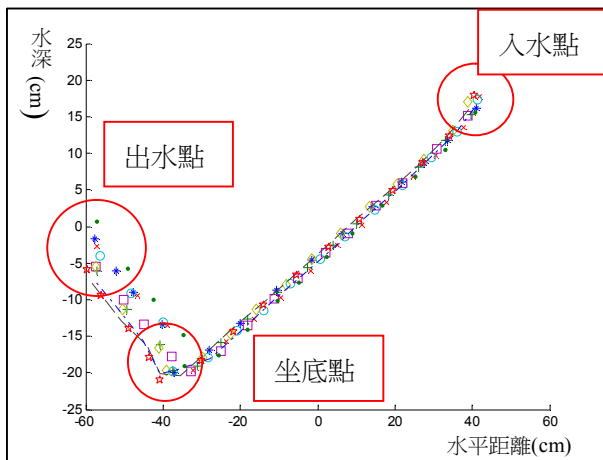
分析圖(二)

實驗編號	水平距離(cm)			時間(sec)			水平速率 cm/sec			角度	
	下潛	上浮	總距離	下潛	上浮	總時間	下潛	上浮	平均速率	上浮	下潛
1	59.5	46.5	106	3.6	4.6	8.2	16.5	10.1	12.9	51	52
2	55	51	106	4	5.5	9.5	13.8	9.3	11.2	51	50
3	54	52	106	3.9	5.3	9.2	13.8	9.8	11.5	50	53
4	57	49	106	3.7	5.4	9.1	15.4	9.1	11.6	53	51
5	56	50	106	3.8	5.4	9.2	14.7	9.3	11.5	53	48
6	54.5	51.5	106	3.4	5.6	9	16.0	9.2	11.8	55	49
7	55.5	49	104.5	3.5	5.9	9.4	16	8.3	11.1	52	50
8	54.5	51.5	106	3.4	5.5	8.9	16.0	9.4	11.9	54	47
9	54.5	51.5	106	3.4	5.5	8.9	16.0	9.4	11.9	49	49
10	65.5	40.5	106	3.6	5.8	9.4	18.2	7.0	11.3	52	51
平均	56.6	49.3	105.9	3.6	5.5	9.1	15.6	9.1	11.7	52	50

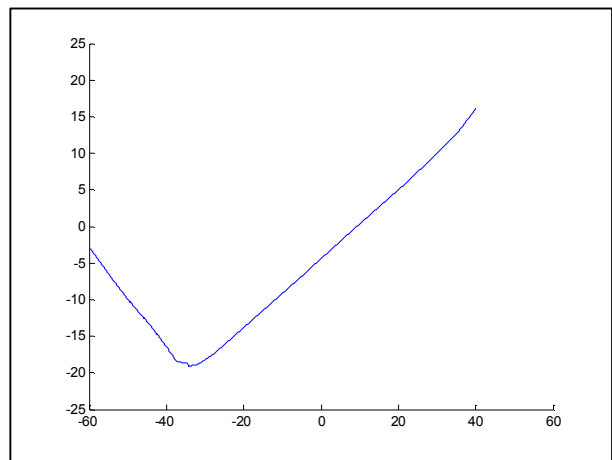
實驗 9：(1)機翼長 12 公分寬 4 公分(編號 B9)水下滑翔機過程照片



(2)水下滑翔機下潛及上浮軌跡電腦程式分析圖及實驗數據



分析圖(一)



