

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 自然科

最佳創意獎

081508

哆啦 A 夢的時光機-雙翼反轉直升機

學校名稱：臺北縣中和市復興國民小學

作者： 小六 李彥霆 小六 劉上猷 小六 林恆 小六 吳肇祐	指導老師： 林比比 吳明德
--	---------------------

關鍵詞：力矩 攻角 扭力

# 哆啦A夢的時光機—— 雙翼反轉直升機

## 摘要

這件科展作品是有趣又具備科學原理的「雙翼反轉直升機」。想要製作一個能夠直直往上飛的直昇機並不簡單，必須先要探討飛行的動力及結構，找出最佳的條件，測量配備是首要的，所謂：「工欲善其事，必先利其器」，因此我們先著手設計開發六個測量配備，以精確算出橡皮筋的扭力和旋翼的推力與轉速。配備對小學而言極度缺乏又非常不熟悉，我們必須要無中生有，是一件難度極高的挑戰，是很難完成的任務，但是我們還是一路克服過來，中間歷經了無數的失敗和挫折，才設計開發製作完成，並進行研究，內容分為三大綱：

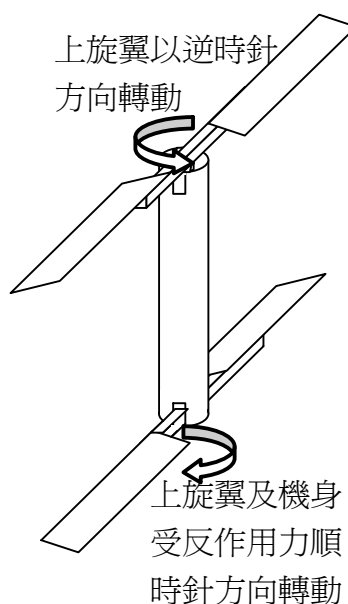
- 一、探究由扭緊的橡皮筋中釋放出的扭力？
- 二、研究各種長短、寬度與角度的旋翼所推進的動力？
- 三、由實驗數據開發出能飛最高或是最久的雙翼反轉直升機玩具？

由一連串實驗後，我們把各種變因考慮說明。

## 壹、研究動機

在自然與生活科技「日新月異的交通工具」單元提到可利用風力、磁力及彈力作為動力的玩具車；其中對彈力特別感興趣，只要把橡皮筋轉一轉或往後拉，就能產生比其他動力還強；接著「巧妙的工具」單元學習到有關槓桿原理，來達到省力又方便；到了六上「腳踏車」單元談到腳踏車原理，課程結束後老師要每人設計一個交通工具玩具，於是我們在公園裡看到一群小孩子在玩竹蜻蜓，用手搓一搓就能飛了，可惜飛的不高，一下就掉下來，就在這時突然靈機一動，或許我們可以改造竹蜻蜓，利用橡皮筋做為動力，槓桿原理的斜面產生升力，來使它能飛的高又直的雙翼反轉直昇機。

### 雙翼反轉竹蜻蜓飛行方式



## 貳、研究目的

- 一、探究橡皮筋的扭轉圈數與扭力的關係。
- 二、討論各種旋翼與推進力關係。
- 三、各攻角旋翼推力測試。
- 四、分析螺旋槳轉速與推力的關係。
- 五、雙翼反轉直升機的飛行研究。

## 參、研究設備及器材

### 一、研究設備

- 1、美工刀
- 2、尖嘴鉗
- 3、剪刀
- 4、直尺
- 5、老虎鉗
- 6、烙鐵
- 7、螺絲起子
- 8、砂紙
- 9、彈簧秤
- 10、鋸子
- 11、鐵鎚

### 二、研究器材

- 1、粗吸管-----2包
- 2、飛機木(10X0.6X0.4)-----2塊
- 3、珍珠板(100 mm×25 mm×1 mm)----4片
- 4、280號水砂紙-----1塊
- 5、1 mmX 3 mm 橡皮筋-----2條
- 6、小木塊-----1塊
- 7、小珠珠-----1顆
- 8、迴紋針-----1條
- 9、雙面膠-----1捲
- 10、瞬間膠-----1罐
- 11、大頭針-----1支
- 12、木條-----1塊
- 13、L型鐵角-----5個
- 14、木螺絲釘-----7個
- 15、寶特瓶-----1個
- 16、木板-----2個
- 17、透明片-----9個



# 肆、研究過程及方法

## 一、文獻探討

三上的自然與生活科技第二單元『力的作用』、第四單元『日新月異的交通工具』，五下的第四單元『巧妙的施力工具』以及六上的第四單元『腳踏車』，學到了各種力的作用和施力的方式，因此我們將已具備的力學基本概念，和其他物品組合成一個會動的玩具。

### (一) 力的種類與使用方法

在我們生活週遭有風力、磁力、彈力、推力及扭力等……，這些施力的方式都可以使物體移動，這就叫做『力』。我們發現使用不同的力，其使用方法和效果都不一樣。



**扭力：**將物體扭緊後所釋放的力量。



**風力：**當風吹來使物體移動的力。



**彈力：**將橡皮筋拉長後所產生的力。



**推力：**將物體推動的力量。

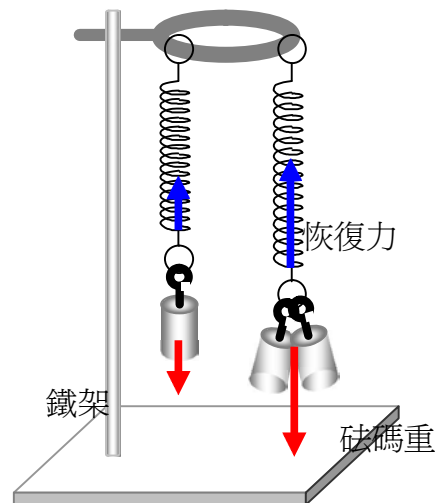
(二) 力的效應：物體受力後，會產生形狀的變化或運動狀態的變化。拉長一個彈簧時，當你越用力拉，彈簧會伸的越長；或是將彈簧一端掛好，在一個範圍下，恢復力大小與形變量是成正比。

虎克定律： $F = KX$ ；

F：恢復力大小

K：彈力常數

X：形變量



當靜力平衡時，彈簧的彈性恢復力等於物重，若砝碼越重彈簧的彈性恢復力越大則形變量越大

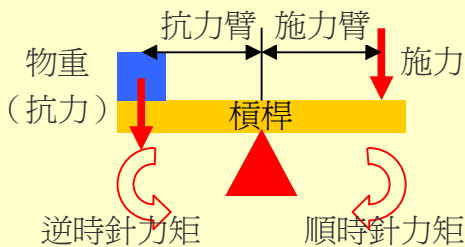


火箭向後高速噴出氣體產生作用力

火箭受到反作用力加速前進

(三) 簡單機械：槓桿原理與螺旋槳

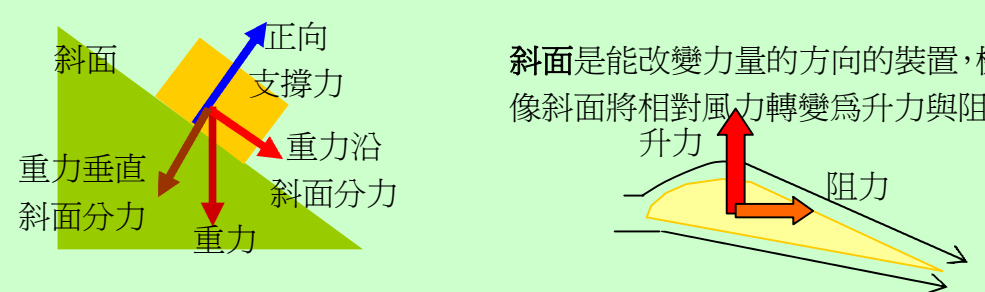
簡單機械可以改變轉速，能夠改變力量的方向，同時還可以轉變力量的大小，其中螺旋這個簡單機械將旋轉的力量轉換成前進的力量。



物重 (抗力) 施力 槓桿 逆時針力矩 順時針力矩

力矩：能使物體繞轉軸產生轉動效果的物理量。力矩越大、轉動越容易

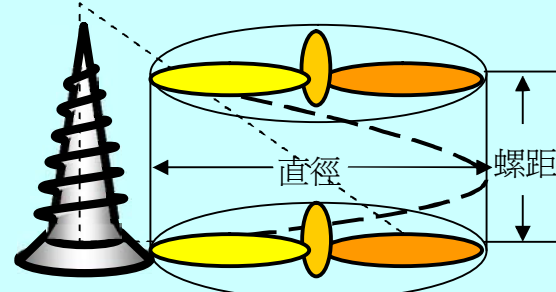
槓桿原理：轉動平衡時  
 順時針力矩 = 逆時針力矩  
 施力 × 施力臂 = 抗力 × 抗力臂



斜面 正向 支撐力 重力垂直 斜面分力 重力沿 斜面分力 重力

斜面是能改變力量的方向的裝置，機翼就像斜面將相對風力轉變為升力與阻力

升力 阻力

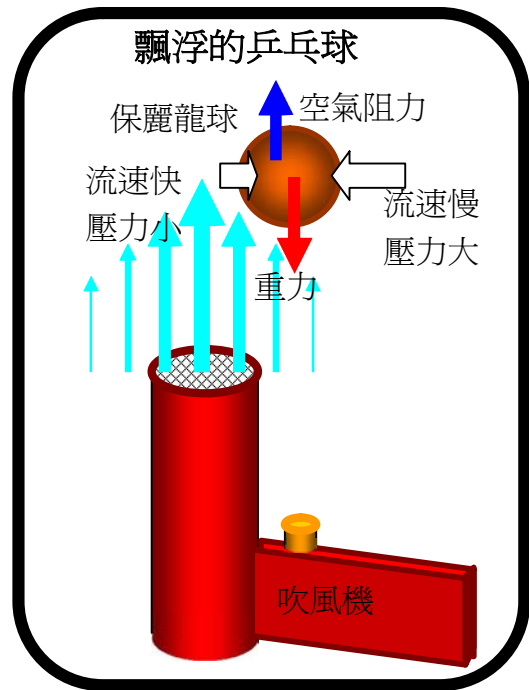
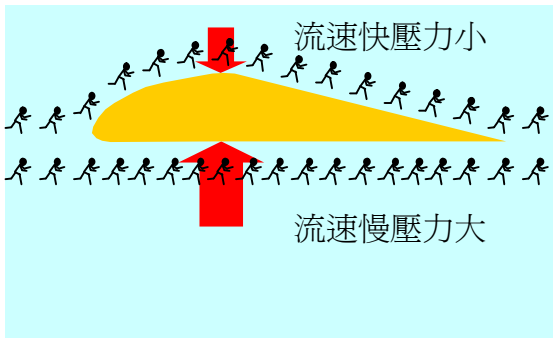


