

# 我們的降落傘

## 高小組物理第二名

高雄縣岡山鎮前峯國民小學

作 者：李世泉等四名

指導老師：鄭華年、王明清

### 一、動機：

- 1去(68)年新聞報導我國主辦國際降落傘比賽，分別在台北和高雄市舉行表演跳傘技術。我和幾位同學也深深被這件事吸引着，但是由於要在學校讀書，不能親眼去看，失去了大好機會，至今仍後悔不已。
- 2.聽說台北市青年公園內跳傘的組織與設備。可惜當我們趁學校舉辦的旅行活動機會去參觀的時候，恰巧是休假期間，不能親身體認，深入了解。
- 3.所以我們幾個，憑着一股深誠，懇請老師指導下，決心做一些有關的實驗，作為我們自然科學的課餘活動。

### 二、理想的降落傘：

我們首先推想一個理想的降落傘必須具備的條件是：

- 1安全：降落傘的目的是使我們人類能以最輕便的方式，從空中安全落地。如果落地後受傷或不幸，那就不是科學了。
- 2穩定：降落傘的第二個要求是定點着陸，不要亂飄到大海裡去做娃娃魚。但是我們也已想到安全與穩定二者間，有的地方是可以互相配合的，可是有的問題却是互相抵觸的，於是更激起了我們研究實驗的興趣。

以上兩點就是我們研究實驗降落傘的主要目標。

### 三、實驗工具設計：

#### 1 降落傘：

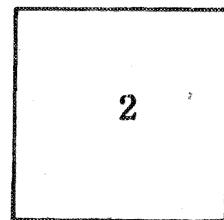
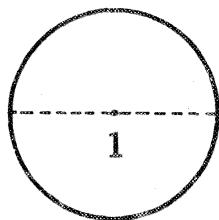
(1)材料：配合實驗的需要，分別用綢布和塑膠紙製成。

#### (2)形狀：

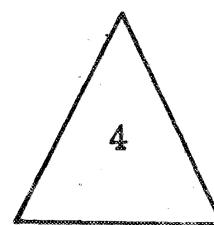
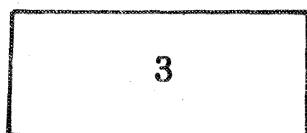
a.平面傘：必須硬，所以用壓克力作成以下幾種：

(a)面積相同，形狀不同：五種形狀如下，其面積都接近於

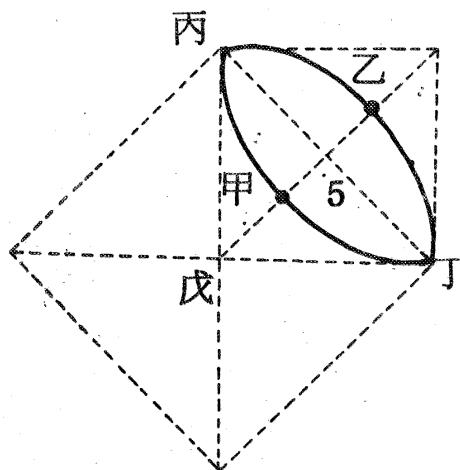
144 平方公分，所以以後的計算也都是以 144 平方公分爲基礎。



※ 1 號：圓直徑 13.55 公分   ※ 2 號：正方邊長 12 公分  
面積 = 144 平方公分                  面積 = 144 平方公分



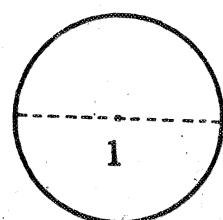
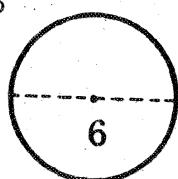
※ 3 號：長方形  $16 \times 9$  公分   ※ 4 號：正三角邊長 18.2  
面積 = 144 平方公分                  公分



