

第二章 文獻探討



本章文獻探討乃就印刷原理、傳統與電腦數位化過網方式、錯網現象及影像掃描的原理等相關知識做一探討。本章共分為三節，第一節為對半色調影像的探討，包括印刷原理的介紹、為何要使用半色調影像及傳統過網方式與現代數位化半色調過網原理的介紹；第二節對錯網現象做一探討，包括錯網的原理及防止錯網的方式及錯網消除的方式；第三節乃就電子掃描設備的原理及掃描設定做一介紹，以了解在影像掃描複製上有何限制。

第一節 半色調影像的探討

一、印刷品影像複製的原理

在各類印刷品中，不外乎是由平、凹、凸、孔等版式或是現在各種無需印版的輸出設備所完成。不論是由何種版式所完成的印刷品，其影像複製的原理大多相似，總歸起來可分為二種：半色調的影像和色彩複製原理，透過這兩種技術的搭配來達成各種印刷品的複製。以下就分別對這些原理做介紹。

(一)各種印刷版式的原理

1.凸版印刷

凸版印刷是最早被人們所使用的印刷技術，從春秋戰國時的所使用的印章、玉璽上就可看到它的雛形。雕刻木版是最早使用的印刷術，到了宋朝後畢昇發明膠泥活字更是讓印刷技術得到大幅的改善，

成中國的四大發明之一。所謂凸版是指印刷版在印紋的部分是呈現凸起的狀態，而非印紋的部分凹陷於版面之下，在印刷時油墨會沾粘在凸起的印紋部分，而非印紋部分因凹陷對版面之下而沾不到油墨，印刷時將被印物經過印壓之後即可印出印紋，利用此種印紋凸起之印刷方式，就稱之為「凸版印刷」。從圖 2-1 中可以清楚的了解凸版印刷的原理。

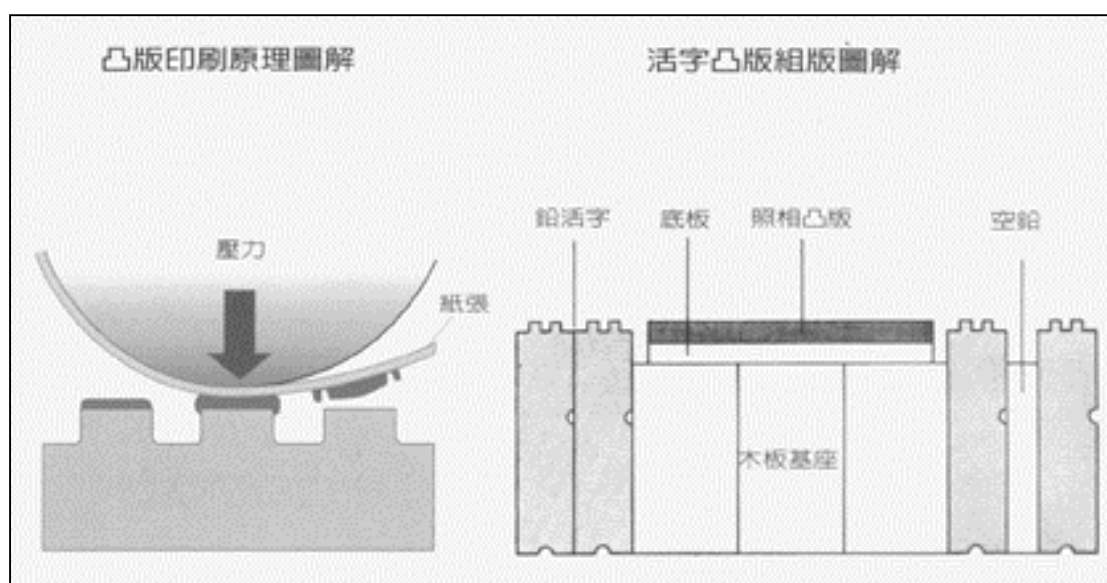


圖 2-1 凸版印刷原理示意圖(林行健，民 88)

凸版印刷本來不適合印刷品質較高、較精美的印刷品，因此在平版印刷技術成熟後曾經一度式微，但自從樹脂凸版(Flexo)的技術成熟後，印刷品質已可媲美平版印刷，因此凸版印刷品在市場的佔有率再度提昇。現在坊間大部分包裝類的印刷品逐漸採用樹脂凸版來印刷，如鋁箔包裝、瓦楞紙箱等，除了印刷精美外，更有兼具可大幅降低印刷成本和符合環保的需求之優點。

2.凹版印刷

凹版印刷與凸版印刷的原理剛好相反，凹版的印紋部分是低陷於版面之下，而非印紋部分高於印紋部分。在印刷時必須先將油墨塗佈在版面上，然後再用刮刀將版面上非印紋部分的油墨刮除，此時印紋

部分油墨會留在凹陷的印紋部分，最後再將被印物放在版面上，利用強大的壓力使印紋部分的油墨轉移到紙張上來完成印刷。由於其印紋的部分是凹陷於版面之下，因此稱之為「凹版印刷」。圖 2-2 是凹版印刷原理的示意圖。凹版印刷依製版的原理可分為實用照相凹版和網目照相凹版(羅福林、李興才，民 80)。實用照相凹版表現色彩的方式是網穴大小一致但深淺不同來表現色彩的濃淡，網目照凹版剛好相反是網穴大小不同但深淺一樣來表現色彩濃淡。凹版印刷由於油墨最厚，所表現出的色調最強，因此最適合用在藝術品的印刷上。另外凹版印刷因其製版困難具有高防偽性，常用在有價證券的印刷。

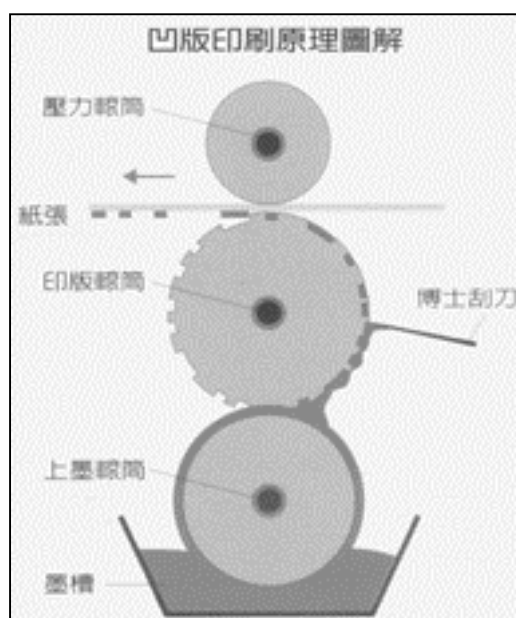


圖 2-2 凹版印刷原理示意圖圖 2-1 凸版印刷原理示意圖(林行健，民 88)

3. 平版印刷

平版印刷其原理不同於凸版印刷與凹版印刷，平版的印紋部分與非印刷部分在版面上幾乎在同一個水平面上，因此稱之為平版。平版印刷是由最早的石版印刷發展而來，其原理是利用水墨不相容的現象，在印紋的部分是屬於親油性的油膜，而非印紋部分是親水性膠膜或特殊的表面處理。印刷時首先要將水塗佈在印版上，此時印紋的部分就會將水撥開，非印紋部分則保留水分。接著將油墨塗佈於印版

上，此時由於原先非印紋部分已有水分存在，因此油墨無法附著在非印紋部分，僅在印紋部分有油墨附著。接著為防止印版上過多的水分傳遞到被印物上，因此先將印版上的油墨轉印到橡皮滾筒上，最後再將橡皮筒上的油墨轉印到被印物上。由於平版印刷必須多一道轉印到橡皮滾筒的手續，因此稱之為間接印刷(Offset Printing)。現在大部分的紙類印刷大多是由平版印刷所印製，如報紙、書籍、廣告傳單等。另外鐵罐印刷也是利用平版印刷的方式所印製。圖 2-3 是平版印刷原理示意圖。

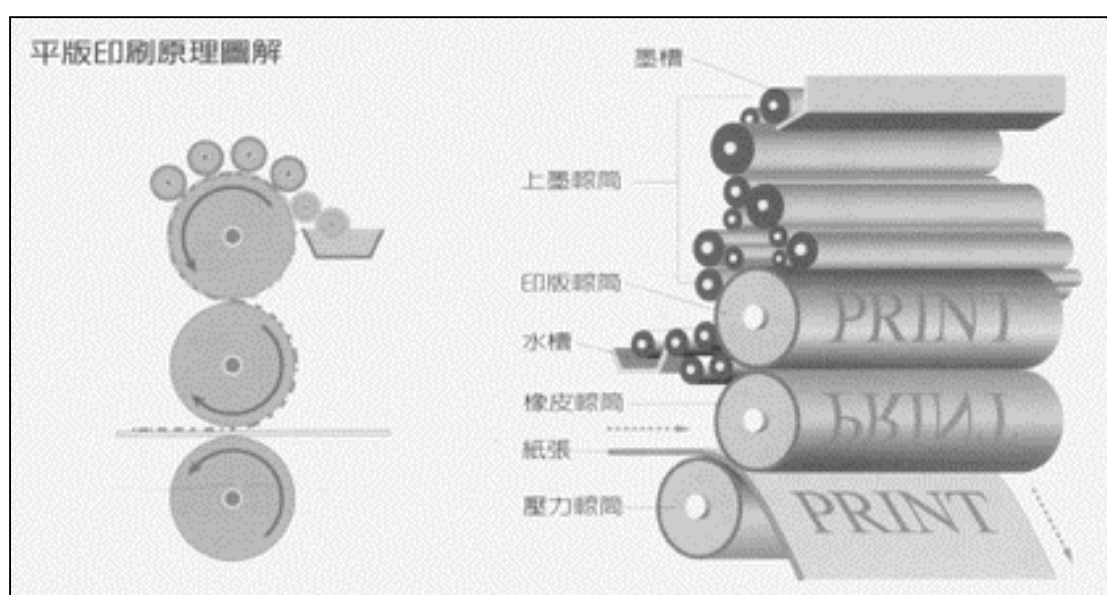


圖 2-3 平版印刷原理示意圖 圖 2-1 凸版印刷原理示意圖(林行健，民 88)

