

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

佳作

080121

四「瓶」八穩~環保浮筏載重之研究

學校名稱：臺北市私立復興實驗高級中學(附設國小)

作者： 小四 謝善晞 小四 林品妤 小四 吳定燁 小四 陳佩安 小四 劉芯羽 小四 陳盼兮	指導老師： 王俊貴
---	------------------

關鍵詞：寶特瓶、浮力、載重

摘要

我們運用資源回收的寶特瓶和 EVA 軟質地墊，來快速組裝穩重安全的環保浮筏。研究發現，當載重浮筏底面積和高的比值越大，重心位置越低越穩定，回復力矩越大，穩度越高，載重能力越大（在小於最大浮力的情形下）。同時還發現，模組重心吃水深度 (d_w)、模組吃水深度 (d)、重心與浮心高度差 (Δwb)、模組頂部與重心高度差 (Δtw) 等四個參數，也會影響浮筏的最大載重 (W)，並自創一個快篩函數 $f(d_w, d, \Delta wb, \Delta tw)$ ，可以大致計算出浮筏最大載重的變化趨勢。我們結合自創的快篩函數，設計自製可以裝填不同重量物質的環保浮筏，可以推廣至各水域，作為安全可靠信賴的救難設備，兼顧環保與救難的雙重功效。

壹、研究動機

我們在新聞上看到一些溺水意外事件，是浮具（游泳圈、防水袋）沒有辦法準確拋擲搭救所造成。也看到水災氾濫時，許多民眾臨時抓不到救生筏，或因為救生筏不穩重而翻覆喪命。因此，我們思考可否運用資源回收的寶特瓶和 EVA 軟質地墊，來快速組裝穩重安全的環保浮筏，達到救難的目的，也可以推廣安置在每一個戲水水域上，成為安全性的設施。



圖 1-1 翻覆的救生筏（引自參考文獻資料六）

貳、研究目的

- 一、探究瓶筏的瓶內體積和底面積對最大載重的影響
- 二、探討浮筏內裝填不同重量物質對最大載重的影響
- 三、找出影響浮筏最大載重的各項參數
- 四、自創可快速判斷浮筏最大載重變化趨勢的快篩函數
- 五、結合自創快篩函數，設計自製安全可靠的環保浮筏。

(註：在本說明書中我們對下列二個用詞進行定義：1.所稱「最大浮力」，根據阿基米德浮力原理，為物體完全沉入水中所排開水的重量。2.所稱「最大載重」，為瓶筏、EVA 模組或 600 瓶浮筏在乘載物體時，尚未翻覆前的最大承載重量。)

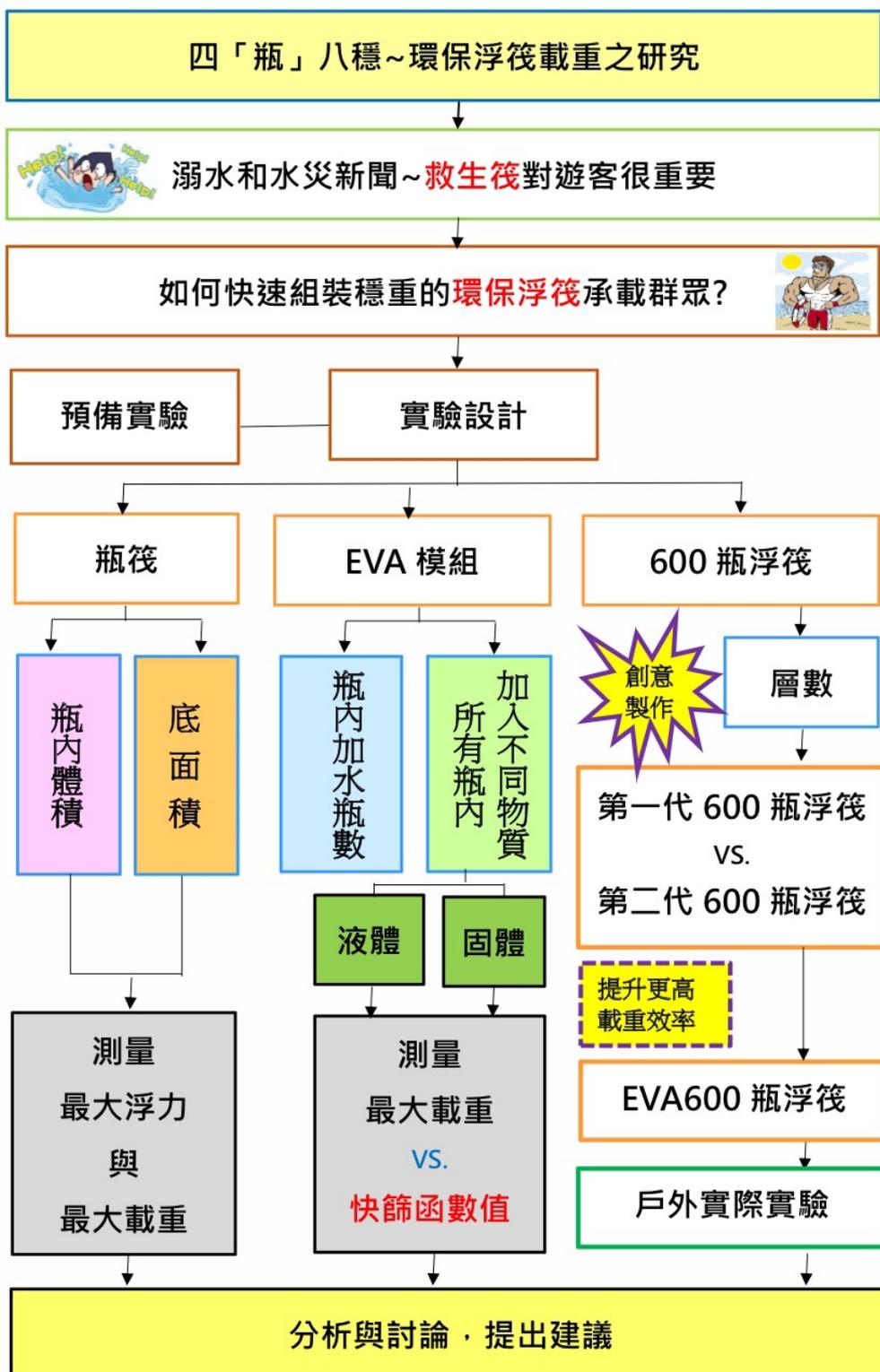
參、研究設備及器材

- 一、研究設備：電子秤、體重計、剪刀、美工刀、鐵尺、捲尺、透明塑膠盒、方型塑膠桶、塑膠平底托盤、竹編平底托盤、SPA 池、充氣式游泳池、腳踏車、熱熔槍、水上救生背心、錢幣、量杯、漏斗。
- 二、研究材料：PET（聚對苯二甲酸乙二酯）寶特瓶、優酪乳寶特瓶、HDPE（高密度聚乙烯）寶特瓶、鐵粉（含空隙平均密度 3.7g/cm^3 ）、石英砂（含空隙平均密度 1.47g/cm^3 ）、鹽（含空隙平均密度 1.15g/cm^3 ）、白色 PP 塑膠板、塑膠繩、透明膠帶、止滑膠條、小燈泡串、細竹竿、發電器（含電池）、自來水、EVA（乙烯／醋酸乙烯酯共聚物）軟質地墊、魔鬼氈、熱熔膠條。

(註：以上所稱「含空隙平均密度」，是將鐵粉、石英砂和鹽，分別放入量筒中測得「含空隙的體積」，並用電子秤上分別測出重量，用重量除以「含空隙的體積」，分別算出鐵粉、石英砂、鹽的「含空隙平均密度」。)

肆、研究過程或方法

一、研究架構圖



二、PET 寶特瓶之規格與最大載重

(一) 選擇 PET 寶特瓶並測量其規格

選擇使用長方體 PET 寶特瓶，測量其長寬高、空瓶重量、瓶內體積、體積（含瓶內體積）與最大浮力等規格。

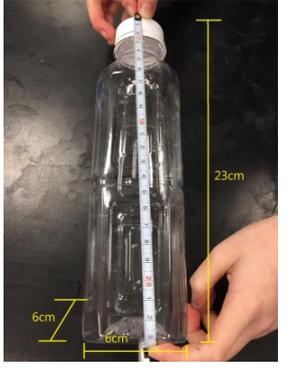
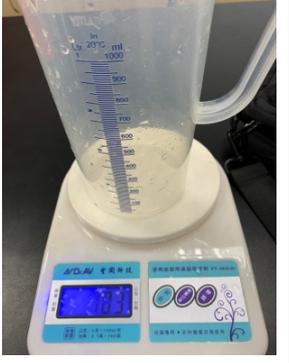
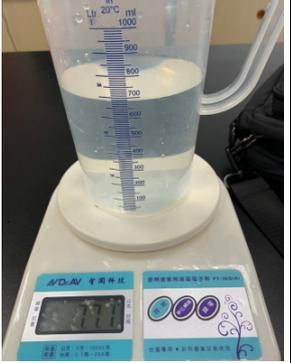
			
<p>1. 選擇長方體的 PET 寶特瓶，做為單一規格寶特瓶。</p>	<p>2. 測量尺寸為 23cm×6cm×6cm，空瓶重約 31gw。</p>	<p>3. 裝滿水寶特瓶重量 675gw，減空瓶重量 31gw，瓶內體積為 644cm³。</p>	<p>4. 將透明塑膠盒裝水到最滿狀態。</p>
			
<p>5. 將裝滿水的寶特瓶放入透明塑膠盒內，將水排出。</p>	<p>6. 寶特瓶沉入透明塑膠盒，排出水的重量為最大浮力。</p>	<p>7. 測量空量杯的重量為 103gw。</p>	<p>8. 寶特瓶排出水的重量 771gw，減量杯重 103gw，最大浮力為 668gw。</p>

圖 4-2-1 選擇 PET 寶特瓶並測量其規格

(二)測量 1 瓶筏、3 瓶筏和 5 瓶筏的最大浮力和最大載重。

			
1.測量 1 瓶筏的最大載重。	2.測量 3 瓶筏的最大載重。	3.測量 5 瓶筏的最大載重。	4.用磅秤測量瓶筏的最大載重。

圖 4-2-2 測量 1 瓶筏、3 瓶筏和 5 瓶筏的最大載重

三、實驗一：瓶筏底面積相同、瓶內體積不同之最大浮力和最大載重

以 5 瓶筏為基本單元，組合成單層 10 瓶筏、雙層 20 瓶筏（每層 10 瓶共 2 層）和三層 30 瓶筏（每層 10 瓶共 3 層）各 7 組共 21 組，使每組瓶筏的底面積都相同為 10 瓶，但瓶內體積不同，分別測量最大浮力與最大載重。

(一)以 5 瓶筏作為基本單元

			
1.使用塑膠繩和膠帶組合寶特瓶。	2.瓶口處使用塑膠繩 S 型環繞綁法，增加緊密度。	3.以 5 瓶筏作為瓶筏基本單元。	4.組合許多 5 瓶筏基本單元。

圖 4-3-1 組合 5 瓶筏作為基本單元

(二)組合單層 10 瓶筏，測量最大浮力和最大載重。

			
1.以 5 瓶筏為基本單元，組合成單層 10 瓶筏。	2.測量單層 10 瓶筏重量為 315gw。	3.將單層 10 瓶筏全部壓入水中，測量其最大浮力。	4.測量單層 10 瓶筏的最大載重。

圖 4-3-2 測量單層 10 瓶筏的最大浮力和最大載重

(三)組合雙層 20 瓶筏 (每層 10 瓶共 2 層)，測量最大浮力和最大載重。

			
<p>1.以 5 瓶筏為基本單元，組合成雙層 20 瓶筏。</p>	<p>2.測量雙層 20 瓶筏重量為 640gw。</p>	<p>3.將雙層 20 瓶筏全部壓入水中，測量其最大浮力。</p>	<p>4.測量雙層 20 瓶筏之最大載重。</p>

圖 4-3-3 測量雙層 20 瓶筏的最大浮力和最大載重

(四)組合三層 30 瓶筏 (每層 10 瓶共 3 層)，測量最大浮力和載重能力。

			
<p>1.以 5 瓶筏為基本單元，組合成 3 層 30 瓶筏。</p>	<p>2.測量 3 層 30 瓶筏重量為 954gw。</p>	<p>3.將 3 層 30 瓶筏全部壓入水中，測量其最大浮力。</p>	<p>4.測量 3 層 30 瓶筏之最大載重。</p>

圖 4-3-4 測量三層 30 瓶筏的最大浮力和最大載重

四、實驗二：瓶筏瓶內體積相同、底面積不同之最大浮力和最大載重

以 5 瓶筏為基本單元，組合成單層 30 瓶筏、雙層 30 瓶筏（每層 15 瓶共 2 層）和三層 30 瓶筏（每層 10 瓶共 3 層）各 7 組共 21 組，使每組瓶筏的底面積不同，但瓶內體積相同，分別測量不同組合之最大載重。

(一)組合單層 30 瓶筏，測量其最大載重。

			
1.使用移動式充氣游泳池作為實驗場所。	2.組合長 15 寬 2 高 1 之單層 30 瓶筏。	3.使用牛奶與優酪乳寶特瓶(內層裝水)作為載重物。	4.測量單層 30 瓶筏的最大載重。

圖 4-4-1 測量單層 30 瓶筏的最大載重

(二)組合雙層 30 瓶筏，測量其最大載重。

			
1.將移動式充氣游泳池裝滿水作為實驗場所。	2.組合長 5 寬 3 高 2 之雙層 30 瓶筏。	3.在瓶筏上逐次放置載重物。	4.測量雙層 30 瓶筏的最大載重。

