

# 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(一)科

082810

課本紙張黏貼疊合之承重研究

學校名稱： 臺東縣臺東市新生國民小學

作者：  小五 王承浩  小五 張彧宸  小五 蘇芷緹	指導老師：  劉鎧瑋  廖嘉牧
---	-----------------------------

關鍵詞： 紙張、黏貼、強度

# 作品名稱：課本紙張黏貼疊合之承重研究

## 摘要

想製作立式槳板 SUP 去體驗水上活動，動手做屬於自己的槳板。槳板裡面是軟軟的一個板子，然後外面包凝固紙漿的紙，讓紙硬化，承受重量時不能大變形，如果槳板大變形的話，上面的人就站不住，所以我們用紙把軟軟的墊子包起來，黏幾層才不會大變形呢？

就是黏貼紙張的強度有多硬，才不會讓板子大變形這個概念，我們就是要研究用幾層紙可以讓這個紙張有硬度不大變形，但是紙板要越輕越好，這樣搬動起來才不會很吃力。

## 壹、研究動機

本次研究動機起源美術班於畢業創作時，將製作海洋體驗活動為主題之創作，且延續前一年畢業創作，以回收課本紙張為材料黏貼製作紙獨木舟之課程，預計以類似之製作方式創作以紙為材料的立式划槳板。5 第七屆美術班製作紙獨木舟的方式為以稀釋過的南寶樹酯為黏著劑，將回收課本紙張反覆層疊黏貼至足以支撐整舟形體且不變形為止，紙獨木舟外型長為 4.5 公尺，寬約 0.9 公尺，由中央龍骨至船舷約深 45 公分，經實際下水驗證，可承載四名體重約 40-50 公斤之小學學童，此紙獨木舟的外型與耐受強度是由紙張堆疊黏合的厚度來決定，由於當時進行創作時並無前例可循，因此紙張堆疊的層數僅以觸感以及學生準備材料的數量來決定，雖然最終成果強度在驗證後足以於水中航行無誤，但也造成成果作品相當厚重與沉重，難以搬動展示。

## 貳、研究目的

在進行紙立式划槳板創作前，計畫以較科學方式進行實驗，目的為取得最適合此方式製作之紙張黏著堆疊張數(輕量化)，且能兼顧強度與厚度。



圖片說明：參觀第七屆美術班所製作之紙獨木舟，及老師試做之 SUP 板。（本照片由指導教師拍攝）

## 參、研究設備及器材

一、材料：回收課本、南寶樹脂、水

二、工具：油漆刷、小水桶、攪拌棒、電子秤、200 克重物(鐵砂)，2000 克重物(負重袋)、書本，直尺，線。

## 肆、研究過程或方法

一、前置作業：黏貼疊合四種不同厚度，以為欲測量強度張數差異

說明：張數分別設定為 10 層、20 層、30 層、40 層，紙張大小為單頁課本，此處使用回收課本之五年級下學期數學課本與英文課本，紙張大小約為長寬 25.9 公分與 19.2 公分，以塑膠瓦楞板為底模，將紙張黏貼於其上。由於紙張必須必須交錯黏貼重疊，因此依序紙張與紙張之間黏貼重疊一半為原則，一共重疊四次，由於第一張紙前端與第四張紙後端會各有一半未有重疊導致僅一層之狀況，故於此兩處再行黏貼半張紙，以讓其皆為相同厚度。黏著劑為南寶樹脂，為方便以油漆刷施工，且固定黏著劑變因，此處將南寶樹脂與清水固定以重量比一比一之比例調製。



圖片說明：以電子秤測量樹脂重量及作者進行紙板疊合黏貼。（本照片由指導教師拍攝）

二、研究過程：

（一）預計要製作之紙製立式槳板長度為 240 公分，寬為 80 公分，為方便本實驗量測，以長度寬度等比例縮小為 1/4，面積縮小為 1/16 之貼合紙板進行實驗。故製作約為 60 公分長與 20 公分寬之紙板，有 10 層厚，20 層厚，30 層厚及 40 層厚共四片。

