

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科(一)

第三名

082806

不倒翁關東旗

學校名稱：臺北市中山區中山國民小學

作者： 小六 曾楷心 小六 曾楷勻 小六 李奕 小六 許乙捷	指導老師： 吳惠雯 林黛青
--	-------------------------

關鍵詞：風力、槓桿、軸承

摘要

本研究是從槓桿原理來探究立旗傾倒的原因，進而改良立旗設計，使它更加穩固。

市面上通常是用加重旗座重量(增加抗力)來改善立旗傾倒狀況，結果反而使立旗難以搬動。我們的研究是從「旗面」、「旗桿」、「旗座」三方面來探究，從結果中提出建議與改良：

- 1.旗面上加孔洞與尾鬚減少風對旗面的施力。
- 2.旗桿上縮短長度減少風的施力臂，加上軸承使旗桿快速轉向，減少旗面的受力。
- 3.旗座加入平面軸承(旋轉盤)，避免旗座因傾斜旋轉而翻倒，並將旗座重量加在外圍，增加旗座的抗力臂。

新式立旗在六段風速中，只要原始版旗座重量的 41%就可穩定不倒，我們的新式立旗可大幅降低旗座重量且更穩定，改善傳統立旗的問題。

壹、前言

一、研究動機

學校的學務處前方每天都會有空氣品質旗幟，但有好幾次我們看到它因為強風而倒在地上；再加上今年運動會時，我們看到操場上的立式宣傳旗幟因強風吹襲而倒下，差點打到附近的同學，這樣的情形實在非常危險。我們平常回家時也時常在店家門口或是選舉期間看到各式的旗幟林立，也曾看到強風過後，路上的旗幟因風雨吹過而傾倒，變成路障而有礙市容，或造成用路人受傷的困擾。

因此，我們開始收集資料，找出現有的立旗種類（關東旗、水滴旗、刀旗），並收集科展相關研究資料，發現似乎沒有以此立式旗幟主題的題目，因此我們想自己設計變因，研究關東旗傾倒的原因。市面上的立旗只要倒了，大家直覺就會想到旗座太輕了，所以一直增加旗座重量，而我們將關東旗拆解成三個方面，決定從旗面



圖一 空氣品質立旗

、旗座與旗桿深入分析，來找出這「不倒翁關東旗」的秘密，解決立旗傾倒的問題。

二、研究目的

- (一) 探討旗面的「大小」、「形狀」、「受風角度」、「尾鬚」、「穿孔」如何影響旗幟的穩定度。
- (二) 探討旗座的「重量」、「面積」如何影響旗幟的穩定度。
- (三) 探討旗桿的「高度」、「插孔位置」如何影響旗幟的穩定度。
- (四) 改良版立式旗幟。

三、文獻探討

(一) 相關文獻資料

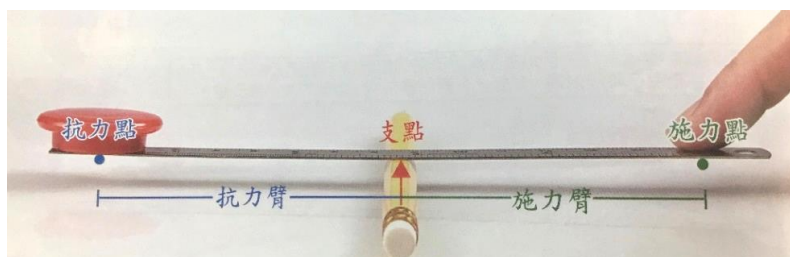
為了研究風力與旗幟之間的作用關係，我們查詢了近年的全國科展作品，發現有三件作品與我們的研究主題相關。

表一 文獻資料

屆數	作品名稱	相關內容及研究
全國科學展覽 第 47 屆	洞悉真相～探討各種不同因素對大型看板穩定性的影響	<ul style="list-style-type: none">◆看板上挖洞的總面積越大，風對看板的阻力就越小。◆看板挖洞的排列方式較集中在中央位置或平均挖洞在周圍的，風的阻力較小。
全國科學展覽 第 47 屆	借風使力 陸上行舟 -風帆動力車行進的奧祕	<ul style="list-style-type: none">◆帆面面積大、風帆形狀要選用三角形，帆面要有點曲度，更容易受風。◆風帆桅桿要在車身中間位置，重心才會穩定。
全國科學展覽 第 58 屆	木瓜樹有「網」不怕「風」	<ul style="list-style-type: none">◆木瓜樹葉片數量多、莖的高度高、結果數量多，受風吹襲時產生較大的力矩，造成容易傾倒。◆與風向夾角最大 90 度時，蟲網所受到的作用力也最大。

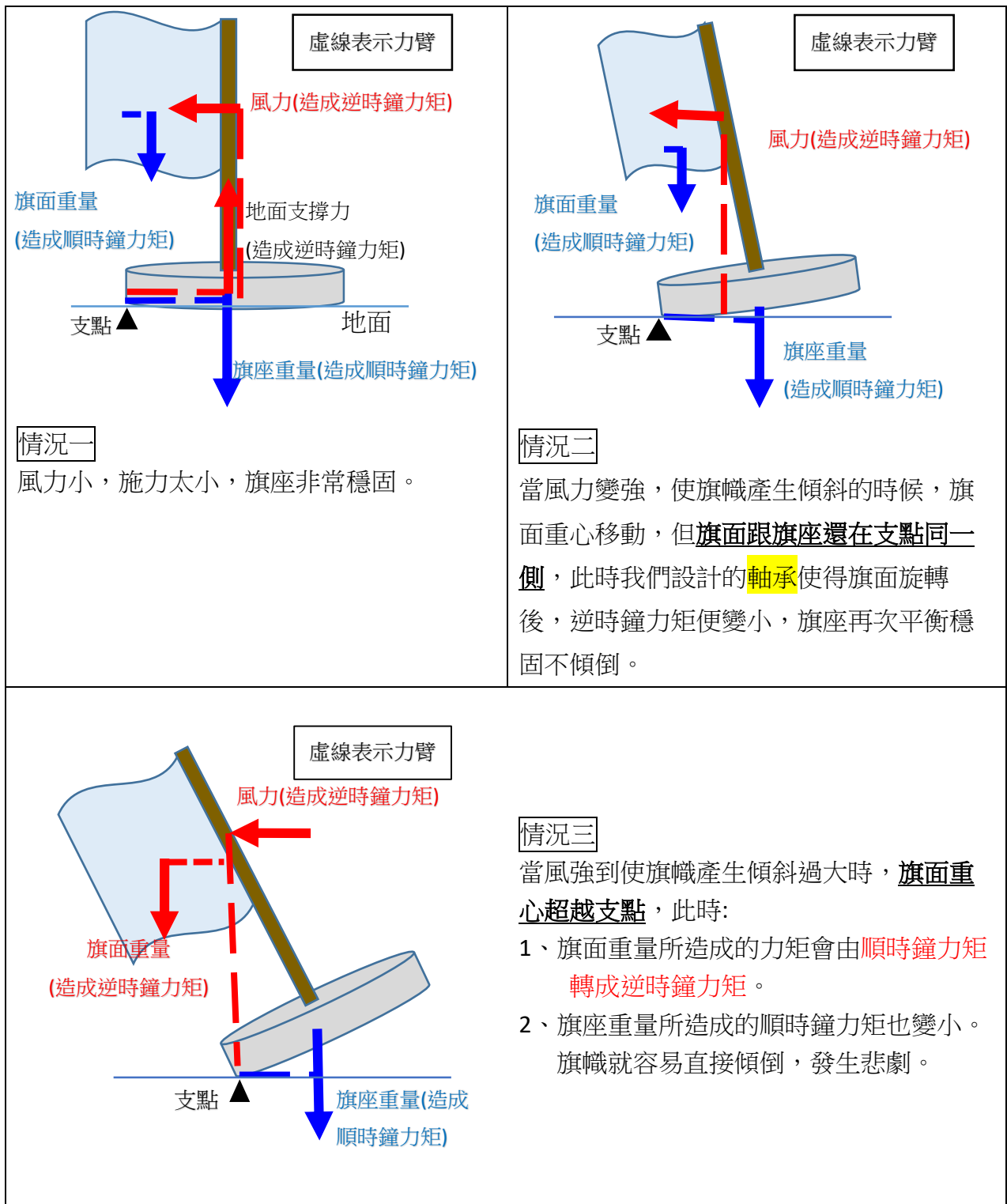
(二) 旗幟的槓桿原理

我們認為立旗會傾倒的原因跟六下自然課本的槓桿原理有關，當風吹旗面時，風對旗幟產生施力，而旗座重量是抗力。




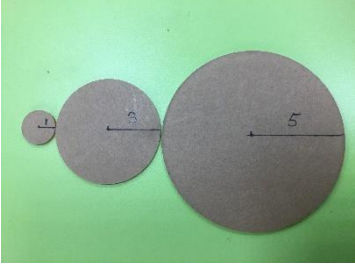










圖二 自然課本中的槓桿原理

當風吹旗面的時候，會發生三種狀況(如下圖)，減少發生**情況三**的傾倒狀況就是我們研究的目標。



圖三 風吹旗面時會發生的三種情況

貳、研究設備及器材

1.風速計：測量風速	2. 旗座底盤：壓克力	3.各式旗幟
		
4.磅秤：測量重量	5.熱熔膠：黏結旗座	6.電風扇：製造風力
		
7.蠶絲線：測量拉力	8.軸承：旗桿旋轉	9.鎖片.螺絲帽：旗座加重
		
10.風洞與拉力測試箱	11.旗桿	12. 載旗幟小車
		

參、研究過程或方法

一、研究架構



二、研究過程與方法

研究一：探討旗面的「大小」、「形狀」、「受風角度」、「尾鬚」、「穿孔」如何影響旗幟的穩定度。

(一)探討旗面的「大小」如何影響旗幟的穩定度。

- 1、收集資料後發現市面上最常見的關東旗旗面規格為：長 150 公分、寬 60 公分，因此我們以它為基準，製作出三種迷你關東旗，分別為：長 10 公分寬 4 公分(原尺寸的 1/15)、長 15 公分寬 6 公分(原尺寸的 1/10)、長 30 公分寬 12 公分(原尺寸的 1/5)。
- 2、將三種不同尺寸的關東旗在右側車縫出插旗處，及上方鐵絲固定處的縫線。
- 3、準備竹桿、硬式吸管及 L 形鐵絲固定關東旗，將吸管固定在四輪車底盤上。
- 4、使用固定風速(3.0m/s)吹關東旗，並記錄移動距離，共測量四次，去除偏差值最大的，剩下三次資料算平均。