圖 4-4-2 測量雙層 30 瓶筏的最大載重

(三)組合三層 30 瓶筏，測量其最大載重。

			
1.將移動式充氣游泳池裝滿水作為實驗場所。	2.組合長 5 寬 2 高 3 之三層 30 瓶筏。	3.三層 30 瓶筏的載重達到平衡。	4.測量三層 30 瓶筏的最大載重。

圖 4-4-3 測量三層 30 瓶筏的最大載重

五、實驗三：在 EVA 模組不同數量寶特瓶內加水之最大載重

(一)用廢棄的 EVA 軟質地墊，製作 EVA 模組外殼，以直立方式放入寶特瓶 50 個（長 10 瓶、寬 5 瓶、高 1 瓶），成為 EVA 模組（62cm×32cm×25cm），模組厚度為 1cm。

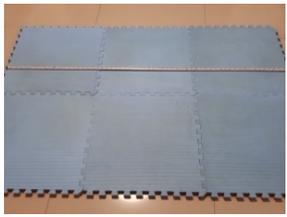
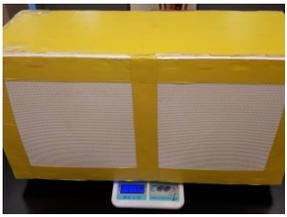
			
1.使用廢棄 EVA 軟質地墊。	2.裁剪組裝 EVA 模組外殼。	3.模組內裝入 50 個寶特瓶。	4.測量 EVA 模組重量為 3132gw。

圖 4-5-1 組裝 EVA 模組

(二)在 EVA 模組內選擇不同數量寶特瓶加水，測量最大載重。

			
1.將 EVA 模組壓入水中，測量水位上升高度，計算最大浮力。	2.選擇不同數量寶特瓶裝水 300gw。	3.將裝水的寶特瓶放入 EVA 模組。	4.測量 EVA 模組的最大載重。

圖 4-5-2 測量 EVA 模組的最大浮力和最大載重

六、實驗四：在 EVA 模組加入不同重量物質之最大載重

(一)在 EVA 模組瓶內加入不同重量的水，測量其最大載重。

			
1.EVA 模組內 50 個寶特瓶都裝水。	2.裝水量為 100gw ~400gw。	3.逐漸增加 EVA 模組的載重物。	4.用磅秤測量最大載重。

圖 4-6-1 測量 EVA 模組加水的最大載重

(二)在 EVA 模組瓶內加入不同重量的鹽、石英砂和鐵粉，測量其最大載重。

			
1.選擇在寶特瓶內裝入鹽。	2.選擇在寶特瓶內裝入石英砂。	3.選擇在寶特瓶內裝入鐵粉。	4.測量鹽、石英砂、鐵粉的平均密度(含空隙)。
			
5.將材料分裝成小包裝 20gw、30gw、50gw、100gw。	6.每一種重量的小包裝，分別要數十至上百包。	7.在寶特瓶內裝入鹽。	8.在寶特瓶內裝入石英砂。
			
9.在寶特瓶內裝入鐵粉。	10.依序在寶特瓶內裝入 100gw~400gw 的不同物質。	11.測量 EVA 模組沒有載重時的水面上高度。	12.測量最大載重

圖 4-6-2 測量 EVA 模組加入固體物質的最大載重

七、實驗五：第一、二代 600 瓶浮筏之最大載重與實際應用觀察

(一)用 600 個寶特瓶，組裝成長 30 瓶、寬 4 瓶、高 5 瓶的第一代 600 瓶浮筏。

			
1.使用塑膠繩與膠帶組裝浮筏。	2.將 600 個寶特瓶組合成浮筏。	3.將白色 PP 塑膠板鋪墊在浮筏的上層與下層。	4.完成組裝第一代 600 瓶浮筏(尚未貼上止滑膠條)。
			
5.選擇有雙面膠的止滑膠條，並以相同長度裁剪。	6.以間隔方式將止滑膠條黏貼在浮筏的上層 PP 塑膠板。	7.完成組裝 600 瓶浮筏(已貼上止滑膠條)。	8.測量第一代 600 瓶浮筏重為 21.5kgw。

圖 4-7-1 組裝第一代 600 瓶浮筏

(二)測量第一代 600 瓶浮筏的最大載重，觀察其載人載物的表現。

			
1.使用半圓形 SPA 池作為實驗場地。	2.測量第一代 600 瓶浮筏的最大載重。	3.乘載一個同學和一輛腳踏車的狀況平穩。	4.乘載四位同學的狀態平穩。

圖 4-7-2 第一代 600 瓶浮筏的最大載重和載人載物表現

(三)用 600 個寶特瓶，組裝成長 30 瓶、寬 5 瓶、高 4 瓶的第二代 600 瓶浮筏。

			
1.將 600 個寶特瓶組合成浮筏。	2.在 PP 塑膠板上貼上止滑膠條。	3.完成第二代 600 瓶浮筏。	4.第二代 600 瓶浮筏重量 21.4kgw。

圖 4-7-3 組裝第二代 600 瓶浮筏

(四)測量第二代 600 瓶浮筏的最大載重，觀察其載人載物的表現。

			
1.在第二代 600 瓶浮筏上逐次增加載重物。	2.測量第二代 600 瓶浮筏的最大載重。	3.乘載一個同學和一輛腳踏車的狀況平穩。	4.乘載六位同學的狀況平穩。

圖 4-7-4 第二代 600 瓶浮筏的最大載重和載人載物表現

(五)第二代 600 瓶浮筏在戶外溪流下水，觀察其載人載物的實際表現。

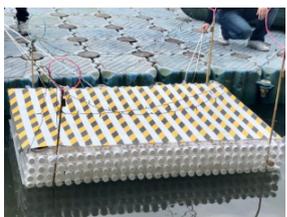
			
1.第二代 600 瓶浮筏在戶外溪流下水。	2.乘載一個同學和一輛腳踏車的狀況平穩。	3.乘載六位同學的狀況平穩。	4.乘載三位大人的狀況不平穩，中間微凹。

圖 4-7-5 第二代 600 瓶浮筏在戶外溪流的載人載物表現

八、實驗六：EVA 600 瓶浮筏之最大載重與實際應用觀察

(一)用廢棄 EVA 軟質地墊，製作 EVA 外殼(190cm×126cm×28cm)，直立放入 PET 寶特瓶 600 個(長 30 瓶、寬 20 瓶、高 1 瓶)，成為 EVA 600 瓶浮筏。

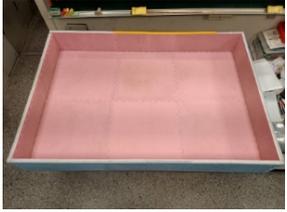
			
1.使用廢棄 EVA 軟質地墊。	2.用熱熔槍黏合 EVA 600 瓶浮筏。	3.同學們對 EVA 地墊進行裁剪拼裝。	4.組合 EVA 600 瓶浮筏外殼。
			
5.將 600 個寶特瓶直立裝入浮筏內。	6.蓋上 EVA 600 瓶浮筏的上蓋。	7.組裝完成 EVA 600 瓶浮筏。	8.測量空筏重 31.6kgw。

圖 4-8-1 組裝 EVA 600 瓶浮筏

(二)測量 EVA 600 瓶浮筏的最大載重

			
1.用半圓形 SPA 池為實驗場地。	2.同學們坐上去很平穩，沒有凹陷。	3.測量 EVA 600 瓶浮筏的最大載重。	4.用量杯裝水倒入 PET 寶特瓶中。
			
5.600 個寶特瓶都各裝水 200gw。	6.裝水的寶特瓶放回 EVA 600 瓶浮筏內。	7.將裝水後的 EVA 600 瓶浮筏下水。	8.測量 EVA 600 瓶浮筏裝水後的最大載重。

圖 4-8-2 測量 EVA 600 瓶浮筏的最大載重

(三) EVA 600 瓶浮筏在戶外溪流下水，觀察其載人載物的實際表現。

			
1.EVA 600 瓶浮筏準備在戶外溪流中下水。	2.乘載一個同學和一輛腳踏車很平穩，不會凹陷。	3.EVA 600 瓶浮筏乘載兩個同學很平穩，不會凹陷。	4.EVA 600 瓶浮筏乘載七位同學很平穩，不會凹陷。

圖 4-8-3 EVA 600 瓶浮筏在戶外溪流的載人載物表現

九、實際訪查浮動碼頭商家進行比較

為了調查市面上浮動碼頭使用的塑膠桶，我們到經營遊河天鵝腳踏船的商家實地訪談，測量浮動碼頭塑膠桶的尺寸（50cm×50cm×40cm），詢問浮動碼頭塑膠桶供應商的聯絡方式，並以電話向供應商詢價。

以 EVA 600 瓶浮筏的成本和市售 HDPE 塑膠桶的售價，除以二者的底面積，計算出二者的單位底面積成本來做比較。

			
1.測量市售碼頭塑膠桶尺寸為 50cm×50cm×40cm。	2.市售塑膠桶的材料為 HDPE，電話詢價每個 700 元。	3.碼頭一使用國產塑膠桶 150 個，每個價格 900 元，總價約 13.5 萬元。	4.碼頭二使用進口塑膠桶 114 個，每個價格 2200 元，總價約 25 萬元。

圖 4-9-1 訪問商家與調查市售浮動碼頭的材料

伍、研究結果

一、PET 寶特瓶之規格與最大載重

(一)PET 寶特瓶的各項基本規格

表 5-1-1 PET 寶特瓶的各項基本規格

規格名稱與單位	結果		
近似尺寸(cm)	23cm×6cm×6cm		
空瓶重(gw)	瓶身重	27	31
	瓶蓋重	4	
裝滿水總重(gw)	675		
瓶內體積(cm ³)	644		
最大浮力(gw)	測量	668	
	計算	PET 瓶身材料體積= $M(27g)/D(1.35g/cm^3)=20cm^3$ PP 瓶蓋材料體積= $M(4g)/D(0.905g/cm^3)=4.42cm^3$ (以上 PET 與 PP 密度，引自參考文獻資料七) 瓶內體積= $644cm^3$ 寶特瓶體積(含瓶身、瓶蓋和平內體積)= $668.42cm^3$ 最大浮力= $668.42cm^3 \times 1g/cm^3=668.42(gw)$	
體積(含瓶內體積)(cm ³)	668		

(二)1 瓶筏、3 瓶筏與 5 瓶筏之最大浮力和最大載重數據如下

表 5-1-2 1 瓶筏、3 瓶筏和 5 瓶筏之最大浮力和最大載重

寶特瓶數量	1 瓶筏	3 瓶筏	5 瓶筏
瓶內體積(cm ³)	644	1932	3220
空筏重(gw)	31	97.3	160.3
最大載重(gw)	43.0	1138.4	2036.3
總重(含空筏)(gw)	74	1235.7	2196.6
最大浮力(gw)	668	2004	3340
最大載重和最大浮力的比值	0.064	0.568	0.610
總重和最大浮力的比值	0.111	0.617	0.658

小結：我們發現在單層筏的情況下，寶特瓶數量越多時，瓶筏體積會越大，排開的水量會越多，最大浮力就越大，最大載重也越大。

二、實驗一：瓶筏底面積相同、瓶內體積不同之最大浮力和最大載重

表 5-2-1 瓶筏底面積相同、瓶內體積不同之載重數據表

寶特瓶數量	單層 10 瓶筏	雙層 20 瓶筏	三層 30 瓶筏
底面積(cm ²)	1380	1380	1380
瓶內體積(cm ³)	6440	12880	19320
空筏重(gw)	315	640	954
最大載重(gw)	6685	5765	4207
總重(含空筏)(gw)	7000	6405	5161
水箱底面積(cm ²)	3500	3500	3500
水位上升高度(cm)	2.0	4.1	6.1
最大浮力(gw)	7000	14350	21350
底面積和瓶高的比值(cm)	230	115	76.67
最大載重和最大浮力的比值	0.955	0.402	0.197
總重和最大浮力的比值	1	0.446	0.242

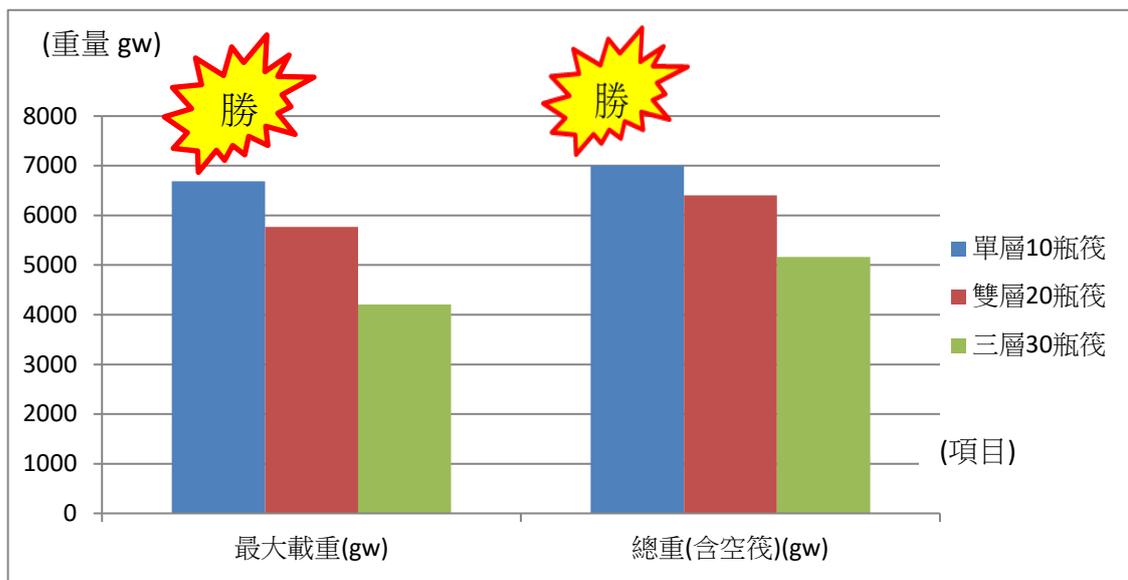


圖 5-2-1 瓶筏底面積相同、瓶內體積不同之載重數據比較圖

小結：底面積與瓶高的比值越大時，其重心越低，瓶筏較平穩不晃動，相對地載重量也越大。

三、實驗二：瓶筏瓶內體積相同、底面積不同之最大浮力和最大載重

表 5-3-1 單層、雙層與三層 30 瓶筏之最大載重數據比較表

寶特瓶數量	單層 30 瓶筏	雙層 30 瓶筏	三層 30 瓶筏
組合方式(瓶)	長 15 寬 2 高 1	長 5 寬 3 高 2	長 5 寬 2 高 3
底面積(cm ²)	4140	2070	1380
瓶內體積(cm ³)	19320		
空筏重(gw)	951		
最大載重(gw)	20309	8459	3821
總重(含空筏)(gw)	21260	9410	4772
最大浮力(gw)	21350		
底面積與瓶高的比值(cm)	690	172.5	76.67
最大載重和最大浮力的比值	0.951	0.396	0.179
總重和最大浮力的比值	0.996	0.441	0.224

