

從色彩管理探討數位樣張 之色彩複製

曾正源

摘要

「樣張」不僅是商家與客戶溝通交流的重要工具，也是商家與客戶簽約委印的重要依據，且是色彩複製流程中控制印刷品質的重要準則，更是印件交貨時印製品質認定的重要指標。由此，樣張的色彩管理，在色彩複製流程中的重要性可見一斑。

樣張（Proof）是由打樣（Proofing）產生的，主要就是要製作一張忠於原稿以提供色彩複製的樣本。目前在數位科技的導入下，數位打樣具有節省作業時間、降低打樣成本及提高工作效率的優勢，已逐漸取代傳統打樣而成為出版印刷打樣的主流。因此，做好數位樣張的色彩管理，是出版印刷業在色彩複製作業時當務之急的重要課題。

本文藉由色彩管理機制的體認與運用，探討數位噴墨樣張的色彩複製特性，分析彩色噴墨印表機的色彩表現能力，並透過 Photoshop7.0 影像處理軟體的色彩管理功能，在不同列印設備的列印下，色差表現能力呈現在 ΔE 小於 4 的色彩品質，大致可獲致色彩一致性的列印品質，不但體驗到色彩管理功能的重要性，同時也驗證了色彩管理軟體在色彩管理上的功能與應用成效。

關鍵詞：色彩複製（Color reproduction）、打樣（Proofing）、數位樣張（Digital Proof）、色彩管理（Color management）

一、前言

隨著科技的高度迅速發展，進而帶動了圖文傳播科技的進步，印刷的打樣方式也有了明顯的進展，比如由傳統打樣進入數位打樣，由硬式打樣到軟式虛擬打樣，以及透過網際網路的遠距打樣等，使得印刷的打樣更具多樣化；但無論以何種方式打樣，樣張的色彩品質都是以「忠於原稿」為最優先的條件。所以，樣張的色彩複製能力，也是左右樣張彩色品質的重要關鍵。

要製作色彩再現又忠於原稿的數位彩色噴墨樣張，最有效的方法就是「色彩管理」。隨著科技的發展，目前已有多種「色彩管理系統」運育而生，主要目的就是使圖像在複製流程中，進行科學化的色彩管理，期使色彩複製過程中的圖像色彩外觀，從輸入端、顯示端到輸出端的呈現結果，都能表現色彩一致性的目標，並在色彩複製的終點時達到色彩真實再現的目

的。

本文主要是以色彩管理系統為探討與應用為主軸，以數位彩色噴墨樣張的色彩品質為探討對象。本文探討的目的，是透過 Photoshop 影像處理軟體的色彩管理機制，以探討噴墨樣張的色彩複製特性，分析彩色噴墨印表機的色彩表現能力及色彩的差異性，並藉由色彩管理機制（Color management framework）的運作，使不同列印設備的列印品質能達到色彩一致的目標，從而模擬印刷機的印刷品質，以預知與掌握未來的印刷品質。

二、打樣（Poofing）

打樣是銜接印前作業與印刷作業之間的重要工作流程，可以讓客戶在印刷前就可預見最後的印刷效果。目前出版印刷作業中，常用的打樣方法主要有傳統打樣、數位打樣和軟式打樣三種，如圖一所示。

一、傳統打樣（Traditional proofing）



圖一、打樣種類示意圖

傳統打樣的流程和印刷的製作方法基本上是相同的，都需要經過出底片、拼版、製版等步驟，然後以打樣機或印刷機來印刷樣張。所以，色彩品質與實際印刷品質較為接近；同時與印刷時使用相同的格式化數據，因而通過傳統打樣，可以發現潛在色彩複製的問題，如色彩品質、錯網、版式和字體等問題。

但是另一方面，傳統打樣的技術層次較高，需要有專業的技術人員才能獲得準確的樣張，人力工時耗用也較高；同時需要較高的打樣設備投資。並且牽涉的工作流程多，特別是樣張的顏色或文字版式需要做修改時，得重新出底片、拼製版，所以就需要較長的處理週期和打樣成本。

二、軟式打樣（Soft proofing）

軟式打樣也叫做「虛擬打樣」，是利用彩色顯示器來呈現數位化的資訊，無疑是最方便、最快速、最便宜的一種打樣方法，所以要求彩色顯示器的精度高，必須經過正確的色彩校正。但軟式打樣方式的缺點是色彩的準確性依賴於顯示器的性能和校準情況；如果沒有正確的色彩管理机制，是不能為後序的印刷流程提供可參考的影像品質。

三、數位打樣（Digital proofing）

數位打樣是將資訊加以數位化處理後，以數位列印機輸出數位樣張來呈現影像的品質，影像資訊可以隨時進行版面調

整或顏色調整，不但可以減少印前作業時間，而且可以降低打樣成本及提高工作效率的優勢，已逐漸取代傳統式打樣而成為出版印刷打樣的主流（TIGAX，2001）。

數位打樣的優點主要包括以下幾點：

1. 不需輸出底片或製作打樣印版，可縮短生產週期及降低打樣成本。
2. 配合色彩管理的噴墨樣張，色彩品質更穩定。
3. 數位打樣是數位印刷的重要組成部分，其特有的穩定性可以為整個印刷技術提供標準，可有效確保並提高印刷的品質。

但數位打樣仍有其缺點存在，主要有以下幾點：

1. 有些數位打樣系統不能確保文字檔數據的完整性。
2. 具有處理網目調整功能的數位打樣系統需要較高的費用。
3. 特別色和金屬色不能準確再現，必須使用特定的系統。

毋庸置疑的，目前隨著色彩管理技術的完善發展，數位打樣已在印刷流程中展現更大的優勢，並已佔據主導的地位。另外，在網際網路科技持續發展的情況下，遠距打樣（Remote proofing）也發展出透過高速傳輸、遠端接收資訊後再從事軟式打樣或數位打樣，使得打樣的工作達到無遠弗界的境地。

三、色彩定義

光就是色，因為沒有光就沒有顏色。當光照在物體上時，物體表面會吸收某些波長並反射出某波長的光。如圖 2 所示，紅蘋果的表面吸收了小於 700 nm 的光，同時反射出大於這個波長的光，當這些反射的光進入人的眼睛後，即被感知出蘋果的顏色（Agfa, 1997）。



