

臺北市第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

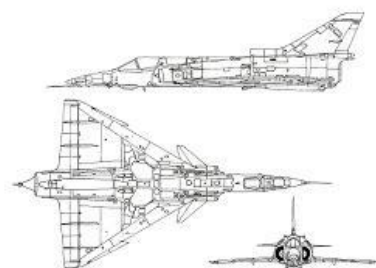
科 別：生活與應用科學

組 別：國小組

作品名稱：阿波羅計畫-水火箭

關鍵詞：機翼、飛行距離、偏離角度

編 號：



摘要

暑假時我參加了水火箭研習營，我學會了如何製造並發射出完成品。我發現：每次水火箭的飛行距離有遠有近，而且飛行方向時而向左時而向右，冷不防的還會轉圈圈呢！另外在飛行幾次後，泡棉質料的頭部毀損，讓我傷透腦筋，因此我決定找同學探究這些問題。

在蒐集資料的過程中，我們還參考戰鬥機不同的機翼形狀及位置對飛行效果的影響，最後發現，模擬戰機機翼的效果並沒有增加水火箭的飛行距離及穩定性，水火箭本身設計的機翼形狀及黏貼位置可達最佳的飛行效果，機翼前方加上類似幼獅戰機的小翼可以達到最佳的飛行效果。水火箭黏貼四翼水平翼後，在前方加四翼小翼可以達到最佳的飛行效果，最佳飛行距離為 6172 公分，平均為 5925 公分，平均偏離角度為 14 度。

壹、研究動機

五年級下學期在「力與運動」這個單元學習到：力的作用與物體運動快慢的關係。暑假時我參加了水火箭研習營，學習如何製造和發射自己的水火箭。水火箭的飛行本身就是一種作用力與反作用力的運動，而且水火箭在飛行途中會受到空氣的阻力，發射台是透過簡單機械原理達到發射水火箭的目的，在液壓系統中的一個活塞上施加一定的壓力，必將在另一個活塞上產生相同的壓力增量，所以將大量的空氣打進狹小的寶特瓶內，造成極大的壓力然後突然的釋放，會產生巨大推力從狹小的噴嘴口噴出然後將水火箭射向遠方。每次水火箭的飛行距離有遠有近，而且飛行方向不固定，最令我頭痛的是：在飛行幾次後，水火箭泡棉質料的頭部毀損，讓我傷透腦筋，因此我決定找同學一起探究這些問題。

貳、研究目的

- 一、 戰機機翼的型態、位置與飛行的關係
- 二、 水平翼的數量、位置對水火箭飛行距離的影響
- 三、 水平翼的數量、位置對水火箭的飛行穩定度的影響
- 四、 水火箭頭容易破裂，試試其他的設計改良

參、研究設備及器材

- 一、 1250c.c.寶特瓶 6 瓶
- 二、 捲尺
- 三、 電氣膠帶
- 四、 相機
- 五、 量角器
- 六、 熱熔槍及熱熔膠條
- 七、 泡棉板(厚度 0.5 公分)
- 八、 剪刀
- 九、 美工刀
- 十、 打氣筒(附壓力錶的)
- 十一、 水火箭發射器(網路購買)
- 十二、 水火箭噴嘴 5 個(網路購買)
- 十三、 水火箭頭(泡棉製成網路購買)
- 十四、 三角皮橡膠墊圈(特力屋購買)

十五、 氣泡布

十六、 棉線、線軸

肆、 研究過程或方法

《組合篇》

一、 水火箭製作

(一)發射架

完成品如下:



(註:過程請參閱附件一)

(二)水火箭的製作

完成品如下:



(註:過程請參閱附件二)

二、 戰機機翼的型態、位置與飛行的關係

(一) 戰機機翼觀察

戰機機身構造及功能不同無法比較，用水火箭來了解不同型態的機翼的飛行距離及穩定性。
決定以哪幾種戰機機翼作為測試。

(二)以水火箭為機身，測試不同戰機機翼的飛行效果

三、水平翼的位置與飛行效果的關係

(一)四翼

- 1、在厚度 0.5 公分的泡棉板上用原子筆畫出水平翼的形狀，然後用美工刀切割。
- 2、每一水平翼均為上底：4.5 公分、下底：7 公分、高：8.5 公分的梯形。
- 3、將 4 片水平翼用熱熔膠黏貼於水火箭本體的後端。
- 4、黏貼水平翼時要注意與瓶身的切面垂直，而且每一片的相隔距離要相等。

(二)八翼

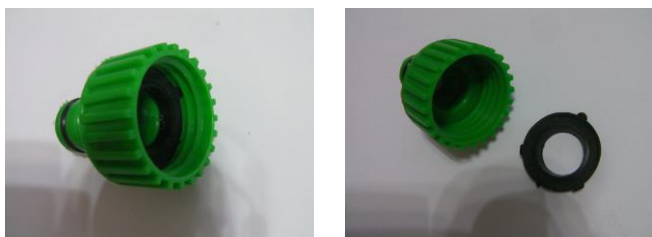
- 1、取相同大小的水平翼(上底：4.5 公分、下底：7 公分、高：8.5 公分的梯形)8 片。
- 2、將 8 片水平翼用熱熔膠黏貼於水火箭本體的後端。

