

臺北市第 48 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：復仇者的秘密-遠遠飛機

關 鍵 詞：紙飛機、空氣動力

編 號：

臺北市第 48 屆中小學科學展覽會

作品說明書

作品名稱:復仇者號的秘密-遠遠飛機

摘要

紙飛機是小朋友愛玩的簡單童玩，不僅小朋友愛玩，連大人也著迷，甚至定期舉辦國際比賽，能夠飛行最久最遠的，還可列入金氏世界紀錄，可見除了好玩之外還有一定的道理在其中。我們這次的研究從探討紙飛機的彈射角度與飛行距離的關係開始，接著透過對完美紙飛機-復仇者號的構造(翼間小翼、重心、機翼大小、重量……)探討，了解到飛機構造上些微的改變，會影響其飛行距離的遠近與滯空時間的長短。最後的實驗結果顯示 A4、襟翼持平、120P、重心點不要改變、機身中心有 V 形凹槽、以平射的方式投射的紙飛機，最符合條件，而實驗證明，這架紙飛機的飛行距離最遠，平均飛行距離為 1934.4，最佳紀錄為 2364 cm。

壹、研究動機

三年級自然課介紹「空氣」這個單元時，是我們開始迷上玩紙飛機的時候。紙飛機是一項深受大家喜愛的童玩，看似簡單的紙飛機人人會摺，但是其中隱藏著很大的學問，世界上有許多研究團體，正在尋找飛得久又飛得遠的紙飛機，並且定期舉辦比賽切磋技術，讓飛行紀錄不斷突破，所以我們也想研究出一架飛得又久又遠的紙飛機，希望有一天也能夠參加世界大賽，甚至打破紀錄。

貳、研究目的

藉由試射紙飛機的結果，調整紙飛機的部分構造，希望能找出能飛得很遠的飛機。

參、研究設備及器材

- 一、A4/70P、80P、120P、150P 紙張
- 二、捲尺
- 三、碼錶
- 四、相機
- 五、尺
- 六、雙面膠
- 七、鍍磁鐵
- 八、膠帶
- 九、鋁箔紙
- 十、剪刀

肆、研究過程或方法

《嘗試篇》

一、紙飛機發射架

(一) 先將紙箱厚紙板裁切成 40x32 公分 1 塊、38.5x13 公分 3 塊。

(二) 將 3 塊 38.5x13 的厚紙板黏接成 U 字型當做發射架。

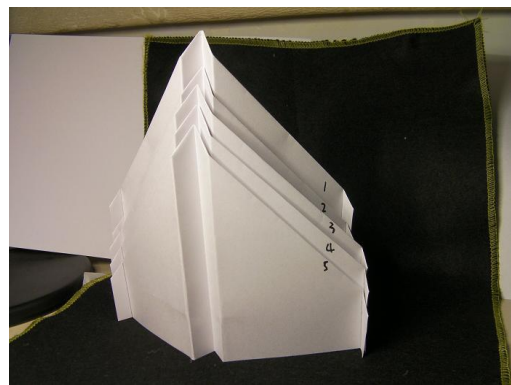
(三) 將裁切成 40x32 公分 1 塊的厚紙板當作發射台，以量角器分別量度 30、45 及 60 度角，然後將小木條黏貼於直立的紙板上作為發射台升降的軌道，完成發射架。



