

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 物理科

佳作

080112

無風區的奧秘

學校名稱：新北市新莊區丹鳳國民小學

作者： 小六 余信宏 小六 張皓程 小四 王鎮洵	指導老師： 林俊成 簡樹文
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：無風區、立體無風區、測風儀

## 無風區的奧秘

摘要：風吹過物體後，會在物體的後面形成無風的區域，本研究及透過自製的儀器測量，並描繪出在不同情況下，無風區的形狀及大小，且驗證無風區面積大小與阻力的關係。

### 一、研究動機：

有一天氣溫寒冷且北風吹號，我們到操場上體育課，雖然我穿很多衣服，但仍然感到寒風刺骨，趁老師未到先躲到大樹幹的後面躲避寒風，咦？一躲到樹後，立刻感到體溫上升溫暖許多，但在後退幾步或稍向左右偏移，立刻寒氣襲來，為什麼會這樣呢？老師說：「因為你剛好躲在樹後的無風區，吹不到寒風，當然覺得溫暖，當你踏出無風區，寒風立即吹來所以又冷了起來。」聽了老師的回答，使我對無風區產生了許多疑問，無風區的面積和大小，和物體的形狀有關嗎？無風區面積的大小和物體的長寬有關嗎？若有二個物體以上，它們不同組合的型態會影響無風區面積的大小和形狀嗎？為解決心裡的疑問，於是在老師的指導下做了這個研究。

### 二、研究目的：

- 〈一〉自製能測量風力的儀器。
- 〈二〉探究物體形狀和無風區的關係。
- 〈三〉探究二個物體以上的組合位置和無風區的關係。
- 〈四〉探究不同柱體的立體無風區的差異。

### 三、研究問題：

- 〈一〉能製造出便於測量風力的儀器嗎？
- 〈二〉物體的形狀和無風區的形狀及面積有關嗎？
- 〈三〉物體的高低和無風區的形狀及面積有關嗎？
- 〈四〉物體迎風面的寬度和無風區的形狀及面積有關嗎？
- 〈五〉物體的側面的長度和無風區的形狀及面積有關嗎？
- 〈六〉柱體不同迎風面角度和無風區的形狀及面積有關嗎？
- 〈七〉二物體的橫隔間距或直隔間距和無風區的形狀及面積有關嗎？
- 〈八〉橫列的物體數量和無風區的形狀及面積有關嗎？
- 〈九〉物體組合的型態和無風區的形狀及面積有關嗎？
- 〈十〉圓柱形態不同的變化它的立體無風區的空間是否也不同？
- 〈十一〉無風區面積的大小和形體對風的阻力有相關嗎？

### 四、研究器材：

西卡紙製造的圓柱、三角柱、四角柱、方格紙、自製測風力儀器、風扇、直筒風洞、碼錶、轉速計、熱熔槍、吸管、保麗龍膠。

### 五、研究過程及方法：

#### 問題〈一〉能製造出便於測量風力的儀器嗎？

**第一代儀器**：製作方法→利用窗簾導輪配上小塑膠片組合成為風車狀，再測出轉速來表示風力的大小。

實驗測風力結果我們發現，用窗簾導輪磨差力大，轉速不順，時快時慢，所以我們認為此儀器不理想，於是改良設計第二代儀器。

**第二代儀器**：製作方法→我們將窗簾導輪改成用釣魚的浮標，加上扇葉並利用迴紋針當做支架，

製成第二代儀器。

實驗測試結果，我們覺得雖然比第一代順暢，但是儀器快轉時會震動，靈敏度仍不足，因此我們再設計第三代儀器。

**第三代儀器**：製作方法→我們選用更細小的浮標，加上四片小塑膠片做成測轉速儀器，比前兩代儀器靈敏多了，而且測風力的面積可小至 1.5 平方公分。但是我們仍不滿意，因此利用各種零件再改良儀器，看是否能做出轉速更快的第四代儀器。

**第四代儀器**：製作方法→我們利用錄音帶小導輪，加上四片塑膠扇葉，真的提升了測試的轉速。

**第五代儀器**：小風扇的測試儀器雖然靈敏，但是在小空隙測試時，非常容易碰到柱子而停止，因此我們放棄測轉速的測試方式，改以保麗龍球漂浮的型式來製作第五代的測試儀器，結果在細小的測試空間也能測出風力值。所以我們就以此儀器展開以下的實驗。

### 問題〈二〉物體的形狀和無風區的形狀及面積有關嗎？

**實驗〈一〉方法〈1〉**我們用西卡紙做成截面寬度相同 3 CM 的圓柱、三角柱、四角柱、水滴形狀等形體。

〈2〉分別放置在距離直筒風洞出口相等距離的位置。

〈3〉以自製儀器測量靠近物體邊緣周圍的風力及風向。

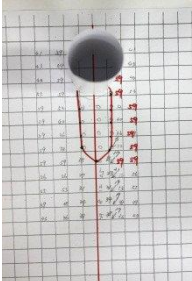
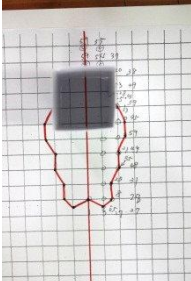
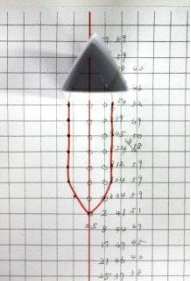
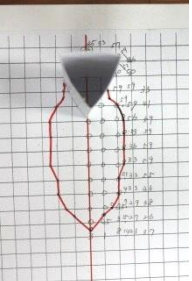
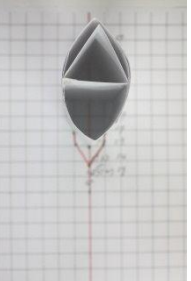
〈4〉描繪出無風區的形狀，並算出無風區的面積。