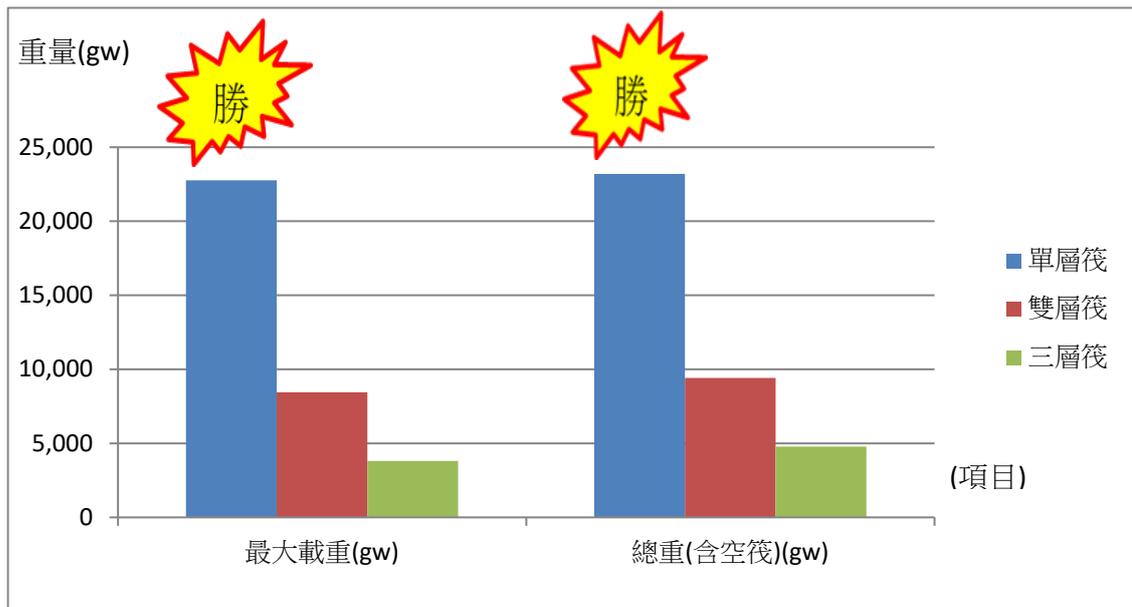


圖 5-3-1 瓶筏瓶內體積相同、底面積不同之載重數據比較圖

小結：底面積與瓶高的比值越大時，其重心越低，瓶筏較平穩不晃動，相對地載重量也越大。

四、實驗三：在 EVA 模組不同數量寶特瓶內加水之最大載重

表 5-4-1 EVA 模組的最大載重數據比較表

瓶內加水瓶數 (每瓶加水 300gw)	0 瓶 (不加水)	中間 12 瓶	中間 30 瓶	50 瓶 (全部加水)
模組重(gw)	3132	6732	12132	18132
最大載重(gw)	5478	5980	6732	7014
總重(含空筏)(gw)	8610	12712	18864	25146
最大浮力(gw)	45500			
最大載重和最大浮力的比值	0.120	0.131	0.148	0.154
總重和最大浮力的比值	0.189	0.279	0.415	0.553

最大浮力=3500cm²(水箱底面積)×13cm(水位上升高度)×1g/cm³(水密度)=45500(gw)

EVA 模組(瓶內不加水)平均密度=3132(g)/45500(cm³)÷0.0688(g/cm³)

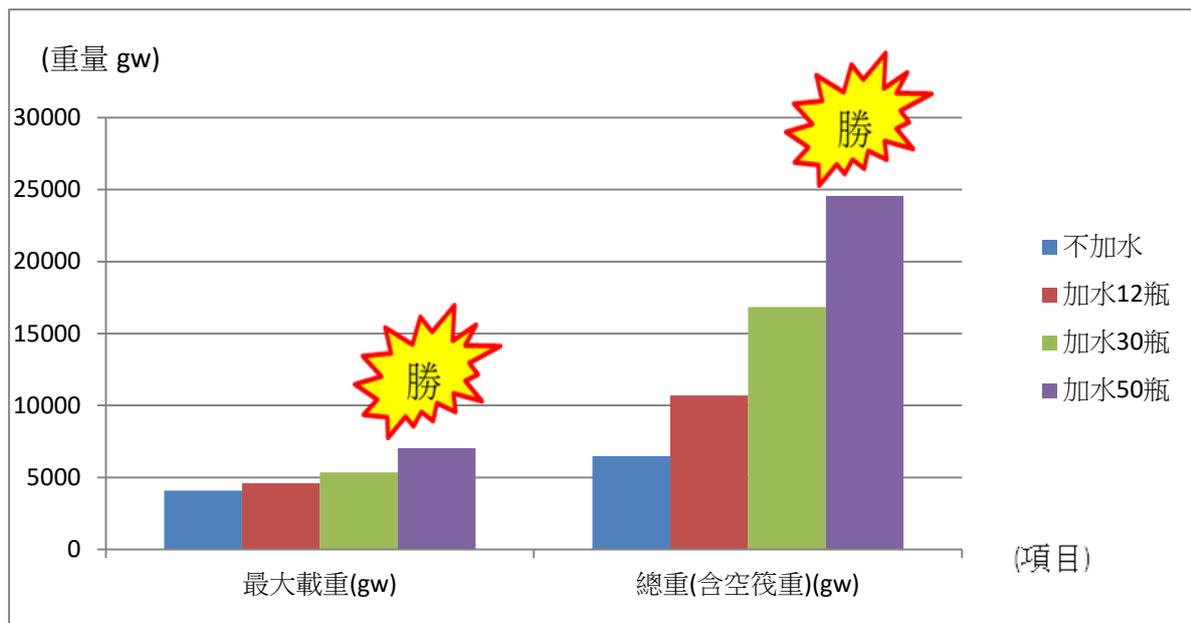


圖 5-4-1 在 EVA 模組不同數量寶特瓶內加水的載重數據圖

小結：EVA 模組內加水的寶特瓶數量越多，加水總重量越大，使模組重心越低，模組更平穩不晃動，增加最大載重。

五、實驗四：在 EVA 模組加入不同重量物質之最大載重

在 EVA 模組內的寶特瓶，依照不同的重量，包括 100gw、200gw、300gw、350gw、370gw 和 400gw，分別裝入不同物質，包括水（密度 1g/cm^3 ）、鹽（含空隙平均密度 1.15g/cm^3 ）、石英砂（含空隙平均密度 1.47g/cm^3 ）、鐵粉（含空隙平均密度 3.7g/cm^3 ），測量其最大載重。

備註：

1. 所謂「重心」，是指物體重量分佈的中心點。
2. 所謂「浮心」，是指物體在流體中所受浮力分佈的中心點，也就是物體沒入流體中體積部分的幾何形狀中心點。
3. 所謂「快篩函數」 $f(d_w, d, \Delta wb, \Delta tw)$ 的計算式如下：

$$\frac{d_w(\text{模組重心吃水深度})}{[d(\text{模組吃水深度}) + \Delta wb(\text{重心與浮心高度差})] \times \Delta tw(\text{模組頂部與重心高度差})}$$

4. 各種參數符號的意義如下圖所示：

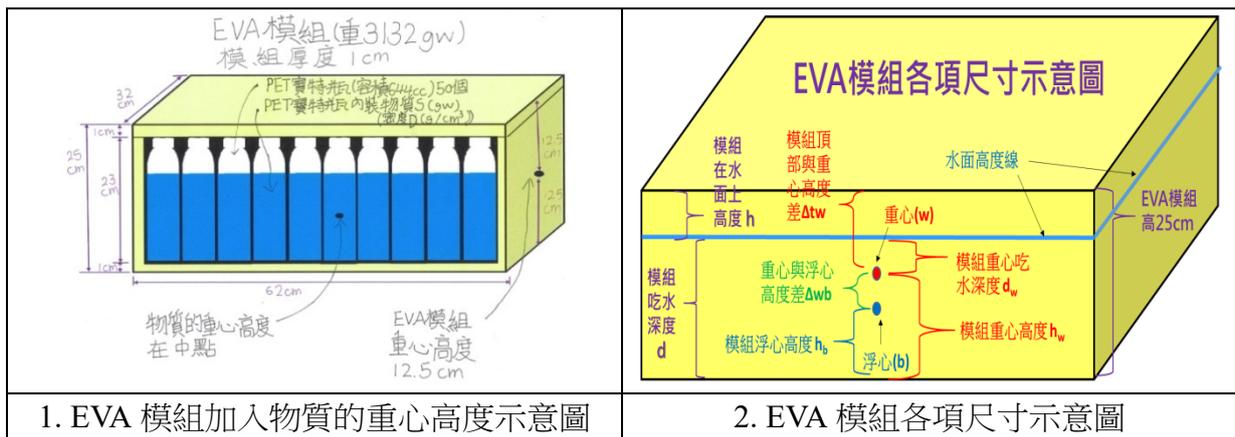


圖 5-5-1 EVA 模組加入物質的重心高度與各項尺寸示意圖

5. 所謂「模組重心高度(h_w)」的計算式如下圖所示：

計算重心高度

每個寶特瓶加入密度 $D(\text{g/cm}^3)$ 的物質 $S(\text{gw})$
EVA 模組(含物質)的重心高度計算式如下

$$\frac{3132 \times 12.5 + (50 \times S) \times [(H/2) + 1]}{3132 + 50 \times S}$$

Labels in diagram:
 - EVA 模組的重量: 3132
 - EVA 模組重心高度: 12.5
 - 50 瓶物質的重量: $50 \times S$
 - 50 瓶物質的重心高度: $[(H/2) + 1]$
 - EVA 模組底部厚度: H
 - EVA 模組和物質的全部重量: $3132 + 50 \times S$
 - 物質在瓶內的高度: $[(H/2) + 1]$

圖 5-5-2 EVA 模組(含加入物質)的重心高度(h_w)計算式

表 5-5-1 EVA 模組裝水的載重相關數據表

參數	計算	實測	H (實測)	h (實測)	d= 25-h	h _b = d/2	h _w (公式 計算)	d _w = d-h _w	Δwb= h _w -h _b	Δtw= 25-h _w	實測	f(d _w , d, Δwb, Δtw)
瓶內加入 物質 重量 (gw)	物質占 瓶內體 積比值 (%)	空筏重 (gw)	物質在 瓶內高 度(cm)	模組在 水面上 高度 (cm)	模組 吃水深 度(cm)	模組浮 心高度 (cm)	模組重 心高度 (cm)	模組重 心吃水 深度 (cm)	重心與 浮心高 度差 (cm)	模組頂 部與重 心高度 差(cm)	最大載 重(gw)	快篩函 數值 (1/cm) (%)
0	0.00	3132	0.0	23.4	1.6	0.8	12.5	(10.9)	11.7	12.5	5478	(65.53)
100	15.53	8132	3.1	20.7	4.3	2.2	6.4	(2.1)	4.2	18.6	5490	(13.06)
200	31.06	13132	6.2	18.0	7.0	3.5	6.1	0.9	2.6	18.9	6469	4.96
300	46.58	18132	9.3	15.3	9.7	4.9	6.9	2.9	2.0	18.1	7014	13.51
350	54.35	20632	10.9	13.9	11.1	5.5	7.4	3.7	1.8	17.6	7812	16.29
370	57.45	21632	11.5	13.4	11.6	5.8	7.6	4.0	1.8	17.4	7229	17.25
400	62.11	23132	12.5	12.6	12.4	6.2	7.9	4.5	1.7	17.1	7032	18.58