螺旋展開後就是斜面，可以將旋轉變成前進方向的簡單機械；螺旋槳又稱為氣螺絲。

直徑 螺距

#### (四)白努力原理：

流速快壓力小，流速慢壓力大，而飛機機翼利用翼面上下壓力差產生升力。



#### (五) 角動量守衡與轉動慣量：

##### 角動量守衡

跳芭蕾舞的舞者，旋轉著身體，當手臂或腳伸展時轉動慣量會變大轉速會變慢，而半徑大的螺旋槳也會因為轉動慣量比較大，轉的比較慢



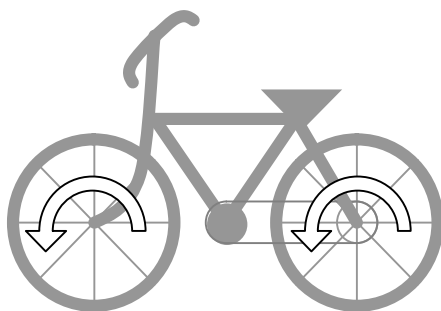
轉動慣量小  
轉速快慢

轉動慣量大  
轉速慢

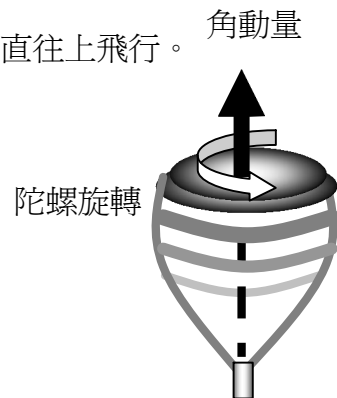
##### 轉動慣量與質量和半徑平方有關

##### 轉動慣量

當物體旋轉後就有維持轉動的慣性，物體就不容易倒下，例如：旋轉的陀螺、行駛的腳踏車，而旋轉的竹蜻蜓就會像陀螺一樣，旋轉後會維持穩定直直往上飛行。



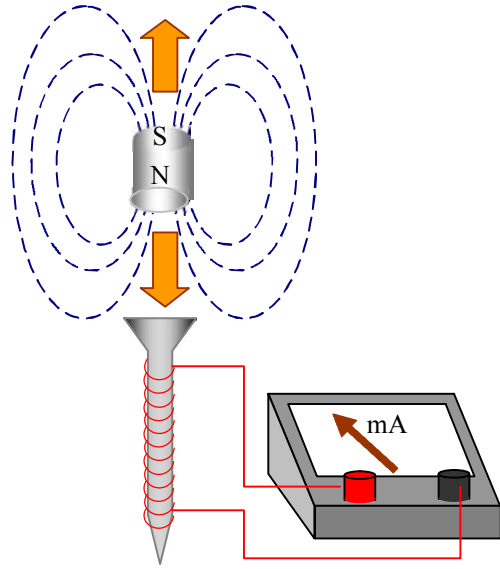
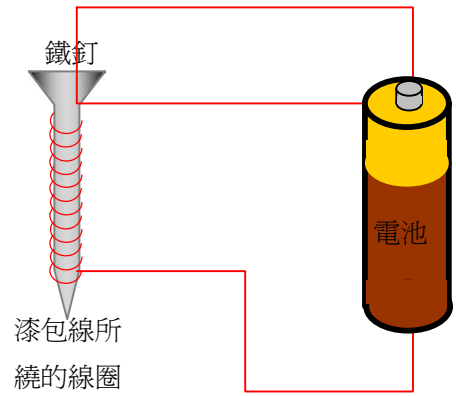
腳踏車車輪旋轉，則維持站立



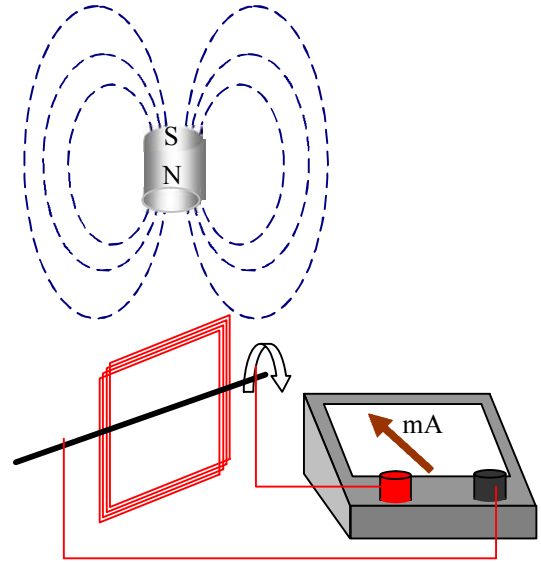
陀螺旋轉後，具有角動量，可維持站立，若陀螺旋轉變慢，則陀螺就不易維持站立。

(六)電磁鐵與電磁感應：

- **電磁鐵：**  
若電磁鐵內所通過的電流越大，磁性越強；  
線圈內單位長度所繞的匝數越多，磁性越強；  
線圈內有裝鐵心，則磁性會變強。
- **電磁感應：**

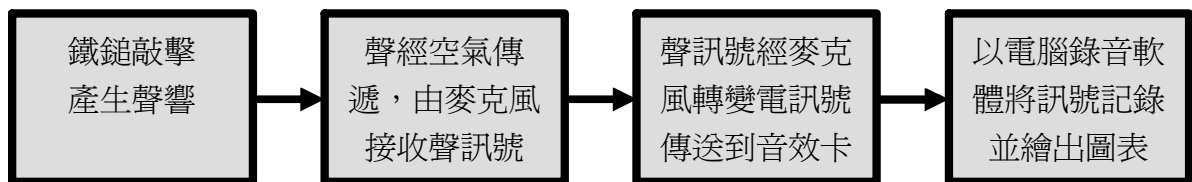
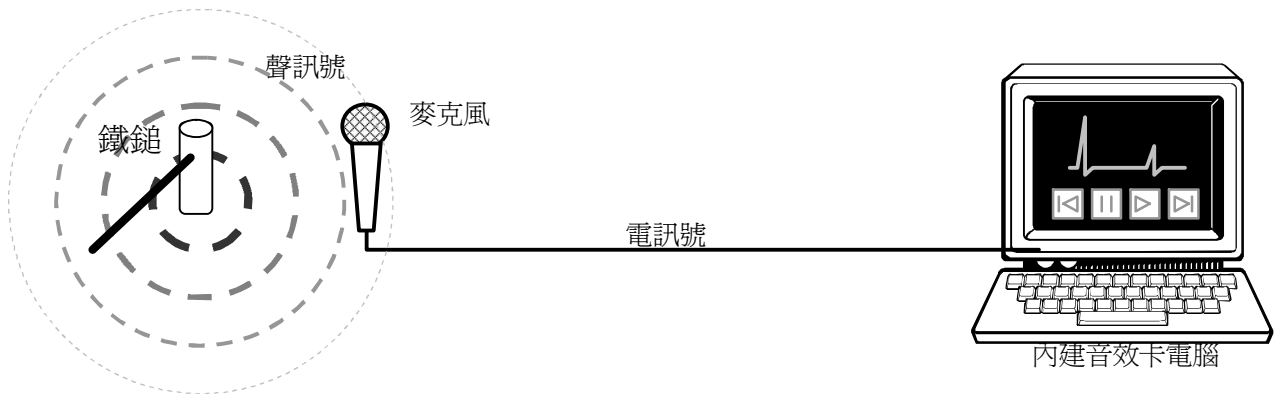


磁鐵與線圈相對運動  
會產生感應電壓



磁鐵的磁力線切割旋轉  
的線圈會產生感應電壓

(七)電腦音效卡與麥克風：

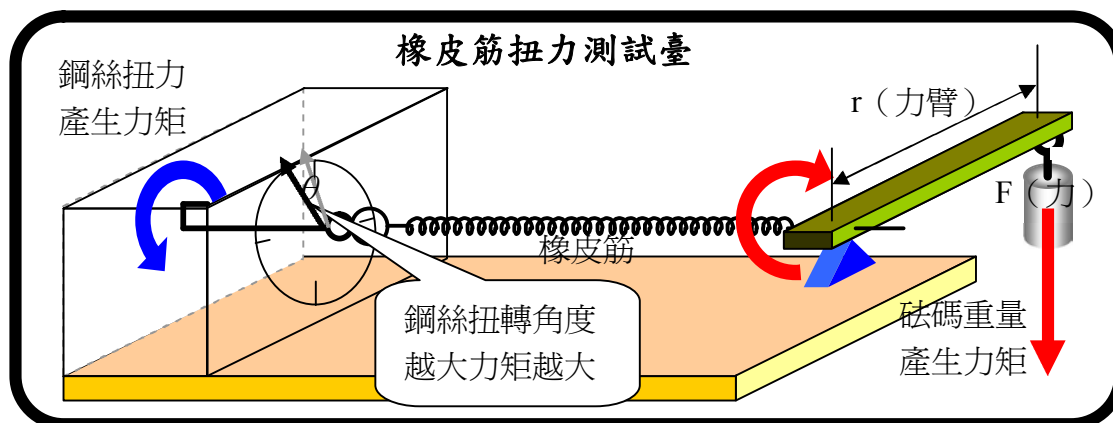




## 二、探究橡皮筋的扭轉圈數與扭力的關係。

(一) 橡皮筋扭力測試台製作：自製橡皮筋扭力測試台，由橡皮筋旋緊後使細鋼絲扭轉，藉轉動角度多少判斷扭力大小

橡皮筋扭力測試台材料：飛機木、量角器、細鋼絲、L型的鐵片、木螺絲



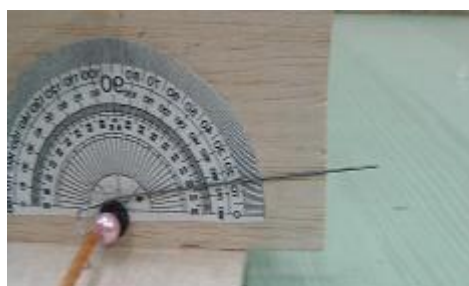
橡皮筋扭力測試台前視圖



橡皮筋扭力測試台俯視圖

(二) 橡皮筋扭力測試台測試鋼絲扭轉角度與扭力力矩：

利用彈簧秤對鋼絲施以力矩（注意施力方向需與臂垂直）記錄每扭轉 5 度需要有多大的力矩，繪製圖表，作為此以後橡皮筋扭轉此扭力測試台時，由所扭轉角度對應其扭力力矩值。



紀錄測試臺上的刻度(力矩)



半徑 (力臂) × 力 = 力矩

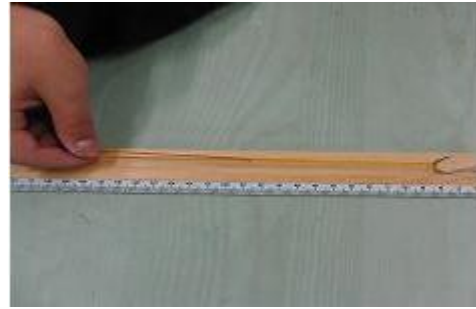


(三) 以橡皮筋扭力測試台測試各種橡皮筋扭力力矩：

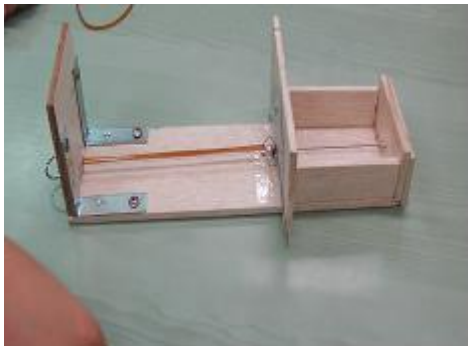
分別用橡皮筋扭力測試台測試，單條、兩條並聯、三條並聯等各橡皮筋組合，記錄橡皮筋在不同圈數下的扭力力矩大小。並同時注意橡皮筋隨扭緊圈數不同時的截面積變化。



