

裝訂線

屏東縣第 63 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：「曲」高低飛~機翼高度的秘密

關 鍵 詞：康達效應、機翼曲面高度、升力（最多三個）

裝訂線

編號：A2006

裝訂線

目錄

摘要.....	01
壹、前言（含研究動機機、目的、文獻回顧）.....	02
貳、研究設備及器材.....	05
參、研究過程或方法.....	06
肆、研究結果與討論.....	09
伍、結論.....	23
陸、參考資料及其他.....	23

摘要

為了解不同機翼曲面高度對升力的影響，且在改變機翼重量、翼展長度、翼長長度的情況下，探討哪一個機翼曲面高度升力最佳，因此使用不同重量材質之圖畫紙、西卡紙製作機翼，並以家庭日常就可以取得之電風扇、細木棍、風箏線、保麗龍塊、量尺等材料製作機翼升降裝置，透過電風扇風力針對不同機翼曲面高度、翼展長度、翼長長度、風速及材質(重量)進行實驗，原先假設機翼曲面高度越高，造成的反作用力越大，機翼應該會升得越高，但依據實驗結果，不管如何改變翼展、翼長的長度，均以曲面高度 2 公分的機翼，升力最佳，曲面高度越高，升力表現越差。本次實驗以日常生活就可以取得的材料及方式進行，讓實驗是有趣的，而且是跟我們生活有關的。

壹、前言

一、研究動機

111 年 8 月暑假期間，在屏東縣立體育館有舉辦空中嘉年華活動，看到現場工作人員把許多顆汽球串成一個圓圈，之後使用風洞從某個角度去吹動，氣球圈圈竟然開始原地不斷旋轉，實在很神奇，現場人員解釋原來是使用所謂「康達效應」的原理才會造成這種現象，也發現原來在自然課介紹過風在生活中的用途及遊戲，可以這樣應用，而現場也展示了許多模型飛機，那飛機跟「康達效應」又有什麼關係？為什麼在與飛機有關的活動中會演示什麼是「康達效應」呢？在現場看到的飛機模型，機翼跟我們一般摺的紙飛機不一樣，是有個曲面的，而不是平面的，如果曲面的高度增加，是否會增加飛機的升力呢？因此決定試看看調整曲面高度，並測量與升力的關係。

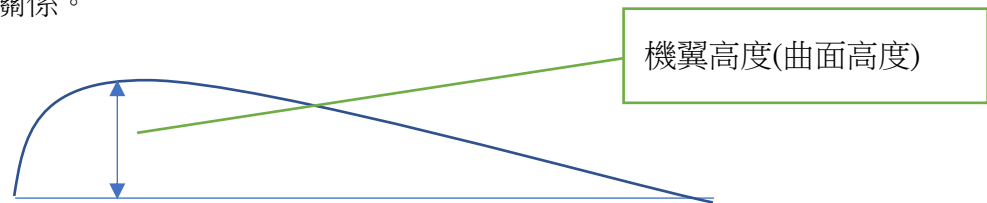
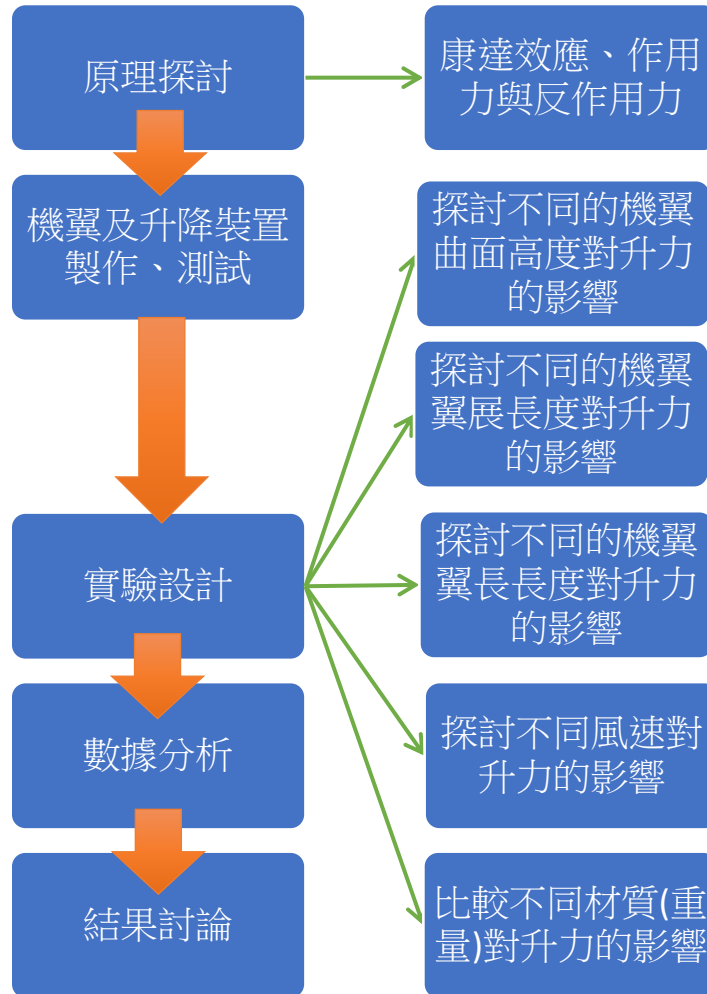


圖 1：機翼剖面圖

二、研究目的

- (一)不同的機翼曲面高度對升力的影響。
- (二)不同的機翼翼展長度對升力的影響。
- (三)不同的機翼翼長長度對升力的影響。
- (四)不同的風速對升力的影響。
- (五)不同的機翼材質(重量)對升力的影響。

三、實驗架構圖

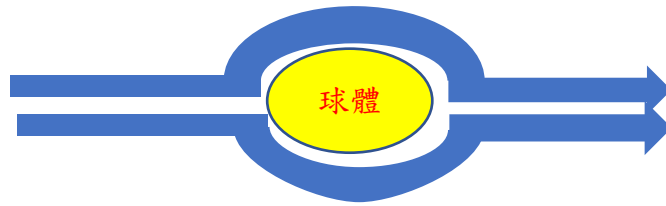


四、文獻回顧

為了了解機翼升力的原理及以往科展作品對機翼升力的觀察，搜尋臺灣網路科教館科展作品資料後，參考作品名稱『中華民國第 56 屆中小學科學展覽會，國小組，物理科，「風起，再造飛機去追風」』、『中華民國第四十八屆中小學科學展覽會，國中組，理化科，大有「旋機」—透過旋轉式機制重新探討機翼升力』的作品，發現機翼升力的原理以「康達效應」、「牛頓第三運動定律」解釋最佳，而機翼高度以機翼前 3 分之 1 的位置對機翼升力最有幫助，但以往科展作品並未單獨以不同曲面高度的機翼，實際進行爬升(飛行)，觀測飛行高度，而且本次實驗也希望以日常家庭生活就可以取得材料及方式來觀察機翼升力，知道原來生活周遭的東西，只要稍加改變都是可以作科學實驗的，實驗是有趣的，而且是跟我們生活有關的。

(一)康達效應：

康達效應也就是附壁作用，是在說明流體會貼著表面流動的現象。



(二)「牛頓第三運動定律」也就是作用力與反作用力，是在說明對一個物體施力，會同時產生一個大小相等、方向相反的反作用力。例如：當我們穿著溜冰鞋推牆壁時，手給牆壁一個作用力，牆壁也給手一個反作用力，於是我們就被牆壁推走了。

(三)當空氣流動通過機翼時(如圖 2 紅色、藍色箭頭流動方向)，圖 2 的藍色箭頭空氣流動因為康達效應而會沿著機翼曲面貼壁向下流動，而向下流動時因為對機翼往下施力，此時根據作用力與反作用力原理，會同時產生方向相反也就是向上的反作用力，讓飛機產生升力。