圖二、物體吸收與反射光波圖

而每種顏色都有它自己清楚的色外貌。這個色外貌是以三種元素作為基礎的，分別是色相（hue），彩度（chroma）和明度（value）（Rich Cook, 2005）。也就是說，可以由這三個物理量來描述任何物體的顏色。

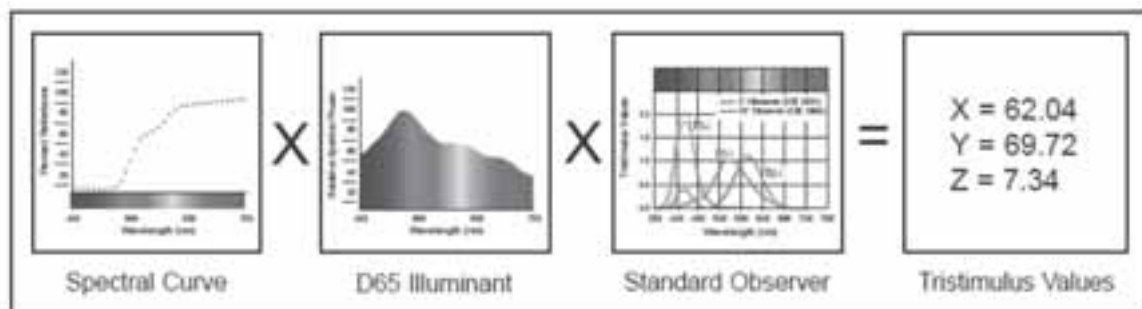
在 1666 年時，偉大的物理學家牛頓（Isaac Newton），利用三稜鏡（Prism）證實可以將白光分離成所謂的可見光譜（visible spectrum）。然而當時對於如何才能將色彩量化（Quantification）的議題，不論在學術研究或工業應用的發展上，都沒有一個標準模式可循。

直到 1931 年，國際照明委員會（International Commission of Illumination，簡稱 CIE）提出一套能夠詳述色彩定義的系統 -CIE XYZ，決定了色彩知覺所需的三大元素：光源（specific light source）、被照物體（matching object）及標準觀測者（standard observer）的人眼描述。其中的人眼描述，就是依 CIE 標準觀測者的配色函數（Color-matching Functions）來表示的（Sun, 2002）。

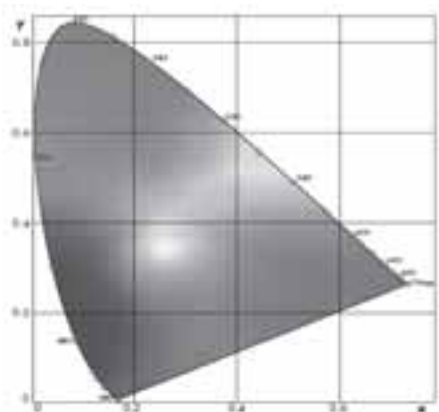
產生色彩的三要素的光源、被照物體、標準觀測者，CIE 於 1931 年根據色彩三要素的混色原理，做了 2 度視角的配色實驗，當時就把人眼對光反應的情形加以量化，分別為感紅色、綠色和藍色細胞的反應量所得三條反應曲線，我們稱此為 1931 年配色函數（Color Matching Function）（TIGAX, 2001）。其中 XYZ 為三刺激值，代表與人眼視覺相對應的色彩值，如圖三所示。

將 XYZ 三刺激值以 $x = X/X+Y+Z$ ； $y = Y/X+Y+Z$ 公式，代入轉換成（x，y）的二維平面，就成為如圖四所示的色度座標圖。沿著馬蹄外圍的色度圖，為色相變化的純色部份，下方直線角邊部位則為可見光譜兩端紅 - 藍的混合色。

CIE 表色系統的目的，是將所有色彩以量化的方式來表示，但 CIE（x，y）色度座標圖表示法，並不是一種均勻的色彩



圖三、三刺激值 -Tristimulus values (Rich Cook, 2005)



圖四、CIE 1931 色度座標圖

空間，會導致人眼對色彩差異的感覺，無法同步對應到色度圖內的色彩。

所以，CIE 於 1976 年時，又制定了一個均勻的 CIE LAB 色彩空間。在 CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空間中，色彩的刺激值是以色相 (Hue)、彩度 (Chroma) 及明度 (Lightness) 三種感知屬性 (Perceptual attribute) 來表示。

如圖 5 所示為 CIE 1976 色彩空間圖，其中 L 為黑與白的明度座標軸，+L 往上顏色愈亮，-L 往下則顏色愈暗；a 軸為紅

色與綠色座標軸，+a 值為紅色色域，-a 值則呈現綠色色域；b 軸為黃色與藍色座標軸，+b 值代表黃色色域，-b 值則為綠色色域。而所有相同明度的顏色都呈現在同一平面上，垂直方向則為明度的變化 (Agfa, 1997)。



圖五、CIE 1976 色彩空間圖 (Agfa, 1997)

同時，圓面積的外圍是由各種色相 (Hue) 圍成連續顏色的色度圖，在色度圖的圓周上，顏色的彩度 (Chroma) 愈高，愈往圓心則彩度愈低。

進行色彩管理時，則需藉助色度計

(Colorimeter) 或分光光譜儀 (Spectrophotometer) 來量測，將顏色轉為量化的數據，如 CIE XYZ 值或以 3D 立體圖顯示的 CIE xyZ 數值，或 CIE Lab 的色彩空間值，作為色彩差異的比較依據。

四、色彩管理

所謂色彩管理 (Color Management)，就是結合 CIE 色度系統及 ICC 色彩標準，進一步溝通和推算出原稿、輸入端、顯示端及輸出端，在色彩空間中的對應關係，以達到複製結果與原稿顏色的一致性。也就是「What you see is what you get」所見即所得的一致性的色彩目標。

