

第貳章 文獻探討

第一節 感光性樹脂的原理與應用

一、感光樹脂的應用與特點

可因光線或某種作用而變化的物質相當多，例如曬版用之底片，主要用的感光材料為一般所稱之鹵化銀系。此為以白明膠為分散劑製成的感光乳劑，俗稱「銀乳劑」。此外可利用的感光物質還有非銀鹽系的感光物質，如製版用感光劑重鉻酸銨、重鉻酸鉀之重鉻酸鹽類，曬藍圖用之鐵鹽，PS 版、複寫用感光紙之氮化合物以及製版用之感光性樹脂...等（林啟昌，1989）。這些感光物質可因吸收光線而引生光分解作用，某些作用為與其它分子反應，或生成物間互生結合、聚合作用，或固體向高分子內部擴散，凝聚引生變色作用。

感光硬化樹脂之運用，始自紀元前 15 世紀古埃及時代木乃伊製作過程中的一個部份，現代化科學之使用則是在 1820 年代初期，有人使用天然樹脂塗蓋在金屬物體上藉著曝曬太陽光而產生極原始之影像。20 世紀 Louis Plambeck 把感光硬化原理導向影像方面之應用，在電子領域上，許多專利廣泛地應用於影像的形成方面（黃秀臣譯，1995），在微製程技術蓬勃發展時期，感光性樹脂主要用在生產印刷電路板和金屬板，功能在於攜帶和連接不同功能單元之電子元件，在半導體積體電路設計生產上可謂功不可沒（洪長春，2000）。在印刷工業上也有很多方面應用紫外線感光硬化技術，其中最常見的就是感光性樹脂版和紫外線印墨。

感光樹脂材料的特點是親水性好，不揮發、不燃、不爆、無毒、無刺激。其為高分子聚合物，唯有遇光之後才會產生交

聯作用、附著力強，固化速度快，可取代金屬版，如銅、鋅、鉛...等製版版材。感光樹脂版製版速度快，成本低，污染少，耐印率高，有效提高了印品質量。

二、感光性樹脂的組成

感光樹脂層是由一共聚體(Copolymer)或一彈性體(Elastomer)經光化學反應交互聯結之配方所製成，其中單體(Monomer)，通常為丙烯酸酯(Acrylate)，可交互聯結共聚體或彈性體，而光起始劑(Photoinitiator)在吸收紫外光後即分裂成自由基(Free Radical)，這些自由基會引起單體雙鍵打開後進行聚合反應，其它添加劑則可提升附著、穩定性、可塑性和其他性質。其中感光樹脂層經底片以紫外光照射後聚合樹脂分子而硬化，透過端對端之聯結形成鏈及鏈間之交互聯結作用，緊密分子間使此區域硬化，於顯影過程時不溶解在顯影溶液中。

三、感光樹脂硬化過程

印版用感光樹脂材料基本上包括幾個要素，結合劑，單體樹脂與感光起始劑(binder, monomer and photoinitiator)(圖2-1)。固態的結合劑把單體樹脂和感光起始劑的混合物穩定於版材中，並擔任爾後印刷影像之骨幹。感光起始劑是在版材中藉由光線的照射引發鏈狀反應的分子，此種鏈狀反應亦稱為光聚合作用，促使單體樹脂分子與結合劑聚合在一起，於曝曬過紫外光(UV)的部分形成一個交錯網狀的三度空間(Thompson, 1998)。

當UV光線持續照射在版材上，且感光起始劑、單體樹脂繼續存在，繁殖作用就會延續地發生，若停止照射UV光線，則鏈結反應也會停止。製版作業人員可利用開起或關閉紫外線

光源，或運用遮光底片控制或擋住紫外線進入，作為感光樹脂聚合作用開始或停止的暫時性控制，(圖 2-2) (黃秀臣, 2001)。

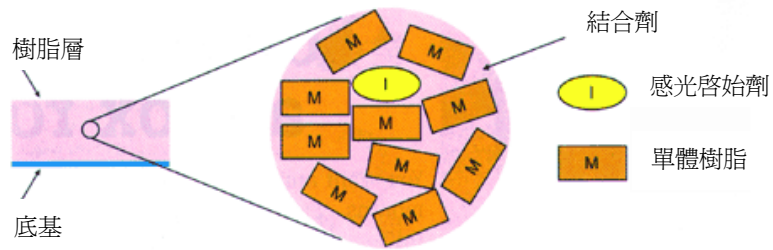


圖 2-1 : 感光樹脂版中的主要成份

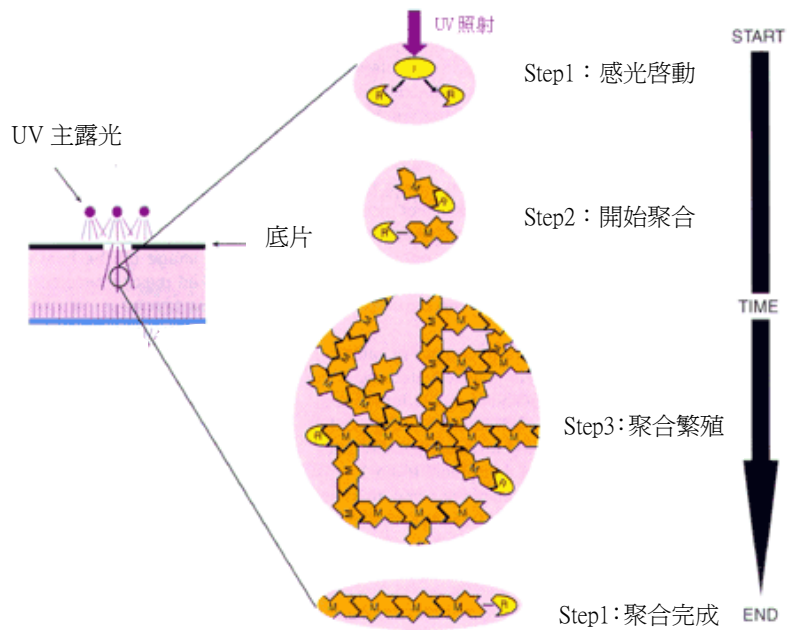


圖 2-2 : 感光樹脂聚合之過程 (龍臣印刷, 2001)