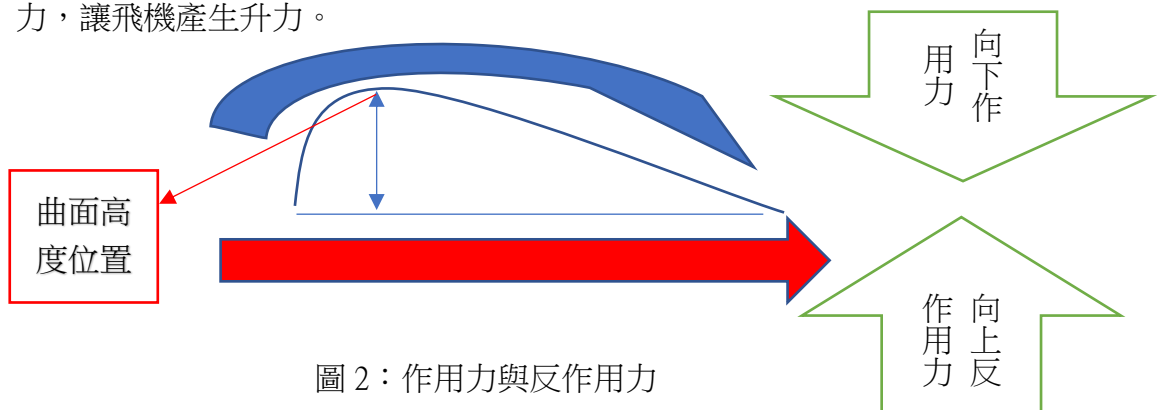


圖 2：作用力與反作用力

(四)名詞解釋：

- 1.機翼曲面高度：機翼曲線的最高位置(參考圖 2 所標示的位置說明)。
- 2.翼展長度：機翼橫向展開來的長度(參考圖 3 所標示位置說明)。
- 3.翼長長度：機翼前後兩端的長度(參考圖 3 所標示位置說明)。

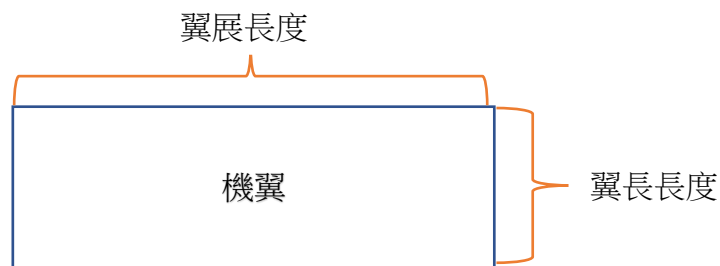





圖 3：機翼的俯瞰圖

貳、研究設備及器材

		
照片 1：電扇	照片 2：圖畫紙	照片 3：西卡紙
		
照片 4：量尺	照片 5：打孔器	照片 6：吸管(固定機翼高度)
		
照片 7：保麗龍塊、盒子及木棍(機翼平台)	照片 8：風箏線(機翼爬升)	照片 9：電子磅秤
		
照片 10：風速計	照片 11：珍珠板(固定風箏線)	

參、研究過程或方法

一、實驗前置作業及測試：

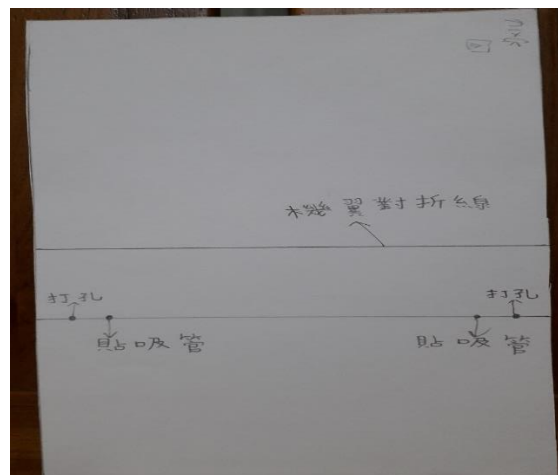
(一)機翼材料選擇：使用方便取得而且重量不同的圖畫紙(較輕)、西卡紙(較重)。

(二)機翼如何固定高度、高度位置的選擇及機翼製作方式：

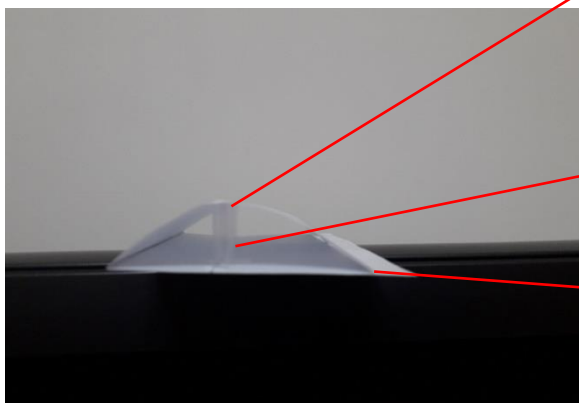
原先預計使用手折紙張機翼及直尺測量高度方式固定機翼曲面高度，但是高度不容易固定，所以選擇用較輕的吸管(減輕對機翼重量影響)黏貼在機翼上固定高度，因此分別剪出長度2公分、3公分、4公分吸管後，在吸管兩端貼上雙面膠，方便黏貼固定在機翼上下端。至於機翼高度位置，則選擇機翼的前三分之一處的位置(依據參考資料，以前三分之一處對機翼升力最佳)，另機翼需套在機翼爬升的裝置上，所以需要在吸管固定處的旁邊打孔。



圖片 1：固定機翼高度的吸管



圖片 2：機翼打孔位置及吸管固定處：



機翼上方的打孔方式，可用筆穿過下方打孔位置後做記號

吸管

用膠帶固定

圖片 3：機翼的側面：

(三)風力來源：使用手拿方便、體積小、方便隨處就可以擺放做實驗的循環扇(風力強且較大型立扇集中)。

(四)測試機翼平台(機翼升降裝置)，先使用最輕的 A4 紙(翼展 14 公分、翼長 8 公分、曲面高度 2 公分)作為機翼進行測試

測試一	原先預計使用寬 0.5 公分、長 90 公分木棍插在保麗龍塊(長寬均為 20 公分，高度 8 公分)上，再將已打孔的機翼裝在木棍來進行實驗(參考編號 1 照片)，但木棍太粗卡住機翼。
測試二	在木棍上裝上吸管，希望減少摩擦，但仍無法讓機翼成功升起。
測試三	更換寬 0.2 公分、長 90 公分細木棍，且把在機翼上裝上 6mm 的吸管，希望減少與木棍摩擦並帶動機翼起飛，但木棍晃動卡住機翼，且機翼打孔大小與吸管不合，兩者無法配合。
測試四	把細木棍剪短(長 35 公分)希望木棍不會被風吹而晃動，把符合機翼打孔大小的 8mm 吸管裝在機翼打孔位置，但仍無法成功，並發現機翼前端好像被壓住的感覺，可能是保麗龍塊太低，讓機翼位置過低。
測試五	在原先的保麗龍塊上，再墊上一塊高度 6 公分的盒子，讓機翼起飛位置對準風扇中心，但機翼還是卡卡的，可能是木棍造成摩擦卡住。
測試六	將木棍更換成平滑的風箏線，把風箏線穿過機翼後，風箏線上下兩邊綁在木棍上，參編號 2 照片。重作機翼升降裝置後，終於成功讓機翼起飛(參編號 3、4 照片)。





(五)機翼規格：

測試成功後，決定以翼展 16 公分、15 公分、14 公分，翼長 14.5 公分、13.5 公分，曲面高度 2 公分、3 公分、4 公分的規格製作不同的機翼。

二、實驗步驟

(一)方法：

步驟一：使用圖畫紙、西卡紙製作不同機翼規格。

編號	翼長 (公分)	翼展 (公分)	高度 (公分)	編號	翼長 (公分)	翼展 (公分)	高度 (公分)
1	13.5	14	2	10	14.5	14	2
2	13.5	14	3	11	14.5	14	3
3	13.5	14	4	12	14.5	14	4
4	13.5	15	2	13	14.5	15	2
5	13.5	15	3	14	14.5	15	3
6	13.5	15	4	15	14.5	15	4
7	13.5	16	2	16	14.5	16	2
8	13.5	16	3	17	14.5	16	3
9	13.5	16	4	18	14.5	16	4

