中華民國第54屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組　生活與應用科學科

第三名

030817

防風雨傘

學校名稱：臺北市私立復興實驗高級中學

作者：	指導老師：
國二 陳昶瑜 國二 陳昶瑞	鄭調榮

關鍵詞：角動量、陀螺效應

摘　　要

在強風中使用雨傘，很容易因風壓造成雨傘翻覆損毀，本創作之目的為研發一種新型的雨傘來改善這個問題，我們在雨傘上裝一些導流板形成氣動面，讓風壓的作用力有其他方向的分向量，藉以降低損毀雨傘的作用力，另外雨傘旋轉所產生的角動量，會形成陀螺效應，使雨傘具有水平穩定的慣性，讓傘面不易翻轉，我們也製作了新型的雨傘的樣品與傳統雨傘相比較，大約可提升 28%的抗風能力，可使雨傘在風中更穩定也更安全。

壹、 研究動機：

雨傘為了達到遮雨的目的，必需要有一定的遮蔽面積，可是當強風吹來時，這些遮蔽面積卻會產生強大的風壓，輕則損毀雨傘，重則讓人站立不穩，因而產生意外，遮雨效果越好的雨傘，遮蔽面積就越大，遇到強風也越容易損毀，因此，每當風雨交加的天氣時帶著雨傘出門，心中總感覺得不安與無奈，在物理課中，我們學到了力是一種向量，如果有其他方向的分量，那麼原本作用力的強度將會降低，因此我們想在雨傘上裝一些導流板形成氣動面，強風吹來時氣動面讓雨傘旋轉，讓風壓的作用力有其他方向的分向量，藉以降低損毀雨傘的作用力，另外雨傘旋轉所產生的角動量，會形成陀螺效應，使雨傘具有水平穩定的慣性，讓傘面不易翻轉，當然，這些方法是不可能完全解決強風損毀雨傘的問題，因為雨傘骨架的強度是有限的，當風壓產生的應力超過骨架強度的極限時，雨傘依然會損毀，但是能透過一些簡單而又低成本的方法增加雨傘的抗風能力，讓它在風中更穩定也更安全，那麼它的應用價值還是值得研究的。