**實驗結果**：我們發現〈1〉各個形體風力最強的位置是在距離物體 1CM 處。

〈2〉每個形體後面的無風區形狀都不一樣，如圖①→圖⑤。

〈3〉每個形體後面無風區面積的大小分別是倒三角柱最大，面積達 36 平方公分，水滴形最小，面積只有 2.1 平方公分。及表〈一〉。

表〈一〉各形體後無風區的形狀及大小實驗記錄

形體 測量 項目	圓柱	四角柱	正三角柱	倒三角柱	水滴狀柱
無風區 的形狀					
無風區 的面積	10.5 平方公分	21 平方公分	18 平方公分	36 平方公分	2.1 平方公分

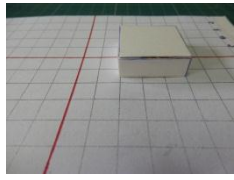
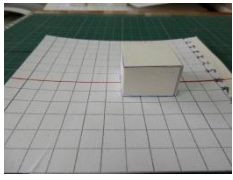
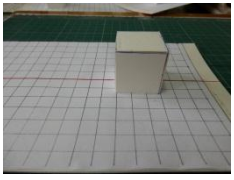
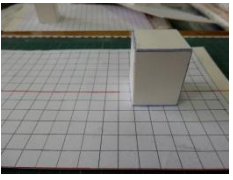
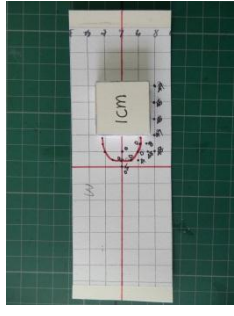
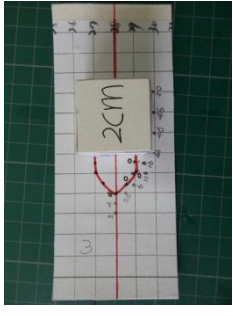
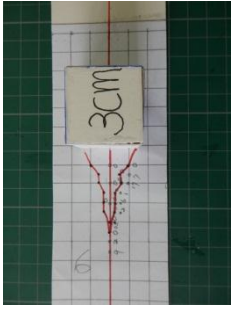
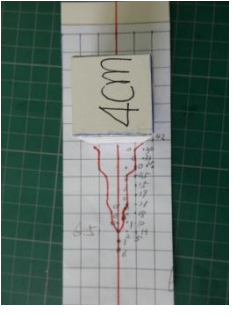
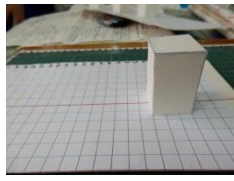
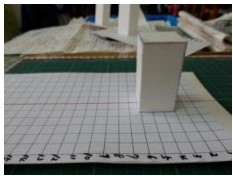
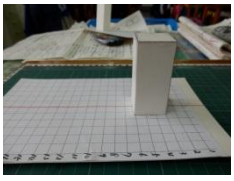
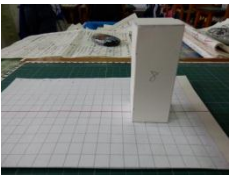
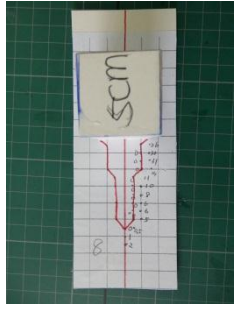
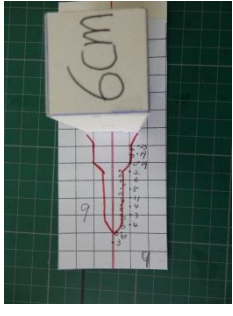
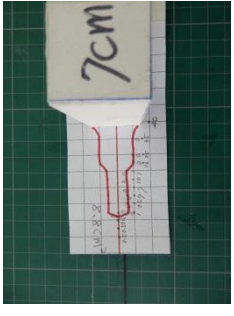
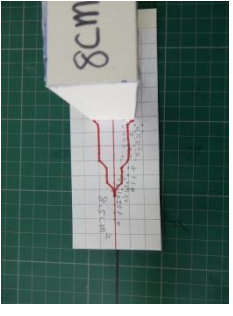
〈4〉迎風面是平面時，無風區的面積比迎風面成角或曲面時大了許多，因此我們以四角柱不同寬度的迎風面來觀測其無風區的大小。

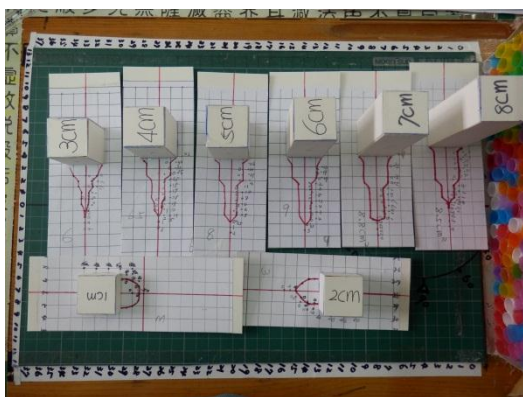
### 問題〈三〉柱體高低和無風區的形狀及面積有關嗎？

**實驗〈二〉方法**同實驗〈一〉，但入風口降為 1CM，並以相同的四角柱，柱體高度分別為 1CM、2CM、3CM、4CM、5CM、6CM、7CM、8CM，分別測出無風區的形狀及大小。

**實驗結果**：我們發現，高度 1CM、2CM 時，無風區的面積很小，但從 3CM 起無風區面積就迅速增加，其中高度 6CM 時的無風區面積最大，但 7CM 和 8CM 時反而略微減少。

表〈二〉柱體無風區高低與無風區形狀及大小實驗記錄：

柱體 高低 項目				
無風區 形狀				
無風區 面積	3CM <sup>2</sup>	3CM <sup>2</sup>	6CM <sup>2</sup>	6.5CM <sup>2</sup>
大小 順序	7	7	6	5
柱體 高低 項目				
無風區 形狀				
無風區 面積	8CM <sup>2</sup>	9CM <sup>2</sup>	8.8CM <sup>2</sup>	8.5CM <sup>2</sup>
大小 順序	4	1	2	3