(三)前水平翼

- 1、拿 0.5 公分厚的泡棉板，用原子筆畫好水平翼的形狀，再用美工刀裁切。
- 2、每一前水平翼均為長邊：8.5 公分、短邊：2.5 公分的直角三角形。
- 3、將 4 片或 8 片前水平翼用熱熔膠黏貼於水火箭本體的前半段，較接近火箭頭部的地方。

(四)水火箭噴嘴的改裝

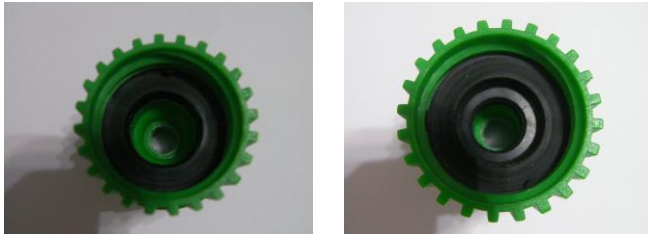
- 1、將原來嵌在噴嘴的墊圈取出。



- 2、放入三角皮橡膠墊圈，然後再將原來的墊圈放回。



3、由於三角皮橡膠墊圈的內徑比較小(直徑約 1 公分)，我們可以從實驗結果得知，縮小噴嘴的孔徑，會不會讓水火箭射得更遠。



(五)火箭頭部的加強

1、將氣泡布塞入圓錐形火箭頭裡面。



2、實驗時比較有塞氣泡布的火箭頭，與沒有塞氣泡布的火箭頭試射後的損壞程度。

(六)、偏離角度的測量

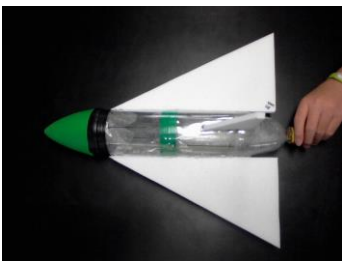
1、將量角器黏貼在厚紙板上，將棉線的一端黏貼於量角器的中心點，另一端綁上棉線的線軸當作重物，然後將角度線用原子筆再延伸畫出去，以便利測量。



《探究篇》

一、將水平翼改裝成現今戰鬥機的機翼，實驗是否影響飛行距離及偏離角度

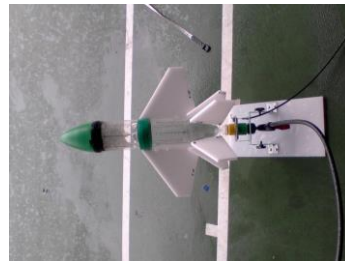
- (一)、從網路上分別找出幻象 2000、以色列幼獅、美國 F-35、F-18、B-1 轟炸機以及俄羅斯金雕 SU-47 戰機圖。
- (二)、依照比例及形狀將上述 6 款戰機的機翼，用 1 公分厚的保麗龍裁切好。
- (三)、分別裝上水火箭試射，記錄飛行距離及偏離角度。



(幻象-2000)



(幼獅)



(F-35)



(F-18)



(B-1)



(金雕 SU-47)

二、水平翼的數量是否會影響水火箭的飛行距離以及穩定度

(一)、四翼水平翼

1、水火箭後端裝上四個水平翼，裝入 170 c.c.水，打氣加壓至 60Psi。

2、以 45 度仰角試射 5 次，記錄距離以及發射後所偏離的角度。

(二)、八翼水平翼

1、水火箭後端裝上八個水平翼，裝入 170 c.c.水，打氣加壓至 60Psi。

2、以 45 度仰角試射 5 次，記錄距離以及發射後所偏離的角度。

三、水火箭體前半部加裝前水平翼，是否會影響水火箭的飛行距離以及穩定度

(一)、箭體前半部加裝前水平翼

1、水火箭體前半部加裝前水平翼，裝入 170 c.c.水，打氣加壓至 60Psi。

2、以 45 度仰角試射 5 次，記錄距離以及發射後所偏離的角度。

(二)、沒加裝前水平翼

1、裝入 170 c.c.水，打氣加壓至 60Psi，以 45 度仰角試射 5 次，記錄距離以及發射後所偏離的角度。

四、改裝水火箭噴嘴，是否會影響水火箭的飛行距離以及穩定度

(一)、噴嘴沒改裝

1、以 45 度仰角試射 5 次，記錄距離以及發射後所偏離的角度。

(二)、噴嘴改裝

1、以 45 度仰角試射 5 次，記錄距離以及發射後所偏離的角度。

五、水火箭圓錐頭內加裝氣泡布，是否會改善損壞狀況

(一)、圓錐頭內加裝氣泡布

1、將氣泡布塞入水火箭圓錐頭內。



2、以 45 度仰角試射 5 次，記錄距離、發射後所偏離的角度以及圓錐頭損壞情況。

(二)、圓錐頭內沒有氣泡布

1、以 45 度仰角試射 5 次，記錄距離、發射後所偏離的角度以及圓錐頭損壞情況。

伍、研究結果

《探究篇》

一、水平翼改成戰鬥機機翼形狀，試射後的情況

(註: 試射 5 次後除去最遠及最近的 2 組數據，然後平均)

幻象 2000

	飛行距離(cm)	偏離角度	備註
第 1 次試射	3743	偏 32	
第 2 次試射	3263	偏 19	
第 3 次試射	3077	偏 19	
第 4 次試射	3785	偏 8	
第 5 次試射	4031	偏 3	
平均飛行距離	3597		

