



嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書

屆 別：65

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：神奇的仿生蝙蝠紙飛機——探究影響翅膀拍動的關鍵因素

關 鍵 詞：仿生 紙飛機 氣流

編 號：A119



嘉義縣第 65 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書（封面）

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：神奇的仿生蝙蝠紙飛機—探究影響翅膀拍動的
的關鍵因素

關鍵詞：仿生、紙飛機、氣流（最多三個）

編號：

摘要：

這系列實驗探討了蝙蝠紙飛機在不同紙材、尺寸、造型、重心、機翼反覆摺次數、機翼夾角、機翼尾上摺與飛行場地等條件下的飛行表現。結果顯示：A480P影印紙、適中重心（約0.3-0.4）飛行最穩。機翼反覆摺疊20次上翅膀拍動較佳，蝙蝠紙飛機的機翼拍動，是因氣流造成壓力差與機翼彈性交互作用的結果。機翼尾無摺表現優於有摺，室內距離較遠，室外滯空較長，但室外受空氣氣流影響產生許多不可測的邊變因。本研究強調適當紙材、設計平衡、機翼彈性與空氣流動對紙飛機機翼拍動有密切的關係，為蝙蝠紙飛機設計與觀察提供實證基礎。

壹、研究動機：

去年我們班在上國語課時，老師介紹萊特兄弟以鍥而不捨的精神發明全世界第一架滑翔機。後來老師在班上舉辦紙飛機飛翔比賽，大家都興奮地摺好後比賽看誰飛得比較遠。接著老師播放了一段蝙蝠造型紙飛機的影片，讓我驚訝的是，它的翅膀竟然會隨風拍動！我迫不及待地照著摺了一架，可是當我拋出去時，翅膀卻沒有拍動，這激起我的好奇心。到底是摺法不同，還是丟擲飛機方式不一樣？這個問題讓我想研究看看，究竟要怎麼做才能讓它翅膀拍動？於是我決定與班上幾位同學一起研究蝙蝠紙飛機的原理，找出影響翅膀擺動的關鍵，並試著做出真正會拍動的蝙蝠紙飛機！

貳、研究目的：

- 一、 探討不同紙張材質對紙飛機飛行表現的影響。
- 二、 分析不同紙飛機造型對飛行表現的影響。
- 三、 測試不同紙飛機造型在不同風速下受到的影響。
- 四、 研究機翼夾角對紙飛機升力的影響。
- 五、 探討影響蝙蝠造型紙飛機翅膀拍動的因素。

參、研究設備及器材：

- 一、**紙張類**：影印紙（80PA4 紙）、專用紙（如卡紙、描圖紙）、牛皮紙其他可測試的紙張（如彩虹紙、紅紙）
- 二、**測量工具**：電子式測距輪（測量飛行距離）、秒錶（測量滯空時間）、風速計（測量風速）、方眼紙、風洞
- 三、**實驗記錄工具**：筆記本或表格（記錄飛行結果）、相機或手機（拍攝飛行過程，分析飛行軌跡）
- 四、**輔助工具**：量角器（測量機翼夾角）、迴紋針（調整紙飛機重心）

肆、研究過程或方法：

實驗一、探討不同紙張材質對紙飛機飛行表現的影響

步驟：

- (一) 選擇六種不同材質的紙張：影印紙、紙飛機專用紙、牛皮紙、描圖紙、彩虹紙、紅紙。
- (二) 使用相同的標準紙飛機摺法，為每種材質摺 3 架 紙飛機，以確保測試公平。
- (三) 準備捲尺、秒表、測試記錄表。

實驗二、分析不同紙飛機造型對飛行表現的影響

步驟：

- (一) 準備相同材質的紙（如影印紙），折疊不同造型的紙飛機（標準飛機、燕型、鳥型、蝙蝠造型）。
- (二) 在相同條件下投擲，每種造型測試至少 3 次。
- (三) 測量滯空時間和飛行距離，記錄結果並比較各造型的飛行表現。

實驗三、測試不同紙飛機造型在不同風速下的飛行表現（風洞實驗）

步驟：

- (一) 準備材料：風洞、電子秤、不同造型紙飛機（標準飛機、燕型、鳥型、蝙蝠造型）。
- (二) 設置風洞：將紙飛機固定在電子秤上，調整風速至低速、中速、高速。
- (三) 測試升力：開啟風洞，記錄不同風速下電子秤的重量變化，計算升力大小。
- (四) 數據分析：比較不同紙飛機造型在不同風速下的升力與飛行表現，找出最佳設計。



照肆-三自製風洞

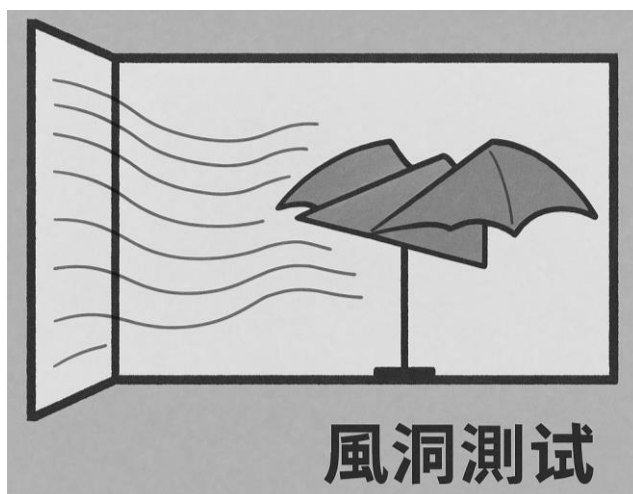
實驗四、研究機翼夾角對紙飛機升力的影響（風洞實驗）

實驗步驟：

- （一）準備材料：風洞、電子秤、不同機翼夾角（ 180° 、 150° 、 210° ）的紙飛機。
- （二）設置風洞：將紙飛機固定在電子秤上，確保能測量升力變化。
- （三）測試升力：開啟風洞，在相同風速下測量不同夾角紙飛機的重量變化，計算升力。
- （四）數據分析：比較不同機翼夾角的升力與飛行表現，找出最佳機翼角度。