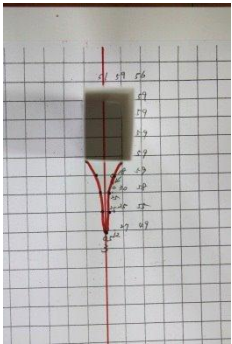
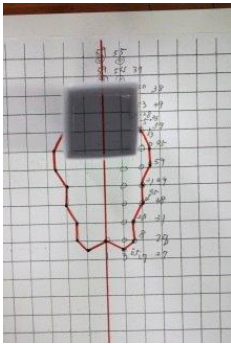
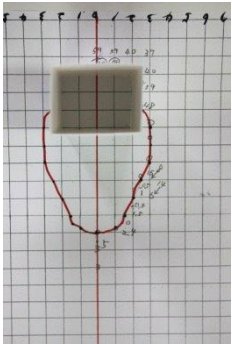
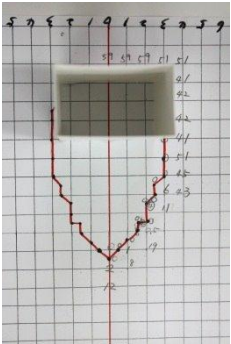
### 問題〈四〉物體迎風面的寬度和無風區的形狀及面積有關嗎？

**實驗〈三〉**方法：同時驗〈一〉的方法，但我們將形體改成四角柱，它們的長度相同，但迎風面的寬度分別為 2 公分、3 公分、4 公分、5 公分。

**實驗結果：**我們發現：

- 〈1〉 迎風面的寬度越寬時，無風區的面積越大，尤其寬度從 2CM 增為 3CM 時，無風區的面積增加了 8.4 倍，但寬度從 4CM 增加 5CM 時，無風區面積卻幾乎沒有增加。如表〈三〉

表〈三〉不同迎風面寬度的無風區形狀及大小實驗記錄

迎風面寬度 測量 項目	2CM	3CM	4CM	5CM
無風區 的形狀				
無風區 的面積	2.5 平方公分	21 平方公分	29.5 平方公分	30 平方公分

- 〈2〉 我們懷疑既然迎風面的寬度和無風區的面積關係密切，那麼側風面的長度是否也跟無風區的面積有關呢？所以我們再做下個實驗。

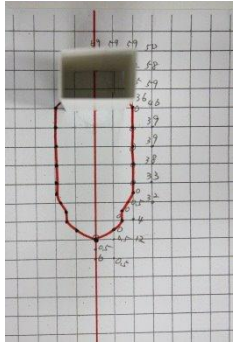
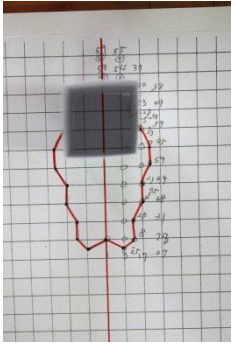
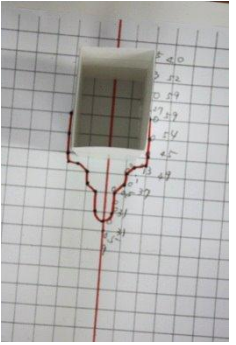
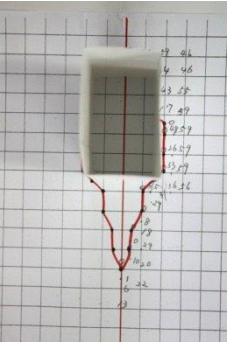
### 問題〈五〉物體的側面的長度和無風區的形狀及面積有關嗎？

**實驗〈四〉：**方法同實驗〈一〉的方法，但是我們將形狀改成迎風面寬度相同〈3 公分〉而長度分別為 2CM、3CM、4CM、5 CM 的四角柱。

**實驗結果：**我們發現，側面的長度愈短，無風區的面積反而越大，尤其側面長度從 3CM 增為 4CM 時無風區面積從 23 平方公分驟減為 9 平方公分，變化最大。形狀由近橢圓形變成尖錐狀。如表〈四〉

表〈四〉不同長度物體的無風區形狀及大小實驗記錄

物體長度 測量 項目	長 2CM	長 3CM	長 4CM	長 5CM

無風區的形狀				
無風區的面積	23 平方公分	21 平方公分	9 平方公分	9 平方公分

**問題〈六〉柱體不同迎風面角度和無風區的形狀及面積有關嗎？**


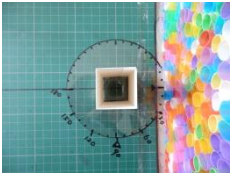


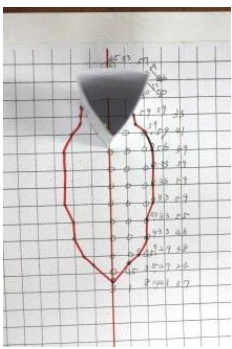
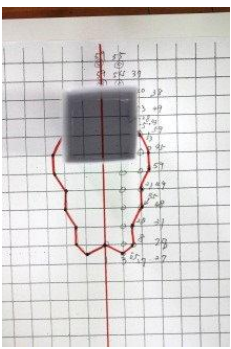
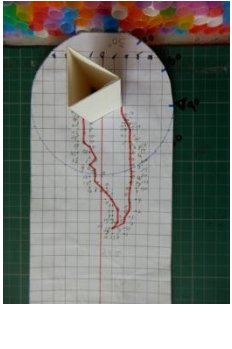
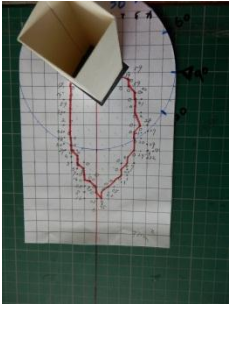
實驗〈五〉：我們設計一個可以旋轉角度的圓形底座，在底座上分別黏上四角柱和三角柱，在柱體的中心線作記號，做為迎風角度的基準線。風從 0 度、30 度、60 度、90 度吹入，關測無風區的形狀及面積大小的變化。

