

屏東縣第 63 屆國中小學科學展覽會

科別：物理科

組別：國小組

作品名稱:飛準不可-以 2022 全國水火箭大賽為驗證之探究

關鍵詞：水火箭、牛頓第三運動定律、2022 全國水火箭比賽

編號: A2018

摘要

2022 全國高中、國中、國小混齡組水火箭比賽不是比遠，而是比 80M 射準，而且必須是當場在時間內以有限材料製作，因此我們在水火箭的研究過程中，發現了想要水火箭飛行 80M 的距離，我們的總長 55cm 三截式水火箭在壓力 5bars、發射架角度 60 度、採用梯形尾翼四片、尾翼固定位置尾端往上 3cm 處，能很穩定的飛向靠近靶心，尤其我們發現尾翼的十字對齊黏合，是飛行準確度(穩定度)最關鍵的變因。也因此，我們在 2022 全國水火箭比賽時的水火箭，在二次正式發射成績分別為距離靶心 3.1M 和 6.72M，獲得了全國第三名的佳績。

壹、研究動機

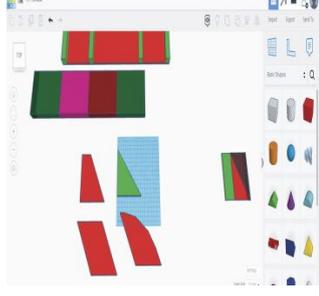
學校每年都會舉辦科學週水火箭比賽，我們幾個火箭小子因為對水火箭非常有興趣，因此從五年級就開始組隊參加學校水火箭比賽，還贏的了比賽的冠軍，而在學期中，老師告知有水火箭的全國比賽，我們得知後興奮不已，並決定以比賽為最終驗證目的進行深入研究。

貳、研究目的

- 1、 探討水量對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響。
- 2、 探究尾翼形狀對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響。
- 3、 探究水火箭總長度對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響。
- 4、 探討十字治具與直角尺對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響。
- 5、 探究 2022 全國水火箭飛行 80M 穩定度與準度之比賽。

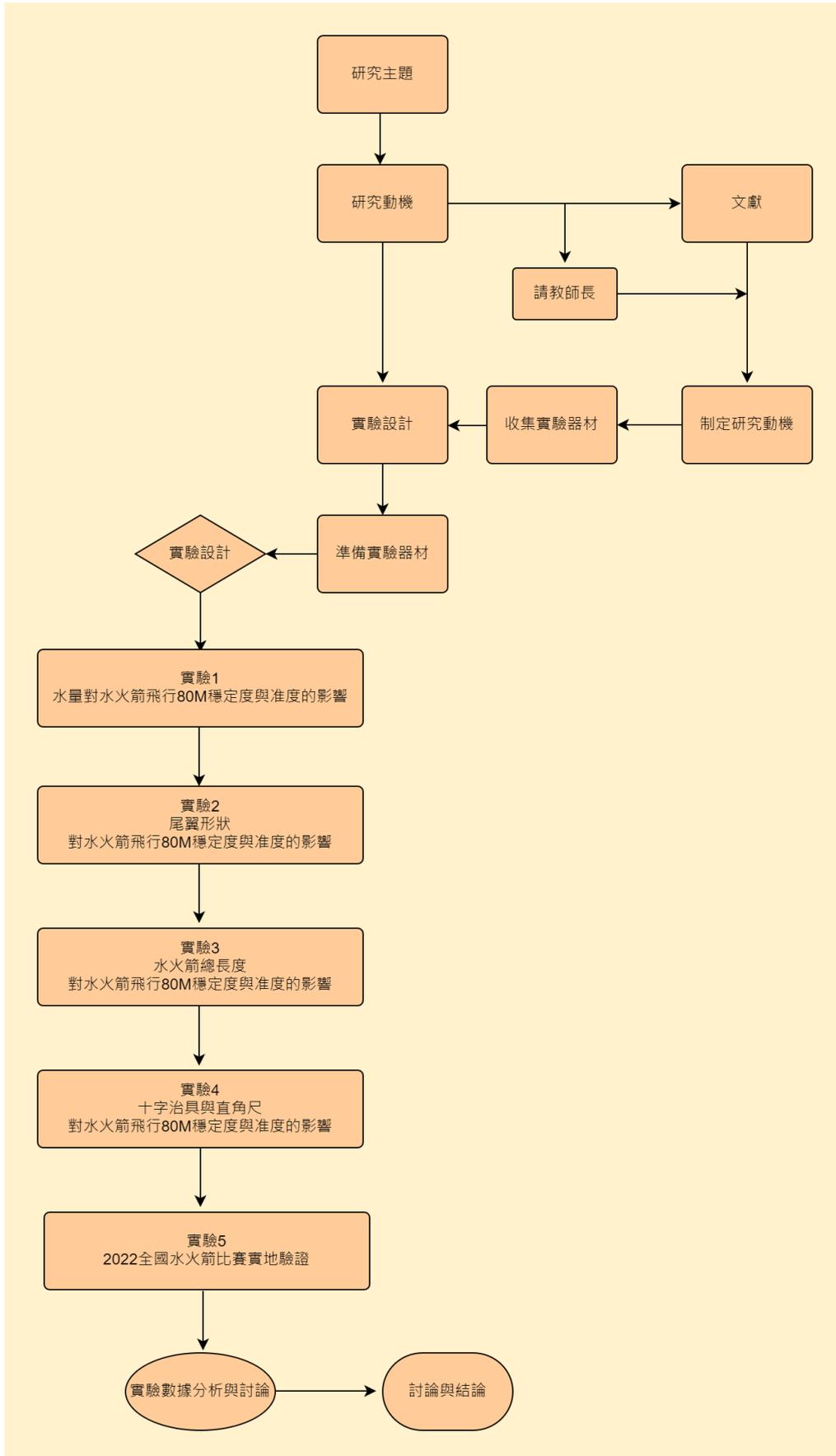
參、研究設備及器材

器材	空寶特瓶 1250ml(蘋果西打)	PC 板	L 型資料夾
圖片			
器材	絕緣膠帶	剪刀	捲尺
圖片			
器材	打氣筒	發射架	雙面膠
圖片			
器材	直角尺	美工刀	奇異筆
圖片			

