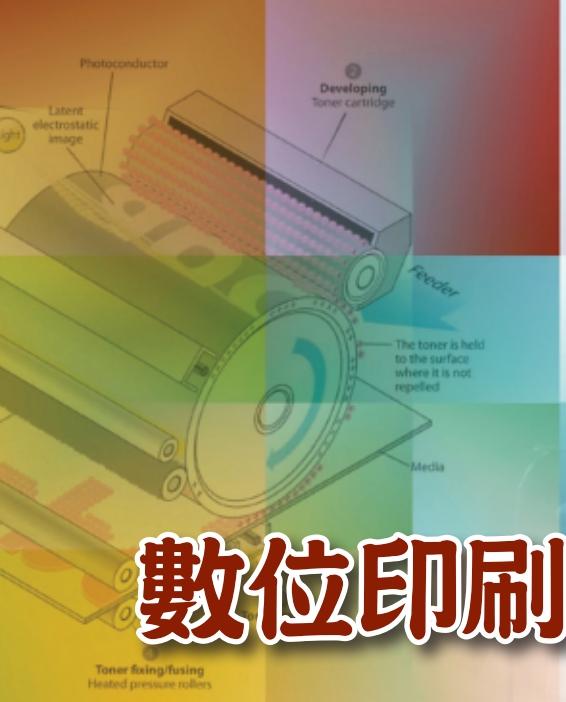


數位印刷技術與鑑定研析

林政松

摘要

印刷產業隨著數位技術的突破，亦不斷地革新與提升，從印前作業數位化開始，將傳統手工完稿、分色及拼版，透過個人操作的電子印前排版系統之數位化作業，協助完成過去複雜且繁瑣的工作，提昇工作效率；而後為印刷製程數位化，由電子印前排版系統輸出四色片（CMYK），經人工製版、印機整備作業，才會印出精緻的彩色印件，進步至直接機上印刷，即可將待印的檔案以各種媒體（磁片、光碟、網路傳遞）的方式，即時直接地以數位印刷機輸出高品質印刷品，如此，生產效率皆不同，防偽安全印刷業要生存下去就必須跟上數位化潮流，且必須了解數位印刷之複製特性，進而辨識其印刷品，可知己知彼，防止偽變造技術之威脅。

本文以印刷版式之特點、數位化印刷科技、數位印刷分類、數位印刷鑑識等面向進行探討與研析，期使讀者可對數位印刷鑑識有初步了解，作為未來鑑識人員之參考，並使安全防偽印刷人員了解，作為防偽特徵設計與規劃之參考。

關鍵詞：印刷版式、數位印刷、無壓印刷、印刷鑑識

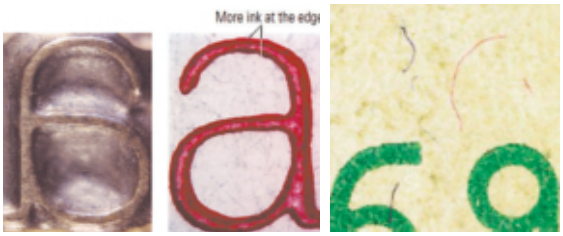
壹、印刷版式種類與特點

印刷術係指將原稿文字、圖案或影像進行複製之技術，而造紙與印刷術皆中國古代四大發明之一，北宋沈括之《夢溪筆談—技藝》提及「板印書籍，唐人尚未盛爲之。」，代表雕版印刷在唐朝初期（西元 7 世紀）就出現，復於《夢溪筆談—技藝卷十八》宋仁宗慶曆年間（西元 11 世紀），畢昇發明膠泥活字印刷術；其造紙術與印刷術這兩項偉大發明對人類文化知識傳播開啓決定性的作用。（維基百科—沈括 夢溪筆談及印刷）

印刷係除了空氣、水外皆爲其印製領域，印刷工藝按印刷版式，可分凸版印刷、平版印刷、凹版印刷和網（孔）版印刷等四類，各版式具有其印製之特點，故一般商業印刷品若考量成本，通常採用單一版式印刷，但爲求美觀及特殊性，則會採用二種版式進行印刷，例如包裝印刷，除一般平版印刷彩色圖案外，亦會採用網版或彈性樹脂凸版進行上光工序；而安全防僞印刷，尤其是鈔券則採用凸版印刷、平版印刷、凹版印刷和網（孔）版印刷，利用各版式之特點，提高僞變造之難度，達到防僞效果。此外，由於數位化科技之發展，數位化印刷已成爲新的趨勢，如此可不需要印版，即可將數位資訊傳至輸出設備，而使其形成相關之圖案，故除四大版式外，亦不可忽視探討數位印刷之特點，以下則針對各版式進行介紹：

一、凸版印刷

凸版印刷係印版之印紋區較非印紋區域凸出，透過供墨系統對版面上墨，版面上僅凸出印紋區會接觸，而印版凹進去之非印紋區則不會與印墨接觸，故印版直接平均施加一些壓力，版上印墨即轉印至被印材質，因此，其版面印紋常有過多印墨被擠至印紋之外圍，而印紋中間呈現印墨較少之現象（中空），成爲與其他版式區別之重要特徵（如圖 1）。



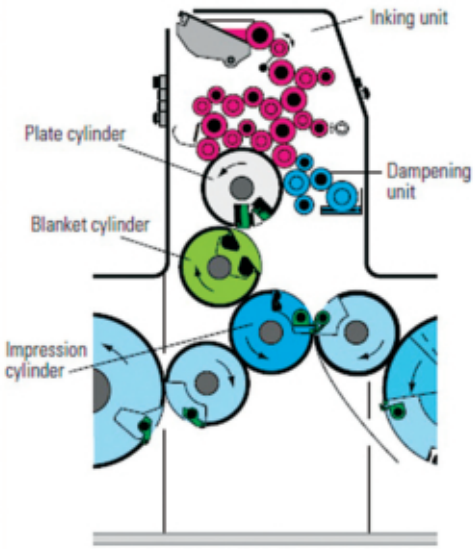
（圖片來源：Helmut Kipphan,2005）

圖 1：凸版印刷辨識特徵

如上所述，凸版印刷其印墨濃厚、色調鮮艷、油墨表現力強，字體及線條印紋清晰等優點；而其印壓力不當時字體及線條易粗化、製版不易，不適合大版面之印刷品等缺點；一般採用凸版之印刷品包括信封（紙）、名片、請帖、標籤、事務表格、包裝紙盒、燙金、壓凸等。

二、平版印刷

平版印刷爲目前商業彩色印刷最常見的版式，其版面印紋與非印紋區域皆在同一平面，利用水墨互斥原理，其印紋區域親油性而排斥水，印墨即可附著在版面印紋上；反之，非印紋區則屬於親水不接受印墨，再透過間接印刷法，即將印版上接受印墨之印紋先轉印至橡皮滾筒（blanket cyclinder），再轉印至被印材質（如圖 2）；平版印刷具有製版容易、快速、版材成本低，印刷速度快，且可與部分之印前及印後加工結合等優點，並適合印製大量之印刷品；而印刷時之水墨平衡易受水之影響而造成乳化，影響印刷品質；一般採用平版之印刷品包括彩色之書刊、雜誌、報紙、海報、型錄、傳單、月曆、文書用品、事務表格、包裝紙盒、明信片等印品。



（圖片來源：Helmut Kipphan,2005）
圖 2：平版印刷機製

三、凹版印刷

凹版印刷與凸版印刷相反，係其印紋區較非印紋區域凹陷下去，透過供墨系統對版面上墨，印墨會接觸版面非印紋區且佔據凹陷印紋區，再刮去版面非印紋區之印墨，以加壓方式使印版之印墨轉移至被印材質而完成印刷；凹版可分成照相凹版及雕刻凹版，其中照相凹版多爲長版商業印刷品或工業用印刷品，其以網點大小表現階調、色彩鮮艷、印刷量大、被印材料範圍廣，其文字有明顯墨穴形狀之鋸齒邊緣（如圖 3），且印墨流動性大，故印紋多爲薄墨膜，無印紋浮凸的效果。

而雕刻凹版多屬於有價證券之印刷品，例如，鈔券及重要身分證明文件（身分證、護照）等；其版面影像階調多以線條長短、粗細及形狀等方式表現（如圖 4），其印紋清晰、墨膜厚實、色調豐富，