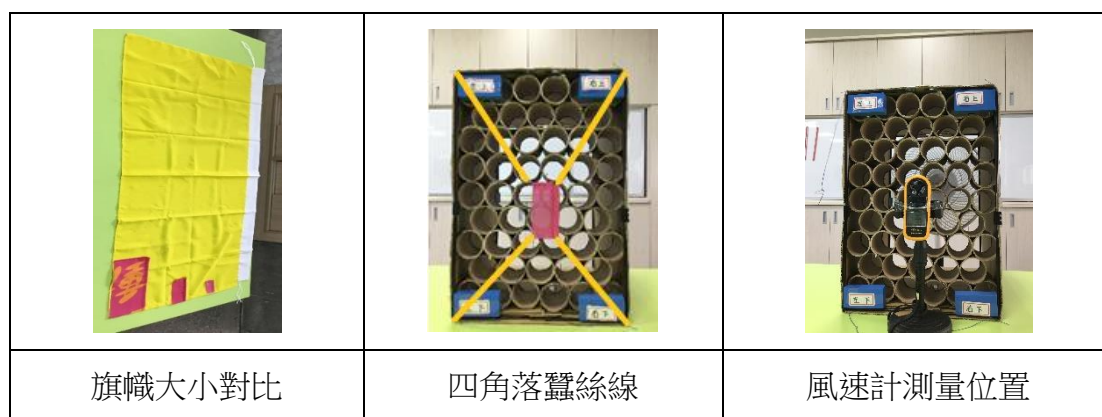


圖四 旗幟車出發處

實驗中我們發現：旗幟車移動距離會受到旗幟面積及重量兩個變因的影響，為了排除重量造成的影響，因此我們進行實驗設計的改良。

改良研究(一)-1 探討旗面的「大小」如何影響旗幟的穩定度。

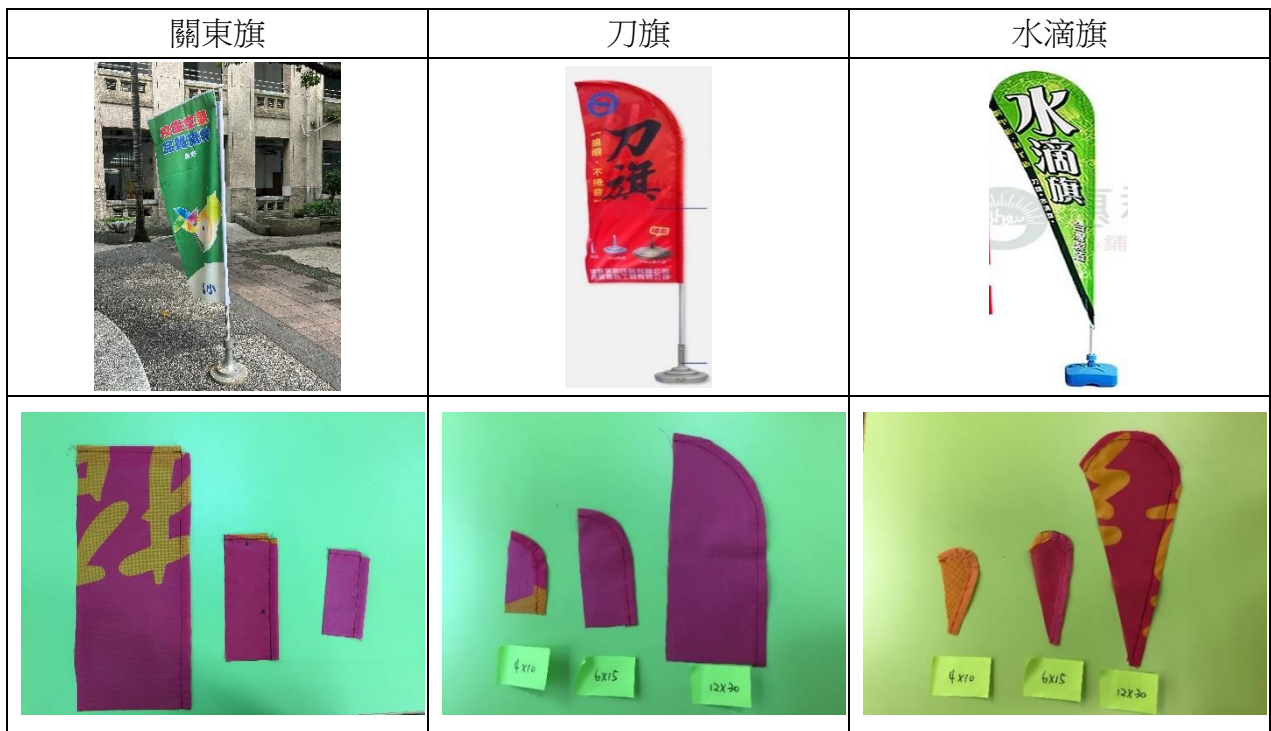
- 1、收集資料後發現市面上最常見的關東旗旗面規格為：長 150 公分、寬 60 公分，因此我們以它為基準，製作出三種迷你關東旗，分別為：長 10 公分寬 4 公分(原尺寸的 1/15)、長 15 公分寬 6 公分(原尺寸的 1/10)、長 30 公分寬 12 公分(原尺寸的 1/5)。
- 2、在風洞箱的四個角落各固定一條 20 公分的蠶絲線，尾端綁上一個鉤子，用來勾住旗幟的四個邊角。
- 3、使用固定風速(2.0m/s 和 3.0m/s 各進行一輪實驗)吹關東旗，並記錄四個角落蠶絲線的伸長量，測量四次後計算平均值。(每次測量前先校準蠶絲線長度原始值)



圖五 伸長量測量

(二)探討旗面的「形狀」如何影響旗幟的穩定度。

- 1、收集資料後發現市面上有三種常見的立式旗幟，分別為：關東旗、刀旗、水滴旗。
- 2、將三種形狀的立旗分別裁剪出三種不同尺寸的迷你旗：長 10 公分寬 4 公分(原尺寸的 1/15)、長 15 公分寬 6 公分(原尺寸的 1/10)、長 30 公分寬 12 公分(原尺寸的 1/5)，並依照各種旗幟的形狀，在右側車縫出插旗處。
- 3、在風洞箱的四個角落各固定一條 20 公分的蠶絲線，尾端綁上一個鉤子，用來勾住旗幟的四個邊角。
- 4、使用固定風速(3.0m/s)吹三種旗幟(九個旗面)，並記錄四個角落蠶絲線的伸長量，測量四次後計算平均值。(每次測量前先校準蠶絲線長度原始值)



圖六 不同形狀的立旗

(三)探討旗面的「受風角度」如何影響旗幟的穩定度。

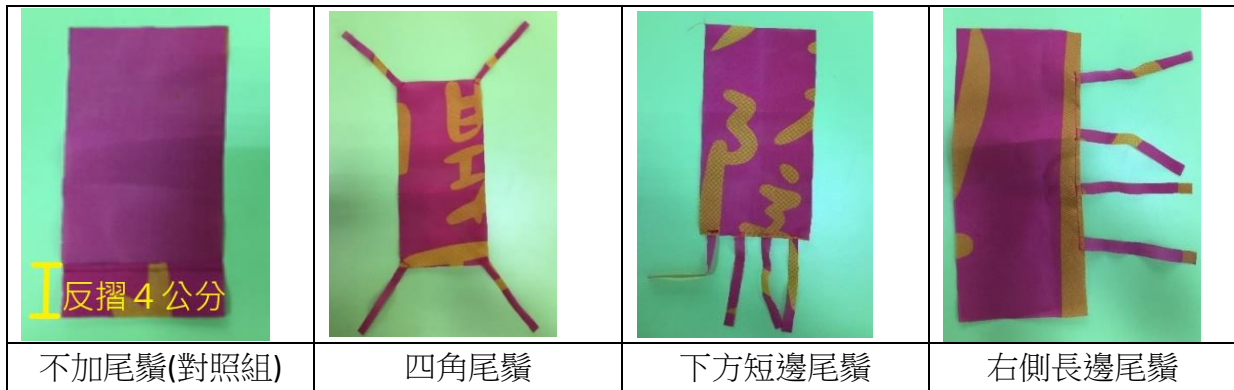
- 1、準備一面長 30 公分寬 12 公分(原尺寸的 1/5)的關東旗，準備四條蠶絲線，尾端綁上一個鉤子，用來勾住旗幟的四個邊角，分別固定在中央或是風洞四個角落。
- 2、分別讓旗面與風洞出風口的風向夾角 90 度(垂直風向)、風向夾角 45 度、風向夾角 0 度(平行風向)。
- 3、使用固定風速(3.0m/s)吹旗面，並記錄四個蠶絲線的伸長量，測量四次後計算平均值。(每次測量前先校準蠶絲線長度原始值)



圖七 不同受風角度

(四)探討旗面的「尾鬚」如何影響旗幟的穩定度。

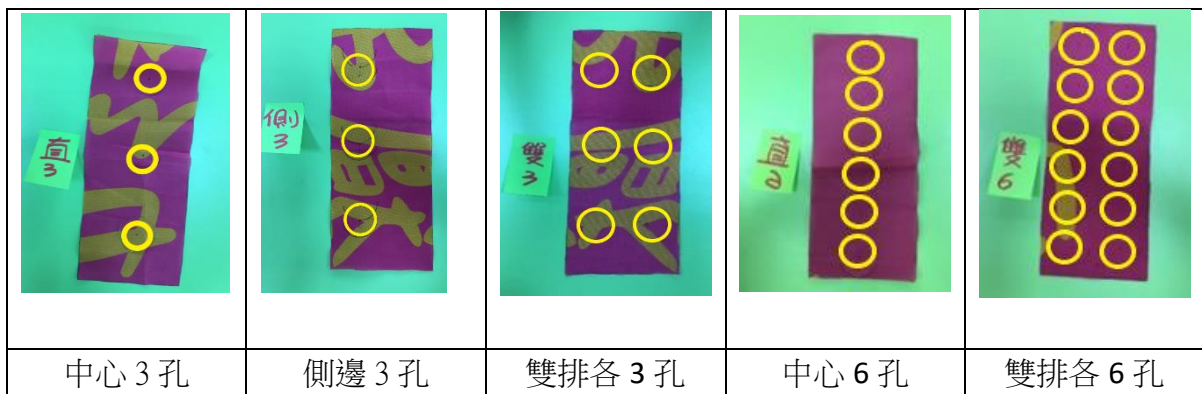
- 1、為了使操作變因只有尾鬚這一項，不另外受到重量的影響，因此選擇不外加尾鬚。將旗面下方 4 公分的旗面裁成 4 條寬 1 公分 X12 公分的布條，分別加裝在四角落、右側長邊尾鬚、下方短邊尾鬚、不加尾鬚但反摺 4 公分(對照組)。
- 2、在風洞箱的四個角落各固定一條 20 公分的蠶絲線，尾端綁上一個鉤子，將長 26 公分(剪去 4 公分)寬 12 公分(原尺寸 1/5)的關東旗四角固定在蠶絲線的鉤上。
- 3、使用固定風速(3.0m/s)吹旗面，並記錄四個角落蠶絲線的伸長量，測量四次後計算平均值。(每次測量前先校準蠶絲線長度原始值)



圖八 不同尾鬚位置

(五)探討旗面的「穿孔」如何影響旗幟的穩定度。

- 1、為了使操作變因只有穿孔這一項，不另外受到重量的影響，因此選擇不剪掉孔洞，只剪開下半圓，讓風通過(剪下半圓是為了無風時讓旗幟保有其廣告作用)。
- 2、我們將穿孔位置分別設置在：「中心 3 孔」、「側邊 3 孔」、「雙排各 3 孔」、「中心 6 孔」、「雙排各 6 孔」，想比較「穿孔位置」、「穿孔數量」是否會影響旗幟的穩定度。
- 3、在風洞箱的四個角落各固定一條 20 公分的蠶絲線，尾端綁上一個鉤子，將長 30 公分寬 12 公分(原尺寸 1/5)的關東旗四角固定在蠶絲線的鉤上。
- 4、使用固定風速(3.0m/s)吹旗面，並記錄四個角落蠶絲線的伸長量，測量四次後計算平均值。(每次測量前先校準蠶絲線長度原始值)

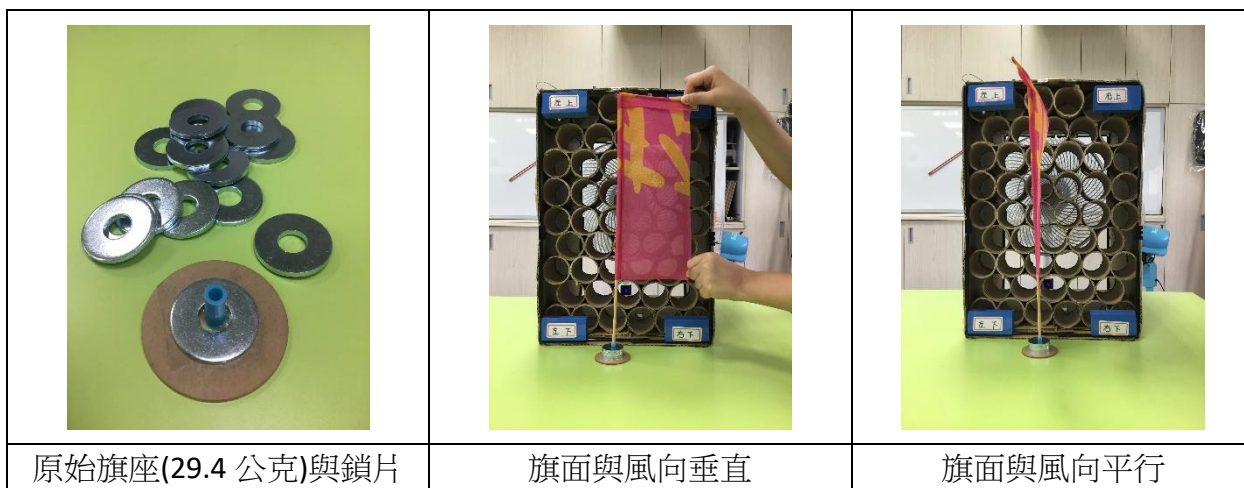


圖九 不同穿孔位置

研究二：探討旗座的「重量」、「面積」如何影響旗幟的穩定度。

(一)探討旗座的「重量」如何影響旗幟的穩定度。

- 1、選用旗長 30 公分寬 12 公分的關東旗面，旗桿 40 公分，旗座直徑 6 公分。
- 2、將旗桿底座固定在直徑 6 公分的壓克力片上，並準備數十個鎖片用於加重。
- 3、使用六段風速吹旗桿，每段風速測試四次，分別測試旗面與風向垂直以及旗面與風向平行時，旗桿倒下的情形，找出對抗各種風速時，旗座的最小值。



圖十 不同旗座重量與旗面方向的關係

(二)探討旗座的「面積」如何影響旗幟的穩定度。

- 1、選用長 30 公分寬 12 公分的關東旗，將其套在旗桿上(旗面在右側)，旗桿 40 公分，插在中心位置。
- 2、將 7 個螺絲帽(螺絲帽總重 110.7 公克)擺放在半徑 1 公分、半徑 3 公分、半徑 5 公分的壓克力圓上，組成不同底面積的旗座。
- 3、使用六段風速吹旗桿，每段風速測試四次，分別測試旗面與風向垂直以及旗面與風向平行時，旗桿倒下的情形。



圖十一 不同旗座面積

研究三：探討旗桿的「高度」、「插孔位置」如何影響旗幟的穩定度。

(一) 探討旗桿的「高度」如何影響旗幟的穩定度。

- 1、將關東旗縮小為 1/5 的比例，旗面原長 150 公分縮成 30 公分，旗面原寬 60 公分縮成 12 公分，旗桿原高 200 公分縮成 40 公分，旗座直徑 30 公分縮成直徑 6 公分。
- 2、選用旗面長 30 公分寬 12 公分的關東旗，將其右側分別套在 30 公分、40 公分、50 公分的旗桿上，下方放置相同重量的底座。
- 3、使用六段風速吹旗桿，每段風速測試四次，分別測試旗面與風向垂直以及旗面與風向平行時，旗桿倒下的情形。



