

懸浮展示架設計與實作測試

研究者：吳晨右、陳鈺青、廖加凜

指導老師：柯宜初老師

壹、研究動機

我們在資優班教室裡看到反重力懸浮裝置的小擺飾覺得它的結構很神奇，很吸引我們的注意，因此對它產生了興趣。查詢相關資料後，發現反重力懸浮裝置是一個平衡的設計，具有一定的承重性。我們都對這個裝置充滿好奇，想要去了解它的原理，並試著做做看，因此希望藉由獨研的探究時間挑戰創作出具可以懸浮且能夠承重放置物品的懸浮展架並與生態瓶小組合作，規劃展示生態瓶。

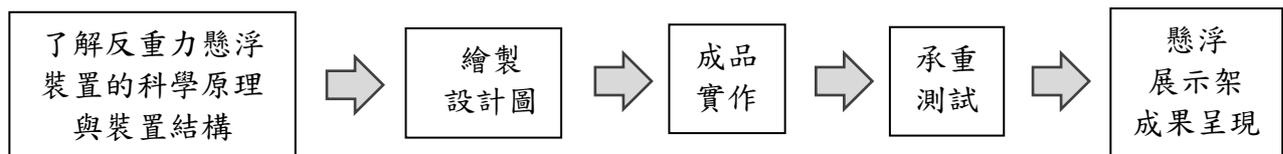
貳、研究目的

本研究之目的如下，依據研究目的繪製研究流程。

一、研究目的

1. 了解反重力懸浮裝置的科學原理與裝置結構。
2. 繪製設計圖並動手實作懸浮展示架。
3. 透過承重測試了解懸浮展示架的承重情形與穩定表現。
4. 做出一個可以穩定乘載物品(生態瓶)的懸浮展示架，並讓大家見證反重力漂浮裝置靜力平衡狀態的展現。

二、研究流程



參、研究設備與器材

一、主要研究設備與器材

(一)「懸浮展示架」尺寸與製作材料：

1. 尺寸：14cm*14cm*10cm
2. 材料：原木冰棒棍(14cm*1cm*0.2cm)、玉線(直徑 0.1cm)

(二)實作用具：

美工刀、剪刀、熱融膠槍、熱融膠條、奇異筆、直尺、量角器

(三)承重測試用具：

電子秤、連接方塊(2cm*2cm*2cm, 4.3g/塊)、直尺、量角器



圖 1 懸浮展示架製作材料與實作用具



圖 2 承重測試用具用具

肆、研究過程與方法

一、反重力懸浮裝置介紹說明

(一)反重力懸浮裝置原理

反重力懸浮裝用到的原理叫做[張拉整體]。張拉整體最少要用到 3 根線，分別是兩條長線和一條短線，這條短線所受到的力(向上)等於兩條長線所受到的力加上支架重力的總合(向下)。但只有合力為零未必能撐起上方的平台，還必須符合「向下的合力作用點恰位於中央繫繩的正上方」，這個「向下的合力作用點」就是以此點當支點時，重力與四周繩子的拉力對此點的合力矩為零，才能符合合力為零且合力矩為零的靜力平衡狀態，這也就是為什麼此裝置的上方平台可呈現懸浮狀態的原因。