（圖片來源：Helmut Kipphan,2005）
圖 3：照相凹版之網點大小表現階調及墨穴形狀之鋸齒邊緣

其中雕刻凹版印刷品其印紋具有浮凸觸感效果，極困難仿製，此爲重要辨識特徵。（如圖 5）

（圖片來源：瑞典中央銀行網站）
圖 4：雕刻凹版以線條長短及粗細表現階調

（圖片來源：泰國銀行網站）
圖 5：雕刻凹版印版及印刷品浮凸觸感

四、網版印刷

網版印刷係利用網（絹）布、金屬或合成材料之絲網，其上塗佈感光乳劑，經與正片密接曝光，印紋區之細網孔被正片圖紋遮掩，該區之感光乳劑未固化，而非印紋區被固化之感光乳劑保護，再以清水沖去版面上感光乳劑，使版上僅印紋區之絲網未被保護，而製作成網版印版，此時，將網版印版與被印材質密接，再以刮刀使印墨透過印紋區之細網孔滲透至被印材質，完成印刷工序（如圖 6）。網印被印物之尺寸不受限制，除空氣與水之外，皆可印刷之特性，且不受表面變化限制，適合平面、球面、曲面、凹凸平面等優點；惟印刷速度較慢，生產量少等缺點，但邇來已有滾筒式圓版圓壓之網印技術，使印刷速度可大幅提升並適合大量生產之需；適合於大型海報、車箱廣告、旗幟、高精

（圖片來源：http://www.seizetheworld.org/stw-t-shirt-party/）
圖 6：網版印刷

度電路板印刷、玻璃瓶印刷、T恤、立體面印刷等印品。

五、數位印刷

狹義之數位印刷係將數位化內容之電子檔案或數位資料，以二值化點（dot）之方式進行檔案內容複製，透過媒介或直接複製至被印物體（通常爲紙張）上之科技，其內容包括文字（text）、圖形（graphic）及影像（image）等，而其輸出裝置除專業之輸出設備外，爲一般家戶所用之印表機即等數位印刷設備。

廣義之數位印刷係將以數位成像之點所形成的電子檔案（Electronic file）來複製於被印材質（通常爲紙張）之科技均稱爲數位印刷，即爲一種從創造到影像輸出，全程皆使用數位化格式一種複製過程，可直接將影像印製於紙張（或被印材），而非傳統以印版，再裝於印刷機版滾上，再透過供墨系統供墨，以印版及橡皮滾筒來轉印至被印材質，其類型包含一般之噴墨印刷、依需印刷與非接觸式電子印刷（Non Impact Printing, Electronic Printing）等。（陳雅莉、陳昌郎，2008）

貳、數位化印刷科技

印刷技術隨著數位科技之發展而不斷的革新與突破，首先，印前作業數位化，係先由傳統手工完稿、分色及拼版，轉變成個人操作的電子印前排版系統，如此協助完成過去複雜且繁瑣的工作；接著爲印刷製程數位化，係透過電子印前排版系統輸出四色片（CMYK），經人工製版、印機整備作業，才會印出精緻的彩色印件之複雜工序，演進至印刷機直接製版或直接機上印刷，即將待印的檔案以各種媒體（磁片、光碟、網路傳遞）的方式，直接將數位印刷機作爲輸出裝置，故被稱爲無版印刷，如此可即時地輸出高品質印刷品，進行少量多樣且可變印紋之印刷；因此，具有多樣少量之印刷、依需印刷（on demand print）及立即性印刷等優點，惟其印刷材質及印刷面積受限制，較不適合長版之印刷；適合個人化名單地址列印、展示場海報、個人化名片等印品。不過近年來已有寬幅之數位輸出機問世，已不在受限於印刷面積，甚至可直接印製具浮凸觸感 2.5D 之彩色輸出設備，大幅提升時效與爲印刷品加值之效果。

如此，生產效率皆不同，防僞安全印刷業要生存下去就必須跟上數位化潮流，且必須了解數位印刷之複製特性，進而辨識其印刷品，可知己知彼，防止僞變造技術之威脅。

依 2016 年 Drupa 展會主題「觸摸未來（Touch the Future）」，共有 1800 多家廠商參展，本次參展重要主題包括：寬幅張頁

進紙式數位印刷機、可表現 95% Pantone 色域 5 至 7 色數位印刷機、折疊紙盒與瓦楞紙之數位印刷機、數位標籤印刷機、輪轉數位印刷機等，幾乎皆與數位技術有關，知名之印刷機材大廠如 Landa、惠普 HP Indigo、柯達（kodak）、佳能（Canon）、愛普生（Epson）、全錄（Xerox）、Mimaki、宮腰等，即使如海德堡、KBA、Komori 等傳統印刷機大廠亦推出數位印刷機，故印刷品運用數位印刷機時代已來臨，尤其是噴墨技術爲展覽之核心，故數位印刷技術是未來之趨勢。（黃義盛 , 2016）

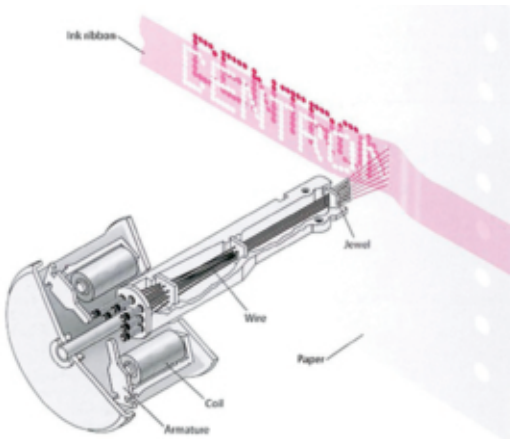
參、數位印刷分類

數位印刷科技發展係由電腦直接製版（Computer to Plate, CTP），包括電腦直接平版製版（Computer to Offset Plate, CToP）與電腦直接雕刻凹版（Computer to Intaglio Plate, CTiP），進而爲電腦機上製版（Computer to Press, CTPress），甚至省去製版程序，直接進步至電腦直接印刷（Computer to Paper, CTPaper）之無版直接印刷，本文著重在無版直接印刷技術之介紹與探討，透過技術原理探討，並分析其印刷特徵，作爲相關技術鑑識之參考。

一、點矩陣撞擊式印表機（dot matrix printer）

1. 點矩陣撞擊式印表機原理

點矩陣撞擊印表機雖非無壓印刷系統，但亦爲數位化無版印刷技術，一般多用於單色或複色之單據、表單及收據等印件，其點矩陣撞擊式印表機係以各種排列矩陣撞針之印字頭在色帶前，依其電子訊號使其撞針凸出而撞擊色帶產生不同墨點狀組合，再將色帶之色彩轉移輸出於紙張上形成圖文（如圖 7），而圖紋之解析度係以點矩陣印字頭撞針數而定，即點矩陣印字頭之撞針數愈多，則代表所輸出之印點（Dots）愈緊密，即輸出之字或圖形就愈平滑（如圖 8），其規格上有 8 針、9 針和 24 針等，目前市面上僅存 24 針的印表機還在市面上。該種輸出設備仍適用於多層列印非碳複寫報表列印，設備機構簡單且維護成本低，複寫式列印績效高，爲其他印刷技術所不及。



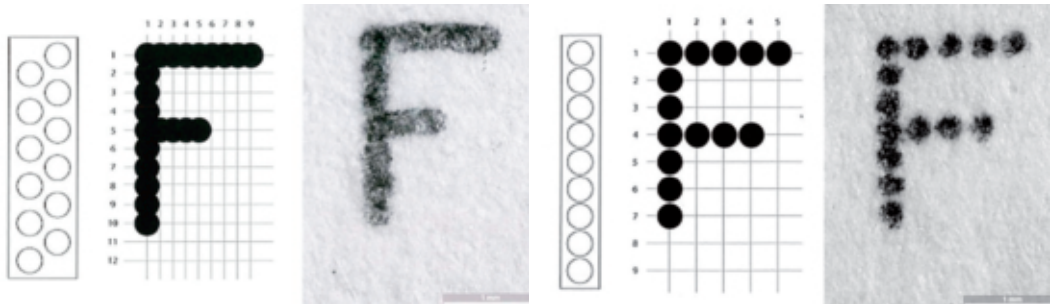
（圖片來源：Martin C. Jurgens, 2009）
圖 7：點矩陣撞擊式印表機運作原理

2. 辨識要點：

點矩陣印表機列印成品之辨識，可觀察其文字或圖紋外緣具有明顯點矩陣之鋸齒邊緣或點狀結構，另點陣式點之大小固定，且印製時為實體撞針與被印物接觸，故被印物之列印面呈現凹陷之情形。（如圖 8 及圖 9）