面積 = 143.4 平方公分  
※ 5 號：梭形，由半徑（  
戊丁）爲 15.9 公分的二  
個  $\frac{1}{4}$  弧所構成，則：  
梭形面積 = 戊丁  $\times$  戊丁  
 $\times 3.14 \div 2 -$  戊丁  $\times$   
戊丁

所以梭形面積 = 4144.1 平方公分（丙丁的平方 =  $2 \times$  戊  
丁的平方，所以丙丁 = 22.5 公分，甲乙 =  $2 \times$  戊丁 -  
丙丁，所以甲乙 = 9.3 公分）

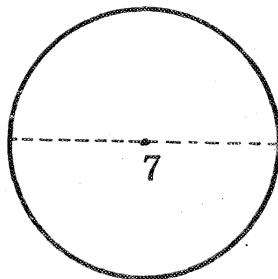
(b) 形狀相同，面積不同：形狀都用圓形，面積關係大約爲  
2 倍。



※ 6 號：圓直徑  $\approx$  9.6 公分   ※ 1 號：如前述

面積  $\approx$  72 平方公分

面積  $\approx$  144 平方公分

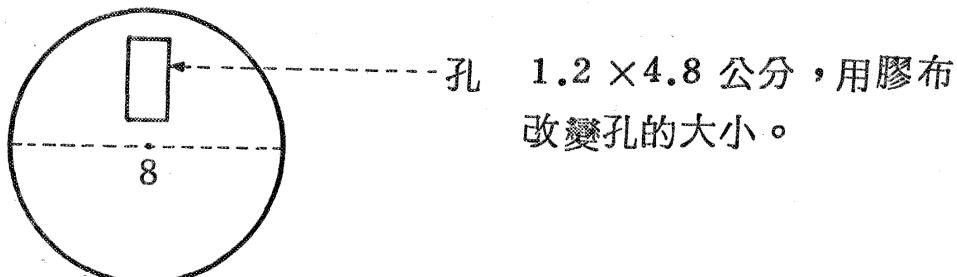


※ 7 號：圓

直徑  $\approx$  19.2 公分

面積  $\approx$  289 平方公分

(c) 形狀圓形面積都是 144 平方公分，所挖孔的大小，按面積的 1%，2%，3%，4% 計算，所以孔的面積分別接近於 1.44, 2.88, 4.32, 5.76 平方公分。



※ 8 號：圓直徑  $\approx$  13.55 公分，面積  $\approx$  144 平方公分

※ 22 號：圓直徑  $\approx$  13.55 公分，面積  $\approx$  144 平方公分  
但挖一圓孔，孔面積 72 平方公分。（圖略）

b. 立體傘：

(a) 布傘：供基本原理的求證用

甲 圓形傘鼓風後，切面積都接近於 144 平方公分，但所挖的孔按切面積的 0%，1%，2%，3%，4%，50%，所以孔面積分別接近於 0, 1.44, 2.88, 4.32, 5.76, 72 平方公分，傘的編號依次為 9, 10, 11, 12, 13, 21 號五種。

