

紙的製造與再生

◎國立中興大學森林系木材科學組／大葉大學環工系造紙科技暨包裝設計學程・沈熙巖
(kraft198@yahoo.com.tw)

造紙術是我國古代四大發明之一(指南車、火藥、印刷術)，紙的出現引起書寫材料很大的變化，價廉好用的紙張造成知識的紀錄、傳遞精確化以及教育的普及化，使得人類文明得以更快速進展，這也是中華民族對人類文明的偉大貢獻。

中國由於造紙原料充足及化學知識不像歐美發達，故一直保留以傳統方法造紙直到清末。19世紀歐美因用紙需求大增卻苦無充足的造紙原料，故轉而利用木材造紙。至今絕大部份的紙張都是利用木材為原料所製成，全球每年製造的紙張、紙板約4億噸，其中的纖維有94%來自木材，所以紙與水的故鄉都是源自森林。今日紙張已經是日常生活中不可或缺的用品，而絕大多數的事物也都和紙有關係，例如各式產品商品需要裝入紙盒、紙箱運送，金融活動需要紙張來記帳，更不用說每天要用的鈔票和衛生紙了。紙在我們的生活中因為太普遍也太容易得到，所以我們常常會忽略它的存在，你能想像完全沒有紙的生活會是如何呢？

或許你會以為紙張最大的用途是書寫、印刷吧，但是事實上紙張的最大用途一直都是以當作包裝材料，特別是當今各種產業生產貨物的包裝、運送都大量使用質輕、價廉而且強韌的紙盒紙箱。根據2002年全球統計資料，工業用紙大約是造紙總量的46%，文化用紙約佔32%，新聞紙11%，家庭用紙與其他紙類共11%。

在紙還沒有出現以前，人類記錄事物的方式

- 原始人在樹幹上或石壁上用石頭、土塊刻劃作紀錄，或用石塊在地上排列、畫畫。
- 結繩記事，或在地上插樹枝、獸骨做記號。
- 5,000年前埃及人在石牆上或泥板上刻字，印度人在布及棕櫚葉(貝葉)上寫字。
- 4,000年前印地安人在剝下的白楊樹皮及獸皮上畫圖。
- 3,700年前中國的殷商時代把文字刻在獸骨或龜甲上(甲骨文)
- 3,000多年前埃及人割取紙草(Papyrus, 莎草科)的莖部髓心削成薄片壓合曬乾製成草紙來書寫。
- 3,000年前的商周時代人們把文字寫在木片或竹片上。
- 2,500年前戰國時代以絲織成的布拿來寫字。
- 2,000年前中國人以破布、魚網、樹皮及麻繩的纖維製紙，廉價而輕便好用的紙大量生產，使得教育得以普遍。
- 1,000年前歐洲人以去毛、磨平的羊皮(parchment)或犢皮(vellum)寫字。(此時造紙術尚未傳到歐洲)

紙到底是什麼東西呢？

紙張的製造過程其實分成「製漿」與「抄紙」兩個部份。「製漿」是由原先結構非均質的植物體，利用機械或化學的方法把纖維全然分散而取出；「抄紙」則需要在水

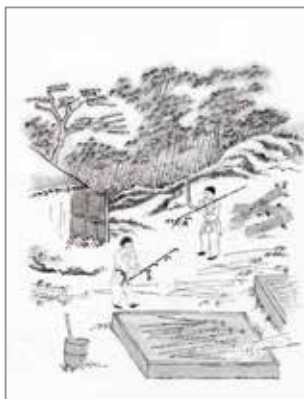


圖1 斬竹漂塘(謝宜君 繪)



圖2 煮棹足火(謝宜君 繪)

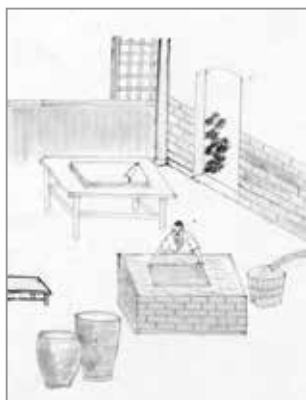


圖3 盪料入簾(謝宜君 繪)

