

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030822

嘆為觀紙～常見紙類的承載重量分析

學校名稱：苗栗縣立三灣國民中學

作者： 國一 吳欣芸 國一 陳沛萱 國一 林杰 國一 徐子涵	指導老師： 黃錫裕 江昱德
--	-----------------------------

關鍵詞： 環保紙袋、紙張承載重量、紙張張力

摘要

紙是日常生活中常見的物品，舉凡報章雜誌或日曆等的材質都是紙，但一張紙能承載的重量有多大，幾乎沒有人可以講出很明確的答案，我們就以這樣的概念和想法，來設計四大類的實驗：**(1)**紙張重量測試；**(2)**紙張載重測試；**(3)**沾濕烘乾後之紙張載重測試；**(4)**紙張載重後之擺動強度測試。想從中了解不同紙材承載重量是否會有明顯差異，最後發現到牛皮塑膠紙袋的承載能力最強，而手把洞口愈小或離紙張邊緣愈遠的，其承載能力會有明顯增加；另沾濕烘乾後之紙張載重測試，除亮面海報紙承載重量略降外，其它印刷宣傳單、大賣場 DM 目錄紙和報紙都略為提升。雖然結果發現，環保紙袋的可行性及實用性並不高，但從這樣的實驗中，我們體驗到紙的承載能力，並沒有想像中那麼脆弱。

壹、 研究動機

紙袋能承受多少的重量，從書本和網路都可以找到相當多的資料，可是一張紙能承載多少重物？問了好多人，都沒人知道，大家的答案都是一定沒多重就會破掉了，因此，我們對這樣的題目，感到十分的好奇，到底一張紙能承載多重的物品呢？這就成了我們很想知道的答案，問了好多人，但每個人都無法明確的說出，一張紙所能承載的重量是多重？而我們；到學校去詢問老師知不知道答案，老師也說這個問題不錯，我們不妨就可以用這樣的題目來做科展，並從實驗的過程中，去找到我們想要知道的答案，但是如果只是測一張紙的承載重量的話，似乎就太簡單了，於是老師建議我們，不妨從生活週遭來尋找常見的紙張，它們的承載重量是否會有很明顯的差異？

記得有次到 7-11 買微波食品，偶然間看到店員用不織布材質做成的環保袋來裝熟食，這時讓我聯想到是否可以改用紙來製做環保提袋，因為紙袋相較於不織布的袋子，在大自然中，更容易被分解掉，感覺上是個既方便又環保的材料。但是，先決條件還是要知道，紙張所能承載的重量有多重才行，不然怎麼裝東西呢？於是，我們就分頭去思考設計一些簡單的造型，而且也嘗試設計實驗來探討那種常見的紙張和設計，能承載最重的物品。

由於現代的加工技術發達，所以近代常將紙進一步的與塑膠膜、金屬箔或有機溶劑、化學藥品相結合，讓紙的用途由以前單純的書寫、印刷到今日的各種用途—如印製精美彩色印刷的銅版紙、磨光表面的砂紙、飲料中的鋁箔包裝盒、日常生活中紙毛巾、化妝紙、紙衣、紙帽、紙尿布、裝重東西的瓦楞紙箱和相片的感光紙、電腦中的報表紙、電氣中的絕緣紙、包裝機械的防潮紙、裝飾用的壁紙、縐紋紙和其他如耐火紙、複寫紙、紙膠帶、燻香紙、油紙和特殊用途的感光、感磁、感熱、感壓紙等不勝枚舉。因為加工紙的種類很多。所以如果要全部收集起來做實驗的話，似乎不大可能，於是我們就從生活中常看到的紙材來著手，例如找學校內的亮面宣傳海報紙、宣導用的報紙刊物(自然科博館館訊之類的)、大賣場的 DM 目錄廣告紙，以及報紙和裝水泥或裝米的牛皮塑膠袋、這幾種來做為我們實驗測試的樣本，希望可以從中得到我們想知道的答案。

貳、 研究目的

- 一、 生活周遭常見的紙張，那一種的承載重量比較強呢？
- 二、 那種的設計款式，能承受最大的承載重量呢？
- 三、 如果沾濕的紙張烘乾後，其承載重量會有所變化嗎？
- 四、 紙張是否有足夠強度，能承受來回的擺動呢？
- 五、 希望藉由我們能理解且簡便的研究結果，可讓學校同學做為日後參考的依據。