4. 孔版印刷

孔版印刷其印版上的印紋部分為鏤空，而非印紋的部分遮蓋為保護，印刷時將油墨透過鏤空的印紋部分，透印到下面的被印物上，因此稱之為「孔版印刷」。孔版印刷其色調鮮豔、濃厚，有不受被印物大小和表面限制皆能印刷的優點，常見應用在大型的車廂廣告和凹凸不平的瓶罐印刷上。在高科技產業裡，也用在電路板上印刷，用途非常的廣泛。但其印刷速度慢，因此不適合用在需大量快速的印刷品，這是其缺點。圖 2-4 是孔版印刷原理的示意圖。

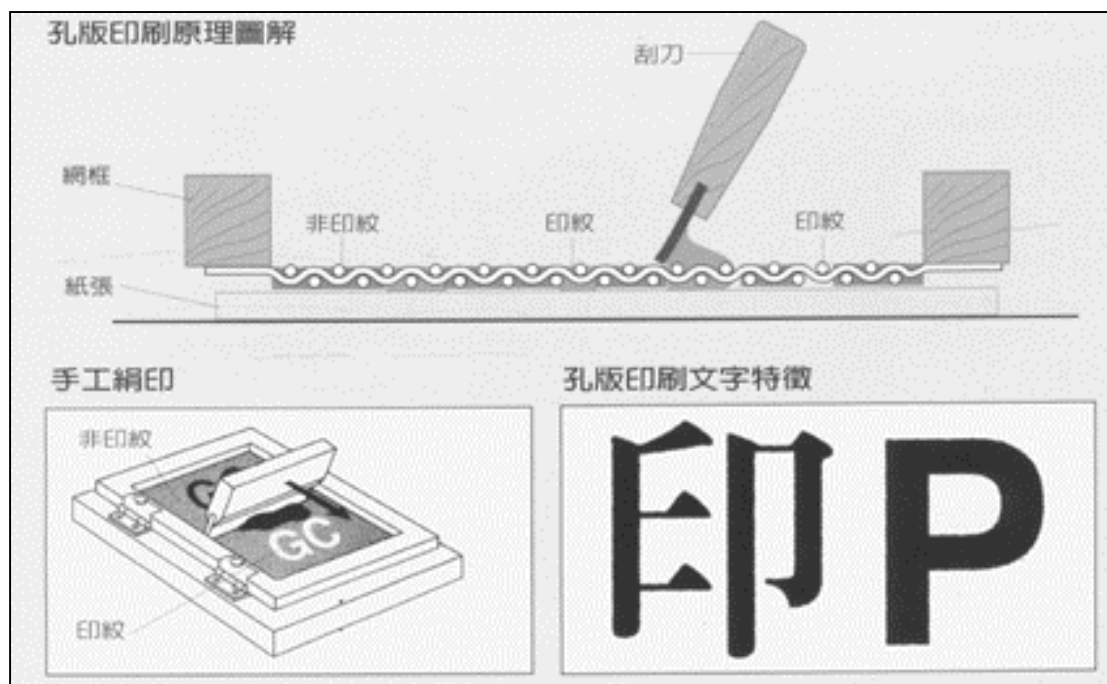


圖 2-4 孔版印刷原理示意圖 (林行健，民 88)

(二)半色調影像的原理

從上面印刷四大版式的探討中可以發現，印刷在進行影像複製的工作時，除了凹版中的實用照相版凹以外，其餘的印刷方式油墨從印版轉移到被印物上時，油墨的厚度都是一樣的，因此印刷時無法依靠油墨的墨膜厚度來表現色彩的濃淡時，所以就必需藉助於將欲複製的影像轉為半色調的影像來表現階調。所謂半色調影像是由細小的網點、網線所構成的影像，當影像和眼睛在適當距離下，眼睛無法分辨這些網點、網線的存在，因此利用每個網點的大小面積不同或排列的疏密不同，在人眼內會將這些網點網線混合並置產生有如連續調影像般有濃淡深淺變化的感覺。當網點面積佔單位面積的百分比越大或是網點排列的較密集時，人眼感覺到的顏色就較深；在網點面積的百分比越小或是網點排列的較疏時，人眼感覺到的顏色就較淺。在各種印刷技術中除了珂羅版和照相凹版能印製連續調的影像外，大部分連續調的影像要透過印刷來大量複製的話都必須先轉成半色調影像。半色調影像形成的方式對影像品質有一定的影響，因此在將影像進行半

色調過網處理時要考慮網點濃度、網線數、網點形狀及網屏角度四個因素。以下分別就這四個因素分別說明。

1.網點濃度

半色調影像是利用網點的大小、疏密來表達顏色的深淺，網點濃度是指在單位面積內網點顏色覆蓋的面積比。假如在網點黑色覆蓋的面積佔單位面積內的 5%的話，稱之為 5%網點，在人眼中所見為淡灰色，顏色覆蓋的面積越大，人眼所見的顏色就越深。

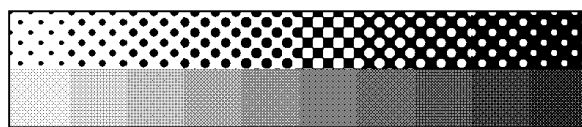


圖 2-5 網點百分比放大圖解(圖片來源：本研究繪製)

2.網線數

當將半色調的影像放大來看時，可以看出網點是一行一行地整齊排列，網線數指在一英吋內排列多少行的網點，若在一英吋內排列 175 行的網點時，稱其網線數為 175 線，單位為 lpi(lines per inch)。網線數越高，半色調影像所能表現的階調就越豐富、質感越細緻，反之則表現出來的影像就越粗劣、平淡。

3.網點形狀

網屏種類可分為實用網屏與特殊網屏二大類。實用網屏的網點形狀最常見的有圓形、橢圓形、方形等形狀，不同的網點形狀可產生不同的影像效果。鏈形網屏所產生的網點形狀為橢圓形，一般而言橢圓形網點顆粒較為柔細，最適合人像過網；方形網點顆粒較為銳利，較適合硬調影像；圓形網點適合應用在一般階調的影像過網。除了上述幾種網點形狀外，為配合設計上的需要，還有其他特殊的網屏可供使用，如直線網屏、同心圓網屏、波浪網屏……等，每種網屏產生的視覺效果皆不同。

4.網屏角度

印刷網點一般規則排列，所以有角度之分。在單色印刷時網點排列角度以 45 度較不易察覺網點的存在。在多色印刷時，為達到混色效果，各個顏色的角度就必須錯開，但各個顏色角度錯開的話容易產生網花干擾的現象，因此顏色錯開的角度就必須謹慎。以四色印刷為例，顏色角度分別為 45 度、75 度、90 度、105 度網花為最小，各色版選用的角度可視原稿特性而定，並無一定的限制。

(三)色彩重現的原理

在印刷工程裡，做影像的複製時，除了利用半色調的技術外還必需應用色彩學的原理。人們感知各種色彩時由以下三種因素所決定---光源的種類、物體反射或透射光線的程度和人眼對光線的敏感度(Agfa, 1994)。人眼裡有可以感知紅、綠、藍三種顏色的感色細胞，透過不同波長的光線分別對三種感色細胞做不同程度的刺激，因此人眼可以感知到各種顏色。人眼可以感知到的光線波長為 380nm 到 700nm 之間，理論上各種顏色皆可藉由紅(Red)、綠(Green)、藍(Blue)三種顏色的光依不同比例或強度混合而成，因此紅、綠、藍三色稱之為光的三原色。當三原色混合的比例越高時，所得到的色彩越接近白色，所以有加色法(Additive Colours)之稱。在加色法的原理中，等量的混合綠色和藍色可得到青色(Cyan)；等量的混合紅色和藍色可得到洋紅色(Magenta)；等量的混合紅色和綠色可得到黃色(Yellow)。加色法的原理可以用來解釋人眼感知大自然中各種顏色的情形，但在印刷工程中所使用的原色為洋紅、黃、青三色，當洋紅、黃、青三種顏料混合越多所得到的顏色越接近黑色，因此稱之為減色法(Subtractive Colours)。在減色法的原理中，當等量的洋紅和青色混合後可得到藍色；等量的藍色和黃色混合後可得到綠色；等量的洋江色和黃色混合後可得到紅色。透過三原色顏料不同比例的混合來複製各種不同的顏色。圖 2-6 與圖 2-7 分別為加色法與減色法的示意圖。

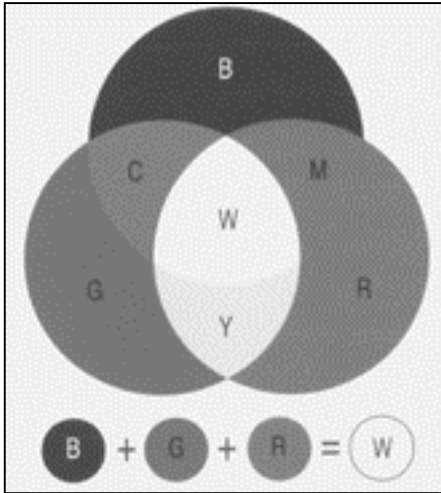


圖 2-6 加色法示意圖(林行健，民 88)

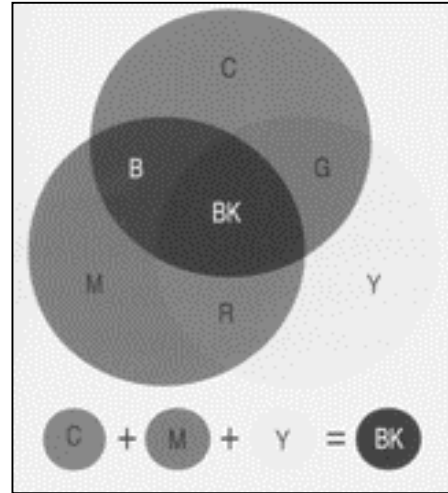


圖 2-7 減色法示意圖(林行健，民 88)