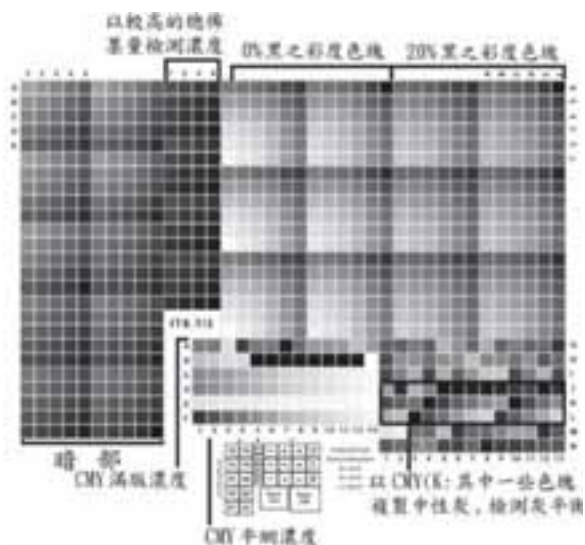
一、色彩管理機制

由於不同廠牌、款型的彩色印前設備，輸出效果不盡相同；顯示螢幕顏色與最終輸出的顏色不一致；個人的色彩認知與作業環境的不同，造成色彩有明顯的差異，這也就是需要「色彩管理」的原因。

色彩管理，是將掃描機、數位相機、顯示螢幕、印表機、印刷機等不同的色彩空間，應用設備獨立色彩 (Device Independent Color) 作為中介色彩空間，使不同設備的色彩表現一致的技術 (MD 研究會，2005)。

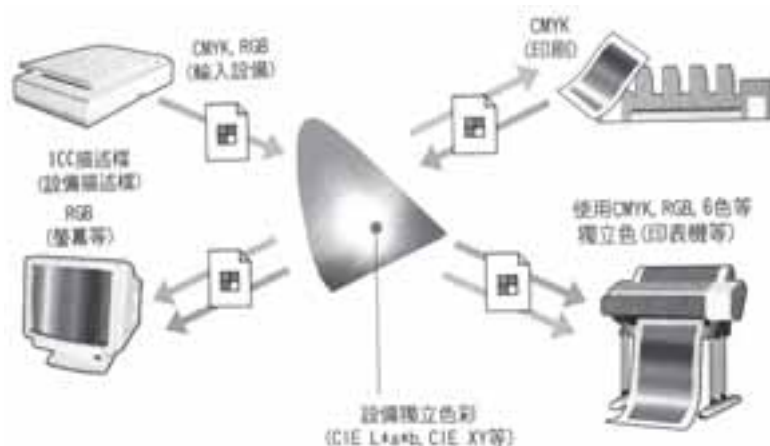
在 1993 年以前，各廠商都各自獨立發展自己的色彩管理系統，但由於沒有統一的「Profile」標準格式，使得資料格式和

內容無法相容，導致色彩管理的理念無法實現。直到 1993 年，由八大電腦及電子影像發展商組成國際色彩聯盟 (International Color Consortium, ICC)，建立了色彩特性描述檔的標準格式，稱為 ICC Profile，在這個統一標準格式的運作下，使得色彩的一致性不再是色彩管理的夢魘。ICC Profile 的主要功能，是提供色彩管理系統在進行色彩轉換 (Conversion) 時，作為基本標準的資料內容資訊，這些標準資料來源主要就是來自於 IT8.7/3 色彩控制導表，如圖六所示 (張世錫，2001)。



圖六、IT8.7/3 色彩控制導表

所以，色彩管理機制 (Color management framework)，首要重視的是中介色彩空間描述檔的形成，也就是 ICC Profile 色彩描述檔的建立。



圖七、色彩管理機制流程圖（MD 研究會，2005）

如圖七所示，色彩管理的機制，主要是使用 IT8.7/3 色彩控制導表做掃瞄、顯示、列印或印刷，再將結果以分光光譜儀加以測量，所測得的數據經由色彩管理系統的描述檔產生器（Profile generator）進行色彩轉換作業，再分別建立輸入、輸出設備的色彩描述檔（ICC Profile），之後再將此 ICC Profile 指定應用在圖像檔案上，經進行色彩轉換後，即可達成彩色複製的色彩一致性目標。

二、色彩管理步驟

色彩管理的進行，基本上須要有三個主要的步驟。這三個步驟合稱色彩管理系統的 3C，就是 Calibration- 設備校正、Characterization- 色彩特性描述及 Conversion- 色彩空間轉換。為達到色彩管理的目的，不論選用何種色彩管理系統，3C 的步驟 - 設備校正、色彩特性描述及色

彩空間轉換，三者是缺一不可（施春禧，2002）。

（一）設備校正（Device Calibration）

就是調校設備的階調曲線，也就是所謂的灰階階調校準（Linearization）。主要在抑制因設備個體差異或者長年變化等因素，造成的設備不穩定狀態，並且調整設備使其處於目標狀態（標準狀態）。設備校正分為機械式（物理式）硬式校正，以及電腦儲存為調校的設備資料，並且控制設備的不穩定狀態的軟式校正（MD 研究會，2005）。

（二）色彩特性描述（Characterization）

色彩特性描述，是指每個色彩輸入（colour input device）或色彩輸出

裝置（colour output device），甚至彩色物料（例如油墨、顯示螢幕之染色化學磷等），都有一定的色彩範圍（colour

gamut) 或色彩表現能力。這步驟的目的是要確立顯色設備之色彩表現範圍, 以數學量化方式來記錄其特性, 以便建立 ICC Profil, 供進行色彩轉換。

色彩管理系統的流程, 共有三個主要的色彩描述檔的建立, 分別為掃瞄器輸入設備、螢幕顯示設備及印表機、印刷機輸出設備:

1 輸入設備 ICC Profile 的製作:

使用掃描機掃描 IT8/7.2 標準稿, 配合相關的軟體, 將掃描得到的 RGB 數值, 對應標準稿的 CIE LAB 數值, 建立一個掃描機的 ICC Profile。

2. 顯示螢幕 ICC Profile 的製作:

使用螢幕專用的分光光度計, 配合色彩管理系統的相關軟體, 將螢幕輸出的色塊由分光光度計讀取後, 自動建立螢幕專用的 ICC Profile。

3. 輸出設備的 ICC 的 Profile 製作:

