

認識圖書紙質

張豐吉 國立中興大學森林系教授

【提要】本文為「紙質圖書保存維護管理研習會」之「認識圖書紙質」單元的課程實錄，內容從紙是人類生活的必需品談起，介紹造紙原料、紙漿製造方法對圖書紙質優劣的影響，以及圖書保存方法，並建議圖書應放置在低溫、乾燥及光線弱的環境中保存，以延長圖書的壽命為結語。

關鍵詞：紙；紙質；紙漿；劣化；紙力；保存環境

一、前言

悟因法師、廖館長、各位學員、各位先生、小姐大家好，今天有這個機會在這裡和大家共同討論關於紙張方面的問題，我也感到非常的榮幸。

大家每天從早到晚一定都會接觸到紙張，紙張在生活上很重要，可說是必需品。有人曾說：「一個國家生活及文化水準的高、低或經濟的好、壞，可以由國民在紙張的消耗量來衡量。」目前世界上紙張與紙板使用量最多的國民是美國，平均每人每年約消費三百公斤，日本約二百五十公斤，臺灣現在生活水準也很高，加上各方面產業也很發達，所以每人每年消耗將近二百三十公斤。當然這個數據是因為臺灣是一個輕工業很發達的國家，許多產品需要包裝或包裝後外銷到國外，看起來我們好像也列入先進國家的行列，但事實上是因為我們的環境比較特殊。不論

如何，我們紙張使用量是可以列入先進國家之林，比起三十年前我剛從國外回來時，每人每年紙張用不到四十公斤的情形，已成長了約五、六倍之多。

由於科技的進步及生活水準的提升，不僅紙使用量增加，紙的種類也增加許多，且對各樣紙產品的品質要求也更加嚴格。紙的用途很廣，大體上可分為文化用紙、工業用紙、家庭用紙及特殊用紙等四大類。如加以細分，則有數百種之多。常見的家庭用紙有面紙、衛生紙，還有嬰幼兒的紙尿布、一些家庭擦拭紙等，這些都是大家生活上的必需品。文化用紙就是今天我們所要談的，和書籍、報紙及字畫等文化相關的，像最近很多的複印或電腦的印表紙，這些用紙都是文明社會很重要的物品。工業用紙就是紙板、瓦楞紙箱、牛皮紙袋等，這些和產業有關係的，每一樣都是用來包裝用的。另外，還有一種特殊用紙，如宣



紙、鈔票紙，還有其他工業上的防油紙等，沒辦法一一列出。我們在市面上看到的紙張至少有幾百種之多，因此今天沒辦法一一介紹，只以與圖書相關的一部分在這裡介紹。

認識紙張最基本要了解它的原料及製法，因為紙張的原料及製造方法，不但影響紙張品質及用途，也會影響到它的保存。所以今天要讓大家略微了解紙是怎麼製造出來的，它對保存、維護有什麼關係。由於紙的用途不同，紙張所使用的原料及製法各異，以下針對造紙原料及製紙方法對圖書紙質之影響加以說明，並且簡述圖書保存方法。

二、造紙原料

紙從蔡倫發明至今已有一千九百年的歷史，最早是利用樹皮、破布、破魚網及一些織布剩下的麻頭當原料。以前造紙所使用的原料和現在不一樣，在東漢時期，主要以樹皮（楮皮、桑皮）、麻類（大麻、苧麻）及藤類（葛藤）等為造紙原料。而樹皮就是目前手工紙用的材料，是從蔡倫時代就傳下來的，目前世界上有很多地區還在使用此種材料。由於樹皮處理上很麻煩，要栽種、剝皮，而且量又不多，所以到宋朝時，就已大量使用竹材為原料，但是因為古代科學比較不發達，僅能使用嫩竹子，也就是比較軟的竹材為原料，而現在因為科技比較發達，所以目前我們就可以用一些老竹子作為造紙的原料了。另外，同時也開始使用草類如稻草、麥稈，作為造紙的輔助原料。但因為纖維較短，紙力不佳，所以只能做輔助原料，如現在大陸安徽生產的宣紙，有摻雜很多稻草作為原料，不過它只是作為輔助原

料，其他還要加樹皮原料。這些都是從古代傳下來一直使用的手工造紙原料。

到了十八世紀歐洲工業革命之後，紙張使用量大增，以往所使用的棉、麻、樹皮等原料已不敷使用。因棉、麻主要是用來織布，能夠用來造紙的也不多，而在地球自然界中，資源最多的就是木材，所以應該想辦法利用木材來造紙，但木材的質地非常堅硬，如要將它做成紙漿，是非常不容易的，於是在 1844 年，德國科學家 Keller 等人發明了利用磨木機將木材磨成紙漿，開拓了造紙原料的新紀元。但因為用機器會把木材的纖維磨碎，紙漿的品質不是很好，所以大概在 1840 年代也開始使用強鹼的氫氧化鈉，也就是苛性鈉。中國古代雖然沒有直接使用氫氧化鈉，但也有用一些草木灰、石灰等來煮樹皮、稻草等原料。其實這些灰的化學成分也是一種鹼，它是比較弱鹼而已，而灰裡含有一些氧化鈣、氧化鈉等成分，遇水就變成氫氧化鈉、氫氧化鈣，可是以前我們只會用並不曉得它的原理。1851 年時，Watt 等人利用氫氧化鈉溶液及高壓鍋的設備蒸煮木材，利用溫度上升促進化學反應加速，再加上氫氧化鈉很容易在短時間內將木材變成紙漿，所以獲得品質優於磨木紙漿的化學木材紙漿。不過這種用強鹼製造紙漿的方法，因為會對木材的纖維破壞蠻嚴重的，所以目前只在樹皮的蒸煮而已。到了 1866 年美國科學家 Tilghman 發明了亞硫酸鹽製漿法（Sulfite process），就是以亞硫酸和亞硫酸氫鈣兩種藥品和木片（木材一定要切成木片）在高壓鍋煮，加溫到 130 度至 140 度時，就可以獲得較白的木材紙漿。這種紙漿受到大家的歡迎。1879 年時，德國化學家 Dahl 發明了硫酸鹽製漿法



(Sulfate process) 之後，木材逐漸取代非木材原料，成為造紙原料的主流。這個製漿法的名稱比較特別，其實它用的藥品不是硫酸鹽，而是用氫氧化鈉和硫化鈉兩種藥品去煮木片，且將溫度提高到 170 度左右，利用這樣高溫蒸煮約一、二個小時就能夠把木片軟化變成紙漿了。

