

# 中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 物理科

080121

翼手龍的飛舞

學校名稱：雲林縣北港鎮南陽國民小學

作者：	指導老師：
小六 鄭詠馨	蘇衍丞
小五 鄭楷諭	洪錫欽
小五 洪子芹	
小五 簡子翔	

關鍵詞：滑翔機、風洞

# 作品名稱：翼手龍的飛舞

## 摘要

翼手龍是會飛行的巨大恐龍，擁有相當長的手指用來支撐身體皮翼，形成寬大的翅膀，產生飛行所需的浮升力。

如同翼手龍需要擁有手指支撐的寬大翅膀，一架好的滑翔機必須具備浮升力大的翼面、適當的重心位置、堅固的機身和適當的側翼；但是這些因素都會互相影響，必須找到一個適合滑行的範圍。

由滑翔機的「機身前緣折法」所改變的「機身長度的」和「側翼高度」會影響滑翔機的「滑行姿態」和「滑行平穩度」，進而決定其滑行能力。

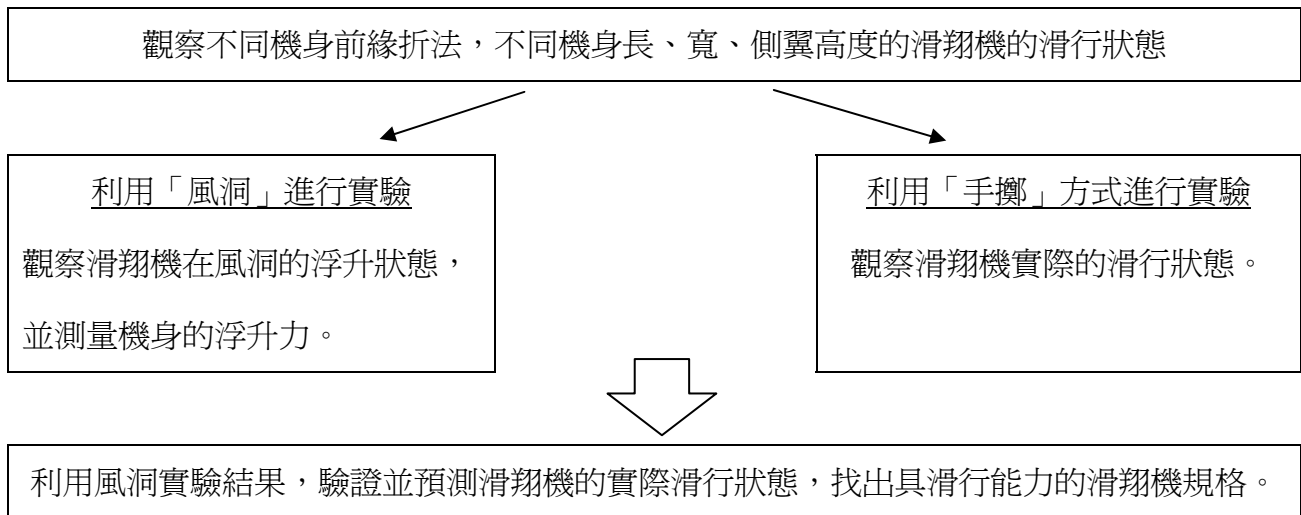
我們利用風洞裝置製造平行流動的空氣，研究滑翔機體的浮力和浮升狀態，以利於驗證並預測滑翔機的實際滑行狀態。另外，我們將「機身長度的」和「側翼高度」對自製滑翔機的滑行結果，設計整理成雙項細目表，方便依循此規則，折出具備滑行能力佳的「翼手龍」。

## 壹、研究動機

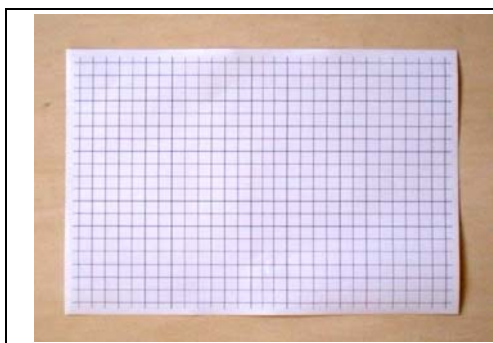
去年學校舉辦校內「飛天翼手龍」滑翔機競賽，材料只有一張紙和一段透明膠帶，誰的翼手龍飛得最遠就是冠軍，每個人都希望他的翼手龍能飛得最遠。

在嘗試自製滑翔機的過程中，我們卻發現並不是翼面積大、浮升力大的機體就能滑行，有些翼面積較小的機體其滑行距離很遠；而且不同機身前緣折法、不同機身長度和側翼高度的滑翔機，其滑行姿態各異。於是讓我們想要研究如何才能摺出滑行能力好的滑翔機，以及了解不同規格滑翔機的滑行姿態。

## 貳、研究目的



## 參、研究設備及器材



(圖 1)



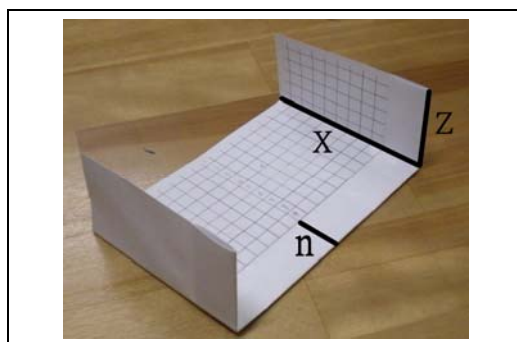
(圖 2)

