

# 機翼浮力的研究

## 高小組物理科第一名

台北市大安區龍安國小

作者：黃樂天、黃聖言

指導教師：莊惠珠

### 一、研究動機

我們對飛機的機型、機種、功用或遙控飛機都非常有興趣，下課常在一起研究飛機，並且常到有飛機類書的書局尋找我們想得到的答案，對書上的幾個問題想用實驗找答案及觀測風洞中葉片浮力情形。

問題一：對遙控飛機入門這本書的 P23，提到「由於翼的迎角加大，揚力和阻力也會增加，但是，迎角在某一角度，使揚力達到頂點，超過這個角度，揚力又開始減少。」對飛機迎角幾度時浮力最大，超過幾度則浮力減少？

問題二：對航空這本書的 P114，圖片顯示 727 客機在起飛和降落時，機翼的前後緣襟翼都會降下，增加機翼的弧度，究竟增加機翼的弧度和浮力有什麼關係？

問題三：對航空世界這本書的 P61、84 翼剖面的進步，對翼剖面形狀不同所產生的浮力又怎樣呢？

### 二、研究目的

- (一) 要了解迎角（葉片和氣流之間的角度）和浮力的關係，及迎角最大不能超過幾度。
- (二) 要了解葉片弧度與浮力的關係。
- (三) 測出翼的上面長度與下面長度對浮力有何關係。
- (四) 速度與浮力有何影響。
- (五) 觀測在風洞中葉片浮力的實際情況。

### 三、研究設備器材

1. 軸流式風扇
2. 碼錶
3. 白鐵皮
4. 鋼條
5. 木板
6. 速乾鋼
7. 木條
8. 保麗龍
9. 毛線
10. 鐵絲網
11. 壓克力
12. 養樂多空瓶

### 四、研究方法、結果、分析與結論

第一組：迎角和浮力的關係

(一)研究方法：

1. 操縱變因：用特殊量角器分別做出  $5^{\circ} \sim 85^{\circ}$  共 17 種不同角度的葉片。

2. 保持不變的變因：

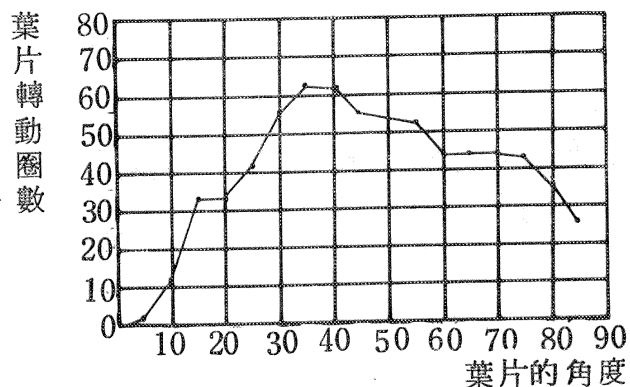
(1) 鐵片：15 cm × 10 cm      (2) 鋼條：19 cm

(3) 風量：每分 1550 轉速，口徑 10.5 cm × 8 cm 的軸流式風扇。

(4) 時間：風扇啓動 10 秒鐘後開始計時 20 秒。

3. 應變的變因：葉片轉動的圈數。

(二)研究結果：



(三)分析：

1. 從  $10^{\circ}$  至  $15^{\circ}$  浮力增加最多 (22 圈)。

2. 葉片的迎角 ( $5^{\circ} \sim 35^{\circ}$ ) 迎角加大，浮力和阻力也加大。

3. 迎角超過 ( $35^{\circ}$ ) 浮力又開始減少，但阻力繼續增加。

(四)結論：

1. 迎角  $15^\circ$  浮力最好。

2. 迎角超過 ( $35^\circ$ )，浮力開始減少，而阻力還繼續增加，會減慢飛行速度。

第二組：葉片的弧度和浮力的關係

(一) 研究方法：

1. 操縱變因：在葉片的水平面上畫弧度的中心位置分爲甲： $\frac{1}{2}$ ，乙： $\frac{1}{3}$ ，丙： $\frac{1}{4}$ ，甲乙丙各小組中心線以  $0.5\text{ mm}$  循序增加的方式畫弧度。