中透過打漿處理使纖維表面帶化而具有結合能力，再加入一些配合原料(濕端添加物)並於攪拌均勻狀態下，將纖維重新組合並撈起組成均勻而呈薄片狀的紙胚加以壓榨、乾燥而成。你可以撕開一張紙，觀察撕開的地方就可以看到細細的纖維了。我們可以比較古代造紙的方法與現代以機械大量抄紙的流程，在原理、過程上其實幾乎完全相同。

1. 砍下較嫩的竹子放在水塘中，加入石灰、草木燒出的灰(這些都是天然鹼性物質)浸泡一段時間使原料變軟。(圖1)

2. 撈起竹絲捶打去除青皮和節之後放入大桶中，加入石灰水和草木灰並加熱使纖維分散。(圖2)
3. 撈起纖維捶打(打漿)使纖維表面具有結合能力。
4. 混合其他的原料，一起在水中攪拌均勻，以細竹簾撈起薄紙層(撈紙)。(圖3)
5. 把簾上的溼紙胚沾到另一片板上，並陸續累積至一定數量後加壓使水分滲出(壓榨)。(圖4)
6. 把半溼紙胚一張張分開，貼在木板氣乾或是加熱使水分蒸發即可得到紙張。(圖5)

現代製漿造紙流(圖6)

1. 木材去皮、分段、切片。
2. 送入蒸解爐加入化學藥品在高溫下製漿。
3. 洗漿、篩分。
4. 漂白。
5. 打漿。
6. 混合不同漿料並加藥劑(配合原料)。
7. 抄造紙張、壓榨、乾燥、壓光、捲收。



圖4 覆簾壓紙(謝宜君 繪)



圖5 透火焙乾(謝宜君 繪)