二、彈射角度實驗

(一) 依照圖示分別摺 5 架紙飛機，由於我們要研究機翼面積大小對飛行距離有沒有影響，所以在第三步驟的時候分別向下摺 1、2、3、4 及 5 公分。

(二) 依照機翼面積大小將紙飛機分別編號 1 至 5 號，1 號機翼面積寬度最寬，5 號機翼面積寬度最窄。

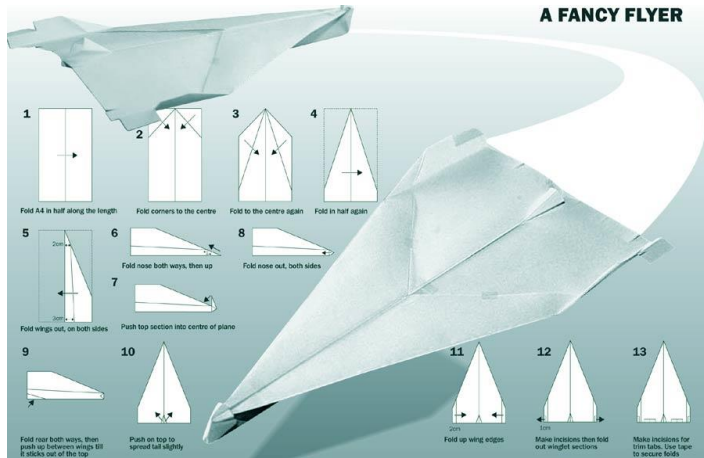


(三) 調整發射器角度為仰角 30°，距離地面 8.8 公分，是射 10 次，然後就實驗數據分析。

(四) 分別調整發射角度為仰角 45 度及 60 度各試射 10 次，然後與仰角 30 度所得數據作比較，探討發射器的角度會不會影響飛行距離。

《探究篇》

一、機翼造形實驗



(一) 摺出機翼造形寬窄不同的兩種飛機。

(二) 分別試射 10 次，觀察兩種不同機翼造形飛機的飛行狀態，並記錄其滯空時間及飛行距離再加以平均。

(三) 比較兩種不同機翼造形飛機滯空時間及飛行距離的差異。

二、最佳手執點實驗(以下皆以復仇者號為藍本修正)

(一) 將 A4 紙 120P 摺出的紙飛機，先測量出飛機的重心位置，然後作上記號。

(二) 標記出重心點往前 3 公分與往後 3 公分的位置。

(三) 以三個點為手執點，分別投射 10 次，觀察三種不同手執點位置的飛行情況，取較優的 5 次結果，記錄其飛行距離，再加以平均。



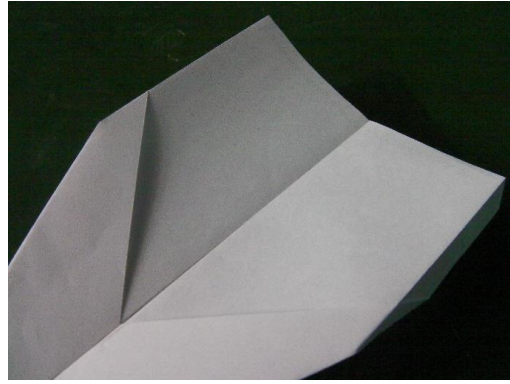
三、飛機投射角度實驗

(一) 取 A4、120P 摺出的紙飛機，分別以平射、45 度角、90 度角各投射 10 次後，取較優的五次結果，記錄其飛行距離，再加以平均。

(二) 比較三種不同角度投射的飛行距離差異。

四、機翼角度實驗

- (一) 摺出復仇者號飛機(至步驟 10) ，調整機翼角度約為 150 度、180 度、210 度。
- (二) 分別試射 10 次，觀察三種不同機翼角度飛機的飛行狀態，並記錄其飛行距離再加以平均。
- (三) 比較三種不同機翼角度機翼造形飛機飛行距離的差異。

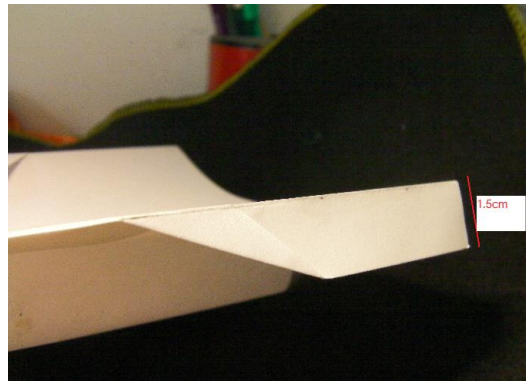


五、加上翼尖小翼實驗

- (一) 在機翼尾端摺出寬度 1cm 的翼尖小翼。
- (二) 將翼尖小翼朝上摺，分別試射 10 次，觀察兩種不同機翼飛機的飛行狀態，取較優的 5 次結果，記錄其飛行距離，再加以平均。
- (三) 將翼尖小翼朝下摺，分別試射 10 次，觀察兩種不同機翼飛機的飛行狀態，取較優的 5 次結果，記錄其飛行距離，再加以平均。
- (四)比較兩種不同機翼造形飛機飛行距離的差異。

六、翼尖小翼大小實驗

- (一) 在機翼尾端分別摺出寬度 0.5cm、1cm、1.5cm、2cm、2.5cm、3 cm 的翼尖小翼。
- (二) 將翼尖小翼朝下摺，分別試射 10 次，觀察五種不同機翼面積的飛行狀態，取較優的 5 次結果，記錄其飛行距離，再加以平均。
- (三) 比較六種不同翼尖小翼飛機飛行距離的差異。