（二）測量四片紙板重量，10 層厚紙板 131 克重，20 層厚紙板 265 克重，30 層厚紙板 372 克重，40 層厚紙板 539 克重。

（三）立式划槳為人員雙腳站立於其上進行操作，故壓力點為雙腳的面積，因此將測試的壓力面積也設為 1/16 之大小，約為長 6.5 公分、寬 2.5 公分，並於紙板畫出中心位置，

以為重物放置處，再由中心向兩側畫記 20 公分位置，為將兩側加高放置處，類似橋梁之型式。

(四) 每次放置一包 200 克之鐵砂，直至紙板的變形率過大到無法繼續操作為止。重量與變形狀況記錄於下表。



圖片說明：學生進行重量變形測試中（本照片由指導教師拍攝）



圖片說明：學生進行重量變形測試中（本照片由指導教師拍攝）

(一) 第一輪實驗

層數	承受重量 變形量	0 克	200 克	400 克	600 克	800 克	1000 克	1200 克	1400 克	1600 克	1800 克	2000 克
		紙張 10 層厚	高度(公分)	15.5	13.8	12.5	10.5	5	×			
	比原高度下降(公分)	0	1.7	3	5	10.5	×					
	比前高度下降(公分)	0	1.7	1.3	2	5.5	×					

表：10 層厚紙板下陷與承受重量之統計表

說明：紙張十層厚時，紙張隨承受重量增加而下陷，最大安全承受重量為 600 克。承受重量 800 克時，結構開始大幅度變形，但是 1000 克重時，紙張完全變形無法測量。

### (二) 第二輪實驗

層數	承受重量 變形量	0 克	200 克	400 克	600 克	800 克	1000 克	1200 克	1400 克	1600 克	1800 克	2000 克
		紙張 20 層厚	高度(公分)	15.6	15.5	15.1	14.5	13.7	12.8	9.5	×	
	比原高度下降(公分)	0	0.1	0.5	1.1	1.9	2.8	6.1	×			
	比前高度下降(公分)	0	0.1	0.4	0.6	0.8	0.9	3.3	×			

表：20 層厚紙板下陷與承受重量之統計表

紙張二十層厚時，紙張隨承受重量增加而下陷，最大安全承受重量為 1000 克。承受重量 1200 克時，結構大幅度變形，但是 1400 克重時，紙張完全變形無法測量。

### (三) 第三輪實驗

層數	承受重量 變形量	0 克	200 克	400 克	600 克	800 克	1000 克	1200 克	1400 克	1600 克	1800 克	2000 克
		紙張 30 層厚	高度(公分)	15.8	15.6	15.4	15	14.7	14.3	13.5	13	11.1
	比原高度下降(公分)	0	0.2	0.4	0.8	1.1	1.5	2.3	2.8	4.7	×	
	比前高度下降(公分)	0	0.2	0.2	0.4	0.3	0.4	0.8	0.5	1.9	×	

表：30 層厚紙板下陷與承受重量之統計表

紙張三十層厚時，紙張隨承受重量增加而下陷，最大安全重量為 1400 克，1600 克開始結構大幅度變形，但是 1800 克重時，紙張完全變形無法測量。

### (四) 第四輪實驗

層數	承受重量 變形量	0 克	200 克	400 克	600 克	800 克	1000 克	1200 克	1400 克	1600 克	1800 克	2000 克	2200 克
		紙張 40	高度(公分)	16.3	16.2	16.1	16	15.9	15.9	15.8	15.7	15.6	15.6
	比原高度	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9

層厚	下降 (公分)												
	比前 高度 下降 (公分)	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.1