圖肆-四-1 紙飛機放在電子秤上示意圖



圖肆-四-2 紙飛機放在風洞中測試示意圖

實驗五、探討影響蝙蝠造型紙飛機翅膀拍動的因素

實驗步驟：

- （一）準備不同變因的蝙蝠造型紙飛機：
 1. 紙張大小（A4、B5、A3）。
 2. 反覆摺機翼次數（0次、10次、20次、30次）。
 3. 重心位置在機身的（0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8。）
- （二）投擲測試：
 1. 以相同力度投擲，記錄滯空時間、飛行距離。

2. 觀察翅膀拍動次數與幅度（可錄影分析）。

(三) 數據分析：

1. 比較不同變因對拍動與飛行表現的影響。
2. 找出最有利於翅膀拍動且飛行穩定的設計。

伍、研究結果

一、 探討不同紙張材質對紙飛機飛行表現的影響。

材質	滯空時間 (s)	飛行距離 (m)	柔軟度	重量(G)	厚度(CM)	描述
影印紙	2.796	8.08	0.68	5.086	0.01	擺動次數多且幅度大
紙飛機專用紙	3.164	5.32	0.5	3.46	0.01	擺動幅度小
牛皮紙	2.218	5.688	0.75	5.1	0.015	有擺動
描圖紙	1.838	4.56	0.82	5.74	0.01	擺動次數少且小
彩虹紙	1.962	2.334	0.748	5.01	0.012	不易擺動且容易頭墜地
紅紙	1.714	5.06	0.918	5.01	0.01	翅膀擺動幅度最大且較多

二、 分析不同紙飛機造型對飛行表現的影響。

測試次數	蝙蝠造型 滯空時間 (s)	蝙蝠造型 飛行距離 (m)	標準飛機 滯空時間 (s)	標準飛機 飛行距離 (m)	燕型 滯空時間 (s)	燕型 飛行距離 (m)	鳥形 滯空時間 (s)	鳥形 飛行距離 (m)
1	1.77	4.4	5.5	6.2	1.14	2.5	1.56	2.1
2	0.88	4.5	2.03	7.6	1.09	3.5	1.22	2.8
3	1.69	5.3	2.4	10.2	0.78	3.2	0.78	0.7
4	0.78	4.4	2.86	12	1.06	3.9	1.44	4
5	1.13	3.5	3.47	12.3	1.25	7.2	1.12	2.4
平均	1.25	4.42	3.252	9.66	1.064	4.06	1.224	2.4

二-(一)不同造型紙飛機的飛行表現比較表

飛機造型	機身長 度 (cm)	機翼長 度 (cm)	表面積 (平方公 分)	平均飛 行距離 (m)	平均 滯空 時間 (秒)	飛行穩定性 (高、中、低)
蝙蝠造型	11	10.5	162.25	4.42	1.25	翅膀會隨著氣流而拍動 越飛越低
標準飛機 造型	19.5	6	141.5	9.66	3.252	穩定性最高 直線飛到 最高點在慢慢下降
燕型造型	10.5	21.7	300.25	4.06	1.064	會轉彎 尾巴會影響穩 定性
鳥型造型	12	28.5	505.5	2.4	1.224	飛行會慢慢滑翔

三、測試不同紙飛機造型在不同風速下受到的影響。

表三-一不同造型紙飛機在不同風速下重量統計表

飛機種類	原重量	弱風 1m/s	中風 1.4m/s	強風 1.8m/s
標準機	5.19	5.15	5.17	5.99
蝙蝠機	5.18	5.21	5.31	5.63
燕子機	5.98	6.3	6.54	6.81
鳥型機	5.99	5.72	5.66	5.48

表三-二不同造型紙飛機在不同風速下重量減輕比較表

飛機種類	原重量	弱風 1m/s	中風 1.4m/s	強風 1.8m/s
標準機	5.19	-0.04	0.02	0.82
蝙蝠機	5.18	0.03	0.1	0.32
燕子機	5.98	0.32	0.24	0.27
鳥型機	5.99	-0.27	-0.06	-0.18

四、研究機翼夾角對紙飛機升力的影響。

表四-一不同機翼夾角在不同風速下的重量統計表

機翼夾角	180 度	150 度	210 度
0	4.8	4.11	4.2
弱風	4.21	4.65	4.15
中風	5.54	5.27	4.01
強風	5.8	5.74	3.99

表四-二不同機翼夾角在不同風速下的重量減輕比較表

機翼夾角	180 度	150 度	210 度
0	4.8	4.11	4.2
弱風	-0.59	0.54	-0.05
中風	1.33	0.62	-0.14
強風	0.26	0.47	-0.02

五、探討影響蝙蝠造型紙飛機翅膀拍動的因素

(一)重心對蝙蝠紙飛機飛行的影響

表五-1 重心位置對蝙蝠紙飛機飛行統計表

中心位置	翅膀拍攝 (次)	飛行距離 (m)	滯空時間 (s)
0.2	0.5	2.3	0.4
0.3	1.8	7.2	1.6
0.4	3.5	7.9	1.9
0.5	2	6.5	1
0.6	2	5.8	1.2
0.7	1.4	5	1
0.8	0.8	4.2	0.8
0.9	0.3	3.5	0.6