輸出設備有列表機和印刷機二種。首先配合相關的軟體, 列印機輸出 IT8/7.2 標準色塊, 印刷機則需將 IT8/7.3 色彩導表製成印版, 由印刷機印出色樣, 再運用自動分光光度計將列印的色塊和印出的色樣讀取色彩數據, 並傳送回色彩管理系統的軟體中計算, 以建立特定輸出設備的 ICC Profile。然而目前的列表機及印刷機都以 CMYK 為主, 而 K 的產生並非由 CIE LAB 色域轉換而得的, 所以 K 的產生必須由使

用者自行決定最好的設定內容。

(三) 色彩空間轉換 (Conversion)

色彩空間轉換是根據各裝置設備的「色彩特性描述檔」-ICC Profile 的數值資料, 將影像的色彩資料由「裝置從屬色彩空間」(Device-Dependent Color, 如 RGB 訊號、CMY 訊號) 轉譯成「裝置獨立色彩空間」(Device Independent Color, 如 CIE XYZ 三刺激值、CIE LAB 色彩空間值), 或是相反的過程。

色彩管理系統中用來執行色彩空間轉換的單元, 稱為色彩管理模組 (Color Management Modules), 簡稱 CMM, 或稱為色彩引擎 (Color Engine), 主要是對於來源裝置與目標裝置的色域對應 (Gamut Mapping), 所以色彩空間的轉換有如是色彩管理系統的心臟。

色彩管理中的色彩轉換不是提供百分百相同之色彩, 而是發揮儀器或物料所能提供最理想之色彩, 同時讓使用者預知結果。例如印刷跟數位樣張之間色域如何對應, 那就牽涉到色域擴張或色域壓縮技術的運算應用, 使輸入端設備的色域與輸出端的色域, 兩者的色外貌保持一致 (闕家彬, 2003)。

五、影像處理軟體的色彩管理

現今的色彩管理系統 (CMS-Color Management System) 已有多家產品開發

應用，在電腦操作系統中的色彩管理，如視窗 98 之 ICM、蘋果系統之 Color Sync 等，在安裝於操作系統上的色彩管理軟體，如海德堡 Heidelberg 的 ScanOpen、ViewOpen、PrintOpen、愛克發 Agfa 的 ColorTune、柯達 Kodak 的 KCMS、愛色麗 X-Rite 的 Colortron、Gretag 的 Spectrotino 等都是熱門的色彩管理系統。

但是，使用 ICC Profile 來達成色彩管理的工作，雖然能解決大部分因設備間色彩轉換所造成的偏色情形，這時掃描機的 ICC Profile 會盡可能地忠實複製色彩，卻不能將偏色或層次不佳的原稿修正成客戶滿意的作品，這時候為特定的原稿調整 ICC Profile 是必要的（施春禧，2002）。

由於色彩管理系統構置成本高，而 Photoshop 是 Adobe 公司開發的影像處理軟體，為 ICC 相容應用軟體，同時也是一個支援 ICC 架構下完整的「CMS 色彩管理系統」，所以 Photoshop 影像處理軟體是小規模色彩管理的最佳選項。以下就 Photoshop 7.0 的色彩管理流程，及圖像進行色彩管理的參數設定做一探討。

一、顯示器的校準和特性化

為了使用戶在螢幕上看到的顏色儘可能地與輸出樣張的顏色接近，必須首先對顯示器進行校正，任何色彩工作流程都是從顯示器的校準和特性化開始的。

校準的目的是為了獲得最好的圖像顯

示環境，以便于對圖像進行編輯。特性化的目的是為了獲得顯示器的 ICC profile 文件，Photoshop 可以用它來優化顯示器的顯示效果。

如果顯示系統上有螢幕校準專用程式，就不可以同時使用其他的校準軟體如 Adobe Gamma 或 Apple Color Sync Default Calibrator。

進入「我的電腦 / 控制面板」，即可進行 Adobe Gamma 的設定，進行前需先讓顯示器打開半小時以上，以保證螢幕顯示穩定，並關閉所有桌面圖案，將背景顏色設為亮灰色，以避免背景色產生干擾。

二、影像的顏色設定（Color setting）

顯示器校正後，就可以進行 Photoshop 的顏色設定。進入「編輯 / 顏色設定」，打開顏色設置對話窗口，大部份的色彩管理都是在這裡完成。Photoshop 7.0 模擬狀態下的「顏色設置」窗口，由 6 部分組成，分別為「設置」、「使用中色域」、「色彩管理策略」、「轉換選項」、「進階控制」和「描述」。

1. 「設置」的設定

設置（Setting）的設定，是根據使用目的和所在區域的不同可進行不同的設置。希望類比印刷機標準時，就選擇「美式印前作業預設」或「歐式印前作業預設」或「日式印前作業預設」。本文的試驗以「自訂」選項做顏色設定。

2. 「使用中色域」的設定

如圖八所示，使用中色域（working space）的設定，可為每個色彩模式指定處理中的「色彩描述檔」。

(1) RGB 的使用中色域，可選擇「Adobe RGB (1998)」作為 RGB 圖像的工作色域。其優點是色域大小適中，比一般 CMYK 印刷的色域要大，顏色在螢幕上顯示時，不會出現溢色現象，目前已被廣泛接受為印前的一個標準。「sRGB」主要作為網路圖像設計的工作色域，「ColorMatch」一般是 Mac 用戶的選擇，而「AppleRGB」主要是在 Mac 系統中進行網路圖像設計的選擇。

(2) CMYK 使用中色域，可選擇「載入 CMYK」選項，按照每個圖像的印刷流程，選擇相對應的 ICC Profile 描述檔。

(3) 灰色使用色域中，可按照灰階圖像的

用途進行相應設置。例如，印刷用的灰度圖像可按印刷流程中所需的網點補正（Dot Gain）的百分比來設定。也還可以選擇「自定網點補正」選項，根據需要自己設定 Dot Gain 值。

(4) 特別色使用中色域的設定與灰色使用中色域的設定類似。

3. 「色彩管理策略」的設定

每個色彩空間的管理策略都有相同的 3 個選項。根據圖像輸出用途的不同，選擇色彩管理策略中的「關」、「保留嵌入描述檔」、「轉換為使用中 RGB」選項會有完全不同的效果，如圖九所示。

