

紙質檔案圖書酸化之探討

睿雅軒 吳哲睿稿 98.09.27

檔案與圖書的最佳載體首推為「紙」，溯及西漢至今，千百年流逝了，雖然身處科技發達的當今，諸多尖端載體的不斷推新，然卻尚未通過時間的考驗，是否能廣為大眾所接受及使猶不知曉，且暫擱下，讓我們來談談當今燃眉之急的重要議題，才是明智之舉。

回首細數文書之載體歷經了假骨、金石、竹木簡、縑帛、紙，流傳至今諸多的珍貴歷史檔案、書畫、書籍乃以紙質為最多，造紙技術的發明為人類歷史文明及社會進步做出了不可磨滅的貢獻，各類檔案書籍得以便捷的方式被記錄下來，中國傳統的書畫藝術更以紙張為最大的依託，得以展現其獨特的藝術風格，各種型式的紙質文物皆是歷史面目的真實記錄，前人的藝術結晶，但是隨著歲月的流逝，此類紙質文物卻同時遭受內因（紙質酸化、書寫材料變性、纖維素降解）和外因（光照、溫濕度、有害氣體、昆蟲微生物侵蝕、人為疏忽）影響，最終引發紙質文物的損壞，甚至造成無法挽回的損失，因此首重內在因素的探討方為上策。

人類進入了 20 世紀時，猛然發現並注意到紙質文物出現了變質現象（變色和脆化）乃進行了大規模調查，結果令人大吃一驚，許多珍貴的紙質文武已瀕臨毀滅的命運，西方諸多的圖書館所珍藏的書籍已嚴重酸化，30%以上的紙張耐折度僅剩乙次，更有甚者，一觸即破，另任不禁為之心慌，經過文獻保護技術專家的研究證明，造常至直檔案、圖書、文物嚴重變質的主要原因，乃紙張的耐久性低。而一現象之所以發生，乃由於「造紙原料」之選擇和「造紙方法」所決定。採用低劣的造紙原料，使用酸性造紙守法。造紙原料的優列排序為：

優←----->劣				
優劣順序	最佳	佳	不良	劣
纖維類別	種毛纖維	韌皮纖維	木質纖維	莖桿纖維
實例	棉花	檀皮、桑皮、楮皮、麻	闊葉木、針葉木	竹子、蘆葦、稻草

綜觀全世界的重要紙質文物，其採用的造紙纖維絕大多數為木質纖維和荳桿纖維，導致文獻、檔案、圖書耐久性低。從 19 世界發明了機械造紙，縮短了造紙的生產週期，提高了產量，但卻由於採用了酸性施膠劑，促使紙張酸度增加，間接地縮短紙張的使用年限。為了明瞭紙張為何會因酸化而到至無法長久保存，勢必得從整個造紙工藝談起，方能找出對策，以免讓珍貴的紙質文物毀於一旦。

紙張係指植物纖維均勻分散於水中，經過抄紙網平均地撈起，並過濾掉多於水分，再經壓榨乾燥後。促使纖維間相互結合交織而成的薄片構造物。由於紙張中纖維呈現毛細管現象，故以墨水溶液書寫、或用印墨油印刷時，容易滲入紙張中層，致使字跡顯的不夠清晰，且有細毛拖尾現象發生，因此早期歐洲造紙多採用上膠方式戒指防止墨水暈散滲透，其後德國更於 1807 年發明以松香-明礬為主要原料的上膠法，一時間廣為各國造紙業者採用，自 1850 年以後，機械造紙接採用此種上膠法。此種造紙過程中所添加的上膠劑中，因含有硫酸鋁，以與其他化合物作用，而促使硫酸根殘留在紙層中且不易揮發引起強脫水，造成紙張中有機成分變質，呈現酸性狀態，世界各地的紙質修復後專家，針對此一問題，曾做了諸多的研究，並證實了酸性為紙張劣化的最大主因，其中又以 1700 至 1900 年所製造生產的紙酸度最高，其 PH 值平均為 4.0~4.9，另一個可喜的調查則顯示 15 世紀至 17 世紀所生產的紙張其酸度卻沒有如此的酸。

造紙植物纖維原料，其主要化學成分皆以纖維素、半纖維素和木質素所組成，而纖維素分子乃由大量葡萄糖基所構成的鏈狀高聚合物，天然纖維的聚合度(DP)值約為 10,000 左右，如採用化學造漿 DP 值則會急速下降，例如：亞硫酸鹽木漿其 DP 值僅有 600~1,000 上下，紙張的耐久性主要取決於纖維素的穩定性。當纖維素受損時，其 DP 值下降，當 DP 值下降至 700 以下，其機械性能便迅速下降，不堪持拿，當 DP 值低於 200 時，紙張則脆裂成粉末，不再擁有纖維特性。影響紙張耐久性的最大元兇為酸。

當人類為了滿足視覺感觀能獲得較佳效果時，便於抄紙時，採用內部施膠，於漿料中加入添加劑使紙張具有抗水性能，藉以控制墨水、印油墨等各種液體的滲透，提高了紙的憎液性能，而松香上膠劑為最普遍的採用方法，已有 200 年左右的使用歷史，其中作為松香施膠的沉澱劑，俗稱為造紙明礬，又稱(礬土)，因其化學為含有結晶水的硫酸鋁和硫酸鉀的複鹽，無色呈晶體狀，密度 $1.75\text{g}/\text{cm}^3$ ，熔點 92°C ，溶於水，於民間常間於淨水劑的使用，當它的的硫酸根殘留於

紙層中，易與空氣發生化學反應，並隨紙張乾燥而濃縮，並存留於紙層中。累積於紙層中的酸性則促使纖維素分子產生水解現象，使DP值下降，即俗稱紙張纖維素的酸性水解。

欲測量紙張的酸鹼性，方法頗多，一般簡便的方法採用PH值測試筆為之，則能初步研判出紙張呈現酸性或鹼性，如欲進一步取得更詳細的值，則可考慮使用石蕊是紙測酸，依序而上的方法則為採用平頭式電及測試機、冷水萃取法、熱水萃取法。藉以取得更詳細的數值，作為脫酸方法選用參考資料。

當明瞭紙質文物PH值後，則可選用適合的脫酸方法，進行脫酸，當今的脫酸方法，不外乎有二大方法：

- (一) 液相除酸—使用鹼性水溶液或鹼性有機溶液，如(碳酸氫鈣溶液)(碳酸氫鎂溶液)有機溶液則有(氫氧化鉀—甲醇溶液)(醋酸鎂—甲醇溶液)。
- (二) 氣相除酸—氨氣法嗎啡法、二乙鋅法，此二項脫酸法各有其優缺點簡述如下：

	優點	缺點
液相除酸法	操作簡單 投資小 安全可靠	無法大量處理 除酸前後需要拆裝 裝訂較為費工 褪色紙質文物不適合採用 乾燥後易產生皺折
氣相除酸法	能大批處理 不需拆裝 不影響字跡	需有真空設備 投資大 不安全，隱患大

為了從根本上克服酸性抄紙帶來的困擾，除了脫酸的技術處理外，最佳的選擇應為「無酸紙」的發展與使用，其中又以中性上膠劑的使用最為快捷，目前較常為抄紙業界所使用的中性上膠劑為：

AKD—烷基乙烯酮二體

ASA—鏈烯琥珀酸無水物

SAA—硬紙酸無水物

為了保存現有的紙質文物，身為紙質修復師的我們皆需不斷地吸取新知以提昇自我的修復水平，以期能令經手的紙質得以保存久遠。