

刑事塗料鑑識

中央警察大學鑑識科學學系教授 張維敦

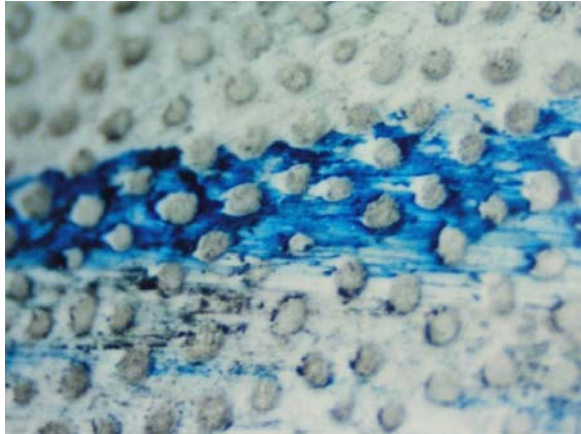
塗料 (coating) 是一種係由展色劑或與顏料 (pigment) 組成之液體或固體，經塗裝於物體表面，乾燥後能形成一層薄膜，以達到保護物體變化外觀或其他特殊目的

的效能。展色劑包括：接合劑 (binder)、溶劑 (solvent) 與添加劑 (additives)，而顏料可分為有機、無機顏料、填充顏料



(extender) 與美觀效果顏料 (decorative 或 effect pigments) 等。塗料物證常在命案、肇事逃逸案、性暴力攻擊案與竊盜案件現場中遺留，物證送鑑與比對主要涉及數種典型的鑑識目的，包括 (一) 鑑識結果之訊息可否說明所採集塗料樣品其原來所塗裝為何類基材？此訊息之研判常可藉由對基材之了解，進而找尋塗料物證可能之來源，例如是否為路線用塗料或為橋樑用塗料？是建築物用塗料或車輛用塗料？ (二) 能否自汽車塗料之鑑識結果，提供塗料的年份、廠牌、款式種類？進而縮小涉案可能車輛； (三) 遺留塗料物證是原漆或是修補漆？ (四) 一個現場遺留的問題樣品與被懷疑是肇事車輛上所取下之標準油漆樣品，彼此間是否具有同源關係。

對塗料鑑識的特性而言，塗料工業上的例行分析主要以液態樣品



為主，而刑事塗料鑑識則以固態檢體居多，其樣品前處理、分析方法及鑑識目的均存在許多不同之處。刑事塗料鑑識所遭遇到的挑戰包括（一）需逐層分析微

量全層（或多層）樣品，（二）需分析殘留在塑膠、衣物、金屬或已塗裝塗料的物體上之磨混樣品（smear samples），（三）需分析經劣化（weathered）或罕見的早期塗料，（四）需分析同一涉案物上取樣之標準或問題檢體，樣品間存在厚度或污染物之自然差異，並常發現檢體組成不均質的情形，（五）依法律上的要求，所有微量檢體仍需保留部份樣品供對照當事人重作鑑識的權利，可用檢體量相當有限。

刑事塗料鑑識主要的責任範圍包括現場油漆證物辨識、採樣、檢驗油漆之種類、及解釋檢驗結果的意義等。為連接現場遺留油漆殘跡與其來源之關係，整個鑑識流程必須分析顯現微細油漆遺留下之所有物理與化學特徵。包括：顏色、表面結構(surface texture)、殘留污染物(contamination)、漆片邊緣物理吻合(irregular border physical matching)、磨擦痕(striations)、撞擊痕(impact markings)、耐候劣化度(weathering)、塗裝技術(application techniques)、漆層間之不規則形狀

(underlying surface irregularities)、漆層顏色及厚度順序(thickness and color layering order)、顏料或染料、接合劑、填充劑、添加劑與擴充劑等，這些特徵可由不同之儀器方法加以測定顯現。鑑識人員常須處理極微量之檢體，樣品態樣亦自液態至固態(片狀或磨混狀)不等，隨著不同大小樣品量之狀況，應決定如何採行分析方法與順序，以獲取最大之鑑識效果，因此刑事油漆鑑識有別於油漆工業上之分析程序。