器材：印有間距 1cm 格線的 91 號 21cm×29.7cm 白色粉彩紙(以下簡稱紙，如圖 1)、透明膠帶、迴紋針。(註：紙重 9.1g、每張紙所需的膠帶重 0.2g、每根迴紋針重 0.42g)

設備：自製風洞裝置(附件一)、工業用電扇、攝影機、數位相機、碼錶。(圖 2)

光影魔術手軟體(測量浮升仰角)。

#### 肆、研究過程

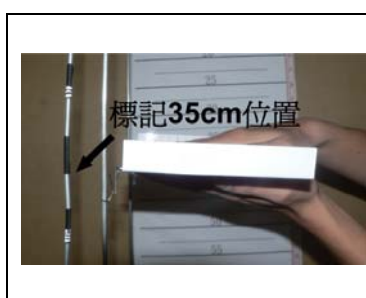


(圖 3)

為方便記錄，我們利用編號表示各機身規格。編號規則如下：(圖 3)

(n,X,Z)表示以每 n 公分為一折連續摺疊，改變機身長度的，機身長度 X 公分，側翼高度 Z 公分。

如：(1,19,2)表示以每 1cm 為 1 折連續折疊，改變機身長度；機身長度 19 cm；側翼高度 2 cm 的滑翔機。



(圖 4)



(圖 5)



(圖 6)

#### 一、編號(1,X,Z)滑翔機在風洞中的飛行狀態

(一) 以每 1 cm 為 1 折連續折疊，將機身長度改變為 19、17、15、13、11、9、7 cm。

(二) 將每種機身長度的紙，各摺出 5 隻側翼高度 2、4、6、8 cm 的滑翔機。

(三) 將滑翔機機身規格進行編號後，依照下面步驟進行實驗。



(四) 重複同樣步驟，分別將機身改成(1,X,4)、(1,X,6)、(1,X,8)。

## 二、編號(2,X,Z)滑翔機在風洞中的飛行

- (一) 以每 2cm 為 1 折連續折疊，將機身長度的紙，摺出側翼高度 2、4、6、8 cm 的滑翔機，重覆實驗一相同步驟進行實驗。
- (二) 將每種機身長度的紙，摺出側翼高度 2、4、6、8 cm 的滑翔機，重覆實驗一相同步驟進行實驗。

## 三、編號(3,X,Z)滑翔機在風洞中的飛行

- (一) 以每 3cm 為 1 折連續折疊，將機身長度的紙，摺出側翼高度 2、4、6、8 cm 的滑翔機，重覆實驗一相同步驟進行實驗。
- (二) 將每種機身長度的紙，摺出側翼高度 2、4、6、8 cm 的滑翔機，重覆實驗一相同步驟進行實驗。

