

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081513

翱翔天際

學校名稱：臺中縣豐原市葫蘆墩國民小學

作者： 小六 林鈺騏 小六 江岱融 小六 林博帆	指導老師： 劉怡伶、蔡麗秋
-----------------------------------	------------------

關鍵詞：機翼、浮力

翺 翔 天 際

摘要：

利用大小不同的機翼模型及強弱不同的風速，了解為何飛機因其載重量的不同，機翼的大小也不同，飛機載的人越多，機翼越大；飛機載的人較少，機翼也較小。

壹、研究動機

放暑假時，媽媽帶我去探望在國外工作的爸爸。在候機室等待登機時，看到了許多大小不同的飛機，也發現飛機不論是準備起飛或是降落都是朝著相同的方向，媽媽告訴我，那是飛機都須逆風才能起飛或降落。而這次搭飛機的座位正巧在機翼旁，望著窗外機翼的構造覺得它的設計很特殊，前面較為突起成弧形，後面較為扁平，而且飛機在起飛時，機翼會往後延伸葉片，增加長度，但降落時不僅不會延伸機翼，甚至將機翼的葉片立起，真是奇特！這些現象讓我百思不解，腦海中呈現許多問號？回家後也一直想著這些問題，於是決定到學校請問老師，找出答案來。

貳、研究目的

- 一、空氣流動對周圍的物體有什麼影響？
- 二、製作不同形狀的物體以電風扇吹吹看，會是怎樣的情況？
- 三、製作大小不同的機翼模型，用電風扇吹，並配置不同數量的重物（硬幣），觀察其間有何關係？改變風速又會有什麼影響？

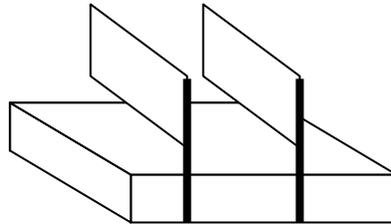
參、研究設備及器材

電風扇一台（風速：強、弱）	電子秤一台（稱量範圍 0~150 公克）
五元全新硬幣三十枚（每枚 4.4 公克）	白色小方塊 10 個（每個 1 公克）
A4 紙一張	竹筷子一雙
全開西卡紙三張	紙盒一個（如：面紙盒）
四開厚紙板三張	尼龍繩一捆
吸管三十支	膠帶、膠水、雙面膠帶
鉛筆、直尺、剪刀、記錄紙	風速計一臺

肆、研究過程或方法

(一) 空氣流動對周圍物體的影響

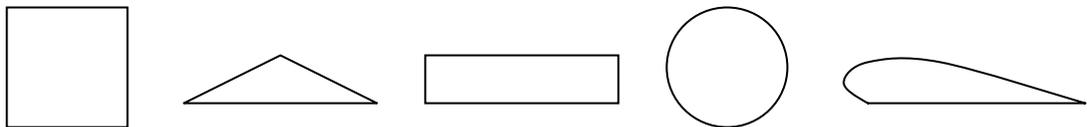
1. 利用 A4 紙剪出兩條長 15 公分、寬 4 公分的紙片，分別黏在一根竹筷子上。
2. 將黏有紙片的竹筷子固定在紙盒上，竹筷子之間的距離為 5~8 公分並調整高度使紙片等高平行（如下圖）。



3. 從竹筷子的一邊向兩紙片中間吹氣，注意觀察紙片的變化情形。

(二) 什麼形狀會往上飛

1. 利用西卡紙剪出五張 20 × 20 公分的正方形紙片，分別摺成正方體、三角柱、長方體、圓柱體及下平上弧的不對稱形狀（水滴形），側面圖如下：



2. 在每一個物體的中心打孔，插入吸管並從吸管中穿過一條尼龍繩，同時在此立體形狀的一側黏上一片上底 4 公分、下底 5 公分、高 6 公分的梯形直立紙片（如下圖）。



