

漆器文物修護之溶劑選用及其健康風險之探討

高 瑋*

摘要

在漆器文物的修護過程中，溶劑的使用被認為是具有相當高風險性的行為，特別是在受光侵害而產生性質改變的天然漆面，至今，許多研究、實驗和實務經驗觀察皆指出，非極性溶劑對光劣化漆面的損害潛在風險相對較小。文初概述天然漆的背景知識和材質特性，並說明光對天然漆面的影響，以及光劣化後所導致的溶劑反應變化，再進一步以「《內府泥金寫本藏文龍藏經》外護經板」、「黑漆文具盒」和「蒔繪扇盒」等修護案例為對象，討論不同漆器修護個案的溶劑應用。此外，本文透過漆器文物修護過程中常用有機溶劑之相關性質資料的爬梳，彙整各類溶劑可能引發的健康風險，希望能使文物修護師對有機溶劑可能產生的危害有更多的關注。



臺南市美術館
T A I N A N A R T M U S E U M

關鍵詞：漆器、修護、溶劑、健康風險、危害

* 國立故宮博物院登錄保存處助理研究員

Discussion on the Selection and Health Risks of Solvents for Conservation of Lacquerware Culture

Relics

Kao, Wei*

Abstract

Solvent application during the conservation treatment of East Asian lacquer object may have been regarded as a high-risk activity, especially the distinctive properties changing of lacquer surface by light damage. To date, many research, examination and empirical observation indicated that non-polar solvent has less potential danger of damaging the photodegraded lacquer surface. This paper begins by outlining the background of East Asian lacquer properties and gives the theories of light effect on lacquer surface and the consequent reaction of organic solvent. Then in combination with conservation cases from the “Outer protective cover planks of *Kangxi Kangyur*”, “Black lacquered stationery box” and “Maki-e fan case”, to discuss the solvent application in various treatment of lacquered object. Furthermore, this paper also introduces the commonly used organic solvents during the lacquered object conservation, and attempts to bring the attention of the health risks and hazard of employed solvents.

T A I N A N A R T M U S E U M

Keywords: lacquer ware, conservation, solvent, health risk, hazard

* Research assistant of Department of Registration and Conservation, National Palace Museum.

一、前言

從早期工藝技術製作流傳至今的傳統材料，至今科技進步而不斷推陳出新的現代人工合成材料，文物修護材料的選擇越來越多，修護師不僅要考量各個文物的製作材質、劣化狀況、修護目的和未來保存環境之差異，也必需熟知各種修護材料的材質特性與操作方法，才能對症下藥以做出最適當的判斷與選擇。

溶劑，其為一種可溶解其它物質之成份，通常為液體¹，文物對各種「溶劑」所反應出的敏感程度之差異，常常成為修護師選擇修護材料的關鍵。文物因製作材料的不同，其對各類溶劑的反應也不盡相同，像是以動物膠作為黏著劑的西方濕式貼金對水相當敏感，而以蟲膠作為保護漆材料的法式塗裝（French polish）傢俱則耐水，但卻能輕易被乙醇損害；以相同媒材製作的文物，可以藉由對材料的認識來初步判斷其對溶劑的反應，然而，有時候相同的材料在經老化後卻會使原有的溶解特性發生改變，像是 19 世紀開始作為油畫凡尼斯材料的達瑪樹脂（dammar），其多與松節油調和來使用，新鮮的達瑪樹脂塗膜僅能些微的被乙醇溶解，但其老化後便會變得易溶解於乙醇和丙酮等極性溶劑²。

在文物修護處理的過程中，修護材料也不乏有各種溶劑的介入，像是表面濕式清潔的清潔材料、加固黏合的加固劑（adhesive）、填補填料（filler）的結合劑（binder）、全色色料中的黏著劑（binder）或展色劑（vehicle），以及最後塗布以保護或裝飾表面的凡尼斯和保護漆等，其多數皆需要有溶劑的添加與調配才能讓材料的機能得以發揮。正因為如此，文物修護工作實際執行前所進行的溶劑測試至關重要，修護師需藉由測試結果來了解不同溶劑對文物本身與欲移除物的敏感與反應程度，再以不會傷害文物本體之溶劑作為後續修護材料的選擇範圍。

綜合以上論述，可以發現文物媒材與溶劑之間的反應，不僅需要有材料學作為知識的基礎，以了解材質的特性與其未來的老化狀況，還要在實際執行修護動作前審慎地進行溶劑測試，來確認文物對各種溶劑的敏感度，此外，還需持續不斷的累積實務經驗與更新知能，才能在修護材料選擇時有較全面且適切的判斷。本研究將以漆器文物為範疇，探討漆器文物修護時所面對的溶劑選擇之考量，藉由幾件修護案來討論不同案例在實際執行處理時的修護思維與概念，並進一步歸納出漆器文物修護常用溶劑之健康風險，讓修護人員在照護文物的同時也能對自身的健康安全有所警覺，以期此研究初探得以作為日後漆器文物修護工作之參考。

¹ 國家教育研究院—雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網：溶劑，2021.01.18 點閱。

² Ulrich Weilhammer, *Binding Media and Adhesive* (Handout for the 'Binding media and adhesives' class, TNNUA, 2004-2006), 54.

二、漆器與溶劑

自古以來「天然漆」即是一種相當良好的材料，其不僅可以作為接著物品的黏著劑，更是保護與美化器物的塗料。然而，天然漆在漆器文物上所表現的眾多優異特質，常常經時光歲月的推演、存放環境的波動與人為使用的方式而有所耗損、劣化與改變，因此文物修護師在著手修護漆器文物與考慮其適用溶劑之前，應先對賦予漆器主要特質的製作媒材「天然漆」有基本的認識，並進一步了解天然漆面的溶劑特性，以對修護溶劑的選擇有更周全的考量。

（一）關於天然漆

《說文解字》釋漆：「漆，木汁。可以髹物，從木，象形，漆如水滴而下也。凡漆之屬皆從漆。³」，可知「漆」是樹液，其藉由割劃漆樹的樹皮層來採集。漆樹科 (*Anacardiaceae*) 植物約有 80 屬和 600 個品種，但僅有少數品種植物所生產的樹液能夠作為天然漆使用，分別是分布於日本、中國和韓國的 *Rhus vernicifera*，臺灣和越南的 *Rhus succedaneas*，以及泰國和緬甸的 *Melanorrhoea usitata*。將採集到的漆液經過不同程度的過濾、精緻與加工過程，或添加色粉、油類等不同材料，便可製成各式的天然漆，如生漆、透漆、梨地漆和色漆等等。



圖 1 漆酚的主要化學構造之一：三烯漆酚，根據鄰苯二酚衍生物側鏈上雙鍵數目的不同，可分為飽和漆酚、單烯漆酚、雙烯漆酚和三烯漆酚。

引自：翁徐得〈漆是什麼？〉，《繽紛漆彩：臺灣漆工藝文化》，南投草屯鎮：臺灣工藝研發中心，(2013)：6 頁。

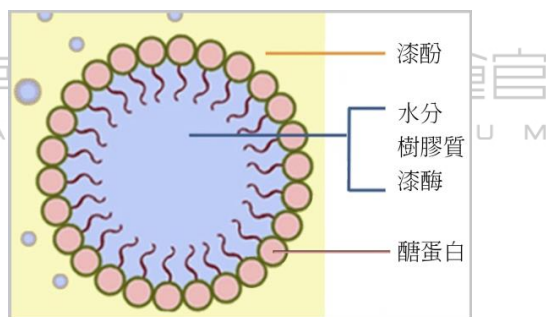


圖 2 漆液圖說

作者重新製圖，圖片參考自：張飛龍，《中國髹漆工藝與漆器保護》，北京：科學出版社（2010），248 頁。

漆液是非均質液體，其由 60-65%漆酚（鄰苯二酚衍生物 pyrocatechol derivatives）（圖 1）、20-30%水、5-7%樹膠質（醣類 carbonhydrates）、2-5%醣蛋白（glycoproteins）和約 1%的漆酶（laccase）所組成。在顯微鏡下，可以觀察到漆液是油包水乳液（water in oil, W/O）（圖 2），屬油相介質的是所佔比例最大的

³ 國家研究院—教育部異體字典網站：漆，2021.02.25 點閱。

漆酚，其結構與名稱依樹種來源而有所不同，Urushiol、Laccol 和 Thitsiol（圖 3）是分別來自於 *R. vernicifera*（日本、中國和韓國）、*R. succedaneas*（臺灣和越南）和 *M. usitate*（泰國和緬甸）所產之漆液中的漆酚；而漆液中屬水相介質的有水分子、樹膠質、醣蛋白和漆酶，其形成水球狀並分散於漆酚中。

一般化學合成塗料的乾燥原理

大部份是藉由溶劑的揮發形成塗膜，然而，天然漆則是藉由分子的聚合形成塗膜，因此應以「固化」稱之較為適當。天然漆較常見的固化方式為常溫固化，環境需求為溫度 $24^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 和相對溼度 55%-85% 之間，固化過程初期主要是漆酶的催化作用，其促使漆酚發生聚合反應，爾後漆酚側鏈進一步發生自動氧化聚合反應，形成非常

