

彈射（手擲）滑翔機翼的研究

高小組應用科第二名

新竹縣二重國民小學

作者：劉恒志等六人

指導教師：徐煜棋、林勝和



一、研究動機

去年寒假，我們到清華大學參加新竹縣政府主辦的「全縣中小學青少年科學研習營」活動。在「空中翱翔」單元中，教授先解說飛機飛行的原理，然後指導我們製作模型飛機—彈射（手擲）滑翔機。在試飛時發現有些飛機飛得很好，有些飛機却飛得不好，為什麼呢？我們想揭開它的奧妙。

由於我們的經驗不夠，在設備器材及經費有限的條件下，我們決定先從彈射（手擲）滑翔機的機翼部份進行研究。

二、研究目的

- (一) 探討機翼剖面的形狀對升力的影響。
 1. 改變翼剖面模型的弧度。
 2. 改變翼剖面模型的最高點位置。
 3. 改變翼剖面模型的最高點位置的厚度。
- (二) 探討機翼的翼展對升力的影響。
- (三) 探討機翼的翼弦對升力的影響。
- (四) 探討攻角的改變對升力的影響。
- (五) 探討風速的大小對升力的影響。

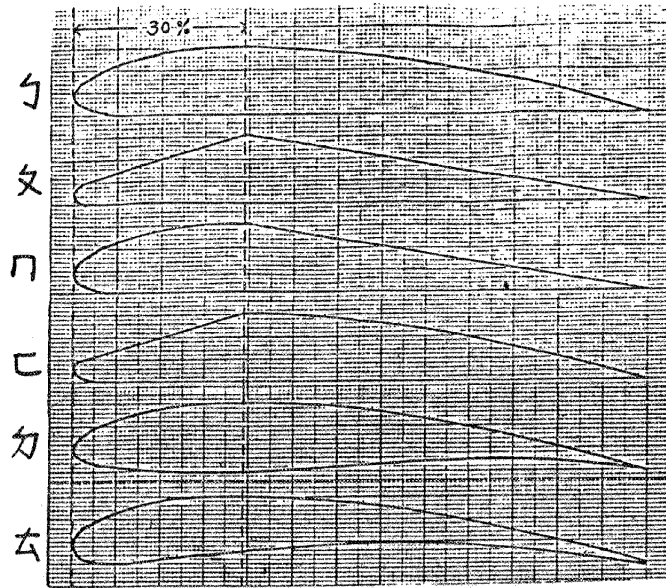
三、研究設備器材

- (一) 製作翼剖面模型用：普麗龍板、方格紙、鉛筆、小刀、砂紙、電算機。
- (二) 做冒烟筒用：卡紙、漏斗、鐵架、蚊香。
- (三) 製作整流箱用：三夾板、樹脂、鐵釘、鐵槌、鋸子、玻璃。
- (四) 實驗控制室設備用：等臂天平、量角器、薄鐵片、膠帶、塑膠管、米達尺、稀釋紅墨水。
- (五) 電風扇、風速計、照相機。

四、研究過程

- (一) 探討機翼形狀對升力的影響。
 1. 製作翼剖面模型：用普麗龍為材料，以克拉克 Y 為模式設計製作翼弦為 130 公厘曲度不同的六種翼剖面模型。

克拉克 Y 模式																			
橫座標	佔翼弦的百分比	0	1.25	2.5	5	7.5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100	
	公 厘	0	1.625	3.25	6.5	9.75	13	19.5	26	39	52	65	78	91	104	117	123.5	130	
縱座標	佔翼弦的百分比	3.5	5.4	6.5	7.9	8.8	9.6	10.7	11.4	11.7	11.4	10.5	9.1	7.27	5.2	2.8	1.5	0.1	
	公 厘	4.55	7.02	8.45	10.27	11.44	12.48	13.91	14.82	15.21	14.82	13.65	11.85	9.45	6.76	3.64	1.95	0.13	