單條橡皮筋伸長 7 cm 就可拉動 100gw



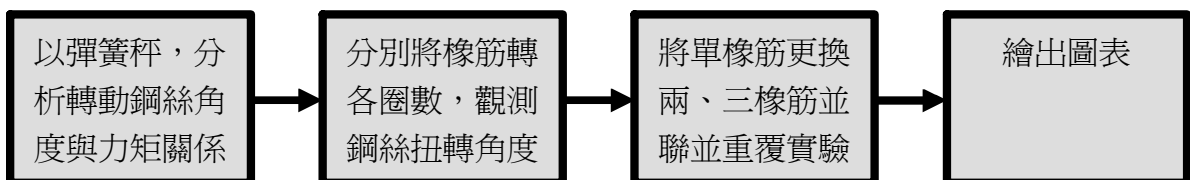
兩條橡皮筋串聯伸長 18.5 cm 才拉動 100gw



將各（單條、兩條並聯、三條並聯）橡皮筋套入橡皮筋扭力測試台實驗



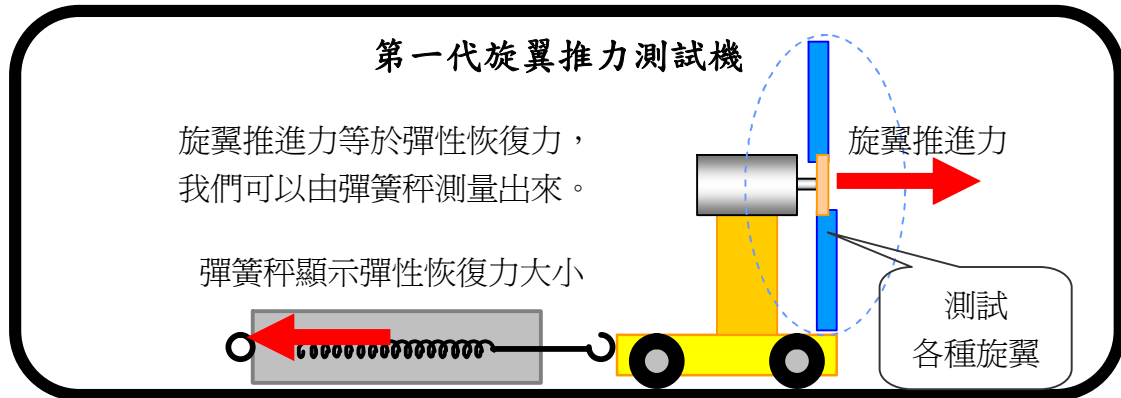
轉動圈數 10、20、30、40、50 圈並記錄鋼絲旋轉角度並對應其扭力力矩



### 三、討論各種旋翼與推進力關係。

#### (一) 旋翼推力測試機製作：

旋翼推力測試機材料：6 伏特馬達 1 個、電線 1 條、開關 1 個、木頭、車底座 1 個、鐵棒輪軸 2 個、開關 1 個、鉤子一個、車輪 4 個、保利龍、蓄電池一個。



旋翼推力測試機組裝圖



旋翼推力測試機前視圖

#### 測試第一代旋翼推力測試機缺點：

- 車輪的摩擦阻力可能會影響量測精確度。
- 此彈簧秤的最小刻度為 5 克重，誤差過大。
- 不知道電動馬達帶動的螺旋槳轉速，也不曉得橡筋帶動的螺旋槳轉速，所以可以參考對應的數據不夠實際。

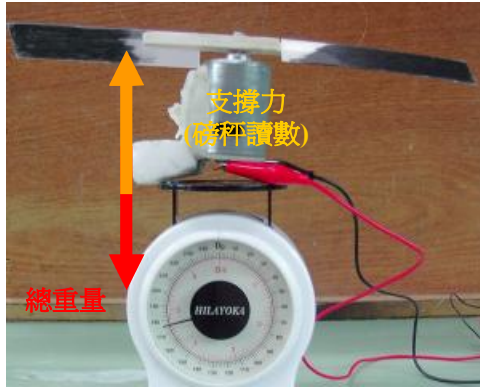
#### 第二代旋翼推力測試機原理：

針對第一代旋翼推力測試機缺點，我們開發第二代旋翼推力測試機及轉速測試器。

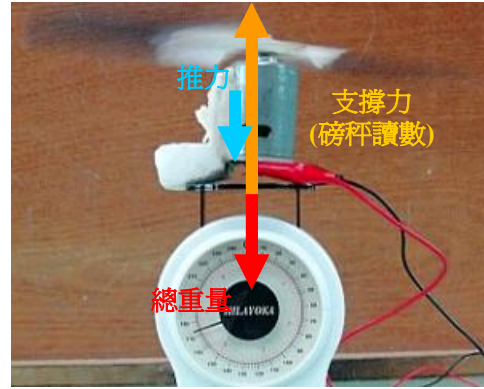
#### 第二代旋翼推力測試機優點：

- 將電動馬達帶動的螺旋槳置於磅秤上，因推力而造成磅秤讀數增加，來直接讀出推力。
- 此磅秤的最小刻度為 2 克重，可估計到 1 克重以內，誤差減小。
- 增設**轉速測試器**，能計算得出螺旋槳的實際轉速。

## 第二代旋翼推力測試機



螺旋槳未轉動前由靜力平衡得到：  
支撐力（磅秤讀數）＝總重量



螺旋槳轉動後由靜力平衡得到：  
支撐力（磅秤讀數）＝總重量＋推力



螺旋槳轉動推力  
推力＝磅秤前後讀數的變化

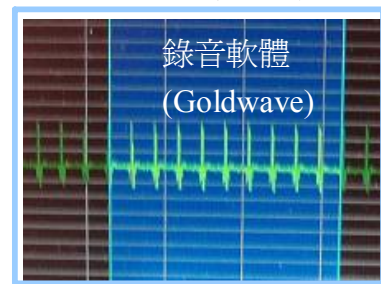
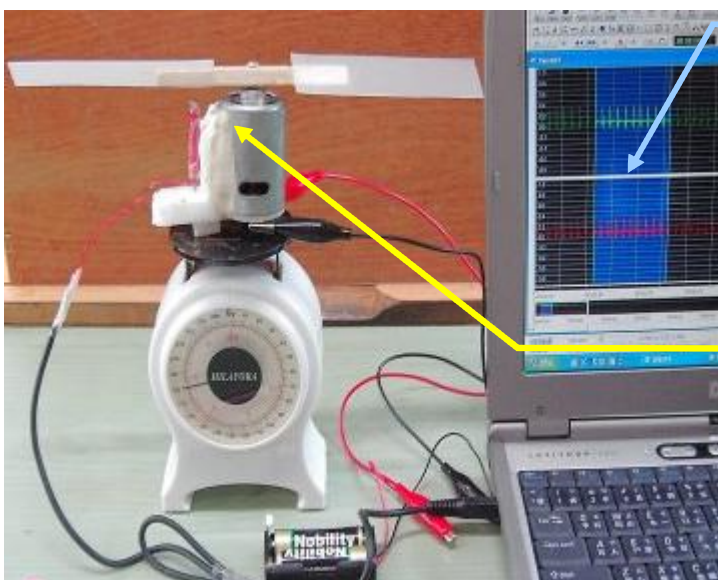
（以左圖為例：推力等於  
176 克重－169 克重＝7 克重）

### （二）轉速測試器製作：

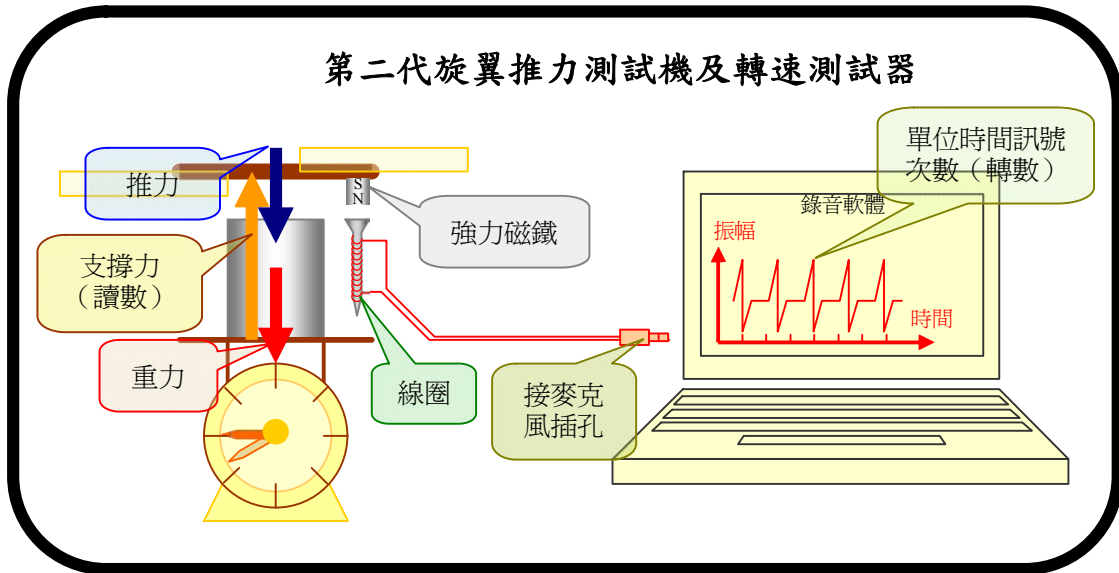
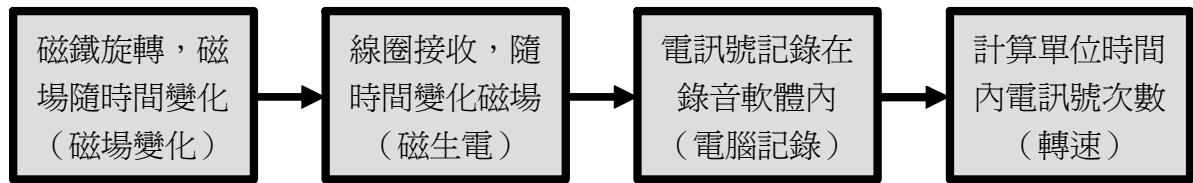
爲了將旋翼推力與轉速兩種數據同時測量，我們在第二代旋翼推力測試機旁，加裝**轉速測試器**；**轉速測試器**以漆包線作爲線圈，繞在鐵釘（鐵心）上，接收來自安裝在旋翼槳轂的強力磁鐵，因旋轉時產生的磁場變化感應的電訊號，此訊號經音效卡麥克風輸入端進入電腦，我們用 GoldWave 錄音軟體記錄。觀察單位時間內的訊號次數可以計算出螺旋槳轉速。

### 轉速測試器材料：

漆包線、鐵釘、小型強力磁鐵、單聲道 1/16 吋接頭及線、電腦及 Goldwave 錄音軟體



## 轉速測試器原理



### (三) 各長度旋翼推力測試 (旋翼寬度為 2.5cm) :

為了找出什麼長度的旋翼推力最大，分別由 3cm~14cm 長度旋翼葉片 12 組 (寬度均為 2.5cm、攻角均為 35°、材質均為珍珠板)，以旋翼推力測試機做旋翼推力實驗，由彈簧秤讀數看那個長度旋翼推力最大。



由 3cm~14cm 長度旋翼葉片 12 組

### (四) 各寬度旋翼推力測試 :

為了找出什麼寬度的旋翼推力最大，分別由 1、1.5、2、2.5、3、3.5cm 寬度旋翼葉片 6 組 (長度均為 10cm、攻角均為 35°)，以旋翼推力測試機做旋翼推力實驗，由觀察彈簧秤讀數看那個寬的旋翼推力最大。



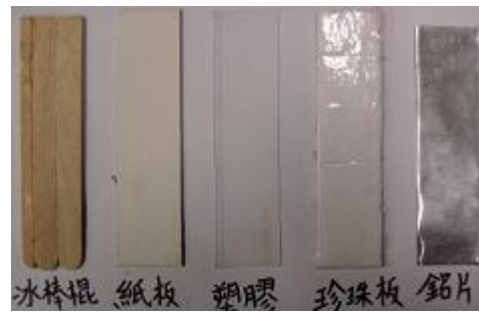
由 1cm~3.5cm 寬度旋翼葉片 6 組大



(五) 各材質旋翼推力測試：

測試各材質旋翼葉片推力、當受到負載時葉片彎曲角度、葉片質量、厚度等。

- 以鋁片、珍珠板、塑膠墊板、紙板、冰棒棍等五種不同材質的旋翼葉片做推力實驗（長度均為 10cm、寬度均為 2.5cm、攻角為 35°）。



五種不同材質的旋翼葉片

- 分別在此五種不同材質的旋翼葉片翼端加上重 4 克磁鐵負載，觀察紀錄葉片彎曲角度，判斷何種材質葉片最柔軟。並且記錄何種材質的旋翼葉片在幾克重外力下會折斷。



外加力矩測量各材質旋翼葉片強度

- 分別在此五種不同材質的旋翼葉片秤量紀錄質量，判斷何種材質葉片最重。為了增加測量質量的精準度，我們測量相同材質的葉片共 5 片，將所測到的質量除以 5 就是該材質面旋翼葉片的平均重量。

