

第壹章 緒論

本研究欲探討的主題為柔版製版過程中，版材硬度、背曝光時間及正曝光時間這三個因子對於最終印刷品質的影響情形。以下小節將說明本研究的背景與動機，解釋為何探討這三個因子的理由及其邏輯推論。並特別說明背曝光時間與正曝光時間對於印紋深度與肩部角度的關係。其餘小節依序為研究架構、研究目的、研究問題與假設、研究流程、研究重要性、研究前提、研究範圍與限制、名詞釋義。

第一節 研究背景與動機

作為國內比較新的印刷行業，柔版印刷(Flexography)在近幾年獲得了長足的發展。柔版印刷可採用水基性(Water-based)油墨印刷，這是一種很環保的印刷方式，不像凹印那樣會有很大的污染。而且柔印的成本十分低廉，印量又大得驚人，對於各種各樣的特殊材料都可適用；單張紙、捲筒紙均可印刷，最適合做包裝印刷和各種標籤的印製。然而，與歐美的柔印產品相比，國內的柔印品質遜色許多，為什麼國內不能印出像國外那樣媲美平版印刷的印刷品呢？原因並不是柔印機的品質不行，主要問題出在柔版印版的製作上。此外，柔版印刷的最大問題就是網點擴大過於嚴重，幾乎完全無法表現 5% 以下的網點，中間調和暗部層次也損失嚴重(〈熱敏柔性版直接製版技術〉，2002)。

有鑑於此，本研究針對柔版製版技術方面進行了廣泛的文獻探討並詢問國內外專家意見之後，得到了以下的邏輯基礎：

1. 對相同的印紋深度(Relief Depth)而言，隨著肩部角度(Shoulder Angle)的增加，則網點擴大(Dot Gain)現象亦隨之增加(Warfford, 1997)。換句話說，可

推論為欲降低網點擴大現象的手段之一即是：使肩部角度變小、變陡。

2. 印紋深度愈淺，則肩部角度就有機會可以做得較小、較陡。因為若印紋深度很深，此時的肩部角度又相當陡，則會對於細點、細線造成支撐力不足，因而容易受到印壓而產生扭曲造成不正常的網點複製狀況，此外在洗版過程中，也容易因缺乏支撐力而遭到洗刷使得細小網點漏失掉(R. Mix, Personal Communication, January 6, 2004)。
3. 基於前述兩點可推論得較理想的做法應該是：印紋深度盡可能的淺，肩部角度盡可能的陡。然而在實務上，最常見的問題卻是印刷業者經常要求較深的印紋深度，並要求增量的正曝光時間(Main/Face Exposure)以使得細點、細線能穩固地挺立在版材上。而印紋深度較深，亦即基底(Floor)較薄，如此作法的好處是版材較易包覆上印刷輥筒，可減少翹版及塞墨的狀況(R. Mix, Personal Communication, January 6, 2004)。
4. Tritton(1996, p.33)針對柔版使用調頻網點印刷時建議：使用較硬的樹脂版材較能保持細小網點的存在，並能減少網點擴大的現象。
5. 最後歸納上述論點，推論得一最佳的印刷設定假設：使用最淺的印紋深度，最陡的肩部角度，最硬的樹脂版材。圖壹-1 則以圖解的方式說明了柔版的網點結構及在不同印紋深度、肩部角度情況下，柔版網點的各種型態。

