

新竹市第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：跳不了樓機-旋轉紙飛機無限浮空影響因素研究

關鍵詞：上升氣流紙飛機、無限浮空紙飛機

編 號：115PB-P003

摘要

本研究旨在克服「無限浮空紙飛機」操作上的技巧門檻，使其達成標準化的量產與飛行。研究初期受 YouTuber 胡子影片啟發，聚焦於「旋轉式」紙飛機，並經歷了風洞測試與窗簾軌道裝置測試的失效，進而體認到紙飛機的前進動力來源於其旋轉俯衝。研究分為兩大階段：第一階段透過 16 種紙材的盲測，篩選出洋蔥紙、小學考紙、蛋糕紙等五種最佳輕質紙材；第二階段利用自製的固定角度量角器裝置，量化測試 40 度與 50 度推力板角度對飛行距離與時間的影響。實驗結果顯示，使用單光紙（35g）搭配 50 度夾角時，雖移動失敗的機率較高，但一旦穩定後能獲得較佳的浮空潛力。

壹、研究動機

這一切的開始是因為我們在網路上看到了 YouTuber 胡子的影片，裡面介紹了一種「無限浮空紙飛機」，只要拿著一塊板子在飛機後面跟著走，飛機就像被施了魔法一樣永遠不會掉下來。影片裡有好多種折法，有一種長方形的紙片會一直旋轉，我們叫它「旋轉紙飛機」。我們覺得這太酷了！但在學校試做時發現，用一般的 A4 紙或 80 磅的影印紙，一放手就直接跟地板「親親」，連飛都飛不起來。

我們查了第 63 屆科展，發現有人做過「氣流飛機」，但他們做的是傳統飛機形狀，所以我們決定挑戰更有趣的「旋轉式」。在練習過程中，我們發現這真的很吃技巧，全班竟然只有指導老師跟一位同學能飛完整條走廊，這讓我們很不服氣。我們想：能不能做出一個裝置，或是找到一種完美的紙，讓任何人拿著板子都能輕鬆當飛行大師？剛好學校工程把走廊一頭封住了，變成一個沒有風的完美實驗場，我們就決定在那裡開始我們的飛行挑戰。

貳、研究目的與待答問題

一、研究目的

- (一) 尋找適合旋轉紙飛機的紙張材質。
- (二) 找出會影響旋轉紙飛機浮空的因素。
- (三) 製作能無限浮空的旋轉紙飛機裝置

二、待答問題

- (一) 哪些材質的紙張最適合拿來作旋轉紙飛機？
- (二) 哪些因素會影響旋轉紙飛機的飛行？
- (三) 能夠飛行最長距離以及最長時間的旋轉紙飛機裝置規格為何？

參、研究設備及器材

表 3.1 研究器材表

洋蔥紙	單光紙 35g	新聞紙	霧霜描圖紙
小學考紙	單光紙 24g	單光春宣紙	雁皮宣
蛋糕紙	郵封紙	聖經紙	漫畫紙
計時器	植物纖維紙	蜜桃泡泡	直感紙
稻稈紙	報紙	A4 紙	描圖紙
自製風洞	窗簾軌道裝置	PP 板	控制裝置
熱熔膠	捲尺	尼龍繩	



圖 3.1 控制裝置示意圖（本研究自行拍攝）

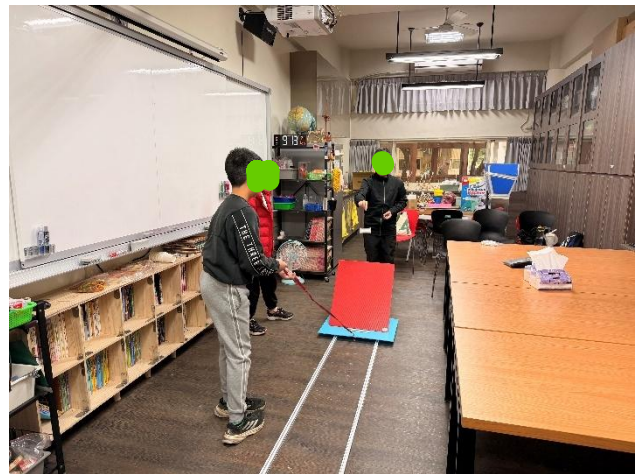


圖 3.2 窗簾軌道裝置示意圖（本研究自行拍攝）



圖 3.3 測試紙張示意圖（本研究自行拍攝）



圖 3.4 旋轉紙飛機示意圖（本研究自行拍攝）

肆、研究過程及方法

一、文獻回顧

之所以會做這個題目就是看了 Youtuber 胡子「反重力無限浮空飛機！超迷幻的科學玩具居然用簡單的報紙就能做來？」這部影片，影片中胡子也是嘗試了很久才做出能漂浮一段距離的紙飛機。接著再查詢是否有人做過相關的主題，只找到第 63 屆「借風使舵～氣流飛機任我控」這個作品是相關的，而這份作品也做了「飛機形狀」的無限浮空紙飛機，於是我們挑戰另一種「旋轉紙飛機」，並整理這份作品的研究結果：

(一) 最好的起風板角度

1. 研究發現，每一種板子角度都有其「安全飛行速度區間」。
2. 30 度~80 度之間，存在一個「共同安全區間」（約 1.5 m/s 到 1.7 m/s）。只要控制在這個速度內，無論板子是幾度，飛機都能穩定飛行。

(二) 角度對風速的需求：

1. 角度愈小（如 30 度）：需要較快的初速才能產生足夠上升氣流支撐飛機重力。
2. 角度愈大（如 80 度）：雖然容易產生上升氣流，但氣流方向較不穩定，且人持板前進的阻力較大。

(三) 起風板位置與風速分佈：

1. 無論起風板角度為何，氣流飛機在板子「下半部」測得的平均風速是最快的，其次是上半部，最慢的是正上方。
2. 研究建議將飛機操縱在起風板的「上半部」，因為這裡結合了較好的速度支撐與較高的飛行成功率。

二、紙飛機規格與初步嘗試

依據科工館的教學影片我們將紙飛機的規格都固定，並先用現有的普通 A4 紙以及 80 磅 A4 紙試做，結果都很快就掉落地板，推測是紙張太重，後來買的描圖紙也是太重，因此選擇用跟影片中一樣的報紙，最後有做出可以漂浮很遠的旋轉紙飛機。不過這款紙飛機也有很多問題，首先報紙很輕也很軟，因此紙飛機容易變形，加上無法預測每次放手時紙飛機會怎麼掉落，導致不是每次都會成功，另外嘗試的地點也有許多限制，不能有風，也不能有人突然走過