貳、 研究目的：

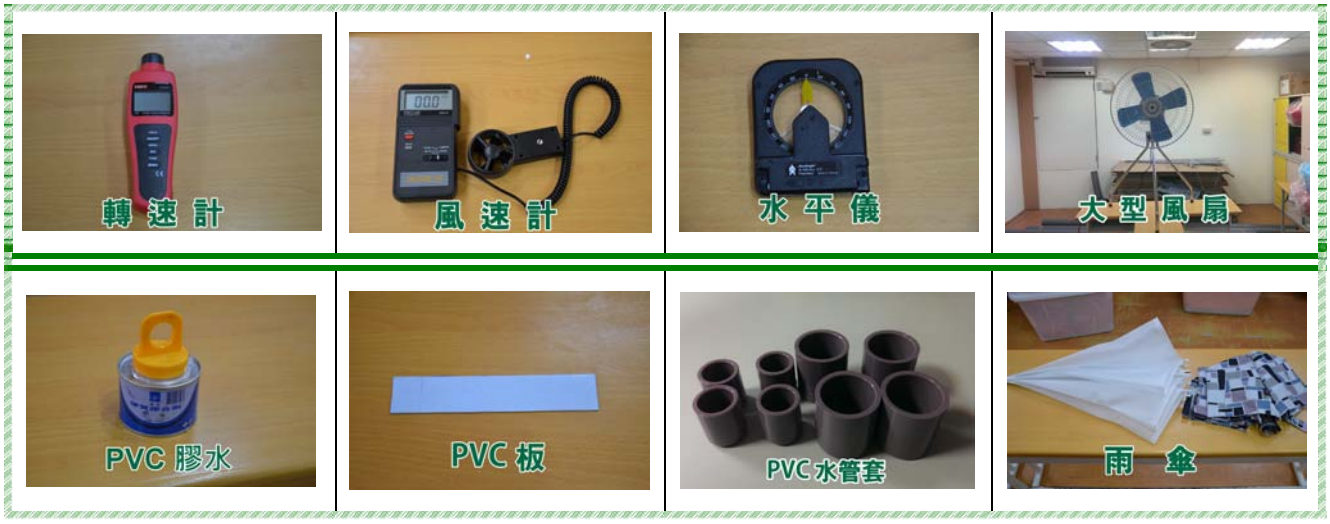
一、傳統雨傘結構與使用模式之研究。

二、向量、角動量及陀螺效應之研究。

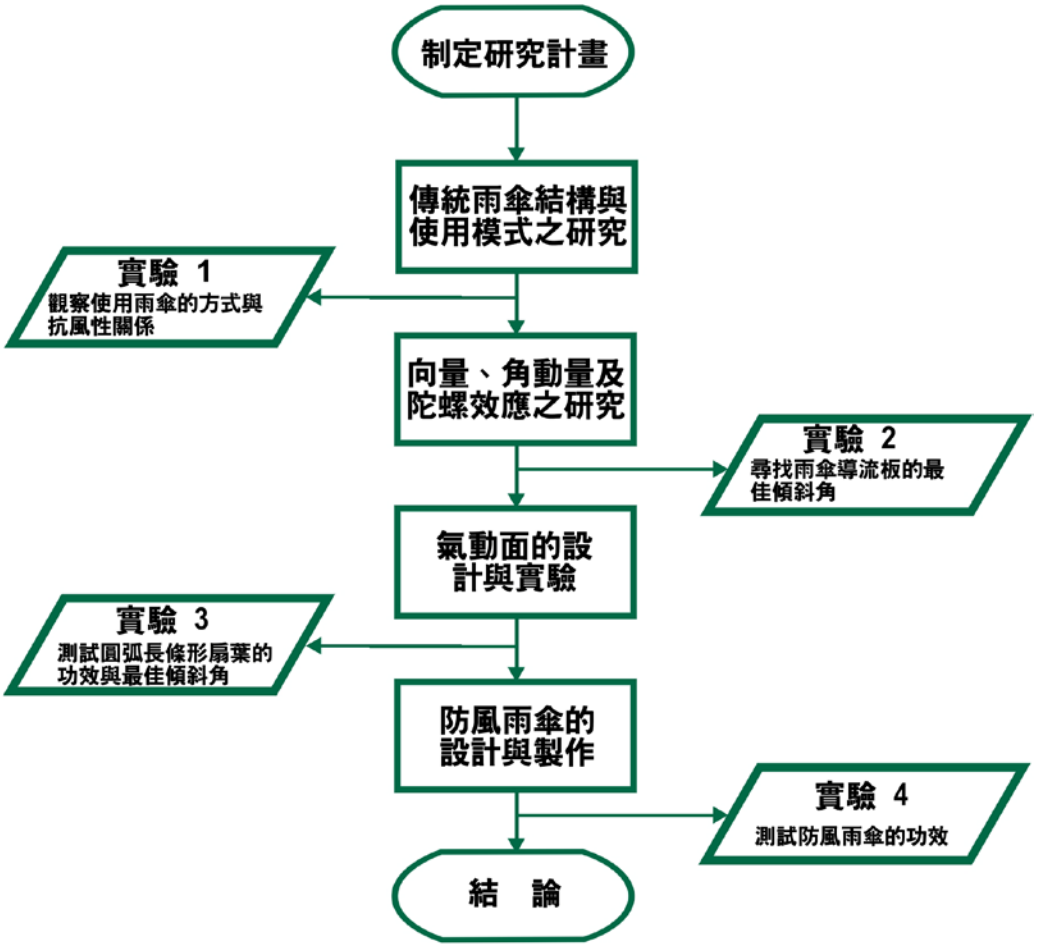
三、氣動面的設計與實驗。

四、防風雨傘的設計與製作。

參、 研究的設備與器材：



肆、 研究的過程：



伍、 研究的方法與結果：

一、傳統雨傘結構與使用模式之研究。

雨傘是一樣非常成熟的日常用品，它的結構、外型與功能在世界各國幾乎都一樣，甚至我們在博物館中看見百年前的古董傘與今日相較，也只是材質有所不同而已，百餘年來，它遮雨的功能大家都樂於使用，但是它「弱不禁風」的缺點，卻少有人能改善它，就傳統雨傘的結構來看，它的遮雨性與抗風性成反比，遮雨效果越好的雨傘，遮蔽面積就越大，遇到強風也越容易損毀，但是，經過進一步的觀察與假設，我們發現使用雨傘的方式也與抗風性有關，其說明如圖 1

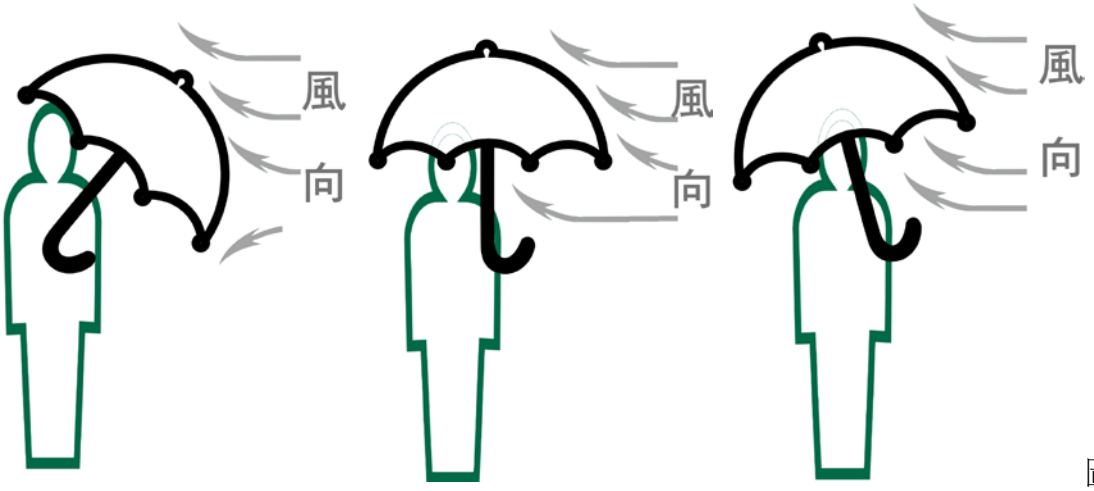


圖 1

第 1 類　　第 2 類　　第 3 類

第 1 類使用方式：當風吹向雨傘時，受外側傘面曲率的影響往上、下偏折， 故抗風性最佳，但因雨傘前傾會遮蔽使用人的視線，故最少被採用。

第 2 類使用方式：當風吹向雨傘時，有部分的風會吹向使用人再向上偏折，形成讓雨傘翻覆並損毀的作用力，故抗風性較差，並且雨傘也會部分遮蔽使用人的視線，因此較少被採用。

第 3 類使用方式：雨傘完全不會遮蔽使用人的視線，因此最多人採用，但是，當風吹向雨傘時，讓雨傘翻覆並損毀的作用力也最大，故抗風性最差。

採用那種方式使用雨傘，全憑使用人的喜好與習慣，無法用量化來統計與描述，因此，我們設計了實驗來觀察使用雨傘的方式與抗風性關係，並建立雨傘抗風性的基本數據。

實驗 1：

（一）、實驗目的：觀察使用雨傘的方式與抗風性關係。

（二）、實驗方法： 1、準備大型風扇，並測量風速。

2、依不同風速標示實驗位置並裝設固定夾。

3、將雨傘用固定夾固定並模擬第 1、2 類使用方式的抗風性。

4、將水平儀黏貼在夾固定夾上。

5、模擬不同傾斜角時，第 3 類使用方式的抗風性。

準備大型風扇並測量風速

依不同風速標示實驗位置

裝設固定夾

模擬第 1、2 類使用方式的抗風性

水平儀黏貼在夾固定夾上

模擬第 3 類使用方式的抗風性

(三)、實驗結果：

1、本實驗使用之大型風扇經實測後最大風速為 32 km/h，為方便量化計算，實驗位置以 32 km/h 為起始值，每降 10% 即標示為下一個實驗位置，故風速與實驗位置號碼的對照表如表 1：

