

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

最佳團隊合作獎

081504

環保紙盒"力"大功

桃園縣桃園市慈文國民小學

作者姓名：

小五 陳怡靜 小五 許維哲 小五 蕭家曜

小五 林承緯 小五 葉昱霆

指導老師：

陳芷珊 蕭秀萍

環保紙盒「力」大功

壹、摘要：

藉由蒐集不同底部類型的紙盒，觀察紙盒底部結構，發現可將紙盒底部的組裝方式分成兩大類：（一）底部僅以鑲嵌方式組裝；（二）底部須以膠水或膠帶黏貼。經過觀察並共同討論後，發現以鑲嵌方式組裝的紙盒用途非常廣泛，載重力的範圍也很大，而且符合環保再利用的理念，所以我們決定這次的研究方向為「紙盒的底部結構對載重力的影響」。

研究過程有「紙盒底部結構載重力測試」、「不同形狀、大小的底部紙盒對載重力的影響」、「鑲嵌處邊角對載重力的影響」。未來可以再探討以下幾個主題：載重力最好的鑲嵌處比例應為何？是否可以找出簡單的計算方式；找出容易組裝的邊角角度、裁切方式；紙盒結構與成本的關係；設計不同功能的紙盒。

貳、研究動機：

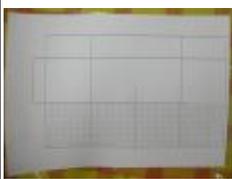
前幾個月我們受邀參加自然老師的婚禮時，我們好奇的把玩桌上未拆封的洋酒，無意中，我們發現雖然酒瓶很重，紙盒底部也只是以底部四片紙板相互嵌制，不僅沒有用膠帶黏貼，也沒有因為任意晃動而爆掉。由於我們曾經在三年級下學期自然與生活科技領域學習到「生活中的力」，而現在五年級下學期又即將上到「巧妙的施力工具」，所以，我們就迫不及待的想把這個跟「力」有關的發現，做更深入的了解與探討。於是，我們就決定來探討「紙盒底部結構與載重力的關係」。

參、研究目的：

- 一、探討不同紙盒的底部組合方式、優缺點及其應用。
- 二、為響應環保運動，避免資源浪費，我們想找出方便又可重複使用的紙箱、紙盒形式。
- 三、探討紙盒底部結構與所能承受的最大限度重量的關係。

肆、研究器材：

螺絲、200 磅西卡紙、電子秤、寶特瓶及各式紙盒。

				
螺絲	200 磅 西卡紙	電子秤	寶特瓶	各式紙盒

伍、研究過程與結果：

研究過程一：紙盒底部結構分析

（一）方法：

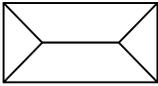
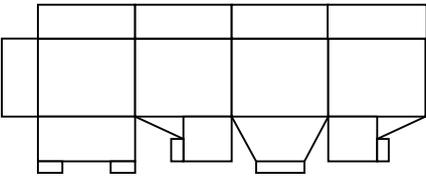
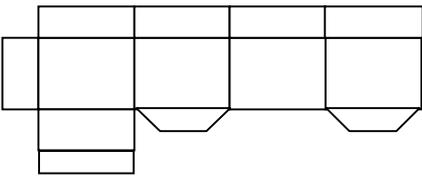
1. 蒐集坊間常見的包裝紙盒。
2. 觀察研究其底部的構造，分析不同紙盒的特性。

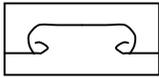
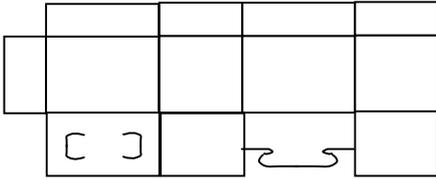
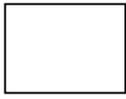
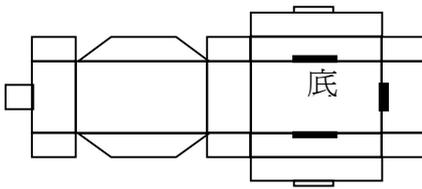
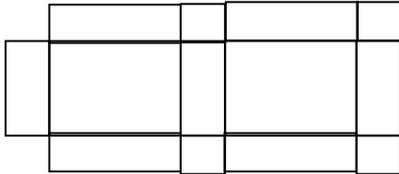
3.比較相同底面積、相同高度、不同底部類型紙盒的載重能力，定紙盒底部為 8 cm×8 cm、高為 8 cm的紙盒。

