

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080820

「架」厲害？探討不同變因對於紙衣架吊掛的影響

學校名稱：嘉義縣東石鄉龍港國民小學

作者： 小六 柳沛妤 小五 李坤展 小五 蔡承恩	指導老師： 侯奎良 黃明昌
---------------------------------------	-------------------------

關鍵詞：承重、海報紙、力的三要素

摘要

我們在網路上看到有人用紙袋當材料設計成衣架使用，於是就將這樣的概念試試看運用在回收的海報紙，把它摺成衣架，首先我們先模仿網路上的紙衣架來吊掛衣服，發現並不像我們一般使用衣架那樣容易，因此我們首先調查市售衣架與硬紙板衣架結構，再將此海報紙做成的衣架分為吊掛頭與衣桿進行研究，實驗結果為我們海報紙做成環扣型吊掛頭與圓筒型衣桿，並摺成斜角左右各向下 30° 的組合式衣架，能有最大的承重力。

壹、研究動機

通常市面上的紙衣架都是由工廠利用厚紙板壓製裁切，或是用機器捲成的紙繩編出衣架的造型來販賣，比較難用手工製作而成，不過在網路上我們看到由外國設計師發想(如下圖，參考資料一)，利用長方形紙袋經過幾個簡單的對摺動作就能組裝成一個衣架，覺得這樣的設計非常有趣又實用。

這樣的衣架讓我們想要嘗試動手做出一個，於是利用手邊有的海報月曆紙來模仿試作，卻發現能夠吊掛的衣服不能太重，而且衣架的兩端又很容易下垂，再看看原來設計的紙袋，只能用來吊掛如襯衫、T 恤等重量很輕的衣服，雖然這樣的設計可以將紙袋兩用，但是缺點還不少，因此我們想動手改良，做出實用的紙衣架。



利用紙袋摺成衣架的步驟(參考資料一)

網路上紙袋變衣架的設計作品(參考資料一)

配合課程單元：

出版社	科目	年級	單元名稱
康軒	自然	五年級上學期	第四單元 力與運動 活動一 力的作用
康軒	數學	四年級上學期	第二單元 角度

貳、研究目的

研究目的	研究問題
一、調查分析各種衣架的差異。	(一) 市售衣架和硬紙板衣架的構造差異為何？ (二) 紙摺成衣架的構造與承重力有何不同？
二、研究紙吊掛頭與承重的關係。	(三) 紙吊掛頭厚度與承重關係為何？ (四) 紙吊掛頭開孔位置與承重關係為何？ (五) 紙吊掛頭吊掛方式改變與承重關係為何？
三、探討紙衣架桿與承重的關係。	(六) 衣架桿的斜角與承重關係為何？ (七) 吊掛頭與衣架桿組合的方式與承重關係為何？ (八) 紙衣架桿的形狀與承重關係為何？

研究架構圖



參、研究設備及器材

海報紙、圓規、量角器、剪刀、膠水、寶特瓶、掛衣架、游標卡尺、衣架、量杯、尺



海報紙



實驗工具

肆、研究過程或方法

一、調查分析各種衣架的差異

(一) 市售衣架和硬紙板衣架的構造差異為何？

為了做出生活實中具實用性的紙衣架，我們到賣場實地參考販售的衣架種類，市售衣架的種類琳琅滿目，有些不僅造型特殊，也有不同的特殊功能，我們選定一般大家常用的吊掛衣服用的衣架進行吊掛頭的比較與衣架大小結構的分析；而硬紙板衣架的部分因為這樣材質在一般實體賣場較少展出，通常是工廠直接出貨給販賣衣服的廠商，所以採用網路蒐集資料做比對，設定紙衣架的大小及架構。

	市售衣架	硬紙板衣架
吊掛頭形狀	圓弧勾型	圓弧勾型
吊掛頭大小	6 cm -10 cm	8 cm ~12 cm
衣架造型	人字形、三角形、圓角長方形 動物造型、圓弧形	人字形、三角形、圓角長方形
衣架長度	35 cm ~ 50 cm	35cm ~ 45cm
衣架向下斜角	20°~40°	20°-40°
吊掛限重	極少標示限重	5kg
單根價格	4 元-80 元(依材質不同)	4 元-60 元
其他	材質以塑膠最多、鐵製、鋁合金、 不鏽鋼、木製	部分衣架吊掛頭使用塑膠材質，另外有 些衣架使用紙藤編成，紙板厚度介於 1.0-4.5mm。

表 1-1 市售衣架和硬紙板衣架的比較



圖 1-1 市售衣架



圖 1-2 網路上販賣的紙衣架

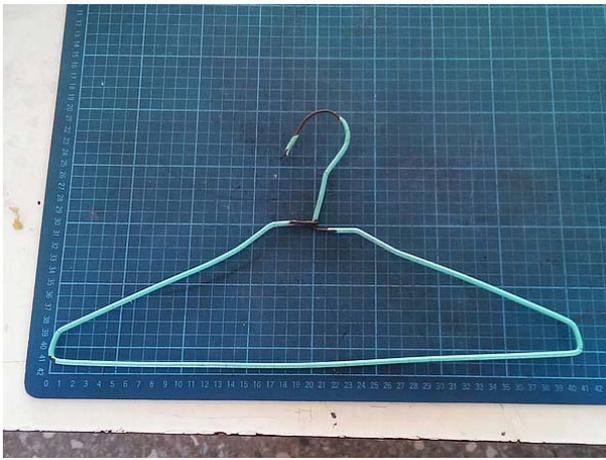


圖 1-3 實際測量衣架大小

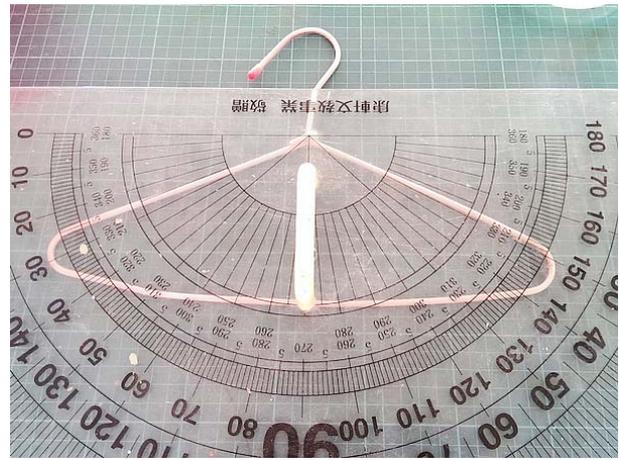


圖 1-4 測量衣架斜角

依照我們所調查的結果分析如下：

1. 以吊掛頭的形狀來說，一般衣架偏圓形但造型不多，因為本身材質夠堅硬，只要單純的彎鉤造型即可，反倒是硬紙板衣架由於材質的關係，吊掛頭都比一般衣架大且厚，也因此造型上的變化比較大。
2. 吊掛頭大小及開口，硬紙板衣架的體積都大於一般衣架，開口大小部分的差距不大。衣架造型以市售一般衣架造型較多，且有的衣架還具有特殊的功能(例如：凹槽防滑)，而硬紙板衣架則大多以人字形或三角形較多。
3. 衣架長度兩者平均長度約為 40 公分左右，根據參考資料二中華民國紡織業拓展會的國人男裝女裝尺碼分析成(表 1-2)，與肩寬結果相比，較接近女性，略小於男性平均 3 公分。
4. 以衣架斜角比較，硬紙板衣架與市售衣架分布皆在 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 之間，根據參考資料二中華民國紡織業拓展會的國人男裝女裝尺碼分析成表 1-2，兩者都接近人體肩斜結構。
5. 一般衣架材質差異相當大，不過卻很少標示，硬紙板通常都會標示限重，依材質不同介於 1~5 公斤，因此我們蒐集一般上衣的各種類重量平均(表 1-3)發現，外套類的大約都在一公斤左右，而一般上衣都在 0.5 公斤以下，顯示市售衣架與硬紙板衣架的承重力都遠大於衣服重量。

6. 這兩類衣架的價格差距範圍都像當大，有很便宜也有很貴的，不過紙衣架大都要大量訂製 1000 支以上，成本才會較低，否則每支的單價都要比市售衣架貴；而市售衣架與材質種類影響價格，不鏽鋼材質的最貴。

年齡(男)		17~18 歲	19~22 歲		23~35 歲	
肩寬		43.8 cm	43 cm ~ 44.9 cm		43.6 cm ~ 44.9 cm	
肩斜	左	25°	23.9° ~ 26.2°		23.6° ~ 24.8°	
	右	25.6°	24.8° ~ 26.1°		24.4° ~ 26.1°	
年齡(女)		13-22 歲	23-30 歲	31-45 歲	46-65 歲	66 歲以上
肩寬		39.81 cm	40.01 cm	39.87 cm	39.60 cm	40.22 cm
肩斜	左	24.90°	22.89°	23.71°	24.33°	26.45°
	右	25.32°	23.92°	24.29°	25.25°	27.72°

表 1-2 國人男女年齡肩寬與肩斜測量分析 取自：參考資料二

男裝	重量(公斤)	女裝	重量(公斤)
T-Shirt	0.3	T-Shirt	0.15
短 POLO 衫	0.45	短 POLO 衫	0.2
長袖襯衫	0.45	連帽外套	0.45
毛衣	0.45	毛衣	0.2
西裝外套	1.3	背心外套	0.45
連帽外套	0.9	毛外套	0.7

