

第參章 研究方法

本研究為驗證研究推論的正確性，將使用的實證方法為「實驗設計(DOE, Design of Experiment)」。實驗設計對於工程界的製程績效的改善是一項非常重要的工具。藉由主動操弄製程中的關鍵因子以探尋得最佳的生產條件，或使得對目標值的變異降低及增加製程的一致性。

第一節 實驗設計

本研究使用三個因子(版材硬度、背曝光時間及正曝光時間)，分別針對六個反應變量進行實驗與分析：

1. 2%網點擴大
2. 10%網點擴大
3. 50%網點擴大
4. 90%網點擴大
5. 滿版濃度
6. 印刷反差

每個因子的水準設定為 2 階，執行 2^3 全因子實驗(Full-factorial Experiment)。因子名稱、單位及水準設定值如表參-1 所示。

表 參-1 因子名稱、單位及水準設定值

因子名稱	單位	低階水準(-)	高階水準(+)
版材硬度(A)	Shore A	39	53
背曝光時間(B)	秒	55	65
正曝光時間(C)	分	20	30

本研究共有 2 種版材硬度×2 種背曝光時間×2 種正曝光時間=8 種實驗處理配方(treatment)(如圖參-1)，為控制其他非研究欲探討的變因，故將 8 種實驗處理配方安排在同一版面上，因此，每當印刷機版輓轉一次，即可產生一張包含 8 種配方的實驗處理印樣，本研究每色印製 60 份印樣，共 60×4=240(張)。

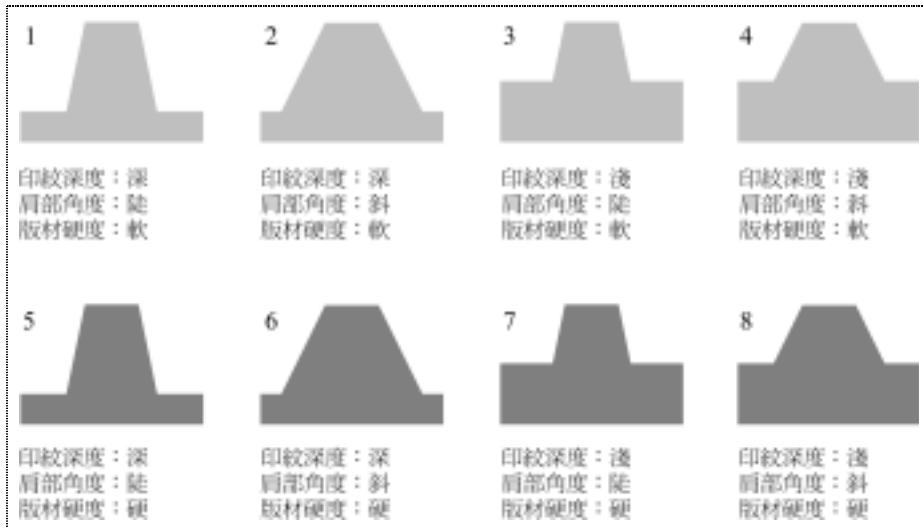


圖 參-1 8 種實驗處理組合

圖參-2 則為本研究的實驗數據登記格式。本格式是由統計軟體 STATISTICA 6.0 Industrial Statistics & Six Sigma 中的 Experimental Design(DOE)所產生。此軟體亦是本研究資料分析用的主要工具。

Standard Run	Replicate	BackExpo	MainExpo	Hardness	2%網點擴大	10%網點擴大	50%網點擴大	90%網點擴大	印刷速度	印刷反差
1	1	65	20	39						
2	1	65	20	39						
3	1	65	30	39						
4	1	65	30	39						
5	1	65	20	53						
6	1	65	20	53						
7	1	65	30	53						
8	1	65	30	53						
9	2	65	20	39						
10	2	65	20	39						
11	2	65	30	39						
12	2	65	30	39						
13	2	65	20	53						
14	2	65	20	53						
15	2	65	30	53						
16	2	65	30	53						
17	3	65	20	39						
18	3	65	20	39						
19	3	65	30	39						
20	3	65	30	39						
21	3	65	20	53						
22	3	65	20	53						
23	3	65	30	53						
24	3	65	30	53						

