

# 2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 技高組 成果報告表單

題目（作品）名稱：飛機起飛角度的探討

### 一、摘要：

我們藉由實驗來得出的結論彈射型手擲機的起飛角度介於 10~15 度之間，因為起飛角度如果超過 15 度時，因本來就有提供發射角度再加上剛起飛時發射器所提供的最大動能，會讓在起飛初期飛機擁有最快的飛行速度，在原有的角度因升力導致攻角過大產生失速現象需要更多的高度來修整姿態。

### 二、探究題目（創意作品）與動機

在小時候看天上的時候，飛機在天上飛都會不自覺的多看幾，有時會跑到機場附近看了飛機起飛和降落的過程，當飛機起飛擁有最快的飛行速度及因升力原有的角度導致攻角過大產生失速現象需要更多的實例來修整姿態。從此在心中種下一顆嚮往驗證起飛角度的種子。

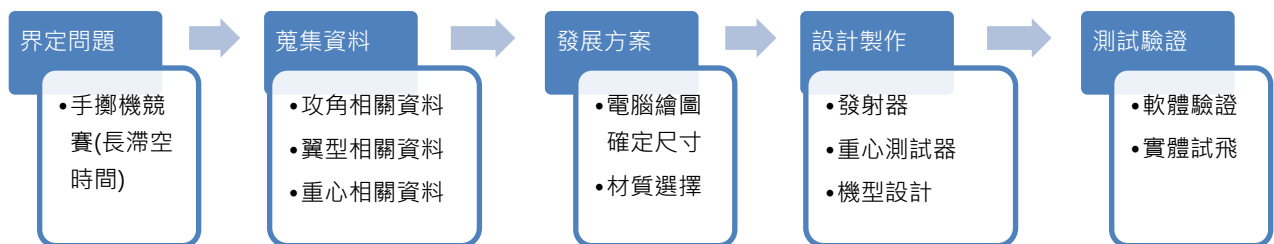
### 三、探究（創作）目的與假設

- 1.以虎克定律製作手擲機的發射器，達成固定每次發射的動力與狀態相同
- 2.探討飛行姿態與滯空時間的關係
- 3.角度的大小與姿態的影響
- 4.手擲機設計導致重心改變與滯空時間的關係

### 四、探究方法（製作原理）與驗證步驟

#### （一）探究方法

##### （1）製作流程



圖：1

（2）每種機型製作 2 架，量測重心位置並且經過 3 次飛行量測滯空時間。

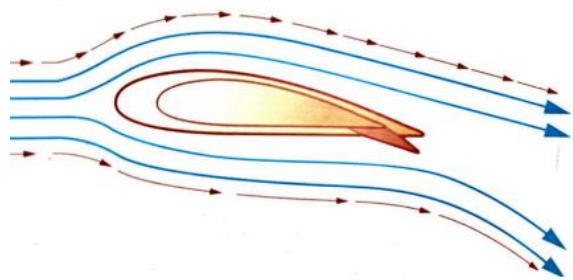
（3）統計分析採用雙因子包含攻角與機型設計，並分為不同的水準，採用變異數分析滯空時間。軟件為 minitab。

#### （二）蒐集資料

（1）了解科學原理康達效應為主要飛機機翼升力的來源，並且設計翼剖面提高升力

白努利定律通常是在高中職階段被拿來解釋航空器機翼升力的產生 ( 如圖：2 )，定律本身應該要常態下都能成立，因為白努力定律的成立條件幾乎要在理想狀態下才能成立，所以白努力定律應該要被解釋成白努力方程式，白努力定律強調的特性有流體的不可壓縮性、流體本身沒有黏滯性、是穩流及流體沒有渦流，因為白努力方程式的應用在飛行中的航空器無法解釋渦流產生 ( 如圖：3 )，所以應該要偏向使用康達效應來解釋航空器機翼生力的產生。飛機機翼升力的原因，皆由上一段論述我們可以得知康達效應相較於白努利方程式在解釋機翼的升力有更好的說服力。這項實驗可以看出：原來機翼是沿途把具有質量的空氣向下引導，而維持向上的升力。空氣被引導向下流動之後，不會一路向下流去，而是受到更下方空氣之作用力而向上捲起，以更順利的將更多的空氣向下方帶動，使空氣向下的動量變化更大，所以產生更大的升力。