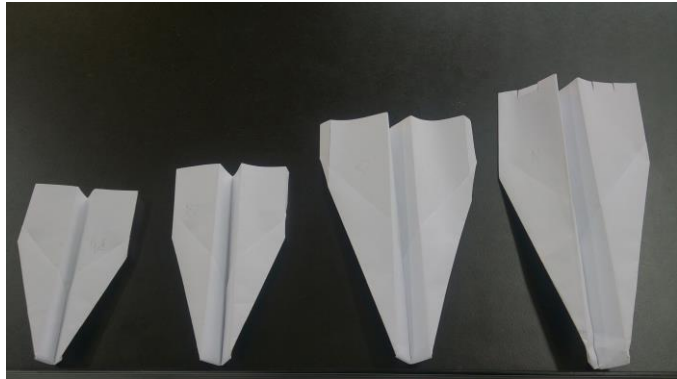


七、紙張重量實驗

- (一) 以 70P、80P、120P、150P 的 A4 紙，各摺 1 架紙飛機。
- (二) 分別投射 10 次後，取較優的 5 次結果，記錄其飛行距離，再加以平均。
- (三) 比較四種不同重量紙張所摺出的紙飛機，飛行距離的差異。

八、機翼面積大小實驗

- (一) 取 A4、B5、A5、B6 紙張，各摺 1 架紙飛機。
- (二) 分別投射 10 次後，記錄其飛行距離，取較優的五次結果，再加以平均。
- (三) 比較四種不同大小的紙飛機飛行距離的差異。



伍、研究結果

《嘗試篇》

表一：以 30 度仰角彈射的結果

編號 距離(cm)	1 號機	2 號機	3 號機	4 號機	5 號機
第 1 次飛行	270	234	164	147	144
第 2 次飛行	244	196	198	212	127
第 3 次飛行	477	184	180	153	95
第 4 次飛行	610	374	424	213	115
第 5 次飛行	612	305	354	156	100
第 6 次飛行	525	377	279	146	93
第 7 次飛行	575	395	240	195	90
第 8 次飛行	480	200	213	157	165
第 9 次飛行	500	384	203	177	92
第 10 次飛行	461	435	280	140	101
平均	475.4	308.4	253.5	169.6	112.2

表二：以 45 度仰角彈射的結果

距離(cm) \ 編號	1 號機	2 號機	3 號機	4 號機	5 號機
第 1 次飛行	594	484	284	222	204
第 2 次飛行	507	647	372	232	150
第 3 次飛行	545	513	310	178	154
第 4 次飛行	504	397	320	245	114
第 5 次飛行	665	410	283	203	102
第 6 次飛行	500	420	323	224	111
第 7 次飛行	548	396	437	159	226
第 8 次飛行	396	760	390	238	137
第 9 次飛行	445	352	493	192	142
第 10 次飛行	508	493	340	272	150
平均	521.2	487.2	355.2	216.5	149

表三：以 60 度仰角彈射的結果

編號 距離(cm)	1 號機	2 號機	3 號機	4 號機	5 號機
第 1 次飛行	207	301	428	240	134
第 2 次飛行	183	287	325	143	208
第 3 次飛行	508	377	264	146	165
第 4 次飛行	324	453	365	132	247
第 5 次飛行	451	300	389	195	174
第 6 次飛行	380	483	305	251	181
第 7 次飛行	492	439	292	171	187
第 8 次飛行	467	380	361	174	201
第 9 次飛行	266	387	294	157	130
第 10 次飛行	272	404	354	163	135
平均	355	381.1	337.7	177.2	176.2

《解密篇》

表四:機翼造形與飛行距離關係表

造形 次數	短身寬翼		長身窄翼	
	滯空時間(sec)	飛行距離(cm)	滯空時間(sec)	飛行距離(cm)
1	1.26	795	0.92	625
2	1.05	718	1.31	538
3	0.66	734	2.43	540
4	1.29	812	1.52	636
5	0.8	725	1.04	484
平均	1.01	756.80	1.44	564.60

表五:最佳手執點與飛行距離關係表

手執點 次數	重心點	前端	後端
	1	1505	1251
2	1448	1312	1102
3	1425	1235	986
4	1510	1187	1025
5	1480	1202	1104
平均	1473.60	1237.40	1055.00

表六:投射角度與飛行距離關係表

投射角度 次數	平射	45 度	90 度
1	1925	1518	1103
2	1950	1625	572
3	1765	1395	1159
4	1814	1311	1137
5	1635	1576	545
平均	1817.8	1485	903.2

