

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 化工、衛工及環工科

091105

高雄市立高雄高級工業職業學校

指導老師姓名

陳琇惠

李螢國

作者姓名

吳培崙

莊瑞敏

葉俊麟

劉威毅

# 中華民國第四十四屆中小學科學展覽會 作品說明書

科別：化工、衛生及環工科

組別：高職組

作品名稱：「紙」在乎天長地久

---- 紙張維護之研究

關鍵詞：紙張維護 脫酸 塗佈

編號：

# 摘要

本作品探討環境中各種變因對紙張的影響，透過實驗與紙廠的技術支援，研究使紙張保存更長久的簡易方法。

研究結果：

## 一、紙張出廠後，如何防止劣化

### 「控制良好的保存環境」以防止紙張劣化

1. 高溫高濕下會加速纖維分解及微生物的活性而危害紙張，因此溫度 20 濕度 50 % 為紙張的理想保存條件。
2. 空氣中酸性有害污染物與纖維素作用，導致紙張劣化、變黃。
3. 鹼性環境 (pH = 9 左右) 可中和酸性物質，減緩紙張劣化。
4. 紙張經 UV 光照後纖維發生光合水解作用，造成纖維硬化分裂。

## 二、劣化後，如何減緩劣化速度

### 「運用脫酸法及使用適當的塗料、噴劑」，以強化紙張纖維素，防止聚合度下降

飽和石灰水脫酸法對紙張維護的效果均不佳。道林紙適合用碳酸氫鎂脫酸法，宣紙適合氫氧化鈣脫酸法，銅版紙適合碳酸氫鎂脫酸法。此外，紙張經鹼性噴劑如：0.1%Ba(OH)<sub>2</sub>、10%PVA-BF-05(商品名)及 10%SS-2800(商品名)表面處理後所受影響，也值得研究。

# 目 錄

壹、	研究動機	p.1
貳、	研究目的	p.1
參、	研究原理	p.1
肆、	實驗器材實驗藥品	p.3
伍、	研究方法與過程	p.4
陸、	研究結果	p.6
柒、	討論	p.6
捌、	結論	p.19
玖、	參考資料	p.20

## 壹、 研究動機

高一為了寫生物報告，埋首於圖書館查詢資料，滿懷期待的翻開書籍，卻發現紙張已經呈現泛黃的現象，還得小心的翻閱，深怕一不小心紙就會碎裂。

在心疼前人智慧無法永久保存之際，剛好化學工業第七章教到造紙工業，於是我們想是否可由探討紙張劣化原因，尋求紙張文物保存的最佳方法，以期提供個人家中圖書保存或圖書館大量藏書之參考。

## 貳、 研究目的

- 一、探討不同環境下（溫度、濕度、pH 值）對紙張的影響。
- 二、探討光照對紙張的影響。
- 三、探討不同脫酸方法對紙張的影響。
- 四、探討不同塗料、噴劑對紙張的影響。
- 五、依台灣各地區年平均溫度與濕度的不同，探討使紙張保存更長久的方法。

## 參、 研究原理

### 一、造紙程序

紙張是由纖維素、半纖維素、木質素、膠料、填料、及微量色料和金屬離子組成。「造紙」乃是纖維重組的技術，以針葉樹（長纖維；長度 1.5mm 以上）闊葉樹（短纖維長度 1.5mm 以下）等木材為原料。將紙漿與棉麻漿依不同比例混合 散漿機（使纖維重疊）磨漿機（使纖維兩端開叉增加重合度）抄紙 壓榨 乾燥等步驟，完成造紙的程序也可依不同的需要，在所完成的紙張上，塗佈上不同的塗料。

### 二、劣化因素

圖書紙張劣化時於外部表現為紙張的脆化與黃化（含半纖維素和木質素之故），內部表現為紙張的主成分纖維素發生氧化降解與酸性水解。當纖維素水解後聚合度降至 200 以下時紙張會嚴重劣化，完全水解生成葡萄糖，紙張便成為粉末而失去收藏與使用價值。造成紙張劣化的因素有二種

（一）人為因素：造紙原料、製程、創作、書寫、彩繪的過程常是造成紙張黃化、劣化的重要因素。

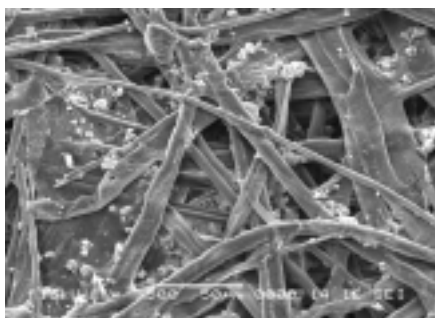
（二）環境因素：紙張常受到溫度、相對濕度、光線（促使纖維氧化加速）酸鹼性、污染物（SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、O<sub>3</sub>）害蟲、黴菌的影響而加快劣化的速度。

### 三、研究紙張：紙張依表面有無塗佈分為

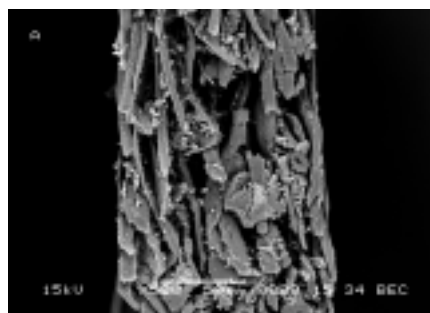
塗佈紙：銅版紙

非塗佈紙：宣紙、道林紙

宣紙： 文具店販售的宣紙 基重：42.88 g/m<sup>2</sup>

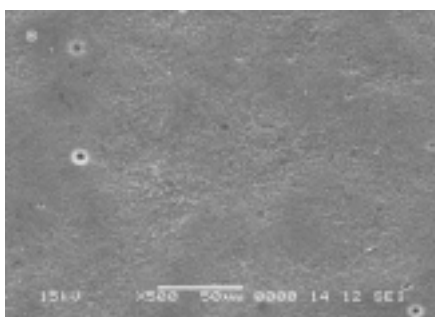


SEM 表面放大 500 倍圖

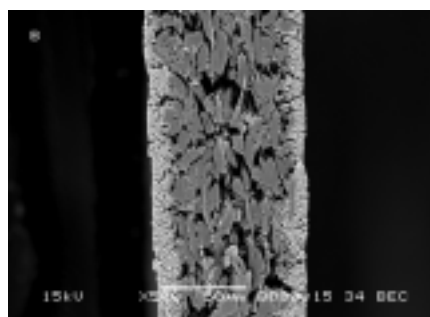


SEM 縱面放大 500 倍圖

銅版紙： 由本校圖傳科提供 基重：177.71 g/m<sup>2</sup>

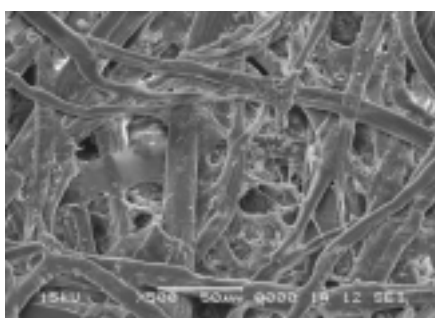


SEM 表面放大 500 倍圖

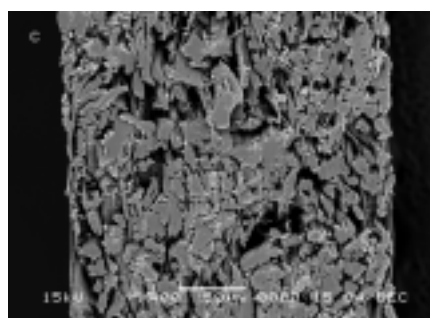


SEM 縱面放大 500 倍圖

道林紙： 美術用品店販售的道林紙 基重：100.17 g/m<sup>2</sup>



SEM 表面放大 500 倍圖



SEM 縱面放大 500 倍圖

#### 四、物性測定（實驗測定時紙張絲向皆為橫向）

基重：每平方公尺紙張的重量(公克)

張力 (kg/15 mm)：測定紙張抗張強度，在一定壓力下拉張紙條 (100×15 mm)。當紙條斷裂時，儀器以千克數表示所需的張力。

耐折度 (次數)：由測定紙條 (100×15 mm) 在一千克張力下往復摺疊至斷裂所需次數來表示。測試環境的相對濕度為 65 ± 2 %，溫度為 20 ± 2 。

白度(br 值)：與校正白板相對照之比值  
校正白板 br 值為 85.8

白度值的對照圖：br 值為 L 值、a 值、  
b 值之統合的數據。

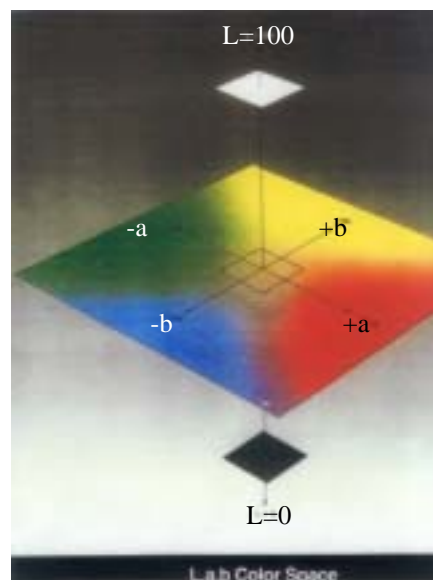
br 值越大白度越大

L 值越大表示越白，越小越黑

a 值越大越紅，越小越綠

b 值越大越黃，越小越藍

不透明度(%)：單位面積紙張不透光之百分比，  
數值越大表示透光率越小。



## 肆、 實驗器材及實驗藥品

### 一、 實驗器材及藥品：

塑膠盆、塑膠網、燒杯、天秤、稱量瓶、蒸餾瓶、薊頭漏斗、橡皮管、培養皿、玻璃乾燥器、梳子、pH 計、石灰、碳酸鈣、氫氧化鈣、大理石、濃鹽酸、硝酸、鹽酸、硫酸、醋酸、氨水、碳酸鎂、氫氧化鋇、鹿膠、PVA-BF-05(商品名)、上膠劑(PM-360 SS-2800)(商品名) 銅版紙、宣紙、道林紙

