

淺談紙質藏品感壓性膠帶移除

以清胡遠《山水花卉冊》為例

■ 李家綺

清代畫家胡遠（1823-1886）的《山水花卉冊》由林宗毅與林誠道父子於2002年慨贈本院成為收藏，並與當時同期新添藏品一併展示國人。本院於今年七月舉辦之「典藏新紀元——清末民初的上海畫壇」特展再次展出此藏品。展前檢視發現該藏品兩幅夾頁手札係以透明感壓性膠帶浮貼於前副葉第一開，膠帶整體呈現顯著劣化跡象，且造成偌大視覺干擾，勢必需要進行移除。事實上許多民間公私立機構或個人捐贈以及本院編列預算購買之書畫藏品，經常遭受現代材料影響，尤以感壓性膠帶最為常見，因此探尋適切的移除方式便是本院保存修護人員一大課題。透過該冊之處理，我們將蒐羅的文獻進行整理，並紀錄本案實際修護考量與步驟操作，以期提供相關從業人員參考。

感壓性膠帶發展進程

感壓性膠帶（pressure-sensitive tape）其黏著劑之類型一般來自於橡膠與丙烯酸聚合物兩大類。感壓性膠帶尚未普及前，首先應用於醫療領域。由外科醫師 Horace H. Day 博士草創，是將印度橡膠、松木樹脂、松節油、密陀僧以及其他醫藥成分材料塗佈於布條上的一款醫用膠帶，這項以天然橡膠為基底的感壓性膠帶發明於1845年，Day 與 William H. Shecut 共同取得這項美國專利，該配方亦成為現代橡膠基底感壓性膠帶的基礎。

直至1920年代初期，由美國3M公司的 Richard G. Drew 開發符合工業需求的感壓性膠帶，是一款以皺紋紙作為載體的遮罩膠帶（圖1），專門用於汽車工業塗裝程序，能使兩色間呈現乾淨銳利的交界。而在1926年，Drew 設

立首間3M膠帶實驗室，並開發出一款由纖維素再生技術製造之玻璃紙（cellophane）作為載體的包裝用膠帶，這款膠帶成為 Scotch® 商標的第一項產品，而透明膠帶也就此進入市場。

天然橡膠一直是早期感壓性膠帶黏著劑的主要成分，卻在第二次世界大戰期間來源短缺，導致膠帶製造成本飆升，迫使產業開始探尋替代原料，於是以合成橡膠為基底的感壓性膠帶因應而生。當時多由聚異戊二烯橡膠（polyisoprene rubber）和苯乙烯-丁二烯橡膠（styrene-butadiene rubber）兩種合成橡膠暫時取代天然橡膠作為感壓性膠帶黏著劑使用。

合成黏滯彈性（viscoelastic）聚合物例如聚丙烯酸酯（polyacrylate），在戰爭前即開始被德國感壓性黏著劑產業使用。3M公司於1959年再度取得美國第一項丙烯酸（acrylic）聚合物基

底的感壓性膠帶之專利，並開始嘗試將醋酸纖維素（cellulose acetate）及其共聚物作為膠帶載體使用，而該應用的專利權早在 1953 年即成立。Scotch® Magic™ #800 和 #810 正是兩款同時使用丙烯酸聚合物和醋酸纖維素製成的霧面與光面感壓性膠帶。1960 年代開始，丙烯酸聚合物和醋酸乙烯酯 / 丙烯酸酯（vinyl acetate / acrylic ester）共聚物皆拓展至感壓性膠帶市場，並與合成橡膠幾乎取代天然橡膠成為膠帶產業中黏著劑原料的主流。

一種極其透明的膠帶 Permacel J-Lar™ 於 1966 年問世，其載體的成分為聚丙烯（polypropylene），這項材料具有雙軸定向（biaxial orientation）的特性，因此相當堅固，而丙烯酸酯（acrylate）黏著劑本身也是提升該款膠帶透明度的主因。儘管初期因成本考量，橡膠類玻璃紙基感壓性膠帶仍占據市場優勢，但隨著膠帶產業的不斷發展，丙烯酸類黏著劑已經大量充斥於市場。