參、 研究設備及器材

- 一、 環保紙袋樣本
 - (一) 未製作前樣本

材質 編號	外觀	種類	紙質 編號	外觀	種類
1		亮面海 報紙	2		印刷宣 傳單
3		大賣場 DM 目錄	4		報紙
5		牛皮塑 膠紙袋			

表 1、未製作前樣本列表

(二)製作後之部份樣本

材質 編號	外觀	種類	材質 編號	外觀	種類
1		亮面海 報紙	2		印刷宣 傳單
3		大賣場 DM目錄	4		報紙
5		牛皮塑 膠紙袋			

表 2、製作後之部份樣本列表

(三)製作後之全部樣本

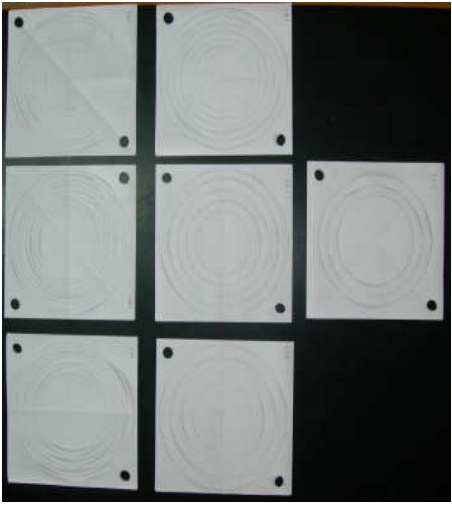



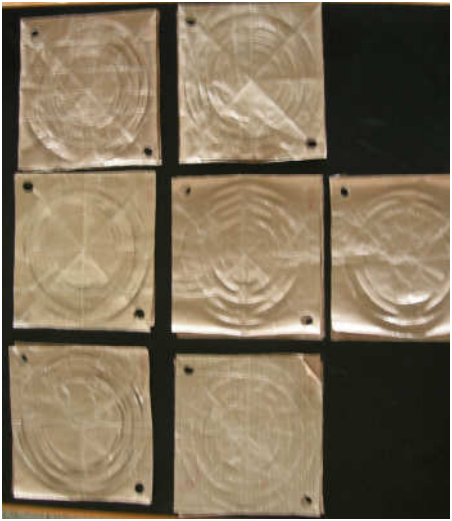
材質 編號	外觀	種類	材質 編號	外觀	種類
1		亮面海 報紙	2		印刷宣 傳單
3		大賣場 DM 目錄	4		報紙
5		牛皮塑 膠紙袋			

表 3、製作後之全部樣本列表

二、 實驗項目及設備

實驗項目	器材及設備	備註
製作研究樣本	1、各類紙張 2、美勞用具(圓規、直尺、美工刀)	
紙張重量測試	1、製作後之樣本 2、電子式天平 3、實驗紀錄本	
紙張載重測試	1、製作後之樣本 2、砝碼 3、水平吊桿設備 4、天平稱盤 5、實驗紀錄本	
沾濕烘乾後之紙張載重測試	1、製作後之樣本 2、熨斗 3、砝碼 4、水平吊桿設備 5、天平稱盤 6、實驗紀錄本	
紙張載重後之擺動強度測試	1、製作後之樣本 2、砝碼 3、水平吊桿設備 4、天平稱盤 5、實驗紀錄本	

表 4、實驗項目及設備表

三、 實驗設備

自行設計之水平吊桿設備，及操作方式，如下圖 1 及圖 2 所示：



圖 1、水平吊桿設備

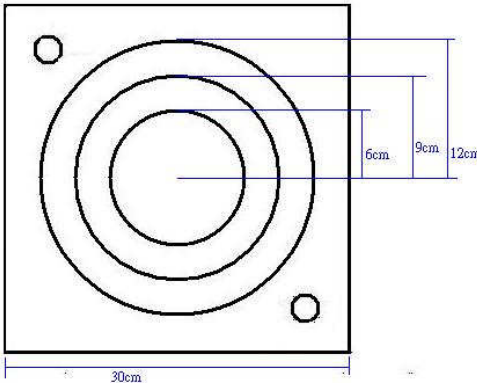
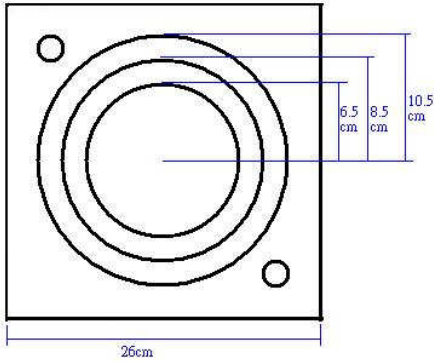
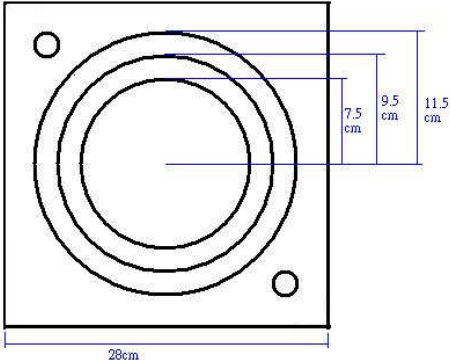
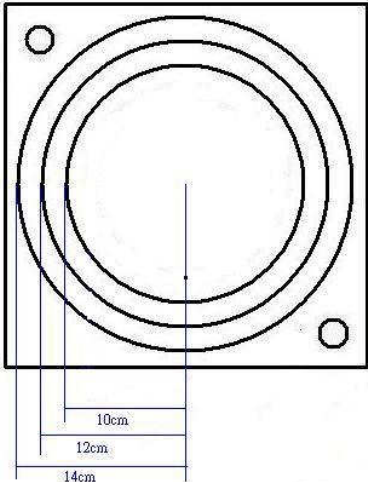
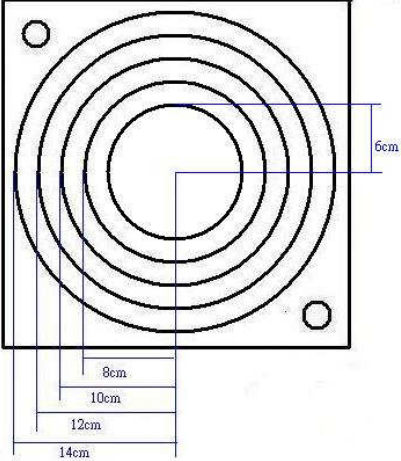
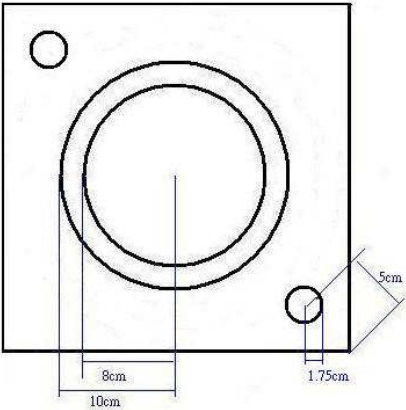