選項「關」，如果打開的圖像沒有嵌入描述檔，圖像將在當前已定義的使用中色域內被編輯，圖像儲存時也不會嵌入描述檔；如果圖像嵌入的描述檔與當前的色

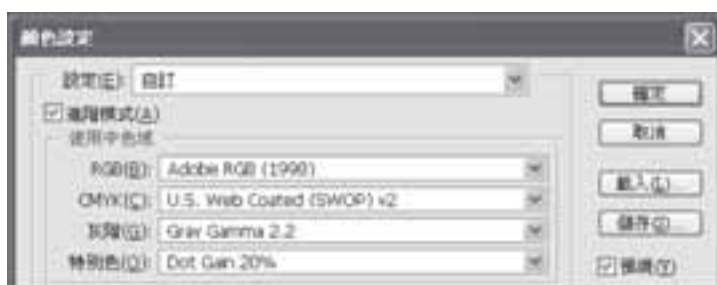


圖 8、Photoshop 7.0 顏色設定

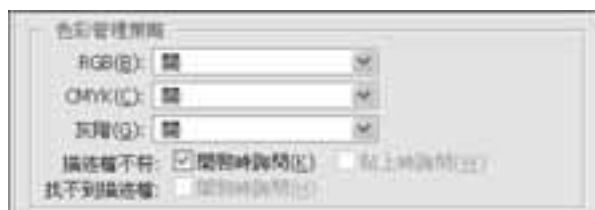


圖 9、Photoshop 7.0 色彩管理策略設定

彩設置一致，圖像的描述檔將被保留並和圖像一起儲存；如果圖像嵌入的描述檔與當前的色彩設置不一致，則原有圖像的描述檔將被刪除。這個選項相當於消除了色彩管理功能。

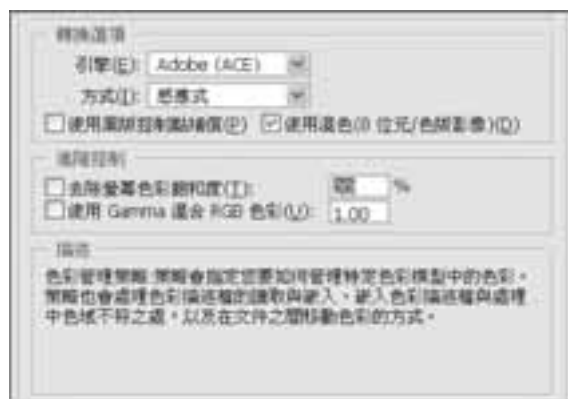
選項「保留嵌入描述檔」，對沒有嵌入描述檔的圖像的處理完全與選項「關」是一樣的；如果圖像嵌入的描述檔與當前的色彩設置不一致，則圖像仍然按照嵌入描述檔描述的色彩在顯示器進行顯示，當前的色彩設置對這幅圖像沒有影響。

選項「轉換為使用中 RGB」，如果圖像中嵌入的描述檔與當前的色彩設置不一致，則描述檔轉換為當前的色彩設置。

4. 「轉換選項」和「進階控制」的設定

「轉換選項」部分的「引擎」會指定在色域之間用來轉換顏色的色彩管理系統（CMS）或色彩比對方法（CMM- 色彩管理模塊）。而「方式」可以從列出的 4 個選項（即感應式、飽和度、相對公制色度、絕對公制色度）中選擇一項。「使用黑版控制點補償」複選框一般不應該勾選，而「使用混色」複選框可以勾選上，這樣對提升網點的品性會有一定的幫助，如圖十所示。

「進階控制」部分的設定，主要在設定螢幕壓縮及色彩混合控制，只要保持 Photoshop 模擬的設置即可。當所有的參數都設置完成後，點擊「確定」以儲存設定。



圖十、Photoshop 7.0 轉換選項設定

三、軟式打樣

軟式打樣就是用顯示器作為樣張的呈現方式，所以也稱為虛擬打樣。為了在 Photoshop 中實現準確的軟式打樣，需要進行一些設置。在進行設置之前，最好關閉所有打開的圖像。這個過程透過「檢視 / 校對設定 / 自訂」的命令來完成設定。

各種打樣選項的含義分別為：使用中 CMYK、使用中青色印版、使用中洋紅色印版、使用中黃色印版、使用中黑色印版及使用中 CMY 印版一用前面在「顏色設置」對話框中「使用中色域」定義的「CMYK」對圖像進行軟式打樣，如圖 11 所示。

顯示器 RGB 為用顯示器的描述檔對圖像進行軟式打樣。模擬紙白是讓用戶預視在當前的軟式打樣描述檔基礎上，將白色背景加到底色中圖像的色彩效果。

四、管理影像的色彩空間

完整的色彩管理流程，顏色空間的轉



圖十一、Photoshop 7.0 數位 / 虛擬打樣設定

換是不可少的重要環節。透過「影像 / 模式」表單的「指定描述檔」和「轉換為描述檔」來完成。

「指定描述檔」設定，如圖十二所示，允許圖像指定任意的顏色空間描述檔。如不支援描述檔的低價掃描儀，使用這功能來指定描述檔。

「轉換為描述檔」設定，如圖 13 所



圖十二、Photoshop7.0 色彩空間設定

示，允許轉換影像的顏色空間。例如當想

把掃描分色的描述檔應用於影像時，就可使用這個命令來執行，而且進行描述檔轉換後的圖像，在儲存時也自動將轉化後的描述檔一同儲存起來。



圖十三、Photoshop 7.0 轉換為描述檔設定

六、色彩管理的應用

本文探討的目的，是透過 Photoshop 影像處理軟體的色彩管理機制，以探討噴墨樣張的色彩複製特性，分析彩色噴墨印表機的色彩表現能力及色彩差異性，並藉由色彩管理的運作，使不同列印設備的列印品質達到色彩一致的目標。

為達探討目的，以選定彩色噴墨列印機做為數位樣張色彩複製試驗。首先以數位相機取得影像，經過影像處理軟體 Photoshop 7.0 編輯修正色彩後，以不同的列印機將此 RGB 影像檔彩色列印。

