

數位彩色列印

數位列印是把照片或圖像製成圖檔，
再利用PC顯示器觀看是否合乎自己的要求。

如果螢幕上顯示的圖像符合預期，
就利用印表機或繪圖機列印成相片或大型廣告。

■劉大攸



一張賞心悅目的彩色照片或大型廣告，都可以算是一項藝術品，也是先進科學與工程技術的結晶。傳統的彩色照相市場在這5年來大幅萎縮，記得筆者80年代在美國紐約州羅徹斯特柯達公司（Eastman Kodak Co.）總部工作時，柯達聘用的當地人員高達6萬人，但現在只剩下1萬5千

人，由此可見一斑。而彩色數位照相與列印的需求，卻大幅成長。現在幾乎每個家庭都有一台數位相機，就是最明確的指標。

目前除了辦公室之外，也有不少家庭有彩色噴墨印表機或彩色雷射印表機。本文針對彩色數位列印的兩大主流，噴墨及雷射，做一介紹。內容除了基本的原理外，主要強調從工程師的角度來看，如何製作出賞心悅目的產品。

噴墨及雷射列印

目前的數位列印方式，是把所要列印的照片或圖像製成圖檔，再利用PC顯示器觀看圖檔是否符合自己的要求。如果螢幕上顯示的圖像符合預期，就利用印表機或繪圖機列印成相片或大型廣告。印表機可以印出A4大小的照片，繪圖機則可以印出寬1米以上的廣告。

噴墨和雷射列印的不同，在於噴墨方式是利用極小的噴頭，把不同顏色的墨水噴到列印耗材上以成像，而雷射方式則是利用感光鼓，把顏料顆粒熔於列印耗材上以成像。

所謂數位列印，與傳統照相利用鹵化銀感光的方式不同。數位列印有點類似拼圖。譬如把一張4×6的照片，切割成1千個小方塊，每一塊都給予編號。日後，這1千個小方塊即使混在一起，但因為有編號，所以能夠很容易再拼湊出原來的照片。

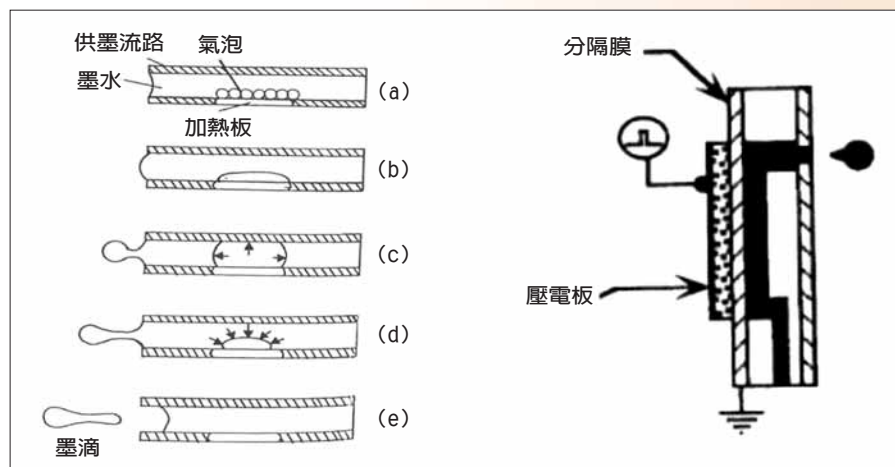
又假設我們把這1千個小方塊，每一片都塗上類似原來照片的顏色，再把這1千片拼在一起，視覺上和原來的照片應有相當程度的相似。如果切割成1千片的效果並不好，可以切成2千、4千，甚至上萬片也可以，直到眼睛分辨不出原來的照片圖像與拼湊出的圖像的區別為止，這就是數位列印的基本原理。