以上這些都是歷代紙漿製造的方法及演進。不過在十九世紀末、二十世紀初期時，一般都是採用亞硫酸鹽法。因為煮出來的漿較白，而且容易漂白，只要一些漂白劑就可以提昇到類似現在所用紙張的白度，但它有一個缺點，就是紙力比較差一點。硫酸鹽法，有一個優點，就是同樣的木材用此種方法煮出來的紙漿強韌性很高，因此把此種紙漿命名為“Kraft pulp”，德文的“Kraft”，就是強韌的意思，中文將它翻譯成牛皮。很可惜的是這種牛皮紙漿顏色很黑，在十九世紀末、二十世紀初漂白技術不是很發達時，沒辦法將牛皮紙漿漂得很白，所以不受歡迎，只能拿來做包裝用。到了第一次世界大戰結束後，漂白技術有了改進，單是一段的漂白是沒辦法把紙漿漂得很白，所以採用三段或五段的方式漂白，第一段用氯處理，完了以後用鹼液加以萃取，再用不同藥品漂白，這樣的過程經過三段或五段漂白處理以後，牛皮紙漿就可以變成很白。像現在大家手拿的紙張都是此種漂白方式所獲得的牛皮紙漿所製造出來的。很多人會覺得黑黑、黃黃的牛皮紙袋才是牛皮紙漿做的，其實不然，因為那是沒漂白的牛皮紙漿，而現在大家手裡拿的是經過漂白後的牛皮紙漿所製造出來的紙張，包括一

般的道林紙等都是。

從歷年來製法的演進，木材可以大量製作紙漿。以前是用針葉樹，因針葉樹的纖維特別長，做出來的紙力很好；闊葉樹的纖維很短，原來不很適合用來造紙，但因硫酸鹽法可以製造很強韌的紙漿，所以闊葉樹也能夠被大量使用製造紙漿。因此，從第一次世界大戰以後，硫酸鹽法逐漸取代亞硫酸鹽法，特別是現在的紙，幾乎百分之八、九十都是用硫酸鹽法來製造，只有特殊用途，如要做化學纖維或玻璃紙等，是用亞硫酸鹽法將木材做成紙漿，漂白之後再把紙纖維溶解變成液體，然後穿過一個洞出來，變成一種化學纖維，可以做毯子、衣服……等普遍使用的用品。假使從一個縫隙把它擠出來，變成一張薄薄的膜，就是玻璃紙，即過年時包在年糕、糖菓外面的玻璃紙。這些原料都是木材，都是用亞硫酸鹽法來做的。

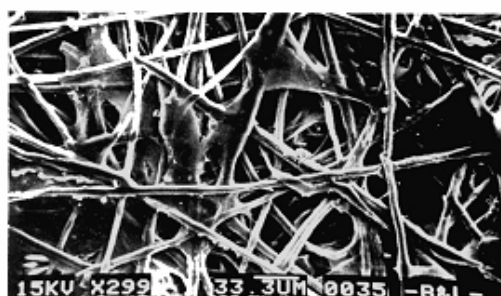
目前造紙所使用之原料種類繁多，性質各異。即使同種類的原料，也會因為產地不同，而材質有明顯的差異。由圖一及表一之各種原料纖維形態可看出，各種原料的纖維形態有明顯差異。其中以構樹皮（楮皮）之纖維最長，長度約 9mm，其他樹皮纖維約 3~4mm，而稻草纖維最短，僅約 0.9mm，木材纖維中，針葉樹纖維約 3~4mm，而闊葉樹纖維僅約 1.0~1.6mm，竹材纖維約 2~3mm。就纖維寬度而言，針葉樹纖維最寬，闊葉樹次之，而雁皮、鳳梨葉及稻草等之纖維最細。一般而言，細長纖維所製成之紙張，其紙力及保存性較佳。