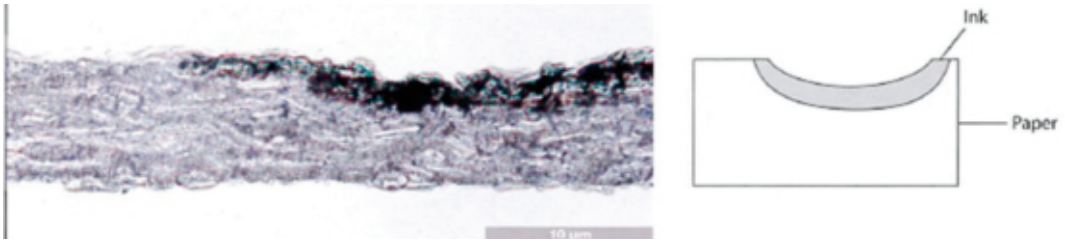
二、數位無壓印刷技術（Non Impact Printing, NIP）

數位無壓印刷技術包括電子照相成像術（electrophotography）、離子成像術（Ionography）、磁性成像術（Magnetography）、噴墨（Inkjet）、熱敏成像術（Thermography）、照相術（photography）、X- 光（X-Graphy）等，其中電子照相成像術（electrophotography）與離子成像術（Ionography）又分成乾式與液態色粉成像；而磁性成像術（Magnetography）則採用磁性色粉成像；噴墨（Inkjet）之技術分成連續式（CIJ）及依需噴（DOD）；熱敏成像術（Thermography）之技術分成熱昇華（Sublimation）及熱轉移（Transfer），透過色帶（膜）轉移；照相術（photography）則採用感光色塗層；X- 光（X-Graphy）則採用墨或色粉。（如圖 10）



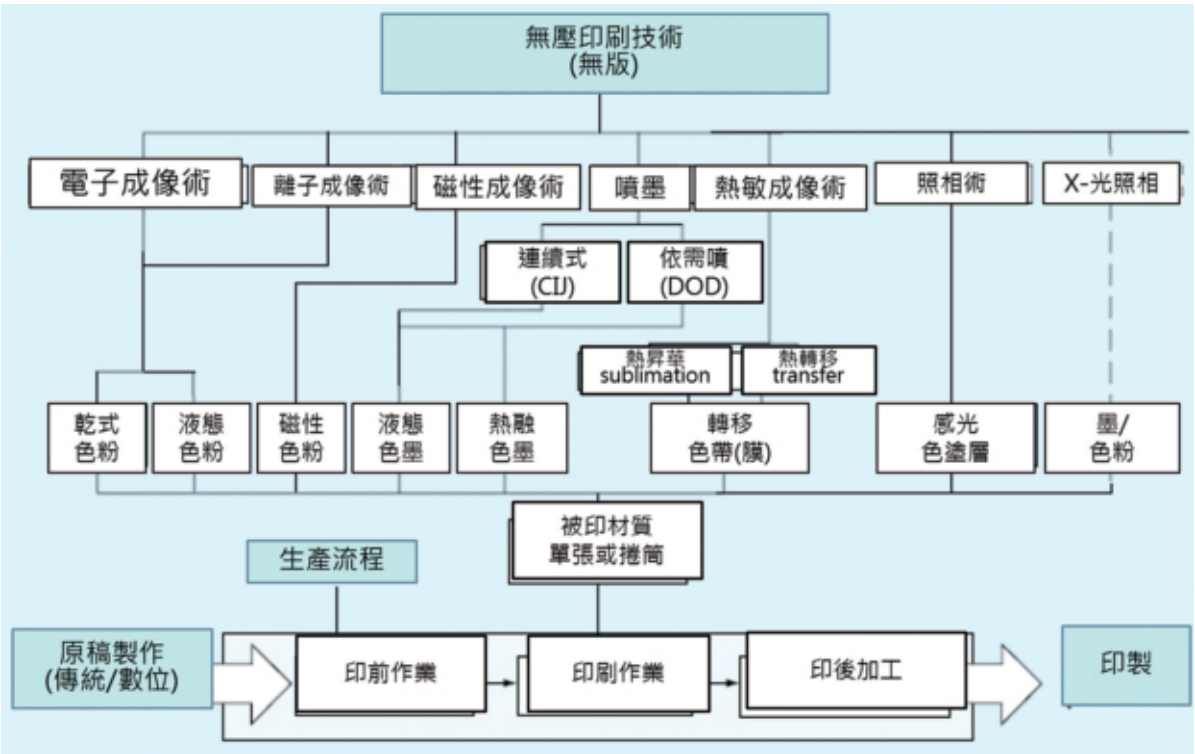
（圖片來源：Martin C. Jurgens, 2009）

圖 8：點矩陣印字頭之撞針數愈多，輸出品質愈平滑



（圖片來源：Martin C. Jurgens, 2009）

圖 9：點矩陣印表機列印輸出剖面圖（印紋凹陷）



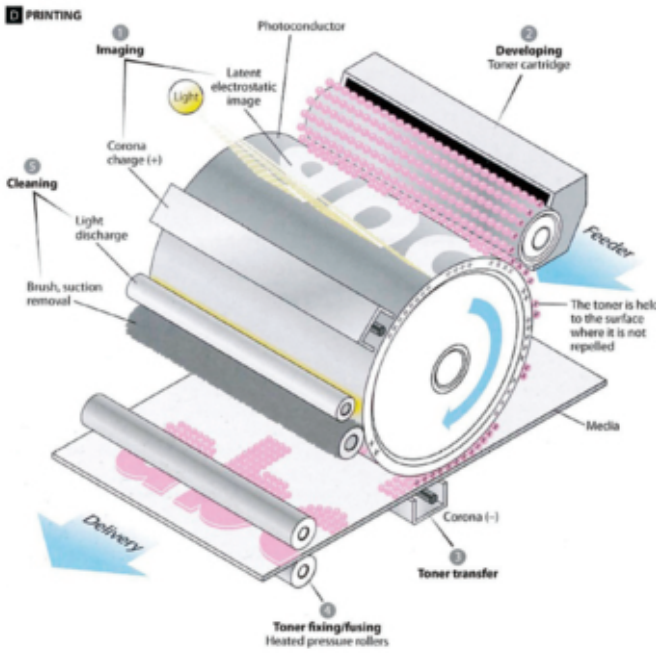
（資料來源：Helmut Kipphan,2005）

圖 10：數位無壓印刷成像技術系統圖

（一）電子照相成像術（electrophotography）

1. 電子照相成像術成像原理

電子照相成像術之成像原理係以正電電暈處理（Corona）使感光鼓或感光帶帶正電荷，影像電子訊號傳送至雷射頭發射電射光，並經稜鏡折射，印紋部分經雷射光在感光鼓除去正電荷，形成靜電潛像（Latent electrostatic image），此過程爲成像（Imaging），而經感光鼓（帶）旋轉後經過碳粉匣與帶正電荷碳粉接觸，其靜電潛像區域吸附碳粉，此過程爲顯像（Developing），而後經顯影後之感光鼓與被印材質（通常爲紙張）接觸，並於紙張背面以負電電暈處理，將帶正電之碳粉吸附且留在紙張上，產生碳粉轉移過程（Toner transfer），再經加熱器以高溫使碳粉加熱固著融化（Toner fixing/fusing），而後再將感光鼓殘留碳粉除去並放電，準備再爲下次成像處理，如此達成電子照相像成像列印（如圖 11），同以碳粉爲基礎之類似技術包括靜電複印（xerography）、離子成像（ionography）、磁性列印（magnetography）及靜電印刷系統（electrostatic printing systems）等，一般



（圖片來源：Martin C. Jurgens, 2009）
圖 11：電子照相成像術之成像原理

雷射印表機及影印機皆屬該成像技術。

2. 電子照相成像術（electrophotography）

種類

電子照相成像術（electrophotography）如前所述係爲碳（色）粉（toner）爲基礎之技術，故依色粉類別分爲乾式色粉與液態色粉二類，大部分設備屬於乾式色粉輸出設備，例如 Xerox color 1000 Press（clear dry ink）（如圖 12）、DCP/32-Xeikon、DocuColor 40-Xerox、CLC 1000-Canon、NexPress 2100 及雷射列印輸出機 / 影印機等；第二類爲液態色粉（電子油墨）輸出設備例如 HP Indigo 系列。