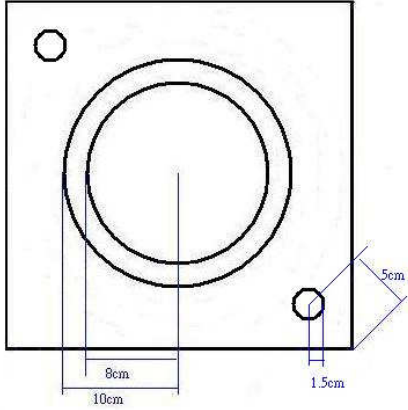
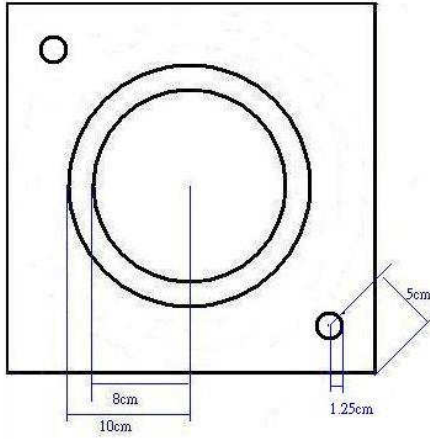
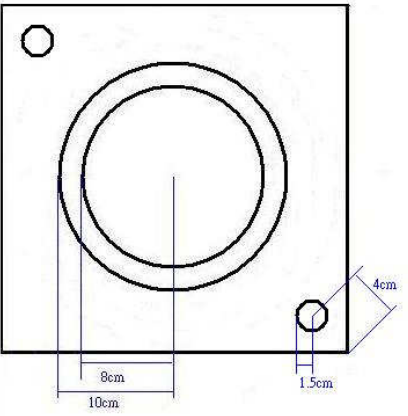
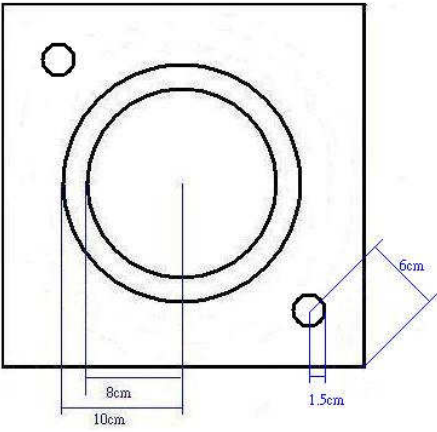
圖 2、實驗操作方式

四、尺寸設計款式

款式 編號	圖樣	內部 圈數	款式 編號	圖樣	內部 圈數
0		0	1		2
2		3	3		4
4		5	5		6

6		7	7		8
8		0	9		0
10		2	11		2

12		2	13		2
14		2	15		2
16		4	A		1

B		1	C		1
D		1	E		1

樣本編號註解：

X-Y-Z

(X：材質編號 1~5)

(Y：款式編號 0~17；A~E；w0~w1)

(Z：樣本編號 1~3)

例：1-1-1 (亮面海報紙-第 1 類款式-第 1 個樣本)

2-5-3(印刷宣傳單-第 5 類款式-第 3 個樣本)

4-w1-2(報紙-溼式第 1 類款式-第 2 個樣本)

表 5、尺寸設計款式列表

肆、 研究過程與方法

一、 前置作業

(一) 資料搜尋

- 1.利用網路或上相關網站搜集有關紙張的相關資料。
- 2.由圖書館及報章雜誌得知有關紙張的相關資訊。

(二) 樣本蒐集

由學校的資源回收室去尋找可用的紙材：

- (1)報紙
- (2)亮面海報紙
- (3)印刷宣傳單
- (4)大賣場的 DM 目錄
- (5)牛皮塑膠紙袋

二、 實驗過程

(一) 設計製作實驗樣本

- 1.將蒐集到的 5 種紙材加以分類編號。
- 2.設計不同造型及結構的樣式。
- 3.以紙張正中央為圓心，切割出不同的圈數，分別有 2 圈至 9 圈，每一種各取三個樣本。
- 4.統一以一對角線兩端各切割出半徑 1.5cm 的圓，做為提手部分。
- 5.將紙材按照設計好之樣式逐一製作完畢。

(二) 測量步驟

- 1.設計一水平吊桿，並標示出提手兩端的距離，避免張開的大小影響數據。
- 2.利用砝碼做為載重的測量物，逐一測量該材質的最大載重。
- 3.同一材質及圈數取具代表性的三個樣本，再求其平均載重量。
- 4.利用砝碼做為承載物，逐一測量該材質最大的來回擺動次數。
- 3.同一材質及圈數取具代表性的三個樣本，再求其平均來回擺動次數。

(三) 實驗項目

1.紙張重量測試

目的：希望能得知我們所選用及製作的紙張樣本平均重量。

實驗步驟：

- (1)將樣本按順序逐一放在電子天秤上進行測量。
- (2)將所得之結果做詳細紀錄，並將不適宜的數據剔除。
- (3)取具代表性的三個樣本，再求其樣本平均重量。

2.紙張載重測試

目的：希望能得知我們所選用及製作的紙張樣本的最大平均載重。

實驗步驟：

- (1)將樣本按順序逐一，置於自行設計之水平吊桿設備中。
- (2)利用砝碼做為載重的測量物，逐一測量該材質的最大載重。
- (3)將所得之結果做詳細紀錄，並將不適宜的數據剔除。