表 1-3 上衣服飾重量估算 取自：參考資料二

根據以上的觀察，我們歸納結果為：

1. 市售衣架與硬紙板衣架結構相似且一體成形，承重力皆大於衣服重量。
2. 硬紙板衣架的材料面積因為材質的關係都大於市售一般衣架，且取得不容易。
3. 市售衣架與硬紙板衣架結構設計與人體肩膀有高度相似。

(二) 紙摺成衣架的構造與承重力有何不同？

根據網站資料(參考資料一)紙袋摺成衣架，吊掛頭與衣桿分離方便收納，且製作方式是組合式的結構，與市售衣架及硬紙板衣架的一體成型製作方式不同，但網站上並無對於紙袋衣架有規格上的詳細敘述，因此我們參考圖片比例，利用學校廢棄不用的海報紙做出一個紙衣架，製作的方式如下圖所示：

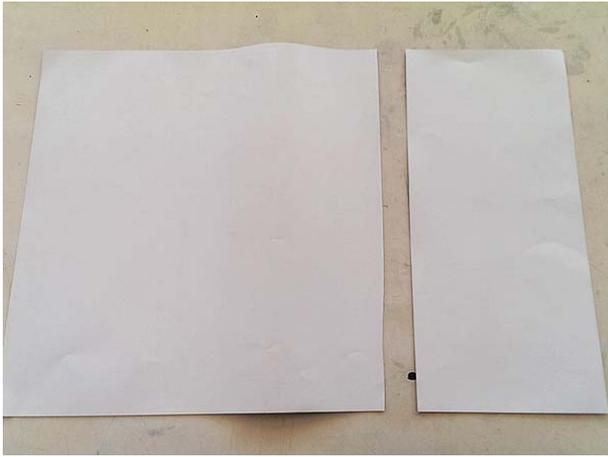


圖 1-5 1.A2 海報紙分成 40cm 及 20cm

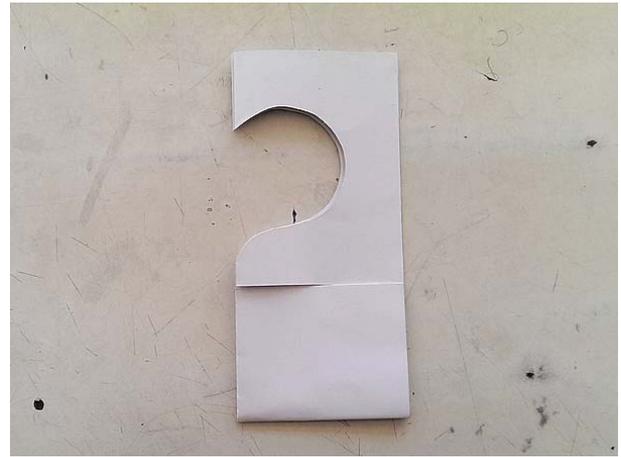


圖 1-6 2.對摺兩次並剪出孔洞與卡準



圖 1-7 3.剩餘海報紙對摺四次寬五公分



圖 1-8 4.將衣架摺成斜角為 30 度

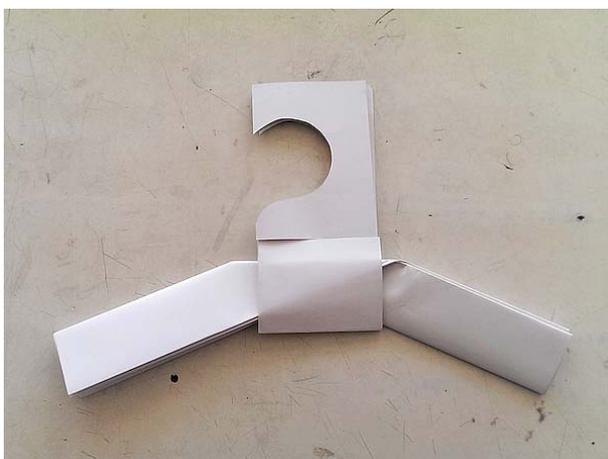


圖 1-9 6.與吊掛頭組合



圖 1-10 6.進行吊掛承重測試

實驗一：模擬紙袋衣架的結構進，用海報紙摺成衣架進進行的實驗

※操縱變因：增加衣服重量。

※實驗器材：海報紙、圓規、剪刀、膠水、寶特瓶、掛衣架、量杯。

※實驗方式：先測試吊掛頭，將長尾夾至於吊掛頭下方，利用寶特瓶加水測試承重；再測試吊掛頭與衣桿的組合方式先吊掛一件 200 克的衣服，再加上寶特瓶與水，看看衣架最大承重與損壞情形。

吊掛頭	寶特瓶(50 克) X 1	再增加 100 克水	再增加 100 克水	再增加 100 克水	再增加 100 克水
承重值(克)	50	150	250	350	450
吊掛結果	成功	成功	成功	成功	失敗
吊掛頭+ 衣桿	增加 200 克 衣服	再增加寶特瓶(50 克) X 1	再增加寶特瓶(50 克) X 2	再增加 100 克水	
承重值(克)	200	250	350	450	
是否吊掛 成功	成功	成功	成功	失敗	

表 1-4 用海報紙做成的衣架進行實驗

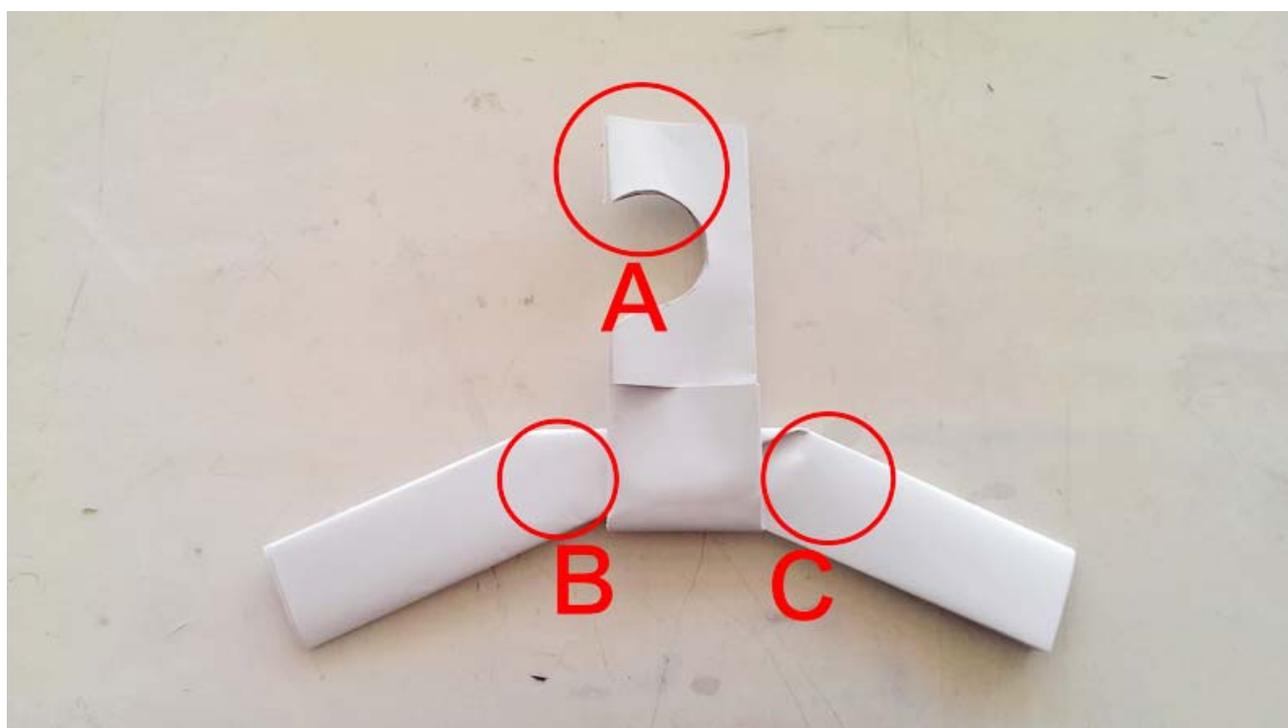


圖 1-11 用海報紙做成的衣架損壞情形

用海報紙做成的衣架承重未達 460 克以上，並且吊掛頭損壞情況為 A 點開口左上方脫出，吊掛頭與衣架本體歪斜，且對摺處 B 點、C 點內側彎曲。對照網站上紙袋摺成衣架所吊掛的衣服為襯衫，根據參考資料約 450 克，顯示紙衣架尚未達到標準，以下將對於紙衣架進行改良，測試是否能增加承重。

根據以上的觀察，我們歸納結果為：

1. 紙衣架的承重能力低於市售衣架和硬紙板衣架。
2. 紙衣架採用組合式構造有利於節省收納空間，但承重力下降。

二、研究紙吊掛頭與承重的關係

(一) 紙吊掛頭厚度與承重關係為何？

根據實驗一紙衣架吊掛頭損壞情況為開口左上方脫出，我們想要了解增加吊掛頭的厚度是否就能提高承重，由於海報紙的大小固定，除了以對摺黏貼的方式增加厚度，我們也將吊掛開口上方預留空間，以對摺黏貼的方式再增加吊掛頭的厚度，製作出四組吊掛頭進行實驗。