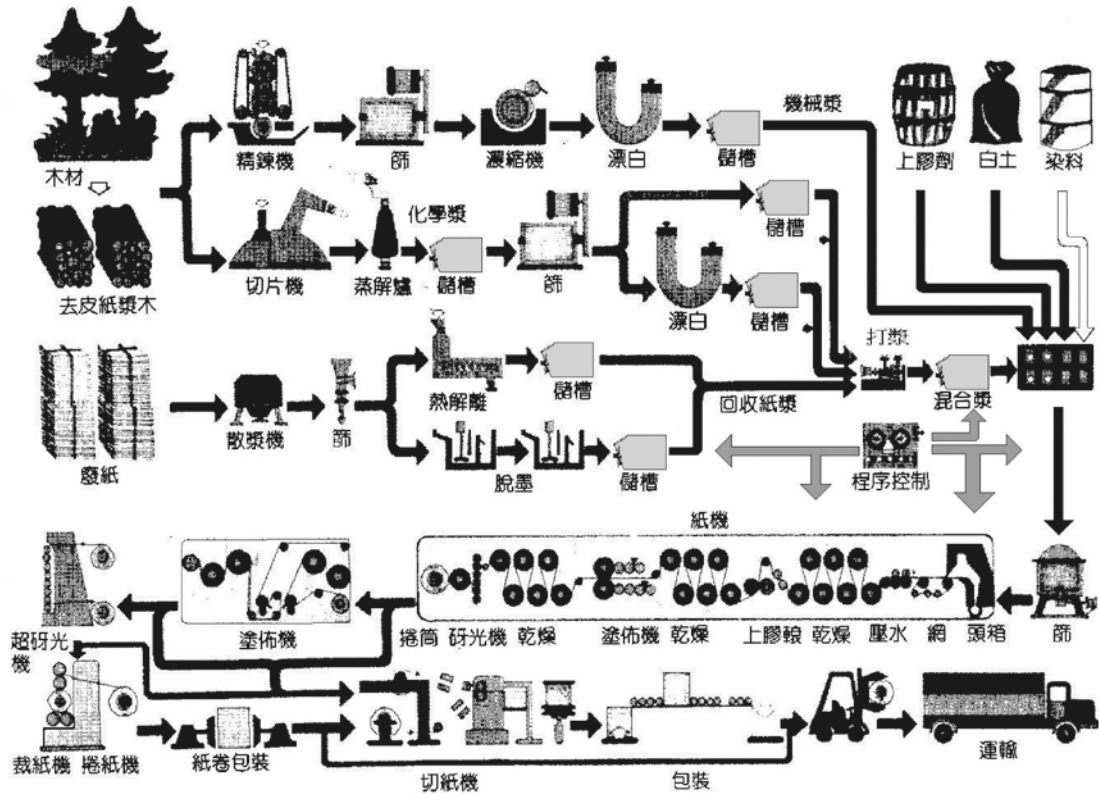


圖6 現代製漿造紙流程

8. 裁切尺寸、分等、包裝。
9. 其他加工。

造紙用了那些原料?

(一) 纖維原料

1. 木材類：針葉樹材、闊葉樹材。
2. 單子葉植物：竹材、蔗渣、穀物桿、蘆荻、其他草類。
3. 韌皮纖維：亞麻、構樹、桑樹、雁皮、三椏、青檀等植物之韌皮部。
4. 種毛纖維：棉花(草綿)、木棉(吉貝)、美人樹。

5. 莖葉纖維：棕櫚類、馬尼拉麻、鳳梨葉、香蕉幹等。
6. 破布及故紙：此為棉、麻、廢紙之再生利用。
7. 其他纖維類：礦物無機纖維、人造成纖維等。

(二) 配合原料(濕端添加物)

1. 上膠劑：使紙張在書寫、作畫、印刷時，墨水不至於暈染。
2. 填充劑：使紙張平滑細緻，容易吸收油墨並可取代部份紙漿而降低成本，一般為

便宜而且很白的礦物質粉末，如瓷土(白土、高嶺土)、白堊(碳酸鈣)。

3. 紙力增強劑：大部分為人工合成之樹脂或改良之天然高分子化合物(澱粉、植物膠)，使紙張在使用時有更好的紙力，常用的有乾強劑、濕強劑、乳膠等。
4. 色香料：為增進紙張使用之美觀、需要性及接受性，在紙內加入色料及香料使紙更具多樣性。
5. 其他用途之添加劑：依特殊用途而加入之化學藥品如螢光劑、防火劑、滅菌劑、防鏽、抗氧化劑等。

紙的分類

常見的紙張種類如下：

1. 印刷用紙：即一般印刷書報用紙，重視紙張白度、紙力、印刷適性、吸墨性、平滑度、保存性。
2. 書寫用紙：為書寫之簿冊用紙，重視白度、紙力、上膠度(墨水不易暈開)、平滑度等。
3. 資訊用紙：配合資訊列印機械需要之紙張，例如電腦報表紙、卡片紙、熱感應紙、計算機及醫療儀器列印或製圖用紙等，重視紙力強度及特殊表面加工。
4. 包裝用紙：重視紙張的各種強度、耐各種氣候及使用狀況，有時需要重視其印刷性，少部份更要求其美觀裝飾性。
5. 家庭用紙：包括廁紙、餐巾紙、面紙、廚房紙巾、拭手紙、紙衣褲、紙尿片等，重視吸水(油)性、柔軟、衛生(不可含有螢光劑)。
6. 工業用紙：如瓦楞紙板、紙管、貼面用紙、轉印紙、防油紙、絕緣紙、濾紙等，重視強度及各種需要的功能。

7. 紙板：如盒箱用紙、襯墊等用途之厚紙類，重視強度及硬挺特性，部份紙板還要求其印刷性。

8. 加工用紙：為進一步加工所需要之原紙，如壁紙、銅版紙、轉印紙、食器(紙杯、便當盒)製造用原紙。
9. 農業用紙：農業上使用之紙類，如草皮紙、覆蓋紙、水果套袋、育苗紙杯等，重視其透氣、透光或不透光、透水(或防水)及耐久性。
10. 特殊用紙：具有特殊機能及用途的紙類，例如防火紙、隔熱紙、浸藥紙、化學試驗用紙、電氣絕緣紙、玻璃纖維紙等。