表：40 層厚紙板下陷與承受重量之統計表

紙張四十層厚時，紙張隨承受重量增加而穩定下陷，但因為準備的鐵砂已用完，所以只測量到 2200 克重。

(五) 第五輪實驗

另外準備 2000 克負重袋 2 個，繼續進行承受重量實驗。

層數	承受 重量	0 克	2000 克	2200 克	2400 克	2600 克	2800 克	3000 克	3200 克	3400 克	3600 克	3800 克
	變形 量											
紙張 40 層厚	高度 (公分)	16.3	15.8	15.7	15.6	15.6	15.5	15.4	15.3	15.2	15.2	15.1
	比原高 度下降 (公分)	0	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.1	1.2
	比前高 度下降 (公分)	0	0.5	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1

表：40 層厚紙板下陷與承受重量之統計表 01

層數	承受 重量	4000 克	4200 克	4400 克	4600 克	4800 克	5000 克	5200 克	5400 克	5600 克	5800 克	6000 克
	變形 量											
紙張 40 層厚	高度 (公分)	15.1	15	14.9	14.9	14.8	14.7	14.6	14.6	14.6	14.5	14.5
	比原高 度下降 (公分)	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8
	比前高 度下降 (公分)	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0.1	0

表：40 層厚紙板下陷與承受重量之統計表 02

因為重物無法繼續往上堆疊，所以承受重量測量到 6000 克重為止。

## 伍、研究結果

- 一、紙張十層厚時，最大安全承受重量為 600 克。紙張二十層厚時，最大安全承受重量為 1000 克。紙張三十層厚時，最大安全重量為 1400 克。紙張四十層厚時，測量 6000 克還沒有到達最大安全承受重量。
- 二、紙張疊合黏貼越厚，承受的重量越大，紙張疊合黏貼越薄，承受的重量越小。
- 三、紙張疊合黏貼越厚，本身重量越重，紙張疊合黏貼越薄，本身重量越小。

## 陸、討論

- 一、為何紙張 10 層厚、20 層厚、30 層厚時，承重下陷有規律，最大安全承重有上限，但是到 40 層時卻沒有規律出現最大安全承重上限？
- 二、黏貼十層紙的立槳板預估 4192 克，黏貼二十層紙的立槳板預估 8480 克，黏貼三十層紙的立槳板預估 11904 克，黏貼四十層紙的立槳板預估 17248 克，預計要製作的立槳板應要多少重量才能讓一個人抬的動？

## 柒、結論

- 一、以現有條件製作紙板，適合承受學生重量之紙張黏貼厚度為 30 層。
- 二、40 層重量穩定下陷，但重量太重，秤重約 1.7 公斤，反推完成板（\*16 倍）約 27.2 公斤，所以 40 層的不納入考量，但又有可能是用 20 或 30 層的厚度較適合。
- 三、實驗資料得知，10 層和 20 層太輕且載重易變形，40 層又太重，所以用此方式黏合之紙張厚度，合承受學生重量之紙張黏貼厚度為 30 層。

## 捌、參考資料及其他

<https://scheidsrechters.eu/zh-TW/beste-stand-up-paddle-board/>

<https://odoor.co/about-sup/>

## 【評語】 082810

此作品從立式槳板 SUP 體驗水上活動發想，呈現系統性的實驗來研究紙張黏貼疊合的承重能力，學生們通過控制變量法，分別測試與紀錄了 10 層、20 層、30 層和 40 層紙張的承重能力，最終得出 30 層厚度最為適合的結論，具科學精神。建議可以進一步探討不同黏合劑、紙張材質、槳板的長度對承重能力的影響，提升量化數據，以及如何優化製作過程以提高效率。



## 作品簡報



**作品名稱：**

**課本紙張黏貼疊合之承重研究**

## 摘要

想製作立式槳板SUP去體驗水上活動，動手做屬於自己的槳板。槳板裡面是軟軟的一個板子，然後外面包凝固紙漿的紙，讓紙硬化，承受重量時不能大變形，如果槳板大變形的話，上面的人就站不住，所以我們用紙把軟軟的墊子包起來，黏幾層才不會大變形呢？