器材	噴嘴	漏斗	墊板
圖片			
器材	量杯	THINKCAD 繪圖	FLUX 雷射機
圖片			
器材	十字治具		
圖片			

肆、研究過程及方法

一、實驗流程圖



二、文獻探討

(一)『動量守恆』－水火箭加水

動量守恆為一系統之總動量為此系統中各物體之動量和。由文獻得知發射水火箭之前，需先將保特瓶注入 1/4~1/5 的水。因為保特瓶容納的空氣有限，在衝出的瞬間，空氣所產生的作用力很小。水的質量較空氣大多了，也不會被壓縮，當壓縮空氣將水向外高速衝出時，增加了反作用力，也就能推動水火箭升空飛行。

(二)『氣壓』－水火箭打氣

用打氣筒打入空氣時，氣體分子的密度及壓力隨著打入氣體增加而增加。此時，再利用 $P=F/A$ 公式(P 為壓力， F 為作用力， A 為面積)，當 A 不變， F 會隨 P 增大而增大。如果要水火箭飛得遠，氣壓就要越大，作用力也就越大。

(三)『作用力與反作用力』－水火箭發射

當在寶特瓶內打入空氣後，保特瓶內形成高壓，水受到壓力作用而噴出時，就會承受水火箭本體的一股作用力。此時，水便會產生一股作用力來推動水火箭升空。這個現象就是作用力和反作用力定律。也就是著名的「牛頓第三運動定律」(作用力=反作用力)。

(四)『地心引力、空氣阻力、拋物線原理』－水火箭飛行

飛行中之水火箭本身受地心引力之重力與空氣阻力的因素，會使飛行減速，形成一拋物線飛行，故得知水火箭亦運用到「拋物線原理」

三、實驗步驟:

(一)實驗一:水量對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響。

參考文獻得知最佳水量為注入容量的 1/3-1/4 水量

探討水量對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響	
變因	項目
操縱變因	水量 300ml、400ml
控制變因	壓力 5bars、場地操場、尾翼數量:4 片、尾翼固定位置尾端往上 3cm 處、發射架角度 60 度、尾翼材質賽露璐片、尾翼大小:8cm、火箭頭材質(L 型資料 夾)、火箭頭形狀(圓錐形)、尾翼厚度 0.5mm、尾翼形狀(梯形)

(二)實驗二:尾翼形狀對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響。

探討尾翼形狀對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響	
變因	項目
操縱變因	尾翼形狀-梯形、三角、平行四邊形後掠、後掠
控制變因	壓力 5bars、場地操場、尾翼數量:4 片、尾翼固定位置尾端往上 3cm 處、發射架角度 60 度、尾翼材質賽露璐片、尾翼大小:8cm、火箭頭材質(L 型資料夾)、火箭頭形狀(圓錐形)、尾翼厚度 0.5mm

(三)實驗三:水火箭總長度對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響。

探討水火箭總長度對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響	
變因	項目
操縱變因	總長度 43cm 水火箭、總長度 55cm 的水火箭
控制變因	尾翼形狀(梯形)、水量 400ML、壓力 5bars、場地操場、尾翼數量:4 片、尾翼固定位置尾端往上 3cm 處、發射架角度 60 度、尾翼材質賽露璐片、尾翼大小:8cm、火箭頭材質(L 型資料夾)、火箭頭形狀(圓錐形)、尾翼厚度 0.5mm

(四)實驗四:十字治具與直角尺對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響。

探討十字治具與直角尺對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響	
變因	項目
操縱變因	十字治具與直角尺使用與否
控制變因	總長度 55cm 的水火箭、尾翼形狀(梯形)、水量 400ML、壓力 5bars、場地操場、尾翼數量:4 片、尾翼固定位置尾端往上 3cm 處、發射架角度 60 度、尾翼材質賽露璐片、尾翼大小:8cm、火箭頭材質(L 型資料夾)、火箭頭形狀(圓錐形)、尾翼厚度 0.5mm