手工紙

上面所提到的紙大都出機器抄製再經過加工而成，加工作業則依最後用途及所需要的性能而設計製造的。另外還有一些紙則是以人工一張一張抄造而成的，這種紙我們稱之為手工紙。以手工抄造之紙類大致有：

1. 書畫用紙：書法和國畫所使用的紙類如毛邊紙、宣紙、棉紙等。
2. 裱褙用紙：用來托裱在書法或國畫作品背後，以作成軸卷或框畫保存的紙張，越吸水越佳。
3. 傘扇用紙：通常是棉紙(以構樹樹皮為主做成的紙)，用來製造紙傘與紙扇。(紙傘要塗桐油才能防水)
4. 門窗用紙：用來糊在木格門(室內)及窗戶的薄紙。
5. 裝飾用紙、紙藝用紙：有印刷或染色的紙，做摺紙、紙花、撕紙畫、或貼在外表作裝飾用。

6.其他特殊用紙：經過加工以做特殊用途的紙類，例如：浸臘可作引火照明用的火紙、浸過植物油變成透明用來刻木版印刷的描圖(字)紙。

一般用來製造手工紙的原料以樹皮類(構樹、桑樹、三桠、雁皮、青檀)、草類(稻草、荻草、龍鬚草)、麻類(馬尼拉麻、香蕉麻)、竹類、木材類、合成纖維等為主要纖維來源，同時要配合粘液(馬拉巴栗樹根、黃蜀葵、人工合成粘液、澱粉)、碳酸鈣、明礬、色香料等附加原料才能抄出美觀實用的手工紙。大致上，手工紙的原料主要是樹皮纖維，而機器紙則大部份使用木材的纖維為原料。

再生紙與還魂紙

由於木材比起其他植物原料含有更多、更容易取得的纖維，所以現代造紙均以木材纖維為主，因此我們可以說森林是紙的故鄉。全世界用來製造紙所用的木材約為砍伐木材總數的30%左右，而且幾乎都是人工造林所生產的木材(製漿材)。在臺灣，為了保護森林以及水土保持，因此砍樹較少，而幾乎沒有砍伐樹木用於造紙。我國造紙產量(每年約400萬公噸)佔世界第15名，如此巨大的產量是怎麼辦到的？我們不是砍伐森林來造紙，而是大量從本地及國外進口廢紙再做成紙的，這種紙就叫做再生紙，明朝宋應星寫的《天工開物》這本書中(中篇「殺青」)提到叫做「還魂紙」，就是再生纖維的利用。

廢紙回收的理由

紙張製品已經是我們日常生活常用的材

料，當世界人口愈多、工商業活動越大，用紙量也就必然愈多，而紙張新的用途又不斷被開發出來，因此對於造紙纖維原料需求越大的同時也就對森林產生更大的壓力。為了減少對森林的過度砍伐，全世界的國家都在推行廢紙回收的運動，把回收的紙再製造成再生紙循環使用，這樣子才能保留森林的樹木資源、減緩對森林的砍伐壓力。原生漿添加再生纖維除了可以減少伐採林木之外，回收也可以減少廢棄物處理量、減少掩埋場的空間需求，並延長其使用年限；減少製漿消耗的水、能源、藥品與環境污染；製造就業機會(收集、分類、整理都需要大量人力)，對產業最重要的吸引力是採用廢紙當原料的成本較低。廢紙的回收也可以看成是一種「都市森林」的開發利用。

善用紙張與回收

我們要如何推行廢紙回收、垃圾減量、保護森林呢？下面一些隨手做環保的工作，相信你我都可以做到的。

- (一) 愛惜紙張：利用不要的紙張做計算紙，不要只用一面或一小部份就拋棄紙張；利用月曆、廣告紙做一些用品，例如可以用來做書套、紙袋、勞作美術等；把每一張紙都寫滿，兩面都用，隨時以「惜福」的心把紙張的用途盡量利用。一棵樹要靜靜的生長15~50年才可以砍下來做紙，如果紙張用一下就拋棄，真是太可惜了。
- (二) 收集廢紙：把每一張紙都充足利用之後也不要拋棄當做垃圾，因為如此會增加垃圾數量、增加垃圾車載運也增加了空氣污染，也增加了垃圾場的負擔，垃圾