就是黏貼紙張的強度有多硬，才不會讓板子大變形這個概念，我們就是要研究用幾層紙可以讓這個紙張有硬度不大變形，但是紙板要越輕越好，這樣搬動起來才不會很吃力。

## 壹、研究動機

本次研究動機起源美術班於畢業創作時，將製作海洋體驗活動為主題之創作，且延續前一年畢業創作，以回收課本紙張為材料黏貼製作紙獨木舟之課程，預計以類似之製作方式創作以紙為材料的立式划槳板。

上一屆美術班製作紙獨木舟的方式為以稀釋過的南寶樹脂為黏著劑，將回收課本紙張反覆層疊黏貼至足以支撐整舟形體且不變形為止，紙獨木舟外型長為4.5公尺，寬約0.9公尺，由中央龍骨至船舷約深45公分，經實際下水驗證，可承載四名體重約40-50公斤之小學學童，此紙獨木舟的外型與耐受強度是由紙張堆疊黏合的厚度來決定，由於當時進行創作時並無前例可循，因此紙張堆疊的層數僅以觸感以及學生準備材料的數量來決定，雖然最終成果強度在驗證後足以於水中航行無誤，但也造成成果作品相當厚重與沉重，難以搬動展示。



圖片說明：  
參觀第七屆美術班所製作之紙獨木舟，及老師試做之SUP板。  
(本照片由指導教師拍攝)

## 貳、研究目的

在進行紙立式划槳板創作前，計畫以較科學方式進行實驗，目的為取得最適合此方式製作之紙張黏著堆疊張數(輕量化)，且能兼顧強度與厚度。



## 參、研究設備及器材

- 一、材料：回收課本、南寶樹脂、水
- 二、工具：油漆刷、小水桶、攪拌棒、電子秤、200克重物(鐵砂)，2000克重物(負重袋)、書本，直尺，線。



圖片說明：以電子秤測量樹脂重量及作者進行紙板疊合黏貼。(本照片由指導教師拍攝)

## 肆、研究過程或方法

### 一、前置作業：

黏貼疊合四種不同厚度，以為欲測量強度張數差異

說明：張數分別設定為10層、20層、30層、40層，紙張大小為單頁課本，此處使用回收課本之五年級下學期數學課本與英文課本，紙張大小約為長寬25.9公分與19.2公分，以塑膠瓦楞板為底模，將紙張黏貼於其上。由於紙張必須必須交錯黏貼重疊，因此依序紙張與紙張之間黏貼重疊一半為原則，一共重疊四次，由於第一張紙前端與第四張紙後端會各有一半未有重疊導致僅一層之狀況，故於此兩處再行黏貼半張紙，以讓其皆為相同厚度。黏著劑為南寶樹脂，為方便以油漆刷施工，且固定黏著劑變因，此處將南寶樹脂與清水固定以重量比一比一之比例調製。

## 二、研究過程：

- (一) 預計要製作之紙製立式槳板長度為240公分，寬為80公分，為方便本實驗量測，以長度寬度等比例縮小為1/4，面積縮小為1/16之貼合紙板進行實驗。故製作約為60公分長與20公分寬之紙板，有10層厚，20層厚，30層厚及40層厚共四片。
- (二) 測量四片紙板重量，10層厚紙板131克重，20層厚紙板265克重，30層厚紙板372克重，40層厚紙板539克重。
- (三) 立式划槳為人員雙腳站立於其上進行操作，故壓力點為雙腳的面積，因此將測試的壓力面積也設為1/16之大小，約為長6.5公分、寬2.5公分，並於紙板畫出中心位置，以為重物放置處，再由中心向兩側畫記20公分位置，為將兩側加高放置處，類似橋梁之型式。
- (四) 每次放置一包200克之鐵砂，直至紙板的變形率過大到無法繼續操作為止。重量與變形狀況記錄於下表。