	實驗位置號碼			
	1	2	3	4
對應風速	32 km/h	28 km/h	25 km/h	22 km/h

表 1

2、抗風性表示的方式為：

(1)、如果雨傘被風摧毀則標示為（×）

(2)、如果雨傘未被風摧毀則標示為（〇）

3、第 1、2 類使用方式的抗風性測試結果如表 2：

第 1 類使用方式				
測試風速	32 km/h	28 km/h	25 km/h	22 km/h
測試結果	（〇）	（〇）	（〇）	（〇）
第 2 類使用方式				
測試風速	32 km/h	28 km/h	25 km/h	22 km/h
測試結果	（×）	（〇）	（〇）	（〇）

表 2

4、第 3 類使用方式會因雨傘傾斜角大小有不同的結果，因此我們改為測試在不同的傾斜角，雨傘被風摧毀的對應風速如表 3。

	雨傘傾斜角					
	5 度	10 度	15 度	20 度	25 度	30 度
被摧毀的對應風速	32 km/h	32 km/h	28 km/h	25 km/h	25 km/h	22 km/h

表 3

(四)、實驗結果分析：

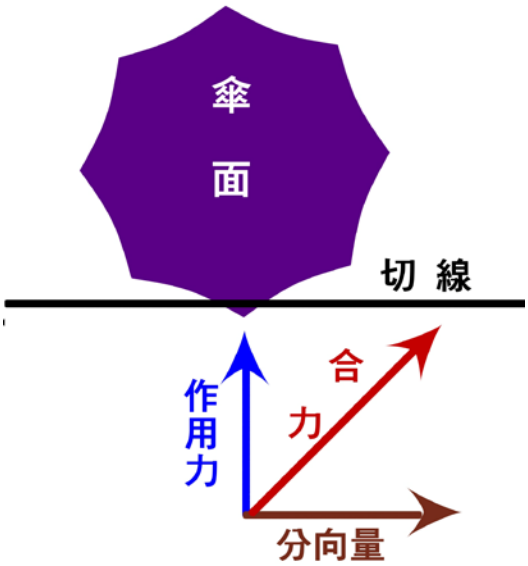
1、第 1、2 類雨傘使用方式的抗風性，符合我們在圖 1 中的觀察與假設。

2、第 3 類雨傘使用方式的抗風性與雨傘傾斜角的大小呈反比，傾斜角越大，則抗風性越差。

3、因第 3 類雨傘使用方式的不會遮蔽使用人的視線，故最多人採用，因此我們在以下的研究中，將以如何提升第 3 類雨傘使用方式的抗風性為主。

二、向量、角動量及陀螺效應之研究。

在實驗 1 中，我們看見了風壓產生了損毀雨傘的力量，要增加雨傘的抗風性，就必須設法改變這股作用力，在物理課中，我們得知力是一種向量，當有其他方向分向量產生時，會與原本的作用力形成合力，與原本的作用力相比較，強度與方向都會改變，如果由俯視的角度來看，傘面近似圓形，損毀雨傘的作用力方向與傘面切線垂直，如果有與傘面切線平行的分量產生時，形成合力將使雨傘旋轉，如圖 2



如圖 2

圖 3

一但風壓產生的作用力讓雨傘旋轉，那麼損毀雨傘的情形將獲得改善，另外旋轉的雨傘讓我們想起科學玩具中的陀螺，如圖 3，如果雨傘像旋轉中陀螺一樣穩定，那麼抗風性一定會更好，而陀螺效應可說是角動量守衡的結果，角動量越大陀螺效應就越明顯，根據參考資料我們得知角動量可以下列等式表示：

$$L = r \times p = r \times (mv)$$

其中，**r** 表示質點到原點的位移，可視為半徑，***L*** 表示角動量。***p*** 表示動量，**r** 可視為傘面的半徑無法增減，***m*** 為傘面的質量，增加則會讓雨傘變重造成使用人的不便，那麼要增加角動量 ***L*** 就只能提高轉數 ***v***，因此，雨傘轉的越快抗風性一定會越好。

三、氣動面的設計與實驗。

強風吹來時想要讓雨傘旋轉，就必須要在雨傘上裝一些導流板形成氣動面，參考目前相關的機械設備，導流板的形狀應該類似渦輪扇葉如圖 4，裝在雨傘上則如圖 5，

圖 4

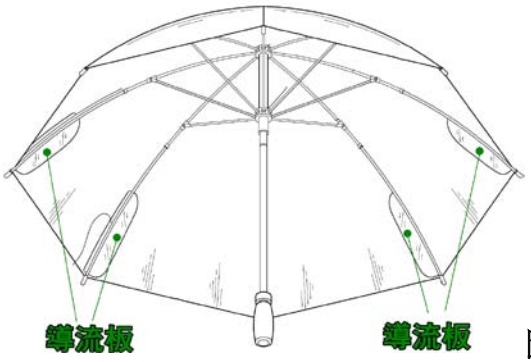


圖 5

形成雨傘氣動面的導流板必須要承受風壓，因此要裝設在較堅固的骨架上，我們從參考資料中得知，一般渦輪中扇葉的數量越多，則渦輪轉速越快，但是雨傘的骨架只有 8 支，所以只能裝設 8 片扇葉，由側視圖來看，空氣流過一般渦輪的方向會與渦輪扇葉的中心軸線平行，如圖 6，但是雨傘氣動面的導流板與空氣流動的方向卻有一定的夾角 θ ，如圖 7，一般渦輪中扇葉的傾斜角大約為 25 - 45 度，而雨傘導流板的傾斜角則必須以實驗來找出最佳角度。