圖 參-2 實驗數據登記格式

第二節 實驗過程

本研究所需的印刷版面是經由合作工廠與研究者共同討論而得，符合雙方所需及能力範圍。實際的印刷版面配置、本研究實驗取樣的資訊點，即量測的位置，及其製版的條件組合，如圖參-3 所示，當中包含了本實驗所需的 8 種實驗處理配方，及其他非本研究所欲探討但為合作工廠欲知的資訊內容。整個印刷版面的尺寸為 86.5cm ×62.5cm。

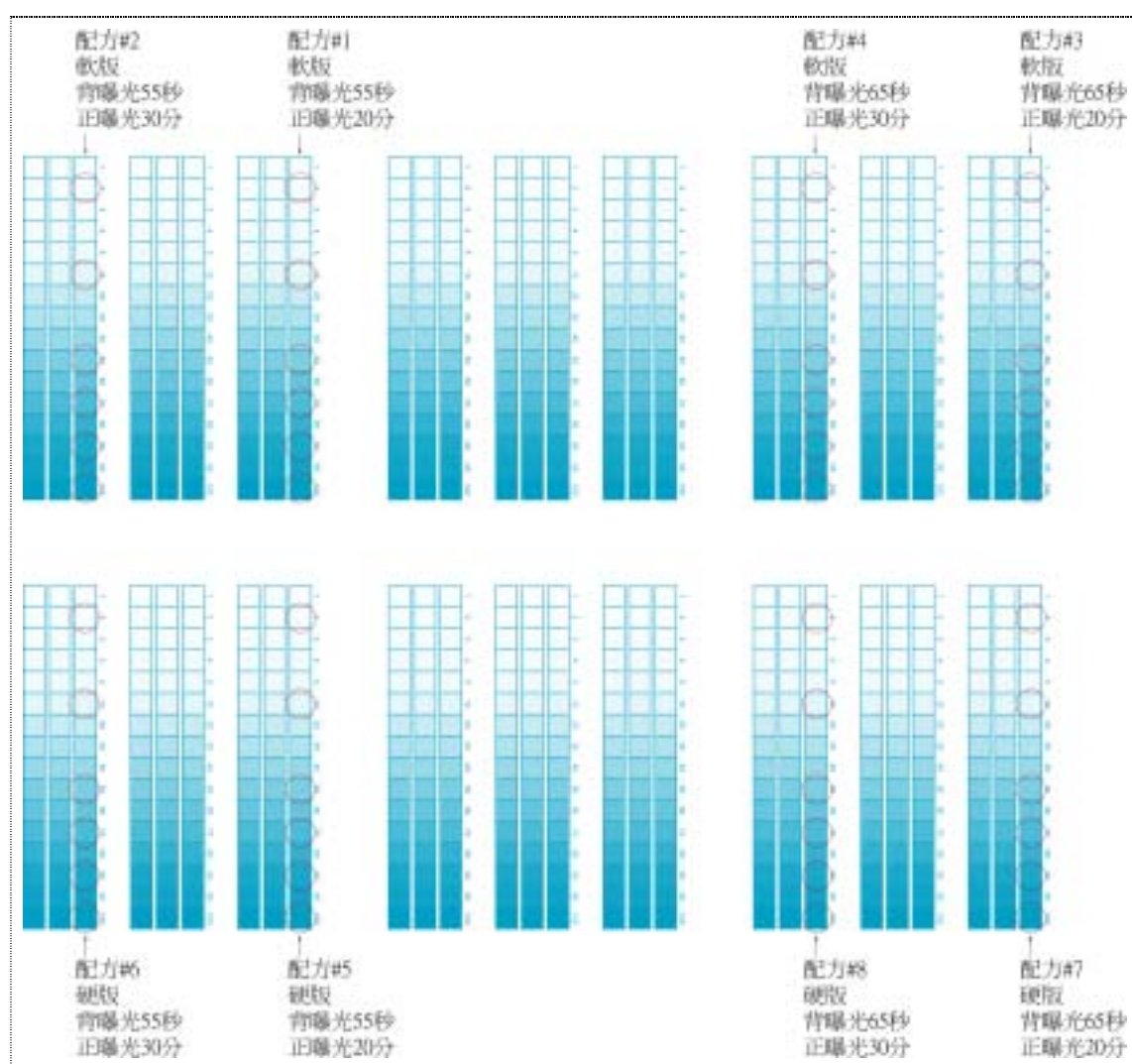


圖 參-3 本實驗的印刷版面及量測位置

第三節 實驗設備及條件

在印刷機會影響印刷複製的因素超過 100 種，諸如墨量、網點擴大、疊印能力、印墨的抗分裂性與抗流動性、被印材…等因素(Southworth, M. & Southworth, D., 1989, Ch.5-21)。然而，本研究因礙於時間、人力、資原等條件，故只選定背曝光時間、正曝光時間及版材硬度為探討的因子，其餘條件則列入控制的範圍，表參-2 為本研究實驗時，所使用的設備及條件。