實驗結果：我們發現→●以三角柱而言，當迎風面角度是 0 度時，無風區面積最大達  $36\text{CM}^2$ ，60 度時最小只有  $18\text{CM}^2$ ，剛好是 0 度的二分之一。而 30 度和 90 度都是  $24.5\text{CM}^2$ 。

●以四角柱而言，當迎風面成 30 度時無風區面積最大達  $33\text{CM}^2$ ，0 度和 90 度時最小都是  $21\text{CM}^2$ 。

●不管三角柱或四角柱當它和迎風面角度不對稱時，無風區的形狀也呈現歪斜狀，如下表：

表〈五〉不同迎風角度與無風區形狀及面積實驗記錄：

迎風角度	0 度		30 度	
項目	三角柱 	四角柱 	三角柱 	四角柱 
無風區形狀				
無風區面積	$36\text{CM}^2$	$21\text{CM}^2$	$24.5\text{CM}^2$	$33\text{CM}^2$
迎風角度	60 度		90	
項目	三角柱	四角柱	三角柱	四角柱

	18CM <sup>2</sup>	25.5CM <sup>2</sup>	24.5CM <sup>2</sup>	21CM <sup>2</sup>

**問題〈七〉物體的橫隔間距或直隔間距和無風區的形狀及大小有關嗎？**

**實驗〈六〉**方法：同實驗〈一〉，但我們控制二個圓柱、二個正四角柱及二個三角柱，他們之間的橫隔距離分別 4CM、3CM、2CM、1CM、0CM，比較其無風區的形狀及大小。

**實驗結果：**如表〈六〉

**表〈六〉不同橫格間距的無風區形狀及大小實驗記錄**

柱子 形狀	柱子 間隔 測量 項目	0CM	1CM	2CM	3CM	4CM
		無風區 形狀				
	無風區 面積	36 平方公分	28 平方公分	11 平方公分	11 平方公分	10 平方公分
三角 柱	無風區 形狀					
		無風區 面積	90 平方公分	96 平方公分	59 平方公分	27 平方公分

四角柱	無風區形狀					
	無風區面積	64 平方公分	34 平方公分	24 平方公分	26 平方公分	16 平方公分

結果我們發現：〈1〉從無風區的圖形來看，圓柱和正四角柱只要中間有空隙時，無風區的圖形就會被切成二部份；實驗中倒三角形卻最為奇特，雖然他們中間相隔 1CM，但無風區卻沒有被氣流切分成二部份，只是凹下去一點點而已。

〈2〉在相同條件下，倒三角形柱的無風區面積 > 四角柱 > 圓柱。整體來看，倒三角柱形成的無風區面積約是圓柱的 3 倍，而正四角柱則約為圓柱的 2 倍。

〈3〉圓柱和四角柱的無風區都是以沒有空隙時為最大，而間隔越大，無風區越小。但是倒三角柱最特殊，它是在間隔 1CM 時無風區最大，達 96 平方公分。

〈4〉圓柱和倒三角柱，他們間隔 2CM 時無風區的面積迅速縮小，約縮減了 1/2。但四角柱則只要間隔 1CM 就驟減約為原來的一半。

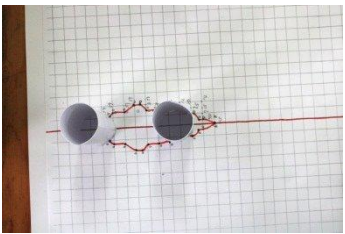
實驗〈七〉：方法：同實驗〈六〉但是我們將橫隔間距改為直行的距離。

實驗結果：我們發現，直行間距越長，無風區的面積緩慢增加，但增加的面積相差沒有很大。

表〈七〉不同直行距離的無風區形狀及大小實驗記錄

柱子形狀	柱子間隔 測量 項目	0CM	1CM
		無風區形狀	
無風區面積		6 平方公分	6.5 平方公分
圓柱		2CM	3CM
	無風區形狀		
	無風區面積	11 平方公分	13 平方公分
		4CM	



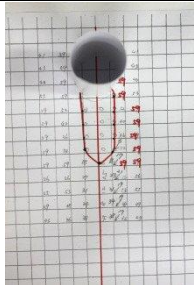
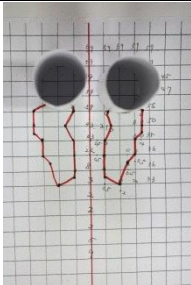
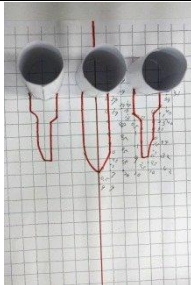
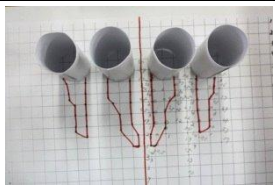
	無風區形狀		
	無風區面積	15 平方公分	

**問題〈八〉橫列的物體數量和無風區的形狀及面積有關嗎？**

**實驗〈八〉：**方法：同實驗〈六〉，我們已間隔 1 CM，測試圓柱分別為 1 個→4 個，測試無風區面積的形狀及大小。

**實驗結果：**我們發現：〈1〉圓柱數量由 2 個、3 個或 4 個時，它們形成的無風區面積變化不大。  
 〈2〉2 個 > 4 個 > 3 個 > 1 個，但無風區面積相差只有 4 平方公分。

**表〈八〉不同數量橫列物體的無風區形狀及大小實驗記錄**

橫列柱子個數 測量項目	一根圓柱	二根圓柱	三根圓柱	四根圓柱
無風區形狀				
無風區面積	10.5 平方公分	28 平方公分	24 平方公分	26 平方公分