圖 3 反重力懸浮裝置 1



圖 4 反重力懸浮裝置 2

(二)反重力懸浮裝置常見樣式

在我們閱讀、查詢的資料裡，統整常見的反重力懸浮裝置底座形狀有：三角形、四方形、五邊形、六邊形.....等；而常見的結構組合有：L型結構、[互]字形結構。

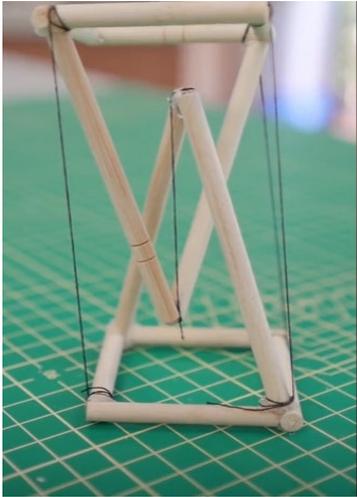


圖 3 反重力懸浮裝置
四邊形底座 L型結構



圖 4 反重力懸浮裝置
四方形底座 互字型結構

(三)反重力懸浮裝置的應用

反重力懸浮裝置在生活中的應用有:橋梁(如:斜張橋)、傢俱(如:桌子和椅子)。斜張橋的設計是施加預拉力之斜拉索支撐橋面，並將力量傳遞至橋塔，主梁因斜拉索承受軸向預拉力，其水平分力，效果類似添加主梁預力效益，可提高主梁之承載力。



圖 5 斜張橋



圖 6 反重力懸浮椅

懸浮架展示實作與紀錄

在收集、閱讀資料過程，我們參考「胡子製作反重力懸浮裝置！你能看出其中的奧妙嗎？」的製作方式並結合「破解反重力懸浮術-運用力的平衡對抗重力」這篇研究中，研究者提出的最佳製作角度。結合參考資料討論後，我們決定先選用容易採買的冰棒棍作為材料進行實作，希望從影片中觀摩、學習製作方法並繪製設計圖、實際製作與修正調整。

(一)懸浮展示架 1.0 製作

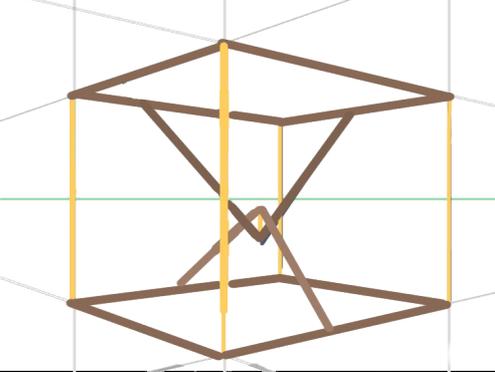
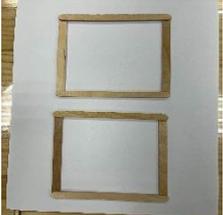
使用網路上最常見的互字型結構，沒有平台，作法參考「破解反重力懸浮術-運用力的平衡對抗重力」這篇研究，凸出的冰棒棍與底座側面呈現 70 度角，而冰棒棍彎曲處為 110 度。線材使用玉線，則是參考「一「臂」之力有「懸」技」的研究中有寫到剛性越強的線，承重效果越好，所以我們使用材質較毛線硬挺的玉線，作為線材材料。

設計圖				
製作 歷程 紀錄				
1.0 成品圖				

<p>成品描述</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 結構不穩定：完成模型後發現整體結構穩定性不足，容易因外力或重量變化而出現晃動或傾斜，影響裝置的承重效果。 2. 平台歪斜：模型中的平台無法保持水平，出現明顯的歪斜現象，無法達成預期的平衡狀態。 3. 承重能力不足：經測試，平台只能承受約 32 公克的重量，無法滿足實際應用中對承重的需求。
<p>製作時，所遇困難</p>	<p>因為冰棒棍有彈性，所以角度無法維持。</p>

(二)懸浮展示架 2.0 製作

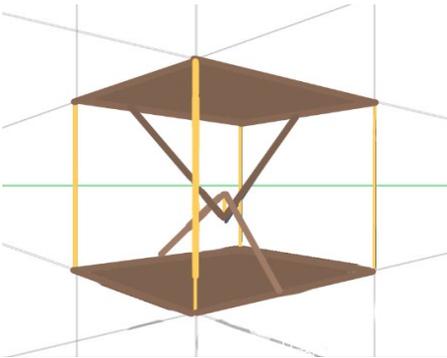
因為 1.0 版本的承重只有 32 公克，因此我們參考「胡子製作反重力懸浮裝置！你能看出其中的奧妙嗎？」影片中製作的 L 形結構來製作 2.0 懸浮展示架。