二、傳統印刷的過網方式

(一)網目屏的種類

從上節的探討中可得知，在各種印刷方式中除了照相凹版以及珂羅版之外，其他的印刷方式都無法直接複製連續調的影像，這是因為它們所轉移到被印才上的油墨厚度都是一樣的，所以無法利用油墨墨膜的厚薄來表現顏色深淺。因此為了快速大量複製的目的，在印刷工程上就必需將連續調的影像轉為半色調的影像。在傳統的作法上是利用照相的原理搭配接觸網屏的使用來得到半色調的影像。最早期接觸網屏的材質是由玻璃所製成，依據不同的用途可對玻璃上做不同線數及不同比率的刻線。玻璃網屏的線數是以每英吋多少條刻線為單位，依不同的印刷品質的需求可做 60~400 線不等的玻璃網屏。而玻璃網屏上的刻線比率的種類有 1 比 1、1 比 1.5、1.5 比 1 及 2 比 1 等，圖 2-8 為不同種類接觸網屏的放大圖。在選用玻璃網屏的種類時必須要考量印刷品所表現出來的特性，而且應用不同比率的玻璃網屏在做製版照相時對曝光時間必須做不同程度的控制。

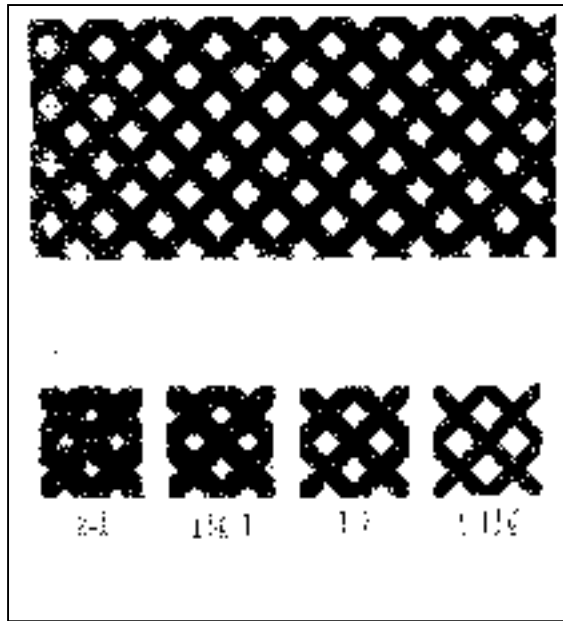


圖 2-8 玻璃網屏的刻線比率(羅福林，民 80)

早期玻璃材質的接觸網目屏本身過於笨重，而且容易被打破，因此使用上相當不便。後來接觸網目的材質改為膠片，其在製版照相應用的原理上都一樣，但使用上較為方便且品質也較為穩定。膠片材質的接觸網目屏也同樣有很多的種類可供不同性質的印刷品做選用，除了可依不同的線數做選擇外，還可根據印刷品影像的特性選用方形點、圓形點或橢圓形點等不同形狀網點的接觸網目屏。在應用不用形狀的網點時會不同程度的程度的網點擴大值，因此在製版印刷時必須對不同的網點形狀做不同程度的控制。

在一般的清況下，大多是採用圓形、橢圓形或方形點三種網目屏來進行過網處理。除了這三種外，有時候為搭配不同的設計需求可以採用特殊的網目屏，使原本單調的圖片經過特殊網目屏的處理後產生富有變化的視覺效果，滿足設計者的需求。比較常見的特殊網目屏有直線網目屏、波浪網目屏、同心圓網目屏、粗砂目網目屏、細砂目網目屏...等。特殊網目屏的使用除了可讓設計人員增加影像的視覺效果外，在一些原本品質較差的圖片上，應用特殊網目屏可以有效提昇圖片的印刷效果。圖 2-9 為一些常見的特殊網目屏應用在相同影像上所產生的不同視覺效果之比較。

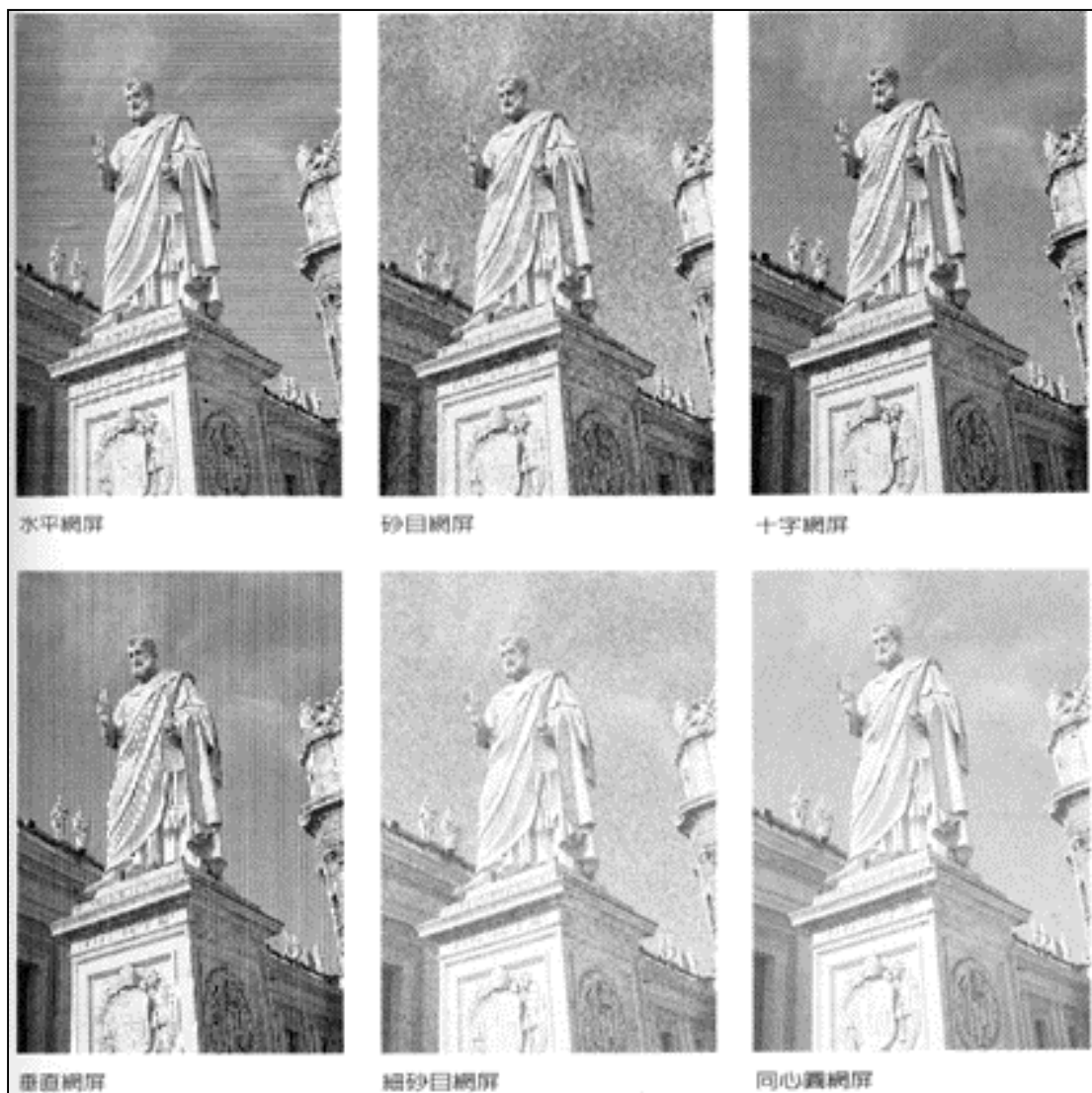


圖 2-9 不同特殊網目屏的視覺效果(林行健，民 88)

(二)過網照相的原理

接觸網目屏是將連續調影像轉為半色調影像的工具，轉換的技術則必需應用照相的原理，因此稱之為過網照相。圖 2-10 為過網照相原理的示意圖。在進行過網照相時首先必須將原稿放置在製版照相機的原稿架上，在底片架在欲曝光的底片上放置接觸網目屏。當在曝光時，光由原稿上反射或透射通過鏡頭後會先到達到接觸網目屏，接觸網目屏在高倍率放大鏡觀察下，可見到一個個中央透明呈現環狀漸層變黑、不很結實、焦距不清般的暈點。因此當光線通過網目屏後，從原稿上來不同強弱的光通過接觸網目屏的比例就不同，因此在感光底

片上就會形成大小不同的網點。光線強時通過接觸網目屏的光就越多，在底片上就會形成較大的網點，反之如果光線弱的話通過接觸網目的光就越少，在底片上形成的網點就較小。在印刷時雖然每個網點所印的墨膜厚度一樣，但因為每個網點的大小面積不同，經過並置混合後，在人眼中會產生濃淡不一富有階調變化的視覺效果。

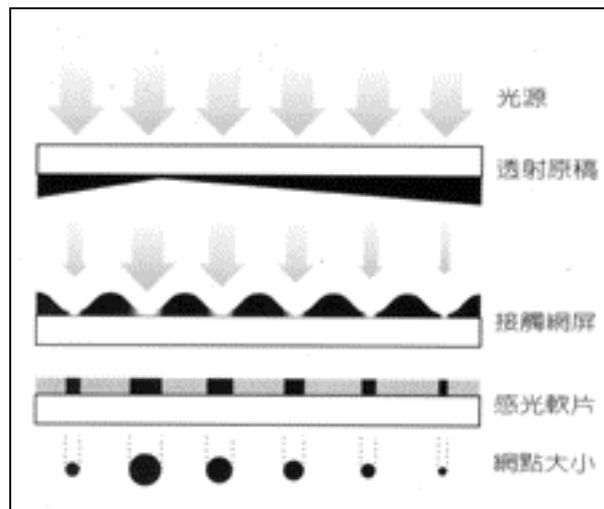


圖 2-10 過網照相的原理 (林行健，民 88)