表七: 機翼角度與飛行距離關係表

機翼角度 次數	150 度	180 度	210 度
1	1756	1687	1253
2	1815	1536	1188
3	1654	1643	1205
4	1723	1545	1352
5	1836	1576	1214
平均	1756.8	1597.4	1242.4

表八: 翼尖小翼方向與飛行距離關係表

小翼方向 次數	寬翼向上摺	寬翼向下摺	窄翼向上摺	窄翼向下摺
1	442	444	1244	1616
2	531	474	1464	1742
3	485	503	1392	1690
4	466	493	1456	1701
5	459	562	1503	1578
平均	476.60	495.20	1411.80	1665.40

表九: 翼尖小翼大小與飛行距離關係表

寬度(cm) 次數	0.5	1	1.5	2	2.5	3
1	996	1202	1458	1158	1080	1041
2	1095	1152	1352	1237	1023	915
3	1037	1203	1360	1109	1046	890
4	1012	1254	1398	1130	1030	998
5	1065	1310	1298	1105	1060	953
平均	1041.00	1224.20	1373.20	1147.80	1047.80	959.40

表十: 紙張重量大小與飛行距離關係表

重量(p) 次數	70	80	120	150
1	1366	1410	2145	1260
2	1230	1450	1765	1318
3	1245	1402	1685	1295
4	1223	1397	2089	1389
5	1209	1358	1900	1452
平均	1254.60	1403.40	1934.40	1342.80

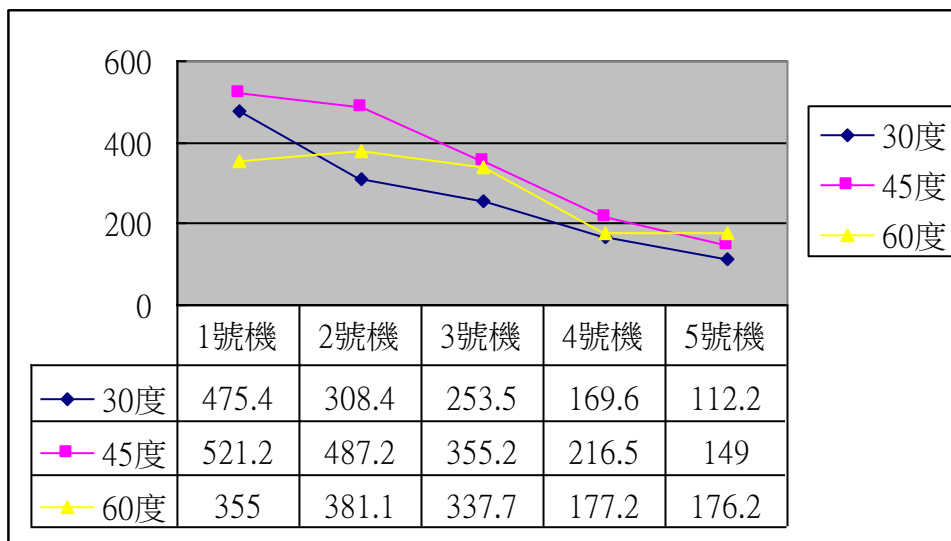
表十一：機翼面積大小與飛行距離關係表

面積 次數	A4	B5	A5	B6
1	1638	1226	1038	919
2	1445	1228	1103	809
3	1487	1249	1154	788
4	1400	1298	962	782
5	1484	1335	1003	826
平均	1490.8	1267.2	1052	824.8

陸、討論

《嘗試篇》

一、不同彈射角度與機翼面積大小對飛行距離的影響



(單位:公分)

- (一) 由以上實驗結果顯示，紙飛機以 45 度仰角彈射時，飛行的距離最遠。
- (二) 機翼面積愈大，所能得到的空氣浮力愈多，飛機飛行的距離也愈遠。
- (三) 利用橡皮筋彈射很多次後，機身經常受損，容易影響實驗結果，世界大賽採用以手投射，所以我們將以下的實驗改成以手投射。