（1）乾式色粉電子照相成像術

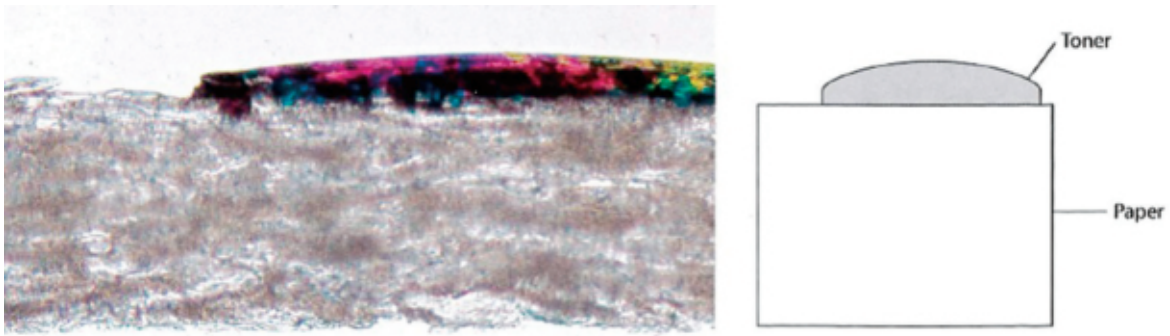
乾式色粉電子照相成像術爲堆疊在紙張上，若以 45° 側光且 45° 觀看印刷品時（45°/45°），其印紋具明顯浮凸及具光

（圖片來源：https://www.dpidirect.com）
圖 12：Xerox color 1000 Press（clear dry ink）

澤度，尤其是滿版區或較深區域，反之 45° 側光且垂直正上方觀看印刷品時（45° / 0°），其印紋無明顯光澤度；另外，由於感光鼓非印紋區上會有吸附殘留碳粉，版面上則會有散布零星之色粉，有如迷途碳粉之現象，尤其在印紋區附近（如圖 13 及圖 14）。另外，在版面非印紋區域可觀察到不同廠牌之乾式色粉雷射印表機輸出具有特殊防僞記號，一般爲特定排列之數個黃色小點組成，可視爲何種廠牌或何種型號之印表機所輸出之成品，亦可作爲鑑識之參考，如圖 15 及圖 16，該特徵可利用紫外燈源或紅外線光源進行觀察之。

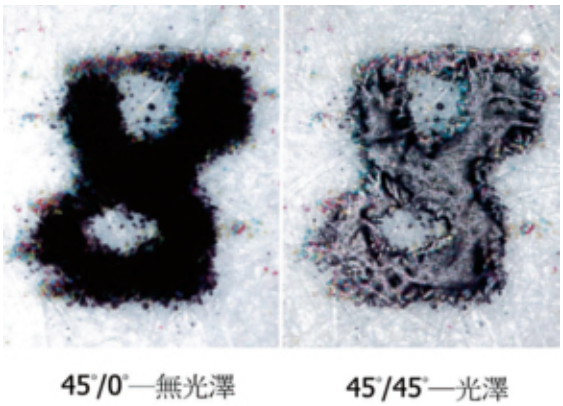
（2）液態色粉之電子照相成像術

液態色粉之電子照相成像術係採用與乾粉式電子照相成像相同之原理，僅採用印製之色粉不同，而其色粉係應用與平版印刷類似之半透明印墨，印墨爲帶負電荷



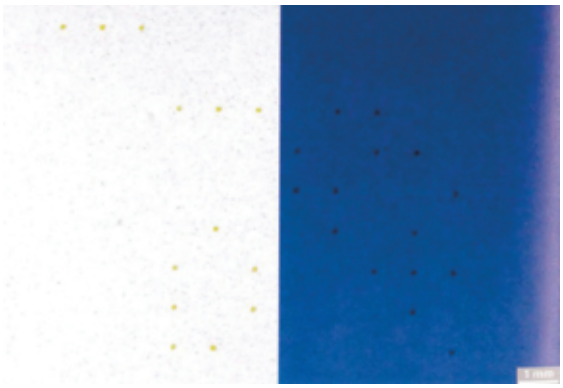
（圖片來源：Martin C. Jurgens, 2009）

圖 13：乾粉式雷射數位印刷品剖面示意圖



（圖片來源：Martin C. Jurgens, 2009）

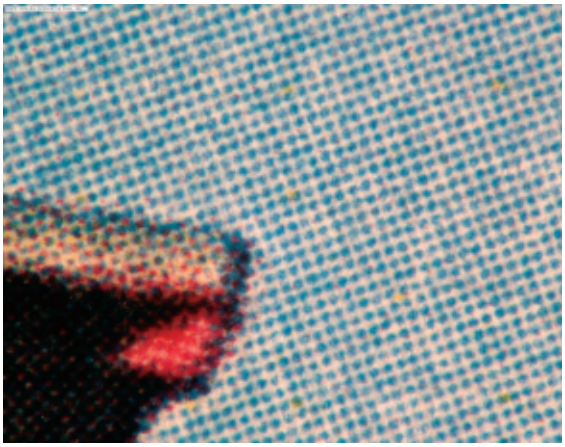
圖 14：不同觀看乾粉式雷射數位印刷品



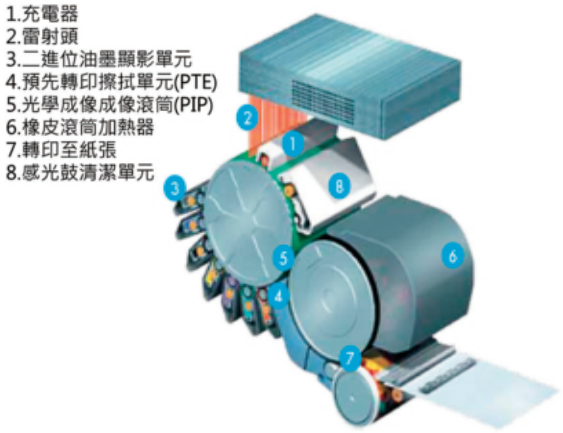
（圖片來源：Martin C. Jurgens, 2009）

左：正常光源；右：紫外燈源（uv365 μm）

圖 15：乾式色粉雷射印表機輸出之特殊防偽記號



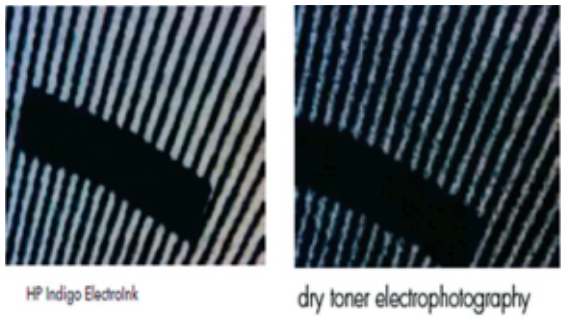
（圖片來源：RICOH 數位印刷機樣張）
圖 16：乾式色粉雷射印表機輸出之特殊防偽記號



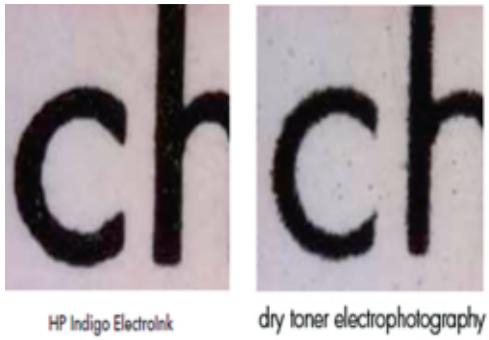
（圖片來源：Indigo）
圖 17：Indigo-E-Print 系列成像機構圖

微粒子（~ 1 um）之液態電子墨（Liquid ElectroInk），例如 Indigo-E-Print 系列。其成像機構包括充電單元、雷射頭、二進位油墨顯影單元（Binary Ink Developer Units, BIDs）、預先轉印擦拭單元（Pretransfer erase unit, PTE）、光學成像滾筒（PIP to blanket）、橡皮滾筒加熱器（Blanket heating）、第二次轉印至紙張（Second transfer to substrate）及感光鼓清潔單元（Photoconductor cleaning station）等機構（如圖 17）。

此類數位印刷機所使用之液態電子油墨爲帶負電荷微粒子（~ 1 um），極爲細小，故其印製品質較一般乾式色粉之電子照相成像（如影印機或雷射印表機）之輸出品質清晰（如圖 18），較無毛邊現象且亦較不會有如迷途碳粉之現象（如圖 19）。另外，以放大鏡觀察液態色粉電子墨