表二 六段風速表

段數	一段 (小扇一)	二段 (小扇二)	三段 (小扇三)	四段 (大扇一)	五段 (大扇二)	六段 (大扇三)
風速(m/s)	2.2	2.7	3.3	4.6	5.5	6.0

(二) 探討旗桿的「插孔位置」如何影響旗幟的穩定度。

- 1、選用旗長 30 公分寬 12 公分的關東旗面，旗桿 40 公分，旗座直徑 6 公分，旗座底部重量相同(7 顆螺絲帽重 110.7 公克)。
- 2、將旗桿分別固定在中央螺絲帽、左側螺絲帽、右側螺絲帽。(旗面全部在右側)
- 3、使用六段風速吹旗桿，每段風速測試 4 次，分別測試旗面與風向垂直以及旗面與風向平行時，旗桿倒下的情形。



圖十三 不同旗桿插孔位置

肆、研究結果與討論

一、旗面的「大小」、「形狀」、「受風角度」、「加尾鬚」、「穿孔」如何影響旗幟的穩定度。

(一)探討旗面的「大小」如何影響旗幟的穩定度。

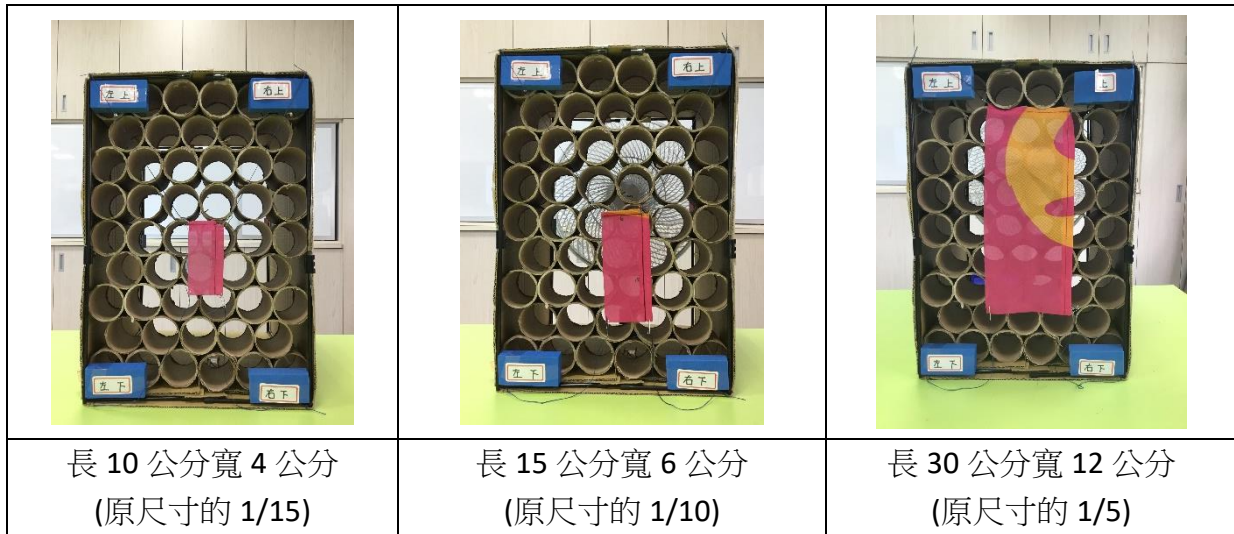
在實驗一開始我們設計的實驗是將旗幟插在車上，在受到風力後車子會移動，我們將以車子移動的距離作為旗幟受風強弱的判別依據，但得到的數據中發現沒插旗的車子移動最遠，而旗面最大的距離最近，與文獻資料不相符(國展第 47 屆借力使力陸上行舟-風帆動力車行進的奧祕)，且比例 1/5 旗幟太大，重心不穩而產生傾倒須另行加固，於是我們回頭審視實驗設計發現：旗幟車移動距離同時受到旗幟面積及重量兩個變因影響，又因旗幟會被風吹轉角度，無法正面受風，且車子車軸不平衡會轉向，因此大大影響實驗的準確度。

表三 不同旗面大小受風時的移動距離

旗幟尺寸	重量(g)	風速 3.0m/s 時移動			平均距離 (cm)	結果
		距離(cm)				
無掛旗	15.5(車重)	178.7	180.8	173.4	177.6	★1
長 10cm 寬 4cm (原尺寸 1/15)	0.53+15.5	135.5	144.5	147.2	142.4	3
長 15cm 寬 6cm (原尺寸 1/10)	1.1+15.5	147.5	158.9	158.9	155.1	2
長 30cm 寬 12cm (原尺寸 1/5)	4.1+15.5+15 (黏土重量)	71.6	72.3	79.7	74.5	4

為了排除重量及旗面角度造成的影響，我們進行了實驗的改良，改將旗幟吊掛在固定的四個角落，使旗面可以 90 度垂直吹風，也可以盡可能排除因車體重量、車軸偏向的問題干擾實驗結果。

改良研究(一)-1 探討旗面的「大小」如何影響旗幟的穩定度。



圖十四 不同旗面大小吹風實驗

表四 風速 2.0m/s 不同旗面大小與受風程度的實驗結果

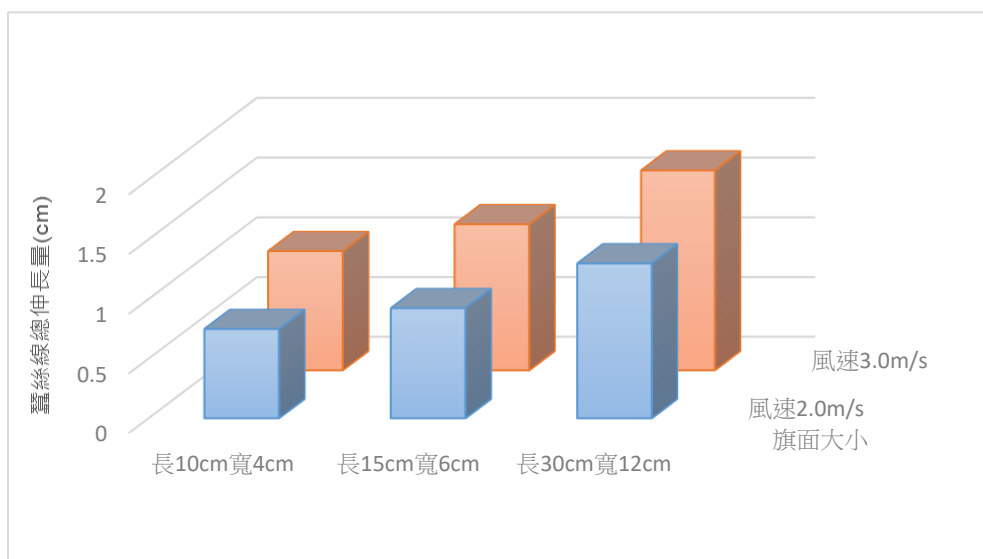
(總伸長量=四角落平均伸長量總合)

旗幟尺寸	風速 2.0m/s 時蠶絲線伸長量(cm)				總伸長量 (cm)	結果
	左上	右上	左下	右下		
長 10cm 寬 4cm (原尺寸的 1/15)	0.1	0.2	0.3	0.2	0.75	
	0.1	0.2	0.2	0.3		
	0.1	0.1	0.2	0.4		
	0	0.1	0.2	0.3		
平均伸長量	0.075	0.15	0.225	0.3		
長 15cm 寬 6cm (原尺寸的 1/10)	0.1	0.2	0.2	0.3	0.925	
	0.1	0.2	0.3	0.4		
	0.2	0.2	0.3	0.3		
	0.1	0.2	0.3	0.3		
平均伸長量	0.125	0.2	0.275	0.325		
長 30cm 寬 12cm (原尺寸的 1/5)	0.1	0.3	0.4	0.4	1.3	受風最大
	0.2	0.2	0.5	0.4		
	0.1	0.4	0.5	0.4		
	0.2	0.3	0.4	0.4		
平均伸長量	0.15	0.3	0.45	0.4		

表五 風速 3.0m/s 不同旗面大小與受風影響的實驗結果

(總伸長量=四角落平均伸長量總合)

旗幟尺寸	風速 3.0m/s 時蠶絲線伸長量(cm)				平均總伸長量(cm)	結果
	左上	右上	左下	右下		
長 10cm 寬 4cm (原尺寸的 1/15)	0.1	0.2	0.3	0.3	1.0	
	0.1	0.3	0.3	0.3		
	0.1	0.2	0.4	0.4		
	0.1	0.2	0.4	0.3		
平均伸長量	0.1	0.225	0.35	0.325		
長 15cm 寬 6cm (原尺寸的 1/10)	0.2	0.2	0.4	0.4	1.225	
	0.2	0.2	0.4	0.4		
	0.3	0.2	0.4	0.3		
	0.2	0.3	0.4	0.4		
平均伸長量	0.225	0.225	0.4	0.375		
長 30cm 寬 12cm (原尺寸的 1/5)	0.3	0.4	0.6	0.6	1.7	受風最大
	0.2	0.3	0.5	0.5		
	0.3	0.3	0.5	0.6		
	0.3	0.3	0.6	0.5		
平均伸長量	0.275	0.325	0.55	0.55		



圖十五 旗面「大小」與受風力之間的關係

實驗結果：1、旗幟面積越大，受風力影響越大。

2、風力越強，旗幟受風力影響越大。

(二)探討旗面的「形狀」如何影響旗幟的穩定度。

表六 不同刀旗大小與受風影響的實驗結果(總伸長量=四角落平均伸長量總合)

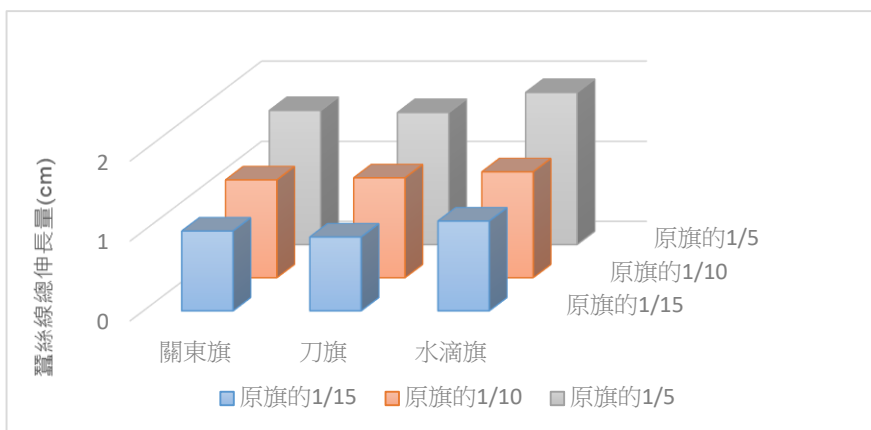
刀旗 旗幟尺寸	風速 3.0m/s 時蠶絲線伸長量(cm)				總伸長量 (cm)	結果
	左上	右上	左下	右下		
長 10cm 寬 4cm (原尺寸的 1/15)	0.5	0.1	0.2	0.1	0.95	
	0.6	0.1	0.1	0.2		
	0.5	0.1	0.1	0.2		
	0.5	0.2	0.1	0.2		
平均伸長量	0.525	0.125	0.125	0.175		
長 15cm 寬 6cm (原尺寸的 1/10)	0.6	0.1	0.3	0.3	1.25	
	0.6	0.1	0.2	0.3		
	0.5	0.2	0.3	0.2		
	0.6	0.2	0.2	0.3		
平均伸長量	0.575	0.15	0.25	0.275		
長 30cm 寬 12cm (原尺寸的 1/5)	0.6	0.3	0.4	0.4	1.65	受風 最大
	0.7	0.2	0.4	0.3		
	0.6	0.3	0.3	0.4		
	0.6	0.3	0.4	0.4		
平均伸長量	0.625	0.275	0.375	0.375		

表七 不同水滴旗大小與受風程度的實驗結果(總伸長量=四角落平均伸長量總合)

水滴旗 旗幟尺寸	風速 3.0m/s 時蠶絲線伸長量(cm)				總伸長量 (cm)	結果
	左上	右上	左下	右下		
長 10cm 寬 4cm (原尺寸的 1/15)	0.4	0.2	0.3	0.3	1.125	
	0.4	0.2	0.2	0.3		
	0.5	0.2	0.2	0.3		
	0.4	0.1	0.2	0.3		
平均伸長量	0.425	0.175	0.225	0.3		
長 15cm 寬 6cm (原尺寸的 1/10)	0.5	0.1	0.3	0.3	1.325	
	0.5	0.2	0.3	0.3		
	0.5	0.2	0.3	0.3		
	0.6	0.2	0.4	0.3		
平均伸長量	0.525	0.175	0.325	0.3		
長 30cm 寬 12cm (原尺寸的 1/5)	0.6	0.4	0.4	0.6	1.9	受風 最大
	0.6	0.3	0.4	0.5		
	0.7	0.3	0.4	0.5		
	0.6	0.3	0.5	0.5		
平均伸長量	0.625	0.325	0.425	0.525		