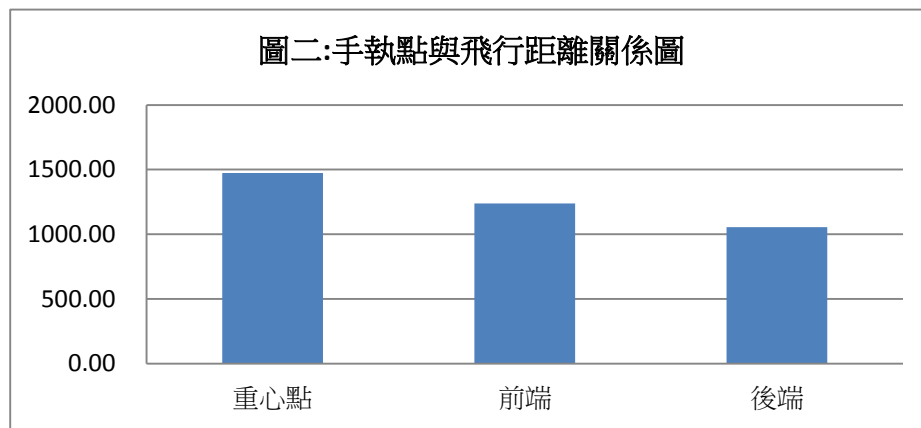
《探究篇》

在實驗的同時，我們發現了最強的紙飛機-復仇者號，希望藉由對復仇者號的探究，摺出飛行距離最長的飛機。

一、機翼造形

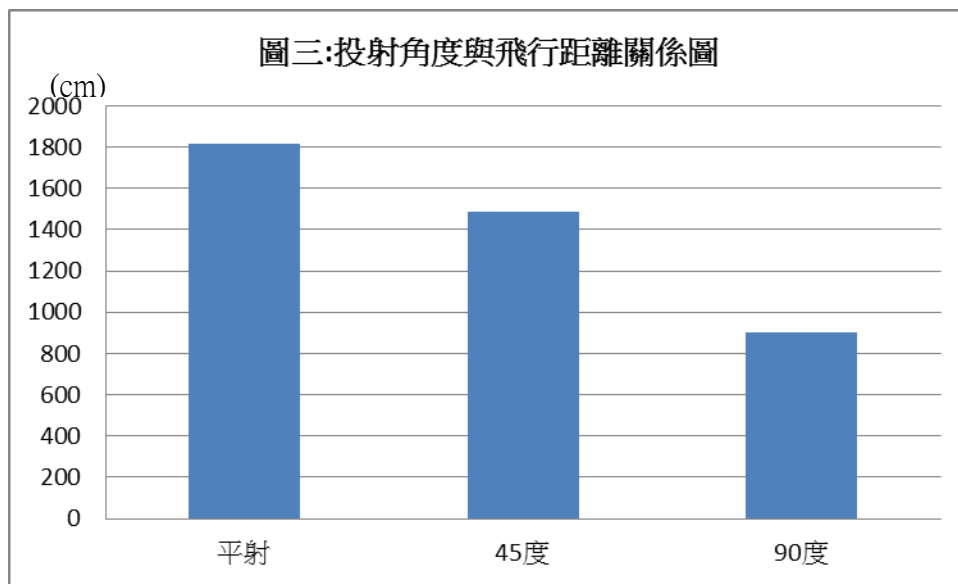
- (一) 不論短身寬翼或長身窄翼的陽春飛機，飛行時都會持續地旋轉。
- (二) 短身寬翼的飛行距離比長身窄翼來的長，但滯空時間卻較短。
- (三) 因為滯空時間的秒數較難掌握，不好控制，容易造成較大的測量誤差，所以以下的實驗聚焦於飛行距離的長短，。