2. 保持不變的變因：

(1) 鐵片：按各弧度的長度。 (2) 鋼條： $19\text{ cm}$

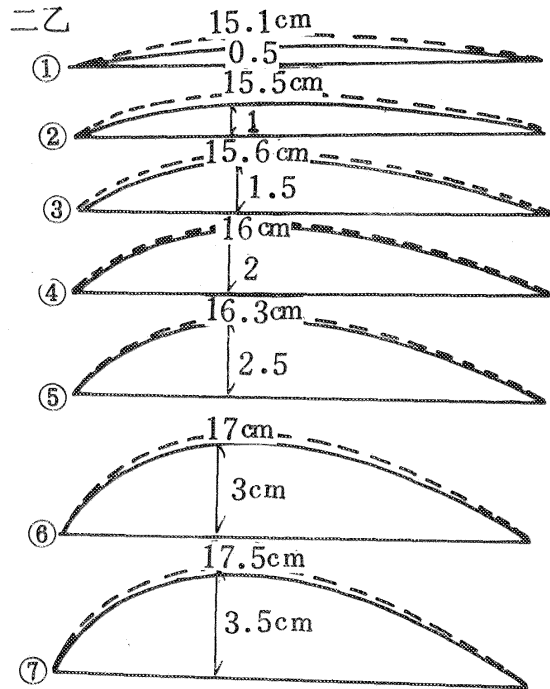
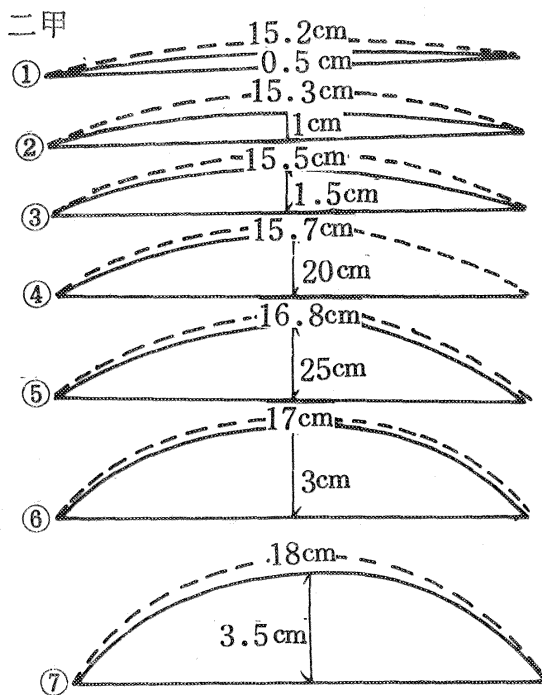
(3) 風量：每分  $1550$  轉速，口徑 ( $10.5\text{ cm} \times 8\text{ cm}$ ) 的軸流式風扇。