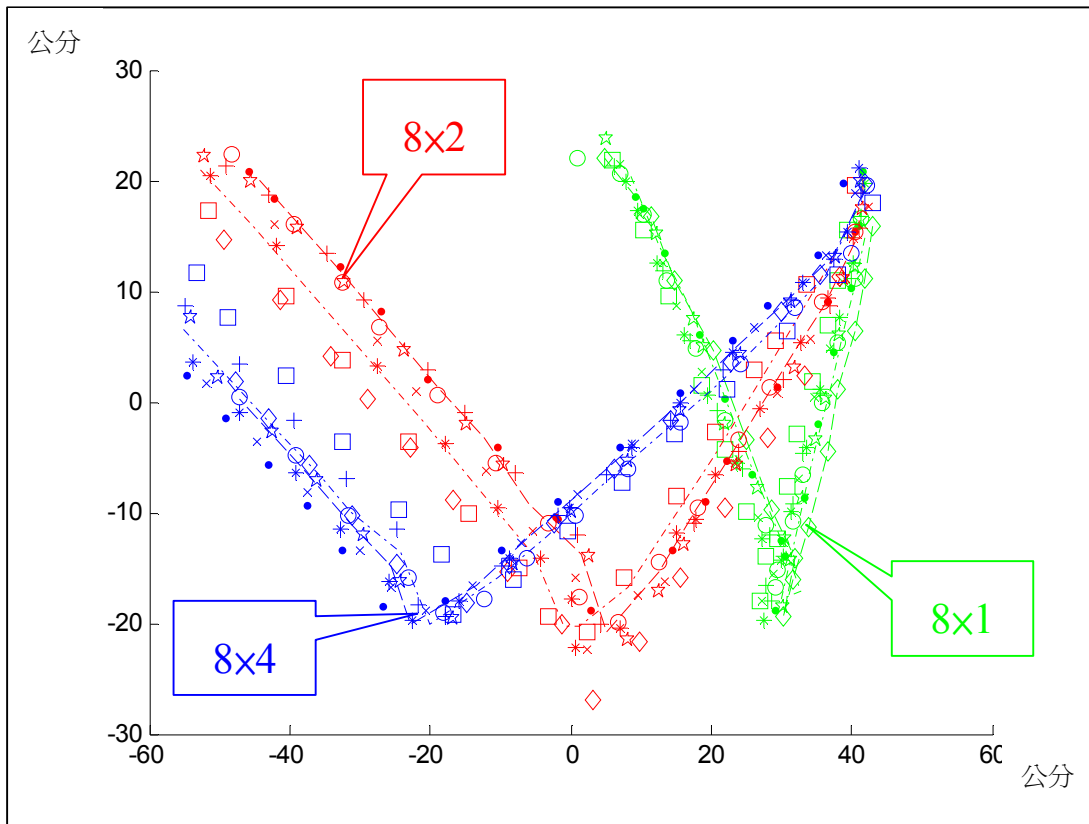
分析圖(二)

實驗編號	水平距離(cm)			時間(sec)			水平速率 cm/sec			角度	
	下潛	上浮	總距離	下潛	上浮	總時間	下潛	上浮	平均速率	上浮	下潛
1	85	21	106	6.2	2.1	8.3	13.7	10.0	12.8	46	36
2	85.5	20.5	106	6.2	1.9	8.1	13.8	10.8	13.1	44	40
3	85	21	106	6.4	2	8.4	13	11	12.6	45	35
4	84.5	21.5	106	6.3	2.1	8.4	13.4	10.2	12.6	46	36
5	84	22	106	6.7	1.9	8.6	12.5	11.6	12.3	47	38
6	85.5	20.5	106	6.4	2.1	8.5	13.4	9.8	12.5	45	38
7	87	19	106	6.5	1.8	8.3	13.4	10.6	12.8	44	39
8	84.5	21.5	106	6.4	1.9	8.3	13.2	11.3	12.8	47	37
9	83	23	106	6.4	2.2	8.6	13.0	10.5	12.3	43	37
10	85	21	106	6.7	2.1	8.8	12.7	10.0	12	43	34
平均	84.9	21.1	106	6.4	2.0	8.4	13.2	10.5	12.6	45	37

※紅色的數據是基於研究限制，我們已找到市面上最大的水箱，長度仍然不足，水中滑翔機會在上浮途中撞到側壁。

(六)比較、分析和討論

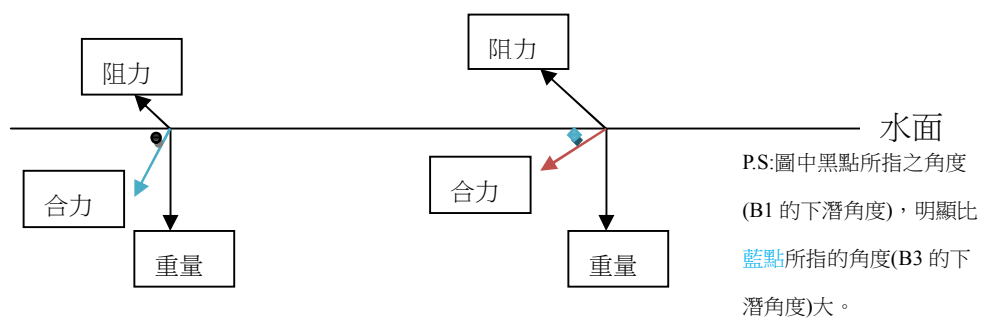
1. 三組實驗的比較圖(實驗 1、實驗 2、實驗 3)