### 二、 實驗儀器：

恆溫恆濕箱 型號：TEN-210 廠牌：TenDer-made in Taiwan

抗張力試驗機 型號：2001 廠牌：KUMAGAI RIKI KOGYO Made in Japan

耐折試驗機 型號：2015m 廠牌：KUMAGAI RIKI KOGYO Made in Japan

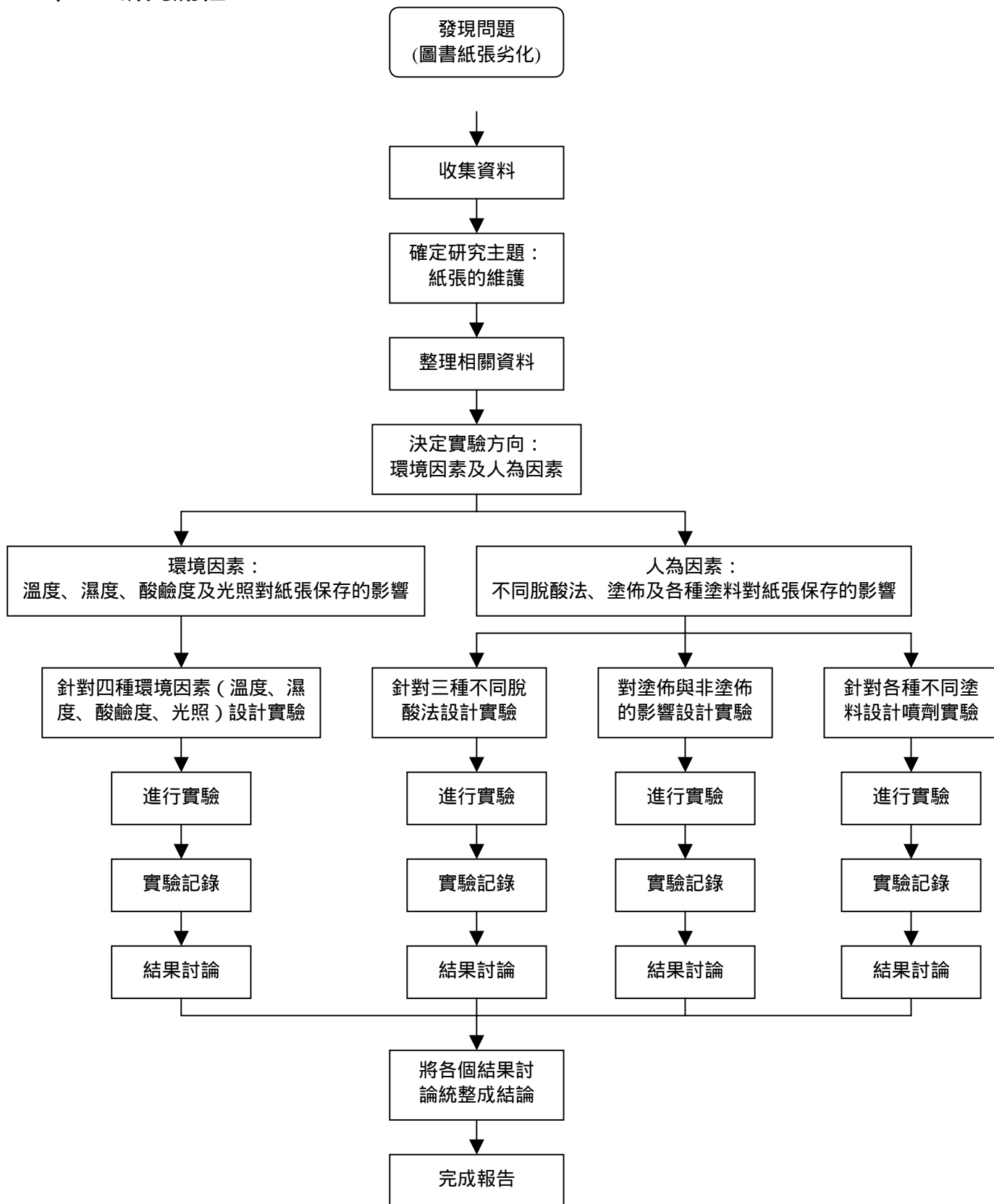
白度試驗機 型號：S-5/BOC 廠牌：Technidyne corporation- Made in USA

掃描式電子顯微鏡：( Scanning Electron Microscope ) JEOL-JSM 5600LV

UV 光照試驗機：Q.U.V 型號 Acclering Weathering Tester 廠牌 The Q-PANEL  
COMPANY

## 伍、 研究方法與過程：

### 一、 研究流程





## 二、操作步驟

### (一) 溫度對紙張的影響：

恆溫恆濕箱內設定濕度 65 %，改變設定溫度 10、20、30、45、70 達成平衡後測定耐折度、張力及白度。

### (二) 濕度對紙張的影響：

恆溫恆濕箱內設定溫度 20，改變設定濕度 50、60、70、80、90 % 達成平衡後測定耐折度、張力及白度。

### (三) 不同酸鹼氣體環境對紙張的影響

#### 1. 酸性溶液氣體對紙張的影響：

將鹽酸、硫酸、醋酸、硝酸等配製成 pH=1、3、5 溶液，分別注入乾燥器底部，乾燥器內放置道林紙平衡後，測其紙張張力、耐折度及白度。

#### 2. 鹼性溶液其氣體環境的 pH 值：

在乾燥器底層放置培養皿，並將所配製 pH=8、9、11 的氨水與水 (pH=7) 分別注入乾燥器底部，乾燥器內放置道林紙平衡後，測其紙張張力、耐折度及白度。

### (四) UV 光照對紙張的影響：

#### 1. 非塗佈紙：

(1) 道林紙置於 UV 光照機內照光 2、4、6、8、10、12、14、16 天後，分別取一張道林紙測張力、耐折度、白度、不透明度。

(2) 另取一張未經照光之道林紙測張力、耐折度、白度、不透明度，與上述實驗對照之。

#### 2. 塗佈紙：

(1) 調配塗料並取數張道林紙以上述塗料單面塗佈，經 120 烘箱烘乾 40 秒後再經壓光機壓光即完成塗佈，取上述塗佈紙 8 張，置於 UV 光照機內。光照 2、4、6、8、10、12、14、16 天後，分別取一張道林紙測張力、耐折度、白度、不透明度。

(2) 另取一張未經照光之道林紙測張力、耐折度、白度、不透明度，與上述實驗對照之。

### (五) 不同脫酸法對紙張的影響：

#### 1. 飽和石灰水脫酸法：

取道林紙、銅版紙、宣紙各數張，先浸泡飽和石灰水溶液 20 分鐘，取出再浸泡於飽和碳酸鈣溶液中 20 分鐘，將紙撈出，陰乾後測其張力、耐折度及白度。

#### 2. 0.15 % 氫氧化鈣脫酸法：

取道林紙、銅版紙、宣紙各數張，先浸泡 0.15 % 氫氧化鈣溶液 20 分鐘，取出再浸泡於 0.15 % 碳酸鈣溶液浸泡 20 分鐘，將紙撈出陰乾後，測其張力、耐折度及白度。

#### 3. 碳酸氫鎂脫酸法：

取道林紙、銅版紙、宣紙各數張，先浸泡  $Mg(HCO_3)_2$  溶液 25 分鐘，當溶液由純白色變成琥珀色後，就應更換新的溶液。將紙撈出，陰乾後測其張力、耐折度及白度。

### (六) 空白實驗：

取道林紙、銅版紙、宣紙各數張，先浸泡蒸餾水 25 分鐘，將紙撈出，陰乾後測其張力、耐折度及白度。

(七) 不同噴劑對紙張的影響：

配製 10% 的 SS-2800、10% 鹿膠、0.1% Ba(OH)<sub>2</sub>、10% PVA-BF-50 及 10% PM-360 溶液 30mL，將溶液裝於噴霧器中，將平放於光滑塑膠墊子上的道林紙，將溶液均勻噴灑在紙張上。將紙張連同光滑塑膠墊放置於陰涼處陰乾。陰乾後，將紙張測其張力、耐折度及白度。

陸、研究結果：(數據表格詳見實驗日誌-----現場評審時呈現)