在短短幾十年內膠帶產業的發展著實令人驚嘆，光憑 3M 公司即生產一千種不同類型的膠帶，它們幾乎可以黏附於任何物件上，尤其在紙質物件上作為固定、加固、連結等功能不勝枚舉，然而無論是新舊膠帶的不當使用、本身的劣化、降解物質對於被黏物的傷害，卻也是保存維護人員不斷面臨的挑戰。

感壓性橡膠類與丙烯酸聚合物黏著劑劣化特徵

感壓性膠帶被廣泛應用於各類博物館、美術館、檔案館與圖書館，針對紙質物件，膠帶經常作為殘片或撕裂痕的黏合加固，並可立即達到訊息保留效果的材料。然而紙張本身十分容易受到劣化膠帶的影響，例如膠帶載體的皺



圖1 3M公司第一款遮罩膠帶用於雙色汽車塗裝程序之情形 取自《3M》
https://www.3mcanada.ca/3M/en_CA/company-ca/all-3m-products/?N=5002385+8710676+8710815+8713636+8711017+3294529206&rt=r3，檢索日期：2018年7月13日。

縮造成紙張平面變形、黏著劑的變色造成紙張外觀汙濁等，而越是劣化嚴重之膠帶，其移除的困難度也就隨之增加，這些狀況都促使保存維護人員探尋更加安全有效的處理方式。關於膠帶移除最關鍵的部分在於其黏著劑，藉由了解橡膠類與丙烯酸聚合物黏著劑的劣化特徵，用以判斷該膠帶黏著劑之種類，方能擬定合宜的修護程序。

根據 Robert L. Feller 和 David B. Encke 於 1982 年的研究，¹ 以橡膠為基底的感壓性膠帶其橡膠類黏著劑會歷經三個階段的劣化過程：首先為氧化誘導（oxidative induction），這個階段會發生細微的化學改變，黏著劑在該階段是相對容易被移除的，通常僅以物理性方式便可從被黏物表面將膠帶完整揭離。而當氧化作用持續進行，黏著劑的劣化將來到第二階段，該階段因氧化作用造成聚合物鍵結斷裂，黏著劑會開始變色，並且變得十分黏稠和油膩，而後產生流動並遷移，若此時膠帶黏貼於紙質物件上，那麼紙張會因部分滲透至纖維中的黏著劑而呈

現半透明的狀態。該氧化階段的黏著劑仍有移除的可能但難度增加，此時要完全倚賴物理性移除已不太容易，有時還得搭配溶劑法進行處理。到了第三階段，已滲透至紙張纖維的黏著劑將持續氧化，並且逐漸喪失其黏著劑的特性，此時膠帶的載體可能有脫落或遺失情形，殘留的黏著劑則會開始進行交聯反應，黏著劑本身與載體開始發脆變硬且變色嚴重，會在附著的紙張表面上形成深沉的琥珀色漬痕。一旦到達交聯階段，移除殘留的黏著劑與漬痕將變得十分困難甚至難以處理，此時溶劑法的加入已是大勢所趨。

此外，橡膠類黏著劑氧化產生的揮發性產物包含二氧化碳、水、甲酸和甲醛；固態產物則包含非晶質的酸性物質以及少量過氧化物的交聯物質。這些因降解產生的副產物可能造成被黏貼的紙基氧化和酸水解，隨著羧基生成而有變色情形。在許多情況下，移除膠帶及漬痕後，可能需要藉由去離子水、含鈣或鎂等鹼性溶液或低濃度的硼氫化鈉水溶液來改善紙基的狀況。

另一種由特定共聚單體（comonomer）組成的聚丙烯酸酯，本身即具有膠黏和感壓特性，因此在製作膠帶的過程無須添加增黏劑或塑化劑。而先前提及的醋酸乙烯酯／丙烯酸酯共聚物所構成的丙烯酸類感壓性黏著劑，其極性較聚丙烯酸酯低，且經常比丙烯酸黏著劑表現出更高的黏性以極較差的老化特性。

由於丙烯酸聚合物的飽和程度，使這類黏著劑較橡膠類黏著劑更具抗老化、不易變色與發脆變硬等特性。然而在 Merrily A. Smith 等人於 1984 年發表的文章中特別指出，² 他們觀察到某些這類感壓性膠帶會在自然老化過程中造成自身或帶有磨木紙漿成分的紙張變色，除此