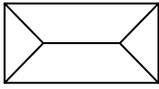
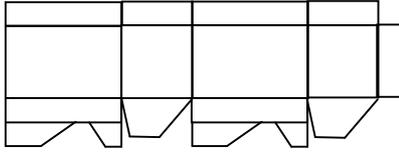
(二) 分析結果：

經過討論後，我們將蒐集到的紙盒分成下列六大種，並將其用途、優缺點等一一列出，整理成下表一。根據實驗結果將不同類型紙盒的載重力結果記錄於表二。

表一：各種紙盒結構及優缺點分析表

分類	編號	底部外觀圖	紙盒分解圖	常見用途
底部僅以鑲嵌方式組合	甲			放置酒瓶、茶包、蛋糕、糖果、草莓……等
		優點		缺點
	容易拆開組合、可放置的東西載重範圍很大、方便收藏、可重複使用、紙盒長寬高變化多、不需使用膠水、膠帶		紙盒底部結構較複雜、底部不完整	
	甲型照片			
底部僅以鑲嵌方式組合	乙			放置燈泡、藥、藥水、茶包、糖果、粉筆
		優點		缺點
	結構簡單、容易拼裝拆開、底部完整可登廣告、方便收藏、可重複使用、不需使用膠水、膠帶		放置的物品重量無法太重、底部容易爆開	
	乙型照片			

底部僅以鑲嵌方式組合	編號	底部外觀圖	紙盒分解圖	常見用途
	丙			放置藥品
		造型特殊、容易拼裝拆開、方便收藏、可重複使用、不需使用膠水、膠帶	鑲嵌處因拼裝及拆開時需要折一下，較易斷裂、紙盒放置的物品重量無法太重、底部不完整	
丙型照片				
底部僅以鑲嵌方式組合	編號	底部外觀圖	紙盒分解圖	常見用途
	丁			放置遙控車、手機、電燈、藥，常用於放置電器用品。
		拼裝拆開、底部完整可刊登廣告、可重複使用、不需使用膠水、膠帶	必須使用較多的紙張、使用的紙張需要有一定的厚度、大多是扁平形狀	
丁型照片				
分類	編號	底部外觀圖	紙盒分解圖	常見用途
底部須以膠水或膠帶黏貼	戊			放置書籍、水果、泡麵、咖啡機……等，為日常生活中最常見的一類型。

		可載重範圍大、拼裝拆開容易、常見用於裝置大型物品	需要膠帶才能組合、載重力受膠帶影響、底部不完整	
	戊型照片	  		
底部須以膠水或膠帶黏貼	編號	底部外觀圖	紙盒分解圖	常見用途
	己			放置蛋糕、藥品、電源開關蓋板、洗衣精
		優點		缺點
	組裝拆開最容易、重複使用時不需膠水膠帶、拆開收藏時紙盒底部完全收入紙盒中		底部結構較複雜、變化較少、紙盒第一次使用須先以膠水或膠帶固定底部才可重複使用	
	己型照片	  		

表二不同類型紙盒的載重力紀錄表

紙盒類型	第一個			第二個			載重力平均值
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	
甲	2200	1600	1360	1510	1570	1440	1569.9
乙	550	510	470	580	510	510	521.7
己	630	660	595	880	760	730	709.2

研究結果一：紙盒底部結構分析

因丙型紙盒相對缺口及鑲嵌處大小變化較大；丁型須以較厚的紙盒張才能拼裝，我們選的紙張太薄無法鑲嵌住；戊型因牽涉到膠帶的黏貼，不是以紙張鑲嵌方式，所以我們只選取甲、乙、己三型單純以底部紙張鑲嵌的載重力做比較。由實驗結果可看出以下二點：

- (一) 甲型紙盒的載重力遠較乙型、己型好，可用於放置較重的物品，如酒瓶。
- (二) 甲型紙盒底部的載重力會因為爆開次數越多，載重力越差；乙型、己型則較不明顯，載重力下降的較少。