圖一、各種紙漿電子顯微鏡攝影圖



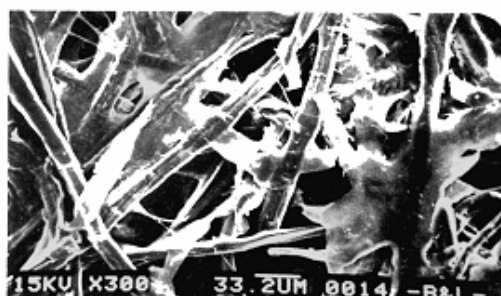
▲針葉樹紙漿



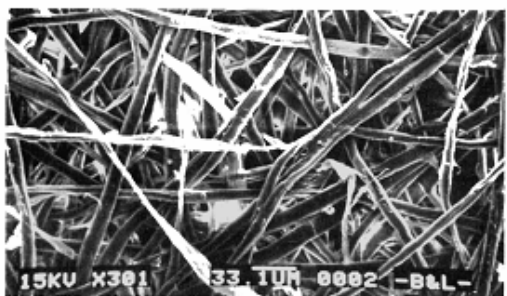
▲雁皮紙漿



▲闊葉樹紙漿



▲構樹皮紙漿



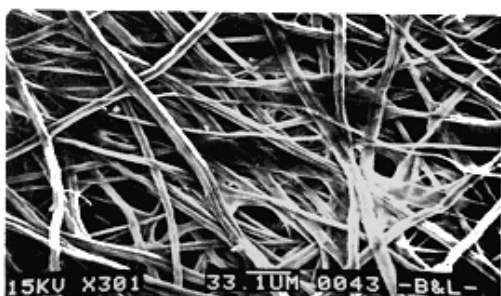
▲竹 漿



▲青檀皮紙漿



▲稻草漿



▲鳳梨葉紙漿



1. 針葉樹紙漿：要做一些強韌的牛皮紙袋，要用纖維又長又寬的，如針葉樹的紙漿。
2. 闊葉樹紙漿：闊葉樹的纖維比較短小，可能不到針葉樹的三分之一，還含有許多導管。
3. 竹漿：竹材做的竹漿也很不錯，纖維又窄又長，長度大概在針葉樹和闊葉樹之間，所以古代常用竹子來做紙。大家聽過「毛邊紙」，就是用竹子為原料做成的紙張，以前我們用來寫書法，現在圖書館裡早期的書有很多都是用毛邊紙做的，是一種優良材料，但是這種竹材是很複雜的，因竹子種類、竹材部位及竹齡等因素，均會影響紙張性質。剛才說過古代用嫩竹子，現在是用老竹子，其實嫩竹子做的紙張比較強韌，因為纖維比較薄，做出來的紙比較結實。
4. 稻草漿：稻草是一種農產的廢料，稻子割下來後，稻草就沒有什麼用途。以前農村社會利用稻草去做一些用途，其實臺灣在二、三十年前，用稻草造紙是最普遍的，三十年前的臺灣還沒有能力用木材來製造紙漿，因為用木材製造紙漿是一項很大的投資，至少要有三十億到五十億的資金來開設一個廠。臺灣現在的中華紙漿在花蓮、臺灣紙業公司在新營各有一家紙業公司，這兩家是生產木材的紙漿。以前用稻草做成紙漿，做得不錯，可以作為一般的印書紙，現在我們圖書館裡早期的書很多的原料都是用稻草，裡面可能也有加一點木漿，因為稻草漿的質地不是那麼好，但是它很便宜，到處可以拿得到，可是後來因為廢水及稻草搬運儲存的問題，現在臺灣已經沒有人生產了。以前還有利用它來種洋菇，現在也沒有了，所以現在稻草變成一種沒有特殊用途，幾乎都把它燒掉，造成空氣污染，政府也要取締。以造紙的立場來講，實在很可惜，因為它也是造紙的好原料，但由於我們在經濟上各方面的考量，現在已經沒有了。
5. 雁皮紙漿：雁皮是一種樹皮，現在用來做手工紙，如宣紙。宣紙主要原料是用雁皮來做的，它纖維很細而且很長。雁皮是日本最先採用的，在六世紀造紙技術傳到日本後，日本就發展了一套造紙的方法，臺灣也學日本，所以現在臺灣生產的宣紙也都是用雁皮做的。
6. 構樹皮紙漿：構樹，古代叫做楮樹。現在在臺北的路邊、牆角或附近公園裡，都可以看到構樹，它的樹皮纖維非常長，是從蔡倫的時代一直延用到現在。
7. 青檀皮紙漿：青檀是大陸安徽地區的主要特產。寫書法的人都曉得安徽最好的宣紙叫「玉板宣」，就是利用青檀皮漿和稻草漿混合，調配而成的紙張，製造出來的紙吸墨性非常的好，保存性也不錯。
8. 鳳梨葉紙漿：這一種是由我自己研究發明出來的新造紙原料。以前把鳳梨吃完後，鳳梨葉就丟在農場裡，沒有人加以利用，經我多年研究，可以製造一種非常高級的宣紙原料，特別是以前我們學校生產出來的宣紙，受到張大千先生、葉公超先生非常的喜愛。它的優點是纖維非常的細，做出來紙非常的光滑，在國畫上有特殊的特點是容易控制筆墨，且最重要的是保存性、柔軟性比雁皮、比臺灣現在做的要好得多。



表一、造紙原料之纖維形態

原料種類	纖維長度 (mm)			纖維寬度 (μm)			長寬比
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	
泰國構樹皮	19.3	5.6	9.8	33.3	6.0	18.1	543
日本構樹皮	19.9	3.6	9.3	41.7	10.0	20.0	466
菲律賓雁皮	5.1	1.1	3.1	21.7	3.3	9.5	327
日本雁皮	6.8	1.6	4.4	26.7	6.0	13.6	322
大陸三椏皮	8.2	1.6	4.3	33.3	3.3	14.5	309
青檀皮	3.7	0.8	2.6	16.7	12.7	10.6	243
鳳梨葉	6.3	1.7	3.4	10.2	3.0	6.4	527
稻草	1.8	0.3	0.9	15.0	3.0	6.4	134
竹材	3.9	0.5	1.9	23.0	3.0	13.2	161
針葉樹材	6.0	0.8	3.1	75.0	2.0	41.0	76
闊葉樹材	2.7	0.5	1.2	37.0	1.0	22.0	57

從表一的數據可以具體了解：

1. 泰國構樹皮：雖然臺灣到處都有構樹，但是構樹要剝皮、處理，人工很貴，所以臺灣現在所用手工紙的構樹皮是由泰國進口，因泰國人工比較便宜。其實構樹的分布非常廣，從韓國、日本、大陸、臺灣、菲律賓到泰國。在這裡我要強調一下，樹皮是從蔡倫時一直延用到現在，但不是所有樹木的樹皮都可以用，其實可以用來造紙的並不多，只有這幾種而已。其他的樹皮，如相思樹的樹皮、樟樹的樹皮都不能用，而且纖維也很少，不容易把它變成紙漿。只有比較特殊的這幾種可以用來作為手工紙的原料。像構樹的纖維長度將近一公分，假如有人做手工藝要買撕紙畫用的棉紙，其實它的主

要原料就是構樹，因為紙非常潔白，所以叫做棉紙，它很強韌，撕下來看到很多細細的毛。

2. 日本構樹皮：它的品質就好一點，因為植物生長在熱帶和溫帶，它們的化學成分、纖維型態，都會不一樣。所以今天我們常常會說：為什麼日本做的紙會那麼好？臺灣做的為什麼比較差？其實有兩個原因：一是技術上有時候我們比不上人家，因為臺灣講究效率、講究快速，所以做出來的紙就比較粗糙，品質的控制比較不好。二是日本的樹皮本來就比我們的好，因為氣候和我們不一樣。關於臺灣的雁皮、構樹和日本的雁皮、構樹，我已做過多年的研究，發現他們的品質是很好，但日本的工資很貴，所做的樹皮比臺灣的高出將近十倍左右，所以當然臺灣買不起日本的樹



皮，而向菲律賓、泰國買，但買回來的品質並不好，所以做出來的紙就不好，會有斑點、漂不白或變色等很多問題。

3. 三桠皮：三桠也算是一種造紙的好原料，在日本用的很多，大陸也有生產。日本會用三桠紙做藝術品的修護、裱褙、板畫等，甚至在早期日本的紙幣，也用三桠為主要的原料，再加些麻類。