牢固的交聯網絡結構，並隨著交聯程度的增加使其分子網絡變得更加堅實。影響天然漆固化的因素眾多，包括環境溫溼度、漆液採收季節、天然漆的成分差異與漆酶活性等，一般而言，漆膜達到完全固化狀態需要近二個月的時間⁴，且即使被認為已經固化或硬化的漆膜，由於其中仍存在著許多反應位（reactive sites），因此有一些反應會持續發生。

（二）天然漆面的溶劑特性

天然漆是天然的高分子複合材料，具有特殊的結構與固化成膜機制，在交聯反應（cross-linked systems）下使分子聚合形成堅硬、光澤且耐用的塗膜，其非重複性聚合物交聯結構（non-repeating polymeric crosslinked structure）為固化完全的漆膜提供了出色的物理性和化學穩定性⁵。漆膜的分子網絡會隨著交聯程度的增加而變得更加堅實，從而降低了溶劑的溶脹作用（swelling），也提高了玻璃轉化溫度，使漆膜具有不溶於溶劑與耐酸鹼等優異特質。由於天然漆固化反應所形成的漆膜為不可逆性，因此被歸類為熱固性聚合物⁶。許多考古與傳世的漆器文物得以倖存，部分原因可歸功給天然漆本身傑出的穩定性。



圖 3 不同種類的漆酚之化學結構。

引自：翁徐得〈漆是什麼？〉，《繽紛漆彩：臺灣漆工藝文化》，南投草屯鎮：臺灣工藝研發中心，（2013）：6 頁。

⁴ Otto Vogl, "Oriental Lacquer, Poison Ivy, and Drying Oils." *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry* 38 (2000): 4332.

⁵ Marianne Webb, *Lacquer: Technology and Conservation- A Comprehensive Guide to the Technology and Conservation of Asian and European Lacquer* (London, Oxford: Butterworth- Heinemann, 2000), 9.

⁶ Carolyn Mcsharry, Rupert Faulkner, Shayne Rivers, Milo S.P. Shaffer, and Tom Welton, "The Chemistry of East Asian Lacquer: A Review of the Scientific Literature." *Studies in Conservation*, vol 52 (2007): 30-35.

漆器的優異特質會隨著劣化因子的影響而逐漸喪失，尤其「光」的侵害更是影響甚鉅，使其化學和物理特質皆有所改變。漆膜的光劣化皆是從受光的漆面為始，其之所以對光敏感，是因為漆酚高分子聚合物結構中的芳環及側鏈雙鍵屬光敏基團，光敏基團對光有很強的吸收，並會進一步造成鍵和分子的斷裂⁷，被光能量截斷的聚合分子會變成更小的分子和具高極性的基團，如羰基（carbonyl, C=O）、羥基（hydroxyl, -OH）、過氧氫（hydroperoxy, -OOH）和羧酸（carboxylic acid, -COOH）等。光劣化所導致的化學特質之改變，不僅使漆

膜變得對水和乙醇等類的極性溶液敏感，也使其酸鹼值降低，進而失去了原有的不溶於溶劑和耐酸鹼之特質⁸；而在物理特質之改變，主要是使原本光亮如鏡面般的漆膜產生微裂痕（micro-cracks）（圖 4）而變的黯淡無光，微裂痕的產生將進一步使漆面的粗糙程度增加，變得更親水、更容易吸引髒污，也使漆面具滲透性，讓水更容易滲透到漆膜和地仗層中，而隨著光劣化程度的加劇，微裂痕也會逐漸加深並使漆膜粉化與裂解⁹。

天然漆面在光的侵害下改變了對水分、有機溶劑和酸鹼物質的敏感性，於 Carolyn McSharry（2011）等人之研究也進一步指出有機溶劑對光劣化漆面的影響，其二個階段的實驗¹⁰統計了漆膜對測試溶劑的溶脹、浸出（leaching）和吸收率，並以測試溶劑擦拭漆膜表面來觀察其所造成的影響。綜合實驗結果指出，當

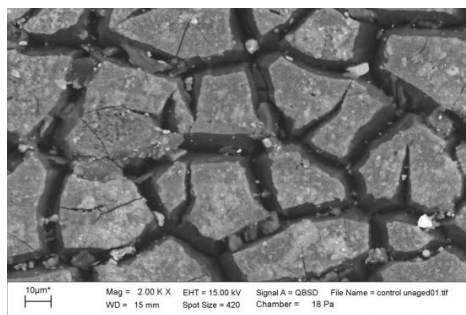


圖 4 微裂痕天然漆面（2000 倍放大）。
引自：Brenda Keneghan. “Developing a Methodology for the Artificial Ageing of Urushi and a Preliminary Examination of Urushi-based Conservation Options.” *East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation*. Archetype Publications (2011): 57.

⁷ 張飛龍，《中國髹漆工藝與漆器保護》，北京：科學出版社（2010），296 頁。

⁸ Nanke Schellmann, *Aqueous Cleaning of Photodegraded Oriental Lacquer- A Preliminary Examination of the Effect of pH and Ionic Concentration on Gloss and Colour*. (Master of Arts thesis, 2003), 15.

⁹ Emma Schmucke, “An Investigation into the Cleaning of Red Lacquer.” *East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation*. Archetype Publications (2011): 175.

¹⁰ 第一階段實驗以新鮮固化和三種方式老化（自然日光老化 500 小時、紫外光模擬日光老化 3500 小時和汞鎢燈老化 2000 小時）的漆膜為樣本進行「溶劑浸入」和「動力學蒸氣吸附（dynamic vapour sorption）」實驗；第二階段實驗以未老化、自然老化（19 世紀日本屏風的漆外框架）和人工老化（汞鎢燈老化 2000 小時、氬弧燈老化 3500 小時）漆膜為樣本，以掃描式電子顯微鏡（Scanning electron microscopy /SEM）觀察在蘸取測試溶劑之棉花棒於樣本表面滾動擦拭的前後變化。

溶劑藉由擴散作用進入到漆膜的交聯體系中，並產生一定程度的溶脹時，便會產生溶劑與漆的相互反應，而當漆面的劣化程度越大，會使溶解度參數越偏向極性區域，極性溶劑所造成的影響也最為嚴重；相較之下，非極性溶劑對漆膜較無危害，烷烴（alkanes）溶劑其對漆酚分子或其它水溶性成分的親和力低，不會引起漆膜的溶脹，於老化漆膜表面擦拭後也未觀察到裂紋加劇的情況；而芳香烴（aromatic）溶劑的表現與烷烴溶劑結果相似，雖然實驗過程顯示長期暴露於溶劑下還是會與漆膜發生作用，但在擦拭老化漆膜表面後並無發生損害¹¹。

三、漆器修護溶劑選擇考量

漆膜的開裂、起甲、隆起、斷裂和缺失，以及漆面刮傷、凹陷、失去光澤或鑲嵌物鬆動掉落等，皆是修護人員在漆器文物上常發現到的劣化狀況，這些損傷形成的原因有很多，也可能並非由單一因素所造成，其包括了收藏環境的不佳、製作過程材料選擇與做工技術的不良、人為使用習慣或持拿方式的不當等等。一般來說，加固漆器文物其鬆動、起甲或斷裂的漆膜或構件，是穩定文物狀態的必要處理；而進一步於漆膜缺失處的填補和漆面的全色，則是應依據不同文物的需求來評估其執行的必要性。然而，在所有修護處理的介入前，都應先仔細觀察以了解文物本身的狀態，其中，漆面的狀況更是牽動著大部分的處理步驟之操作與修護材料之選擇。

對於天然漆的特質和受光侵害之漆面所發生的性質變化，於上一章節已經有所論述，而在此理論基礎之上，依據每件文物個別狀況的差異，其於修護實務處理過程中還是有不同的考量。本章節將以漆器文物修護中的環節——「溶劑選擇」作為探討焦點，並以幾件漆器文物為討論案例，分別為「《內府泥金寫本藏文龍藏經》外護經板」、「黑漆文具盒」和「蒔繪扇盒」，針對以上文物各式劣化狀況的修護處理進一步論述，以作為本章於溶劑選擇思維的討論範疇。

（一）漆面全色

漆面全色處理的目的，通常是為了消弭因漆膜缺失而造成的視覺觀賞阻礙與美學價值減損，於實務操作上往往是在漆膜缺失處填補，並於修整好的填補材料表面施加全色顏料。對於漆面全色顏料的選擇，其與填補材料之間的適宜性可能是直覺上最首要之考量，但由於填補材料的周圍總是緊鄰著文物漆面，所以還是需將漆面的劣化特性一併列入評估，也正因為如此，修護師必需預先設想漆面未

¹¹ Carolyn McSharry, Rupert Faulkner, Shayne Rivers, Milo S.P. Shaffer, and Tom Welton. "Solvent Effects on East Asian Lacquer (*Toxicodendron Vernicifluum*).” *East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation*. Archetype Publications (2011): 74.