乙. 鼓風後切面積：接近於 144 平方公分。

丙. 根據實驗，鼓風後的凸起高度與降落速度，沒有太大關係，所以不研究。

丁. 八線，每線長約為切面直徑的 2 倍。

戊. 孔的大小如前述。

力。以 2.5 克的鐵圈代替人體。

六。布和線都很輕，其重量和在空氣中的浮力，可忽略。

乙鼓風後切面積都接近於 144 平方公分，都不挖孔，但形狀分別為正方形、長方形各一個，編號 14,15。（參看實物）

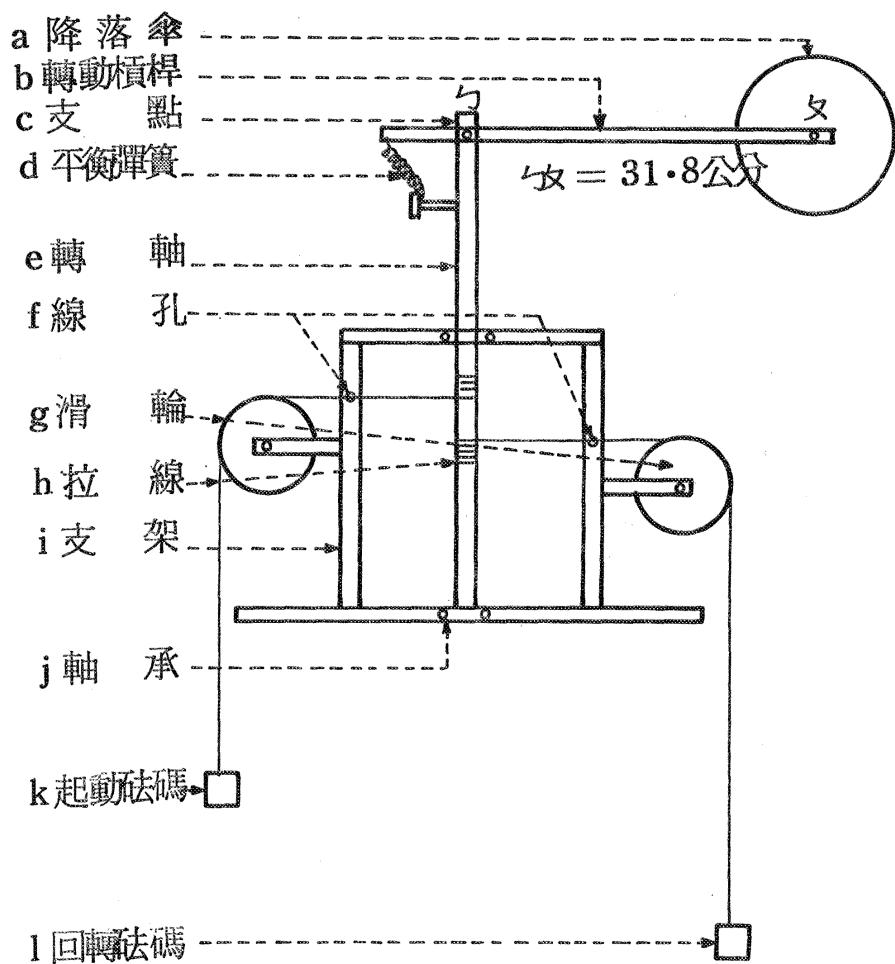
(b) 塑膠傘：供穩定測試用

甲鼓風後切面積都接近於 144 平方公分，所挖孔都接近切面積的 4 % 即 5.76 平方公分，一律掛 2.5 克的鐵圈，但切面形狀分別為圓形、正方形、長方形、梭袋形，編號為 16,17,18,19。（參看實物）

乙鼓風後切面積接近於 144 平方公分，不挖孔，梭袋形，編號 20（參看實物）。19,20 兩號傘就是“我的降落傘”。

2 空氣阻力實驗器：因為空氣有阻力，所以降落傘才會慢慢地飄下來。為了測定空氣的阻力，我們研究出一種簡易的空氣阻力實驗器。

(1)構造：



(2)操作方法：

- a. 把要測定的降落傘固定在(1)的位置（即**夕**）。並使橫桿平衡。
- b. 把拉線繞在轉軸上，掛上適當的砝碼，放手後轉動橫桿即可轉動。
- c. 用停錶測定轉動時間，數出轉數，即可測定轉速，以供研究。
- d. 在降落傘位置改掛彈簧稱，可以測定空氣阻力及上昇力。