之外也會造成原子筆墨水和印刷用炭墨量出。

為了讓黏著劑更為強壯、堅硬，而黏度又不至於過高，會將丙烯酸聚合物與鋅這類多價金屬離子進行交聯反應來強化上述這些特性。現今可逆的膠帶黏著劑，例如 3M 公司出產的 Post-it[®] 利貼和 Scotch[®] 可再貼隱形膠帶 #811，就是進行高度交聯的產品。然而某些經常添加在黏著劑配方中提供交聯環境的少量極性共聚單體，可能隨著時間推移造成該類黏著劑的附著力逐漸增強，導致越是延遲移除丙烯酸基底的感壓性膠帶，施作過程就可能越發困難。除此之外，丙烯酸聚合物與離子鍵結的交聯結果也讓該物質無法被溶劑溶解，僅能使其膨脹而已，所以要將它完全從紙張中萃取出來的可能性較低，有時還須透過物理性方式作為輔助。

膠漬移除局部性溶劑法

移除感壓性膠帶通常會經歷預先處理、載體揭離、殘膠移除、漬痕減緩等步驟，而乾式的物理性技法一般被認為是移除感壓性膠帶的第一步，然而過程中倘若物理性處理已無法再獲得顯著的成效，則需要考慮溶劑的使用。

全面浸泡溶劑浴的方式可以快速且有效地移除感壓性膠帶，尤其是膠帶老化後所產生的琥珀色膠漬，然而並非所有情況都適合以該方式進行處理，必需仔細估量受膠帶黏貼對象之基底材、媒材以及內含的其他物質對於溶劑的溶解度。因此針對無法進行上述方式處理的物件，局部施作也就因應而生。

直接性的局部塗佈可以結合物理性處理來移除感壓性膠帶。使用毛刷、滴管、棉花棒或其他可以直接塗佈溶劑於膠帶、殘膠或漬痕上的工具，而後分階段使用抹刀或手術刀進行對象物的移除。這個簡易方式便於操作者觀察溶

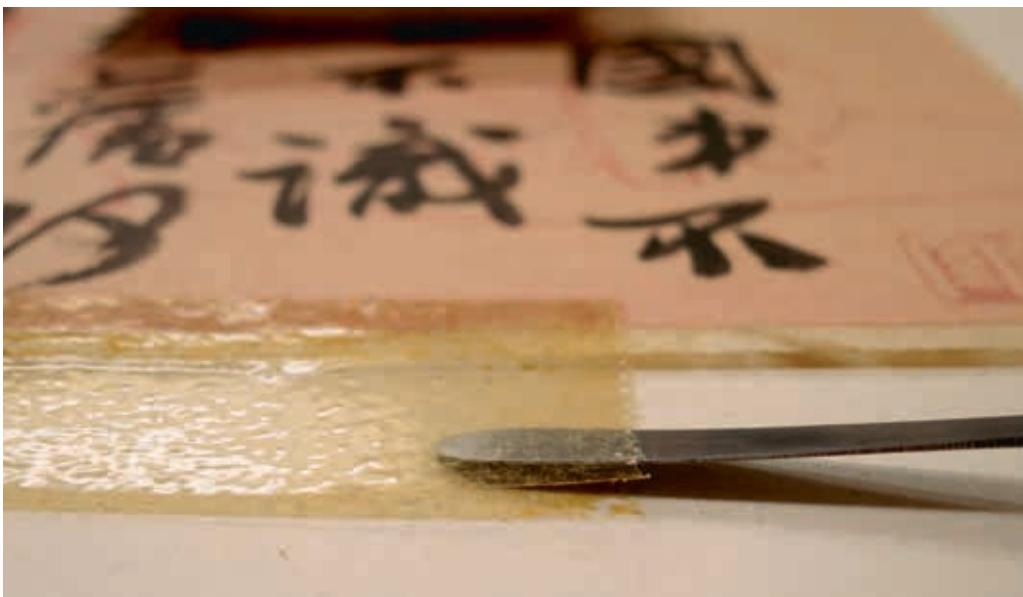


圖2 金屬薄型抹刀平行探入逐步移除載體 登錄保存處修護檔案紀錄

劑與黏著劑間的反應，然而該項作法容易產生溶解的黏著劑、某些降解產物以及相應區域的媒材側向移動的風險，可能會在紙質物件外觀上出現視覺干擾的潮痕。

輔以抽氣桌／板可以改善直接塗佈可能產生潮痕的問題。透過平面下壓力的驟減，使溶液向下滲透至黏著劑，並垂直拉曳到紙張下方，帶走溶解的微粒和降解產物，有效避免潮痕的產生。由於這個做法可以限制溶液的動向，這讓含有對溶劑敏感媒材的物件在移除感壓性膠帶之施作上更為理想。除此之外，這股拉力讓移除過程減少物理性移除的需要，更能保有紙張表面肌理的原貌。