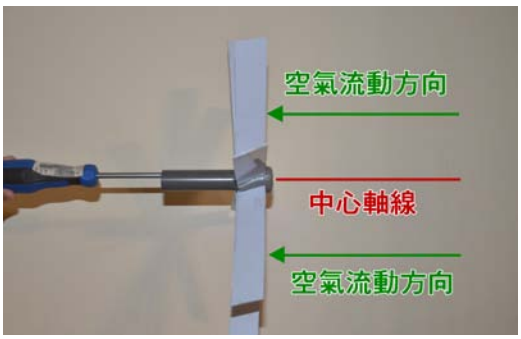


圖 6

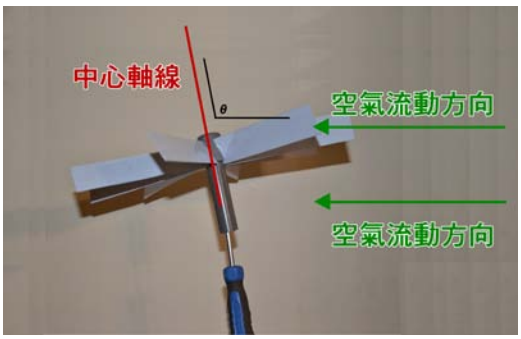


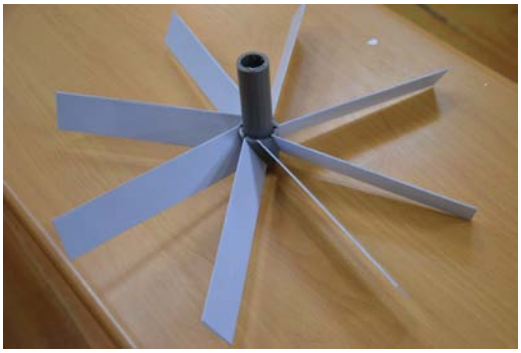
圖 7

實驗 2：

（一）、實驗目的：尋找雨傘導流板的最佳傾斜角。

（二）、實驗方法： 1、製作不同扇葉傾斜角的雨傘導流板模型。

2、觀察在風中不同傾斜角模型的轉速。



製作不同扇葉傾斜角的雨傘導流板模型

觀察在風中不同傾斜角模型的轉速

（三）、實驗結果與分析：

我們共製作 6 種不同扇葉傾斜角的雨傘導流板模型，傾斜角分別為 20 度、25 度、30 度、35 度、40 度、45 度，測試結果讓我們十分驚訝，因為所有的導流板模型都無法順利旋轉。

經過指導老師提示後，我們得知渦輪會旋轉的原理是扇葉傾斜角造成空氣流動的偏折進而形成作用力，而推動渦輪旋轉的力就是作用在扇葉上的反作用力如圖 7、圖 8

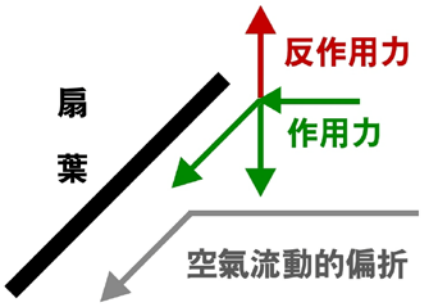


圖 8

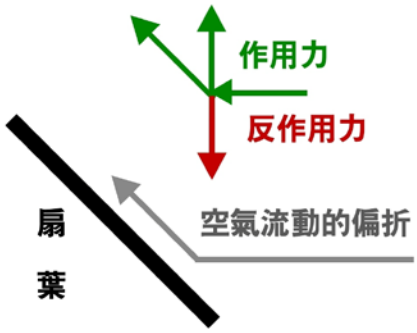


圖 9

如果空氣流過渦輪的方向與渦輪扇葉的中心軸線平行如圖 6，那麼渦輪就會順利旋轉，如圖 10，如果空氣流過渦輪的方向如圖 7，那麼那麼渦輪無法旋轉如圖 11，

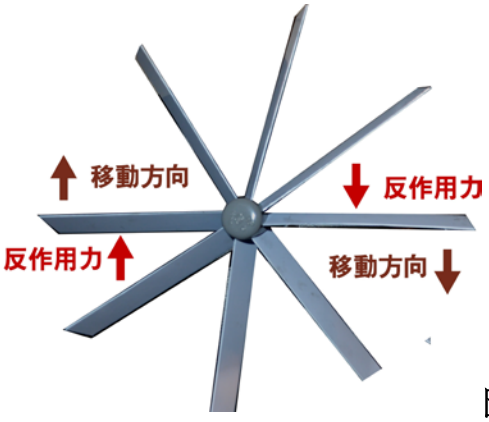


圖 10

渦輪順利旋轉

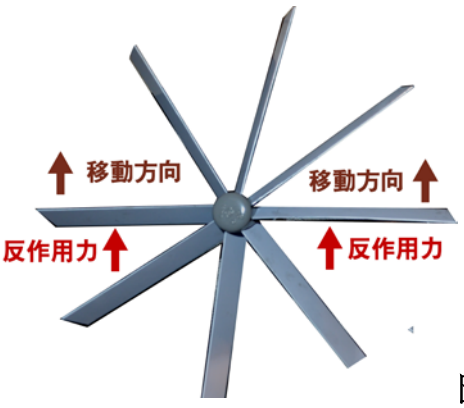


圖 11

渦輪無法旋轉

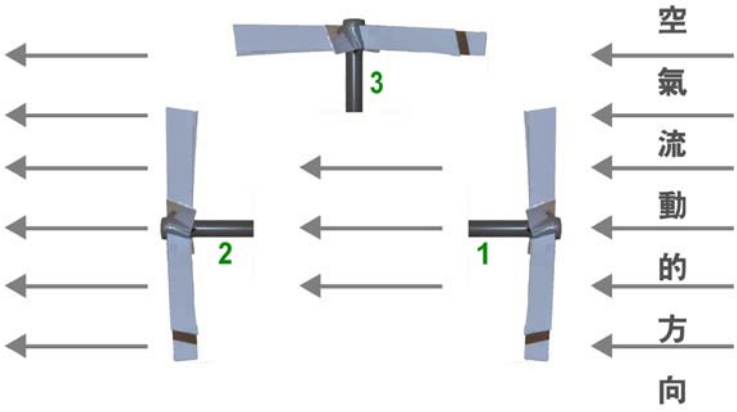


圖 12

圖 12 是以另一種角度來解釋（**實驗 2**）的結果，當渦輪在 1 號位置時，它會以順時針方向旋轉，可視當它翻轉到 2 號位置時，它會變呈逆時針方向旋轉，由順時針方向漸變為逆時針方向中心點就是 3 號位置，因此，位於 3 號位置的渦輪不會旋轉，故我們需要的扇葉會與圖 4 中傳統渦輪扇葉不一樣。