原影像檔再經過 Photoshop 7.0 做色彩設定的影像色彩管理，再以不同的列印機分別將檔案輸出，並分別以光度計測量列

印色彩的濃度值與 Lab 值，透過列印色彩資料的處理，分析不同列印設備的色彩表現力與色差值，以驗證色彩管理的成效。

一、數位列印原稿

供試驗列印的原稿計有二張數位影像檔案，如圖十四所示，一為 IT8.7/3 色彩導表，在列印輸出後供作色彩測量使用；另一為照片編輯檔，在列印輸出後供作顏色目視比對使用，以判定色彩管理功能效果。



圖十四、列印輸出試驗使用原稿

二、數位列印設備

共使用三台列印機作列印試驗，分別為 HP Color LaserJet CLJ 2600 彩色雷射列印機、Epson Stylus C65 彩色噴墨列印機及 HP DeskJet 1220C 彩色噴墨列印機。

三、色彩測量儀器

使用 X-Rite 528 Spectrodensitometer 愛色麗分光密度計，如圖十五所示。可以量測印刷顏色的 LAB 值、CMYK、印刷濃度、疊印、網點擴大、網點面積、色調誤

差、灰度和印刷反差等功能。



圖十五、X-Rite 528 圖

四、色彩管理前數位樣張列印

未經過 Photoshop 7.0 作色彩管理設定的兩張數位影像檔案，在不同的顯示螢幕平台下，分別以三台數位打樣彩色列印機來輸出樣張，如圖十六所示。

五、色彩管理後數位樣張列印

兩張數位影像檔案，經過 Photoshop 7.0 的色彩管理設定後，在同一個顯示螢幕平台下，分別以三台數位打樣彩色列印機來輸出樣張，如圖十七所示。和色彩管理前數位樣張列印時的不同處，是影像檔案經過影像處理軟體內建的色彩空間及轉為描述檔的色彩設定外，另外在列印前，還要關閉彩色列印機的色彩管理，才能獲致色彩一致的樣張。

七、結果與討論

運用 HP LaserJet CLJ 2600、Epson Stylus C65 以及 HP DeskJet 1220C 三台數位打樣彩色列印機，做影像檔案色彩管理前



圖 16、色彩管理前在不同平台列印試驗



圖 17、色彩管理後在同一平台列印試驗

與後的列印試驗。

由列印試驗發現，不同品質的紙張（塗料紙與非塗料紙），有不同的色彩表現能力；同時顏料式彩色雷射的色彩濃度比染料式彩色噴墨高，但在色域表現方面反而後者較寬廣。影像檔案經由色彩管理後，在同一平台下分別使用不同列印機的輸出色彩，色差值 $\Delta E < 4$ 的範圍，可驗證影像處理軟體在色彩管理方面的功能是肯定的，這也是意味出，影像檔案需經過

色彩管理後，才能在不同的輸出設備上獲得一致的色彩品質。

一、數位樣張之濃度表現

濃度是被印材料吸收光線的能力，一般而言，色彩愈飽和，濃度值愈高。經由輸出樣張試驗顯示，在適度的墨量調整之下，可以達到接近原作的濃度與鮮豔度，但是當墨量太大時，除了造成被印材無法吸收，部份色墨殘留在表面，也會產生色彩反轉現象，鮮艷度不增反降。

表一、三種數位打樣系統輸出樣張之滿版濃度

色彩 機型	墨水 種類	Y (黃)	M (紅)	C (青)	K (黑)
		平均濃度	平均濃度	平均濃度	平均濃度
HP LaserJet CLJ2600	Pigment	0.87	1.34	1.30	1.38
Epson Stylus C65	Dye	0.84	1.15	1.07	1.11
HP DeskJet 1220C	Dye	0.86	1.29	1.05	1.18

表二、不同紙張品質的色彩表現

	普通列印紙			高級列印紙		
	L	a	b	L	a	b
Y	-15.32	9.70	78.88	-12.59	11.00	92.84
M	-51.89	58.74	-11.40	-52.19	66.69	-5.20
C	-33.25	-34.00	-31.56	-32.25	-36.82	-40.05
R	-46.91	45.86	23.71	-50.16	59.07	32.71
G	-35.55	-40.52	37.22	-36.66	-49.60	44.56
B	--53.71	4.83	--44.86	-60.59	3.31	-51.03

列印輸出的數位樣張，以 X-Rite 825 Spectrodensitometer 愛色麗分光密度計，加以測量樣張的 Y、M、C、K 滿版濃度。由表一數據顯示，顏料式 (pigment) 彩色雷射列印機 HP LaserJet CLJ2600 的色彩濃度表現最高，尤其黑色的濃度可以高達 1.38，所以列印品質整體的色彩也顯得較飽和，色調也較鮮艷。

二、數位樣張色域表現

樣張的色彩表現力方面，分別以不同紙質和彩色列印機作列印試驗，輸出的數位樣張再以分光密度計測量 Y、M、C、R、G、B 的 CIE LAB 值。

(一) 不同紙張在同一列印機之色彩表現

在同一平台上使用不同的紙張作列印試驗，其中普通列印紙為一般非塗料紙，高級列印紙為專用彩色列印塗料紙，經測量所得 LAB 值如表二所示。

將表二的顏色量測數據，以 CIE1976 色彩空間色域呈現，如下圖圖 18 的色域表現圖；

由圖十八顯示，塗料紙的色域表現比非塗紙來得大些，同時在彩度的表現也比非塗料紙佳。資料顯示出非塗料紙的表面因較粗糙，噴墨染料容易滲入紙張擴散，使得彩度和純度都受到影響，進而也影響