<p>設計圖</p>				
				
<p>與 1.0 的差異</p>	<p>從參考影片中得知，L 形結構比互字型結構來的穩定，所以把裝置從互字型結構改為 L 型結構。</p>			
<p>製作歷程紀錄</p>				
				

<p>2.0 成品圖</p>	
<p>成品描述</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 結構不穩定：完成 2.0 成品後發現整體結構穩定性不足，可能是因為中線黏貼位置沒有在整體結構的正中間所導致的。 2. 平台容易容易歪斜：2.0 成品的平台無法保持水平狀態，會有些微的歪斜現象，導致承重物品更容易從平台上滑落，有可能也是因為中線位置黏貼歪斜所造成。 3. 平台鏤空，在放置物平時，需拿其他物品置放於懸浮展示架上，以協助放置展示物，但因為為活動性的裝置，放置的位置也會影響到展示架整體的重心位置。
<p>製作時， 所遇困難</p>	<p>因為 L 字型的部分與平台連接的方向不同，所以中線無法黏貼在正中心，經過討論我們決定把中線夾在 L 型結構的冰棒棍中間，穩定它的置中位置。</p>

(三)懸浮展示架 3.0 製作(青)

因為 2.0 版本沒有平台，所以我們決定要用冰棒棍製作平台。

<p>設計圖</p>	
	
<p>與 2.0 的差異</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 為了讓重心穩定在中心位置，我們把中線黏 L 形結構的兩根冰棒棍之間。 2. 因為 2.0 和 1.0 版本都是鏤空設計，所以在乘載物品時要另外拿一個板子架設放置，為方便物品放置，我們決定在展示架上下平台鋪設冰棒棍製作實心平台。

<p>製作歷程紀錄</p>				
<p>3.0 成品圖</p>				
<p>成品描述</p>	<p>1. 平台歪斜：3.0 成品的平台無法保持水平，放上物品後會出現些微的歪斜現象。</p> <p>2. 承重表現：經測試，展示架的平均承重 434 公克，最高承重可達 487 公克，是這四個版本中承重最高的版本。</p>			
<p>製作時，所遇困難</p>	<p>平台上的冰棒棍會因為外框黏貼的距離誤差，以至於無法平整的黏上去，需再將冰棒棍裁切以符合黏貼尺寸。</p>			

(四)懸浮展示架 4.0 製作

因為釣魚線在外觀與隱蔽性上有優勢，可以將懸浮展示架所要呈現懸浮、漂浮的感覺更具體呈現出來，所以 4.0 版本將線材修改為釣魚線。

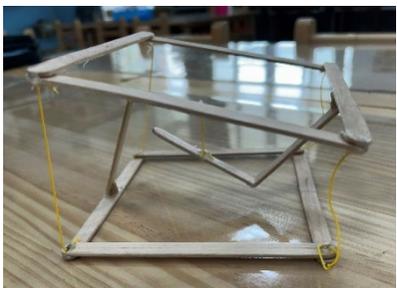
設計圖				
與 3.0 的差異	因為釣魚線在外觀與隱蔽性上有優勢，因此獎懸浮展示架 3.0 版本線材使用的玉線，在 4.0 版本線材修改為釣魚線。			
製作歷程紀錄				
成品圖				
成品描述	<ol style="list-style-type: none"> 外觀:外觀與隱蔽性上有優勢。 承重能力相較上一代結構大幅下降，減少了大約 100 克。 			
製作時，所遇困難	在承重測試的過程，四角黏貼的釣魚線容易從裝置脫落。			