我們注意到有一種風速計，它的扇葉是呈半球狀如圖 14，這種風速計旋轉的方向與空氣流動的方向平行，符合我們的需要， 它第工作原理如圖 14。

本圖摘自：http://blog.goo.ne.jp/hal88/ 圖 13

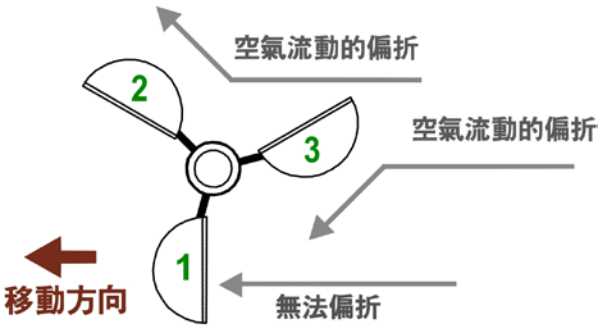


圖 14

圖 14 中吹向 1 號扇葉的風無法偏折，承受的風壓大於 2 號於 3 號扇葉，因此，會以順時針方向旋轉，並且不論風向如何變化，旋轉的方向都不會改變，但是它的外型卻無法裝在雨傘上，所以我們將扇葉改為**圓弧長條形**並製作模型，如圖 15

圖 15

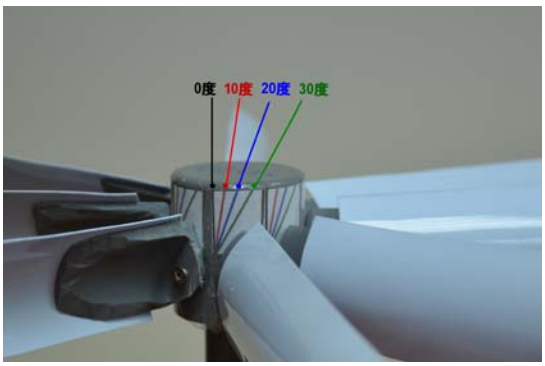


圖 16

另外我們也將扇葉與中心軸的接點改成活動式，使它的傾斜角可以調整，並加上刻度以便測量傾斜角對轉速的影響，如圖 16，在這個模型中，每片扇葉的傾斜角都是獨立調整的，因此，在調整傾斜角時可能產生誤差，故我們在刻度上裝設標尺，如圖 17，使誤差能降到最低。

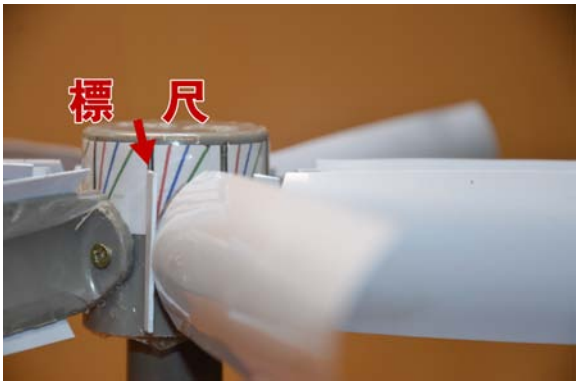


圖 17

圖 18

雖然模型上只有 0、10、20 和 30 度，但是我們可以改變固定底座來增加傾斜角如圖 18，因模型是用手工製作精度較差，故轉速不穩定，而我們使用的轉速計敏感度極高，在測模型轉速時，讀數會一直亂跳，很難辨視有效數據，因此我們將轉速計調整為 COUNT 模式圖 19，在這個模式之下，轉速計將不再顯示轉速，而是計算有多少個物件經過。

圖 19 表示經歷 20 秒後，共有 429 個物件經過，模型上有 8 片扇葉，故將 429 ÷ 8 即可得知 20 秒大約轉了 57 圈。

圖 19

實驗 3：

（一）、實驗目的：測試**圓弧長條形扇葉**的功效與最佳傾斜角。

（二）、實驗方法： 1、將**圓弧長條形扇葉**的模型裝在固定底座上。

2、用轉速計測量不同扇葉傾斜角的轉速。

模型裝在固定底座上

用轉速計測量轉速

最高轉數

最低轉數

(三)、實驗結果與分析：

1、因固定模型的底座可改變角度，故我們對扇葉傾斜角的定義如**圖 20**

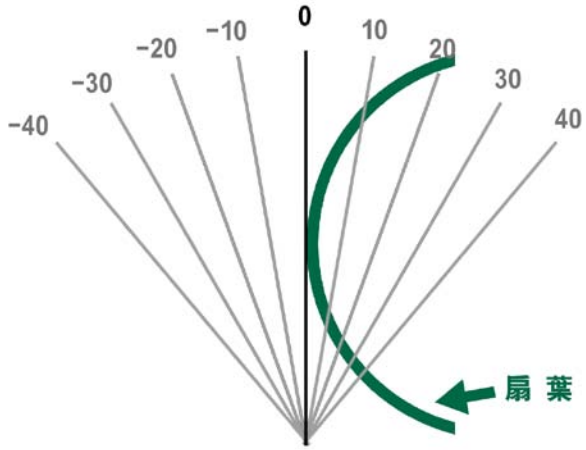


圖 20

以與地面垂直的切線為 0 度，左邊為負值，右邊為正值。

2、實驗所得之數據如**表 4**、**圖 21**

傾斜角（度）	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
轉　數（20 秒）	42 圈	51 圈	64 圈	73 圈	85 圈	96 圈	103 圈	121 圈	136 圈	118 圈	106 圈