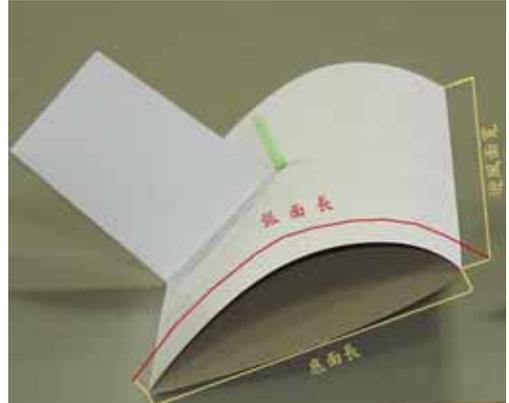
圖：各種形狀的模型

3. 將繩子上下拉直，移往電風扇前以較弱風速吹紙飛機，調整紙模型高度與電風扇平行(如下頁圖)。注意觀察哪些形狀會上升，哪些形狀會不動或下降。上升的時間或速度，會不會因形狀而有差別？若把風速加快有何影響？

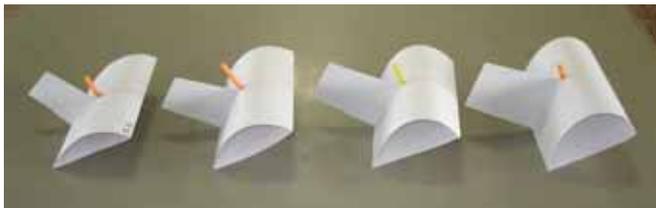
(三) 機翼模型面積、載重與風速對物體上升的影響

1. 在實驗二中所製作的不對稱水滴形狀，最接近真實飛機的機翼的形狀，實驗效果最好，因此本實驗以此種機翼模型進行。觀察並記錄機翼模型大小、硬幣數目及風速間的關係。

2. 利用西卡紙剪出如下表中的紙片，並如同實驗三的做法，作出大小不同大小的機翼模型。完成後將每一具模型稱重。



迎風面寬 (公分)	15							
底面長 (公分)	10				15			
弧面長 (公分)	11	12	13.5	15	16	17	18.5	20

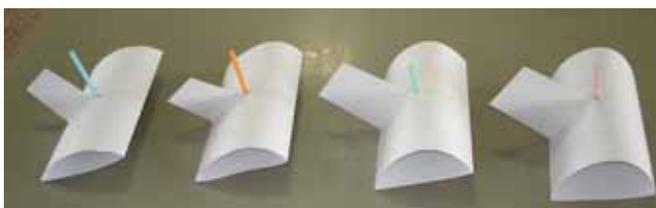


圖：迎風面寬 15 公分，底面長 10 公分，弧面長由左而右依序為 11、12、13.5、15 公分

圖：迎風面寬 15 公分，底面長 15 公分，弧面長由左而右依序為 16、17、18.5、20 公分



迎風面寬 (公分)	20							
底面長 (公分)	10				15			
弧面長 (公分)	11	12	13.5	15	16	17	18.5	20

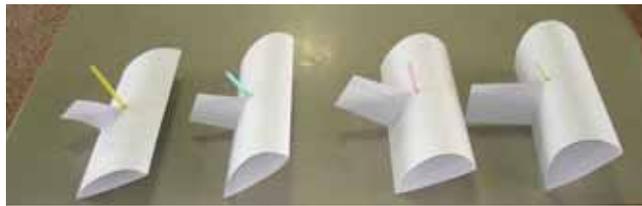


圖：迎風面寬 20 公分，底面長 10 公分，弧面長由左而右依序為 11、12、13.5、15 公分

圖：迎風面寬 20 公分，底面長 15 公分，弧面長由左而右依序為 16、17、18.5、20 公分

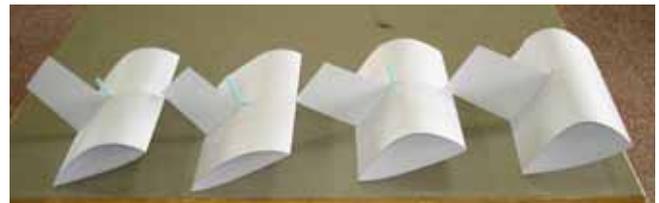


迎風面寬 (公分)	25							
底面長 (公分)	10				15			
弧面長 (公分)	11	12	13.5	15	16	17	18.5	20



圖：迎風面寬 25 公分，底面長 10 公分，弧面長由左而右依序為 11、12、13.5、15 公分

圖：迎風面寬 25 公分，底面長 15 公分，弧面長由左而右依序為 16、17、18.5、20 公分



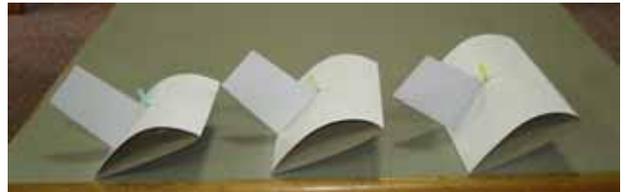
- 將五元硬幣和白色小方塊一邊貼上雙面膠帶，以方便固定於機翼內。分別取十個五元硬幣及 10 個白色小方塊放到電子秤上稱重，得到每個硬幣和白色小方塊的平均重量。
- 分別對不同大小機翼模型進行實驗。在機翼模型內逐次黏上五元硬幣或白色小方塊，再放到電風扇前吹，觀察並記錄重量增加時，機翼模型是否會漂浮，風速改變時對載重的關係。



