

少年 Parachute 的奇幻飛行

摘要

本實驗利用自製降落傘來探討傘面直徑、傘繩長度及掛載重量對於降落傘降落時間的影響。本實驗將在室內無風和室外的環境下分別探討傘面直徑(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)、傘繩長度(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)及傘下掛載重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)，計 125(5×5×5)種降落傘模型，分別由 275cm 高度自由落下，重複施放五次取得降落時間，總計取得 625(5×5×5×5)個樣本數值。

經實驗數值分析發現：

- 一、在室內，在一定範圍內，降落時間會隨著傘面直徑增加成一次正比關係。
- 二、在室內，在一定範圍內，降落時間會隨著傘繩長度增加成一次正比關係。
(傘面直徑 \leq 傘繩長度 <2 倍傘面直徑)
- 三、在室內，在一定範圍內，降落時間會隨著掛載重量增加成一次反比關係。
- 四、在室外，因降落傘模型過於輕盈，受到風的影響，無法正常降落，造成數值取得不易，無法做有效分析，所以捨棄室外取得的數值。僅針對室內取得的數值做分析。

由上述結果可以得知，要製作出一個安全有效率的真實降落傘，要以掛載重量為主，再以傘面直徑、傘繩長度做適當比率配置。

壹、研究動機

雙十國慶神龍小組的精采落地表演，是大家最期待的表演項目之一，當然我也不例外。隨著表演時間的到來，我打開電視，看著實況轉播，轉述神龍小組表演的一舉一動，讓我的內心澎湃不已。從高空跳下來，伴隨著彩色煙霧的施放，看得我既興奮又激動，好想親臨現場，仔仔細細的看清楚和聽清楚現場群眾們的歡呼聲。當時，坐在電視機前的我就對自己不斷的說：我也好想試試看喔！從此之後，每次看到飛行傘或降落傘表演的活動，就會目不轉睛地欣賞著，希望自己有朝一日也能帥氣的從天而降，俯瞰著大地，感受不一樣的視覺。天下的事就是那麼奇妙。有一天，爸爸的朋友來到家裡做客，送了一盒伴手禮，沒想到禮盒就附贈我朝思暮想的東西—降落傘。得到附贈的降落傘玩具，我迫不及待地打開來使用。哇！真的很奇妙，看著降落傘緩緩落下，真的令我覺得很不可思議。也因此，開始認真地思考，降落傘的製作方法，想利用身邊隨手可得的材料，來製作暨環保又省錢的小小降落傘。當然，第一次的製作不是那樣的完美，而且降落傘降落的速度很快。所以，就興起想製作出能夠在空中停留很久的降落傘。到底要怎麼做才能讓降落傘在空中停留得更久呢？是傘面、是重量、還是…？很多疑問圍繞著我，我終於忍不住了，主動跟老師、同學們出我的疑惑。老師提供一個讓我主動發掘問題和解惑的好辦法，就是一參加科展。老師提供我可思考解惑的方向，同學們齊一心力一同參加這次的活動。就是從這裡開始，第一次的科學小小實驗就此展開，請看倌們拭目以待！

貳、研究目的

一、研究目的

探討影響降落傘飛行時間的因素，取得傘面直徑、傘繩長度及掛載重量之間的比率關係，再依此比率關係製作出有效安全的真實降落傘。

二、研究問題

(一) 在室內無風：

1. 固定 20cm 傘繩長度，探討不同掛載重量和傘面直徑對飛行時間的影響。
2. 固定 30cm 傘繩長度，探討不同掛載重量和傘面直徑對飛行時間的影響。
3. 固定 40cm 傘繩長度，探討不同掛載重量和傘面直徑對飛行時間的影響。
4. 固定 50cm 傘繩長度，探討不同掛載重量和傘面直徑對飛行時間的影響。
5. 固定 60cm 傘繩長度，探討不同掛載重量和傘面直徑對飛行時間的影響。
6. 固定 20cm 傘面直徑，探討不同掛載重量和傘繩長度對飛行時間的影響。
7. 固定 30cm 傘面直徑，探討不同掛載重量和傘繩長度對飛行時間的影響。
8. 固定 40cm 傘面直徑，探討不同掛載重量和傘繩長度對飛行時間的影響。
9. 固定 50cm 傘面直徑，探討不同掛載重量和傘繩長度對飛行時間的影響。
10. 固定 60cm 傘面直徑，探討不同掛載重量和傘繩長度對飛行時間的影響。

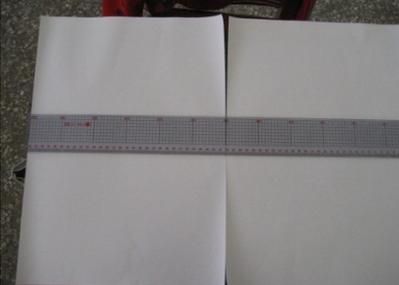
(二) 在室外：

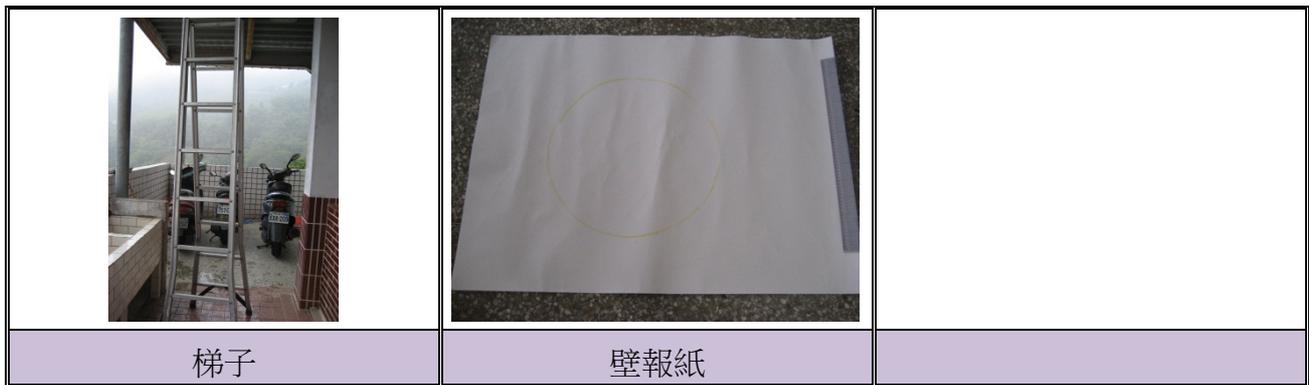
1. 固定 20cm 傘繩長度，探討不同掛載重量和傘面直徑對飛行時間的影響。
2. 固定 30cm 傘繩長度，探討不同掛載重量和傘面直徑對飛行時間的影響。
3. 固定 40cm 傘繩長度，探討不同掛載重量和傘面直徑對飛行時間的影響。
4. 固定 50cm 傘繩長度，探討不同掛載重量和傘面直徑對飛行時間的影響。
5. 固定 60cm 傘繩長度，探討不同掛載重量和傘面直徑對飛行時間的影響。
6. 固定 20cm 傘面直徑，探討不同掛載重量和傘繩長度對飛行時間的影響。
7. 固定 30cm 傘面直徑，探討不同掛載重量和傘繩長度對飛行時間的影響。
8. 固定 40cm 傘面直徑，探討不同掛載重量和傘繩長度對飛行時間的影響。
9. 固定 50cm 傘面直徑，探討不同掛載重量和傘繩長度對飛行時間的影響。
10. 固定 60cm 傘面直徑，探討不同掛載重量和傘繩長度對飛行時間的影響。