汽車油漆物證依遺留的狀態不同，可能具有個化性或類別性特徵，當鑑識結果缺乏顯著性差異時則多以同源關係加



以認定，而樣品間同源之相似程度與下列因素有關：(1) 吻合特徵之種類與數量，(2) 塗料塗膜中之成份種類，(3) 成分中有無獨特性成分，(4) 使用方法鑑別力大小。在刑事塗料鑑識中，如何自微量證物中獲取最多的特徵訊息，是鑑識人員最大的挑戰。美國材料試驗協會 (American Society for Testing and Material; ASTM) 設計一套自非破壞性至破壞性之鑑驗系統化流程，包括採樣、個化性特徵比對與顯著性差異分析。茲簡述各步驟之採證與鑑識要領如下：(1) 現場採取標準樣品 (know specimens) 與系爭 (可疑) 樣品 (questioned specimens)：：原則上標準樣品必須採取自磨擦轉移點緊鄰處，撞擊

或受壓轉移典型上會呈現裸露底層或底層覆蓋有一個被破壞的漆膜。所檢取之標準樣品應該包括所有未破壞之每一層油漆。系爭樣品應包括所有鬆掉或轉移之現場油漆。現場油漆可能轉移或磨混在其他物品上，包括工具、地板、牆壁、玻璃碎片、相鄰建物，被害人之纖維布等。

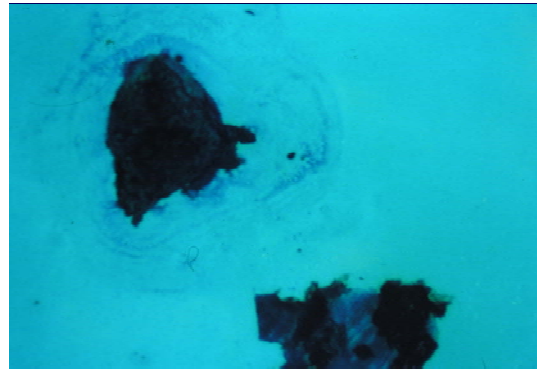
(2) 樣品描述 (specimen descriptions)：刑事塗料鑑識分析的首要步驟是利用巨觀或輔以實體顯微鏡觀察油漆原貌，觀察結果應照相記錄包括大小、形狀、顏色與主要層數等資料，所有紀錄將提供將來復審或法庭之用，不可或缺。假如初步評估發現樣品已具顯著性差異，則初步觀察亦可為最後之步驟。基本上鑑定時應先使用較具特徵性，及最少樣品消耗量之方法，例如邊緣之吻合，或擦痕之重疊吻合比對。

(3) 物理吻合 (physical match)：利用油漆片邊緣或表面擦痕，進行如工具痕跡之獨一性特徵比對。兩個最大的比對效果之方法莫過於利用漆片邊緣形狀比對與利用漆片摩擦留下溝痕之吻合比對，即所謂物理吻合方法。紀錄方法可應用比對式的攝影或投影重疊來描述物理吻合個化特徵。

(4) 塗料層之分析 (analysis of coating layers)：漆片經包埋後，可採用手工切割或以顯微切片技術或拋光方法等加以前處理，再利用實體顯微鏡來觀察經前處理之油漆片，顯現漆層之表面特徵、顏色順序、層數及各漆層的相對厚度、漆層之孔洞、形狀、雜質及顏料沉積等，實體顯微鏡法鑑驗是最簡便且有時亦是最

有效的方法。(5) 偏光顯微鏡法

(polarized light microscopy ,
PLM)：塗料樣品組成結構中除無
機顏料外，典型上添加有如 Mica,
Talc, Diatoms, Calcium carbonate



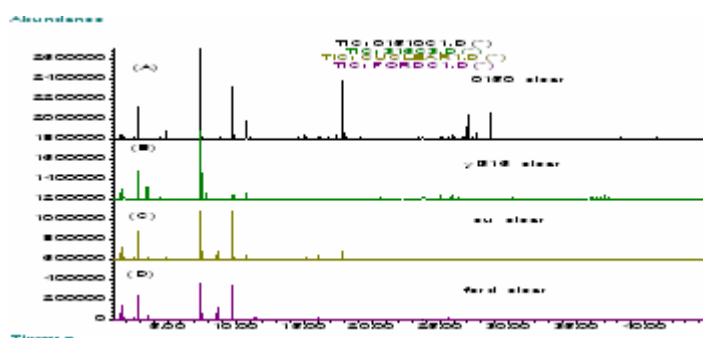
及其他填充劑等，以改進其表面特性。油漆樣品中無機顏料及填充物
之分析，理論上可應用的方法包括放射光譜法、原子吸收光譜法