幼獅

	飛行距離(cm)	偏離角度	備註
第 1 次試射	3572	偏 6	
第 2 次試射	3715	偏 12	
第 3 次試射	3377	偏 11	
第 4 次試射	3506	偏 10	
第 5 次試射	3662	偏 6	
平均飛行距離	3580		

F-35

	飛行距離(cm)	偏離角度	備註
第 1 次試射	3530	偏 11	

第 2 次試射	3512	偏 15	
第 3 次試射	3187	偏 12	
第 4 次試射	3142	偏 21	
第 5 次試射	3216	偏 20	
平均飛行距離	3305		

F-18 大黃蜂

	飛行距離(cm)	偏離角度	備註
第 1 次試射	2735	偏 16	
第 2 次試射	2303	偏 11	
第 3 次試射	2714	偏 10	左側翼、垂直翼斷裂
第 4 次試射	2986	偏 10	右側翼、尾翼斷裂
第 5 次試射	2873	偏 15	右尾翼斷裂
平均飛行距離	2774		

B-1 轟炸機

	飛行距離(cm)	偏離角度	備註
第 1 次試射	1956	偏 20	
第 2 次試射	2468	偏 19	
第 3 次試射	2580	偏 5	
第 4 次試射	2660	偏 12	
第 5 次試射	2153	偏 30	
平均飛行距離	2400		

金雕 Su-47

	飛行距離(cm)	偏離角度	備註
第 1 次試射	2104	偏 40	
第 2 次試射	3072	偏 31	
第 3 次試射	2658	偏 35	
第 4 次試射	745	偏 39	
第 5 次試射	1068	偏 40	
平均飛行距離	1943		

二、四翼水平翼

項目 次數	飛行距離(cm)	偏離角度(度)	備註
第 1 次試射	3560	向右偏 20°	
第 2 次試射	6650	向左偏 30°	
第 3 次試射	5500	向左偏 15°	
第 4 次試射	5250	向左偏 15°	
第 5 次試射	4985	向右偏 30°	
平均飛行距離	5245		

三、八翼水平翼

項目 次數	飛行距離(cm)	偏離角度(度)	備註
第 1 次試射	5790	向右偏 10°	
第 2 次試射	5560	0	
第 3 次試射	5750	向右偏 25°	
第 4 次試射	4316	0	
第 5 次試射	4280	向左偏 16°	
平均飛行距離	5209		

四、水火箭體前半部加裝前水平翼(四翼)

項目 次數	飛行距離(cm)	偏離角度(度)	備註
第 1 次試射	5900	0°	
第 2 次試射	4500	向右偏 20°	
第 3 次試射	5816	向右偏 10°	
第 4 次試射	5280	向右偏 20°	
第 5 次試射	5500	向右偏 20°	
平均飛行距離	5532		

五、沒有加裝前水平翼(四翼)

次數 \ 項目	飛行距離(cm)	偏離角度(度)	備註
第 1 次試射	4751	0°	
第 2 次試射	4133	向右偏 10°	
第 3 次試射	4751	向右偏 25°	
第 4 次試射	5106	0°	
第 5 次試射	4290	向右偏 20°	
平均飛行距離	4597		

六、四片水平翼且加裝前水平翼，沒有改裝噴嘴的情況

次數 \ 項目	飛行距離(cm)	偏離角度(度)	備註
第 1 次試射	4231	向右偏 30°	
第 2 次試射	4844	向左偏 10°	
第 3 次試射	5000	向左偏 50°	
第 4 次試射	4500	向左偏 10°	
第 5 次試射	4000	向左偏 10°	
平均飛行距離	4525		

七、四片水平翼且加裝前水平翼，改裝噴嘴的情況

次數 \ 項目	飛行距離(cm)	偏離角度(度)	備註
第 1 次試射	4795	向右偏 30°	
第 2 次試射	3199	向左偏 10°	
第 3 次試射	4544	向左偏 50°	
第 4 次試射	4212	向左偏 10°	
第 5 次試射	4312	向左偏 10°	
平均飛行距離	4356		

八、水火箭圓錐頭沒有加裝汽泡布(四翼水平翼加四翼前水平翼)

項目 次數	飛行距離(cm)	偏離角度(度)	頭部損壞情況	備註
第 1 次試射	4274	向右偏 10°	5%	
第 2 次試射	5790	0°	7%	
第 3 次試射	4593	向左偏 10°	11%	
第 4 次試射	4482	向右偏 20°	11%	
第 5 次試射	5178	向左偏 40°	11%	
平均飛行距離	4751		9%	