(二)紙張大小對蝙蝠紙飛機飛行的影響

表五-二紙張大小對蝙蝠紙飛機飛行統計表

變因	翅膀拍動 (次)	飛行距離 (m)	滯空時間 (s)	頻率
A3	0.2	5.16	1.332	0.1502
A4	0.4	3.56	1.716	0.2331
B5	0	1.32	0.948	0

(三)機翼反覆摺得次數對翅膀拍動的影響

表五-三機翼反覆摺得次數對翅膀拍動次數統計表

變因	翅膀拍動 (次)	飛行距離 (m)	滯空時間 (s)	頻率
摺 0 次	0.4	3.56	1.716	0.2331
摺 10 次	1.2	4.54	1.472	0.8152
摺 20 次	2.2	4.1	2.334	0.9426
摺 30 次	1.6	5.6	2.0975	0.7628

(四) 室內室外和機翼尾有無上摺對翅膀拍動的影響

表五-四-1 在室內和機翼尾有無上摺對翅膀拍動次數統計表

機翼尾有摺	次數	秒	距離
1	5	2.19	6.6
2	6	1.91	6.2
3	6	2.22	5.1
4	7	1.81	6.8
5	8	2.5	8
6	7	2	1.6
7	9	1.96	6.1
8	7	2	6.3
9	7	2.47	6.8
10	8	2.12	6.2
平均	7	2.118	5.07

機翼尾無摺	次數	秒	距離
1	2	2.97	10.9
2	4	2.82	7.7
3	4	2.75	10.8
4	3	2.63	9.7
5	4	2.43	11
6	4	2.88	10.2
7	3	2.75	10.9
8	2	2.56	11.2
9	5	1.97	8.7
10	5	2.65	9.5
平均	3.6	2.641	10.06

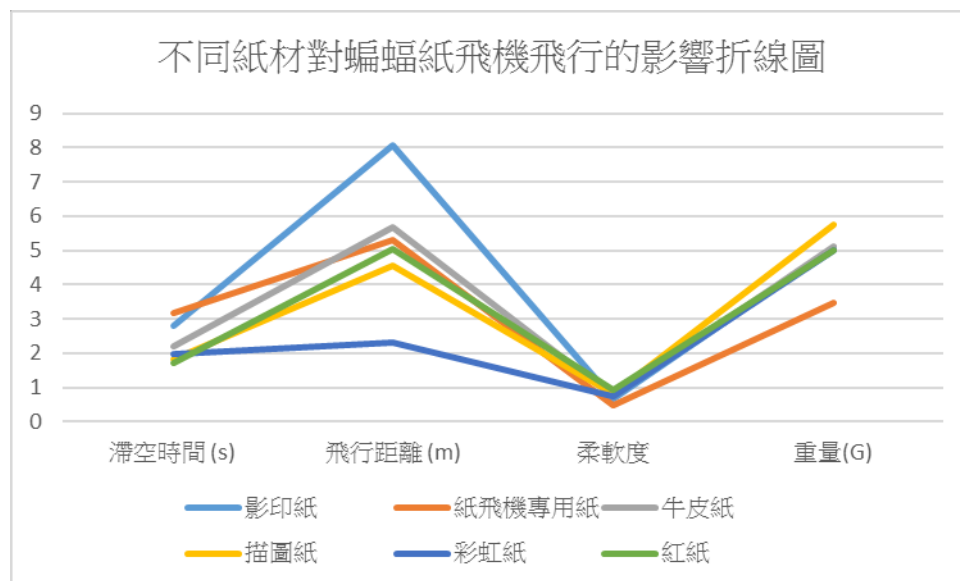
表五-四-2 在室外和機翼尾有無上摺對翅膀拍動次數統計表

機翼尾有摺	次數	秒	距離
1	8	2.69	6.7
2	5	1.47	5.1
3	5	1.91	5.2
4	5	2.22	2.8
5	7	1.87	1.6
6	5	2.6	2.3
7	8	2.6	2
8	5	1.85	3.1
9	6	3.19	4.3
10	6	1.97	4.3
平均	6	2.237	3.74

機翼尾無摺	次數	秒	距離
1	3	2.8	8.5
2	3	3.44	12.8
3	2	2.7	8.3
4	3	2.78	7.8
5	5	3.57	8.6
6	5	2.37	6.8
7	4	4.03	14.3
8	5	2.87	9.4
9	4	3.72	7.9
10	5	4.97	7.5

陸、討論

一、探討不同紙張材質對紙飛機飛行表現的影響。



(一) 滞空時間分析

1. 紙飛機專用紙滞空最長 → 重量輕、柔軟度適中 (0.5)，可穩定滑翔。
2. 影印紙也有不錯的滞空，雖較重，但剛性高、穩定性佳。
3. 紅紙、描圖紙、彩虹紙滞空短 → 柔軟度高或太重，可能容易變形，導致飛行不穩。

(二) 飛行距離分析

1. 影印紙飛最遠 (8.08m) → 質量適中、剛性夠，利於穩定直線飛行。
2. 彩虹紙飛得最短 → 雖不特別重，但可能剛性不夠，空氣中容易抖動。
3. 紅紙、描圖紙距離也較短，原因可能是柔軟度過高，導致空氣中不穩定。