- 利用單面厚紙板剪出如下表中的紙片，並如同實驗三的做法，作出大小不同大小的機翼模型。完成後將每一具模型稱重。

迎風面寬(公分)	15	20	25			
底面長(公分)	15					
弧面長(公分)	17	18.5	17	18.5	17	18.5

圖：底面長 15 公分，弧面長 17 公分，迎風面寬由左而右依序為 15、20、25 公分



圖：底面長 15 公分，弧面長 18.5 公分，迎風面寬由左而右依序為 15、20、25 公分

6. 重複前述步驟 4 之測量方法，紀錄各種機翼模型在不同風速時的載重情形。



伍、研究結果

(一) 空氣流動對周圍物體的影響

從紙片中間吹氣，兩邊的紙片就會向中間靠攏。而且吹的力氣越大，靠攏的速度越快。



圖：(左) 未吹氣時；(右) 吹氣時

(二) 什麼形狀會往上飛

圓柱體、正方體及長方體只要一放手就掉下來，而三角柱則是緩慢下降，風速加快所看到的結果也是一樣。只有下平上弧的不對稱形狀（水滴形）會漂浮並略為往上升。

(三) 機翼模型面積、載重與風速對物體上升的影響

1. 平均一個五元硬幣重量為 4.4 公克；一個白色小方塊為 1 公克。
2. 將電風扇通電後運轉一分鐘，再以風速計測量電風扇之風速。當開關切換在"強"的時候，風速是在 7.5~6.5 公尺/秒之間；切換至"弱"的時候，風速則是在 6.5~5.5 公尺/秒的範圍。此後在每一次進行實驗前後皆會測量風速以確定沒有明顯偏差。
3. 利用西卡紙做出不同大小的機翼模型的實驗結果，依序列出如下表：

迎風面寬（公分）	15							
底面長（公分）	10							
弧面長（公分）	11		12		13.5		15	
機翼（含吸管）重	7.9		9.2		10.5		11.2	
風速	強	弱	強	弱	強	弱	強	弱
五元硬幣個數	7	5	7	5	8	6	5	4
白色小方塊個數	1	1	1	2	2	3	2	1
乘載總重量	39.7	30.9	41	33.2	47.7	39.9	35.2	29.8

迎風面寬（公分）	15							
底面長（公分）	15							
弧面長（公分）	16		17		18.5		20	
機翼（含吸管）重	13.1		14.2		15.3		16.8	
風速	強	弱	強	弱	強	弱	強	弱
五元硬幣個數	10	7	8	6	14	11	11	10
白色小方塊個數	0	1	4	4	0	1	2	2
乘載總重量	57.1	44.9	53.4	44.6	76.9	64.7	67.2	62.8

迎風面寬（公分）	20							
底面長（公分）	10							
弧面長（公分）	11		12		13.5		15	
機翼（含吸管）重	10.7		10.6		12.9		14	
風速	強	弱	強	弱	強	弱	強	弱
五元硬幣個數	8	5	11	8	12	9	5	4
白色小方塊個數	1	2	1	0	0	0	2	1
乘載總重量	46.9	34.7	60	45.8	65.7	52.5	38	32.6

迎風面寬（公分）	20							
底面長（公分）	15							
弧面長（公分）	16		17		18.5		20	
機翼（含吸管）重	16.8		18		19.1		20.5	
風速	強	弱	強	弱	強	弱	強	弱
五元硬幣個數	15	12	15	13	18	12	12	10
白色小方塊個數	0	1	0	3	0	2	4	2
乘載總重量	82.8	70.6	84	78.2	98.3	73.9	73.3	66.5