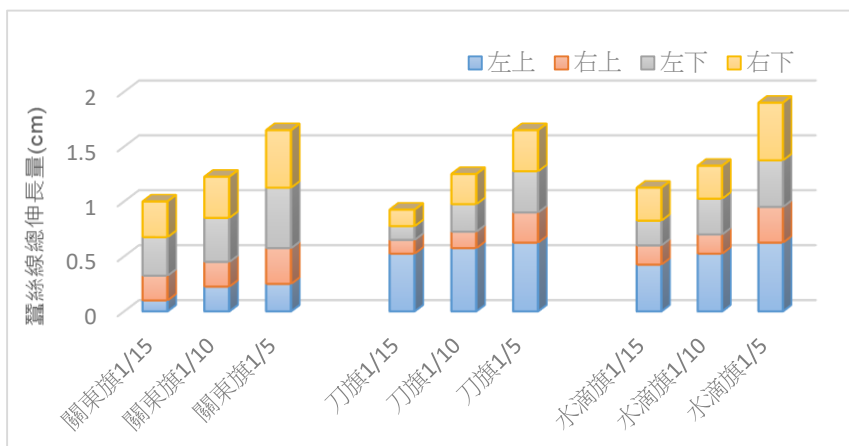
表八 不同形狀旗幟的受風影響比較表(總伸長量=四角落平均伸長量總合)

旗幟 尺寸	旗幟 種類	風速 3.0m/s 時蠶絲線伸長量(cm)				總伸長 量(cm)
		左上	右上	左下	右下	
長 10cm 寬 4cm (原尺寸 1/15)	關東旗	0.1	0.225	0.35	0.325	1.0
	刀旗	0.525	0.125	0.125	0.15	0.925
	水滴旗	0.425	0.175	0.225	0.3	1.125★
長 15cm 寬 6cm (原尺寸 1/10)	關東旗	0.225	0.225	0.4	0.375	1.225
	刀旗	0.575	0.15	0.25	0.275	1.25
	水滴旗	0.525	0.175	0.325	0.3	1.325★
長 30cm 寬 12cm (原尺寸 1/5)	關東旗	0.25	0.325	0.55	0.55	1.7
	刀旗	0.625	0.275	0.375	0.375	1.65
	水滴旗	0.625	0.325	0.425	0.525	1.9★



圖十六 旗面「形狀」與受風力之間的關係

實驗結果：
相同尺寸下，**水滴旗受風最大**，
刀旗與關東旗受風影響較小。



圖十七 旗幟各邊角與受風力之間的關係

實驗結果：
刀旗與水滴旗在**旗桿轉折處(旗幟左上)**的受風強度最大。

(三)探討旗面的「受風角度」如何影響旗幟的穩定度。

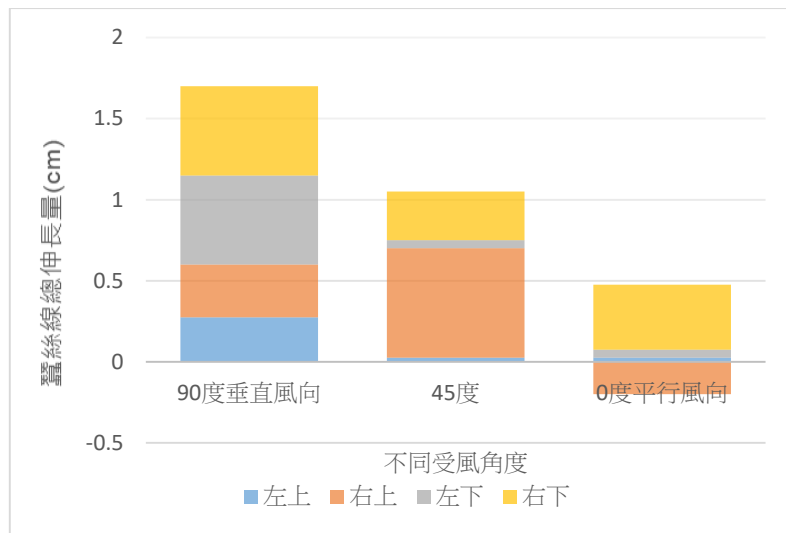
表九 旗面的角度與受風程度的實驗結果

(總伸長量=四角落平均伸長量總合)

旗面與風向 夾角	風速 3.0m/s 時蠶絲線伸長量(cm)				總伸長量 (cm)	結果
	左上	右上	左下	右下		
與風洞夾角 90 度 (垂直風向)	0.3	0.4	0.6	0.6	1.7	受風 最大
	0.2	0.3	0.5	0.5		
	0.3	0.3	0.5	0.6		
	0.3	0.3	0.6	0.5		
平均伸長量	0.275	0.325	0.55	0.55		
與風洞夾角 45 度	0(內側)	0.7(外側)	0(內側)	0.3(外側)	1.05	
	0(內側)	0.6(外側)	0(內側)	0.3(外側)		
	0(內側)	0.7(外側)	0.1(內側)	0.3(外側)		
	0.1(內側)	0.7(外側)	0.1(內側)	0.3(外側)		
平均伸長量	0.025	0.675	0.05	0.3		
與風洞夾角 0 度 (平行風向)	0(內側)	-0.3(外側)	0.1(內側)	0.3(外側)	0.275	受風 最小
	0(內側)	-0.1(外側)	0.1(內側)	0.4(外側)		
	0.1(內側)	-0.2(外側)	0(內側)	0.4(外側)		
	0(內側)	-0.2(外側)	0(內側)	0.5(外側)		
平均伸長量	0.025	-0.2	0.05	0.4		



圖十八 不同受風角度實驗



圖十九 不同受風角度旗幟各邊角與受風力之間的關係

實驗結果：與風向垂直 90 度的旗幟受風強度最大，

與風向平行 0 度的旗幟受風強度最小。

討論：1、平行風向的受風力比垂直風面減少約 84%，可見如何使旗面快速與風向平行是降低受風強度的重要關鍵。我們嘗試了多種方法想使旗面快速轉向，減少旗桿的摩擦力，終於發現了：在旗桿與旗座中間套上「軸承」可以使旗面快速隨著風向轉動，大大減少受風的強度！

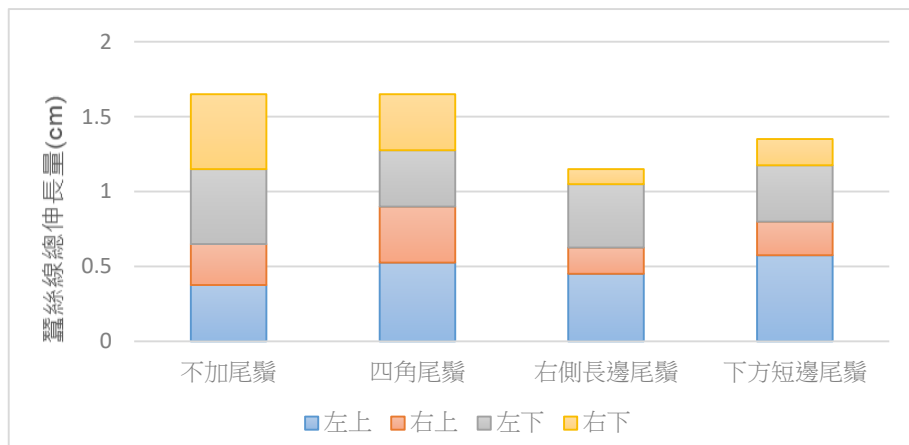
2、我們發現旗面上會出現波浪狀的搖晃，使得蠶絲線有回縮的現象。我們想到風箏上會加上尾鬚，讓風箏飛行更加平穩，因此想在旗面加上尾鬚，看看是否能減少旗幟的搖晃程度。

(四)探討旗面的「加尾鬚」如何影響旗幟的穩定度。

表十 旗面加尾鬚與受風程度的實驗結果(總伸長量=四角落平均伸長量總合)

旗幟尾鬚	風速 3.0m/s 時蠶絲線伸長量(cm)				總伸長量 (cm)	結果
	左上	右上	左下	右下		
不加尾鬚 (反摺對照組) 旗面長 26cm	0.4	0.3	0.4	0.5	1.65	受風最大
	0.3	0.2	0.5	0.5		
	0.4	0.3	0.5	0.5		
	0.4	0.3	0.6	0.5		
平均伸長量	0.375	0.275	0.5	0.5		

四角尾鬚	0.5	0.3	0.4	0.3	1.65	受風最大
	0.5	0.4	0.4	0.4		
	0.5	0.4	0.4	0.4		
	0.6	0.4	0.3	0.4		
平均伸長量	0.525	0.375	0.375	0.375		
右側長邊尾鬚	0.4	0.2	0.4	0.1	1.15	受風最小
	0.5	0.1	0.4	0.1		
	0.5	0.2	0.4	0.1		
	0.4	0.2	0.5	0.1		
平均伸長量	0.45	0.175	0.425	0.1		
下方短邊尾鬚	0.5	0.2	0.3	0.1	1.35	
	0.6	0.2	0.4	0.2		
	0.6	0.3	0.4	0.2		
	0.6	0.2	0.4	0.2		
平均伸長量	0.575	0.225	0.375	0.175		



圖二十 不同尾鬚位置與受風力之間的關係

實驗結果：1、將尾鬚平均分散在四角，對於旗面受風狀態沒有影響。






2、將尾鬚加在右側長邊，可以有效降低受風強度；下方尾鬚也可降低受風強度。

3、「右側尾鬚」的那一側，蠶絲線伸長量明顯降低，可見尾鬚對於風流可以有效引導風的流動，降低受風強度。

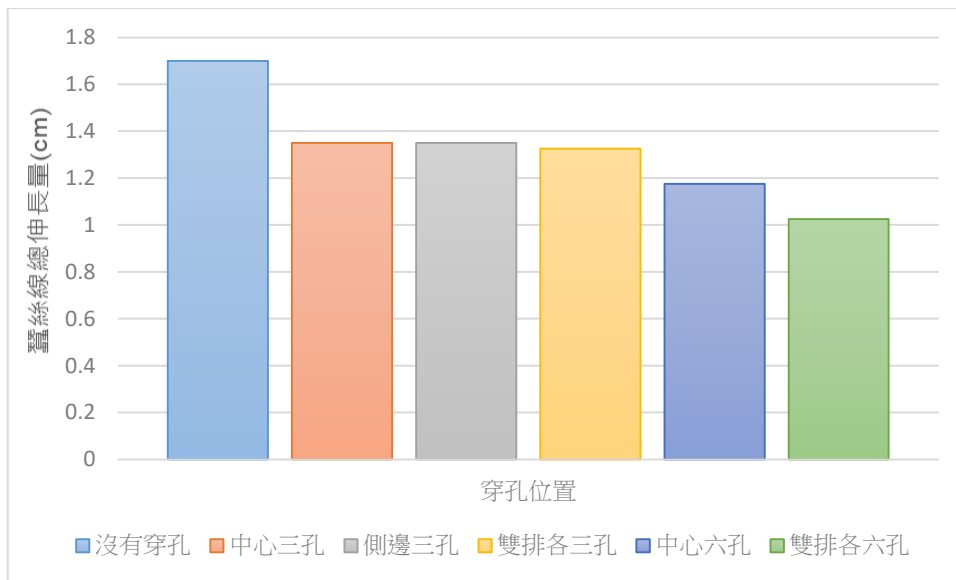
(五)探討旗面的「穿孔」如何影響旗幟的穩定度。

表十一 旗面穿孔與受風程度的實驗結果

(總伸長量=四角落平均伸長量總合)

旗面穿孔	風速 3.0m/s 時蠶絲線伸長量(cm)				總伸長量 (cm)	結果
	左上	右上	左下	右下		
沒有穿孔 (對照組) 	0.3	0.4	0.6	0.6	1.7	受風 最大
	0.2	0.3	0.5	0.5		
	0.3	0.3	0.5	0.6		
	0.3	0.3	0.6	0.5		
平均伸長量	0.275	0.325	0.55	0.55		
中心三孔 	0.4	0.3	0.3	0.3	1.35	
	0.4	0.4	0.3	0.2		
	0.4	0.4	0.4	0.2		
	0.5	0.4	0.3	0.2		
平均伸長量	0.425	0.375	0.325	0.225		
側邊三孔 	0.4	0.3	0.4	0.2	1.35	
	0.4	0.4	0.4	0.1		
	0.4	0.4	0.5	0.2		
	0.4	0.3	0.4	0.2		
平均伸長量	0.4	0.35	0.425	0.175		
雙排各三孔 	0.3	0.4	0.4	0.2	1.325	
	0.4	0.4	0.3	0.3		
	0.4	0.3	0.4	0.2		
	0.4	0.3	0.4	0.2		
平均伸長量	0.375	0.35	0.375	0.225		
中心六孔 	0.4	0.3	0.3	0.2	1.175	
	0.3	0.2	0.3	0.3		
	0.4	0.3	0.3	0.3		
	0.4	0.2	0.2	0.3		
平均伸長量	0.375	0.25	0.275	0.275		

雙排各六孔 	0.4	0.2	0.3	0.1	1.025	受風最小
	0.4	0.3	0.4	0.1		
	0.3	0.2	0.3	0.1		
	0.3	0.2	0.3	0.2		
平均伸長量	0.35	0.225	0.325	0.125		



圖二十一 不同穿孔位置與受風力之間的關係

實驗結果：1、孔洞越多，則受風力影響較小，可見孔洞可以讓風快速通過，減少風對旗面的施力。

2、孔洞位置對於受風強度沒有明顯差異。

討論：實驗結果 2 與國展第 58 屆「洞悉真相～探討各種不同因素對大型看板穩定性的影響」實驗結果不相符。這是因為大型看板的總面積較大，上面的孔洞數多，若集中或分散在某些位置會影響整個看板的受風強度。但是我們的關東旗的面積小，孔洞數量少，所以孔洞在中央或是在側邊，對於整個旗面受風強度影響較小。