(三) 柔軟度與飛行表現關係

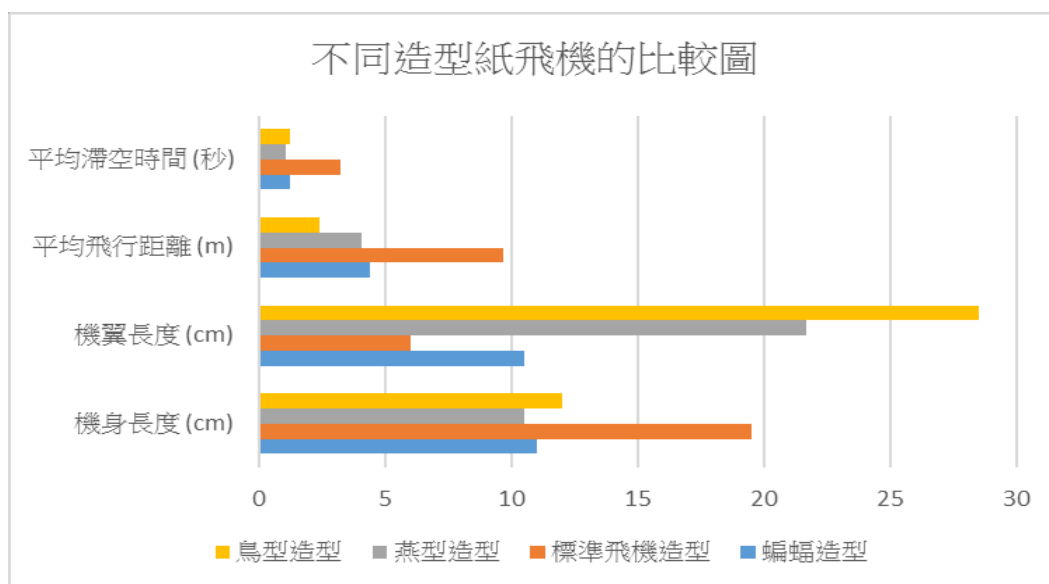
1. 柔軟度 太高 (>0.8) 的材質：如紅紙、描圖紙 → 容易變形 → 飛行不穩。
2. 柔軟度 中等 (約 0.5~0.7) 的材質：如影印紙、飛機專用紙 → 穩定飛行與滑翔。
3. 柔軟度太低也可能造成飛機過硬，難以產生足夠升力或滞空。

(四) 重量與飛行影響

1. 最輕的是紙飛機專用紙 (3.46g)，容易產生升力 → 滞空時間長。
2. 最重的是描圖紙 (5.74g) → 滞空時間最短，可能因重量使其快速下墜。

(五)小結：本實驗顯示，不同紙材會明顯影響紙飛機的滯空時間與飛行距離。滯空表現最佳的是「紙飛機專用紙」，其重量輕、柔軟度適中，適合長時間滑翔。而「影印紙」則因結構穩定，在飛行距離方面表現最佳。

二、分析不同紙飛機造型對飛行表現的影響。



(一) 標準飛機造型表現最佳：

飛行距離最遠 (9.66m)、滯空時間也最長 (3.252s)，說明其設計在空氣中最穩定。雖然表面積最小 (141.5 cm²)，但機身較長 (19.5cm)，可增加穩定性與慣性，利於直線穩定飛行。

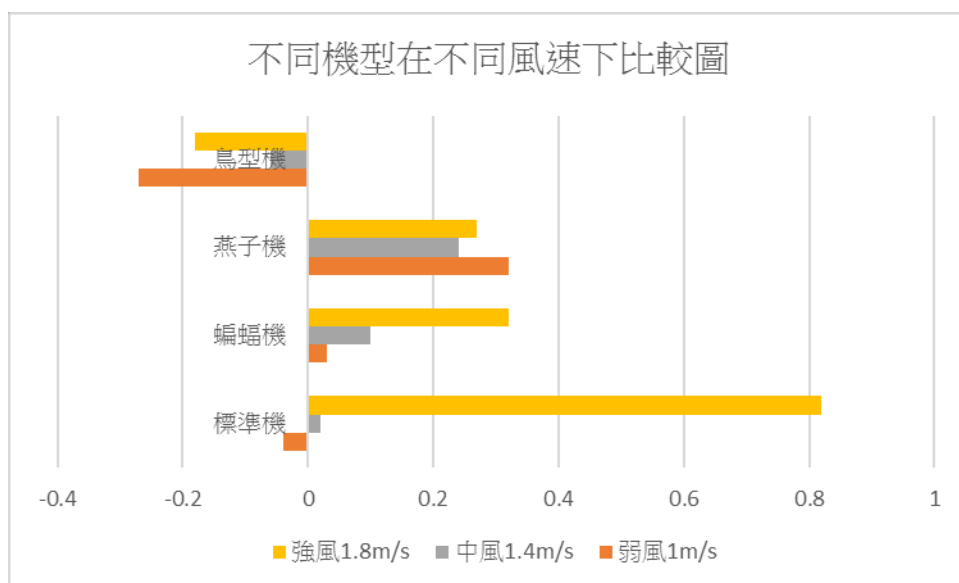
(二) 鳥型與燕型造型：表面積大 (特別是鳥型高達 505.5 cm²)，但反而飛得最短 (鳥型僅 2.4m)，表示雖然可能有較多升力，但因為機身短、翅膀太寬，會造成不穩定或空氣阻力大。