來可能發生的危害與改變，應考慮到其易受光侵害和光劣化漆面對極性溶劑敏感程度之特性，因此，無論正在著手之漆器文物的漆面是否存在著光劣化的病徵，還是建議使用能以非極性溶劑調和與移除的全色顏料為佳。



圖 5 《龍藏經》與其裝潢配件。

引自：Google Arts & Culture 網站：國立故宮博物院-《龍藏經》藝術之美，2020.04.20 點閱。



圖 6 《龍藏經》上下外護經板之裝幀位置。引自：Google Arts & Culture 網

站：國立故宮博物院-《龍藏經》藝術之美，2020.04.20 點閱。



圖 7 《龍藏經》裝幀完全之樣貌。

引自：Google Arts & Culture 網站：國立故宮博物院-《龍藏經》藝術之美，2020.04.20 點閱。



圖 8 《龍藏經》外上護經板。

作者攝影。

國立故宮博物院（以下簡稱故宮）院藏《內府泥金寫本藏文龍藏經》（以下簡稱《龍藏經》）為奉清康熙皇帝祖母孝莊皇太后欽命御製之藏傳佛教法典，費時二年，於康熙八年（1669 年）完成，共 108 函，每函重約 50 公斤，其包括書寫經文的磁青箋經葉各 300 至 500 餘葉不等，以及保護、綑紮經葉的裝潢配件。裝潢配件從內到外共 11 層（圖 5），是於經葉上下夾以護葉、枕墊和內護經板等，並以 3 層經衣包裹，爾後夾以上下外護經板，再以五彩綢經帶綑束（圖 6），最後於最外層裹以黃棉被經衣（圖 7）。本案修護處理的對象為上下外護經板（圖 8），其為實心木胎朱漆板塊，尺寸縱約 36 公分、橫約 92 公分、厚約 5.5 公分，由於在原裝潢中位於相對外層，因此可以發現劣化狀況大部分發生在邊緣和四角處，

並多為外力碰撞所造成的漆膜開裂、起甲和缺失。

外護經板原來的作用是保護經葉和內護經板，是以功能性為重，而於今日作為博物館典藏品，其表面以梵文蘭札字體和梵文轉寫字呈現的禮敬文及咒語、富於象徵意涵的噴噐摩尼寶珠和莊嚴獸面等圖像，以及髹漆、戩金和雕刻彩繪的製作工藝技術，皆重新權衡了外護經板的核心價值，使其美學價值大於原本的功能性價值，在此考量下決定執行的修護處理項目有加固、填補和全色：「加固」是為使起甲和鬆動的漆膜回到穩定的狀態，「填補」是避免邊角破損的漆膜於持拿和搬運中勾損以造成再次損傷，而「全色」是為了完整文物本身的美學價值，並減少觀者於欣賞時所產生的視覺阻礙。

《龍藏經》外護經板所選擇使用的全色顏料為 GOLDEN® MSA Conservation Paints (以下簡稱 MSA 顏料)，其原料為礦油精基底的壓克力樹脂 (mineral spirit-based acrylic)，並於老化實驗中表現出良好的耐光性，不易變色¹²，且不會改變對白油溶劑 (white spirit)¹³ 的溶解特性¹⁴，顯現了良好的移除性與可逆性特質；而在全色實務應用中，可以使用礦油精 (mineral spirits)¹⁵ 或大於 6% 芳香烴物質含量的石油溶劑進行操作，於塗膜乾燥後也能輕易地以礦精或松節油移除¹⁶。MSA 顏料的各種特性不僅符合漆器修護考量之需求，於塗膜乾燥後也能略為調整光澤度，使全色塗膜與經板漆面達到相近質感的效果 (圖 9、圖 10)。



圖 9 修護前
作者攝影。



圖 10 修護後
作者攝影。

¹² Michael O'Malley. "Review of Samples from the 1994 CCI Workshop "Varnishes: Authenticity and Permanence" after 15 Years of Natural Ageing." *Journal of the Canadian Association for Conservation*, vol. 35 (2010): 6.

¹³ White spirit 之化學名詞以「白油溶劑」稱之。國家教育研究院—雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網：white spirit，2021.04.09 點閱。

¹⁴ Elzbieta Szmit-Naud. "Research on Materials for Easel Painting Retouches: Part 2." *The Picture Restorer* 24 (2003): 3.

¹⁵ Mineral spirit 之化學名詞以「礦油精」稱之。國家教育研究院—雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網：mineral spirit，2021.04.09 點閱。

¹⁶ Golden Artist Colors 網站，2021.03.15 點閱。

（二）光劣化漆面加固

漆器的表面髹飾技法眾多，於明代漆工黃成所撰寫之《髹飾錄》便已歸納出 14 門類共 200 多種品項，無論典雅的單色髹塗或華貴的螺鈿鑲嵌，還是實用性的漆碗或觀賞性的漆畫，多數髹飾技法的作業程序皆少不了最後一道「推光」工序，目的使漆面如沉入水中般明澈，將其光澤度提升至淋漓盡致，以致於漆器特有的「光澤」成為其重要的美學價值之一。因此，面對受光侵害所致的漆面光澤消退之狀況，東西方修護師皆曾嘗試運用自身熟悉的材料，試圖修護微裂痕遍布的漆面，以期望回復原有的光澤度。

西方常用於繪畫與傢俱的保護漆材料如天然樹脂、油性凡尼斯和蠟，早期曾被運用在光劣化漆面的修護上，但其隨著時間推演已發現到後續產生的各種問題與劣化狀況¹⁷。天然樹脂如蟲膠、山達脂、松脂等會隨著時間而黃化變暗，使其遮蔽原有的漆面，而部分天然樹脂老化後變得僅溶於偏極性溶劑之特質，將造成未來移除時對漆面的危害；油性凡尼斯亦有黃化問題，且難以溶解於大部分的溶劑；而蠟不僅難以完全移除，其與其它材料結合性不佳的特性，將侷限了未來修護材料的選擇。在科技日新月異的發展下，現今的修護師有了人工合成樹脂的選擇，於耐光性佳、不易變色黃化，且適用於非極性溶劑等考量下，可溶於芳香烴溶劑如甲苯、二甲苯的壓克力樹脂 Paraloid® B-72 和脲醛樹脂 Laropal® A81，以及亦可溶於脂肪烴（aliphatic）溶劑如礦油精的氫化碳氫化合物樹脂 Regalrez® 1126，皆是光劣化漆面修護處理的選擇¹⁸。

東方承襲了漆器的歷史脈絡與工藝技術，早在《髹飾錄》的第十八章〈尚古〉便有「補綴」之描述，而早期漆藝師以傳統工藝技術修補破損漆器，至今日修護人員引漆器製作步驟進一步改良的「固漆¹⁹」和「擦漆²⁰」修護光劣化漆面，皆顯示了天然漆在東方漆器修護的重要地位。固漆，是蒔繪漆器的製作步驟之一，運用於微裂痕漆面修護時旨在穩定漆面而不影響外觀，操作方法是將過濾、稀釋的天然漆塗布於漆面上（圖 11、圖 12），稀釋天然漆的溶劑應選擇低揮發的非極性溶劑，以助於滲透於微裂痕中，而待滲透後以拭鏡紙擦除未被吸收的漆液，並

¹⁷ Marianne Webb, *Lacquer*, 64.

¹⁸ Catherine Coueignoux. "The Effects of Conservation on the Appearance of Powdery Pigmented Japanese Lacquer Surface." *East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation*. Archetype Publications (2011): 138.

¹⁹ 日文稱「漆固め」，英文稱「urushi-gatame」，為了增加蒔繪金屬顆粒與彼此和漆面的黏結力，於是在金屬顆粒撒佈構成的紋樣上塗布稀釋天然漆，待滲透後將未被吸收的漆液擦除，使其僅留滯於金屬顆粒間。

²⁰ 日文稱「摺漆」，英文稱「suri-urushi」，是以細緻衣布於漆面擦拭上數層天然漆，填補其細微的不平整，使漆面平滑並具高光澤度。



圖 11 將天然漆過濾，再與溶劑調稀釋。作者攝影。



圖 12 將稀釋天然漆塗布於漆面上。作者攝影。



圖 13 用蘸有溶劑的拭鏡紙均勻擦拭漆面。作者攝影。



圖 14 黑漆文具盒。作者攝影。

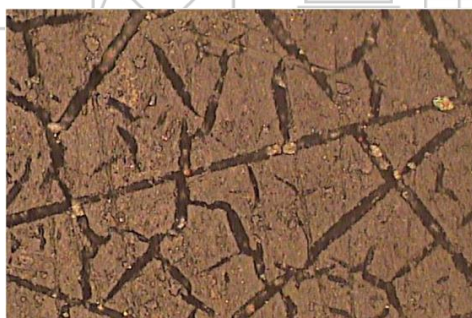


圖 15 盒蓋微裂痕狀況（500 倍放大）。作者攝影。

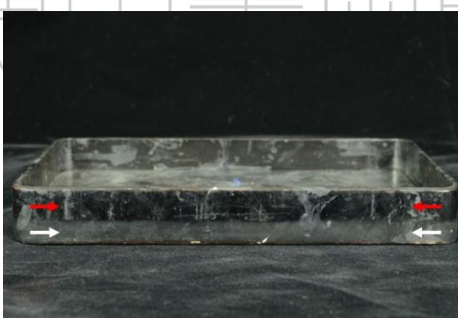


圖 16 上半部未受光侵害（紅色箭頭），下半部具光劣化狀況（白色箭頭）。作者攝影。

再次以蘸取溶劑的拭鏡紙均勻擦拭漆面（圖 13），此時用來移除天然漆的溶劑應選擇高揮發的非極性溶劑，使滲入的漆液不易被重新溶解出來，最後再放入蔭箱固化。擦漆，通常是漆器製作的最後工序，其修護處理步驟與固漆最大的差異是「不」使用溶劑移除未被吸收之漆液，使極薄的天然漆均勻的覆於漆面上²¹。二