第二節 移印工藝技術

一、移印工藝印刷特點

移印採用間接凹版印刷方式，凹版印刷特徵與凸版、平版並不相同。凸版和平版印刷是以網點面積大小或線劃的粗細疏密來表示圖像之層次，而移印凹版除了網點面積大小外，還以圖像或線劃的墨層厚薄來表示圖像層次之變化（張樹棟等，1998）。

移印版上印紋部分凹陷的深度越深，填墨量就很多，印刷後印品上的墨層就越厚，而印紋部分凹陷的深度淺，填墨量就少，轉印到印品上的墨層就薄、墨層厚的部位，圖像顯得暗，油墨墨層薄的部位，就顯得明亮，凹版移印就是利用這種方法來反映圖像濃淡不等的色調層次（莊景雄，2002）。由於移印的墨層相對較平版、凸版印刷厚，因此，印品上圖像有微凸起的感覺。

移印採用矽橡膠製成之移印膠頭轉移印版上的印墨，由於移印膠頭可以製作的比較小，所以適合很小的物件印刷，而且移印膠頭的形狀多樣且可變形的特性，可在凹凸不平面、磨砂面及球形面、弧面等各種承印物表面上進行圖文轉移印刷(Kipphan, 2001)，詳如圖 2-3。

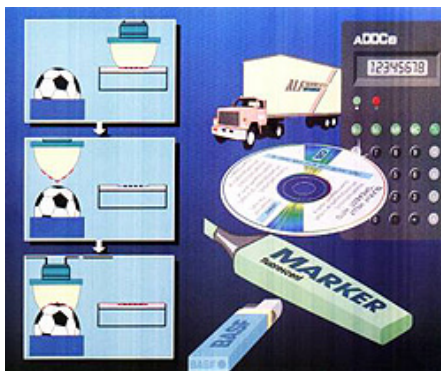


圖 2-3：移印工藝之應用（台灣 Flexo 彩集，2003a）

二、移印機的分類及構成

移印屬特種印刷的一種，其利用可變形與被印物質吻合的移印頭，將移印版上的圖文轉移到承印材料上，在特種表面和裝飾印刷上佔有重要的市場地位。一般移印機的分類及構成說明如下：

(一) 移印機的分類

一般可依傳動和印刷色數多寡兩種方式來區分：

1、傳動方式

依移印機的傳動方式，主要可分為機械式傳動移印機和氣動式傳動移印機兩類。由於氣動式傳動移印機具有結構簡單、操作方便、運動平穩等方面之特點，是目前移印機市場上的主流。

2、印刷色數

按一個印刷過程後所完成的印刷色數多寡可將移印機分為單色移印機、雙色移印機和多色移印機等。

(二) 移印機的構成

移印機的基本構造，主要由印版裝置，供墨裝置、刮墨刀、移印頭和印刷台等部份所組成（圖 2-4）。移印過程一般可分為以下幾個步驟：

1、均勻塗佈油墨

將移印版裝置於固定位置，由鋪墨刷對移印版完成鋪墨。

2、刮除多餘油墨

利用刮墨刀對印版版面進行刮墨，將非印紋部分之油墨刮除乾淨。

3、沾起印版油墨

移印頭向下運動，對移印版施以一定壓力，將印版圖文部分的油墨轉印到移印頭上。

4、圖文油墨定點轉移

移印頭著墨後向上移動至被印物表面，並對被印物表面施以一定印刷壓力以完成移印過程。

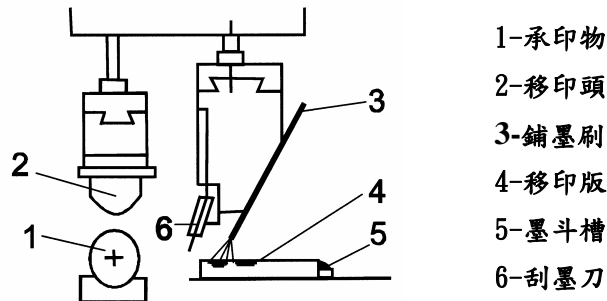


圖 2-4：移印機的基本構造（許文才等，2003）

三、移印工藝印刷適性

由移印的工作流程得知，印刷時先將移印版面塗以印墨後，用刮刀刮去版面非印紋部分印墨，再利用矽橡膠製作的移印頭粘出圖文凹陷部分殘留油墨，再轉移到承印物上。因此，移印版、移印頭和移印油墨構成了移印印刷三大要素：

（一）印版的適性

1、鋼版

由於成本考量，鋼版在移印的製版版材上佔據著主要的地位，根據移印機的不同，移印鋼版的製作可分為厚鋼版與薄鋼版兩種，兩者的製版流程相似，使用的基材也大致一致。鋼板基材須具有精細的組織結構，確保腐蝕後圖文邊緣的整齊性以及網點結構的完整，達成最佳的色彩複製與清晰的圖文再現。鋼材表面也須俱備一定的光潔度以確保移印過程中刮墨的乾淨程度以及良好的印版耐印量。