步驟二：機翼升降裝置與電風扇距離 47 公分。

步驟三：使用電風扇中風(風速 4m/s)、強風(4.6m/s)分別進行實驗。

步驟四：觀察不同機翼規格爬升高度，採用目測機翼可達到的最高位置(10 秒內)，測量 10 次，取中間值的 5 次做平均，以此平均值作為所觀測的最終飛行高度。

(二)分別探討下列幾項因素對於機翼升力的影響：

- 1.不同的機翼曲面高度對升力的影響。
- 2.不同的機翼翼展長度對升力的影響。
- 3.不同的機翼翼長長度對升力的影響。

4.不同的風速對升力的影響。

5.不同的機翼材質(重量)對升力的影響。

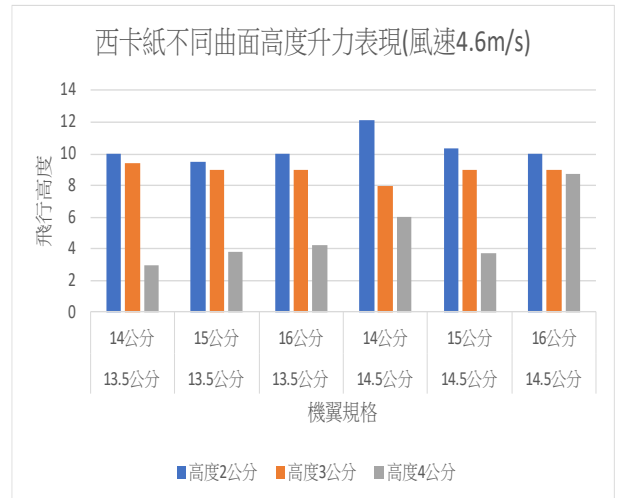
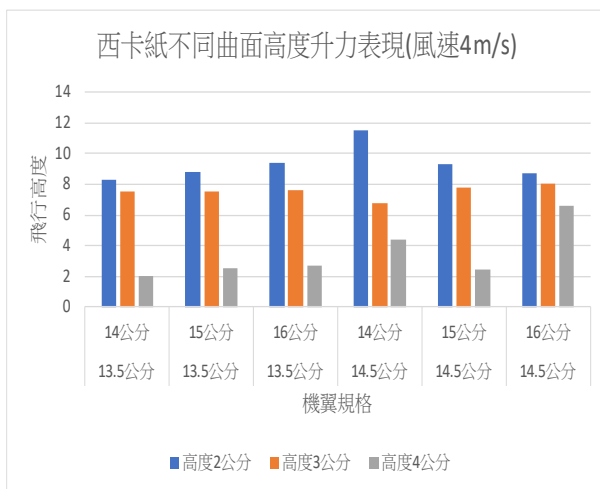
肆、研究結果與討論

一、實驗一：探討不同機翼曲面高度對於機翼升力的影響。

(一)西卡紙

翼長 (公分)	翼展 (公分)	風速 (m/s)	曲面 高度	飛行高 度(公分)
13.5	14	4m/s	2公分	8.3
			3公分	7.5
			4公分	2
13.5	14	4.6m/s	2公分	10
			3公分	9.4
			4公分	3
13.5	15	4m/s	2公分	8.8
			3公分	7.5
			4公分	2.5
13.5	15	4.6m/s	2公分	9.5
			3公分	9
			4公分	3.8
13.5	16	4m/s	2公分	9.4
			3公分	7.6
			4公分	2.7
13.5	16	4.6m/s	2公分	10
			3公分	9
			4公分	4.2

翼長 (公分)	翼展 (公分)	風速 (m/s)	曲面 高度	飛行高 度(公分)
14.5	14	4m/s	2公分	11.5
			3公分	6.8
			4公分	4.4
14.5	14	4.6m/s	2公分	12.1
			3公分	8
			4公分	6
14.5	15	4m/s	2公分	9.3
			3公分	7.8
			4公分	2.4
14.5	15	4.6m/s	2公分	10.3
			3公分	9
			4公分	3.7
14.5	16	4m/s	2公分	8.7
			3公分	8
			4公分	6.6
14.5	16	4.6m/s	2公分	10
			3公分	9
			4公分	8.7



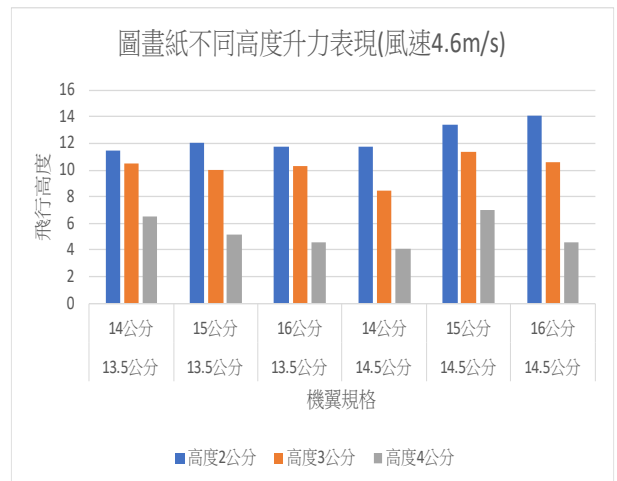
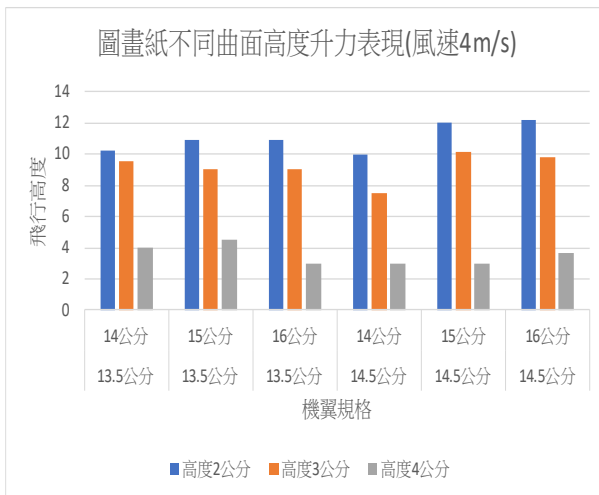
小結：

- 1、當翼長、翼展和風速固定的情況下，曲面高度 2 公分時的飛行高度最高，其次是曲面高度 3 公分時，飛行高度最低的是曲面高度 4 公分時，而且比曲面高度 3 公分的還低許多。
- 2、就曲面高度 2 公分、3 公分和 4 公分來說，當翼長、翼展和風速固定的情況下，曲面高度越低的飛行高度越高；曲面高度越高的飛行高度越低。

(二)圖畫紙

翼長 (公分)	翼展 (公分)	風速 (m/s)	曲面 高度	飛行高 度(公分)
13.5	14	4m/s	2公分	10.2
			3公分	9.5
			4公分	4
13.5	14	4.6m/s	2公分	11.5
			3公分	10.5
			4公分	6.5
13.5	15	4m/s	2公分	10.9
			3公分	9
			4公分	4.5
13.5	15	4.6m/s	2公分	12
			3公分	10
			4公分	5.2
13.5	16	4m/s	2公分	10.9
			3公分	9
			4公分	3
13.5	16	4.6m/s	2公分	11.8
			3公分	10.3
			4公分	4.6

翼長 (公分)	翼展 (公分)	風速 (m/s)	曲面 高度	飛行高 度(公分)
14.5	14	4m/s	2公分	10
			3公分	7.5
			4公分	3
14.5	14	4.6m/s	2公分	11.8
			3公分	8.5
			4公分	4.1
14.5	15	4m/s	2公分	12
			3公分	10.1
			4公分	3
14.5	15	4.6m/s	2公分	13.4
			3公分	11.4
			4公分	7
14.5	16	4m/s	2公分	12.2
			3公分	9.8
			4公分	3.7
14.5	16	4.6m/s	2公分	14.1
			3公分	10.6
			4公分	4.6