²¹ Yoshihiko Yamashita and Shayne Rivers. "Conservation of the Photodegraded Surface of the Mazarin Chest." East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation. Archetype

種處理皆可重複疊加，並隨塗布次數增加而提高天然漆濃度，重複疊加的固漆處理可填補微裂痕之縫隙，而擦漆處理則是更進一步增加了整體塗膜之厚度。

在「黑漆文具盒」的實驗案例²²中，是以光劣化的盒蓋為自然老化樣本，探討微裂痕漆面的固漆和擦漆修護處理技法。文物尺寸為長 23.5 公分、寬 15.8 公分和高 3.4 公分（圖 14），盒蓋黑漆漆面略偏灰色且光澤度低，於顯微鏡下可見漆面遍布微裂痕（圖 15），其為漆面受光侵害的典型劣化特徵，相較於有盒蓋覆蓋的盒身側壁上半部，因較少受光線照射而呈飽和度與光澤度高的黑色，並與側壁下半部的光劣化漆面表現出明顯差異（圖 16）。實驗所需的樣本由裁切盒蓋而來；於天然漆的選擇，應考慮到不同種類天然漆的特性，為取生漆的易乾性佳和透漆的透明度高、耐光性佳之優點，將透漆/生漆以 9:1 比例調配成混合漆液；於溶劑的選擇，應以與天然漆結合性佳並有助於其形成均勻塗膜為條件，參考 Yoshihiko Yamashita 的實驗結果²³選擇使用 SolvessoTM 150²⁴和 ExxsolTM DSP 80/100²⁵，分別作為稀釋天然漆的低揮發溶劑和固漆步驟中用以擦除天然漆的高揮發溶劑。固漆和擦漆的樣本分別以混合漆液/ SolvessoTM 150（w/w）之調和溶液進行一次、二次和三次的塗布，混合漆液所佔比例隨塗布次數漸增，溶液比例與執行步驟如表 1。

表 1 固漆和擦漆塗布處理操作步驟說明

| 方法 | 固漆 | | | 擦漆 | | | 使用材料 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------|
| 塗布次數 | 1 次 | 2 次 | 3 次 | 1 次 | 2 次 | 3 次 | |
| 執行步驟 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 混合漆液：Solvesso TM 150 |
| | 擦拭 | 擦拭 | 擦拭 | 擦拭 | 擦拭 | 擦拭 | Kimwipes 拭鏡紙 |
| | 擦拭 | 擦拭 | 擦拭 | --- | --- | --- | Exxsol TM DSP 80/100 |
| | 固化 | 固化 | 固化 | 固化 | 固化 | 固化 | 蔭箱固化一周 |
| | | 1:4 | 1:4 | | 1:4 | 1:4 | 混合漆液：Solvesso TM 150 |
| | | 擦拭 | 擦拭 | | 擦拭 | 擦拭 | Kimwipes 拭鏡紙 |
| | | 擦拭 | 擦拭 | | --- | --- | Exxsol TM DSP 80/100 |
| | | 固化 | 固化 | | 固化 | 固化 | 蔭箱固化一周 |
| | | | 1:2 | | | 1:2 | 混合漆液：Solvesso TM 150 |
| | | | 擦拭 | | | 擦拭 | Kimwipes 拭鏡紙 |
| | | | 擦拭 | | | --- | Exxsol TM DSP 80/100 |
| | | | 固化 | | | 固化 | 蔭箱固化一周 |

Publications (2011): 218.

²² 高瑋，《微裂痕天然漆面之修護處理方法比較》，國立臺南藝術大學博物館學與古物維護研究所碩士論文（2015），31-102 頁。

²³ Yamashita, and Rivers. “Conservation of the Photodegraded Surface of the Mazarin Chest.”: 222-226.

²⁴ SolvessoTM 150 為 ExxonMobil Chemical 埃克森美孚化工生產之溶劑，初沸點為 180°C，終沸點為 205°C，芳香族化合物含量為 99%。購自臺灣代理進口商臺灣盛世國際化學有限公司。

²⁵ ExxsolTM DSP 80/100 為 ExxonMobil Chemical 埃克森美孚化工生產之溶劑，初沸點為 85°C，終沸點為 102°C，芳香族化合物含量為 0.1%。購自臺灣代理進口商臺灣盛世國際化學有限公司。

於「黑漆文具盒」的實驗結果指出，固漆和擦漆的樣本在接觸角、色差值和光澤度皆有所提高。接觸角數值的提高，推斷是二種處理加固和隔離了原始具高極性基團小分子的表面，因此對水的濕潤性降低，其揭示二種處理皆有助於改善漆面對水的敏感度；光澤度的提升，是因二種處理都有助於微裂痕的填補，使漆面成為較良好的折射面，而擦漆能進一步在整體漆面均勻地覆上新塗膜，以致於擦漆提升光澤度之效果較固漆更為顯著；天然漆本帶褐色是色差值提高的主因，漆面保留的天然漆越多則色差值越大，因此擦漆對外觀的影響程度比固漆較大，隨塗布次數的遞增也導致色差值有更多的變化²⁶。而 Judith Thei (2016) 等人之實驗進一步使用掃描式電子顯微鏡 (VP-SEM) 和輪廓儀 (VSI profilometer) 測量微裂痕，以了解不同的固漆和擦漆方法處理樣本²⁷於人工老化²⁸前後的變化，研究結果指出，未處理樣本老化後分別有約 65% 的微裂痕增加寬度、約 93% 增加深度，固漆二次和擦漆二次的塗布處理樣本之老化結果與未處理樣本非常相似，而相較之下，老化後的擦漆三次和以未稀釋天然漆擦漆二次之塗布處理樣本，其表面的微裂痕皆較少有加寬和加深的狀況產生²⁹。

綜合以上結果，可歸納出固漆對文物表面的外觀影響最小，保護力相對也較低，但其有助於減少對水分的敏感度之效果，或許較適合作為微裂痕漆面修護的前處理，不僅可初步的穩定漆面狀況，也可於後續修護過程中增加較親水修護材料的選擇；而擦漆雖然對文物表面的色澤與光澤度影響較大，但於二次至三次的塗布處理可以有較好的保護效果。以天然漆作為微裂痕漆面的修護材料，其與文物本身的製造材料、劣化樣態皆相似，因此未來可選擇以相同方式進行修護，有較高的「再處理性」；但由於天然漆為不可逆之材料，因此在實際執行前必需有全面性的謹慎評估，例如天然漆可能對文物造成的外觀變化、文物是否適宜置入較高相對濕度環境中固化，以及修護師對天然漆的掌控能力等等。

(三) 漆面裝飾加固

漆器是天然漆與眾多材質各異的材料共同建構而成的複合媒材器物，於漆面上經常可見各式五彩斑斕、珍貴華美的材料，如《髹飾錄》第七章〈填嵌〉記述

²⁶ 高瑋，《微裂痕天然漆面之修護處理方法比較》，101-102 頁。

²⁷ 自然老化樣本取自於 19 世紀日本屏風的漆外框架；固漆樣本是於自然老化樣本表面分別以天然漆/溶劑 (w/w) 進行 1:6 和 1:4 的二次塗布；擦漆樣本有三種塗布方式，分別為：(1) 1:4 和 1:4 的二次塗布，(2) 1:4、1:4 和 1:2 的三次塗布，(3) 以無稀釋天然漆進行二次塗布。

²⁸ 以氬弧燈老化試驗機老化 6 周。

²⁹ Judith Thei, Shayne Rivers, and Ambrose C. Taylor. "A Preliminary Examination of Urushi-based Conservation Options for the Treatment of Photodegraded Japanese Lacquer Using Scanning Electron Microscopy and Profilometry." *Studies in Conservation* 61, supplement 3 (2016): 145-146.