而泥敷法作為較溫和的局部性溶劑處理方式，能夠降低直接塗佈可能產生潮痕之風險，它具有可控性與準確性，提供溶解反應所需的膨脹時間，讓溶劑緩慢擴散至黏著劑中，並利用毛細作用將溶解之黏著劑從紙張纖維抽取出來。這個方法亦能藉由改變泥敷劑的環境來控制溶劑揮發的速率，例如以聚酯片遮罩泥敷劑，或以紙鎮施壓於泥敷劑，甚至是額外鋪蓋乾燥的泥敷材於泥敷劑上都可達到效果。儘管泥敷法具有上述優點，但仍存在著困擾施作人員的問題。某些情況下，殘餘的泥敷材會嵌埋於紙質物件多孔隙表面，形成另一種惱人的污

跡，且有時根本無法單憑毛刷去除，必須使用軟質的乙烯類橡皮擦（vinyl eraser）或軟橡皮擦（kneadable eraser）以摩擦或黏附的方式處理，但不一定能完全移除。

案例說明

院藏清胡遠《山水花卉冊》前副葉第一開由胡遠親自以草書題寫於藍色與紅色畫箋紙上的兩篇夾頁手札，上下邊緣皆用感壓性膠帶分別固定於左右兩面。根據 Elissa O'Loughlin 和 Linda S. Stiber 於 1992 年的研究所提供的「感壓性膠帶塑料薄膜載體識別方法」以及「感壓性膠帶識別的有利要素」兩項確認表，³ 副葉上的膠帶載體有輕微皺縮與黃化變色情形，被黏物表面呈半透明且有琥珀色漬痕，黏著劑的黏性幾乎喪失使載體能夠輕易揭離，由此判斷該膠帶之黏著劑可能屬於橡膠類基底，並且使用玻璃紙或醋酸纖維素作為載體，而膠帶本身應該已經進入交聯反應階段。

我們嘗試以金屬薄型抹刀從載體邊緣探入，抹刀的狀態維持與載體平行，逐步深入載體下方使其與黏著劑分離。由於黏著劑劣化嚴重幾乎不具任何黏性，因此載體移除工作無須再透過加熱活化膠體輔助即可順利揭離。（圖 2）

針對殘留於副葉表面和畫箋上下邊緣之膠



圖3 取適量的乾燥漂白土 登錄保存處修復檔案紀錄



圖4 建置約1公分的粉末壩 登錄保存處修復檔案紀錄



圖5 調配好的泥敷劑鋪蓋於膠漬處 登錄保存處修復檔案紀錄



圖6 覆蓋聚酯片延緩溶劑揮發速度 登錄保存處修復檔案紀錄

漬，參考《紙質修復目錄》的〈15. 鉸鏈、膠帶、和黏著劑移除〉關於移除交聯反應階段之橡膠類黏著劑建議使用的溶劑，包含醋酸乙酯（ethyl acetate）、丙酮（acetone）、甲基乙基酮（methyl ethyl ketone）、四氫呋喃（tetrahydrofuran）、N,N-二甲基甲醯胺（N,N-dimethylformamide）、二氯甲烷（methylene chloride），經測試後，我們選用丙酮作為本次膠漬移除之溶劑。

根據副葉和畫箋紙兩者現況，我們分別採取泥敷法和輔以抽氣桌的直接塗佈法進行處理。副葉表面並無其他媒材，基底材穩定，但因整體裝裱成冊，因此並不適用全面浸泡溶劑浴的

方式。再者因副葉經多層托裱有一定厚度，輔以抽氣桌的直接塗佈法可能受此因素影響而效果有限，所以選用能夠長時間溶脹膠體，並透過毛細作用將黏著劑向上拉曳的泥敷法處理。畫箋的部分因為僅由單張紙托裱，黏著劑可以透過直接塗佈溶劑的方式溶脹後，利用下方壓力變化快速抽離，且膠漬並非位於媒材區域，不必擔心毛刷的塗佈可能造成媒材的損壞，所以該方式適用於畫箋上的膠漬。