- 分別在此五種不同材質的旋翼葉片測量厚度，判斷何種材質葉片最厚。為了增加測量厚度的精準度，我們測量相同材質的葉片共 5 片疊起來，將所測到的總厚度除以 5 就是該材質面旋翼葉片的平均厚度。



測量多個旋翼總和質量，除以個數即為單一旋翼平均質量

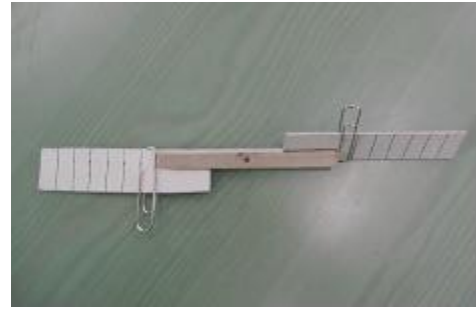


測量多個旋翼總和厚度，除以個數即為單一旋翼平均厚度

(六)、質量分佈不同的旋翼推力：

- 質量分佈不同的旋翼動力時間：

以橡筋各扭緊 20 圈，觀察迴紋針在不同半徑下旋翼旋轉時間，藉此知道不同質量分佈旋翼的轉速狀態比較



每距離 1 公分劃記一刻度

- 質量分佈不同的旋翼推力大小：

以長度 10cm、寬度均為 2.5cm、攻角 35° 材質為針珠板旋翼，各夾上 2 克迴紋針，旋翼推力測試機測試在不同半徑下推力大小。



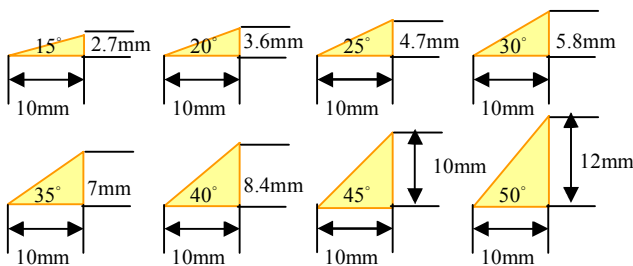
每個迴紋針重 2 克，每距離 1 公分



觀察轉 20 圈釋放所需時間

四、各攻角旋翼推力測試。

爲了找出旋翼的攻角幾度時推力最大，分別由 1、15°、20°、25°、30°、35°、40°、45°、50° 旋翼葉片 8 組（長度均為 10cm、寬度均為 2.5cm、材質均為紙板），以旋翼推力測試機做旋翼推力實驗，由觀察彈簧秤讀數看那個攻角旋翼推力最大。



不同攻角的槳轂

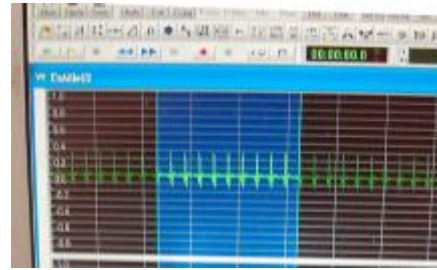


設計不同角度的旋翼 8 組



## 五、分析螺旋槳轉速與推力的關係。

- (一) 改變電動機的電池電壓，記錄在不同電壓下塑膠墊板及珍珠板旋翼推力。
- (二) 改變電動機的電池電壓，記錄在不同電壓下塑膠墊板及珍珠板旋翼轉速。
- (三) 整合電壓與旋翼推力及電壓與旋翼轉速兩者關係，製成轉速與推力關係圖。



## 六、設計出飛的高或飛的久的雙翼反轉直升機。

- (一) 雙翼反轉直升機製作：



將 10x0.6x0.4 mm 飛機木磨成斜角



將槳轂正中心用大頭針穿一個洞。



將迴紋針穿過木塊，亮片和珠及飛機木並折 90 度，用瞬間膠固定



上下兩螺旋槳



粗吸管頭尾端剪一個 0.6cm<sup>2</sup> 切口



將橡皮筋用筷子頂著穿過吸管

(二) 雙翼反轉直升機上下旋翼轉速實驗：

固定將橡筋扭緊 80 轉，以自製**轉速測試器**測試旋翼在釋放橡筋期間的轉速變化。



旋翼上裝磁鐵，吸管置線圈



轉橡筋 80 圈測量旋翼轉速

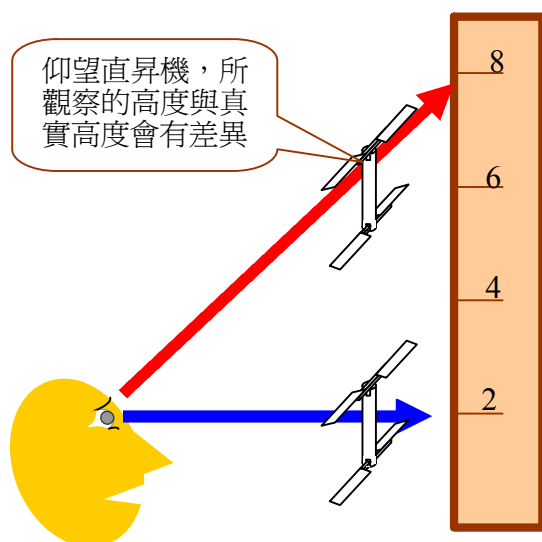
(三) 雙翼反轉直升機試飛：

將歷經多次實驗後得到最佳數據的雙翼反轉直昇機，進行試飛。首先在高樓牆面垂下數字清晰的大型尺，可以由肉眼直接觀測直昇機，在橡筋不同扭轉圈數下的最大飛行高度。



手拿上旋翼鉛直放開可垂直起飛

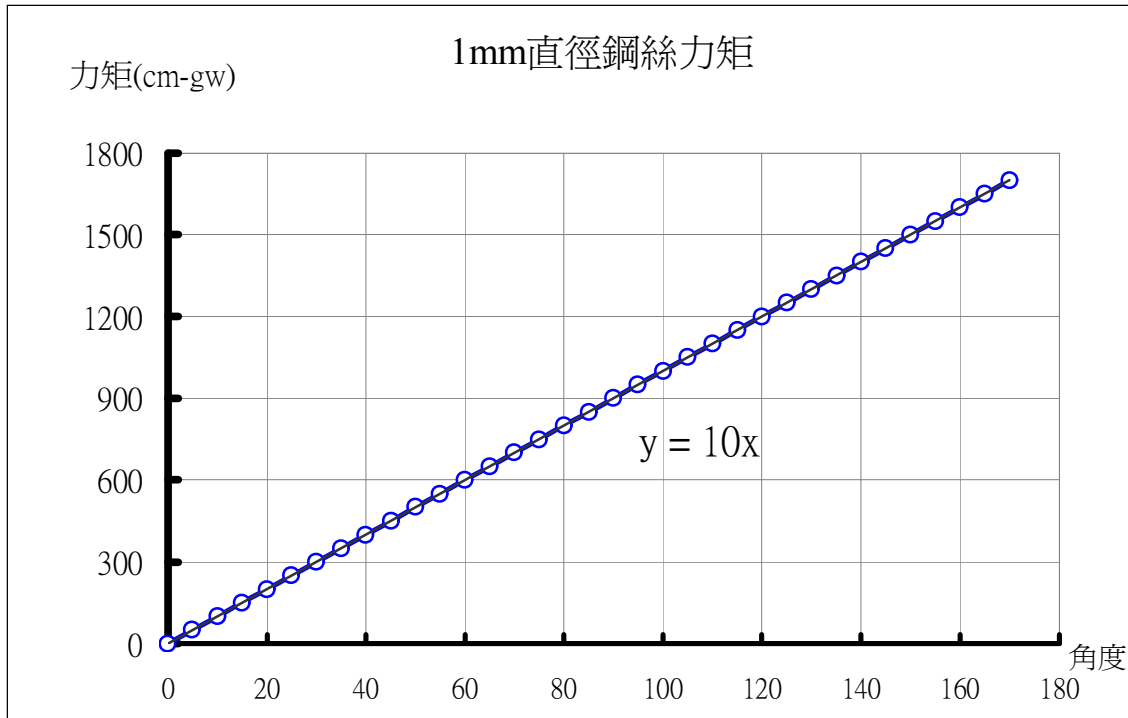
上下旋翼因作用力與反作用力彼此反向旋轉，旋轉時，旋翼將旋轉的力量透過斜面轉變成向上的推力，起初扭緊的橡皮筋扭力大，旋翼旋轉快推力強，當推力大於重力時會向上爬升。若是橡皮筋逐漸釋放鬆弛，扭力也變小，推力就會小於重力，此時雙翼反轉直升機會向下緩降。



## 伍、研究結果

### 一、探究橡皮筋的扭轉圈數與扭力的關係

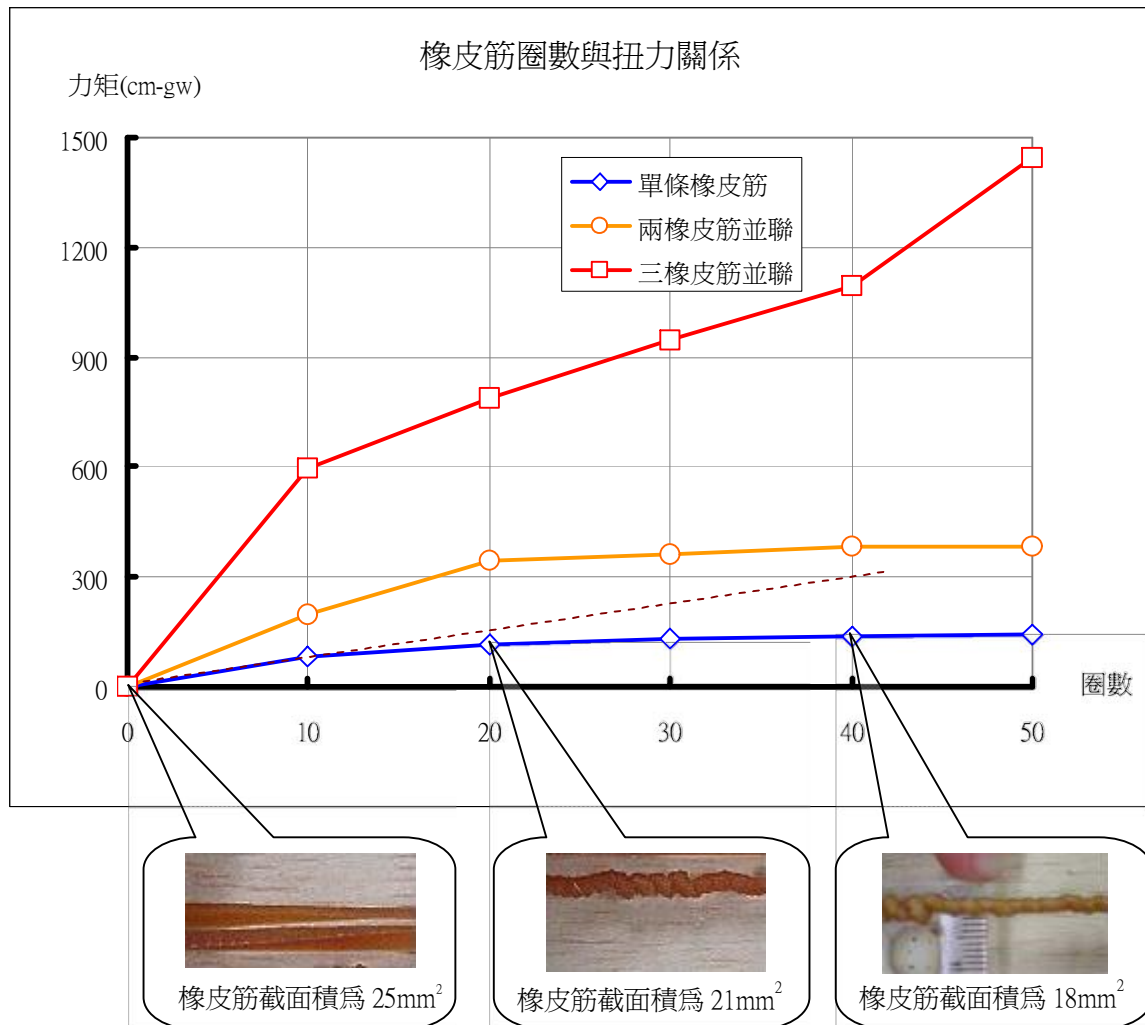
(一)以自製橡皮筋扭力測試台測試鋼絲扭轉角度與扭力力矩：



#### 結果分析：

我們發現，要扭轉角度越大，需要越大的力矩，扭轉角度與力矩成正比，所以可以用此鋼絲製成橡皮筋扭力測試台，由扭緊橡皮筋產生的扭力造成鋼絲扭轉，依所扭轉的角度判斷橡皮筋扭力所產生的力矩。由趨勢線顯示，每轉一度需 10cm-gw 的扭力力矩。