二、最佳手執點實驗



(一) 試射飛機時，手指應輕輕拿在飛機的重心點，能射出比較長的飛行距離。

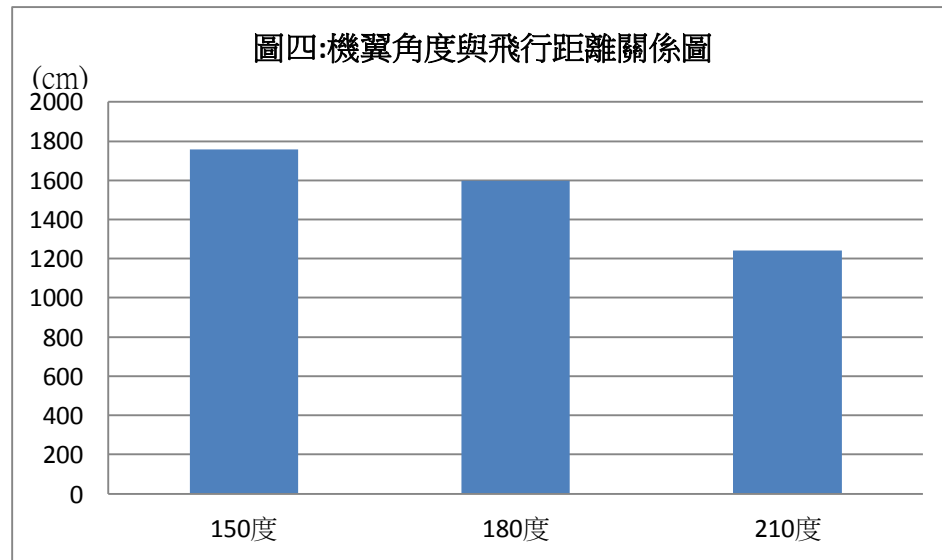
三、投射角度實驗



(一) 由《觀察篇》所得到的結果我們知道，紙飛機經由橡皮筋彈射的距離有限，且容易因彈射而變形，界大賽也採取手射，所以改用手來投射。

(二) 由圖九可知飛機平射的時候，平均飛行距離較 45 度以及 90 度都要來的遠，所以我們採用平射的方式，來進行飛機重量對飛行距離的影響。

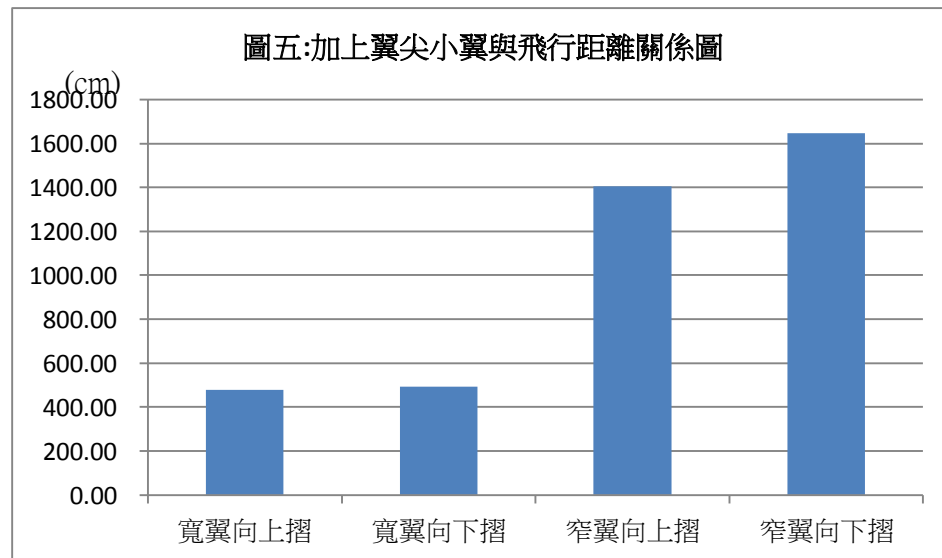
四、機翼角度實驗



(一) 左右機翼呈 150 度~180 度時，飛行距離較長。

(二) 左右機翼角度超過 180 度飛行距離較短。

五、加上翼尖小翼實驗

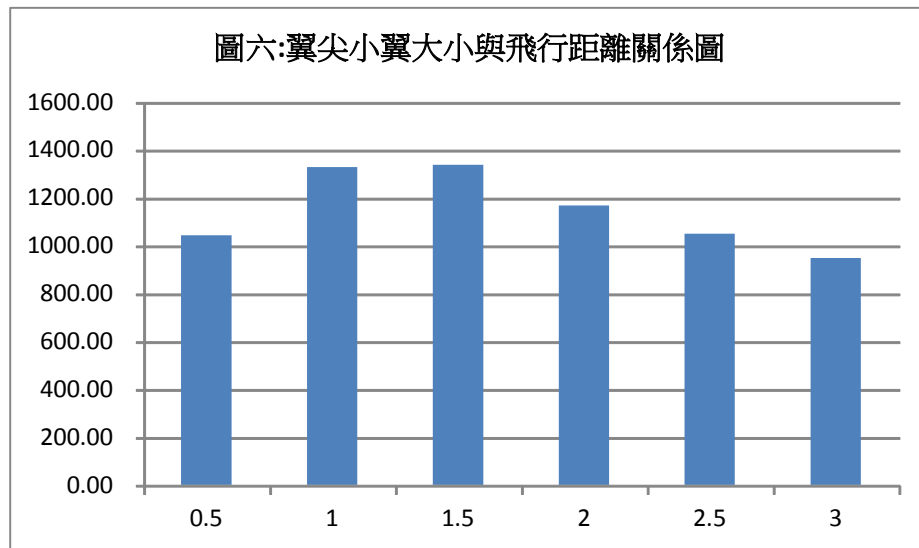


(一) 為了減少操作誤差，所以我們取較佳的五次實驗結果加以平均。