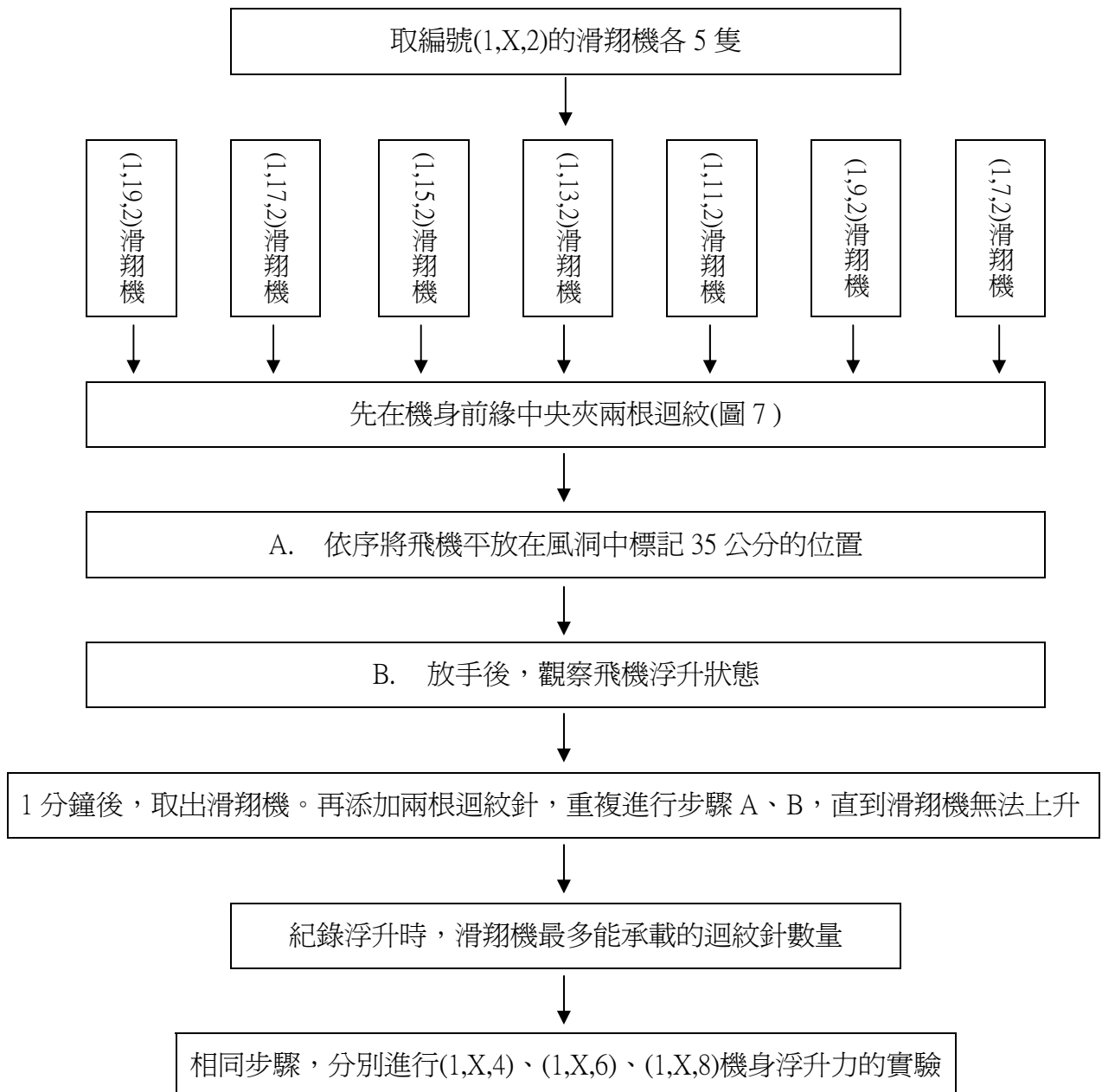
#### 四、滑翔機在風洞中的浮升力



(圖 7)

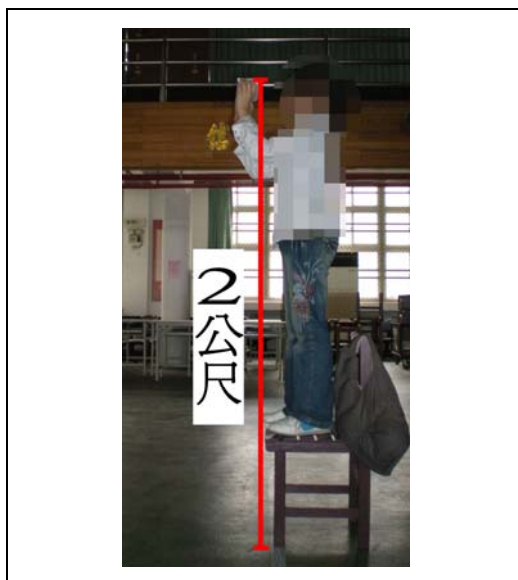
(一) 準備編號(1,X,Z)的滑翔機。

(二) 準備迴紋針，改變滑翔機的載重量，並依照下面步驟進行實驗。



(三) 重複同樣步驟，分別將機身改成(2,X,Z)、(3,X,Z)。

## 五、以手擲方式測試滑翔機



(圖 8)手擲滑翔機(人像已馬賽克處理)

- (一) 在密閉的活動中心內，無風狀態下進行雙手投擲。
- (二) 站上椅子後，依序取不同機身規格的滑翔機，伸長手臂達 2 公尺高，水平射擲滑翔機。(圖 8)
- (三) 觀察滑翔機的飛行姿態，並畫下滑行軌跡。

## 伍、研究結果

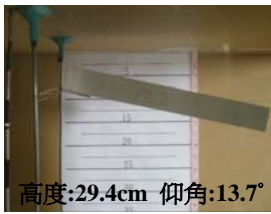
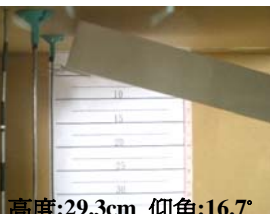

### 一、滑翔機在風洞中的狀態

每種規格編號的滑翔機各有 5 隻，過程中我們重複操作某種相同規格編號的滑翔機，再利用光影魔術手軟體，以每 4 張為間隔方式從 80 張連拍照片中讀取其高度和仰角，捨去最大值、最小值，求得某種規格編號滑翔機的高度和仰角平均值。

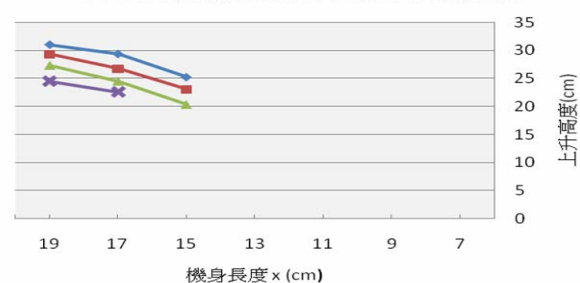
我們利用表一、二、三來記錄 9.3 克重的滑翔機在風洞中的浮升高度、仰角和浮升狀態。由於部分滑翔機在風洞中滑落，所以我們無法在滑翔機穩定的狀態下拍攝照片，故以文字及符號紀錄其狀態。