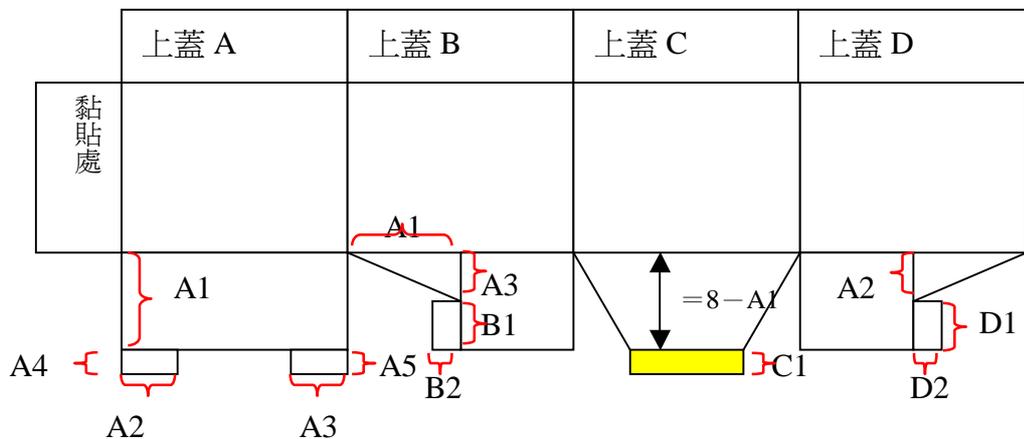
經過觀察討論後，發現甲型紙盒的用途非常廣泛，載重力的範圍很大，蒐集到同類型的

紙盒底部仍有很多不同的小地方，且甲型紙盒符合環保再利用的理念，所以我們決定分析甲型紙盒的底部結構對載重力的影響。

研究過程二：甲型紙盒底部結構與載重力測試

(一) 方法：

- 1.將甲型紙盒底部結構以圖一表示，分別在鑲嵌處標上不同代號，設定底部為 8 cm×8 cm、高為 8 cm的紙盒。
- 2.以改變鑲嵌處所預留紙張的長度或寬度做為實驗的變因，設計了以下ㄅ至ㄎ八種類型，每個類型皆以ㄅ為對照。又可分成對稱型（ㄅ、ㄆ、ㄏ、ㄏ、ㄎ、ㄎ）和不對稱型（ㄇ、ㄏ）。
- 3.經過幾次測試性的實驗後，我們發現紙盒都是從 C 的部分（如圖一黃色區域）先滑開，故我們決定以底部 C 滑開時，做為紙盒的載重力。
- 4.每個類型做 2 個紙盒，分別做 3 次載重力測試，再求其平均值，以避免誤差。
- 5.為了使紙盒底部受力平均，我們在紙盒底部加墊 8×8 平方公分的紙片，並使用寶特瓶擺放螺絲，使寶特瓶能均勻擺放在紙盒中央。
- 6.生活中，我們常會在行進間提拿物品，使物品有左右晃動的現象，所以，實驗時，操作者雙手需左右輕輕搖晃紙盒，但不做上下搖動，以免涉及重力的誤差。



圖一：甲型紙盒底部結構各鑲嵌部位代號

			
8×8 平方公分的紙片	寶特瓶均勻擺放螺絲	寶特瓶擺放在紙盒中央	雙手左右輕輕搖晃紙盒

表三：對稱型ㄅ－同時改變 A2、A3，會隨之改變的有 $B1=4-A3$ 、 $D1=4-A2$

編號	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	C1	D1	D2
ㄅ 1	4cm	1cm	1cm	1cm	1cm	3cm	1cm	1cm	3cm	1cm
ㄅ 2	4cm	1.5cm	1.5cm	1cm	1cm	2.5cm	1cm	1cm	2.5cm	1cm
ㄅ 3	4cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm
ㄅ 4	4cm	2.5cm	2.5cm	1cm	1cm	1.5cm	1cm	1cm	1.5cm	1cm
ㄅ 5	4cm	3cm	3cm	1cm	1cm	1cm	1cm	1cm	1cm	1cm

表四：對稱型ㄆ－以ㄅ 3 為比較，同時改變 B1、D1

編號	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	C1	D1	D2
ㄆ 1	4cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2.5cm	1cm	1cm	2.5cm	1cm
ㄆ 2	4cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm
ㄆ 3	4cm	2cm	2cm	1cm	1cm	1.5cm	1cm	1cm	1.5cm	1cm
ㄆ 4	4cm	2cm	2cm	1cm	1cm	1cm	1cm	1cm	1cm	1cm