圖片說明：學生進行重量變形測試中  
(本照片由指導教師拍攝)



圖片說明：學生進行重量變形測試中  
(本照片由指導教師拍攝)



### (一) 第一輪實驗

表：10層厚紙板下陷與承受重量之統計表

層數	變形量	承受重量										
		0克	200克	400克	600克	800克	1000克	1200克	1400克	1600克	1800克	2000克
紙張 10 層厚	高度(公分)	15.5	13.8	12.5	10.5	5	×					
	比原高度下降(公分)	0	1.7	3	5	10.5	×					
	比前高度下降(公分)	0	1.7	1.3	2	5.5	×					

#### 說明：

紙張十層厚時，紙張隨承受重量增加而下陷，最大安全承受重量為600克。承受重量800克時，結構開始大幅度變形，但是1000克重時，紙張完全變形無法測量。

### (二) 第二輪實驗

表：20層厚紙板下陷與承受重量之統計表

層數	變形量	承受重量										
		0克	200克	400克	600克	800克	1000克	1200克	1400克	1600克	1800克	2000克
紙張 20 層厚	高度(公分)	15.6	15.5	15.1	14.5	13.7	12.8	9.5	×			
	比原高度下降(公分)	0	0.1	0.5	1.1	1.9	2.8	6.1	×			
	比前高度下降(公分)	0	0.1	0.4	0.6	0.8	0.9	3.3	×			

#### 說明：

紙張二十層厚時，紙張隨承受重量增加而下陷，最大安全承受重量為1000克。承受重量1200克時，結構大幅度變形，但是1400克重時，紙張完全變形無法測量。

### (三) 第三輪實驗

表：30層厚紙板下陷與承受重量之統計表

層數	變形量	承受重量										
		0克	200克	400克	600克	800克	1000克	1200克	1400克	1600克	1800克	2000克
紙張 30 層厚	高度(公分)	15.8	15.6	15.4	15	14.7	14.3	13.5	13	11.1	×	
	比原高度下降(公分)	0	0.2	0.4	0.8	1.1	1.5	2.3	2.8	4.7	×	
	比前高度下降(公分)	0	0.2	0.2	0.4	0.3	0.4	0.8	0.5	1.9	×	

#### 說明：

紙張三十層厚時，紙張隨承受重量增加而下陷，最大安全重量為1400克，1600克開始結構大幅度變形，但是1800克重時，紙張完全變形無法測量。

### (四) 第四輪實驗

表：40層厚紙板下陷與承受重量之統計表

層數	變形量	承受重量											
		0克	200克	400克	600克	800克	1000克	1200克	1400克	1600克	1800克	2000克	2200克
紙張 40 層厚	高度(公分)	16.3	16.2	16.1	16	15.9	15.9	15.8	15.7	15.6	15.6	15.5	15.4
	比原高度下降(公分)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9
	比前高度下降(公分)	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.1

#### 說明：

紙張四十層厚時，紙張隨承受重量增加而穩定下陷，但因為準備的鐵砂已用完，所以只測量到2200克重。

## (五)第五輪實驗

表:40層厚紙板下陷與承受重量之統計表01

層數	承受重量	變形量										
		0克	2000克	2200克	2400克	2600克	2800克	3000克	3200克	3400克	3600克	3800克
紙張40層厚	高度(公分)	16.3	15.8	15.7	15.6	15.6	15.5	15.4	15.3	15.2	15.2	15.1
	比原高度下降(公分)	0	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.1	1.2
	比前高度下降(公分)	0	0.5	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1