至於噴墨和雷射列印的不同，在於噴墨方式是利用極小的噴頭，把不同顏色的墨水噴到列印耗材上以成像，而雷射方式則是利用感光鼓，把顏料顆粒熔於列印耗材上以成像。

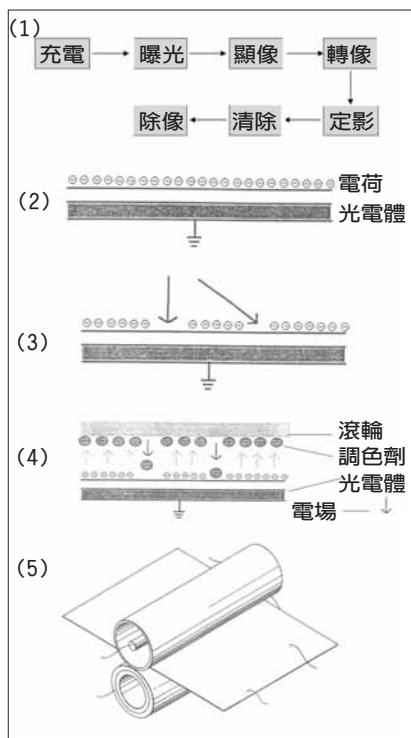
先談談噴墨列印。我們常常看到噴墨印表機上有1440 dpi或2880 dpi等字樣，這代表什麼意義呢？dpi是「dots per inch」的簡寫，2880 dpi代表在1英寸長上，切成2,880個的小方塊，利用印表機內的小噴頭，噴出2,880個點的墨水。因此數字越高，代表列印圖像越接近真實的圖像。當然dpi

越高，代表技術層次越高。但是列印的另一個考量是列印速率，絕對不能因為列印的小墨點數目增多，而降低了列印速率。

目前噴墨列印有兩大主流，即熱氣泡式及壓電式，這兩者基本的區別在於以



（左圖）熱氣泡式噴墨機制：（a）加熱板表面產生核氣泡；（b）核氣泡合併形成膜氣泡；（c）膜氣泡因熱而膨脹成長，並把液滴壓出噴嘴；（d）加熱停止，氣泡中熱量因傳給周圍墨水，導致氣泡體積收縮；（e）氣泡消失，產生負壓，使墨水補充進來，等待下一次的噴印。（右圖）壓電式噴墨機制：利用壓電板改變電壓，以控制分隔膜壓迫液體噴出小墨滴。



雷射列印的機制：(1) 雷射列印7步驟；(2) 充電(布電)；(3) 曝光；(4) 顯像；(5) 定影熱壓裝置。

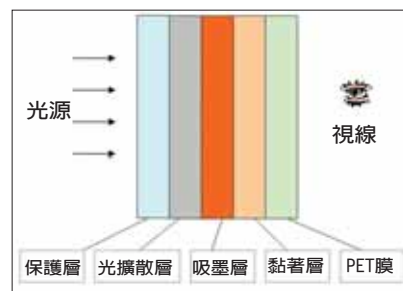
何種驅動力把小墨滴噴出。熱氣泡式的代表廠商是美國惠普HP公司，而壓電式的代表廠商是日本的Epson公司。至於彩色雷射列印的機制，則分為7個步驟。其重點是利用高熱熔解的方式，把彩色碳粉貼合到基材上的指定位置以形成圖像，包括布電、曝光、顯像、定影及熱壓。

彩色列印產品與燈箱片

數位列印產品的特點之一是一般民眾不必再依賴專門店來列印照片，自己可以隨興儲存、修改、放大、傳送照片。雖然數位影像可以圖檔方式存在電腦中，但是列印出來仍是相當普遍的行為，對列印耗材依然有廣大的需求。

一般民眾只要有彩色噴墨或雷射印表機，就可以列印出需要的圖片。

目前噴墨列印有兩大主流，即熱氣泡式及壓電式，這兩者基本的區別在於以何種驅動力把小墨滴噴出。熱氣泡式的代表廠商是美國惠普HP公司，而壓電式的代表廠商是日本的Epson公司。