(二)橡皮筋的扭轉圈數與扭力的關係：

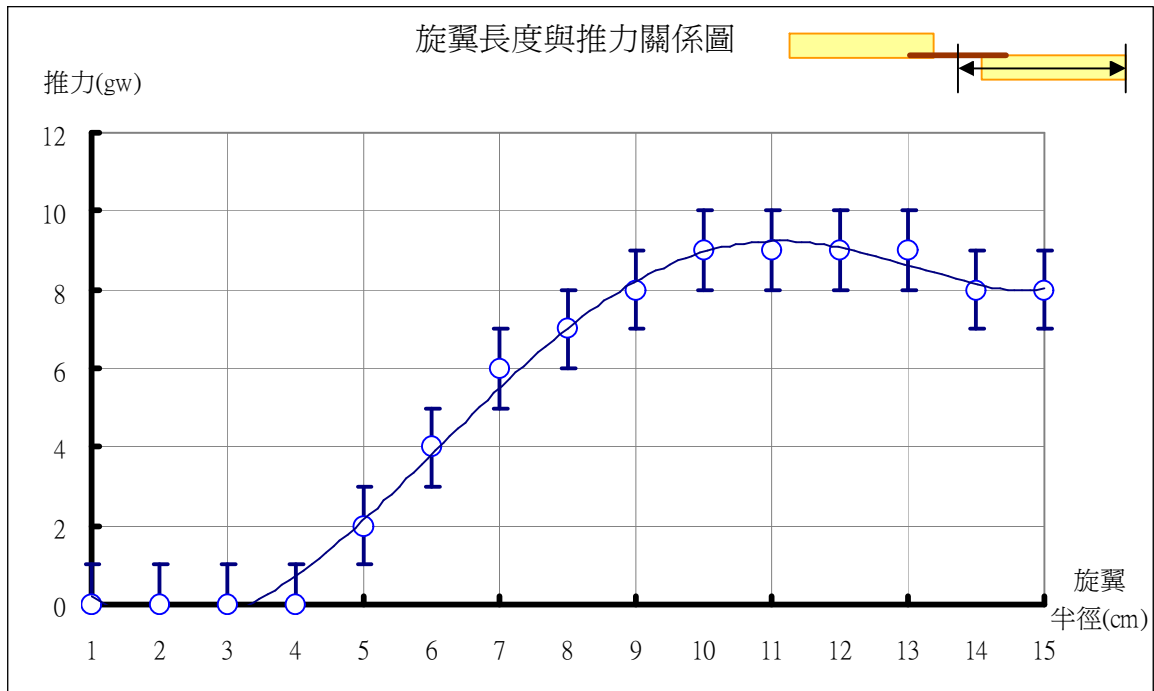


**結果分析：**

單條橡皮筋扭力較不會隨扭轉圈數而明顯變的較大，而三條並聯橡皮筋則隨扭轉圈數變多而明顯變大。當橡皮筋旋緊會產生一個個疙瘩，而使橡皮筋截面積變小，使得橡皮筋扭力不會與扭轉圈數正比增加，而比預期的扭力略小。

## 二、討論各種旋翼與推進力關係

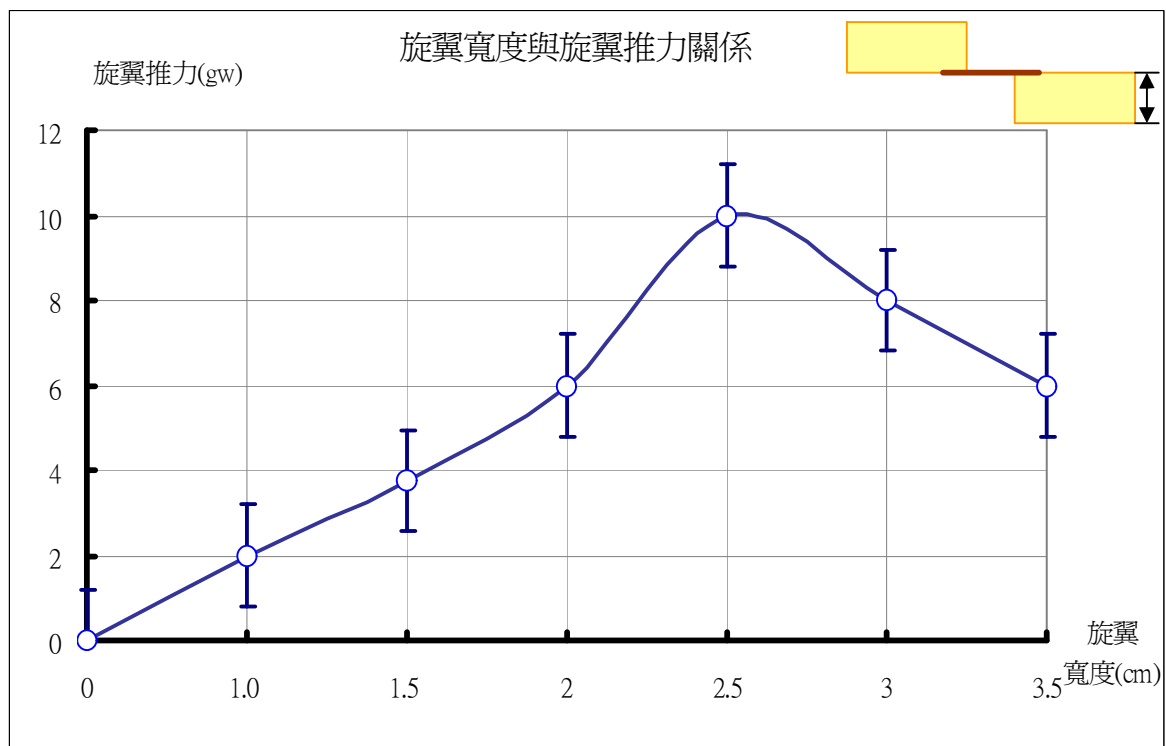
(一) 各長度旋翼推力測試 (旋翼寬度為 2.5cm) :



### 結果分析：

旋翼半徑在 3cm 以內是槳轂而無旋翼葉片長度，所以無推力，推力隨半徑變長而增加，在旋翼半徑為 10cm 時達到最大推力，然後推力就略為減低。

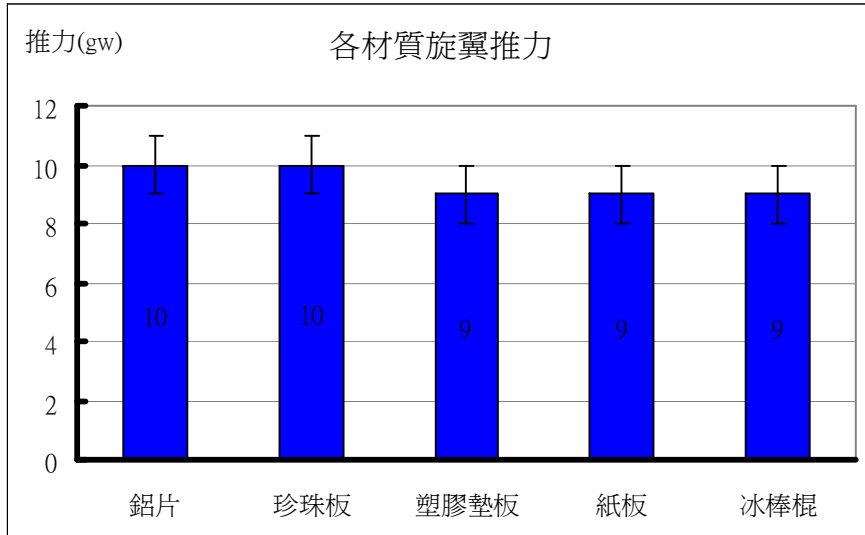
(二) 各寬度旋翼推力測試 (旋翼長度為 10.0cm) :



### 結果分析：

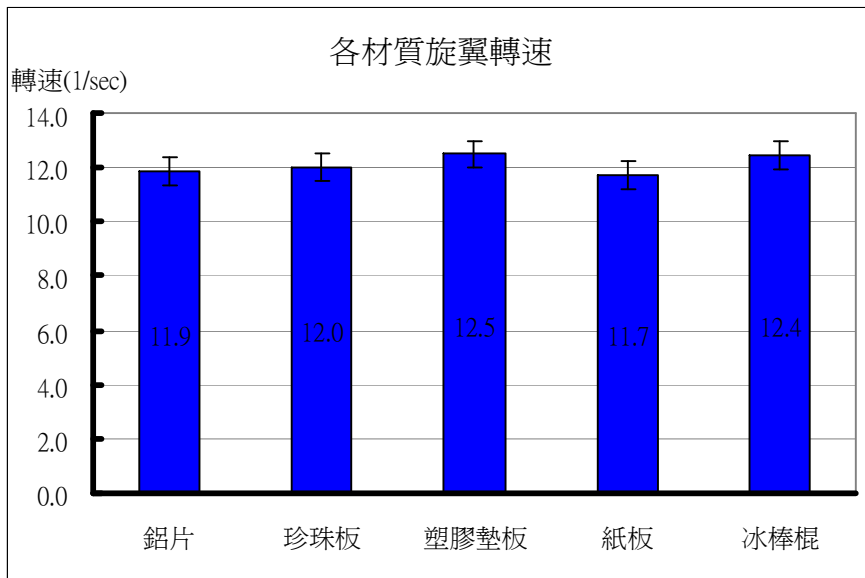
推力隨旋翼寬度變寬而增加，在旋翼寬度為 2.5cm 時達到最大推力，然後推力就隨旋翼寬度變寬而略為減低。

