

# 捕捉風兒的足跡

高小組地球科學科第二名

國立台北師院實小

作者：郭定隆、李仲軒

張孜因、張夢君



指導教師：于瑞珠、吳金燕



## 一、研究動機

自然老師曾說：「風是空氣流動所造成的現象，『風力』的強弱造成測風器的轉速快慢不同。」什麼是「風力」呢？如何測量「風力」呢？有那些因素會影響「風力」呢？爲了進一步了解它，於是著手「風力的測量與影響風力因素」的研究！

## 二、研究目的

- (一)自製精確、實用的風速計來測量風力的大小，並研討風速計的「力臂」、「形狀」和轉速的關係。
- (二)探討風力大小和校園內建物的關係
  1. 高樓屋頂的風力。
  2. 高樓地面的風力。
  3. 型建物對風力的影響。
  4. 成型兩棟建物間通道的風力。

5. 成「—」型兩棟建物間的角落風力。
  6. 半徑三十公尺的空曠地面的風力。
- (三)比較風力受建物阻擋前後的不同。
- (四)比較高、低樓所形成的下沉風力。
- (五)探討在建物四周風力大小及風向的改變。

### 三、研究設備器材

- (一)使用「免洗湯匙、竹籤、保麗龍球、吸管、空心筆桿、膠泥、牙籤、果凍空盒、膠帶、白膠、耐熱杯、腳踏車里程表、自製風速計。
- (二)校園建物。
- (三)相機、底片、手錶（有秒計）、指南針。

### 四、研究過程

〈實驗一〉如何利用自製簡易測風器測量風力的大小？

(一)自製測風器（第一代）及改進

1. 取已固定好牙籤的免洗湯匙 4 支，分別插在保麗龍球的四個等距圓周上，調整湯匙使受風面一致。其中一支畫上一紅點。
2. 膠泥台架上固定一支空筆桿。
3. 另取一長竹籤，一端穿過 1 的球心，另一端插入上述 2 中。
4. 實地測量，做定時的觀察並記錄葉片轉動圈數。
5. 改進後的風速計除將免洗湯匙換成 3 公分高的果凍空盒，並加裝自行車里程表，利用電風扇校正。
6. 調整力臂距離為 5，10，15，20 公分。測量並記錄轉速。

(二)進行測風器葉片形狀和轉速關係的實驗

由前述 1~6 項實驗結果發現，受風面和背面的差距越大，形狀越圓錐的越靈敏。故利用近圓錐體的質材，力臂為 12.5 公分的測風器進行實驗。

〈實驗二〉選擇校園內的特殊建物為測量地點，探討風力大小與建物的關係。

1. 師生共同巡視校園，討論出如「研究目的」中述及的六地點。並在各地點中心處做好標記，放一支離地面 100 公分的風速計。
2. 每隔 12 小時記錄里程數一次，連續 5 次，累積 60 小時。（見圖一）

〈實驗三〉選一棟位於東北季風口的高樓建物，並於距離其後約 60 公尺的另一棟建物，做「風力受建築物阻擋前後的大小比較」。

1. 本校慈暉樓為面迎東北方的建物，但有校外較高的東翰大樓阻擋，在該樓

樓頂朝東北方向，裝置一支風速計，並在同一平行面的本校游泳池屋頂的東北方向也裝上風速計。（見圖二）

2. 每隔 12 小時記錄一次里程數，連續 5 次，累積 60 小時。

〈實驗四〉實測高樓的下沉風力

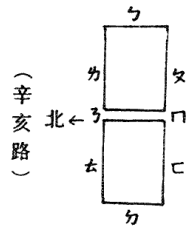
當進行「風力是否受建築物阻擋而不同」的探討時，發現科技大樓大門口和東翰大廈大門口所受風力風向相同，但科技大樓大門口的風力較為強勁，為了證明老師所說高樓常會造成下沉氣流，產生所謂「掀裙風」，我們再進行以下的實驗。