實驗二：吊掛頭厚度與承重力度的關係

※操縱變因：吊掛頭厚度。

※實驗器材：海報紙、圓規、剪刀、長尾夾、寶特瓶、掛衣架、量杯、游標卡尺。

※實驗方式：利用海報紙對摺出分別為四層、八層寬 10 公分的吊掛頭，並且增加吊掛頭上方的厚度摺出厚度 1 摺及 2 摺的吊掛頭，吊掛頭開孔直徑 4 公分缺口向左，下方使用長尾夾及寶特瓶進行承重實驗，每次以 100cc 的水加入，觀察吊掛頭能承載的重量。

	寬 10cmX 長 29cm 四層吊掛頭(A1)	寬 10cmX 長 29cm 四層吊掛頭 + 上方增加厚度 1 摺(A2)	寬 10cmX 長 29cm 四層吊掛頭 + 上方增加厚度 2 摺(A3)	寬 10cmX 長 29cm 八層吊掛頭(A4)
厚度	0.4mm	2.0mm	4.4mm	1.2mm
50 克(瓶)	○	○	○	○
150 克(瓶+水)	○	○	○	○
250 克(瓶+水)	×	○	○	×
350 克(瓶+水)	—	○	○	—
450 克(瓶+水)	—	○	○	—
550 克(瓶+水)	—	×	○	—
650 克(瓶+水)	—	—	○	—
750 克(瓶+水)	—	—	×	—

表 2-1 吊掛頭厚度與承重力度的關係

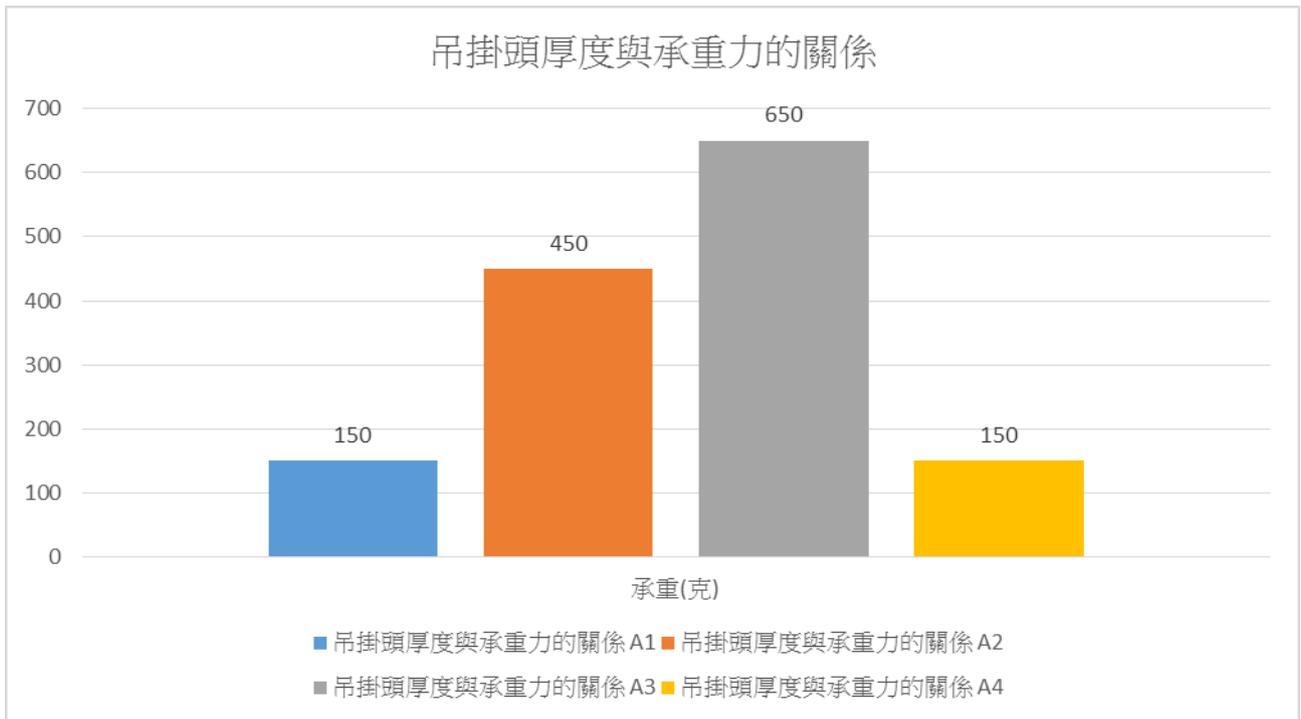


圖 2-1 吊掛頭厚度與承重力之關係



根據以上的觀察，我們歸納結果為：

1. 從表 2-1 圖 2-1 比較 A1 與 A4 的承重大小可以得知，吊掛頭的厚度增加能提高承重效果。
2. 從表 2-1 圖 2-1 比較得知，A1、A2、A3 為相同大小的吊掛頭，增加吊掛頭上方厚度能提高承重力又不增加用紙的面積，而且還能大於 A4 的承重力，顯示吊掛頭上方是承重的關鍵。

(二) 紙吊掛頭開孔位置與承重關係為何？

利用實驗二所得到的結果，再探討實驗一吊掛頭損壞情況為開口左上方脫出，若紙衣架缺口在左側情況下，開孔圓的中心點偏左或偏右是否能再提高承重？

實驗三：吊掛頭開孔位置與承重力的關係

※操縱變因：吊掛頭開孔位置。

※實驗器材：海報紙、圓規、剪刀、長尾夾、寶特瓶、掛衣架、量杯。

※實驗方式：利用海報紙摺出對摺出四層、吊掛頭上方的厚度摺出厚度為 2 摺的吊掛頭，吊掛頭開孔直徑 4 公分缺口向左，開孔位置分為三種，分別是：開孔圓中心點在吊掛頭的中央及偏左 2cm 偏右 2cm，下方使用長尾夾及寶特瓶進行承重實驗，每次以 100cc 的水加入，觀察吊掛頭能承載的重量。

	開孔圓中心點 正中央偏左 2cm(B1)	開孔圓中心點 正中央(B2)	開孔圓中心點 正中央偏右 2cm(B3)
50 克(瓶)	○	○	○
150 克(瓶+水)	○	○	○
250 克(瓶+水)	○	○	○
350 克(瓶+水)	○	○	×
450 克(瓶+水)	○	○	—
550 克(瓶+水)	×	○	—
650 克(瓶+水)	—	○	—
750 克(瓶+水)	—	×	—

表 2-2 吊掛頭厚度與承重力的關係

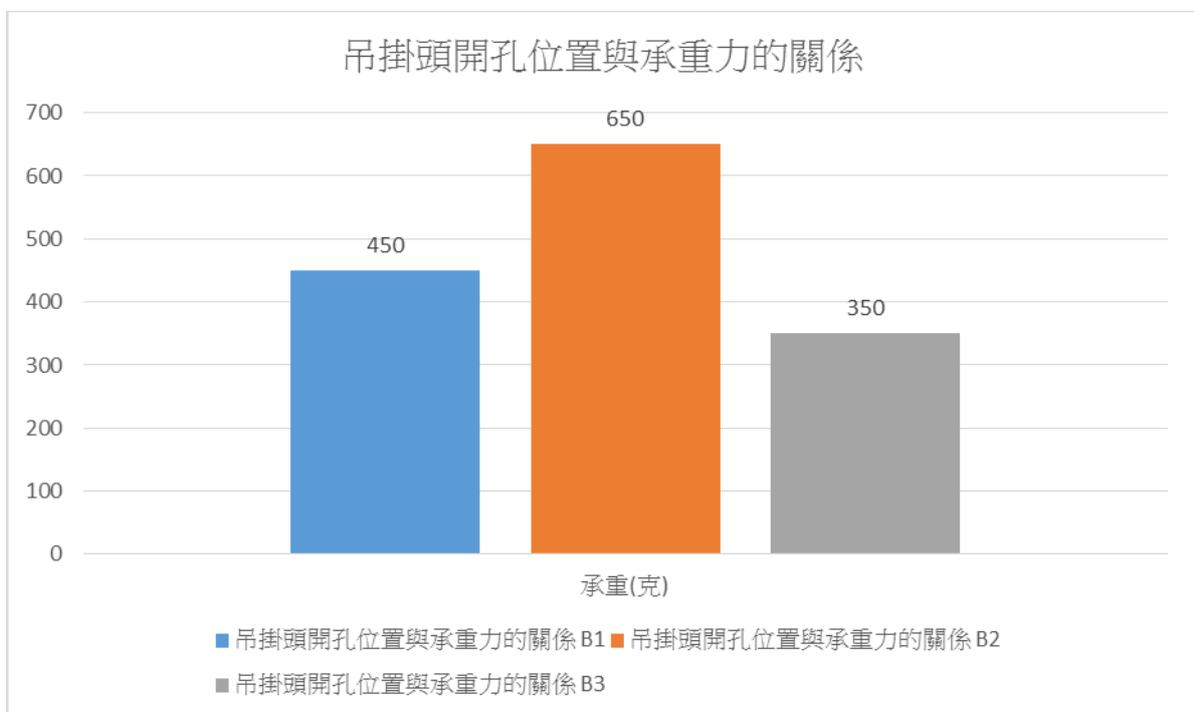


圖 2-2 吊掛頭厚度與承重力的關係



三組不同開口位置的吊掛頭



吊掛頭開口位置與承重力實驗的情形

根據以上的觀察，我們歸納結果為：

- 1.從表 2-2、圖 2-2 比較，B1、B2、B3 開口位置會影響吊掛承重力的大小，開孔圓中心點偏左及偏右的承重力皆低於中心點在中央位置。
- 2.從表 2-2、圖 2-2 比較 B1、B3 在紙衣架開口向左的情況下，偏左的開孔圓於中心點偏左的吊掛頭的承重力還高於偏右，顯示右方紙張空間大小預留太大或太小都無法提高承重力。