小結：

- 1、當翼長、翼展和風速固定的情況下，同樣曲面高度 2 公分時的飛行高度最高，其次是曲面高度 3 公分時，飛行高度最低的是曲面高度 4 公分時，而且比曲面高度 3 公分的還低許多。
- 2、就曲面高度 2 公分、3 公分和 4 公分來說，當翼長、翼展和風速固定的情況下，曲面高度越低的飛行高度越高；曲面高度越高的飛行高度越低。

實驗一結論：

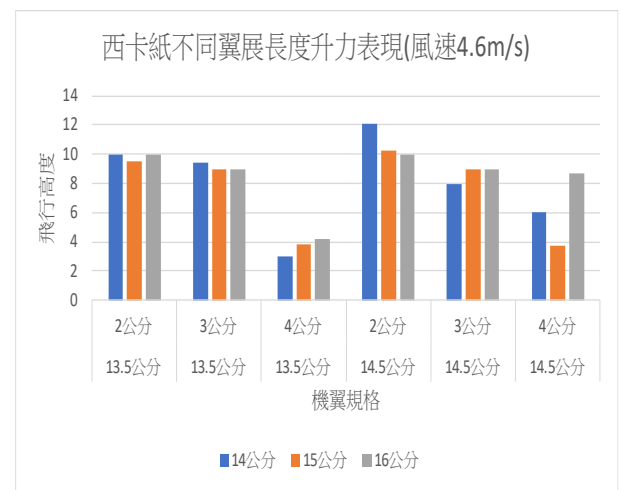
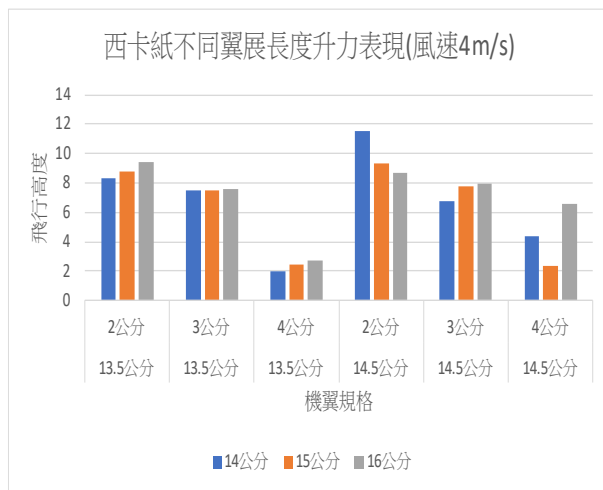
- 1、就曲面高度 2 公分、3 公分和 4 公分來說，當翼長、翼展和風速都相同的機翼，在機翼曲面高度不同的條件下，以曲面高度 2 公分的機翼表現最佳，曲面高度 4 公分的機翼表現最差。
- 2、依據實驗一的研究結果，進一步分析可以發現，不論是使用材質較重的西卡紙或是較輕的圖畫紙製作機翼，並在不同的翼長長度、翼展長度、風速進行觀測，機翼升力飛行高度：曲面高度 2 公分>曲面高度 3 公分>曲面高度 4 公分，曲面高度越高，升力表現越差。

二、實驗二：探討不同機翼翼展長度對於機翼升力的影響。

(一)西卡紙

翼長 (公分)	曲面 高度	風速 (m/s)	翼展 (公分)	飛行高 度(公分)
13.5	2公分	4m/s	14	8.3
			15	8.8
			16	9.4
13.5	2公分	4.6m/s	14	10
			15	9.5
			16	10
13.5	3公分	4m/s	14	7.5
			15	7.5
			16	7.6
13.5	3公分	4.6m/s	14	9.4
			15	9
			16	9
13.5	4公分	4m/s	14	2
			15	2.5
			16	2.7
13.5	4公分	4.6m/s	14	3
			15	3.8
			16	4.2

翼長 (公分)	曲面 高度	風速 (m/s)	翼展 (公分)	飛行高 度(公分)
14.5	2公分	4m/s	14	11.5
			15	9.3
			16	8.7
14.5	2公分	4.6m/s	14	12.1
			15	10.3
			16	10
14.5	3公分	4m/s	14	6.8
			15	7.8
			16	8
14.5	3公分	4.6m/s	14	8
			15	9
			16	9
14.5	4公分	4m/s	14	4.4
			15	2.4
			16	6.6
14.5	4公分	4.6m/s	14	6
			15	3.7
			16	8.7



小結：

- 1、當機翼曲面高度、翼長和風速固定的情況下，翼展 16 公分規格的機翼飛出最高飛行高度的比例居多(即相同曲面高度、翼長和風速，但不同翼展長度之機翼進行飛行高度比較，翼展 16 公分飛行高度高於 15 公分、14 公分的次數)，而翼展 14 公

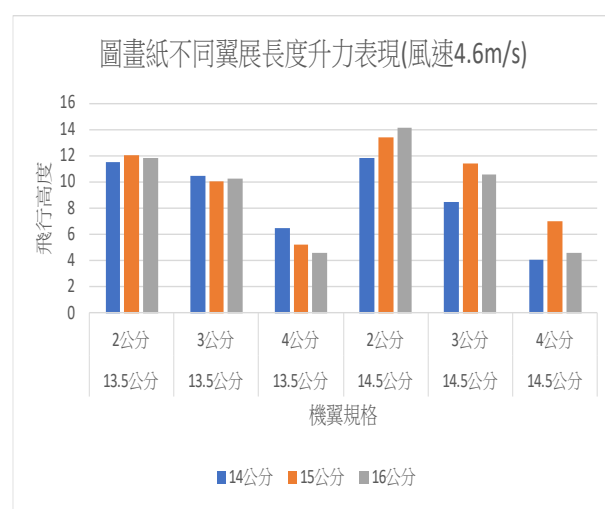
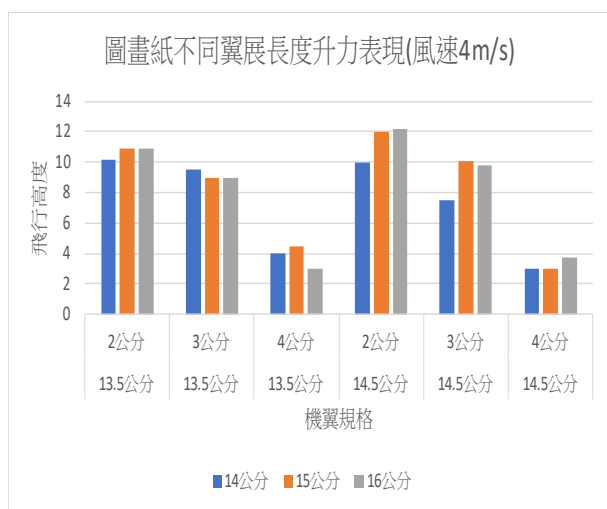
分的機翼飛出最低飛行高度的比例居多。

2、就翼展長度 16 公分、15 公分和 14 公分來說，當翼長、曲面高度和風速固定的情況下，翼展長度較長的機翼，大多能表現較高的飛行高度；翼展長度最短的機翼，飛行高度大多數較低。

(二)圖畫紙

翼長 (公分)	曲面 高度	風速 (m/s)	翼展 (公分)	飛行高 度(公分)
13.5	2公分	4m/s	14	10.2
			15	10.9
			16	10.9
13.5	2公分	4.6m/s	14	11.5
			15	12
			16	11.8
13.5	3公分	4m/s	14	9.5
			15	9
			16	9
13.5	3公分	4.6m/s	14	10.5
			15	10
			16	10.3
13.5	4公分	4m/s	14	4
			15	4.5
			16	3
13.5	4公分	4.6m/s	14	6.5
			15	5.2
			16	4.6