(三) 蝙蝠造型：翅膀會拍動，造成空氣中「擾動」，雖然有一定的距離，但穩定性最低，越飛越低，滯空也只有 1.25s。

(四) 小結：

從本實驗可發現，紙飛機的飛行表現不完全取決於翼面大小。雖然鳥型與燕型造型的表面積最大，但因結構不穩或空氣阻力過大，實際飛行表現不如表面積較小但穩定性高的標準造型。標準造型的長機身與適中機翼比例，讓它在穩定性、距離與滯空時間上皆表現最佳。而蝙蝠造型因翅膀拍動不穩，飛行時容易失速下降。整體來說，飛機的設計平衡性與穩定性才是影響飛行效果的關鍵因素。

三、測試不同紙飛機造型在不同風速下受到的影響。



(一) 標準機

1. 弱風和中風的重量變化很小（略低於原始重量），到強風時突然變重。
2. 解釋：可能因為強風使標準機機翼或機身受到更多空氣阻力，導致風壓讓它往下壓，看起來「變重」。

(二) 蝙蝠機

1. 重量隨風速增加而增加。
2. 解釋：這種機型可能有柔軟或可動的翅膀設計，在風中擺動產生下壓力，使測得重量變大。

(三) 燕子機

1. 重量持續上升。
2. 解釋：機翼可能呈現弧形，風速愈大愈會形成升力向下推擠，也可能是風使其擺動加劇，造成壓力集中。

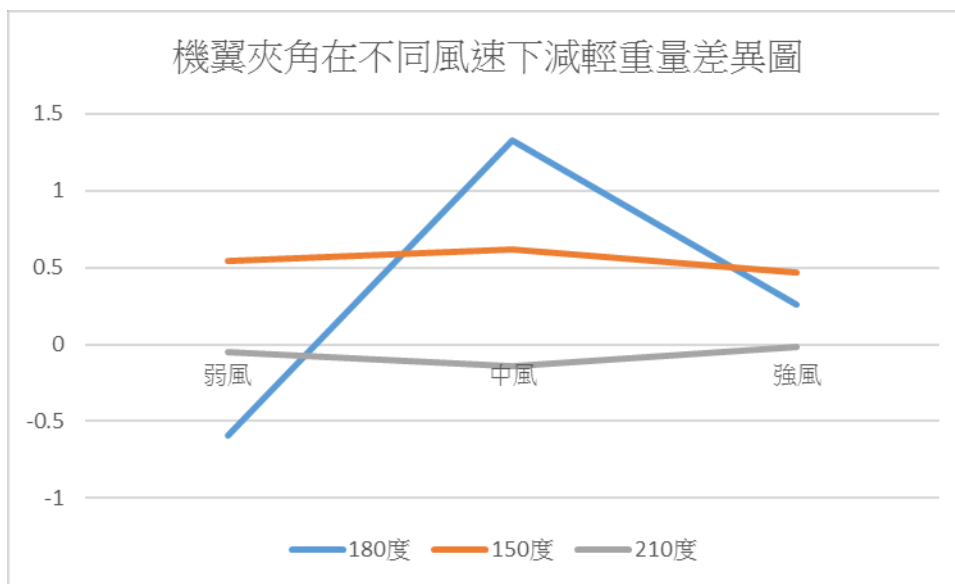
(四) 鳥型機

1. 和其他相反，風愈大重量愈輕。
2. 解釋：這台可能有「升力」設計，風一吹就像真鳥一樣被抬起來，所以測得重量變小。

(五)小結:

風速增加應使升力增加，導致飛機在風洞中量測到的重量減少。鳥型機數據與此一致，顯示其設計能有效產生升力。而其他機型（如蝙蝠機、燕子機）則呈現重量上升趨勢，推測可能與結構擺動或翅膀受風下壓造成的額外壓力有關，並不能完全反映到風速增加升力的理論。

四、研究機翼夾角對紙飛機升力的影響



(一)150° 機翼夾角：最佳升力角度

1. 各種風速下重量變化都很小，而且是略變重。
2. 表示這個角度（機翼往下）會導致氣流壓住飛機，使其難以產生升力或甚至增加下壓力。

(二)180° 機翼夾角：升力不穩

1. 中風時效果非常明顯（減輕 1.33g），升力強。
2. 但在弱風下反而變重（+0.59g），表示若風不夠強，氣流無法有效導流，反而形成下壓。
3. 在強風下僅略減輕，升力效果不穩定。

(三) 210° 機翼夾角：幾乎無升力

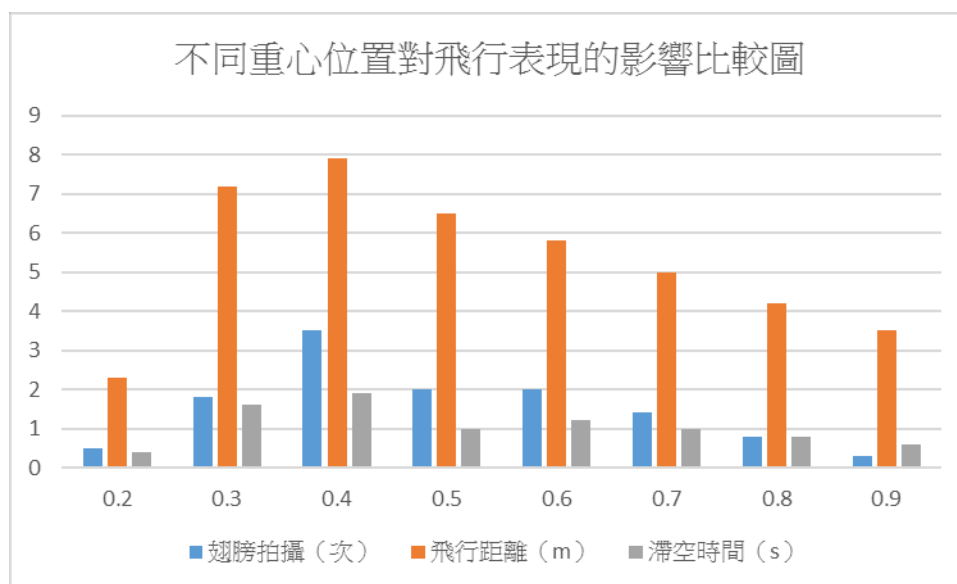
1. 在所有風速下都能「減輕」，代表升力穩定產生。
2. 角度適中，能讓氣流順利通過翼面上下方形成壓力差。