(4)取具代表性的三個樣本，再求其樣本平均重量。

(5)分析樣本的斷裂位置，並將所得結果加以紀錄。

3.沾濕烘乾後之紙張載重測試

目的：希望能得知我們所選用及製作的紙張樣本，經沾濕再烘乾後，其最大平均載重是否有所不同。

實驗步驟：

(1)先將樣本按順序逐一泡水，並用熨斗逐一將其水分烘乾整平。

(2)將樣本按順序逐一，置於自行設計之水平吊桿設備中。

(3)利用砝碼做為載重的測量物，逐一測量該材質的最大載重。

(4)將所得之結果做詳細紀錄，並將不適宜的數據剔除。

(5)取具代表性的三個樣本，再求其樣本平均重量。

(6)分析樣本的斷裂位置，並將所得結果加以紀錄。

4.紙張載重後之擺動強度測試

目的：希望能得知我們所選用及製作的紙張樣本，在有承載重物的情況下，能承受多少次的來回擺動。

實驗步驟：

(1)將樣本按順序逐一，置於自行設計之水平吊桿設備中。

(2)利用砝碼做為載重的測量物，取一固定載重值，逐一測量該材質的來回擺動次數。

(3)紙張載重後之擺動角度，是以中心線為基準線，做左右來回的擺動，擺角以不超過 45° ，也不低於 30° 為原則。

(4)將所得之結果做詳細紀錄，並將不適宜的數據剔除。

(5)取具代表性的三個樣本，再求其樣本平均重量。

(6)分析樣本的斷裂位置，並將所得結果加以紀錄。

伍、 研究結果

一、 紙張重量測試

由小組中的三位組員各自獨立觀察紀錄，之後再以討論投票之方式決定剔除不適宜的樣本的結果，並將所得之結果求其整體樣本的平均重量，結果如下表 6：

類別	一	二	三	四	五
材質	亮面海報紙	印刷宣傳單	大賣場 DM 廣告紙	報紙	牛皮塑膠紙袋
平均稱重(gw)	12.0	8.3	4.3	4.3	14.4

表 6、整體樣本的平均重量表

結果：實驗後，發現樣本的重量，以第五類的樣本，其平均重量最重。

二、 紙張載重測試

分析破裂處，依下列之方式來依序判別類推，如下圖 3 及圖 4 所示：

例一：破裂處在第一圈

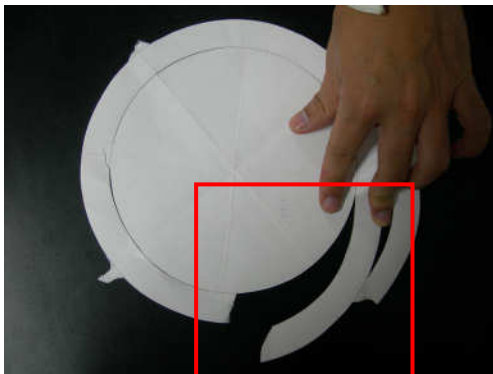


圖 3、破裂於第一圈圖

例二：破裂處在第四圈

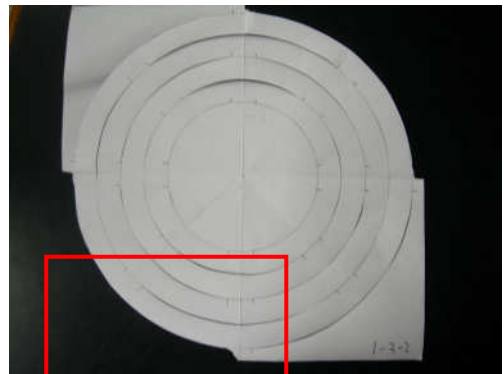


圖 4、破裂於第四圈圖

(一)不同材質不同圈數之測試

由小組中的三位組員進行觀察紀錄，之後再以討論投票之方式決定剔除不適宜的樣本結果，並將所得之結果求其樣本的平均載重，紀錄結果如下表 7、8、9、10、11，但因第五類樣本的最大承載重量與其它四類都相距甚大，於是我們用相互比較的概念來繪製圖表，以同款式第五類的最大承載重量，視為 100%，則其它同款式不同材質的樣本與其相互比較，得表 12，畫其整體比較圖如圖 5 所示：

類別	一							
材質	亮面海報紙							
樣本 編號	1-0-1	1-1-1	1-2-1	1-3-1	1-4-1	1-5-1	1-6-1	1-7-1
	1-0-2	1-1-2	1-2-2	1-3-2	1-4-2	1-5-2	1-6-2	1-7-2
	1-0-3	1-1-3	1-2-3	1-3-3	1-4-3	1-5-3	1-6-3	1-7-3
平均載 重(gw)	1494.0	401.0	376.1	363.1	423.5	401.0	376.1	363.1
斷裂 位置	手把處	第二圈	1-2-1 (第三圈) 1-2-2 (第五圈) 1-2-3 (第三圈)	第四圈	1-4-1 (第四圈) 1-4-2 (第五圈) 1-4-3 (第五圈)	1-5-1 (第六圈) 1-5-2 (第三圈) 1-5-3 (第一圈)	1-6-1 (第七圈) 1-6-2 (第三圈) 1-6-3 (第一圈)	1-7-1 (第八圈) 1-7-2 (第五圈) 1-7-3 (第八圈)