1. 在科技大樓的大門人行道樹上，及同一延長線東翰大廈的行道樹各裝一支風速計。（見圖三）
2. 同〈實驗二〉，以累積方法記錄風扇所帶動的里程。

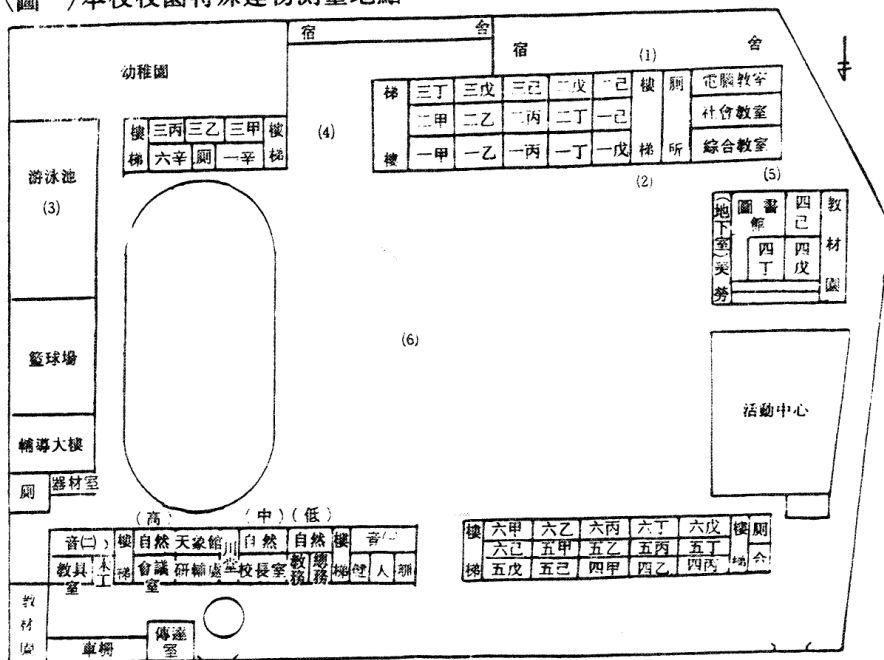
〈實驗五〉探討「在建物四周風力大小及風向的改變」

在測量高樓下沉風力的過程中，又感覺到高樓四周的風力、風向在同一時間內也有不同的變化。於是決定找一棟獨立的建物來實際測量一下。

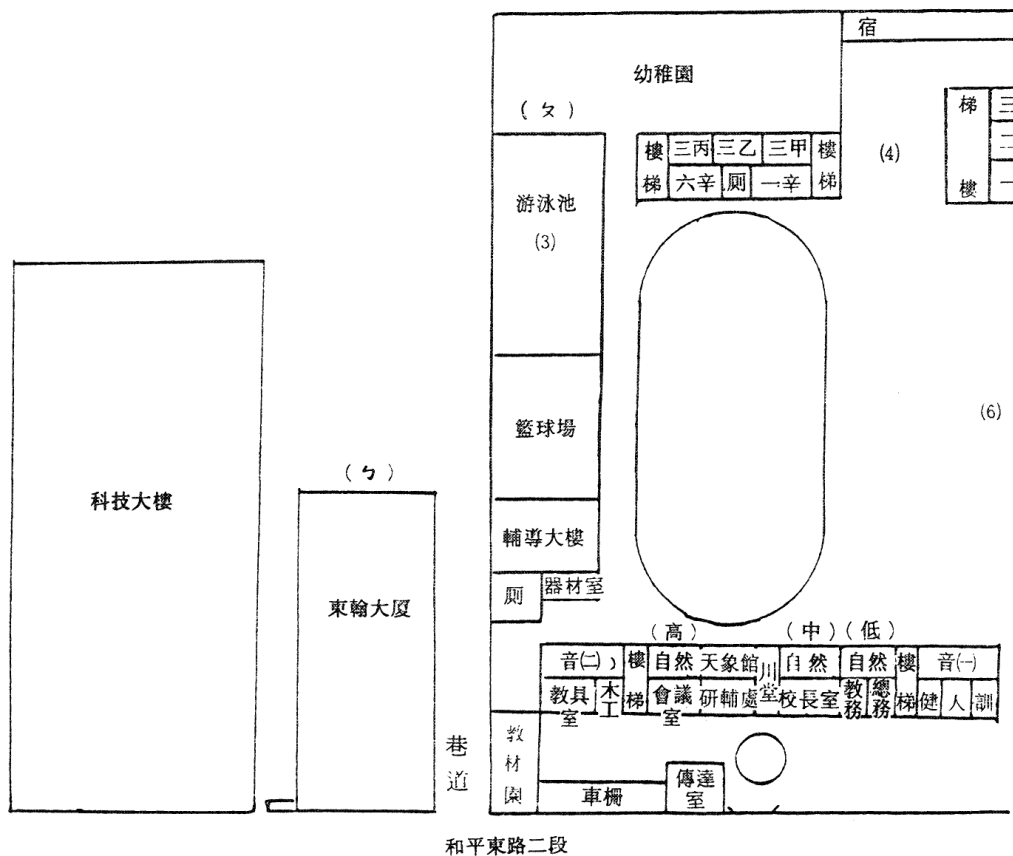
1. 在距離學校最近的台大校園，定出八個測量方位。（如右）
2. 將測風器從里程表取下，在其中一片葉片上黏貼一張 1×8cm 的皺紋紙。
3. 兩人一組站在預定方位，於同一時間內，一人負責數測風器的轉動圈數以記錄風力的大小，另一人手持指南針，觀察並記錄風向 10 分鐘。
4. 於不同的日期，重複 1 至 3 的步驟，共計三次測量並記錄。