表 4

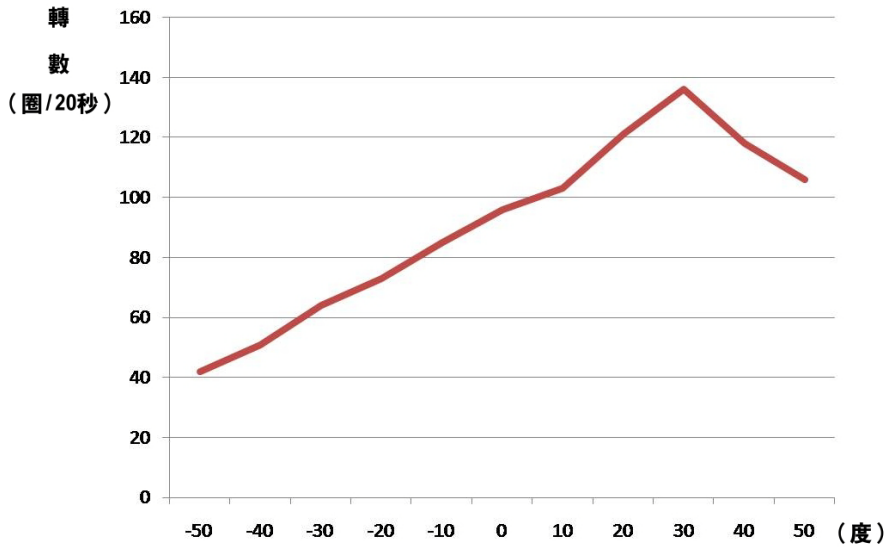


圖 21

以**表 4** 的數據來看，最高轉速應會出現在 30 ~40 度之間。

3、我們如果將**圓弧長條形扇葉**的模型分為左、右兩側，如**圖 22**

不論左、右側面對空氣流動都會產生風壓，若左側風壓大於右側，則會順時針旋轉，壓力差越大，則轉速越快，決定風壓大小的因素為迎風面大小以及讓空氣偏折的呈度，但是，以我們目前所學過的課程，還無法計算曲面的面積。

圖 22

所以我們使用電腦的繪圖軟體，以平移與旋轉的功能來繪圖說明（**實驗 3**）的結果，如**圖 23**。

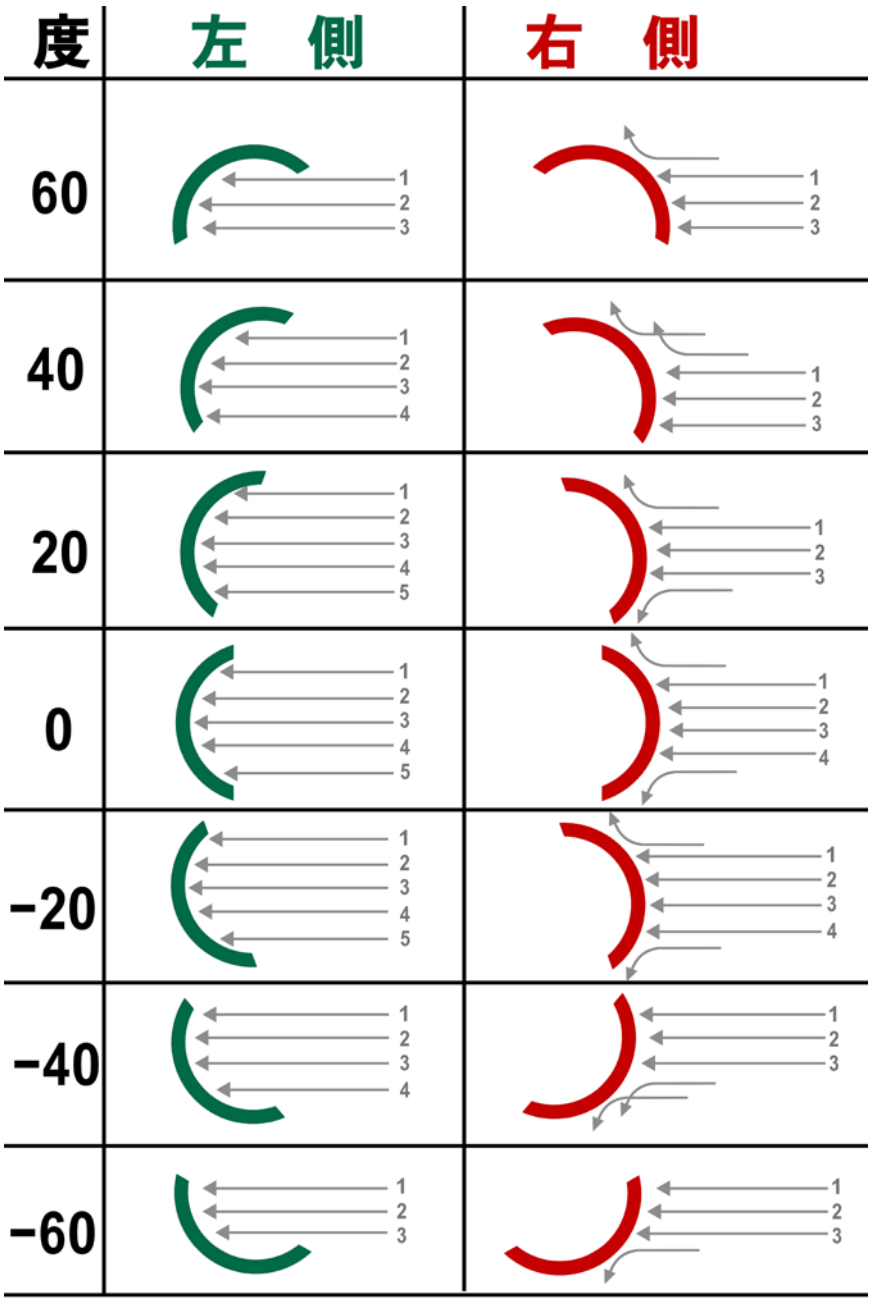


圖 23

圖 22 中在 -60 度時，右側風壓略大於左側，此時模型應會以逆時針方向緩慢旋轉，從 -40 度起，左側風壓開始大於右側，模型改為以順時針方向旋轉，以圖 23 來看，最大的風壓差會出現在 20 ~40 度之間，與表 4 的數據吻合，因此，我們決定以傾斜角 30 度為基準來製作扇葉。

四、防風雨傘的設計與製作。

（一）、防風雨傘傘面的設計：

我們設計了導流板讓空氣流動產生偏折，空氣的動能一部分動能轉變成傘面的圓周運動，但是還是會有一些向上偏折的氣流會吹向傘面形成風壓，如果風壓夠大，還是會損毀雨傘，因此，我們需要再適當的位置上開通風口，讓向上偏折的氣流離開系統，如圖 24。