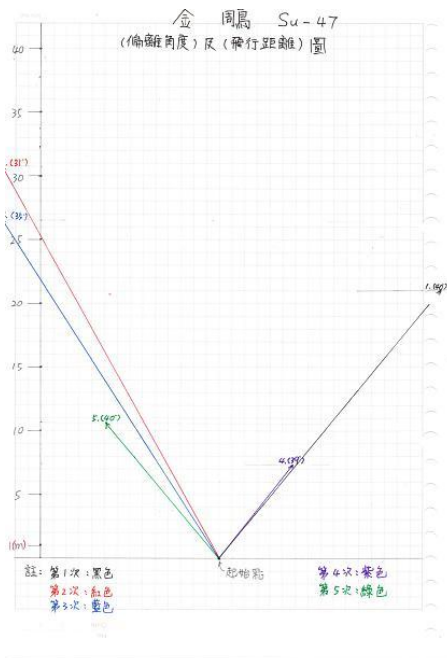
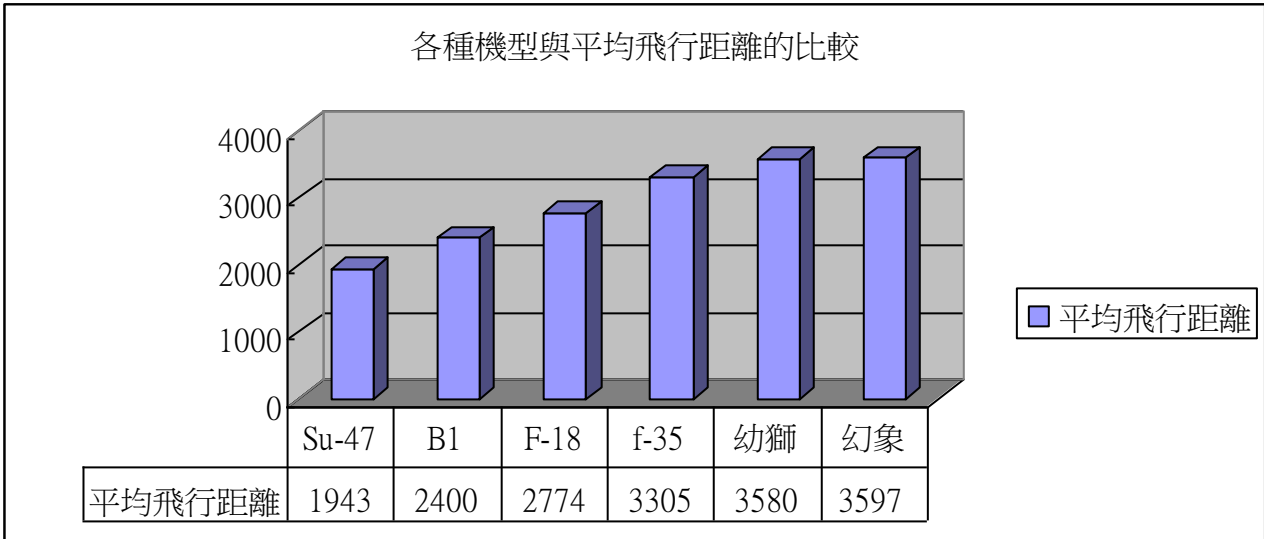
九、水火箭圓錐頭加裝汽泡布(四翼水平翼加四翼前水平翼)

項目 次數	飛行距離(cm)	偏離角度(度)	頭部損壞情況	備註
第 1 次試射	5607	向左偏 20°	0%	頭與火箭本體分離
第 2 次試射	6172	向左偏 30°	0%	
第 3 次試射	5909	向右偏 10°	0%	頭、氣泡布與火箭本體分離
第 4 次試射	5870	向右偏 20°	0%	
第 5 次試射	6065	向左偏 30°	0%	火箭後面 2 個水平翼掉落
平均飛行距離	5948		0%	