其他常用的造紙原料，它的型態除了構樹以外，雁皮和三桠這幾種型態都差不多，青檀皮也很接近。鳳梨葉纖維的優點是很細又比較長，我研究鳳梨葉是一個巧合，鳳梨葉雖然是不要錢的，可以從農地裡面收割，但臺灣工資也很貴，如果用這種原料來做普通紙還是不划算，後來我想應該往高級紙張去做研究，經過長時間的研究之後，才發現鳳梨葉適合做宣紙的原料。從表一纖維的長寬比，可以讓我們了解為什麼有些紙會這麼強韌，有的這麼差，主要和纖維型態有密切的關係。

造紙原料之化學組成會影響到紙漿製造的難易及紙張品質的好壞。由表二之化學組成顯示出，各造紙原料間差異頗大。不管是木材還是樹皮，主要有三大化學成分，全纖維素（包括纖維素及半纖維素）、木質素加起來大概有九成以上是主成分；另外，附帶有樹脂成分，我們叫醇苯抽出物，就是可以用有機溶劑萃取出來，一般都是屬於樹脂這一類的。當然對於造紙而言，是不希望有油脂或不吸墨的東西妨礙造紙，所以這種成分是越少越好。灰份，就是原料經過燃燒所得到的無機物，一般除了稻草和竹子比較多以外，

木材、樹皮都不是很多，影響不會很大。當然在這裡要強調的是：製造紙漿是和原料的成分有密切關係。從顯微鏡下可明顯看出，植物體是由許多纖維聚集而成。纖維和纖維之間就有一種木質素的物質扮演一種膠合的功能，把纖維和纖維膠合在一起，所以才會成為大的個體。紙漿的製造是要把它脫膠，就是將纖維和纖維之間的木質素溶解，用機器或用化學方法把它破壞了，使纖維分離出來，這樣才能變成紙漿。所以，木質素的多少會影響紙漿製造的難易。尤其影響蒸煮難易最關鍵的木質素含量，在表二中可以看出來，木材含量最高，約 20~35%，稻草居中，常用於手工紙原料之樹皮含量最低。同種之樹皮而言，溫帶產之木質素含量較熱帶產者為低，有利於紙漿製造。如構樹、雁皮及以前常用的造紙原料的木質素含量都很少，所以古代就容易利用此等原料做成紙漿。但為什麼古代的技术沒辦法將木材做成紙漿？因為它含有這麼高的木質素，像膠一樣的把纖維牢牢黏在一起，所以古代由於沒有強酸、強鹼，又沒有高壓鍋的設備，根本無法將木材做成紙漿，最多只是用機器將木材磨碎而已，但這樣會將整個纖維磨碎掉。因此，十九世紀以前，紙質文物主要採用棉、麻、樹皮等原料所製成。此等材料因纖維細長及木質素含量較低，適合利用較溫和的條件製造紙漿，因此大部分的文物至今仍可完整的被保存下來。反觀，十九世紀中期開始採用木材為原料之後，許多紙質文物不到一百年的時間，破損不堪，無法繼續保存。由此可知，紙質文物的保存性，除與造紙程序有關之外，造紙原料的選擇亦為重要因素。



表二、造紙原料之化學組成

原料種類	灰份%	熱水 抽出物%	1%NaOH 抽出物%	醇苯 抽出物%	全纖維素%	木質素%	聚戊醣%
泰國構樹皮	5.1	15.7	38.6	4.1	76.4	5.7	9.9
日本構樹皮	2.0	83.0	29.7	1.9	86.5	3.3	8.7
菲律賓雁皮	4.1	20.6	47.6	6.4	68.7	10.7	17.8
日本雁皮	2.6	26.2	50.2	16.7	66.7	5.3	17.1
大陸三桠皮	5.3	30.4	55.6	9.1	61.8	4.1	15.5
青檀皮	5.5	22.0	46.0	4.6	70.5	12.9	13.6
鳳梨葉	0.6	2.3	16.8	3.4	90.4	5.9	15.0
稻草	14.0	15.0	47.0	4.5	65.0	15.0	24.5
竹材	2.3	6.2	27.8	7.2	68.2	24.5	18.9
針葉樹材	0.3~0.8	1~5	10~25	2~6	60~70	26~34	5~10
闊葉樹材	0.3~1.0	2~6	15~25	2~6	65~75	20~30	13~19

三、紙漿製造方法

紙漿就是植物體利用機械或是利用化學的方法，使它纖維分離出的纖維集合體。紙漿是造紙的原料。紙漿是木材或其他植物體經機械或化學處理，使纖維各自分離而製成之纖維集合體。紙漿依製造方法可分為機械紙漿、半化學（半機械）紙漿及化學紙漿三大類。機械紙漿的製造是利用磨木機（Grinder）將木材磨碎成紙漿。因木材組織堅硬，故在磨木過程中會將木材纖維磨斷，故此種紙漿所製成的紙張，其紙力較弱。又因此種紙漿含有木材原有的各種成分，特別是不利於紙張保存的木質素含量並未減少，故紙張性質不穩定，遇光容易變黃。新聞紙主要是由此種紙漿製

造而成。半化學紙漿是木材或其他原料先經過輕度的化學藥品處理，使組織部分軟化之後，再利用機械磨成紙漿。此種紙漿的纖維被磨斷的較少，紙力比機械紙漿佳，但還含有很多的木質素的成分，一般作為紙板原料。化學紙漿是利用化學藥品作用，將木材中的大部分木質素及樹脂溶除，使纖維各自分離成紙漿，此種紙漿之纖維形態完整，且木質素及樹脂等不純物又大部分被溶除，故紙漿品質較佳，適合製造高級紙張。這種紙漿產量最多，且與日常生活有非常密切的關係。

（一）蒸煮

蒸煮又稱為蒸解（Cooking），目的是利用化學藥品及在高溫的蒸煮條件下，將原料中的木質素溶除，使纖維各自解離。所以，原料中的木質



素含量多寡，將影響到蒸煮的難易。換言之，木質素含量較高的原料，必須使用較多的化學藥品及更高的蒸煮溫度才能達到紙漿化的目的。由於採用較嚴苛的蒸煮條件，所以纖維中的碳水化合物（纖維素及半纖維素）同時也受到較強烈的分解，導致所製成之紙張，紙力較弱。手工紙原料的樹皮採用 100°C 溫度蒸煮，而木材原料則採用 135°C~170°C 之高溫蒸煮，如亞硫酸鹽法可能要用到 130~140°C，硫酸鹽法一般用到 170°C。