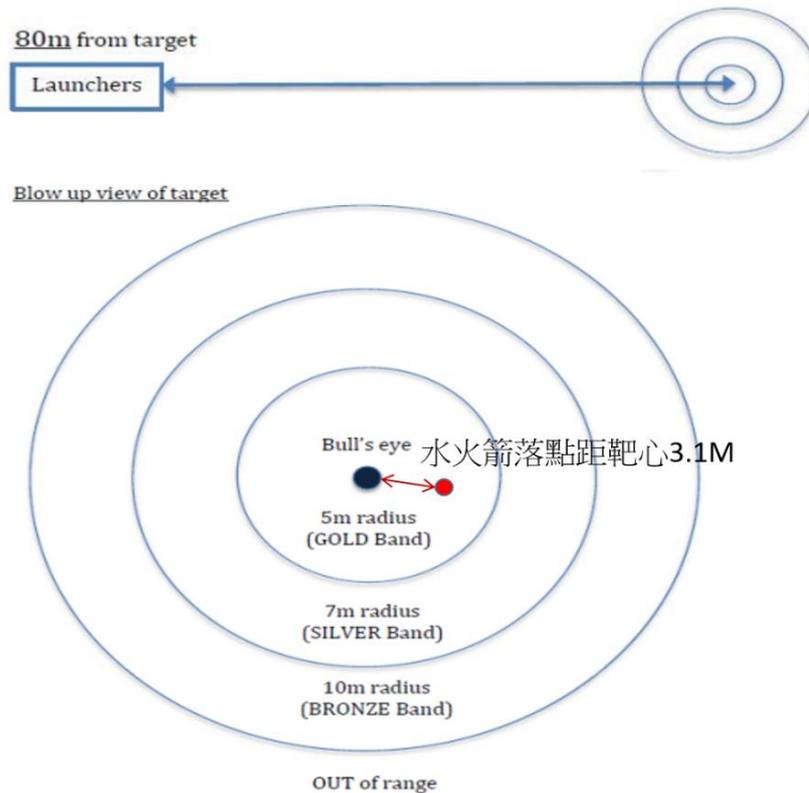
(五)實驗五:2022 全國水火箭比賽實地驗證

變因	項目
控制變因	總長度 55cm 的水火箭、尾翼形狀(梯形)、水量 400ml、壓力 5bars、場地壘球場、尾翼數量:4 片、尾翼固定位置尾端往上 3cm 處、發射架角度 60 度、尾翼材質賽露璐片、尾翼大小:8cm、火箭頭材質(L 型資料夾)、火箭頭形狀(圓錐形)、尾翼厚度 0.5mm、使用十字治具與直角尺畫十字尾翼黏貼線

伍、研究結果

一、測量方法定義：

依據 2022 全國水火箭比賽簡章，距離發射地 80M 處中心點為靶心，離靶心 5M 為第一圈金區，離靶心 7M-5M 間為第二圈銀區，離靶心 10M-7M 間為第三圈銅區，依火箭落點量測距離靶心的距離，如圖一，作為量測方法。



圖一: 火箭落點量測距離靶心的距離

二、實驗過程與結果：

(一)實驗一：水量對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響

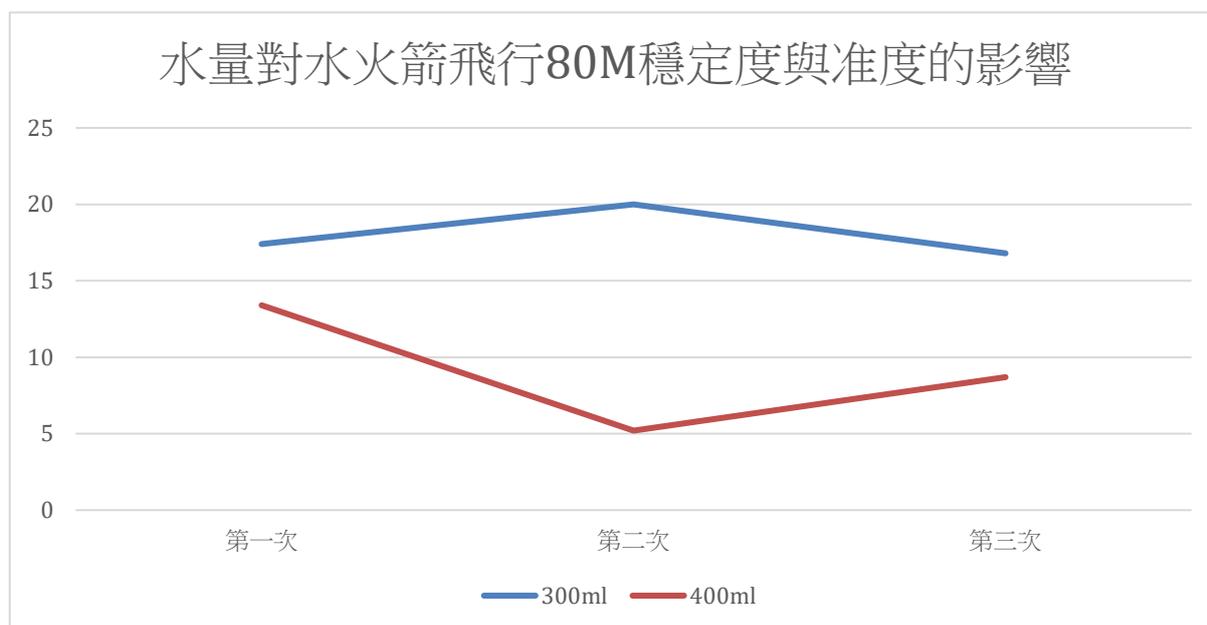
依據全國水火箭規定壓力不得超過 5bars，因此我們將水火箭的壓力控制在 5bars，並參考文獻得知最佳水量為注入容量的 1/3-1/4 水量，探討水量 300ML、400ML 水量對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響。

探討水量對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響	
變因	項目
操縱變因	水量
控制變因	壓力 5bars、場地操場、尾翼數量:4 片、尾翼固定位置尾端往上 3cm 處、發射架角度 60 度、尾翼材質賽露璐片、尾翼大小:8cm、火箭頭材質(L 型資料 夾)、火箭頭形狀(圓錐形)、尾翼厚度 0.5mm、尾翼形狀(梯形)

實驗一：水量對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響實驗數據(如表一)

	300ml	400ml
第一次	17.4m	13.4m
第二次	20m	5.2m
第三次	16.8m	8.7m
平均	18.1m	9.1m

表一：實驗一水火箭 300ml400ml 水量飛行數據



圖二:實驗一水量對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響

小結：由表一及圖二可知，400ml 水量的三次發射距離靶心都明顯比 300ml 水量三次發射距離還要接近靶心，因此水量對水火箭的穩定度與準度的影響是：400ml > 300ml