※從三組實驗的比較圖中，我們得到下列結論：

(1) 機翼長度一定(8 公分)，寬度愈寬，下潛時受到水的阻力變大，使其在下潛到相同深度時，下潛的角度會縮小，所以水平距離會變大，下潛的時間拉長。

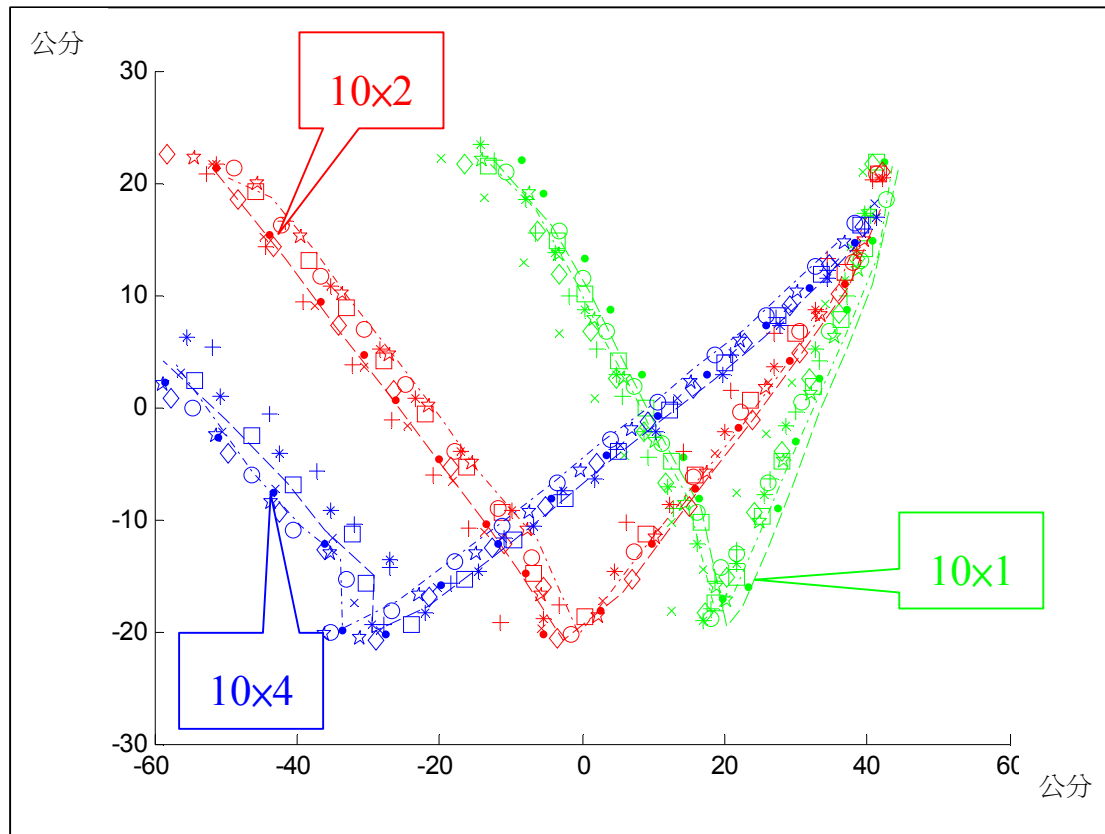
下圖為 B1(8x1) B3(8x4) 受力情形示意圖



(2)同樣的情形也發生在上浮的過程，但由於上浮過程中重量減輕(配重脫離)使阻力的影響較不明顯，因此上浮時間差異性較小。

(3)就速率而論，下潛速率以機翼寬 4cm 的機種最大，機翼 1cm 最小，彼此之間的差距明顯(差距 8.1cm/sec)；上浮速率以寬 2cm 之機種最大，寬度 1cm 之機種速率最小，彼此間差距更明顯(差距是 13.1cm/sec)；水平速率則以寬度 4cm 之機種最大，1cm 之機種最小(最快之機種和中間之機種差距小，但最慢之機種和前兩個機種差距明顯增加)。