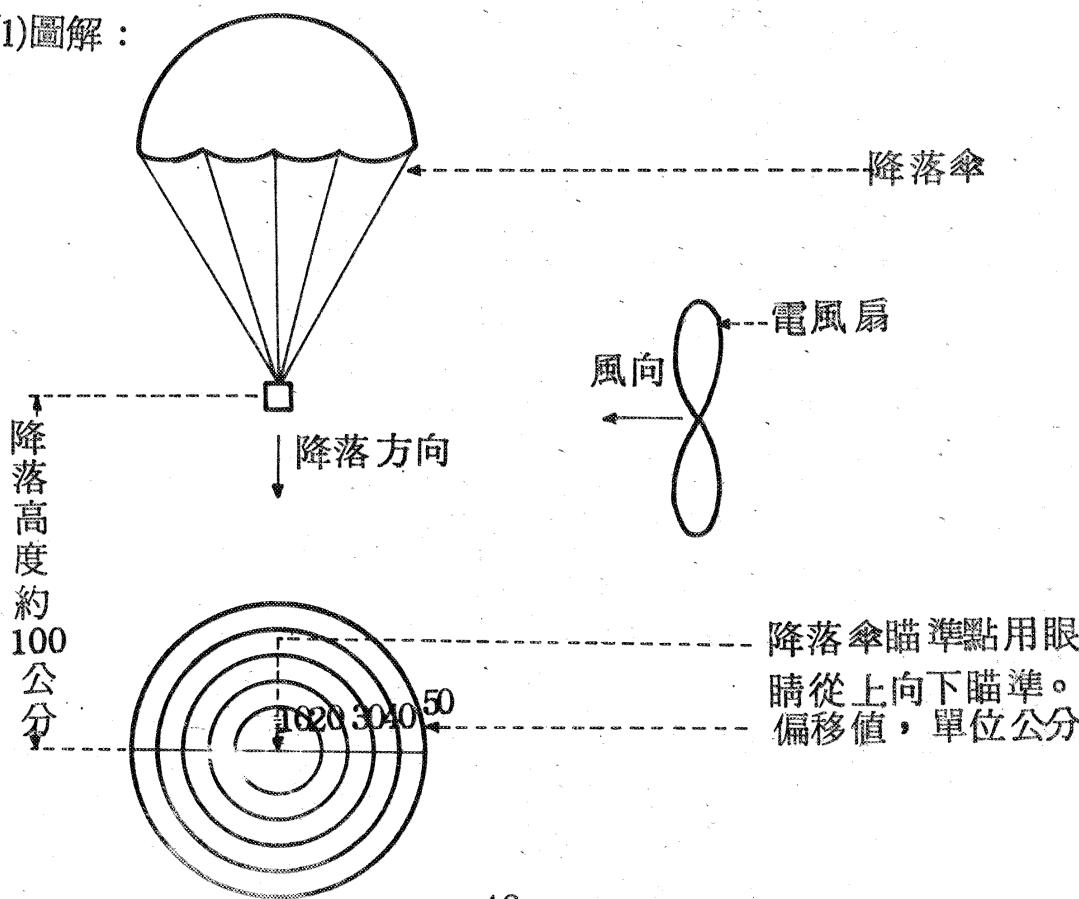
(3)檢討：

- a. 本機由於結構關係，轉速不能太快，若做上昇力的測定時，轉速如果太快，必定會產生離心力，以致影響上昇力。
- b. 轉動時注意安全，尤是眼睛。
- c. 任何轉動機械皆有摩擦力，所以本機採用鋼珠軸承，儘量使動摩擦減少。同時第一圈的時間和圈數都不計，就可以避免靜摩擦的誤差。再求多次實驗的平均值，對空氣阻力的誤差就會很少了。
- d. 起動砝碼的值，減去回轉砝碼的值，才是實在的力量值。
- e. 本機實際上是一個輪軸的關係，所以實際的施力是有變化的。經過多次實驗結果，砝碼量與實際施力如下：兩者的力量比約為 45 : 1 。