參、研究設備及器材

本次實驗製作降落傘所需材料及實驗過程所需的設備，有剪刀、美工刀、縫衣線、塑膠袋、三秒膠、熱熔槍、熱熔膠、尺、夾鏈袋、一元銅板、碼表、大型圓規、壁報紙及梯子（如表一）。

(表一) 研究設備及器材表

		
<p>剪刀</p>	<p>美工刀</p>	<p>縫衣線</p>
		
<p>塑膠袋</p>	<p>三秒膠</p>	<p>熱熔槍</p>
		
<p>熱熔膠</p>	<p>尺</p>	<p>夾鏈袋</p>
		
<p>一元銅板</p>	<p>碼表</p>	<p>大型圓規</p>

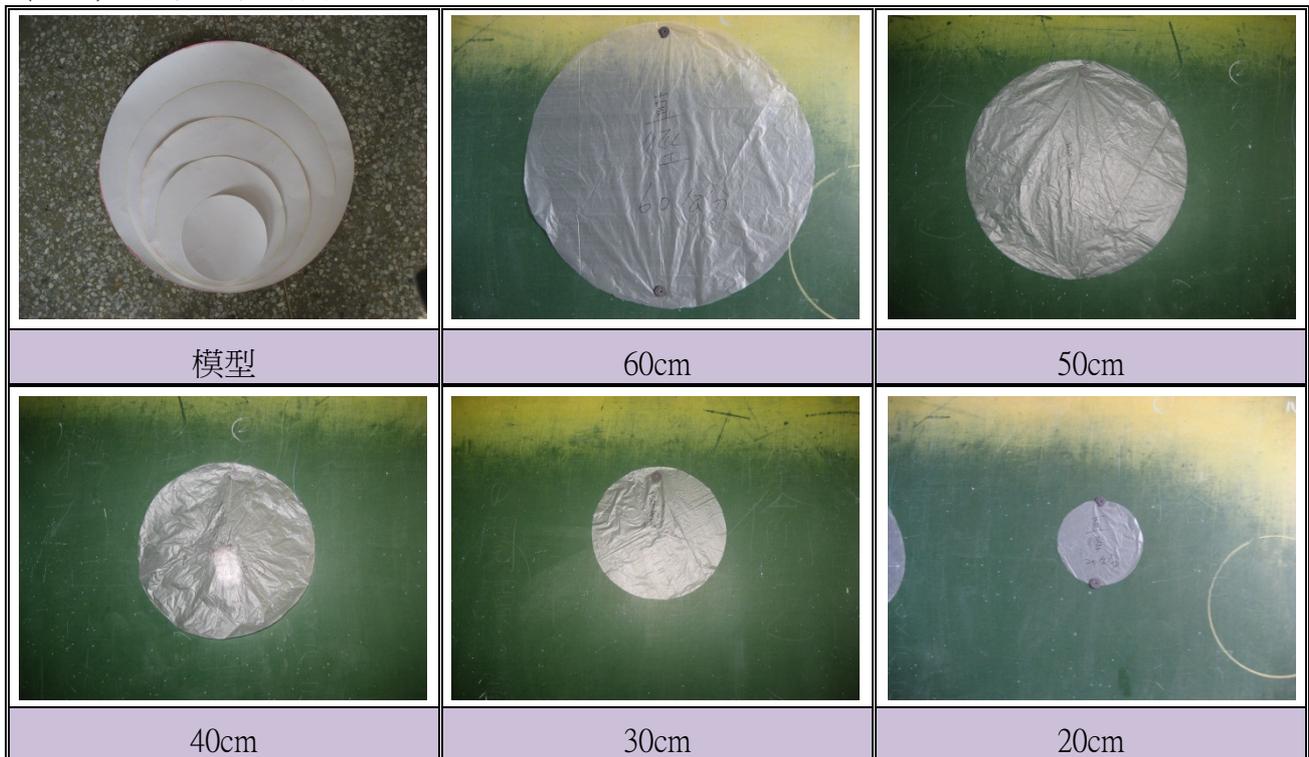


肆、研究過程或方法

一、降落傘的製作過程

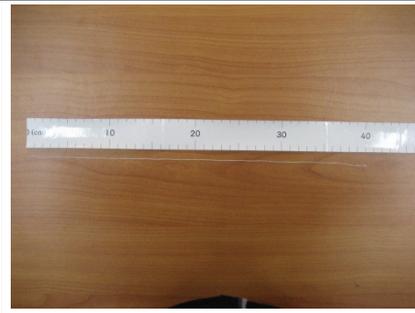
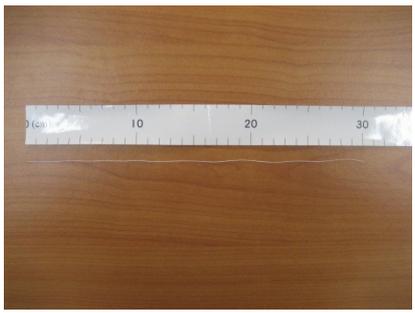
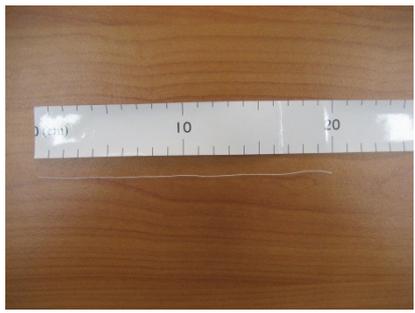
(一)在壁報紙上用大型圓規畫出不同直徑的圓，並將不同直徑長度紙圓模型裁下。分別剪出直徑為 20 公分、30 公分、40 公分、50 公分、60 公分的圓。塑膠袋以此紙圓為模型，剪出同樣直徑的塑膠袋圓，以此圓型塑膠為傘面 (如表二)。

(表二) 各種直徑的圓



(二)量取綿線長度來製作傘繩，分別剪出長度 20 公分、30 公分、40 公分、50 公分、60 公分的線長。並以熱熔膠將其一端分別黏在傘面的八個方向，另一端則將八條線黏在一點，並把那點黏到夾鏈袋的中心位置上 (如表三)。

(表三) 各種傘繩長度及成品

		
60cm	50cm	40cm
		
30cm	20cm	沾黏傘繩
		
沾黏夾鏈袋	成品	降落傘

(三)作出二十五種不同傘繩長度和不同面積的降落傘，將數目一到五個銅板(一元銅板每枚約重 3.8 克)放入夾鏈袋中當作掛載重量 (如表四)。

(表四) 各種掛載重量

		
五種傘繩 X 五種直徑	一枚一元銅板	二枚一元銅板



二、實驗方法

(一)在室內無風和室外有風的環境下，由高處(高度 275 公分)施放降落傘。高度以掛載重物下緣到地板長度為基準 (如圖一)。

(二)測量在不同傘面直徑(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)、傘繩長度(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)、掛載重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)下，降落傘的降落時間。找出傘面面積、傘繩長度、掛載重量與降落傘降落時間之間的關係，總計取得 625(5×5×5×5)個樣本數值。