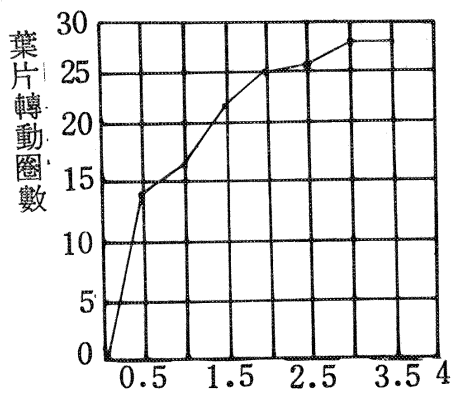
(4) 時間：風扇啓動  $10$  秒後開始計時  $20$  秒。

(5) 葉片角度： $0^\circ$

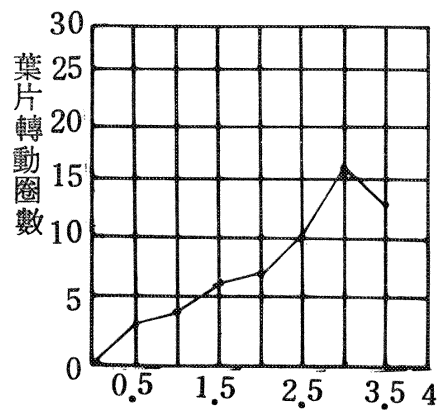
3. 應變的變因：葉片轉動的圈數。

(二) 研究結果：

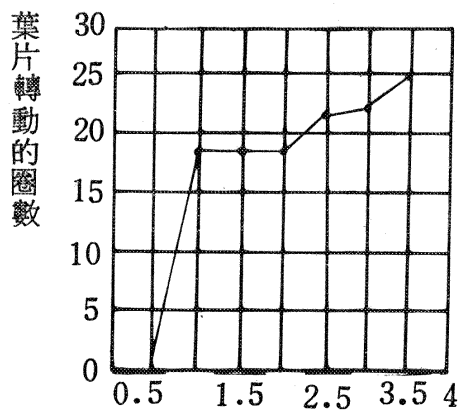




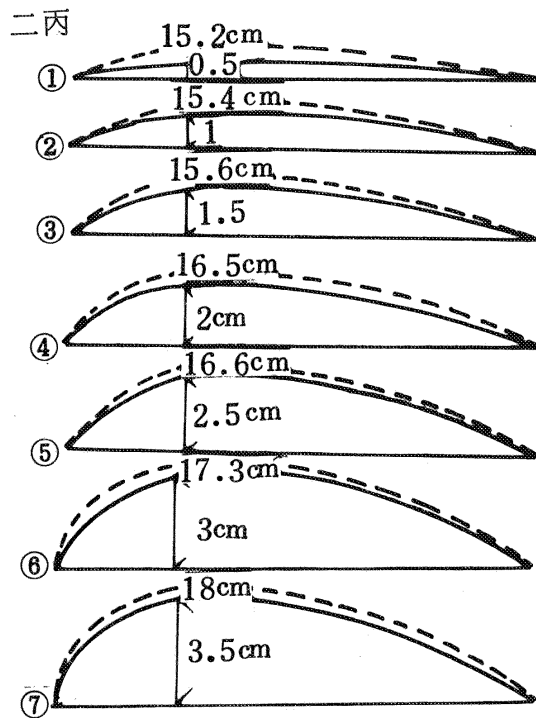
甲： $\frac{1}{2}$ 弧的中心線長度



乙： $\frac{1}{3}$ 弧的中心線長度



丙： $\frac{1}{4}$ 弧的中心線長度



(三)分析：

1. 甲、乙、丙組葉片的弧度都是以中心線長度 3.5 cm 的轉動圈數最多。
2. 甲組（弧度中心線在  $\frac{1}{2}$ ）的浮力比乙、丙組好。

(四)結論：

1. 弧度越大，浮力也越大。

2. 弧度越大，所需的鐵片也越大，會增加葉片的質量。

第三組：翼的上下弧度（上下長度）與浮力的關係

(一) 研究方法：

1. 操縱變因：以  $\frac{1}{2}$  為中心線畫弧度，上下弧度長的比是

甲：17 比 15，乙：17 比 15.2，丙：17 比 16.8

2. 保持不變的變因：