(毛駿騰, 2021)



圖： 2

(周鍵恆, 2019)

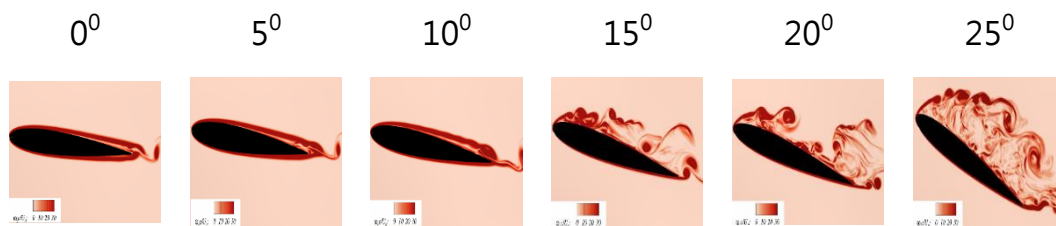


圖： 3

( 2 ) 了解機翼與飛行姿態之關係，並且進行後續研究。

角度文獻資料：我們在查找途中發現到在深動態失速下俯仰翼型周圍流場的表示。如錯誤！找不到參照來源。展示了在俯仰運動期間如何形成大規模前緣渦流，以及由於在達到最大俯仰角之前形成的後緣渦流，在實體飛行模擬過程我們也測量每 5 度對於機翼的流體運動。

圖： 4 模擬各角度對於機翼升力所造成的攻角引響



圖： 4

(Digital Engineering, 2017)

當機翼不能順利地將空氣向下方帶動的時候，就會發生失速 ( stall )，失速的前兆有產生機翼震顫 ( buffet )，以警示飛行員當前的飛行姿態需要立即調整。

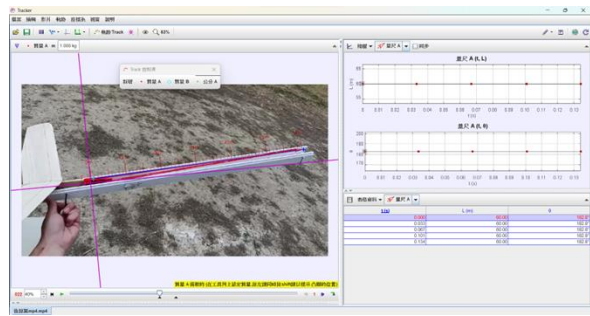
測量時須先訂下此機翼模型與風速之相對角度，這個角度稱之為攻角 ( Angle of Attack )，升力之大小隨攻角的角度而定，C<sub>L</sub> 曲線隨攻角，而變。同樣的理由，機翼所受到的阻力，D，與升力亦成 90°角，阻力是與風速氣流方向相同的，亦是可以在風洞中量取的，其結果亦顯示在。即阻力係數 C<sub>D</sub>，亦為攻角之函數。我們顯示了所謂升力與阻力比 L/D，這個參數十分

有用，它顯示了這個機翼設計的好壞，同時亦提供了在飛行時操作的選擇，如飛行員可以選擇設定最佳化的攻角，來獲得最佳的 L/D。

### (三) 方案發展

#### (1) 自製發射器與 Tracker 測量初速度

我們為了測量不同角度，而求出數據的差異性，我們先鎖定發射長度為 600 mm、可以拉動 5 公斤的力，原因在於飛機發射前有著起飛時，模擬人在拉彈弓的距離，也是為了讓我們可以用 Tracker 更好測量起飛時個機型的不同出速度之數值（如圖：5）



圖：5

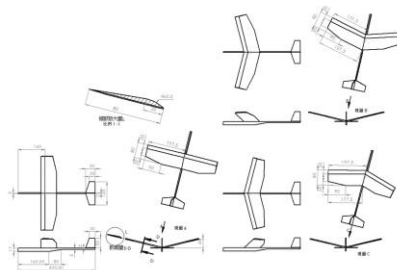
#### (2) 風速計測量當天風速情況



圖：6

測量時，我們要避免因場地的當下的風擾亂實驗過程，所以場地探勘小組，會時常測量當天的風速（如圖：6），假如風速高達 2m/s<sup>2</sup>，這情況的下去測試時，研究組的帶測物容易遭受風的擾流，從而影響實驗結果。