(三) 紙吊掛頭吊掛方式改變與承重關係為何？

根據實驗一~三，吊掛頭因為缺口在左方，只剩下右方紙張能承載重量，我們利用紙張柔軟的特性，與市售衣架和硬紙板衣架的吊掛方式稍微不同，除了是左方開口外，並且在開口下方 1.5 公分及開口洞上方剪出一條 1.5cm 長的缺口，吊掛時兩個切口相嵌，對於是否能提高承重量進行實驗。

實驗四：吊掛頭吊掛方式改變與承重力的關係

※操縱變因：吊掛頭吊掛方式及厚度。

※實驗器材：海報紙、圓規、剪刀、長尾夾、寶特瓶、掛衣架、量杯。

※實驗方式：利用海報紙不黏貼的方式對摺出分別為兩層、三層、四層的吊掛頭，大小為寬 10 公分長 29 公分，吊掛頭開孔圓直徑 4 公分缺口向左，吊掛頭開口下方 1.5 公分及開口洞上方剪出一條 1.5cm 長的缺口，吊掛時兩個切口相嵌，下方使用長尾夾及寶特瓶進行承重實驗，每次以 100cc 的水加入，觀察吊掛頭能承載受的重量。

吊掛頭類型	環形吊掛頭 2 層(C1)	環形吊掛頭 3 層(C2)	環形吊掛頭 4 層(C3)
厚度	0.1mm	0.3mm	0.5mm
50 克(瓶)	○	○	○
150 克(瓶+水)	○	○	○
250 克(瓶+水)	○	○	○
350 克(瓶+水)	○	○	○

450 克(瓶+水)	○	○	○
550 克(瓶+水)	○	○	○
650 克(瓶+水)	×	○	○
750 克(瓶+水)	—	○	○
850 克(瓶+水)	—	○	○
950 克(瓶+水)	—	○	○
1050 克(瓶+水)	—	○	○
1150 克(瓶+水)	—	○	○
1250 克(瓶+水)	—	×	○
1350 克(瓶+水)	—	—	○
1450 克(瓶+水)	—	—	○
1550 克(瓶+水)	—	—	○
1650 克(瓶+水)	—	—	○
1750 克(瓶+水)	—	—	○
1850 克(瓶+水)	—	—	○
1950 克(瓶+水)	—	—	×

表 2-3 吊掛頭吊掛方式改變及厚度與承重力的關係

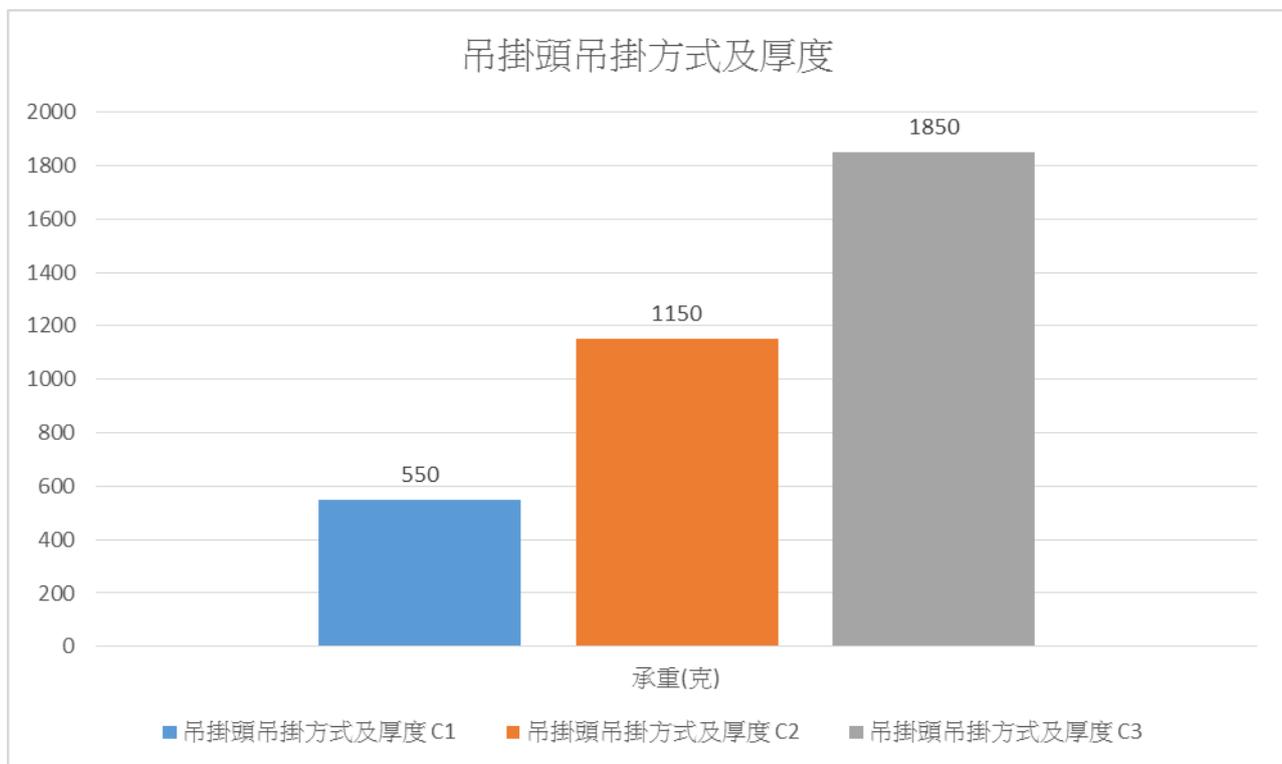


圖 2-3 吊掛頭吊掛方式改變及厚度與承重力的關係



根據以上的觀察，我們歸納結果為：

1. 表 2-3 及圖 2-3 中吊掛頭以相嵌的方式厚度越厚，承重力越大。
2. 表 2-3 中的 C3 與表 2-2 中的 B2 比較，相同摺數的厚度，C3 改變吊掛頭的方式能提高承重的力量。

三、探討紙衣桿與承重的情況

(一) 衣桿的斜角與承重關係為何？

此次製作的紙衣架是以組合方式設計，除了實驗二~實驗四的吊掛頭外，我們發現紙衣桿所摺出的斜角大小對於承重力的影響也相當大，太斜掛不住衣服，找出適合的斜角是我們實驗的目標。

實驗五：衣桿的斜角與承重力的關係

※操縱變因：紙衣架的斜角。

※實驗器材：海報紙、剪刀、強力夾子、寶特瓶、掛衣架、量杯。

※實驗方式：以 A2 海報紙裁剪，製作出長 40 公分寬 5 公分，斜角左右各向下 0°、10°、20°、30° 的長方形衣桿，利用對摺不黏貼的方式進行實驗，實驗時將衣架中間利用夾子當作吊掛頭，吊掛一件 200 克的衣服，在衣服肩線左、右下方打孔並吊掛寶特瓶進行承重實驗，每次加入 50cc 的水在每個瓶子中，直到衣桿變形停止，觀察吊掛頭能承載的重量。

	衣桿斜角左右 各向下 0°(D1)	衣桿斜角左右 各向下 10°(D2)	衣桿斜角左右 各向下 20°(D3)	衣桿斜角左右 各向下 30°(D4)
200(衣)	○	○	○	○
300(衣+2 瓶)	○	○	○	○
400 克(衣+2 瓶+水)	○	○	○	○
500 克(衣+2 瓶+水)	○	○	○	○
600 克(衣+2 瓶+水)	×	○	○	○
700 克(衣+2 瓶+水)	—	○	○	○

800 克(衣+2 瓶+水)	—	○	○	○
900 克(衣+2 瓶+水)	—	○	○	○
1000 克(衣+2 瓶+水)	—	○	○	○
1110 克(衣+2 瓶+水)	—	○	○	○
1200 克(衣+2 瓶+水)	—	○	○	○
1300 克(衣+2 瓶+水)	—	×	○	○
1400 克(衣+2 瓶+水)	—	—	○	○
1500 克(衣+2 瓶+水)	—	—	○	○
1600 克(衣+2 瓶+水)	—	—	○	○
1700 克(衣+2 瓶+水)	—	—	○	○
1800 克(衣+2 瓶+水)	—	—	×	○
1900 克(衣+2 瓶+水)	—	—	—	○
2000 克(衣+2 瓶+水)	—	—	—	×