2、樹脂版

樹脂版以尼龍感光膠為主，具有良好的耐磨性，澆鑄在鐵版

表面感光固化後能夠勝任油罐或刮刀的反復磨擦。由於版材與顯影液的特性，使用樹脂版容易獲得極為精細的網點，且不易造成環境的汙染，具有環保方面的優勢，在印製精美的小型物品時，採用樹脂版是理想的選擇（白松芳，2004）。

（二）移印頭的適性

1、移印頭的形狀

移印和傳統平版在印刷油墨轉移過程中有一點不同之處是，平版印刷之橡皮布與印版滾筒和壓印滾筒呈線的接觸，而移印膠頭與印版和承印物的接觸呈面的接觸，面接觸最大的缺點是容易夾進空氣，為此，移印膠頭均設計成不同的形狀（圖 2-5），在壓印時中間部位先接觸印版或承印物，隨著壓力的增大，逐步延伸至全部圖文區域，空氣也一步步排出。

移印膠頭的形狀有拋物線體、球體和近似錐體等。在相同壓縮量情況下，球體之印刷面積和要大於拋物線體和近似錐體，但在印刷小面積的細小文字時，選用拋物線體和近似錐體較為合適。此外，移印膠頭可以依據工作需求製作成各種特殊形狀，以組合方式進行複雜承印表面的印刷（國際包裝網，2003b）。



圖 2-5：移印頭的類型

2、移印膠頭的硬度

移印膠頭硬度代表膠頭抵抗形變的能力。在印刷平面工件和層次圖案時，應選用硬度較大的膠頭以獲得較小的形變和較低的網點擴大，而在印刷曲面物件時，應選用硬度較軟

的膠頭以實現比較大的變形。平面移印版上的圖文轉移到曲面承印物上時會發生變形，若膠頭硬度不足則變形就會更大，對於較大面積的圖文轉移，除了選擇適當的移印膠頭硬度，還必須根據變形趨勢，在輸出曬版軟片時於電腦設計作變形補償（國際包裝網，2003b）。

移印膠頭一般由矽橡膠或聚氨基甲酸乙酯樹脂之類具有彈性的材料製成，按硬度大小可分為軟型移印頭和硬型移印頭兩種類型。軟型移印頭一般用於單色（色塊）印刷或曲面印刷，硬型移印頭則大多用於乾網點套印或平面印刷，在進行多色套印時，可根據印刷色數採用不同的移印頭數目。

（三）移印油墨的適性

基於承印材料表面材質之特殊性考量，目前市面上的移印油墨以溶劑性油墨為主，合適的移印油墨應考量下列三項需求：

1、乾燥速度

移印油墨一般以揮發性乾燥為主，以印跡乾燥時間區分，一般印跡在 2-5 秒內乾燥者為快乾型移印油墨，在 5 秒以上乾燥者則為慢乾型移印油墨。移印時應根據承印材料表面特性選擇合適乾燥速度的油墨。

2、油墨移轉能力

在移印的過程中，油墨從移印版轉到移印頭，再從移印頭轉移到承印材料上，所以移印頭的脫墨能力在移印色彩複製效果的好壞佔有關鍵性的地位。

3、油墨附著能力。

由於移印適用範圍廣泛，承印材料種類眾多，移印油墨對不同的承印材料都具應有良好的附著能力。除外，合適的移印油墨不能對移印頭和移印版產生腐蝕現象（中國包裝商務網，2003）。

第三節 移印版種類與傳統金屬移印版之製作

移印以圖文低於印版表面的凹版為圖文載體，和照相凹版印刷使用的凹版滾筒類似，製作原理和方法也相仿，但其印版為平面而非圓筒狀。另一個區別是移印普遍用於勞動密集型的特種印刷企業，成本不能太高（白松芳，2004）。移印所用凹版一般選用銅或鋼版材，在製作過程上可分為兩個部分，即版材預加工和移印版的製作。版材預加工包括平面機械加工、表面處理和研磨等，版材表面經處理後，應具有平整、光潔，良好的表面特性。

傳統移印凹版的製作一般採用照相凹版腐蝕法，圖文印紋網孔之腐蝕深度則應根據承印物表面的粗糙度來決定（許文才等，2003）。製作移印版時若選用銅或鋼作為版基材則具有較高的耐印力，如果選用樹脂版材製作凹版，其成本較低，易獲得較精細網點，但耐印量較差。

一、移印版的種類

根據不同的移印機與印版作業需求，移印版可分為以下四種：

（一）厚度 10~15mm 的移印鋼板

傳統移印機採墨盤供墨方式，大多使用厚度為 10~15mm 的移印鋼板，製版時印版基材須經過磨削、拋光、研磨以達到適當的表面粗糙度。曬版時先在鋼板表面塗佈一層聚乙烯醇類感光膠，乾燥後密接曬版軟片於真空曬版機下曝光，經顯影、腐蝕劑腐蝕出凹版圖文後，即可上機印刷。

（二）厚度 0.25~0.5mm 的移印薄鋼板

移印一般使用溶劑型油墨為主，為了避免油墨溶劑的揮發對人體產生傷害，採墨罐供墨是理想的選擇，通過墨罐的往復運動也可同時達到塗墨和刮墨兩項目的，省除了刮刀裝置。一般採用墨罐供墨時，為了裝拆墨罐方便，大都使用薄鋼板，版上大多預塗有