去或擋在路邊，剛好資優班教室外的走廊因為學校工程，其中一端的鐵門關閉才有合適的測試場地，儘管如此技巧仍是紙飛機能不能無限浮空的關鍵，到最後也只有指導老師本人以及一位同學能讓紙飛機飛整條走廊來回。

檢討與改進：單純的嘗試沒辦法獲得有用的數據，因此也沒辦法知道什麼因素會影響紙飛機的飛行，因此後續實驗需要固定某些變項才能獲得有效數據來研究。



圖 4.1 用報紙做紙飛機示意圖（本研究自行拍攝）



圖 4.2 用報紙做紙飛機示意圖（本研究自行拍攝）



圖 4.3 走廊試飛示意圖（本研究自行拍攝）



圖 4.4 走廊試飛示意圖（本研究自行拍攝）

三、找出最佳風速

討論後我們覺得雖然報紙可能不是最好的材質，但成不成功跟個人的技巧比較有關係，因此我們想要克服技巧這個問題，最終目標是做出一個任何人只要拿著我們做的板子跟紙飛機，就能輕易達成無限浮空的效果。首先我們拿了之前學長姐科展作的風洞來測試，想知道在怎樣的風速下會最容易成功，但無論是直接放在風洞上方，或是把風洞橫放並且拿一塊板子放

在出風口，怎麼測試都無法讓旋轉的紙飛機在風洞中漂浮，後來觀察得知這種紙飛機就算不拿板子在後面推著走，在旋轉落下時本來就會往前飄，因此這種固定的風洞注定失敗。

檢討與改進：在實驗中每個細節都會影響結果，需要我們更仔細的去觀察。後續要製作一個能固定起風板角度，同時又能控制前進速度的方式。另外，報紙太容易變形了，需要找尋其他更能當作機身的紙張。



圖 4.5 風洞測試示意圖（本研究自行拍攝）



圖 4.6 風洞測試示意圖（本研究自行拍攝）

四、找出最棒的紙

做到這裡我們改變模式，決定先來看哪種紙是最好拿來做旋轉紙飛機的紙，於是購買了大量不同的紙張來測試，最後每一種紙都做了紙飛機，讓同學們每個人每種紙都測試，決定出五種最好用的紙，最後選出洋蔥紙、小學考紙、蛋糕紙、單光紙 35g、單光紙 24g。

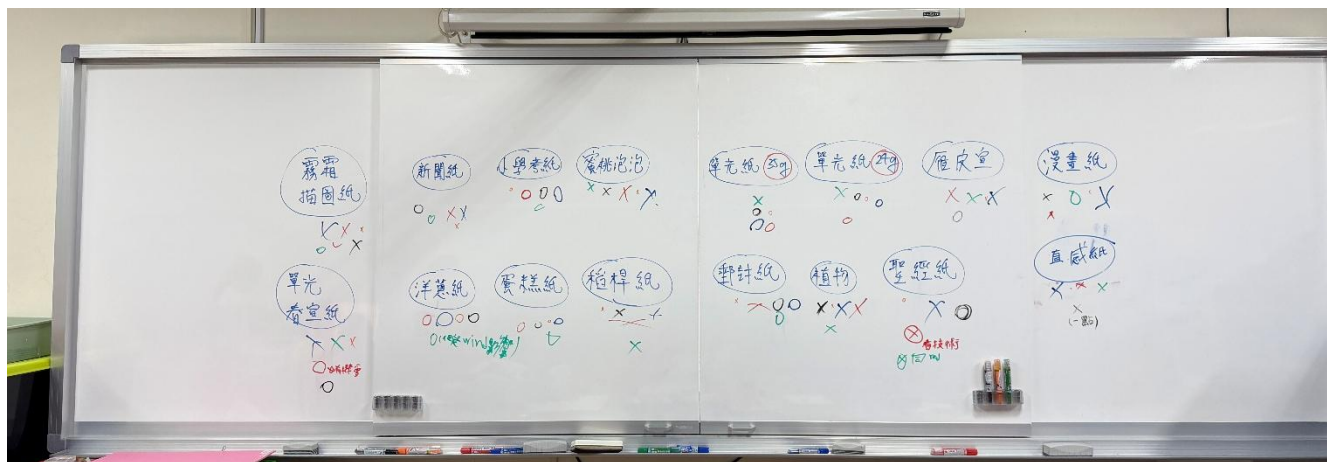


圖 4.7 紙類實驗記錄圖（本研究自行拍攝）

接著，我們想製作一個可以裝載 PP 板且能固定角度、速度、高度的裝置，買了窗簾的軌道，

反過來放在地板上就能當作現成的滑軌，利用滑軌上吊掛窗簾的零件以及熱熔膠、PP板製作一個臺面，並放上傾斜的PP板，當作推紙飛機的板子固定在滑軌上，用繩子拉動滑軌讓板子能夠前進。這個實驗用了比較多時間在製作裝置上。但由於窗簾軌道是伸縮的，軌道的連接處容易讓滑動的裝置卡住，就算將軌道固定在地板上也把軌道接合處固定住，也沒辦法每次都滑順的拖動裝置，因此原本想記錄用怎樣的速度或加速度才能讓旋轉紙飛機飛起來，但因為軌道不夠滑順同時太難控制速度，這個裝置根本就很難讓旋轉紙飛機浮空，更遑論無限浮空。

檢討與改進：我們沒想到能順暢運作的滑軌裝置這麼難製作，絞盡腦汁還被熱熔膠燙到好多次，最後仍舊失敗。當初做這個裝置的原因一來是為了固定變因，看看排除了個人技術的差別後，能不能透過數據觀察影響旋轉紙飛機浮空的因素，這個方向目前沒問題，但必須要換個實驗的方式了。



圖 4.8 滑軌測試示意圖（本研究自行拍攝）



圖 4.9 滑軌製作過程示意圖（本研究自行拍攝）

六、固定角度裝置

最後，我們依然回到用人拿著板子去推紙飛機，同時我們想到之前看過別人的科展報告，他們有研究怎樣的板子角度最適合紙飛機飛行。於是我們用教具室的大型量角器教具做了一個固定板子角度的控制裝置，同時有人站在椅子上放紙飛機，用道具測試不同的角度對紙飛機飛行距離以及時間的影響，我們分別測試了板子跟底部成 40 度、50 度夾角的狀況，並記錄飛行時間與飛行距離，如果該次實驗紙飛機並沒有因為我們推著板子在後面因而飛比較遠，就直接紀錄失敗，失敗又分成投擲失敗，代表紙飛機一放就沒有成功轉起來，直接掉落；以及移動失敗，代表拿板子的人一走就撞上紙飛機於是失敗。兩種角度都測試了 2 台用單光紙 35g 做的，同樣規格的紙飛機，其中操控固定板子角度裝置的人會讓手臂保持一樣的角度，只靠左右移動跟上下垂直移動去追隨紙飛機，盡量控制變因，紀錄時會記錄飛行時間、飛行距離、質性描述，通常質性描述都是撞到板子，代表紙飛機是走著走著被操作者的板子撞上所以停了下來。