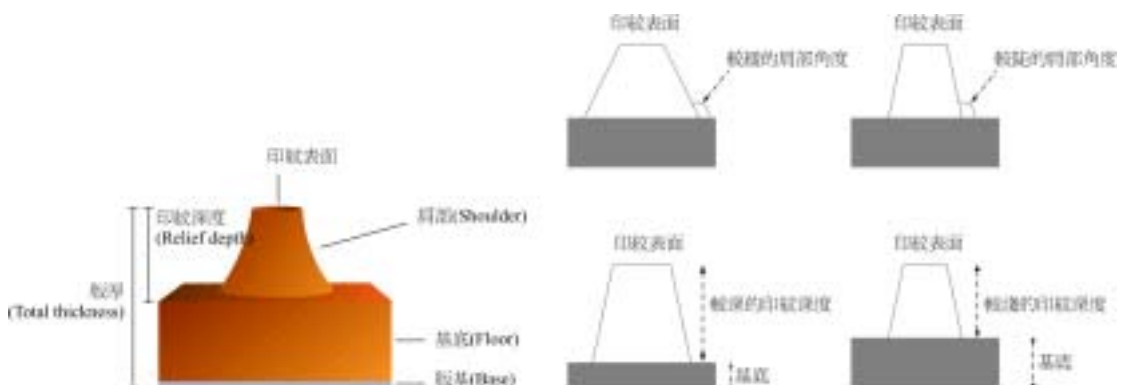


圖 壹-1 各種不同狀況的柔版網點結構

Note. From "Shoulder angle determination with flexographic photopolymer plate material," by M. J. Warfford, 1997, TAGA proceedings, p. 907

Warfford(1997)亦表示：當欲決定最佳網點複製條件時，有必要同時考慮印紋深度與肩部角度，因為這兩個變數有相互依存的关系，而這種關係顯著地影響了網點複製的狀況，特別是在亮部調(Highlights)。基於以上的理由，本研究有興趣探討印紋深度、肩部角度以及版材硬度這三個變數對於柔版印刷品質的影響。

然而，本研究基於研究資源的限制，缺乏精密的儀器與電腦軟體對肩部角度進行精確的測定，且依據理論與實務得知(Warfford, 1997)：背曝光(Back Exposure)時間決定印紋深度；正曝光時間決定肩部角度。故，本研究最終選定的研究變項為：背曝光時間、正曝光時間及版材硬度。就科學研究而言，單靠邏輯基礎無法獲致正確的結論，必須藉由實證經驗取得資訊，以作為印刷實務上的依據，因此本研究以實驗的方式進行實證分析，以獲得真實的數據驗證邏輯基礎。

第二節 研究架構

本研究以背曝光時間及正曝光時間取代較難直接量測的印紋深度及肩部角度。然後以背曝光時間、正曝光時間及版材硬度做為因子(factor)，以網點擴大、印刷反差及滿版濃度為衡量印刷品質的反應變量(response)。其餘的印刷生產條件則列入控制變數的範圍，以確實釐清因子對於反應變量所造成的效用(effect)。圖壹-2 為本研究的架構圖，說明了因子與反應變量之間的相對關係。

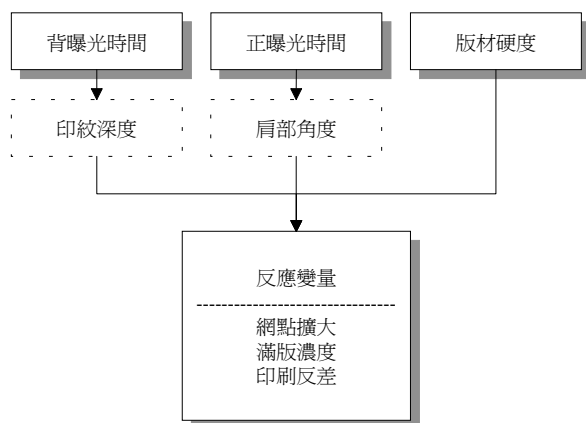


圖 壹-2 研究架構圖

第三節 研究目的

本研究所要探討的主題是不同的版材硬度(因子 A)、背曝光時間(因子 B)與正曝光時間(因子 C)對於網點擴大、滿版濃度及印刷反差的影響，每個因子皆包含 2 個水準。以下為本研究所欲達成的目的：

1. 探討不同的版材硬度、背曝光時間與正曝光時間這三個因子對於欲探討的反應變量的影響程度。
2. 探討不同的版材硬度、背曝光時間與正曝光時間這三個因子之間是否有交互作用。
3. 經統計檢定後，排除不顯著的因子，建立對欲探討的反應變量預測模型(predictive model)。

第四節 研究問題與假設

本研究的問題是：

1. 不同的版材硬度(因子 A)對於欲探討的反應變量是否有顯著的影響？
2. 不同的背曝光時間(因子 B)對於欲探討的反應變量是否有顯著的影響？
3. 不同的正曝光時間(因子 C)對於欲探討的反應變量是否有顯著的影響？
4. 版材硬度(因子 A)與背曝光時間(因子 B)對於欲探討的反應變量是否有交互作用？
5. 版材硬度(因子 A)與正曝光時間(因子 C)對於欲探討的反應變量是否有交互作用？
6. 背曝光時間(因子 B)與正曝光時間(因子 C)對於欲探討的反應變量是否有交互作用？
7. 版材硬度(因子 A)、背曝光時間(因子 B)及正曝光時間(因子 C)三因子間對於欲探討的反應變量是否存有三階交互作用？