(三) 各材質旋翼推力測試：



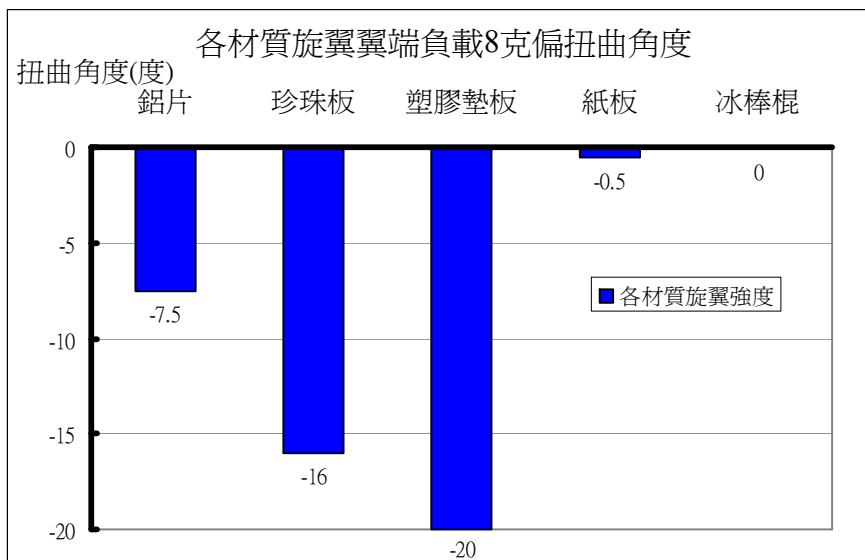
結果分析：

在各材質旋翼推力皆差不多，皆在測量誤差範圍內。  
 (註：此推力量測以電動馬達在 6V 電池電壓下實驗)



結果分析：

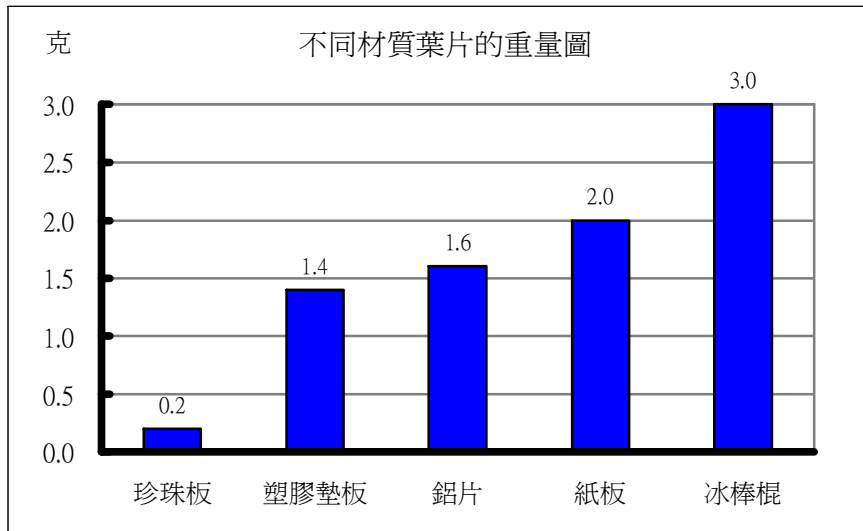
在各材質旋翼轉速以塑膠墊板稍高，其餘轉速均差不多。  
 (註：此推力量測以電動馬達在 6V 電池電壓下實驗)



結果分析：

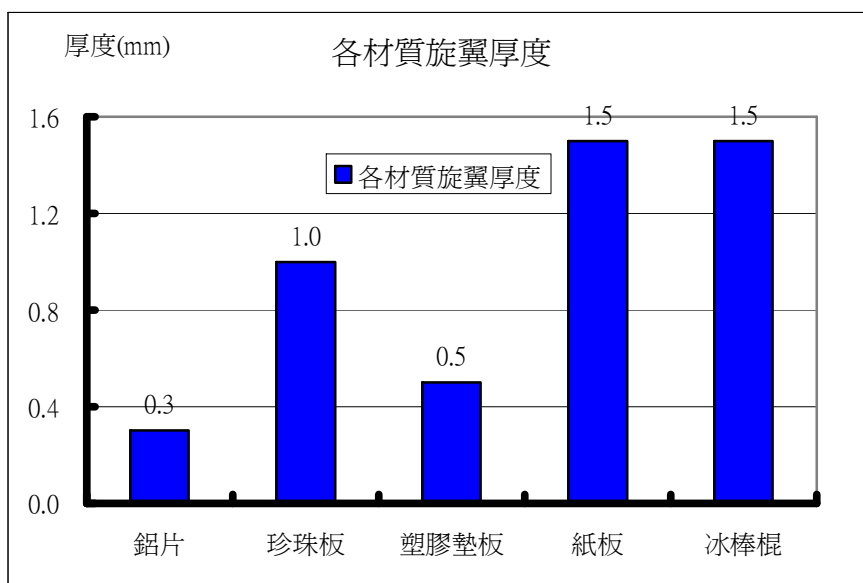
在各材質旋翼中以冰棒棍與紙板最為堅固，而塑膠墊板最為柔軟。  
 (註：珍珠板在翼端負載 12 克時折斷)





**結果分析：**

各材質旋翼中以冰棒棍最重，而珍珠板最輕。



**結果分析：**

在各材質旋翼中以冰棒棍及紙板最厚，而鋁片最薄。

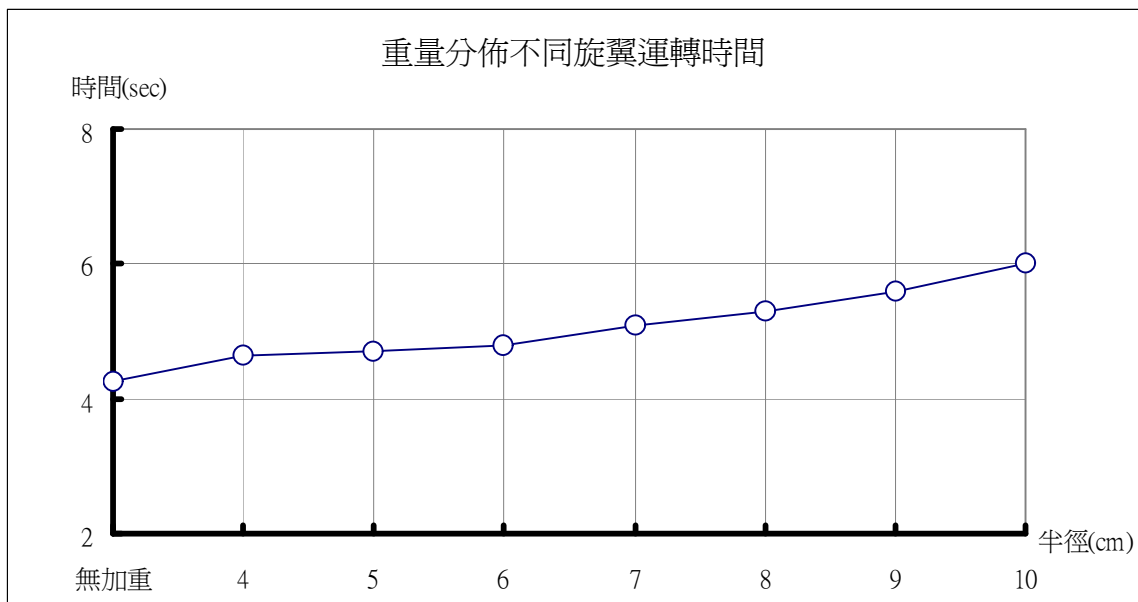
各種旋翼材質由於推力差不多，所以由旋翼的其它特性來做比較，例如，：

- 鋁片旋翼的尖銳邊緣接觸人體，可能對皮膚有割傷皮膚危險。
- 珍珠板製旋翼較脆弱，有折斷可能。
- 冰棒棍與紙板均有重量過重，厚度太大的缺點。
- 塑膠墊板具有安全、柔軟、易加工的優點。