表 7、亮面海報紙實驗結果

類別	二							
材質	印刷宣傳單							
樣本 編號	2-0-1	2-1-1	2-2-1	2-3-1	2-4-1	2-5-1	2-6-1	2-7-1
	2-0-2	2-1-2	2-2-2	2-3-2	2-4-2	2-5-2	2-6-2	2-7-2
	2-0-3	2-1-3	2-2-3	2-3-3	2-4-3	2-5-3	2-6-3	2-7-3
平均載 重(gw)	410.8	232.7	227.6	257.2	174.9	190.0	276.8	262.1
斷裂 位置	手把處	第二圈	2-2-1 (把手) 2-2-2 (第三圈) 2-2-3 (第四圈)	第四圈	2-4-1 (第三圈) 2-4-2 (第五圈) 2-4-3 (第五圈)	2-5-1 (第六圈) 2-5-2 (第四圈) 2-5-3 (第六圈)	2-6-1 (第七圈) 2-6-2 (第四圈) 2-6-3 (第五圈)	2-7-1 (第三圈) 2-7-2 (第八圈) 2-7-3 (第八圈)

表 8、印刷宣傳單實驗結果

類別	三							
材質	大賣場 DM 目錄							
樣本 編號	3-0-1	3-1-1	3-2-1	3-3-1	3-4-1	3-5-1	3-6-1	3-7-1
	3-0-2	3-1-2	3-2-2	3-3-2	3-4-2	3-5-2	3-6-2	3-7-2
	3-0-3	3-1-3	3-2-3	3-3-3	3-4-3	3-5-3	3-6-3	3-7-3
平均載 重(gw)	204.0	154.0	166.8	174.9	174.9	155.2	137.2	154.6
斷裂 位置	手把處	第一圈	3-2-1 (第三圈) 3-2-2 (第一圈) 3-2-3 (把手)	3-3-1 (把手) 3-3-2 (第三圈) 3-3-3 (第四圈)	3-4-1 (第四圈) 3-4-2 (第一圈) 3-4-3 (第四圈)	3-5-1 (第六圈) 3-5-2 (第五圈) 3-5-3 (第五圈)	3-6-1 (第七圈) 3-6-2 (第四圈) 3-6-3 (第六圈)	3-7-1 (第一圈) 3-7-2 (第七圈) 3-7-3 (第四圈)

表 9、大賣場 DM 目錄實驗結果

類別	四							
材質	報紙							
樣本 編號	4-0-1	4-1-1	4-2-1	4-3-1	4-4-1	4-5-1	4-6-1	4-7-1
	4-0-2	4-1-2	4-2-2	4-3-2	4-4-2	4-5-2	4-6-2	4-7-2
	4-0-3	4-1-3	4-2-3	4-3-3	4-4-3	4-5-3	4-6-3	4-7-3
平均載 重(gw)	180.0	148.5	146.0	126.0	134.9	138.3	119.0	142.5
斷裂 位置	手把處	4-1-1 (第二圈)	4-2-1 (第三圈)	4-3-1 (第三圈)	第五圈	4-5-1 (第六圈)	4-6-1 (第七圈)	4-7-1 (第七圈)
		4-1-2 (第二圈)	4-2-2 (把手)	4-3-2 (第二圈)		4-5-2 (第五圈)	4-6-2 (第一圈)	4-7-2 (第二圈)
		4-1-3 (第二圈)	4-2-3 (把手)	4-3-3 (第四圈)		4-5-3 (第六圈)	4-6-3 (把手)	4-7-3 (第七圈)

表 10、報紙實驗結果

類別	五							
材質	牛皮塑膠紙袋							
樣本 編號	5-0-1	5-1-1	5-2-1	5-3-1	5-4-1	5-5-1	5-6-1	5-7-1
	5-0-2	5-1-2	5-2-2	5-3-2	5-4-2	5-5-2	5-6-2	5-7-2
	5-0-3	5-1-3	5-2-3	5-3-3	5-4-3	5-5-3	5-6-3	5-7-3
平均載 重(gw)	1957.6	6431.2	10903.6	9226.7	7357.9	3571.5	6265.8	3137.7
斷裂 位置	手把處	手把處	手把處	5-3-1 (第三圈)	第五圈	第六圈	5-6-1 (第八圈)	5-7-1 (第六圈)
				5-3-2 (第四圈)			5-6-2 (第七圈)	5-7-2 (第七圈)
				5-3-3 (第四圈)			5-6-3 (第八圈)	5-7-3 (第七圈)

表 11、牛皮塑膠紙袋實驗結果

設計款式	材質	相對百分率 (%)
0	亮面海報紙	76.3
	印刷宣傳單	2.1
	大賣場 DM 目錄	10.4
	報紙	9.2
	牛皮塑膠紙袋	100.0
1	亮面海報紙	6.2
	印刷宣傳單	3.6
	大賣場 DM 目錄	2.4
	報紙	2.3
	牛皮塑膠紙袋	100.0

2	亮面海報紙	3.4
	印刷宣傳單	2.1
	大賣場 DM 目錄	1.5
	報紙	1.3
	牛皮塑膠紙袋	100.0
3	亮面海報紙	3.9
	印刷宣傳單	2.8
	大賣場 DM 目錄	1.9
	報紙	1.4
	牛皮塑膠紙袋	100.0
4	亮面海報紙	5.8
	印刷宣傳單	2.4
	大賣場 DM 目錄	2.4
	報紙	1.8
	牛皮塑膠紙袋	100.0
5	亮面海報紙	11.2
	印刷宣傳單	5.3
	大賣場 DM 目錄	4.3
	報紙	3.9
	牛皮塑膠紙袋	100.0
6	亮面海報紙	6.0
	印刷宣傳單	4.4
	大賣場 DM 目錄	2.2
	報紙	1.9
	牛皮塑膠紙袋	100.0
7	亮面海報紙	11.6
	印刷宣傳單	8.4
	大賣場 DM 目錄	4.9
	報紙	4.5
	牛皮塑膠紙袋	100.0