砝碼量(克)	600 克	486.6	429.3	400	200
實測施力(克)	13.3 克	10.8	9.5	8.9	4.4

### 3. 穩定測試設計：

(1) 圖解：



(2)操作方法：

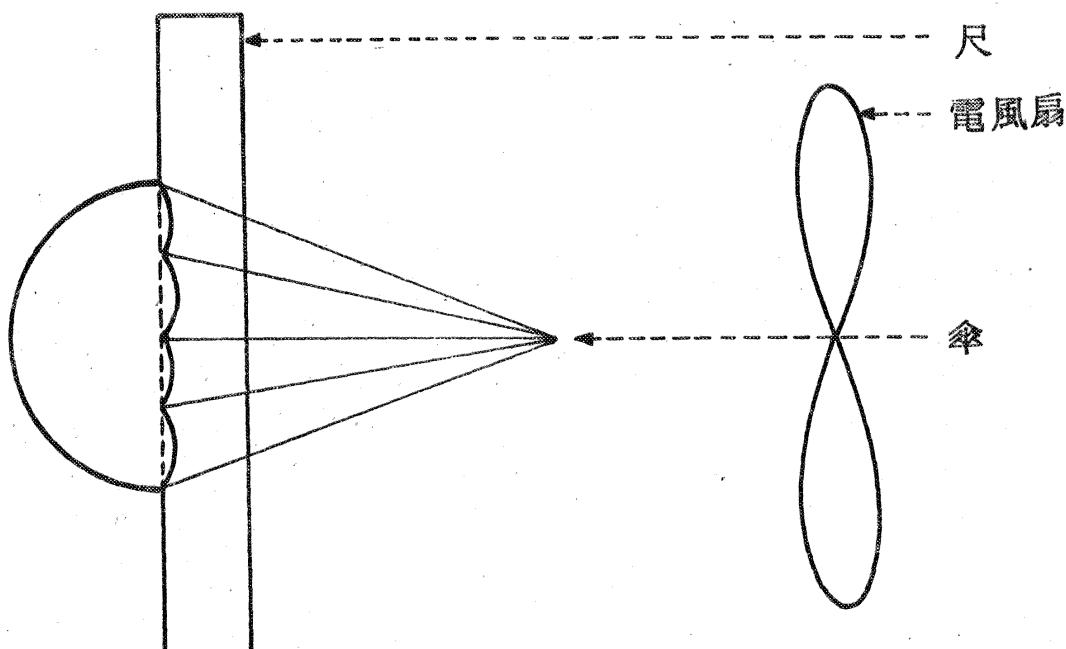
- a.開動風扇，調整與傘的距離，使其風速大約與空氣阻力實驗器的轉速相同。由於實際降落速度是下降速度與風速的合成速度，所以風力太大時，是不能跳降落傘的。
- b.提傘到約 100 公分高，瞄準偏移值的中心放傘，測定其偏移值。

$$c. \text{偏移百分率} = \frac{\text{偏移值(公分)}}{\text{高(100公分)}}$$

(3)討論：本設備是一種簡易式的測定法，旨在比較各傘的穩定性，所以其詳細數值並不重要。

4.鼓風後傘的概約切面積的求法：

(1)圖解：



(2)操作方法：

- a.把測試傘掛在電風扇網上，開動風扇（風速最小要等於空氣阻力實驗器轉動槓桿所轉動的圓周速以上，即風速 $\geq 31.8 \times 2 \times 3.14 \div 200$ 公分），使傘鼓風。這時傘會搖

擺不定，用手拿尺插入傘繩間，一面可穩定傘，一面可測切面的直徑。

b. 測定切面直徑時，要測最大直徑，和最小直徑，求其平均值，才作計算的依據。根據實驗結果，用平面直徑為18.8公分的布或塑膠布，經鼓風後，其最大切面積直徑為15.6公分，最小直徑為11.5公分，平均直徑為13.55公分，切面積=144平方公分。