迎風面寬（公分）	25							
底面長（公分）	10							
弧面長（公分）	11		12		13.5		15	
機翼（含吸管）重	12.2		13		15.4		16.7	
風速	強	弱	強	弱	強	弱	強	弱
五元硬幣個數	9	7	11	9	8	6	5	4
白色小方塊個數	1	1	3	0	2	1	2	4
乘載總重量	52.8	44	64.4	52.6	52.6	42.8	40.7	38.3

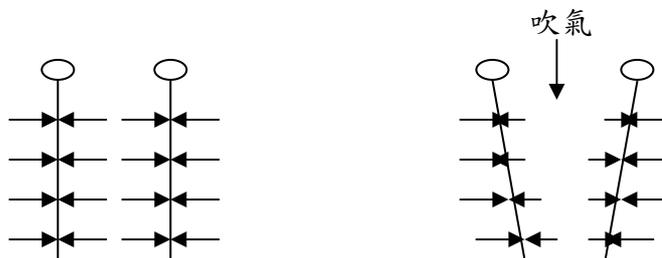
迎風面寬（公分）	25							
底面長（公分）	15							
弧面長（公分）	16		17		18.5		20	
機翼（含吸管）重	20.2		21.4		22.6		24.3	
風速	強	弱	強	弱	強	弱	強	弱
五元硬幣個數	10	8	20	15	16	13	17	12
白色小方塊個數	0	1	3	0	2	2	0	2
乘載總重量	64.2	56.4	112.4	87.4	95	81.8	99.1	79.1

4. 利用單面厚紙板做出不同大小的機翼模型的實驗結果，如下表：

迎風面寬（公分）	15				20				25			
底面長（公分）	15											
弧面長（公分）	17	18.5		17	18.5		17	18.5		17	18.5	
機翼（含吸管）重	22.7		24.5		28.6		30.3		34.1		36.1	
風速	強	弱	強	弱	強	弱	強	弱	強	弱	強	弱
五元硬幣個數	8	5	11	9	12	10	13	10	13	9	14	11
白色小方塊個數	1	2	1	0	1	0	3	3	2	3	1	1
乘載總重量	58.9	46.7	73.9	64.1	82.4	72.6	90.5	77.3	93.3	76.7	98.7	85.5

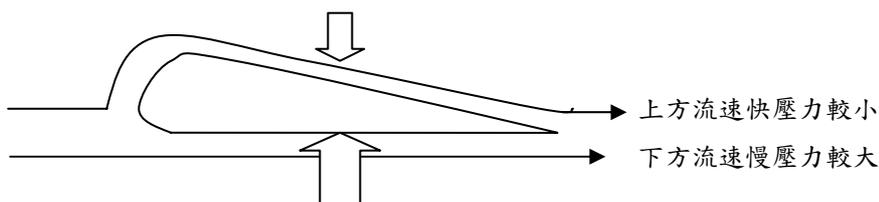
陸、討論

從實驗一的結果我們發現：當紙片間的空氣在流動時，紙片會往內彎曲，好像外側有一鼓力量在推紙片。原來這是因為大氣的壓力造成的，因為流動的空氣壓力會減小，流動的越快，壓力就越小，因此紙片越靠近。這個現象是一位叫白努利的科學家所發現的。只要在紙張或任何物體兩邊，有空氣在流動，而且速度不一樣，速度較慢的一邊壓力比較大，就會把物體往另一邊推。