**問題〈九〉物體組合形態和無風區的形狀及大小有關嗎？**

**實驗〈九〉：**方法：同實驗〈一〉，但我們將圓柱組合成，



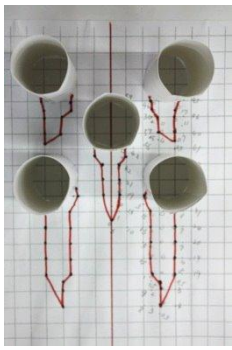
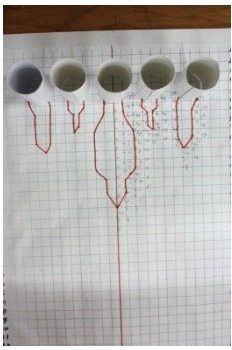
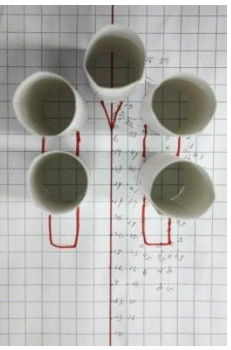
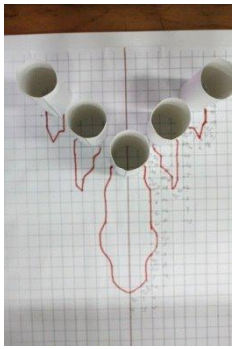
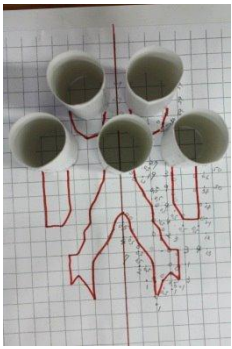
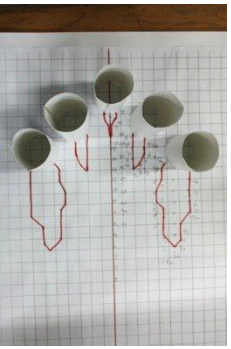
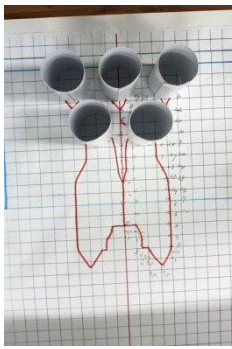
等各種組合形態，測量形成的無風區形狀及大小。

**實驗結果：**我們發現：

〈1〉無風區面積以  為最大，達 64 平方公分， 為最小，只有 12 平方公分。

〈2〉 形狀上  和  剛好相反， 的中間無風區最短小，而  則是中間無風區最大最長。如表〈九〉

表〈九〉不同組合形態的無風區形狀及大小實驗記錄



無風區形狀			
無風區面積	27 平方公分	30 平方公分	12 平方公分
無風區形狀			
無風區面積	58 平方公分	40 平方公分	38 平方公分
無風區形狀			
無風區面積	64 平方公分		

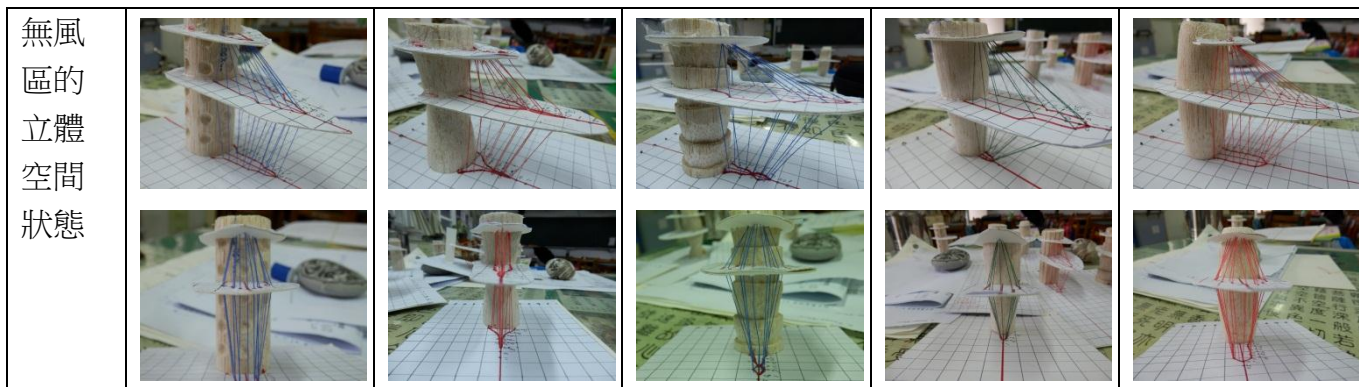
### 問題〈十〉圓柱形態不同的變化它的立體無風區的空間是否也不同？

實驗〈十〉我們的想法→我們前面的每一個實驗，測量風力的高度都是在 5CM 的位置〈即測量器的開口與底面距離 5CM〉，但是在問題〈三〉測量柱體的高度時，我們必須將風力器開口降低〈否則無法測量柱高較低得柱形〉，這時我們腦中忽然有了個想法，如果我們將低、中、高三層的無風區串連起來形成立體狀，那麼不是能更具體的表達出無風區的空間嗎？而且我們也想探究如果圓柱的形狀有所變化時，無風區的形狀及空間是否也不同呢？於是就做了這項探討。

實驗方法：我們改變各種圓柱的造型，原本分別在柱體的 1CM、3CM、5CM、7CM 處做無風區的測量，再用有顏色的縫衣線串聯成無風區的立體空間，但結果我們發現測量的無風區間格太密集，縫衣針很難操作串聯色線，且都是以中間 5CM 處的無風區最大，而越往上下兩端則越來越小，所以我們改成在 1CM、5CM、7CM 處測量串聯成立體空間。如下表：