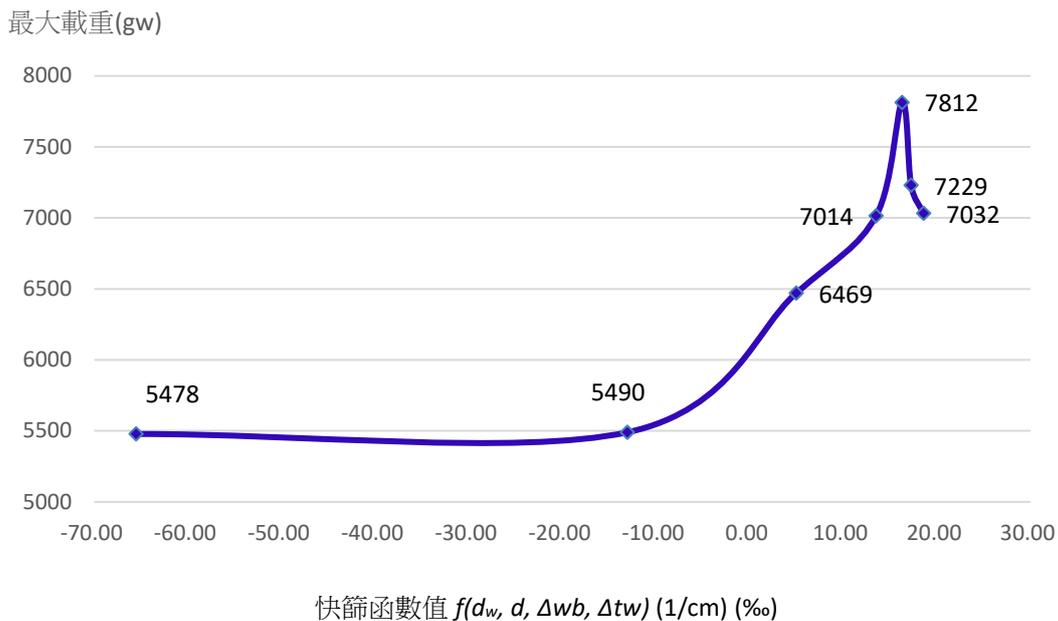


圖 5-5-3 水：快篩函數值與最大載重數據比較圖

小結：寶特瓶內裝水量越大，快篩函數值也越大。裝水量 350gw 時，有最大的最大載重。裝水量超過 350gw 之後，最大載重反而變小。這是因為裝水量太多時，反而會增加寶特瓶內部晃動，降低最大載重。

表 5-5-2 EVA 模組裝鹽的載重相關數據表

參數	計算	實測	H (實測)	h (實測)	d= 25-h	h _b = d/2	h _w (公式 計算)	d _w = d-h _w	Δwb= h _w -h _b	Δtw= 25-h _w	實測	f(d _w , d, Δwb, Δtw)
瓶內加入物質重量(gw)	物質占瓶內體積比值(%)	空筏重(gw)	物質在瓶內高度(cm)	模組在水面上高度(cm)	模組吃水深度(cm)	模組浮心高度(cm)	模組重心高度(cm)	模組重心吃水深度(cm)	重心與浮心高度差(cm)	模組頂部與重心高度差(cm)	最大載重(gw)	快篩函數值(1/cm)(%)
100	13.50	8132	2.7	20.7	4.3	2.2	6.3	(2.0)	4.1	18.7	5488	(12.38)
200	27.01	13132	5.4	18.0	7.0	3.5	5.8	1.2	2.3	19.2	6855	6.77
300	40.51	18132	8.1	15.3	9.7	4.9	6.3	3.4	1.5	18.7	7246	16.14
350	47.26	20632	9.5	13.9	11.1	5.5	6.8	4.3	1.2	18.2	9916	19.21
370	49.96	21632	10.0	13.4	11.6	5.8	6.9	4.7	1.1	18.1	9967	20.26
400	54.01	23132	10.8	12.6	12.4	6.2	7.2	5.2	1.0	17.8	10117	21.71

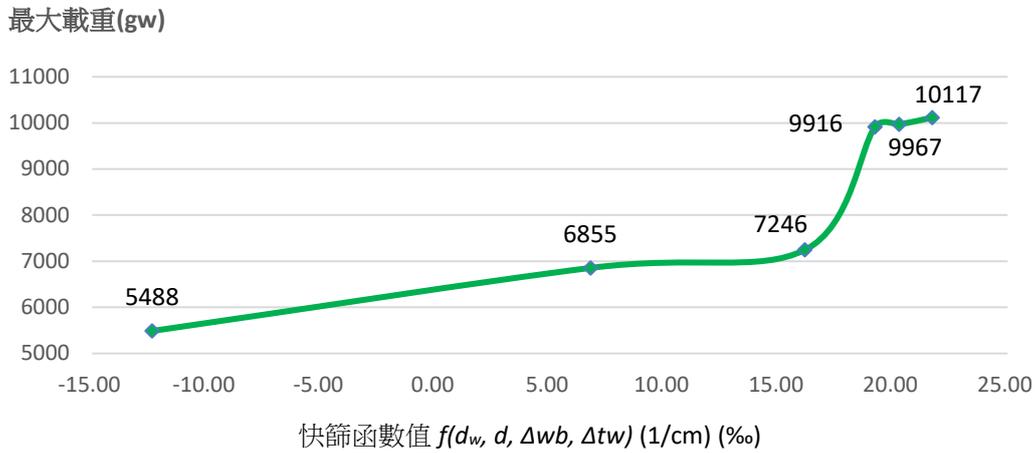


圖 5-5-4 鹽：快篩函數值與最大載重數據比較圖

表 5-5-3 EVA 模組裝石英砂的載重相關數據表

參數	計算	實測	H (實測)	h (實測)	d= 25-h	h _b = d/2	h _w (公式 計算)	d _w = d-h _w	Δwb= h _w -h _b	Δtw= 25-h _w	實測	f(d _w , d, Δwb, Δtw)
瓶內加入物質重量(gw)	物質占瓶內體積比值(%)	空筏重(gw)	物質在瓶內高度(cm)	模組在水面上高度(cm)	模組吃水深度(cm)	模組浮心高度(cm)	模組重心高度(cm)	模組重心吃水深度(cm)	重心與浮心高度差(cm)	模組頂部與重心高度差(cm)	最大載重(gw)	快篩函數值(1/cm)(%)
100	10.56	8132	2.1	20.7	4.3	2.2	6.1	(1.8)	3.9	18.9	5415	(11.37)
200	21.13	13132	4.2	18.0	7.0	3.5	5.4	1.7	1.8	19.6	6655	9.53
300	31.69	18132	6.4	15.3	9.7	4.9	5.6	4.1	0.8	19.4	8389	20.22
350	36.97	20632	7.4	13.9	11.1	5.5	5.9	5.2	0.4	19.1	9914	23.74
370	39.08	21632	7.8	13.4	11.6	5.8	6.0	5.6	0.2	19.0	10106	24.94
400	42.25	23132	8.5	12.6	12.4	6.2	6.2	6.2	0.0	18.8	10515	26.58

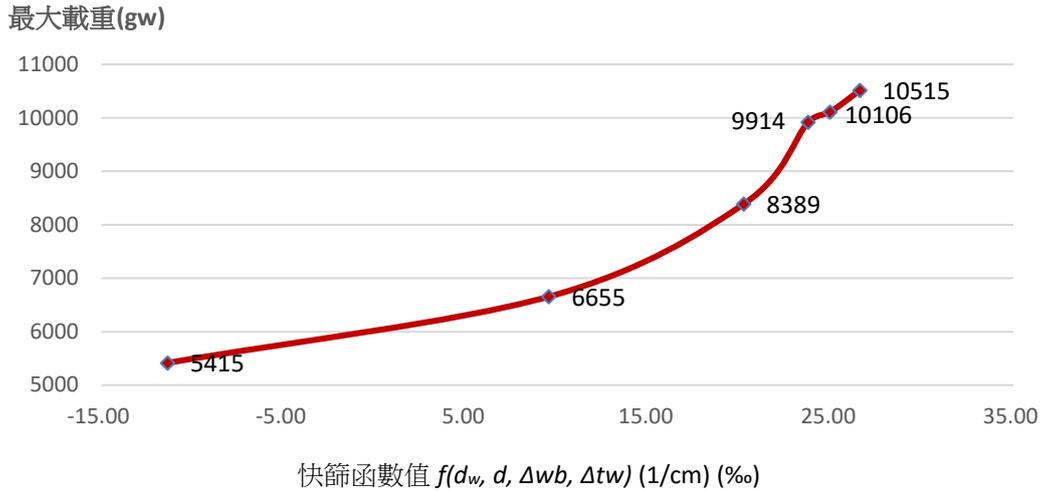


圖 5-5-5 石英砂：快篩函數值與最大載重數據比較圖

表 5-5-4 EVA 模組裝鐵粉的載重相關數據表

參數	計算	實測	H (實測)	h (實測)	d= 25-h	h _b = d/2	h _w (公式 計算)	d _w = d-h _w	Δwb= h _w -h _b	Δtw= 25-h _w	實測	f(d _w , d, Δwb, Δtw)
瓶內加入物質 重量 (gw)	物質占 瓶內體 積比值 (%)	空筏重 (gw)	物質在 瓶內高 度(cm)	模組在 水面上 高度 (cm)	模組 吃水深 度(cm)	模組浮 心高度 (cm)	模組重 心高度 (cm)	模組重 心吃水 深度 (cm)	重心與 浮心高 度差 (cm)	模組頂 部與重 心高度 差(cm)	最大載 重(gw)	快篩函 數值 (1/cm) (%)
100	4.20	8132	0.8	20.7	4.3	2.2	5.7	(1.4)	3.5	19.3	6069	(9.10)
200	8.39	13132	1.7	18.0	7.0	3.5	4.4	2.6	0.9	20.6	7239	16.18
300	12.59	18132	2.5	15.3	9.7	4.9	4.0	5.7	(0.8)	21.0	9531	30.52
350	14.69	20632	2.9	13.9	11.1	5.5	4.0	7.1	(1.5)	21.0	11057	35.36
370	15.53	21632	3.1	13.4	11.6	5.8	4.0	7.6	(1.8)	21.0	12027	37.00
400	16.79	23132	3.4	12.6	12.4	6.2	4.0	8.4	(2.2)	21.0	13256	39.21