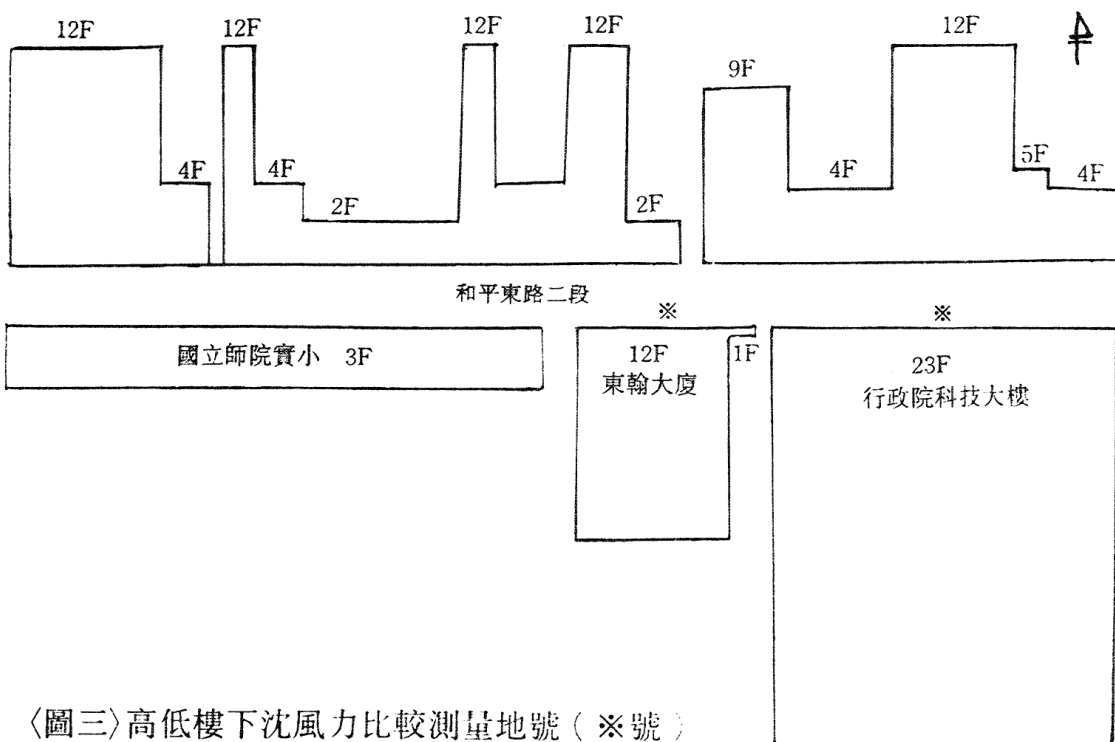
〈圖一〉本校校園特殊建物測量地點



和平東路二段



〈圖二〉放置風速計於風口、風尾地點（風口↘，風尾↗）



〈圖三〉高低樓下沈風力比較測量地號（※號）

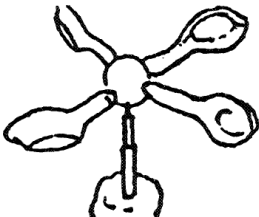
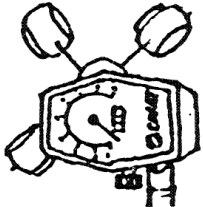
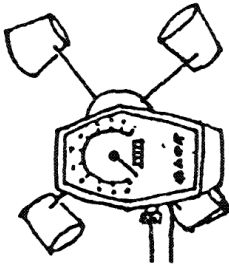
## 五、研究結果

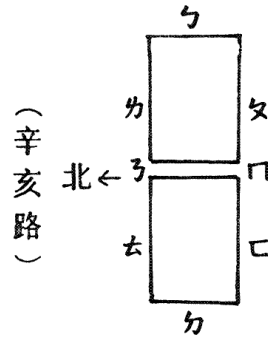
(表一) 測風器力臂與轉速的快慢

力臂長度(cm)	轉速(米·分)
5	2
10	3.2
15	轉速 3 米時，一支力臂已歪掉，無法續測。
20	轉速 1.5 米時，3 支力臂已歪斜不堪，無法續測。