(圖一) 降落傘施放過程

(三)數據處理:

1. 少於一秒的降落時間，因其數值太小而人為誤差影響數值太大，故不予採計。
2. 由於從釋放降落傘時，從速度 0 到達終端速度的時間很短，我們假設一開始釋放即為終端速度。
3. 固定傘繩長度，對各種傘面直徑作時間與掛載重量的關係圖。
4. 固定傘面直徑，對各種掛載重量作時間與傘繩長度的關係圖。
5. 固定傘繩長度，對掛載重量和平均速度的關係圖。

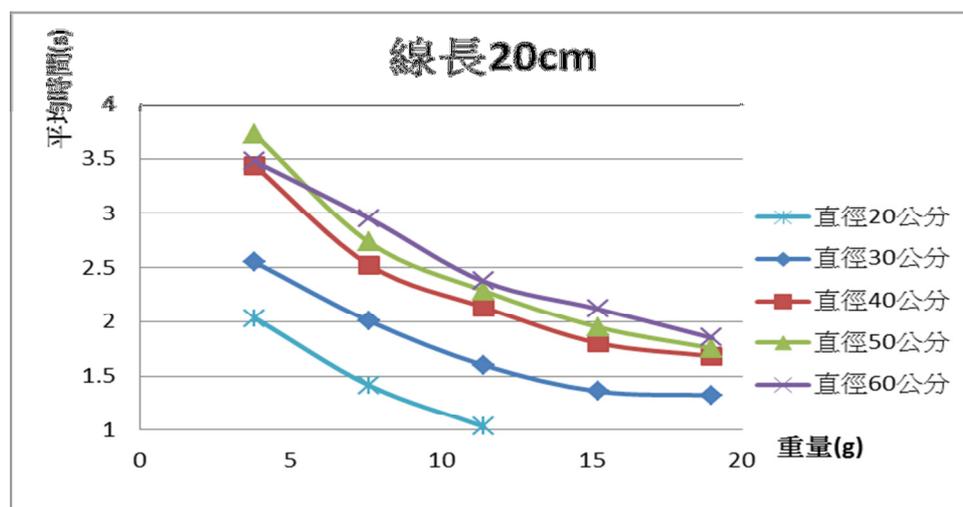
伍、研究結果與討論

一、在室內無風，固定傘繩長度下

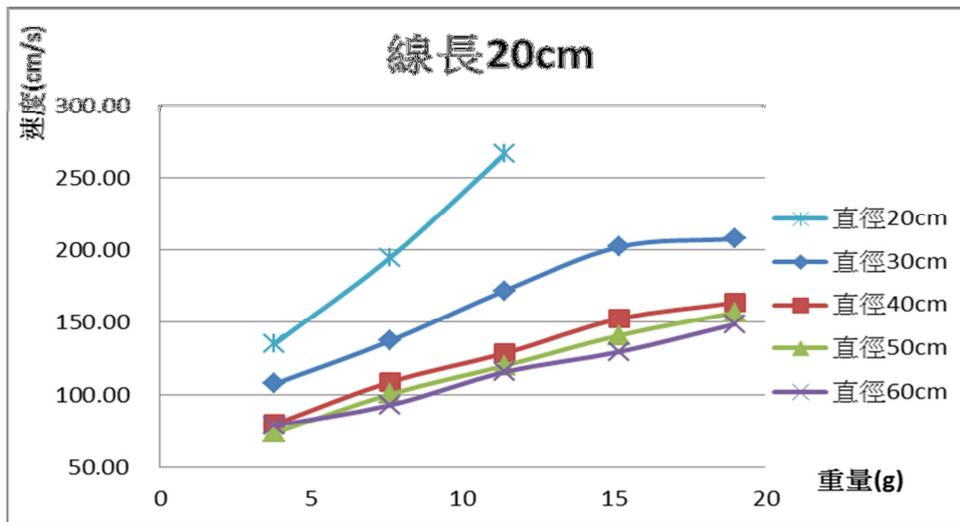
(一) 傘繩長度 20cm 下，不同掛載重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)對於各種傘面直徑(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)的降落時間之影響 (如表五)。

(表五) 傘繩長度 20cm 下，不同掛載重量對於各種傘面直徑

傘面直徑(cm)	次數 重量(g)	一	二	三	四	五	平均 時間(s)	平均速 度(cm/s)
20	3.8	2.07	1.98	2.04	1.95	2.13	2.034	135.20
20	7.6	1.35	1.43	1.55	1.4	1.34	1.414	194.48
20	11.4	0.95	1.16	1.13	0.97	0.95	1.032	266.47
20	15.2							
20	19							
30	3.8	2.51	2.54	2.7	2.56	2.44	2.55	107.84
30	7.6	1.96	2.05	2	2.1	1.92	2.006	137.09
30	11.4	1.7	1.64	1.59	1.49	1.58	1.6	171.88
30	15.2	1.35	1.27	1.39	1.37	1.42	1.36	202.21
30	19	1.29	1.49	1.3	1.29	1.25	1.324	207.70
40	3.8	3.31	3.49	3.46	3.45	3.46	3.434	80.08
40	7.6	2.58	2.58	2.41	2.52	2.53	2.524	108.95
40	11.4	2.05	2.18	2.16	2.15	2.14	2.136	128.75
40	15.2	1.84	1.78	1.73	1.86	1.81	1.804	152.44
40	19	1.61	1.7	1.67	1.73	1.7	1.682	163.50
50	3.8	3.66	3.68	3.81	3.72	3.73	3.72	73.92
50	7.6	2.9	2.56	2.83	2.81	2.56	2.732	100.66
50	11.4	2.33	2.34	2.3	2.24	2.23	2.288	120.19
50	15.2	1.95	2.02	1.87	1.93	1.98	1.95	141.03
50	19	1.63	1.88	1.74	1.79	1.74	1.756	156.61
60	3.8	3.33	3.51	3.3	3.57	3.66	3.474	79.16
60	7.6	2.91	2.94	2.85	3	3.06	2.952	93.16
60	11.4	2.38	2.34	2.45	2.39	2.31	2.374	115.84
60	15.2	2	2.2	2.09	2.16	2.15	2.12	129.72
60	19	1.84	1.9	1.91	1.74	1.86	1.85	148.65