#### (3) solidworks 繪製工程圖紙



圖：7 (研究團隊自行繪製)

在製作手擲機之前，我們先以 solidworks 打草稿如下方有三台飛機版型（如圖：7），是為了實驗各機翼不同的板形情況（solidworks 繪製工程圖紙）下測量數據再多加數值的準確性。

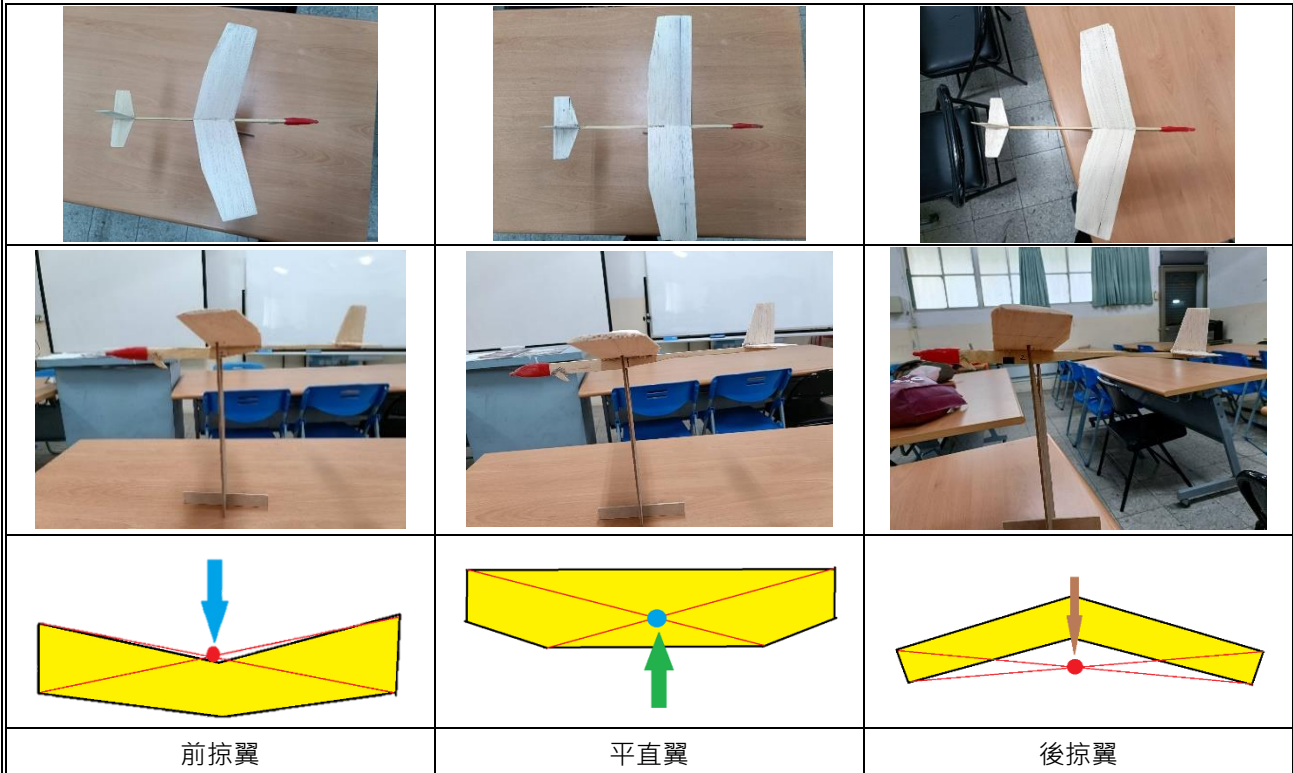
#### (4) 材料選擇（如表：1）

表：1

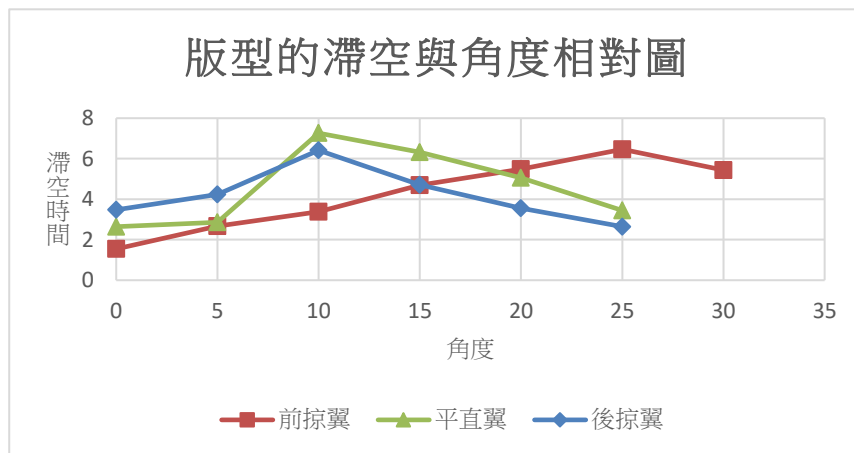
	巴爾莎木 (機翼)	巴爾莎木 (尾翼)	白楊木 (機身)
厚度 (mm)	5	2	6
長度 (mm)	400	120	400
寬度 (mm)	80	80	25

(5) 實作成品 (如表：2)

表：2



(6) 實際飛行量測滯空時間 (如圖：8)



圖：8