表〈十〉圓柱形態不同變化立體無風區的形狀及大小實驗記錄：

圓柱 形態						
	<p>項目</p> <p>②                      ③                      ①                      ⑧                      ⑤</p>					
面積 變化	上	2	3	4.5	0.5	0.5
	中	12.5	11	28	7.5	10
	下	3	1	4	3.5	2
	合	17.5	15	36.5	11.5	12.5
無風 區的 立體 空間 狀態						
圓柱 形態						
	<p>項目</p> <p>⑤                      ⑩                      ⑥                      ⑨                      ④</p>					
面積 變化	上	1	1	0.25	0.5	0.5
	中	8	3	11	9	10.5
	下	3.5	1.5	1	0.5	3.5
	合	12.5	5.5	12.25	10.5	14.5



### 問題〈十一〉無風區面積的大小和形體對風的阻力有關嗎？

我們懷疑是否物體後面無風區的面積越大，該物體對風的阻力也越大，為解決此疑問我們用三組無風區面積不同的形狀來比較，他們對風的阻力。

**實驗〈八〉：**方法：我們取實驗〈一〉的倒三角柱和正三角柱，實驗〈二〉的迎風面寬度 5 CM 和 2CM 比較它們阻力的差別。

阻力的測試方法：我們在相同的四輪車上分別裝上如上述的二組型體，啟動風扇時先用手擋住四輪車，放開後測試氣流將四輪車從 10CM 推到 36CM 處所需要的時間。

我們以測得的時間值表示風的阻力。

**實驗結果：** 如表〈八〉

表〈八〉無風區面積的大小與阻力關係記錄表實驗記錄

無風區照片				
測試型態				
無風區面積	36CM <sup>2</sup>	18 CM <sup>2</sup>	30 CM <sup>2</sup>	2.5 CM <sup>2</sup>
阻力值	3 秒	6 秒	2 秒	7 秒

我們發現：〈1〉阻力的大小除了和無風區的面積關係密切外，和迎風面的大小也有關連。所以在實驗中發現無風區面積達 30 平方公分且迎風面寬 5 公分的四角柱阻力最大。其次是無風區面積達 36 平方公分、迎風面寬為 3CM 的倒三角柱。

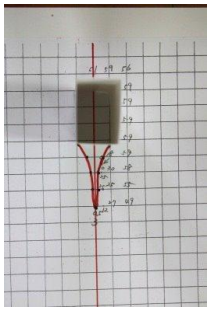
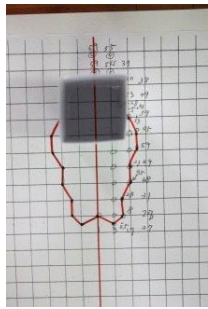
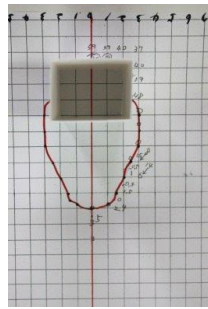
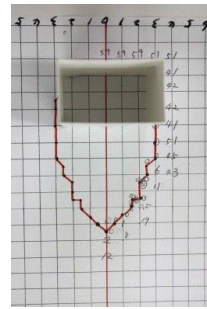
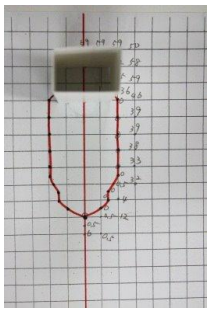
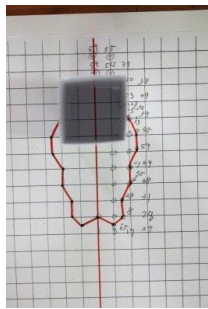
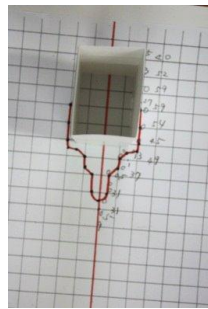
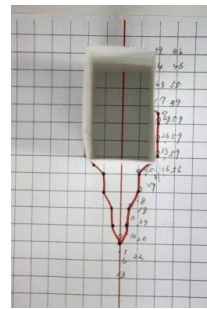
〈2〉阻力最小則是無風區最小，且迎風面也最窄的四角柱。

### 六、討論與結論：

〈一〉實驗〈一〉裡我們發現，五種基本柱型的最大寬度一樣，但迎風面是平面的柱型，它的無風區面積比迎風面成曲面或角狀的大了非常多。如四角柱是水滴狀柱體的 10 倍，而到三角柱更是水滴狀柱體的幾近 18 倍。

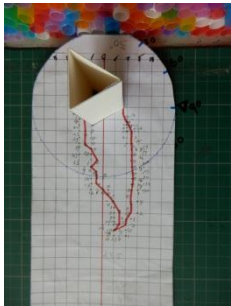
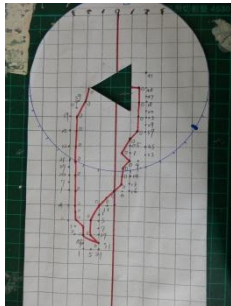
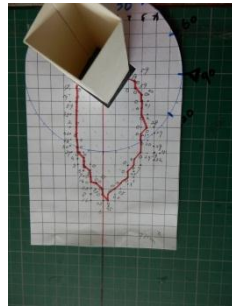
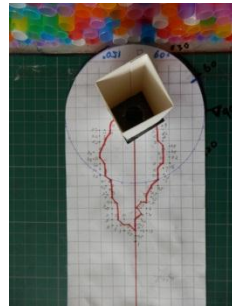
〈二〉在實驗〈二〉我們發現柱體的高度確實會影響無風區的大小，當柱體高度在 1、2CM 時，無風區面即很小，但從 3CM 起無風區面積迅速增加，到達 6CM 時無風區面積最大。

〈三〉由實驗〈三〉和實驗〈四〉我們看出，測試的四角柱正好是 4 種柱型被氣流從互相垂直的方向吹拂所產生的無風區圖形，我們將兩組無風區面積相加，結果以正四角柱的值最大，2X3 的四角柱最小，而 4X3 和 5X3 的四角柱雖柱型較大卻具有第二的無風區面積。因此我們覺得，在室外的公共建築的柱型，可做成扁長形四角柱，且將較窄的面朝向經常有強風的方向。這樣的柱型又堅固又有較低的風阻。