(二) 加上翼尖小翼後，短身寬翼飛行時，較為平穩，機身不易旋轉，飛行距離（軌跡）增加，但容易轉彎，不易測量距離;長身窄翼飛行時，機身平穩，飛行距離明顯增加。

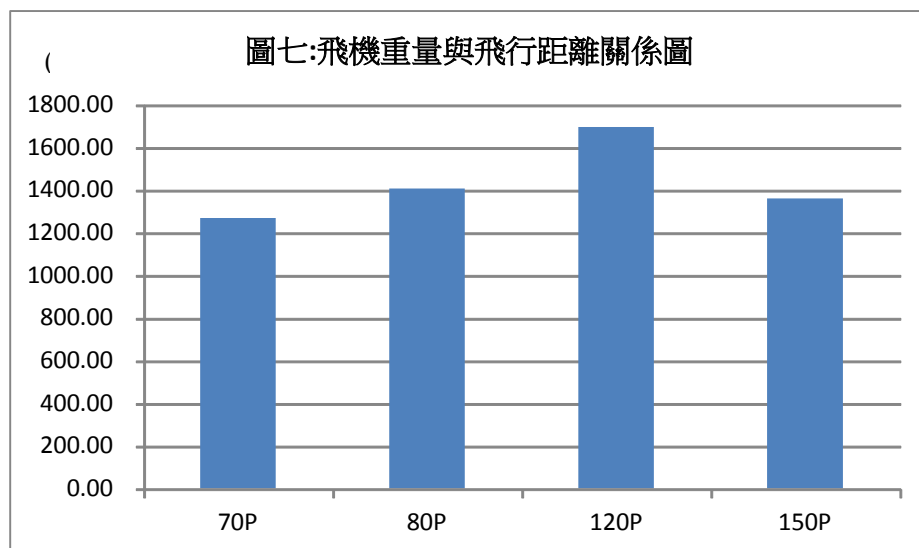
(三) 翼尖小翼不論向上摺或向下摺可以穩定氣流，都能達到機身平穩的效果。

六、翼尖小翼大小實驗



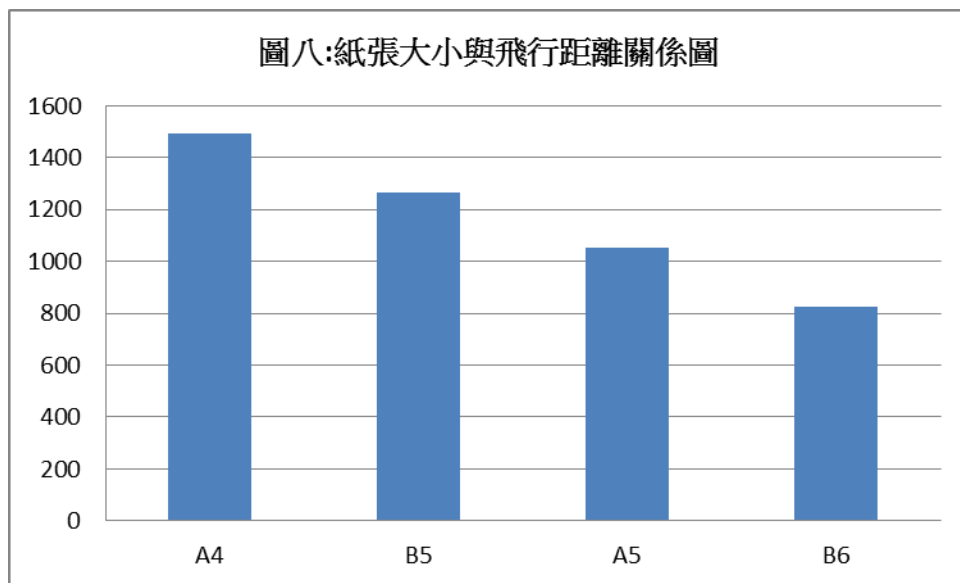
(一) 由圖四資料可以明顯看出，翼尖小翼大小 1cm 與 1.5cm 的平均飛行距離較遠分別為 1328cm 及 1337.67cm，翼尖小翼大小 3cm 的平均飛行距離最短為 948.67cm，主要是因為在飛行時容易轉彎，所以不容易依照其飛行的軌跡測得實際飛行距離，反觀翼尖小翼大小 1cm 與 1.5cm 的紙飛機，飛行較平穩且比較不會轉彎，因此測得的距離較遠，可見翼尖小翼必須保持在一定的範圍內才能有效的穩定氣流。