三、懸浮展示架承重測試方式說明與承重測試結果紀錄

(一)承重測試方法說明：

我們用 4.3 公克/顆的连接方塊放在裝置上，當裝置傾斜角度等於 10 度時則停止測量。測量完五次後把極端值拿掉後，算出平均。

(二)實作成品承重測試結果紀錄

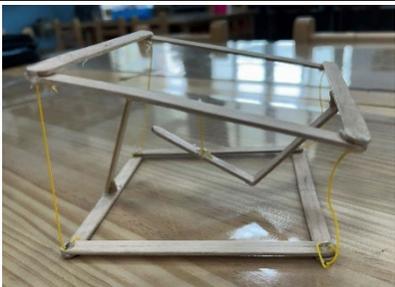
	懸浮展示架 1.0					懸浮展示架 2.0					懸浮展示架 3.0					懸浮展示架 4.0				
實作成品																				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
承重重量(g)	26	34	39	32	30	266	314	319	314	301	372	408	421	474	478	374	354	327	348	318
平均承重重量(g)	32					310					434					343				
承重時發現的問題	因為中間的互字形結構可承受的重量較小，1.0 版懸浮展示架承重結果不理想。					因為裝置本身沒有平台，所以不好控制放置物品時的重心，承重過程中容易傾斜。					雖然有加裝了平台，但它在承重測試時，有時會瞬間倒塌，推次可能原因是承載重量達極限或物品擺放不平均所致。					釣魚線在承重時容易因力的不均衡而脫落，導致承重效果不理想。				