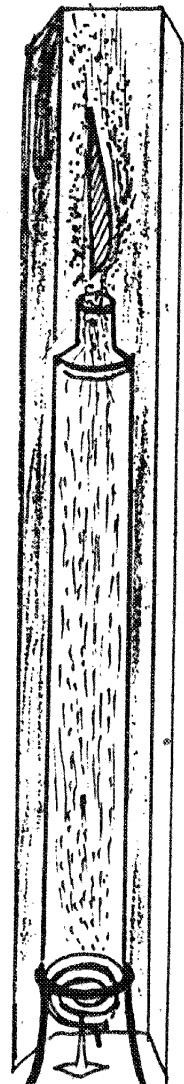
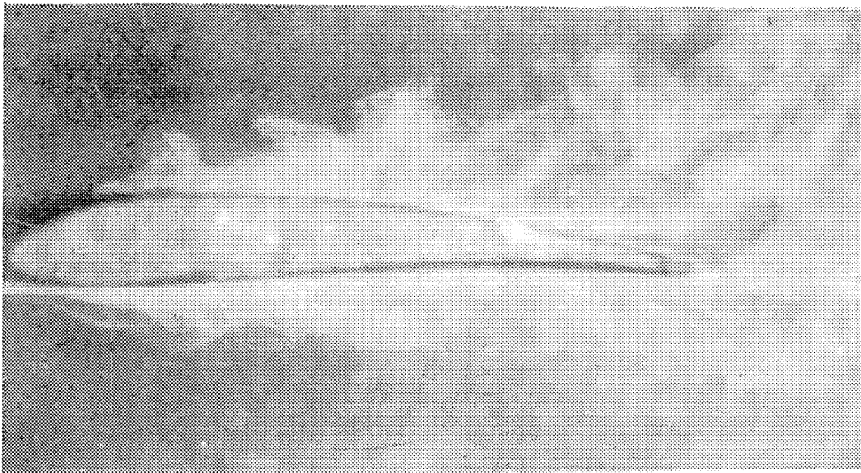
2. 探討氣流流過翼面時氣流的變化。