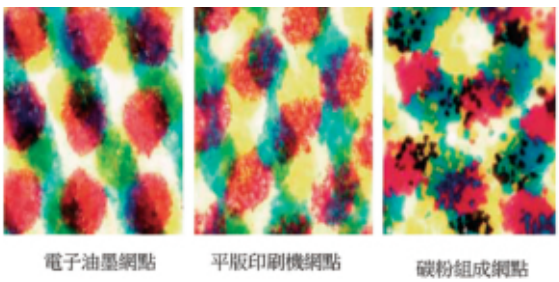


（圖片來源：Indigo）
圖 18：液態色粉與乾式色粉電子照相成像術輸出品質比較



（圖片來源：Indigo）
圖 19：液態色粉與乾式色粉電子照相成像術輸出品質比較

其網點結實完整且邊緣較平順，相較一般平版印刷機之網點不紮實，而一般乾式色粉之電子照相成像（如影印機或雷射印表機）輸出之網點有明顯色粉組成跡象（如圖 20）。

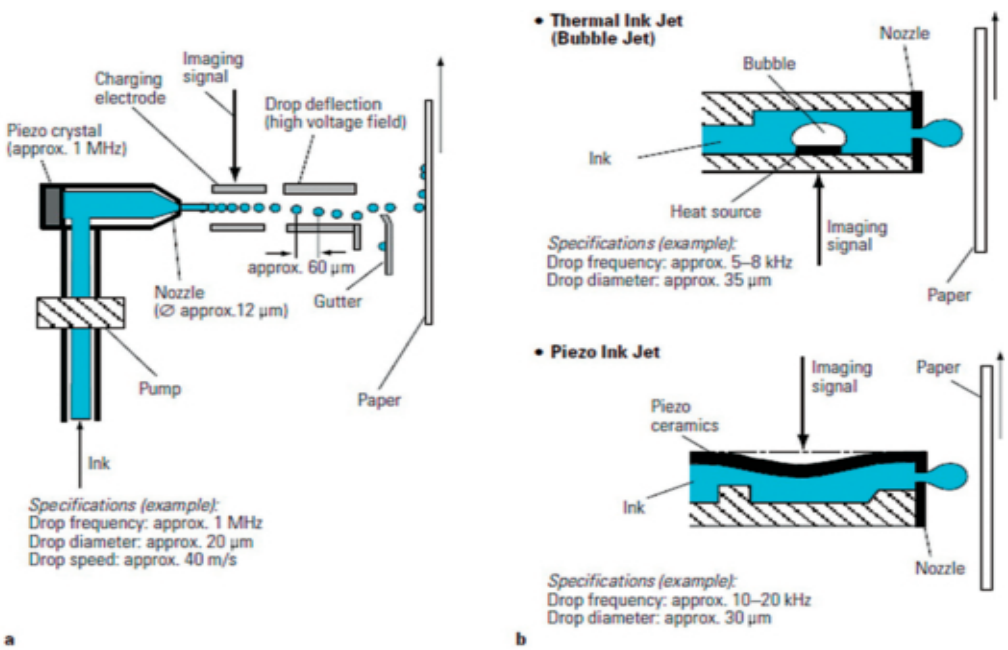


（圖片來源：Indigo）

圖 20：液態色粉、平版印刷與乾式色粉網點品質比較

（二）噴墨列印技術

噴墨印表機藉由馬達與皮帶帶動其墨水匣左右移動，使黑（Bk）、青（C）、洋紅（M）、黃（Y）之墨點自墨水匣噴向至紙張，列印時則透過極細的噴嘴，分別將不同顏色之墨滴，依比例噴灑在紙張上，而形成影像所需顏色，而此過程不斷循環並搭配紙張向前移動，構成印刷品的影像，完成列印工作。而噴墨列印依墨滴形成方式可分成連續式噴墨（Continuous InkJet, CIJ）、氣泡式噴墨（Bubble Jet）、壓電式（Piezo）等種類，後二種屬於依需求噴墨滴（Drop On Demand, DOD）。（如圖 21）



（圖片來源：Helmut Kipphan,2005）

圖 21：噴墨列印原理

1. 連續式噴墨（Continuous InkJet, CIJ）技術

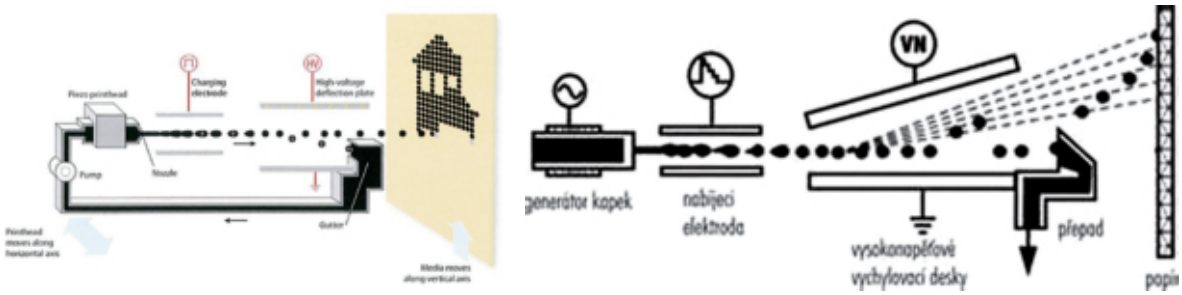
連續式噴墨列印方式係墨滴不斷連續噴出，依印紋或非印紋之訊號，通過電極板而偏極，使墨滴產生偏移，而在紙張形成影像，再將非印紋的墨滴回收，依偏極方式可分成二類，其一爲以不偏離的墨滴印刷（Undeflected Drop to Print）或二元偏極（binary deflection）（如圖 22a），此類技術可印製品質較佳印刷圖案，例如 Iris Graphics and Scitex proofing devices（Hertz technology），而電極板產生偏極之墨滴被收集器收集重回墨匣中；其二爲以偏離的墨滴（deflected drop）或多重偏極（multiple deflection）印刷（如圖 22b），不偏離的墨滴再被收集重回墨匣中，此類技術列印速度較快速，故一般應用於標籤或紙箱及較低階品之單色文字或線條、條碼、有效日期之印製。

2. 氣泡式噴墨（Bubble Jet）技術

氣泡式噴墨技術係將影像訊號傳送至熱點元件，依訊號通知熱元件加熱，使墨水匣瞬間加熱產生氣泡形成壓力，而使墨水自噴嘴噴出，若爲非印紋，墨滴則不噴出，又以墨滴之物理性質，經冷卻加熱元件，再使氣泡消褪，藉以達到控制墨滴之進出與大小之雙重目的。Canon、HP 及 Epson 三大廠家皆有此技術之機器，如 Canon's Bubble Jet printer BJ-80（1983）、Hewlett-Packard Thinkjet 及 Epson's Stylus 800 printer 等。另外，此種技術亦可利用熱熔式之腊質墨，故列印之印紋具有浮凸情形。

3. 壓電式噴墨技術（Piezo Inkjet）

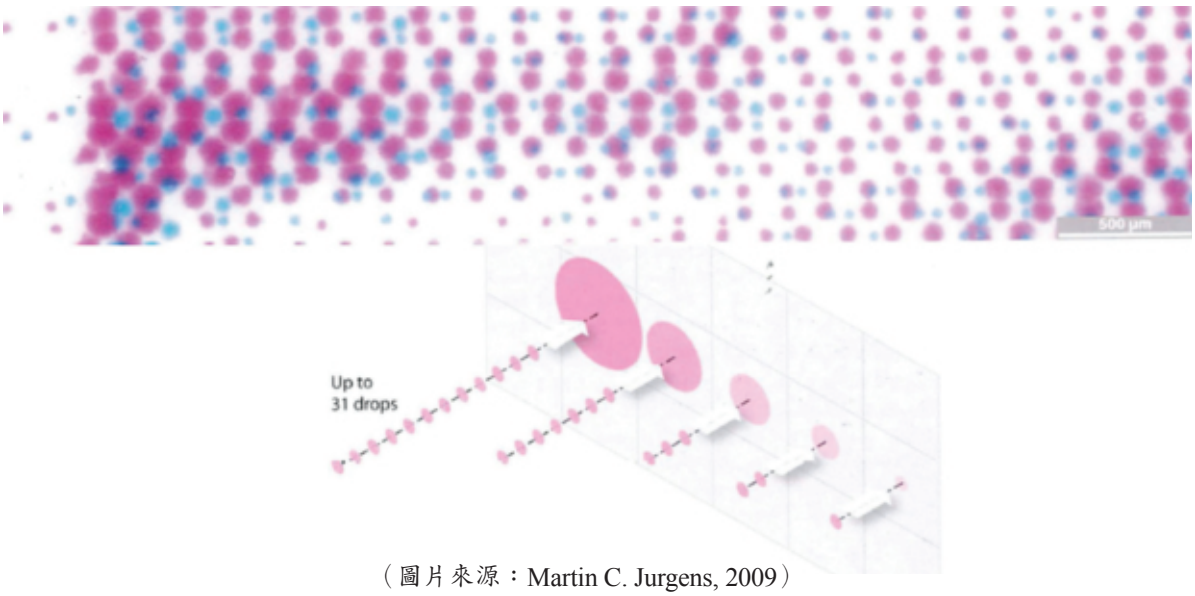
壓電式噴墨技術係壓電式噴墨利用壓電材料元件通電變形特性，對墨滴產生壓力，使墨滴經噴嘴射出，落於預定位置。首先將影像訊號傳送至壓電材料元件，依