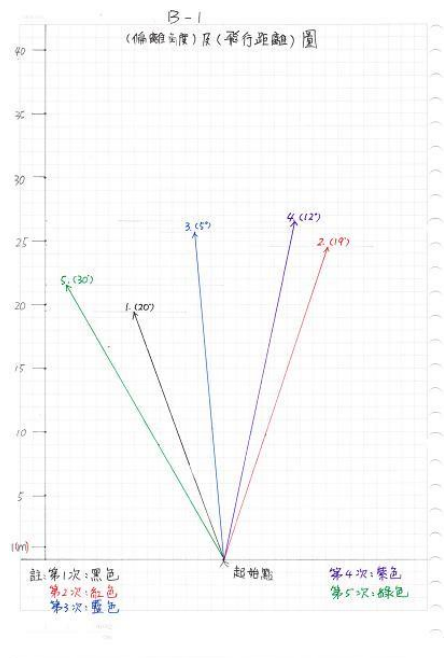
陸、討論

《探究篇》

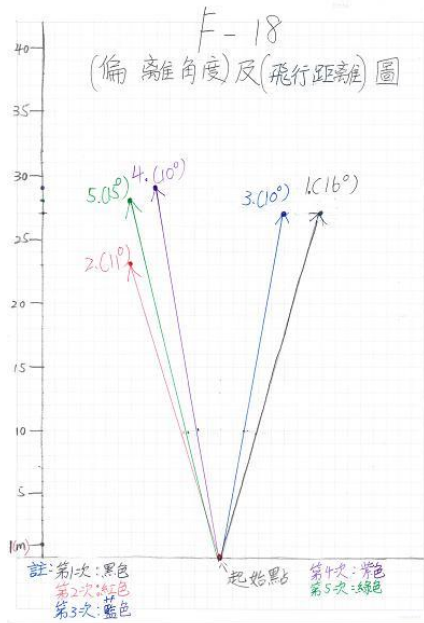
一、水平翼改成戰鬥機機翼形狀，平均飛行距離的比較表與偏離角度座標圖



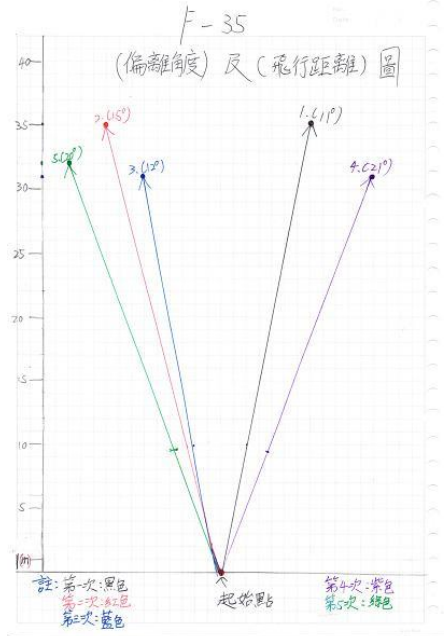
SU-47



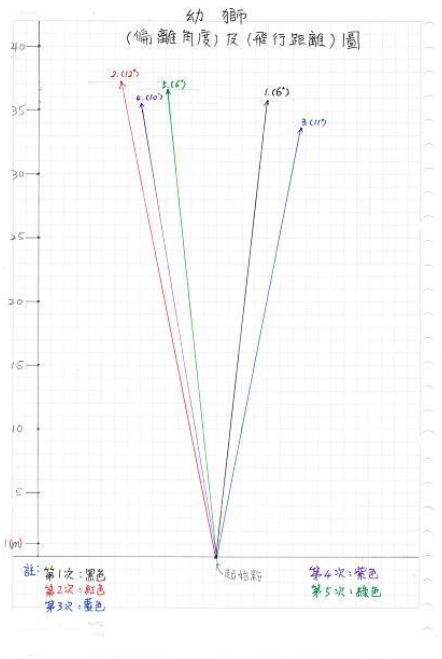
B-1



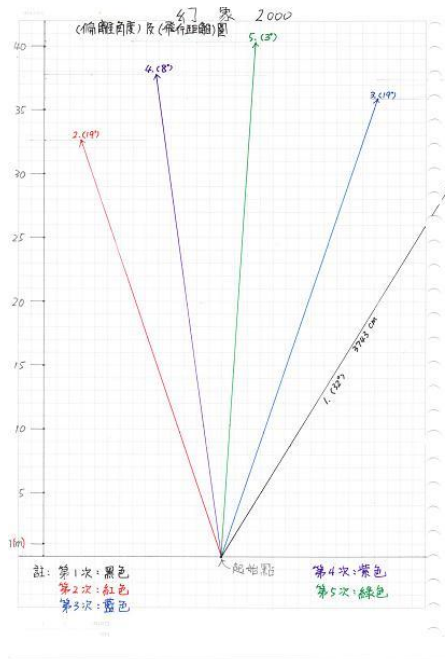
F-18



F-35



幼獅

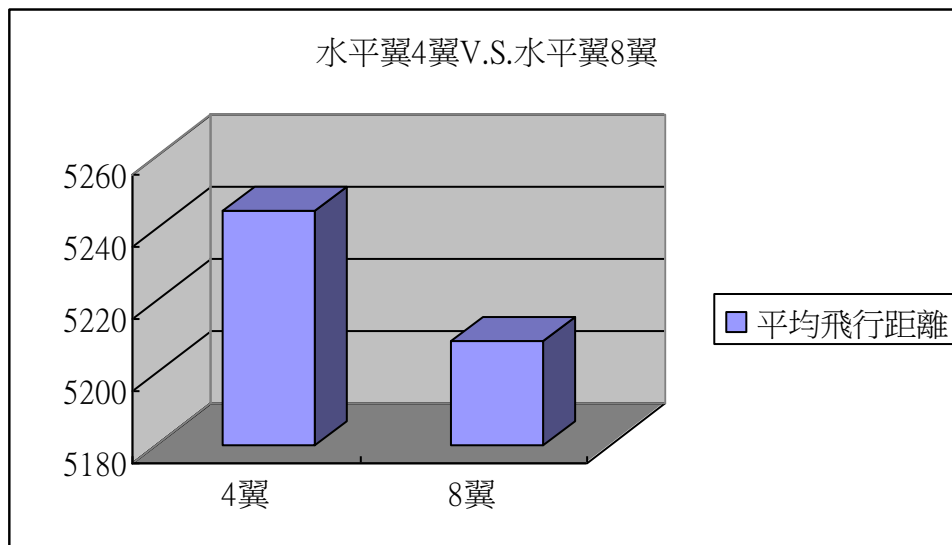


幻象 2000

二、水火箭裝四翼水平翼與裝八翼水平翼，以 45 度仰角試射 5 次後的飛行距離的比較

水火箭裝四翼水平翼與裝八翼水平翼 (公分)