表 3-1 衣桿的斜角與承重力的關係

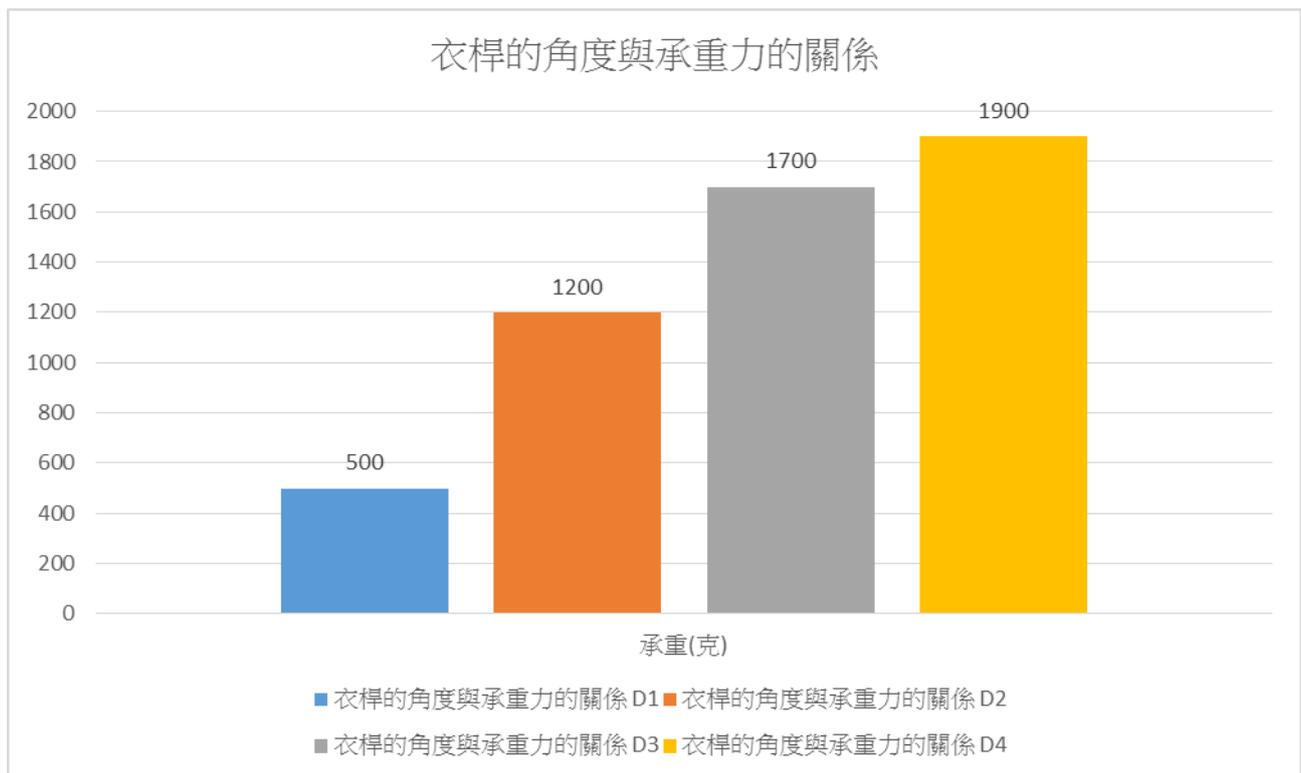
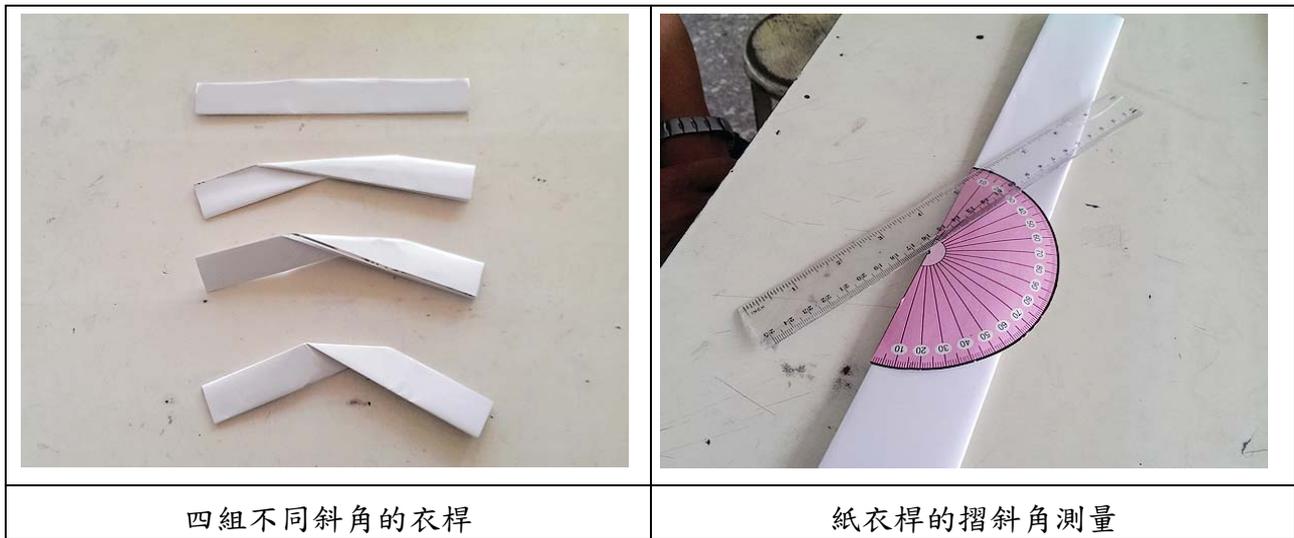


圖 3-1 衣桿的斜角與承重力的關係



根據以上的觀察，我們歸納結果為：

- 1.從表 3-1、圖 3-1 可以得知，衣桿在斜角左右各向下 30 度的時候有最佳承重力。
- 2.最佳衣桿的斜角左右各向下 30 度與表 1-2 國人男女年齡肩斜測量相當接近。

(二) 吊掛頭與衣桿組合的方式與承重關係為何？

在紙袋摺成衣架的設計中，吊掛頭與衣桿兩個的組合方式是用在吊掛頭下方剪出缺口形成卡榫，將衣桿放入，這樣的方式與不剪出缺口相比，承重力變化是我們實驗的重點。

實驗六：吊掛頭與衣桿組合的方式與承重力的關係

※操縱變因：吊掛頭與衣桿組合的方式。

※實驗器材：海報紙、圓規、剪刀、長尾夾、寶特瓶、掛衣架、量杯。

※實驗方式：利用實驗二與實驗三的方式製作承重力最大的掛鉤型與環扣型吊掛頭，以實驗五的方式製作衣桿斜角左右各向下 30°，在吊掛頭 5.5 公分處裁切缺口做出卡榫，實驗步驟為：先吊掛一件 200 克的衣服，然後在衣服肩線左、右下方打孔並吊掛寶特瓶進行承重實驗，每次加入 50cc 的水在每個瓶子中，直到衣桿變形停止，觀察吊掛頭能承載的重量。

	掛鉤型吊掛頭與衣桿 有卡榫組合(E1)	掛鉤型吊掛頭與衣桿 無卡榫(E2)	環扣型吊掛頭與衣桿 有卡榫(E3)	環扣型吊掛頭與衣桿 無卡榫(E4)
100 克(瓶)	○	○	○	○
200 克(瓶+水)	○	○	○	○
300 克(瓶+水)	○	○	○	○
400 克(瓶+水)	○	○	○	○
500 克(瓶+水)	○	○	○	○
600 克(瓶+水)	○	○	○	○

700 克(瓶+水)	×	×	○	○
800 克(瓶+水)	—	—	○	○
900 克(瓶+水)	—	—	○	○
1000 克(瓶+水)	—	—	○	○
1100(瓶+水)	—	—	○	○
1200(瓶+水)	—	—	○	○
1300(瓶+水)	—	—	○	○
1400(瓶+水)	—	—	○	○
1500(瓶+水)	—	—	○	○
1600(瓶+水)	—	—	×	○
1700(瓶+水)	—	—	—	○
1800(瓶+水)	—	—	—	○
1900(瓶+水)	—	—	—	○
2000(瓶+水)	—	—	—	○
2100(瓶+水)	—	—	—	×