（a）不偏離的墨滴印刷　　（b）偏離的墨滴印刷

（圖片來源：Martin C. Jurgens, 2009）

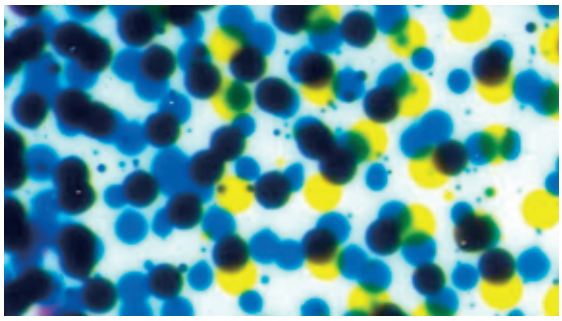
圖 22：連續式噴墨（Continuous InkJet, CIJ）



（圖片來源：Martin C. Jurgens, 2009）
圖 23：壓電式噴墨網點列印

訊號通電使壓電材料元件產生變形彎曲，而使墨水匣內之墨滴受壓縮形成壓力，而墨滴自噴嘴噴出，隨後壓電材料元件回復，墨水匣再次補充墨水；若爲非印紋，則壓電材料元件不通電則不會產生變形彎曲，墨滴則不噴出，藉以達到控制墨滴之噴出與大小之目的，主要供應商有 Epson 等。而每次噴出之墨滴大小相同，而墨水構成圖案影像之網點大小係利用同一位置噴出墨滴之數量而定，例如大網點則噴 31 墨滴，小網點可能只噴 1 墨滴，如此即可模擬印刷網點打樣，使列印之圖像之色階更爲豐富，如圖 23。

噴墨輸出技術除連續式噴墨（Continuous InkJet, CIJ）爲規則網點結構外，其餘皆屬於墨點大小一致，但分佈不規則之網點，類似調頻網點結構，且輸出品質依紙張材質會有不同之效果，如非塗佈模造紙之噴墨品質，易有毛邊且撲墨情形，而列印於光滑表面時易在列印前進方向，主墨點附近出現類似衛星小墨點（Satellite drops）之情形（如圖 24），可供鑑別參考用。



（圖片來源：Narelle Jarry, 1996）
圖 24：噴墨主墨點附近出現衛星小墨點（Satellite drops）之情形

（三）熱敏成像技術

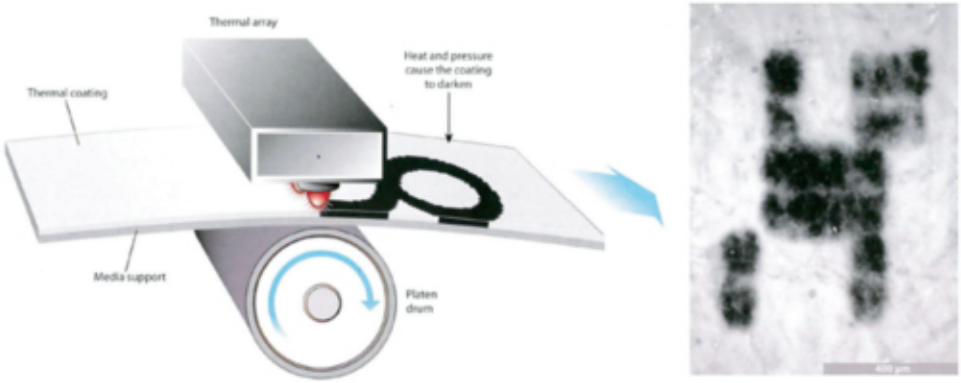
熱敏成像技術係爲 70 年代末和 80 年代初推出，採用加熱頭將個別單獨地將每種顏色之熱敏色料轉移到被印材質，故被印材質通常經過 CMY 或 CMYK 三～四次之熱轉移程序。該技術可分成直接熱感（direct thermal, D1T1）、直接熱轉印（direct thermal transfer, D1T2）及染料擴散熱轉印（dye diffusion thermal transfer, D2T2）等，分別敘述如下：

1. 直接熱感（direct thermal, D1T1）

該技術係以加熱頭陣列（Thermal Array）在具熱敏感被印材質（熱敏紙）上直接加熱，使熱敏紙產生黑化效果，而構成文字或圖案，故此類印件多屬單色印品，且以放大鏡觀看時，可查覺明顯之加熱頭陣列（Thermal Array）加熱所留下之痕跡，另由於以加熱頭使熱敏材料直接產生黑化效果，故中央與外緣之濃度不均勻，中央部分加熱頭之溫度較高，使該部分感熱黑化較多，而在影像或文字之成像邊緣因加熱頭溫度較低些，故其呈現濃度較淡且不均勻現象，如圖 25。該技術目前仍應用於熱感式傳眞紙（表面蠟質）、自動櫃員機（ATM）之明細收據列印、超商電子發票列印及部分醫學影像拍攝之列印等。

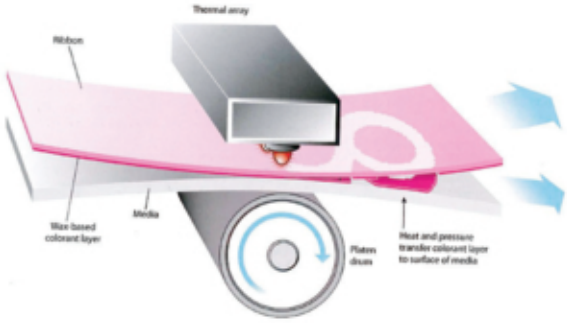
2. 直接熱轉印（direct thermal transfer, D1T2）

該技術係以加熱頭陣列（Thermal Array）使熱敏感色帶融化並附著於被印材質，故若印製多色則印品必須經過多次色帶列印工序（如圖 26），通常色帶含有樹脂（resin）與蠟（wax）之成份，一般標準色帶（膜）大約爲 65～85% 之蠟及 5～15% 之樹脂所組成，由於蠟質比例甚高，所以具不透明性，且以側光觀察時，可查覺印刷品表面油蠟之外觀。