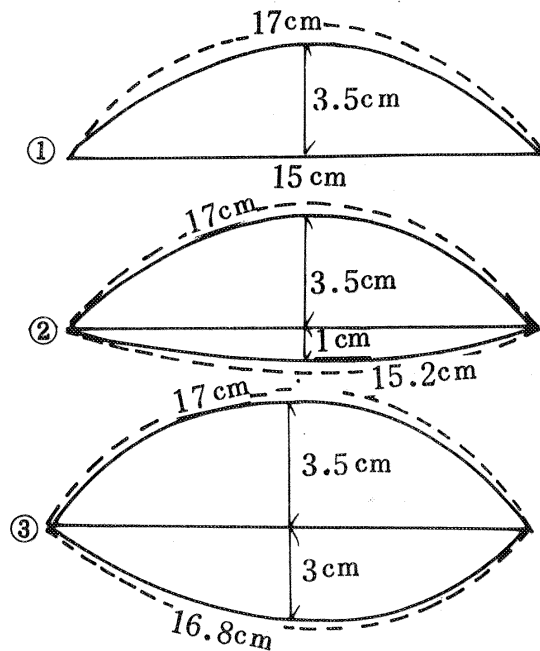
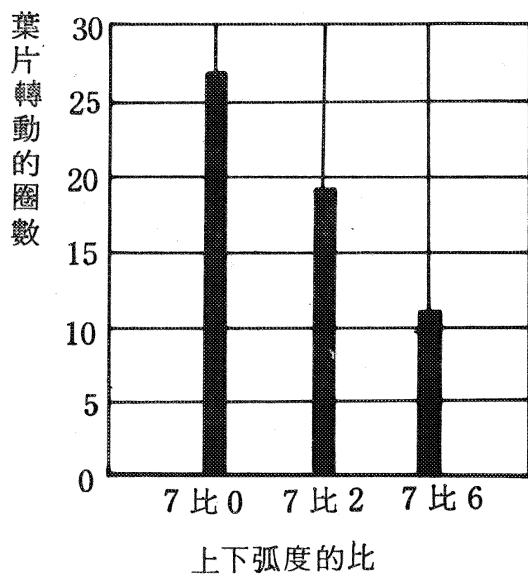
(1) 鐵片：以上下弧度的長度而定。 (2) 鋼條：19cm

(3) 風量：每分 1550 轉速，口徑 10.5 cm × 8 cm 的軸流式風扇。

(4) 時間：風扇啟動 10 秒後開始計時 20 秒。

3. 應變的變因：葉片轉動的圈數。

(二) 研究結果：



(三) 分析：上下中心線比越大，浮力越大。

(四) 結論：上下弧度的比越大，浮力越大。

第四組：速度與浮力的關係

(一) 研究方法：

1. 操縱變因：風量：以排掉風扇口徑的風量來分。甲：排掉  $\frac{1}{5}$  口

徑的風量，乙：排掉 $\frac{1}{4}$ 口徑的風量，丙：排掉 $\frac{1}{3}$ 口徑的風量，  
丁：排掉 $\frac{1}{2}$ 口徑的風量。

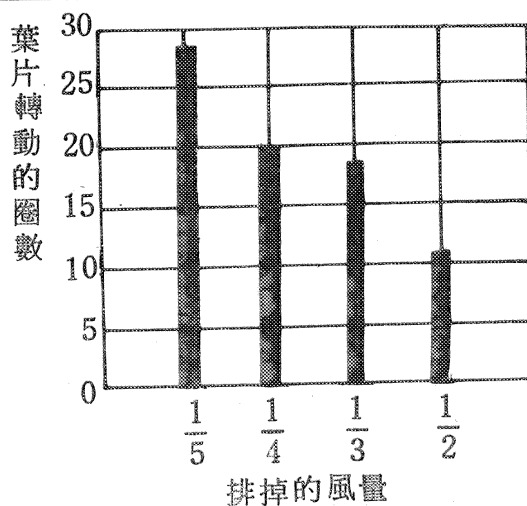
2. 保持不變的變因：

- (1) 葉片：以第二組甲⑦（以中心線 3.5 cm 畫弧度的葉片）。
- (2) 葉片角度： $0^\circ$ 。
- (3) 軸流式風扇轉速：1550 轉／分。
- (4) 時間：風扇啓動 10 秒鐘後開始計時 20 秒。