掩埋場很快就會不敷使用。所以我們應該把不要的紙收集起來，不但減少了垃圾也增加了可用資源，但是要注意存放廢紙時千萬要小心防火。

(三) 做好分類：紙的種類有好多好多種，差的紙混到好的紙就做不出好的再生紙了，所以還要注意分類的工作。大致上我們可以把廢紙分為4類比較容易做到。

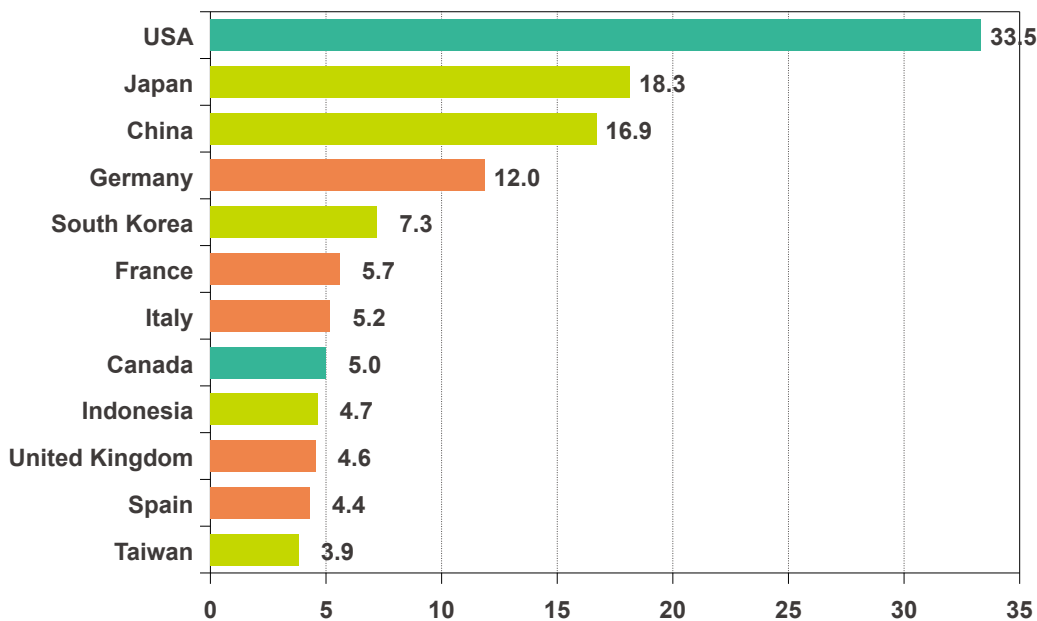
1. 漂亮的白紙類：把不要的書、課本、簿子、信紙等原本做印刷或書寫用的白紙類放在一起，這些紙通常是用很好的纖維做成的，可以再利用做一些印刷、寫字用的文化用好紙。
2. 新聞紙：過時的新聞紙適合重新再製成用量龐大的新聞紙類。
3. 紙箱、紙板類：丟棄不用的紙箱、厚紙板

適合重新再製造紙箱，這些是我國造紙數量最大的一類原料，應該好好的珍惜、回收。

4. 雜類紙：鋁箔包、牛奶盒(要先清洗內部)、紙杯、碎紙，紙袋等不屬於前述的紙都屬於此類，由於比較不乾淨，可以用一個紙袋或紙箱先暫時放置後送交垃圾車處理。

我們的盼望

森林帶給我們很多的好處，例如：製造氧氣、景觀遊樂、鞏固土壤、蘊存水資源、生產木材、庇護野生動植物、支持自然生態等等，我們要減少對木材的浪費使用，最簡單的方法之一就是愛惜紙張、廢紙回收利用。珍惜樹木，節約用紙，請讓青山永遠充滿森林。🌳



註：2002年資料，單位為百萬噸。

全球前12大廢紙使用國家(Anon., Papier 2004, Ein leistungbericht, VDP, Bonn, 2004)