檢討與改進：太多次實驗都是直接失敗，飛行距離跟時間都比最初用手拿起風板，機身材質是報紙的那次實驗短很多，距離無限浮空的目標還有好大一段距離，或許要讓這種紙飛機能順利飛行就不可能是固定起風板角度、固定前進速度可以做到的，可能要從頭制定研究方法以及實驗設計。

七、影響實驗成功率的因素

我們回到了第一個實驗，不過這次把場地換到較寬廣的活動中心，同時用最適合的幾種紙來測試，在試飛了一段時間後我們得出了以下幾項會影響實驗成功率的因素：

(一)紙飛機方面：

1. 空氣濕度：濕度會大大影響紙飛機的飛行狀況，當天剛好遇到下雨，本來就比較重的小學考紙直接飛不起來
2. 太晚轉起來：就算站在椅子上放紙飛機，也有不少紙飛機落到板子中間後才能順利轉起來，這種就很難讓實驗成功

(二)操控者方面：

1. 前進速度：最好不要固定速度，跟著飛機的速度走，快掉了就走快一點讓上升氣流多一點。
2. 角度：不會固定，但有點難說清楚是依據什麼調整。

八、最適合的速率以及最好用的紙飛機

我們這次測試行走速度對旋轉紙飛機飛行的影響，先量好一條長度 10m 的路線，測量紙飛機走完 10m 所需的時間，並且由於上一次實驗的結論是 50 度的起風板角度比較好，因此後續實驗繼續使用 50 度角的起風板。不過連續測試了 2 次實驗，都沒有成功讓紙飛機飛行 10m，於是我們再次整理導致失敗的因素：

(一)第一次實驗，幾乎沒辦法走超過 5m。地點在活動中心舞台，此時剛好有班級在上體育課，雖然雙方距離約 30-40m，不過也不排除人的移動對實驗造成影響。

(二)第二次實驗，比第一次走更遠，紙飛機飛行容易偏移。地點也在活動中心，這次是合唱團在台上唱歌，我們想到第一次實驗時，附近有人走動會影響紙飛機的飛行，因此我們推測合唱團在練唱時可能會影響氣流，影響紙飛機的飛行。

(三)第三次實驗，終於活動中心只有我們，於是我們把活動中心所有的門窗都關起來，紙飛機順利飛行十公尺的機率便非常高，推測可能是因為關閉門窗後外面的風無法吹進來，進而影響室內的氣流，使室內的氣流變得較為穩定。

我們測量洋蔥紙、單光紙 35g、蛋糕紙、小學考紙飛行 10 公尺所需時間，總共走了十趟，紀錄數據後去除統計離群值再來做平均，於是計算出紙飛機飛行 10 公尺的速率。之後我們測量四種紙的最長飛行時間。最後，我們測量一架紙飛機的重量，我們一次測五架紙飛機的重量，測十次求平均值，再除以五。我們的實驗結果如下：

伍、研究結果及討論

一、紙種測試紀錄分析

表 5-1 紙種紀錄測試表

紙種 / 測試者	A	B	C	D	E	總計
洋蔥紙	O	O	O	O	O	5
小學考紙	O	O	O	O	O	5
蛋糕紙	O	O	O	O	O	5
單光紙 35g	O	O	O	X	O	4
單光紙 24g	O	O	O	X	O	4
郵封紙	X	O	O	O	X	3
新聞紙	X	O	X	O	X	2
單光 春宣紙	O	O	X	X	X	2

聖經紙	X	O	X	X	O	2
霧霜 描圖紙	X	X	X	O	X	1
雁皮宣	X	O	X	X	X	1
漫畫紙	X	X	X	O	X	1
蜜桃泡泡	X	X	X	X	X	0
稻稈紙	X	X	X	X	X	0
植物 纖維紙	X	X	X	X	X	0
直感紙	X	X	X	X	X	0

觀察與討論

從上表可見，洋蔥紙、小學考紙與蛋糕紙獲得全數通過，單光紙 24g 以及 35g 獲得 4 票。這些紙張的共通點在於重量較低，但紙張纖維仍能維持旋轉時所需的形狀，簡言之紙要有一定的硬度，但又不能太厚讓磅數太高，這樣的材質就能成為最棒的旋轉紙飛機紙。

二、起風板角度與飛行數據量化分析

我們使用單光紙（35g）製作四台規格一致的飛機，分別測試 40 度以及 50 度兩種角度。

表 5-2 40 度 1 號紙飛機測試紀錄表

飛行時間（秒）	飛行距離（m）	質性描述
2.704	2.1	
1.937	1.75	撞到板子
2.915	2.2	撞到板子
1.611	1.3	撞到板子

成功：4 次

投擲失敗：24 次

移動失敗：2 次

表 5-3 40 度 2 號紙飛機測試紀錄表

飛行時間 (秒)	飛行距離 (m)	質性描述
5.828	4.45	
7.258	5.5	
3.487	2.6	
2.745	1.9	
1.682	1.43	撞到板子
3.285	2.62	撞到板子
1.28	1.97	
1.441	1.6	
1.546	1.24	
1.881	1.56	
2.077	1.79	
2.486	1.6	
6.251	5.495	
1.747	1.49	
2.594	2.07	
成功：15 次	投擲失敗：10 次	移動失敗：5 次

表 5-4 50 度 1 號紙飛機測試紀錄表

飛行時間 (秒)	飛行距離 (m)	質性描述
3.347	2.295	
5.039	2.96	
2.827	2.45	
3.8	2.6	
2.953	2.235	
6.005	5.36	
3.879	3.87	

3.230	2.7	
2.38	2.28	
2.54	2.43	
4.58	4.46	
2.83	2.8	
2.7	2.87	
2.68	2.61	
2.45	2.6	
4.78	4.62	
成功：16 次	投擲失敗：3 次	移動失敗：11 次