造紙原料的蒸煮可分為蘇打法（Soda process）、亞硫酸鹽法（Sulfite process）及硫酸鹽法（Sulfate process）。蘇打法一般用於樹皮及草類的蒸煮，以氫氧化鈉為蒸煮藥品，再用高溫高壓煮出來，這種紙漿叫蘇打法紙漿。雖然它是最早發明的，但紙力不好，用在木材也不理想，目前只用在煮樹皮、稻草、竹子等。亞硫酸鹽法在十九世紀末至二十世紀初期被廣泛的用於木材蒸煮，目前除了溶解用紙漿（化纖用）及特殊用紙之紙漿外，甚少被利用。取而代之，硫酸鹽法，也是現在用得最多的，可製得強韌的紙漿，目前廣泛的作為牛皮紙、高級文化用紙及家庭用紙之原料。所以，牛皮紙漿一般也稱為硫酸鹽紙漿。

（二）漂白

蒸煮後的紙漿顏色一般呈黃褐色，除了包裝用牛皮紙之外，不適宜作為高級文化用紙的原料。因為高級紙張不論是要印彩色或黑白，都希望白一點，字或圖案才會鮮明，為了提升紙漿白度，必須經過漂白作業。古代因技術不好，漂白的藥品也不是很好，以前最常用的是漂白粉，即次氯酸鈣，後來也用次氯酸鈉，現在比較少用。現在的文化用紙都是用硫酸鹽法煮出來的，顏色

非常的深，一定要經過漂白，二十世紀初期因沒辦法漂白，所以不受歡迎，但是自從多段的漂白技術發明了以後，就可以漂得很白。像中華紙漿以前用到六段漂白，現在改到四段或五段漂白。在木材紙漿的漂白過程中，一般採用氯、次氯酸鹽及二氧化氯等強烈氧化漂白劑。且必須經過三至五段的漂白程序，才能漂白出高白度的紙漿。目前紙漿廠所使用的漂白劑是一種強烈的氧化漂白劑。然而這些漂白劑除了會分解紙漿中殘存的木質素，提升紙漿白度之外，同時也會分解紙漿中之碳水化合物，使紙力降低。為了改善紙質文物的保存性，紙漿的漂白作業必須選擇對紙漿分解最少的方法。如臺灣有一些雁皮漿，因為含的木質素比日本高很多，所以不容易漂白，如果硬把它漂到白，就必須加很多的次氯酸鹽，所以常常發現臺灣的宣紙紙力差、保存性差，那是因為漂白過程用了大量的漂白藥劑所造成的後遺症。所以，我們要了解紙張的好壞，原料很重要，蒸煮的條件也很重要。古代的紙能夠保存很久的原因是用很弱的鹼、很溫和的條件，因為木質素很少，所以用很少的漂白劑就可以變白，但後來這些材料改變，而且基於經濟上的考量，希望在短時間內就要變白而加入很多的漂白劑，所以現在有很多的紙張都不如古代的好，就是基於材料、蒸煮、漂白上的因素。

（三）紙張的抄造

同樣一種原料加了不一樣的藥品，紙性就不一樣，或者紙漿的配方不一樣就可生產出許多種類的紙張。而且常常為了適應各種用途而製造不同特性的紙張。所以在抄紙的程序是一個很重要的關鍵。從蔡倫到十九世紀初期時，都是用手工紙，大家如



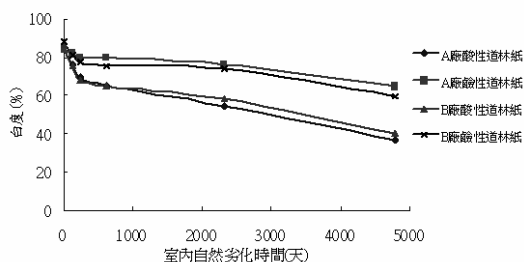
有去埔里參觀，或在電視上看到的，以往的手工紙是用一個木頭框，裡面放一個竹簾子，然後在水槽裡撈一些紙漿的液體，搖一搖，水濾掉後，在這個竹簾上就形成紙層，再經過壓榨、乾燥，就成為手工紙，這一種抄紙方法非常耗人力。自從 1803 年第一台連續式抄紙機問世以後，紙張便可大量生產。現在世界上最大的抄紙機，生產量非常的驚人，抄紙的寬度大概有十米左右，抄出來的速度每分鐘最高可以到達 2000 公尺（2 公里），一天可以抄出 600 到 800 噸左右的紙張。

有個重點要讓大家曉得，就是最近大家常提到的酸性紙及中性紙。在此針對上膠的問題必須稍微說明一下：紙是纖維聚集起來的一個聚合體，就是薄片體，在顯微鏡底下可以看到是由一根一根的纖維交錯疊成的，看得出來有很多的洞，凹凸不平，但有洞的話，墨滴下去因毛細管作用就會滲進去、暈開來，如沒有處理，就如宣紙、毛邊紙一樣，墨汁寫下去就暈開來，如在國畫上有特殊韻味效果，但一般書寫、印刷用紙，就不希望水會暈開來，所以需要有一種上膠作業。所謂上膠就是一種樹脂（油脂）的東西塗在纖維的表面防水，所以墨寫上去就不會擴散，及印刷出來的東西就會鮮明。這種作業在抄紙的時候就要一次完成，不能像手工紙，抄一張完再用膠噴一噴，工業上不可能這樣處理。所以，紙張為了防止墨水擴散，以利於書寫或印刷，一般均需在機器紙抄造過程中，將松香皂與明礬加入漿槽中，使抄成之紙張具有抗墨水擴散的性質。然而明礬是一種酸性的物質，加入會使紙張呈酸性。由此種酸性紙所印製成的書籍或檔案，在保存過程中，因明礬是一個硫酸鋁，會生成硫酸把

纖維破壞掉，所以紙張容易變黃及紙力衰退，導致縮短紙質文物的使用壽命。

畫工筆畫或特殊的畫就需要上礬，但這些作品就很不容易保存，很容易碎掉，原因是有明礬的存在。國外的圖書館發現，十九世紀以前的書到現在還保存的非常好，但十九世紀末期到現在的書有一些都沒辦法保存，重要的原因是十九世紀以前的書沒有使用明礬上膠。當然紙的劣化不只是明礬的問題，原料、蒸煮、漂白等都有問題，但這點是告訴大家在抄紙時，假如加上明礬就會造成很大的問題。在十多年前我做了一個實驗，為了要評估紙到底有沒有耐久性，我將幾種紙張吊在一般圖書館室內，沒有直接照到陽光，定期觀察它的劣化、變色、紙力衰弱的情形。圖二為國內兩大造紙廠所生產的酸性道林紙及微鹼性道林紙，將此四種紙張同時放置於室內 13 年時間，定期測定紙張顏色的變化。由長期觀察的結果得知，兩種添加松香皂與明礬之酸性紙比另外兩種添加中性上膠劑（AKD）之微鹼性紙張容易變黃。