表五：對稱型ㄇ－以ㄅ 3 為比較，同時改變 A4、A5

編號	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	C1	D1	D2
ㄇ 1	4cm	2cm	2cm	2cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm
ㄇ 2	4cm	2cm	2cm	3cm	3cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm
ㄇ 3	4cm	2cm	2cm	4cm	4cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm

表六：對稱型ㄏ－以ㄅ 3 為比較，同時改變 B2、D2

編號	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	C1	D1	D2
ㄏ 1	4cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2cm	2cm	1cm	2cm	2cm
ㄏ 2	4cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2cm	3cm	1cm	2cm	3cm
ㄏ 3	4cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2cm	4cm	1cm	2cm	4cm

表七：對稱型ㄏ－以ㄅ 3 為比較，改變 C1

編號	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	C1	D1	D2
ㄏ 1	4cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm	2cm	2cm	1cm
ㄏ 2	4cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm	3cm	2cm	1cm
ㄏ 3	4cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm	4cm	2cm	1cm

表八：不對稱型ㄏ－以ㄅ 3 為比較，改變 A1

編號	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	C1	D1	D2
ㄏ 1	5cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm
ㄏ 2	6cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm
ㄏ 3	7cm	2cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm	1cm	2cm	1cm

表九：不對稱型ㄅ－以ㄅ3為比較，改變A2，會隨之改變的A3=7-A2

編號	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	C1	D1	D2
ㄅ1	4cm	6cm	1cm							
ㄅ2	4cm	5cm	2cm	1cm						
ㄅ3	4cm	4cm	3cm	1cm						

表十：對稱型ㄅ－以ㄅ3為比較，同時改變A4、A5、B2、C1、D2

編號	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	C1	D1	D2
ㄅ1	4cm	2cm	2cm	2cm	2cm	2cm	2cm	2cm	2cm	2cm
ㄅ2	4cm	2cm	2cm	2.5cm	2.5cm	2cm	2.5cm	2.5cm	2cm	2.5cm
ㄅ3	4cm	2cm	2cm	3cm	3cm	2cm	3cm	3cm	2cm	3cm
ㄅ4	4cm	2cm	2cm	3.5cm	3.5cm	2cm	3.5cm	3.5cm	2cm	3.5cm
ㄅ5	4cm	2cm	2cm	4cm	4cm	2cm	4cm	4cm	2cm	4cm

(二) 實驗結果：

表十一：對稱型ㄅ－同時改變A2、A3，會隨之改變的有B1=4-A3、D1=4-A2

編號	第一個紙盒				第二個紙盒				二個紙盒的平均值
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均	
ㄅ1	1920	1500	1290	1570	1810	1395	1490	1565	1567.5
ㄅ2	2200	1600	1360	1720	1460	1180	1070	1236.7	1478.3
ㄅ3	1710	1650	1540	1633	1510	1570	1440	1506.7	1569.9
ㄅ4	1550	1220	1150	1306.7	1580	1080	1080	1246.7	1276.7
ㄅ5	1830	1690	1610	1710	1830	1440	1440	1570	1640

觀察結果：

- 1.同一個紙盒連續測試三次時，載重力有越來越低的趨勢。
- 2.從平均值中可以看出改變A2、A3對底部的載重力並無明顯的影響。

表十二：對稱型ㄅ－以ㄅ3為比較，同時改變B1、D1

編號	第一個紙盒				第二個紙盒				二個紙盒的平均值
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均	
ㄅ1	1370	1220	1080	1223.3	1470	1260	1150	1293.3	1258.3
ㄅ2	1650	1220	1150	1340	1760	1790	1330	1626.7	1483.4
ㄅ3	1960	1500	1340	1600	1330	1150	1190	1223.3	1411.6
ㄅ4	1590	1480	1370	1480	1270	1620	1300	1396.7	1438.3

觀察結果：

- 1.同一紙盒連續測試三次時，載重量有越來越低的趨勢。
- 2.從平均值中發現同時改變B1及D1時，長度減少，對載重量影響不顯著。
- 3.與ㄅ3相比，載重力稍差一些。

表十三：對稱型□—以ㄅ 3 為比較，同時改變 A4、A5

編號	第一個紙盒				第二個紙盒				二個紙盒的平均值
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均	
□ 1	1120	1080	1010	1070	1290	1180	1150	1206.7	1138.3
□ 2	1190	1080	1080	1116.7	1150	1260	1080	1163.3	1140
□ 3	1510	1270	1080	1286.7	1330	1110	1050	1163.3	1125