(二)實驗二：尾翼形狀對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響

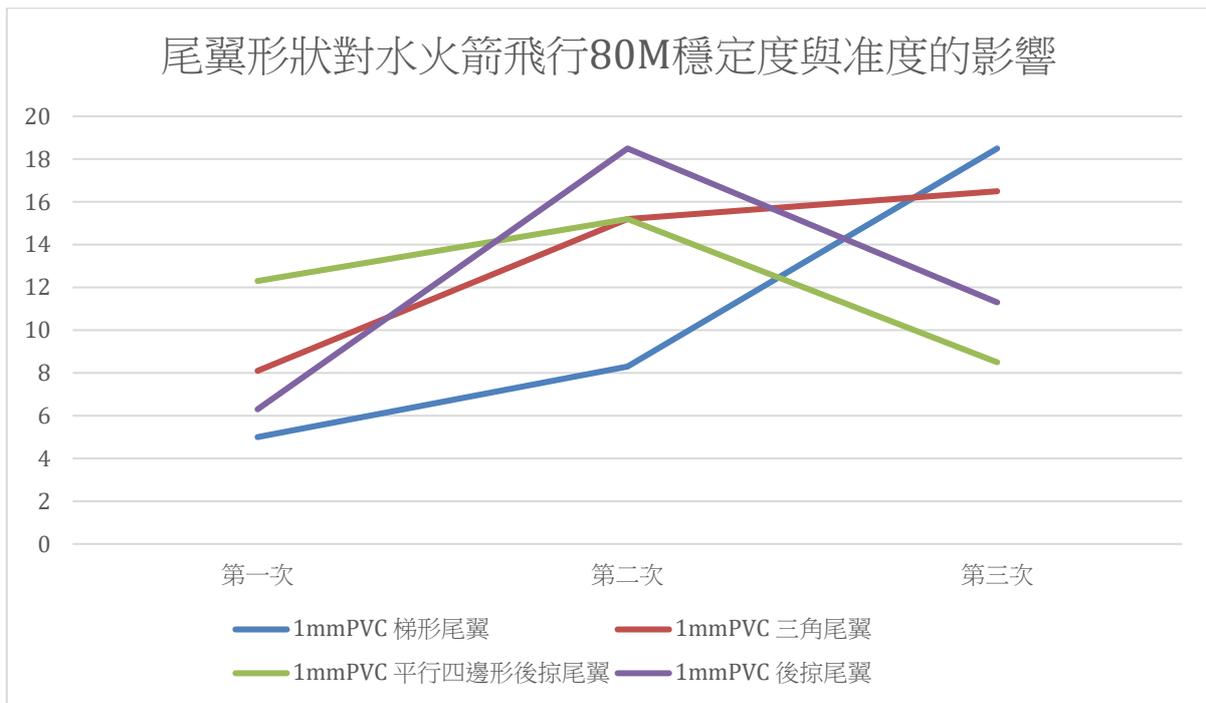
以實驗一最佳數據 400ml 水量做為實驗二控制變因，我們為了更精準的進行實驗，利用學過的 ThinkCAD 軟體進行各式尾翼的 2D 繪圖，再將各式尾翼圖檔轉成 SVG 檔，利用學校 FLUX 雷射機將我們所需要的各式尾翼數量精準的雷射出來，進行水火箭的組裝與實驗。

探討尾翼形狀對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響	
變因	項目
操縱變因	尾翼形狀-梯形、三角、平行四邊形後掠、後掠
控制變因	壓力 5bars、場地操場、尾翼數量:4 片、尾翼固定位置尾端往上 3cm 處、發射架角度 60 度、尾翼材質賽露璐片、尾翼大小:8cm、火箭頭材質(L 型資料夾)、火箭頭形狀(圓錐形)、尾翼厚度 0.5mm

實驗二：尾翼形狀對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響實驗數據(如表二)

	1mmPVC 梯形尾翼 	1mmPVC 三角尾翼 	1mmPVC 平行四邊形後掠尾翼 	1mmPVC 後掠尾翼 
第一次	5m	8.1m	12.3m	6.3m
第二次	8.3m	15.2m	15.2m	18.5m
第三次	18.5m	16.5m	8.5m	11.3m
平均	10.6m	13.3m	12m	12m

表二：實驗二水火箭各式尾翼飛行數據



圖三：實驗二 尾翼形狀對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響

小結：由表二及圖三可知，梯形尾翼的水火箭飛行 80M 的穩定度與準度平均為 10.6M，其次是平行四邊形後掠尾翼和後掠尾翼都是平均 12M，最差是三角型尾翼平均是 13.3M，因此尾翼對飛行 80M 的穩定度與準度的影響是：1mmPVC 梯形尾翼 > 1mmPVC 平行四邊形後掠尾翼 = 1mmPVC 後掠尾翼 > 1mmPVC 三角尾翼

(三)實驗三：水火箭總長度對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響

以實驗二最佳數據梯型尾翼做為實驗三控制變因，因為全國水火箭比賽只提供 4 支 1250cc 汽水空瓶，所以現場實際製作只能選擇利用二支空瓶製成總長度 43cm 的水火箭 2 組，或是利用三支空瓶製成總長度 55cm 的水火箭 1 組，因此我們將操作變因設為總長度 43cm 水火箭與總長度 55cm 的水火箭，如圖四，進行實驗。

探討水火箭總長度對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響	
變因	項目
操縱變因	總長度 43cm 水火箭、總長度 55cm 的水火箭
控制變因	尾翼形狀(梯形)、水量 400ML、壓力 5bars、場地操場、尾翼數量:4 片、尾翼固定位置尾端往上 3cm 處、發射架角度 60 度、尾翼材質賽露璐片、尾翼大小:8cm、火箭頭材質(L 型資料夾)、火箭頭形狀(圓錐形)、尾翼厚度 0.5mm