翼長 (公分)	曲面 高度	風速 (m/s)	翼展 (公分)	飛行高 度(公分)
14.5	2公分	4m/s	14	10
			15	12
			16	12.2
14.5	2公分	4.6m/s	14	11.8
			15	13.4
			16	14.1
14.5	3公分	4m/s	14	7.5
			15	10.1
			16	9.8
14.5	3公分	4.6m/s	14	8.5
			15	11.4
			16	10.6
14.5	4公分	4m/s	14	3
			15	3
			16	3.7
14.5	4公分	4.6m/s	14	4.1
			15	7
			16	4.6



小結：

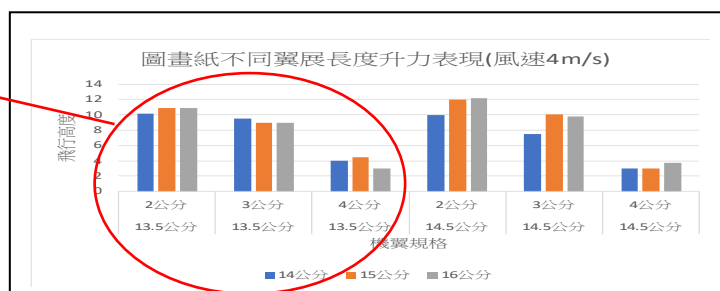
- 1、當機翼翼長、曲面高度和風速固定的情況下，翼展 15 公分的機翼飛出最高飛行高度的比例最多(共有 6 次)，其次則是翼展 16 公分(共有 4 次)，而翼展 14 公分的機翼飛出最低飛行高度的比例最多(共有 6 次)，但翼展 16 公分、15 公分的飛行高度表現相當接近，且大多數仍是比翼展 14 公分的飛行高度表現良好。
- 2、就翼展長度 16 公分、15 公分和 14 公分來說，當翼長、曲面高度和風速固定的情況下，翼展長度較長機翼的飛行高度，仍是比翼展較短的機翼表現良好。

實驗二結論：

- 1、就翼展長度 16 公分、15 公分和 14 公分來說，當翼長、曲面高度和風速都相同的機翼，在機翼翼展長度不同的條件下，以翼展較長的機翼表現最佳，翼展最短的 14 公分機翼表現較差。
- 2、依據實驗二的研究結果，再進一步分析可以發現，下列幾點：
 - (1)不論是使用材質較重的西卡紙或是較輕的圖畫紙製作機翼，並在不同的翼長長度、曲面高度、風速進行觀測，機翼升力飛行高度的表現：翼展較長的機翼優於翼展最短的機翼。
 - (2)再以實驗二西卡紙、圖畫紙實驗結果的圖表進行觀察，相同翼長，搭配不同翼展長度、曲面高度規格的機翼，在相同風速下，比較不同曲面高度飛行結果(例如：同樣翼長 13.5 公分、不同翼展 16、15 及 14 公分，在相同 4m/s 風速下，曲面高度 2 公分規格的機翼飛行高度最高，其次是曲面高度 3 公分，曲面高度 4 公分飛行高度最差，而翼長同為 14.5 公分、不同翼展 16、15 及 14 公分，在相同 4m/s 風速下，也可以看出一樣的結果)，可以看出機翼升力飛行高度：曲面高度 2 公分>曲面高度 3 公分>曲面高度 4 公分，曲面高度越低的機翼，升力

表現越佳。

同樣翼長 13.5 公分，即使翼展改變，曲面高度 2 公分群組規格的升力最佳，其次是 3 公分，高度 4 公分最差。另外翼長或風速改變，也是有一樣的趨勢。

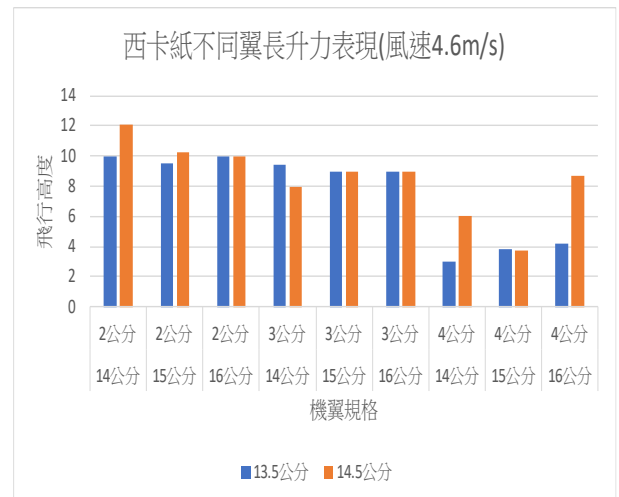
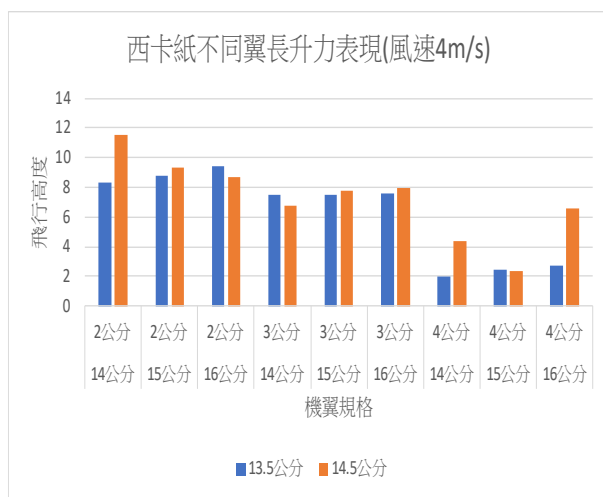


三、實驗三：探討不同機翼翼長長度對於機翼升力的影響。

(一)西卡紙

翼展 (公分)	曲面 高度	風速 (m/s)	翼長 (公分)	飛行高 度(公分)
14	2公分	4m/s	13.5	8.3
			14.5	11.5
		4.6m/s	13.5	10
			14.5	12.1
	3公分	4m/s	13.5	7.5
			14.5	6.8
		4.6m/s	13.5	9.4
			14.5	8
	4公分	4m/s	13.5	2
			14.5	4.4
		4.6m/s	13.5	3
			14.5	6
15	2公分	4m/s	13.5	8.8
			14.5	9.3
		4.6m/s	13.5	9.5
			14.5	10.3
	3公分	4m/s	13.5	7.5
			14.5	7.8
		4.6m/s	13.5	9
			14.5	9
	4公分	4m/s	13.5	2.5
			14.5	2.4
		4.6m/s	13.5	3.8
			14.5	3.7

翼展 (公分)	曲面 高度	風速 (m/s)	翼長 (公分)	飛行高 度(公分)
16	2公分	4m/s	13.5	9.4
			14.5	8.7
		4.6m/s	13.5	10
			14.5	10
	3公分	4m/s	13.5	7.6
			14.5	8
		4.6m/s	13.5	9
			14.5	9
	4公分	4m/s	13.5	2.7
			14.5	6.6
		4.6m/s	13.5	4.2
			14.5	8.7