燈箱片的基本結構



燈箱片展示的狀況



一般民眾只要有彩色噴墨或雷射印表機，就可以列印出需要的圖片。而常用來列印的材料，有一般的紙或較好的相紙，或是透明片，另外還有一些特殊金屬質感的材料。



攝影：張志銘

在數位列印的專業商品中，有一樣是製作難度較高的，就是在機場、捷運站或百貨公司，尤其是化妝品部門常見的背面有亮光的大型海報，我們稱它為燈箱片。燈箱片提供了一項室內外都可使用，且視覺效果良好的平面廣告。

而常用來列印的材料，有一般的紙或較好的相紙，或是透明片，另外還有一些特殊金屬質感的材料。對廣告或耗材製造商來說，專業的需求仍然很高。在數位列印的專業商品中，有一樣是製作難度較高的，就是在機場、捷運站或百貨公司，尤其是化妝品部門常見的背面有亮光的大型海報，我們稱它為燈箱片。

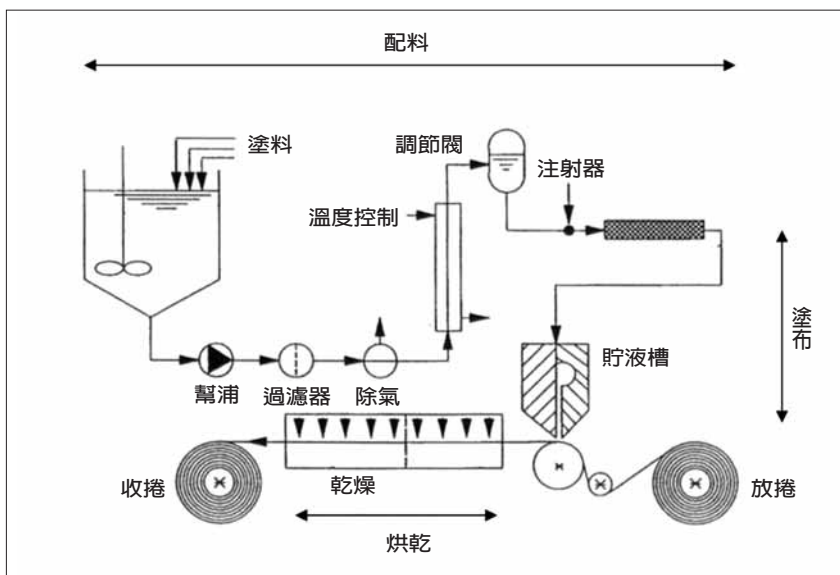
燈箱片提供了一項室內外都可使用，且視覺效果良好的平面廣告。從商業的角度來看，一張好的燈箱片必須符合以下幾項要求。

第一個要求是價格合理，這是任何產品的基本要求，尤其是廣告材料，價格便宜才能大量推廣。第二個要求是品質合乎期待，例如色彩清

晰，照光效果良好，廣告面明亮均勻，且有一定的耐久性，不論在室內或室外使用，3~5個月都不會褪色、變形。第三個要求是使用方便，美國市場調查顯示一般客戶在採購時，對產品價格、品質及使用方便3項考慮因素中，以使用方便最為重要。因此燈箱片必須在列印、裝訂、使用、拆裝、廢料處理上都容易，才符合客戶的需求。

燈箱片的設計與製作

製作燈箱片，需要（1）列印硬軟體：硬體如HP或Epson的印表機或繪圖機，軟體則可以校正圖像的光度、色差等；（2）列印墨水或顏料；（3）列印耗材：印表機或繪圖機把墨水或



整個塗布生產流程，包括配料、塗布、烘乾，以及處理一大捲 PET 膜收放的系統。

顏料送出，使其附在列印耗材上，如空白的燈箱片上，使其成像。

從市場層面來看，通常硬體的銷售額遠比不上墨水或列印耗材，只有耗材的 10%，因此 HP 或 Epson 的印表機或繪圖機價格都不高，獲利主要靠墨水或耗材的販售。目前，以噴墨燈箱片為市場主流，我們先討論噴墨燈箱片的製作，再談雷射燈箱片的發展潛力。