聚乙烯醇感光膠，並以黑色 PE 膜保護，使用時揭掉保護膜，餘曬版和腐蝕過程與厚銅板大致相同。

（三）鍍鉻的銅版

高精細層次印刷有時使用鍍鉻的銅版。銅材的組織構造細緻，易於表現網點結構以及圖案層次細節，在利用移印針對小型碟子、酒瓶蓋進行層次印刷時可使用銅版，由於銅版的質地較軟，為了增加印版的耐印量，製版後常在銅版表面鍍上一層鉻。

（四）樹脂移印版

感光性樹脂的耐磨性優異，對油墨中溶劑也具有極佳的抗蝕性，感光性樹脂版具有網點精細、製版便利之優點，有逐漸取代移印薄鋼板的趨勢。感光性樹脂版通常是將樹脂感光膠預塗於鐵板或鋁板之上，用 PET 薄膜進行保護，使用時揭掉保護膜，與曬版軟片密接曝光並用酒精顯影即可(國際包裝網，2003a)。

二、傳統金屬移印版的製作

（一）照相凹版（傳統照相凹版）

製成的圖文網點面積大小一致，而凹陷的深度不等，主要利用圖文網點部分的墨層厚薄來表現原稿的明暗層次，而非網點面積大小（圖 2-6A）。製作方法上說明如下：

- 1、利用照相所得的陰像底片（線畫稿、連續調稿、單色稿或彩色分色片），翻製成陽像底片經修整後使用。
- 2、在經光感化處理後的碳素紙（carbon tissue）上，先與凹印用網屏曝光，再利用陽像底片曝光。碳素紙上的感光層會按其陽像底片濃淡不同的密度，而發生不同程度的硬化。
- 3、將曝光後的碳素紙過版到銅版面上，再經溫水浸泡，逐漸把沒有硬化的膠質溶掉。
- 4、再利用三氯化鐵溶液進行腐蝕。

由於底片圖文部分的層次密度不同，經沖洗後可得硬化程度不同的膠層，因此，在腐蝕過程中三氯化鐵溶液對膠層的滲透程度也有所差異，按腐蝕時間長短，形成了網點深淺不同的凹陷，從而得到圖像層次豐富的凹版（林行健，2003）。

（二）照相加網凹版

1、深度相同的照相加網凹版（網點照相凹版）

照相加網凹版和傳統照相凹版所使用的陽像底片是不同的。照相加網凹版使用網目半色調陽像底片，代替了傳統照相凹版用的連續調陽像底片來曬製凹版。在腐蝕過程中同樣是利用三氯化鐵腐蝕液腐蝕，使用這種製版方法，所得凹版網點面積有大小的變化，而網點深度基本上都是相同的。

照相加網凹版的製版方式與照相凹版相比，具有操作簡單、穩定可靠、效率高等優點，但較易導致亮部階調網點喪失的缺陷。

2、深度不同的照相加網凹版（杜爾金式照相凹版）

由傳統照相凹版與照相加網凹版兩種製版方法結合，可形成網點面積大小與網點深度同時產生變化的凹版（黃秀臣譯，1993）（圖 2-6B）。製作流程說明如下：

- （1）由原稿拍攝得連續調陰像底片，經修正後拷貝得連續調陽像底片和加網的網目半色調陽像底片。
- （2）在碳素紙上首先曬上網目半色調陽像底片，該法相當於傳統照相凹版的曬白線網屏，再曬連續調陽像底片，曬版時兩張陽像底片必須套合非常準確。
- （3）曝光完畢後，將碳素紙上的膠膜轉移到銅印版上，其他工作與傳統照相凹版的處理相同。

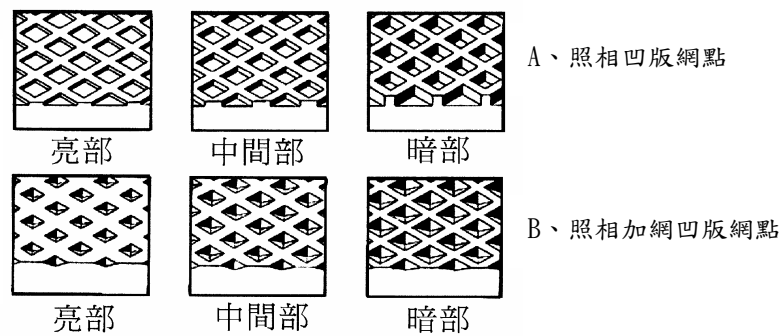


圖 2-6：照相凹版與照相加網凹版網點比較（鄒毓俊，2001）

第四節 樹脂移印版製作與適性要求

一、樹脂移印版的製作

感光性樹脂移印版在利用網片輸出機輸出所需底片後，所需的製版流程（圖 2-7）說明如下：

1、版材準備

根據工作需求裁切移印版，所裁的尺寸應比所需要的尺寸大 2 至 4 公分，以保護影像邊緣區域，再依移印機需求之裝版孔數在印版上打孔。

2、印紋深度控制

影響樹脂移印版印紋深度的因素有很多（如前露光時間、粗細之網屏線數底片，洗版顯影液之溫度、濃度..等），製版作業人員可根據控制性選擇或作業方便需求，選擇適合之控制印紋深度因子，可單獨運用或混合使用。