製作時考慮採用的力臂長度為 12.5cm。

(表二) 測風器葉片形狀的優、缺點比較

葉片形態	缺點	優點
<p>第一代</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 人力數圈數時，測量者不可離開。</li> <li>2. 圈數會數混淆。</li> <li>3. 受風面不夠大，無法測得較弱風力。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 製作方便。</li> </ol>
<p>第二代</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 受風面與背風面差距不大，轉動仍不夠靈敏。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 受風面大於第一代。</li> <li>2. 以機械代替人力，可日夜測量。</li> <li>3. 風力大小可直接看里程表。</li> </ol>
<p>第三代</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 材料找尋上很困難，無法找到真正的圓錐體，自己以厚紙卡製作的圓錐體無法防水，所以只能以最接近圓錐體的耐熱杯為質材。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保留第二代的優點。</li> <li>2. 受風面與背風面的差距大，轉動靈敏度提高很多。</li> </ol>



〈表三〉獨立建物四周風力大小及風向的測量地點

名次	里程(m) 地點	時間(h)				
		12	24	36	48	60
2	三樓屋頂	2.5	6.5	8.0	9.0	15.0
6	三樓地平面	0.5	0.9	1.3	1.6	2.0
3	凹形建物	1.0	1.5	2.1	2.5	3.5
1	—形通道	4.0	8.5	12.0	14.0	22.0
5	┌形角落	0.5	1.0	1.7	2.0	2.5
4	半徑 30 公尺的空曠地	0.5	1.2	1.9	2.1	3.0

〈表四〉風力大小和校園內建物的關係

里程(m) 地點	時間(h)				
	12	24	36	48	60
東翰大廈前	6.0	11.5	18.0	22.0	31.0
東翰大廈後	0.5	0.8	1.0	1.1	2.9

〈表五〉受建物阻擋後的風力變化

里程(m) 地點	時間(h)				
	12	24	36	48	60
科技大樓門口	2.5	8.7	9.9	11.0	17.0
東翰大廈門口	9.3	19.8	25.7	30.0	42.0

〈表六〉樓高所形成下沉風力的比較

地點	次數	風 向	風力(圈/10分)
ㄅ	一	東北、東	251
	二	東北、東	247
	三	不明顯	94
ㄆ	一	東、東南	152
	二	東、東南	144
	三	東	94
ㄇ	一	東、東南、偶西、偶北	154
	二	東、東南、偶西、偶北	155
	三	東	91
ㄏ	一	東、東南、偶西	149
	二	東、東南、偶西	150
	三	東	87
ㄏ	一	西南	140
	二	西南	132
	三	不明顯	23
ㄏ	一	東北、偶西南	133
	二	東北、偶西南	135
	三	不明顯	38
ㄏ	一	東北、北	141
	二	東北、北	143
	三	不明顯	30
ㄏ	一	東北	137
	二	東北	132
	三	不明顯	27

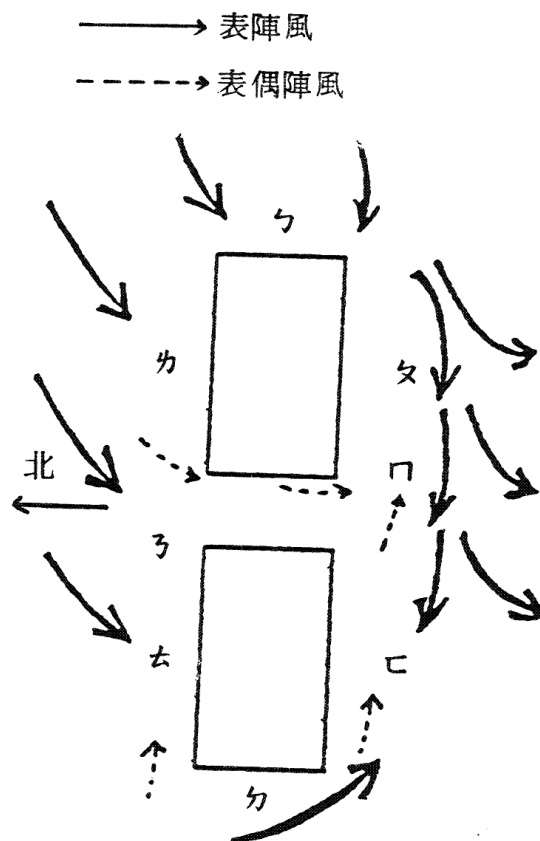
〈表七〉建物四周的風力與風向

## 六、討論

(一)從測風器的成品中，我們發現軸心到葉片中心的力臂長短會影響轉速：力臂愈長，轉速加快，葉片的受風面和背風面的大小差距越懸殊，測風器的轉動愈快愈靈敏。(見表二)