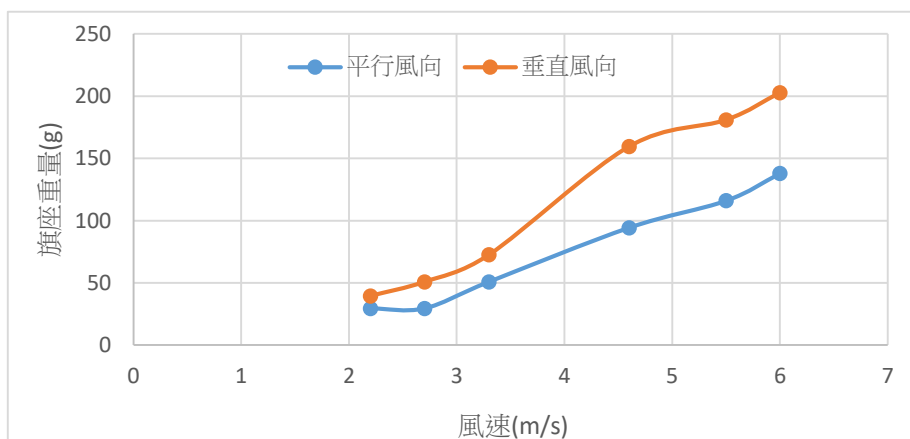
二、探討旗座的「重量」、「面積」如何影響旗幟的穩定度。

(一)探討旗座的「重量」如何影響旗幟的穩定度。

表十二 旗座重量與受風程度的實驗結果

(每段風速進行 4 次測試 ○：未倒 x：倒下)

風力段數			一段	二段	三段	四段	五段	六段
風速(m/s)			2.2	2.7	3.3	4.6	5.5	6.0
 旗座重量 29.4g	夾角 90 度垂直 風向	測試 結果	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
		旗座 重量	39.5g	50.8g	72.6g	159.6g	181.0g	202.9g
	夾角 0 度平行 風向	測試 結果	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
		旗座 重量	29.4g	29.4g	50.8g	94.3g	116.0g	137.9g



圖二十二 旗座重量與風力之間的關係

實驗結果：1、在一段與二段(平行風向)都是 29.4g 的原因是，我們的旗座最低重量為 29.4g，根據旗座重量與風力趨勢圖中的結果，一段風力所需的旗座重量應該小於 29.4g。

2、風速越高，要維持關東旗不倒的旗座重量越重。

3、旗面與風向平行時的旗座重量比垂直風向時小。

(二)探討旗座的「面積」如何影響旗幟的穩定度。



圖二十三 旗座面積與風力之間的關係

表十三 旗座面積與受風程度的實驗結果

(每段風速進行 4 次測試 ○：未倒 X：倒下)

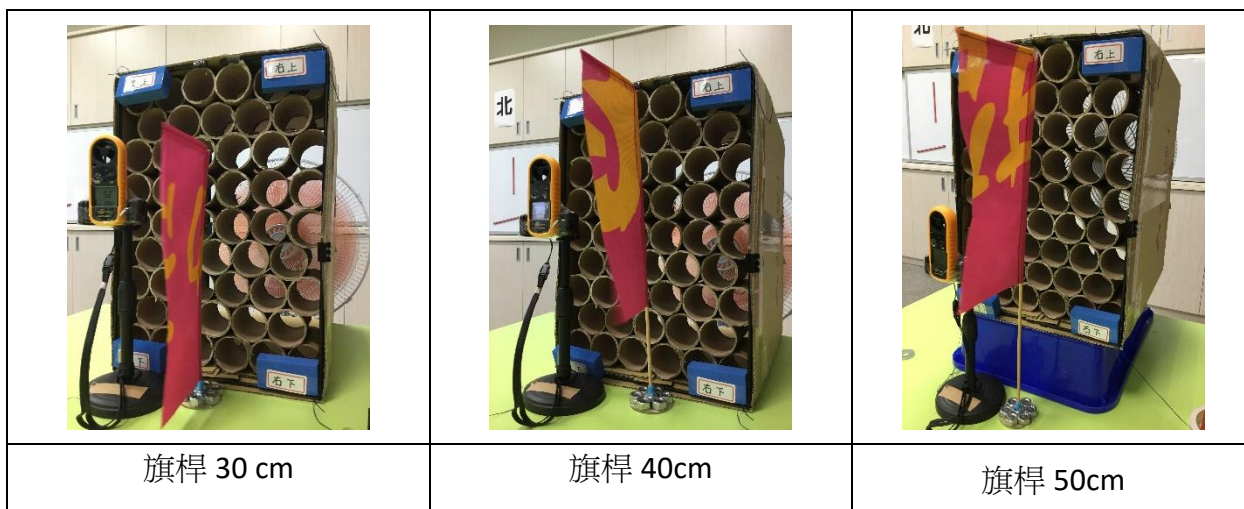
風力段數		一段	二段	三段	四段	五段	六段
風速(m/s)		2.2	2.7	3.3	4.6	5.5	6.0
旗座半徑 1 公分	90 度垂直風向	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	0 度平行風向	OOOO	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
旗座半徑 3 公分	90 度垂直風向	OOOO	OOOO	OOOO	XXXX	XXXX	XXXX
	0 度平行風向	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO
旗座半徑 5 公分	90 度垂直風向	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO
	0 度平行風向	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO

實驗結果：1、旗座面積越大，則旗座穩定度越高，越不容易傾倒。

2、一樣的旗座重量，但因擺放位置不同，結果差距很大，因此建議若要加重，應該儘可能的放在外圍，加大旗座的抗力臂。

三、探討旗桿的「高度」、「插孔位置」如何影響旗幟的穩定度。

(一) 探討旗桿的「高度」如何影響旗幟的穩定度。



圖二十四 不同旗桿長度與受風力實驗

表十四 旗桿長度與受風程度的實驗結果

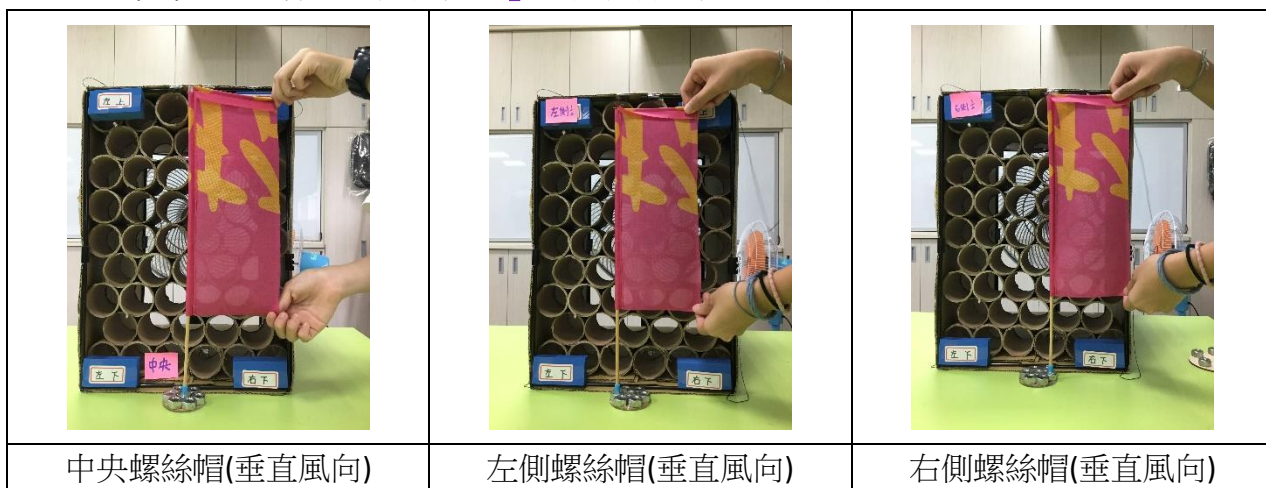
(每段風速進行 4 次測試 ○：未倒 x：倒下)

風力段數		一段	二段	三段	四段	五段	六段	結果
風速(m/s)		2.2	2.7	3.3	4.6	5.5	6.0	
旗桿 30cm	90度垂直風向	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	最穩
	0度平行風向	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	
旗桿 40cm	90度垂直風向	○○○○	○○○○	○○○○	XXXX	XXXX	XXXX	
	0度平行風向	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	
旗桿 50cm	90度垂直風向	○○○○	○○○○	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	不穩
	0度平行風向	○○○○	○○○○	○○○○	XXXX	XXXX	XXXX	

實驗結果：1、旗桿短，則風的施力臂縮短了，受風力影響較小，穩定度提高。

2、平行風向時，旗桿仍有承受風力，旗桿的粗細也是影響受風強弱的因素之一，因此建議選擇堅硬且較細的旗桿。

(二)探討旗桿的「插孔位置」如何影響旗幟的穩定度。



圖二十五 不同旗桿插孔位置與受風程度的實驗

表十五 旗桿插孔位置與受風程度的實驗結果

(每段風速進行 4 次測試 ○：未倒 x：倒下)

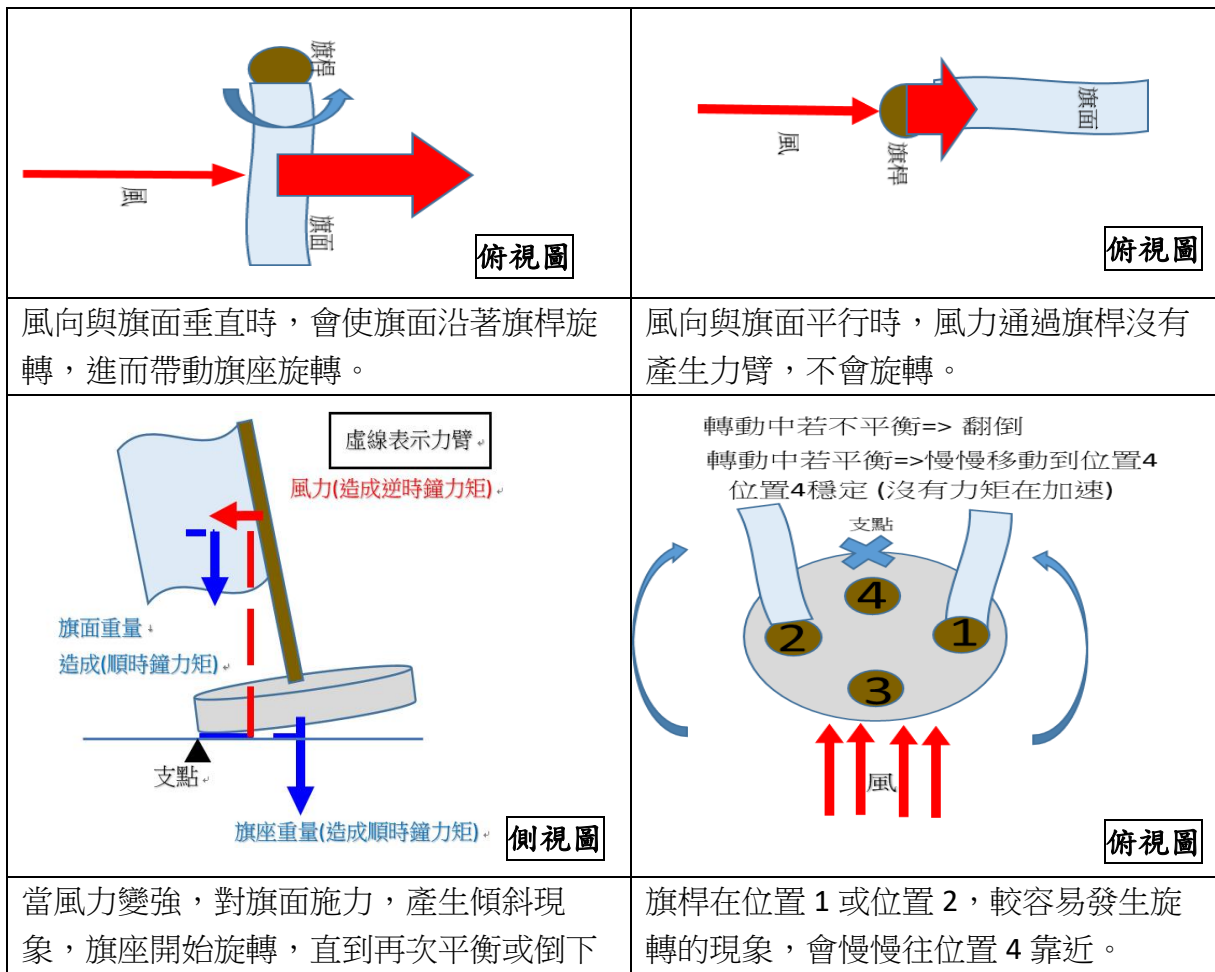
風力段數		一段	二段	三段	四段	五段	六段
風速(m/s)		2.2	2.7	3.3	4.6	5.5	6.0
插旗 在中央	90 度垂 直風向	○○○○	○○○○	○○○○	XX XO	XXXX	XXXX
	0 度平 行風向	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
插旗 在左側	90 度垂 直風向	○○○○	○○○○	○○○○ 旋轉未倒	XX OX 旋轉倒下	XXXX	XXXX
	0 度平 行風向	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
插旗 在右側	90 度垂 直風向	○○○○	○○○○	○○○○ 旋轉未倒	X OOX 旋轉倒下	XXXX	XXXX
	0 度平 行風向	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○