3、主露光

主露光可使沒有圖文部份的感光樹脂層因曝光產生光聚合作用而硬化，其主要目的為使移印版形成圖文影像。

4、洗版顯影

版材沒有曝光硬化的部份，在洗版顯影過程中會被顯影液

溶解去除，凹陷的印紋部份即為底片上的影像和線條，可作為移印時承載油墨的載體。

5、後處理

(1) 烘版

目的在於去除洗版時滲透入感光樹脂層的顯影液，以回復版材足夠的硬度，增進印版的使用壽命。

(2) 後露光

不使用底片，經由曬版機對樹脂移印版全面曝光，此目的在使感光樹脂層全面產生光聚合作用而硬化，增加版材硬度及抗摩擦力（台灣 Flexo 彩集，2003a）。

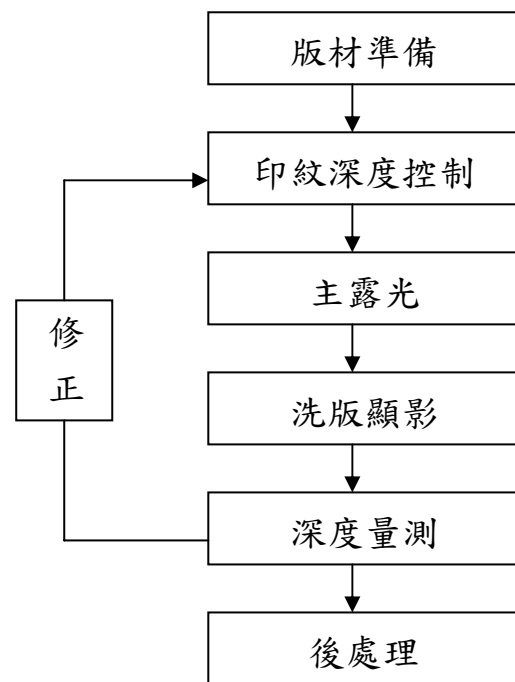


圖 2-7：樹脂移印版製版流程

二、樹脂移印版製作適性需求

(一) 製版軟片的要求

樹脂版曬版作業時，須利用曬版機上的吸氣設備，使製版軟片與樹脂版版面貼合密著，防止因軟片與樹脂版之間殘存氣

泡，造成光學性射散現象，影響露光後樹脂版面印紋網點的變化。感光性樹脂版，在光聚合的作用下，會釋放出一定數量的氧氣，利用磨砂底片可將這些氧氣順利排出，使底片與版材保持等應力接觸，精確地轉移影像（齊成，2002）。

由於一般平版製版底片表面過於光滑及膜面透氣性較差，底片無法將氧氣順利導出，引起底片與版材之間的間隔變化，致使圖文變形、變粗、牛頓圈等毛病。另外，濃度 3.2 左右的平版底片實質上也達不到凹版製版底片所需濃度 4.0 以上的要求，濃度低的底片容易引起版材漏光，造成針孔瑕疵現象（齊成，2002）。故凹版製版軟片應具有相當濃度、解析度(resolution)及底片膜面排氣性的具體要求外，軟片與印版邊緣所用的壓條也應採用帶有壓痕，能橫向導氣的一種（梁新宇，2002）。

（二）製版版材的構造與特性

樹脂移印版為一種感光性樹脂材料，版材構造可分為保護層、樹脂層、連接層及基底層等四部份（圖 2-8），依版材感光特性不同可分為酒精型樹脂版與水洗型樹脂版兩種：

1、保護層：

保護感光樹脂層免於受到搬運過程中，外力損壞及曬版曝光前灰塵的沾染，而致印版印紋網點在顯影後有髒點、瑕疵的情況產生。

2、感光樹脂層：

由聚脂、單體（monomer）、光起始劑(photoinitiators)，穩定劑和顏料等高分子材料所構成。感光樹脂層經底片以紫外光照射後能聚合樹脂高分子而硬化，其中感光單體透過彼此間鏈及鏈間的交互聯結，在洗版顯影時不溶解在顯影液中。

3、連接層：

其功能在於連接感光樹脂層與基底層，確保感光樹脂層穩定固著於基底版材上。

4、基底層：

使樹脂移印版完成後俱有極佳的尺寸穩定性，使印版上印紋不致因印版移動而扭曲、變形。其種類有鐵、鋁、聚脂等多種選擇以適合不同的移印適性需求。

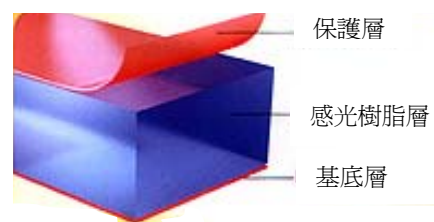


圖2-8：感光樹脂版版材結構（台灣Flexo彩集，2003b）

（三）樹脂移印版的種類

感光性樹脂移印版根據顯影液的不同可分為水洗型與酒精型兩種，穩定尺寸的基底層則大部分以鐵為材質（見表2-1）。製版時可根據耐印程度與印版厚度之適性需求選擇適合的移印版種類：

表 2-1：樹脂移印版版材種類

| 型號 | 厚度 (m/m) | 洗版·片基 | 尺寸 (m/m) |
|--------|-------------|-------|-------------|
| ST 52 | 0.52 | 酒精·鐵板 | 200 x 400 |
| WSA 52 | 0.52 | 水洗·鐵板 | 500 x 600 |
| ST 52K | 0.52 | 酒精·鐵板 | 350 x 350 |

資料來源：台灣 Flexo 彩集，2003a

第五節 移印作業色彩控制

移印的色彩複製過程受許多材料和印刷變異所影響，這些變項包括：印墨色相、承印材料表面的特性與色彩、轉移至被印材料上墨膜厚度、印墨疊印、移印色序、移印機印製特性、印紋網點擴大等。因此，如何達到良好的色彩複製，求取最佳色彩平衡需藉由不斷測試不同的印墨、承印材料、印刷適性等特性而來。色彩複製之品質控制，一般可分為以濃度學(densitometry)為基礎的色彩控制，和以色彩學(colorimetry)為基礎的色彩控制方式。