(3) 討論：本測定法所測的切面積與空氣阻力實驗器轉動時傘的切面積，已很接近，可以作為概算的基礎。

#### 四、實驗：

##### 實驗1：安全降落速度的測定：

(1) 預估：在我們手上有關降落傘降落速度有很多種不同的說法，且相互間有很大的差異，經過老師的解釋，我們選定68年(1979年)6月號“讀者文摘”107頁所載(原文：我們獲悉標準的八公尺半圓形降落傘，正常的前進速度為每小時十四公里半，十公尺的則為八公里，程度較深跳傘學生用的降落傘前進速度為二十二點五公里，方形傘的前進速度每小時約為三十公里)資料，經老師換算成一個人從某高度不帶任何傘具跳下時的着地速度，作為安全降落的估計值：

$$( \text{高公尺} = \frac{(\text{公里} \times 1000 \div 3600)^2}{2 \times 9.8} )$$

降 落 傘	公里 / 小時	8 公里 / 小時	14.5	22.5	30
降 落 速 度	公尺 / 秒	2.22公尺 / 秒	4.03	6.25	8.33
相當無傘落地時的高度 (公尺)		0.25公尺	8.83	1.99	3.54

表(一)有傘降落速度與相當的無傘着地高度對照表。

##### (2) 實驗過程：

a. 我們找到同班的男女同學各9人穿運動鞋，分別從各高度

跳在水泥地上，統計有無微痛的感覺。只要感覺有微痛的同學，就不准再昇高跳下。只要有五人以上感到微痛，全體就不准再昇高。

d.用磚頭疊到所需的高度（用木板調整高度）自 20 公分起，每完成一次增加 5 公分。

(3) 實驗結果及討論：統計表從略。結果發現男生到 100 公分時，女生到 60 公分時，就有微痛的感覺。所以老師就不准我們再昇高跳了。同時也就證明表(一)中，後面二項資料是不太安全的。

實驗 2：同面積，不同形狀的平面傘，在相同的施力下，空氣阻力的比較：

(1) 實驗設計：

a.用 1, 2, 3, 4, 5 號平面傘，面積都接近於 144 平方公分，分別掛在空氣阻力實驗器上，轉動 20 圈，求每圈的平均轉速，以測定阻力的大小。

b.一律施力 429.3 克，實際施力約為 9.5 克。

(2) 實驗過程：逐次把傘掛在空氣阻力實驗器上，用停錶測定轉速。

(3) 實驗結果：不論形狀如何，只要面積相等，施力相等，傘重相等，空氣的阻力也相等。平均每圈都在 1 秒左右。

(4) 討論：由於人工計時，機械阻力，在轉動軸上的受力面積與支點的距離等因素不易控制，所以誤差在所難免。但其平均值都很接近。

實驗 3：形狀面積不變，傘的重量不同，和空氣阻力的比較

(1) 實驗設計：用 6 號傘，重 13.9 克，圓形，面積近於 72 平方公分，另備鐵圈二組，各重 13.9 克，及 27.8 克，恰為傘重的 1 倍及 2 倍。用 429.3 克砝碼拉動。

(2) 實驗過程：把傘放在空氣阻力實驗器上，逐次改變傘的重量，但不增加傘的面積。

(3) 結果：

傘重(克)	13.9	27.8	55.6
每圈秒數	0.70	0.72	0.765

(4)討論：雖然傘重比爲 $1 : 2 : 4$ ，但每圈秒數則很不規則，可見此誤差，完全出於機械的本身以及離心力所造成，與空氣阻力無關。此點可作爲以後使用此器時的修正數值。

實驗4：形狀相同，面積不同的平面傘，其空氣阻力的比較。

(1)實驗設計：用6, 1, 7號圓形平面傘，面積分別約爲72, 144, 288平方公分，面積比 $= 1 : 2 : 4$ ，重量分別爲13.9, 27.8, 55.6克，可用實驗3分別修正每圈秒數，即各減0, 0.02, 0.065秒，用429.3克砝碼拉。