(二)在表四中可看出樓頂及兩棟建物構成一一形間的通道可產生強大的風力。高

- 樓地平面、空曠地面，成「一」形角落地面的三處地方風力微弱，幾乎相等。
- (三)一般空曠地方的風力會比較大，但表四中沒有這樣的結果，可能是本校沒有真正的空曠處。
- (四)凹處地面的風力最小，但却比上述(二)中所提三處地方的風力還要大，可能是此處面迎東北方，正好位於東北季風口，三面又有高樓林立，有下沉風力、旋風等造成。
- (五)在表五中可看出受建物阻擋後，風力減弱許多。
- (六)原本認為越高的大樓所造成的下沉風力越強，但表六中結果却相反。是否高樓效應有一定的高度，超出此高度之後，風力反而受阻，而且下沉力量受到空間削弱，所以樓高 22 層的科技大樓門口的風力反而不比樓高 12 層的東翰大廈大。此一問題，我們請教北師院的楊教授及師大的黃教授。他們的解釋是：愈高的大樓理論上應造成愈強的下沉風力，當我們做測量時，可能受到附近建物及巷弄等小環境區域的影響。又台北受到基隆河的駛引，不吹東北風而吹東風，因此和平東路有如「氣流走廊」，其南側風力往往較北側為強，此需進一步研究。
- (七)從表七中可看出風力強時，風向在建物背風面四周大致呈逆時鐘旋轉的方向。(如下圖)

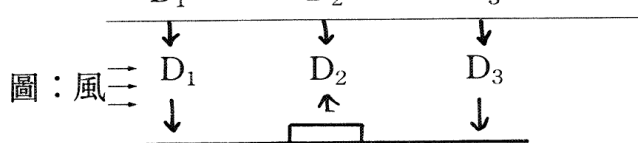




## 七、結論

- (一)根據實驗知道，樓頂的風力很大，台北市高樓大廈林立，如果能善加利用此一無污染又取之不竭的天然資源，或許可收到意外的好處。我們想到的利用方法是在台北市的高樓處加裝風力抽水馬達，在晚上用水的離峯時間可用風力抽水，白天用水的尖峯時間再切換成一般電力抽水。風力抽水的裝置可類似電梯的昇降原理，如此不但符合經濟效益，對市容也有美化的結果。
- (二)兩棟建築構成「」形間的通道所產生的風力，讓我們體會「大氣流動」的真象。雖然是大自然的小區域裡，當空氣流過通道時，流線密集、流速快，分子間的距離拉長，碰撞機會減少，壓力變小，周圍大氣的壓力向低壓處流動，使風力變大。
- (三)對於建物風向的變化，我們用以下的公式和圖來加以解釋：

$$\text{公式：} \frac{\zeta_{1+n_1}}{D_1} = \frac{\zeta_{2+n_2}}{D_2} = \frac{\zeta_{3+n_3}}{D_3} = \text{常數}$$



公式中的  $\zeta$  是風速產生的相對渦旋度，當其為正值時作逆時針旋轉運動，為負值時是作順時針運動。由於我們考慮的不是大尺度運動，不需要考慮因地球自轉產生的偏向力，所以大致上  $\zeta_1 = \zeta_2 = \zeta_3$ 。當風接近建築物時，風吹的高度由  $D_1$  減為  $D_2$ ，為了維持比值的常數， $\zeta_3$  值亦變大而成正值，風向很快的逆時鐘方向轉，而形成我們所測量的結果（如下圖）。而離建物越近的地方的偶陣風乃紊流中的尾流所造成的。



## 八、參考資料

經濟雜誌週刊 175 期、光復書局出版的光復科學圖鑑 20「能源」79 頁及大英科技百科全書、環華出版的環華百科全書第三冊 480、481 及 486 頁。

## 評語

- (一)本作品自製簡易的風速計，來測量風力的大小，從最簡單的設計，到逐漸改善的演進過程，均仔細探討其優劣所在，頗具科學精神。
- (二)利用自製風力計，測量台北科技大樓、台電大樓樓頂的風力，來討論地形的影響，很實際有趣。
- (三)對高樓地形效應的的原理解釋，對國小學生而言，似嫌過於深奧，不容易理解，可不必太勉強學生死記。
- (四)建議對自製風力計，該做校驗的處理，以提高結果的正確性。