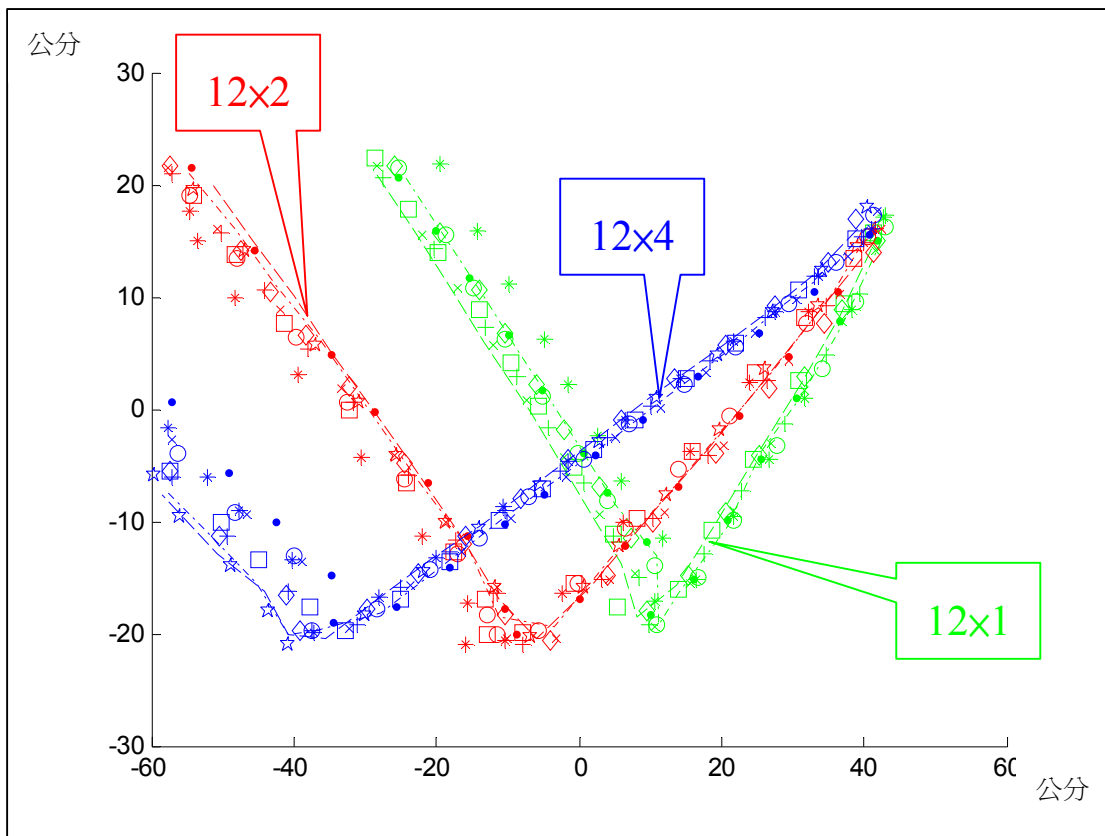
2.三組實驗的比較圖(實驗 4、實驗 5、實驗 6)



※從三組實驗的比較圖中，我們得到下列結論：

- (1)機翼長度一定(10 公分)，寬度愈寬，下潛時受到水的阻力變大，使其在下潛到相同深度時，下潛的角度會縮小，所以水平距離會變大，下潛的時間拉長。
- (2)機翼長度 10 公分的機種，上浮時間差異性較小(寬度 4cm 之機種不論，因為數據上之時間為其開始上浮到碰壁之時間，並非其走完全程之時間，而是被迫中斷的)。
- (3)就速率而論，下潛速率以機翼寬 2cm 的機種最大，機翼寬 4cm 次之，機翼 1cm 最小，但彼此之間的差距皆不大(最快之機種和最慢之機種之間的差距大約 7.3cm/sec，最快之機種和居中之機種、居中之機種和最慢之機種之差分別為 2.7cm/sec 和 4.6cm/sec)；上浮速率以寬 4cm 之機種最大，寬度 2cm 之機種次之，寬度 1cm 之機種速率最小(彼此間差距也不明顯，最快之機種和最慢之機種之間的差距大約 4.7cm/sec，最快之機種和居中之機種、居中之機種和最慢之機種之差分別為 0.6cm/sec 和 3.8cm/sec)；水平速率則以寬度 2cm 之機種最大，4cm 之機種次之，1cm 之機種最小(最快之機種和中間之機種差距小，最慢之機種和前兩個機種差距也皆不明顯)。

3.三組實驗的比較圖(實驗 7、實驗 8、實驗 9)