氣流流過翼面會產生升力，在空氣中，我們不容易觀察氣流流過翼面時變化的情形，因此我們計劃用「烟」來實驗。

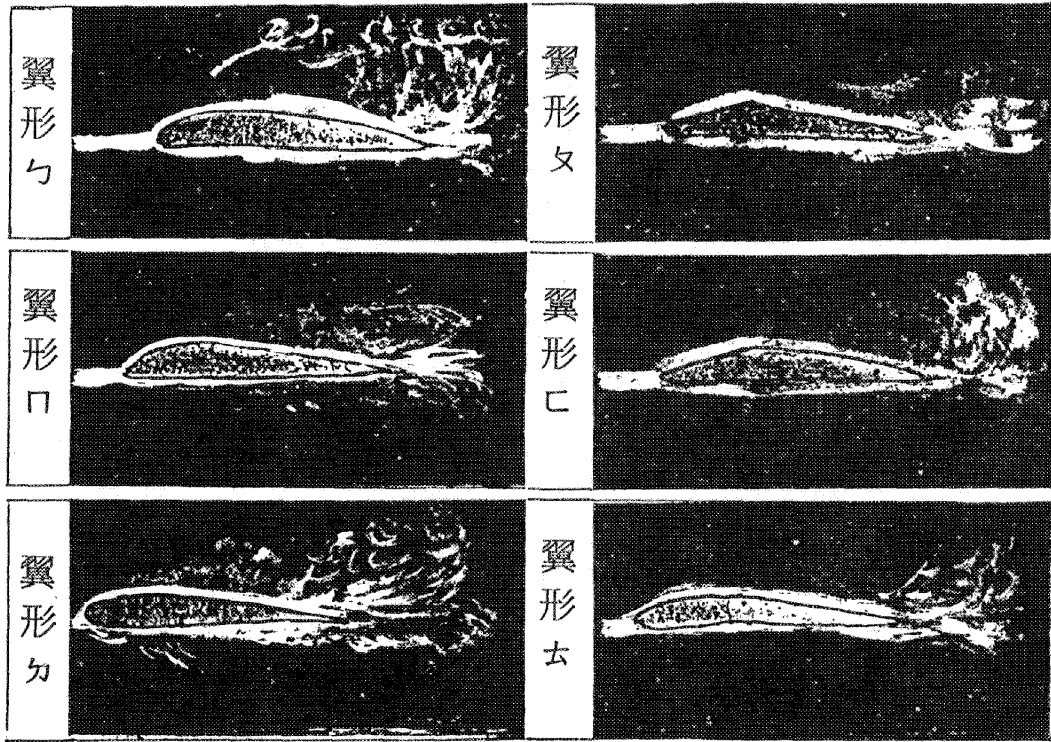
圓筒冒烟實驗：

- (1) 將機翼剖面模型前緣朝下，翼面分別在左右兩邊，置於凹形槽中，固定在距冒烟筒約 5 公分處。
- (2) 點燃蚊香，灰色烟霧從圓筒漏斗口中冒出，流過兩翼面。
- (3) 觀察氣流（烟霧）變化情形，以照相機拍成照片後比較。

結果：



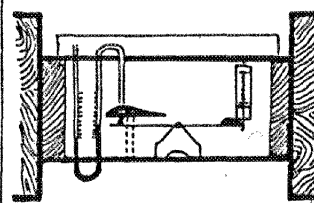
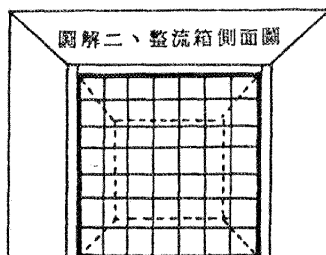
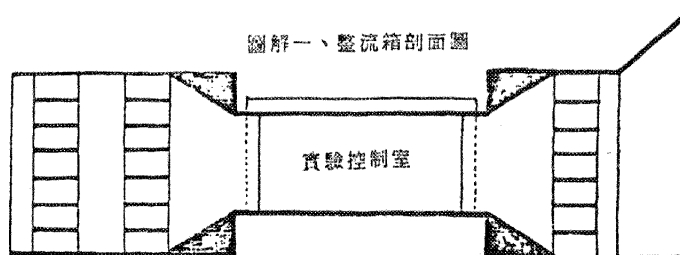
- 說明：①翼面上較淡的烟霧有旋渦狀的為亂流。
 ②亂流現象明顯，散亂範圍大，則氣流流過翼面較快。
 ③沿著翼面而較濃的烟霧，表示氣流穩定前進。
 ④翼下方氣流比翼上方氣流穩定。



各種翼形冒煙實驗結果

3. 探討氣流流過翼面造成壓力的變化。

為了使電風扇的氣流穩定，我們製作了「整流箱」。



實驗一：各種弧度不同的翼形造成壓力的變化。

方法：(1)將翼剖面型置於小鐵架上。

(2)把塑膠管一端對準最高點位置。

(3)打開電扇。

(4)觀察塑膠管內紅色水柱上升情形，即為翼面產生力的大小。

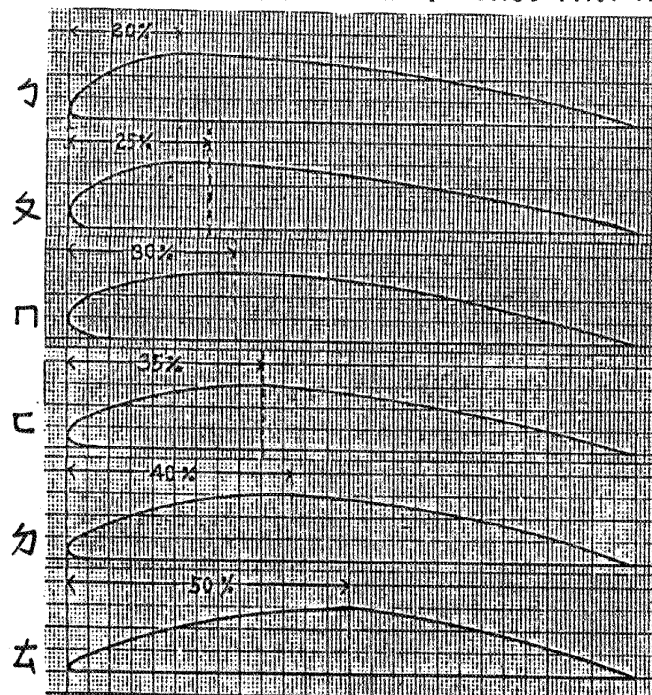
結果：(附表一)

