

# 再探討——風、扇葉、力

高小組物理科第一名

師專附小

作者：郭彥良、廖逸晃

指導教師：鄭進順、許照榮



## 一、研究動機

上一屆（第23屆）科展我所做的研究，使我知道，要設計一個風車，必須考慮轉速與力矩。因為輸出功率是轉速與力矩的乘積。要使功率越大，則力矩與轉速須增加。而上一屆，我探討了葉片直徑與轉

速及所生力矩的關係。但由於許多資料都沒提到葉片平面與風向的夾角對轉速的關係。因此，我希望進一步瞭解，葉片平面與風向間的夾角若改變，是否對轉速有影響。想像中，這個角度應該是四十五度時空氣分子撞擊葉片所生推力最大，轉速也應最大。事實是不是如此呢？同時在這一年內我學會用電腦做很多事，如畫星象分佈圖、計算數學等等，因此我也想設計程式來處理實驗所得的資料。

## 二、研究目的

探討在風力一定，而扇葉形狀大小相同的情況下，如葉片數目不同，及葉片平面受風的角度不同，對於轉速是否影響。

## 三、研究設備器材

- (一) 支架一組。
- (二) 扇葉（半徑 26cm，形狀大小相同）四片、葉片固定軸 2 個。
- (三) 量角器一個。
- (四) 光電計時器一組。
- (五) APL E II 電腦一組。

## 四、研究方法與過程

(一) 測定當風力大小一定時，葉片角度與轉速的關係。

方法：1. 在固定軸上依次裝上二片、三片、四片的扇葉。

2. 用量角器依次量好 2.5 度、5 度、7.5 度……40 度，將葉片固定螺帽旋緊。

3. 在扇葉前一公尺處放置電風扇，打開電源（製造一定風力）。

4. 將光電計時器裝置於轉動軸後面，利用轉動軸旋轉遮斷光線投射器加以計數。

(1) 控制圈數表內數字，將所要測定的圈數調整好。（若要測定 20 圈的時間，則將圈數表轉至 20）。

(2) 將光電計時器內歸零鈕按下，使時間表歸零。

(3)當扇葉轉動至穩定轉速時，放開歸零鈕，開始計時，直到葉片旋轉20圈即自動停止。如此分別操作十數次，並找出十次較接近的數據，輸入電腦（以順序檔存入）。

(4)轉速之單位為 rps ，而我們用光電計時器測出的是時間，因此以下列公式轉換：

$$\text{轉速 ( rps )} = \text{圈數 ( 次 )} \div \text{時間 ( 秒 )}$$

(5)變換葉片數，依次操作實驗。

(二)自行設計處理實驗所得資料（平均數，列出最大值及繪製曲線圖）的 BASIC 語言程式。

方法：1.畫出流程圖。

2.寫出程式。

3.將資料輸入電腦，並用列表機印出其結果，以便分析討論。

## 五、結果(略)

## 六、結 論

(一)葉片受空氣分子撞擊所生分力（即推力）以  $45^\circ$  最大。

(二)轉速最大之角度約  $7.5$  度至  $10$  度左右。因此，我們除了考慮個別空氣分子撞擊所生推力外，尚需考慮下列二項因素：

1.受風面積因角度的增大而減少，故接受空氣分子的總數也減少造成合成推力反而減小。

2.當葉片轉動時，周圍空氣相對於葉片的運動，等於形成風阻力（正如前進中汽車受風阻力一樣）。此種阻力，角度越大，受風截面積越大，所以阻力也跟著增加。

綜合 1、2 二項因素，因而形成在小角度時轉速較快。

但角度小於  $7.5$  度時，又因推力太小，而使轉速又減小。

(三)我們的結論是：

1.在風力一定，而扇葉形狀大小相同的情況下，葉片數目及平面受風的角度對轉速有影響。

2.轉速最大之角度分布在  $7.5^\circ \sim 10^\circ$  之間，並非  $45^\circ$  !!

## 七、討 論

- (一)葉片以二片時，轉速最大，其主要原因可能是片數少、阻力小，且質量較輕之故。
- (二)二片、三片、四片的轉速在小角度下差距很大，但到了 37.5 度至40度時，差距又很小，爲什麼？
- (三)在實驗過程中，我發現在小角度下雖穩定轉速很大，但到達穩定轉速需時亦較長（即加速慢），可能是小角度下推力較小，加速度較慢之故。
- (四)我設計的程式可用來處理葉片數增加時的實驗資料分析上，但本次由於固定軸不易製作，只實驗到四片的情況，但由曲線可推知，五片以上的情形應該是：最大轉速的角度同樣分布於 7.5 度~10 度間。且轉速逐漸下降。
- (五)若扇葉片數、直徑相同時，改變葉片面積會有何影響？
- (六)本實驗葉片爲平面，若爲曲面，又會有何影響？（因曲面不易製作，不是能力所及）。
- (七)本實驗爲無負荷的情形，有負荷的情形，轉速又有何變化？
- (八)在最大轉速的角度下，能穩定輸出之力矩又如何？此時轉速又如何？（設飛輪半徑一定）此項探討甚爲重要，因爲風車輸出功率(P)爲轉速(W)與力矩(T)的乘積。

$$P \text{ ( 瓦特 )} = W \text{ ( rps )} \cdot 2\pi \cdot T \text{ ( 牛頓米 )}$$

$$1 \text{ Kg} = 9.8 \text{ 牛頓}$$

- (九)關於(五)(七)(八)三項擬下次探討。
- (十)經過上次及這次的實驗，若能再將(五)(七)(八)三項問題解決，我想便可著手設計更有科學依據的風車了。

## 八、參考資料

- (一)風、扇葉、力( 23 屆科展物理高小組 )
- (二)自然科學文庫第14册物理學第一章「抽水風車模型」

(三)自然科學文庫第14冊物理學第三章「能動的水輪機模型」

(四)科學圖書館第八輯能源篇90頁「風力可以利用嗎」

(五)農業機械學P 5～ P10。

(六)小型風車的設計與製造第三章「風車的基本知識」

第五章「風車的空氣力學設計」

評語：1.實驗設計優良，表達生動。

2.理論解釋清晰明確。

3.資料處理方法新穎優良。