表 5-5 50 度 2 號紙飛機測試紀錄表

飛行時間 (秒)	飛行距離 (m)	質性描述
2.46	2	
3.13	1.76	
2.65	1.73	
2.58	1.73	
3.88	3.20	
3.32	2.04	
3.03	1.66	
3.96	3.58	
3.05	2.99	
3.16	2.09	
3.01	2.02	
2.65	2	
3.55	2.84	
3.21	2.46	
3.21	2.11	
成功：15 次	投擲失敗：6 次	移動失敗：9 次

表 5-6 起風板角度與飛行數據量化分析統計表

編號 與條件	平均時間 (s)	平均距離 (m)	成功次數	投擲失敗	移動失敗	成功率
40 度 1 號	2.29	1.84	4	24	2	13%
40 度 2 號	3.01	2.45	15	10	5	50%
50 度 1 號	3.33	2.94	16	3	11	53%
50 度 2 號	3.14	2.27	15	6	9	50%

觀察與討論

(一) 起風板角度與啟動成功率的關係：

1. 在 40 度的測試中，「投擲失敗」的比例極高，其中 1 號機甚至高達 24 次，不過 2 號機卻有跟 50 度差不多的成功率

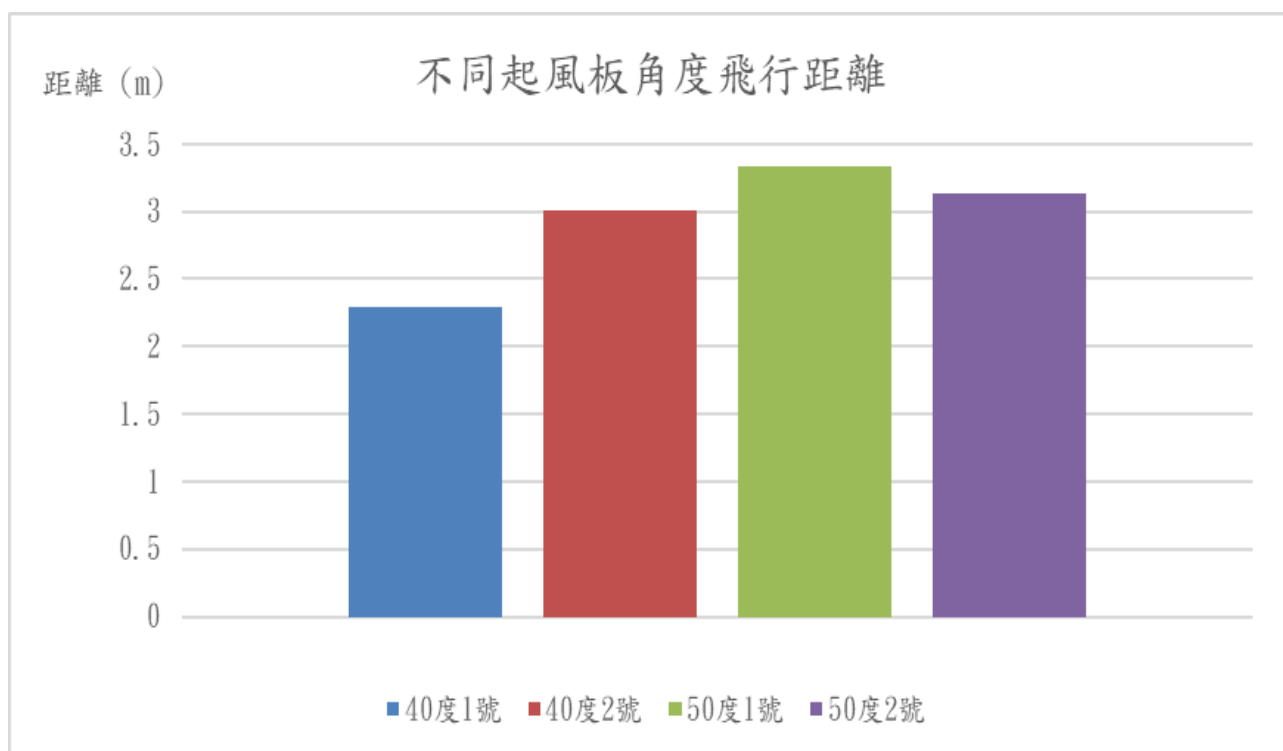


圖 4.10 不同起風板角度飛行距離圖（本研究自行繪製）

2. 我們推測，可能是 40 度起風板產生的初始上升氣流可能較不足，也可能是飛機本身的製作精細程度要很高，即便紙材與規格固定，同學手作的細微差異仍會導致剛丟下時難以順利旋轉，以致實驗失敗率高