翼剖面型	勺.	勺.	勺.	勺.	勺.	勺.
水柱上升數 _{mm}	5	2	4	3	6	4

實驗二：改變翼剖面型的最高點位置對壓力的變化。

方法：(1)翼展 150 mm，翼弦 130 mm，最高點厚度 15.21 mm，最高點位置改變佔翼弦的勺：20%，勺：25%，勺：30%，勺：35%，勺：40%，勺：50%等六種。

(2)設計各種最高點位置不同的翼剖面型。



(3)實驗步驟同實驗一的方法。

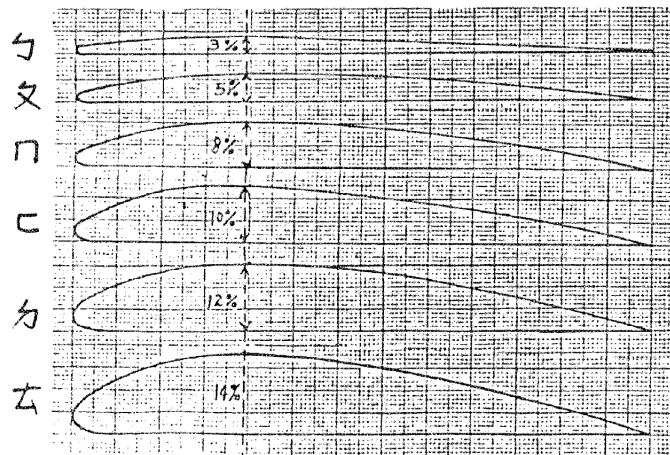
結果：(附表二)

佔翼弦的百分比	ㄣ. 20%	ㄨ. 25%	ㄇ. 30%	ㄘ. 35%	ㄣ. 40%	ㄨ. 50%
水柱上升數 mm	1	3	5	4	4	2

實驗三：改變翼剖面型的最高點位置厚度對壓力的變化。

方法：(1)翼展 150 mm ，翼弦 130 mm ，最高點位置 39 mm ，最高點位置厚度改變佔翼弦的 $\text{ㄣ}：3\%$ ， $\text{ㄨ}：5\%$ ， $\text{ㄇ}：8\%$ ， $\text{ㄘ}：10\%$ ， $\text{ㄣ}：12\%$ ， $\text{ㄨ}：14\%$ 等六種。

(2)設計各種最高點位置厚度不同的翼剖面型。



(3)實驗步驟同實驗一的方法。

結果：(附表三)