泥敷法實際操作細節

首先於副葉下方襯墊聚酯片，此功能是為

了讓溶劑集中向上揮發，也便於事後的清潔所設置。本次選用具有高效吸濕與吸附溶劑能力的漂白土（Fuller's earth）作為泥敷材。我們將膠漬面朝上，並在膠漬四周建置約 1 公分高的粉末壩（圖 3、4），另外將一些漂白土倒入燒杯中，與本次用來溶脹黏著劑之溶劑充分混和。根據 Smith 的文章內容，⁴ 目前施作效果較佳的固體與液體體積比為：三份再多一點的漂白土對上兩份溶劑，這會調配出相對乾燥的泥敷劑，這個配方除了有良好的施作效果外，也可避免過多的溶劑向側邊擴散造成不必要的潮痕產生，又不至於太過乾燥而使整體泥敷劑附著力不足導致無法有效地將膠漬吸出。我們將調配好的泥敷劑鋪蓋於膠漬處（圖 5），並覆蓋聚酯片維持泥敷劑的濕潤度（圖 6），藉此提供膠漬溶脹的時間，待溶劑完全揮發後再將漂白土掃除。由於副葉表面紋理較為緻密，其上並無漂白土殘渣嵌埋而產生汙跡的情形，因此僅需以軟毛刷掃除即可，無須再搭配軟質的乙烯類橡皮擦或軟橡皮擦進行處理。上述步驟須重複多次以徹底移除膠漬。該方法在本次總體執行時間約為兩天。

輔以抽氣桌的直接塗佈法實際操作細節

畫箋膠漬面朝上，下方襯墊較薄的吸水紙，並將整體置於抽氣桌。除了膠漬處，其餘四周皆以聚酯片確實覆蓋，使抽吸力完全集中。使用尼龍筆刷沾取適量的溶液塗佈於膠漬處（圖 7），溶液的量不可過多，以免抽吸不及使溶液側向擴散導致不必要的潮痕產生。一旦下方的吸水紙已吸收足量的膠漬，就必須進行更換來維持高效的吸收力。（圖 8）上述步驟同樣也須重複多次以徹底移除膠漬。該方法在本次總體執行時間約為一至兩小時。

在畫箋回黏的考量上，由於畫箋本身僅托

裱單層紙張，又托紙尺幅略大於畫箋，原先以感壓性膠帶浮貼的方式固定於副葉上，導致多餘的托紙經長年累月的翻閱，已產生許多摺痕和破損，因此在膠帶與膠漬移除後，若以 V-hinge 或 T-hinge 這類同樣也是浮貼的方式回黏，畫箋上的物理性損壞仍有機會繼續產生，因此我們改以四周塗佈約 0.5 公分寬的薄糶糊，將畫箋裱貼於副葉上原始位置。（圖 9）