最後決定以塑膠墊板作為最佳旋翼材料，但珍珠板製旋翼除較脆弱外，也有重量輕，動力竹蜻蜓的推力可以不用負擔太重機體的優點。

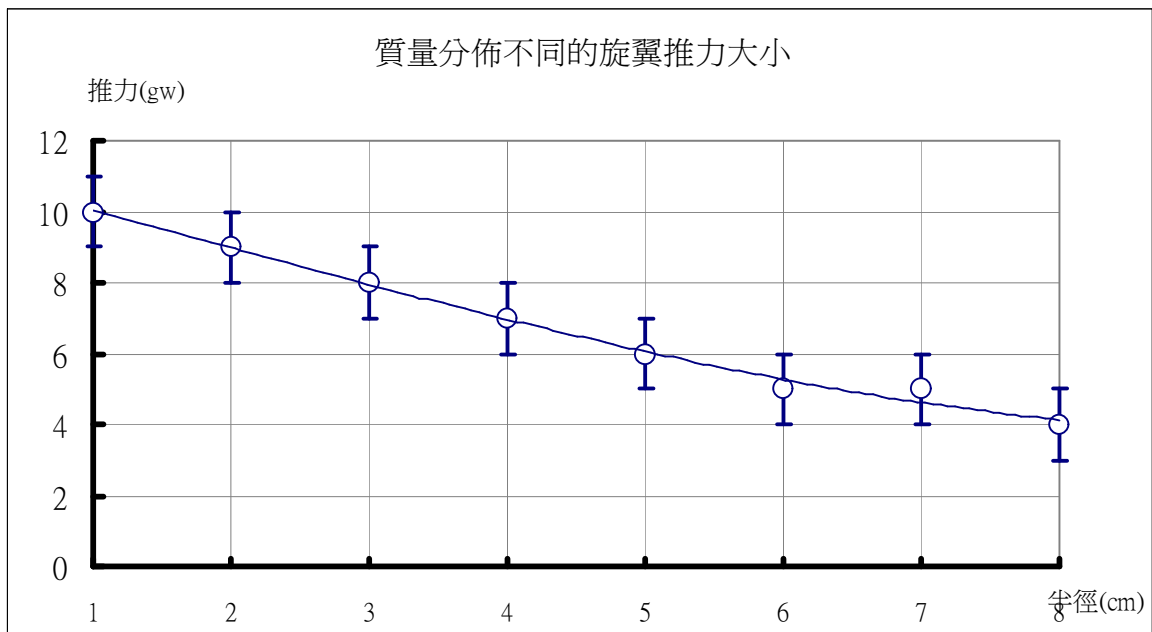
(四) 質量分佈不同的旋翼推力：

- 質量分佈不同的旋翼動力時間：



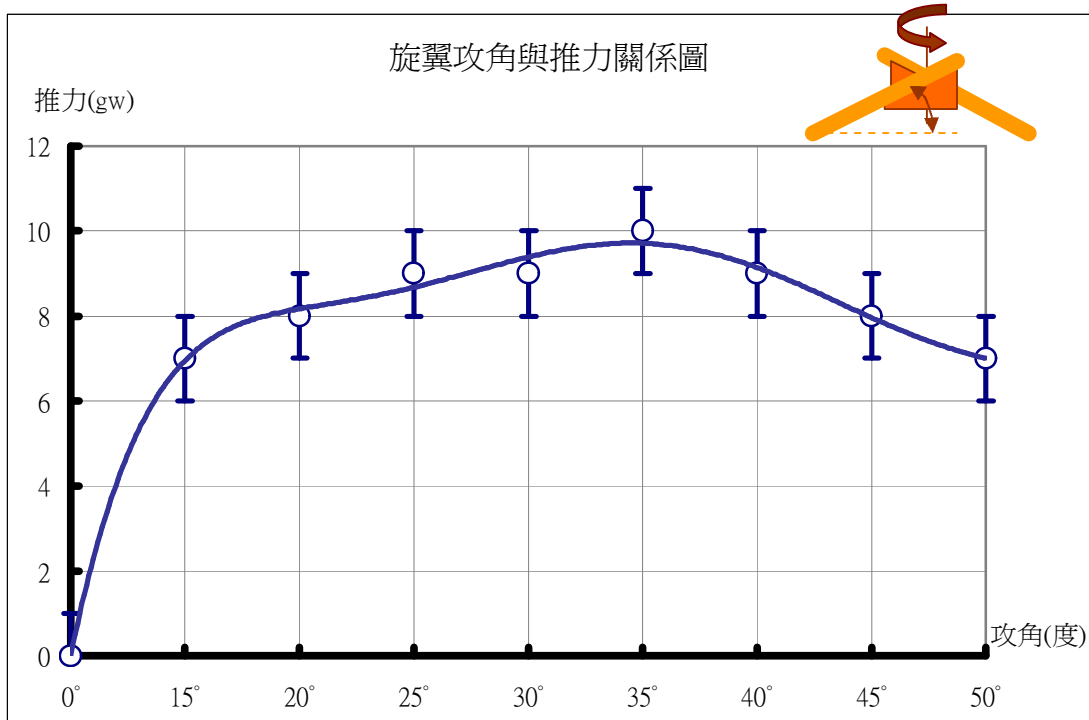
**結果分析：** 加重物距轉軸半徑越遠，旋翼運轉時間越久，即平均轉速越

- 質量分佈不同的旋翼推力大小：



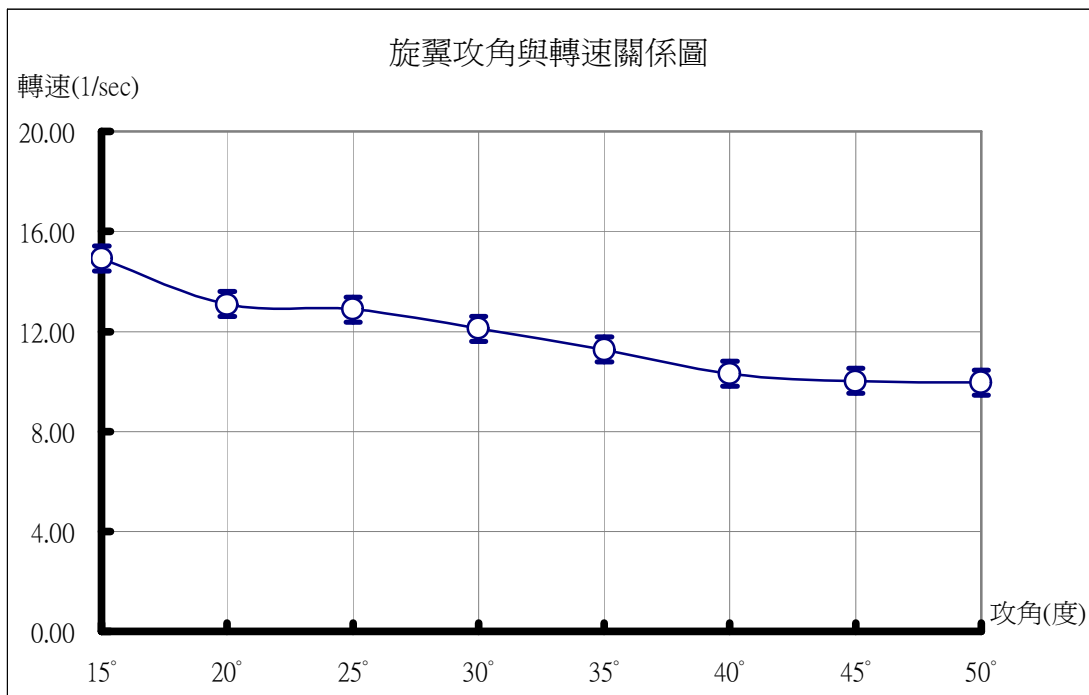
**結果分析：** 加重物距轉軸半徑越遠，轉動慣量越大，推進力越弱。

### 三、各攻角旋翼推力測試



**結果分析：**

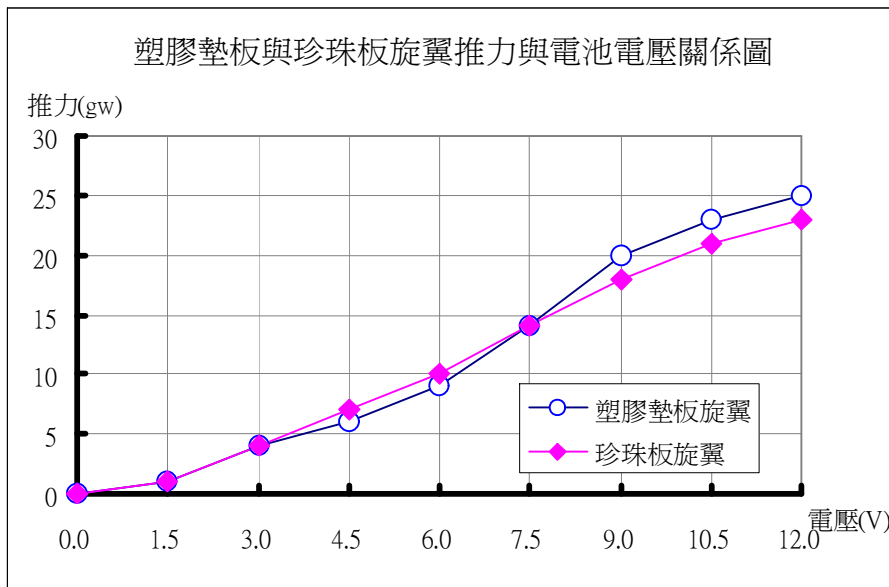
旋翼在攻角約 35 度角左右時，旋翼有最大的推力。



**結果分析：**

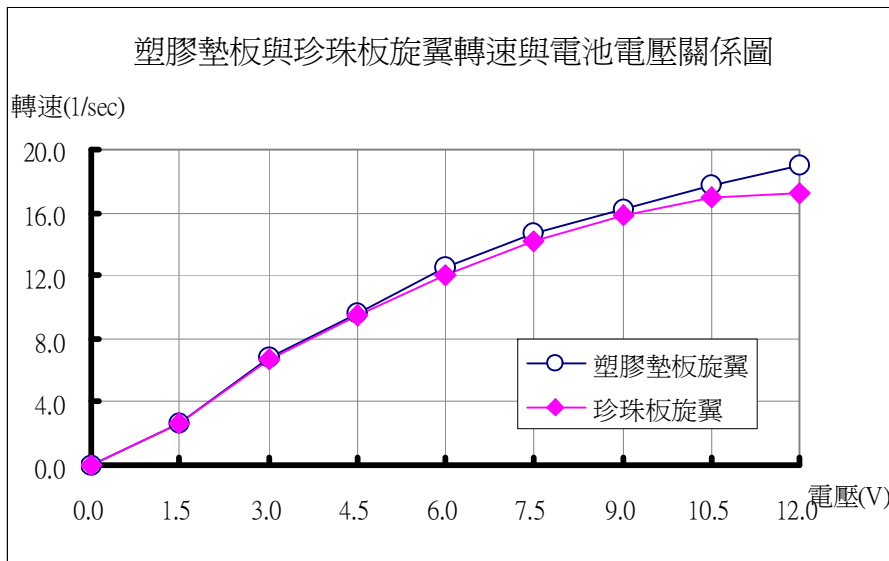
旋翼的攻角越小，轉速越大；而攻角愈大，轉速也愈慢。

#### 四、分析螺旋槳轉速與推力的關係



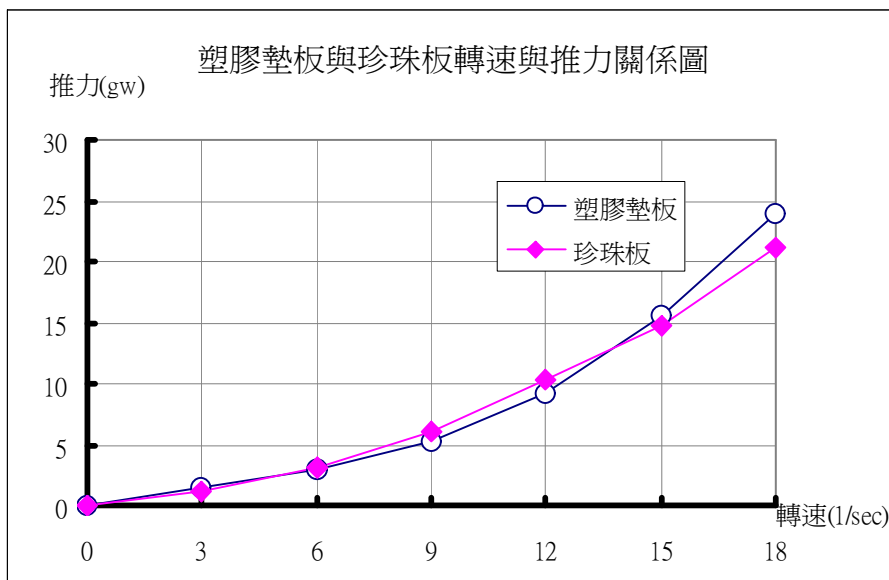
#### 結果分析：

電壓越大推力越大，塑膠墊板在高電壓推力大，但珍珠板旋翼則是在低轉數時推力較大。



#### 結果分析：

電壓越大轉速越高，塑膠墊板在高電壓轉速較高，但在低電壓時兩者轉數相近。

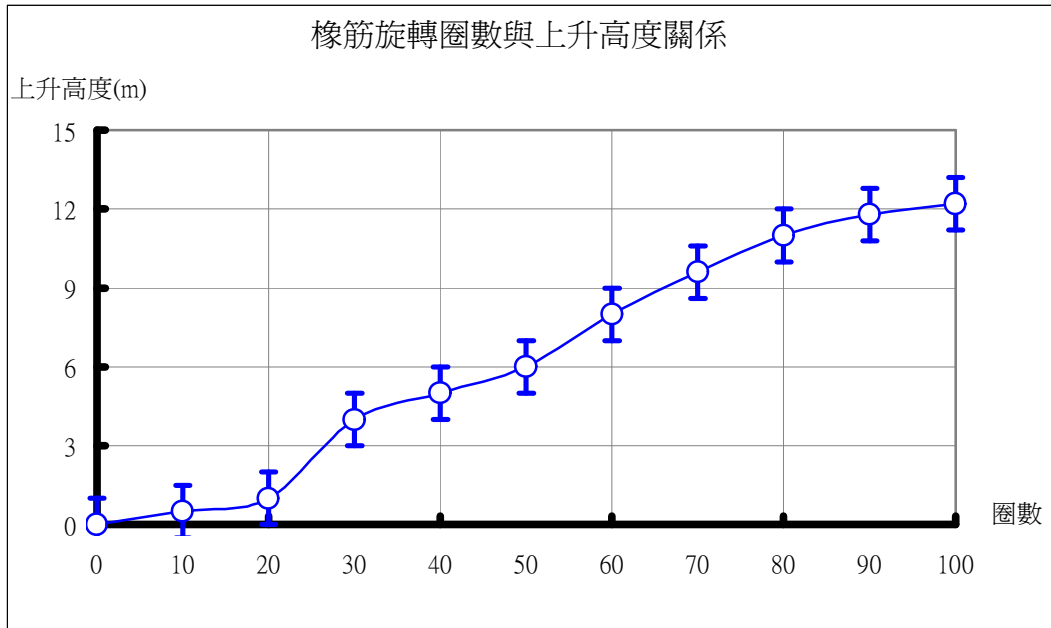


#### 結果分析：

綜合前兩張圖表得此圖表，塑膠墊板在高轉速時推力大，但在低轉速時則以珍珠板推力較大。

## 五、設計出飛的高或飛的久的雙翼反轉直升機

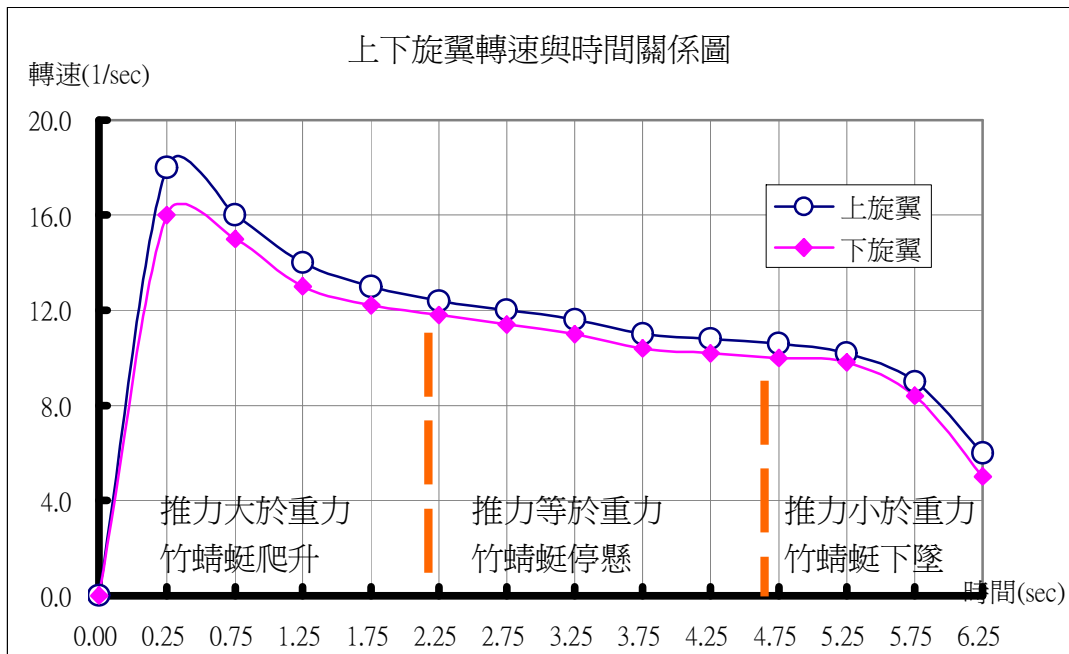
(一)分析橡筋旋轉圈數與上升高度關係：



### 結果分析：

橡筋在 20 圈以內，扭力不足，難以驅動旋翼，自然雙翼反轉直升機上升高度有限。隨著扭緊橡筋圈數越多，爬升高度也越高。

(二)分析上、下旋翼轉速與時間關係：



### 結果分析：

上旋翼較輕轉速較快，下旋翼與機身一起旋轉轉速稍慢，扭緊 80 圈橡筋，上旋翼可釋放 77 轉，但下旋翼僅 73 轉。

(註：此實驗是分別固定一組旋翼觀測另一組旋翼的轉速)

## 陸、討論

- 一、本實驗的最大量測誤差是來自測推力的磅秤，最小刻度為 2gw，以後如果能改用電子秤，精密度應該會大幅提升。
- 二、量測轉速目前是用磁鐵感應記錄，有兩個缺點，第一是磁鐵有質量，會稍為影響旋翼旋轉，第二是需要接線，就不能測量真正飛行轉速，日後可以採用光遮斷方式記錄旋翼轉速。
- 三、因為我們僅能固定一組旋翼觀測另一組旋翼的轉速，實際飛行時，上下兩旋翼同時旋轉，橡筋扭力應該會減低，所以實驗的旋翼轉速數值應該要降低一些。
- 四、觀測雙翼反轉直升機的飛行高度應該在兩樓左右，才可減低在視角上的誤差。
- 五、本次研究僅探討螺旋槳的外形為長方形，分別作長與寬的分析，但尚未探討梯形、橢圓形與三角形等其它形狀，還留待以後深入研究。
- 六、本次研究僅探討螺旋槳葉片的角度為一致的，但實際上，螺旋槳的旋葉角度會沿葉尖，而攻角逐步趨緩，但因為製作技術困難，還留待以後深入研究。
- 七、有了轉速與螺距直徑等數據，若有合適的物理公式，那就可詳實計算出螺旋槳推力大小，並與我們的實驗所得推力來以比較。這留待以後學了更多的數學與物理再深入探討。
- 八、飛的高與飛的久可考慮：(一)適當的縮短旋翼，提高轉速，推力會增加；(二)旋翼長會飛的久，但直昇機不能太重，選用輕的珍珠板之外，還要延長轉動時間，有二個方法：1. 將二條並聯改成一條。2. 增長旋翼的直徑，減低轉速就可以增加飛行時間。



## 柒、結論

一、探究橡皮筋的扭轉圈數與扭力的關係中我們發現。

(一)自製橡皮筋扭力測試台，測試鋼絲扭轉角度與扭力力矩成正比關係，每轉一度需 10cm-gw 的扭力力矩。

(二)在橡皮筋的扭轉圈數與扭力的關係中，扭轉圈數越多，扭力力矩越大，但因為扭緊的橡筋截面積變小，使得橡筋扭力不會與扭轉圈數正比增加，而比預期扭力略小。而並聯橡筋越多，扭力會變的較大。單條橡筋扭力較不會隨扭轉圈數而明顯較大，而三條並聯橡筋則隨扭轉圈數變多而明顯變大。

二、討論各種旋翼與推進力關係。

(一)在各長度旋翼推力測試中：

推力隨半徑變長而增加，而在旋翼半徑為 10cm 時達到最大推力。

(二)各種旋翼寬度推力測試：

隨寬度遞增而推力增加，在旋翼寬度為 2.5m 時達到最大推力，然後推力就隨旋翼寬度變寬而略為減低。

(三)在各材質旋翼推力測試中，以推力皆約略相同，而冰棒棍與紙板兩旋翼為最堅固且最

厚；在重量方面以冰棒棍最重，而鋁片及珍珠板最輕，。

(四)各攻角旋翼推力測試：推力隨攻角增加而提高，旋翼在攻角約 35 度角左右時，旋翼有最大推力，但超過 35 度時，旋翼推力會減低。

(五)質量分佈不同的旋翼推力：

物距轉軸半徑越遠，旋翼運轉時間越久，即平均轉速越低；若加重物距轉軸半徑越遠，轉動慣量越大，推進力越弱，所以我們可以選擇輕一點的材質作為旋翼。

三、分析螺旋槳轉速與推力的關係。

(一)電壓越大推力越大，同時旋翼轉速也是會越高。