道：「螺鈿，一名蚶嵌，一名陷蚌，一名坎螺，即螺填也。³⁰」，又記：「嵌金、嵌銀、嵌金銀。右三種，片、屑、線各可用。³¹」而在第十二章〈煊爛〉更提到：「百寶嵌，珊瑚、琥珀、瑪瑙、寶石、玳瑁、螺鈿、象牙、犀角之類，與彩漆板子錯雜而鑄刻鑲嵌者，貴甚。³²」從以上文獻敘述可發現，漆面的裝飾素材多樣，其依裝飾技法的不同而各有表現，並與天然漆相互輝映巧妙結合，其與天然漆截然不同的光澤、顏色和質地，更增添了漆器的風采。



圖 17 金屬片起甲。作者攝影。



圖 18 金屬片佚失。作者攝影。

此類文物常見的劣化狀況是鑲嵌物鬆動、起甲和遺失，主要是異材質隨相對濕度變化而引發的體積收縮不一致所導致。一般而言，相對濕度的波動對木材和漆層的體積收縮變化有較大的影響，卻對鑲嵌物常見的材質如金屬、玉石和螺鈿的影響較小，長期的相對濕度波動將使二者體積差異收縮頻繁的發生，並進一步弱化、破壞彼此之間的黏合，最終使鑲嵌物從漆面上鬆脫、掉落。在「蒔繪扇盒」的上蓋表面可以發現上述的劣化狀況，表面的牡丹與菊花紋樣金屬片有起甲狀況（圖 17），其邊緣還有進一步發生變形和折曲，而部分金屬片的佚失，也使原本的金色圓畫紋樣留下了如殘影般的黑漆層（圖 18）。

此件「蒔繪扇盒」為清宮舊藏文物「嵌金銀絲古折摺扇」的收納盒，尺寸長 27.2 公分、寬 11 公分和高 5 公分，表面以平蒔繪、高蒔繪和切金等技法相互搭配，髹飾多種富含吉祥寓意的植物紋樣（圖 19）。盒蓋的劣化狀況除了有上述提及的金屬片起甲和佚失之外，於肉眼或放大鏡檢視下還可以發現表面有局部的磨損和擦刮痕，以及疑似因外力碰撞所致的邊角漆層損壞和缺失，其皆不影響文物整體的穩定性。然而，在低倍率顯微鏡的檢視下卻進一步發現漆面遍布著微裂痕，部分較嚴重區域伴隨著漆層隆起和缺失（圖 20），而梨子地的金屬箔也因失去表層漆膜的完整保護導致灰白色氧化物生成（圖 21）。相較於起甲金屬片之下的漆面，其長期受金屬片的覆蓋和保護而降低了暴露於光線下的機會，如今依然平滑

³⁰ 長北，《髹飾錄析解》，江蘇美術出版社（2017），173 頁。

³¹ 長北，《髹飾錄析解》，174 頁。

³² 長北，《髹飾錄析解》，184 頁。

晶透的漆面與金光熠熠的梨子地金屬箔，其與受光侵害的晦暗漆面呈現鮮明對比（圖 22）³³。



圖 19 蒔繪扇盒盒蓋。作者攝影。



圖 20 微裂痕、漆層隆起與缺失（153 倍放大）。作者攝影。

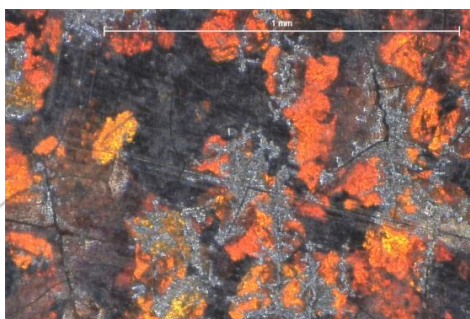


圖 21 梨子地的光劣化（223 倍放大）。作者攝影。

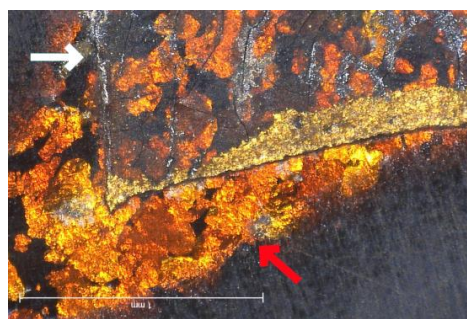


圖 22 未受損的梨子地（紅色箭頭）和光劣化的梨子地（白色箭頭）（151 倍放大）。作者攝影。



圖 23 修護前。作者攝影。



圖 24 修護後。作者攝影。

此次「蒔繪扇盒」是以處理較為危急的起甲金屬片為送修目的，由於金屬片極薄且起甲狀況嚴重，為了避免日後進一步的劣化使金屬箔佚失，或是因搬運持拿的碰觸而折曲變形，金屬箔的加固是為首要的修護處理項目；而針對漆面光劣

³³ 高瑋，〈可見與不可見的漆器劣化——以國立故宮博物院藏「蒔繪扇盒」為例〉，《國立臺灣博物館學刊》，卷期 73:3（2020）：28-29、34-35 頁。

化的狀況，由於修護完成後的「蒔繪扇盒」將送回庫房典藏，因此在討論後決定暫緩處理，待日後有展覽需求再進行修護，此決策也致使金屬片加固處理前無法先行穩定光劣化的漆面。在此狀況下，為了考量到漆面的溶劑敏感特性，將選擇可溶解於非極性溶劑之黏著劑來執行金屬片的加固作業。基於文物的材質與劣化成因，此次選用的黏著劑為的壓克力系人造合成樹脂 Paraloid B-48N，其不僅能提供金屬材質良好的黏著力，還具優異的柔韌性以應對相對濕度所造成的差異收縮。於實際操作上是以 15% Paraloid B-48N 調製於 4:1 的二甲苯/甲苯混合溶劑中，將其適量滲入起甲的金屬片下，再以彈性枝條加壓數日，即可獲得良好的加固成果（圖 23、圖 24）³⁴。

四、漆器修護常用溶劑之健康風險

近代於天然漆的材質特性與漆器文物的劣化樣態等相關研究累積下，文物修護師已知悉天然漆面易受光侵害之弱點，不僅能進一步辨認光劣化漆面的劣化徵狀，對於光劣化漆面對極性溶劑敏感之特性也有所了解，因此，綜觀現今的漆器文物修護案例，非極性溶劑已成為多數漆面相關修護處理的選擇。於本文第三章的案例一「漆面全色」全色材料所搭配使用的白油溶劑和礦油精，和案例二「光劣化漆面加固」用以稀釋與擦除天然漆的 Solvesso™ 150 和 Exxsol™ DSP 80/100，以及案例三「漆面裝飾加固」用以調配黏著劑的甲苯和二甲苯，皆是漆器修護常用的非極性溶劑，其均屬烴類（碳氫化合物 Hydrocarbon）溶劑，大部分來自於石油精煉或相關製程，其根據所含成分和揮發速率等不同特性，對人體便有程度不一的危害。本章將爬梳上述溶劑之相關性質資料，並進一步彙整各類溶劑可能引發的健康風險，以提供未來漆器修護溶劑的選擇與防護之參考。

（一）芳香烴溶劑

烴類的分類法有許多種，依其化學性質可分為兩大類：脂肪烴和芳香烴。脂肪烴的碳原子依排列形式的不同可分成直鏈脂肪烴、支鏈脂肪烴和脂環烴，此類化合物可以是烷烴、烯烴或炔烴；而芳香烴指其分子結構含有苯環，又可分為單環芳香烴、多環芳香烴和具有鏈狀的脂芳烴。本節將討論的甲苯和二甲苯皆含苯環，屬於芳香烴溶劑，甲苯之化學式為 C_7H_8 ，具有一個與苯環相連的甲基，而二甲苯之化學式為 C_8H_{10} ，具有兩個甲基，使其有三種異構形式存在（圖 25）。烴類溶劑通常根據其沸程進行分類，純物質具有明確的物理特性，因此也具有明確的沸點，如甲苯的沸點 $110.6^{\circ}C$ ，而二甲苯具有相似物理性質的異構體，因此也

³⁴ 高瑋，〈可見與不可見的漆器劣化——以國立故宮博物院藏「蒔繪扇盒」為例〉，31-34、38 頁。

具有相當窄的沸程約 140°C，反之混合物的沸程範圍則較寬。



圖 25 甲苯與二甲苯之化學結構。作者製圖。

有機溶劑的種類品項眾多，一般較常使用的約有 200 多種，依職業安全衛生法第六條第三項規定所訂定之「有機溶劑中毒預防規則」僅將 55 種毒性較大或作業場所較常使用之溶劑納入³⁵，並依毒性分為三類³⁶，甲苯與二甲苯被歸類為第二種有機溶劑，其引發之健康風險分別詳述如下。

依職業安全衛生法第十二條第二項規定訂定之「勞工作業場所容許暴露標準」指出，甲苯在工作場所中八小時日時量平均容許濃度 (PEL-TWA)³⁷ 為 100 ppm，376 mg/m³³⁸，其主要影響的是中樞神經系統，由目前毒理資料已知甲苯還會造成肝臟、腎臟和心臟的傷害。當暴露在低濃度的甲苯蒸氣中，會使人有輕微嗜睡和頭痛，並會刺激鼻子、喉嚨和呼吸道，於 100ppm 以上時則會有疲憊、虛弱、記憶力降低、眼花、麻木和輕微噁心等症狀，而短時間內接觸高濃度的甲苯，最初會因中樞神經系統發生興奮作用而感到興奮和愉快，並出現幻覺，爾後會逐漸意識喪失、迷失方向、發抖、情緒不穩、耳鳴、複視等，最終導致昏迷和死亡。成人慢性甲苯濫用者可能會有不可逆的神經系統後遺症，例如腦病、記憶力減退、視神經萎縮、平衡失調和喪失肌肉控制力，而孕婦濫用則是會使出生的孩子有智能力延緩 and 成長遲緩等後遺症。於在工作場所長期每日吸入甲苯可能會導致一些聽力降低，於 Shu-Ju Chang 等人 (2006) 的研究指出，與僅接觸噪音的工人相比，接觸甲苯加噪音的工人之聽力障礙有所增加，顯示出甲苯在嘈雜的環境中會加劇人類聽力的損失³⁹。