三、數位半色調過網

數位半色調過網自 1980 開始技術成熟後，印刷業大多採用數位過網技術取代傳統過網照相技術。印刷上使用的網點可分為兩大類：調幅網點(AM: Amplitude Modulation)與調頻網點(FM: Frequency Modulation)。調幅網點網點與網點的間距是一樣的，利用網點的大小變化來表達顏色的濃淡深淺，大部分的印刷網點皆屬此類；調頻網點的每個網點大小是一樣的，利用網點排列的疏密變化來表現顏色的濃淡深淺。調頻網點的網點位置因為是隨意分佈，所以不會類似調幅網點會產生錯網的情形。在影像的表現上，調頻網點的影像品質較佳，但其網點比較小，在印刷時網點擴大情形會比調幅網點更嚴重，因此在印刷時，對印刷條件的控制必須比調幅網點更為嚴苛，否則影響印刷品質下降的情形會比調幅網點更為嚴重。

除了調幅網點與調頻網點外，隨著網點演算法的演進，近來有各種的混合式網點(Hybrid)技術出現，Hybrid 為在同一張圖內同時使用調幅網點與調頻網點的技術來表現影像，目的是為了融合調幅網點與調頻網點的優點，使影像的品質能更進一步的提昇(Radencic,2003)。最早期的 Hybrid 網點在調幅與調頻網點交換處容易產生邊界的效果，為了改善這個情形，因此有第二代和第三代的 Hybrid 網點，每一家公司所發展出的 Hybrid 網點其結構各有不同。除了 Hybrid 網點外，Agfa 公司提出了所謂的 XM 網點(Cross Modulation)，其原理是可同時改變網點大小和網點間距的來表現顏色的深淺，因此對印刷條件的控制較不嚴苛，更符合印刷適性的要求。圖 2-11 分別為調幅網點、調頻網點、Hybrid 網點及 XM 的放大圖(Agfa,2002)。

從演算法的分類上，數位式半色調技術可分為：點陣調色法(Ordered Dither)與誤差擴散法(Error Diffusion)。點陣調色法又可分為集中式點陣調色法(Clustered-Dot Ordered Dither)與分散式調色法(Dispersed-Dot Ordered)。點陣調色法的優點為演算法非常簡單而且每個像點(Pixel)獨立計算，其結果不影響周圍的像點，適合使用快速的平行處理架構，缺點為容易產生較大的網點和產生錯網現象(Moiré)。誤差擴散法的優點為其網點比點陣調色法細緻，而且不會產生錯網的現象，缺點為其計算較為複雜，需花費較多運算時間。點陣調色法中的集中式點陣調色法，其基本觀念是在一固定的區域中，以不同的黑、白點排列方式模擬不同的灰階，以 2×2 的區域為例，可以模擬 5 種不同的灰階，如圖 2-12 所示(汪德美，1995)。

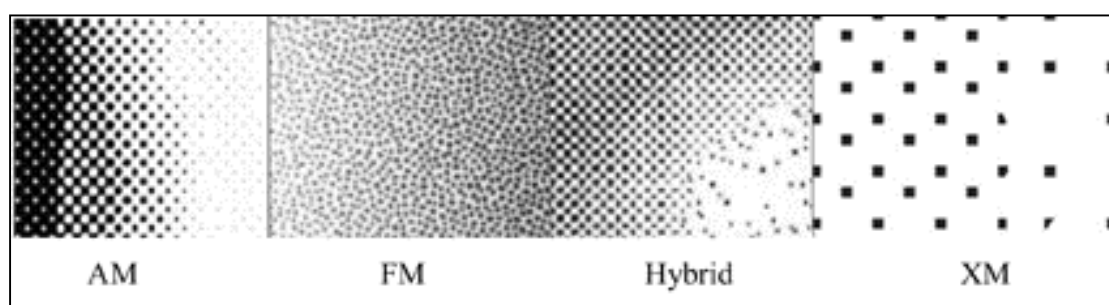


圖 2-11 各種網點結構的放大圖(Agfa，2003)

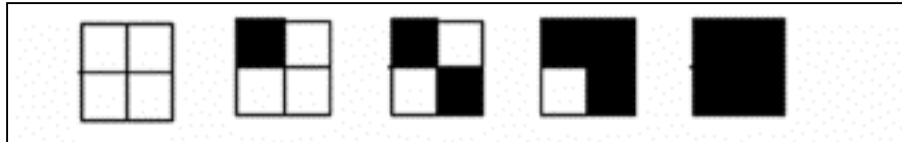


圖 2-12 2 × 2 矩陣灰階模擬圖(汪德美，民 84)

點陣調色法最主要在於設計一個大小適中的矩陣，用矩陣內的值來決定黑、白點排列的位置。矩陣裡的值相當於臨限值(threshold)，凡是對應的像素灰階值大於或等於此值，就輸出 1(代表白點)，小於則輸出 0(代表黑點)。表 2-1 為一集中式點陣調色法矩陣，表 2-1 內的數值是呈螺旋狀分佈，點子的大小隨著灰階值的變化由中心向外擴大。灰階值的大小往往與矩陣內的臨界值不同，因此就必須將兩者的數值做轉換。以表 2-1 為例，表 2-1 為一 88 的臨界值矩陣，能模擬 65 種不同的灰階值，而一個像素的灰階值為 0~255 之間，若要利用表一臨界值矩陣來做半色調轉換的話必須將 8x8 的平均像素值乘上 65/256 取四捨五入來定決黑點所分佈的大小。

點陣調色法其矩陣變化非常多，矩陣內臨界值不一定要從 1 開始排起，矩陣的設計也不一定要是方形的。透過矩陣的設計，可以產生菱形、六角形等許多特殊的形狀，不同的矩陣設計可產生不同的視覺效果，並沒有一個矩陣能適用於所有情況，針對不同影像及輸出裝置的特性，選取適合的矩陣才能達到最佳的影像效果。

表 2-1 8x8 的 AM 網點臨界值矩陣

61	53	41	33	37	52	60	64
57	45	25	13	17	32	48	56
49	29	21	5	9	24	28	44
39	19	11	1	3	8	16	36
35	15	7	4	2	12	20	40
43	27	23	10	6	22	30	50
55	47	31	18	14	26	46	58
63	59	51	38	34	42	54	62

四、網點結構對半色調影像品質的影響

(一)網點排列方式對品質的影響

半色調影像是利用網點的大小或排列間距來模擬連續調影像中的階段變化，但半色調影像的品質不管如何改進與連續調影像的品質還是有段差距，為了讓半色調影像品質能更接近連續調影像，可透過不同的網點排列方式或是改進演算法來達成。一般印刷所使用的網點演算法屬於集中式點陣調色法，網點與網點之間的排列是呈現矩形排列，但集中式點陣調法網點的排列除了可用矩形排列外也可呈現出類似蜂窩狀的六角形排列方式。圖 2-13 分別為矩形排列的網點與六角形排列的網點。一般在做單色印刷時，矩形排列的網點其網屏角度是呈現 45 度方向的排列，這是因為當網屏呈 45 度擺放時最能夠讓人眼產生混合並置的效果。六角形的網點排列方式雖然在印刷品並不常見到，但其模擬連續調影像的能力遠比矩形排列的網點為佳。圖 2-14 為六角形排列的網點與矩形排列的網點所能表現出的品質比較圖。在圖 2-14 中有兩條曲線，呈現雙峰形狀的曲線代表六角形排列的網點所能表現出的影像品質，在此線下面呈現單峰形狀的曲線代表矩形排列的網點所能呈現出的影像品質。橫座標代表著被顆網點大小的長寬比，縱座標上越接近 1.00 的話代表著品質越好。從圖中可以看出矩形排列的網點其在長寬比為 1 的時候品質最佳，但是與六角形排列的網點比較起來的話，還是以六角形的網點品質較佳(Ulichney,1987)。

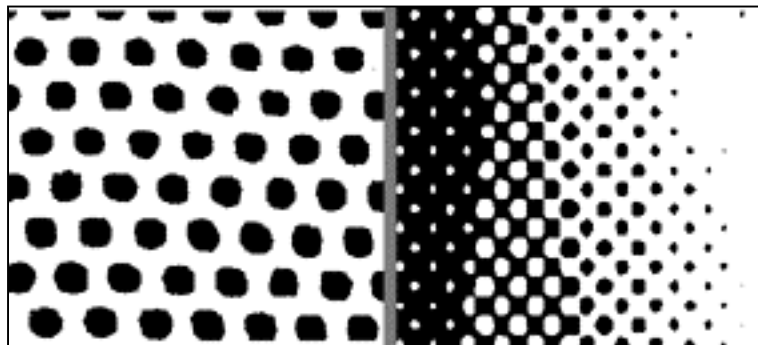


圖 2-13 六角形排列的網點與矩形排列的網點比較圖(圖片來源：本研究繪製)