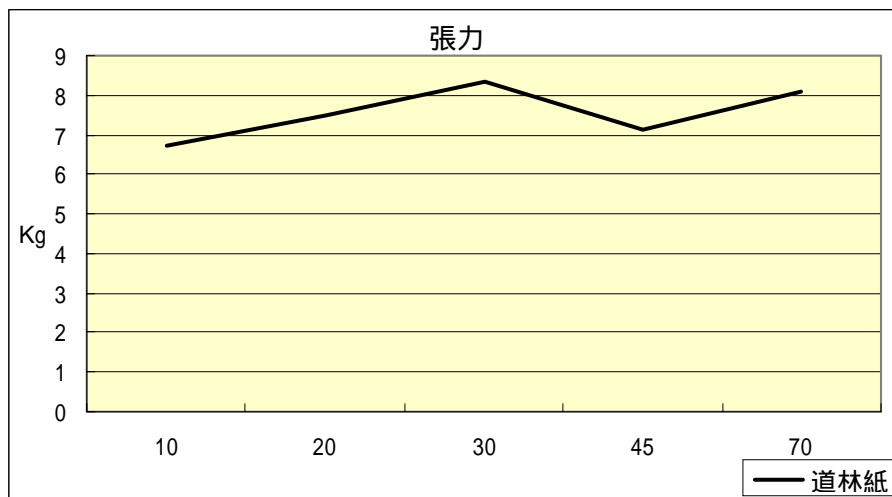
本研究選用道林紙為探討紙張，為減低製程變因，實驗測試時所使用的紙張，為同批出廠之道林紙。

柒、討論

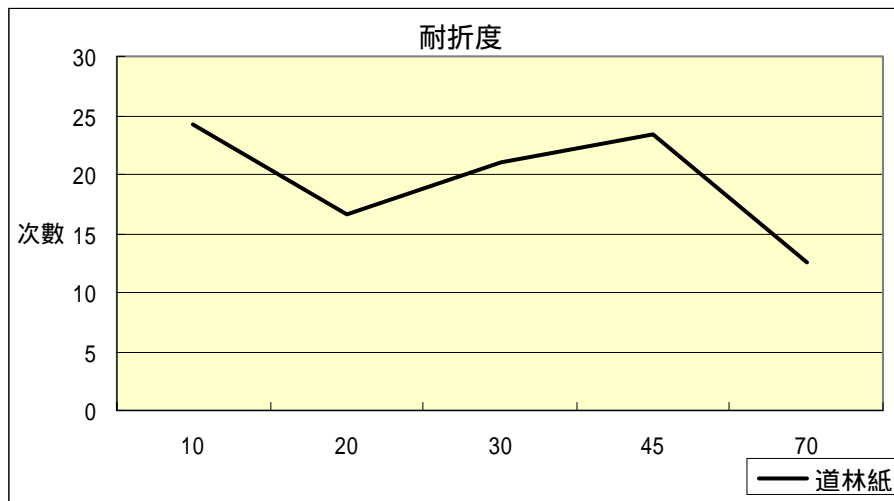
一、溫度對紙張的影響：

依據表(一) - 1 至表(一) - 5 的數據，分別對張力、耐折度、白度作(圖 1-1)至(圖 1-3)。結果：

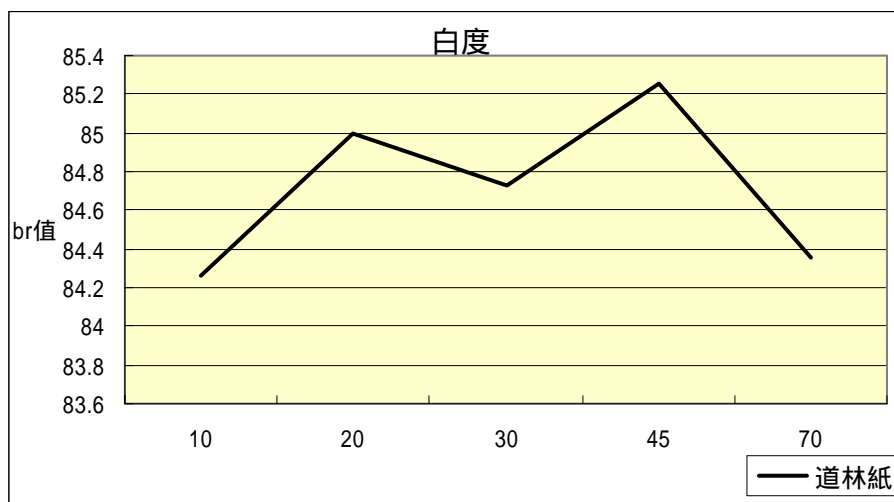
1. 濕度 65 % 時不同溫度下道林紙的張力大小為 30 > 70 > 20 > 45 > 10 ；耐折度大小為 10 > 45 > 30 > 20 > 70 ；白度大小為 45 > 20 > 30 > 70 > 10 。溫度過高 ( 70 ) 耐折度變差，溫度太低 ( 10 ) 張力變差且紙張易變黃，由此可知紙張保存於 20 或 45 時不易黃化，且有適當的張力強度與耐折度。
2. 高溫時會加速纖維氧化分解的反應，導致紙張變色、劣化的速度加快且高溫下也會增加黴菌等微生物的活性而危害紙張。



(圖 1-1) 濕度 65 % 道林紙張力與溫度變化關係



(圖 1-2) 濕度 65 % 道林紙耐折度與溫度變化關係

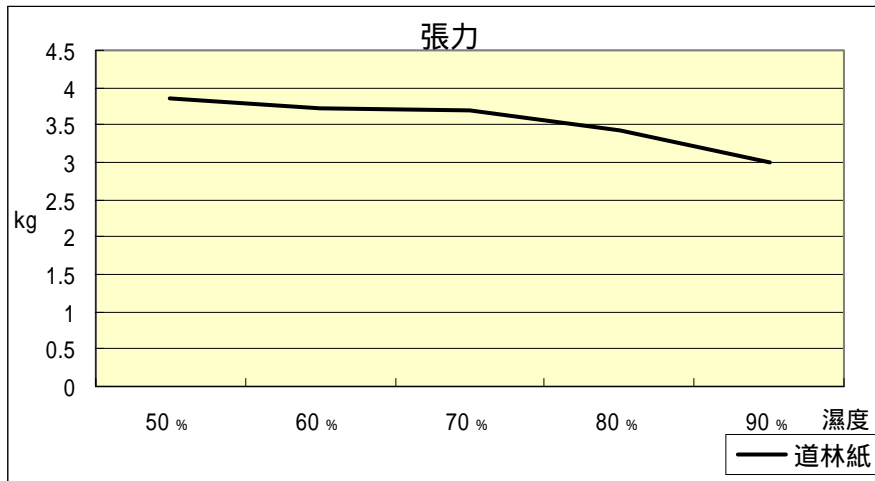


(圖 1-3) 濕度 65 % 道林紙白度與溫度變化關係

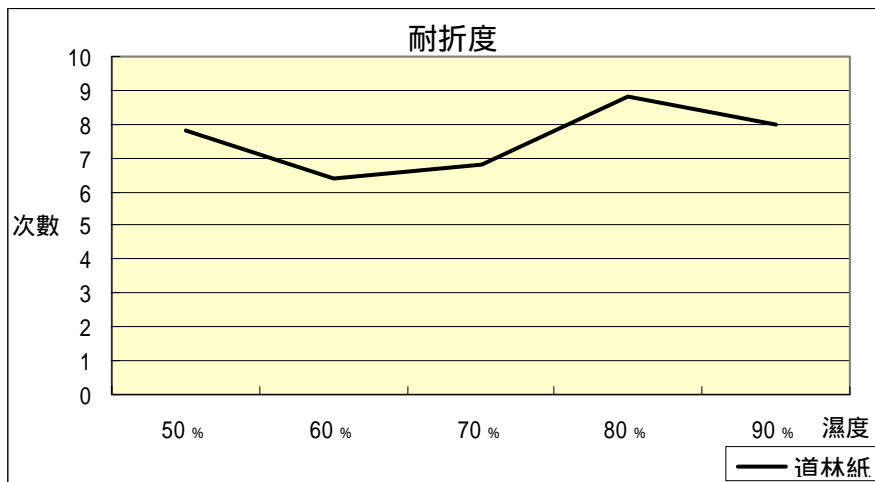
## 二、濕度對紙張的影響：

依據表(二) - 1 至表(二) - 5 的數據，分別對張力、耐折度、白度作(圖 2-1)至(圖 2-3)。結果：

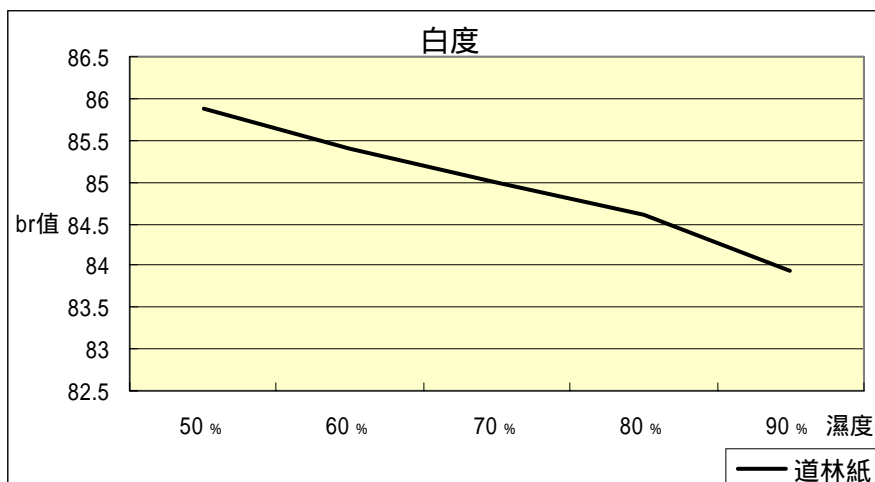
1. 溫度 20 °C，濕度 50 % ~70 % 張力變化小，70 % 後張力明顯下降；耐折度大小為 80 % > 90 % > 50 % > 70 % > 60 %；濕度越大時白度越差，越容易變黃。
2. 因為纖維間有氫鍵，在水分進入後紙張濕潤，纖維膨脹，間距加大，張力變小；當纖維吸收水分使纖維膨潤，韌性增加，所以耐折度有增加的趨勢；水分越多時紙張內部的澱粉、填料、上膠劑、微量木質素溶出越多造成白度下降。
3. 濕度達 80 % 以上纖維內部含水量使纖維水解更明顯，而促進紙張纖維硬化斷裂。
4. 隨溫度起伏會牽動濕度使紙張內部水份移動，引起應力反應造成龜劣，其收縮膨脹的現象使紙張結構鬆脫毀壞；含水率太低紙張則易脆化，由上述可知溫度 20 °C 濕度 50 % 為紙張理想保存條件。