3. 應變的變因：葉片轉動的圈數。

(二) 研究結果：

葉片轉動的圈數 排掉的風量	實驗次數					平均
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	
甲： $\frac{1}{5}$	28	28	28	28	28	28
乙： $\frac{1}{4}$	20	20	20	20	20	20
丙： $\frac{1}{3}$	16	16	18	20	18	18
丁： $\frac{1}{2}$	13	8	10	11	11	11



(三)分析：

1. 甲（排掉  $\frac{1}{5}$  口徑的風量）轉動圈數多。
2. 丁（排掉  $\frac{1}{2}$  口徑的風量）轉動圈數少。

(四)結論：

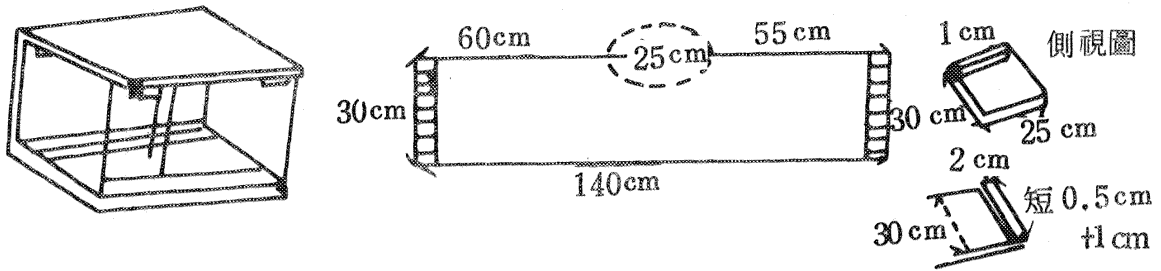
1. 速度越快（排掉的少），浮力越大。
2. 速度和浮力成正比。

第五組：自製風洞觀測在風洞中葉片浮力的實際情況。