(一) 每 1 cm 爲一折連續折疊，機身長  $X$  cm，側翼高度  $Z$  cm 的滑翔機在風洞中的狀態

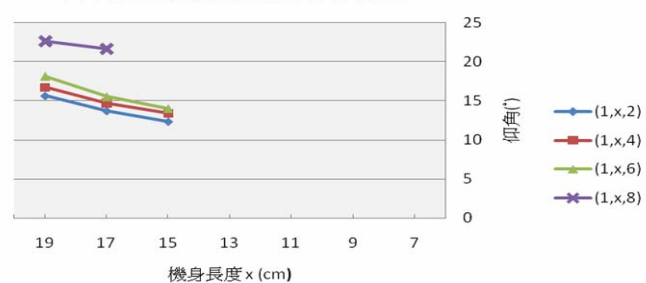
(表一) 編號(1,X,Z)滑翔機在風洞中的浮升狀態。

機身長 X 側翼高 Z	19	17	15	13	11	9	7
2	 高度:31.0cm 仰角:15.6°	 高度:29.4cm 仰角:13.7°	 高度:25.3cm 仰角:12.3°	先上升再緩慢滑落，滑落過程停滯	↓ —	↓	↓
4	 高度:29.3cm 仰角:16.7°	 高度:26.8cm 仰角:14.7°	 高度:23.1cm 仰角:13.4°	先上升再緩慢滑落，滑落過程停滯	↓ —	↓	↓
6	 高度:27.3cm 仰角:18.1°	 高度:24.5cm 仰角:15.5°	 高度:20.4cm 仰角:14.0°		↓ —	↓	↓
8	 高度:24.5cm 仰角:22.6°	 高度:22.6cm 仰角:21.6°		先上升再緩慢滑落，滑落過程停滯	↓ —	↓	↓
備註	1. 浮升高度表示滑翔機於風洞中標記 35 公分的位置放手後，上升的距離。 2. 仰角表示滑翔機翼面與水平的夾角。 3. “↓”表示滑翔機在風洞實驗中直接滑落，“—”表示滑落過程中會短暫停滯。						

(1,X,Z)的滑翔機在風洞中的上升高度變化



(1,X,Z)的滑翔機在風洞中的仰角變化

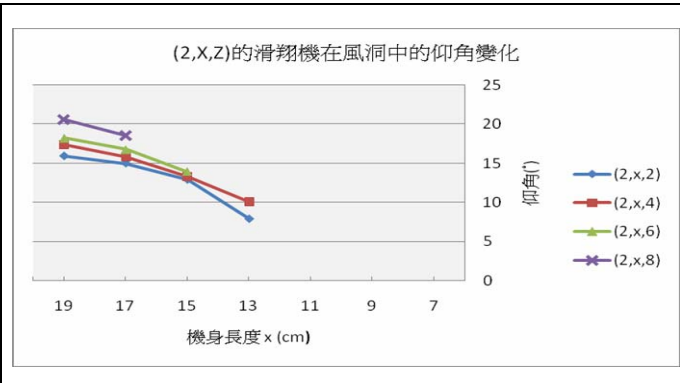
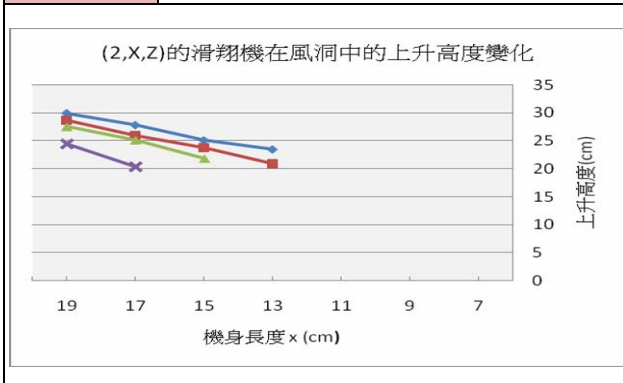




(二) 每 2 cm 為一折連續折疊，機身長  $X$  cm，側翼高度  $Z$  cm 的滑翔機在風洞中的狀態





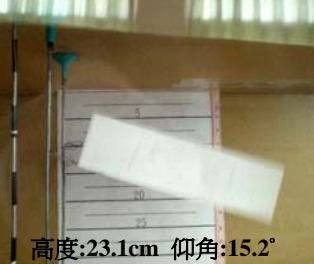




(表二) 編號(2,X,Z)滑翔機在風洞中的浮升狀態。

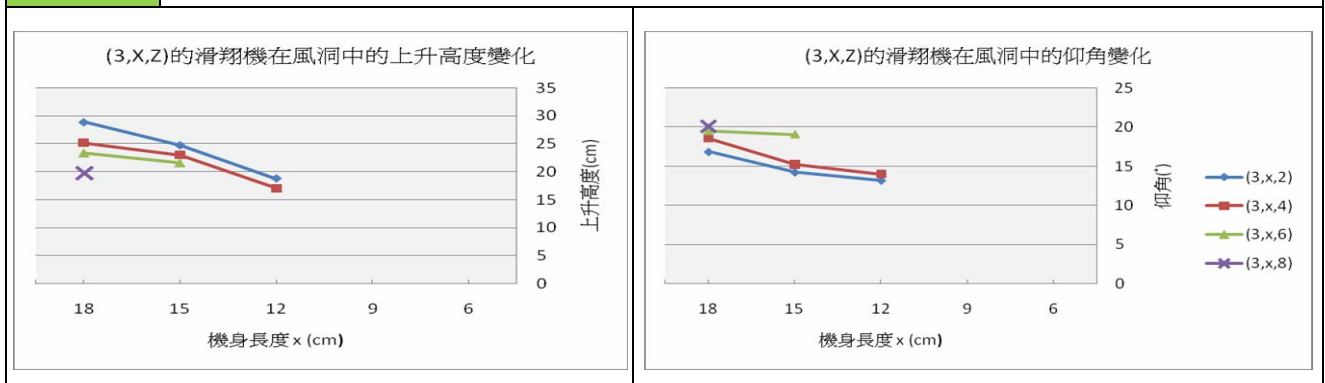
機身長 X 側翼高 Z	19	17	15	13	11	9	7	
2	 高度:29.9cm 仰角:15.9°	 高度:27.8cm 仰角:15.0°	 高度:25.1cm 仰角:12.9°	 高度:23.5cm 仰角:7.9°	↓ —	↓ —	↓	
4	 高度:28.6cm 仰角:17.4°	 高度:25.9cm 仰角:15.8°	 高度:23.8cm 仰角:13.3°	 高度:20.8cm 仰角:10.1°	↓ —	↓	↓	
6	 高度:27.5cm 仰角:18.2°	 高度:25.1cm 仰角:16.7°	 高度:21.8cm 仰角:13.9°	先上升再緩慢滑落， 滑落過程停滯		↓ —	↓	↓
8	 高度:24.5cm 仰角:20.6°	 高度:20.3cm 仰角:18.6°	先上升再緩慢滑落， 滑落過程停滯		↓ —	↓	↓	↓
備註	1. 浮升高度表示滑翔機於風洞中標記 35 公分的位置放手後，上升的距離。 2. 仰角表示滑翔機翼面與水平的夾角。 3. “↓”表示滑翔機在風洞實驗中直接滑落，“—”表示滑落過程中會短暫停滯。							