色域的表現。

(二) 專用列印紙在不同列印機的色彩表現

以三台數位打樣列印機，分別使用專用列印紙（塗料紙），輸出兩個未經色彩管理的數位樣張，再分別測量 Y、M、C、

R、G、B 的 LAB 值，量測數據彙整如表三。

之前濃度表現試驗中，彩色雷射樣張的滿版濃度比彩色噴墨高。由圖十九色域表現圖可看出，噴墨彩色列印機的色彩表

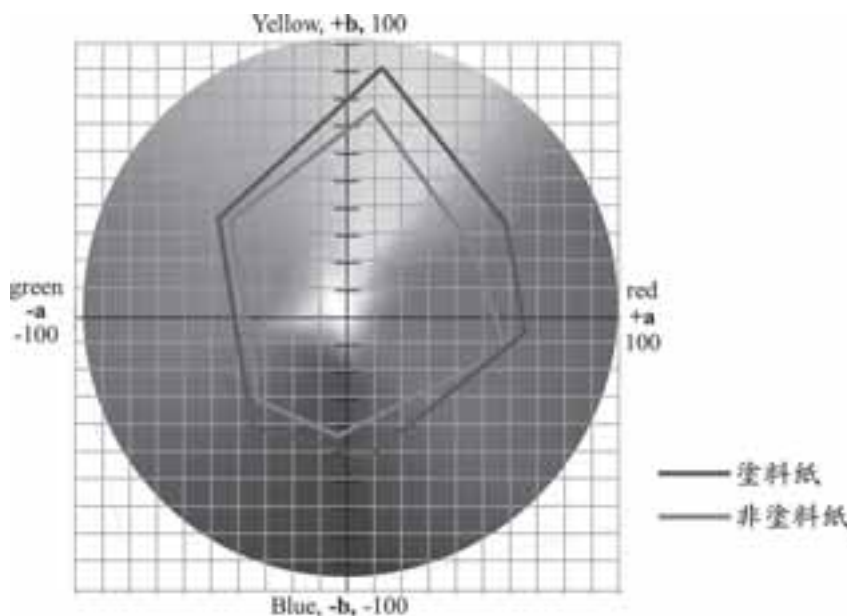


圖 18、塗料紙與非塗料紙在彩色噴墨樣張的色域表現

表三、數位打樣列印機輸出樣張色彩表現數據

		Y		M		C		R		G		B	
		平均	σ	平均	σ	平均	σ	平均	σ	平均	σ	平均	σ
HP LaserJet CLJ2600	L	-9.00	0.21	-54.02	0.06	-52.36	1.29	-55.34	0.05	-54.15	0.03	-69.37	0.08
	a	-2.95	0.25	61.83	0.06	-13.54	0.53	63.86	0.07	-47.74	0.08	2.45	0.07
	b	86.39	1.08	15.46	0.11	-45.36	0.44	42.44	0.53	21.30	0.19	-41.64	0.06
Epson Stylus C65	L	0.02	0.02	-46.37	0.06	-30.11	0.00	-50.37	0.01	-38.09	0.02	-69.41	0.02
	a	0.04	0.04	58.76	0.12	-7.95	0.01	56.00	0.01	-44.41	0.01	19.62	0.05
	b	0.12	0.12	6.10	0.07	-36.63	0.02	29.05	0.10	41.64	0.10	-37.76	0.07
HP DeskJet 1220C	L	0.01	0.01	-46.37	0.01	-31.43	0.02	-47.84	0.02	-33.30	0.02	-55.81	0.04
	a	0.03	0.03	66.59	0.04	-34.42	0.04	58.30	0.03	-50.60	0.03	3.88	0.02
	b	0.18	0.18	-11.68	0.04	-40.60	0.03	34.31	0.15	43.89	0.15	-53.18	0.03

現色域比雷射彩色列印大。由此顯示，影像檔案未經色彩管理時，以不同彩色列印機輸出的色彩表現有很大的差異。

三、色差 (Color difference)

所謂色差就是色彩的偏差值，也是用以表示在 GIE Lab 的色彩空間中，兩個顏色之間的距離 (MD 研究會，2005)。

色差的表示法為：色差 $\Delta E = (L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2)^{1/2}$

色差值 (Color Difference) 是為彩度 (Chroma) 和明度 (Lightness) 的差異性，色差值大小的意義如表四所示：

以表四色差值所代表的意義，本試驗的色差值定為 $\Delta E < 4$ 時，代表數位樣張的色差值為可接受的程度。

(一) 色彩管理前色彩差異

影像檔未經色彩管理前，以三台數位打樣列印機，分別輸出列印的數位樣張，經 X-Rite 528 分光密度計量測之色差值，如表五所示。

由表五數據顯示，HP 彩色噴墨列印機與 HP 彩色雷射列印機的色差值都大於 8；HP 彩色噴墨列印機與 Epson 彩色噴墨列印機的色差值，除 Y 黃色為 2.04 外，其

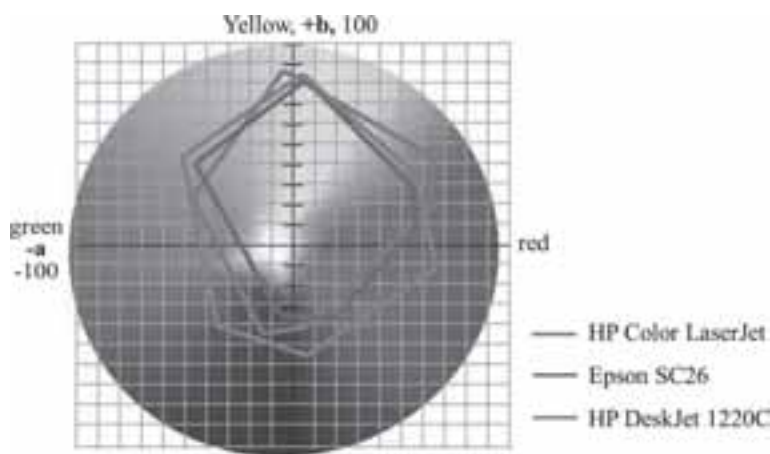


圖 19、三台數位打樣系統數位樣張色域表現圖

表四、色差值 (Color Difference) 的意義 (MD 研究會，2005)

色差值 (ΔE)	說 明
0.5-2	不容易看出色差
2-4	色塊放在一起時可看出色差，尚可接受
4-8	色塊放在一起時可看出色差，且差異大
大於 8	大於 8 視覺上就可看出有相當大的差異