以濃度學為主的控制方式，其主要的品質要項為：(1)滿版濃度(Solid Ink Density)(2)不同色墨間的介面轉移能力(Trap)(3)印刷對比的控制(Print Contrast) (4) 印紋網點擴大(Dot Gain)。而以色彩學為基礎的色彩控制，則是一種以灰色平衡控制為主的印刷控制方式，亦即使用光譜儀 (spectrophotometer)掃瞄樣張的控制導表，進行灰色平衡控制標的色度控制方式(周文明，2002)。

一、滿版濃度

所謂滿版濃度 (Solid Ink Density：簡稱 SID)，即青、洋紅、黃印墨分別以紅、綠、藍三濾色鏡量得的最高濃度值，或可說是印墨色料印於紙張的最高濃度。

相對於一般的認知，濃度不是墨膜厚度的測量，而是光線反射的測量，然而，基本上墨膜愈厚，濃度愈高。印刷操作者使用反射式濃度計來測量被印材料上滿版部位的濃度值，所測得的濃度值用來決定墨量多寡的調整以達到標準值。濃度計也可以幫助印刷操作員在印刷過程中保持印墨濃度的穩定。

許多研究報告指出滿版濃度比其他因素更容易影響印紋網點擴大。Franz Sigg 在 1970 年 TAGA 會議上指出，階調複製曲線是隨著墨膜厚度而有所改變，滿版濃度愈高，中間調網點擴大的情

形也增加，而中間調在濃度上的增加也就愈多。因為中間調愈濃密，暗部調的對比會減少，因此，即使在被印材料上增加墨量，亦即增加墨膜厚度，並不見得可以獲得想要的複製品。須注意的是，當墨量愈多，不僅會導致暗部對比的遺失，而且中間調的部分會普遍偏暗（Southworth, et al.,1989）。在印刷時，如果能充分掌握滿版印墨的濃度，則可以有效地控制網點面積、色彩平衡及油墨疊印的界面轉移等變化（蕭耀輝，1986）。印刷作業人員如欲在較差的被印材料上，藉供墨量增加來提高印墨的 SID 值，只會帶來中間調更多的網點擴大（Southworth, et al.,1989）。SID 值必須被最佳化以控制印刷的網點擴大，因為減少滿版濃度雖可減少中間調的網點擴大情形，但對暗部調的影響更大，其將會影響墨色的彩度及套印色彩的變化（Southworth, et al.,1989）。

二、疊印能力

疊印能力（Trap）是指第二色印墨附著於第一色墨層上的能力。如果先印油墨（第一色印墨）是乾的，其印刷過程稱為乾式疊印；反之，若第一色印墨是濕的，則印刷過程稱為濕式疊印。疊印能力可說是油墨附著於已印刷油墨上的能力（李凌霄，1987）。

油墨疊印（Ink Trapping）又稱界面轉移能力，是指油墨從橡皮布表面轉移至被印材料與油墨從橡皮布表面轉印至另一色油墨上的轉移比率值（周文明，2002），其測定是以滿版濃度為主。而疊印再現的顏色是印刷色彩控制要素之一。疊印能力通常以百分比來表示，此百分比值愈高，表示油墨轉移性愈好，但比值必定小於 1（蕭耀輝，1986）。

Southworth et al.（1989）曾在文中表示疊印能力是了解半色調網點配置和正確印刷色序的主要依據，半色調網點的配置影響印墨的疊印，主要因為印墨附著在被印材料上的速度與附著在

濕潤墨膜上的速度並不相同，因此，半色調網點疊印時，會有不同的色相(Hue)、明度(Value)和彩度(Saturation)。在多色印刷過程中，濕式疊印對色彩的控制是十分重要的。疊印能力(界面轉移能力)以比例值來表示，其假定墨膜轉移到版上的厚度與墨膜轉移到被印材上的厚度是一樣的，通常使用濃度計來測量墨膜的色彩濃度。以下為疊印能力公式(周文明，2002)：

$$\text{Trap} = \left[\frac{(D_{1+2} - D_1)}{D_2} \right] \times 100 \%$$

D_1 ：第一色印墨滿版濃度 D_2 ：第二色印墨滿版濃度

D_{1+2} ：上述兩種油墨疊印後的滿版濃度

這些濃度數值的讀取是在第二次色上使用濾色鏡而得來的，例如，當洋紅色為第二次色時，使用綠色的濾色鏡(Eldred et al., 1995)。一般疊印能力的目標為100%疊印，但對濕式疊印而言，75%-95%為一般所接受的範圍。影響疊印能力的因素有印墨的抗分裂性、墨膜厚度以及印墨溫度等(Field, 1988)。

三、印刷對比

印刷對比(PC, Print Contrast)亦稱印刷反差，是指底片或印刷品四分之三階調與滿版部位的濃度差。其值會受滿版濃度、被印材質的白(亮)度、75%階調的濃度以及光澤度(gloss)所影響(SWOP, 1998)；在印刷過程中，印刷對比愈高，暗部所能呈現的階調愈豐富。印刷反差為在印刷過程中判斷暗部階調層次豐富與否的重要指標(謝顯丞等，2000)。其計算公式為：

$$\text{Print Contrast} = \left[\frac{(D_s - D_t)}{D_s} \right] \times 100\%$$

(D_s 表示滿版濃度值； D_t 表示75%階調濃度值)