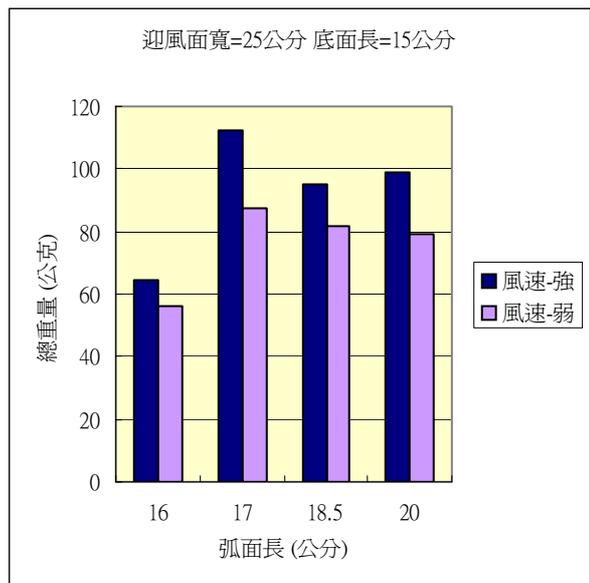
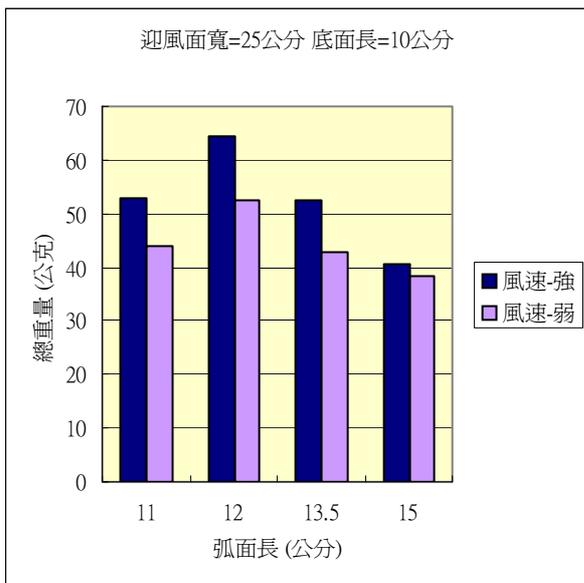
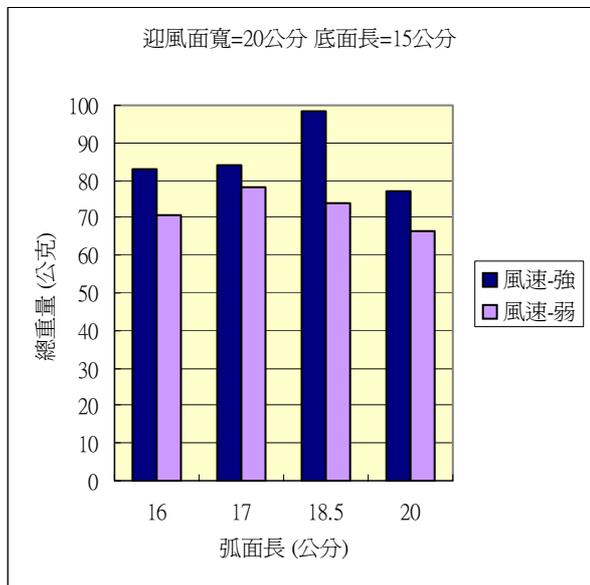
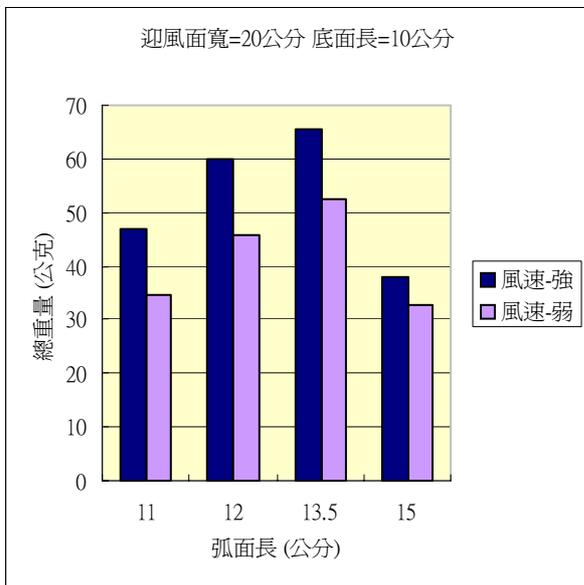
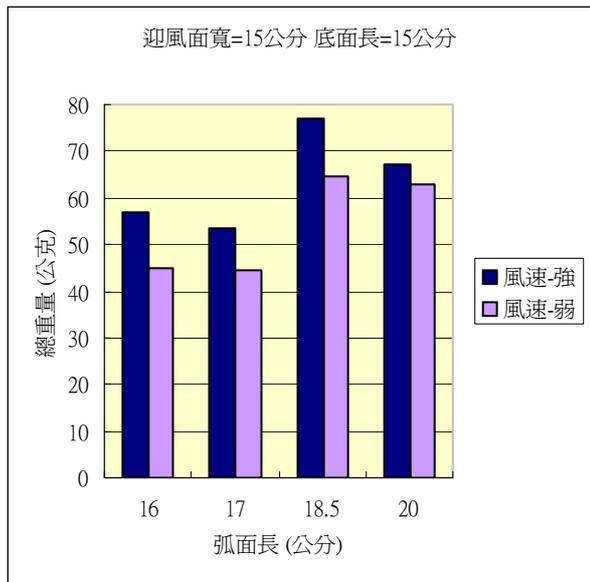
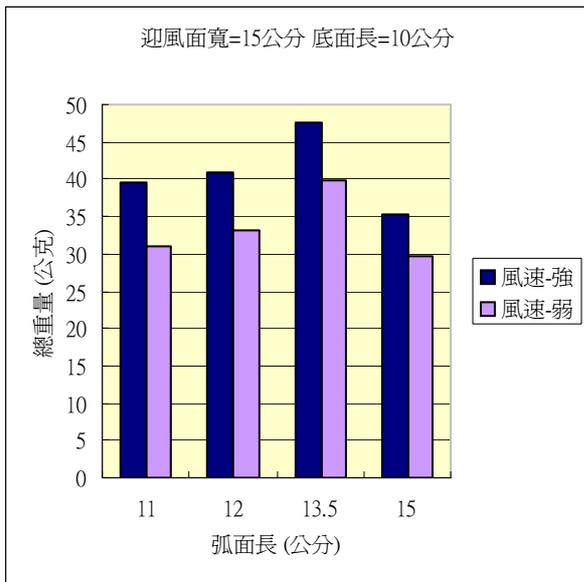