觀察結果：

- 1.同一紙盒連續測試三次時，載重量有越來越低的趨勢。
- 2.從平均值中發現同時改變 A4 及 A5 時，長度增加，對載重量並無明顯影響。
- 3.與ㄅ 3 相比較，載重力較差。

表十四：對稱型□—以ㄅ 3 為比較，同時改變 B2、D2

編號	第一個紙盒				第二個紙盒				二個紙盒的平均值
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均	
□ 1	1230	1200	1270	1233.3	1260	1050	1020	1110	1171.6
□ 2	1390	1330	1150	1290	1390	1390	1120	1300	1295
□ 3	1790	1440	1330	1520	1460	1210	1140	1270	1395

觀察結果：

- 1.同一紙盒連續測試三次時，載重量有越來越低的趨勢。
- 2.從平均值中發現同時改變 B2 及 D2 時，長度增加，載重力有少許增加。
- 3.與ㄅ 3 相比較，載重力比較差。(忽略□ 3 第一個紙盒數據)

表十五：對稱型ㄅ—以ㄅ 3 為比較，改變 C1

編號	第一個紙盒				第二個紙盒				二個紙盒的平均值
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均	
ㄅ 1	1400	1370	1300	1356.7	1115	1040	1290	1148.3	1252.5
ㄅ 2	超過 3050	1480	1680	超過 2070	1850	1700	1560	1703.3	超過 1886.7
ㄅ 3	超過 3010	×	×	×	超過 3010	超過 3010	超過 3010	超過 3010	超過 3010

觀察結果：

- 1.從實驗中發現本型的載重力較ㄅ 3 好，(ㄅ 2 及ㄅ 3 皆有超過 3 公斤的紀錄) 表示其底盤相當緊密，如：ㄅ 3 第一個紙盒底部在鑲嵌處並未鬆開，反而是底部折處破裂，使紙盒無法再使用了。第二個紙盒則是連續三次測試都超過 3 公斤都無法使底部結構瓦解。
- 2.從平均值中發現改變 C1 時，長度越長載重力越好，載重力有明顯的增加。

表十六：不對稱型ㄉ一以ㄅ3為比較，改變A1

編號	第一個紙盒				第二個紙盒				二個紙盒的平均值
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均	
ㄉ1	1260	1370	1010	1213.3	1080	1010	1050	1046.7	1130
ㄉ2	1400	1045	1010	1151.7	1045	1010	940	998.3	1075
ㄉ3	1290	900	900	1030	870	810	510	730	880

觀察結果：

1. 紙盒ㄉ是屬於不對稱紙盒，從實驗平均數據中，可發現載重力從 1130 公克至 880 公克，越不對稱載重力越低。
2. 與ㄅ3 相比較，載重力明顯偏低。

表十七：不對稱型ㄋ一以ㄅ3為比較，改變A2，會隨之改變的A3=7-A2

編號	第一個紙盒				第二個紙盒				二個紙盒的平均值
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均	
ㄋ1	1350	830	1000	1060	1530	1190	940	1220	1140
ㄋ2	725	760	580	688.3	840	1150	1070	1020	854.2
ㄋ3	690	650	580	640	790	590	585	655	647.5

觀察結果：

1. 紙盒ㄋ屬於不對稱紙盒，從實驗平均數據中，即可發現載重量從 1140 公克至 647.5 公克，越不對稱載重力越低。
2. 與ㄅ3 相比較，載重力明顯較低。

表十八：對稱型ㄎ一以ㄅ3為比較，同時改變A4、A5、B2、C1、D2

編號	第一個紙盒				第二個紙盒				二個紙盒的平均值
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均	
ㄎ1	1650	1430	1540	1540	2440	1670	1640	1916.7	1728.3
ㄎ2	2060	1430	1500	1663.3	1580	1470	1400	1486.7	1575
ㄎ3	超過	超過	2850	超過	超過	超過	超過	超過 3085	超過 3054.15
	3060	3160		3023.3	3200	3055	3000		
ㄎ4	超過	超過	超過	超過	超過	超過	超過	超過 3293.3	超過 3148.2
	3000	3000		3010	3003.3	3240	3240		
ㄎ5	超過	超過	超過	超過 3400	超過	超過	超過	超過 3085	超過 3242.5
	3340	3450		3410	3200	3055	3000		