對於以上的研究問題，本研究採用的分析模式為三因子模式，其模式如下：

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

其中，

Y_{ijkl} 表因子A在*i*水準，因子B在*j*水準，因子C在*k*水準的第*l*個實驗；

μ 表總平均；

α_i 表因子A在*i*水準的主效用；

β_j 表因子B在*j*水準的主效用；

γ_k 表因子C在*k*水準的主效用；

$(\alpha\beta)_{ij}$ 表因子A在*i*水準，因子B在*j*水準的交互作用；

$(\alpha\gamma)_{ik}$ 表因子A在*i*水準，因子C在*k*水準的交互作用；

$(\beta\gamma)_{jk}$ 表因子B在*j*水準，因子C在*l*水準的交互作用；

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ 表因子A在*i*水準，因子B在*j*水準及因子C在*k*水準的交互作用；

$i = 1, 2$

$j = 1, 2$

$k = 1, 2$

$l = 1, 2, 3$

對此模式，本研究將檢定以下的三個一階主效用、三個二階交互作用與一個三階交互作用是否顯著。

1. 一階主效用檢定：

$$H_{01} : \alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

$$H_{02} : \beta_1 = \beta_2 = 0$$

$$H_{03} : \gamma_1 = \gamma_2 = 0$$

2. 二階交互作用檢定：

$$H_{01} : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = (\alpha\beta)_{21} = (\alpha\beta)_{22} = 0$$

$$H_{02} : (\alpha\gamma)_{11} = (\alpha\gamma)_{12} = (\alpha\gamma)_{21} = (\alpha\gamma)_{22} = 0$$

$$H_{03} : (\beta\gamma)_{11} = (\beta\gamma)_{12} = (\beta\gamma)_{21} = (\beta\gamma)_{22} = 0$$

3. 三階交互作用檢定：

$$\begin{aligned} H_0 : & (\alpha\beta\gamma)_{111} = (\alpha\beta\gamma)_{112} = (\alpha\beta\gamma)_{121} = (\alpha\beta\gamma)_{122} \\ & = (\alpha\beta\gamma)_{211} = (\alpha\beta\gamma)_{212} = (\alpha\beta\gamma)_{221} = (\alpha\beta\gamma)_{222} = 0 \end{aligned}$$

第五節 研究流程

本研究先經由廣泛地觀察印刷發展趨勢後確定研究方向，再經由文獻探討以及參考國內外專家意見後擬定研究問題，依問題提出待驗證的研究假設。之後開始進行實驗。最後則根據量測得的數據進行整理、分析、解釋，將結果撰寫成研究報告。詳細的研究流程如圖壹-3 所示。