表 3-2 吊掛頭與衣桿組合的方式與承重力的關係

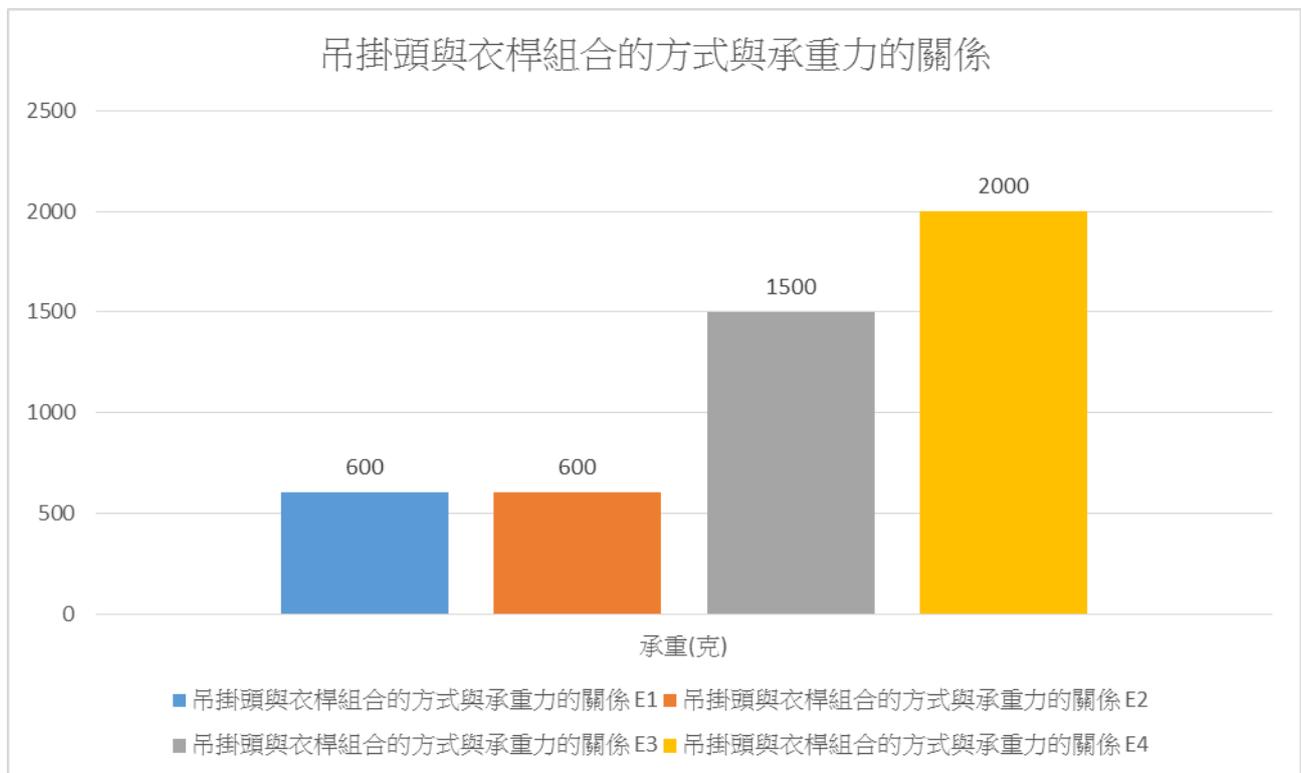
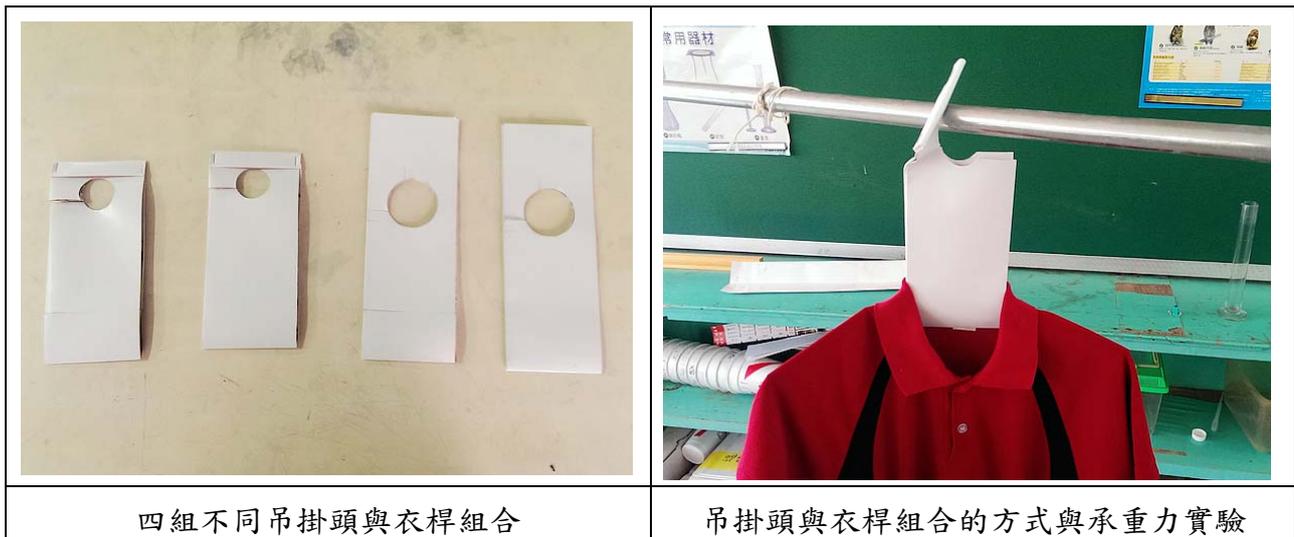


圖 3-2 吊掛頭與衣桿組合的方式與承重力的關係



四組不同吊掛頭與衣桿組合

吊掛頭與衣桿組合的方式與承重力實驗

根據以上的觀察，我們歸納結果為：

1. 從表 3-2、圖 3-2 可以得知，卡榫結構對於吊掛頭與衣桿的組合並無提升承重力的效果
2. 吊掛頭與衣桿的卡榫組合會因為吊掛重物的關係而產生旋轉，容易從卡榫處破裂。

(三) 紙衣桿的形狀與承重關係為何？

衣桿除了摺成長方形外，是不是還能有其他的形狀？我們發現捲成圓筒的形狀也是很方便的製作方式，以下的實驗設計為測試圓筒形的衣桿承重，力是否能大於長方形的衣桿式。

實驗七：吊紙衣桿的形狀與承重力的關係

※操縱變因：紙衣架吊掛頭與衣桿的形狀不同。

※實驗器材：海報紙、圓規、剪刀、長尾夾、寶特瓶、掛衣架、量杯。

※實驗方式：利用實驗二與實驗三的方式製作承重力最大的掛鉤型與環扣型吊掛頭，以實驗五的方式製作衣桿，長方形衣桿的尺寸為長 40 公分寬 5 公分左右斜角各為 30 度，而圓筒形衣架長 40 公分，圓筒直徑 5 公分左右斜角各為 30 度。實驗步驟為先吊掛一件 200 克的衣服，然後在衣服肩線左、右下方打孔並吊掛寶特瓶進行承重實驗，每次加入 50cc 的水在每個瓶子中，直到衣桿變形停止，觀察吊掛頭能承載的重量。

	掛鉤型吊掛頭+ 長方形衣桿 (F1)	掛鉤型吊掛頭+ 圓筒形衣桿 (F2)	環扣型吊掛頭+ 長方形衣桿 (F3)	環扣型吊掛頭+ 圓筒形衣桿 (F4)
200 克(衣)	○	○	○	○
300(衣+瓶)	○	○	○	○
400 克(衣+瓶+水)	○	○	○	○
500 克(衣+瓶+水)	○	○	○	○
600 克(衣+瓶+水)	○	○	○	○

700 克(衣+瓶+水)	×	×	○	○
800 克(衣+瓶+水)	—	—	○	○
900 克(衣+瓶+水)	—	—	○	○
100 克(衣+瓶+水)	—	—	○	○
1100 克(衣+瓶+水)	—	—	○	○
1200 克(衣+瓶+水)	—	—	○	○
1300 克(衣+瓶+水)	—	—	○	○
1400 克(衣+瓶+水)	—	—	○	○
1500 克(衣+瓶+水)	—	—	○	○
1600 克(衣+瓶+水)	—	—	×	○
1700 克(衣+瓶+水)	—	—	—	○
1800 克(衣+瓶+水)	—	—	—	○
1900 克(衣+瓶+水)	—	—	—	○
2000 克(衣+瓶+水)	—	—	—	○
2100 克(衣+瓶+水)	—	—	—	×