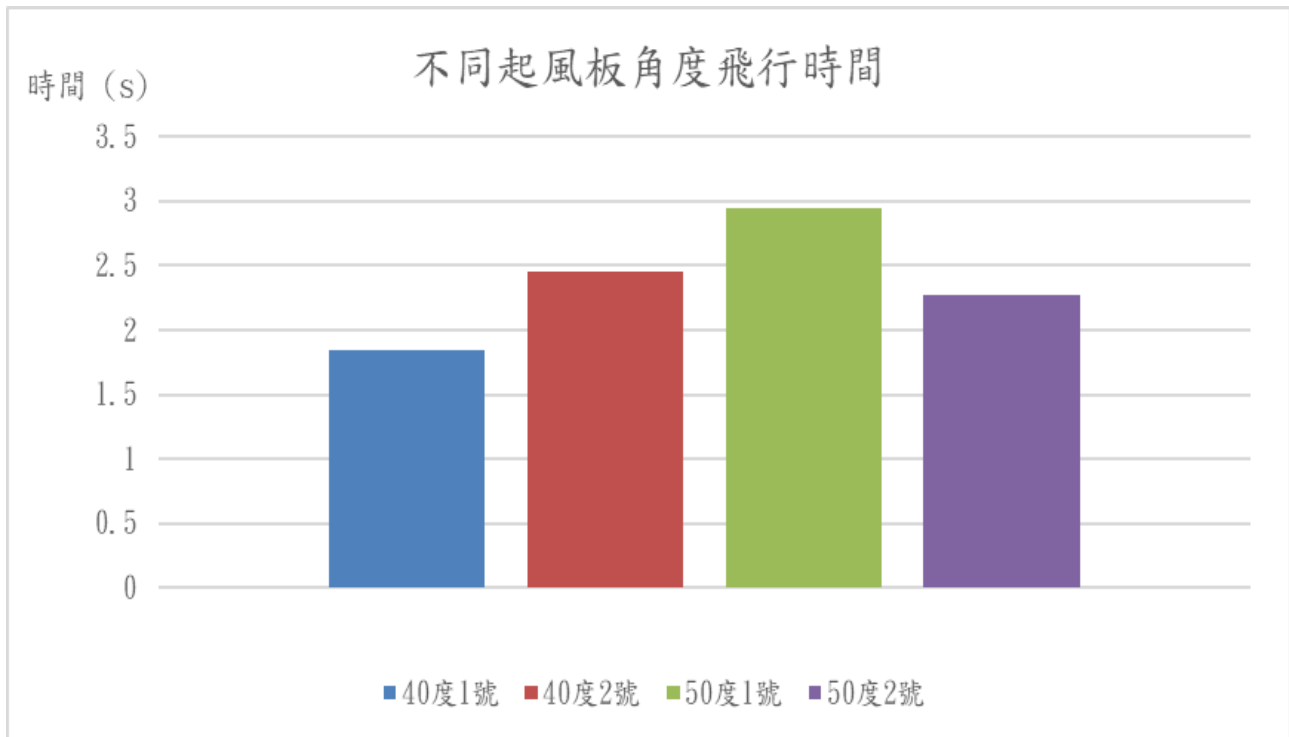


圖 4.11 不同起風板角度飛行時間圖（本研究自行繪製）

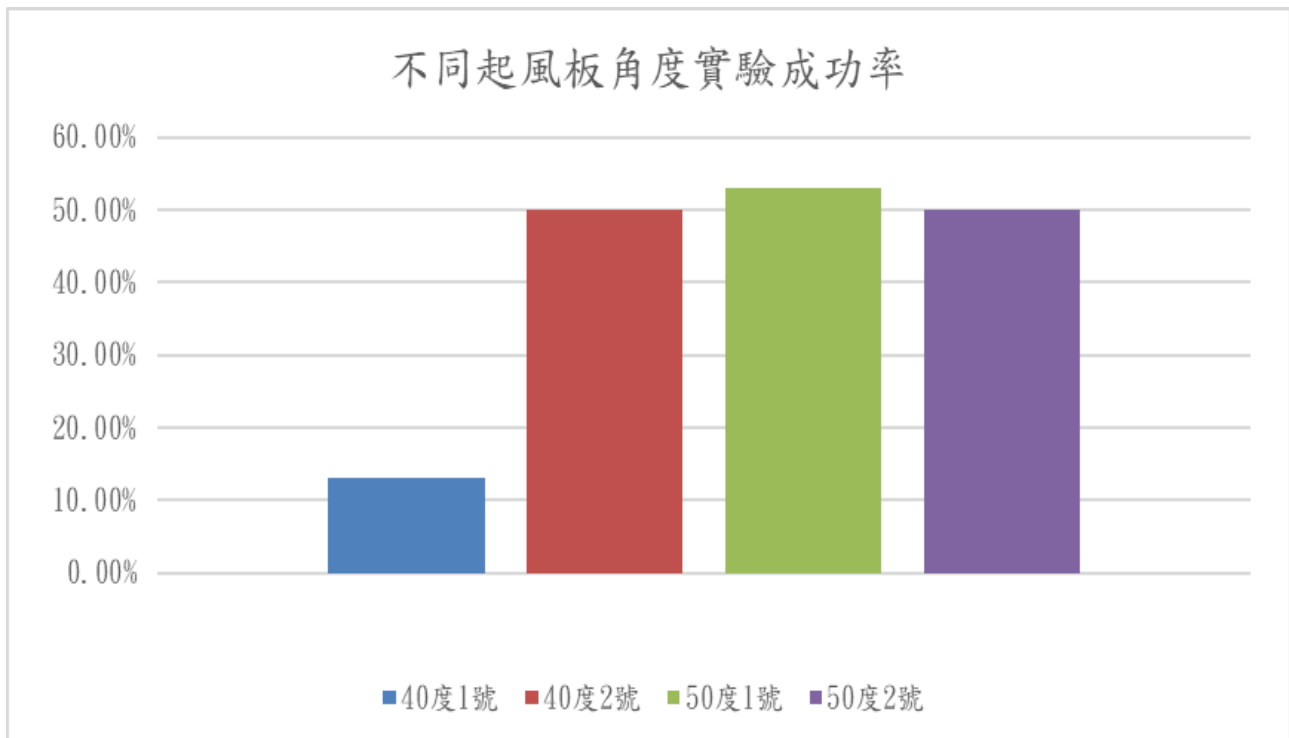


圖 4.12 不同起風板角度實驗時間圖（本研究自行繪製）

(二) 推力表現與操作難度的權衡：

1. 50 度測試中，「移動失敗（板子撞到飛機）」的次數顯著較多（最高 11 次）。
2. 我們推測 50 度板子提供的水平推力相對較小，使紙飛機與板子的相對距離縮短，操作者的技巧必須更精細，不然容易因起風板撞擊飛機而失敗。

(三) 穩定飛行後的潛力分析：

1. 數據顯示，50 度組別一旦進入穩定飛行狀態，其平均飛行時間（最高 3.33s）與平均距離（最高 2.94m）皆優於 40 度組別。
2. 50 度起風板雖增加操作難度，但能提供更穩定的上升氣流，有利於達成長時間的浮空目標。

(四) 實驗誤差與不可控變因：

1. 人為操作限制：手持控制裝置的人員雖努力維持角度，但畢竟不是專業運動員，仍會產生晃動或偏差，進而影響測試數據。
2. 飛行路徑偏移：部分紙飛機具備慣性偏向（往左或往右飛），在狹窄走廊測試時易撞擊牆壁停機，此變因可能源於製作過程的不對稱，或是走廊仍有看不見的不穩定器來影響，未來需增加測試樣本以提升實驗結果準確率。
3. 數據代表性不足：由於實驗時間有限，測試次數與使用的紙種尚不足夠，可能導致現有的量化分析存在偏誤。

三、不同材質紙飛機行走速度以及飛行時間測試

表 5-7 不同材質紙飛機 10m 飛行時間實驗記錄表

次數/紙飛機材質	小學考紙	單光紙 35g	洋蔥紙	蛋糕紙
1	11.234	10.249	12.167	11.472
2	8.279	10.094	11.368	11.04
3	8.247	9.749	11.104	10.108
4	8.125	9.658	11.039	10.1
5	7.715	9.538	10.738	9.867
6	7.575	8.579	10.317	9.787
7	7.401	8.3	10.068	9.589
8	7.127	8.282	10.032	9.347