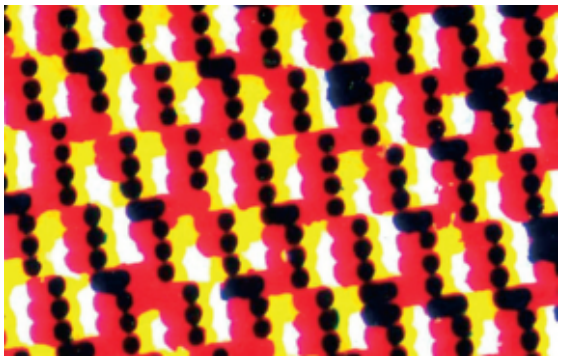


（圖片來源：Martin C. Jurgens, 2009）

圖 25：直接熱感（direct thermal, D1T1）列印原理與印品圖



（圖片來源：Martin C. Jurgens, 2009）
圖 26：直接熱轉印（direct thermal transfer, D1T2）列印原理

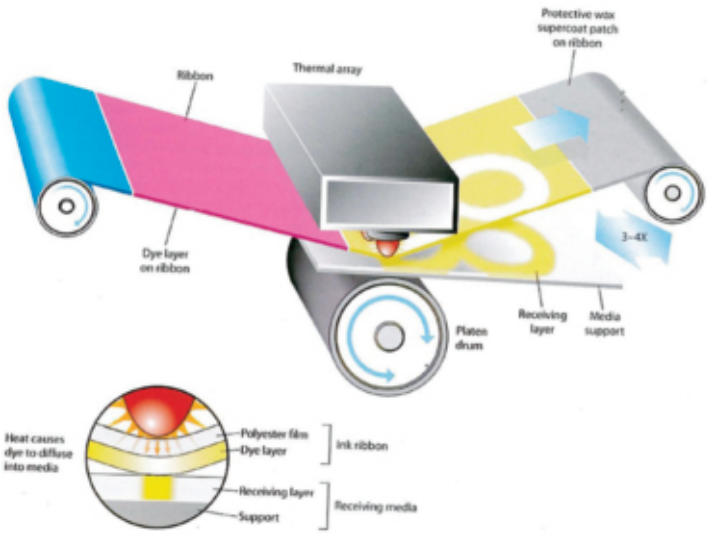


（圖片來源：Narelle Jarry, 1996）
圖 27：直接熱轉印（D1T2）列印網點排列

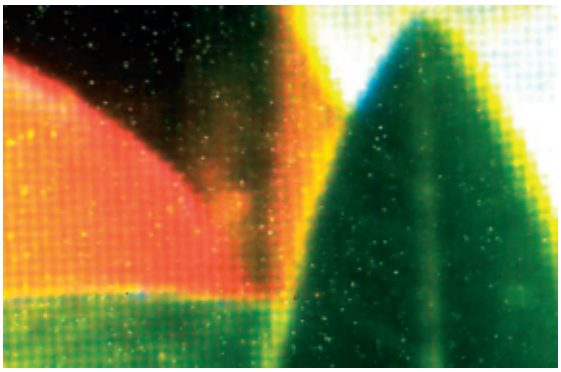
該技術所列印之彩色圖像係由 CMYK 四色列印工序所形成，故其四色網點排列有一定方向性且具明顯加熱頭之現象，其方向性係與加熱頭移動與排列方向有關，因此，各色方向與排序皆一致，可透過放大鏡觀察此現象，如圖 27。另外，此類之黑色色帶含碳黑成份，若於紅外線光源環境下，會產生紅外線吸收情形，而使黑色部分變成紅外線吸收反應之黑色，可作爲鑑識之參考資訊。

3. 染料擴散熱轉印（dye diffusion thermal transfer, D2T2）

該技術所列印之彩色圖像係以 CMYK 等四色所組成色帶，必須依序且往復列印工序所形成，故被印物必須前後往復移動，而各色影像形成亦依加熱頭之能量強度不同，而產生不等量之染料昇華轉移至紙張或被印材質表面（如圖 28），亦稱爲染料昇華（dye sublimation），故較直接熱轉印（D1T2）之階調更細緻，品質接近相片影像品質（相片紙，RC paper），具照片外觀，接近連續調影像；



（圖片來源：Martin C. Jurgens, 2009）
圖 28：染料擴散熱轉印（D2T2）列印原理



（圖片來源：Narelle Jarry, 1996）
圖 29：染料擴散熱轉印（D2T2）像素化網點排列

另外，與直接熱轉印技術不同，沒有固定網點排列及加熱頭之跡像，以放大鏡觀察時，影像之網點呈現方正像素（pixel）之網點結構（圖 29），可與直接熱轉印作爲區別，此類技術以側光方式，可觀察印紋區域具有光澤度，而該技術亦可應用於陶瓷馬克杯或紡織品之轉印。

肆、數位印刷鑑定

印刷品之列印方式如前所述，有傳統一般平版印刷、凸版、凹版及網版，亦有噴墨、乾粉式雷射列印、液態色粉列印、熱轉印等數位印刷，而面對鑑定其眞僞時，可依下列步驟進行：（Martin C. Jurgens, 2009）

一、收集內容資料（gather contextual data）

收集印刷品、照片或藝術畫作等作品內容資料時，可透過印刷鑑定檢核清單（Print identification checklist）逐一核對並釐清來協助資料收集，其內容可項目包括：

（一）藝術家／文件生產者—如相紙背面 AGFA,FUJI,

（二）印製日期

（三）尺寸：A4、A3、A2……等。

（四）應用場合及情況：海報、褪色、破壞跡象……等。

（五）色彩：單色或多色。

（六）被印材質：塗佈紙、非塗佈紙、高光相片紙（RC paper）、背面透印的情形等。

（七）表面：霧面、半光澤、光澤、均勻光澤、浮凸、色彩、上光。

（八）印刷品質：柔和色彩、明亮色彩、列印條紋（banding）、色彩錯位（color misregistration）、低解析度、高解析度……等。

（九）影像形成方式：連續調、一般半色調、網點形狀、AM、FM、線條、網點邊緣、散落色粉（stray toner）、羽化情形（feathering）等。

（十）著色材料：染料、顏料、CMYBK 色粉、中性碳黑色粉……等。

（十一）其他。

二、肉眼檢查（examine with the naked eye）

先以肉眼對印刷品、照片或藝術畫作等作品大致上之輪廓、精緻度與質感等進行初步檢查，具以紙張特性、解析度、光澤度及尺寸等進行初步鑑定。

三、放大鏡檢查（examine under magnification）

先以放大鏡對印刷品、照片或藝術畫作等作品之細部內容，例如：網點結構（AM 或 FM）與角度、過網解析度及特殊防僞記號等進行細部檢查鑑定。

四、利用鑑定流程圖（use the identification flowchart）

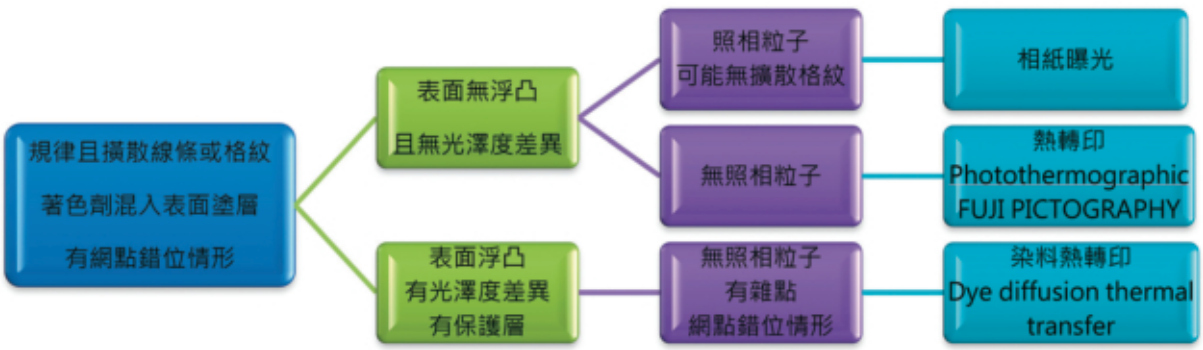
可依標準作業程序製作相關鑑定流程圖，將影像分成連續調影像與半色調，再依光澤度、粒子或網點情況等來鑑別該印品之印製方式，進而鑑識其眞僞，分別敘述如下：

（一）連續調影像

將具有規律與擴散線條或格紋，以著色劑混入被印材質表面塗層，且有網點錯位情形之連續調影像依據是否具浮凸及表面光澤差異分成二類，其中具浮凸及光澤差異且有網點錯位情形，無照相粒子組成，則屬於染料擴散熱轉印（dye diffusion thermal transfer, D2T2）之列印輸出品；反之無浮凸且無光澤差異，則屬相紙曝光及熱轉印二種可能，若有照相粒子組成，則爲相紙曝光，若無照相粒子組成，則屬於熱轉印之輸出品，例如連續調影像鑑定流程圖（如圖 30）。

（二）半色調影像（halftone image）

可依前述類似區分法加以鑑別各式印製技術，將影像再區分爲規則網點及不規則網點之半色調影像結構，其中不規則網點結構皆屬於依需噴墨輸出（DOD），此類若表面色粉造成光澤度差異，則屬於變相依需噴墨（Phase change Drop on demand inkjet）之列印輸出品，其餘再依解析度與