(三) 每 3 cm 爲一折連續折疊，機身長  $X$  cm，側翼高度  $Z$  cm 的滑翔機在風洞中的狀態

(表三) 編號(3,X,Z)滑翔機在風洞中的浮升狀態。

機身長 X 側翼高 Z	18	15	12	9	6
2	 高度:28.9cm 仰角:16.8°	 高度:24.8cm 仰角:14.2°	 高度:18.8cm 仰角:13.2°	↓ —	↓
4	 高度:25.2cm 仰角:18.5°	 高度:23.1cm 仰角:15.2°	 高度:17.1cm 仰角:14.0°	↓ —	↓
6	 高度:23.4cm 仰角:19.5°	 高度:21.6cm 仰角:19.0°	先上升再緩慢滑落，滑落過程停滯		
8	 高度:19.8cm 仰角:20.1°	先上升再緩慢滑落，滑落過程停滯		↓ —	↓
備註	1. 浮升高度表示滑翔機於風洞中標記 35 公分的位置放手後，上升的距離。 2. 仰角表示滑翔機翼面與水平的夾角。 3. “↓”表示滑翔機在風洞實驗中直接滑落，“—”表示滑落過程中會短暫停滯。				



(四) 不論機身前緣是以 1 cm、2 cm 或 3 cm 為一折方式連續折疊，我們觀察到：

1. 隨著翼面積變小（機身長度的減少和側翼高度的增加），滑翔機在風洞中的浮升高度逐漸降低，甚至不會浮升。
2. 當機身長度越長，側翼高度越高，浮升的仰角越大。
3. 側翼高度 6、8 cm 的滑翔機浮升時，機身左右側容易出現不穩、上下搖晃。

## 二、滑翔機的浮升力

我們定義滑翔機的浮升力為：在風洞中浮升時，空機身重加上最多能承載的迴紋針重量。算法如下：

空機身9.3g重；每根迴紋針0.42g重；浮升時，最多能承載的迴紋針數量s根，s=2,4,6,8,……	
<p>1. 最多能乘載s根迴紋針，只要再多放2根迴紋針，滑翔機便快速滑落：</p> $9.30 + 0.42 \times (s + 2) > \text{浮升力} > 9.30 + 0.42 \times s$ <p>2. 最多能乘載s根迴紋針的滑翔機，先浮升再緩慢滑落，滑落過程停滯：</p> $\text{浮升力} \doteq 9.30 + 0.42 \times s$	
備註	<p>1. 我們是以每次添加2根迴紋針的方式改變滑翔機的乘載量，而且因為風洞實驗裝置中的滑翔機原本就夾有2根迴紋針，因此s=2,4,6,8,……</p> <p>2. 乘載s根迴紋針的滑翔機能浮升起來，但又緩慢滑落，滑落過程會停滯，表示其浮升力會與機身總重量達成平衡，因此我們認為</p> $\text{浮升力} \doteq (9.30 + 0.42 \times s) \text{克重}$ <p>3. 當沒有額外乘載迴紋針的滑翔機無法浮升時，我們知道其浮升力小於機身重量。但因為實驗器材限制，無法減少迴紋針數量來測量浮升力，所以我們用“~”符號表示。</p>

### (一) 風洞中，編號(1,X,Z)滑翔機的浮升力

(表四) 編號(1,X,Z)滑翔機在風洞中的浮升力F(克重)。

機身長 X 側翼高 Z	19	17	15	13	11	9	7
2	16.86 > F > 16.02 (*16)	16.02 > F > 15.18 (14)	13.50 > F > 12.66 (8)	F $\doteq$ 10.14 (2)	~	~	~
4	16.02 > F > 15.18 (14)	F $\doteq$ 14.34 (12)	F $\doteq$ 11.82 (6)	F $\doteq$ 10.14 (2)	~	~	~
6	14.34 > F > 13.50 (10)	13.50 > F > 12.66 (8)	10.98 > F > 10.14 (2)	~	~	~	~
8	F $\doteq$ 11.82 (6)	F $\doteq$ 10.14 (2)	F $\doteq$ 10.14 (2)	~	~	~	~
備註	* 表示浮升時，滑翔機最多能承載的迴紋針數量s根						