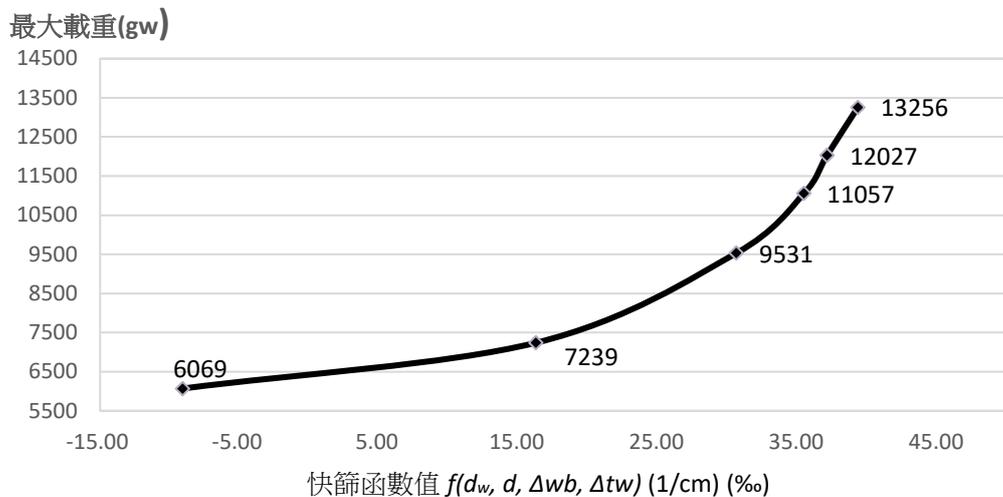


圖 5-5-6 鐵粉：快篩函數值與最大載重數據比較圖

小結：寶特瓶內加入固體的鹽、石英砂和鐵粉時，快篩函數值越大，模組穩度越高，最大載重也會越大。

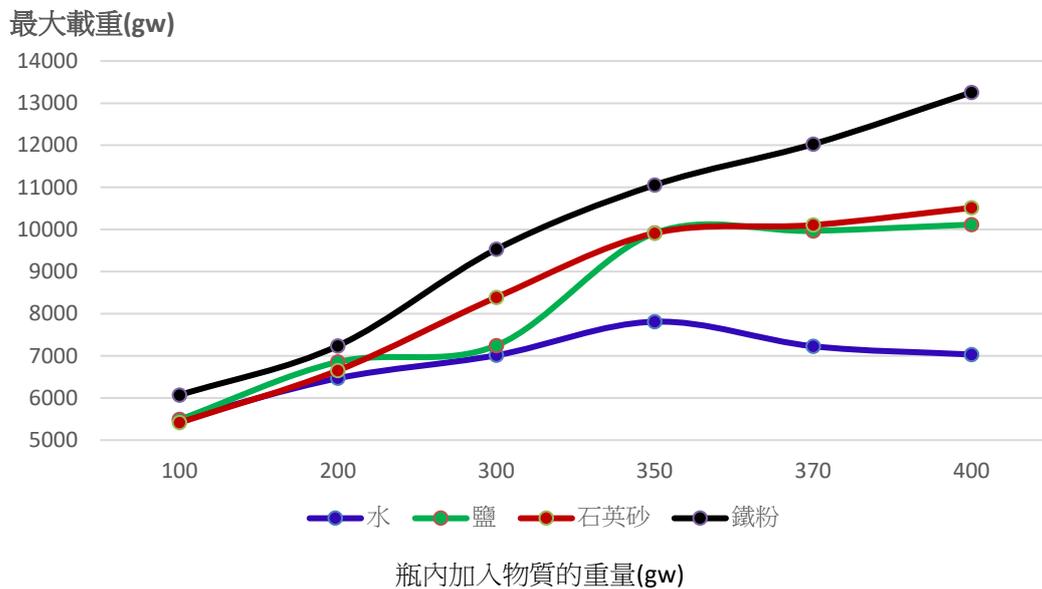


圖 5-5-7 瓶內加入不同重量物質與最大載重數據比較圖

小結：當寶特瓶加入鹽、石英砂或鐵粉時，加入的重量越大，模組重心越低，模組穩度越高，最大載重會越大。

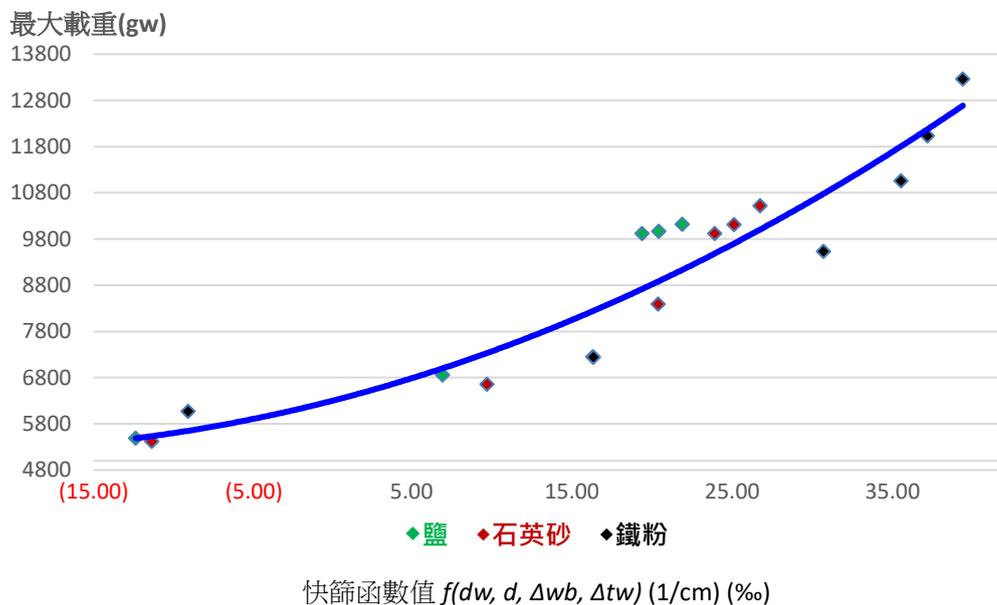


圖 5-5-8 固體物質(鹽、石英砂、鐵粉)的快篩函數值與最大載重數據比較圖

小結：無論寶特瓶內加入的物質是鹽、石英砂或鐵粉，只要快篩函數值越大，模組穩度越高，最大載重也會越大。

六、實驗五：第一、二代 600 瓶浮筏之最大載重與實際應用觀察

(一)測量並比較第一、二代 600 瓶浮筏的最大載重能力

表 5-6-1 第一、二代 600 瓶浮筏的載重數據比較表

瓶筏型態	第一代 600 瓶浮筏	第二代 600 瓶浮筏
組合方式(瓶)	長 30 寬 4 高 5	長 30 寬 5 高 4
底面積(cm ²)	16560	20700
瓶內體積(cm ³)	386400	
空筏重(kgw)	21.5	21.4
載重瓶數(瓶) (載重水瓶一個約 4.73kgw)	58	81
最大載重(kgw)	274.34	383.13
總重(含空筏)(kgw)	295.84	404.53
最大浮力(kgw)	410.73	413.22
底面積與瓶高的比值(cm)	552	862.5
最大載重與最大浮力的比值	0.668	0.927
總重與最大浮力的比值	0.720	0.979

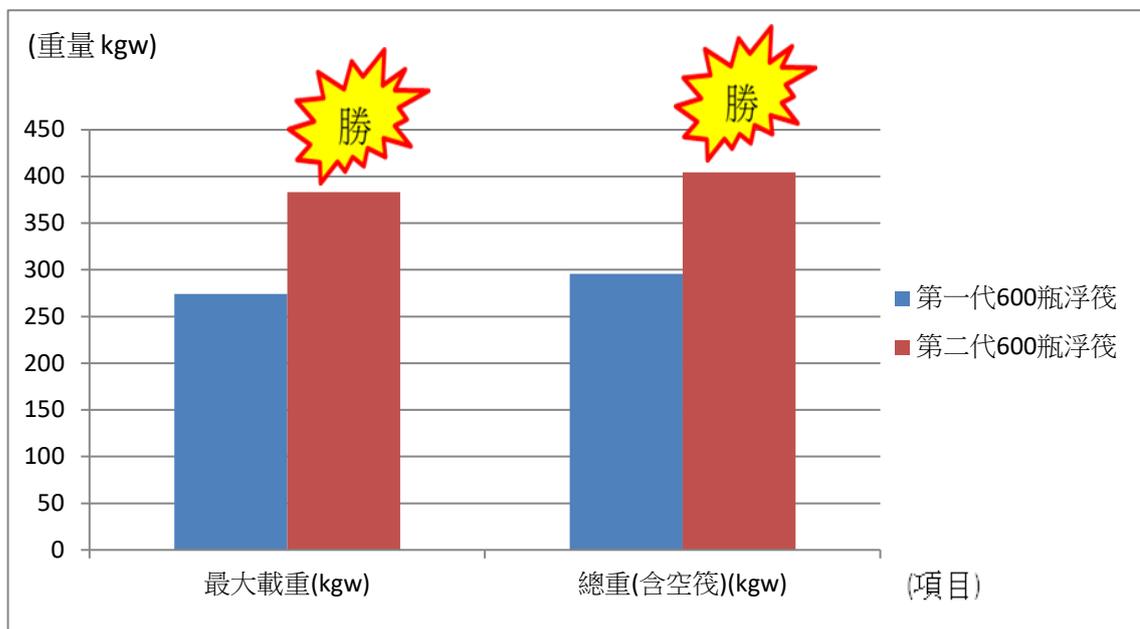


圖 5-6-1 第一、二代 600 瓶浮筏載重數據比較圖

小結：底面積與瓶高的比值越大時，其重心越低，瓶筏較平穩不晃動，相對地載重量也越大。

七、實驗六：EVA 600 瓶浮筏之最大載重與實際應用觀察

表 5-7-1 EVA 600 瓶浮筏的載重數據比較表

在寶特瓶內加水瓶數 (每瓶加水 200gw)	0 瓶(不加水)	600 瓶(全部加水 200gw)
組合方式(瓶)	長 30 寬 20 高 1	長 30 寬 20 高 1
底面積(cm ²)	23940	
高(cm)	28	
外殼底面積與殼高的比值(cm)	855	
瓶內體積(cm ³)	386400	
空筏重(kgw)	31.6	151.6
載重瓶數(瓶) (載重水瓶一個約 4.73kgw)	90	85
最大載重(kgw)	425.70	402.05
總重(含空筏)(kgw)	457.30	553.65
最大浮力(kgw)	556.27	
最大載重與最大浮力的比值	0.765	0.723
總重與最大浮力的比值	0.822	0.995

小結：EVA 600 瓶浮筏外殼尺寸為 190cm×126cm×28cm，外殼底面積和殼高的比值為 855cm，和第二代 600 瓶浮筏底面積和高的比值 862.5 接近，都比較大，浮筏較平穩不晃動。600 瓶全加水 200gw 時，總重已達 553.65kgw，接近最大浮力 556.27kgw，減少載重的空間，最大載重比不加水還小。但如果改成加水 100kgw，預期應會比不加水的最大載重還要大。

八、EVA 600 瓶浮筏與市售 HDPE 塑膠桶的成本比較

表 5-8-1 EVA 600 瓶浮筏與市售 HDPE 塑膠桶的成本比較表

浮筏種類	底部尺寸	成本或售價(NT\$)	單位面積成本 (NT\$/m ²)	比較 (%)
EVA 600 瓶浮筏	底部尺寸 190cm×126cm 底面積 23940cm ² 約為 9.58 個市售 HDPE 塑膠桶	成本共 179 元 (塑膠繩一卷 79 元、透 明膠帶三卷 100 元)	74.77	2.67
市售 HDPE 塑膠桶	底部尺寸 50cm×50cm 底面積 2500cm ²	售價 700 元	2800	100

陸、討論

- 一、從實驗一，我們發現如果固定瓶筏底面積，但增加寶特瓶數量，使瓶筏層數變多，結果底面積和瓶高的比值變小，重心升高，瓶筏穩度變低容易翻覆，相對地最大載重會越小，最大載重和最大浮力的比值也會越小。
- 二、從實驗二，我們發現在固定數量寶特瓶的情況下，瓶筏的底面積越大時，瓶筏層數越少，結果底面積和瓶高的比值變大，重心下降，瓶筏穩度變高，相對地最大載重會越大，最大載重和最大浮力的比值也會越大。
- 三、為了達到快速組裝的目的，我們設計 EVA 模組。使用多個 EVA 模組，可以快速組裝成一個大型浮筏。從實驗三，我們發現 EVA 模組內加水的寶特瓶數量越多，加水總重量越大，模組重心會越低，模組穩度變高，最大載重會越大。
- 四、從實驗四，我們發現影響 EVA 模組最大載重的四個參數，並自創一個可以快速判斷最大載重變化趨勢的快篩函數 $f(d_w, d, \Delta w_b, \Delta t_w)$ ，計算式簡單，可以在短時間內快速地計算出浮筏最大載重的變化趨勢。

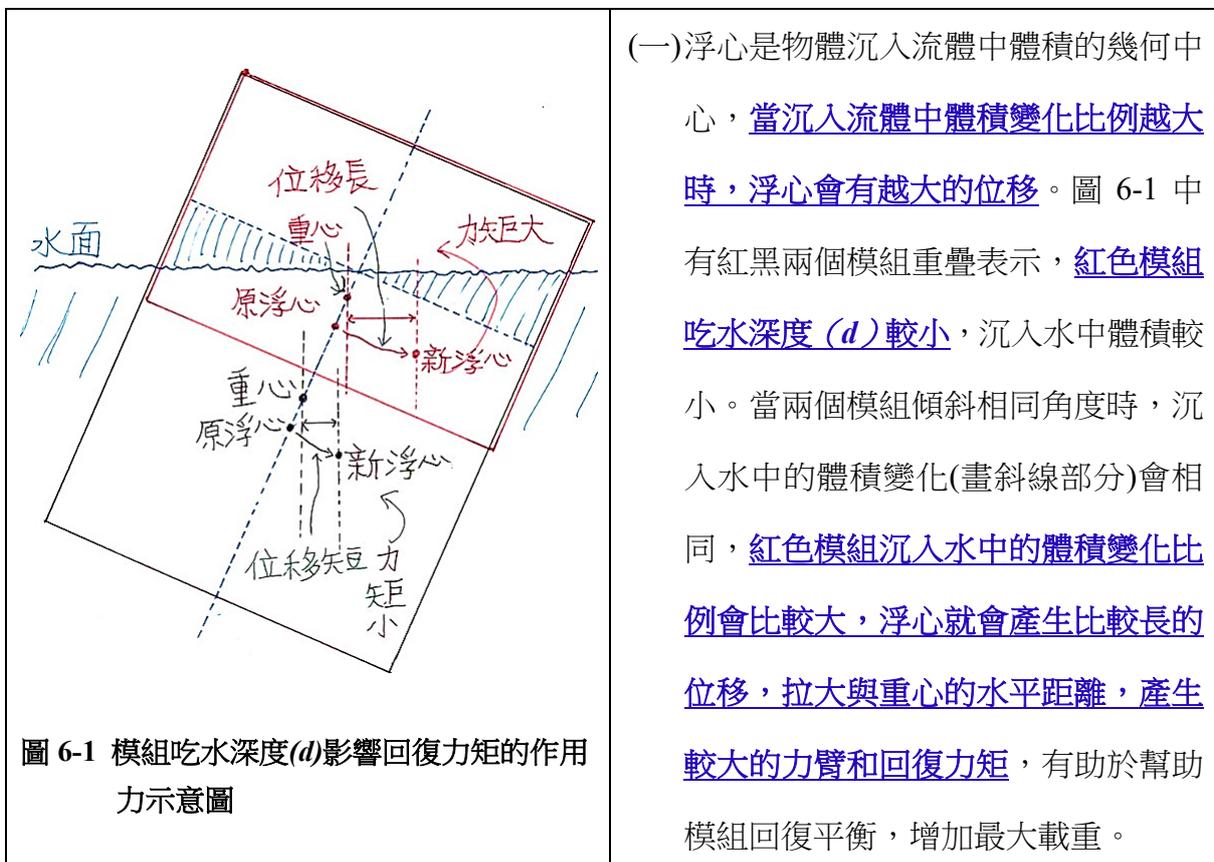


圖 6-1 模組吃水深度(d)影響回復力矩的作用力示意圖

(一)浮心是物體沉入流體中體積的幾何中心，當沉入流體中體積變化比例越大時，浮心會有越大的位移。圖 6-1 中有紅黑兩個模組重疊表示，紅色模組吃水深度 (d) 較小，沉入水中體積較小。當兩個模組傾斜相同角度時，沉入水中的體積變化(畫斜線部分)會相同，紅色模組沉入水中的體積變化比例會比較大，浮心就會產生比較長的位移，拉大與重心的水平距離，產生較大的力臂和回復力矩，有助於幫助模組回復平衡，增加最大載重。

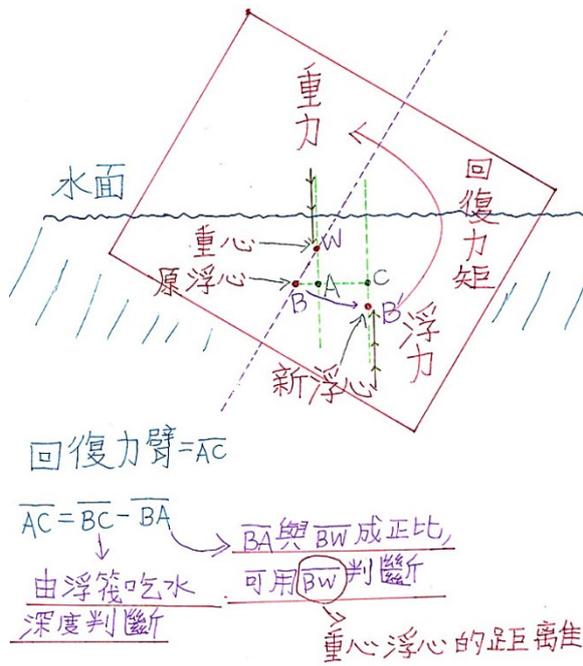


圖 6-2 模組重心和浮心距離(Δwb)影響回復力矩的作用力示意圖

(二)從圖 6-2 中，我們發現模組傾斜時，
回復力矩的力臂長度，是重心與新浮心的水平距離 \overline{AC} ，也就是浮心水平位移 \overline{BC} （根據討論四(一)， \overline{BC} 可以由模組吃水深度(d)來判斷，(d)越小， \overline{BC} 會越大)減掉重心與原浮心的水平距離 \overline{BA} 。關係式為 $\overline{AC} = \overline{BC} - \overline{BA}$ 。因為重心與原浮心的水平距離 \overline{BA} 和重心與浮心高度差 \overline{WB} （就是 Δwb ）是三角形 ΔWBA 的兩個邊，所以會成正比關係。重心與浮心高度差 \overline{WB} (Δwb) 越小，重心與原浮心的水平距離 \overline{BA} 就會越小，重心與新浮心的水平距離 \overline{AC} 就會越大，產生較大的力臂和回復力矩，有助於幫助模組回復平衡，增加最大載重。