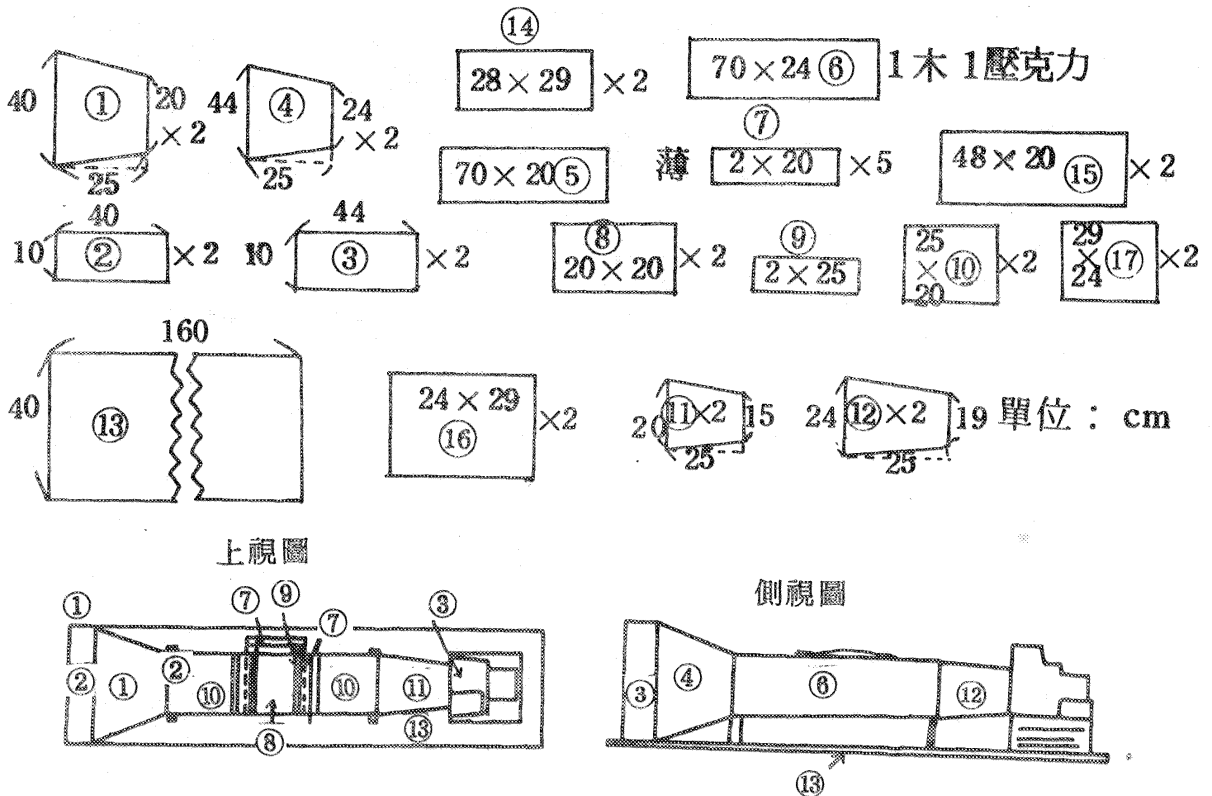
(一)風洞製造過程

1. 風洞外殼構造研究和改進：

- (1) 提出初步構想的風洞箱。
- (2) 提出進一步的構想圖。



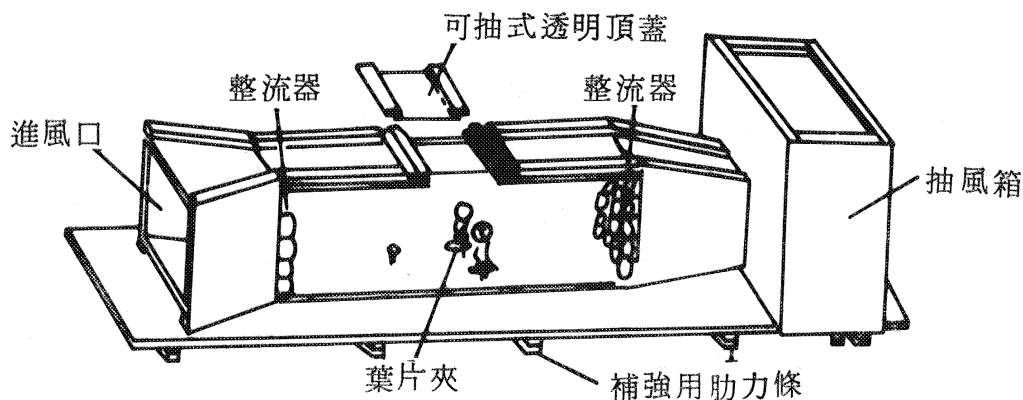
(3) 老師帶領我們參觀開放式風洞後提出修改的設計圖和製作。



## 2. 風洞內部構造的步驟及測試：

步驟	我們的設計	結果	發現
1.	風洞外殼完成後，在進風口用毛線網測試風量是否平均。	鐵絲網中間毛線直直的，周圍毛線較不直。	中間氣流很直，兩旁的空氣往中心流。
2.	裝養樂多瓶當整流器，在中段裝葉片夾，用毛線測試。	毛線被吸得直直的，只是有向下垂的現象。	氣流很穩，但風力不足。
3.	用細鐵絲黏長35cm，間隔距離1.5cm的塑膠線在葉片夾前13cm位置測試。	塑膠被吸得直直的，只是有點向下垂的現象。	效果佳，表示測試位置不錯，但風力不足。