(圖 2-1) 溫度 20 道林紙張力與濕度變化關係



(圖 2-2) 溫度 20 道林紙耐折度與濕度變化關係



(圖 2-3) 溫度 20 道林紙白度與濕度變化關係

### 三、不同酸鹼氣體環境對紙張的影響：

#### (一) 不同酸性氣體對道林紙的影響：

依據表(三)-1到表(三)-12的數據，分別對張力、耐折度、白度作(圖3-1)至(圖3-3)。

結果：

##### 1.張力測試結果：

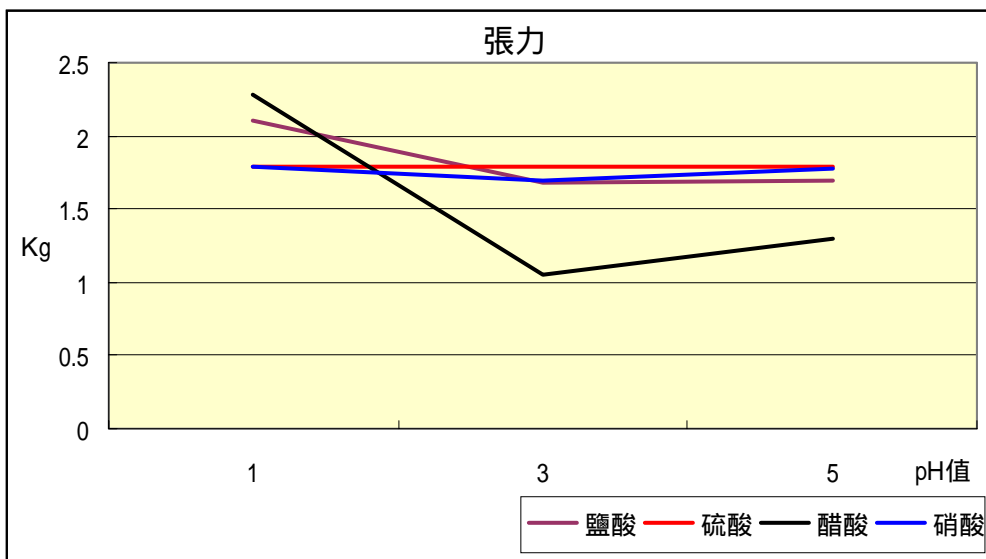
- (1) 張力大小順序為 pH=1：醋酸 > 鹽酸 > 硝酸 > 硫酸；pH=3：硫酸 > 硝酸 > 鹽酸 > 醋酸；pH=5：硫酸 > 硝酸 > 鹽酸 > 醋酸。
- (2) 經硫酸與硝酸處理後道林紙張力受 pH 值影響較小。
- (3) 鹽酸與醋酸在 pH=1~3 張力明顯下降；在 pH=3~5 張力明顯上升，尤其是醋酸變化最大。

##### 2.耐折度測試結果：

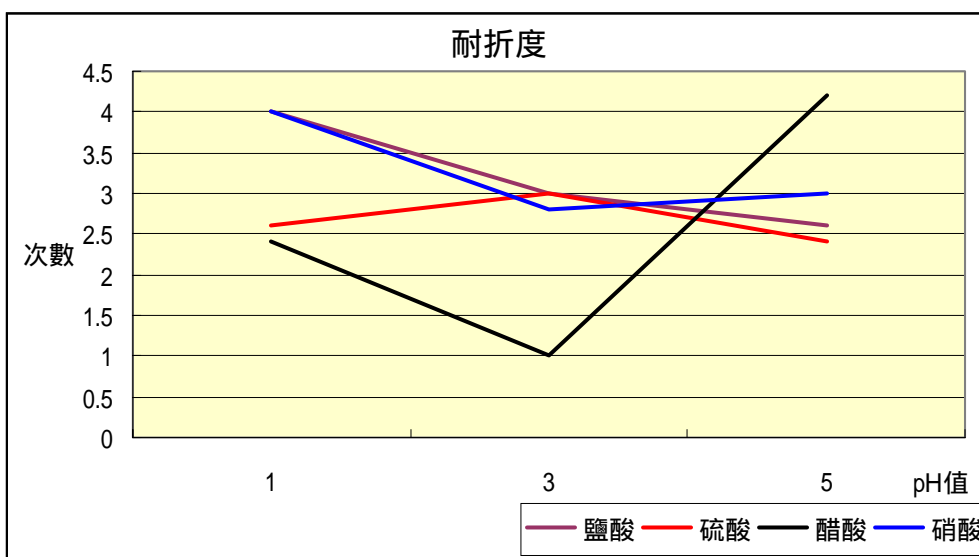
- (1) 耐折度大小順序為 pH=1：鹽酸 > 硝酸 > 硫酸 > 醋酸；pH=3：鹽酸 = 硫酸 > 硝酸 > 醋酸；pH=5：醋酸 > 硝酸 > 鹽酸 > 硫酸。
- (2) pH=3 時除硫酸外各種酸耐折度都較 pH=1、pH=5 差；其中醋酸變化最大。

##### 3.白度測試結果：

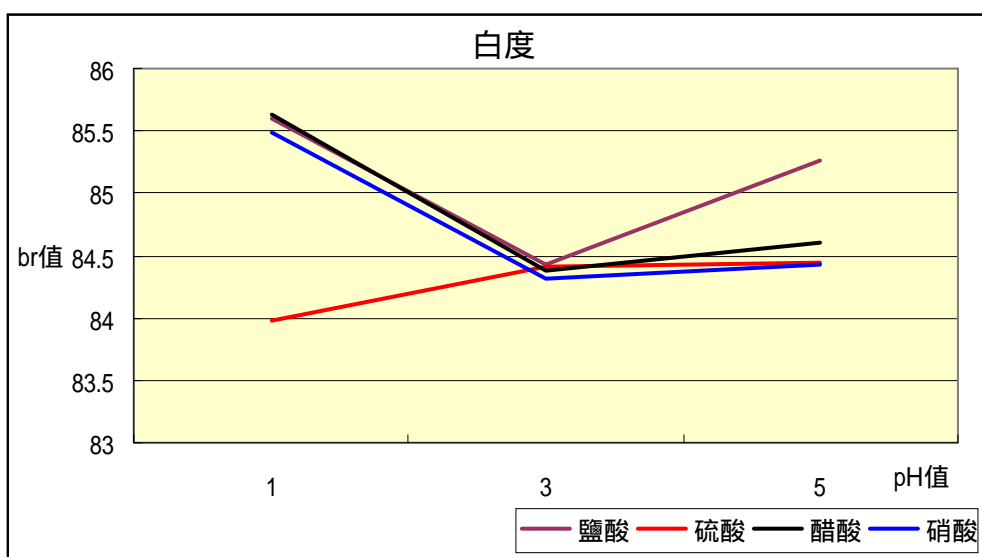
- (1) 白度大小順序為 pH=1：醋酸 > 鹽酸 > 硝酸 > 硫酸；pH=3：鹽酸 > 硫酸 > 醋酸 > 硝酸；pH=5：鹽酸 > 醋酸 > 硫酸 > 硝酸。
- (2) pH=3 時除硫酸外各種酸的白度均較 pH=1、5 為低。
- (3) pH=1 硫酸白度特別低其原因為硫酸為雙質子酸，在相同「H<sup>+</sup>」時體積莫爾濃度約為其他強酸之一半，含水量較高又有氫離子的氧化而加速纖維水解造成白度下降明顯。
- (4) 硫酸具脫水性，水分減少時氧化緩慢白度較佳。



(圖 3-1) 道林紙經不同酸處理後張力與 pH 值關係



(圖 3-2) 道林紙經不同酸處理後耐折度與 pH 值關係



(圖 3-3) 道林紙經不同酸處理後白度與 pH 值關係

(二) 鹼性氣體對道林紙的影響：

依據表(三)-13到表(三)-16的數據，分別對張力、耐折度、白度作(圖 3-4)至(圖 3-6)。

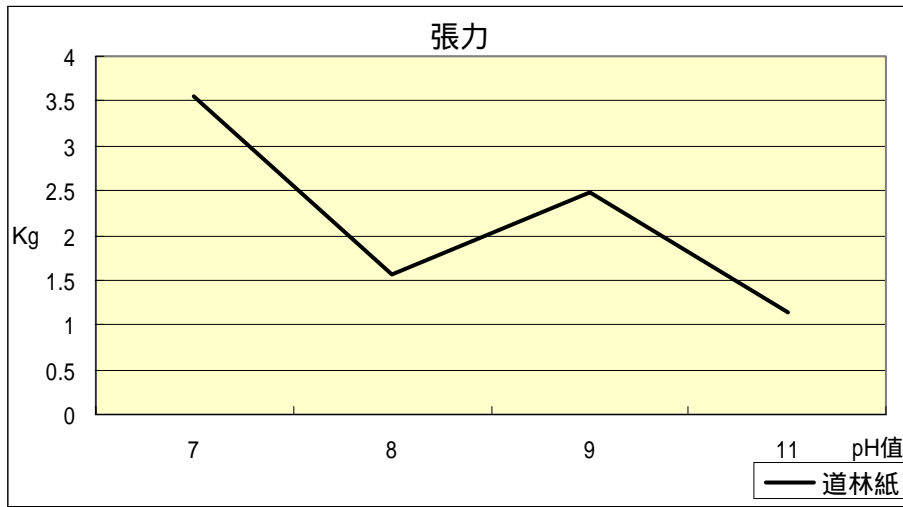
結果：

pH=7 時的張力與耐折度較佳，但白度較差；pH=9 時的張力、耐折度及白度均較 pH=8、pH=11 為佳，故弱鹼的環境有利於紙張的保存。pH=11 時張力、耐折度、白度都最差，故強鹼的環境不利於紙張的保存。