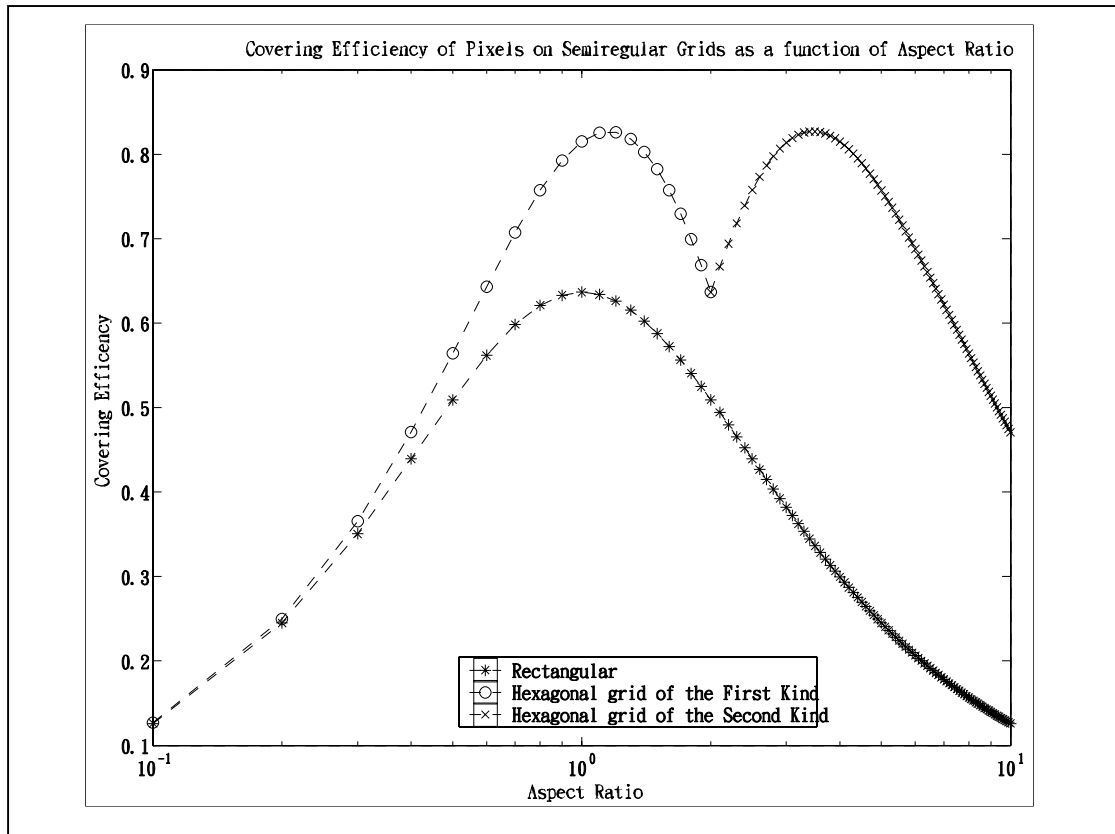


圖 2-14 六角形排列的網點與矩形排列的網點影像品質比較圖。(Ulichney, 1987)

(二)網點形狀對品質的影響

在印刷過程中，影響印刷品質最大的因素是網點擴大，網點擴大控制不當的話會造成影像階調變暗，暗部層次嚴重損失，降低印刷品質。而造成網點擴大的原因有油墨墨膜的厚度、油墨的特性、油墨的黏度、紙張的特性、印刷壓力、印刷機的精準性...等等(蕭耀輝，民83)。除了物理、化學的因素會影響網點擴大外，網點的形狀對於網點擴大值也會有不同程度的影像。由於印刷過程中，會在網點的周圍增加一定程度的邊界地帶而導致網點擴大，此稱為幾何性的網點擴大。從幾何的觀點來看，相同面積但不同形狀的網點其周長不同，而在相同的印刷條件下，不同的網點大小和不同的網點形狀其邊界擴大的寬度是一樣的，所以不同形狀的網點在相同的印刷條件下會有不同的網點擴大值。因此在印刷時對於不同網點形狀的半色調影像必須做不同的印刷條件控制。

Franz Sigg 在 1970 年的 TAGA 年會上發表了有關網點形狀於何處的網點面積會引起最敏感的網點擴大。他比較了方形網點與圓形網點兩種形狀，發現方形網點在階調於四分之一至四分之二的地方比圓形網點容易引起網點擴大，因為在此處的方形網點的周長比圓形網點的周長大，方形網點在百分之四十五的地方會有最大的網點擴大值；而圓形網點則是在百分之六十網點的地方最容易發生網點擴大。另外 Haller(1979)也利用數學的方式來描述不同網點形狀的網點擴大值，從江瑞璋(民 82)的實驗中也發現，不同的網點形狀對色差值會有明顯地影響。

五、特殊的網點結構

半色調的網點形狀除了可為一般的幾何形狀外，早期使用接觸網目屏做過網的時代即有許多不同形狀的網目屏可供製造各種不同效果的半色調影像。現在科技發達，電腦處理運算速度快，利用數位處理的方式能產多更具變化的網點形狀供設計者使用。產生特殊形狀網點的方式可利用集中式調色法，改變其中矩陣排列的方式即可產生所需的圖形。除了利用數位演算法的方式外，也可利用市面出售的商用軟體來製作，創作網點形狀的方式更容易且更具變化。在 Rudaz 等人的文獻中即有介紹如何使用常用的繪圖軟體 Illustrator 來創作具藝術風格的半色調影像。圖 2-15 中為各種藝術風格的半色調影像。在 Ostromoukhov 的文獻中更進一步說明在產生藝術風格的半色調影像時需注意哪些事項，使產生的網點型態能兼具藝術效果且不嚴重影響半色調影像的品質。此外他還介紹如何將網點的型態做適當的安排，使設計出的藝術風格網點能應用在彩色的影像上，例如將顏色四原色的網屏角度都使用同一個角度，如圖 2-16 即為將四色網屏使用同一個角度來複製色彩所產生的結果；除了網屏角度的改變外，也可利用特殊的分色設定，使用四原色以外的顏色來複製色彩，使產生的影像更接近原稿顏色且兼具防偽的效果。

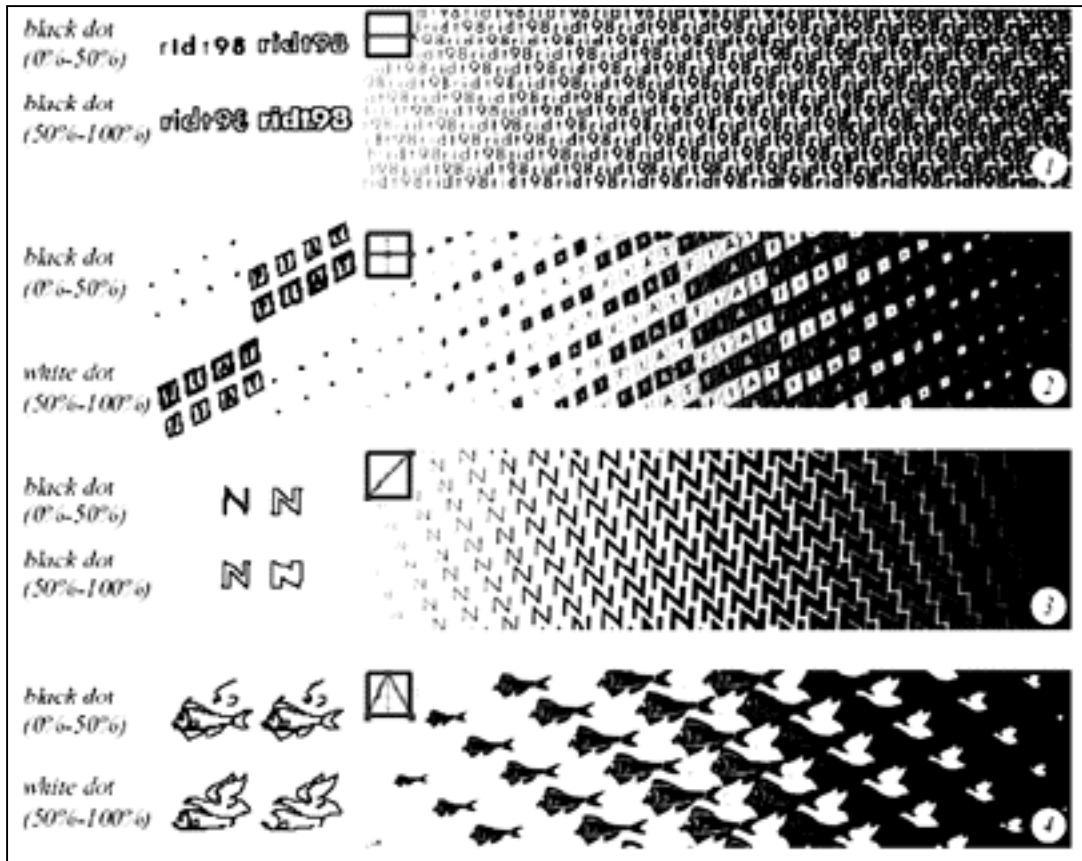


圖 2-15 藝術風格之半色調影像(Rudaz, 2000)

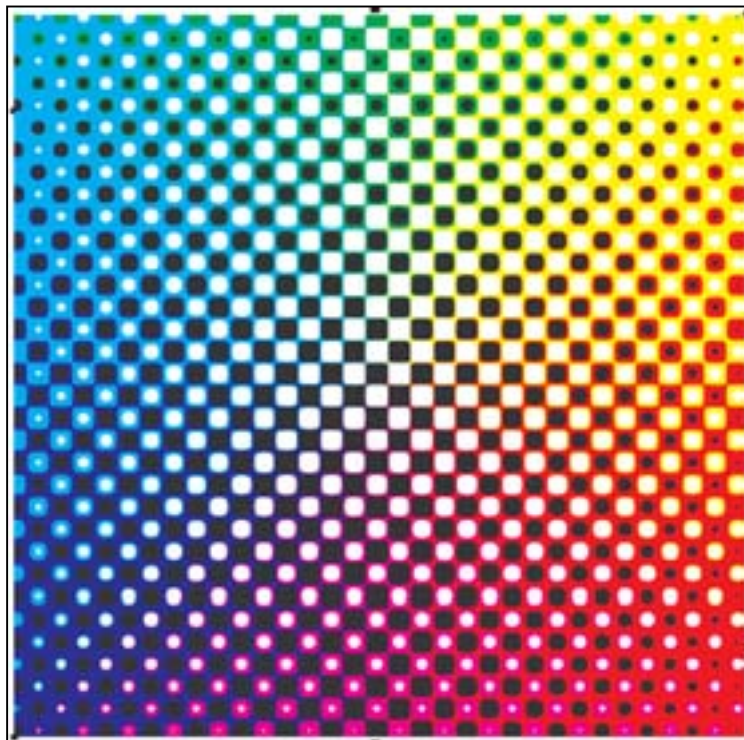


圖 2-16 相同網屏角度的色彩複製圖(Ostromoukhov, 1999)