## 3. 風洞完成圖：



### (二) 葉片的製作

#### 1. 構圖

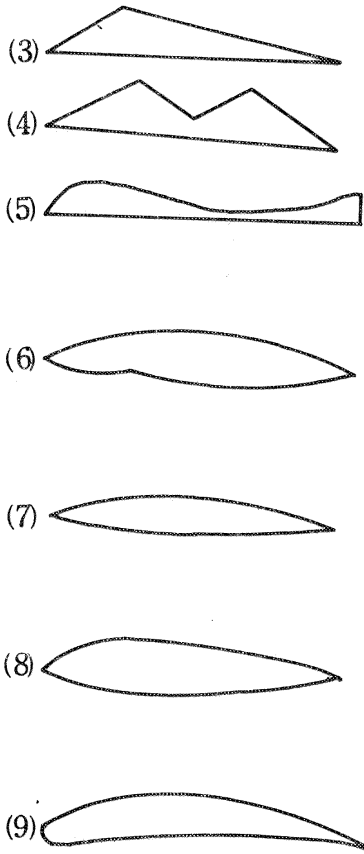


(1)的葉片是一般滑翔機等常見使用。  
(參照航空的世界 P.61的圖H)



(2)的葉片是跟 X-15 研究機類似。  
(美國華盛頓 D. C 航空博物館)





中所看到的。)

(3)的葉片參照本校所賣的天兵二號  
(4)、(5)這兩種葉片是因為我們想知道  
，這種葉片的形狀、氣流會發生  
怎樣的情形。

(6)的葉片是在第一次世界大戰盛行  
使用的機翼。(參照航空世界 P.  
61 的圖 C)。

(7)的葉片在超音速飛機中常見使用  
(參照航空的世界 P.61 的圖 L)。

(8)的葉片是類似葛欽根 387 型飛機  
的機翼。(參照航空的世界 P.61  
的圖 E)。

(9)的葉片是照初期的厚翼。(參照  
航空的世界 P.61 的圖 D)。

2.製作：(1)葉片面積  $15\text{ cm} \times 9.5\text{ cm}$ 。

(2)用保麗龍切割器切成大概的翼剖面形。

(3)用砂紙磨成和構圖一樣的葉片。

(4)把葉片包上膠帶使表面光滑。

(三)實驗部分：

實驗一：

1.實驗目的：要了解各區的氣流穩定情形。

2.實驗方法：

(1)操縱變因：測試網位置不同：甲區：距葉片夾前  $25\text{ cm}$ ，乙區：  
距葉片夾前  $13.5\text{ cm}$ ，丙區：距葉片夾後  $12\text{ cm}$ ，丁區：距葉片  
夾後  $23\text{ cm}$ 。

(2)保持不變的變因：風洞大小、測試網： $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ ，風量：  
 $3200\text{ 轉/分}$ ，口徑： $9.5\text{ cm} \times 5.5\text{ cm} \times 2$ 。

(3)應變的變因：毛線飄動的情形。

3.實驗結果：

測試網位	甲區	乙區	丙區	丁區
觀察現象	毛線向下垂，下面較亂。	周圍的空氣向中流動，中間較穩。	上面一排毛線向下，下半部線很亂。	只有中央的線是直的，其他都向上傾斜。
解釋現象	(1)中間氣流較穩(甲、乙、丙、丁區)。 (2)氣流經葉片夾後的丙區、丁區較亂。			

4. 結論：(1)風洞中的氣流在葉片夾之前較穩，經葉片夾之後較亂。  
(2)風洞中間氣流較穩。

### 實驗二：

1. 實驗目的：觀察氣流經過葉片時的流動情形。

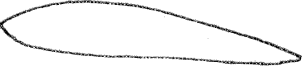



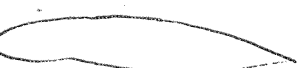
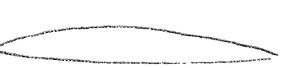