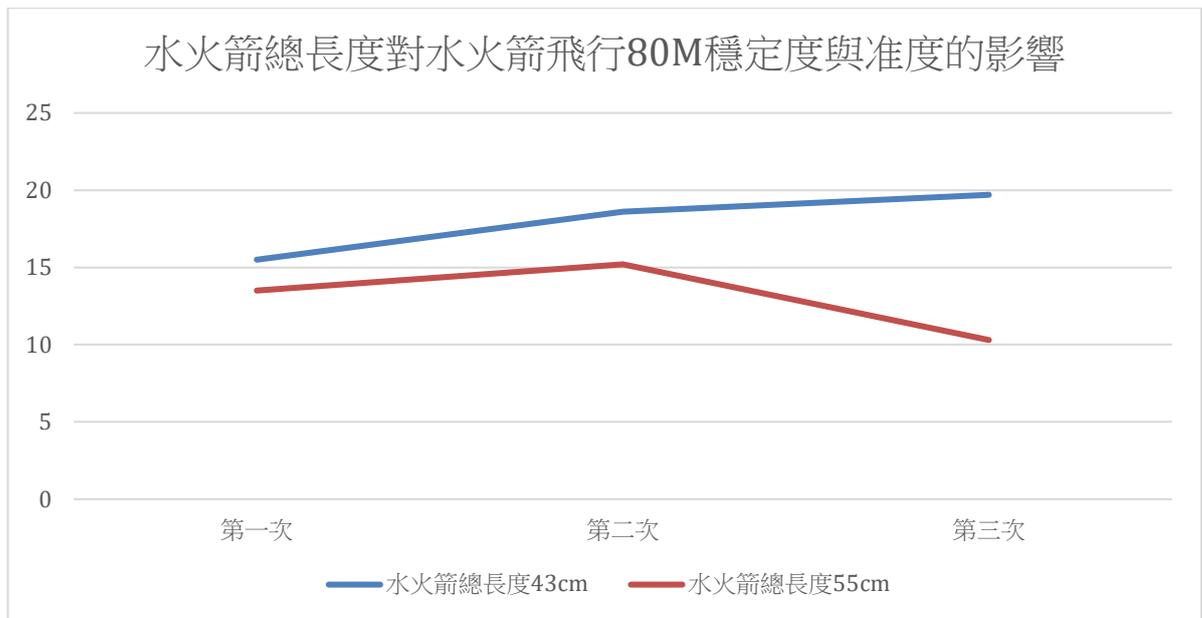


圖四：總長度 43cm 水火箭與總長度 55cm 的水火箭

實驗三：水火箭總長度對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響實驗數據(如表三)

	水火箭總長度 43cm	水火箭總長度 55cm
第一次	15.5m	13.5m
第二次	18.6m	15.2m
第三次	19.7m	10.3m
平均	17.9m	13m

表三：實驗三水火箭總長度飛行數據



圖五：實驗三 水火箭總長度對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響

小結：由表三及圖五可知，水火箭總長度 55cm 飛行 80M 的穩定度與準度平均為 13M，水火箭總長 43cm 平均是 17.9M，因此我們發現水火箭總長度 55cm，也就是利用 3 支 1250cc 汽水空瓶製作成總長度 55cm 的水火箭，飛行 80M 有較佳的穩定度與準度。

(四)實驗四：十字治具與直角尺對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響

從文獻得知水火箭的尾翼在於維持水火箭飛行的方向，因此四片尾翼黏貼時的十字對齊與否，就會影響飛行時是否會造成大偏移的因素，為了解決十字對齊的問題，我們嘗試了許多方法，一開始利用棉線綁重物的十字方法，發現無法準確十字交叉且不好操作，於是想到利用雷切機製作十字治具如圖六，將十字治具套進水火箭底部，並利用直角尺畫十字黏貼線如圖七。

探討十字治具與直角尺對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響	
變因	項目
操縱變因	十字治具與直角尺使用與否
控制變因	總長度 55cm 的水火箭、尾翼形狀(梯形)、水量 400ML、壓力 5bars、場地操場、尾翼數量:4 片、尾翼固定位置尾端往上 3cm 處、發射架角度 60 度、尾翼材質賽露璐片、尾翼大小:8cm、火箭頭材質(L 型資料夾)、火箭頭形狀(圓錐形)、尾翼厚度 0.5mm