實驗結果：1、旗桿在插孔位置在兩側時，會因旗面受風後產生旋轉現象，有時會傾倒，有時旋轉後會倒下。

2、旗面與風向平行時，穩定度較高。

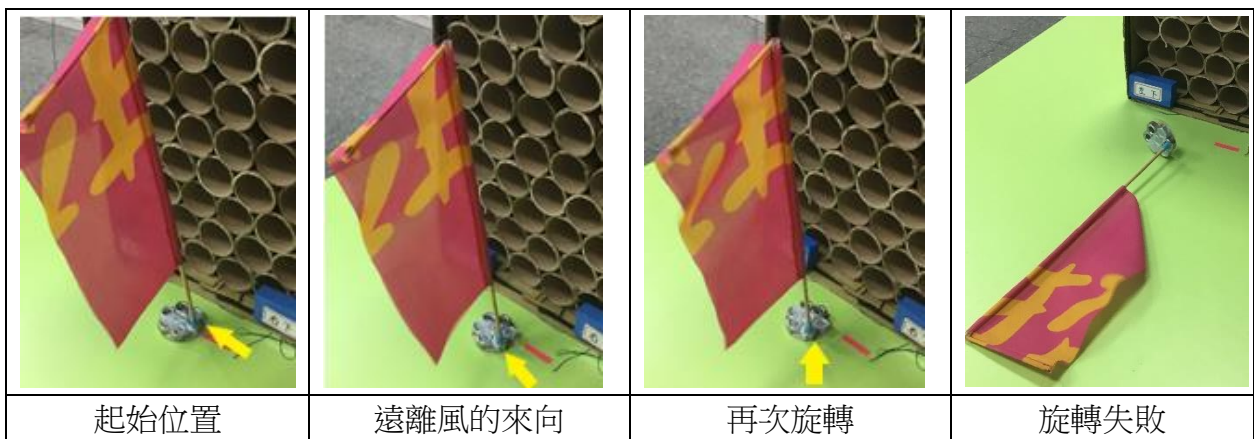
討論：為何在某些風速下，旗座會產生旋轉而倒下，而有時不會？該如何改善？

旗幟旗座產生旋轉的原因是風對旗面施力而產生力矩，當旗桿插孔位置在左、右兩側時，會使旗面沿著旗桿旋轉，帶動旗座產生旋轉。



圖二十六 旗幟上方俯視圖與風力關係圖

經過我們多次試驗發現：旗桿在左、右兩側時，旗座較容易發生旋轉的狀況，旗桿會隨著風向一直旋轉到離風洞最遠的那一側，或是在途中翻倒。



圖二十七 旗幟旋轉的情形

於是我們開始思考，如何讓旗幟在旋轉的過程中不翻倒？根據實驗一-(三)討論，軸承能使旗面快速轉向減少風的施力，那麼旗座是不是也能加入軸承，快速且平穩的旋轉呢？我們找到了一種平面型的軸承(旋轉盤)可以加裝在底座上，讓旗座在受風力而產生旋轉時較不易傾倒。以下是加入平面型軸承後的延伸研究 1 與延伸研究 2。

延伸研究三-(二)-1 探討「加入平面型軸承」是否能增加旗座的穩定度。

將底座下方加入平面型軸承(共 167.9 克)，測試旗桿插在不同位置與受風程度的關係。

表十六 加平面型軸承與插旗位置對受風大小的比較表

(每段風速進行 4 次測試 ○：未倒 X：倒下)

風力段數			一段	二段	三段	四段	五段	六段
風速(m/s)			2.2	2.7	3.3	4.6	5.5	6.0
插旗 在中央	垂直 風向	原始 資料	○○○○	○○○○	○○○○	XXX○	XXXX	XXXX
	垂直 風向	加入平 面軸承	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
插旗 在左側	垂直 風向	原始 資料	○○○○	○○○○	○○○○ 旋轉未倒	XOX 旋轉倒下	XXXX	XXXX
	垂直 風向	加入平 面軸承	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○ 微移動
插旗 在右側	垂直 風向	原始 資料	○○○○	○○○○	○○○○ 旋轉未倒	XOX 旋轉倒下	XXXX	XXXX
	垂直 風向	加入平 面軸承	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○ 微移動

實驗結果：1、加入平面型軸承後確實可以改善底座旋轉而傾倒的狀況，原本在四段風速垂直風向，旗幟就會倒下，加入平面軸承後，即使在與六段風速夾角 90 度(垂直風面)的狀況下，關東旗也不會傾倒。



2、實驗中到六段風速時，旗桿皆未倒下，但旗桿在左右兩側會有微移動的現象，因此建議旗桿插在旗座中央。

延伸研究三-(二)-2 探討「加入平面型軸承」是否能減少風對旗面的施力。

- 1、選用旗長 30 公分寬 12 公分的關東旗面，旗桿 40 公分，旗座直徑 6 公分。
- 2、將旗桿底座固定在直徑 6 公分的壓克力片上，在下方加上平面型軸承固定，並準備數十個鎖片用於加重。
- 3、使用六段風速吹旗桿，每段風速測試四次，分別測試旗面與風向垂直以及旗面與風向平行時，旗桿倒下的情形，找出對抗各種風速時，旗座的最小值。
- 4、本實驗是利用槓桿原理，測量在不同風速時，旗座重量產生抗力，使旗面不倒，並將實驗結果與表十二比較。

表十七 平面型軸承對旗座重量影響的比較表

(每段風速進行 4 次測試 ○：未倒 x：倒下)

風力段數		一段	二段	三段	四段	五段	六段
風速(m/s)		2.2	2.7	3.3	4.6	5.5	6.0
 旗座重量 29.4g	原始資料	平行風向 29.4g (基本重量)	29.4g (基本重量)	50.8g	94.3g	116.0g	137.9g
	垂直風向	39.5g	50.8g	72.6g	159.6g	181.0g	202.9g
 平面軸承+ 旗座 57.2g	加入平面型軸承	平行風向 57.2g (基本重量)	57.2g (基本重量)	57.2g (基本重量)	79.6g	101.6g	122.7g
	垂直風向	57.2g (基本重量)	57.2g (基本重量)	57.2g (基本重量)	122.72g	144.8g	165.8g

實驗結果：從實驗中可以發現，加入平面型軸承(旋轉盤)後，確實可以讓旗面快速轉向，且有效的降低風力對旗幟的施力，讓旗座重量降低 11%~23.1%。

四、改良版立式旗幟。

(一)根據實驗一的結果，我們改良旗面：

- 1、旗面形狀—選用關東旗(長方形旗面)。
- 2、旗面角度—平行風向，加入軸承。
- 3、旗面尾鬚—在長邊加尾鬚。
- 4、旗面孔洞—加入雙排各六孔洞。

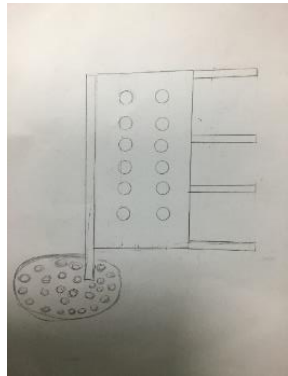

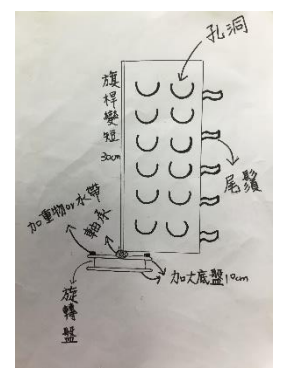

(二)根據實驗二的結果，我們改良旗座：

- 1、旗座重量：越重越好，但我們選用風速與旗座關係的最小值。
- 2、旗座面積：在使用範圍內，盡可能放大旗座面積。

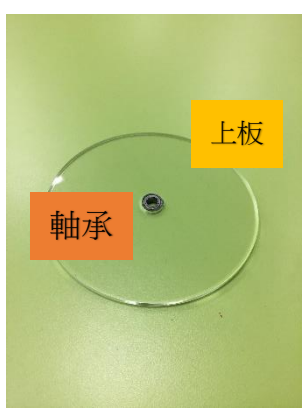

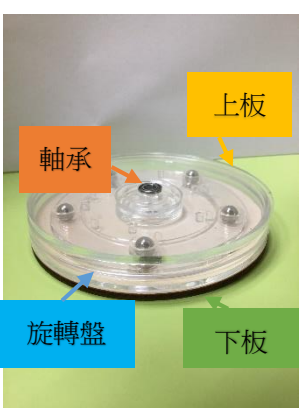

(三)根據實驗三的結果，我們改良旗桿：

- 1、旗桿高度：選擇較短旗桿(30公分)。
- 2、旗桿插孔位置：將旗桿插在中央處，但加入旋轉底盤，避免因風力而旋轉傾倒。

(四)畫出設計第一代與第二代草稿圖，並執行製作。

			
第一代設計草稿	第一代實作	第二代設計圖	第二代實作



圖二十八 改良版立式旗幟設計圖與實作圖

			
1、組裝上板+軸承	2、下板+旋轉盤	3.上板+旋轉盤+下板	4、旗座+旗幟





圖二十九 第二代改良版旗座組裝步驟

我們以原始版各段風速所需的旗座重量為基準，比較第二代改良版與原始版的差異，發現在六段風速下，第二代改良版旗幟僅需 82.9g 的旗座重量就可以維持直立，相較於原始版重量 202.9g，整整少了 59% 的重量，可見我們對旗面、旗桿及旗座的改良是有效果的，可大大降低旗座的重量，改善實際版關東旗旗座過重的問題。

表十八 第二代改良版關東旗與原始版的比較表

風力段數		一段	二段	三段	四段	五段	六段	
風速(m/s)		2.2	2.7	3.3	4.6	5.5	6.0	
	原始資料 旗座重量 29.4g	平行風向	29.4g (基本重量)	29.4g (基本重量)	50.8g	94.3g	137.9g	
		垂直風向	39.5g	50.8g	72.6g	159.6g	181.0g	202.9g
	第二代改良版 旗座重量 67.0g	平行風向	67.0g (基本重量)	67.0g (基本重量)	67.0g (基本重量)	67.0g	67.0g	67.0g
		垂直風向	67.0g (基本重量)	67.0g (基本重量)	67.0g	67.0g	67.0g	82.9g

接著，我們將此改良版的旗面還原成實際的大小，旗面長 150 公分寬 60 公分，但挖孔且加入右側尾鬚，旗桿改用長 150 公分(原尺寸 200 公分)直徑 1.8 公分的塑膠管，旗座直徑 40 公分的圓形(原尺寸 30 公分)，但在旗桿下方加入軸承，旗座中間加入平面型軸承，分別放到操場中間、教室屋頂、校門口人行道、夾縫通道中，測試實際結果，發現都能承受最大瞬間風力而不傾倒。

				
地點	操場中間	教室屋頂	校門口	夾縫通道中
最大風速	4.2 m/s	3.4m/s	3.3 m/s	3.5 m/s

圖三十 實際版在不同地點的測試結果

伍、結論

一、改良旗面(減少風的施力)：

(一)旗幟面積越小，受風力量越小。

(二)相同尺寸下，水滴旗受風最大；刀旗與關東旗受風力量較小。

(三)與風向垂直 90 度的旗幟受風強度最大，與風向平行 0 度的旗幟受風強度最小，在旗桿底部加入軸承，可使旗面快速轉到平行風向。

(四)將尾鬚加在旗幟的長邊，確實可以有效降低受風強度。

(五)孔洞越多，則受風力影響較小；孔洞位置對於受風強度沒有明顯差異。

二、改良旗座(增加旗座的抗力或力臂)：

(一)旗座重量越重，對風的抗力越大，則穩定度越高。

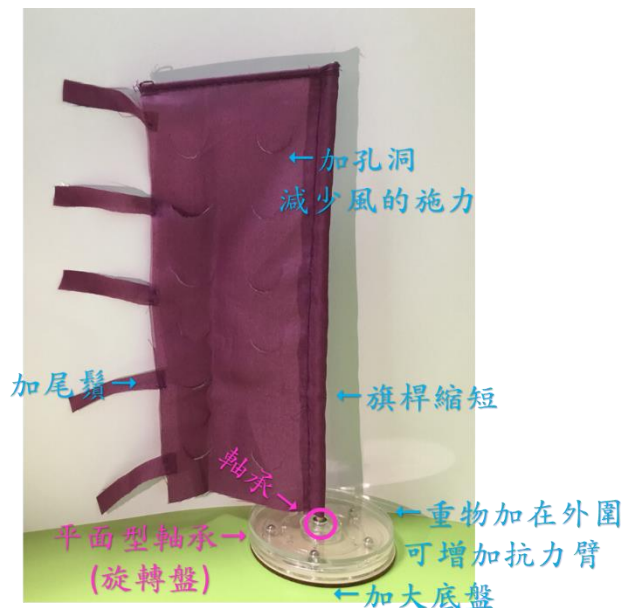
(二)旗座面積越大，穩定度越高；旗座重量加在外側也較穩定。

三、改良旗桿(減短風的施力與力臂)：

(一)旗桿越短，風的施力臂變小，旗幟穩定度較高。

(二)旗桿插孔位置中央處最穩定，再

加入平面型軸承(旋轉盤)，可以使整個旗座不會隨風旋轉而傾倒。



四、根據以上的實驗結果完成改良版立式旗幟，在六段風速中，改良版旗幟僅需原始版旗座重量的 41%，可大大降低旗座的重量，改善實際版關東旗旗座過重的問題。

陸、參考文獻資料

一、陳姿仰、蔡予安、謝忠成、陳巧芬、詹宗穎、高婕婷(2007)。洞悉真相～探討各種不同因素對大型看板穩定性的影響。全國中小學第 47 屆科展說明書。

二、施秉宏、周詳霖、林廷陽、邵謙、李逸萱(2007)。借風使力 陸上行舟-風帆動力車行進的奧秘。全國中小學第 47 屆科展說明書。

三、張修瑜、姬敏暄、高宛瑜、詹宇心(2018)。木瓜樹有「網」不怕「風」。全國中小學第 58 屆科展說明書。

【評語】 082806

為了改善生活中觀察到的旗幟易倒問題，進行剖析與探究，具有科學精神。作品中提出增加轉軸與軸承的底盤設計，旗幟上做出開孔與尾鬚，並實驗驗證效果，證實新的設計可以降低重量卻增加穩定度，是一件有創意且完整的作品。在生活與應用上，建議加入製作成本與後續維修的討論，以評估實際應用的可能性。