(圖二) 不同掛載重量對於各種傘面直徑降落時間關係圖



(圖三) 不同掛載重量對於各種傘面直徑降落速度關係圖

1. 討論：傘繩長度固定 20 公分時

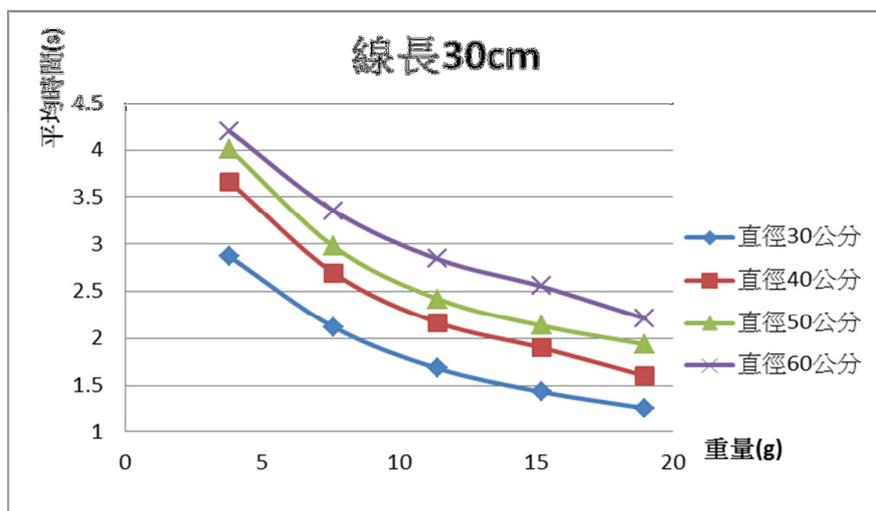
- (1)降落傘的降落時間會隨著掛載重量的增加而減少。
- (2)降落速度會隨傘面直徑增加而減少。
- (3)傘面直徑 20 公分，並放置 15.2 克或 19 克的重物時，其降落時間小於 1 秒，因數值小，誤差影響相對更大，故忽略不計。
- (4)對於直徑 50 公分和 60 公分的圓來說，傘繩 20 公分在實驗中無法使傘面完全撐開，導致降落時間縮短。圖二、圖三顯示，大致趨勢是穩定的，傘面半徑越大，則降落時間略有增加且降落平均速度增加。
- (5)根據空氣阻力公式 $D=kAV^n$ ，平均速度和掛載重量呈現 n 次方關係。由掛載重量和平均速度的關係圖可以看出它們呈現約一次方正比關係。

(二) 傘繩長度 30cm 下，重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)對於各種直徑(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)的圓降落時間之影響 (如表六)。

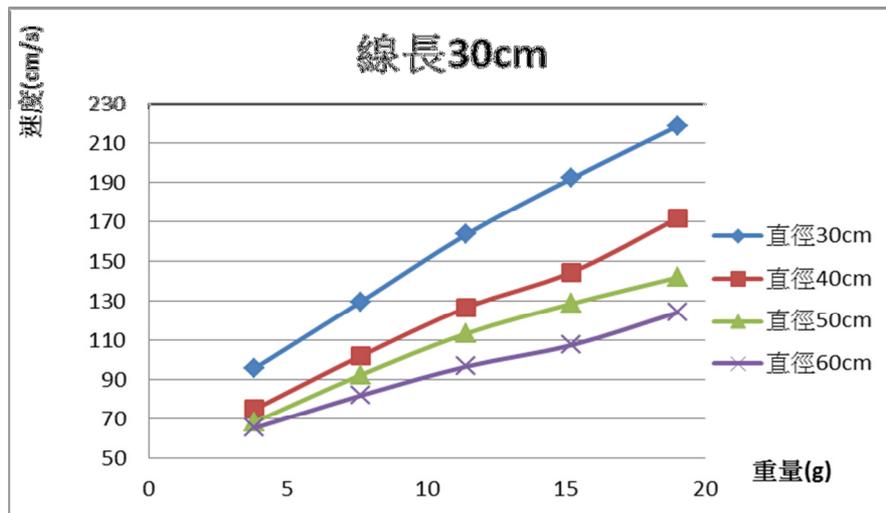
(表六) 傘繩長度 30cm 下，不同掛載重量對於各種傘面直徑

傘面直徑 (cm)	次數	一	二	三	四	五	平均時間(s)	平均速度 (cm/s)
	重量(g)							
20	3.8	1.86	1.98	1.88	1.76	1.91	1.878	146.43
20	7.6	1.18	1.16	1.16	1.19	1.17	1.172	234.64
20	11.4							
20	15.2							
20	19							

30	3.8	2.91	2.84	2.98	2.7	2.9	2.866	95.95
30	7.6	2.31	2.06	2.12	2.06	2.06	2.122	129.59
30	11.4	1.71	1.57	1.76	1.71	1.66	1.682	163.49
30	15.2	1.49	1.5	1.49	1.31	1.37	1.432	192.03
30	19	1.31	1.25	1.22	1.21	1.3	1.258	218.60
40	3.8	3.64	3.68	3.7	3.7	3.58	3.66	75.13
40	7.6	2.74	2.7	2.61	2.69	2.73	2.694	102.07
40	11.4	2.21	2.15	2.14	2.17	2.18	2.17	126.72
40	15.2	1.99	1.86	1.81	1.95	1.9	1.902	144.58
40	19	1.59	1.59	1.6	1.65	1.58	1.602	171.66
50	3.8	4.12	3.91	3.95	3.97	4.09	4.008	68.61
50	7.6	2.98	3.02	3.06	2.96	2.85	2.974	92.46
50	11.4	2.49	2.49	2.35	2.35	2.43	2.422	113.54
50	15.2	2.1	2.23	2.25	2.09	2.01	2.136	128.74
50	19	1.96	1.96	1.95	1.9	1.92	1.938	141.89
60	3.8	4.13	3.98	4.5	4.42	3.96	4.198	65.50
60	7.6	3.35	3.55	3.3	3.36	3.21	3.354	81.99
60	11.4	2.78	2.8	2.82	2.95	2.86	2.842	96.76
60	15.2	2.68	2.55	2.45	2.53	2.56	2.554	107.67
60	19	2.18	2.24	2.17	2.16	2.31	2.212	124.32



(圖四) 不同掛載重量對於各種傘面直徑降落時間關係圖



(圖五) 不同掛載重量對於各種傘面直徑降落時間關係圖

1.討論：傘繩長度固定 30 公分時

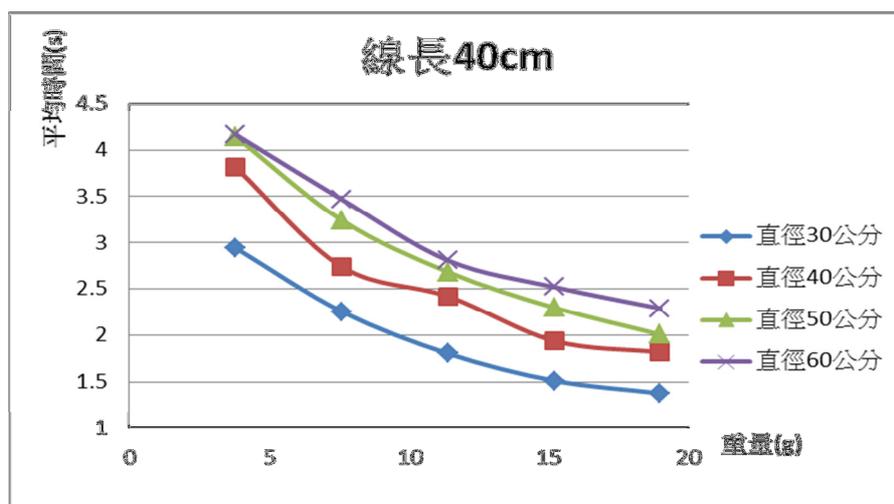
- (1)此次實驗顯示一枚銅板(3.8 克)的掛載重量過輕，因為傘面直徑的大，受力面積大，掛載重物無法拉住傘繩使傘面穩定朝下，傘面容易在降落過程中翻過去。所以進行多次施放，以便擷取正常降落的有效數據。我們也了解到掛載重量不可以過輕，至少要有穩定傘面的掛載重量。
- (2)降落時間會隨著掛載重量的增加而減少。
- (3)降落速度會隨傘面直徑增加而減少。
- (4)傘面直徑 20 公分，並放置 11.4 克、15.2 克或 19 克的重物時，其降落時間小於 1 秒，誤差影響相對更大，故忽略不計。
- (5)根據空氣阻力公式 $D=kAV^n$ ，由掛載重量和平均速度的關係圖可以看出它們呈現約一次方正比關係。