佔翼弦的百分比	ㄣ. 3%	ㄨ. 5%	ㄇ. 8%	ㄘ. 10%	ㄣ. 12%	ㄨ. 14%
水柱上升數 mm	0	2	2	4	5	6

(二)探討風速大小對升力的影響。

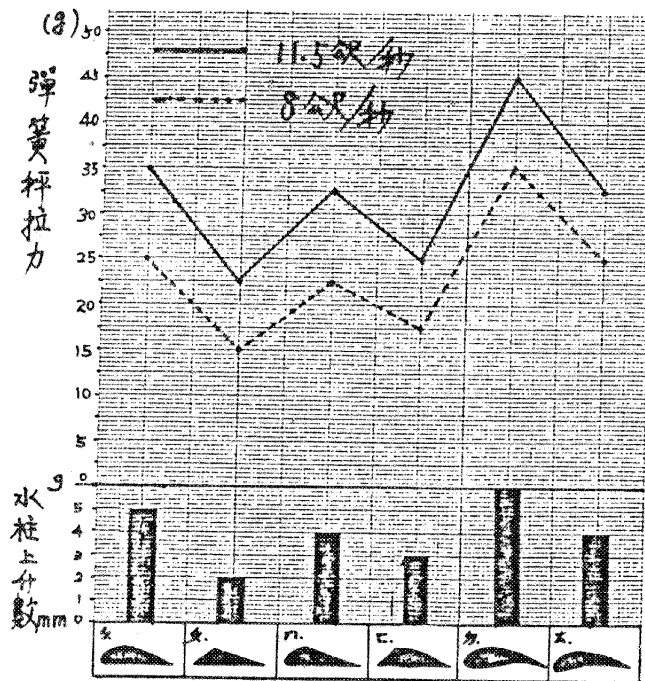
1. 探討機翼不同的弧度對升力的影響。
2. 探討機翼最高點位置的不同對升力的變化。
3. 探討機翼最高點位置厚度不同對升力的變化。

實驗四：機翼弧度不同對升力的變化。

- 方法：(1)控制室內放置一個等臂天平。用薄鐵片做 \square 形架子黏於天平之一端，架子放置機翼剖面型並以膠帶固定。另一端放置等重膠泥。
- (2)等臂天平放膠泥的一端連接彈簧秤。
- (3)調整電扇風速，並用風速計測定風速 v 。每秒 11.5 公尺 v 。每秒 8 公尺。
- (4)觀察天平拉下的重量（克）即為機翼上升的力。

結果：

翼剖面型							
拉力 (克)	8 公尺/秒	25	15	22.5	17.5	35	25
	11.5 公尺/秒	35	22.5	32.5	25	45	32.5



表一、機翼剖面的弧度改變對升力的影響

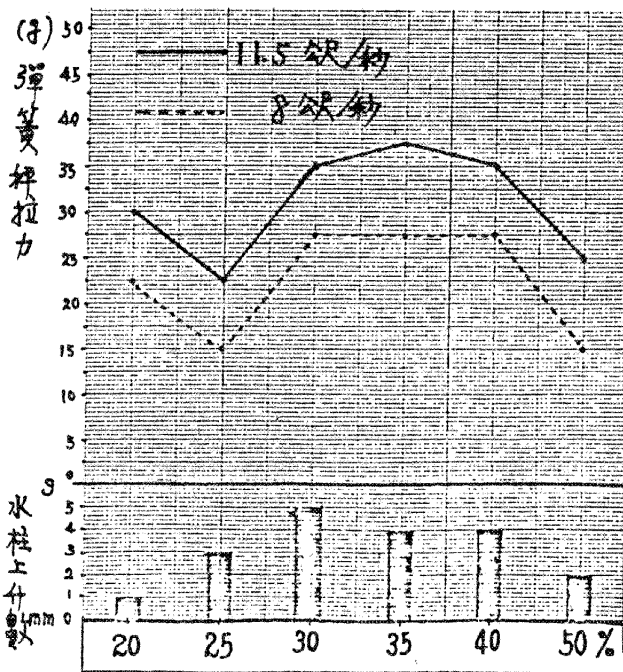
實驗五：機翼最高點位置不同對升力的變化。

方法：(1)翼型試驗同實驗二。

(2)實驗步驟同實驗四。

結果：

佔翼弦的百分比		20. %	25. %	30. %	35. %	40. %	50. %
拉力 (克)	8 $\frac{\text{公尺}}{\text{秒}}$	22.5	15	27.5	27.5	27.5	15
	11.5 $\frac{\text{公尺}}{\text{秒}}$	30	22.5	35	37.5	35	25