燈箱片目前多以噴墨方式製作，噴墨燈箱片的基本結構包括若干層。首先要選擇一種透明度高、支撐力強的材料，而且它的表面必須平滑，不致扭曲圖像，當然價格也不能太高。目前市場上常用的是聚酯膜（PET 膜），其材質和保特瓶大同小異。

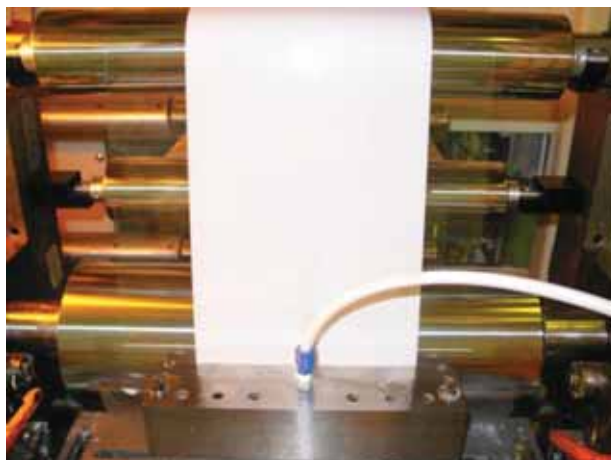
在 PET 基材上必須塗上幾層功能層，包括（1）吸墨層：其功能是把印表機中噴出的小墨滴固定住，以顯示當初設定的圖像；（2）光擴散層：燈箱片的背面必須用數根燈管提供亮度，但是對廣告效果而言，燈管不能被看到，因此必須利用光擴散層

使光源均勻散開，呈現一亮度均勻的廣告畫面；（3）黏著層：吸墨層和光擴散層必須附著在 PET 膜上而不會掉落，這必須依靠黏著層才能辦到。此外，燈箱片的製作在實際列印、裝訂、懸掛時，為了避免受損，必須貼上一層保護膜，就是我們常說的護貝。

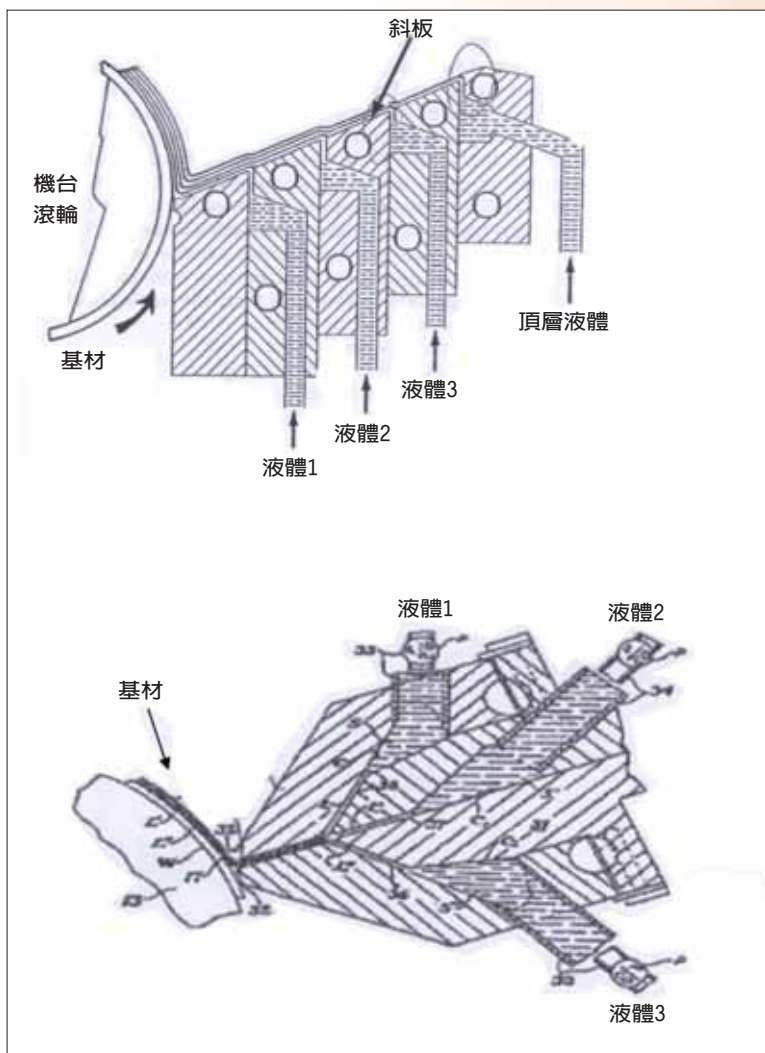
設計、製作符合客戶需求燈箱片的團隊應包含 3 種專家，即化學家、製程工程師及品保人員。化學家負責配方的設計，即吸墨層、光擴散層、黏著層等的化