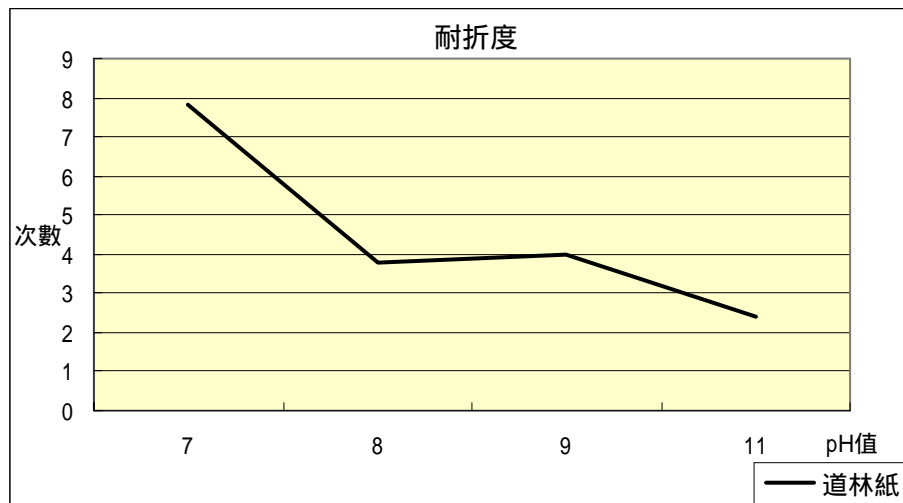
(三) 綜合結果：

1. 空氣中酸性有害污染物，常含有氧化氮、二氧化硫、硫化氫、臭氧、二氧化碳、氧、氯氣、次氯酸等氧化劑，與纖維素作用使其分子結構含氧量較原纖維素多，而增加化學活性，進而促使紙張強度降低，而造成紙張纖維素品質低落導致紙張劣化、變黃。
2. 紙張的張力、耐折度、白度等物性在 pH=3 的環境下最差。

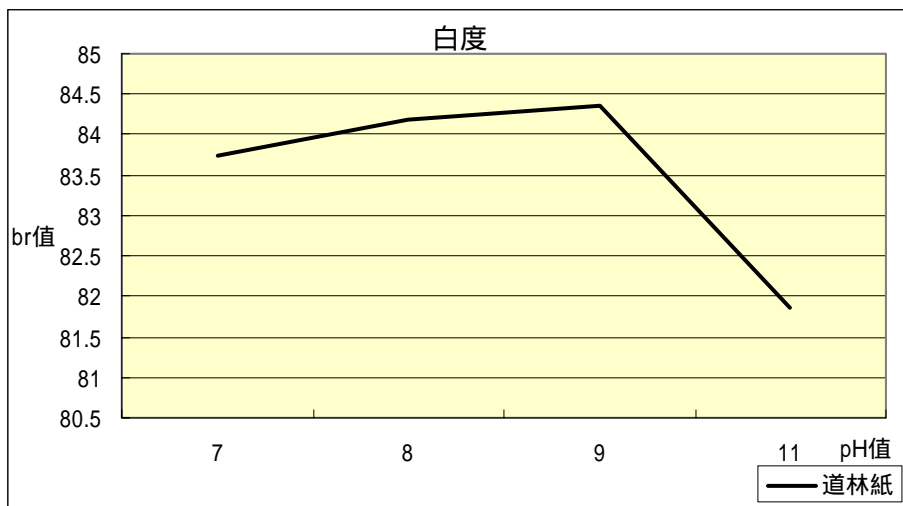
- 3.弱酸（如醋酸）對紙張的張力、耐折度及白度影響不亞於強酸，不可忽視。
- 4.鹼性物質如鈣鹽或鎂鹽可中和酸性紙質，減緩紙張劣化。鹼性溶液可膨脹纖維素，釋出紙質中的劣化物，可利用此特性來去除紙張漬痕及變色的部分。
- 5.強鹼會劣化纖維，導致酸鹼值敏感的顏料或染劑變色。



(圖 3-4) 道林紙經  $\text{NH}_3(\text{g})$  處理後張力與 pH 值關係



(圖 3-5) 道林紙經  $\text{NH}_3(\text{g})$  處理後耐折度與 pH 值關係



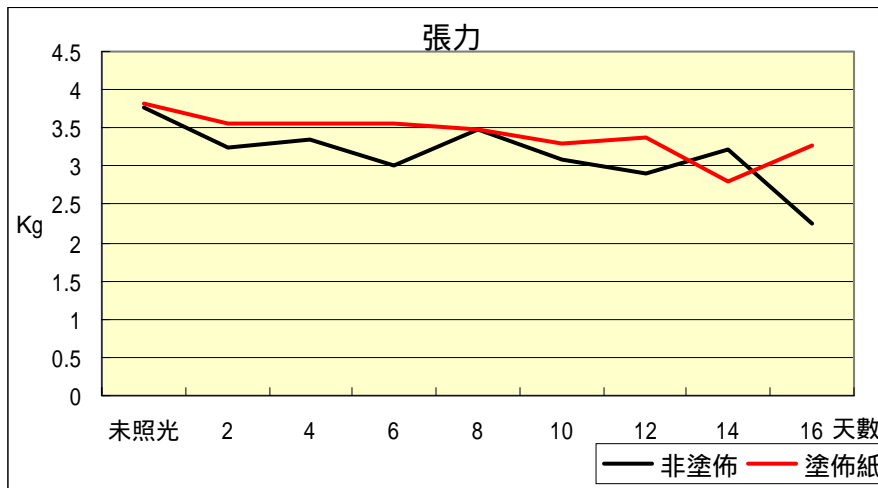
(圖 3-6) 道林紙經  $\text{NH}_3(\text{g})$  處理後白度與 pH 值關係

#### 四、UV 光照對紙張的影響：

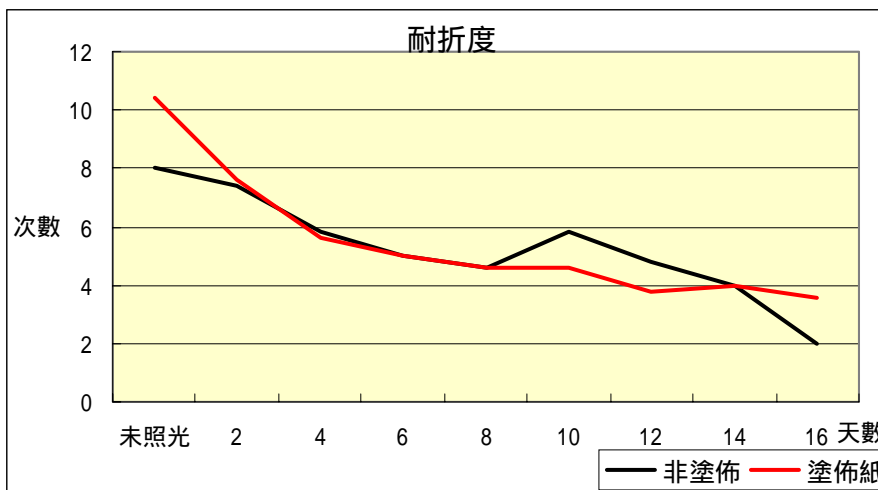
依據表（四）- 1 至表（四）- 18 的數據，分別對張力、耐折度、白度、不透明度作(圖 4-1)至(圖 4-4)。

結果：

- 1.未照光時測試：比較非塗部未照光與塗佈未照光發現塗佈紙有較佳張力、耐折度、不透明度；但白度因有塗佈層而較差，故塗佈紙較非塗佈紙耐光照。
- 2.照光時測試：紙張隨 UV 照光時間越久，其張力、耐折度、白度均下降，不透明度上升。因為光照後纖維發生光合水解作用，使纖維素分子鏈斷裂，降低紙張纖維間聚合度，造成紙張纖維硬化分裂。
- 3.塗料中固形份粒子在紙張纖維上成膜，增加單位纖維長度之重量，因而增加纖維強度使張力增加，由於固形份粒子在紙張纖維中填充，使紙張不透明度呈現上升趨勢。
- 4.製漿漂白過程中化學作用所產生的官能基與紙張的添加物（如上膠劑），均能吸收光能，而加速紙張之光氧化反應使得紙張表面產生色變。