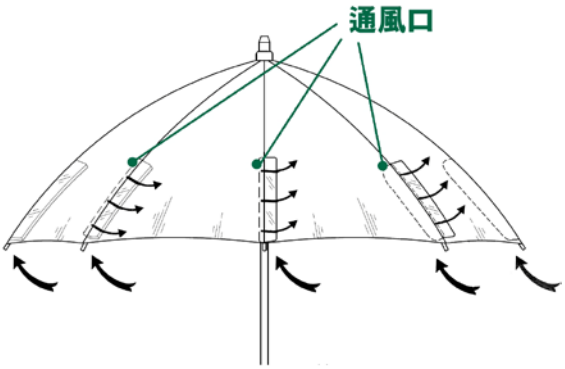


圖 24

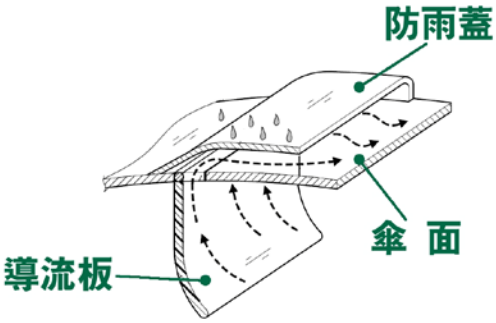


圖 25

通風口雖然可以讓向上偏折的氣流離開系統，但是也會讓雨水漏進來，讓雨傘失去遮雨的目的，因此，我們必須在通風口裝設防雨蓋，如圖 25，防雨蓋的材質需要有延展性，平常覆蓋於通風口上以避免雨水滲入，當有向上偏折的氣流通時，防雨蓋受風壓推擠，就會張開讓空氣流過。

（二）、導流板的設計：

（實驗 3）中得知導流板最佳傾斜角為 30 度，故導流板的材質應具備下列的特性：

1、具有一定的剛性不易變形，承受風壓時能維持外形。

2、重量輕且價格便宜。

3、具有防水性。

基於上述的考量，鋁板似乎是不錯的選擇，但是鋁板加工十分困難，必須要以沖壓才能做出圓弧長條形，因此，我們選擇以 PVC（聚氯乙烯）製成地板材來製作導流板，PVC 板在常溫下具有一定的剛性不易變形，但是加熱至 100℃時，它會變成非常柔軟，易於加工塑形，我們用吹風機將 PVC 板烘軟作成圓弧長條形的導流板，如圖 26，裝設在雨傘上如圖 27。

圖 26

圖 27

（三）、雨傘骨架的設計：

防風雨傘要能旋轉，除了靠導流板形成氣動面外，骨架也要能旋轉，如圖 28

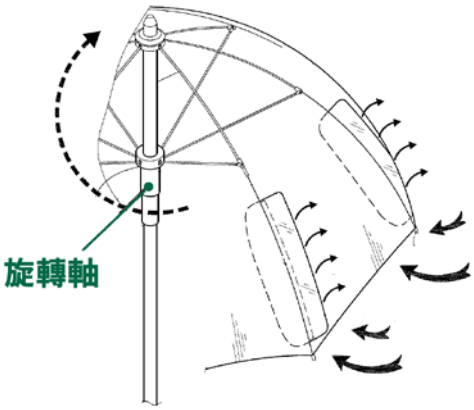


圖 28　　圖 29

旋轉骨架的構造很簡單，但是所需的零件沒有現成品可購買，也無法用手工打造，不過我們發現在日本有販售類似的商品，如圖 29，這是一支能旋轉的雨傘，它被設計成可旋轉並不是為了防風，而是希望使用在擁擠的人群中，能旋轉而不被其他雨傘卡住，目的與我們不同，但是骨架的構造正符合我們的需要，因此，我們透過網路郵購買了一支來改造。

（四）、防風雨傘的製作：

安裝導流板

製作通風口

安裝防雨蓋

製作完成

經實測結果，我們發現當雨傘張開時，為支撐傘布的張力，旋轉軸會產生有一定的摩擦力，如圖 30，

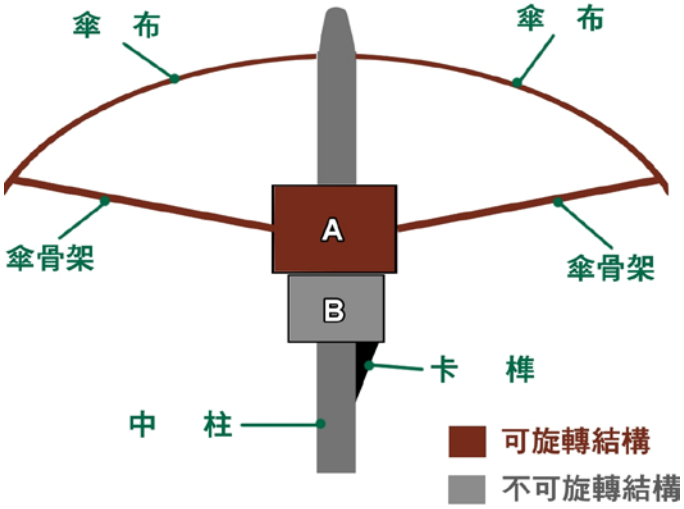


圖 30

在圖 30 中，旋轉軸 **A** 與傘布、傘骨架共構為可旋轉結構，當雨傘張開時傘布的張力會迫使旋轉軸 **A** 向下滑動，必須靠旋轉軸 **B** 與卡榫來支撐，而轉軸 **B** 為不可旋轉結構，因此，轉軸 **A** 與轉軸 **B** 的接觸面會產生摩擦力，以至造成防風雨傘不能快速旋轉，無法抵抗風壓而翻覆，這表示圖 27 的構造不可行，經過與指導老師討論後，我們修正了雨傘的結構圖 31，