結語

自 1920 年跳脫醫療領域應用後，由於價格低廉、用途多元、使用方便等因素，感壓性膠

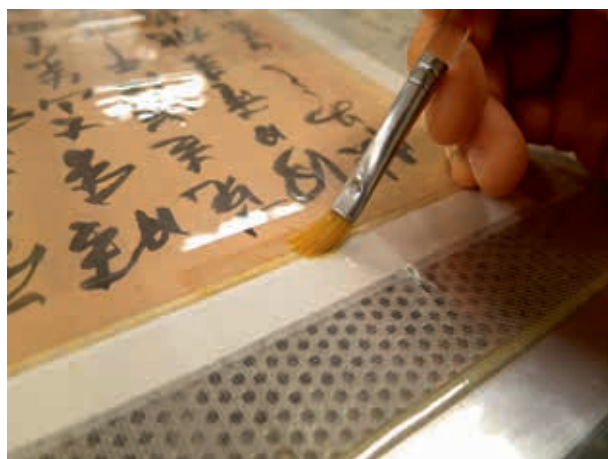


圖7 輔以抽氣桌的直接塗佈法操作情形 登錄保存處修護檔案紀錄

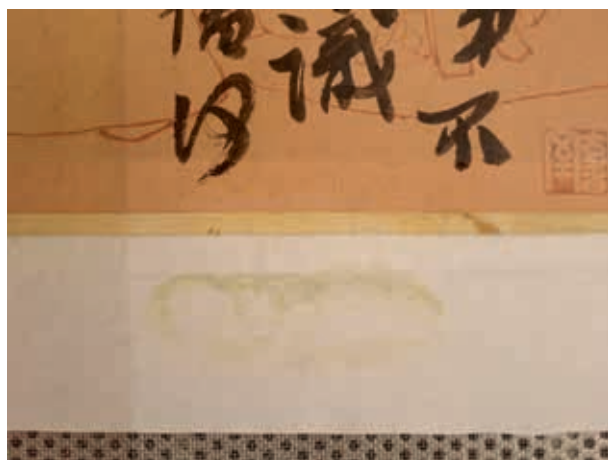


圖8 吸附於下方吸水紙之膠漬 登錄保存處修護檔案紀錄

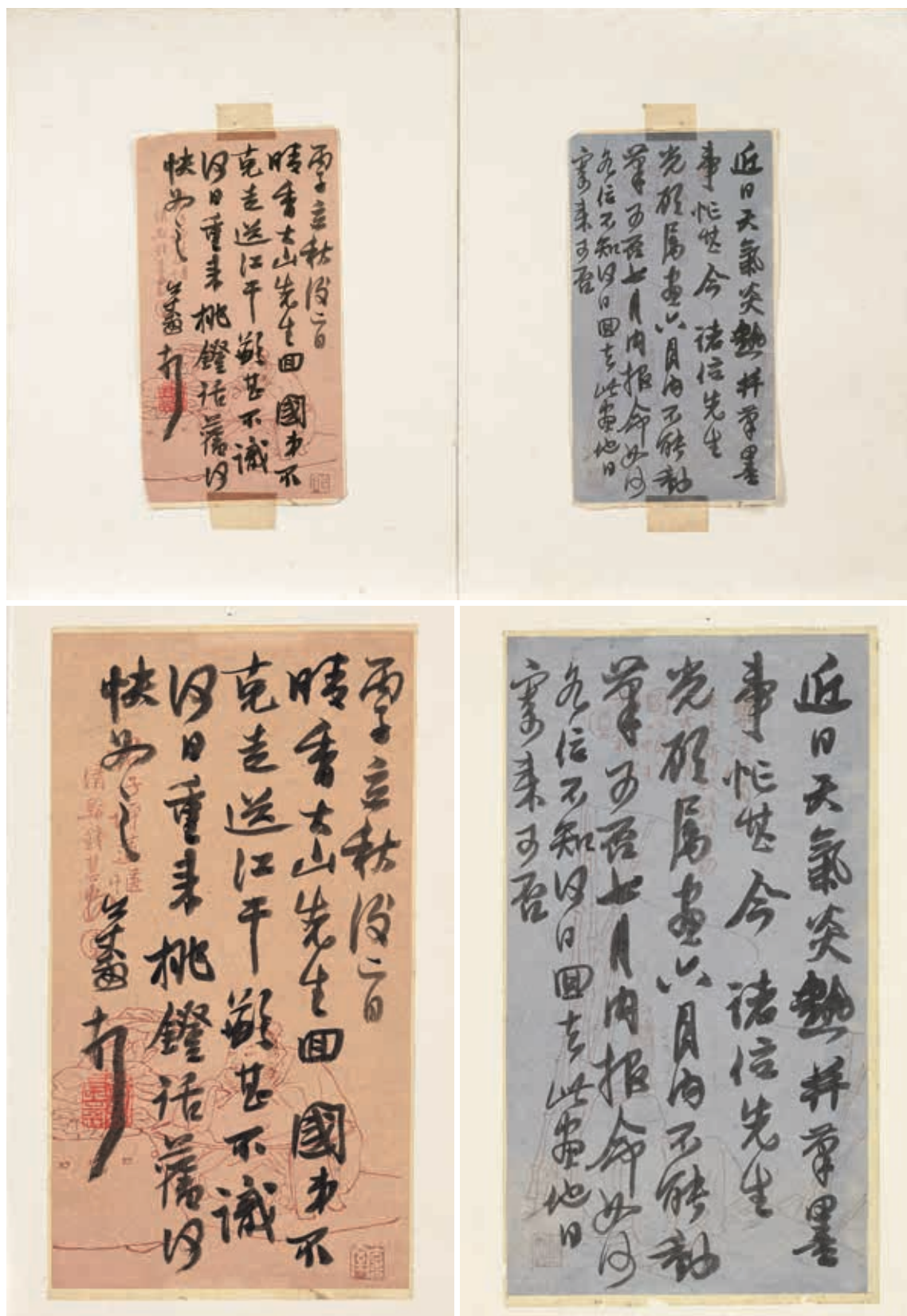


圖9 《山水花卉冊》感壓性膠帶移除前後比較 國立故宮博物院藏

表一 本次案例泥敷法與輔以抽氣桌之直接塗佈法比較

作者製表

	泥敷法	輔以抽氣桌之直接塗佈法
膠漬所在被黏物厚度	厚(副葉)	薄(畫箋)
所需專門材料或設備	泥敷材(漂白土)	抽氣桌
運作機制	毛細作用	平面下壓力驟減產生向下拉曳作用
潮痕生成狀況	無	過程偶有輕微生成但最終皆可移除
被黏物表面受筆刷摩擦程度	相對較小	相對較大
溶劑與膠漬反應觀察難易度	僅能在溶劑揮發並將泥敷材掃除後才可觀察	可直接觀察
執行時間	2 天	1-2 小時

帶在這相對短暫的時間裡徹底席捲世界，於此同時，在紙質物件上卻也衍生出許多棘手的問題。儘管院內舊時的收藏並未受其影響，但我們逐漸發現部分受贈或收購之藏品卻也面臨相同窘境。因此過往相對單純的書畫修護手段，如今在面對這些新興材料的情況下書畫修護實務變得更為複雜。不過移除感壓性膠帶在西方已有相當程度的系統化發展，使我們能快速地找到相對適切的方式，實際應用於書畫修護處理，然而任何針對感壓性膠帶的最終移除結果仍然是難以預料的，即使同樣都是「膠帶黏貼紙張」的情況，其中依舊存在變異，我們只能不斷的透過文章的蒐羅與比對大膽假設，並且根據藏品的實際狀況作考量小心求證，以期降低過程中的風險並達到最後預期的成果。正如同本次清胡遠《山水花卉冊》前副葉第一開與夾頁手札之膠帶移除的案例，我們因應個別狀況，選擇其一較適宜的方式進行膠漬移除，無論是泥敷法或者輔以抽氣桌的直接塗佈法，都能使受感壓性膠體劣化影響而產生半透明琥珀色漬痕之被黏物表面獲得顯著的改善，該副葉和畫箋紙經處理後已幾乎看不見原先嚴重的黃化漬痕。(表一)

作者為登錄保存處研究助理

註釋

1. Robert L. Feller and David B. Encke, "Stages in Deterioration: The Examples of Rubber Cement and Transparent Mending Tape," in *Science and Technology in the Service of Conservation: Preprints of the Contributions to the Washington Congress, 3-9 September 1982*, ed. N.S. Brommelle and Garry Thomson (London: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1982), 19-23.
2. Merrily A. Smith et al., "Pressure-Sensitive Tape and Techniques for its Removal from Paper," *Journal of the American Institute for Conservation* 23, no.2 (1984): 103.
3. Elissa O'Loughlin and Linda S. Stiber, "A Closer Look at Pressure-Sensitive Adhesive Tapes: Update on Conservation Strategies," in *The Institute of Paper Conservation: conference papers, Manchester 1992*, ed. Institute of Paper Conservation (London: Institute of Paper Conservation, 1992), 281.
4. Smith, "PSA Tape Removal from Paper," 110.

參考書目

1. Paper Conservation Catalog. "15. Hinge, Tape and Adhesive Removal." Accessed June 4, 2018. http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/15_hinge-tape-and-adhesive-removal.pdf.
3. Tengelin, Alexandra. "Removal of Pressure-Sensitive Labels for Library Application: A Study of the Use of Agar as a Solvent Gel." BA thesis, University of Gothenburg, 2017.

勘誤

本刊第 424 期頁 20 第三行「瀛州」，應為「瀛洲」；頁 82 圖 26 「民國」應為「清」。