表 3-3 不同紙衣架紙吊掛頭和衣桿的形狀跟承重力的關係

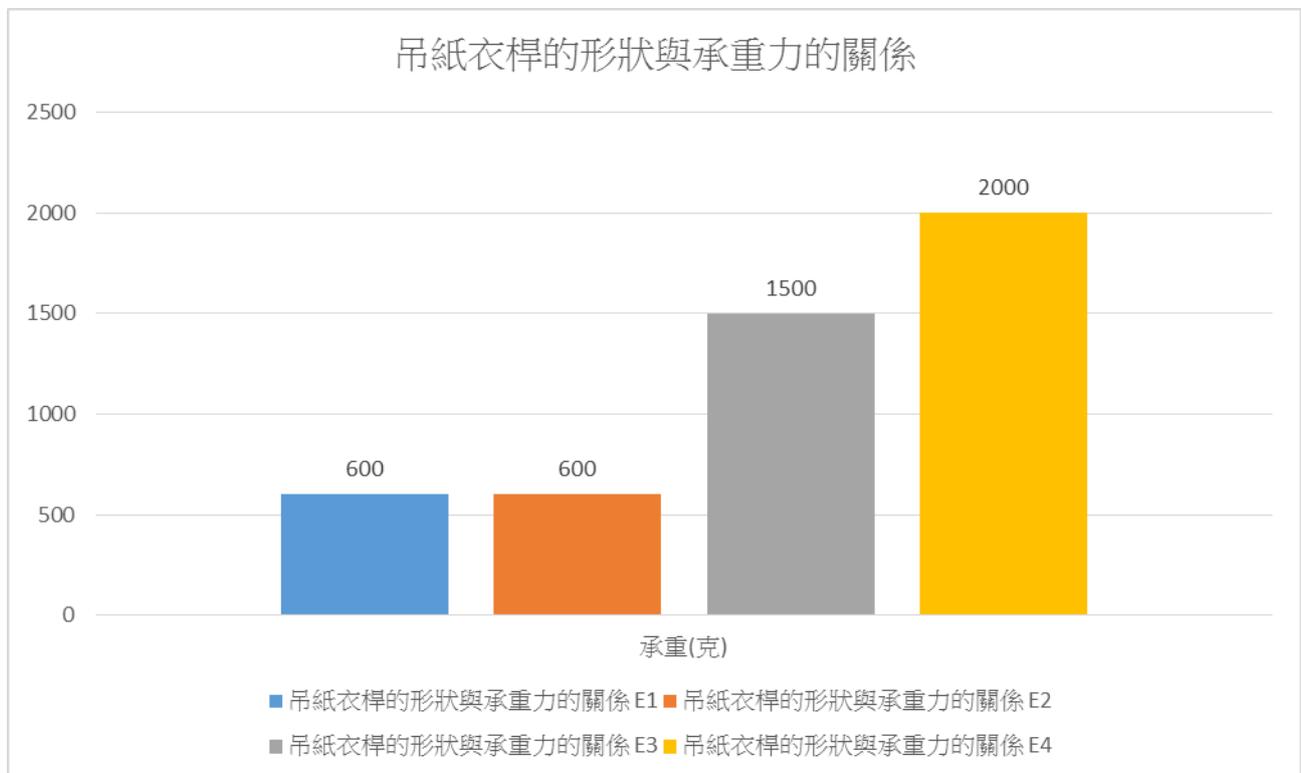


圖 3-3 不同紙衣架紙吊掛頭和衣桿的形狀跟承重力的關係



根據以上的觀察，我們歸納結果為：

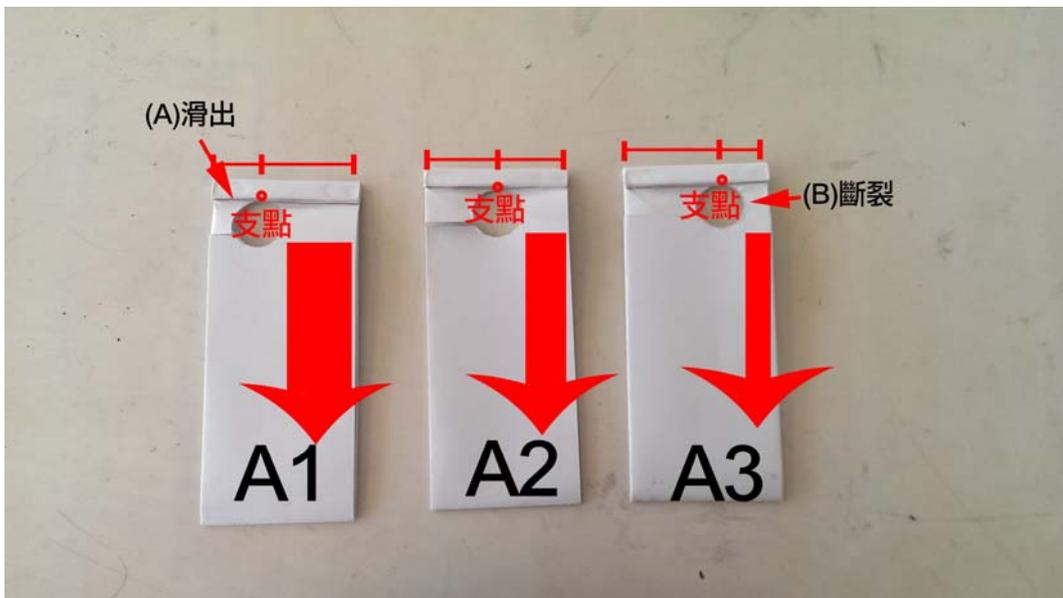
- 1.從表 3-3、圖 3-3 可以得知，圓筒形衣桿的承重力大於長方形衣桿。
- 2.環扣型吊掛頭與圓筒形衣桿的組合有最佳的承重力。

伍、研究結果

- 一、紙衣架的承重能力低於市售衣架和硬紙板衣架。
- 二、紙衣架採用組合式構造，有利於節省收納空間，但承重力下降。
- 三、吊掛頭的厚度增加能提高承重效果。
- 四、相同大小的吊掛頭，增加吊掛頭上方厚度能提高承重力又不增加用紙的面積，顯示吊掛頭上方是承重的關鍵。
- 五、開口位置會影響吊掛承重力的大小，開孔圓中心點偏左及偏右的承重力皆低於中心點在中央位置。
- 六、在紙衣架開口向左的情況下，偏左的開孔圓於中心點偏左的吊掛頭的承重力還高於偏右，顯示右方紙張空間大小預留太大或太小都無法提高承重力。
- 七、吊掛頭以相嵌的方式厚度越厚，承重力越大。
- 八、相同摺數的厚度，改變吊掛頭的方式能提高承重的力量。
- 九、衣桿在斜角左右各向下 30 度的時候有最佳承重力。
- 十、最佳衣桿的斜角左右各向下 30 度與國人男女年齡肩斜測量相當接近。
- 十一、卡榫結構對於吊掛頭與衣桿的組合並無提升承重力的效果。
- 十二、吊掛頭與衣桿的卡榫組合會因為吊掛重物的關係而產生旋轉，容易從卡榫處破裂。
- 十三、圓筒形衣桿的承重力大於長方形衣桿。
- 十四、環扣型吊掛頭與圓筒形衣桿的組合有最佳的承重力。

陸、討論

- 一、在實驗一中，我們將紙黏貼起來增加厚度，吊掛頭的厚度比市售硬紙板衣架的厚度還要厚，但是吊掛頭承載的力量卻低於紙板衣架，尋找資料(參考資料五、六)發現厚度雖然可以增加承重，但是與紙板的承重有段差距，根據查到的資料海報紙密度 $120\sim 140\text{ g/m}^2$ ，硬紙板的密度 400 g/m^2 ，兩者的密度相差許多，另外紙的密度高，也可能比密度低的紙來得薄，紙張的厚度與重量並非一致，加上市售厚紙板衣架可能因為製作的紙成品也會因用途不同而添加或強化的不同製程，並非單一厚度所影響，因此增加海報紙的厚度只能有限的提高承重力。
- 二、從實驗一~三吊掛頭在吊掛重物之後，會往缺口的上方傾斜，調整開口位置發現，重物向下的拉力方向一樣，吊掛的支點位置不同，能承載受的量不同，我們發現 A1 與 A3 無法承載的原因不相同，A1 因為右方支撐力較寬但是上方厚度結構距離開口處短，A3 則相反，顯示當左方缺口無力承載時，而衣架吊掛時處於靜力平衡，A2 支點位於中央且上方厚度及側邊寬度須平均受力才能有較高的承重力，力臂與力距取得一個相對的平衡。

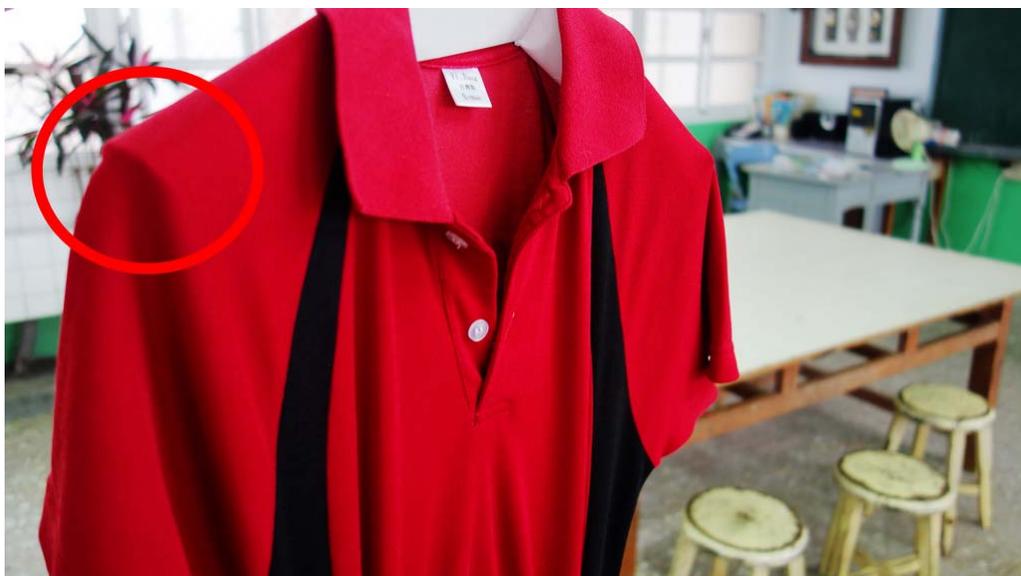


- 三、實驗四我們將原本使用在吊掛頭下方的卡榫移到吊掛頭接合缺口處，形成一個環狀的掛鉤，將原本的單向支撐，變成支點在中央左右兩側能平均承受住拉力，原本的開口處也能靠卡榫的摩擦力增加承重，這樣的手法常見於木工卡榫製作，許多古老的寺廟或建築用此工法比用鐵釘接合的方式還堅固耐用，在吊掛頭的部分無法將缺口多次黏貼而且利用海報紙柔軟的特性，用卡榫的不僅方便還能有更好的承重能力，改善了紙衣架的吊掛頭承載重量不足的問題。
- 四、實驗五衣桿斜角實驗中發現，當斜角越大承重越大，斜角有助於將向下的重量分散，但依照表 1-2 人體肩斜的角度與製作衣服的肩部角度約為 $23\sim 27$ 度左右，還須考慮到衣服領口大小的問題，角度太大容易滑出，因此實驗僅設計到 30 度，若可以在加上止滑的設計，是否承重力還能提高是值得再繼續探討的。