觀察結果：

1. 從實驗中發現對稱型ㄎ載重力較ㄅ3好，(ㄎ3、ㄎ4及ㄎ5皆超過3公斤底部結構仍未瓦解)表示其底盤相當緊密。
2. 對稱型ㄎ所同時改變A4、A5、B2、C1、D2，增加越長載重力越佳，但根據其他實驗應可推測主要原因是C1長度增加，增加紙盒的載重力。

(三) 過程二整體討論：

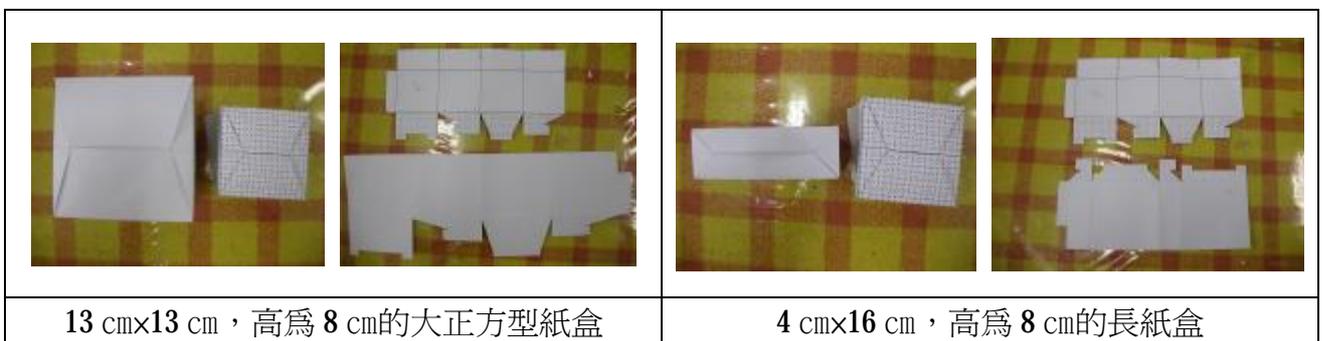
- 1.大多數的紙盒通常是第一次測試時載重力最好，觀察後發現紙盒底部爆開後，鑲嵌的結構會遭到破壞，所以第二次再測試時，就會發生載重力下降的情形。
- 2.每種類型的紙盒隨使用次數增加，載重力下降的情形也不一，如：ㄅ型的下降情形較明顯，ㄅ₂第三次較第一次下降約 840 克；而ㄅ、ㄇ、ㄣ三種類型則是雖有下降，但下降程度較不明顯。由此可知若要重複使用，可能ㄅ、ㄇ、ㄣ型會是較好的選擇。(ㄅ型因為無爆開，無法比較三次下降的量)
- 3.因我們使用的紙盒底部是使用鑲嵌的方式，ㄅ、ㄅ型鑲嵌部分較長所以鑲嵌的效果較好，結構比較不容易瓦解；而不對稱的ㄆ、ㄆ型則因底部不對稱，受力不均勻，很容易使紙盒底部結構瓦解爆開。
- 4.實驗時發現底部都是由 C 片先爆出，觀察後發現 C 只是插入 A、B、D 三個鑲嵌的部分，與其他部分並無力相互箝制，因此我們推測 C 區應是紙盒底部最脆弱的地方。所以在改變鑲嵌部分的長度時，會發現增長 C1 (即ㄅ型) 的效果，遠比增加 A2、A3 (即ㄅ型) 或其他型好，應該是 C1 加長後就較不容易因受力彎曲後滑出底部，所以載重力會較佳。
- 5.未爆開的紙盒底部因未受損，可維持載重力。所以若我們想回收使用紙盒，應該要考慮放在紙盒中物品的重量，避免因過重使紙盒底部爆開。
- 6.實驗結果中發現有些同型的紙盒測試出的載重量差異很大，分析可能因素有(1)紙盒製作時鑲嵌部分切割的準確度不一，有的切割的較開，所以箝制力會相對減低；(2)操作者不同，放入螺絲時，用力程度不一，輕搖紙盒的程度不一；(3)寶特瓶中螺絲的擺放方式可能因堆放方式不同而使底部受力不平均。