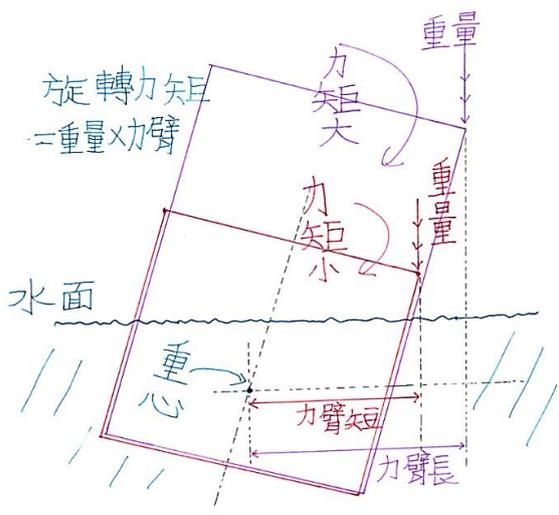


圖 6-3 模組頂部與重心高度差 (Δtw) 影響旋轉(傾斜)力矩的作用力示意圖

(三)從圖 6-3，有紅紫兩個模組重疊顯示，紅色模組的模組頂部與重心高度差 (Δtw) 比較小。當兩個模組傾斜相同角度時，紅色模組頂部的重物會產生較小的水平位移，跟重心的水平距離會比較短，產生的旋轉(傾斜)力臂會比較短，使模組比較不容易翻覆，維持模組的穩度，使模組比較容易回復平衡，增加最大載重。

(四)從圖 6-1~2，我們發現模組吃水深度 (d)可以用來判斷浮心水平位移 \overline{BC} ，重心與浮心高度差 (Δwb)可以用來判斷重心與原浮心的水平距離 \overline{BA} 。因為回復力臂的長度 $\overline{AC} = \overline{BC} - \overline{BA}$ ， \overline{BC} 和 \overline{BA} 之間是加減的關係，所以用來判斷 \overline{BC} 的 d ，和用來判斷 \overline{BA} 的 Δwb ，應該也是一個加減的關係，共同決定回復力臂的長度。也就是說，當模組吃水深度 (d) 加上重心與浮心高度差 (Δwb) 的和 ($d+\Delta wb$) 越小，回復力臂會越大，最大載重也會越大。

(五)從表 5-5-2~4 和圖 5-5-7，我們發現模組加入固體物質越多時，模組重心吃水深度 (d_w)越大，模組會越穩定，有助於增加最大載重。

(六)從表 5-5-2~4 和圖 5-5-4~6、圖 5-5-8，根據模組重心吃水深度 (d_w)、模組吃水深度 (d)、重心與浮心高度差 (Δwb)、模組頂部與重心高度差 (Δtw) 四個參數影響最大載重的方式，我們自創一個快篩函數 $f(d_w, d, \Delta wb, \Delta tw)$ 如下，當函數值越大時，最大載重會越大。

$$\frac{d_w(\text{模組重心吃水深度})}{[d(\text{模組吃水深度}) + \Delta wb(\text{重心與浮心高度差})] \times \Delta tw(\text{模組頂部與重心高度差})}$$

五、從實驗四，我們發現寶特瓶內加入液體（水）或固體（鹽、石英砂與鐵粉），模組的最大載重會有不同的變化趨勢，本快篩函數可以適用於不同重量的固體（鹽、石英砂與鐵粉）之間。

(一)從表 5-5-1、圖 5-5-3 和圖 5-5-7，我們發現在寶特瓶內裝水越多，快篩函數值就越大。但最大載重一開始會變大，在裝水量 350gw 時，會有最大的最大載重。裝水量超過 350gw 之後，快篩函數值持續變大，最大載重反而變小。這是因為水是液體會流動，裝水量越多，雖然會降低模組重心位置維持穩定，但也會增加寶特瓶內部晃動，反而降低模組的穩度，降低最大載重。

(二)從表 5-5-2~4 和圖 5-5-7，我們發現在寶特瓶內填裝固體物質（鹽、石英砂、鐵粉）的重量越大，模組的穩度越高，最大載重會越大。也發現在寶特瓶內裝填重量相同的不同物質時，如果物質的平均密度越大，會有較佳的最大載重。這是因為平均密度大的物質，在相同重量時，會有較小的體積，模組重心位置會

越低，有助於維持模組的穩度，增加最大載重。

(三)從圖 5-5-8，我們發現在寶特瓶內加入固體物質時，無論加入的是鹽、石英砂或鐵粉，只要快篩函數值越大，模組穩度就會越高，最大載重也會越大，本研究的快篩函數可以在不同重量的鹽、石英砂和鐵粉之間做比較。

六、從實驗五，我們發現 600 瓶浮筏層數越少，底面積會越大，高度會越小，結果底面積和高的比值變大，重心就會下降，浮筏較平穩不晃動，相對地會增加最大載重。

(一)從表 5-6-1 和圖 5-6-1 中，我們發現 5 層 600 瓶浮筏最大載重是 274.34kg，4 層 600 瓶浮筏最大載重是 383.13kg，後者比前者高出約 40%。這表示在固定數量寶特瓶的情況下，浮筏的底面積越大時，浮筏層數會越少，高度也會越小，會增加最大載重，符合實驗一、二的研究結果。

(二)600 瓶浮筏載重時，上層 PP 板仍然會因為受力大而發生微凹的情形。為解決這個問題，我們使用廢棄 EVA 軟質地墊製作浮筏外殼，來取代輕薄的 PP 板，可以增加浮筏頂部的乘載穩定性，也可以緩衝承受溪流中其他物品的撞擊力。

(三)600 瓶浮筏載重時，寶特瓶的排列方式為平放，由於瓶身具有彈性，且寶特瓶內部為空氣，沒有較強支撐，會造成受力大而微凹。為解決這個問題，我們決定將寶特瓶改為直立排列來研究，以增加浮筏的耐壓性。

七、從實驗六，我們製作 EVA 600 瓶浮筏，載重能力良好，實際載人載物表現佳。

(一)從表 5-7-1 中，我們發現 EVA 600 瓶浮筏的載重能力高達 425.7 公斤，比第一代 600 瓶浮筏的 274.34kg 和第二代 600 瓶浮筏的 383.13kg 都還高，顯示其載重能力良好。

(二)因為 EVA 600 瓶浮筏使用 EVA 外殼，並以直立方式放入 PET 寶特瓶，不會發生凹陷或彎曲的情形，比第一、二代 600 瓶浮筏更為穩定，且比第一、二代 600 瓶浮筏底面積與高的比值更大，能夠具有更好的最大載重。

(三)EVA 600 瓶浮筏外殼底面積和殼高的比值為 855cm，比第一代、第二代 600 瓶浮筏比值還大，浮筏較平穩不晃動。600 瓶全加水 200gw 時，總重已達 553.65kgw，接近最大浮力 556.27kgw，減少載重的空間，最大載重比不加水

還小。但如果改成加水 100kgw，預期應會比不加水的最大載重還要大。

八、EVA 600 瓶浮筏使用廢棄回收 PET 寶特瓶和 EVA 軟質地墊，成本相當低廉，每單位底面積成本約為新台幣 74.66 元/ m²，是市售 HDPE 塑膠桶每單位底面積售價新台幣 2800 元/ m² 的 2.67%，具有成本競爭優勢。

九、本研究自製環保浮筏申請我國專利（專利申請案號：110202536）獲得審查核准，並已繳納證書費與第一年年費，目前正待智慧財產局發給專利證書中。



柒、結論

- 一、瓶筏的瓶內體積越大、底面積越大、底面積和高的比值越大，重心越低越穩定，載重能力越大。
- 二、浮筏內裝填平均密度較大和較重的固體物質，浮筏的重心位置越低越穩定，回復力矩越大，穩度越高，會有較大的最大載重（在小於最大浮力的情況下）。
- 三、模組的最大載重（ W ），會受到模組重心吃水深度（ d_w ）、模組吃水深度（ d ）、重心與浮心高度差（ Δwb ）、模組頂部與重心高度差（ Δtw ）等四個參數的影響。
- 四、自創一個快篩函數 $f(d_w, d, \Delta wb, \Delta tw)$ ，浮筏內裝填的物質為固體的鹽、石英砂和鐵粉時，只要快篩函數值越大，模組穩度就會越高，最大載重也會越大，**快篩函數值可以快速地大致計算出浮筏最大載重的變化趨勢**。
- 五、浮筏的製作可以模組化，視使用者需求的模組數量，快速組裝成大型浮筏，並可以快速拆卸更換。
- 六、使用 EVA 製作浮筏外殼，可以緩衝承受溪流中其他物品的撞擊力，保護浮筏，延長浮筏壽命，並提高使用安全性。

- 七、**寶特瓶以直立方式排列**，可以提高浮筏的耐壓性，比較穩定，提高載重能力。
- 八、**根據 SWOT 分析**，市售 HDPE 塑膠桶成本過高，搖晃不平穩。我們自製浮筏成本低廉，四平八穩，載重能力佳，組裝容易，材料回收取得方便容易，符合全球環保趨勢，有實用的價值。



捌、參考文獻資料

- 一、翰林出版事業股份有限公司，有趣的力，國小自然與生活科技翰林版第四冊。
- 二、維基百科，塑膠分類標誌，網址：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/塑膠分類標誌>。
- 三、維基百科，乙烯／醋酸乙烯酯共聚物，網址：<https://zh.wikipedia.org/wiki/乙烯/醋酸乙烯酯共聚物>。
- 四、木已成舟，台南市 108 年度國小學生獨立研究競賽／國小組／數學自然科學類，網址：http://activity.tn.edu.tw//study/work_108.html。
- 五、什麼形狀的船載重最多呢？台北市第 50 屆中小學科學展覽會作品說明書／國小組生活與應用學科，網址：<http://w3.hyps.tp.edu.tw/~natu/science/10503.pdf>。
- 六、國立台灣海洋大學商船學系商船系統工程研究室，人員求生技能，網址：<http://meda.ntou.edu.tw/martran/?t=4&i=0015>。
- 七、財團法人塑膠工業技術發展中心，各種塑膠的比重比較，網址：<http://psdn.pidc.org.tw/ike/doclib/2002/2002doclib/2002ike06-0/2002ike06-0-187.asp>。
- 八、交通部航港局，小船穩度知識示範教材，網址：<https://en.motcmpb.gov.tw/ServerFile/Get>。

【評語】 080121

本作品利用寶特瓶和 EVA 軟質地墊組裝環保浮筏，探討影響浮筏最大載重的各項參數，並且結合自創快篩函數設計安全可靠的環保浮筏。

實驗發現浮筏模組的最大載重會受到模組重心吃水深度、模組吃水深度、重心與浮心高度差及模組頂部與重心高度差等四個參數的影響，並且用適四個參數自創快篩函數值，可以快速地大致計算出浮筏最大載重的變化趨勢，但是如何得到重心與浮心的物理嚴謹度有待商榷，另外，如果能將實驗結果作有系統的解釋與討論會更好。

整體而言，本作品量測數據以及數據分析皆非常的完整，能簡易利用回收寶特瓶製作可供利用的浮台載具，有廢物利用的功能，非常具有團隊合作的精神及教育的意義。

作品簡報

四「瓶」八穩～環保浮筏載重之研究

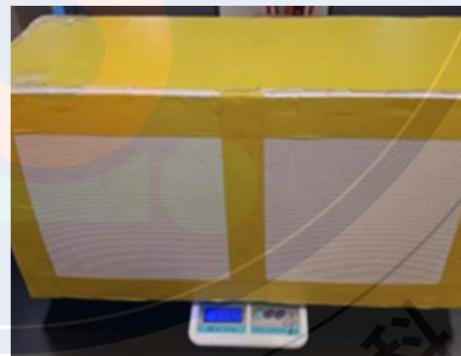
組別：國小組



科別：物理科

研究目的

- 探究瓶筏的**瓶內體積**和**底面積**對最大載重的影響。
- 找出影響浮筏最大載重的**各項參數**。
- 自創可快速判斷浮筏最大載重變化趨勢的**快篩函數**。
- 自製安全可靠的**環保浮筏**。