9	6.822	8.143	9.143	9.219
10	5.508	7.493	9.079	9.156
單位 (s)				

表 5-8 不同材質紙飛機單個重量實驗數據紀錄表

次數/紙飛機材質	小學考紙	單光紙 35g	洋蔥紙	蛋糕紙
1	0.36	0.26	0.22	0.2
2	0.36	0.26	0.22	0.2
3	0.36	0.24	0.22	0.18
4	0.36	0.24	0.2	0.18
5	0.36	0.24	0.2	0.18
6	0.34	0.24	0.2	0.18
7	0.34	0.22	0.2	0.18
8	0.34	0.22	0.18	0.16
9	0.34	0.22	0.18	0.16
10	0.32	0.22	0.18	0.12
單位 (g)				

表 5-9 不同材質紙飛機性質紀錄表

次數/紙飛機材質	飛行 10m 平均時間	飛行 10m 平均速度	單個重量	最長飛行時間
小學考紙	7.698 (s)	1.299 (m/s)	0.35 (g)	19.947 (s)
單光紙 35g	9.018 (s)	1.109 (m/s)	0.20 (g)	166.904 (s)
洋蔥紙	10.550 (s)	0.948 (m/s)	0.18 (g)	239.399 (s)
蛋糕紙	9.800 (s)	1.020 (m/s)	0.23 (g)	88.245 (s)

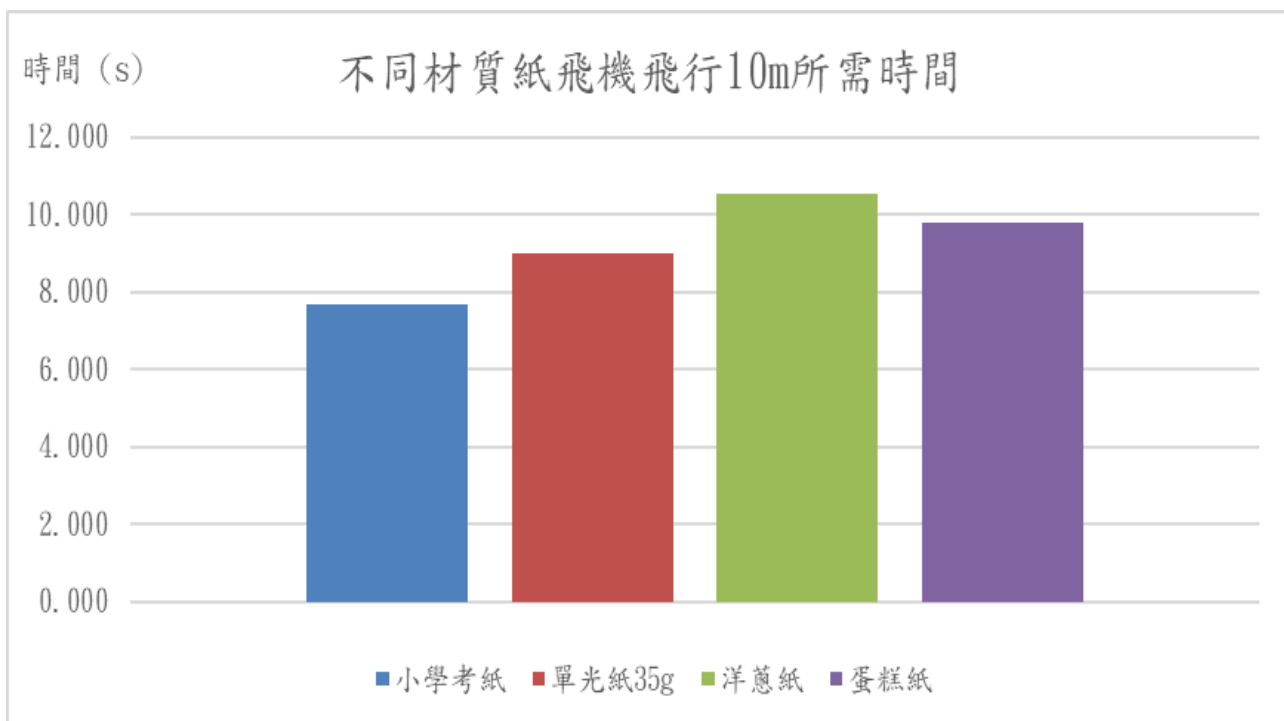


圖 4.13 不同材質紙飛機飛行 10m 時間圖 (本研究自行繪製)