(2)實驗過程：與前同。

(3)結果：

傘面積(平方公分)	72	144	288
測定每圈秒數	0.70	1.02	1.49
修正後每圈秒數	0.70	1.00	1.425

(4)討論：面積比 $= 1 : 2 : 4$ ，而每圈秒數的平方比 $= 0.7^2 : 1^2 : 1.425^2 \doteq 1 : 2 : 4$ 。可見面積與每轉秒數的平方成正比，換言之面積與傘的速度平方成反比。

實驗5：平面傘挖孔時空氣阻力的比較。

(1)實驗設計：

a.用8號和22號平面傘，圓形面積近於144平方公分，分別挖0, 1.44, 2.88, 4.32, 5.76, 72平方公分孔，在空氣阻力實驗器上測試。

b.一律掛上429.3克砝碼，實際施力爲9.5克。

(2)實驗過程：與前同。

### (3) 實驗結果：

孔面積 (平方公分)	0	1.44	2.88	4.32	5.76	72
傘的淨面積 (平方公分)	144	142.56	141.12	139.68	138.24	72
每秒圈數 (已修正)	1.00	0.995	0.989	0.985	0.979	0.70
每秒圈數	1.00	1.005	1.011	1.015	1.021	1.428

註：每秒圈數即可代表傘速。

#### (4) 討論：

a.傘的淨面積比 = 144 : 142.56 ..... : 72

$$\text{b. 每秒圈數的平方比} = 1^2 : 1.005^2 \cdots \cdots \cdots : 1.428^2$$

$$= 1 : 1.010025 \cdots \cdots \cdots : 2$$

b.此結果與實驗四的結果相同，可見面積與傘速的平方成反比為正確。又空氣的阻力與面積成正比，（用站在泥濘地上，二腳與一腳的陷入程度的道理一樣），所以空氣的阻力亦與傘速的平方成反比。

(5)附：用 9, 10, 11, 12, 13, 21 號傘，重做本實驗，其結果亦相同。（掛 486.6 克的砝碼）

## 實驗 6：同一傘在不同施力下的情形

(1) 實驗設計：用 1 號傘，分別掛上 200 克，400 克，600 克的砝碼，測定轉速。

(2) 實驗過程：略。

### (3) 實驗結果：

砝碼克數	200	400	600
平均每圈秒數	1.50	1.04	0.86
傘速(圈/秒)	1 1.50	1 1.04	1 0.86

(4) 討論：施力比爲  $1 : 2 : 3$ ，而  $(\frac{1}{1.50})^2 : (\frac{1}{1.04})^2$

:  $(\frac{1}{0.86})^2 \doteq 1 : 2 : 3$ ，所以施力與傘速的平方是成正

的。 $(1.54 \frac{\text{秒}}{\text{圈}}$ ，則  $\frac{1}{1.54}$  為  $\frac{\text{圈}}{\text{秒}}$ ，即傘速) 也就是說體重

爲 40 公斤的人，每秒如果降落 1 公尺時，那麼體重爲 80 公斤的胖子，用同一傘，每秒要降落 1.4 公尺。 $(40:80 \doteq 1^2 : 1.4^2)$

### 實驗 7：平面傘與立體傘的比較

(1) 實驗設計：用 1, 9 號圓形傘，其切面積都近於 144 平方公分掛在空氣阻力實驗器上，測定各傘的阻力（轉速慢的，阻力大），砝碼爲 486.6 克。

(2) 實驗過程：略。

(3) 實驗結果及討論：掛上 486.6 克的砝碼後，9 號布製立體傘每圈約需 1 秒，而 1 號傘則只需 0.96 秒，可見立體傘的阻力比平面傘大，其比值約爲  $1.04 : 1$ ；但此種誤差可能來自於立體傘的切面積的測定。所以我們仍然可以下結論即“只要切面積相等，平面傘與立體傘的阻力是相等的”。