小結：

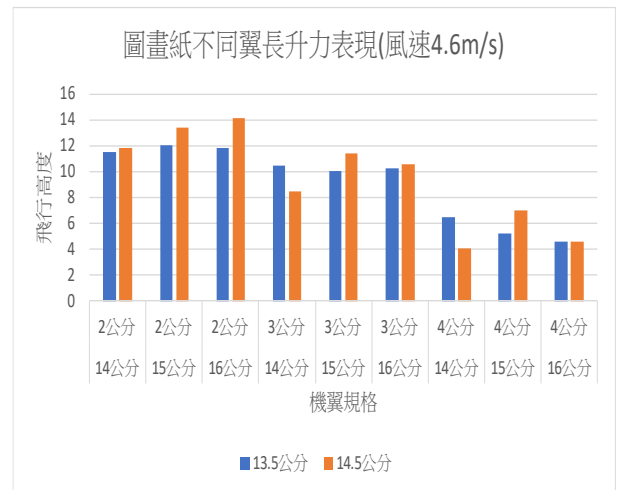
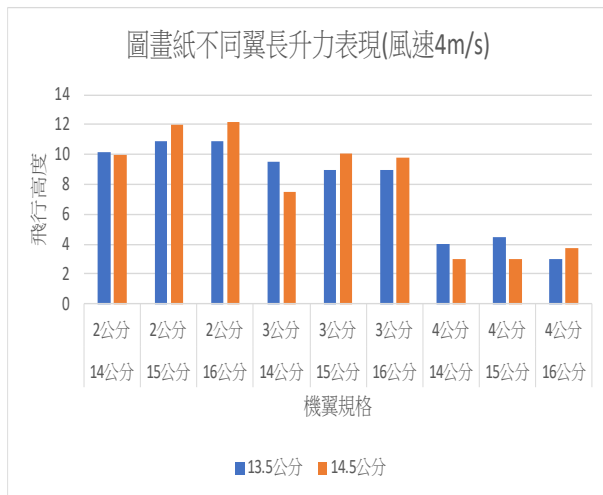
- 1、當翼展、曲面高度和風速固定的情況下，同樣翼長 14.5 公分時，飛出最高飛行高度的比例最多，其次是翼長 13.5 公分。

2、就翼長長度 14.5 公分和 13.5 公分來說，當翼展、曲面高度和風速固定的情況下，翼長長度越長的飛行高度表現，優於翼長長度較短的機翼。

(二)圖畫紙

翼展 (公分)	曲面高度	風速 (m/s)	翼長 (公分)	飛行高度 (公分)
14	2公分	4m/s	13.5	10.2
			14.5	10
		4.6m/s	13.5	11.5
			14.5	11.8
	3公分	4m/s	13.5	9.5
			14.5	7.5
		4.6m/s	13.5	10.5
			14.5	8.5
	4公分	4m/s	13.5	4
			14.5	3
		4.6m/s	13.5	6.5
			14.5	4.1
15	2公分	4m/s	13.5	10.9
			14.5	12
		4.6m/s	13.5	12
			14.5	13.4
	3公分	4m/s	13.5	9
			14.5	10.1
		4.6m/s	13.5	10
			14.5	11.4
	4公分	4m/s	13.5	4.5
			14.5	3
		4.6m/s	13.5	5.2
			14.5	7

翼展 (公分)	曲面高度	風速 (m/s)	翼長 (公分)	飛行高度 (公分)
16	2公分	4m/s	13.5	10.9
			14.5	12.2
		4.6m/s	13.5	11.8
			14.5	14.1
	3公分	4m/s	13.5	9
			14.5	9.8
		4.6m/s	13.5	10.3
			14.5	10.6
	4公分	4m/s	13.5	3
			14.5	3.7
		4.6m/s	13.5	4.6
			14.5	4.6



小結：

1、當翼展、曲面高度和風速固定的情況下，同樣翼長 14.5 公分時，飛出最高飛行

高度的比例最多，其次是翼長 13.5 公分。

2、就翼長長度 14.5 公分和 13.5 公分來說，當翼展、曲面高度和風速固定的情況下，翼長長度越長的飛行高度表現，優於翼長長度較短的機翼。

實驗三結論：

1、就翼長長度 14.5 公分、13.5 公分來說，當曲面高度、翼展和風速都相同的機翼，在機翼翼長長度不同的條件下，以翼長 14.5 公分的機翼表現最佳。

2、依據實驗三的研究結果，再進一步分析可以發現，下列幾點：

(1)不論是使用材質較重的西卡紙或是較輕的圖畫紙製作機翼，並在不同的翼展長度、曲面高度、風速進行觀測，機翼升力飛行高度的表現：翼長較長的機翼優於翼長較短的機翼。

(2)再以實驗三西卡紙、圖畫紙實驗結果的圖表進行觀察，不同翼展、翼長規格的機翼，在不同風速下，比較不同曲面高度飛行結果，可以看出機翼升力飛行高度：曲面高度 2 公分規格>曲面高度 3 公分>曲面高度度 4 公分，曲面高度越低的機翼，升力表現越佳。

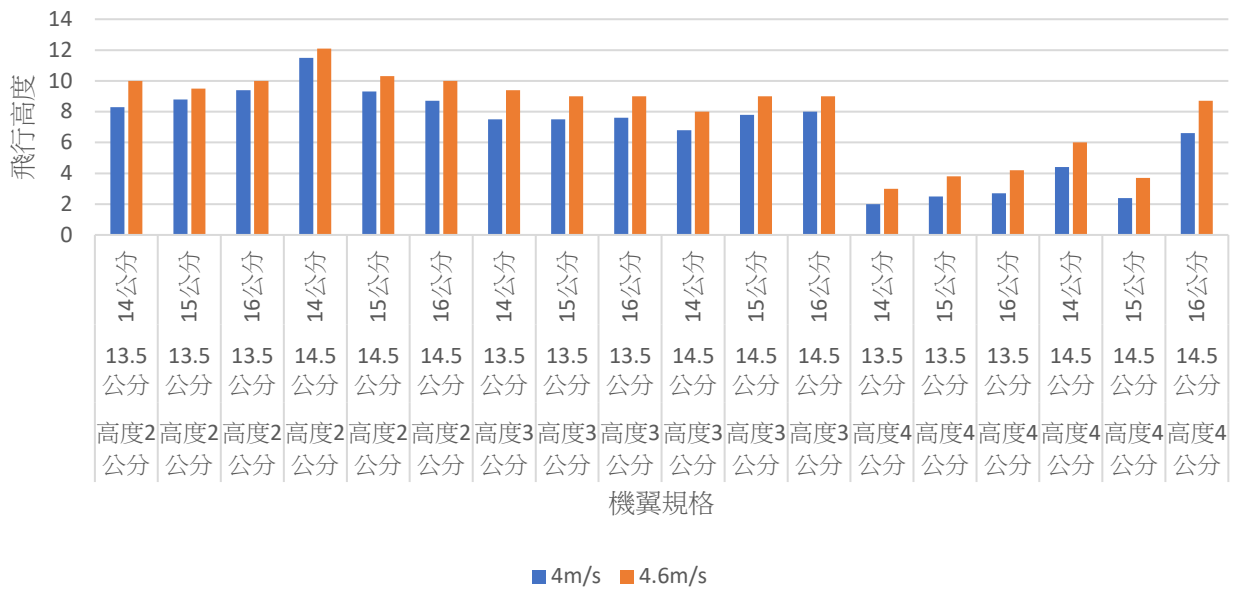
四、實驗四：探討不同風速度對於機翼升力的影響。

(一)西卡紙

翼長 (公分)	翼展 (公分)	曲面 高度	風速	飛行高度 (公分)
13.5	14	2公分	4m/s	8.3
			4.6m/s	10
		3公分	4m/s	7.5
			4.6m/s	9.4
		4公分	4m/s	2
			4.6m/s	3
	15	2公分	4m/s	8.8
			4.6m/s	9.5
		3公分	4m/s	7.5
			4.6m/s	9
		4公分	4m/s	2.5
			4.6m/s	3.8
16	2公分	4m/s	9.4	
		4.6m/s	10	
	3公分	4m/s	7.6	
		4.6m/s	9	
	4公分	4m/s	2.7	
		4.6m/s	4.2	

翼長 (公分)	翼展 (公分)	曲面 高度	風速	飛行高度 (公分)
14.5	14	2公分	4m/s	11.5
			4.6m/s	12.1
		3公分	4m/s	6.8
			4.6m/s	8
		4公分	4m/s	4.4
			4.6m/s	6
	15	2公分	4m/s	9.3
			4.6m/s	10.3
		3公分	4m/s	7.8
			4.6m/s	9
		4公分	4m/s	2.4
			4.6m/s	3.7
16	2公分	4m/s	8.7	
		4.6m/s	10	
	3公分	4m/s	8	
		4.6m/s	9	
	4公分	4m/s	6.6	
		4.6m/s	8.7	