圖二、酸性紙與鹼性紙在自然的環境下白度下降趨勢



此外，發現一種現象，掛在室內雖然沒有直接照到太陽，但實際上室內的紫外線也蠻強的，有一部分是來自於日光燈，有一部分是外面的紫



外線經過折射、反射到室內的，因此不論是酸性紙或是鹼性紙均會引起紙張黃化。同時，我們也有發現一張紙掛著和放在抽屜內的壽命就差了幾倍，是因為在空氣中間接的紫外線會把紙張破壞得較嚴重。所以，我要提醒大家，真的好的畫，好的作品，要看時再把它拿出來看，或用黑布把它蓋著，隔絕紫外線，如真的把它掛在牆壁上，對畫作的損傷非常大。在這裡我再度的強調酸性紙的劣化非常的大。採用中性或微鹼性的紙張，將有利於紙質文物的保存。因此，近年來國內外造紙廠逐漸的改採用中性上膠劑，使紙張呈現中性或微鹼性。

(四) 圖書用紙

圖書用紙屬於文化用紙，其種類繁多。各種圖書用紙依用途而採用不同的原料及製法，並具有個別的特性。以下就最常見的幾種圖書用紙加以說明。

1. 道林紙

道林紙 (Wood free paper) 為一般高級印刷書寫用紙之通稱，係由純化學木漿製造而成的上質紙。近年來某些紙廠基於降低成本及改變某些紙性，在漿料中加入 15% 以下的機械木漿，也將此種紙張涵蓋在道林紙上。不過此種含有少量機械木漿之道林紙較容易變色，不太適宜作為高級印書用紙。

2. 模造紙

模造紙 (Simili paper) 為使用化學紙漿製造而成，可作為印刷、書寫及高級包裝用之紙類。原本為模仿道林紙而得名。過去因木材紙漿不足，因此滲入部分蔗漿或稻草漿。此類紙張性質略遜

於道林紙，與道林紙有所區別。

3. 印書紙

印書紙 (Printing paper) 為印製書籍雜誌所使用之紙類。此類紙張可允許添加較多的機械木漿，故紙張的不透明度較高，印刷性良好。惟紙張白度較低，不適供高級印刷品之用。

4. 輕量塗佈紙

輕量塗佈紙 (Light weight coated paper) 就是輕磅塗佈紙，在較輕磅的紙張表面上施以輕量的塗佈加工，並經壓光處理之紙類。此類紙張厚度較薄，不透明性佳，紙表面平滑，適合作為雜誌及畫刊之印刷用紙。

5. 銅版紙

銅版紙 (Art paper) 顧名思義就是非常平滑光亮的紙，是一種塗佈加工紙。因為銅版紙的顏料沒有吸附性和黏性，所以必須加上黏著劑及分散劑等塗佈於原紙表面，經乾燥及超級壓光作業，使紙面細緻、光澤及平滑，專供高級印刷之用。但現在大家常發現一個問題，就是精美的銅版紙碰到水很容易黏在一起，乾燥以後就撕不開，這就是因為它外面那一層又光滑又有黏性像漿糊的物質關係，如要硬把它撕開就會破掉。不過，現在已有一種方法，就是冷凍乾燥法，將它泡水以後，經過冷凍結冰再放到真空室內讓水分昇華，使紙張分開來。

6. 聖經紙

聖經紙 (Bible paper) 為一種質輕、緻密及低基重的高級不透明薄紙。以漂白化學木漿或棉、麻漿等長纖維製成，並含大量填料 (主要為二氧化鈦)；具不透明性高，印刷適性良好之特性，



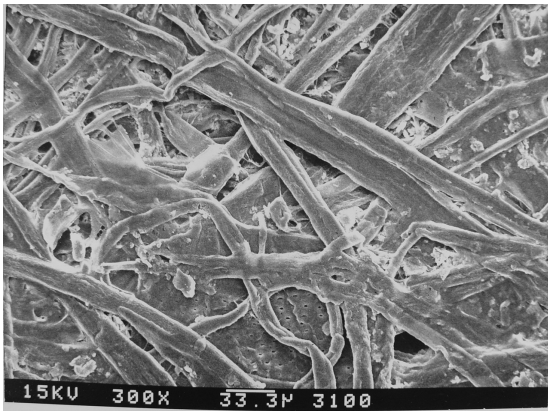
一般用於印製聖經或辭典等。

7. 新聞紙

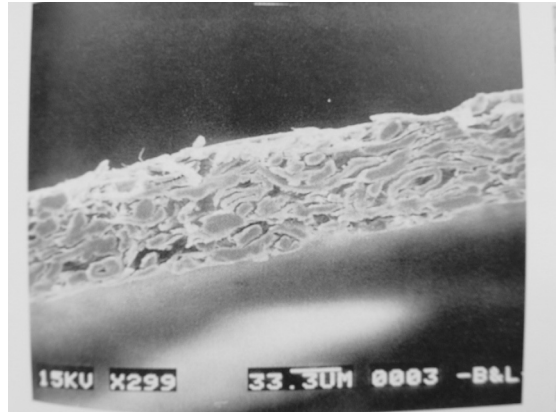
新聞紙 (Newsprint paper) 是最普遍的，是專用於印刷報刊的紙張，通常以機械木漿為主，滲用少量化學木漿抄造而成之印刷用紙。新聞紙具有不透明性高及吸墨性佳之特性，適合高速印刷。惟紙張中含大量木質素等不純物，遇光容易變色，對文物保存是很不利的，不適宜供高級印刷品之用。