本實驗採用的是正方形的底部，若以相同的鑲嵌方式但不同形狀或大小的底部紙盒，會對其載重力有影響嗎？為此我們設計研究過程三比較不同大小、形狀會不會影響紙盒的載重力。

研究過程三：不同形狀、大小的底部紙盒對載重力的影響

(一) 方法：

- 1.以ㄅ₃型為對照組，裁切鑲嵌方式相同的紙盒，分別為底部 13 cm×13 cm，高為 8 cm的大紙盒、底部為 4 cm×16 cm，高為 8 cm的長紙盒。
- 2.每個類型做二個紙盒，分別三次的載重力測試，再求其平均值，以避免誤差。實驗方法同研究過程二。



(二) 結果：

編號	第一個紙盒				第二個紙盒				二個紙盒的平均值
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均	
大紙盒	1370	1050	1010	1143.3	1440	1280	870	1196.7	1170
長紙盒	1460	1070	810	1113.3	1570	1360	820	1253.3	1183.3

觀察結果：

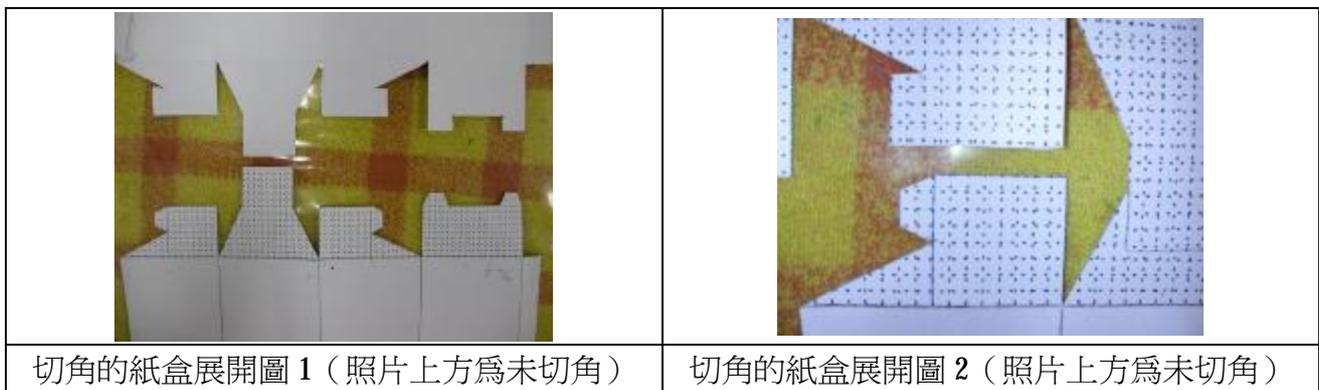
- 1.載重力會隨底部爆開次數下降。
- 2.和ㄅ3型相比發現大紙盒和長紙盒二型載重力較差，可能是因長方形底部鑲嵌部分受力較不均勻，所以載重力較差；大正方形則因整個底面積較大，鑲嵌處比例太小，所以降低紙盒的載重力。

經由之前的實驗發現甲型的紙盒只靠紙張鑲嵌的力量就可以負荷重物，其中的關鍵在鑲嵌處預留的紙張長度或寬度，尤其是 C 區。但是要將裁切好的紙盒組裝起來時，我們需要很小心，不然紙盒底部鑲嵌處會很容易裂開，而蒐集到的紙盒卻可以很容易組裝起來，紙盒底部鑲嵌處並不會裂開，經過再次觀察，發現所有的紙盒在鑲嵌處都有切角，有的可能是直線切角，有的會選擇以圓弧形切角。我們也將所實驗的紙盒切角（採直線的切角），再次組裝後，發現紙盒也變得很容易組裝。這一定是所有的紙盒要切角的原因，因為若是不好組裝，一定會降低使用的意願。但是將紙盒切角後，會不會影響到紙盒的載重力呢？我們因此設計了研究過程四。

研究過程四：鑲嵌處邊角對載重力的影響

(一) 方法：

- 1.以ㄅ型為對照組，裁切相同的紙盒，僅將鑲嵌處裁去邊角。
- 2.同樣每個類型做二個紙盒，分別三次的載重力測試，再求其平均值，以避免誤差。實驗方法同研究過程二。