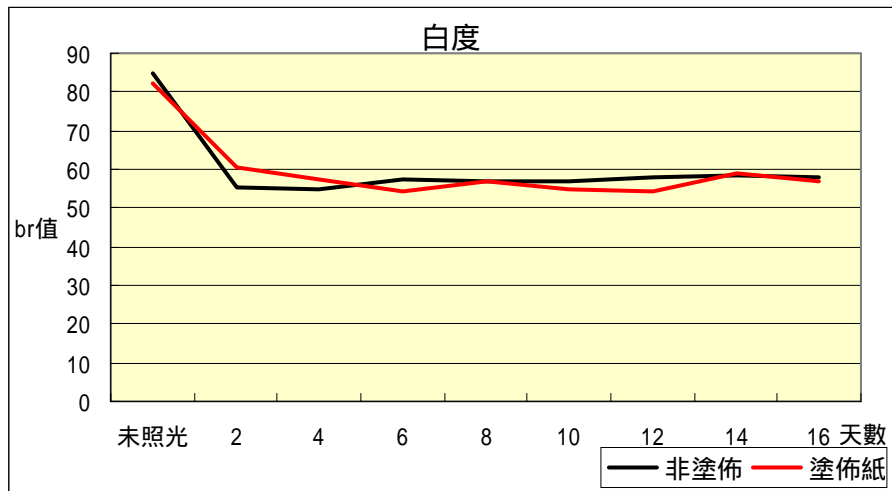


(圖 4-1) 塗佈和非塗佈道林紙的張力與 UV 光照時間關係比較

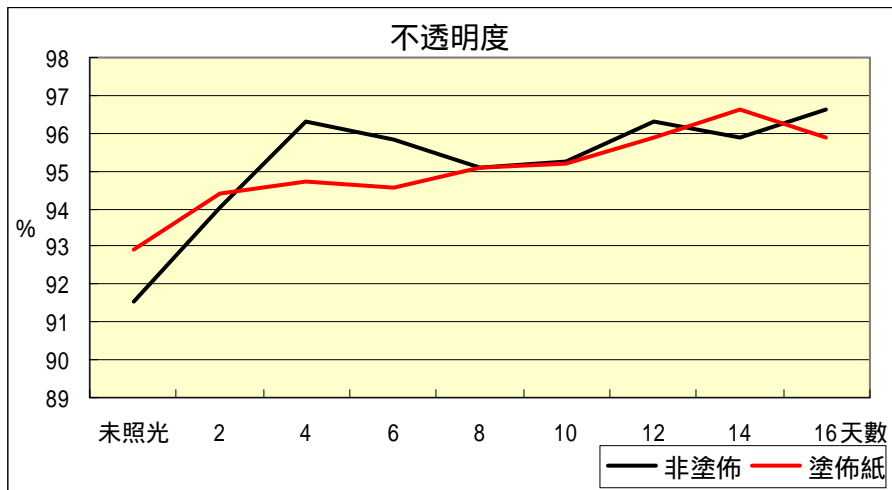


(圖 4-2) 塗佈和非塗佈道林紙的耐折度與 UV 光照時間關係比較





(圖 4-3) 塗佈和非塗佈道林紙的白度與 UV 光照時間關係比較



(圖 4-4) 塗佈和非塗佈道林紙的不透明度與 UV 光照時間關係比較

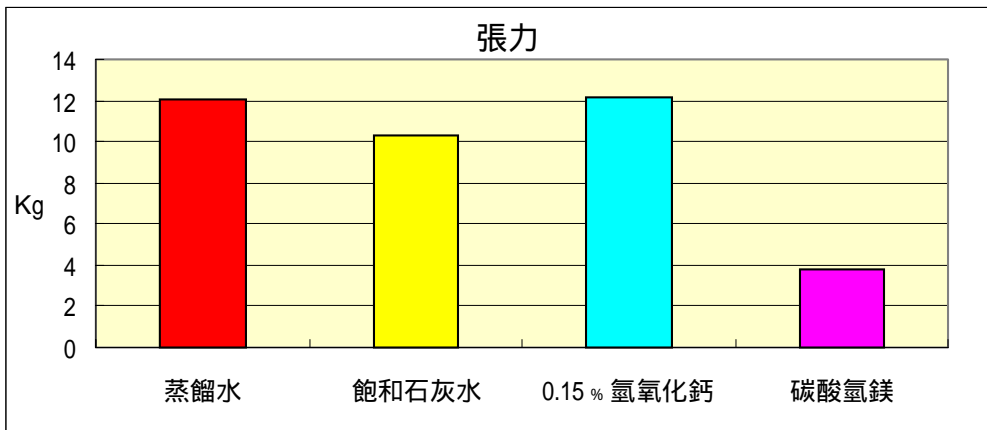
## 五、不同脫酸法對紙張的影響：

探討道林紙、宣紙、銅版紙經不同脫酸法處理後紙張物性變化，依據表(五) - 1 到表(五) - 12 的數據，分別對張力、耐折度、白度作(圖 5-1)至(圖 5-9)。

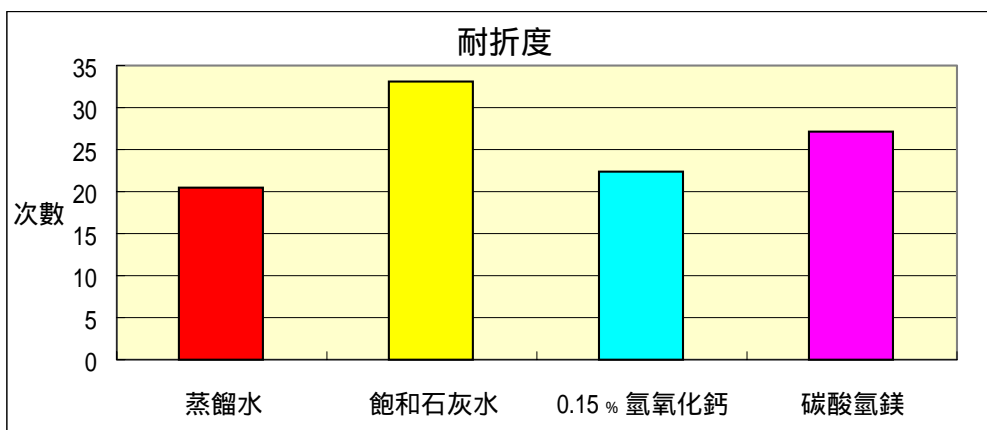
結果：

道林紙：

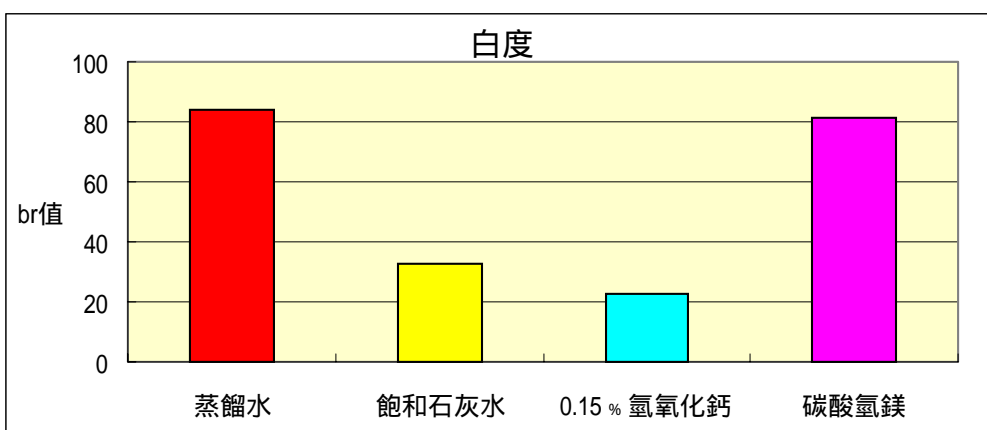
張力測試：以碳酸氫鎂脫酸法處理後下降最明顯；耐折度測試：飽和石灰水、0.15% 氫氧化鈣與碳酸氫鎂脫酸時，因紙張中的酸性物質先被中和，再使碳酸鈣或碳酸氫鎂鹽類沉積於紙上，所以其耐折度增加。白度測試：以飽和石灰水與 0.15% 氫氧化鈣處理後白度下降最多。