各種紙張之表面及紙層構造如電子顯微鏡圖所示，圖三及圖四為道林紙的表面及紙層構造。由纖維形態上可看出，此種紙是由闊葉樹紙漿及少部分針葉樹漿所組成。圖五為輕量塗佈紙，紙表面含有少量塗佈顏料。圖六及圖七為銅版紙的表面及紙層構造，紙表面被塗佈層所蓋，看不見纖維，紙面平滑。圖八為新聞紙的表面構造，纖維為機械木漿，大部分的纖維被磨斷，不完整。新聞紙大部分是要用針葉樹做原料，因為針葉樹的纖維比較長，其實磨斷了以後還是有相當的長度，闊葉樹本來就短，再磨一下就更短，所以一般闊葉樹比較少用來做新聞用紙。

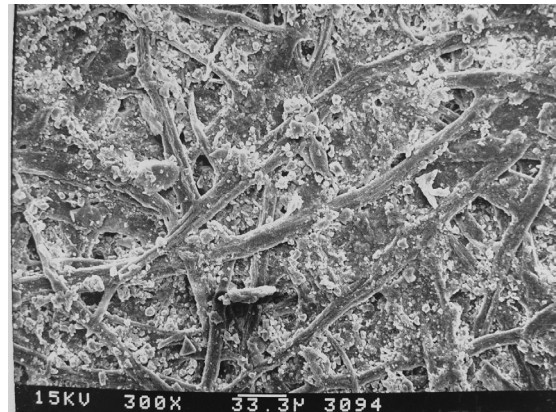
圖三、道林紙之表面構造



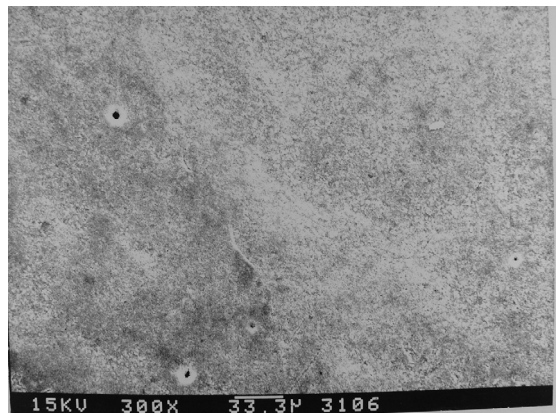
圖四、道林紙之紙層構造



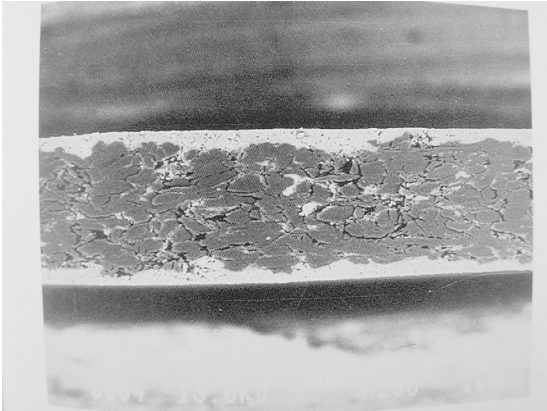
圖五、輕量塗佈紙之表面構造



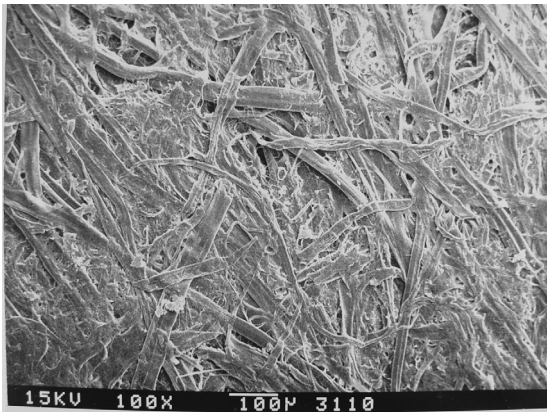
圖六、銅板紙之表面構造



圖七、銅板紙之紙層構造



圖八、新聞紙之表面構造



四、圖書之保存環境

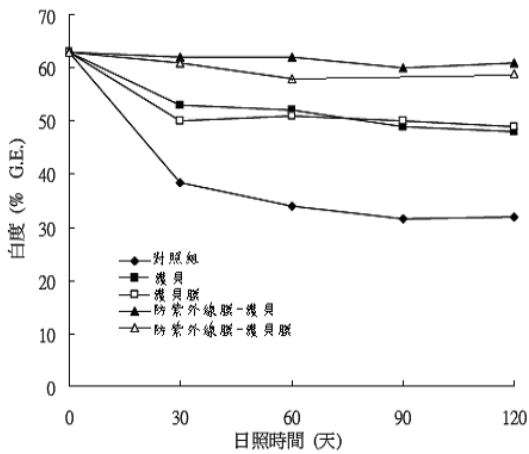
紙張之主成分為碳水化合物，在大自然的環境中，容易受到光線、溫度、相對濕度及空氣污染物質的影響而劣化。剛才提到，在室內也會有光線進來，但又不能把窗戶整個遮掉，或是有一些重要檔案要提供參觀，放在櫃子裡一定有日光燈、間接光線透進來，而且如果把它拿出來展覽就會縮短它的保存壽命。不過，我們發現市面上有一種「紫外線吸收膜」，那是一種透明塑膠膜，

可以隔絕紫外線。我拿國外生產的紫外線吸收膜來做實驗，是想要了解這種膜到底有沒有隔絕紫外線的功能。我們用紫外線的測試儀測試，的確，大部分在室內的紫外線均被膜吸收掉，測試值（不是日光燈底下）都等於零，即紫外線透不過去。另一組試驗，我們用紫外線吸收膜把日光燈包起來，日光燈的紫外線也透不出來，可是百分之九十五的可視光線照樣還是會透過去。

圖九是我們直接將新聞紙拿到外面曬太陽，由於室外的紫外線最強，發現沒有經過任何處理的第一個對照組，直接放在陽光下曝曬，它的白度降得很快，在經過 120 小時後，就已經變成比牛皮紙還要黑的黃褐色。假如有經過適當處理，我們用了幾種方式，如護貝，大家都會說護貝不行，因檔案護貝後將來就撕不開了，但我們是在檔案的中間用一種透明的膠膜（如 PE）作隔離，外面再用護貝用的塑膠膜將它封起來，效果還不錯，如果將來要取出來，只要割開就可以原封不動的拿出來，不會傷害原來的物件；不過，最好是加一層紫外線吸收膜進去，這樣即使拿到太陽下曝曬 120 個小時，它的白度幾乎不會改變；如果裡面再加上去氧劑，把氧去掉，效果會更好；如果沒有加去氧劑，只用護貝的方式，雖然可以將大部分的氧擠出來，但隔一段時間後還是會有氧化效果，紙張變黃。此項實驗在說明，假如有重要文件在上面蓋一層透明的防紫外線膜，它在展示室內陳列時，劣化的情況幾乎非常少。