前掠翼的角度和滯空都是有向上延伸的（如圖：8），但是當角度在 30 度時滯空時間就有略為下降，原因主要在於機翼是向前延伸的關係，這樣就等於又有幾個施力點又增加機頭重量，使其手擲機更容易因為機頭變重而飛機下降的速度變快了。

平直翼的角度和滯空在 10 度是最持久（如圖：8），其原因在於因為升力的產生效率較高所以時常導致攻角向上超過 25 度然後導致失速的現象產生，所以角度越高持久力不會太久

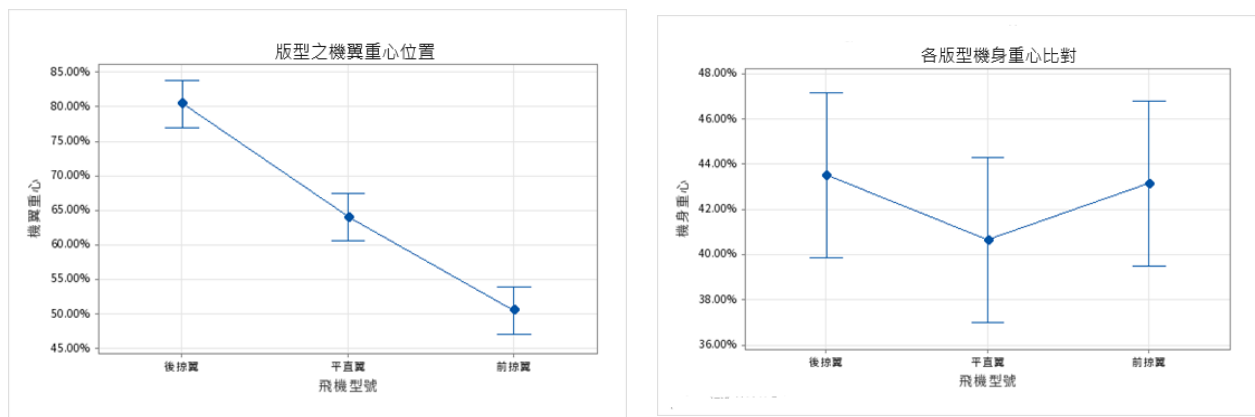
後掠翼的角度和滯空在 10-15 度之間是比較持久的（如圖：8），其原因主要在於機翼是向後延伸，這樣就等於又有幾個施力點又增加尾翼重量，容易造成一邊抬機頭一邊下降。

## 五、結論與生活應用

### （一）手擲機滯空時間研究結論

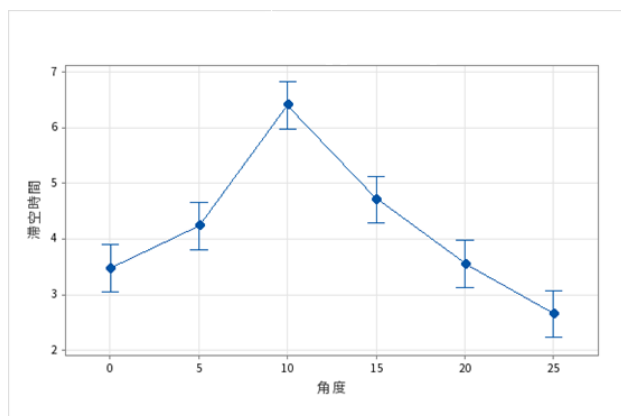
（1）團隊所設計起飛架，經過TRACKER分析能使手擲機擁有 $2.4\text{M/s}^2$ 的初始速度。