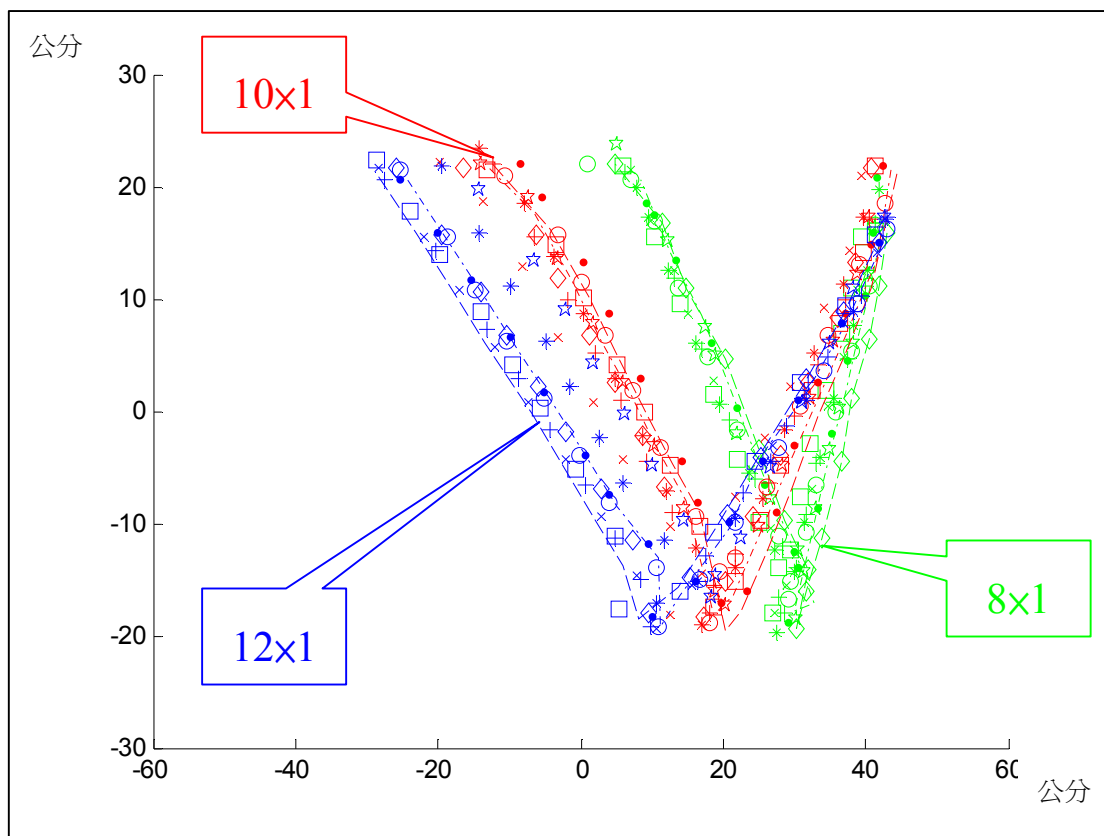
※

從三

組實驗的比較圖中，我們得到下列結論：

- (1)機翼長度一定(12 公分)，寬度愈大，下潛時受到水的阻力變大，使其在下潛到相同深度時，下潛的角度會縮小，所以水平距離會變大，下潛的時間拉長。
- (2)寬度 12cm 之機種，下潛時間短，上浮時間長(寬度 4cm 之機種不論，因為數據上之時間為其開始上浮到碰壁之時間，並非其走完全程之時間，而是被迫中斷的)。
- (3)就速率而論，下潛速率以機翼寬 2cm 的機種最大，機翼寬 4cm 次之，機翼 1cm 最小，但彼此之間的差距皆不大(最快之機種和最慢之機種之間的差距大約 5cm/sec，最快之機種和居中之機種、居中之機種和最慢之機種之差分別為 4.4cm/sec 和 2.6cm /sec)；上浮速率以寬 4cm 之機種最大，寬度 2cm 之機種次之，寬度 1cm 之機種速率最小(彼此間差距也不明顯，最快之機種和最慢之機種之間的差距大約 3.9cm/sec，最快之機種和居中之機種、居中之機種和最慢之機種之差分別為 1.4cm/sec 和 2.5cm /sec)；水平速率則以寬度 4cm 之機種最大，2cm 之機種次之，1cm 之機種最小(最快之機種和中間之機種差距小，最慢之機種和前兩個機種差距也皆不明顯)。

4.三組實驗的比較圖(實驗 1、實驗 4、實驗 7)