表二、機翼剖面的最高點位置對升力的影響

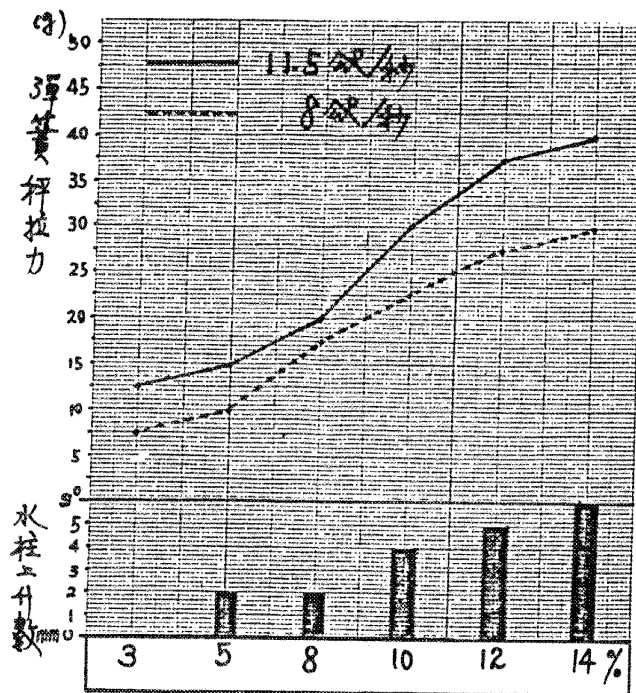
實驗六：機翼最高點位置的厚度不同對升力的變化。

(1)翼型試驗同實驗三。

(2)實驗步驟同實驗四。

結果：

佔翼弦的百分比		3. %	5. %	8. %	10. %	12. %	14. %
拉力 (克)	8 $\frac{\text{公尺}}{\text{秒}}$	7.5	10	17.5	22.5	27.5	30
	11.5 $\frac{\text{公尺}}{\text{秒}}$	12.5	15	20	30	37.5	40



表三、機翼剖面的最高點厚度對升力的影響

(二)探討翼展的改變對升力的影響。

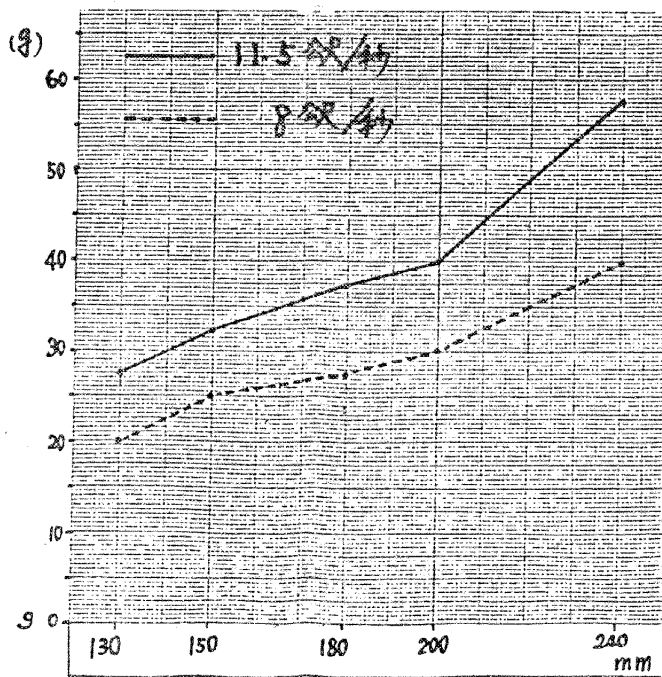
實驗七：

方法：(1)翼弦 130 mm，最高點位置 39 mm，最高點厚度 15.21 mm，翼弦改變為 \triangleleft ：130 mm， \triangleleft ：150 mm， \square ：180 mm， \sqsubset ：200 mm， \searrow ：240 mm 等五種。