印刷對比愈高，可以使印刷品暗部的層次(調子)愈廣，印刷對比可以比滿版油墨濃度更準確的顯示印刷機狀況(李凌霄，

1987)。印刷轉移至被印材料的印墨量多寡，將會直接影響網點擴大，進而影響到印刷對比，所以過多的印墨使網點擴大更嚴重，反而使印刷對比降低 (Southworth et al., 1989)。在印刷過程中，操作人員應適當調整印墨階層，因為印刷反差愈大，在 75% 階調與滿版濃度之間的層次愈清楚 (DeJidas et al., 1995)

四、網點擴大之控制

(一) 網點擴大

所謂網點擴大 (dot gain)，是指在網片上和印版上或網片上和被印材料上之網點面積的差異，網點擴大可能發生於在分色、底片曝光、曬版及印刷時油墨轉印至被印材料上 (謝顯丞, 1999)。亦即原稿經複製後的網點比半色調之定義網點面積有擴增現象，是由印前和印刷製程中網點大小改變所造成的。網點擴大會使亮部色調變得灰暗與暗部區域填滿引起細緻階調的損失，造成印刷階調色調變暗及低反差 (Ritchie, 2001)。

而網點擴大包括物理性網點擴大及光學性網點擴大。物理性網點擴大屬於機械性網點擴大，通常發生於照相製版過程與印墨、被印材料及其他印刷狀況改變時之印刷過程 (Southworth et al., 1989)。光學性網點擴大則發生在印墨移轉到被印材料的過程中，主要是光線照射到被印材料及印紋墨膜上吸收與散射效應所造成。光學性網點擴大通常會導致網點直徑等比率脹大，使得亮部、中間調及暗部調不同大小尺寸的網點面積均變大，然而，網點的周長愈大，網點面積的增加也愈多，一般平版印刷網點面積 (圖 2-9A) 擴增最嚴重的是中間調的部分，亦即在網點面積為 50% 的地方 (Southworth et al., 1989)。在一般凹印及凹版移印由於網點與平印網點的形狀及排列結構不同 (圖 2-9B)，網點周邊長度隨網點百分率成正比例增長，網點

擴大則隨百分率比例遞增，呈直線擴大狀態（張逸新，2001）。

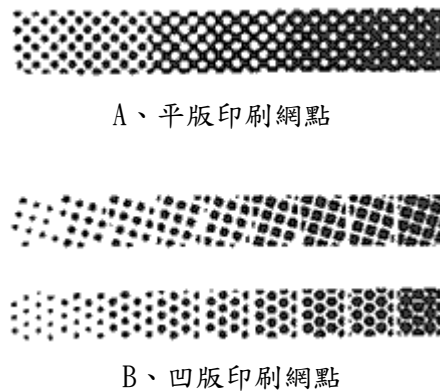


圖 2-9：平印、凹印網點比較（張逸新，2001）

（二）網點擴大值的計算

濃度計（Densitometer）是一種被廣泛使用來測量網點面積的儀器，除了網點面積的測量外，濃度計還可以測量滿版濃度、疊印，色差、灰階及黑白反差或在透明或不透明的物體上之色彩階調，提供了用以控制及增進印刷流程的重要資訊（陳寬祐譯，2004）。

簡單而言，濃度計是一種可用來量測光被物質表面吸收或反射多寡的儀器，一般可分為量測透明物質總光量的透射式濃度計，以及量測不透明被印材料反射總光量的反射式濃度計兩種。就網點擴大值的計算方面，目前濃度計大多使用同時包含物理性及光學性網點擴大的 Murray-Davies（MD）公式來計算網點擴大值（Hsieh, 1997）。

Murray-Davies(MD)公式

Murray-Davies 公式把物理性網點擴大及光學性網點擴大兩個部分都列入考慮，將印刷品上網點面積(由反射式濃度計測

得)與其網片上之網點面積(由透射式濃度計測得)互做比較,則可得到網點面積的擴大值,其被公認為計算總網點面積擴大值之標準(Hsieh, 1998)。當假設紙張表面為完全反射時(此可藉由對紙張歸零達到),即紙面反射濃度為0,反射率值為1。Murray-Davies的理想濃度方程式如下列所示(徐照夫,1996):

$$\text{總網點面積之百分比} = \left[\frac{(1-10^{-D_t})}{(1-10^{-D_s})} \right] \times 100\%$$

D_s : 滿版濃度值

D_t : 網點階調整合濃度值

(三) 影響網點擴大的因素

網點擴大會導致清晰度和細緻調的遺失、色彩改變以及對比、印墨色彩、印墨濃度和疊印的問題,所以在印刷過程中,適當控制網點擴大以保持印刷品質是十分重要的(Killeen, 1995),網點擴大情形如果沒有獲得適當的控制,會造成印刷複製作業上更多的損耗(Southworth et al., 1989)。

Bruno (1986)認為會造成網點擴大的因素有很多,包括網線數(screen ruling)、紙張的種類(type of paper)、印刷速度(press speed)、墨膜厚度(ink film thickness)、印墨溫度(ink temperature)、印墨強度(ink strength)、印刷壓力(impression pressure)、輥筒直徑(cylinder diameter)以及橡皮布種類(type of blankets)等。Field (1988)也指出影響網點擴大最主要的成因是在印刷過程中油墨的移轉擴散。在一般的平版印刷中,某些程度的網點擴大是必然存在的,重要的是需加以控制,使其維持穩定(鄭本山,1986)。