水平翼數量	4 翼	8 翼
平均飛行距離	5245	5209

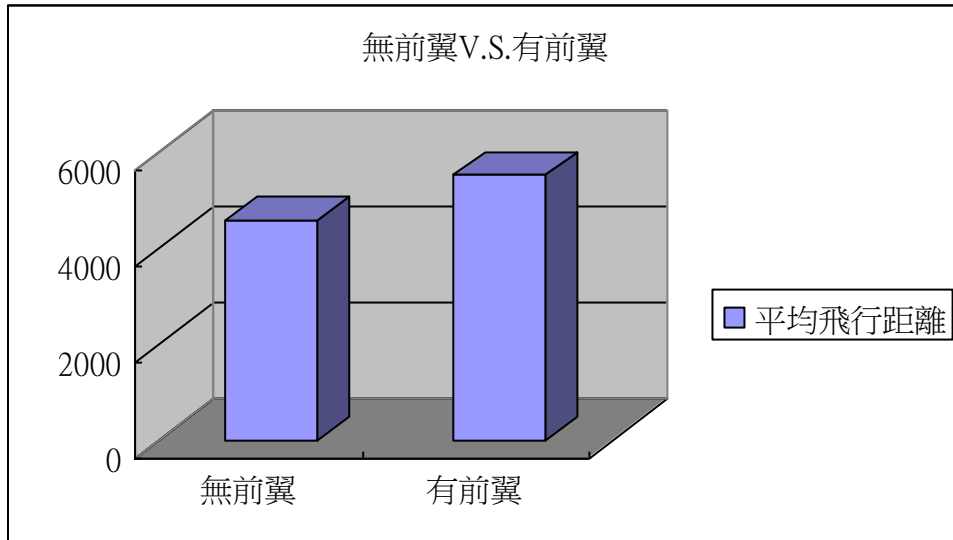


(註: 試射 5 次後除去最遠及最近的 2 組數據, 然後平均)

三、四翼水火箭前半部有加裝前水平翼與沒有加裝前水平翼，以 45 度仰角試射 5 次後的平均飛行距離的比較

有加裝前水平翼與沒有加裝前水平翼 (公分)

前水平翼有無	無前水平翼	有前水平翼
平均飛行距離	4597	5532

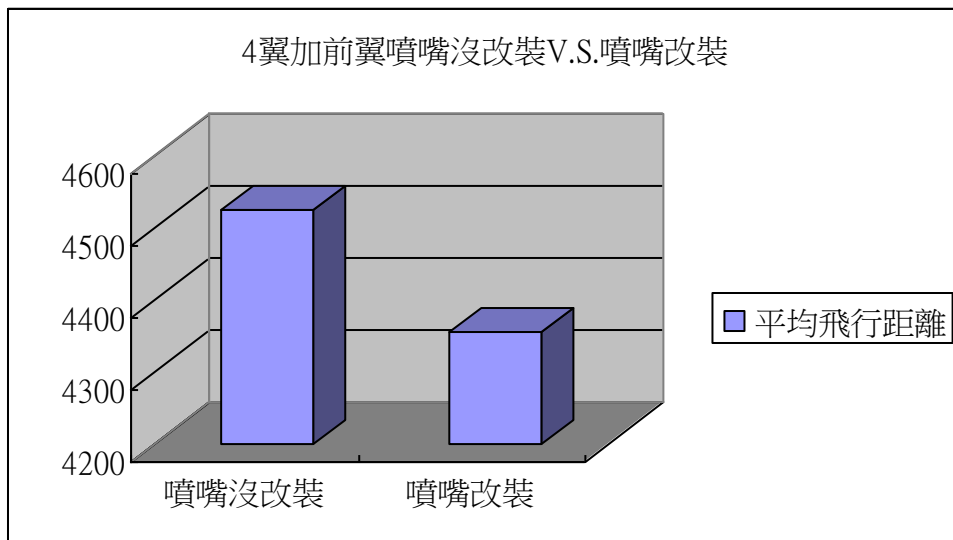


(註: 試射 5 次後除去最遠及最近的 2 組數據, 然後平均)

四、四片水平翼且加裝前水平翼, 沒有改裝噴嘴與改裝噴嘴, 以 45 度仰角試射 5 次後的平均飛行距離的比較

4 翼加前翼但噴嘴沒改裝 V.S. 4 翼加前翼噴嘴改裝 (公分)

噴嘴有無改裝	噴嘴沒改裝	噴嘴改裝
平均飛行距離	4525	4356



(註: 試射 5 次後除去最遠及最近的 2 組數據, 然後平均)