(四)小結：

在風洞中測試蝙蝠紙飛機不同的機翼夾角與升力的關係，發現機翼夾角不同，其受到空氣升力也不盡相同。這可以來說明，在發射紙飛機時，紙飛機受手推擲而向前飛行，機翼受空氣流影響產生壓力差，但同時又受機翼本身彈力與重力的影響而機翼回彈，依此反覆，結果就形成一種「微幅上下拍動」的交互作用現象。

五、探討影響蝙蝠造型紙飛機翅膀拍動的因素。

(一)重心對蝙蝠紙飛機飛行的影響



1. 飛行距離

(1)最佳飛行表現：重心 0.4

- ◆ 飛行距離最遠 (7.9m)，滯空時間也最長 (1.9s)
- ◆ 表示此重心位置讓飛機最平衡、滑翔最佳

(2)重心偏前 (0.2) 與偏後 (0.9)

- ◆ 距離與滯空都明顯變差，可能導致飛機快速下墜或頭重腳輕失去平衡

(3)趨勢總結

- ◆ 重心在中段偏前 (0.3~0.4) → 飛得最好
- ◆ 太前或太後都會破壞穩定飛行姿態

2.翅膀拍動次數與穩定性

(1)拍動最多：重心 0.4 (3.5 次)

- ◆ 雖然拍動最多，但飛行表現最好
- ◆ 代表拍動可能是「積極的氣流反應」，幫助升力與穩定

(2)拍動最少：重心 0.9 (0.3 次)

- ◆ 同時飛行表現也最差，代表機翼無法產生足夠升力反應

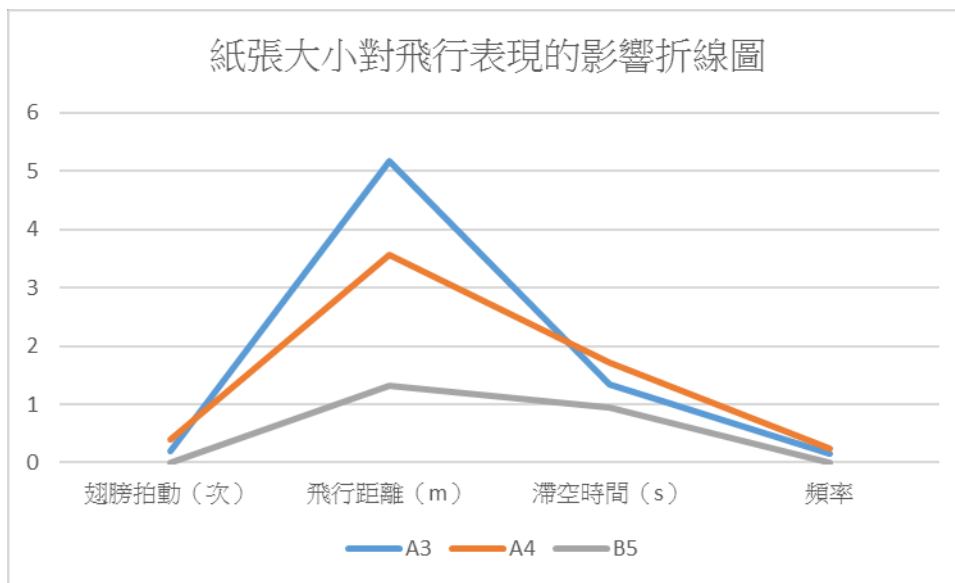
(3)拍動與飛行的關係不是「拍越少越好」，而是：

- ◆ 適度的拍動可能是空氣動力調節的反應

3.小結：

根據實驗結果，紙飛機的最佳重心位置約在 0.3-0.4，能產生最遠的飛行距離與最長的滯空時間，並伴隨最多的機翼拍動次數，顯示這個位置在飛行中產生了良好的升力與穩定性反應。

(二)紙張大小對蝙蝠紙飛機飛行的影響



1.飛行距離分析

(1).A3 紙飛機飛最遠 (5.16m)

- ◆ 面積最大，升力較大，有助於滑翔距離
- ◆ 結構較穩，抗氣流效果好

(2).B5 最短 (1.32m)

- ◆ 面積最小，升力不足，飛行時容易失速或掉落

2.滯空時間分析

(1)A4 滯空最久 (1.716s)

- ◆ 可能因重量較輕、面積適中 → 升力與重力達成平衡
- ◆ 飛行較穩定，能在空中「飄」久一點

(2)B5 滯空最短 (0.948s)

◆ 重量輕但翼面小 → 容易快速下墜

3. 翅膀拍動與頻率

(1). A4 拍動最多 (0.4 次)

◆ 有較多空氣動力反應，可能是飛行中微調姿態的結果

(2). A3 拍動較少 (0.2 次)