五、以色差計量測色彩平衡

(一) CIELAB與CIELUV

色彩外觀模式有許多種，CIE色彩模式系統由法國的國際照明協會在1931年所發表的，為國際上一般所採用的色彩描述及測量標準（“Color management for a Digital World”，1997），CIE國際照明協會並於1976年發展出兩種新色彩空間描述的模式： L^* 、 a^* 、 b^* 系統（即CIELAB）、 L^* 、 u^* 、 v^* 系統（即CIELUV），其 a^* 或 u^* 表紅色到綠色， b^* 或 v^* 表黃色到藍色(Field, 1988)。

CIELUV色彩空間模式為CIE國際照明協會發展出描述應用加色法原理之設備的色彩空間(如彩色電視及彩色電腦螢幕)，而CIELAB色彩空間模式則廣泛的應用於物體表面的色彩管理（如印刷品），CIELAB無法使用一般色立體的數學原理來描述色彩，其使用相對的色彩空間來說明圖解色彩相關資料（Field, 1988）。

色差為定義兩色彩之間的差異程度，包含色彩成分 L^* （明度）、 a^* （綠到紅的色階）、 b^* （藍到黃的色階），在一般印刷品的測量最普遍使用之CIE $L^*a^*b^*$ 公式，其公式為：

$$\Delta E = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{1/2}$$

因此色差適於定義彩色印刷中印刷品的色彩變化(Tritton, 1993)。

(二) 以色差計量測色差

灰色平衡是整個色域複製之重要參數，由於每個人對於色彩的感知均不同，因此在灰色平衡色塊中評判中性灰色色塊一直是相當主觀的工作(US Ink, n.d.)。在視覺判斷上，半色調灰階導

表被用來做為基準以輔助判斷哪一個色塊為最佳灰色平衡組合。灰色平衡導表一般以四個方形矩陣構成，矩陣內則是由不同比例之Cyan、Magenta、Yellow組合之色塊所構成，列的部分為不同比例之Magenta階調、欄的部分則為不同比例之Yellow階調，Cyan網點大小則為固定的數值(Adams II et al., 1992)。

若是灰階導表無法取得或是無法在標準條件下觀測，則可採用反射式濃度計進行量測，藉以找出含有Red、Green、Blue等量濃度之色塊，若要取得更正確之儀器量測讀取，分光密度儀(Spectrodensitometer)可使用作為量測的工具，在CIELAB色彩空間下，當量測之 a^* 、 b^* 值最接近原心座標或中心軸，則該色塊即為最佳之C、M、Y灰色平衡組合。換言之，灰色平衡為低彩度值(Stanton et al., 2000)，亦即理想之 a^* 、 b^* 色度值應愈接近 a^*b^* 座標軸之原點，因此Chroma之計算方式為藉由分光密度儀求得 a^* 、 b^* 色度值之後，利用畢氏定理[$\text{Chroma}(c)=(a^2+b^2)^{1/2}$]計算出色塊至原點(0, 0)的距離(圖2-10)。

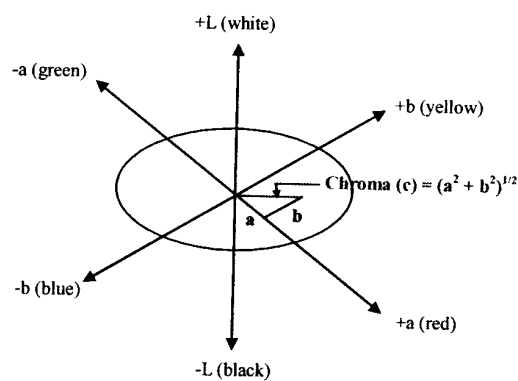


圖2-10: LAB色域空間中Chroma值計算示意圖(謝顯丞, 2004)

線上印刷控制是一種以灰色平衡控制為主的方式，乃是使用光譜儀(spectrophotometer)先掃描標準樣張的控制導表，再將灰色平衡控制標部分轉為色彩值，將印刷進行中抽取的樣張所測

量的色彩值拿來與此標準樣張的色彩值作比較。利用色差公式求取 ΔE 值，根據 ΔE 值的大小，作為印刷機的自動墨色控制，這是一種連線的印刷品管方式，對於品質的提升極有助益（周文明，2002）。根據不同客戶，不同性質的印件對 ΔE 值的要求將會有所不同。表二為不同情況下色差值所代表的意義，由表2-2可知色差值小於4是可接受的範圍，若大於8則表示其色塊之間有相當大的差異。一般色差值 ΔE 之容許範圍為4-8（Green, 1999）。

表2-2 色差值及其所代表的意義

| 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 | 視覺上就可看出有相當大的差異 |

資料來源： Tritton, 1993

色彩平衡控制除了影響中性灰色外，亦會影響整體影像複製的色彩飽和度(Flexo, 2000)。影響色彩平衡的因素包括網點擴大、墨膜厚度、疊印能力、印墨色彩強度...等，其中以網點擴大最為顯著(Williams, 2002)。印紋網點擴大相對於網點百分比在一般階調複製過程中並非以對稱的關係展現，尤其是一般凹印及移印由於網點與傳統平印網點的形狀及排列結構不同，其印紋網點擴大率隨百分率比例遞增，更增加色彩複製之困難度。

移印由於被印材料的多樣性，移印凹版印紋深度控制的不確定性，特殊矽膠移印頭之油墨轉移性..等，在色彩平衡管控上產生諸多的變異。本研究採源頭品管，除了後端的作業色彩控制，也希望以掌握印紋深度控制的方式，進一步促進製版品質之穩定，達到移印色彩複製之再現性。