### 實驗 8：切面積相同，形狀不同的立體傘的比較

(1) 實驗設計：用 9, 14, 15, 20 號未開孔的圓形、正方形、長方形、梭袋形，立體傘切面積都近於 144 平方公分，掛在空氣阻力實驗器上，測定其每轉秒數。一律掛 486.6 克的砝碼。

(2) 實驗過程：略。

(3) 結果：

a. 圓形傘平均每轉約爲 1.00 秒。飄動情形很穩定。

b. 正方形傘平均每轉約在 0.85 秒到 0.88 秒之間。飄動時會略有擺動。

c. 長方形傘平均每轉在 0.83 到 0.90 秒之間。飄動時很不穩定。

d. 梭袋形傘平均每轉約 1.00 秒，而與圓形傘相似。

(4) 討論：雖然在國際跳傘賽中，長方形傘在定點着陸上比較好；但是傘速很不穩定，常隨風速變化，很容易出毛病，比較危險，所以正式的空軍飛行員所用的傘都是圓形的。

### 實驗 9：我的降落傘

(1) 設計圖解：用塑膠做的，外觀好像一頂童子軍帽，下口為梭形，切面積於 144 平方公分，上端封閉，八線（如較大型的傘就要較多條線了），另有口線三條，以維持梭型口。尺寸如圖。

(2) 設計理由：

a. 根據實驗 2 梭形傘的阻力與其他形傘的阻力一樣。所以只要切面積相等，下落速度相等，安全性亦相等。

b. 梭形可以隨風向而轉動，使受風的影響減到最小。增加了穩定性。

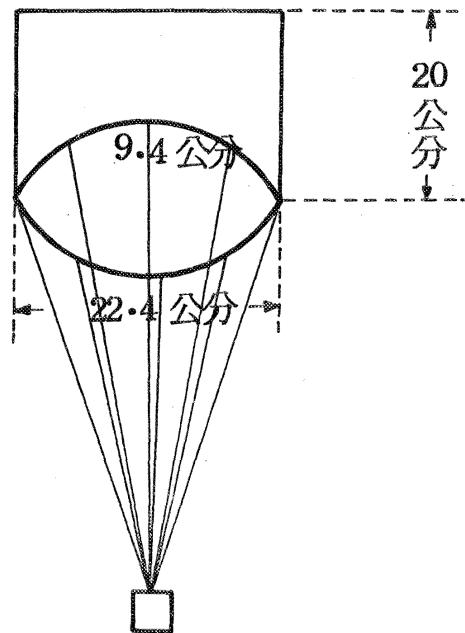
(3) 與其他傘比較實驗：

a. 實驗設計：用 16.17.18.19. 20 號傘，放在穩定測試設備中，即可比較各傘的穩定性。

b. 實驗操作：如設計說明。

c. 實驗結果：偏移百分率愈小的愈穩定。由於因素複雜，傘在偏移時，並不完全順隨風的方向。

(4) 討論：由下表可知梭袋形傘降落的偏移率最低，所以我說“我的降落傘最好”。



傘 號	16	17	18		19		20	
			寬向風	長向風	寬向風	長向風	寬向風	長向風
偏移區間 (公分)	大於 45 公分	大於 30 公分	大於30	大於30	0~15	0~20	0~20	0~20
偏移百分率	45 %	30%	30%	30%	15%	20%	20%	20%

## 五、結論：

1. 根據本實驗可歸納出降落傘的一般原理：

- (1) 降落傘的切面積與傘速的平方成反比。
- (2) 空氣的阻力與傘的切面積成正比。
- (3) 空氣的阻力與傘速的平方成反比。
- (4) 形狀不同，切面積相等，施力相等的傘，其傘速相等。
- (5) 梭袋形傘，傘速與同面積者一樣，但最穩定。

2. 可能也有人用過梭袋形降落傘，也許還有其他更好的傘，敬請各位傘專家指導。

評語：優點：測量空氣阻力儀器製作甚有創意。

- 缺點：  
 ①某些實驗數據不夠精確。  
 ②量度飄移距離的方法不夠確實。