西卡紙不同風速升力表現



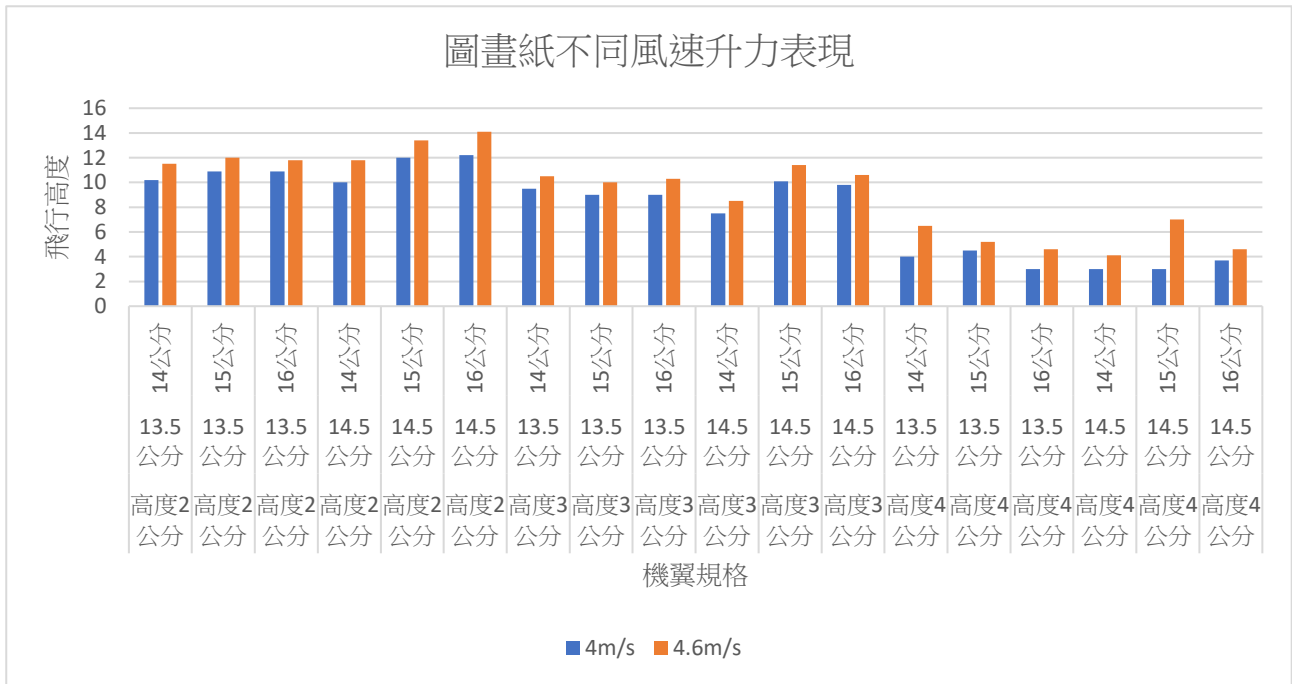
小結：

- 1、當翼長、翼展和曲面高度固定的情況下，同樣風速 4.6m/s 時的飛行高度最高，風速 4m/s 最低。
- 2、就風速 4.6m/s、4m/s 來說，當翼長、翼展和曲面高度固定的情況下，風速越強，飛行高度越高；風速越低飛行高度越低。

(二)圖畫紙

翼長 (公分)	翼展 (公分)	曲面高度	風速	飛行高度 (公分)
13.5	14	2公分	4m/s	10.2
			4.6m/s	11.5
		3公分	4m/s	9.5
			4.6m/s	10.5
		4公分	4m/s	4
			4.6m/s	6.5
	15	2公分	4m/s	10.9
			4.6m/s	12
		3公分	4m/s	9
			4.6m/s	10
		4公分	4m/s	4.5
			4.6m/s	5.2
16	2公分	4m/s	10.9	
		4.6m/s	11.8	
	3公分	4m/s	9	
		4.6m/s	10.3	
	4公分	4m/s	3	
		4.6m/s	4.6	

翼長 (公分)	翼展 (公分)	曲面高度	風速	飛行高度 (公分)
14.5	14	2公分	4m/s	10
			4.6m/s	11.8
		3公分	4m/s	7.5
			4.6m/s	8.5
		4公分	4m/s	3
			4.6m/s	4.1
	15	2公分	4m/s	12
			4.6m/s	13.4
		3公分	4m/s	10.1
			4.6m/s	11.4
		4公分	4m/s	3
			4.6m/s	7
16	2公分	4m/s	12.2	
		4.6m/s	14.1	
	3公分	4m/s	9.8	
		4.6m/s	10.6	
	4公分	4m/s	3.7	
		4.6m/s	4.6	



小結：

- 1、當翼長、翼展和曲面高度固定的情況下，同樣風速 4.6m/s 時的飛行高度最高，風速 4m/s 最低。
- 2、就風速 4.6m/s、4m/s 來說，當翼長、翼展和曲面高度固定的情況下，風速越強，飛行高度越高；風速越低飛行高度越低。

實驗四結論：

- 1、就風速 4.6m/s、4m/s 來說，當翼長、翼展和曲面高度都相同的機翼，在不同風速的條件下，以風速 4.6m/s 時，機翼升力表現最佳。
- 2、依據實驗四的研究結果，再進一步分析可以發現，下列幾點：
 - (1)不論是使用材質較重的西卡紙或是較輕的圖畫紙製作機翼，並在不同的翼展長度、曲面高度、翼長長度進行觀測，機翼升力飛行高度的表現：風速強的優於風速弱的。
 - (2)再以實驗四西卡紙、圖畫紙實驗結果的圖表進行觀察，不同翼展、翼長規格的機翼，在不同風速下，比較不同曲面高度飛行結果，可以看出機翼升力飛行高度：曲面高度 2 公分規格>曲面高度 3 公分>曲面高度度 4 公分，曲面高度越低的機翼，升力表現越佳。

五、實驗五：探討不同的機翼材質(重量)對升力的影響。

(一)在上面所作的實驗一到實驗四，因為是使用相同材質的機翼作比較，所以不同規格的機翼雖然有秤重，但是重量的部分並未加入觀測及比較，而實驗五的部分，則是針對較重的西卡紙、較輕的圖畫紙在相同機翼規格、風速下，比較兩者飛行高度。比較的部分為避免太雜亂，所以使用西卡紙、圖畫紙的平均重量作比較。

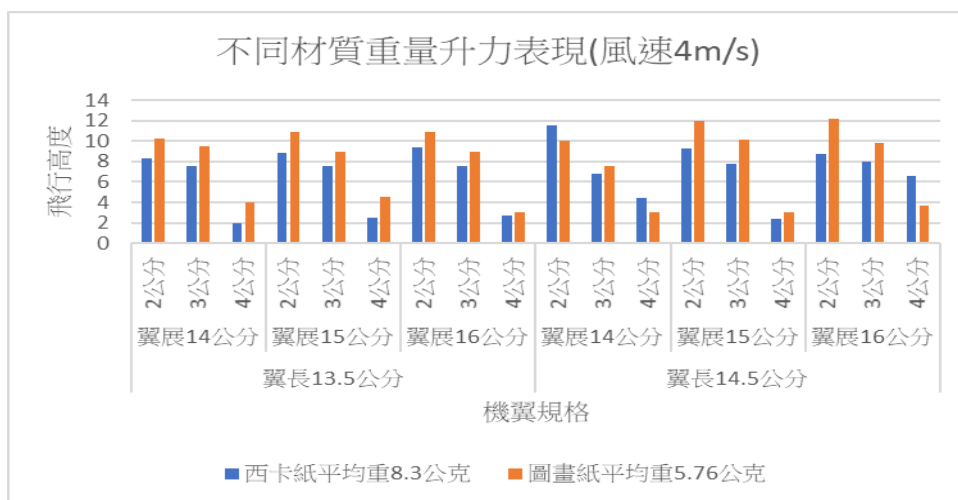
(二)西卡紙、圖畫紙機翼的平均重量

西卡紙			圖畫紙		
重量(公克)	翼長(公分)	翼展(公分)	重量(公克)	翼長(公分)	翼展(公分)
7.51	13.5	14	5.16	13.5	14
8.07	13.5	15	5.53	14.5	14
8.08	14.5	14	5.56	13.5	15
8.45	14.5	15	5.93	13.5	16
8.54	13.5	16	5.94	14.5	15
9.16	14.5	16	6.46	14.5	16
平均 8.3 公克			平均 5.76 公克		