第二節 電子影像掃描

一、掃描設備的構造及掃描原理

1. 滾筒式掃描機

掃描機的種類大致可分為兩種：滾筒式掃描機與平台式掃描機，其掃描的感光原理各不相同。早期在印刷廠內所使用的掃描設備都是滾筒式掃描機，這是因為平台式掃描機的感測技術是使用 CCD (Charge-Coupled device, 電荷耦合裝置) 為感測原件，在過去其技術還不夠成熟，因此不適合用在須做高品質影像輸出的印刷領域。

滾筒式掃描機使用光電倍增器(Photomultiplier tubes, PMT's)做為它的感光原件。不管是滾筒式的光電倍增器或是平台式的 CCD，功能都是要將從原稿上感測到的不同明亮階調光線轉換成連續變化或稱為類比(analogue)的電壓，然後再藉由類比到數位(analogue to digital, A/D)轉換器切割到某些固定的階調，此過程稱之為取樣(sampling)。圖 2-17 為滾筒式掃描機掃描原理的示意圖，當在掃描透射稿時，掃描的光源由滾筒內射出，而掃描反射稿時光源由滾筒外射入。影像上經過穿透或是反射的某一小點的光線射進滾筒外的感測原件，該光線直接打入與光線差 45 度的半透明的或是塗佈極薄鉻金屬的鏡子，部分的光線由個別鏡子反射出去，而剩餘部份穿透後繼續傳送到下一個鏡子；反射出的光線再經過紅、綠或藍色濾鏡，再進入三個光學放大器之一，即一般所謂的光電倍增器，A/D 轉換器再將此類比電壓轉換為數位資料，有時會有第四個光電倍增器以提供影像銳利化處理用。

光電倍增器的技術能感測的濃度域非常的寬廣，也可做相相高解析度的掃描，且感測的訊號與 CCD 比起來不容易受到干擾，但其構造遠比 CCD 複雜，在製造以及維修的成本上遠高於相對的 CCD 裝置。而且滾筒式掃描機在掃描影像時必需要將原始彎曲固定在掃描滾筒上，因此在掃描剛性材質的原稿時相當不便，這是其缺點。

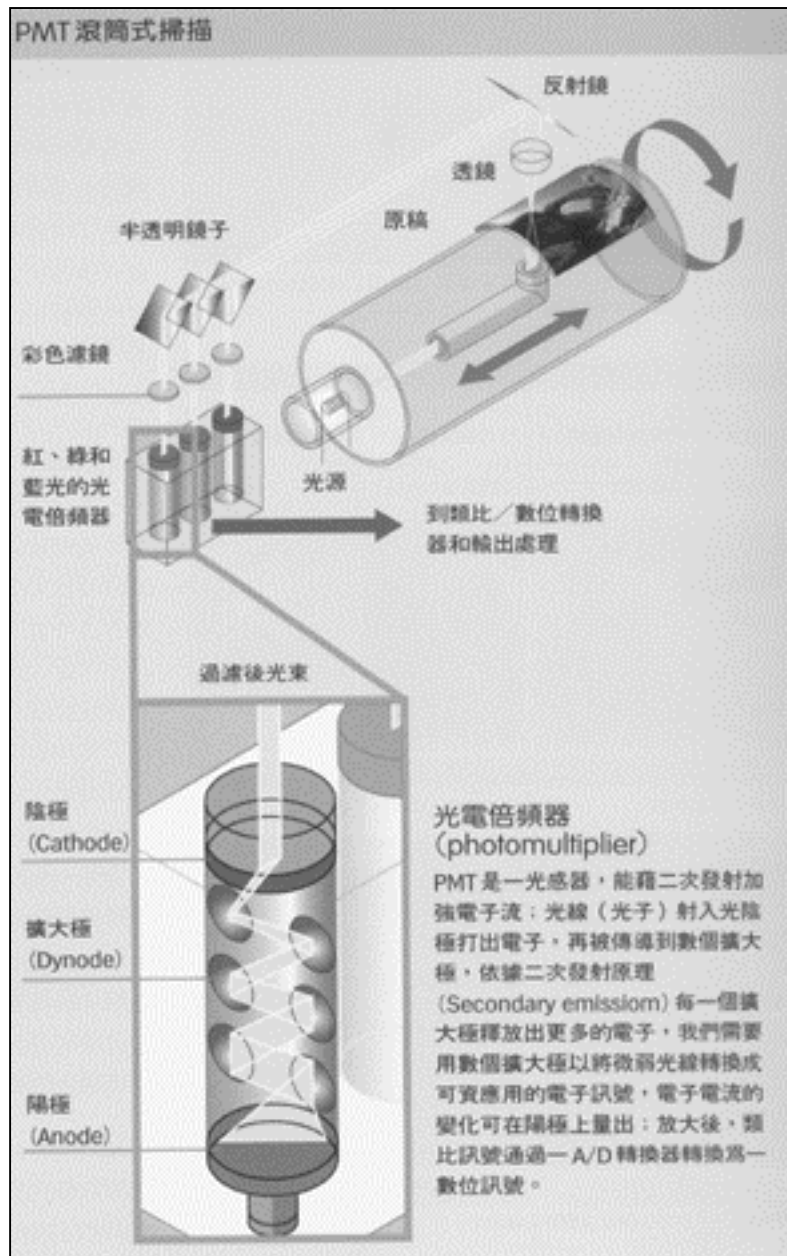


圖 2-17 滾筒式掃描機掃描原理示意圖(愛克發，民 83)

2. 平台式掃描

平台式掃描機使用的感光原件為 CCD，在過去由於 CCD 的品質還不足以供印刷廠使用，因此過去做電子掃描時皆使用滾筒滾式掃描機。現在 CCD 的感測技術提昇了，其製造的成本遠比滾筒式掃描機低，而且掃描時可不受限於原稿的種類，其操作方便可節省人員訓練的成本，因此越來越多的印刷廠改採用平台式掃描機。

圖 2-18 為平台式掃描機的掃描原理示意圖。平台式掃描機使用的 CCD 陣列是由數千個 CCD 裝置元件共同存在單一矽晶片上所組成。要掃描時原稿放在掃描機的玻璃平台上，當原稿為透射稿時由上方打光，而反射稿時由下方打光。掃描時光源和一反射鏡一同做同步垂直方向線性移動，連續讀取原稿影像資料到靜態 CCD 陣列，在中間光線可能會先透過另一個反射鏡和一個同步的聚焦鏡單元，如此逐步地將影像的資訊傳輸到 CCD 上產生對等比例的電荷量，此類比電荷再經由 A/D 轉換器取樣後成為數位資料訊號，透過此方式來完成影像的掃描。

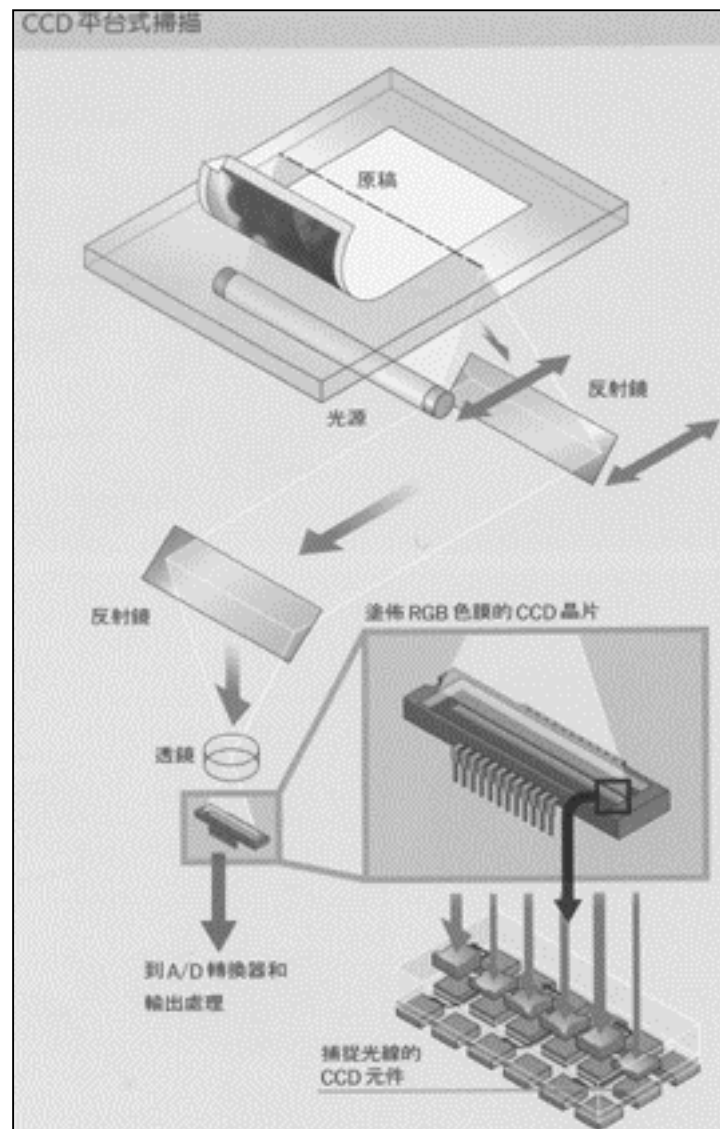


圖 2-18 平台式掃描機掃描原理示意圖(愛克發，民 83)

二、掃描設定對影像複製品質的影響

要有良好的掃描品質除了要有好的掃描設備外，原稿影像的特質和操作人員的技巧也同樣重要。不管掃描設備的操作界面設計的如何方便，具有良好的掃描知識才能得到良好的掃描品質，否則即使是使用再高級再昂貴的掃描設備也不一定能得到良好的掃描品質。以下就針對做掃描設定時需注意的地方做介紹。

1. 設定解析度

在掃描之前首先要了解被掃描的原稿要做何種用途，當掃描的影像只是要用作簡報或在電腦螢幕上瀏覽時，掃描的解析度就不用太高，否則只是徒增掃描的時間及佔用檔案儲存的空間。若是掃描的影像要輸出用，就要設定較高的掃描解析度，至於設定多少解析度的話則要看輸出的要求，如果是一般的報紙、雜誌的話要求的解析度就不用太高，若是畫冊等品質較高的印刷品就需要設定較高的解析度。解析度設定太低的話不好，但解析度設定太高的話也不一定有好效果，除了會佔用儲存的空間外，若是掃描解析度與輸出解析度搭配不當的話，更會造成影像上的色彩鮮銳度降低，反而造成反效果。因此在掃描時必須首先考量掃描的原稿及影像的用途做適當的設定才能得到良好的掃描品質。