(二)塑膠墊板在高轉速時推力大，在低轉速則以珍珠板推力較大。所以雙翼反轉直升機要飛的高需用塑膠墊板為旋翼葉片，如果雙翼反轉直升機想飛的久，則用珍珠板為旋翼葉片。

四、雙翼反轉直升機的飛行研究。

(一)分析橡筋旋轉圈數與上升高度關係，可以得知旋轉圈數越多最大上升高度越高，但旋

轉圈數不足 20 圈時，因扭力力矩不足，難以爬升。

(二)上旋翼轉速略高於下旋翼，前兩秒旋翼槳葉轉速極高，竹蜻蜓可達加速上升，接著轉

速趨於平穩，竹蜻蜓停旋飛行，最後因扭力銳減轉速不足重量，竹蜻蜓下降。



#### ◎心得感想：

一開始，我們擬定了雙翼反轉直昇機的設計圖，感覺很簡單，一下子就能完成，可是我們越深入的研究，就發現越具有挑戰性，不是隨隨便便能完成的。在做實驗的過程中，遇到了很多困難，我們融合了許多過去所學到的科學知識原理，才把問題一一克服。

爲了研究實驗，我們設計開發了各種不同的測試儀器，來進行實驗，其中，在設計時遇到了許多問題，例如：材料、儀器不夠堅固、實驗結果不夠精準…等，於是我們需要一再的改進，一個測試儀器往往要做好幾個才能成功。

在研究雙翼反轉直升機時，我們經歷了無數次的失敗與挫折，甚至想要放棄，不過在老師不斷的鼓勵下，我們終於突破難關，邁向成功之路。做完了這次的研究後，我們學到了許多東西，也成長了許多，更獲得了很大的成就感。有了這次成功的經驗，我們發現這是個值得推廣的科學研究，因爲這個研究可以學到：

- 一、團隊精神：這次研究不但融合科學原理的應用，更重視創意思考和團隊合作與解決問題能力的培養。
- 二、環保理念：市面上的玩具大多都利用電池來當作動力，而電池裡包含了三種：汞、鉛、鎘重金屬，汞是一種毒性很強的重金屬，一顆一號電池埋在泥土，能使 1 平方公尺的土壤永久失去利用價值；可使 600 噸水無法飲用，這相當於一人一生的飲水量。而雙翼直昇機的動力是靠橡筋，很環保，不污染環境和大自然。
- 三、經濟效益：成本----一架雙翼反轉直昇機只需三元，材料不貴甚至可就地取材。  
時間-----做完一架只要三十分。
- 四、知識管理：能有效增進知識資產價值的活動，如：學到研究的「實事求真」的科學態度、「失敗爲成功之母」不怕失敗的科學精神、提升知識學習能力(力學、資訊、

勞做、審美觀)、發揮知識能力與開發潛能、融合科學原理的應用-----等。

一個小小科學玩具，可以學到許多科學原理以及原理的運用，比在校六年的自然課來的更充實。所以我們打算在學期末舉辦一個校內的趣味競賽，讓大家知道實驗不只是在實驗室裡做，大自然就是一個很好的實驗室！

## 捌、參考資料及附錄

### 一、參考書籍

- 〈一〉田珉姬(民 94)。科學家開的店 物理・地球科學篇。台北市：三采文化出版事業有限公司。
- 〈二〉施惠主編(民 93)。國小自然與生活科技第三冊~七冊課本。台南市:南一書局
- 〈三〉宋靖遠(民 92)。SCIENCE ENCYCLOPEDIA 資優生科學百科。台北市：閣林國際圖書

### 二、網上資料

- 〈一〉王國和(民 68 年)。簡單機械原理。民 95 年 9 月 18 日，取自：  
[http://content.edu.tw/junior/life\\_tech/tc\\_jr/student/course/305/305source12.htm](http://content.edu.tw/junior/life_tech/tc_jr/student/course/305/305source12.htm)
- 〈二〉教育部(民 93 年)。學習加油站。民 95 年 9 月 18 日，取自：<http://content.edu.tw>
- 〈三〉黃福坤(民 90 年 10 月 4 日)物理討論區。民 95 年 9 月 18 日，取自：  
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/search.php>
- 〈四〉蔡詒昕、蔡竺芳、李敏彤、許聿慎(民 88)。翩翩起舞----飛躍的竹蜻蜓。  
民 95 年 9 月 18 日，取自：  
<http://www.ksp.s.km.edu.tw/401/%A6%CB%BBf%B8%BB.htm>
- 〈五〉升力是怎樣產生的。(無日期)。民 95 年 9 月 18 日，取自：  
<http://super-boy.cjshs.tn.edu.tw/02i3c/41/haha1.htm>
- 〈六〉陳志榕、林雨嫻、陳敬靜、唐懿玲、陳盈穎、陳慈峰(無日期)。竹蜻蜓的科學原理。民 95 年 9 月 18 日，取自：  
<http://mail93.nhlue.edu.tw/~9322004/page.5.htm>
- 〈七〉簡于倫、陳祺方、廖靖霖、戴瑞賢、高士傑 (無日期)。竹蜻蜓。民 95 年 9 月 18 日，取自：  
<http://www.scps.tpc.edu.tw/StudentCenter/eComputer/toys/page3.htm>
- 〈八〉力學。(無日期)民 96 年 1 月 18 日，取自：  
<http://residence.educities.edu.tw/listeve/Htm/physics/phys-qa-mechanic.htm>

【評語】 081508 哆啦 A 夢的時光機-雙翼反轉直升機

1. 有創意的轉速測量工具。
2. 最後直升機應用了前面的哪些條件不清楚。
3. 研究測試內容頗佳。
4. 研究的內容可再加強變化。