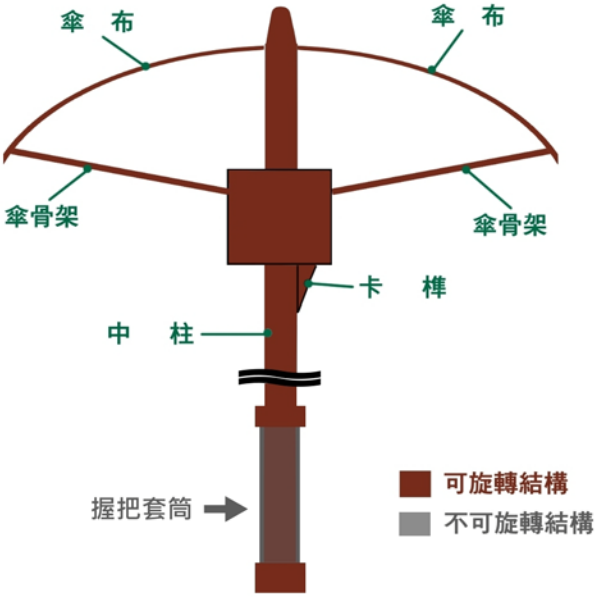


圖 31

在圖 31 中，我們保持雨傘上半部的結構不動，僅在握把的部分裝上一個套筒，當雨傘張開時使用者手握住套筒，整支雨傘皆可旋轉，與圖 27 的構造相較，新的結構比較簡單且堅固，為方便比對，我們選用實驗 1 的雨傘來改造，但是在組件加工方面，必須要使用高速的切割工具的部分，基於安全的考慮，我們還是委託專業人士幫我們代工，圖 32~35 為組裝的照片：

圖 32

圖 33

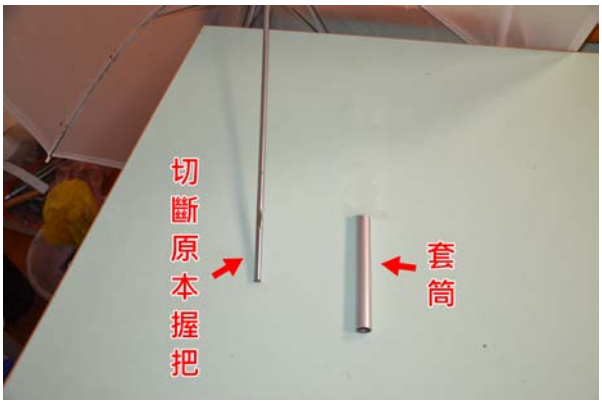


圖 34

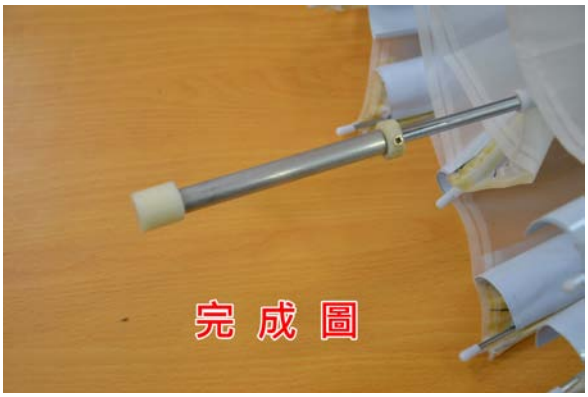


圖 35

實驗 4：

1、實驗目的：測試防風雨傘的功效。

2、實驗方法： 1、測試**圖 34** 的旋轉雨傘抗風能力。

2、比對**實驗 1** 的數據並分析結果。

固定雨傘

測試防風雨傘

3、實驗結果：

（1）、實驗之數據如表 5

	防風雨傘傾斜角					
	5 度	10 度	15 度	20 度	25 度	30 度
被摧毀的對應風速	無	無	無	32 km/h	32 km/h	28 km/h

表 5

因我們使用的風扇最大風速為 32 km/h，當傾斜角為 5，10 與 15 度時都無法摧毀防風雨傘，故無被摧毀的對應風速。

（2）、比對實驗 1 的數據如表 6。

	雨傘傾斜角					
	20 度		25 度		30 度	
	原雨傘	防風雨傘	原雨傘	防風雨傘	原雨傘	防風雨傘
被摧毀的對應風速	25 km/h	32 km/h	25 km/h	32 km/h	22 km/h	28 km/h

表 6

（3）、依表 6 之數據：

傾斜角 20 度時，大約可增加 28%的抗風能力

【（32 km/h - 25 km/h ）÷ 25 km/h】× 100%。

傾斜角 25 度時，大約可增加 28%的抗風能力

【（32 km/h - 25 km/h ）÷ 25 km/h】× 100%。

傾斜角 30 度時，大約可增加 27%的抗風能力

【（28 km/h - 22 km/h ）÷ 22 km/h】× 100%。

整體而言，防風雨傘與傳統雨傘相比，大約可增加 28%的抗風能力，在強風的環境中防風雨傘確實比傳統雨傘更穩定也更安全。

伍、 結　論：

一、在傳統雨傘結構與使用模式之研究中，我們將使用雨傘的方式分為 3 類，**實驗 1** 證明第 3 類雨傘使用方式的抗風性最差，但是不會遮蔽使用人的視線，故最多人採用，因此我們在以下的研究中，將以如何提升第 3 類雨傘使用方式的抗風性為主。

二、在向量、角動量及陀螺效應之研究中，我們以分向量與合力的方式，來降低摧毀雨傘作用力的強度，並且以陀螺效應的觀點認定雨傘轉的越快抗風性一定會越好。

三、在氣動面的設計與實驗中，我們得知渦輪若要水平旋轉，扇葉必須為**圓弧長條形**，並且以（**實驗 3**）證明最佳傾斜角為 30 度。

四、我們以旋轉雨傘改裝為防風雨傘，並在（**實驗 4**）中證明在強風的環境中**防風雨傘**確實比傳統雨傘更穩定也更安全。

陸、 參考資料：

一、網 頁：http://www.phy.ntnu.edu.tw/oldjava/circularMotion/circular3D.html

二、網 頁：http://www.ntsh.ntct.edu.tw/geo/taiphone.html

三、南一版　自然與生活科技　2 下　第 6 章　生活中的力

【評語】030817

1. 本作品在於觀察強風中的雨傘傾翻問題，而提出改良型之雨傘新型設計，並已申請專利。

2. 本作品主要在於將傘面承受之風力，轉換成傘柄之旋轉動能以避免傾翻，讓改良設計具有生活應用創新性，但在成本和更換新傘的效益上，可再進一步評估，使其具商品化和實用性。