2. 選擇掃描模式

掃描時必需設定影像是反射稿或是透射稿。對於原稿的色彩模式也要依原稿和輸出的特性做選擇。當原稿是黑白影像要判斷是線條稿或是灰階的影像，然後再考量輸出的特性來做設定。在掃描彩色影像時則必需要考慮到是要用 RGB 的模式做掃描或是 CMYK 的模式做掃描，一般而言，輸出的影像是 CMYK 模式，但是以 RGB 模式掃描得的影像對將來要做修正或是影像處理的話會有較大的寬容度。此外一般影像是以 8 位元的模式來掃描，若是以 16 位元的模式的話可得到

得到色階層次較為豐富的影像。要做 16 位元的影像掃描時，如果是
以 CCD 做為感測元件的掃描器做 16 位元的影像掃描，由於 CCD 本
身對訊號感測時容易受到雜訊的影響，因此所得到的 16 位元影像較
不真實，如果是以光電倍增器所掃得的 16 位元影像會較真實。

3. 色調修正

在掃描時必須要根據原稿的特性及輸出的用途來設定原稿的亮
點和暗點以及中間調、四分之一和四分之三的調子，以維持色調的平
衡。在掃描時一般會要求原稿的影像品質必須是良好的，但是有時候
原稿的影像有缺陷的，此時就可做色調修正來改善掃描的品質。色調
修正的方式有調整色調曲線或是影像的直方圖、調整各別の色版或是
調整明暗度對比等，需注意的是修正色彩必須在完成所有階調的設定
之後做，如果在修正色彩後再設定最亮點、最暗點及中間調的話，影
像的色彩會再度偏移。

4. 影像銳利化

不管是使用何種設備，掃描得的影像都有影像清晰度降低的傾
向，因此大部分的影像掃描，尤其是要列印的影像必須作影像銳利化
的動作，以提高影像的清晰度。一般大部分的滾筒式掃描機具有在掃
描時同時進進影像銳利化的功能，而平台式掃描機的話大多有提高影
像清晰度的濾鏡可供使用，通常將此濾稱為 Unsharp masking(USM)
濾鏡。如果掃描器沒有此功能的話可以將掃描得的影像輸入影像處理
軟體應用 Unsharp Masking 來提高影像清晰度，不管是在掃描之前或
是掃描後其應用的原理都是一樣的。

三、掃描半色調影像的注意事項

有時候在進行掃描作業時，由於沒有原始的影像，因此就只能對
已經印刷再次複製過的半色調影像做掃描，此時掃描得的影像就容易
有錯網的現象降低影像的品質。掃描半色調影像會造成錯網現象，其

原因是因為掃描的原理是一個取樣的過程，取樣的頻率就是掃描是所設定的解析度，因此當取樣的頻域與原本半色調影像網點出現的頻率搭配不當時就會有錯網的現象產生，此處網點出現的頻率指的就是網屏的線數。圖 2-19 為對半色調影像掃描不當時造成錯網的情形。早期在使用滾筒式掃描機時，避免錯網產生的方法為先將掃描機的焦距稍為調模糊來進行掃描作業，然後再提高掃描得的影像清晰度來避免掃描時造成錯網現象的產生。除此之外也可將掃描的解析度設定遠高於印刷品網線數，使掃描得的影像能完整忠實的複製網點的形狀，如此也可避錯網的產生。而現在大多使用的平台式掃描機雖然無法調整掃描的焦距，但大多附有 Descreening 的濾鏡可供使用。此外在影像處理的領域裡對於消除掃描作業中半色調影像的網紋也有很多的探討，大部分的方法都是從頻域率的影像來分析網紋訊號，然後發展出消除網紋訊號的方法來達到消除網花的目的(Liu, 1996)。

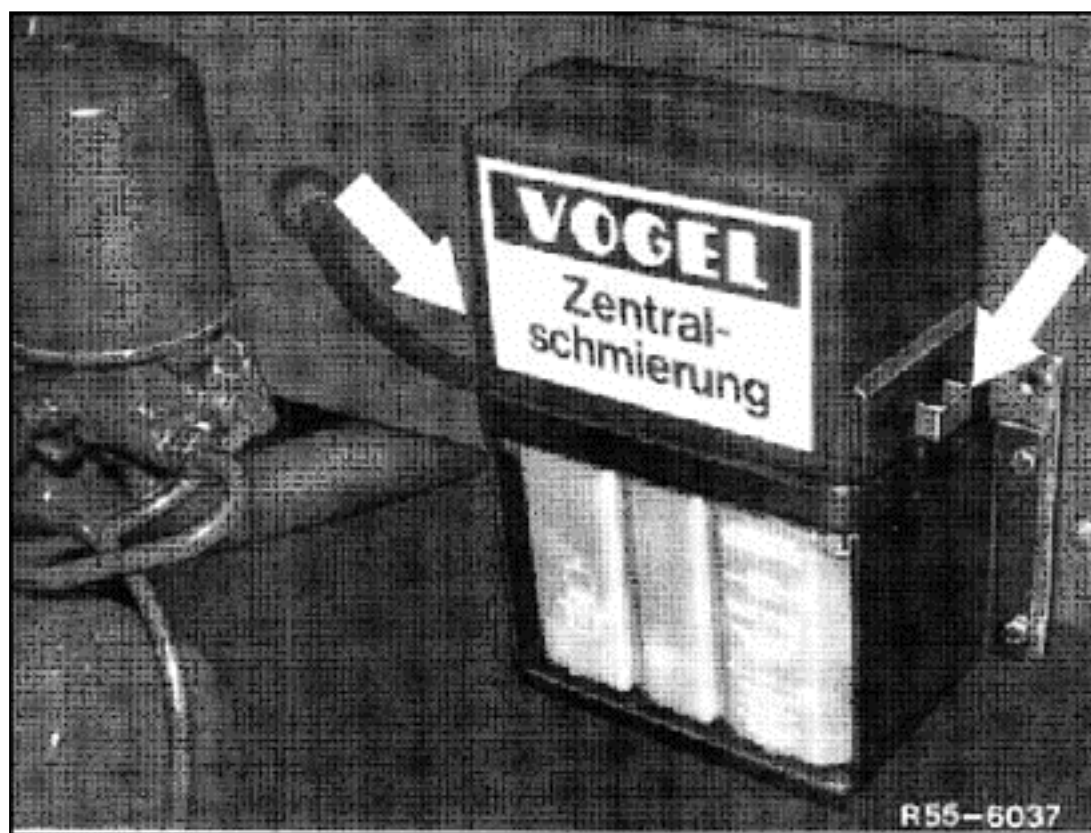


圖 2-19 掃描半色調影像所得之錯網情形(Liu, 1996)

第三節 錯網現象的探討

一、干涉條紋的簡介

干涉條紋現象常在具在周期性的圖案重疊在一起時出現，當重疊的圖案彼此的相對位置或是角度改變時，干涉條紋也會跟著變化。而干涉條紋產生的形狀有時候在原始的圖案中並不存在，干涉條紋的英文 *Moiré* 源自法語，原本是指來自絲製品上的圖案。干涉條紋的現象在很多的方面可以見到，早在中國古代就有將這種條紋干涉的現象加以應用在絹絲布料的圖案上，使布料的花紋能產生動態的圖案 (Amidror, 1999)。在我們日常生活中，這種干涉現象也隨處可見，譬如說當我們在看電視時，時常可以見人們衣服上有會特殊的圖案產生，尤其是格子狀或是條紋狀的衣服，而這種圖案在原本的影像中是不存在的。這種圖案的產生是由於電視螢幕上的影像是由螢幕上的畫素所構成，而這些畫素是呈現整齊規則的排列，因此當利用這些畫素來呈現具有規則周期的圖案時，彼此重疊下就會產生一些干涉條紋，在此我們可以稱之為網紋 (*Moiré*)。在現在平面顯示的產業裡，針對這種會降低影像品質的干涉現象提出了很多改善的方法，使新一代的平面顯示器呈現更好的影像品質。

網紋的現象除了在古代應用在衣服上之外，現代對這種現象的原理也應用在很多的領域，比如在做需要極精密的影像定位時，利用這種原理將兩個影像重疊在一起下，可以很清楚的觀察影像的位置是否精準，當影像的位置些微誤差時，重疊的部分就會很清楚的出現特殊的圖形，利用此方法除了可用來做影像定位外也可偵測影像是否有變形；而在圖形識別的領域，也有很多的研究利用網紋的原理來做人臉的辨認或是其他 3D 影像識別；在平面的印刷品上也有很多的應用，譬如利用與光柵的搭配使用，使這些影像有更多變化，來做資料的隱藏、動態影像的設計等等。而在印刷品中所產生的錯網現象其原理與這種干涉條紋的現象一樣，因此錯網的英文為 *Moiré*。

二、Moiré 現象的分析

Moiré 的出現是由於具周期性的圖案重疊在一起後所產生，有很多的研究探討這種現象的原理，大部分的方法都是透過傅利葉轉換式 (Fourier transform) 來分析這此現象。印刷品的影像是用網點的排列來構成，而大部分印刷品的網點屬於調幅網點，因此網點排列是規則的。在透過二維傅利葉的轉換下，將空間域的影像轉為頻域率的影像可以清楚了解網點在頻率域訊號分佈的情形。