(二) 風洞中，編號(2,X,Z)滑翔機的浮升力

(表五) 編號(2,X,Z)滑翔機在風洞中的浮升力 F (克重)。

機身長 X 側翼高 Z	19	17	15	13	11	9	7
2	16.86 > F > 16.02 (16)	15.02 > F > 15.18 (14)	14.34 > F > 13.50 (10)	11.82 > F > 10.98 (4)	~	~	~
4	F = 14.34 (12)	14.34 > F > 13.50 (10)	13.50 > F > 12.66 (8)	10.98 > F > 10.14 (2)	~	~	~
6	14.34 > F > 13.50 (10)	13.50 > F > 12.66 (8)	10.98 > F > 10.14 (2)	F = 10.14 (2)	~	~	~
8	11.82 > F > 10.98 (4)	10.98 > F > 10.14 (2)	F = 10.14 (2)	~	~	~	~

(三) 風洞中，編號(3,X,Z)滑翔機的浮升力





(表六) 編號(3,X,Z)滑翔機在風洞中的浮升力 F (克重)。

機身長 X 側翼高 Z	18	15	12	9	6
2	16.02 > F > 15.18 (14)	13.50 > F > 12.66 (8)	11.82 > F > 10.98 (4)	~	~
4	15.18 > F > 14.34 (12)	12.66 > F > 11.82 (6)	10.98 > F > 10.14 (2)	~	~
6	13.50 > F > 12.66 (8)	11.82 > F > 10.98 (4)	F = 10.14 (2)	~	~
8	11.82 > F > 10.98 (4)	F = 10.14 (2)	~	~	~

(四) 不論機身前緣是以 1 cm、2 cm 或 3 cm 為一折方式連續折疊，滑翔機的浮升力隨著翼面積變小（機身長減少、側翼高度增加）而減少。













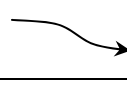












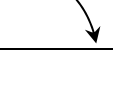


### 三、以手擲方式測試滑翔機的飛行

利用下列符號表示重複 10 次手擲滑翔機的滑行姿態：

1.  表示往上竄升，不會往前滑落。
2.  表示往前水平滑行。
3.  表示短暫水平滑行後，開始拋物線滑落並滑行直至落地。
4.  表示拋物線落下。





























#### (一) 手擲測試編號(1,X,Z)滑翔機的滑行

(表七) 編號(1,X,Z)滑翔機的滑行狀態。

機身長 X cm 側翼高 Z cm	19	17	15	13	11	9	7
2							
4							
6							
8							




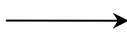




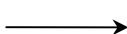











#### (二) 手擲測試編號(2,X,Z)滑翔機的滑行

(表八) 編號(2,X,Z)滑翔機的滑行狀態。

機身長 X cm 側翼高 Z cm	19	17	15	13	11	9	7
2							
4							
6							
8							

(三) 手擲測試編號(3,X,Z)滑翔機的滑行

(表九) 編號(3,X,Z)滑翔機的滑行狀態。

機身長 X cm 側翼高 Z cm	18	15	12	9	6
2					
4					
6					
8					

- (四) 1. 翼面積越大，越容易向上竄升；反之，容易拋物線落下。
2. 相同機身長，機身前緣以每 1 cm 為一折方式連續摺疊的機體，手擲滑行時，滑行速度較快，較平穩，滑行距離較遠；以每 3 cm 為一折方式連續摺疊的機體，在滑行時，速度較慢，較不平穩，滑行距離較近。
3. 側翼高度 (Z 值) 6、8 cm 的滑翔機滑行時，機身左右側容易出現上下搖晃，尤其 (3,X,Z) 的晃動程度較大，甚至會出現翻滾。
4. (1,X,Z) 的滑翔機拋物線滑落時，容易以機首向下觸地的方式墜地。
5. (3,X,Z) 的滑翔機滑行時，機尾容易出現上下擺動。機身長越短，擺動越快越明顯。

## 陸、討論

一、進行實驗之前，我們試擲些許不同規格的滑翔機，知道不同「機身前緣折法」所改變的「機身長度的」和「側翼高度」會改變「浮升力」、「重心位置」、「機身堅固程度」，影響「滑行姿態」和「滑行平穩度」，決定滑翔機的滑行能力，所以我們決定針對「機身長度的」和「側翼高度」兩個變項進行實驗。

### 二、滑翔機在風洞中的狀態

#### (一) 浮升仰角

(表十) 水平重心距離滑翔機機身前端中心的位置(cm)。

以 1cm 方 式折機首	機身長 cm	19	17	15	13	11	9	7
	重心位置 cm	8.5	7.0	5.5	4.0	3.0	2.5	1.5
以 2cm 方 式折機首	機身長 cm	19	17	15	13	11	9	7
	重心位置 cm	8.5	7.0	5.5	4.5	3.5	2.5	1.5
以 3cm 方 式折機首	機身長 cm	18	15	12	9	6		
	重心位置 cm	8.0	5.5	4.0	3.0	2.0		
風洞實驗仰角大小		大 ←————→ 小						
手擲滑行姿態		向上竄升 ←————→ 拋物線下墜						

機身重心位置會影響機首和機尾浮升時的相對位置，重心位置離機身前端越遠，機首會朝上，機尾會朝下(見參考資料 1)。我們使用一支鉛筆支撐滑翔機，找出其水平重心位置(表十)，發現：