(圖 5-1) 道林紙經各種脫酸法處理後張力之關係



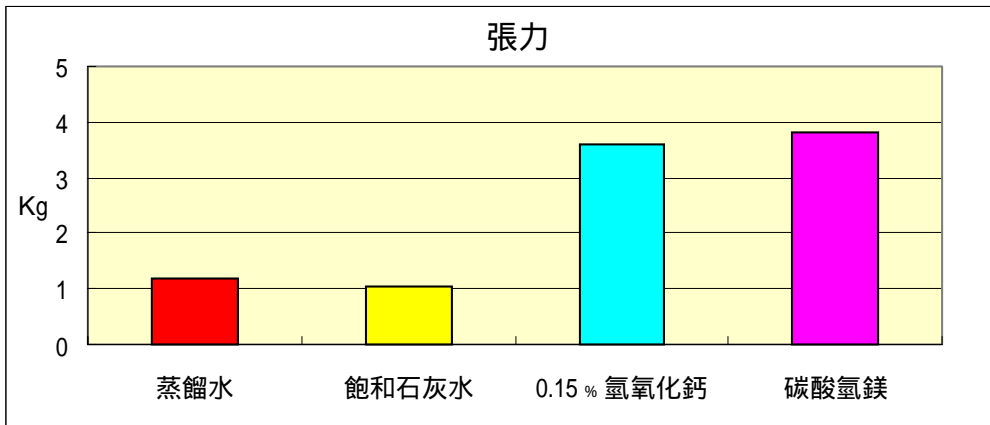
(圖 5-2) 道林紙經各種脫酸法處理後耐折度之關係



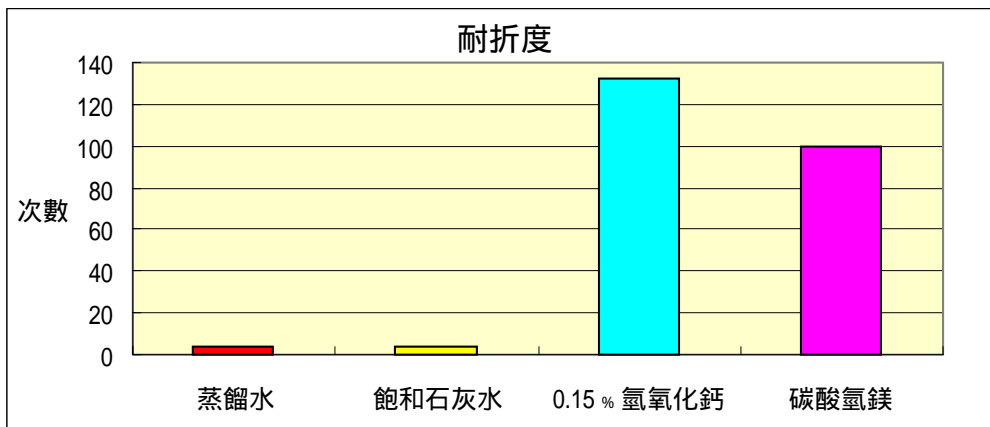
(圖 5-3) 道林紙經各種脫酸法處理後白度之關係

## 宣紙

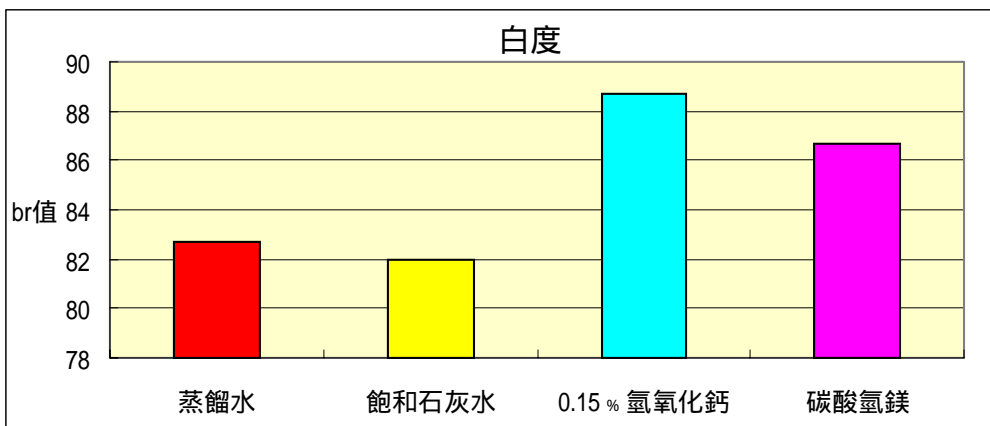
宣紙用 0.15% 氫氧化鈣與碳酸氫鎂兩種脫酸法處理後張力、耐折度、白度較佳。



(圖 5-4) 宣紙經各種脫酸法處理後張力之關係



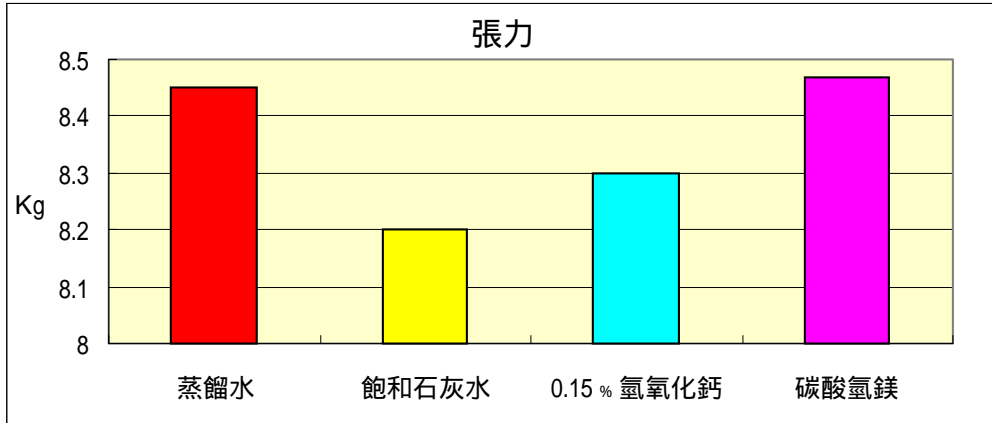
(圖 5-5) 宣紙經各種脫酸法處理後耐折度之關係



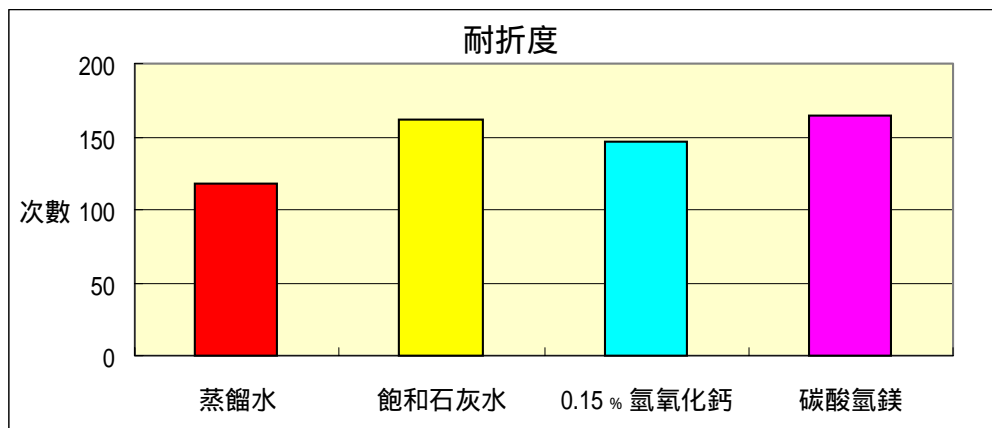
(圖 5-6) 宣紙經各種脫酸法處理後白度之關係

## 銅版紙

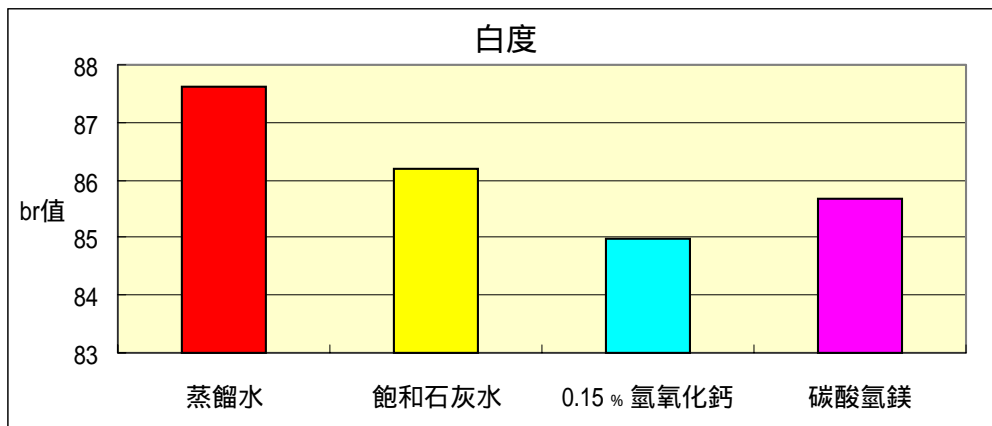
銅版紙在碳酸氫鎂脫酸處理後紙張張力上升，飽和石灰水與 0.15% 氫氧化鈣脫酸處理後張力降低；脫酸處理過程中因碳酸鈣或碳酸氫鎂沉積於紙上，使紙張耐折度均上升；因浸泡水溶液破壞塗佈層使塗料所含的澱粉、膠質容易變黃造成紙張白度均下降。



(圖 5-7) 銅版紙紙經各種脫酸法處理後張力之關係



(圖 5-8) 銅版紙紙經各種脫酸法處理後耐折度之關係



(圖 5-9) 銅版紙紙經各種脫酸法處理後白度之關係

## 六、不同噴劑對紙張的影響：

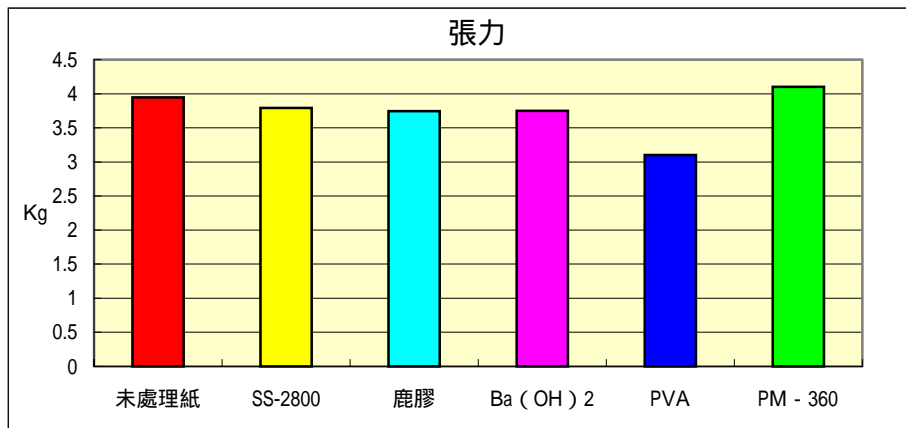
探討道林紙經不同噴劑處理後紙張物性變化，依據表（六）- 1 到表（六）- 6 的數據，分別對張力、耐折度、白度作(圖 6-1)至(圖 6-3)。