預備實驗



第一代、第二代 600瓶浮筏實驗



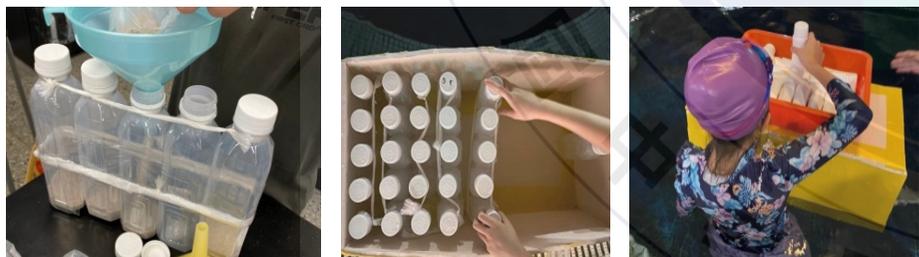
瓶筏實驗



EVA 600瓶浮筏實驗



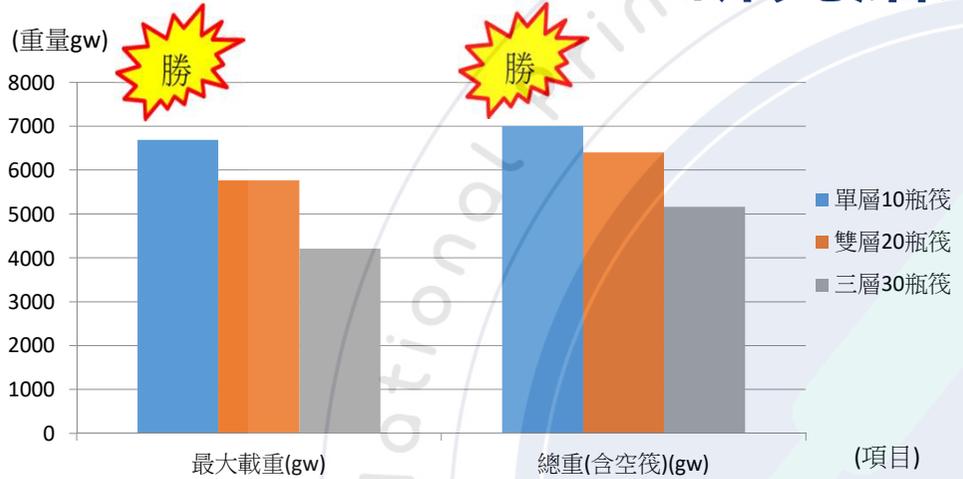
EVA模組實驗



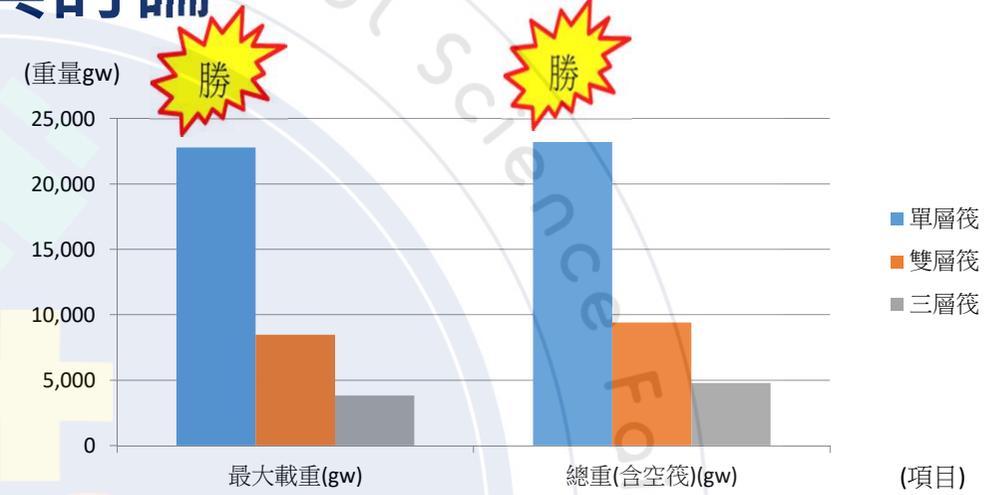
戶外實測



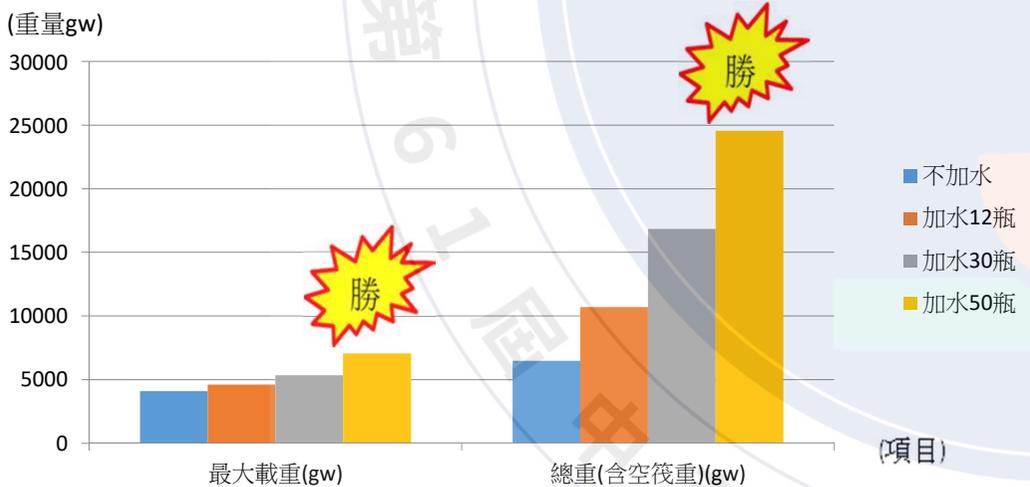
研究結果與討論



瓶筏底面積相同、瓶內體積不同之載重數據比較圖



瓶筏瓶內體積相同、底面積不同之載重數據比較圖



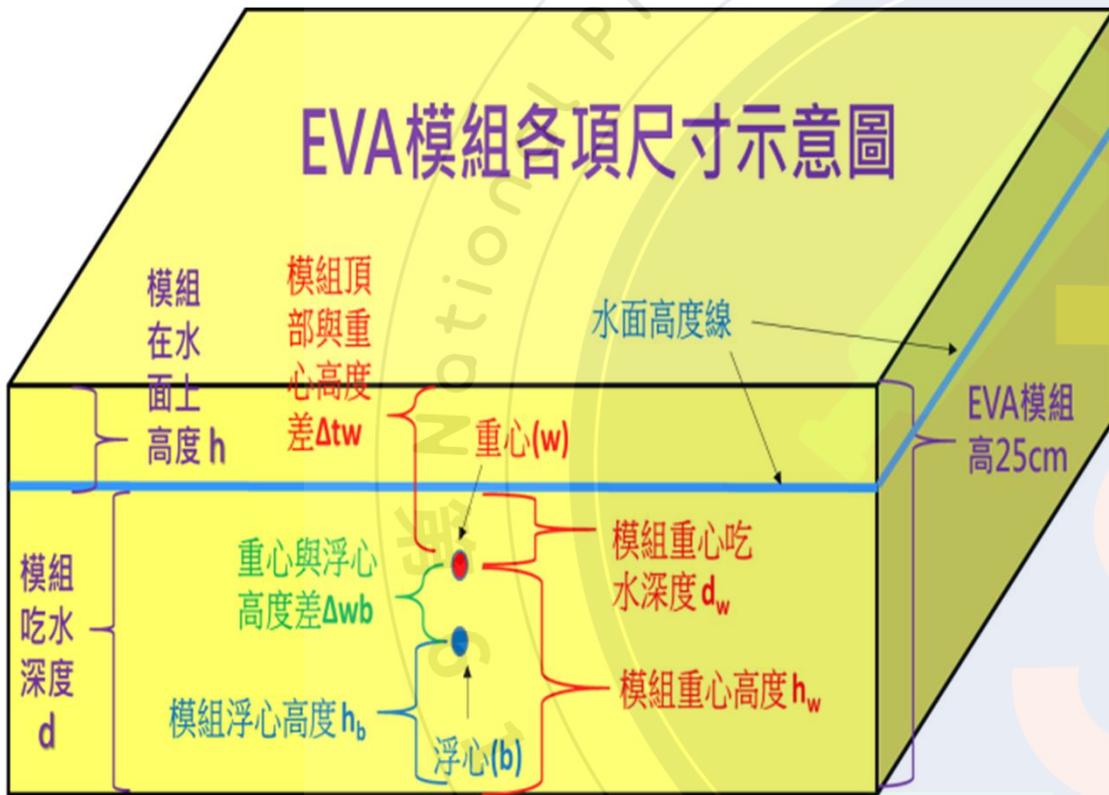
在EVA模組不同瓶數加水的載重數據圖

底面積與高的比值越大，重心越低，穩度越大，增加最大載重。

寶特瓶加水瓶數越多，重心越低，穩度越大，增加最大載重。

研究結果與討論

EVA模組各項尺寸示意圖



EVA模組各項尺寸示意圖

計算重心高度

每個寶特瓶加入密度 $D(g/cm^3)$ 的物質 $S(gw)$
EVA模組(含物質)的重心高度計算式如下

$$3132 \times 12.5 + (50 \times S) \times [(H/2) + 1]$$

EVA模組的重量

EVA模組重心高度

50瓶物質的重量

50瓶物質的重心高度

EVA 模組底部厚度

$$3132 + 50 \times S$$

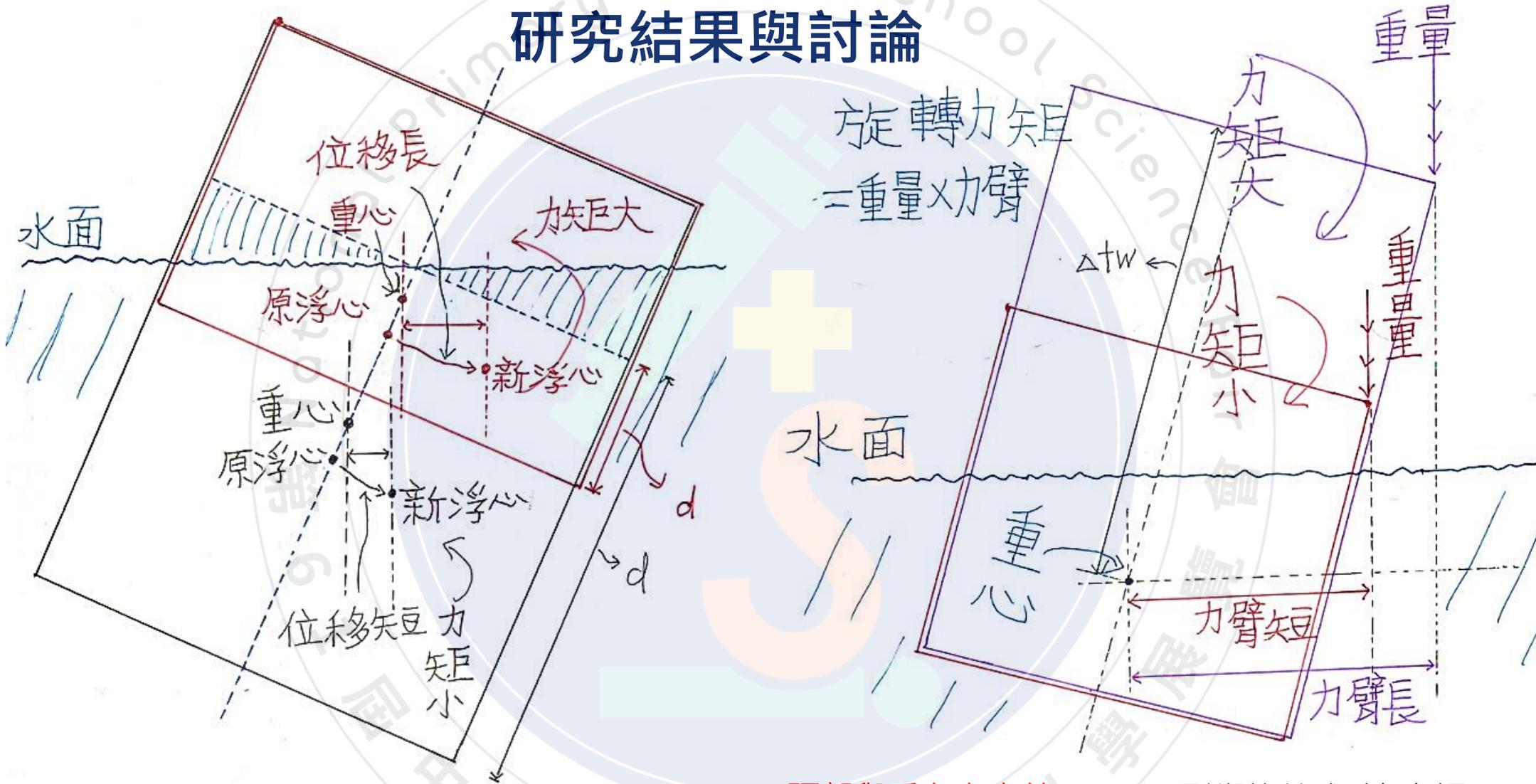
EVA模組和物質的全部重量

物質在瓶內的高度

EVA模組(含加入物質)的重心高度(h_w)計算式

快篩函數 $f(d_w, d, \Delta wb, \Delta tw)$

研究結果與討論

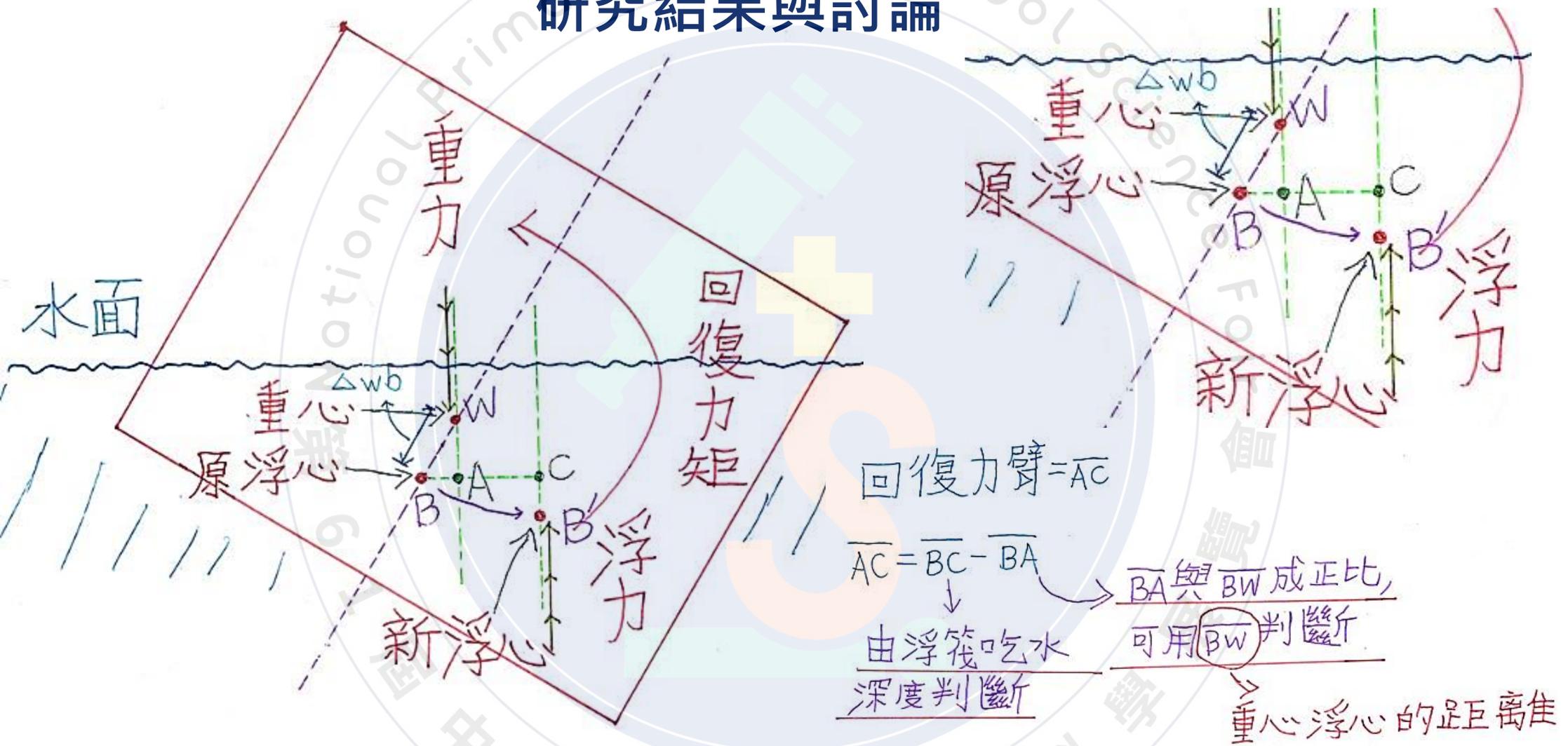


旋轉力矩
= 重量 × 力臂

模組吃水深度 (d) 影響回復力矩的作用力示意圖

頂部與重心高度差 (Δtw) 影響旋轉(傾斜)力矩的作用力示意圖

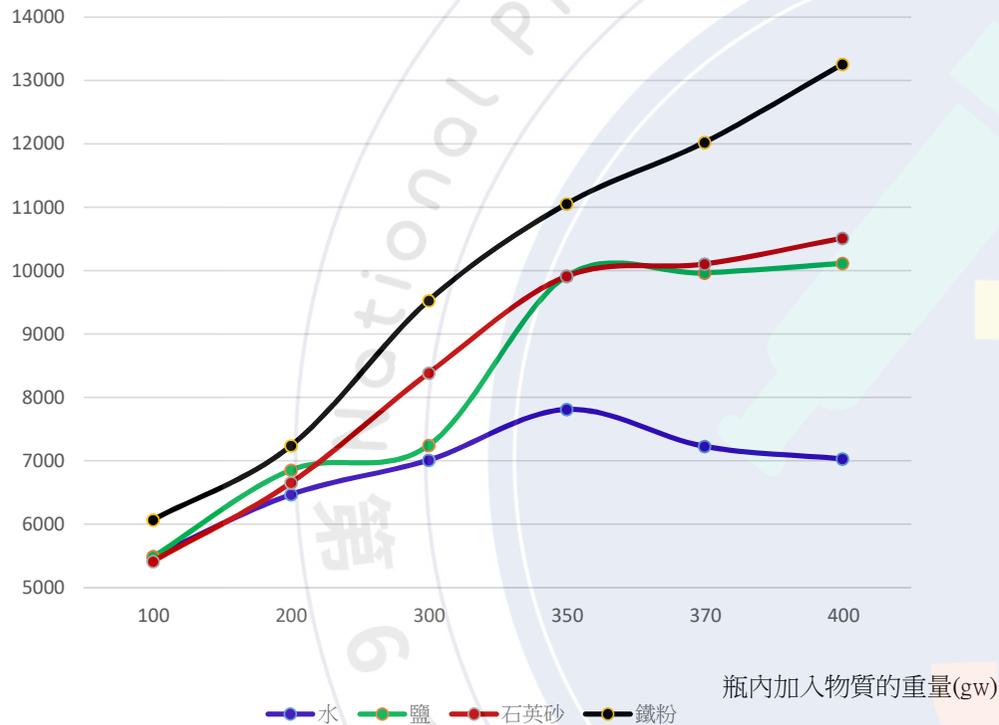
研究結果與討論



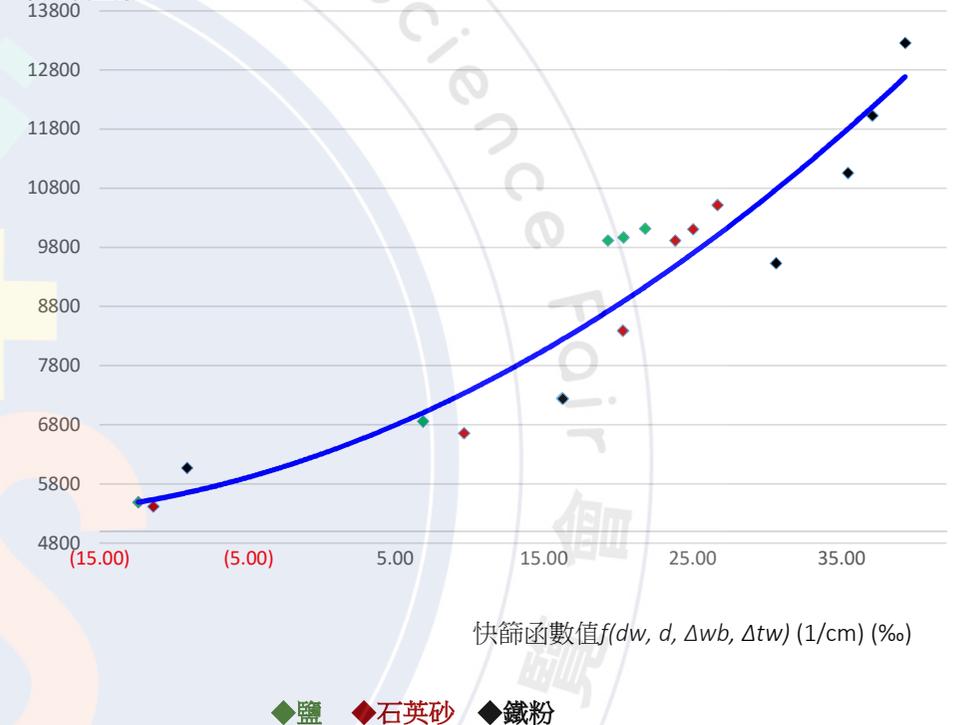
重心和浮心高度差(Δwb)影響回復力矩的作用力示意圖

研究結果與討論

最大載重(gw)



最大載重(gw)



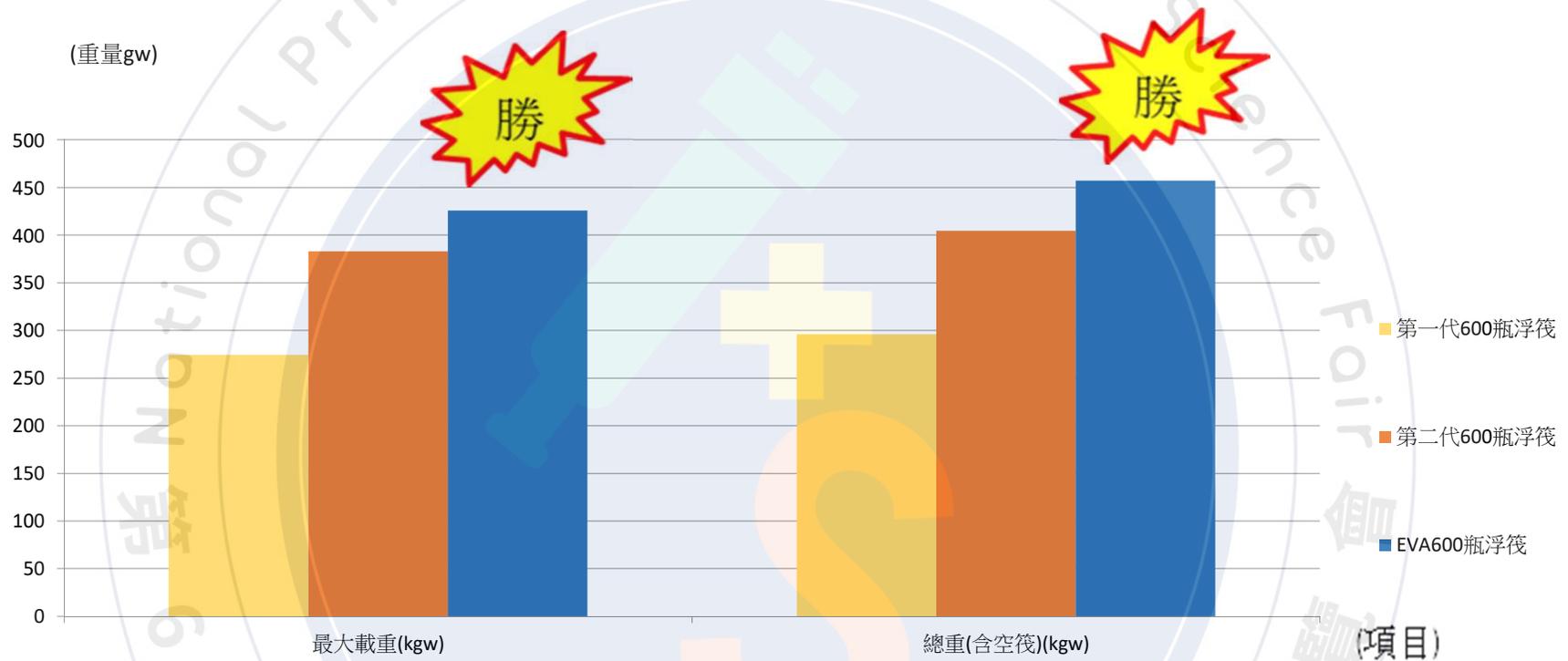
瓶內加入不同重量物質與最大載重數據比較圖

固體物質的快篩函數值與最大載重數據比較圖

加入物質的**重量**越大，穩度越大，增加最大載重。