作品海報

摘要

本研究是從槓桿原理來探究立旗傾倒的原因，進而改良立旗設計，使它更加穩固。

市面上通常是用加重旗座重量(增加抗力)來改善立旗傾倒狀況，結果反而使立旗難以搬動。我們的研究是從「旗面」、「旗桿」、「旗座」三方面來探究，從結果中提出建議與改良：

1. 旗面上加孔洞與尾鬚減少風對旗面的施力。
2. 旗桿上縮短長度減少風的施力臂，加上軸承使旗桿快速轉向，減少旗面的受力。
3. 旗座加入平面軸承(旋轉盤)，避免因傾斜旋轉而翻倒，並將旗座重量加在外圍，增加旗座的抗力臂。

新式立旗在六段風速中，只要原始版旗座重量的41%就可穩定不倒，我們的新式立旗可大幅降低旗座重量且更穩定，改善傳統立旗的問題。

前言

一、研究動機

學校的學務處前方的空氣品質旗幟，以及附近店家和選舉期間各式的旗幟林立，但常因強風而倒在地下，有時會造成用路人受傷。因此，我們收集資料，找出現有的立旗種類(關東旗、水滴旗、刀旗)，並收集科展相關研究資料，研究關東旗傾倒的原因。市面上的立旗通常是用增加旗座重量來處理問題，而我們將關東旗拆解成「旗面、旗座與旗桿」三個方向，來找出這「不倒翁關東旗」的秘密，解決立旗傾倒的問題。

二、研究目的

- (一) 探討旗面的大小、形狀、受風角度、加尾鬚、穿孔如何影響旗幟的穩定度。
- (二) 探討旗座的重量、面積如何影響旗幟的穩定度。
- (三) 探討旗桿的高度、插孔位置如何影響旗幟的穩定度。
- (四) 改良版立式旗幟。

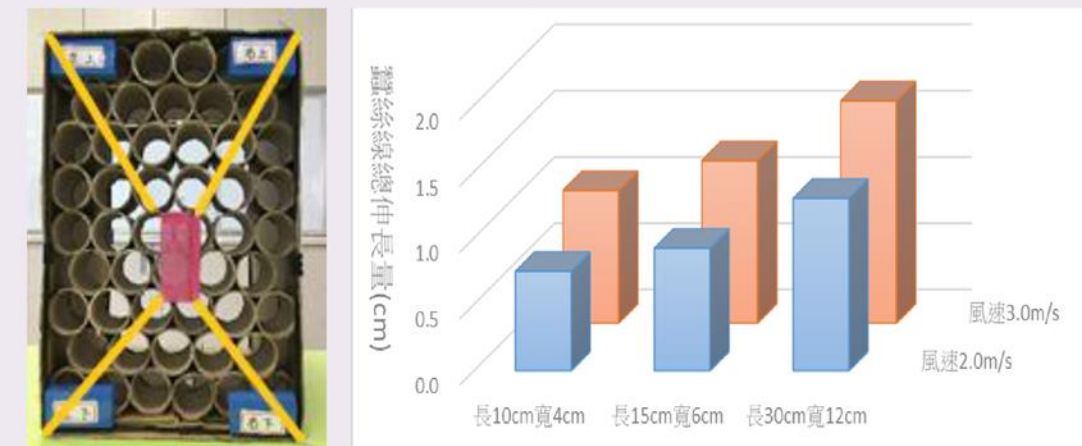


研究過程、結果與討論

研究一：探討旗面各項變因如何影響旗幟的穩定度

(一) 探討旗面「大小」如何影響旗幟的穩定度

- 1、我們製作出三種迷你關東旗：原尺寸的1/15、原尺寸的1/10、原尺寸的1/5。
- 2、在風洞箱的四個角落各固定一條20公分的蠶絲線，尾端綁上一個鉤子，用來勾住旗幟的四個邊角。



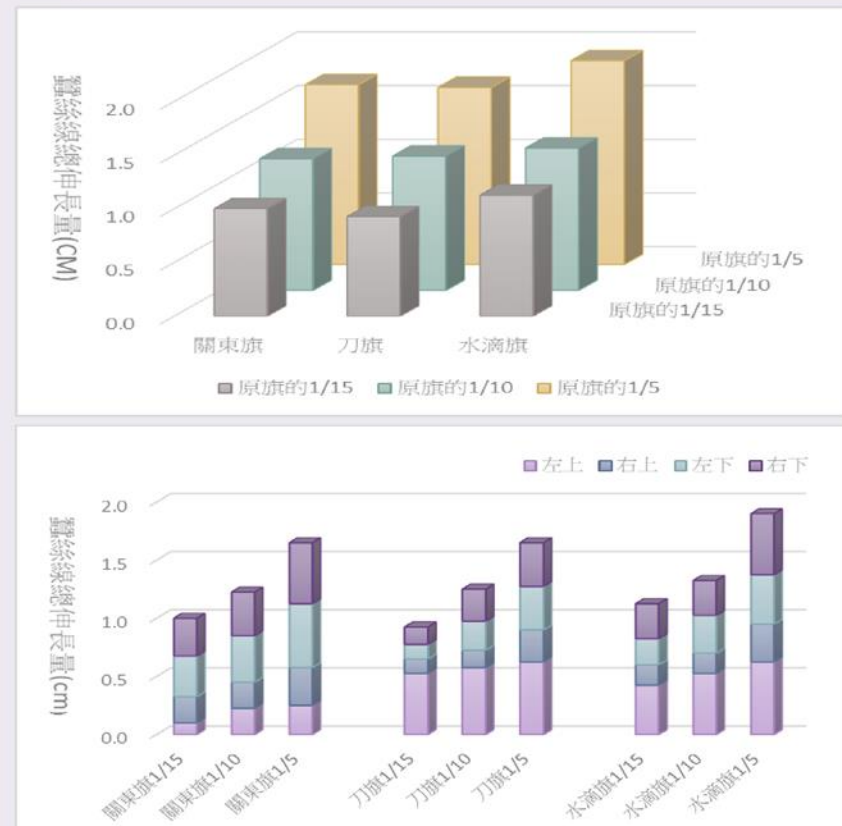
- 結果：1、旗幟面積越大，受風力量越大。
- 2、風速越大，旗幟受風力量越大。

(三) 探討旗面「角度」如何影響旗幟的穩定度



- 結果：與風向夾角90度的旗幟受風強度最大，與風向夾角0度的旗幟受風強度最小。

(二) 探討旗面「形狀」如何影響旗幟的穩定度



- 結果：1、相同尺寸下，水滴旗受風最大。
- 2、刀旗與水滴旗在旗面左上的受風強度最大。

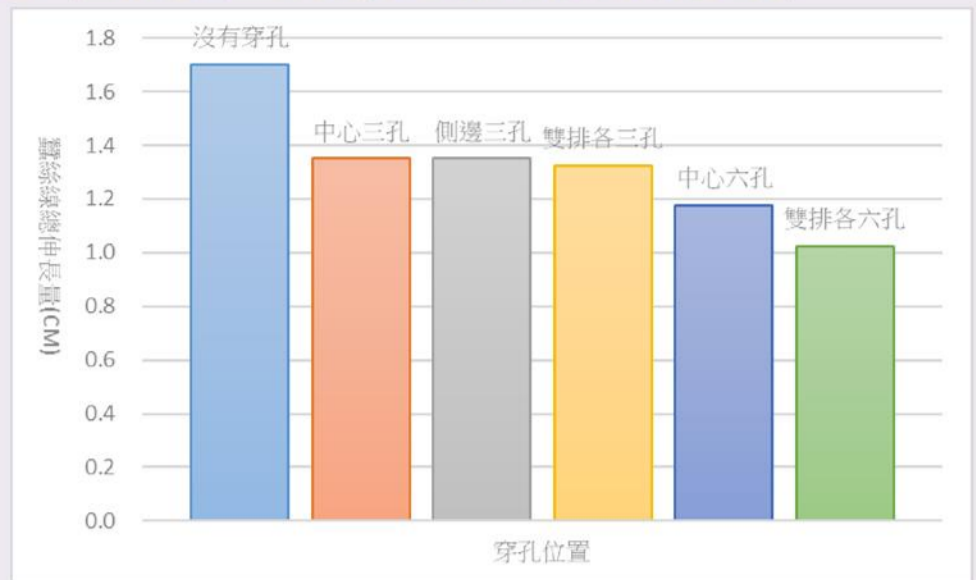
討論：風向夾角0度的受風力比風面夾角90度減少約84%，可見如何使旗面快速與風向平行是降低受風強度的重要關鍵。我們嘗試多種方法想使旗面快速轉向，減少與旗桿的摩擦力，終於發現了：在旗桿與旗座中間套上「軸承」可以使旗面快速隨著風向轉動，大大減少受風的強度！

(四) 探討旗面「加尾鬚」如何影響旗幟的穩定度



結果：1、將尾鬚加在右側長邊，可以降低受風強度。
 2、「右側尾鬚」的那一側，蠶絲線總伸長量小，尾鬚可以有效引導風的流動，讓旗面的波動變小。

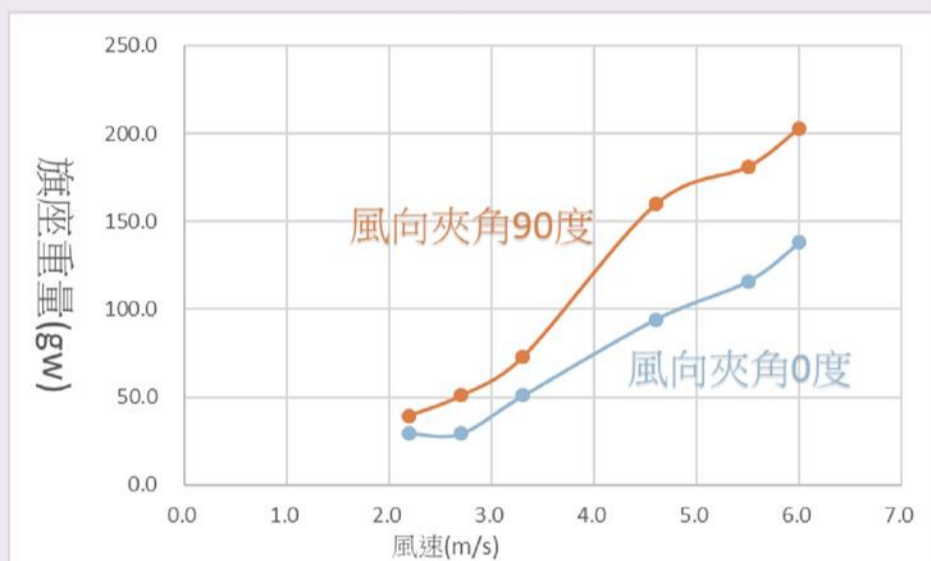
(五) 探討旗面「穿孔」如何影響旗幟的穩定度



結果：1、孔洞越多，則受風力影響較小，可見孔洞可以讓風快速通過，減少風對旗面的施力。
 2、孔洞位置對於受風強度沒有明顯差異。

研究二：探討旗座「重量」、「面積」如何影響旗幟的穩定度。

(一) 探討旗座的「重量」如何影響旗幟的穩定度



結果：1、風速越高，要維持關東旗不倒的旗座重量越重。
 2、與風向夾角0度時的旗座重量比夾角90度時小。

(二) 探討旗座的「面積」如何影響旗幟的穩定度

風力段數	一段	二段	三段	四段	五段	六段
風速(m/s)	2.2	2.7	3.3	4.6	5.5	6.0
半徑 1公分	風向夾角90度	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	風向夾角0度	OOOO	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
半徑 3公分	風向夾角90度	OOOO	OOOO	OOOO	XXXX	XXXX
	風向夾角0度	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO
半徑 5公分	風向夾角90度	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO
	風向夾角0度	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO

結果：1、旗座面積越大，則旗座穩定度越高。
 2、一樣的旗座重量，但因擺放位置不同，結果差距很大，因此建議加重應該放在外圍，放大抗力臂，讓旗座的加重更有效率。

研究三、探討旗桿「高度」、「插孔位置」如何影響旗幟的穩定度

(一) 探討旗桿的「高度」如何影響旗幟的穩定度

風力段數	一段	二段	三段	四段	五段	六段
風速(m/s)	2.2	2.7	3.3	4.6	5.5	6.0
旗桿 30cm	風向夾角90度	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO
	風向夾角0度	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO
旗桿 40cm	風向夾角90度	OOOO	OOOO	OOOO	XXXX	XXXX
	風向夾角0度	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO
旗桿 50cm	風向夾角90度	OOOO	OOOO	XXXX	XXXX	XXXX
	風向夾角0度	OOOO	OOOO	OOOO	XXXX	XXXX