(二) 結果：

編號	第一個紙盒				第二個紙盒				二個紙盒的平均值
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均	
ㄅ 1-1	1630	1110	890	1210	1560	1320	1250	1376.7	1293.4
ㄅ 2-2	1880	1330	1360	1523.3	1760	1260	1440	1486.7	1505
ㄅ 3-3	2340	1460	1570	1790	1990	1640	1380	1670	1730

觀察結果：

- 1.發現有切角的載重力會隨底部爆開次數下降、隨 C1 增加載重力也會增加。
- 2.和未切角的ㄅ型相比發現ㄅ 2、ㄅ 3 二型載重力明顯下降，可知切角雖然可以較容易組裝，但卻會降低紙盒底部的載重力。ㄅ 1 可能因 C1 長度不常切角對其影響不大所以沒有明顯的差別。
- 3.在實驗時，與其他型特別不同在底部爆開時都很突然，而且會整個底部爆開，不像前面無切角的類型是由 C 處先滑開的，可知未切角因鑲嵌處鑲嵌的較好，載重力因此較好，但也卻因此不好組裝。

研究過程五：向專家請益

經過這麼多實驗，我們不禁很好奇，紙盒的製造商是不是也會考慮到這些呢？我們的推論是否合理呢？透過老師的聯繫，因緣際會下聯絡到本校三年一班家長黃景福先生，經由黃先生安排，我們進入「永豐餘」工廠參觀，在此非常感謝永豐餘蘆竹廠廠長、設計部經理、品保部經理…等人熱情的協助，不但對我們的問題一一詳細地回答，還開放設計部門讓我們參觀，以下是我們這趟參訪的收穫：

- (一) 紙張裁切的準確度很重要，尤其是鑲嵌處，比紙條的長度、寬度影響更大。
- (二) 我們的實驗方法中牽涉太多人為因素，結果會比較不準確，所以會有有誤差。
- (三) 市面上的紙盒必須考慮到方便性、經濟性，經濟性方面因環保紙盒可以摺疊、收藏，可降低廠商運送時的成本；方便性方面環保紙盒可以快速、簡單的組合起來，可以提高顧客的使用意願。
- (四) 有關紙盒的材質和組合方式，必須考慮到顧客內容物的價值、重量、美觀、空間、製造過程……等因素，並非只考慮到載重性。如市面上和甲型相同的紙盒都不會將 C 處特別加長，來加強底部結構，因成本會太高。
- (五) 若想提高載重力底部結構越完整的載重力會越好，如研究過程一中的丁型紙盒；受力平均的也會較不平均的好，所以市面上大多是對稱型的紙盒以求受力平均。
- (六) 修剪鑲嵌處的切角主要的因素與影響是(1)方便組合；(2)避免切角尖端因常常碰觸會撕裂或被掀開，所以邊角大多為圓弧型；(3)邊角會影響載重力這也是製作時需考慮的。

	
<p>永豐餘紙廠作品：底部與側面、上面紙盒不同形狀的紙盒</p>	<p>左圖紙盒底部</p>

陸、未來研究方向：

未來我們可以再深入研究探討以下幾個主題：

- (一)不同形狀、不同大小的紙盒，最好的鑲嵌處比例應為何？是否可以找出計算方式呢？
- (二)找出容易組裝又不會影響載重力的邊角角度、裁切方式。
- (三)探討紙盒的製作過程、紙盒結構與成本的關係。
- (四)因不同需求，設計不同功能的紙盒，如防滑的、美觀的、底部與側面、上面紙盒不同形狀的。
- (五)發展簡單、好組合、載重力佳的底部設計，做出比現在市面上更好的回收盒，讓大家都可以自製環保紙盒，提高大家再利用的意願！

柒、參考資料：

- 一、黃崇城 自然與生活科技教師手冊第二冊 中華民國九十三年十二月初版 台北市 牛頓開發教科書股份有限公司 30-49 中華民國九十三年十二月初
- 二、蘇建中 自然與生活科技教師手冊第六冊 中華民國九十四年二月修訂版 台南市 南一書局企業股份有限公司 210-247 中華民國九十三年二月初

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 自然科

最佳團隊合作獎

081504

環保紙盒"力"大功

桃園縣桃園市慈文國民小學

評語：

參與作者5人，合作無間，蒐集不同底部類型的紙盒，觀察紙盒底部結構，經過觀察並共同討論後，發現以鑲嵌方式組裝的紙盒用途最廣