實驗〈二〉柱型				
無風區面積	2.5 平方公分	21 平方公分	29.5 平方公分	30 平方公分
實驗〈三〉柱型				
無風區面積	23 平方公分	21 平方公分	9 平方公分	9 平方公分
兩無風區面積和	25.5 平方公分	42 平方公分	38.5 平方公分	39 平方公分

〈三〉由實驗〈五〉中知道迎風面的角度確實會影響無風區的大小。

◎若迎風角度沒有和物體對稱時，所形成的無風區也是歪斜的。

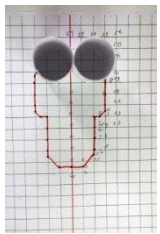
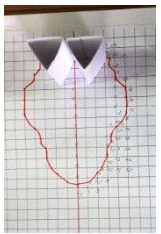
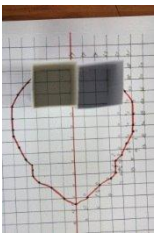
三角柱 30 度	三角柱 90 度	四角柱 30 度	四角柱 60 度
			

◎當三角柱和迎風面成 0 度時，無風區面積最大，有  $36\text{CM}^2$ 。

◎四角柱和迎風面成 30 度時，無風區面積最大，有  $24.5\text{CM}^2$ 。

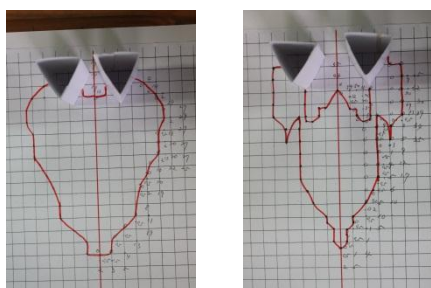
〈四〉在實驗〈六〉中三種不同柱型的不同橫向間距我們也發現很有趣的無風區圖樣及現象：

〈1〉當柱型之間沒有空隙時，3 種柱型組合都呈現完整無風區圖塊，而且面積也最大。其中又以倒三角柱的無風區面積最大。

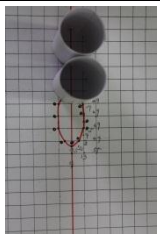
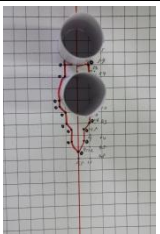
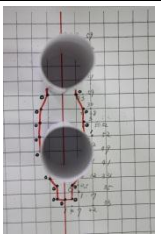
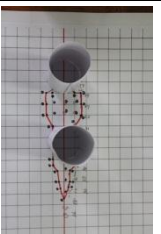
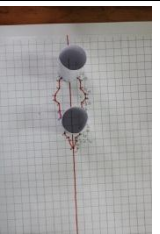
間距為 0 的無風區圖樣			
無風區面積	36 平方公分	90 平方公分	64 平方公分

〈2〉圓柱和正四角柱在測試時，只要柱子中間一有空隙，就會將無風區圖塊一分為二，形成左右兩塊互相對稱的無風區圖塊。從兩組柱型測試數據可看出，正四角柱的無風區面積約是圓柱的 2 倍。

〈3〉最特殊的是倒三角柱的無風區圖樣，三角柱間距是 1→2CM 時，後方的無風區竟然沒被氣流切開，間距 1CM 時在兩柱型間內凹一些，呈現出所有實驗組合最大的無風區面積，是 96 平方公分的心形圖塊。更奇特的是在間距 2CM 時，內凹加大，後方無風區縮小後形成一個有雙螯的龍蝦狀無風區圖塊，且無風區面積也達到 59 平方公分。整體來看倒三角柱的無風區面積約是圓柱的 3 倍。



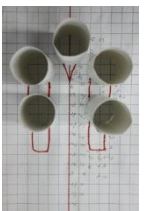
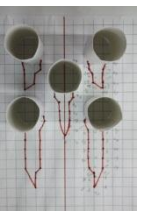


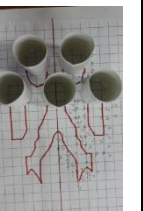
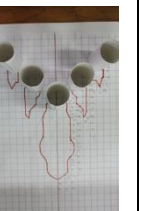
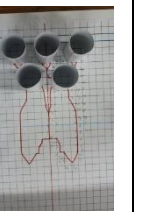
〈六〉實驗〈七〉種我們只用無風區最小的圓柱做直向間距的測試，我們發現到，無風區面積隨著間距加大而加大。

圓柱不同間距圖樣					
無風區面積	6 平方公分	6.5 平方公分	11 平方公分	13 平方公分	15 平方公分

〈七〉實驗〈八〉裡，圓柱的無風區並沒有因為柱子的數量增加而倍增，兩根圓柱時反而最大，是 28 平方公分，隨著圓柱增加無風區面積反而減少。柱子數量是偶數時，左右無風區圖塊是對稱的，然而奇數時，中間圓柱後方會出現寶劍形無風區圖樣。

〈八〉在利用五根圓柱組合出不同柱型的實驗〈九〉裡，我們發現到：

〈1〉不同柱型組合無風區面積比較

柱型組合圖							
無風區面積	12CM <sup>2</sup>	27 CM <sup>2</sup>	30 CM <sup>2</sup>	38 CM <sup>2</sup>	40 CM <sup>2</sup>	58 CM <sup>2</sup>	64 CM <sup>2</sup>