◆ 結構大、穩定性高，拍動少但能飛遠

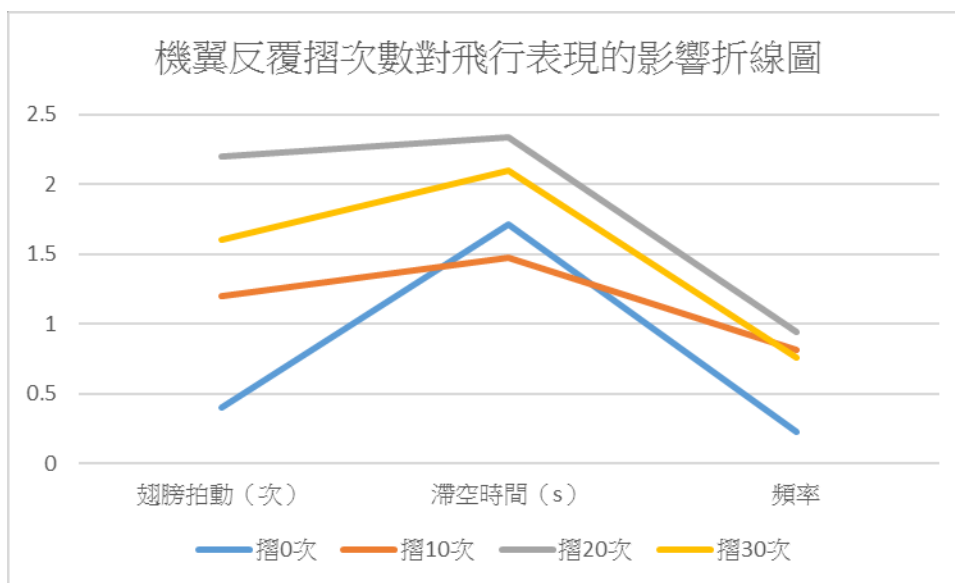
(3). B5 沒有拍動

◆ 飛得短、滯空時間短 → 幾乎來不及產生動力反應就掉下來了

4. 小結：

不同紙張大小對紙飛機飛行表現有顯著影響。A3 紙張因翼面較大，產生較大升力，使紙飛機飛行距離最遠；A4 紙滯空時間最長，顯示其在空氣中能達到較佳平衡。B5 紙因面積小，飛行距離與滯空時間皆為最短，且未產生明顯拍動現象。

(三) 機翼反覆摺得次數對翅膀拍動的影響



上圖顯示了「摺疊次數」與三個變數之間的關係：

1. 滯空時間 隨摺疊次數上升到 20 次後達到高點 (2.334 秒)，之後略為下降。
2. 拍動次數 同樣在 20 次時達到最多 (2.2 次)。
3. 拍動頻率 也是在 20 次最高 (0.9426 次/秒)，與拍動次數趨勢相似。

4.小結:：這說明在這組資料中，摺 20 次時飛行反應最活躍，拍動最多、最頻繁，滯空也最長。

(四) 室內室外和機翼尾有無上摺對翅膀拍動的影響

表五-四-1 室內室外和機翼尾有無上摺對翅膀拍動的影響統計表

場地	有無摺	拍動次數	滯空時間	距離	拍動頻率
室內	機翼尾有摺	7	2.118	5.97	3.3050047
	機翼尾無摺	3.6	2.641	10.06	1.36312
室外	機翼尾有摺	6	2.237	3.74	2.6821636
	機翼尾無摺	3.9	3.325	9.19	1.1729323

表五-四-2 室內室外和機翼尾有無上摺對翅膀拍動的比較表

項目	表現較好者	原因說明
拍動次數	有摺	拍動次數高，機翼易擺動
拍動頻率	有摺	更頻繁拍動，顯示不穩或氣流敏感
滯空時間	無摺	滯空時間更長，顯示滑翔更平穩
飛行距離	無摺	幾乎是有摺的兩倍遠，飛行效率佳

小結：

根據上表，紙飛機機翼尾設計是否有摺會顯著影響飛行表現。整體而言，機翼尾無摺的紙飛機在滯空時間與飛行距離上皆明顯優於機翼尾有摺，平均可滯空近 3 秒、飛行距離超過 9 公尺。而機翼尾有摺者雖拍動頻率較高，但穩定性較差，飛行過程易受氣流干擾。機翼尾上摺，以同角度發射紙飛機時，紙飛機較容易向上竄，高度雖增加但也容易造成失速；相對機翼尾無摺，以同角度發射紙飛機時，紙飛機飛行較為平緩。如果想讓紙飛機適當的飛高又遠，建議可適時調整機翼尾部上摺角度，尋找適合飛行的上摺角度。另外在室內與室外射紙飛機，室外不可測的氣流影響變化起伏很大，相對室內會比較單純。