表 12、整體相對比較表

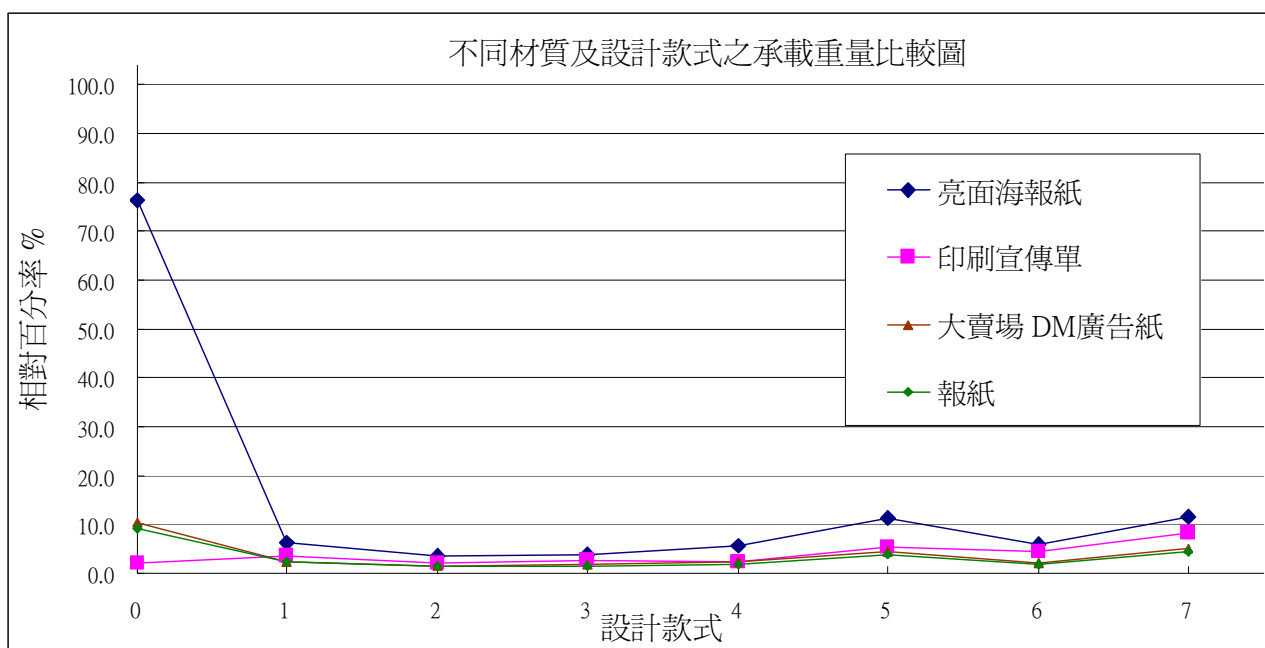


圖 5、整體相對比較圖

結果：實驗後，發現各設計款式的樣本，其承載重量，都是以第五大類所能承載的重量最大。其中可以發現到紙張在未設計任何圈數時，樣本所測得之承載重量都最高，但當設計的圈數開始增加時，可以發現到承載重量有相類似的趨勢，即承載重量分布呈波浪狀，先降後升再降。而斷裂位置則因材質不同而有變化，其中第一、第二、第三、第四類的斷裂位置，幾乎都是在圓環間接縫處，但是第五類的材質，僅在圈數低於三圈時，破裂點出現在把手位置，而當其設計圈數高於三圈以上時，破裂點就會出現在圓環間的接縫處。

(二)相同材質，手把洞大小不同之測試

類別	一		
材質	亮面海報紙		
樣本編號	1-A-1	1-B-1	1-C-1
	1-A-2	1-B-2	1-C-2
	1-A-3	1-B-3	1-C-3
平均載重 (gw)	348.0	361.9	389.6
斷裂位置	第一圈	第一圈	第一圈

表 13、亮面海報紙樣本比較表

結果：實驗後，發現樣本的承載重量，以 C 型設計的載重最大。

(三)相同材質，手把洞的位置不同之測試

類別	—		
材質	亮面海報紙		
樣本編號	1-D-1	1-B-1	1-E-1
	1-D-2	1-B-2	1-E-2
	1-D-3	1-B-3	1-E-3
平均載重 (gw)	364.8	361.9	403.5
斷裂位置	第一圈	第一圈	第一圈

表 14、亮面海報紙樣本比較表

結果：實驗後，發現樣本承載重量，以 E 型設計的承載重量最大。

(四)以等比例方式放大材質尺寸之測試

材質	亮面海報紙					
樣本編號	1-0-1	1-8-1	1-9-1	1-10-1	1-11-1	1-12-1
	1-0-2	1-8-2	1-9-2	1-10-2	1-11-2	1-12-2
	1-0-3	1-8-3	1-9-3	1-10-3	1-11-3	1-12-3
平均載重 (gw)	1494.0	733.3	709.4	400.5	392.9	485.2
斷裂位置	手把處	手把處	手把處	第二圈	第二圈	第二圈

表 15、亮面海報紙樣本比較表

材質	印刷宣傳單					
樣本編號	2-0-1	2-8-1	2-9-1	2-10-1	2-11-1	2-12-1
	2-0-2	2-8-2	2-9-2	2-10-2	2-11-2	2-12-2
	2-0-3	2-8-3	2-9-3	2-10-3	2-11-3	2-12-3
平均載重 (gw)	410.8	427.3	447.6	362.3	355.7	352.1
斷裂位置	手把處	手把處	手把處	第一圈	第一圈	第一圈