(三) 傘繩長度 40cm 下，重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)對於各種直徑(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)的圓降落時間之影響 (如表七)。

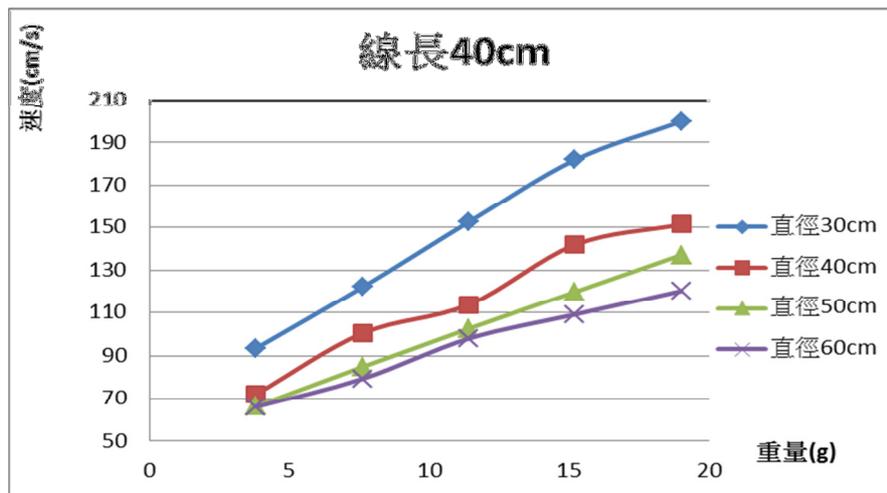
(表七) 傘繩長度 40cm 下，不同掛載重量對於各種傘面直徑

傘面直徑 (cm)	次數 重量(g)	一	二	三	四	五	平均 時間(s)	平均速度 (cm/s)
20	3.8	2.15	2.11	2.13	2.08	2.07	2.108	130.46
20	7.6	1.14	1.17	1.21	1.3	1.26	1.216	226.15
20	11.4							
20	15.2							
20	19							

30	3.8	2.98	2.81	3.04	2.86	3.02	2.942	93.47
30	7.6	2.2	2.2	2.31	2.31	2.25	2.254	122.01
30	11.4	1.81	1.78	1.75	1.76	1.91	1.802	152.61
30	15.2	1.38	1.59	1.56	1.56	1.47	1.512	181.88
30	19	1.4	1.4	1.35	1.39	1.34	1.376	199.85
40	3.8	3.75	3.96	3.92	3.77	3.66	3.812	72.14
40	7.6	2.7	2.86	2.72	2.67	2.75	2.74	100.36
40	11.4	2.47	2.56	2.32	2.39	2.35	2.418	113.73
40	15.2	1.89	1.92	2.06	1.9	1.92	1.938	141.90
40	19	1.82	1.86	1.95	1.7	1.75	1.816	151.43
50	3.8	4.49	4.19	4.42	4.17	4.39	4.332	66.43
50	7.6	3.09	3.41	3.33	3.26	3.13	3.244	84.77
50	11.4	2.8	2.77	2.67	2.59	2.58	2.682	102.54
50	15.2	2.3	2.34	2.28	2.34	2.22	2.296	119.77
50	19	1.98	2.09	1.95	1.88	2.13	2.006	137.09
60	3.8	4.25	4.32	4.09	3.84	4.32	4.164	66.04
60	7.6	3.61	3.38	3.47	3.51	3.38	3.47	79.25
60	11.4	2.72	2.92	2.84	2.85	2.71	2.808	97.93
60	15.2	2.58	2.54	2.44	2.48	2.56	2.52	109.13
60	19	2.36	2.27	2.26	2.28	2.27	2.288	120.19



(圖六) 不同掛載重量對於各種傘面直徑降落時間關係圖



(圖七) 不同掛載重量對於各種傘面直徑降落速度關係圖

1.討論：傘繩長度固定 40 公分時

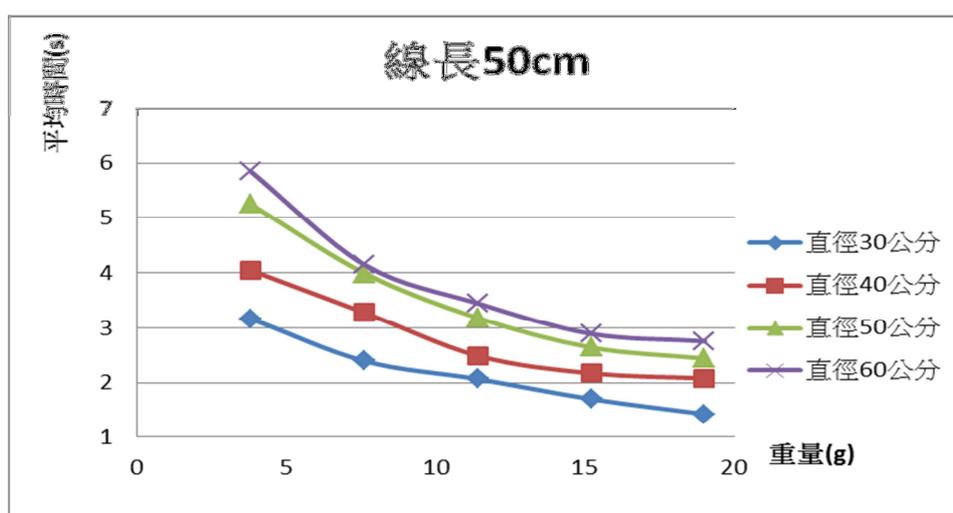
- (1)隨著傘繩長度的增加，降落的穩定性也隨之下降。傘繩纏繞或者是傘面延遲展開的次數也隨之上升。目前無法有效解決此問題，只能多次施放，擷取有效降落的數值。
- (2)降落時間會隨著掛載重量的增加而減少。
- (3)降落速度會隨傘面直徑增加而減少。
- (4)傘面直徑 20 公分，並放置 11.4 克、15.2 克或 19 克的重物時，其降落時間小於 1 秒，誤差影響相對更大，故忽略不計。
- (5)根據空氣阻力公式 $D=kAV^n$ ，由掛載重量和平均速度的關係圖可以看出它們呈現約一次方正比關係。

(四) 傘繩長度 50cm 下，不同掛載重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)對於各種傘面直徑 (20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)的降落時間之影響 (如表八)。