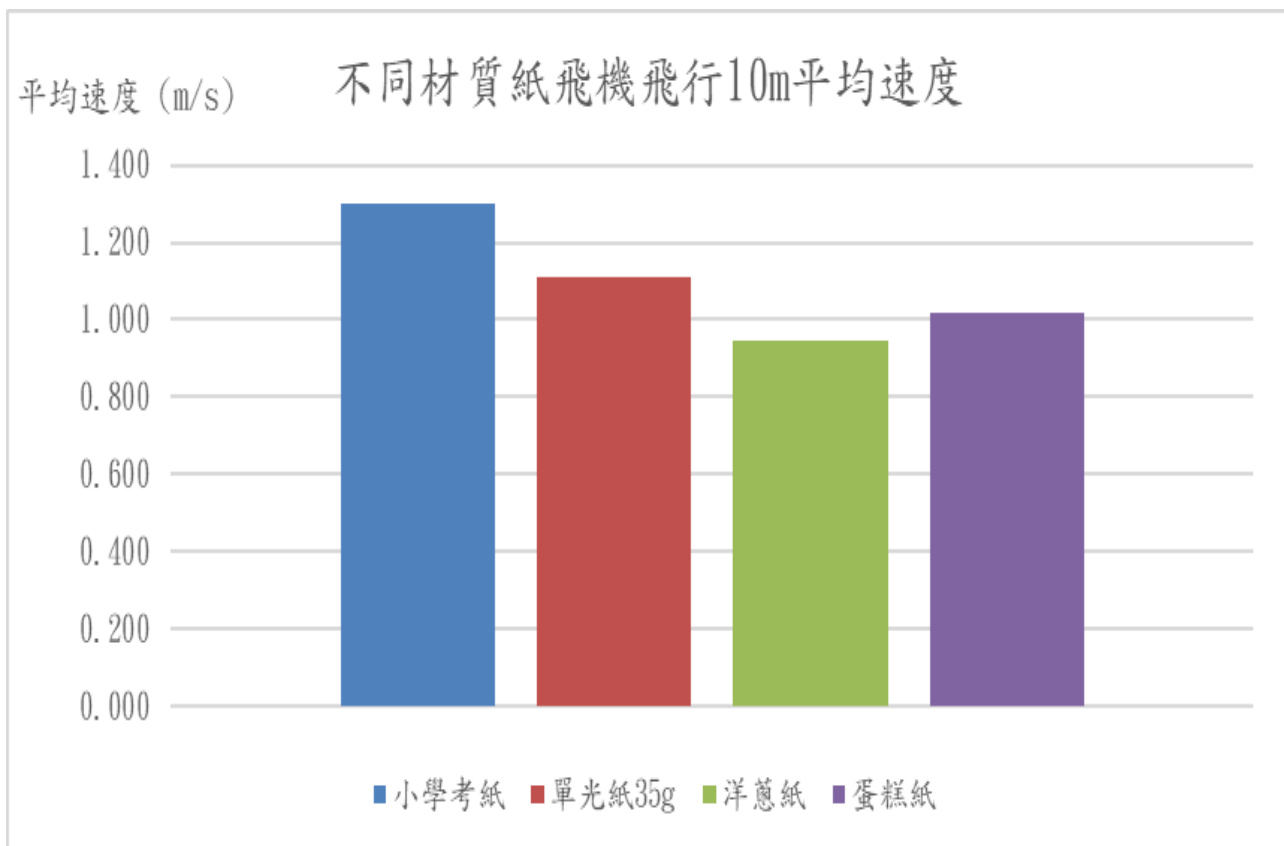


圖 4.14 不同材質紙飛機飛行 10m 平均速度圖 (本研究自行繪製)

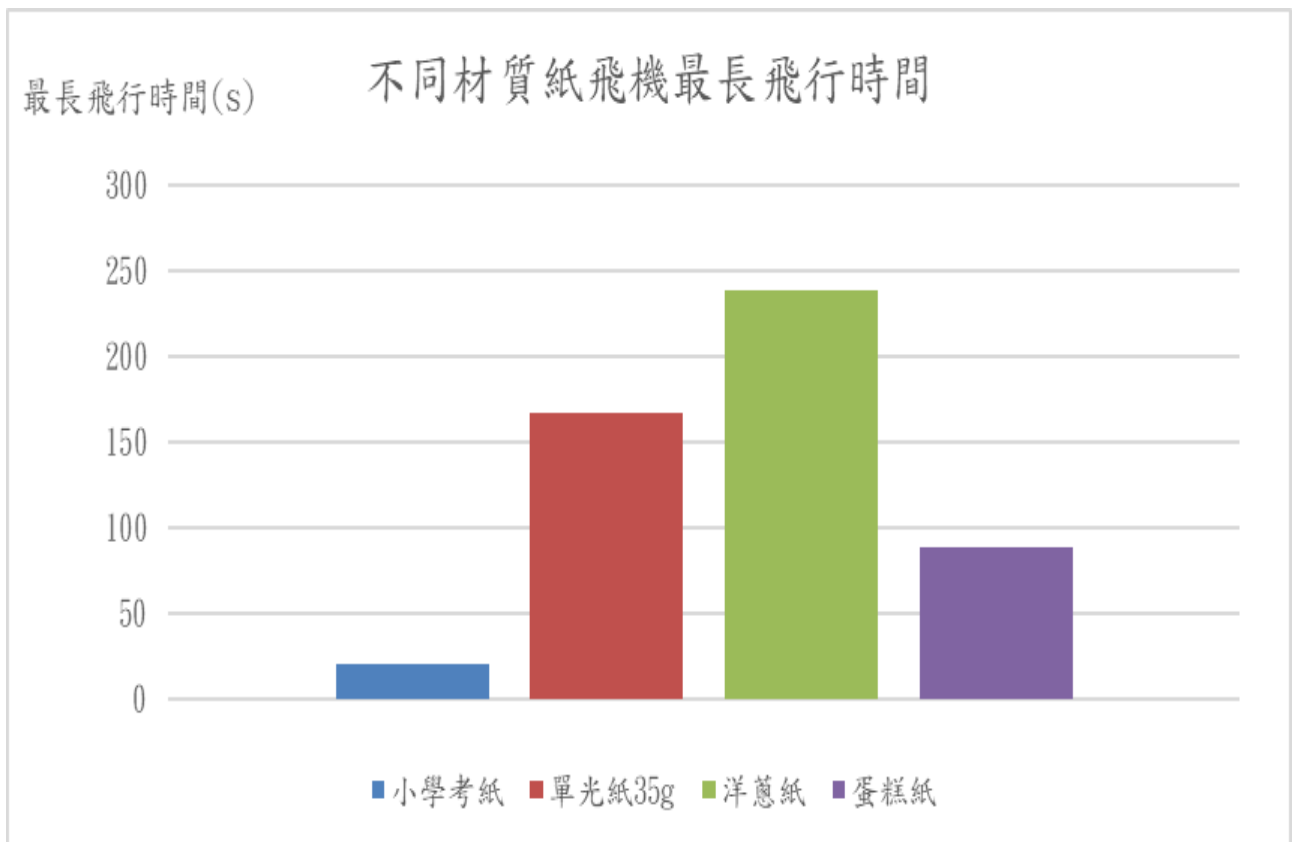


圖 4.15 不同材質紙飛機最長飛行時間圖 (本研究自行繪製)