表 16、印刷宣傳單樣本比較表

結果：實驗後，發現樣本承載重量，內部無尺寸設計的情況下，大致以 0 號設計的款式，其承載重量最大；若內部有尺寸設計及切割的情況下，則是以 10 號設計的款式，其承載重量最大。

(五)材質的內圈尺寸放大之測試

材質	亮面海報紙			印刷宣傳單		
樣本編號	1-2-1	1-13-1	1-14-1	2-2-1	2-13-1	2-14-1
	1-2-2	1-13-2	1-14-2	2-2-2	2-13-2	2-14-2
	1-2-3	1-13-3	1-14-3	2-2-3	2-13-3	2-14-3
平均載重 (gw)	376.1	439.9	425.8	227.6	428.9	428.4
斷裂位置	1-2-1 (第三圈) 1-2-2 (第五圈) 1-2-3 (第三圈)	第二圈	第二圈	2-2-1 (把手) 2-2-2 (第三圈) 2-2-3 (第四圈)	第二圈	第二圈

表 17、樣本比較表

結果：實驗後，發現樣本承載重量，以 13 號的設計款式其承載重量最大。

三、沾濕烘乾後之紙張載重測試

由小組中的三位組員進行觀察紀錄，之後再以討論投票之方式決定剔除不適宜的樣本結果，並將所得之結果求其樣本的平均載重量，結果如下：

(一)不同材質，無任何圈數

類別	一	二	四
材質	亮面海報紙	印刷宣傳單	報紙
樣本編號	1-w0-1	2-w0-1	4-w0-1
	1-w0-2	2-w0-2	4-w0-2
	1-w0-3	2-w0-3	4-w0-3
平均載重(gw)	1009.7	436.7	224.9
斷裂位置	把手處	把手處	把手處

表 18、樣本比較表

結果：實驗後，發現樣本承載重量，以亮面海報紙能承載的重量最大。

(二)不同材質相同圈數

類別	一	二	三	四
材質	亮面海報紙	印刷宣傳單	DM 廣告單	報紙
樣本編號	1-w1-1 1-w1-2 1-w1-3	2-w1-1 2-w1-2 2-w1-3	3-w1-1 3-w1-2 3-w1-3	4-w1-1 4-w1-2 4-w1-3
平均載重 (gw)	366.8	253.1	183.7	151.2
斷裂位置	第一圈	第一圈	第一圈	4-w1-1 4-w1-2 (第一圈) 4-w1-3 (第二圈)

表 19、樣本比較表

結果：實驗後發現樣本承載重量，以亮面海報紙最重，而斷裂位置幾乎都是出現在圓環間的接縫處。

四、紙張載重後之擺動強度測試

由小組中的三位組員進行觀察紀錄，之後再以討論投票之方式決定剔除不適宜的樣本結果，並將所得之結果求其樣本的平均擺動次數，結果如下：

類別	一			二		
材質	亮面海報紙			印刷宣傳單		
樣本編號	1-15-1 1-15-2 1-15-3	1-2-4 1-2-5 1-2-6	1-16-1 1-16-2 1-16-3	2-15-1 2-15-2 2-15-3	2-2-4 2-2-5 2-2-6	2-16-1 2-16-2 2-16-3
承載重量(gw)	150	150	150	100	100	100
平均擺動次數	159	124.6	87.6	70.6	69.3	64.6
斷裂位置	第一圈	1-2-4 (第一圈) 1-2-5 (第一圈) 1-2-6 (把手)	1-17-1 (把手) 1-17-2 (第一圈) 1-17-3 (第一圈)	第一圈	2-2-4 (第一圈) 2-2-5 (把手) 2-2-6 (把手)	2-16-1 (把手) 2-16-2 (把手) 2-16-3 (第一圈)

表 20、樣本比較表

結果：實驗後，發現樣本擺動次數，以亮面海報紙設計的樣本，擺動次數都較同款印刷宣傳單的次數高了近兩倍，而斷裂位置幾乎都是出現在手把處，也就是一般提袋手拿的位置。

陸、討論

一、紙張重量測試

實驗後，發現樣本的重量，以第五類的樣本，其平均重量最重，可能原因在於這類的紙張有一面是有塑膠材質的緣故。

二、紙張載重測試

(一)不同材質不同圈數

實驗後，發現各類型的樣本承載重量，以第五大類所能承載的重量最大，可能原因在於這類的紙張有一面是有塑膠材質的緣故。另外，可以發現到紙張在未設計任何圈數時，樣本所測得之承載重量都最高，但當設計的圈數開始增加時，可以發現到承載重量有相類似的趨勢，即承載重量分布呈現一波浪狀，先降後升再降，猜測可能的原因在於紙張整體的張力被破壞的緣故。而斷裂位置和材質有相關，從表可以看出第一、第二、第三、第四類的斷裂位置，幾乎都是出現在圓環間接縫處，但是第五類的材質，在圈數低於三圈時，破裂點幾乎都出現在把手位置，而當其設計圈數高於三圈以上時，破裂點才會出現在圓環間接縫處。分析可能的原因，有可能是因為在切割樣本時，割紙有瑕疵，圓環間接縫不良，使得砝碼的重量無法均勻分散在紙袋底部，造成紙材的支持力不平衡，因而傾斜斷裂，但我們可以也可以從這樣的實驗結果發現，推測每一類的紙材，在某種設計款式，有最佳化的承載重量。