五、水火箭裝載戰鬥機形狀的機翼，與裝載水平翼偏離角度的比較

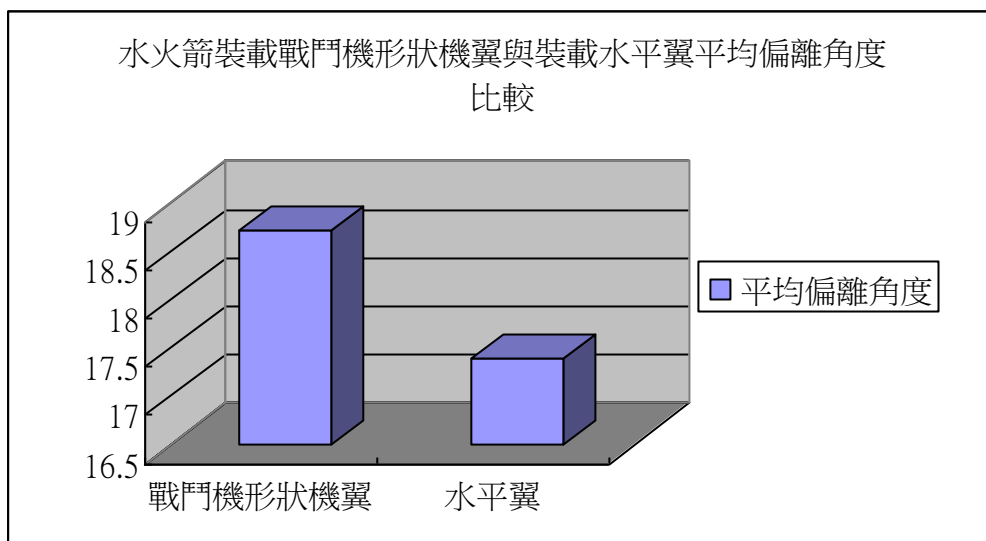
裝載戰鬥機形狀的機翼

機型	平均偏離角度(度)
F-18	13.67
F-35	15.67
幼獅	7.33
金雕 Su-47	38.33
幻象 2000	19.67
B-1	18.0
平均	18.78

裝載水平翼

(度)

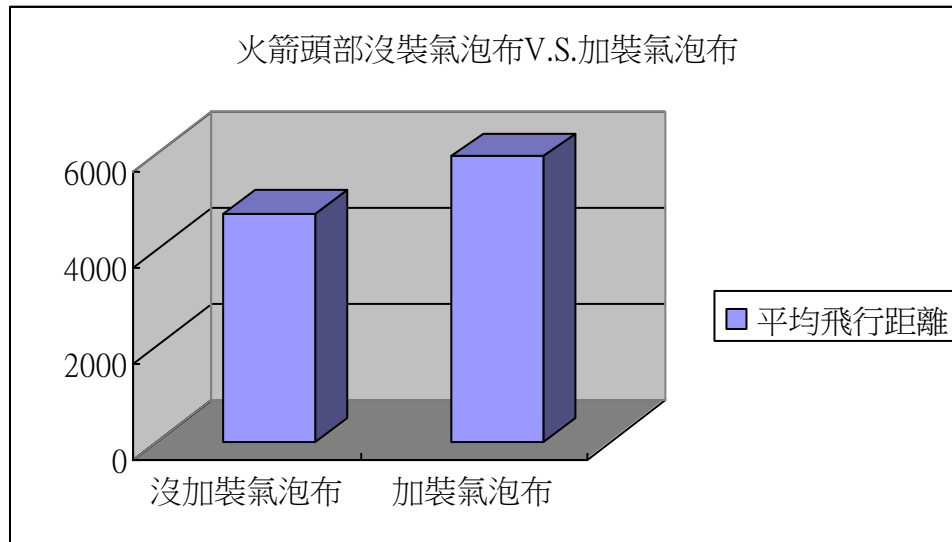
水平翼數量及其它改裝	平均偏離角度
4 翼水平翼	20
8 翼水平翼	8.33
4 翼沒裝前水平翼	15
4 翼有裝前水平翼	16.67
4 翼加前翼但噴嘴沒改裝的情況	16.67
4 翼加前翼且噴嘴有改裝的情況	23.33
水火箭頭部沒加裝氣泡布	23.33
水火箭頭部加裝氣泡布	20
平均	17.92



六、四翼水平翼加四翼前水平翼下，水火箭圓錐頭沒有加裝汽泡布，與有加裝汽泡布，以 45 度仰角試射 5 次後的平均飛行距離的比較

水火箭頭部沒加裝氣泡布 V.S. 加裝氣泡布 (公分)

氣泡布有無加裝	沒加裝氣泡布	加裝氣泡布
平均飛行距離	4751	5948



(註: 試射 5 次後除去最遠及最近的 2 組數據, 然後平均)

柒、結論

一、將水平翼改換成戰鬥機機翼，試射的結果可以發現，分別從金雕 SU-47 平均距離 1943 公分、B-1 轟炸機平均距離 2400 公分、F-18 平均距離 2774 公分、F-35 平均距離 3305 公分、幼獅戰鬥機平均距離為 3580 公分，進步到幻象 2000 的平均距離 3597 公分。偏離角度也從圖表中看得出來，SU-47 金雕戰機的機翼偏離角度從第 1 次試射到第 3 次分別在 40 度角及 35 度角中間徘徊，而且偏離角度不穩定，B-1 轟炸機的偏離角度也在 30 度及 5 度間遊走，同樣呈現不穩定的狀態，F-18 的偏離角度有進步一點，約在 16 度到 10 度間比 SU-47 及 B-1 穩定一點，F-35 同樣在 20 度與 12 度間，穩定度比 F-18 差一些，而幼獅也顯著的進步，約在 10 度與 6 度間，偏離角度也隨著試射次數的增加而

漸少，最後幻象 2000 的偏離角度從第一次的 32 度依次遞減為，第二次 19 度、第三次 8 度，偏離角度不但逐漸縮小而且飛行距離也逐漸增加。

二、實驗結果，裝有四翼水平翼的水火箭的平均飛行距離為 5245cm，而八翼的平均飛行距離為 5209cm，所以四翼水平翼的飛行距離較遠，雖然四翼的平均偏離角度為 20 度，比八翼的 8.33 度來的較大，但是我們選擇飛行距離較遠的四翼水平翼，來作為下一階段實驗的標準。