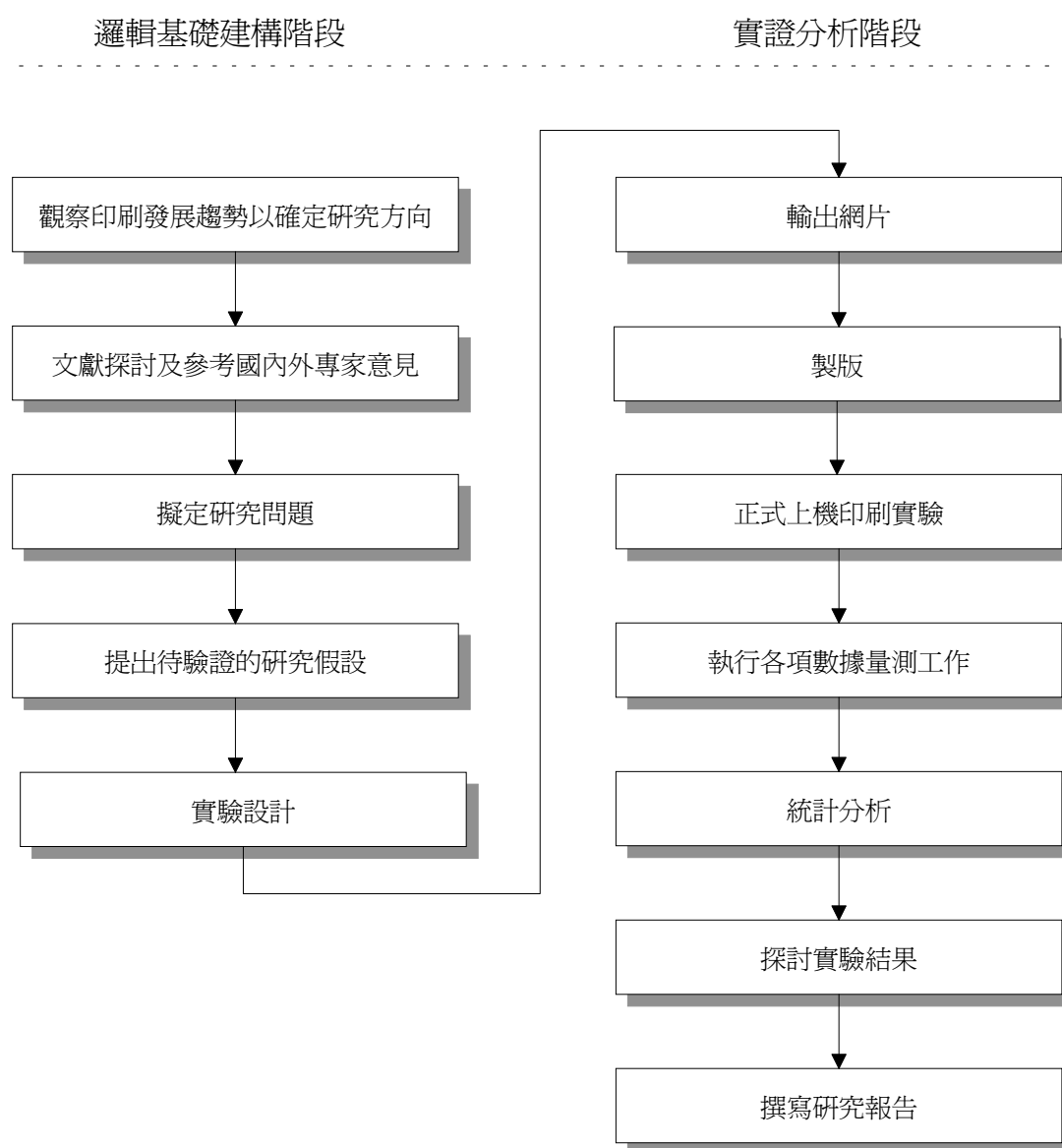


圖 壹-3 研究流程

第六節 研究重要性

各種的趨勢分析皆指出柔版印刷的佔有率在逐漸地上升。例如美國印刷科技基金會(Graphic Arts Technical Association, GATF)在 2003 年發表的科技趨勢預測中即顯示，柔版印刷在 2002 年全球有 5% 的成長率，並佔北美地區包裝印刷市場的 74%，佔全世界印刷與出版市場的 24%(Cisternino, 2003, p.50)。美國印刷工業協會(Printing Industry of America, PIA)的報告亦指出，2003 年美國地區擁有 1040 億的包裝印刷市場，而其中柔版印刷約佔有 150 億的市場，且預計在 2005 年將成長至 180 億至 220 億(Simpson, 2003, p.19)。另外依調查資料預測，世界柔版印刷市場若按地區劃分，則預估在 2005 年亞洲地區的柔印佔有率將可達 15%(楊志鋼，2003)，此乃其他版式所不及之處。

對台灣地區而言，以往百分之百用平版印刷製作的彩色包裝印刷用品已有逐漸轉變生產版式的趨勢，然而相較於平版或凹版在產業應用面十分成熟，設備引進及操作人員眾多…等的優勢，起步發展較慢的柔版印刷則必須自己一步步地去摸索技術、培養人才(林資碩，2002)。因此急待各界投入人力、物力進行研發。

故本研究在文獻探討、邏輯推理及專家建議之下，考量了台灣地區柔版印刷環境所能配合的情況，針對柔版網點擴大嚴重及相對造成亮部調細節漏失的問題，選取了背曝光時間、正曝光時間及版材硬度這三個變數做交互作用的研究，企圖能解決此一問題。因此相信本研究在嚴謹的研究流程中所得的任何結論，將會對台灣的柔版印刷業提供一項最即時的重要參考。