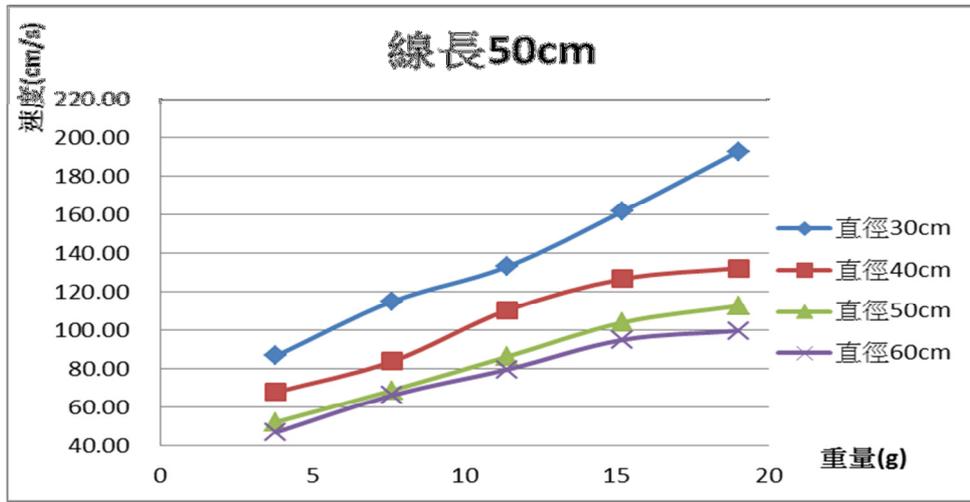
(表八) 傘繩長度 50cm 下，不同掛載重量對於各種傘面直徑

傘面直徑 (cm)	次數	一	二	三	四	五	平均時間 (s)	平均速度 (cm/s)
	重量(g)							
20	3.80	1.85	1.82	2.06	2.06	1.879	1.9338	142.21
20	7.60	1.16	1.18	1.12	1.24	1.16	1.172	234.64
20	11.40							
20	15.20							
20	19.00							

30	3.80	3.09	3.16	3.16	3.21	3.22	3.168	86.81
30	7.60	2.51	2.45	2.27	2.49	2.25	2.394	114.87
30	11.40	2.05	2.06	2.02	2.09	2.11	2.066	133.11
30	15.20	1.63	1.76	1.83	1.67	1.61	1.7	161.76
30	19.00	1.36	1.35	1.52	1.52	1.38	1.426	192.85
40	3.80	4.07	3.99	4.06	4.13	3.96	4.042	68.04
40	7.60	3.38	3.37	3.24	3.38	3.02	3.278	83.89
40	11.40	2.58	2.52	2.52	2.38	2.45	2.49	110.44
40	15.20	2.07	2.16	2.21	2.19	2.22	2.17	126.73
40	19.00	2.1	2.09	2.06	2.02	2.12	2.078	132.34
50	3.80	5.37	5.12	5.3	5.2	5.23	5.244	52.44
50	7.60	4.02	4.26	3.78	4.02	3.88	3.992	68.89
50	11.40	3.3	3.13	3.12	3.16	3.2	3.182	86.42
50	15.20	2.43	2.8	2.57	2.62	2.79	2.642	104.09
50	19.00	2.34	2.58	2.38	2.52	2.38	2.44	112.70
60	3.80	5.68	5.82	5.84	6.07	5.8	5.842	47.07
60	7.60	4.08	4.05	4.18	4.36	4.06	4.146	66.33
60	11.40	3.81	3.1	3.31	3.63	3.39	3.448	79.76
60	15.20	2.99	2.95	2.91	2.75	2.86	2.892	95.09
60	19.00	2.77	2.69	2.67	2.81	2.84	2.756	99.78



(圖八) 不同掛載重量對於各種傘面直徑降落時間關係圖



(圖九) 不同掛載重量對於各種傘面直徑降落速度關係圖

1.討論: 傘繩長度固定 50 公分時

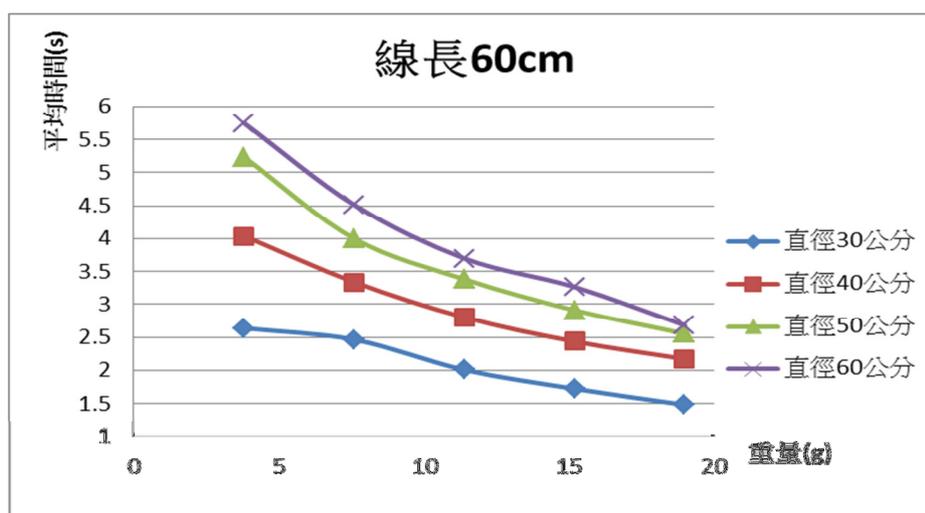
- (1)隨著傘繩長度的增加，傘面直徑大的降落傘能夠完整的展開。不會因傘繩長度不足而導致降落傘張無法有效展開，而使降落傘快速墜落。
- (2)降落時間會隨著掛載重量的增加而減少。
- (3)降落速度會隨傘面直徑增加而減少。
- (4)根據空氣阻力公式 $D=kAV^n$ ，由掛載重量和平均速度的關係圖可以看出它們呈現約一次方正比關係。

(五) 傘繩長度 60cm 下，不同掛載重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)對於各種傘面直徑(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)的降落時間之影響 (如表九)。

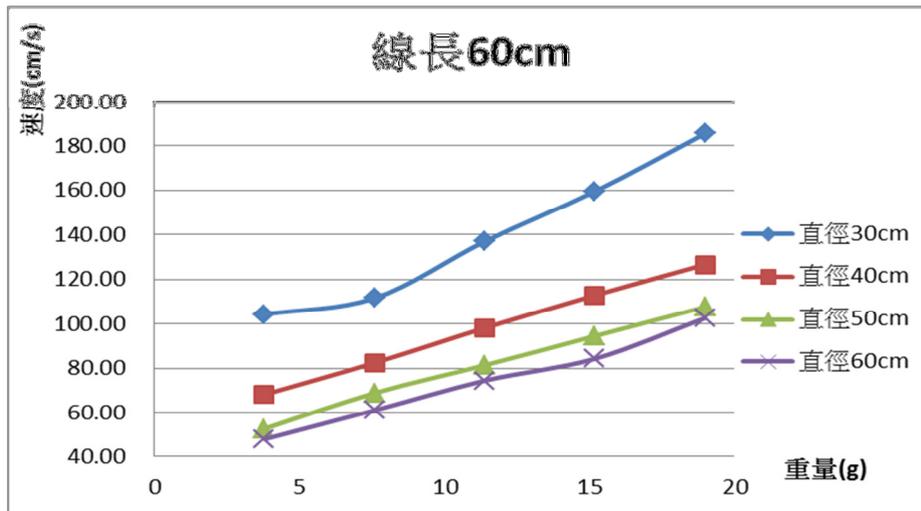
(表九) 傘繩長度 60cm 下，不同掛載重量對於各種傘面直徑

傘面直徑 (cm)	次數 重量(g)	一	二	三	四	五	平均時間 (s)	平均速度 (cm/s)	
		20	3.80	1.12	1.25	1.36			1.24
20	7.60								
20	11.40								
20	15.20								
20	19.00								