說明：

另外準備2000克負重袋2個，繼續進行承受重量實驗。

表:40層厚紙板下陷與承受重量之統計表02

層數	承受重量	變形量										
		4000克	4200克	4400克	4600克	4800克	5000克	5200克	5400克	5600克	5800克	6000克
紙張40層厚	高度(公分)	15.1	15	14.9	14.9	14.8	14.7	14.6	14.6	14.6	14.5	14.5
	比原高度下降(公分)	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8
	比前高度下降(公分)	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0.1	0

說明：

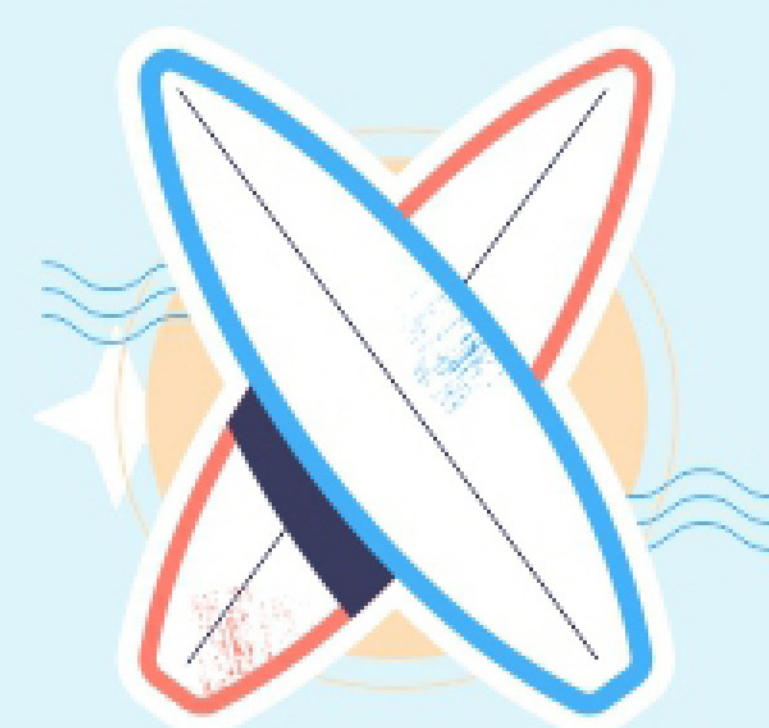
因為重物無法繼續往上堆疊，所以承受重量測量到6000克重為止。

## 伍、研究結果

- 一、紙張十層厚時，最大安全承受重量為600克。紙張二十層厚時，最大安全承受重量為1000克。紙張三十層厚時，最大安全重量為1400克。紙張四十層厚時，測量6000克還沒有到達最大安全承受重量。
- 二、紙張疊合黏貼越厚，承受的重量越大，紙張疊合黏貼越薄，承受的重量越小。
- 三、紙張疊合黏貼越厚，本身重量越重，紙張疊合黏貼越薄，本身重量越小。

## 陸、討論

- 一、為何紙張10層厚、20層厚、30層厚時，承重下陷有規律，最大安全承重有上限，但是到40層時卻沒有規律出現最大安全承重上限？
- 二、黏貼十層紙的立槳板預估4192克，黏貼二十層紙的立槳板預估8480克，黏貼三十層紙的立槳板預估11904克，黏貼四十層紙的立槳板預估17248克，預計要製作的立槳板應要多少重量才能讓一個人抬的動？



## 柒、結論

- 一、以現有條件製作紙板，適合承受學生重量之紙張黏貼厚度為30層。
- 二、40層重量穩定下陷，但重量太重，秤重約1.7公斤，反推完成板(\*16倍)約27.2公斤，所以40層的不納入考量，但又有可能是用20或30層的厚度較適合。
- 三、實驗資料得知，10層和20層太輕且載重易變形，40層又太重，所以用此方式黏合之紙張厚度，合承受學生重量之紙張黏貼厚度為30層。

## 捌、參考資料及其他

<https://scheidsrechtters.eu/zh-TW/beste-stand-up-paddle-board/>  
<https://odoor.co/about-sup/>