學成分。通常化學家會在實驗室裡把小量的化學成分混合在一起，然後塗在 A4 大小的 PET 膜上測試其效果。如果列印的效果符合預期，則交由製程工程師大量製造各層的塗料，每一種塗料每次大約配出 1~10 公噸左右。製程工程師的另一項任務是把這 3 層塗層依結構要求塗在 PET 膜上，然後烘乾收捲，再切成客戶需要的尺寸。

整個生產過程，包括配料、塗布、烘乾及大捲 PET 膜的收放系統 4 大部分。配料就是把各種化學成分放在一個大的混合槽中均勻混合，然後以幫浦送到塗布系統中。塗布系統把塗料展開成一層寬且均勻的液膜，然



小塗布機的塗布狀況及外觀 上圖是小型塗布機進行塗布的狀況，白色是塗層。下圖是塗布機全觀，長約 10 公尺，寬約 60 公分。



美國柯達（Kodak）公司發明的多層塗布製程，可以大幅提高生產效率及良率。圖中顯示3層塗層液體不會混合，重疊後塗布至移動基材上：（上）斜板式，（下）擠壓式。

後塗布至PET膜上。即使產品是A4大小，生產時也絕對不能一張一張地生產，因此塗布的寬度是越寬越好。塗上膜的材料必須烘乾，當塗有液膜的基材進入烘箱後，熱空氣會吹到液膜上把液膜烘乾，然後再把材料收捲起來。

在整個生產過程中，從原料採購的品質是否一致，生產過程是不是按照規定，製成產品的品質是否合乎客戶的期待，都必須靠品保人員全程檢查監控。在品管準則中，有一項指標是非常關鍵性的，那就是生產的良率。良率的定義是品質合於規定的產品數目除以總生產數目，例如一天生產1萬張A4的數位相紙，其中有8千張是品質良好，2千張是有缺陷的，則這批生產的良率是

80%。

價格合理是客戶的考量之一，而良率高可以減低生產成本，是價格控制的關鍵因素之一。燈箱片的結構相當複雜，因為要塗上3層塗層，如果一次塗一層，乾燥後再塗第二層，不但費時費力，良率也不會太高。因此美國柯達公司已發明一次塗上好幾層的塗布技術，可以大幅提高生產效率及良率。

噴墨與雷射列印的競爭

在數位列印市場上，噴墨方式的市場占有率遠大於雷射方式，主要是噴墨印表機的價格較雷射印表機便宜很多。但是雷射印表機的價格正在大幅下降中，且雷射列印最大的優勢是列印速率比噴墨方式快很多。另外，目前雷射列印的寬度還不及噴墨列印，只能到B5左右的寬度，因此燈箱片還是以噴

墨列印為主流。

雷射列印除了速率快的優點外，產品也具有極好的耐久性，適合長期及戶外使用。清華大學化工系已發展出雷射燈箱片，具有三合一的功能，也就是把光擴散層、吸墨層（吸附顏料）及黏著層整合成一層，有利於塗布生產。如果雷射列印硬體進一步發展，列印寬度能夠更寬及價格更低，則雷射燈箱片會極具競爭力。 □

劉大佼

清華大學化工系