（2）製作精準度佳，在機身與機翼的重心對比下，不同機型有顯著差異。



圖：9

（3）平直翼的飛行姿態以 10 度最為合適，且經過統計分析  $P < 0.05$ ，與其他兩者有顯著差異

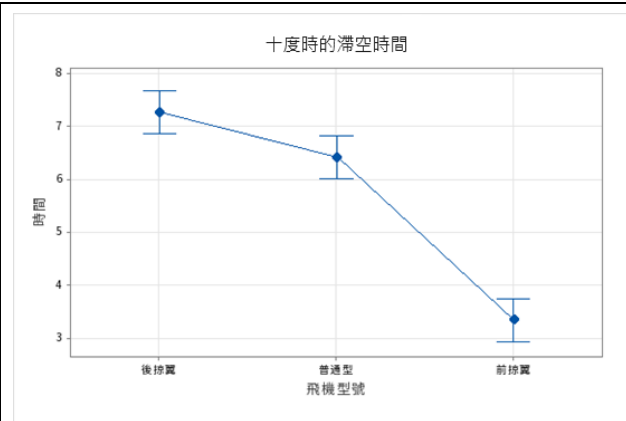


圖：10

測試的過程中，風速與發射起始高度都有影響，測試中發現即使 0 度，但因為有發射器的高度，所以手擲機會像滑翔翼一樣慢慢下滑，氣與機翼形成一些康達效應的現象，所以手擲機即使在 0 度時還是有升力的存在，但是手擲機本身的重量卻大於升力，所以造成飛機無法抬升，15 度往後的數值慢慢下滑，在於這架飛機的版型，因為重量平均與另外兩架的特殊機翼不同以（圖：8）為例：十度時有兩架手擲機，的滯空時間都剛好有，所以 10 度為平直翼的最佳飛行姿態也是有依據的（圖：10）。

（4）三種機型中後掠翼擁有較佳的滯空時間，且經統計分析  $P < 0.05$ ，與其他兩者有顯著差

異



圖： 11

前掠翼：缺點：像（表：2）所述因機頭加重的關係，導致 10 度時前掠翼下降夠快。  
改進方案：改變水平尾翼將其向上搬動。

平直翼：缺點：像（表：2）飛機因重量平均，所以稍微有變動會造成許多變因。  
改進方案：將配重調配於中間慢慢修改。

後掠翼：缺點：像（表：2）後方加重問題，導致飛機容易向後仰，雖然是手擲機，但實驗時這個也是一個要排除因素。  
改進方案：機頭加重，使其平衡。

## （二）康達效應在生活中的應用

我們在科學教育博物館上看見一部影片

剛開始講述以熱水壺，來讓乒乓球移動，原理為：液體沿著乒乓球的表面，因康達效應的緣故，水會對著乒乓球做一個吸力，從而做出遠端控制乒乓球效果。

所以下方在日常生活中也做出其他例子：

1. 每天都會見到的水龍頭和湯匙，湯匙比較彎曲的這面去碰觸水流，水流會沿著湯匙的彎曲面而改變流動的方向。
2. 快速通過的列車對人會產生康達效應，應站在黃線內，避免人被火車的尾流吸入導致落軌。
3. 吸塵器原理與康達效應有關，當空氣的氣流沿著灰塵，也將形成吸力，將灰塵吸入吸塵器。

### 參考資料

毛駿騰. (2021). 航空器概論. 台科大圖書股份有限公司.

Digital Engineering, E. a. (Director). (2017). *Large eddy simulation of a pitching airfoil undergoing deep dynamic stall* [Motion Picture].

周鑑恆. (2019年9月). 升力的實驗. 升力的實驗, 頁 47-49

(國立臺灣科學教育館【科學演示】康達來了, 2021)YouTube :

<https://lurl.cc/L1abhB>