伍、實作結果與討論

一、實作結果與討論

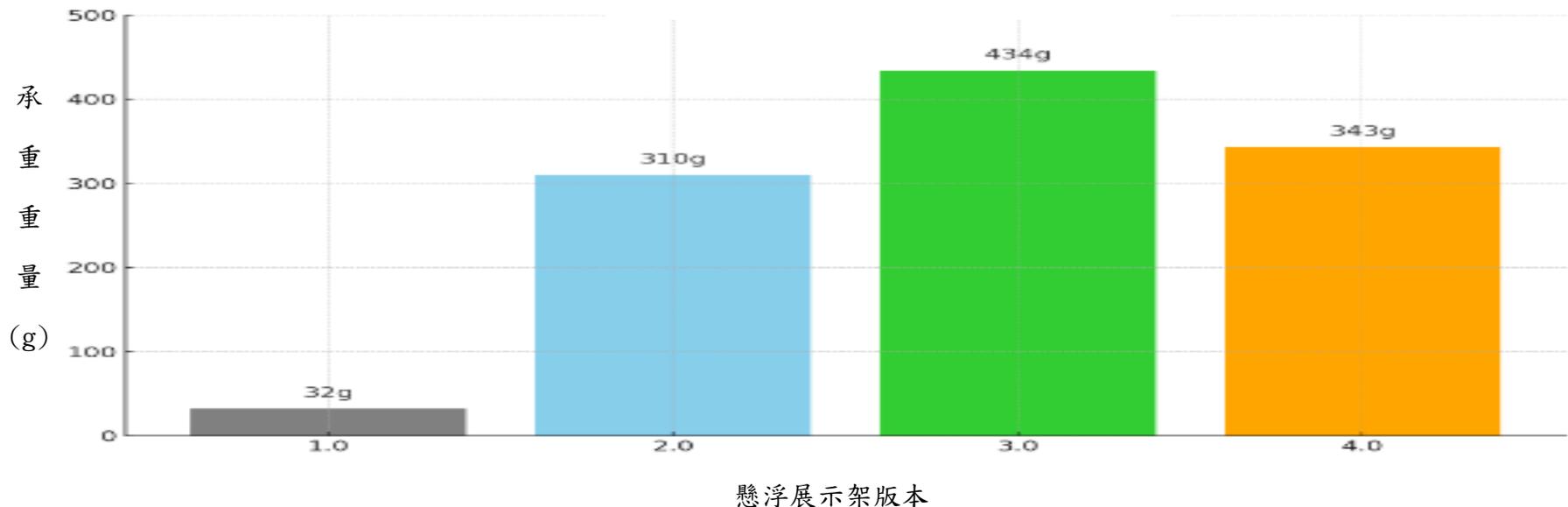
(一)實作結果

我們共製作了四個版本的懸浮展示架（1.0 至 4.0 版），並進行承重測試比較每一版本懸浮展示架的差異。

	懸浮展示架 1.0	懸浮展示架 2.0	懸浮展示架 3.0	懸浮展示架 4.0
實作成品				
平均承重重量 (g)	32 公克	310 公克	434 公克	343 公克
成果描述	使用互字型結構，平均承重 32 公克，因中間結構具有彈性，導致承重效果不理想，且缺乏平台，穩定性差。	改採 L 型結構，平均承重提升至 310 公克，結構穩定性改善，但仍因缺乏平台使物品放置困難，重心控制不佳。	以在 2.0 為基礎，並加裝平台並調整線材固定位置，使平台重心更集中，平均承重達 434 公克，最高可達 487 公克，為四個版本中承重效果最佳。	將線材改為釣魚線，外觀與隱蔽性提升，但承重能力下降，平均承重為 343 公克，且釣魚線在使用中容易脫落影響穩定性。
下一版修正調整	--	修改成 L 型結構	在 3.0 版加上平台	線材由玉線改為釣魚線

(二)討論

各版本懸浮展示架承重測試結果長條圖



從整體結果我們發現，懸浮展示架 3.0 版具有良好的結構穩定性與高承重能力兩項特點，且平台設計使得展示物品更為穩固且方便，並解決了 1.0、2.0 版本結構不穩與無法放置物品的問題。雖然懸浮展示架 4.0 版在懸浮感的呈現上有明顯提升，但結構穩定度仍以 3.0 版表現表現最好。

二、懸浮展示架與生態瓶展示成果分享

我們與生態瓶組合作，將他們做的小型生態瓶，放置在我們的懸浮展示架上，展示成果如下：



陸、研究建議

- 一、製作平台時應先進行冰棒棍的試排與調整，避免組裝過程中出現冰棒棍尺寸不合、排不進去的問題。
- 二、雖然釣魚線外觀隱蔽性較佳，但我們選擇的規格承重穩定性不如玉線，因此在考量外觀與功能需求時，必須選擇合適的線材。
- 三、在正式製作前，建議先仔細繪製設計圖，明確標示尺寸與結構位置，以避免實作過程手忙腳亂或反覆修改。
- 四、製作時可以同步確認整個裝置的重心位置，並以此為基準往外延伸設計與擺放物品，可有效提升穩定性。
- 五、建議可以將模型設計為正方體結構，因為正方體結構能讓重心較容易控制，且受力分配均勻，有助於提高承重與穩定性。

柒、參考資料與其他

一、中華民國第 62 屆中小學科學展覽會作品說明書-防震未來式—懸浮技術的抗震

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/62/pdf/NPHSF2022-032807.pdf?0.6935225315392017>

二、破解反重力懸浮術-運用力的平衡對抗重力

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/61/pdf/NPHSF2021-080108.pdf?0.17991876020096242>

三、製作反重力懸浮裝置！你能看出其中的奧妙嗎？【胡思亂搞】

<https://www.youtube.com/watch?v=l-4GF46QXQc>

四、【佑之呼吸】反重力懸浮系統(互字漂浮)

<https://shopee.tw/%E3%80%90%E4%BD%91%E4%B9%8B%E5%91%BC%E5%90%B8%E3%80%91%E5%8F%8D%E9%87%8D%E5%8A%9B%E6%87%B8%E6%B5%AE%E7%B3%BB%E7%B5%B1%28%E4%BA%92%E5%AD%97%E6%BC%82%E6%B5%AE%29-i.8448550.6376578458>

五、用筷子做的反重力裝置你見過嗎？

https://www.douyin.com/search/%E5%8F%8D%E9%87%8D%E5%8A%9B%E6%82%AC%E6%B5%AE%E8%A3%85%E7%BD%AE%20%E7%AD%B7%E5%AD%90?aid=6e38842d-9565-4094-815f-74b636722e93&modal_id=7110136489215905054&type=general

六、如何用 8 根雪糕棍製作反重力裝置。

<https://www.bilibili.com/video/BV1rh411h7DJ/>

七、中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書-破解反重力懸浮術-運用力的平衡對抗重力

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/61/pdf/NPHSF2021-080108.pdf>