³⁵ 全國法規資料庫：有機溶劑中毒預防規則，202103.30 點閱。

³⁶ 第一種有機溶劑：氯化烴和二硫化碳 (CS₂)，共 7 種，毒性較強；第二種有機溶劑：四氯乙烯、醇、醚、酯、酮、芳香烴、正己烷等，共 41 種，毒性次之；第三種有機溶劑：高分子量溶劑 (如汽油)，共 7 種，毒性較弱。

³⁷ 本標準所稱八小時日時量平均容許濃度 (PEL-TWA, permissible exposure limit-time weighted average) 為為勞工每天工作八小時，大部分勞工重複暴露此濃度下，不致有不良反應；ppm 為百萬分之一單位，指溫度在攝氏二十五度、一大氣壓條件下，每立方公尺空氣中氣狀有害物之立方公分數；mg/m³ 為每立方公尺毫克數，指溫度在攝氏二十五度、一大氣壓條件下，每立方公尺空氣中粒狀或氣狀有害物之毫克數。

³⁸ 全國法規資料庫：勞作業場所容許暴露標準《附表一 空氣中有害物容許濃度》，編號 444 甲苯，2021.03.30 點閱。

³⁹ Shu-Ju Chang, Chiou-Jong Chen, Chih-Hui Lien, and Fung-Chang Sung. "Hearing Loss in Workers

二甲苯在工作場所中八小時日時量平均容許濃度為 100 ppm, 434 mg/m³⁴⁰, 其主要可能對人類的影響也同樣是中樞神經系統, 二甲苯對人體的相關研究和病例較甲苯少, 目前已知其所造成的症狀和反應與甲苯略有所異。二甲苯的輕度暴露會有眼、鼻和喉嚨的刺激, 並有可能造成噁心、頭痛、煩躁、疲倦等症狀; 中度暴露可能會導致頭暈、虛弱, 並可能對腎功能產生影響; 短時間內高劑量暴露則會導致反應遲緩、記憶困難、腸胃不適、肺部問題、呼吸困難, 並使肝臟和腎臟產生損傷; 更嚴重的暴露則將引起神經系統功能的逐步抑制, 並造成呼吸衰竭和缺氧性昏迷, 最終導致死亡。

目前, 國際癌症研究中心(International Agency for Research on Cancer, IARC) 和美國環境保護署(U.S. EPA) 皆未將甲苯和二甲苯歸類為人類致癌物, 然而, 在二種溶劑不同程度的暴露下皆會對人體造成危害, 嚴重將導致死亡, 依「有機溶劑中毒預防規則」第六條規定:「於室內作業場所或儲槽等之作業場所, 從事有關第二種有機溶劑或其混存物之作業, 應於各該作業場所設置密閉設備、局部排氣裝置或整體換氣裝置。」因此, 修護師在使用甲苯和二甲苯溶劑時的安全防護是有其必要且不可忽視的。

(二) 石油溶劑

大多數的石油溶劑(petroleum solvents)是石油的衍生物, 本節將討論的石油溶劑指的是以石油分餾或以其它方法精製而成的烴類混合物溶劑, 其通常由不同比例的脂肪烴、脂環烴和芳香烴組成, 並依某些物理性質和化學組成來定義和區分, 如沸程、閃點、溶解度、芳香烴含量和硫含量等。由於不同國家或產業領域生產的石油溶劑不盡相同, 其在名稱和特性上也沒有嚴謹精確的規範, 以致石油溶劑之名稱相當模糊, 相同名稱的石油溶劑可能涵蓋多種不同組成和性質的溶劑, 或是有不同名稱的石油溶劑卻有著相同本質之情形, 像是歐洲常見的石油溶劑「white spirits」, 其別名為「mineral solvent」, 而美國則是將這類的溶劑稱為「mineral spirits」; 而美國材料與試驗協會(American Society for Testing and Materials, ASTM)將「Mineral spirits: type 1 regular」認定為是「Stoddard solvent」, 其成分在歐洲被認為與 white spirits 相似。有鑒於此, 在文物修護過程中必需了解手中可能使用於文物上的石油溶劑之確切性質, 並仔細研讀其成分與特性之相關資訊。

石油溶劑依沸程範圍和揮芳香烴含量可分為三大類: 特殊沸程溶劑(special

Exposed to Toluene and Noise.” *Environmental Health Perspectives*, vol. 114, no. 8 (2006): 1286.

⁴⁰ 全國法規資料庫: 勞作業場所容許暴露標準《附表一 空氣中有害物容許濃度》, 編號 482 二甲苯, 2021.03.30 點閱。

boiling-range solvents)、白油溶劑(white spirits)和高沸點芳香烴溶劑(high-boiling aromatic solvents)。三大類型的石油溶劑詳述與比較表格(表3)如下：

1. 特殊沸程溶劑：

沸程為 30-160°C，其可依生產過程區分為三類。類型 1，加氫脫硫(hydrodesulfurized)溶劑，芳香烴最多可包含 20 wt%，通常含有低於 0.5 wt% 的苯；類型 2 和類型 3 皆為氫化(hydrogenated)溶劑，前者的芳香烴轉化為脂環烴，芳香烴含量低於 0.02 wt%，而後者添加了芳香烴(通常是甲苯)，芳香烴含量最高為 50 wt%，苯含量皆低於 0.002 wt%，現今於市面常用的多為類型 2 的氫化溶劑。本文案例二「光劣化漆面加固」用以擦除天然漆的 Exxsol™ DSP 80/100 屬於此類型之溶劑。

2. 白油溶劑：

沸程為 130-220°C，其可依生產過程區分為四類。類型 1，加氫脫硫溶劑，芳香烴含量通常為 15-25 wt%，苯含量低於 0.1 wt%，此類溶劑在美國的芳香烴含量很少超過 15-16 wt%，通常含量更低；類型 2，溶劑萃取(solvent-extracted)溶劑，其芳香烴含量為 3-5 wt%，苯含量低於 0.02 wt%；類型 3，氫化溶劑，由於其芳香烴轉化為脂環烴，因此芳香烴含量低於 1 wt%，苯含量低於 0.002 wt%；類型 0，直餾溶劑，除了蒸餾外未進一步進行分餾處理，芳香烴含量通常為 15-25 wt%。以上四種類型的白油溶劑皆有三個等級：低閃點(閃點：21-30°C；初始沸點：130-144°C)、常規閃點(閃點：31-54°C；初始沸點：145-174°C)和高閃點(閃點：>55°C；初始沸點：175-200°C)。此類白油溶劑的特性相當於美國的礦油精(mineral spirits)，但分類方法又略有不同，美國材料與試驗協會依特性將其分為四個類型，並進一步依芳香烴含量細分為二至三個級別，其詳細資訊如表 2。本文案例一「漆面全色」全色材料所搭配使用的白油溶劑和礦油精屬於此類型之溶劑。

表 2 美國材料與試驗協會 礦油精分類級別與性質⁴¹

| 礦油精類型 | 級別/ 商業名稱 | 芳香烴含量 (vol %) | KB 值 | 溴值 | 沸程 (°C) | 閃點 (°C) |
|--------------------------|--------------------|---------------|-------|-----|---------|---------|
| 類型 1 Full Range | 級別 A/ regular | 8-22 | 34-43 | 5 | 149-213 | 38 |
| | 級別 B/ rule 66 | 2-8 | 29-40 | 1 | | |
| | 級別 C/ low aromatic | 0-2 | 28-39 | 0.1 | | |
| 類型 2 High Flash Point | 級別 A/ regular | 8-22 | 33-43 | 5 | 177-213 | 61 |
| | 級別 B/ rule 66 | 2-8 | 29-40 | 1 | | |
| | 級別 C/ low aromatic | 0-2 | 28-39 | 0.1 | | |
| 類型 3 Odorless | 級別 C1/ odorless | 0-0.25 | 29 | 0.1 | 149-213 | 38 |
| | 級別 C2/ odorless | 0-0.25 | 29 | 5 | | |
| 類型 4 Low Dry Point | 級別 A/ regular | 8-22 | 34-43 | 5 | 149-185 | 38 |
| | 級別 B/ rule 66 | 2-8 | 29-41 | 1 | | |
| | 級別 C/ low aromatic | 0-2 | 28-40 | 0.1 | | |