圖：未吹氣時內外壓力平衡；從中間吹氣時，中間壓力變小，紙片就往內彎曲。

這個原理與飛機有什麼關係呢？想一想在實驗二會漂浮的形狀，與飛機機翼的形狀的共通點就像是不對稱的水滴形。當空氣流過機翼上下時，因為上方較突出，下方較平，因此上方空氣流動較下方快，也就是下方壓力較大，因此可以支撐重量。其他對稱的形狀則不會有這樣的差異，而三角形雖然符合上下空氣流速不同的原則，但可能是因為形狀改變太大，使得在實驗過程中漂浮的不穩定而容易墜落。



接著，我們將實驗三的數據轉換成長條圖的方式來觀察，如下頁：



圖：各種不同尺寸機翼在不同風速下，所能承載之重量關係圖。

首先在所有的實驗中，同樣的機翼模型，只要風速為"強"時，所承載的總重量都要比風速為"弱"時來的多。因此，這個現象說明：當風速越快時，在這種不對稱形狀的兩側，其壓力差就越大，所以速度對於抬起機翼顯然是重要的因素之一。再從前頁圖的縱向來觀察：當我們固定機翼之底面長度時，隨著迎風面越寬，整體機翼所承載的重量就越大；同樣的，就橫向的關係而言，當固定機翼迎風面之寬度時，隨著機翼底面長越長，整體機翼所承載的重量就越大。換句話說，就是底面積越大，所能承載的重量就越大。可是，我們也注意到：增加迎風面寬度所產生抬起機翼的效果，還不如增加底面長來的有效率。例如：以迎風面寬為 15 公分、底面長為 10 公分的機翼為基準，當底面長度增加為 15 公分時(底面積為 225 平方公分)，其最大承載重量為 76.9 公克，也就是每平方公分可支撐 0.342 公克；若僅改變迎風面寬度增為 20 公分時(底面積為 200 平方公分)，則其最大承載重量僅為 65.7 公克，也就是每平方公分可支撐 0.329 公克。而另一個底面積為 250 平方公分的機翼模型(迎風面寬 25 公分，底面長 10 公分)，其最大承載重量僅為 64.4 公克，也就是每平方公分可支撐 0.258 公克，則效果顯然差更多了。因此，從以上的數據觀察，我們發現原來飛機在起飛時，將機翼向後延伸是獲得最多更多向上支撐力的方法，除了可以增加機翼面積外，亦可以增加上下翼面間的長度差，使得飛機在較低的速度就可以飛起來。

當我們改變弧面長度時，依據理論，弧面長度與底面長差距越大，表示通過弧面上的氣體流速就越快，則上下壓力差越大，支撐力也就越大。從實驗結果我們發現，當弧面長增加超過一個程度之後，所能承載的重量反而減少了。觀察機翼模型變化，推測當弧面長增加較多時，相對的也增加了迎風面的面積，阻力也就增加了，進而干擾氣體流過上下翼面的速度，降低支撐的效果。此外，我們比較弧面長與底面長的比例關係，在各種承載總重量最多的機翼模型中，其弧面長與底面長的比約在 1.2~1.35 之間。