30	3.80	3.22	0.313	3.3	3.05	3.3	2.6366	104.30
30	7.60	2.55	2.49	2.42	2.39	2.47	2.464	111.61
30	11.40	2	2.01	1.89	2.06	2.08	2.008	136.95
30	15.20	1.77	1.77	1.74	1.7	1.64	1.724	159.51
30	19.00	1.46	1.49	1.44	1.64	1.38	1.482	185.56
40	3.80	3.81	3.98	4.29	3.84	4.28	4.04	68.07
40	7.60	3.41	3.34	3.18	3.38	3.38	3.338	82.38
40	11.40	2.77	2.93	2.78	2.81	2.72	2.802	98.14
40	15.20	2.4	2.41	2.38	2.51	2.48	2.436	112.89
40	19.00	2.13	2.06	2.22	2.25	2.2	2.172	126.61
50	3.80	4.92	5.18	5.38	5.19	5.5	5.234	52.54
50	7.60	3.91	4.09	3.95	3.99	4.06	4	68.75
50	11.40	3.4	3.41	3.38	3.46	3.26	3.382	81.31
50	15.20	2.91	2.81	3.05	2.89	2.89	2.91	94.50
50	19.00	2.64	2.57	2.43	2.56	2.57	2.554	107.67
60	3.80	5.65	5.57	6.03	5.67	5.81	5.746	47.86
60	7.60	4.27	4.73	4.53	4.74	4.3	4.514	60.92
60	11.40	3.78	3.61	3.8	3.69	3.61	3.698	74.36
60	15.20	3.27	3.38	3.37	3.13	3.17	3.264	84.25
60	19.00	2.54	2.68	2.81	2.82	2.55	2.68	102.61



(圖十) 不同掛載重量對於各種傘面直徑降落時間關係圖

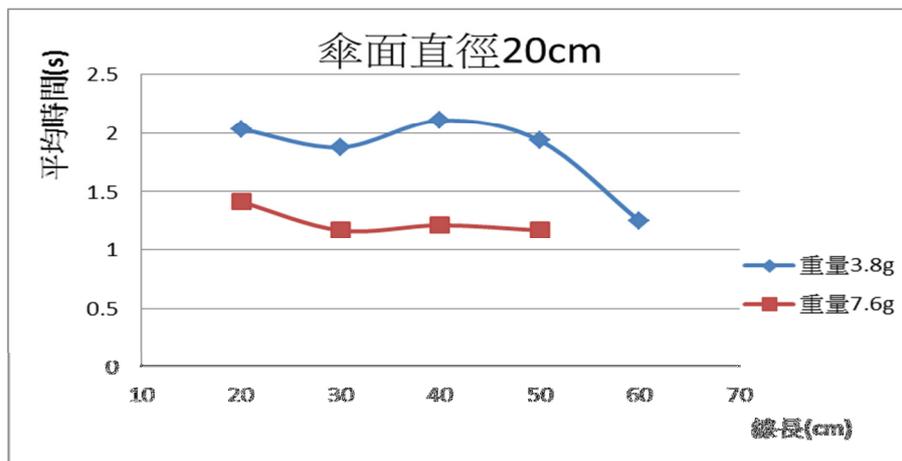


(圖十一) 不同掛載重量對於各種傘面直徑降落速度關係圖

1.討論：傘繩長度固定 60 公分時

- (1)降落時間會隨著掛載重量的增加而減少。
- (2)降落速度會隨傘面直徑增加而減少。
- (3)根據空氣阻力公式 $D=kAV^n$ ，由掛載重量和平均速度的關係圖可以看出它們呈現約一次方正比關係。

(六) 固定傘面直徑 20cm 下，不同掛載重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)對於各種傘繩長度(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)的降落時間之影響 (如圖十二)。

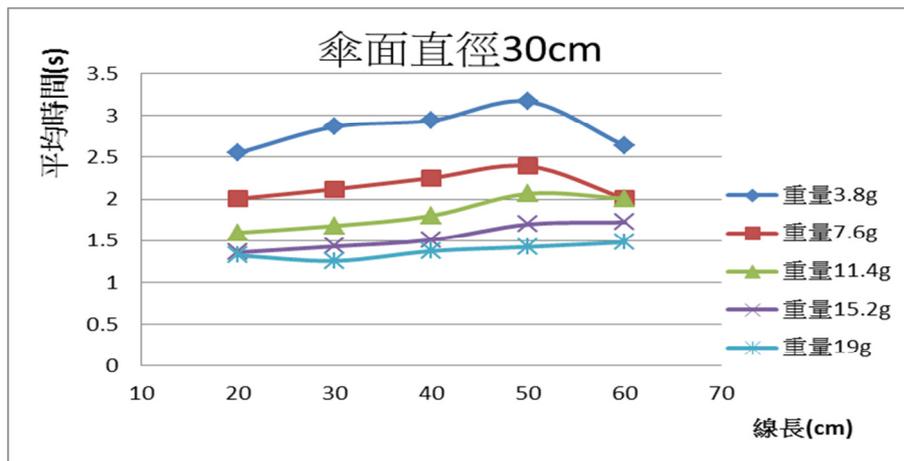


(圖十二) 不同掛載重量對於各種傘繩長度降落時間關係圖

1.討論：傘面直徑固定 20 公分時

- (1)固定傘面直徑 20 公分時，圖十二顯示傘繩長度對於降落時間的影響不顯著。
- (2)在掛載重量為 3.8 克顯示，傘繩長度為 60 公分時，其降落時間呈現明顯下降。
- (3)推測(2)是由於傘繩太長，掛載重物的重量無法有效且均勻的分散到傘面各點，使傘面無法完整展開，有效受力面積下降使降落速度上升，導致降落時間減少。

(七) 固定傘面直徑 30cm 下，不同掛載重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)對於各種傘繩長度(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)的降落時間之影響 (如圖十三)。