(三)西卡紙、圖畫紙平均重量不同，在相同機翼規格、風速下，升力表現

1. 在相同機翼規格及風速 4m/s 下的升力表現

風速 (m/s)	翼長 (公分)	翼展 (公分)	曲面高度	西卡紙平均重8.3公克的飛行高度 (公分)	圖畫紙平均重5.76公克的飛行高度 (公分)
4m/s	13.5	14	2公分	8.3	10.2
			3公分	7.5	9.5
			4公分	2	4
		15	2公分	8.8	10.9
			3公分	7.5	9
			4公分	2.5	4.5
	16	2公分	9.4	10.9	
		3公分	7.6	9	
		4公分	2.7	3	
	14.5	14	2公分	11.5	10
			3公分	6.8	7.5
			4公分	4.4	3
15		2公分	9.3	12	
		3公分	7.8	10.1	
		4公分	2.4	3	
16	2公分	8.7	12.2		
	3公分	8	9.8		
	4公分	6.6	3.7		

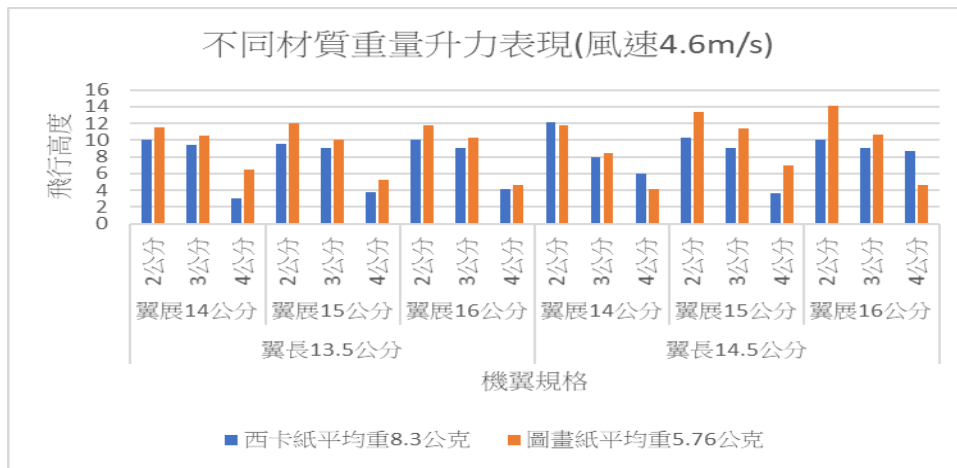


小結：

- 1、當翼長、翼展和曲面高度固定，且在相同風速 4m/s 的情況下，以較輕重量材質之圖畫紙製作的機翼，與重量較重之西卡紙進行飛行高度比較，以重量較輕之圖畫飛行高度較高。
- 2、就平均重量 5.76 公克圖畫紙機翼、平均重量 8.3 公克西卡紙機翼來說，當翼長、翼展和風速固定的情況下，重量較輕的飛行高度越高；重量較重的飛行高度越低。

2. 在相同機翼規格及風速 4.6m/s 下的升力表現

風速 (m/s)	翼長 (公分)	翼展 (公分)	曲面高度	西卡紙平均重8.3公克的飛行高度 (公分)	圖畫紙平均重5.76公克的飛行高度 (公分)
4.6m/s	13.5	14	2公分	10	11.5
			3公分	9.4	10.5
			4公分	3	6.5
		15	2公分	9.5	12
			3公分	9	10
			4公分	3.8	5.2
		16	2公分	10	11.8
			3公分	9	10.3
			4公分	4.2	4.6
	14.5	14	2公分	12.1	11.8
			3公分	8	8.5
			4公分	6	4.1
15		2公分	10.3	13.4	
		3公分	9	11.4	
		4公分	3.7	7	
16		2公分	10	14.1	
		3公分	9	10.6	
		4公分	8.7	4.6	



小結：

- 1、當翼長、翼展和曲面高度固定，且在相同風速 4.6m/s 的情況下，以較輕重量材質之圖畫紙製作的機翼，與重量較重之西卡紙進行飛行高度比較，以重量較輕之圖畫飛行高度較高。
- 2、就平均重量 5.76 公克圖畫紙機翼、平均重量 8.3 公克西卡紙機翼來說，當翼長、翼展和風速固定的情況下，重量較輕的飛行高度越高；重量較重的的飛行高度越低。

實驗五結論：

- 1、就平均重量 5.76 公克圖畫紙機翼、平均重量 8.3 公克西卡紙機翼來說，當翼長、翼展、曲面高度、風速都相同的機翼，在不同重量的條件下，以重量較輕的機翼，升力表現最佳。
- 2、依據實驗五的研究結果，再進一步分析可以發現，下列幾點：
 - (1)不論是使用材質較重的西卡紙或是較輕的圖畫紙製作機翼，並在不同的翼展長度、曲面高度、翼長長度、風速進行觀測，機翼升力飛行高度的表現：重量輕機翼的優於重量重的。
 - (2)再以實驗五西卡紙、圖畫紙實驗結果的圖表進行觀察，不同翼展、翼長規格的機翼，在不同風速、重量下，比較不同曲面高度飛行結果，可以看出機翼升力飛行高度：曲面高度 2 公分規格>曲面高度 3 公分>曲面高度 4 公分，曲面高度越低的機翼，升力表現越佳。

伍、結論

- 一、比較不同的翼展長度、翼長長度及不同材質重量的機翼紙張後，發現各種規格機翼，都是以曲面高度 2 公分的機翼升力表現最佳，曲面高度 4 公分的機翼升力最差。
- 二、根據上面實驗結果，可歸納發現材質輕、曲面高度低、翼展越長、翼長越長的機翼規格，升力表現最佳，這部分可以從實驗五的表格中，發現翼展 16 公分、翼長 14.5 公分、曲面高度 2 公分的機翼，不論是在風速 4m/s 或是 4.6m/s 的風力來源下，飛行高度分別為 12.2 公分、14.1 公分，均是所有規格機翼中最高的飛行高度，因此可以得知大面積(翼展、翼長均較長)、低曲面高度的機翼升力最高。
- 三、還沒做實驗以前，以為機翼曲面高度越高，下坡幅度大，會讓向下的作用力越大，造成越大的反作用力，會讓機翼飛越高，可是實際實驗後，才發現並非如此，反而是機翼曲面高度低的，飛行高度越高。另外也嘗試以平面機翼(沒有曲面高度的機翼，也就是用一片紙做實驗)進行測試，雖然平面機翼也會升起，但機翼非常不穩，像遭遇亂流一般的上下快速升降，反而有曲面高度的機翼較穩定。

陸、參考資料及其他

- 一、【生活裡的科學】20130914 - 流體追追追，取自
<https://www.youtube.com/watch?v=b6Ep4O3lPes&t=984s>
- 二、中華民國第 56 屆中小學科學展覽會，國小組，物理科，「風起，再造飛機去追風」
- 三、用紙飛機講解空氣動力學！這樣摺才飛得遠，取自
<https://www.youtube.com/watch?v=Ng9GmhrYyqU>
- 四、【TRY 科學】20200701 - 貼壁走的康達效應，取自
<https://www.youtube.com/watch?v=PmjE0mfod8&t=475s>
- 五、中華民國第四十八屆中小學科學展覽會，國中組，理化科，大有「旋機」—透過旋轉式機制重新探討機翼升力