※從三組實驗的比較圖中，我們得到下列結論：

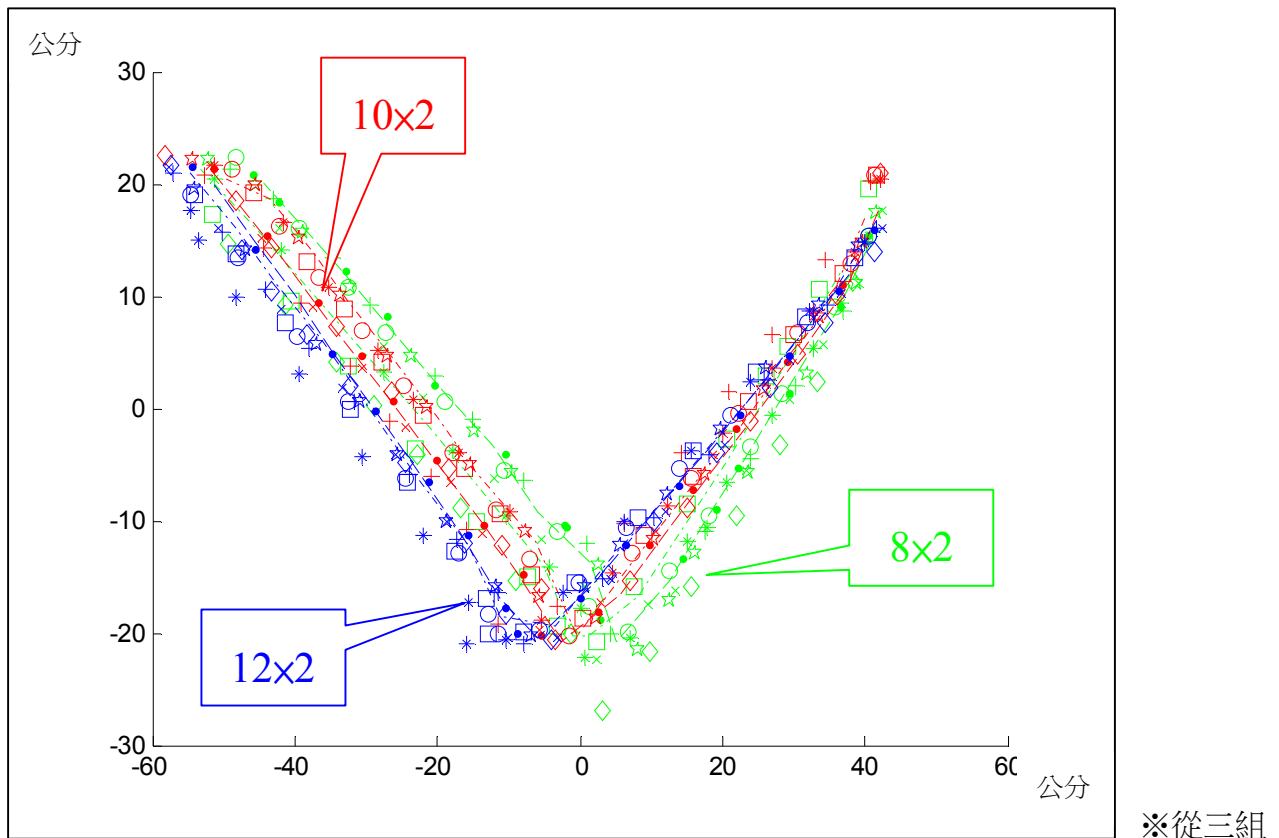
(1)機翼寬度相同(1 公分)，長度愈長，由於機翼面積的改變較小，因此阻力的改變也較小，所以造成下潛及上浮角度均變小，對水平距離的影響也較小。

(2)機翼寬度一公分的機種，長度愈長，下潛及上浮的時間均愈大(慢)。

機翼面積愈大，水阻愈大，所以時間愈慢。

(3)就速率而論，下潛速率和水平速率以機翼長 12cm 的機種最大，機翼長 10cm 次之，機翼 8cm 最小(前者最快之機種和最慢之機種之間的差距大約 5.5cm/sec，最快之機種和居中之機種、居中之機種和最慢之機種之差分別為 2.5cm/sec 和 3cm /sec；後者最快之機種和最慢之機種之間的差距大約 1.8cm/sec，最快之機種和居中之機種、居中之機種和最慢之機種之差分別為 0.5cm/sec 和 1.3cm /sec)；3 種機翼長度不同的機種上浮速率則大致相同。