圖六：十字治具

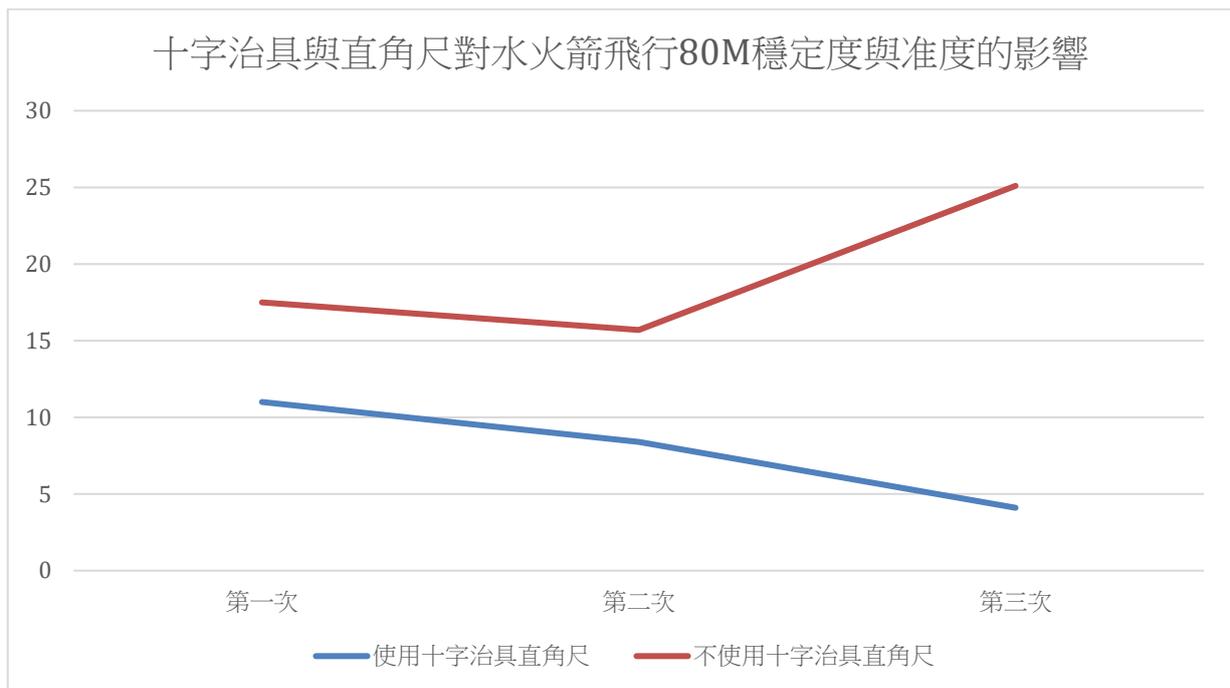


圖七：十字治具與直角尺畫十字黏貼線

實驗四：實驗數據(如表四)

	使用十字治具與直角尺	不使用十字治具與直角尺
第一次	11m	17.5m
第二次	8.4m	15.7m
第三次	4.1m	25.1m
平均	7.8m	19.4m

表四：十字治具與直角尺使用與否水火箭飛行數據



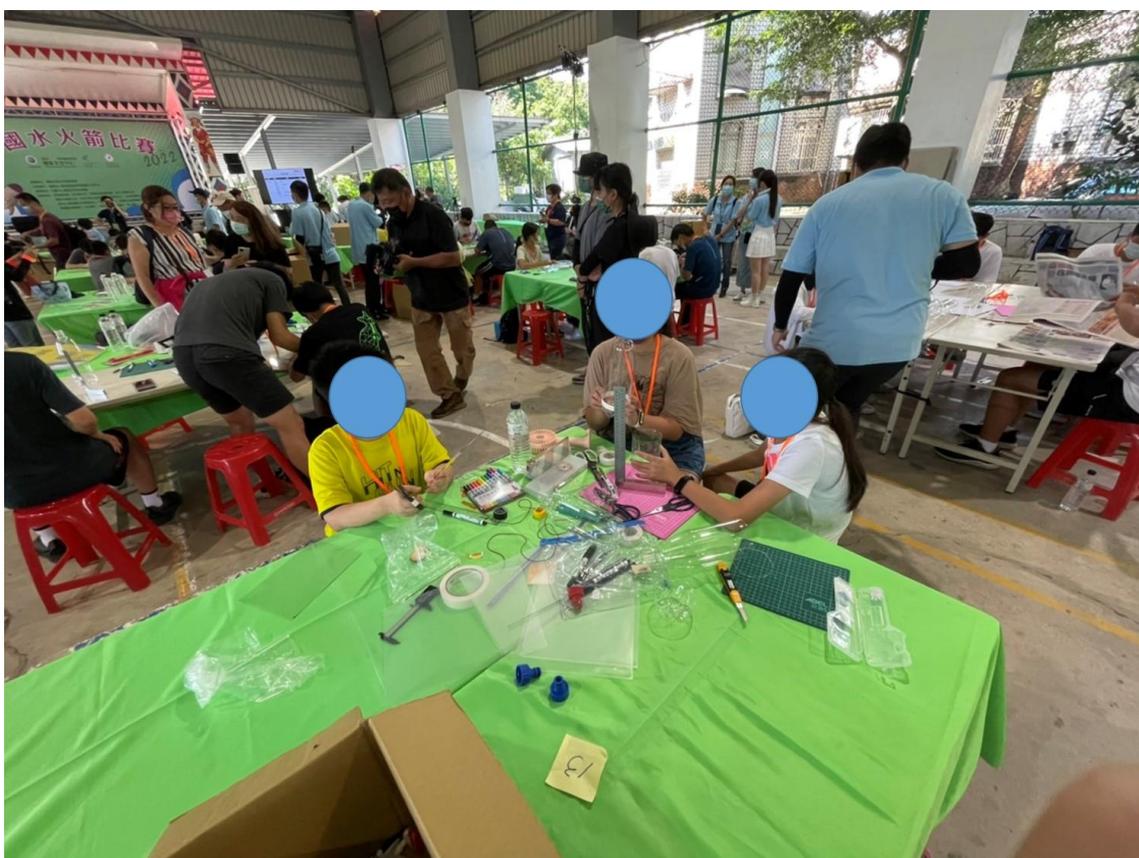
圖八：實驗四 十字治具與直角尺對水火箭飛行 80M 穩定度與準度的影響

小結：由表四及圖八可知，水火箭使用十字治具與直角尺作為尾翼黏貼十字對齊的水火箭飛行 80M 的穩定度與準度平均為 7.8M，而未使用十字治具與直角尺作為尾翼黏貼十字對齊的水火箭飛行 80M 的穩定度與準度平均為 19.4M，因此有使用十字治具與直角尺十字對齊的尾翼黏貼火箭，飛行 80M 有較佳的穩定度與準度。

(五)實驗五：2022 全國水火箭比賽實地驗證

變因	項目
控制變因	總長度 55cm 的水火箭、尾翼形狀(梯形)、水量 400ML、壓力 5bars、場地操場、尾翼數量:4 片、尾翼固定位置尾端往上 3cm 處、發射架角度 60 度、尾翼材質賽露璐片、尾翼大小:8cm、火箭頭材質(L 型資料夾)、火箭頭形狀(圓錐形)、尾翼厚度 0.5mm、使用十字治具與直角尺畫十字尾翼黏貼線

實際將實驗一～實驗四的最佳數據運用在 2022 全國水火箭比賽的實地製作中，如圖九、圖十，並在比賽中依之前所做實驗 60 度角進行水火箭試射與二次比賽實射如圖十一、圖十二