結果：

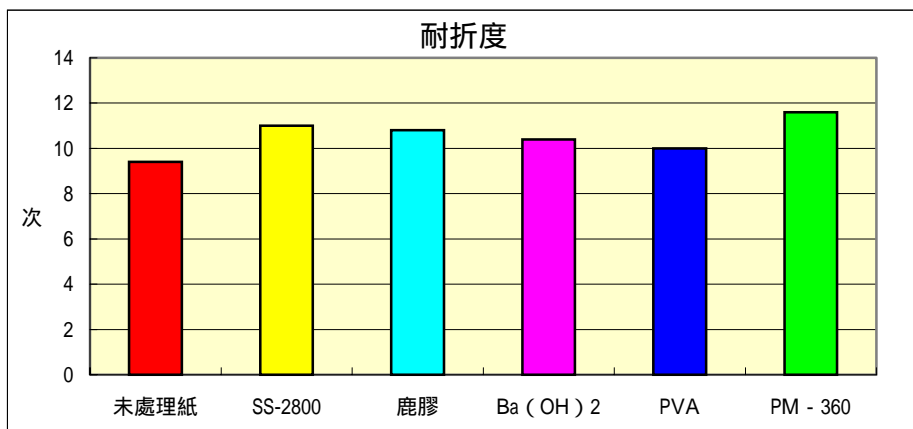
各種噴劑之 pH 值如下：

噴劑	SS-2800	鹿膠	Ba(OH) <sub>2</sub>	PVA	PM-360
pH 值	8.96	5.34	10.93	7.00	3.77

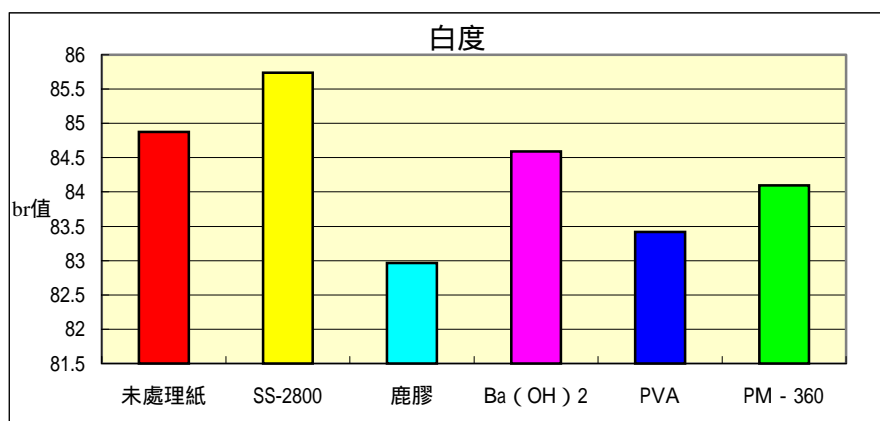
由(圖 6-1)及圖(6-2)得知經各種噴劑處理後道林紙的張力及耐折度並無太大的差別。而從(圖 6-3)得知道林紙經 10%SS-2800 及 0.1%Ba(OH)<sub>2</sub> 溶液處理後有較佳的白度。紙張經鹿膠及 PM-360 等酸性溶液表面處理後不利長期保存；而 SS-2800、Ba(OH)<sub>2</sub> 及 PVA 為鹼性溶液，故可就此三種溶液對紙張影響，作進一步的研究。



(圖 6-1) 道林紙經不同噴劑處理後張力之關係



(圖 6-2) 道林紙經不同噴劑處理後耐折度之關係



(圖 6-3) 道林紙經不同噴劑處理後白度之關係

## 捌、 結論

紙在文化思想傳遞上扮演著重要角色，它使知識無遠弗屆地傳播到世界各個角落；前人的思想精華因而發揚光大。從發現紙張劣化經收集資料再進行化學性質實驗，卻面臨了藥品昂貴且無具體測試方法的困難，實驗一度停止。後來改由物理性質實驗，但學校沒有測試儀器，且自行組裝的測試儀器誤差又太大，經多方詢問後感謝企業界的協助指導，才有本研究的呈現。本研究主要探討環境中各種變因對紙張的影響，進而發現使紙張保存更長久的方法。

研究結果：(一)紙張出廠後，如何防止劣化 (二)劣化後，如何減緩劣化速度。

### 一、「控制良好的保存環境」以防止紙張劣化。

實驗結果顯示：(1)高溫高濕時會加速纖維氧化分解，也會增加黴菌等微生物的活性而危害紙張，因此溫度 20℃、濕度 50% 為紙張理想保存條件。(2)空氣中酸性有害污染物，常含有氧化劑會與纖維素作用而增加化學活性，造成紙張強度降低、纖維素品質低落導致紙張劣化、變黃。(3)鹼性環境 (pH = 9 左右) 可中和酸性物質、並膨脹纖維素以減緩紙張劣化。(4)紙張經 UV 光照後纖維發生光水解作用，使纖維素分子鏈斷裂，降低紙張纖維間聚合度，造成紙張纖維硬化分裂。台灣地區年平均溫度 19~25℃、濕度 70~80%，溫、濕度偏高時易滋生黴菌，因此有效控制典藏空間的溫、濕度、光照及空氣品質更顯的重要。

### 二、運用脫酸法及使用適當的塗料、噴劑，以強化紙張纖維素，防止聚合度下降。

強化紙張內部纖維素的方法有(1)紙張脫酸法：飽和石灰水脫酸法對維護紙張的效果均不佳，而道林紙適合用碳酸氫鎂脫酸法，宣紙適合氫氧化鈣脫酸法，銅版紙適合碳酸氫鎂脫酸法，由於銅版紙屬於塗佈紙，其表面塗料成分不同適用的脫酸法也有所差異。(2)紙張表面以適當的塗料、噴劑處理：由實驗結果顯示：塗佈屬於造紙過程的後處理，因塗佈工具昂貴、不易購得且對於已印刷或上色之紙張並不適宜；如果把塗佈方式改成噴霧方式將是簡單而可行的方法。選擇鹼性的 10%SS-2800、0.1%Ba(OH)<sub>2</sub> 及 10%PVA-BF-05 溶液為噴劑，進一步研究其抗 UV 光的效果，希望發現較佳噴劑。

紙質文物保護是結合材料科學、人文歷史、及修護技術多角經營的專業。我們在為祖先感到驕傲之餘，更應積極於紙張領域的探索，讓紙張的應用更深、更廣。

## 玖、 參考資料

- (一)大美百科全書 21 年光復書局出版
- (二)吳繼聖、謝榮忠編著 化學工業 東大圖書公司
- (三)紙質文物保護管理 蔡斐文
- (四)<http://ccsun57.cc.ntu.edu.tw/~exfo/exjournal/rept1104/polpaper.htm>
- (五) <http://203.161.225.144/artiles/ICN/20206/feature1.htm>
- (六) [http:// www.oca.gov.tw/ancient/ch4/paper2.htm](http://www.oca.gov.tw/ancient/ch4/paper2.htm)
- (七) [http://public.ptl.edu.tw/publish/suyan/38/text\\_08.htm](http://public.ptl.edu.tw/publish/suyan/38/text_08.htm)
- (八) [http:// www.suhopaper.org.tw/chinese/conservation/conservation2.htm](http://www.suhopaper.org.tw/chinese/conservation/conservation2.htm)
- (九) [www.dfmng.com.tw](http://www.dfmng.com.tw)
- (十) [http://content.edu.tw/seniov/chemistry/tp\\_sc/content1/n](http://content.edu.tw/seniov/chemistry/tp_sc/content1/n)
- (十一) <http://newtrees.tfri.gov.tw/new5/35/10.htm>
- (十二) [http:// www.longbov.net/big5/longhov/news/it/node94/userobjectlai81469.htm](http://www.longbov.net/big5/longhov/news/it/node94/userobjectlai81469.htm)
- (十三) [www.ncl.edu.tw/varebook/namebody.htm-55k-](http://www.ncl.edu.tw/varebook/namebody.htm-55k-)
- (十四) [www.sciam.com.tw/news/newsshow.aspFDoono=45&CL=26-23k-](http://www.sciam.com.tw/news/newsshow.aspFDoono=45&CL=26-23k-)
- (十五) [www.yuntech.edu.tw/~gha/publish/teachers/chung/1.htm-65k-](http://www.yuntech.edu.tw/~gha/publish/teachers/chung/1.htm-65k-)
- (十六)[www.suhopaper.org.tw/chinese/conseration/conservation2.htm-18k](http://www.suhopaper.org.tw/chinese/conseration/conservation2.htm-18k)
- (十七) [www.ncltb.edu.tw/ncltb\\_c/literary/publish/p3-1/pb3-18.htm-28k-](http://www.ncltb.edu.tw/ncltb_c/literary/publish/p3-1/pb3-18.htm-28k-)

## 評語

091105 高職組化工、衛工及環工科 佳作

「紙在乎天長地久」--紙張維護之研究

1. 本作品探討環境因素對紙張性質之影響，主題明確具實用性。
2. 實驗規劃設計周延，內容豐富。
3. 實驗所用溫度及濕度控制設備不同，可能未經適當校準，致實驗結果再現性不太理想。