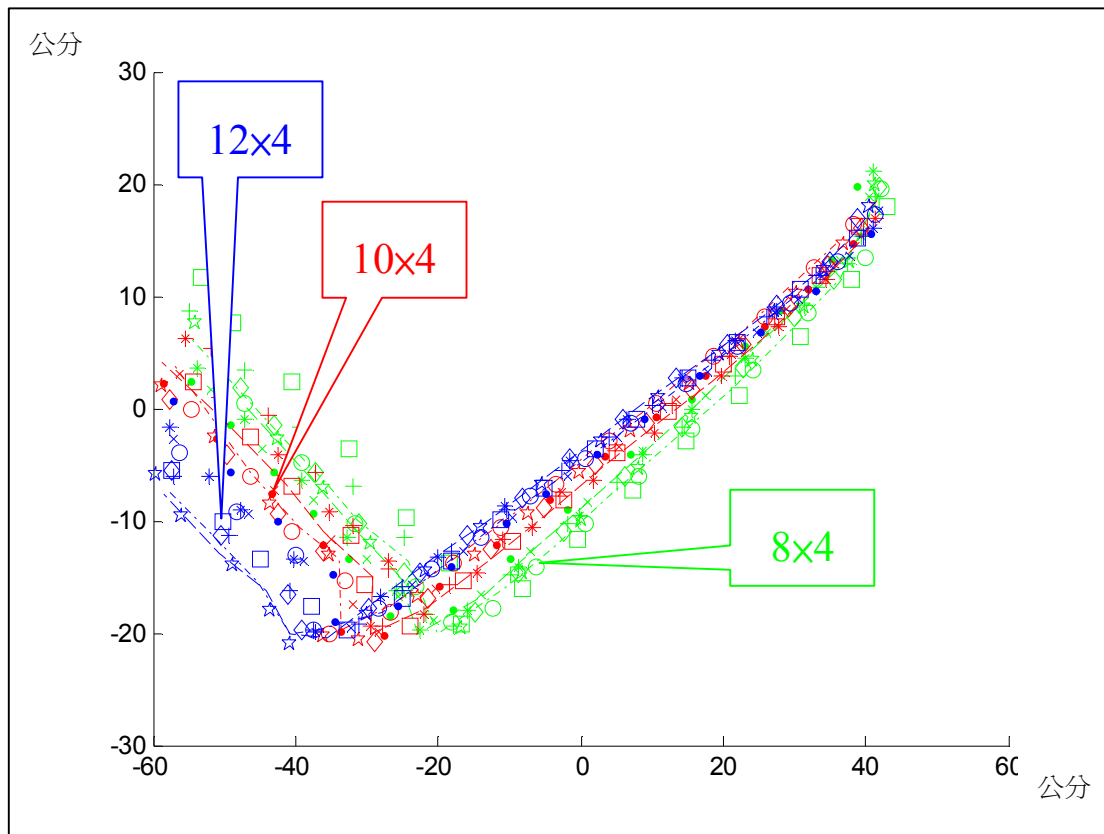
5.三組實驗的比較圖(實驗 2、實驗 5、實驗 8)



實驗的比較圖中，我們得到下列結論：

- (1)寬度一定(2公分)，長度愈長，由於機翼面積的改變較小，因此阻力的改變也較小，所以造成下潛及上浮角度均變小，對水平距離的影響也較小。下潛及上浮的角度愈小，水平距離愈大，但相對差異性不大。
- (2)機翼寬度二公分的機種，下潛及上浮的時間差異性也不大。
- (3)寬度一定(2公分)，長度 10cm、12cm 的機種，速率相近且穩定，兩者之下前即平均速率，約為長度 8 公分的 2 倍，但上浮速率約為 8 公分的 1/2 倍。可見長 8 公分的機種阻力較小。

6.三組實驗的比較圖(實驗 3、實驗 6、實驗 9)



※從三組實驗的比較圖中，我們得到下列結論：

- (1)機翼寬度一定(4 公分)，長度愈長，其下潛及上浮的角度愈小，下潛的水平距離大。(上浮因水族箱不夠長，因此不能比較，我們已找到市面上最大的水箱，長度仍然不足，水中滑翔機會在上浮途中撞到側壁)。
- (2)寬度最大時(4 公分)，其水平距離最大，但均有水箱長度不足的缺點。

陸、結論

一、根據我們的研究實驗，得到以下結論：

(一)水下滑翔機在下潛的行進時間比較短，上升的行進時間相對較長。

(二)在軌跡途中我們發現上升時，軌跡會有一小段的陡升，推測因為我們的軌跡圖皆以機頭當作描點畫圖，在配重自動脫落時，重心瞬間改變，機頭上仰，到至軌跡圖中上升時會有一小段陡升的情形。

(三)整體實驗來看對水平距離的影響，機翼固定長度，改變寬度的影響，大於固定寬度，改變長度。

二、而依照實驗 1-9 的結果，本次報告可以分成兩個部分，一個為機翼固定寬度下，長度對水平距離和角度的影響，一個為機翼固定長度下，寬度對水平距離和角度的影響：

(一)固定長度下寬度越大，水平移動距離越大，下潛角度越小，下潛花費時間較短，上浮時間較長。(因為機重、浮力不變，水的阻力恆與行進方向相反，而在上升時向下配重的重力消失，可能因為配重相對於其他力的值較大，對於機體運動的影響較明顯，導致下潛速率較快，上浮速率較慢。