圖九



圖十

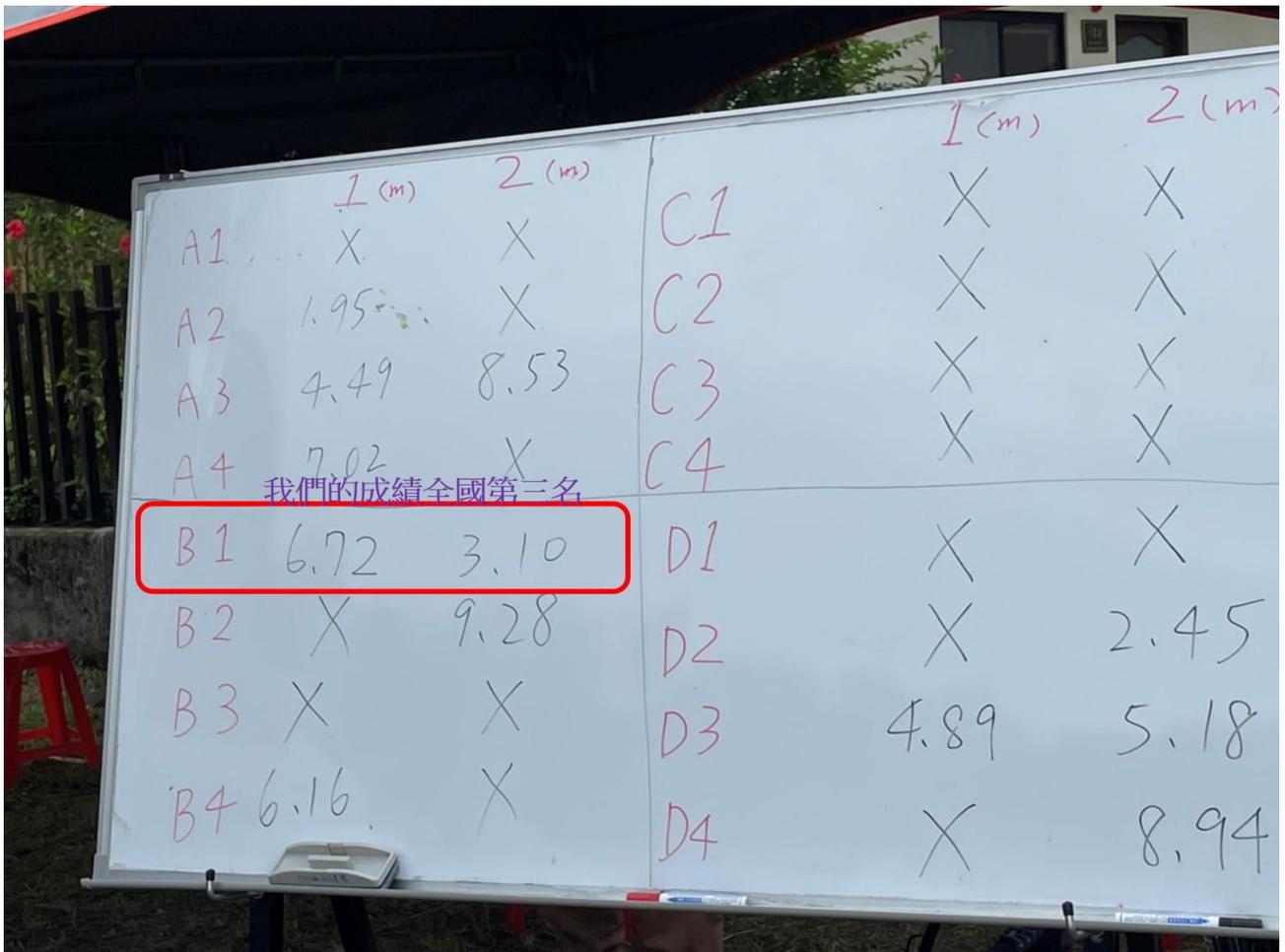


圖十一



圖十二

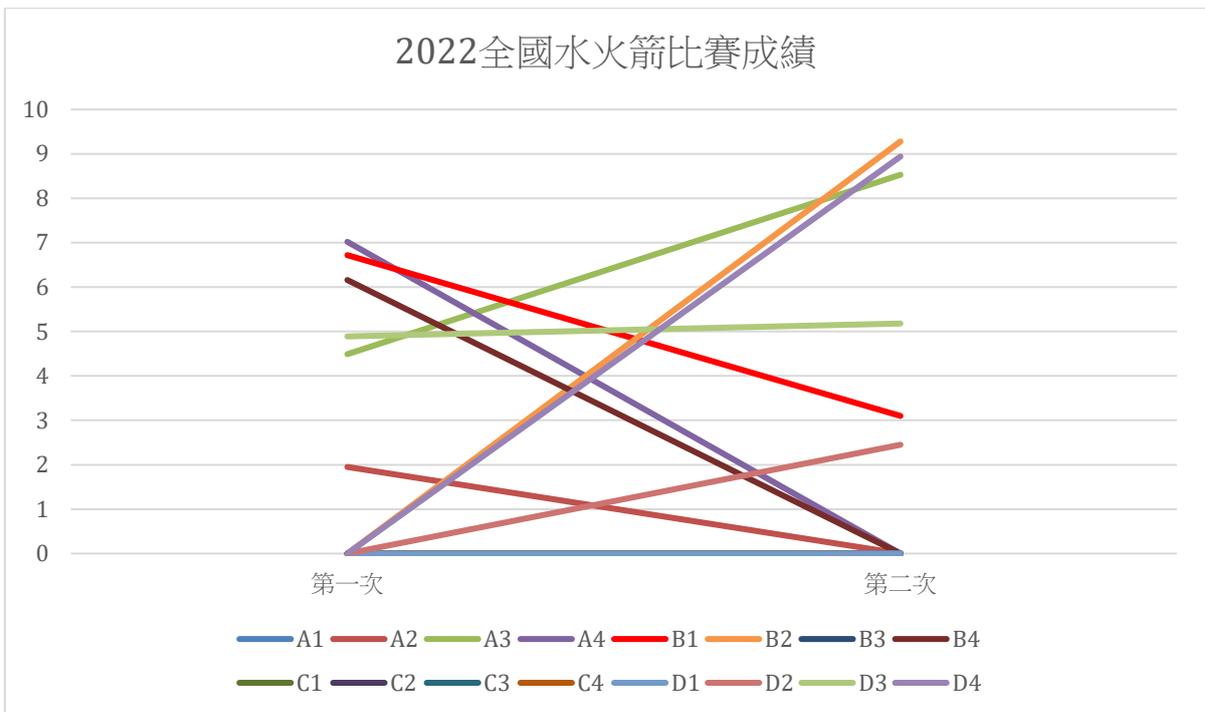
2022 全國水火箭正式比賽，全國北中南區 16 所高中、國中、國小混齡比賽，各校發射距離靶心成績如圖十三與表五，我們的隊伍代號為 B1，是唯一一隊採用三個寶特瓶製成總長 55cm 三節式水火箭，其餘 15 隊皆採用二個寶特瓶製造總長約 43cm 二節式水火箭，比賽成績分別為第一次正式發射 6.72M、第二次正式發射 3.10M，驗證了實驗一～實驗四的最佳數據。