第一類的紙材，在第四型設計款式時，有最佳的承載重量；第二類的紙材，在第三型設計款式時，有最佳的承載重量；第三類的紙材，在第三型設計款式時，有最佳的承載重量；第四類的紙材，在第二型設計款式時，有最佳的承載重量；第五類的紙材，在第二類設計款式時，有最佳的承載重量；由此，可知紙張的整體張力會明顯影響承載重量。

(二)相同材質，手把洞大小不同

實驗後，發現樣本承載重量，以 C 型設計的承載重量最大，推想可能的原因在於這類的樣本，因為其手把的洞最小，所以保有較大的紙張張力，所以會明顯增加其承載重量。

(三)相同材質，手把洞位置不同

實驗後，發現樣本承載重量，以 E 型設計的承載重量最大，而可能原因在於這類的樣本，其手把的位置離紙張邊緣較遠，當有載重物時，紙張的張力可以提供較大的支撐力之故。

(四)以等比例方式放大材質規格之測試

實驗後，發現樣本承載重量，內部無尺寸設計的情況下，大致以 0 號設計的款式，其承載重量最大，可能原因在於紙張尺寸面積較大，長寬都有 30cm，所以較其它兩者的面積大，因此，在內部無尺寸設計的情況下，具有較好的整體紙面張力；但若內部有尺寸設計及切割的情況下，則是以 10 號設計的款式，具有較大的載重，可能原因在於紙張尺寸面積較小，長寬只有 20cm，所以較其它兩者的面積小，具有較集中的整體紙面張力，因此，在內部有尺寸設計的情況下，其承載重量最大。

(五)材質的內圈規格放大之測試

實驗後發現樣本承載重量，以 13 號設計的承載重量最大，推想可能的原因在於這類的樣本，因為其內圈最小，整體尺寸也較小，所以紙張的整體張力較集中，所以會明顯增加承載重量。

三、沾濕烘乾後之紙張載重測試

(一)不同材質，無任何圈數

實驗後，發現樣本承載重量，以亮面海報紙最重，可能原因在於這類的紙張有一面是有塑膠材質的緣故，所以承載能力較強。

(二)不同材質，相同圈數

實驗後，發現樣本承載重量，以亮面海報紙最重，可能原因在於這類的紙張有一面是有塑膠材質的緣故，所以承載力才會較強之故，而斷裂位置幾乎都是出現在圓環間的接縫處，可能原因應該也是紙的張力被破壞的緣故。

四、紙張載重後之擺動強度測試

我們嘗試用樣本來回擺動的方式，來模擬當我們用手提紙袋時的晃動情況，我們發現到，其實一般常見的紙類，其載重量本來就不大，若未經其它加工處理的話，其最大載重都無法達到實用的階段，而且當樣本開始來回擺動之後，其載重能力往往又更低，所以我們才會以 150 公克重做為基準進行測試，實驗後發現，隨著內部圈數的增多，擺動次數會減少，因為亮面海報紙有一層塑膠膜保護，因此，比較能承受較多次的擺動，但印刷宣傳單的擺動次數，即使其本身載重已減到 100 公克重，但仍無法達到其一半，可能是來回擺動的過程中，有所謂離心力的影響的緣故。由此可知，當我們用手提東西時，還是不要來回晃動太遽烈才好，不然很容易使紙袋破損。

由這些實驗，我們可以了解到因為材質為紙製品，所以原本就很容易造成破損，導致實驗數據上常有異常的現象發生，如測量載重時，通常斷裂處常發生在切割較為不工整的地方，因而造成得到承載重量的數據會很明顯的低於其他樣本。

此外，有些實驗數據過於誇張的，我們會檢查它的斷裂處是否有割錯的現象，或者是一開始就有破損的情況發生，然後將所得的數據加以解釋，但不會與其他樣本一起取平均值，以避免影響真實的數據範圍，另外，我們也曉得下次若再製作這樣的產品時，應該是要更加的謹慎小心，並注意每一個小細節，方能把誤差降至最小。

柒、結論

眼見為憑，以前就聽過紙的承載重量，從網路知道得知在高中的紙基礎競賽中，基本的重量是 1.5 噸，相當於一輛轎車的重量，紙的形狀最好是圓的，圓裡再有圓，這樣比較能承受較重的重量。而通常 2 張 A4 的紙大約能承受 1 個人的重量，最多可以承受兩個人的重量(如果站的上來的話)，而且紙張也不要太高或太低，這樣就能承受更重的東西了。但這些都是以完整的紙張，捲成圓筒狀來做試驗，如今，我們是以紙來設計成環紙袋的構想，雖然在現實生活中並不是很可行，但從這樣的實驗，最起碼也可以讓我們從中了解到，原來紙才沒有想像中的那麼不堪一擊，有的紙材甚至可以載重達 11 公斤耶！最後，希望這樣的結果可以讓學校同學做為日後參考的依據。

捌、參考資料及其他

- 1、紙業百科 http://www.clc.com.tw/products/services_encyclo2.asp
- 2、紙類資訊 http://www.ycrp.com/paper2_2.php
- 3、李清華(2005)。塑膠袋與紙袋之環境衝擊比較評析。科學與工程技術期刊，3 (1)，47-53。
- 4、林英智、李清勝、黃能堂、張永達、蔡尚芳(民96)。1-2質量與密度的測量。載於國中自然與生活科技（第三冊15頁）。臺北市：康軒文教。

【評語】 030822

作品由 7-11 的便當提袋出發，看到作者對日常生活中科學相關事物的用心觀察，研究用品的取得也相當生活化，若能在研究的科學性與問題解決的廣度方面加強，作品將會更有可看性。