七、飛機重量實驗



(一) 由圖七發現，120P 的平均飛行距離最遠（1695cm），70P 的平均飛行距離最少（1215.67cm）。

八、紙張大小實驗



(一) 由圖十可知，在平射的情況下，120P 所得到的平均飛行距離最遠。紙張過輕，機翼較易波動而失去穩定性；紙張過重，會抵銷空氣的浮力，紙飛機較快墜地。

(二) 由以上我們知道，飛機投射的角度會影響飛行距離，復仇者號以平射的姿勢投射的距離最遠；以 A4 大小的紙張所摺成的復仇者號紙飛機，120P 飛得最遠。

(三) 數據顯示，A4 紙張所摺紙飛機的平均飛行距離為 1490.8cm、B5 為 1267.2cm、A5 為 1052cm、B6 為 824.8cm。

(四) 平均飛行距離由遠到近依次為 A4、B5、A5 及 B6，所以 A4 大小紙張所摺的紙飛機飛的最遠。

(五) 紙張愈大，機翼面積也大，得到的空氣浮力較多，因此飛行距離較遠。

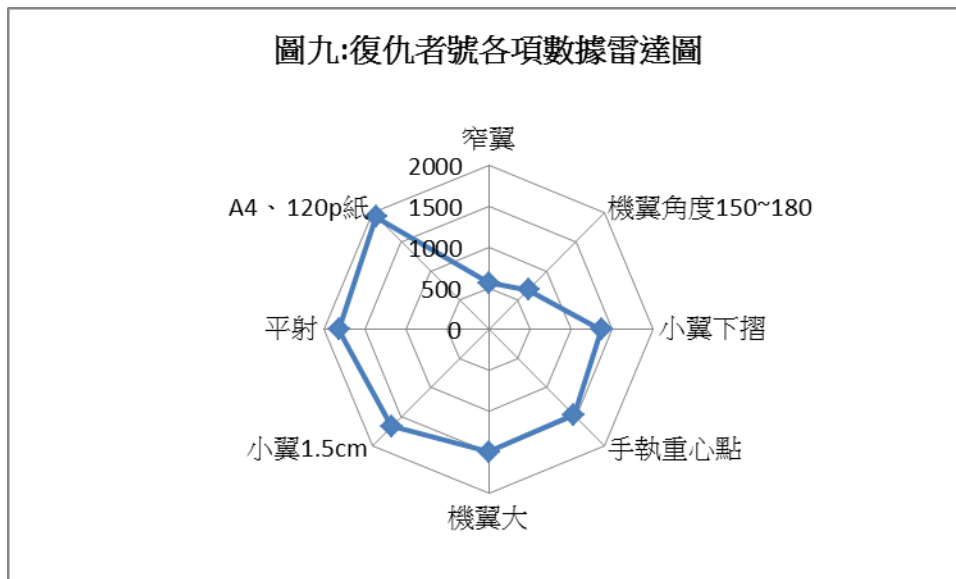
柒、結論

《嘗試篇》

- 一、以橡皮筋彈射紙飛機，45 度仰角彈射時飛行的距離最遠。雖然能控制力的大小，彈射很多次後，機身經常受損，容易影響實驗結果，世界大賽採用以手投射，所以我們將以下的實驗改成以手投射。

《探究篇》

- 二、復仇者號雖然和金氏世界紀錄 27.6 秒、63 公尺(分別記錄)有一段距離，但曾在 2014 年同時創下滯空 20 秒、飛行 30 公尺的紀錄，能飛得久又遠。這次的實驗，最遠的距離超過 21 公尺，可見還有很多進步的空間可以繼續努力。



- 三、這次實驗最後符合最佳紙飛機的條件為：A4、120P、平射、小翼 1.5cm、機翼大、手執重心點、左右機翼呈 150°~180°時，這架紙飛機的飛行距離最遠，平均飛行距離為 1934.4cm，最遠距離為 2145cm。

捌、參考資料及其他

- 一、卓志賢；紙飛機工廠；初版；台北市；聯經出版社；2003.
- 二、維基百科；翼尖小翼；2011 年；網址

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BF%BC%E5%B0%96%E5%B0%8F%E7%BF%BC>