圖十三：2022 全國水火箭比賽成績 (X:代表距靶心超出 10M 不量測)

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4
第一次	X	1.95	4.49	7.02	6.72	X	X	6.16	X	X	X	X	X	X	4.89	X
第二次	X	X	8.53	X	3.1	9.28	X	X	X	X	X	X	X	2.45	5.18	8.94

表五：2022 全國水火箭比賽成績 (X:代表距靶心超出 10M 不量測)



圖十四



圖十五：2022 全國水火箭第三名

由表五與圖十四中得知，我們在正式發射 2 次皆有進到銀區(距離靶心 5M-7M 間)與金區(距離靶心 5M 內)，在金區中距靶心的距離為 3.10M，排名全國第三，如圖十五。

陸、討論

討論一：

在製作水火箭時，要注意各節瓶身的固定有沒有成一條線及牢固，我們在好幾次的飛行中發現水火箭會亂飛，一開始都抓不到原因，後來發現在飛行的過程因不斷地撞擊地面，又因電控膠帶沒固定牢固導致瓶身出現了歪斜，再回過頭翻查文獻資料後，發現類似狀況，因整個風阻與氣流的改變，導致水火箭開始不如預期的飛行而亂飛。

討論二：

由多次飛行中發現，水火箭的尾翼在經過每一次的飛行著地撞擊後，一定會造成歪斜，如果尾翼歪斜了，整個飛行就會開始偏移，因此經過每次的飛行後，一定要檢查尾翼是否有歪斜，若有歪斜，就要再重做一個新的，不然會影響水火箭的飛行。

討論三：

水火箭尾翼的十字對齊，對水火箭的穩定飛行有關鍵性的影響，尤其在還沒有用雷切機設計十字治具前，水火箭的飛行常常存在不穩定的飛行狀態，我們當時就在猜測應該是尾翼的黏合沒有做到十字對齊，再和老師討論與檢測所做水火箭後，發現真的很大的可能性是尾翼沒有十字對齊，因此大家開始傷腦筋如何做到這一點，最後才想到利用雷切機做十字對齊治具套在水火箭內側尾端，再運用直角尺將尾翼黏貼線畫上，使得四片尾翼可以做到十字對齊，水火箭的 80M 飛行也越趨精準穩定。

柒、結論

- 一、1250cc 容量的水火箭，注入水量 400ml，飛行 80M 穩定度與準度最好。
- 二、以三個 1250cc 容量的汽水寶特瓶做成總長 55cm 的水火箭，飛行 80M 穩定度與準度最好。
- 三、採用四片 1mmPVC 梯形尾翼，飛行 80M 穩定度與準度最好。
- 四、使用十字治具與直角尺進行尾翼的十字黏合，飛行 80M 穩定度與準度最好。
- 五、在 2022 全國水火箭比賽中完成了所有實驗的實地驗證。

捌、參考文獻

一、水火箭。修平科技大學。取自

<http://ir.hust.edu.tw/bitstream/310993100/2892/1/%E5%85%A8%E6%96%87+.pdf>

二、蓄勢待發水火箭~探究水火箭的射程、偏離角度之影響因素。臺南市 106 年度國小學生獨立研究競賽作品。取自 <http://serc.tn.edu.tw/wp-content/uploads/2020/07/%E7%AC%AC%E4%B8%89%E5%90%8D-%E8%93%84%E5%8B%A2%E5%BE%85%E7%99%BC%E6%B0%B4%E7%81%AB%E7%AE%AD%E6%8E%A2%E7%A9%B6%E6%B0%B4%E7%81%AB%E7%AE%AD%E7%9A%84%E5%B0%84%E7%A8%8B%E3%80%81%E5%81%8F%E9%9B%A2%E8%A7%92%E5%BA%A6%E4%B9%8B%E5%BD%B1%E9%9F%BF%E5%9B%A0%E7%B4%A0.pdf>

三、你可以再瞄準一點—旋轉火箭。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會。取自

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-030105.pdf?983>

四、問題導向 PBL 單元教學學習單-水火箭。國立交通大學碩士論文。林詩華。取自

<https://ir.nctu.edu.tw/bitstream/11536/65090/8/350608.pdf>

五、強力水火箭—175 公尺的最佳紀錄。嘉義縣第 53 屆國民中小學科學展覽會作品說明書。

取自 https://science.cyc.edu.tw/upfile/science102/work_files/12550876932139.pdf