圖 2-20 為將半色調的影像轉為空間域的影像後的頻譜分佈情形，而圖 2-21 為有網花的半色調影像之頻率域影像，比較圖 2-20 與圖 2-21 可以發現在圖 2-21 頻譜中會有不同圖 2-20 的雜訊存在，此雜訊就是網花的訊號。透過傅利葉的轉換可以對網花的結果做清楚的分析。若是以數學式子的來表示的話，二維的影像可以用 $r(x,y)$ 來描述，而其傅利葉的頻譜以 $R(u,v)$ 來表示。當 r_1, r_2 兩張影像重疊在一起時，所產生的空間域影像結果為：

$$r(x,y) = r_1(x,y) \cdot r_2(x,y) \quad (2.1)$$

而重疊影像的傅利葉頻譜則為

$$R(u,v) = R_1(u,v) ** R_2(u,v) \quad (2.2)$$

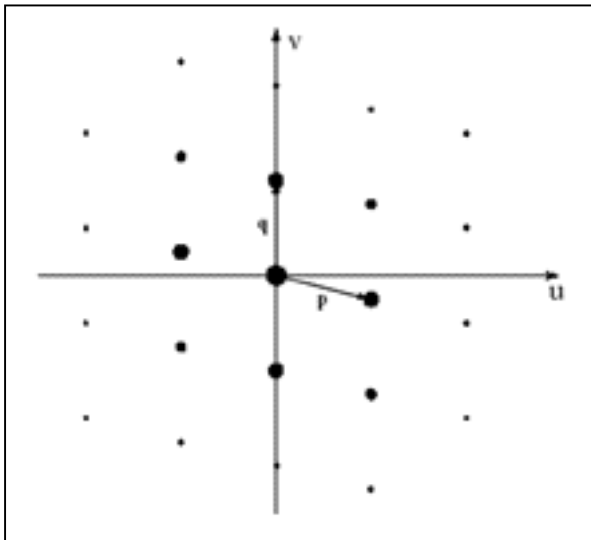


圖 2-20 半色調影像之頻譜圖(Liu, 1996)

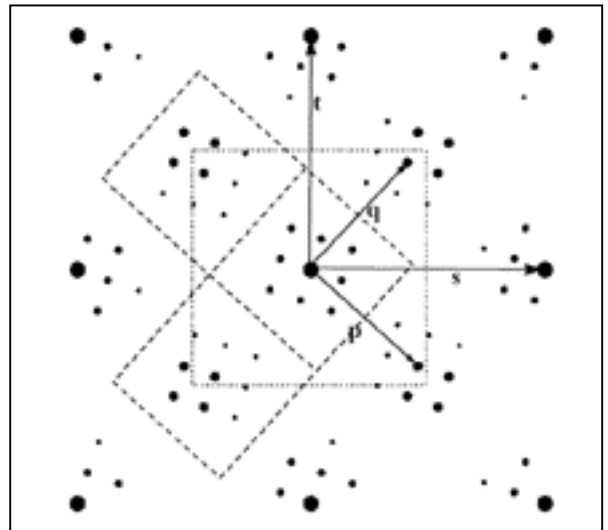


圖 2-21 有網花的半色調影像之頻譜圖(Liu, 1996)

在 2.2 式中的 “**” 代表二維的迴旋(convolution)。在此必須要注意的是在應用這些數學公式時，影像重疊的結果不一定是相乘的性質，有時候影像重疊的結果是呈現相加性質，此時數學式就必須改為如下：

$$r(x,y) = r_1(x,y) + r_2(x,y) \quad (2.3)$$

而其傅利葉的頻譜則為

$$R(u,v) = R_1(u,v) + R_2(u,v) \quad (2.4)$$

當將兩張印刷的網屏重疊在一起時，重疊影像的傅利葉頻譜中其 u,v 值可由下列式子求：

$$u_{k1,k2,k3,k4} = k_1 f_1 \cos \theta_1 + k_2 f_1 \cos(90^\circ + \theta_1) + k_3 f_2 \cos \theta_2 + k_4 f_2 \cos(90^\circ + \theta_2) \quad (2.5)$$

$$v_{k1,k2,k3,k4} = k_1 f_1 \sin \theta_1 + k_2 f_1 \sin(90^\circ + \theta_1) + k_3 f_2 \sin \theta_2 + k_4 f_2 \sin(90^\circ + \theta_2) \quad (2.6)$$

在 2.5 式及 2.6 式中 k_1 、 k_2 分別代表第一張網屏網點排列的兩個方向， k_3 、 k_4 則代表第二張網屏網點排列的方向； f_1 、 f_2 則是代表兩張網屏的頻率，指是就是在單位距離內的網線數； θ_1 和 θ_2 是兩張網屏的角度。網花訊號在頻率域中座標值 u,v 可以用來表示網花出現的方向和出現的頻率。從上式中可以發現，當改變網屏的角度的，網花出現的位置和出現的頻域會跟著改變，當網花訊號的 u,v 座標位在人眼所以察覺的頻域範圍之內時，網花就會變的不可見，因此當兩張網屏重疊 30 度時就可以消除錯網的現象(Amidror, 1999)。

三、特殊的網花現象

當兩張同樣的網屏重疊在一起後，稍旋轉一個角度或其中一張稍為做縮放在重疊的部分會有錯網的現象產生，這不僅在調幅網點的影

像中可以觀察到，在調頻網點中也有同樣的情形，只是網花的形態不一樣而已。過去在印刷領域對於錯網現象的探討多止於如何防止錯網的產生，對於網花的形狀和構成網花的網點結構鮮少有人注意到。但實際上網花的形狀可以有很多變化，在 Amidror 的文獻中可以發現透過改變網點的結構，網花是可以呈現出很多不形態的。圖 2-21 為特殊形狀網花效果，仔細看圖 2-22 的網點結構，不同於一般常見的印刷網點，圖 2-22 的一張網屏的網點形狀是呈現出數字“1”的形狀，另一張作為遮罩的網點結構為黑底透明點，兩張重疊的網屏具有相同的網點周期，亦即兩張網屏上網點的位置是完全相同的。當兩張相同周期的網屏重疊旋轉一個角度後，就呈現出特殊形狀的網花，而網花的形狀就為數字“1”形狀的網花。

特殊形狀的網花除了可以設計成數字的形狀外，也可以設計成特殊的 logo 標誌呈現出來。另外如果將網點的排列經過特殊的數學模式轉換後，可以讓影像中的網點形狀在透過放大鏡或是顯微鏡觀察下無法直接察覺所隱藏的資訊，但經過與遮罩重疊後則會出現特殊的網紋形狀，如圖 2-23 中當將左圖的影像放大觀察時無法從網點形狀感覺到有何特別之處，但是在與遮罩重疊後，在右邊的部分則很清楚的出現“EPFL”的字樣，此種特殊的網紋效果可以達到很好的資訊隱藏效果。如果再經過特殊的設計或是搭配使用特殊的印刷材料更能有效地防止圖像經人為不肖偽造。

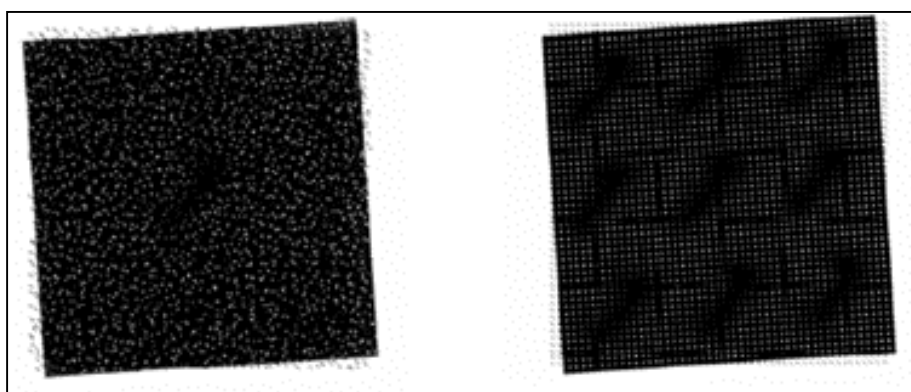


圖 2-22 數字“1”形狀的網花(Amidror, 2003)

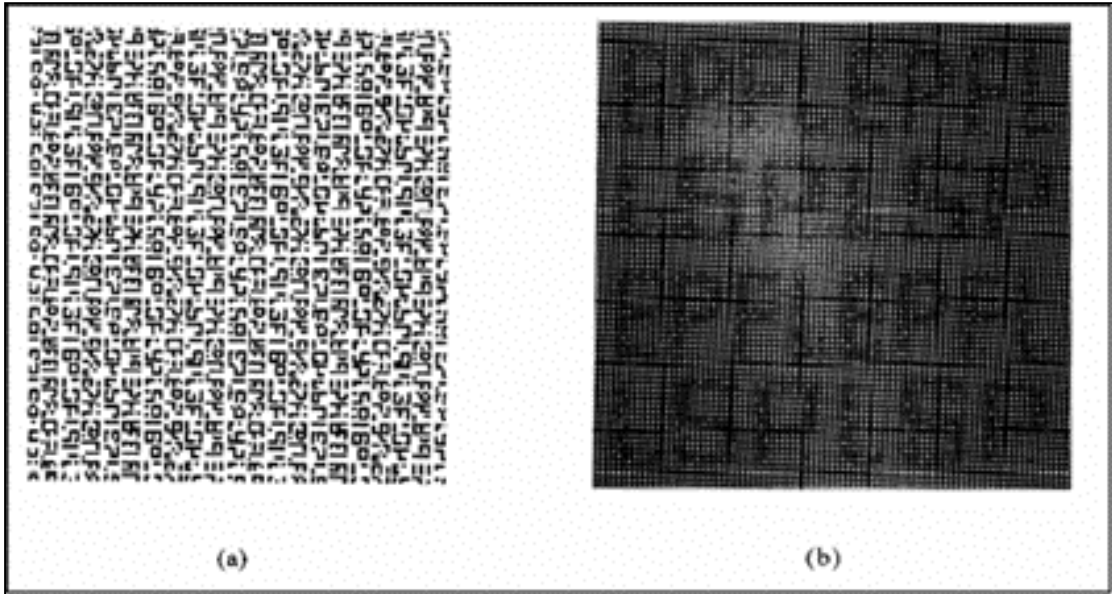


圖 2-23 分解後的網點結構(Amidror, 2002)