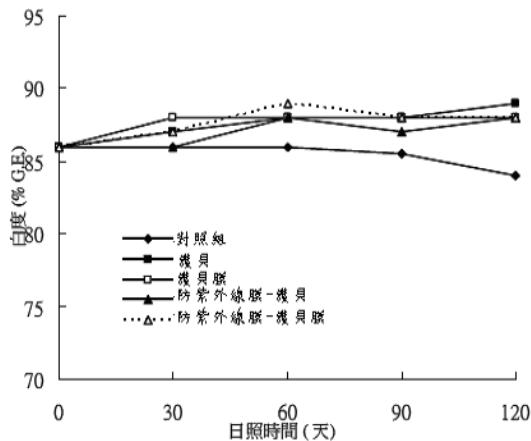


圖九、新聞紙 C 不同處理方式的白度經時變化



新聞紙是所有紙張中最容易變色的。大家都知道，一般的道林紙即使拿到外面曬也比較不會變色，這是因為已沒有含木質素。所以，對於道林紙、模造紙而言，在室外曬太陽，在紙面上雖看不出白度明顯的下降，但是紙力仍會衰退。（見圖十）

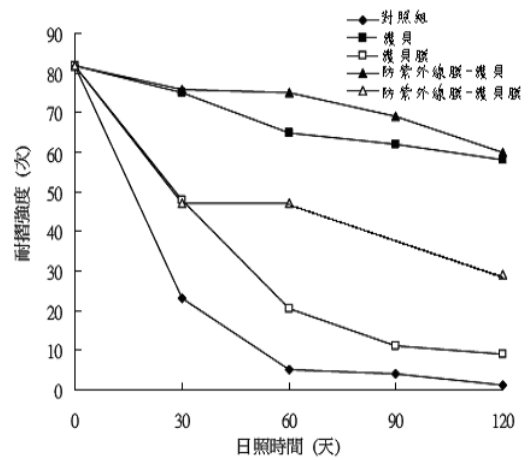
圖十、道林紙 H 不同處理方式的白度經時變化



紙張的保存壽命長短，常以紙張之耐摺強度來衡量。由圖十一之日曬結果得知，假如新聞紙

沒有用任何東西隔離防護，也沒有經過處理，在持續日曬了將近 120 天左右之後，它的耐摺強度就已經降到零了。所以，不論是紙張或衣服，拿到外面曬太陽，久了以後都會脆化，這是大家都知道的。如果紫外線很強，雖然有加護貝膜，但不將邊緣封起來，讓空氣能夠進去，則紙張的劣化還是很劇烈的。由此可見，紙張的黃化與空氣中的氧氣也有密切的關係。而紙力保持最好的是有防紫外線膜再加上護貝這一組。即使沒有加防紫外線膜，在密封前最好再加入氮氣會更好；假如沒有的話，封起來裡面的氧氣也不多，也能達到不錯的保存效果。

圖十一、新聞紙 C 之耐摺強度變化情形

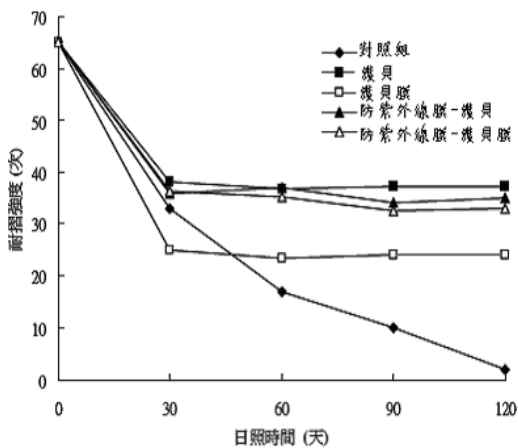


剛才提到道林紙不含木質素，雖然曬太陽不會變色，但紙力仍會衰退很多，所以在曬了 120 天後，稍微一折就斷掉了，若有加護貝及防紫外線膜改善，耐摺強度能維持在某種水平之上（見圖十二）。因此，我建議，假如展示室必須設窗戶，最好在玻璃上貼一張防紫外線膜，這樣可視光線可以透進來，而紫外線被吸收掉，則有助於



保存文物。假如你有一張水彩畫或國畫，在上面加一層防紫外線膜，這樣圖畫就不容易變色了。可是這個膜它的有效期限是多久呢？我們也做過實驗，就是直接用膜將日光燈包起來，經過三年左右，發現三年以後膜仍然還有吸收紫外線的功能，可見效果還不錯。但是為了慎重起見，隔幾年最好再用儀器測試膜的效能。

圖十二、道林紙 H 之耐摺強度變化情形



此外，紙張也容易遭受昆蟲與黴菌的危害。因此，圖書的保存環境很重要，儘量保存在低光照的環境中，尤其大氣中的紫外線或燈具所發出的紫外線應儘可能加以隔絕。目前市面上進口的紫外線吸收膜，仍可有效的防止紫外線穿透，對圖書及其他紙質文物的光劣化具有良好的防禦效果。溫度與濕度也是影響紙張劣化之重要因素，尤其相對濕度較高時，不僅會引起化學性分解，同時容易遭受蟲害及黴菌的侵襲，加速紙張的劣化。因此，相對濕度低於 60 以下，紙張就不易變質，而且蟲、菌（特別是細菌）也不容易生長，紙張不會長黴斑點。



▲國立中興大學森林系張豐吉教授（編輯組提供）

以上是就造紙原料、紙漿製造方法、圖書之保存環境，簡單介紹給大家參考。

五、結語

圖書所使用的紙張種類繁多。各種紙張所使用之原料及製法各異，以至紙張性質有明顯的不同。因此必須依圖書的用途，選擇適宜的紙張。尤其針對重要的圖書或檔案等之紙質文物，更必須慎選紙質佳，保存性優質之紙張，不宜使用酸性上膠紙及含機械木漿較多之印刷紙。保存環境也很重要，臺灣屬於亞熱帶地區，氣候高溫多濕，不利於紙質文物的保存。故圖書應放置於低溫、乾燥及光線弱的環境中保存，使圖書之使用壽命延長。