(AA)、X-射線繞射光譜法
(XRD) 及掃瞄式電子顯微鏡
/X-射線能譜法 (SEM/EDX)，
但偏光顯微鏡仍具有相當的互

補性的鑑定功能 (6) 溶解度測驗 (solvent test)：樣品若以光學檢測
極為相似時，溶解度試驗可藉以鑑別樣品間之顏料、展色劑及耐候度
差異。但因溶解試驗是屬破壞性檢驗，且需要的樣品量較大，在使用
上有一定的限制，若樣品太少則不適合採用此方法。(7) 掃瞄式電子
顯微鏡/X-射線能譜法 (SEM/EDS)：為呈現出每一漆層的汽車油漆結
構，以利 SEM/EDS 之逐層分析，樣品可利用許多方法進行前處理。
一些分析者採用樹脂包埋完整漆片形成塊狀結構，此塊狀結構再經由
切割與拋光，暴露出平滑的橫切面表面；此外，亦有採用不經包埋直

接切割而暴露橫切面的分析方法，或採用逐層刮取之分析方式。不論採行何種方法，比對問題與標準樣品的分析數據時，最重要的前提就是兩者的前處理與分析條件均必須相同。(8) 熱解氣相層析法 (Pyrolysis-Gas Chromatography, 簡稱 PyGC): 微量高分子樣品在惰性環境下被瞬間加熱而生成許多裂解產物，樣品由原來不揮發之巨大分子裂變成可供氣相層析儀分離之揮發性物質，藉由裂解產物之層析結果來鑑析該高分子的化學組成與結構，這樣的技術即所謂熱解氣相層析法。PyGC 亦可連接其他儀器擴大應用範圍，目前在 PyGC/IR、PyGC/MS 方面均已使多年。一般而言 PyGC 具有優良的鑑析性能，包括處理程序操作簡易、樣品量的極少、再現性佳。PyGC 法所用之裝置不算複雜，但確可提供更確定性的鑑定資訊，其高鑑別力常可被比擬具有「指紋」之比對功能，國際上多數鑑識實驗室均使用熱解氣



相層析法進行塗料鑑定。(9) 紅外線光譜法 (infrared spectroscopy) :

紅外線光譜法是分析含高分子聚合物與顏料成分最常使用之方法，特

別是汽車油漆因

檢體均相當微

油漆為多層漆

特定漆層區域之

實驗室常需解決



為現場遺留

小，加上該類

模，如何測定

光譜，是鑑識

之問題。1983

年起，顯微紅外線光譜 (Micro/FTIR) 開始應用於鑑識科學之微細證

物之分析，開始了新的革命性階段，樣品量可降至 750 到 100 μ m²；

逐一對漆膜中之各漆層偵測已可完全克服，因此 Micro/FTIR 目前已

是現代化實驗室必備的工具之一。常利用的方法是藉由實體顯微鏡放

大至 10 至 40 倍之下，以 15 號手術刀逐層切取油漆，放置於鑽石壓

片模中進行壓片前處理，再進行穿透式 IR 分析。(10) 顯微分光光譜

法 (Microspectrophotometry) : 油漆薄層結構除了外觀特徵檢查外，

顏色的鑑別亦相當重要，僅利用眼睛加以辨識，但其分辨力有限，若

將顯微分光光譜技術應用於油漆的鑑識，分別利用反射式與穿透式顯

微分光光譜法分析表面或橫切面各漆層之顏色，提供可見光光譜和顏

色色彩座標資料以供研判，則大大提高了鑑別力，特別是對於具有相

同顏色色彩座標，但卻有不同顏料組成的異質性油漆樣品，非常適合

利用分光光譜加以鑑別。