(二)固定寬度下長度越大，水平移動距離越大，下潛角度越小，上浮下降的時間越長(較慢)。(面積比較小時，上浮下潛的時間差較小。

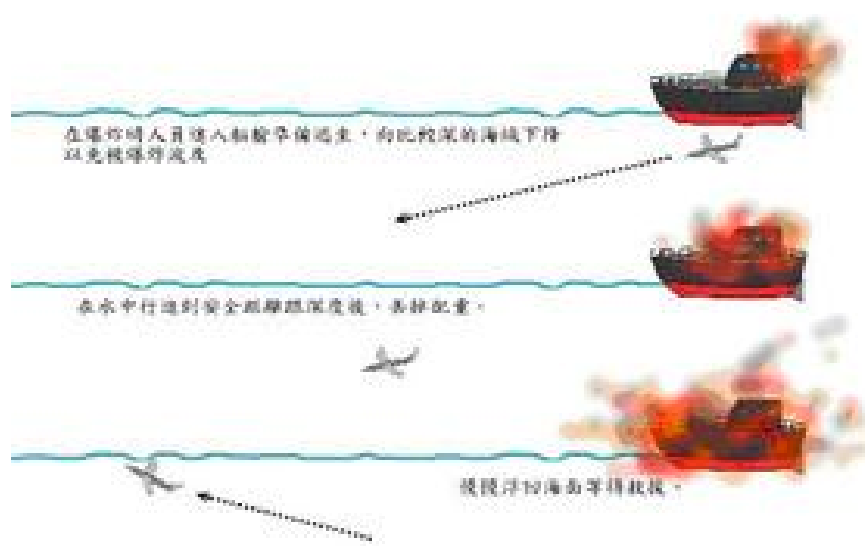
三、其中值得一提的是，寬度固定為 2 公分，改變長度時，各個軌跡間差異最小，穩定性最高，水平距離及下潛角度都很接近。若寬度為 4 公分時，水平距離最大，會有水箱長度不足，不易測量的問題。

	水平距離(cm)			時間(sec)			水平速率 cm/sec			角度	
	下潛	上浮	總距離	下潛	上浮	總時間	下潛	上浮	平均速率	上浮	下潛
B1 (8x1)	16.4	25.5	41.9	3.2	3.7	7	5.1	6.8	6	68	78
B2 (8x2)	40.6	57.9	98.5	5.4	2.9	8.4	7.5	19.9	11.8	48	58
B3 (8x4)	68.3	37.7	106	5.2	3.3	8.5	13.2	11.4	12.5	50	42
B4 (10x1)	27.4	30.4	57.7	3.4	4.6	7.9	8.1	6.7	7.3	65	68
B5 (10x2)	49	49.4	98.4	3.2	4.7	7.9	15.4	10.5	12.5	55	56
B6 (10x4)	78.4	27.7	106	6.2	2.5	8.7	12.7	11.1	12.2	50	40
B7 (12x1)	33.2	40.7	73.9	3.1	6.4	9.5	10.6	6.6	7.8	58	61
B8 (12x2)	56.6	49.3	105.9	3.6	5.5	9.1	15.6	9.1	11.7	52	50
B9 (12x4)	84.9	21.1	106	6.4	2.0	8.4	13.2	10.5	12.6	45	37

柒、未來展望：

在實驗中我們發現水下中滑翔機有幾個優點，值得我們在未來能應用在實務上，他輕巧，可以無重力移動，可以潛入水中，我們想到了兩種應用方法，希望這個機器能在未來發揮更多作用。

一、首先是逃生方面，我們看到鐵達尼號翻船時，因為救生艇不夠導致只有部分的人能逃生。有的救生艇可能在船難發生後，因為需要繁雜的準備動作而來不及使用，甚至很多台灣的漁船，遊艇都沒有設置救生艇，我們想到了可以把水下滑翔機用在即時救生艇上。把水密水下滑翔機安裝在船體安全的地方，在船難時人們只要進入水中滑翔機裡面，江水中滑翔機脫出船體，無需動力，就能帶離人員離開危險的船難區域，並在海面等待救援，如下圖：



※圖片來源：電腦手繪。
二、是關於淺海探勘，水下滑翔機能在無需動力的情況下自行下潛及上浮，將動力裝置的空間節省出來改而搭載觀測儀器，同時水下

滑翔機構造簡單，因此可以以低成本進行大量海洋探測。

我們覺得無動力水中滑翔機發展的可能性很大，希望我們小小的實驗，能夠帶給別人跟自己一點啟發，除了實驗之外，能實踐更是我們的夢想。

捌、參考資料

宋祚忠、林旻宜（2011）：浮力與重力的交響曲—水下滑翔機。科學研習月刊，50-8，12-23。

陳可崗譯（2009）：觀念物理一/Paul G. Hewitt 著。台北：天下遠見。

翰林編輯部(民 100)。自然與生活科技，第四冊：第六章。翰林出版社：臺中市。

【評語】 030820

1. 能針對之前科展所提出之設計觀察出多項缺點，並提出改良的方法，以及做出一系列的實驗。
2. 對於機翼尺寸的探討可以再深入一點，目前只針對九種規格討論，未來可以做更多的實驗例如寬度或長度太長或太短的影響，對於機身本身的比例關係。
3. 對於配重的影響也應深入討論。