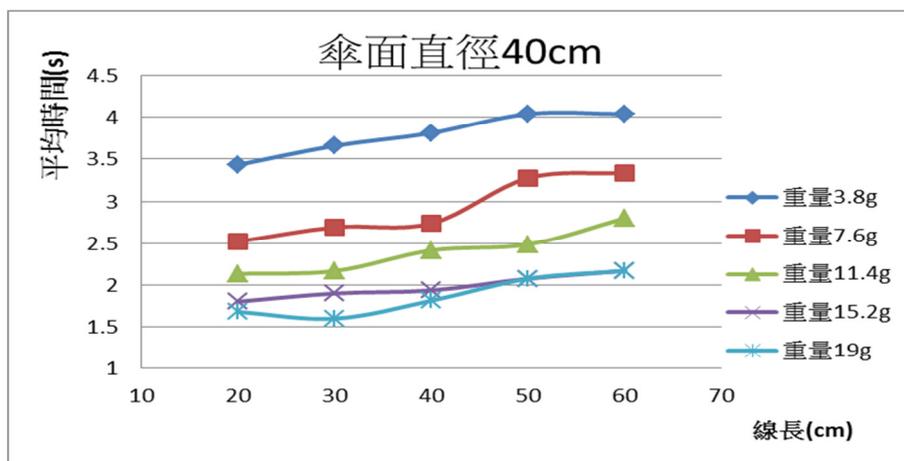


(圖十三) 不同掛載重量對於各種傘繩長度降落時間關係圖

1.討論：傘面直徑固定 30 公分時

(1) 固定傘面直徑 30 公分時，隨著掛載重量增加，傘繩長度的不同對於降落時間的影響不顯著。

(八) 固定傘面直徑 40cm 下，不同掛載重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)對於各種傘繩長度(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)的降落時間之影響 (如圖十四)。



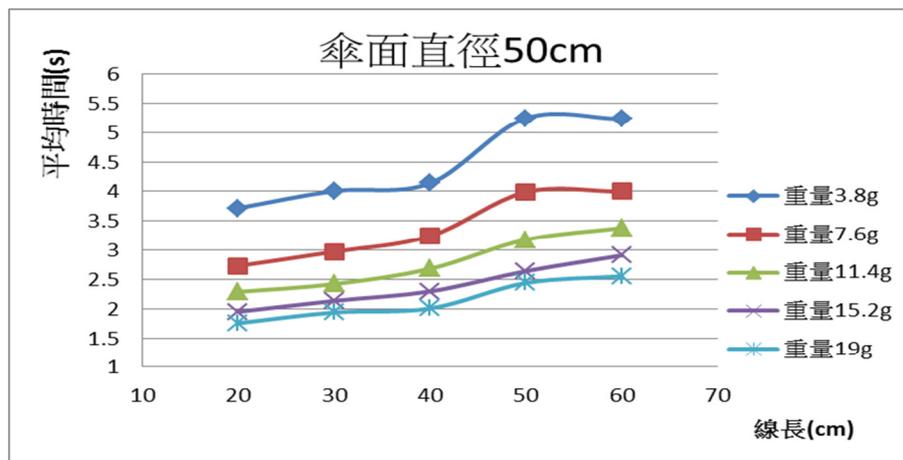
(圖十四) 不同掛載重量對於各種傘繩長度降落時間關係圖

1.討論：傘面直徑固定 40 公分時

(1) 固定傘面直徑 40 公分的降落傘，不同傘繩長度對於降落時間的影響依然不顯著。

(2) 掛載重量隨著傘繩長度增加，降落時間呈現些微延長的情形。

(九) 固定傘面直徑 50cm 下，不同掛載重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)對於各種傘繩長度(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)的降落時間之影響。(如圖十五)

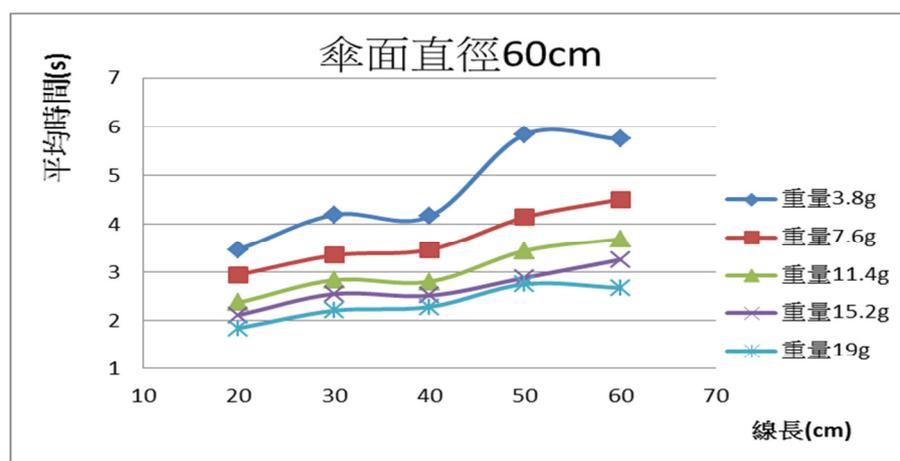


(圖十五) 不同掛載重量對於各種傘繩長度降落時間關係圖

1.討論：傘面直徑固定 50 公分時

- (1) 固定傘面直徑 50 公分的降落傘，掛載重量隨著傘繩長度增加，降落時間呈現延長的情形。
- (2) 尤其以掛載重量 3.8 克最為明顯。

(十) 固定傘面直徑 60cm 下，不同掛載重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)對於各種傘繩長度(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)的降落時間之影響。(如圖十六)



(圖十六) 不同掛載重量對於各種傘繩長度降落時間關係圖

1.討論：傘面直徑固定 50 公分時

- (1) 固定傘面直徑 60 公分的降落傘，掛載重量隨著傘繩長度增加，降落時間呈現延長的情形。
- (2) 尤其以掛載重量 3.8 克最為明顯。

二、在室外，固定傘繩長度下

(一) 傘繩長度 20cm 下，不同掛載重量(3.8g、7.6g、11.4g、15.2g、19g)對於各種傘面直徑(20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)的降落時間之影響。(如表十)

(表十) 傘繩長度 20cm 下，不同掛載重量對於各種傘面直徑

傘面直徑(cm)	次數重量(g)	一	二	三	四	五	平均時間(s)	平均速度(cm/s)
20	3.8	2.53	2.98	1.44	1.65	2.13	2.146	128.14
20	7.6	1.43	1.36	1.58	1.64	1.31	1.464	187.84
20	11.4	0.85	1.03	1.33	0.93	1.15	1.058	259.92
20	15.2							
20	19							
30	3.8	2.71	2.52	2.33	2.66	2.74	2.592	106.09
30	7.6	1.93	1.95	2.03	2.01	1.97	1.978	139.02
30	11.4	1.67	1.68	1.69	1.35	1.54	1.586	173.39
30	15.2	1.45	1.23	1.42	1.35	1.41	1.372	200.43
30	19	1.31	1.45	1.33	1.27	1.30	1.332	206.45
40	3.8	3.29	3.49	3.43	3.33	3.49	3.406	80.73
40	7.6	2.52	2.54	2.42	2.52	2.51	2.502	109.91
40	11.4	2.03	2.16	2.09	2.25	2.14	2.134	128.86
40	15.2	1.86	1.78	1.83	1.71	1.81	1.798	152.94
40	19	1.61	1.72	1.67	1.73	1.67	1.68	163.69
50	3.8							
50	7.6							
50	11.4							
50	15.2							
50	19							
60	3.8							
60	7.6							
60	11.4							
60	15.2							
60	19							

1.討論：在室外，線長固定 20 公分時

(1)降落傘的降落時間會隨著重量的增加而減少。

(2)降落速度會隨傘面直徑增加而減少。

(3)傘面直徑 20 公分，並放置 15.2 克或 19 克的重物時，其降落時間小於 1 秒，因數值小，誤差影響相對更大，故忽略不計。