第七節 研究前提

本研究將來之結果是在下列前提條件之下成立：

1. 雖然本實驗所採用之操作人員對數位柔版製作流程及印製流程均具有相當之經驗，但本實驗仍需假定其操作人員之經驗對本實驗結果無顯著影響。

2. 雖然實驗進行時，操作人員完全依照實驗步驟和要求的事項來完成整個實驗，但本實驗仍需假定操作人員之工作態度對本實驗沒有任何顯著影響。
3. 關於數位柔版印版輸出時之四色網點角度設定，本實驗以參與廠商所引進的輸出系統之內定條件為主，不做其他任何的改變及要求。
4. 假定參與本研究案之廠商或公司所提供的柔版電腦直接輸出印版系統(含沖洗、烘乾、後曝光處理等設備)和柔版印刷機的機齡對本實驗結果無顯著影響。
5. 本實驗所需之印刷品，依參與本研究案之廠商或公司的日常印刷生產條件與設定進行印製。因此，假定參與本研究案之印刷廠或公司在進行實驗時所使用的油墨(如品牌、種類、印刷適性)、工作環境之溫濕度…等條件對於本實驗結果無顯著影響。

第八節 研究範圍與限制

實際印刷生產的變數極多，本研究礙於人力、物力及財力無法對所有的實驗狀況做控制，故本研究的範圍及限制包括：

1. 關於輸出調幅網點的網點形狀選擇，一般有圓形、菱形、方形…等各種不同的形狀，但本實驗礙於研究時效及經費的考量，無法個別針對每一系統不同的設定條件進行測試及作比較，因此網點形狀為選擇柔版印刷業界普遍採用之圓形網點。
2. 除研究變項外，其餘的控制變項皆為合作工廠其正常的操作條件。
3. 本實驗的柔版製版流程中其沖版、乾燥、後處理曝光方式因為不是本研究之主要探討對象，故在本研究中不予詳細討論。
4. 本實驗用以量測印刷品特性的相關儀器，如 X-Rite 反射式分光光譜儀，其製造商均已公開發表與證明該儀器設備的信效度。
5. 本研究主要探討不同的背曝光時間、正曝光時間及版材硬度交互組合設定下

的印刷品質特性，故製版成本、印製成本…等在本研究中不予詳細討論。

第九節 名詞釋義

1. 柔版印刷(Flexography)：

又稱「彈性凸版印刷」，是一種直接輪轉印刷方式，使用具有彈性的凸起圖像印版，貼在印版輥筒上，由一根雕刻著墨穴的網紋輥供墨，印版沾墨後再將油墨轉印到各種被印材料上(FTA, 1999, vol. 1, p.3)。

2. 網紋輥(Anilox Roller)：

專為柔版印刷機而特別設計的供墨單元。它扮演了量度及控制油墨傳送到印版的份量。它的整個表面上刻有一定深度的細微墨穴，解析度一般從 140cpi 到 1200cpi，隨著科技的進步，更高解析度的網紋輥陸續被開發出來。網紋輥有三個重要的參數：解析度(CPI, Cell Per Inch)、供墨量(Cell Volume)、墨穴角度(Cell Angle)(Agfa Educational Publishing, 1997)。

3. 背曝光(Back Exposure)：

背曝光是柔版製版中的第一道程序，它主要的目的是使柔版除了版基以外，再形成一層的基底(floor)，以穩固印紋。它使用紫外光照射，越長的照射時間會使得光聚合作用(photopolymerization)越多，形成的基底也越厚(FTA, 1999, vol. 4, p. 28)。