3. 高沸點芳香烴溶劑：

沸程為 160-300°C，其是將直餾的石腦油（naphtha）或煤油（kerosene）加氫脫硫後，再經催化重整將其中的脂環族分子轉化為芳相烴，因此，此類溶劑之芳香烴總濃度通常高於 80 wt %，且可高達 99 wt %，其餘成分為相同沸點範圍的脂肪烴，苯含量低於 0.02 wt %。而沸程 160-180°C 的高沸點芳香烴溶劑，其三甲苯（1,3,5-trimethylbenzene）含量可達 10 wt %。本文案例二「光劣化漆面加固」用以調和天然漆的 Solvesso™ 150 屬於此類型之溶劑。

表 3 石油溶劑分類級別與性質之綜合比較

| 溶劑種類/沸程 | 製成類型 | 芳香烴含量 (wt%) | 案例/溶劑名稱 |
|---------------------------|-----------|-----------------------|---------------------------|
| 特殊沸程溶劑 30-160°C | 類型 1 加氫脫硫 | 最高為 20，苯含量低於 0.5 | 案例二 Exxsol™ DSP 80/100 |
| | 類型 2 氫化 | 低於 0.02，苯含量低於 0.002 | |
| | 類型 3 氫化 | 最高為 50，苯含量低於 0.002 | |
| 白油溶劑 130-220°C | 類型 1 加氫脫硫 | 含 15-25 或更低，苯含量低於 0.1 | 案例一 白油溶劑、礦油精 |
| | 類型 2 溶劑萃取 | 含 3-5，苯含量低於 0.02 | |
| | 類型 3 氫化 | 低於 1，苯含量低於 0.002 | |
| | 類型 0 直餾 | 含 15-25 | |
| 高沸點 芳香烴溶劑 160-300°C | 類型 1 催化重整 | 大於 80，苯含量低於 0.02 | 案例二 Solvesso™ 150 |
| | 類型 2 溶劑萃取 | | |

由於石油溶劑的組成成分較為複雜，其是許多化學物質的混合物，一般而言，溶劑中單一化合物相對百分比的不同，不僅使其物理和化學性質有所差異，也影響了溶劑的毒物動力學（toxicokinetics），因此石油溶劑的毒性評估和研究也相對

⁴¹ ASTM International, D 235-02 Standard Specification for Mineral Spirits (Petroleum Spirits) (Hydrocarbon Dry Cleaning Solvent), (2012): 1-3.

較於困難。石油溶劑早期被認為是一種較無害的通用溶劑，在早期的毒性評估下，此類溶劑如白油溶劑(Stoddard solvent、mineral turpentine)的容許濃度為 500 ppm，然而，在英國安全衛生執行署(Health and Safety Executive, HSE)的重新評估下，已於 1987 年將其容許濃度調降至 100 ppm。

在我國職業安全衛生法第六條第三項規定所訂定之「有機溶劑中毒預防規則」將此類石油溶劑大致歸類於第三種有機溶劑的範疇中，其中明確條列出的溶劑包括汽油(gasoline)、煤焦油精(coal tar naphtha)、石油醚(petroleum ether)、石油精(petroleum naphtha)、輕油精(petroleum benzin)、松節油(turpentine)和礦油精。進一步對照職業安全衛生法第十二條第二項規定訂定之「勞工作業場所容許暴露標準」，發現上述七種溶劑僅有三種被列入其中，其八小時日時量平均容許濃度分別是汽油為 300 ppm、890 mg/m³，石油精(煤溶，coal tar naphtha)為 100 ppm、400 mg/m³，松節油為 100 ppm、556 mg/m³，除此之外，規範中也含納了白油溶劑類的斯多德爾溶劑(Stoddard solvent/ white spirits)，其容許濃度為 100ppm、525mg/m³⁴²。此類溶劑如前文所述，其名稱較為籠統，且通常無依成分和性質明確定義與分級，此情況從二個規章上也略可窺見。

石油溶劑對人體的影響主要可能是中樞神經系統，芳香烴含量越高的石油溶劑具有更大的毒性和刺激性，且芳香烴成分通常比脂肪烴和脂環烴類的成分更易溶於血液。當暴露在低濃度的石油溶劑蒸氣中，會使鼻子和喉嚨有輕微刺激，在較長時間下會開始表現出頭痛和疲勞等狀態；較高濃度的暴露會使以上症狀有更明顯的反應，並可能發生如酒醉的狀態；高濃度的暴露則可能引起感知反應能力和短期記憶的下降，嚴重則會導致麻醉作用和意識喪失。在長期暴露下，有記憶力減退、疲勞、注意力不集中、煩躁不安、頭昏眼花、頭痛、焦慮、味覺降低、食慾不振等症狀發生率增加之案例。

石油溶劑的品類眾多，其對人體的危害也不盡相同，因此上段敘述僅能作為大部分石油溶劑可能引發之症狀的概述，並不能將所有石油溶劑的危害一概而論，如屬高沸點芳香烴溶劑類型的 SolvessoTM 150，便是需要特別提出討論的產品。SolvessoTM 150 類型的溶劑是甲苯和二甲苯的類似物，具有較高的沸點，其主要由芳香烴組成，具有與純化合物相似的溶解能力，其在漆器文物修護中是相當實用的低揮發非極性溶劑，然而，值得注意的是此類高沸點芳香烴溶劑之成分大多數含有萘(naphthalene)，通常為 8-12%。

萘之化學式為 C₁₀H₈，其也被稱為白焦油或是焦油樟腦，暴露於大量的萘可

⁴²全國法規資料庫：勞作業場所容許暴露標準《附表一 空氣中有害物容許濃度》，編號 214 汽油、編號 316 石油精(煤溶)、編號 469 松節油、編號 407 斯多德爾溶劑，2021.04.10 點閱。

能會引發噁心、嘔吐、腹瀉、血尿等症狀，也可能導致紅血球損害而造成破壞性貧血，此外，萘也可經由母體的血液進入胎兒血液中。於我國「勞工作業場所容許暴露標準」規定，萘的八小時日時量平均容許濃度為 10 ppm、52 mg/m³ ⁴³。國際癌症研究中心和美國環境保護署皆將萘歸類為人類可能的致癌因子，而美國衛生與人群服務部（Department of Health and Human Services, DHHS）則根據動物實驗結果將萘歸類為人類致癌因子。目前市面上已有低萘含量的高沸點芳香烴溶劑，如埃克森美孚（ExxonMobil）生產的 ND（naphthalene depleted）系列，其萘含量低於 1% w/w。

五、結語

現代修護師在漆器文物的材質特性、劣化樣態和適用修護材料與溶劑等知識的建立下，已能較全面性的評估漆器文物的劣化狀況，並給予適切的修護計畫與處理手段，在面對天然漆面相關的修護處理上，由於了解其易受光的侵害之特性和光劣化後對極性溶劑的敏感性，便多趨向於使用非極性溶劑或能以非極性溶劑移除之修護材料，並依據不同種類非極性溶劑的特性來進一步測試和選擇，如揮發率、溶解力和與其它修護材料之相容性等，以針對不同漆器文物個案之處理需求，訂定出最合適的修護材料。

於 1976 年出版的《故宮文物維護》一書中描述了過往的漆器修護狀況，文中提到故宮當時不以其它國家常用的酒精和汽油作為清潔漆器的溶劑，其理由為：「首先，揮發性高的液體，雖然不會在器表留存太久，但是他們往往會傷害到漆的光澤；其次，因為他們的去汙力強，又易揮發，所以常會影響到工作人員的情緒，使他們工作太快，因為快而有疏忽，以至於傷害到古物！」⁴⁴文中顯示了當時在文物修護的溶劑選擇上，除了是以文物本身的反應與適用性為優先考量外，雖然還尚且無詳述溶劑對人產生影響的原因、症狀和危害，卻也開始注意到溶劑與使用者之間的關係。

將文物視為第一考量總是身為文物修護師的自我使命，然而，在文物保護修護的同時，有時也輕忽了自我安全的防護，忽略了有機溶劑可能對文物修護師帶來的危害。危害是可能造成傷害的來源，而風險是危害被實現的可能性，因此，了解有機溶劑的組成成分、有毒物質含量、揮發率等性質，並進一步認識造成危害的途徑，如吸入、皮膚接觸或具爆炸性、易燃性等，便能較完善的制定預防措施，防止有機溶劑可能對人體造成的影響，降低危害被實現的可能性。