2. 實驗方法：

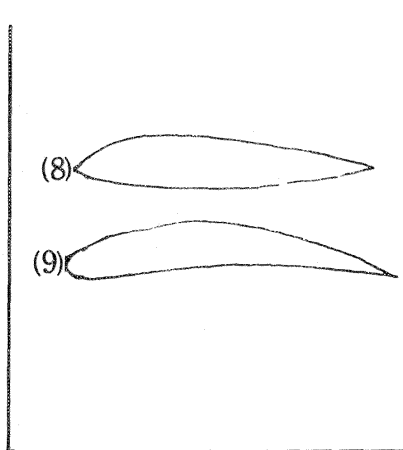
(1)操縱變因：9種不同形狀的葉片。

(2)保持不變的變因：風洞大小、塑膠繩長：35cm，塑膠繩測試位置，風量：3200轉/分，口徑：9.5cm×5.5cm×2。

(3)應變的變因：塑膠繩飄動的情形。

3. 研究結果：

葉片種類	觀察現象	解釋現象
(1) 	(1) 1、6、7、8、9號葉片弧度大的那一面線都緊貼著葉面，另一面的線都被排開。 (2) 2、3、4、5號葉片，都沒有這種現象。	(1) 1、6、7、8、9號葉片是模仿使用過或正在使用的機翼剖面形；它們弧度大的那一面之氣流，都沿著葉面流過，弧度小的那一面，氣流都被排開。
(2) 		
(3) 		
(4) 		
(5) 		
(6) 		
(7) 		



(2)其餘葉片，2、3、4、5號是自己設計的，就沒有這種情形，對於貼著葉片走的和被排開的流程都不明顯。

#### 4. 結論：

(1)模仿使用過的翼剖面形所做出的葉片，弧度大的那一面之氣流都貼著葉面走，弧度小的那一面，氣流都被排開，弧度的大小和空氣的密疏成正比，表示氣流與浮力有密切的關係。

### 五、總結論

- (一)葉片迎面的速度和迎角越大（在  $35^\circ$  以內）浮力也越大，葉片迎面的速度、迎角和浮力成正比。（第一、四組）
- (二)迎角超過  $35^\circ$ ，則浮力開始減少，阻力增加。（第一組）
- (三)葉片的弧度越大，浮力也越大，所以 727 的機翼裝前後緣襟翼來增加浮力。（第二組）
- (四)葉片的弧度大，所用的鐵板也大。（第二組）
- (五)葉片上下弧度的比值越大，浮力越大。（第三組）
- (六)在風洞中可看出模仿使用過的翼剖面形所做出的葉片弧度大的那一面之氣流都貼著葉面走，弧度小的那一面，氣流都被排開。（第五組）

### 六、實驗檢討

- (一)對機翼弧度與機種的關係已查到幾個，尚待進一步查證。
- (二)各種機翼產生多少阻力，還不知怎樣做，希望以後能更進一步研究。
- (三)不了解水平尾翼在零度時為什麼會產生向下的壓力，希望能找到

專家或資料解釋。

(四)我們製作的風洞太粗糙了，對於各角落的氣流不平均，送風機的馬力不足，不知怎樣做最適當，希望有機會能做進一步改進。

## 七、參考資料

- (一)航空的世界（東方出版社）
- (二)遙控飛機入門（欣大出版社）
- (三)最新飛機百科（世界知識叢書）
- (四)飛機（中華兒童叢書）
- (五)The world air power
- (六)尖端科技第1、8、9、11、12期（尖端科技雜誌社）
- (七)動力與應用（東方出版社）
- (八)爲什麼：第3、5集（東方出版社）
- (九)影片：飛機它們怎麼飛的（國立教育資料館）
- (十)世界科技發展全集第3冊——航空（自然科學文化事業公司）

## 評 語

- 1.自創，測量機翼角度之裝置富有創意。
- 2.以轉速求取浮昇力之大小及對風洞之設計，顯示作著思慮周詳。
- 3.學生現場表達生動。