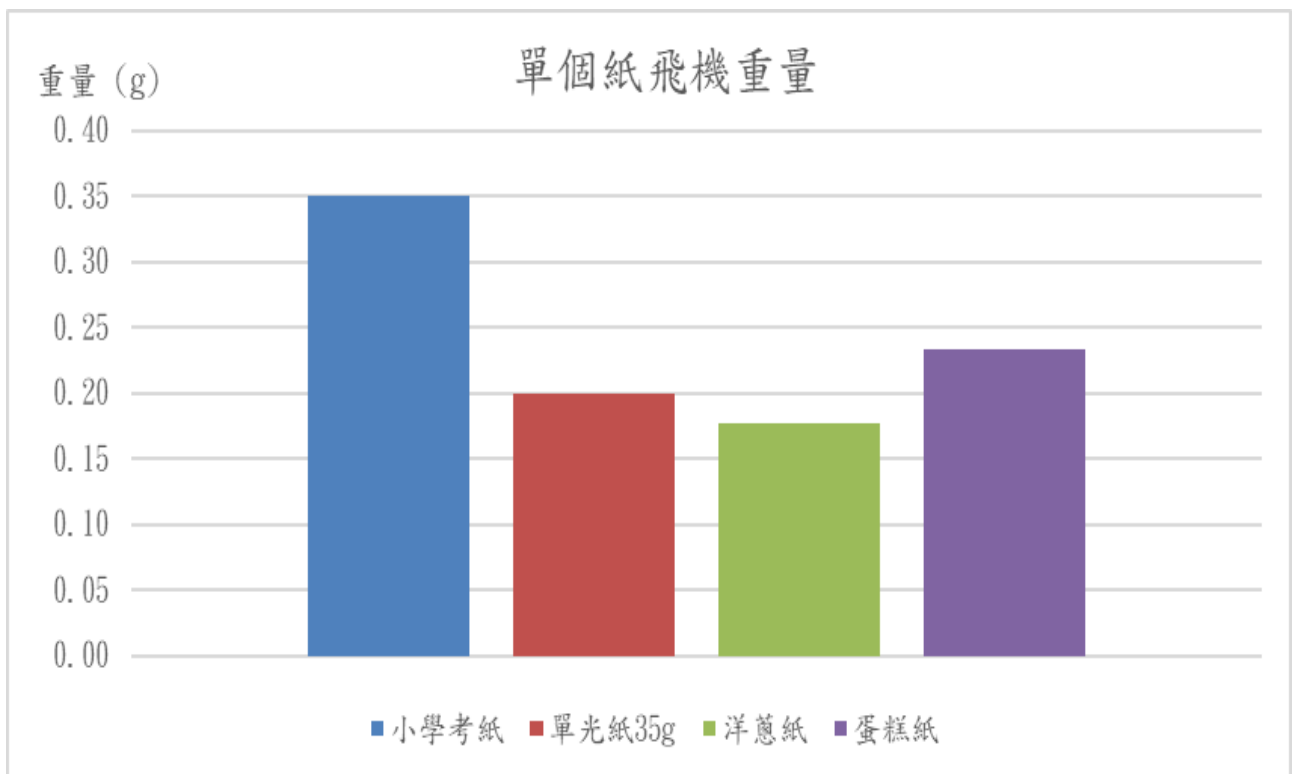


圖 4.15 單個紙飛機重量圖 (本研究自行繪製)

觀察與討論

本實驗透過測量四種最佳紙材（小學考紙、單光紙 35g、洋蔥紙、蛋糕紙）在行走 10 公尺所需的平均時間與最長飛行時間，分析會影響飛行的因素，並試著找出最好的組合：

（一） 紙張重量與飛行速度的成正比關係：

3. 實驗數據顯示，最重的小學考紙（0.35g）飛行 10 公尺的速度最快（1.299 m/s），而最輕的洋蔥紙（0.18g）速度最慢（0.948 m/s）。
4. 我們推測重量越大的紙飛機需要更強的上升氣流來抵銷重力，因此操作者必須以更快的行走速度來產生足夠的氣流。

（二） 紙張越輕越能夠無限浮空：

1. 在最長飛行時間測試中，洋蔥紙以 239.399 秒（近 4 分鐘）奪冠，其次為單光紙 35g 的 166.904 秒。
2. 較輕的紙張在旋轉時能以較慢的下墜速度換取更多的升力。雖然小學考紙飛行最穩定，但因其重量較重，對操作者精細操作與環境氣流的穩定度要求極高，容錯率較低。

（三） 材質濕度的影響：

1. 雖然蛋糕紙與單光紙重量接近，但飛行表現各有差異。觀察發現，紙張除了輕，還必須具備一定的硬度以維持旋轉時的翼型。
2. 此外，實驗過程中發現環境濕度會顯著增加小學考紙的飛行失敗率，推測是濕度會影響紙張的重量，導致其飛行所需上升氣流大幅提升，導致失敗率增加。

陸、結論

綜合本研究之各階段實驗與量化數據分析，我們得出以下結論：

一、最優紙材篩選：

適合旋轉紙飛機的紙張必須兼具「極輕量化」與「維持形狀的硬度」。經 16 種紙材測試，洋蔥紙與單光紙 (35g) 為最佳選擇，其中洋蔥紙在最長飛行時間表現上最具潛力。

二、最佳起風板角度：

實驗證明 50 度夾角的起風板雖然在操作初期（移動失敗）的門檻較高，但其產生的上升氣流能支撐紙飛機飛行更遠的距離與更長的時間，優於 40 度夾角。

三、飛行速度規律：

紙飛機的重量決定了其無限浮空所需的時間。重量越重（如小學考紙），所需的行走速度越快（約 1.3 m/s）；反之，輕質紙張則允許操作者以更慢且更容易操作的速度巡航。

四、環境影響變因：

旋轉紙飛機對環境氣流極度敏感，我們認為封閉且無人走動的室內空間（如關閉門窗的活動中心）是達成無限浮空的必要條件，任何細微的側風或空氣濕度變化都會破壞升力平衡。

五、克服技術門檻：

雖然本研究曾嘗試透過滑軌與固定角度裝置來達成「量產化飛行」，但實驗顯示操作者人為的即時動態調整目前仍是成功飛行的關鍵。未來若能開發出具備自動路徑修正的推進裝置，將能真正實現科學意義上的「無限浮空」。

柒、未來研究

基於本次實驗的成果，我們對未來研究提出以下三個修正計畫：

一、自動化精確推進系統之開發：

未來應改進滑軌裝置，結合步進馬達與感測技術，開發出具備「固定速度」與「路徑修正」功能的自動推進檯面。這將有助於排除人體操作之不確定性，進一步精確定義紙飛機達成無限浮空所需的移動速度。

二、氣流流場與壓力分佈之可視化研究：

計畫結合高科技觀測技術（如煙霧機或高幀速影像分析），具體記錄推力板在不同夾角下產生的氣流漩渦圖樣。透過觀測氣流與紙飛機旋轉的狀態，深入探討浮空的物理規律。

三、材質複合化與幾何結構之優化探究：

除了單一紙材外，未來可嘗試研發輕量化複合材料（如噴塗薄膜）以強化邊緣強度，並測試不同長寬比、非對稱翼型等幾何設計對飛行穩定性的影響，目標是提升紙飛機在動態氣流中的抗干擾能力。

捌、參考文獻

1. 胡子（2022）。反重力無限浮空飛機！超迷幻的科學玩具居然用簡單的報紙就能做來？
【影片】。取自 URL。
2. 國立科學工藝博物館（無日期）。旋轉紙飛機製作教學【影片】。
3. 孫家溱等（2023）。借風使舵～氣流飛機任我控。中華民國第 63 屆中小學科學展覽會作品說明書。物理科。