

# 2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

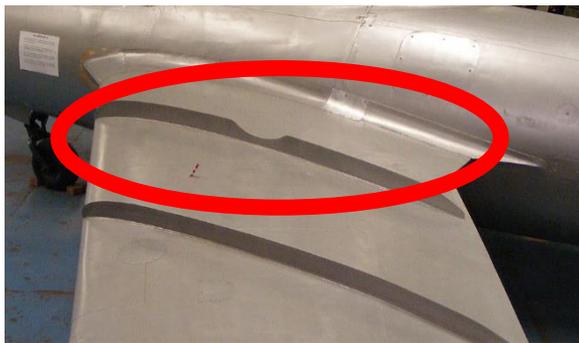
<b>題目名稱：紙飛機翼刀對失速倒轉的影響</b>
<b>一、摘要</b>
本研究對遠哲科學競賽的活動進行延伸，探討紙飛機翼刀對失速倒轉的影響。我們首先探討失速倒轉的原理，接著自行設計紙飛機與發射架，並透過試作選擇翼刀的長度、高度、與翼面夾角作為變因，研究結果顯示，翼刀的長度及與翼面夾角跟失速倒轉的距離、高度均呈正相關，而翼刀的高度跟失速倒轉的距離、高度均呈負相關。
<b>二、探究題目與動機</b>
今年參加遠哲科學競賽，學到了不一樣的紙飛機摺法：在飛機上加裝「翼刀」，可以讓紙飛機做出「失速倒轉」的動作。我們希望能深入探討翼刀對失速倒轉的影響。
<b>三、探究目的與假設</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. 探討翼刀的功能與相關飛行原理。</li><li>2. 製作能失速倒轉的紙飛機及發射架。</li><li>3. 探討翼刀的長度與紙飛機失速倒轉的關係。</li><li>4. 探討翼刀的高度與紙飛機失速倒轉的關係。</li><li>5. 探討翼刀與翼面的夾角與紙飛機失速倒轉的關係。</li></ol>
<b>四、探究方法與驗證步驟</b>
<b>(一) 文獻探討</b>
<b>翼刀：</b> 翼刀(wing fence)是早期機翼面上的整流結構，如圖 1。當飛機高速飛行時，翼面上的氣流會在機翼末梢分離成紊流，造成滾轉力矩並降低升力。安裝翼刀後，翼面氣流受到整束，可有效降低紊流的影響。

<b>圖 1：翼刀結構</b>
<b>失速：</b> 當飛機升力增加、機頭上揚時，機翼攻角(angle of attack)會增加，達到臨界值後，氣流產生的升力突然減小，使飛機瞬間失去升力而下沉，稱為失速(stall)，如圖 2。發生失速時，飛機會快速失去高度，其解方是立刻將機頭下壓重新獲得升力。



圖 2：即將進入失速狀態的民航機

**倒轉飛行**：部分特技飛機可以進行「上下倒轉」飛行(flying inverted)·如圖 3·其條件是機翼上下方都有穩定的整流結構(如翼刀)·以及機翼上下弧度對稱均勻。倒轉飛行時·翼端帆等整流結構對飛機的影響仍然存在。



圖 3：倒轉飛行中的特技飛機

## (二) 研究設備與器材

表 1：研究設備與器材表

項目	數量	項目	數量
裁紙機	1 臺	熱熔槍	1 支
Tracker 軟體	1 套	熱熔膠	10 條
筆記型電腦	3 臺	細透明膠帶	3 捲
手機	3 支	細雙面膠帶	4 捲
手機架	1 支	30 公分直尺	2 支
課桌椅	3 套	捲尺	1 把
70 磅 A4 白紙	500 張	量角器	1 個
80 磅 A4 白紙	500 張	竹筷	30 雙
80 磅 A4 色紙	20 張	迴紋針	1 打
紙箱	3 個	橡皮筋	1 包

## (三) 研究流程

1. 進行文獻探討·了解翼刀與失速倒轉的原理。
2. 透過多次嘗試·觀察影響失速倒轉的因素·設定研究變因。
3. 尋找適當的研究環境。
4. 製作發射架。
5. 製作具有不同長度的翼刀的紙飛機。
6. 製作具有不同高度的翼刀的紙飛機。