柒、結論

一、實驗總結：

（一）紙材與紙張大小

不同紙材會明顯影響紙飛機的滯空時間與飛行距離。A4 80P 影印紙柔軟度、重量適中有助於紙飛機滯空；另外大尺寸（如 A3）雖有較佳的滑行力，但機翼拍動次數較少。

（二）造型與翼面積

紙飛機的飛行表現不完全取決於翼面大小。標準造型飛行最穩；特殊造型如蝙蝠機因翼面柔軟、設計特殊，與氣流互動明顯，易出現拍動。

（三）重心位置

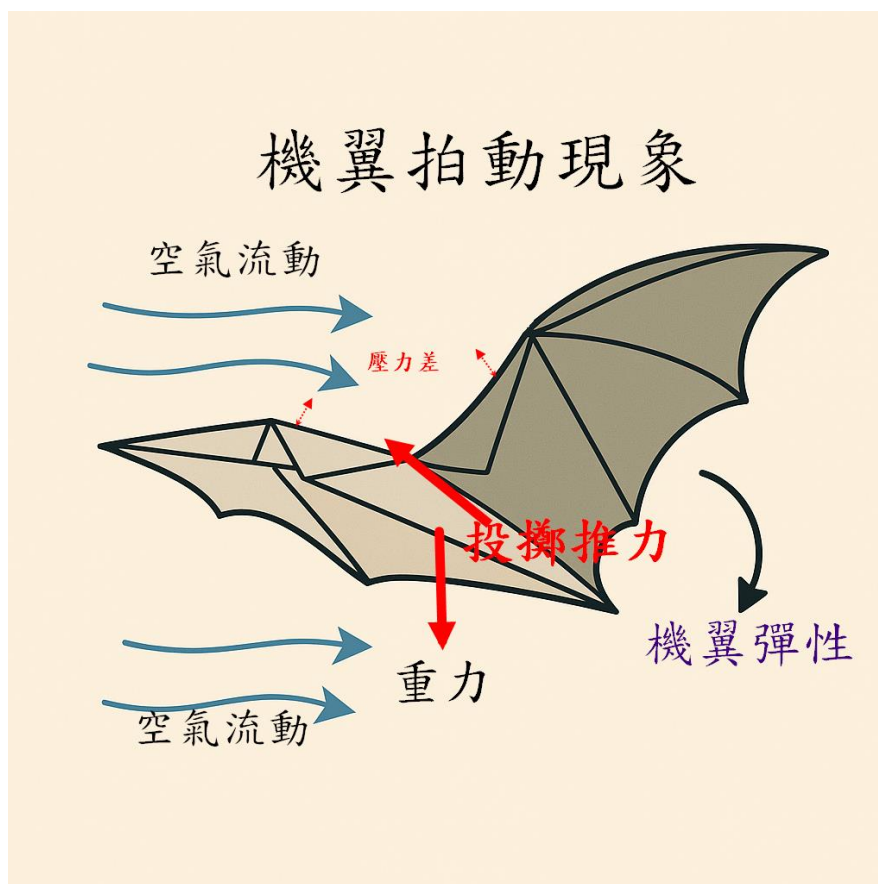
重心在 0.3~0.4 時飛得最遠、最穩；過前或過後都容易導致飛行失衡。

（四）機翼摺疊次數

摺 20 次時拍動最多、滯空最久；過多摺疊（30 次）效果趨緩，甚至略減。

（五）機翼夾角與拍動現象

在風洞中測試蝙蝠紙飛機不同的機翼夾角與升力的關係，發現機翼夾角不同，其受到空氣升力也不盡相同。當機翼角度接近 180° 時，氣流產生上下壓力差，若機翼具彈性，如蝙蝠紙飛機，便會因壓力差與彈性互動產生拍動。



（六）機翼尾設計

無摺尾翼飛行距離與滯空時間表現較佳；有摺尾翼拍動頻率較高但穩定性較差。如果想讓紙飛機適當的飛高又遠，建議可適時調整機翼尾部上摺角度，尋找適合飛行的上摺角度。

（七）場地影響

室外滯空較長，室內飛行距離較遠；室內拍動頻率高，可能與空氣擾動相關。在室內與室外射紙飛機，室外不可測的氣流影響變化起伏很大，相對室內會比較單純。

二、研究限制：

- （一）拍動為目測計數，較無法精確記錄幅度與飛行軌跡。
- （二）部分試驗樣本數較不足，結果易受外在偶發因素影響可能較大。
- （三）環境條件如風速、濕度未完全控制。
- （四）本實驗皆以人力來發射紙飛機，雖事先有多次訓練，盡量將人為因素降低，但是有美中不足之處。有嘗試用發射架來取代，但發現橡皮筋容易損傷紙飛機而造成飛行不佳，其次發射宜作用於紙飛機重心，才不會造成飛行不理想。另外考量到，射紙飛機要人發射才較有好成就感，如果靠機器發射，人們就會對紙飛機失去興趣。

三、未來展望：

- （一）可使用慢動作攝影與感測器，來輔助記錄拍動幅度與頻率。
- （二）測試更多彈性翼型與可變角度設計，模擬生物飛行行為。
- （三）可以進一步改良有動力的微型飛行器，探討其設計方式與翼面的材料。

四、感想：

這次的紙飛機實驗，讓我深刻體會到當年萊特兄弟設計第一架滑翔機時所經歷的艱辛。我們光是要摺出一架穩定、可飛行的紙飛機，就失敗了無數次；更別說還要反覆練習投擲、調整重心、改進摺法。每一次的飛行測試都需要耐心與毅力，有時真的會想放棄。但在老師的鼓勵與引導下，我們一步步克服困難，終於完成了整個實驗。雖然這只是我們學習旅程中的一小步，卻是我們人生中的一大步。我們從中學會了：唯有堅持到底，才有可能踏上通往成功的道路。

捌、參考資料及其他

- 一、力與運動（康軒版自然與生活科技，第五冊第四單元）。
- 二、簡單機械（康軒版自然與生活科技，第八冊第一單元）。
- 三、呂慧君（民88）。兒童科學研究專輯(一)。嘉義市：蘭潭國民小學。
- 四、天外奇「機」～紙飛機的秘密（屏東縣第 56 屆科展說明書，國小組自然科）
- 五、教你摺出世界上最強的紙飛機！（<http://hottopic.chinatimes.com/20150628>）