1. 機身長度的較長的滑翔機，因為機首折疊次數少，機首重量比較輕，尾部重量比較重，重心位置距離機身前端較遠，所以浮升時機首朝上，機尾向下，浮升仰角較大(見表一、二、三)；機身長度的較短的滑翔機，因為重心位置靠近機身前端，所以浮升仰角變小。
2. 測量滑翔機浮升力時，因為使用迴紋針增加機身前緣重量，使得重心位置往機身前端移動，所以仰角會變小。



## (二) 浮升高度





翼面積越大的滑翔機(機身越長，側翼高度越低)，因為具有較大的浮升力(表四、五、六)，所以向上浮升速度越快，浮升高度越高。反之，則因為浮升力小，浮升高度降低，甚至不會浮升。

## 三、以手擲方式測試滑翔機的飛行

(一) 在風洞中浮升高度越高的滑翔機，手擲時並沒有因為具備較大的浮升力而滑行狀況良好。

(二) 「風洞實驗」和「手擲實驗」的結果具關聯性，可以利用「風洞實驗」的結果解釋並預測手擲滑翔機的實際飛行狀況。(表十一)

(表十一) 滑翔機在風洞中與手擲實驗結果對照。

風洞實驗結果	手擲實驗結果
1. 浮升至某一平均高度。或先浮升，再緩慢滑落。	 水平擲出後，向上竄升。
2. 直接滑落，滑落過程短暫停滯。	 水平擲出後，往前水平滑行。
3. 快速滑落，滑落過程沒有停滯。	 水平擲出後，拋物線落下。在風洞中的滑  落速度越快，手擲時越容易墜落，不易滑 行。

1. (1) 在風洞中浮升至一定高度的滑翔機，具有較大的浮升力，所以手擲時，滑翔機會向上竄升。翼面積越大，浮升力越大，竄升高度越高。

(2) 在風洞中的滑翔機的浮升仰角越大，竄升的角度也越大。

2. 在風洞實驗中直接滑落，滑落過程有短暫停滯的滑翔機，浮升力比較小，無法讓滑翔機向上竄升；所以手擲後，會順著施力方向水平滑行；有些甚至會些微上飄後，向前滑行一段距離。

3. (1) 風洞實驗中直接滑落、沒有停滯的滑翔機，代表浮升力不夠讓機身升起。手擲後，不會上升，容易直接以拋物線落下；其滑行能力隨著機翼面積減少而降低。另外也因為機翼前緣折疊次數的增加，使得重心位置靠近機身前端，直接墜地。
  - (2) 丟擲機身長短、機翼面積越小的滑翔機，丟擲越大力，距離越遠。如同丟擲揉過的紙團一樣，並非依靠滑行能力。
4. 我們發現在風洞實驗中，在滑落過程中會短暫停滯的滑翔機，手擲飛行時，不容易出現向上竄升或向下墜落的情形，具有比較好的滑行能力。

(三) 相同機身長短時，機身前緣以每 1 cm 為一折方式連續摺疊的機體，因為折比較多，所以機身前緣比較堅固，滑行速度較快，也比較平穩，滑行能力較好。反之，以每 3 cm 方式連續摺疊的機體，機身前緣比較柔軟不堅固，滑行時，容易搖晃不平穩，滑行能力較差。

#### (四) 側翼高度對滑行的影響

側翼具有平穩滑行的功能，但側翼高度太高會有下面三個缺點：

1. 減少機翼面積，降低浮升力，不易滑行。
2. 側翼容易左右擺動、不堅固，降低滑行平穩度。
3. 側翼接觸風面積較大，滑行時容易受風力不平均的影響，機身出現晃動，造成機身歪斜和翻滾現象，影響滑行。

四、透過「風洞」實驗和「手擲」實驗發現，具備良好滑行能力的滑翔機需要考慮「浮升力」、「重心位置」和「平穩度」：

(一) 浮升力的大小影響滑翔機能否浮升，不易墜落。

1. 翼面積越大(機身長度的越長，側翼高度越低)，浮升力越大，不容易墜落。
2. 翼面積越小(機身長度的越短，側翼高度越高)，浮升力越小，不易滑行，容易墜落。

(二) 滑翔機的重心位置會影響滑行的姿態。

1. 機身長度的越長，機首折疊次數越少，重心遠離機身前端，機首容易向上竄升。
2. 機身長度的越短，機首折疊次數越多，重心靠近機身前端，機首容易向下墜落。

(三) 機身的堅固程度和側翼高度會影響滑行的平穩度。

1. 機首的折疊次數越多，機身越堅固，滑行時越平穩。
2. 側翼高度 2cm 和 4cm 的滑翔機能平穩的滑行。

五、(一) 手擲的力量會影響滑翔機的滑行距離，但手擲的力量很難於手擲實驗加以控制，所以我們固定由一個人手擲滑翔機，盡量控制力量的大小；因此本實驗不討論飛行距離，我們僅就滑翔機的「滑行能力」加以討論。

(二) 雖然不討論飛行距離，但透過實驗仍發現：滑行能力佳的滑翔機，其滑行距離普遍較遠。

## 柒、結論

- 一、滑翔機的滑行能力包含「滑行姿態」和「滑行平穩度」。「機身長度的」和「側翼高度」會改變「浮升力」、「重心位置」、「機身堅固程度」，影響滑翔機滑行能力。
- 二、一架滑行能力佳的滑翔機，需要擁有：浮升力大的翼面、適當的水平重心位置和堅固的機身；但是上述三項條件會互相影響。
- 三、我們將表一、二、三、七、八、九的實驗結果，整理成雙項細目表，來表示不同機身長度的、側翼高度的滑翔機在風洞實驗和實際手擲滑行的狀態(表十二、十三、十四)：