結果：旗桿短，則風的施力臂縮短了，受風力影響較小，穩定度提高。

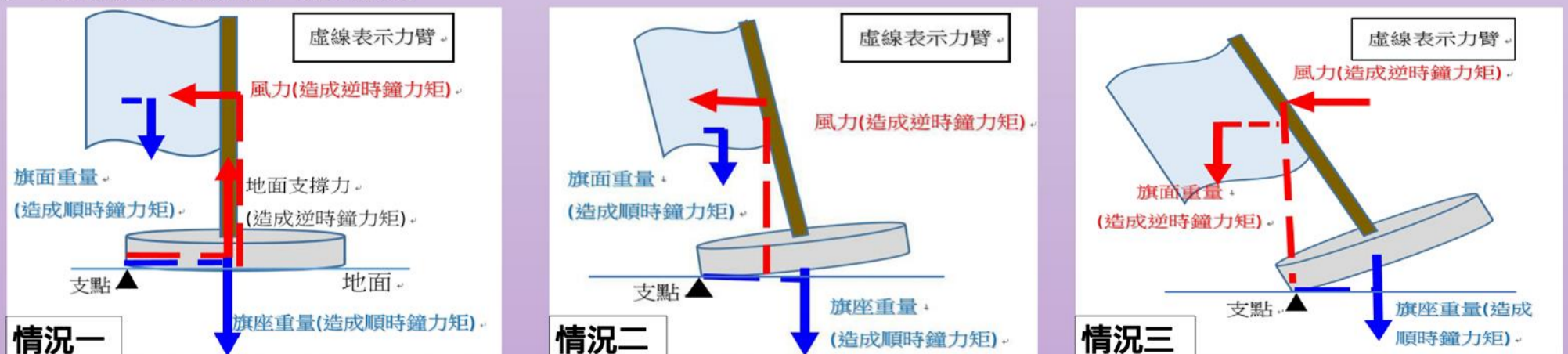
(二) 探討旗桿「插孔位置」如何影響旗幟的穩定度

風力段數	一段	二段	三段	四段	五段	六段
風速(m/s)	2.2	2.7	3.3	4.6	5.5	6.0
插旗 中央	原始資料	OOOO	OOOO	OOOO	XXXO	XXXX
	加入平面軸承	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO
插旗 左側	原始資料	OOOO	OOOO	OOO	XXOX	XXXX
	加入平面軸承	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO
插旗 右側	原始資料	OOOO	OOOO	OOO	XOOX	XXXX
	加入平面軸承	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO	OOOO

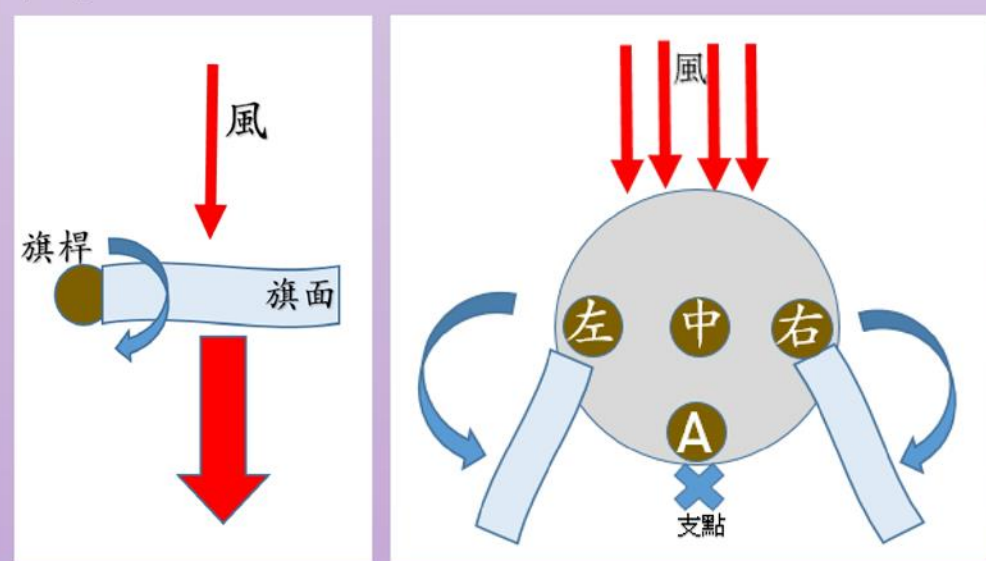
結果：旗桿在插孔位置在兩側時，受風後旗座產生旋轉現象，有時會傾倒，有時不倒。

討論：為何在某些風速下，旗座會產生旋轉而倒下，而有時不會？該如何改善？

(一) 旗幟傾倒的原因-槓桿原理



(二)減少旗座旋轉的方法：



我們最終選擇平面型的軸承(旋轉盤)加裝在旗座上，經過實驗後發現：

- 1、加入平面型軸承後確實改善底座旋轉而傾倒的狀況。原本在四段風速，旗幟就會倒下，加入平面軸承後，**即使在六段風速，關東旗也不會傾倒。**
- 2、加入平面型軸承(旋轉盤)後，可以有效的降低風力對旗幟的施力，**讓旗座重量降低11%~23.1%。**
- 3、旗桿插在中央比A點更穩定。

研究四、最佳立式旗幟-不倒翁關東旗

(一)改良旗面(減少風的施力)：

- 1、旗面形狀-選用關東旗(長方形旗面)。
- 2、旗面角度-平行風向，加入軸承。
- 3、旗面尾鬚-在長邊加尾鬚。
- 4、旗面孔洞-加入雙排各六孔洞。

(二)改良旗座(增加旗座的抗力或力臂)：

- 1、旗座重量：我們選用風速與旗座重量關係的最小值。
- 2、旗座面積：在使用範圍內，盡可能放大旗座面積。

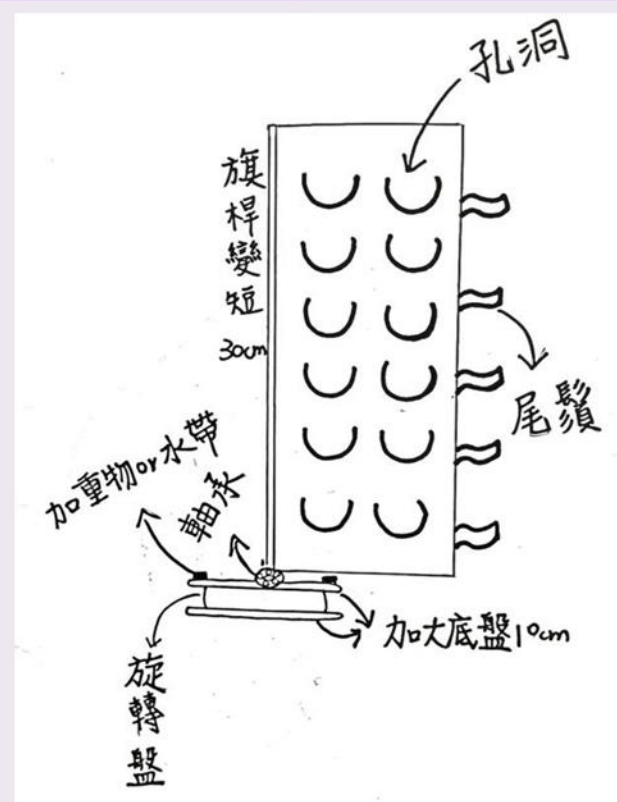
(三)改良旗桿(減少風的施力與力臂)：

- 1、旗桿高度：選擇較短旗桿。
- 2、旗桿插孔位置：將旗桿插在中央處，**但加入平面型軸承，避免因旋轉而傾倒。**

(四)畫出設計草稿圖，並執行製作。

改良版旗幟僅需原始版重量的41%，可見我們對旗面、旗桿及旗座的改良是有效果的，可大大降低旗座的重量，改善實際版關東旗旗座過重的問題。

接著，我們將此改良版的旗面還原成實際的大小，分別放到操場中間、教室屋頂、校門口人行道、夾縫通道中，測試實際結果，發現都能承受最大瞬間風力而不傾倒。



結論

一、根據研究一的結果，改良旗面：

- (一)旗幟面積越小，受風力量越小。
- (二)相同尺寸下，水滴旗受風最大；刀旗與關東旗受風力量較小。
- (三)與風向平行0度的旗幟受風強度最小，**在旗桿底部加入軸承**，可使旗面快速轉到風向夾角0度。
- (四)將尾鬚加在旗幟的長邊，可以降低受風強度。
- (五)孔洞越多，則受風力影響較小；孔洞位置對於受風強度沒有明顯差異

二、根據研究二的結果，改良旗座：

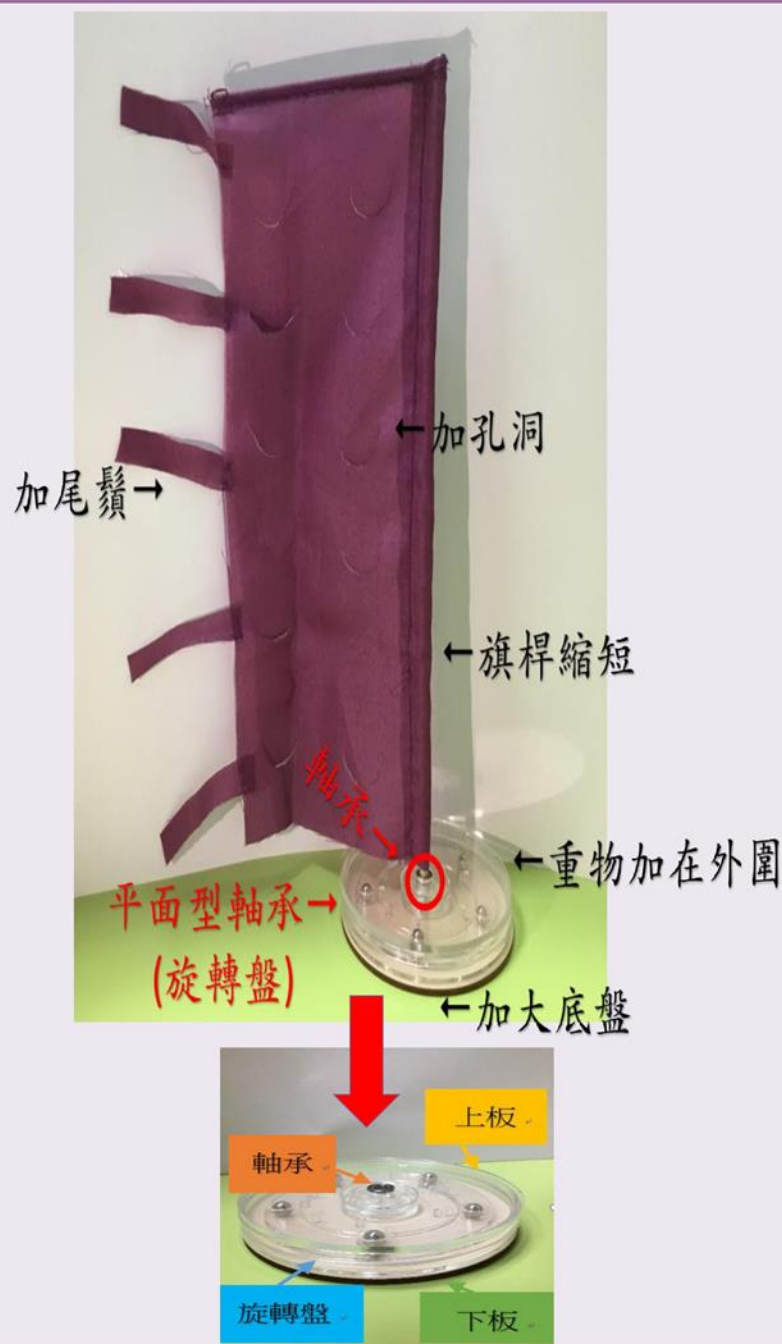
- (一)旗座重量越重，對風的抗力越大，則穩定度越高。
- (二)旗座面積越大，穩定度越高；旗座重量加在外側也較穩定。

三、根據研究三的結果，改良旗桿：

- (一)旗桿越短，風的施力臂變小，旗幟穩定度較高。
- (二)旗桿插孔位置中央處最穩定，**再加入平面型軸承(旋轉盤)**，可以減少旗座隨風旋轉而傾倒的現象。

四、根據以上的實驗結果完成改良版立式旗幟，

在六段風速中，改良版旗幟**僅需原始版旗座重量的41%**就可穩定不倒，改善實際版關東旗旗座過重的問題。



參考文獻

- 一、施秉宏、周詳霖、林廷陽、邵謙、李逸萱(2007)。借風使力 陸上行舟-風帆動力車行進的奧秘。全國中小學第47屆科展說明書。
- 二、陳姿仰、蔡予安、謝忠成、陳巧芬、詹宗穎、高婕婷(2007)。洞悉真相~探討各種不同因素對大型看板穩定性的影響。全國中小學第47屆科展說明書。
- 三、張修瑜、姬敏暄、高宛瑜、詹宇心(2018)。木瓜樹有「網」不怕「風」。全國中小學第58屆科展說明書。