五、實驗六模仿紙袋摺成衣架，利用卡榫將吊掛頭與衣桿結合，原本的目的是要讓兩者更加堅固，但是吊掛頭要裁出卡榫並結合且來的裁剪線超過紙張中心線一半以上，吊掛頭的兩邊才能對齊，當吊掛的衣服後加上重量，衣桿承受重量會漸漸將卡榫的部分擠壓旋轉，而使得裁剪出的卡榫開口越來越大而破裂；反而不做出卡榫的吊掛頭，因為吊掛頭受到下拉力的影響，將吊掛頭整個拉緊，反而和衣桿更緊密結合，而能承受更大的重量。實驗六和實驗一中可以得到，當吊掛頭與衣桿組合時，吊掛頭向上的拉力與衣桿向下的拉力，兩者在衣架中接合處有最大的力出現，而這裡也是衣架中最厚的地方，而無卡榫的結構能強化吊掛頭的承重，衣桿卻容易在實驗一中圖 1-11 中的 B、C 點凹折損壞，而非衣桿的最末端凹折，顯示衣桿承重的力量在角度摺痕處相對是較薄的地方無法支撐。

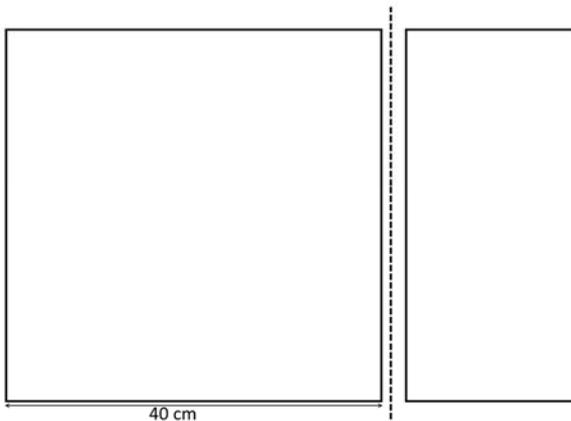


六、實驗七圓筒形衣桿的承重力最大，和長方形衣桿最大的不同，是因為它沒有角，任何加在上面的重量都會均勻地分散開來。所以圓筒的每一點載受重量並不大，而整體卻能承受很大的重量就像圓弧形的拱橋。而在市售衣架上很少看見圓形的衣桿，原因是本身材料已經相當堅固，但是我們有看過為了防止衣服肩部因為普通衣架撐起，造成衣服變形而將衣架兩側加寬，此次紙製圓筒型衣桿面積加大也能有這樣的效果。

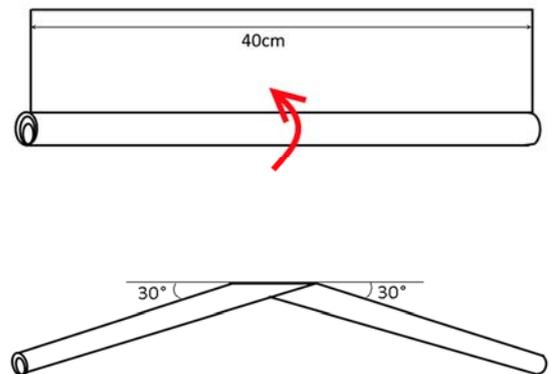


七、我們使用一張標準的 A2 海報紙，利用實驗中環扣型吊掛頭與圓筒型衣桿斜角左右向下為 30 度的組合式衣架，並製作如下圖的標準尺寸，經過測試可以吊掛重量為 2000 公克，高於一般上衣(表 1-3)的重量。

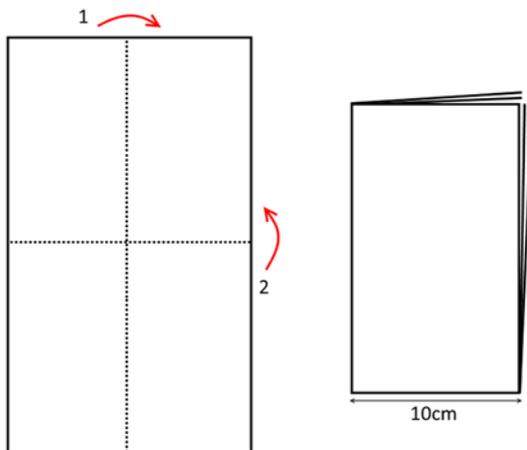
1.海報紙A2尺寸裁切如下



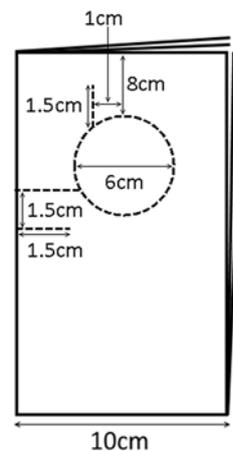
2.將40公分的紙捲起 並摺成所標示斜角30度完成衣桿



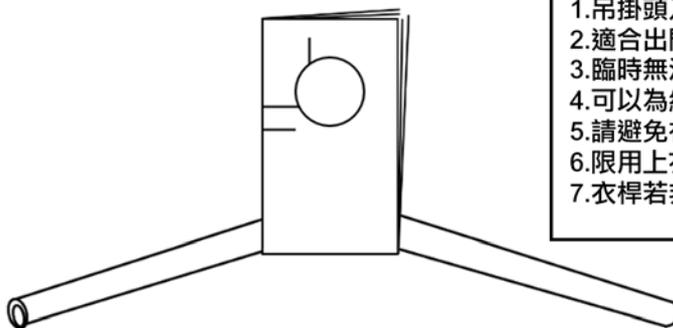
3.剩餘紙摺成下圖大小



4.依標示裁切如下製作成吊掛頭



5.組合完成



使用說明書：

- 1.吊掛頭及衣桿可以拆開收納節省空間。
- 2.適合出門旅行。
- 3.臨時無法取得一般衣架時可快速製作替代。
- 4.可以為紙衣架彩繪或是直接在上面書寫標示。
- 5.請避免在潮濕環境中使用。
- 6.限用上衣類軟質布料。
- 7.衣桿若非捲成圓形或壓扁也可以使用，承重力降低。

柒、結論

一、市售衣架和硬紙板衣架的構造差異為何？

市售衣架和硬紙板衣架為材質的特性不同，硬紙板的材料面積使用較多也有限重，但兩者的承重力都高於一般的衣服。

二、紙摺成衣架的構造與承重力有何不同？

紙摺衣架無法一體成形，吊掛頭與衣桿需組合，承重力低於市售衣架和硬紙板衣架。

三、紙吊掛頭厚度與承重關係為何？

紙吊掛頭厚度越厚承重力越高，但摺紙次數有一定的限制。

四、紙吊掛頭開孔位置與承重關係為何？

吊掛頭開孔位置在正中央有最高的承重。

五、紙吊掛頭吊掛方式改變與承重關係為何？

吊掛頭使用環扣式的吊掛式的方法優於掛勾式。

六、衣桿的斜角與承重關係為何？

紙衣桿在斜角左右各向下 30 度時承重最大。

七、吊掛頭與衣桿組合的方式與承重關係為何？

吊掛頭與衣桿組合無需使用卡榫，承重力才不會下降。

八、紙衣桿的形狀與承重關係為何？

環扣型吊掛頭與圓筒形衣桿的組合有最佳的承重力。

這個紙衣架的重點在於掛勾處與衣桿的堅固程度，畢竟它的本質是紙，在沒有任何加工的狀況之下，要拿來掛大衣或者牛仔褲根本就是強人所難，但是只要各方條件抓得夠精準，再配上紙衣架彩繪不同的圖案，它也可以是非常賞心悅目兼環保的簡便衣架。

實驗中使用吊掛衣服為 T 恤、襯衫類較為軟質衣服，能服貼於紙衣架上受力較為平均，當遇到質料較為厚重或布料分配不平均等因素的衣物，可能會因為無法平均受力而導致承重力下降。

捌、參考資料及其他

一、Annti Wang (民 101 年 8 月 28 日)。將不用的紙袋做成輕便掛衣架吧。大人物。

民 105 年 2 月 22 日，取自：<http://www.damanwoo.com/node/62169>

二、國人男裝女裝尺碼分析成果 (民 101 年 12 月 3 日)。中華民國紡織業拓展會。民 105 年 2 月 13 日，取自：<http://designatelier.textiles.org.tw/>

三、Strong shapes 堅固的形狀 (民 97 年 7 月 1 日)。Taipei Times。民 105 年 3 月 11 日，取自：<http://www.taipeitimes.com/News/lang/archives/2008/07/11/2003417096>

四、力的效應及力的方向性 (無日期)。南 e 網。民 105 年 3 月 11 日，取自：

http://www.nani.com.tw/nani/jlearn/natu/ability/a1/4_a1_1_1.htm

五、木業老生 (民 97 年 12 月 7 日)。硬紙板 - 硬質纖維板。膠合板觀察。民 105 年 3 月 12 日，<http://cn.plywood.cc/2008/12/07/125>

六、印刷單位紙張重量、與厚度 (民 102 年 4 月 4 日)。Printing。民 105 年 3 月 12 日，http://auprinting.blogspot.tw/2013/04/blog-post_4.html

【評語】 080820

1. 紙衣架是兼具環保與實用的工具。
2. 應朝堅固、耐用的方向繼續改進。