快篩函數值越大，穩度越高，增加最大載重。

研究結果與討論



第一、二代600瓶浮筏與EVA600瓶浮筏載重數據比較圖

- EVA 600瓶浮筏底面積和高的比值為855cm，第二代600瓶浮筏底面積和高的比值862.5cm，都比較大，顯示重心低，浮筏穩度高，最大載重較多。

結論

自創快篩函數

$$f(dw, d, \Delta wb, \Delta tw)$$

$$= \frac{dw}{(d + \Delta wb) \times \Delta tw}$$

模組吃
水深度

模組重心淨心
高度差

模組頂部
與重心高度差

結論: 當快篩函數值越大時
模組有越大的最大載重

快篩函數值越大，模組穩度和最大載重越大，可以在不同物質和不同重量之間做比較，快速地大致計算出最大載重的變化趨勢。

結論

自製環保浮筏的SWOT分析

Strengths 優勢

- 成本低廉。
- 組裝容易，無須倚靠機器或複雜工具，少數人合作即可自製。
- 塑膠瓶回收取得方便容易。
- 平穩，載重能力佳。

Weaknesses 劣勢

- 手工比機器製作時間長。
- PET材質相對比較軟。

Opportunities 機會

- 全球正在推行環保，強調資源回收再利用。
- 市售HDPE塑膠桶成本過高。
- 浮動碼頭晃動不平穩。
- 救生筏晃動，載重能力有限。

Threats 威脅

- 商家與民眾使用習慣尚未改變，接受度不高。
- 水上運動對於安全性與穩定性的要求較高。
- 市售HDPE塑膠桶可以機械化快速量產。

應用推廣

參考文獻資料



中華民國專利證書

新型第 M614041 號

新型名稱：環保浮筏組件及包含其的環保浮筏結構

專利權人：

新型創作人：

專利權期間：自 2021 年 7 月 1 日至 2031 年 3 月 9 日止

上開新型業依專利法規定通過形式審查取得專利權
行使專利權如未提示新型專利技術報告不得進行警告

經濟部智慧財產局 局長

洪淑敏

中華民國 110 年 7 月 1 日



注意：專利權人未依法繳納年費者，其專利權自原繳費期限屆滿後消滅。

- 翰林出版事業股份有限公司，有趣的力，國小自然與生活科技翰林版第四冊。
- 交通部航港局，小船穩度知識示範教材，網址：
<https://en.motcmpb.gov.tw/ServerFile/Get>。
- 維基百科，乙烯／醋酸乙烯酯共聚物，網址：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/乙烯/醋酸乙烯酯共聚物>。
- 維基百科，塑膠分類標誌，網址：
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/塑膠分類標誌>。