⁴³ 全國法規資料庫：勞作業場所容許暴露標準《附表一 空氣中有害物容許濃度》，編號 317 萘，2021.04.10 點閱。

⁴⁴ 劉良佑，〈故宮雜項的保管與收藏〉，《故宮文物維護》，國立故宮博物院（1976），42 頁。

六、參考文獻

- 全國法規資料庫：有機溶劑中毒預防規則，202103.30 點閱，
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=N0060017>
- 全國法規資料庫：勞作業場所容許暴露標準《附表一 空氣中有害物容許濃度》，編號 444 甲苯、編號 482 二甲苯、編號 214 汽油、編號 316 石油精（煤油）、編號 469 松節油、編號 407 斯多德爾溶劑、編號 317 茶，2021.03.30、04.10 點閱，
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=N0060004>
- 李文元，《全色材料黏著劑耐候性研究：以臺灣開放空間彩繪木質文物為例》，國立臺南藝術大學古物維護所碩士論文，2011。
- 李綉玲，《生漆之精製與改質》，國立中興大學森林學研究所碩士論文，2015。
- 長北，《髹飾錄析解》，江蘇美術出版社，2017。
- 周瑞淑，《勞工甲苯暴露及健康危害之探討》，國立臺灣大學公共衛生學院環境衛生研究所博士論文，2006。
- 吳佩錡，《臺灣廟宇彩繪修護材料—填補材料耐候性研究初探》，國立臺南藝術大學古物維護所碩士論文，2012。
- 吳亭儀、陳友剛，〈有機溶劑中毒預防規則中的暴露評估模式應用〉，《勞動及職業安全衛生研究季刊》，27 卷 3 期（2019）：101-110 頁。
- 表工社 教學部，〈有機溶劑的性質及認識其毒性〉，《表面工業雜誌》，第 81 期（1992）：97-106 頁。
- 胡進杉，〈法界聖眾·藝海瑰寶：院藏康熙八年《內府泥金寫本藏文龍藏經》圖像介述〉，《殊勝因緣：內府泥金寫本藏文龍藏經探索》，國立故宮博物院（2015），250-257 頁。
- 高瑋，《微裂痕天然漆面之修護處理方法比較》，國立臺南藝術大學博物館學與古物維護研究所碩士論文，2015。
- 高瑋，〈可見與不可見的漆器劣化—以國立故宮博物院藏「蒔繪扇盒」為例〉，《國立臺灣博物館學刊》，卷期 73:3（2020）：17-43 頁。
- 徐世杰，《溶劑廠周圍大氣環境之苯濃度分佈特性及其危害風險分析》，國立成功大學環境工程研究所碩士論文，1992。
- 翁徐得，〈漆是什麼？〉，《繽紛漆彩：臺灣漆工藝文化》，南投草屯鎮：臺灣工藝研發中心，（2013）：3-12 頁
- 國家研究院—教育部異體字典網站：漆，2021.02.25 點閱，
https://dict.variants.moe.edu.tw/variants/rbt/word_attribute.rbt?quote_code=QjAxNzE2
- 國家教育研究院—雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網：溶劑，2021.01.18 點閱，
<http://terms.naer.edu.tw/detail/1319605/?index=15>
- 國家教育研究院—雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網：white spirit，2021.04.09 點閱，
<https://terms.naer.edu.tw/detail/985428/?index=2>

- 國家教育研究院—雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網：mineral spirit，
2021.04.09 點閱，<https://terms.naer.edu.tw/detail/173428/>
- 國家環境毒物研究中心：甲苯，2021.04.12 點閱，
http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail_en.php?id=86
- 國家環境毒物研究中心：二甲苯，2021.04.12 點閱，
http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail_mobile.php?id=192
- 國家環境毒物研究中心：苯、1-甲基苯、2-甲基苯，2021.04.16 點閱，
http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail_mobile.php?id=141
- 張飛龍，《中國髹漆工藝與漆器保護》，北京：科學出版社，2010。
- 趙文雲，《油漆工廠有機溶劑暴露之個人空氣採樣分析》，國立臺灣大學公共衛生研究所碩士論文，1993。
- 劉良佑，〈故宮雜項的保管與收藏〉，《故宮文物維護》，國立故宮博物院（1976），39-44 頁。
- ASTM International, D 235-02 Standard Specification for Mineral Spirits (Petroleum Spirits) (Hydrocarbon Dry Cleaning Solvent), 2012.
- Chang, Shu-Ju., Chen, Chiou-Jong., Lien, Chih-Hui., and Sung, Fung-Chang
“Hearing Loss in Workers Exposed to Toluene and Noise.” *Environmental Health Perspectives*, vol. 114, no. 8 (2006): 1283-1286.
- Coueignoux, Catherine. “The Effects of Conservation on the Appearance of Powdery Pigmented Japanese Lacquer Surface.” *East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation*. Archetype Publications (2011): 135-147.
- ExxonMobil Chemical Company 網站：SOLVESSO™ 150 FLUID Safety Data Sheets and SOLVESSO™ 150 ND FLUID Safety Data Sheets，2021.04.16 點閱，<https://www.msds.exxonmobil.com/SearchResults.aspx>
- Golden Artist Colors 網站，2021.03.15 點閱，
https://www.goldenpaints.com/technicalinfo/technicalinfo_msapaint
- Google Arts & Culture 網站：國立故宮博物院—《龍藏經》藝術之美，2020.04.20 點閱，<https://artsandculture.google.com/exhibit/2gKikYFNRwIZKg?hl=zh-TW>
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. “Some Organic Solvent, Resin Monomers and Related Compounds, Pigment and Occupational Exposure in Paint Manufacture and Painting.” *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, no. 47, 1989.
- Keneghan, Brenda. “Developing a Methodology for the Artificial Ageing of Urushi and a Preliminary Examination of Urushi-based Conservation Options.” *East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation*. Archetype Publications (2011): 51-74.

- Mcsharry, Carolyn., Faulkner, Rupert., Rivers, Shayne., Shaffer, Milo. S. P., and Welton, Tom. "The Chemistry of East Asian lacquer: A Review of the Scientific Literature." *Studies in Conservation*, vol. 52 (2007): 29-40.
- McSharry, Carolyn., Faulkner, Rupert., Rivers, Shayne., Shaffer, Milo S.P., and Welton, Tom. "Solvent Effects on East Asian Lacquer (Toxicodendron Vernicifluum)." *East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation*. Archetype Publications (2011): 60-74.
- Mills, John. and White, Raymond. *The Organic Chemistry of Museum Object* (Second edition). London, Oxford: Butterworth- Heinemann, 1987.
- O'Malley, Michael. "Review of Samples from the 1994 CCI Workshop "Varnishes: Authenticity and Permanence" after 15 Years of Natural Ageing." *Journal of the Canadian Association for Conservation*, vol. 35 (2010): 3-8.
- Phenix, Alan. "Generic Hydrocarbon Solvents: a Guide to Nomenclature." *WAAC Newsletter*, vol. 29 (2007): 13-22.
- Phenix, Alan. "Some Reflections on the Use of Organic Solvents in Conservation." *AIC News*, vol. 34, no. 2 (2009): 1, 8-11.
- Rivers, Shayne. and Umney, Nick. *Conservation of Furniture*. Burlington: Butterworth- Heinemann, 2003.
- Schellmann, Nanke. *Aqueous Cleaning of Photodegraded Oriental Lacquer- A Preliminary Examination of the Effect of pH and Ionic Concentration on Gloss and Colour*. Master of Arts thesis, 2003.
- Schmuecke, Emma. "An Investigation into the Cleaning of Red Lacquer." *East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation*. Archetype Publications (2011): 173-183.
- Smallwood, Ian M. *Handbook of Organic Solvent Properties*. London: Arnold, 1996.
- Szmit-Naud, Elzbieta. "Research on Materials for Easel Painting Retouches: Part 2." *The Picture Restorer* 24 (2003): 5-9.
- Thei, Judith., Rivers, Shayne., and Taylor, Ambrose C. "A Preliminary Examination of Urushi-based Conservation Options for the Treatment of Photodegraded Japanese Lacquer Using Scanning Electron Microscopy and Profilometry." *Studies in Conservation* 61, supplement 3 (2016): 131-148.
- Thorn, Andrew. "Safer Solubility." *Studies in Conservation*, vol. 37, no. 1 (1992): 12-21.
- Vogl, Otto. "Oriental Lacquer, Poison Ivy, and Drying Oils." *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry* 38 (2000): 4327-4335.
- Webb, Marianne. *Lacquer: Technology and Conservation- A Comprehensive Guide to the Technology and Conservation of Asian and European Lacquer*. London, Oxford: Butterworth- Heinemann, 2000.

- Weilhammer, Ulrich. "Binding Media and Adhesives." Handout for the 'Binding media and Adhesives' class, TNNUA, 2004-2006. WHO- International Programme on Chemical Safety (IPCS) 網站：Toluene- Environmental Health Criteria 52, 1985. 2021.03.12 點閱，
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc52.htm>
- WHO- International Programme on Chemical Safety (IPCS) 網站：White Spirit (Stoddard Solvent) 187, 1996. 2021.03.12 點閱，
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc187.htm#SectionNumber:1.1>
- WHO- International Programme on Chemical Safety (IPCS) 網站：Xylenes- Environmental Health Criteria 190, 1997. 2021.03.12 點閱，
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc190.htm>
- WHO- International Programme on Chemical Safety (IPCS) 網站：Xylene (PIM 565), 1992. 2021.03.12 點閱，
[http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/xylene.htm#PartTitle:14.%20AUTHOR\(S\),%20REVIEWER\(S\),%20DATE\(S\)%20\(INCLUDING%20UPDATES\),%20COMPLETE%20ADDRESSES](http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/xylene.htm#PartTitle:14.%20AUTHOR(S),%20REVIEWER(S),%20DATE(S)%20(INCLUDING%20UPDATES),%20COMPLETE%20ADDRESSES)
- Yamashita, Yoshihiko., and Rivers, Shayne. "Conservation of the Photodegraded Surface of the Mazarin Chest." East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation. Archetype Publications (2011): 217-228.