三、由上階段的實驗結果，我們用四翼的水火箭為藍本，探討加裝前水平翼與飛行距離的關係，實驗結果，沒加裝前水平翼的平均飛行距離為 4597cm，平均偏離角度為 15 度，加裝前水平翼的平均飛行距離為 5532cm，平均偏離角度為 16.67 度，可看出偏離角度比上一階段的實驗結果 20 度改善許多，所以前水平翼可以增加飛行的距離，也可以減少飛行偏離的角度。

四、加裝前水平翼的結果我們再往下探討，改裝水火箭噴嘴是否會影響飛行距離，實驗結果，四翼水平翼加裝前水平翼沒改裝噴嘴的平均飛行距離為 4525cm，平均偏離角度為 16.67 度，而改裝噴嘴(孔徑較小)的平均飛行距離為 4356cm，平均偏離角度為 23.33 度，所以噴嘴孔小的，飛行距離較短。

五、我們比較裝載戰鬥機形狀的機翼，與裝載水平翼時對偏離角度有無影響，實驗結果發現，裝載戰鬥機形狀的機翼平均偏離角度為 18.78 度，而裝載水平翼平均偏離角度為 17.92 度。

六、實驗過程中，泡棉製水火箭頭的毀損，一直是我們頭痛的因素，所以我們決定要好好的來整治一下，看看再圓錐形的火箭頭裡加裝汽泡布，會有何改善，實驗結果，頭部沒加裝汽泡布的平均飛行距離為 4751cm，平均偏離角度為 23.33 度，平均損壞情況為 11%，而加裝汽泡布的平均飛行距離為 5948cm，平均偏離角度為 20 度，平均損壞情況為 0%，但是在第三次試射的時候，頭與火箭本體脫離，而圓錐頭體並未損壞，所以塞氣泡部證明是一個非常有效的方法。

七、這次的實驗，由水平翼改換成戰鬥機機翼、水平翼數量的改變、增加前水平翼、水火箭噴嘴的改裝，一直到圓錐頭加裝氣泡布改善損壞的情況，我們漸進式的改進了飛行的距離，從幻象 2000 的平均飛行距離 3597cm 增加到以四翼水平翼加裝前水平翼的 5948cm，平均偏離的角度也減少到 17.92 度，火箭頭的平均損壞狀況也從 11%驟降到 0%，也許裝上戰鬥機形狀的機翼，因為機翼面積比較大增加了空氣阻力，飛行距離以及偏離角度都不比裝上水平翼來得好，所以實驗結果為，裝上前水平翼的水火箭飛行距離以及穩定度是比較好的。

捌、參考資料及其他

一、嘉義縣第 53 屆國民中小學科學展覽會物理科國中組；強力水火箭的最佳記錄；網址

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

二、維基百科；拉伐爾噴管；2014；網址

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%8B%89%E4%BC%90%E5%B0%94%E5%96%B7%E7%AE%A1>

三、維基百科；飛彈；2015；網址

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%A3%9B%E5%BD%88>

四、科技部高瞻自然科學教學資源教育平台；波以耳定律；網址

<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/>

五、維基百科；幼獅戰鬥機；2015 年 12 月 11 日；網址

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%B9%BC%E7%8B%AE%E6%88%98%E6%96%97%E6%9C%BA>

六、維基百科；幻象 2000；2016 年 1 月 18 日；網址

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%B9%BB%E5%BD%B12000%E6%88%98%E6%96%97%E6%9C%BA>

七、維基百科；SU-27；2015 年 12 月 7 日；網址

<https://zh.wikipedia.org/wiki/Su-47%E9%87%91%E9%9B%95%E5%BC%8F%E6%88%B0%E9%AC%A5%E6%A9%9F>

八、維基百科；F-18；2016 年 2 月 27 日；網址

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/F/A-18%E9%BB%83%E8%9C%82%E5%BC%8F%E6%88%B0%E9%AC%A5%E6%94%BB%E6%93%8A%E6%A9%9F>

九、維基百科；F-35；2016 年 3 月 2 日；網址

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/F-35%E9%96%83%E9%9B%BB%E6%88%B0%E9%AC%A5%E6%A9%9F>

1.將充氣嘴、充氣嘴墊圈與發射閥組合在一起



2.鎖上充氣嘴螺帽與發射閥螺帽



3.將組合好的發射閥與固定架組合



4.遙控線頭放入遙控手把扣住後，將遙控線固定螺絲鎖進手把內，再將其上支螺帽往手把的方向鎖緊。



5.發射閥控制片(較短的 L 型金屬片)的短邊，插入發射閥固定架後，往發射閥方向輕輕蓋上。將遙控線尾端穿入遙控線固定螺絲及發射閥控制片，然後將遙控線尾端固定螺絲穿入鎖緊。



6.將發射裝置與 L 形腳架組合，鎖上角度調整螺絲。



7.將整組發射器固定在白色塑膠底座上，大功告成。



1.準備 2 個 1250 c.c.的寶特瓶，取其中的一個將底部用美工刀切除



2.將切除底部的寶特瓶，與另一個寶特瓶連接在一起，用電氣膠帶黏起來



3.將泡棉製圓錐水火箭頭接在切除底部的寶特瓶那一端，並用電氣膠帶黏起來



4.距離水火箭底部噴嘴處，約 13 公分用熱熔膠黏上尾端水平翼，黏的時候要注意與瓶身垂直



4.分別製作尾端水平翼四翼與八翼的水火箭各一個



5.依照實驗順序，再分別加上前端水平翼