(2)實驗步驟同實驗四。

結果：

翼展 (mm)		130	150	180	200	240
拉力 (克)	$\frac{8 \text{ 公尺}}{\text{秒}}$	20	25	27.5	30	40
	$\frac{11.5 \text{ 公尺}}{\text{秒}}$	27.5	32.5	37.5	40	57.5

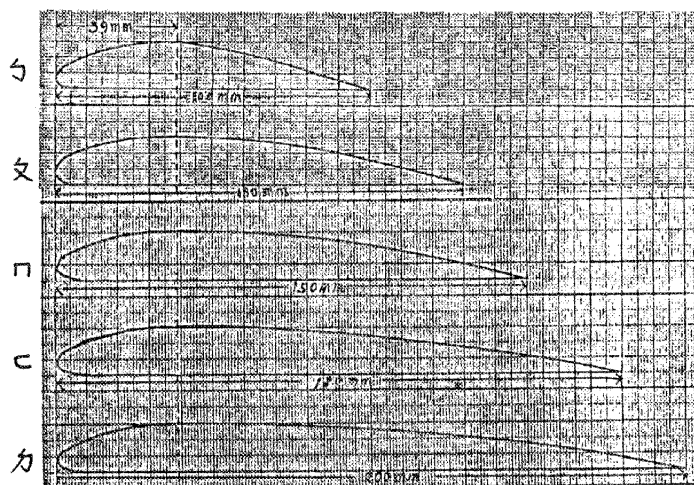


表四、機翼的翼展改變對升力的影響

(三) 探討翼弦改變對升力的影響。

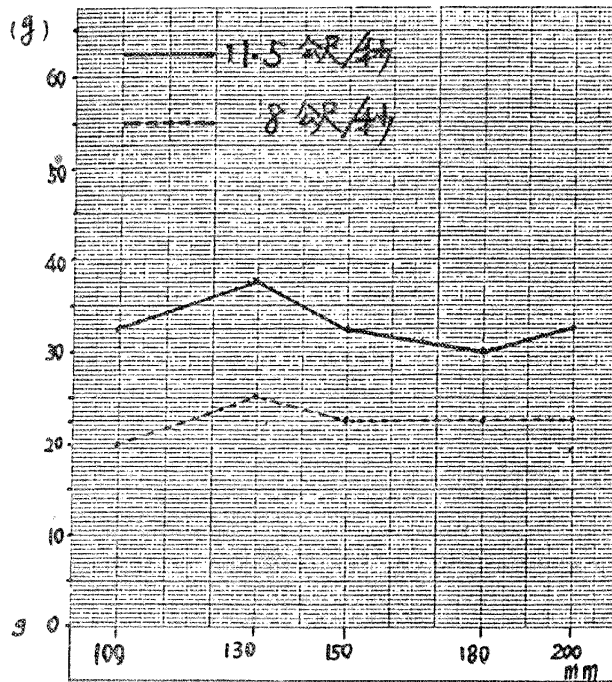
實驗八：(1) 翼展 150 mm，最高點位置 39 mm，最高點厚度 15.21 mm，翼弦改變為 \hookrightarrow : 100 mm， \curvearrowright : 130 mm， \sqcap : 150 mm， \sqsubset : 180 mm， \curvearrowleft : 200 mm 等五種。

(2) 設計各種不同翼弦的翼剖面型。



結果：

翼弦(mm)		100	130	150	180	200
拉力 (克)	8 $\frac{\text{公尺}}{\text{秒}}$	20	25	22.5	22.5	22.5
	11.5 $\frac{\text{公尺}}{\text{秒}}$	32.5	37.5	32.5	30	32.5