表 參-2 實驗控制變項

實驗控制變項	設備 / 材料 / 條件
網點形狀	傳統圓形網點
網屏線數	100 lines per inch (lpi)
網片輸出機	BARCO Graphics BG-3800
網片	AGFA 3ZFOL
版材	DuPont Cyrel TDR DuPont Cyrel NOW
油墨	太平洋油墨
被印物	正隆 E 浪半塗佈瓦楞紙板
印刷機	BOBST MASTERFLEX
網紋輥(Anilox Roller)	660 cells per inch (cpi)
網紋輥帶墨量	2.4 BCM (Billion Cubic Microns Per square inch of cells)
印刷速度	6000 張/小時
印刷品量測儀器	X-Rite 530 Spectrodensitometer

第四節 資料蒐集

本研究經 2^3 全因子實驗設計所得的 8 組實驗處理配方，以同一版面的方式一併印刷，除了滿足控制其他變因的干擾外，也減少實驗的時間與困擾。然而在這種情況下，實驗數據仍高達 11520 個。8 組配方×60 張印樣×4 色×6 個反應變量=11520 個數據將以 STATISTICA 6.0 為主要的分析軟體，輔以 Excel 2000、Minitab 13、Design-Expert 6.0.6 做資料登入及驗證用。

第五節 資料分析

當數據量測結束後，即開始進行資料分析的動作。首先進行描述性統計，檢查印樣數據的各種基本狀況，如樣本數、平均值、最小值、最大值、全距、標準差、變異數，並繪製個別觀察值管制圖以確認所得到的數據是符合預期的，沒有異常狀況的出現。圖參-4 以流程的方式說明了整份研究報告的資料分析架構。

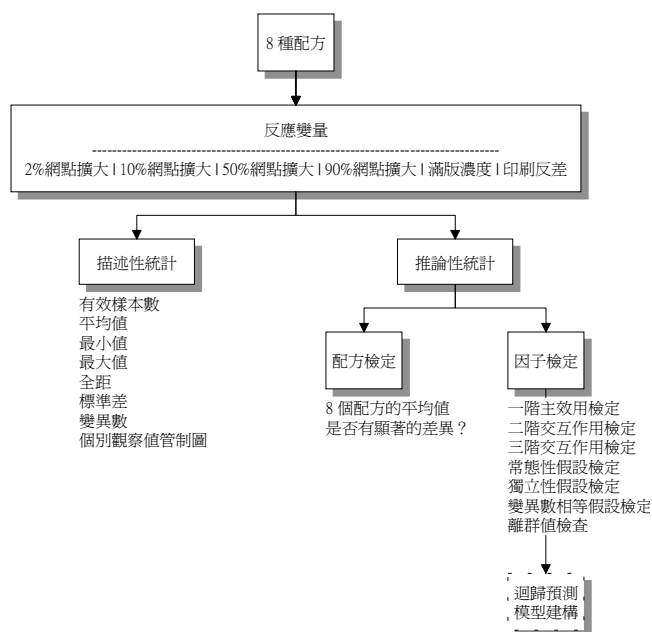


圖 參-4 資料分析流程架構圖

一旦數據的基本狀況檢查完畢後，即進行推論性統計的分析。這部份將分為以下兩種分析模式：

1. 配方檢定

主要目的是檢驗：8 個配方在相同反應變量的平均值是否有顯著差異？

2. 因子檢定

進行：一階主效用檢定、二階交互作用檢定、三階交互作用檢定、常態性假設檢定、獨立性假設檢定、變異數相等假設檢定、離群值檢查。完成這些檢定後即可進行「迴歸預測模型建構」。