4. 正曝光(Face or Image Exposure)：

正曝光程序則是在背曝光的另一面，即欲形成印紋面，同樣以紫外光，透過陰片來晒製(FTA, 1999, vol. 4, p. 28)。

5. 印紋深度(Relief Depth)：

印紋表面到基底表面的距離，如圖壹-4 所示。

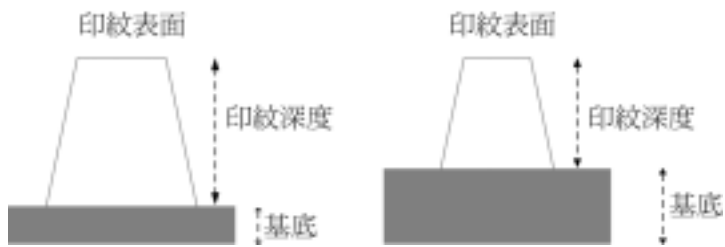


圖 壹-4 印紋深度示意圖

6. 肩部角度(Shoulder Angle)：

由主曝光所形成的印紋部份到基底表面的傾斜角度，如圖壹-5 所示。

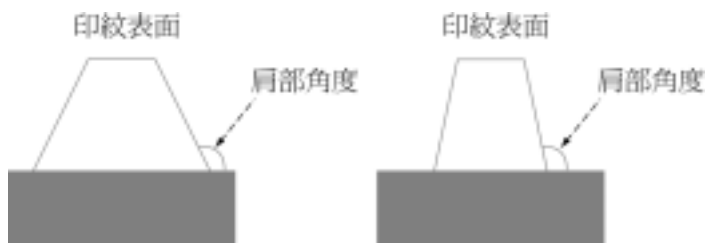


圖 壹-5 肩部角度示意圖

7. 版材硬度(Plate Hardness)：

最常被用來測量柔版硬度的量具為「Shore 硬度計」。一般有 A 與 D 兩種系列，A 系列，即 Shore A 主要是量測較軟的版材，而 D 系列，即 Shore D 主要是量測較硬的版材(FTA, 1999, vol. 4, p.46)。本研究使用的是 Shore A 硬度計。

8. 曝光量(Amount of Exposure)：

柔版版材的成份為感光樹脂，在製版過程中，使用紫外光(ultraviolet, UV light)照射，使其內部產生光聚合作用而固化。就物理上而言，波長越短能量越大，在整個柔版的製版程序中，分別有使用三種型式的 UV 光源：

UV-A(320~400nm), UV-B(280~320), UV-C(180~280)(FTA, 1999, vol. 1, p. 103)。

9. 網點擴大(Dot Gain)：

網點擴大係指為網片或版和印刷品上網點面積的差異。包含物理性網點擴大和光學性網點擴大兩種。物理性網點擴大是一種機械性的網點擴大，其發生在製版和印刷的過程中；光學性網點擴大則是由於印墨的光線吸收特性和被印材的光線散射特性所造成的視覺現象。當光線被紙張和印墨吸收，被印材料上的網點會看起來比較黑而且感覺比實際之網點還大，此時，網點大小的變化屬於光學性網點面積擴大而非實際之物理性網點面積擴大(Hsieh, 1998, p. 24)。一般計算網點面積百分比的公式有二：

– Murray-Davis(M-D)公式(包括物理性及光學性網點)：

$$\text{網點面積百分比} = \frac{1 - 10^{-(D_t - D_p)}}{1 - 10^{-(D_s - D_p)}} \times 100$$

其中

D_s = 滿版濃度；

D_t = 階調濃度；

D_p = 紙張或被印材料的濃度。

– Yule-Nielsen(Y-N)公式(物理性網點)

$$\text{網點面積百分比} = \frac{1 - 10^{-(D_t - D_p)/n}}{1 - 10^{-(D_s - D_p)/n}} \times 100$$

其中

D_s = 滿版濃度；

D_t = 階調濃度；

D_p = 紙張或被印材料的濃度；

“n” 參數取決於印刷所使用的材料(如油墨及被印材料)，其正確的數值必須由實證而得。

10. 印刷反差(Print Contrast)：

根據美國柔印技術基金會的品質規格“FIRST”所定義(1999, p.101)，印刷反差的公式如下：

$$PC\% = \frac{(D_s - D_t)}{D_s} \times 100$$

其中

PC% = 印刷反差百分比；

Ds = 滿版濃度；

Dt = 70%的階調濃度。

11. 滿版濃度(Solid Ink Density, SID)：

濃度是被印材料吸收光線的能力，一般極言，四色的色彩越深，濃度值越高 (Romano et al., 1998)。滿版濃度是指「油墨印於被印材料的最高濃度」。在本研究中，指的是 100% 區塊的濃度值。

12. 配方(Treatment)：

在本研究指的是因子(factor)的條件組合。本研究共有 3 個研究因子，每個因子有 2 個水準(level)，因此在排列組合後，共有 8 種因子的組合，即為實驗的操控變項。實驗的目的亦在發現何種因子及水準的組合可達到最符合要求的效用(effect)。