7. 製作具有不同與翼面夾角的翼刀的紙飛機。
8. 利用 Tracker 打點記錄飛行軌跡。
9. 分析數據並製作圖表。
10. 撰寫研究報告。

#### (四) 紙飛機製作

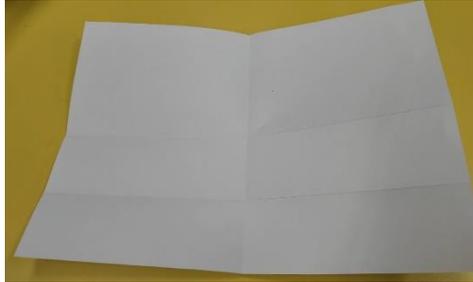


圖 4：第一步：先把 A4 紙直摺一次，再橫摺兩次。



圖 5：第二步：在摺紙的邊緣摺出一個三角形。



圖 6：第三步：把下面的紙往上對摺，對準上面的三角形，距離三角形尖端 0.5 公分。



圖 7：第四步：把第三步往下壓後摺出，另一邊也相同。



圖 8：第五步：中間攤開後，摺出機翼上面的角往下摺，旁邊往下摺三摺。



圖 9：第六步：摺出中軸，使前端較小，往後端漸漸變高。



圖 10：第七步：將縫隙以雙面膠黏合，即為成品。

#### (五) 發射架製作



圖 11：掌上型發射架成品，用以固定發射力道及角度。

#### (六) 實驗環境



圖 12：發射環境：夜間靜風。溫度：21.8 度。濕度：80.9%。

## 五、結論與生活應用

### (一) 翼刀的長度與紙飛機失速倒轉的關係

由圖 13 中可看出，翼刀長度與紙飛機失速倒轉的距離、高度均呈正相關。此外我們發現，當翼刀長度較短時，紙飛機偶爾會發生「多次倒轉」的現象，來回倒轉直到落地為止。

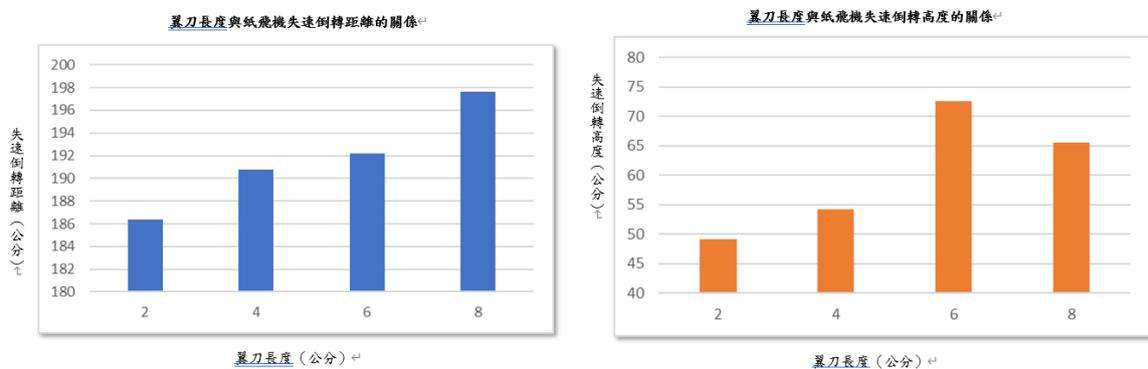


圖 13：翼刀的長度與紙飛機失速倒轉的關係

### (二) 翼刀的高度與紙飛機失速倒轉的關係

由圖 14 中可看出，翼刀高度與紙飛機失速倒轉的距離、高度均呈負相關。比較特別的是，當翼刀高度為 0.2 公分時，紙飛機都有失速現象，但都沒有倒轉。

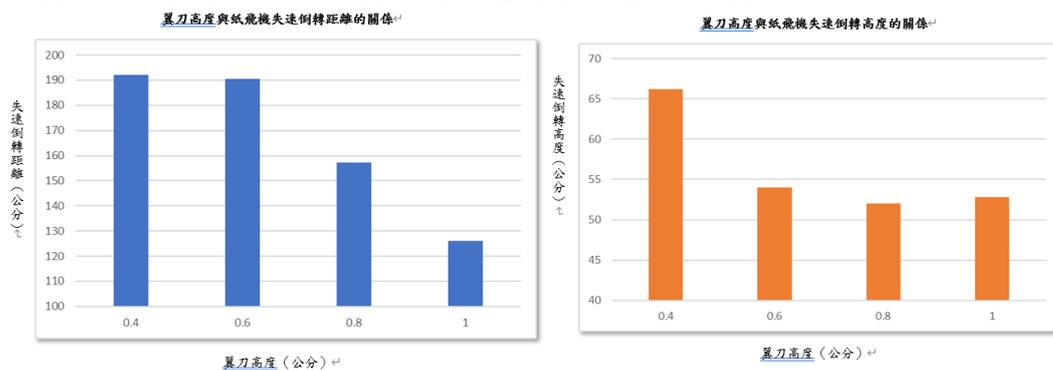