- 表示在風洞中浮升至某一高度；手擲時向上竄升
- ▨ 表示在風洞中浮升至某一高度後滑落；手擲時向上竄升
- 表示在風洞中滑落過程短暫停滯；手擲時往前水平飛行
- 表示在風洞中快速滑落；手擲時呈拋物線落下

(表十二)機身前緣以每 1cm 為一折方式折疊。


機身長 cm \ 側翼高 cm	19	17	15	13	11	9	7
2				▨	■	■	■
4				▨	■		
6				■	■		
8			▨	■	■		

(表十三)機身前緣以每 2cm 為一折方式折疊。

機身長 cm \ 側翼高 cm	19	17	15	13	11	9	7
2					■	■	■
4					■	■	■
6				▨	■		
8			▨	■	■		

(表十四)機身前緣以每 3cm 為一折方式折疊。

機身長 cm \ 側翼高 cm	18	15	12	11	9
2				■	■
4				■	■
6			▨	■	■
8		▨	■	■	■

- (一) 透過表十二、十三、十四，我們可以利用滑翔機在風洞實驗中的浮升情形來預測實際的滑行狀態。在風洞中直接滑落，但滑落過程出現短暫停滯的滑翔機，實際滑行時，具備較佳的滑行能力。
- (二) 我們可以知道某個機身長度和側翼高度的滑翔機，其手擲滑行的狀態。(表十二、十三、十四)
- (三) 我們可以依照  的機身規格範圍，折出具滑行能力的滑翔機。在此範圍內，側翼高度 2cm 和 4 cm 的滑翔機，其飛行較平穩，可以成爲一隻滑行能力佳的翼手龍。(表十二、十三、十四)

## 捌、參考資料及其他

1. 林珈卉、連國甫、曾容君、王筠善、盧冠霖、王聖元。發現一風洞中的柏努力。中華民國第四十四屆中小學科學展覽會作品說明書，國小組物理科(編號：080101)。
2. 公視電視台-遠哲科學競賽 <http://www.pts.org.tw/~web02/science2/p3.htm>

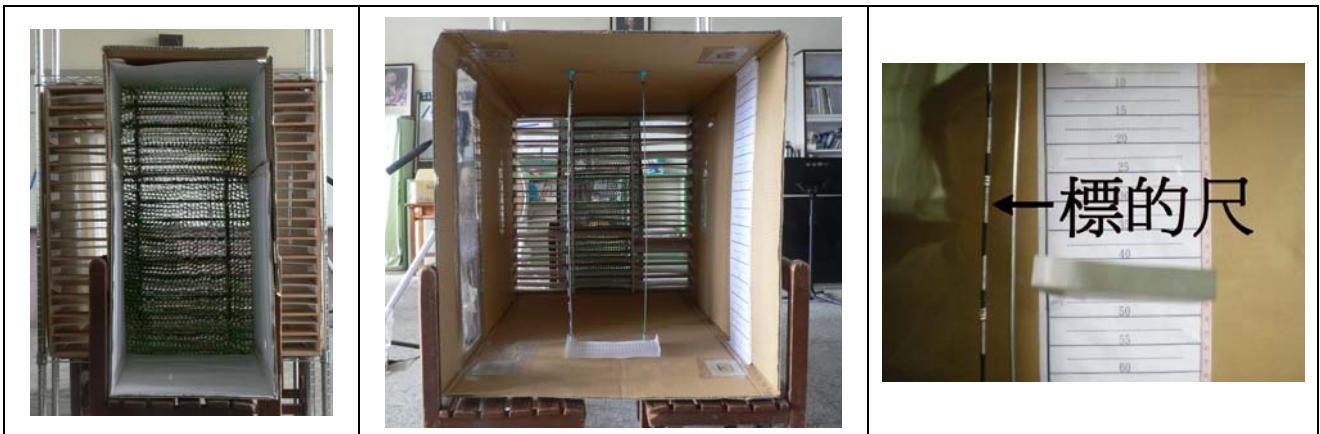
## 附件一

自製風洞設備：

70×70×175 cm的風洞、1馬力的工業電扇、35×70×70 cm的穩流箱、數位相機、攝影機



(圖 9) 風洞實驗器材



(圖 10) 風洞入口

(圖 11) 風洞出口

(圖 12) 標的尺

本次的研究，目的在於透過實驗模擬解釋手擲滑翔機的飛行姿態，找出適合飛行的滑翔機規格，所以我們需要建造風洞來模擬。(圖 9)

我們利用大紙箱，在前端嵌入木板穩流葉片；另外爲了讓風流穩定性提高，又在前端架設一個黏滿吸管的穩流箱改善風流穩定度。(圖 10)

我們在風洞口端繫一條細長線，調整電扇與風洞入口的距離，試運轉結果發現，當風扇距離風洞口 1m 時，長線的穩定度最佳，表示風流狀況最爲穩定。

最後，在風洞內距風洞入口 125 cm 處放置兩根抹油的鐵絲，和黑白相間的標的尺，如此即完成風洞實驗設備。(圖 11、12)

## **【評語】 080121**

實驗結果的歸納有些亂，風洞實驗的進行可多描述。同學們  
很用心進行實驗及觀察態度佳。