由於雷射列印與噴墨列印的樣張色彩，在色域表現與濃度表現都存在很大差異，使得列印樣張的色差值也很大。為便利顯示色彩管理的效果，僅選用兩台彩色

色差	HP DeskJet 1220C Vs. HP Color LaserJet	HP DeskJet 1220C Vs. Epson Stylus C65	HP Color LaserJet Vs. Epson Stylus C65
Y	8.28	2.04	7.95
M	28.59	19.43	59.99
C	29.95	26.80	24.54
R	12.38	6.27	16.30
G	30.84	8.09	26.17
B	17.86	25.89	17.60

	HP DeskJet 1220C			Epson Stylus C65		
	L	a	b	L	a	b
Y	-12.47	11.41	91.07	-11.87	11.70	94.27
M	-53.68	67.22	-6.94	-52.87	69.30	-5.49
C	-32.22	-36.70	-41.37	-31.60	-35.34	-41.20
R	-49.94	57.27	30.69	-49.73	59.16	33.86
G	-36.27	-49.78	43.39	-36.54	-49.50	44.00
B	-59.37	1.57	-50.46	-60.64	4.31	-51.55

能。這也就說，影像檔案需先經過色彩管理，才能在不同的輸出設備上獲得一致的色彩品質。

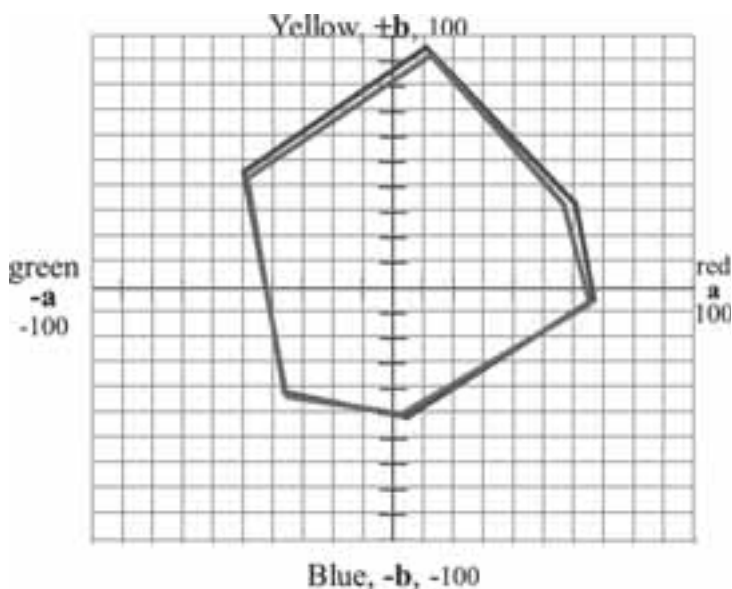
八、結論

透過 Photoshop 7.0 色彩轉換引擎，使用內建色彩空間與檔案描述簡單的「色彩設定」，即可結合並發揮色彩管理的功能，使得一個自訂的色彩設定檔，在 Photoshop7.0 的色彩管理下，不同彩色噴墨列印機的列印色彩，能控制在 $\Delta E < 4$ 可接

受的色差範圍。由此，可以驗證出影像處理軟體的色彩管理功能。

當一個 RGB 影像檔在 Photoshop7.0 打開時，這個 RGB 色彩空間（Color Space）的資料會被轉換成 LAB 色彩空間，然後這個色彩描述檔會被運算成螢幕的 RGB 顯示資料，最後再經由噴墨印表機的色彩描述檔來預視未來的色彩。

所以，列印機的色彩管理要關閉，影像處理軟體色彩管理過的檔案資料，才不會又經過一次的色彩轉換，而使得列印色



圖二十、色彩管理後數位樣張色彩表現

表七、色彩管理後彩色噴墨數位樣張色差值

色 差 值	Y	M	C	R	G	B
HP DeskJet 1220C Vs. Epson Stylus C65	3.27	3.95	1.50	3.70	0.73	3.21

彩達不到一致性的目標。

由列印試驗結果顯示，數位樣張的色彩複製特性中，在滿版濃度表現方面，顏料式彩色雷射樣張的濃度表現較高，但在色域表現上，染料式彩色噴墨樣張表現較佳。在色彩差異的表現上，未經色彩管理的影像檔案，運用三台不同的數位打樣列印機，輸出的數位樣張，在色差 ΔE 上皆遠大於4的偏差量；但經影像處理軟體色彩管理功能的運用下，可以獲致色差小於4的色彩偏差量，達到輸出色彩接近一致的列印品質。

但畢竟影像處理軟體功能有限，並不是一般的組頁排版軟體。因此，Photoshop 7.0只適合一般的影像檔，不適合使用於組頁排版後的流程。如果是數位相機的影像，就可以依此方法來預期未來印刷品的結果。

參考文獻：

- MD 研究會（2005）。圖解色彩管理的實踐。台北：專碩文化。
- 江瑞璋（2005）。軟式和硬式校樣化被動為主動。印刷科技季刊，第二十一卷，第一期，2005年3月出版，pp. 35-54。
- 江瑞璋（2002）。RGB流程的色彩品質和管理。印刷科技季刊，第十八卷，第四期，2002年12月出版，pp. 15-22。
- 施春禧（2002）。淺談色彩管理理論與實務。印刷科技季刊，第十八卷，第一期，2002年3月，pp. 65-72。
- 張世錫（2001）。IT8.7/3色彩管理控制導表技術探討。印刷科技季刊，第十七卷，第四期，2001年11月出版，pp. 48-53。
- 闕家彬（2003）。色彩管理系統進階色域對映技術之研究。世新大學：圖文傳播暨數位出版學系碩士論文。
- TIGAX（2001）。數位打樣的色彩管理趨勢。《中華印刷科技學會會訊》，第71期。台北：中華印刷科技學會。
- Agfa（1997），The Secrets of Color Management -Digital Color Prepress volume five. Agfa-Gevaert N.V.
- Rich Cook（2005），A Guide to Understanding Color Communication, Grandville: X-Rite, from : www.xrite.com/documents/literature/en/L10-001_Understand_Color_en.pdf
- Sun, P. L.（2002），Influence Of Image Characteristics On Color Gamut Mapping For Accurate Reproduction, University Of Derby, July, pp. 11-16
- 曾正源 / 中央印製廠