圖 14：翼刀的高度與紙飛機失速倒轉的關係

### (三) 翼刀與翼面的夾角與紙飛機失速倒轉的關係

由圖 15 中可看出，翼刀與翼面的夾角與紙飛機失速倒轉的距離、高度均呈正相關。當翼刀與翼面夾 0 度時，理論上相當於沒有翼刀，但實際上還是會倒轉，所以紙張厚度不應該忽略，未來將深入探討。

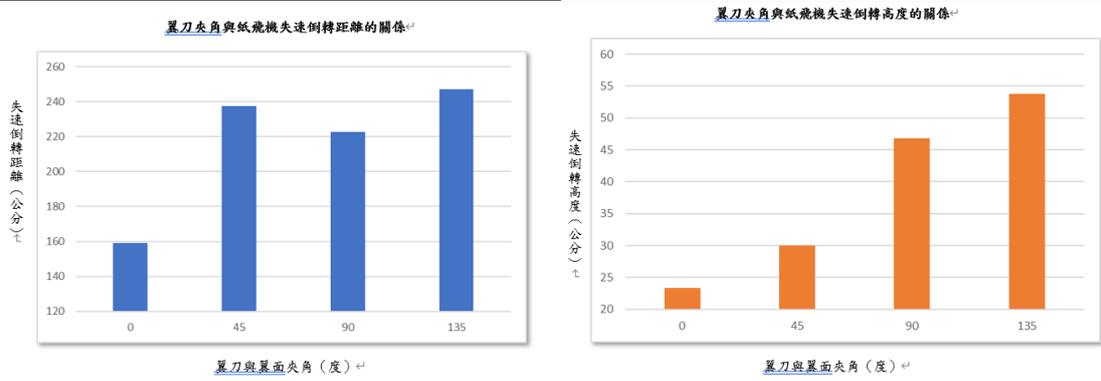


圖 15：翼刀與翼面的夾角與紙飛機失速倒轉的關係

#### (四) 生活應用

最終研究結果整理如下表 2，根據表中可知，當我們要設計紙飛機作為小朋友的玩具時，可以使用有翼刀的設計，紙飛機就會倒轉，飛回發射者的手上，如此就不用一直去撿，還可以重複使用。若不想讓小朋友跑太遠，要使失速倒轉的距離縮短，可以縮短翼刀的長度，或增加翼刀的高度，或減少翼刀與翼面的夾角。如果想讓紙飛機呈現較好的效果，可以反向操作，就能飛得又高又遠。

表 2：研究結果

	翼刀長度	翼刀高度	翼刀與翼面夾角
飛行距離	翼刀長度愈長 飛行距離愈長	翼刀高度愈高 飛行距離愈短	翼刀夾角愈大 飛行距離愈長
飛行高度	翼刀長度愈長 飛行高度愈高	翼刀高度愈高 飛行高度愈矮	翼刀夾角愈大 飛行高度愈高

#### 參考資料

1. 維基百科 (2018)。翼刀。 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/>。
2. 維基百科 (2023)。翼端帆。 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/>。
3. 維基百科 (2023)。鴨翼。 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/>。
4. 遠哲科學文教基金會 (2023)。失速倒轉。