表五、機翼的翼弦改變對升力的影響

(五)探討攻角改變對升力的影響。

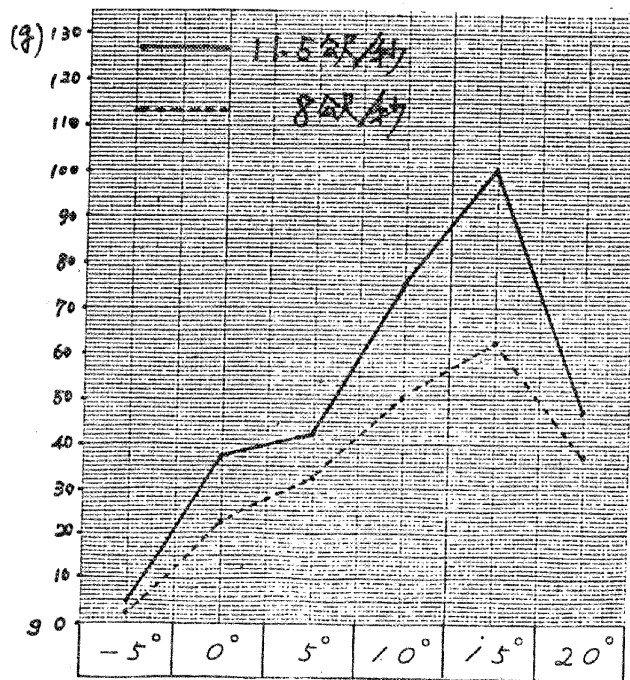
實驗九：

方法：(1)翼弦 130 mm，翼展 150 mm，最高點位置 39 mm，最高點厚度 15.21 mm。

(2)改變攻角角度為 -5° ， 0° ， 5° ， 10° ， 15° ， 20° 等六種。

結果：

攻角角度		-5°	0°	5°	10°	15°	20°
拉力 (克)	8 $\frac{\text{公尺}}{\text{秒}}$	2.5	22.5	32.5	50	62.5	37.5
	11.5 $\frac{\text{公尺}}{\text{秒}}$	5	37.5	42.5	75.5	100	47.5




表六、機翼的攻角改變對升力的影響


五、討論

(一)從圓筒冒烟實驗結果照片中，我們可以清楚的看出每一種不同的曲度翼剖面型上下方氣流的變化及亂流現象。

(二)從氣流流過機翼造成壓力變化的實驗中，我們發現翼面能產生升力較大的：

1. 翼型以  為佳。
2. 機翼最高點位置的厚度，以佔翼弦的 14% 為最佳。
3. 機翼最高點位置以佔翼弦的 30% 為最佳。

(三)從各種不同翼剖面型對升力影響的實驗中，我們發現：

1. 翼形以  型的升力較大。
2. 翼剖面型最高點位置，以佔翼弦的 30% 到 40% 處升力較大。
3. 翼剖面型最高點位置的厚度，以佔翼弦的 14% 升力最大。厚度若再增加，升力也可能增加，但是否會影響飛行？留待下次研究。
4. 機翼翼弦一定，翼展增長時，升力越大。
5. 機翼翼展一定，翼弦增長時，對升力影響小。

6. 風速大時，也就是飛行速度快，則升力越大。
7. 攻角以 15° 左右時升力最大。到了 20° 則升力減少。負 5° 以下升力很小。

六、結 論

- (一)機翼剖面要流線型，就是要有曲線。(良好的弧度和厚度)。
- (二)機翼剖面的最高點位置要佔翼弦的30%到40%處。
- (三)機翼剖面的最高點位置的厚度要佔翼弦的14%左右。
- (四)翼展愈長愈好，但要考慮將會影響飛機的結構。
- (五)攻角在 15° 左右可產生最大的升力。
- (六)風速越大(飛機飛行速度越大)，升力就越大。

七、參考資料：

- (一)新竹縣中小學青少年科學研習營講義。民國72年2月。
 1. 鍾大章編 航空原理。
 2. 陳廷燦編 飛機為什麼能飛，在空中翱翔。
- (二)木村秀政等原著·錢尊義譯 航空 P132 ~ 155 自然科學文化事業股份有限公司。
- (三)石育民主編 科學百科全書 P218 ~ 235 自然科學文化事業股份有限公司。

- 評語：
1. 題目清楚。
 2. 程序、方法正確。
 3. 對問題相關的知識了解。
 4. 是很好的科學方法訓練。