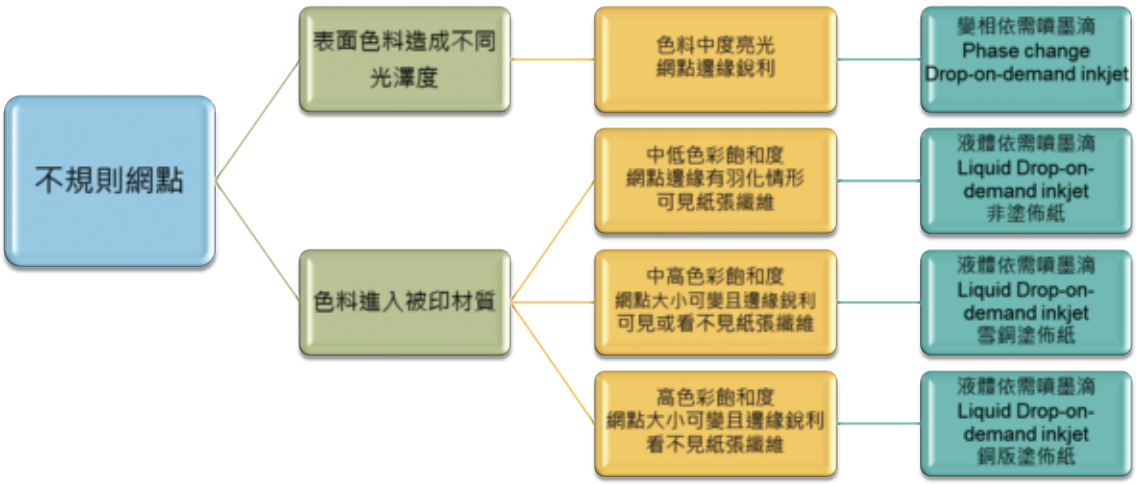


（資料來源：Martin C. Jurgens, 2009）

圖 30：連續調影像鑑定流程圖

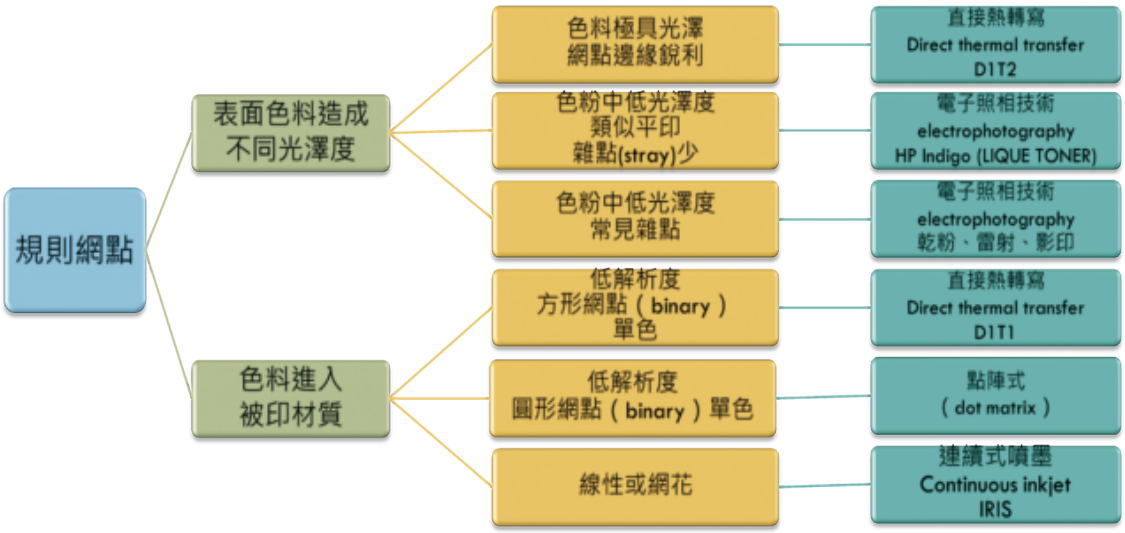
羽化（俗稱撲墨）現象區分爲塗佈紙、雪銅紙及非塗佈紙依需噴墨滴列印之輸出品。（如圖 31）

另外，若半色調影像之網點係爲規則網點所組成，依是否具有光澤度、網點點型狀、雜點多寡及網點邊銳利程度等判斷屬於何種類型，其半色調影像（規則網點）鑑定流程圖（如圖 32）。



（資料來源：Martin C. Jurgens, 2009）

圖 31：半色調影像（不規則網點）鑑定流程圖



（資料來源：Martin C. Jurgens, 2009）

圖 32：半色調影像（規則網點）鑑定流程圖

五、檢視混淆相似特點（check）

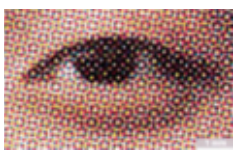
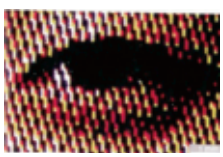
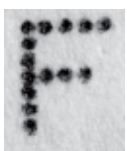
檢視印刷品時會出現相似之特點，必須小心謹慎加以比對確認，例如規則 / 不規則網點、半色調網花差異（Rosette Patterns）及噴墨網點大小變化（Variable-Size）差異等容易混肴之相似點，以確認正確之輸出類型，例如版面上若有區域出現不規則網點，即可能爲依需噴墨印表機（DOD）與平版變頻網點，而二者容易混淆，則必須再以網點是否有羽化網點（feathering dots）來進一步判定，若明顯有羽化網點（feathering dots）現象，則屬於依需噴墨（DOD）印表機（如圖 33）。

伍、結論

數位複製科技之日益發展且推陳出新，對安全防僞印刷業者成爲一大威脅，爲提昇防僞技術與增加僞造之難度，必須對數位複製技術有所了解，進而分析各式輸出設備列印之特性，分析網點結構、光澤度、浮凸情況等，加以區別列印技術，或鑑識相關僞造手法，作爲未來防僞設計之參考，必要時亦可作爲法律之證據依據；

圖 33：噴墨羽化網

表 1 規則半色調網點類型分類表

網點類型	4 色調幅網點（four-color AM）	線條過網（lined screen）	方形網（Rectangles screen）	矩陣點（Matrix）
設備種類	商業平版印刷	電子照相列印	DIT1 and DIT2	點陣印表機
設備	Heidelberg Speed master press	color laser copy（Canon CLC）	D1T2 print（Seiko ColorPoint i835PS）	熱感傳真機
網點邊緣	粗糙不結實	散佈小碳粉（乾粉） 平順（濕粉）	明顯點狀	明顯點狀
浮凸	╳	✓（乾粉） ╳（濕粉）	✓	╳（凹陷）
網點圖示				

（資料來源：Martin C. Jurgens, 2009）

彙整不同設備與技術輸出網點類型之分類表作爲參考，如表 1。

參考文獻

網站資料部分

1. 維基百科，沈括 夢溪筆談：https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%A2%A6%E6%BA%AA%E7%AC%94%E8%B0%88
2. 維基百科，印刷：https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%B0%E5%88%B7
3. 泰國銀行 https://www.bot.or.th/English/Banknotes/production_and_security/Pages/Banknote_production.aspx
4. 瑞典中央銀行 http://www.riksbank.se/en/Notes--coins/Banknotes/Invalid-banknotes-new/1-000-krona-banknote1/#security,front,14002
5. 噴墨 http://www.ogd.com.tw/images/product/d/3-4-1.pdf
6. https://www.dpidirect.com/wp-content/uploads/2014/10/Xerox-Color-800-1000-Press-cutaway-2.png
7. http://www.graphicsatlas.org/identification/?process_id=44
8. http://www.seizetheworld.org/stw-t-shirt-party/
9. Image Permanence Institute, Rochester Institute of Technology(RIT)， http://www.dp3project.org/resources/newsletter-archive/v7/idtip-offset-litho-or-digital-press

中文部分

1. 陳雅莉、陳昌郎（2008），加密數位浮水印圖像應用於數位印刷之品質分析研究，中華印刷科技年報。
2. 黃義盛（2016），洞見 Drupa 印刷展（2）/霧裡看花還是海底摸針，中華印刷科技學會專欄電子報。
3. 康慶年（2009），入出國問題證照非破壞性鑑定之研究，開南大學空運管理系，未出版碩士論文。
4. HP Indigo 數位印刷機型錄與樣張。
5. RICOH 數位印刷機型錄與樣張。
6. Kodak NexPress 數位印刷機樣張。
7. Youtube 分享影片。

英文部分

1. Helmut Kipphan, 2005, Handbook of print media : technologies and production methods, – Berlin ; Heidelberg, Springer.
2. Martin C. Jurgens, 2009, The Digital Print : Identification and Preservation, Getty Publications.
3. Narelle Jarry 1996, Computer Imaging Technology: The Process of Identification, The American Institute for Conservation, The book and paper annual vol. 15.

林政松／中央印製廠 技研科