大小順序	最小→1	2	3	4	5	6	最大→7
------	------	---	---	---	---	---	------

〈2〉同樣是 5 根圓柱排列組合，在無風區的表現上仍有很大的差別，若建築的柱型組合，可採用無風區最小的五角形柱陣，會產生最小的風阻。

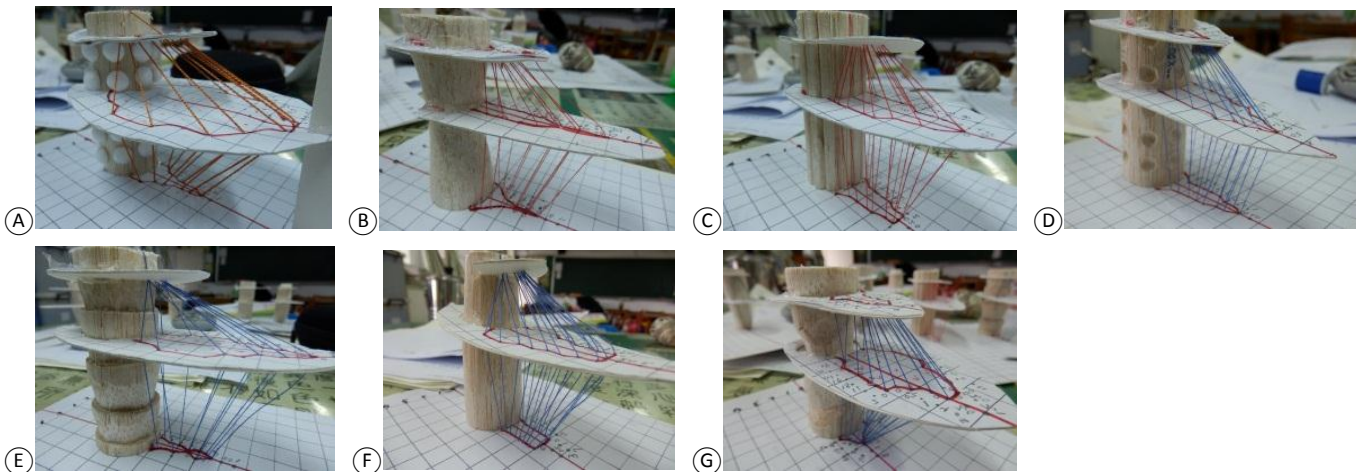
〈3〉V 字形排列時因為像一個容器，把風收納後呈外八字形噴出，在正中圓柱後形成很大的無風區面積達 58 平方公分；但是倒 V 字形柱型的無風區卻馬上縮小 20 平方公分的面積，且變成中間最小兩邊較大的無風區圖樣，風道也改變成內八字形。

〈4〉像奧運圖樣的圓柱陣形，產生的無風區面積最大，達到 64 平方公分；倒過來的奧運標誌陣形卻產生像機器人圖樣的無風區區塊，面積立即縮小 27 平方公分。由此可見，建築物的柱子組合形態在設計時真的需要多多思量呢！

〈九〉在實驗〈十〉中我們得知：

◎因圓柱外表的型態不同，所形成的立體無風區形狀和大小變化也很大。

◎圓柱外面有凸起的圓粒時，形成的立體無風區面積最大，上、中、下三層無風區總合達到  $36.5\text{CM}^2$ 。這使我們想起都市裡某些大樓建築，有時為了美觀或空間的應用，會將窗台外推、增建鐵窗、加掛廣告招牌、設置突出的造型等……，這種情況就和我們的實驗結果相同，會使得建築物受到更大的風阻。如下圖 A

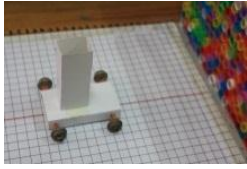


◎而受風阻力最小的柱體形狀是中間細小、上下較粗〈如上圖 B〉，但是實際建築物因為牽涉到建築工法、材料力學等因素，應該很少見到這種型態的建築。

◎圖 C 在柱體上有直條狀凹槽，無風區比圓柱少了  $6\text{CM}^2$ ；圖 D 在柱體上具有凹洞，無風區面積減少了  $5\text{CM}^2$ ；如圖 E 將圓柱切削成相同層疊造型也比圓柱減少了  $5.25\text{CM}^2$ ，在台北市曾是世界第一高樓的 101 大樓就運用了圖 C、圖 D、圖 E 的三種特性使得風阻減小許多。

◎圖 F 的柱型是上細下粗，無風區面積減少了  $5\text{CM}^2$ ，圖 G 不斷稍微扭曲的柱型，不但造成無風區形狀偏移，也減少了無風區面積  $2.5\text{CM}^2$ ，這和我們見到的建築有什麼關係呢？這時我們突然想起，現在世界第一高樓是杜拜塔，他的高度已遠比 101 大樓高上許多，原本的抗減風阻的方法已不能使用，查閱了大量杜拜塔的图片，我們發現這位建築師也使用了圖 F、G 的減風阻方式，A 將底座設計成寬大穩固。B 建築越高越尖細。C 隨樓層上升時，讓樓層稍微扭轉方向，一直改變到頂樓，使得風無法在大樓的後方形成對稱的無風區，因此風阻大減。〈無風區對稱時風的作用力最大，若兩邊不對稱作用力減小〉。

〈十〉我們利用西卡紙製作的簡易四輪車，組合四組柱型後測試結果，我們知道影響風阻的因素不只有無風區的面積，還有迎風面的大小和造型。別把柱型設計成迎風面大、無風區也大，那時建築物可能在強風吹拂下搖搖晃晃的不安全。



七：心得與感想：

完成這個實驗後，我們深深的體會到自然界裡奧妙無窮。無形透明的風，當它通過每一樣物體後，都會在物體的後面形成各式各樣的無風區圖樣，而且這個無風區竟然和風阻有著密切的關係，讓我們想起老祖先為什麼這麼重視風水。日後當我們看到各式各樣的建築時，也想像自己當起小小建築師研究一番呢！真是有趣呀！

八：參考資料：

- 〈一〉新世紀科學百科全書 ----- 流體的力
- 〈二〉世界飛機圖像大百科



## 【評語】 080112

1. 測風計的設計，深具巧思，並且相當靈敏，是不錯的設計。
2. 以模型呈現三 D 無風區的方法，值得肯定。
3. 小組的傳達能力頗佳。