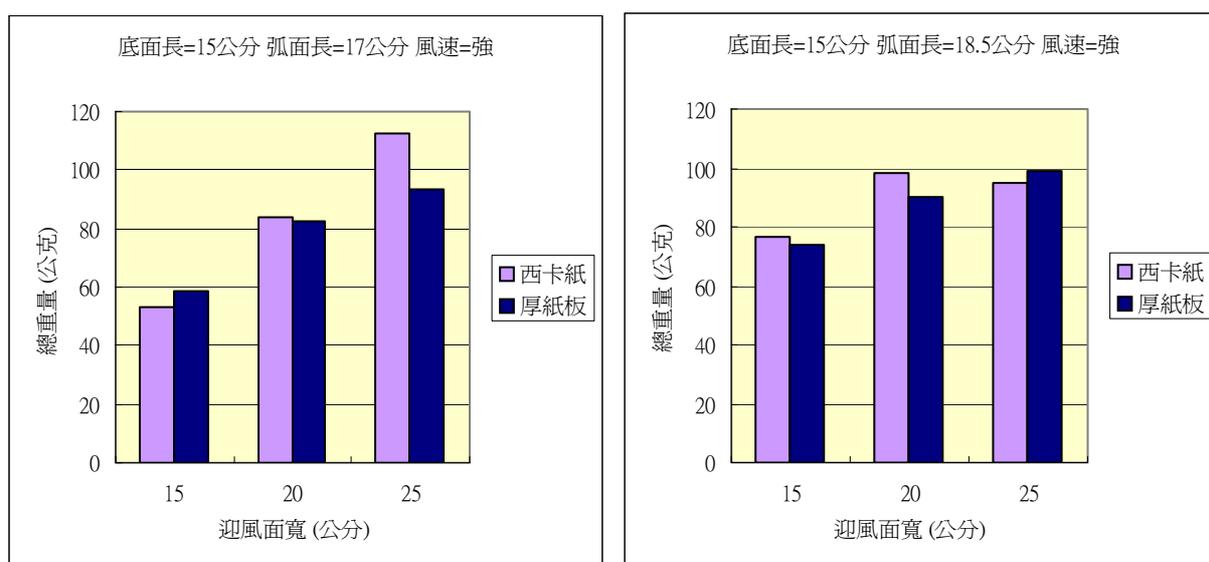


圖 比較以西卡紙及厚紙板製作機翼模型，在不同尺寸下承載重量的情形。

如果將製作機翼模型的材質改用較堅固的單面厚紙板時，在與西卡紙相同尺寸的情況下，其所能承載的硬幣數量會較少，但是整體的重量則會比較接近(如上頁圖)。因此，在相同的條件下，不同材質的機翼具有相似的總承載能力。雖然再本次實驗中，利用單面厚紙板所做的機翼模型，並無法搭載較多的硬幣，但是其紙張的堅固程度要比西卡紙好，因此如果風扇的速度更快，西卡紙的製品就可能產生變形而墜落，而厚紙板的則較不會，因而達到搭載較多硬幣的目的。

柒、結論

綜合以上的實驗結果，我們發現當機翼模型越大，則它可以搭載的硬幣數越多，總重量越大，難怪客機的翅膀都特別大，這樣才能載更多的人。另一方面，當我們把風速加強時，則可以搭載更多的硬幣，因此速度也是一個重要的因素。在真實的飛機中，如果是像戰鬥機這樣比較小的飛機，通常為了飛的比較快，而且要動作靈活，機翼會做的比較小，也比較薄，利用速度來換取較大的支撐力。而客機或是運輸機，則因為需要載運較大的重量，而且速度無法太快，因此相對機翼就比較厚而大。此外，如果我們把製作機翼模型的材料從西卡紙換成較堅固的單面厚紙板，則在相同面積的模型時，單面厚紙板可以搭載的硬幣較少，但是總重量則相差不遠。所以，飛機使用的材料越輕越好，這樣可以多載一些人或是貨物。不過我們也觀察到，用西卡紙做的機翼模型以強風吹時，較容易變形而導致墜落，因此真的飛機除了重量輕之外，還必須要堅固才行。

捌、參考資料或其他

1. 認識飛行工具。啓思文化事業有限公司。89年5月版。
2. 科學飛機勞作。欣大出版社。
3. 大家來做紙飛機。國家出版社印行。

評 語

081513 翱翔天際

1. 表達良好。
2. 實驗內容可進一步補強。
3. 團隊默契佳。