一 迴歸預測模型

根據學理，迴歸模型有兩個成份，其一為迴歸方程式，其二為誤差假定，如圖參-5 所示。只要誤差假定不成立，迴歸模型便不能用。除此之外，迴歸模型尚必須通過總檢定，方能宣稱模式可用。本研究的作法是先以假設檢定確保方程式無誤，再以殘差分析檢測誤差項是否遵循 $NID(0, \sigma^2)$ ，即，遵循期望值為 0，變異數為 σ^2 之常態分配。NID 為 Normally and Independently Distributed。

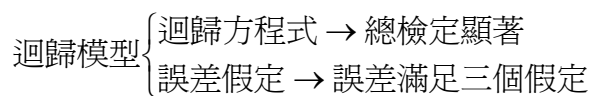


圖 參-5 迴歸模型可用條件

二 假設檢定

迴歸分析之假設檢定包括總檢定與邊際檢定兩種，其標準檢定流程順序如圖參-6 所示。總檢定猶如第一道門檻，探討所有迴歸係數是否全部為 0；若迴歸係數並非全部為 0，則可宣稱模式顯著，值得進行邊際檢定。邊際檢定是探討個別因子及交互作用項之迴歸係數是否為 0；若迴歸係數顯著不為 0，則相對應的因子及交互作用項就具有影響印刷品質特性的效果。

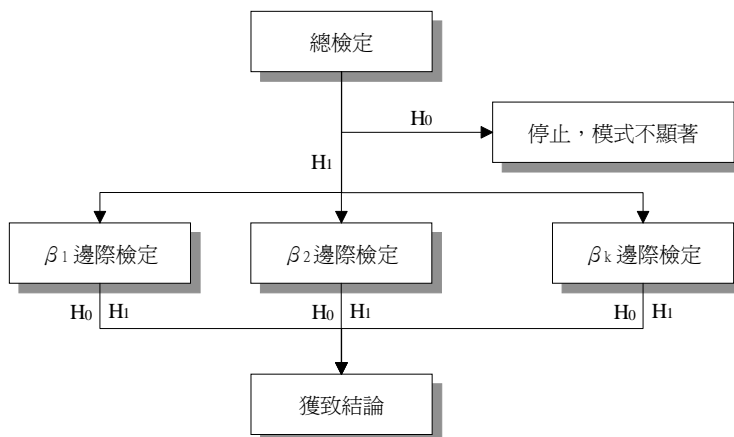


圖 參-6 迴歸分析之檢定流程

本研究的迴歸模型為：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_1 X_2 + \beta_5 X_1 X_3 + \beta_6 X_2 X_3 + \beta_7 X_1 X_2 X_3 + e$$
$$e \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$$

而總檢定的虛無假設與對立假設列示如下：

H_0 ： $\beta_k = 0$ ，對所有 k

H_1 ： $\beta_k \neq 0$ ，對所有 k ($k = 1, 2, \dots, 7$)

檢定的方法採 p 值法則，如圖參-7 所示。

$$p\text{值法則} \begin{cases} \text{當 } p\text{值} < \alpha \rightarrow \text{棄卻 } H_0 \\ \text{當 } p\text{值} > \alpha \rightarrow \text{不棄卻 } H_0 \end{cases}$$

圖 參-7 p 值法則

三 殘差分析

如前所敘，迴歸模型有兩個成份，即方程式與誤差假定。若誤差假定不成立，則迴歸模型便不可用。然而由於誤差項無法直接觀察，故乃以殘差值(\hat{e} , Residual)為誤差項的估計。殘差分析主要是檢定誤差項是否符合常態性(Normality)、恆常性(Constancy)、獨立性(Independency)等三項假定。

(一) 常態性檢定

迴歸模型的第一個假定為常態性，係指迴歸模型之誤差項遵循常態分配。而待檢定的假設如下所示：

H_0 ：誤差項遵循常態分配

H_1 ：誤差項未遵循常態分配

本研究將以 Norml Prob. Plot 圖解法進行常態性的假設檢定。

(二) 恆常性檢定

迴歸模型的第二個假定為恆常性，係指誤差項之變異數(σ^2)為一固定常數，不會隨著解釋變數值呈遞減或遞增的型態。本研究將以散佈圖觀察誤差之變異情形，以檢定恆常性。

(三) 獨立性檢定

迴歸模型的第三個假定為獨立性，係指樣本的誤差項彼此之間獨立。因為本研究將採隨機抽樣方式取得樣本資料，而隨機抽樣的這個動作已隱含了樣本的獨立性，故獨立性檢定已然成立。