

# 石頭紙受傳統平版印刷速度影響之 印刷品質特性研究

指導教授：劉俊治

研究學生：吳逸禪、張芷瑄、吳嫣然、寧雅妮

關鍵詞：石頭紙、平版印刷、印刷速度、印刷適性

---

## 摘要

目前成功開發並流通於市場上之石頭紙，主要以礦物粉造紙，是本於環保節能的目的推出之產品，其製程不僅能保護森林資源，更能減少紙業所造成的環境汙染，該紙張為合成紙的一種，以數位 UV 噴墨印刷為常見之印刷方式，現經過紙張塗佈改良，已可適用於傳統印刷。本研究將市售之石頭紙用於傳統平版印刷，分別以最高及最低穩定印刷速度與石頭紙建議之穩定印刷速度，以進行印刷品質特性檢測，包括滿版濃度、印刷對比、疊印能力、色相差與灰度等研究，以探討在傳統平版印刷方式中印刷速度變化造成石頭紙印刷適性之色彩品質差異。

# 壹、緒論

## 一、研究背景與動機

石頭紙是以四分之三碳酸鈣（石灰石、大理石內所含的礦物質）和四分之一的聚乙烯塑酯製成的，生產過程不需使用水或漂白劑，且消耗能量只有傳統紙張的一半，雖然未能做到完全的永續經濟，卻仍是比現有印刷用紙材的生產來得友善環境，但其產品在台灣經濟市場的應用情況較不明朗，資料檢索不易，在現今印刷發展下較無具體參考文獻做為印刷特性比較之資料，因此仍有探討石頭紙在印刷方式發展可能之空間。

## 二、研究目的

本研究選定以傳統平版印刷作為主要印刷方式，並進行印刷速度變更之比較方式，依據 ISO12647-2 平版印刷標準規範的前提下，以找出石頭紙受印刷速度影響，在印刷色彩品質表現於平版印刷之趨勢，其中對於印刷品質性之檢測項目，包括滿版濃度、印刷對比、疊印能力、色相差與灰度等研究，並有以下主要研究目的：

1. 探討石頭紙在平版印刷不同印刷速度的印刷適性差異。
2. 歸納適應之印刷速度趨向。

## 三、研究重要性

平版印刷作為石頭紙其一之印刷方式，是為現今廣泛應用印刷方式之一，而其中印刷速度作為印刷品質之影響因素，有必要進一步將兩者結合實驗獲得相關印刷品質特性檢測數據，並進行比較，探討石頭紙於平版印刷速度之建議印刷速度趨勢，進而歸納出適應之印刷速度趨向，使石頭紙在平版印刷能具有更大的發展優勢，進一步提升石頭紙與相關印刷應用技術。

## 四、研究架構

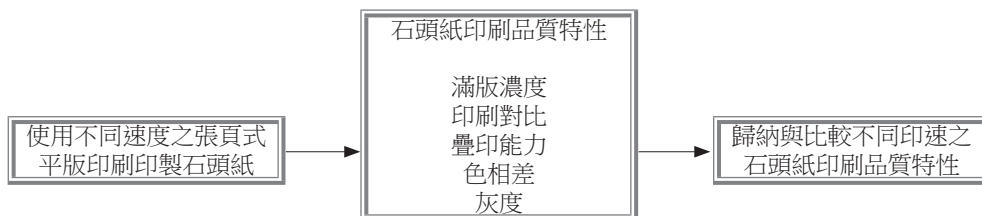


圖 1-1 研究架構圖

## 五、研究問題

在同一平版印刷機以不同印刷速度印製後使用同一量測儀器量測下，石頭紙在印刷品質特性（滿版濃度、印刷對比、疊印能力、色相差與灰度），有無顯著差異？

## 六、研究假設

本研究以相同磅數之石頭紙，經平版印刷標準之印刷實驗後，量測其印刷品質特性以探討石頭紙於傳統平版印刷受印刷速度影響造成印刷品質之差異並進行比較分析。基於上述研究動機，提出以下假設進行驗證。

假設一

**Ho：**利用同一原稿，在同一平版印刷機以不同印刷速度印製後使用同一量測儀器量測下，石頭紙在印刷品質特性（滿版濃度、印刷對比、疊印能力、色相差與灰度），沒有顯著差異。

**Ha：**利用同一原稿，在同一平版印刷機以不同印刷速度印製後使用同一量測儀器量測下，石頭紙在印刷品質特性（滿版濃度、印刷對比、疊印能力、色相差與灰度），至少有一對有顯著差異。

## 七、研究範圍與限制

由於受限於時間、人力、物力與財力之限制，並為了達到研究上的精確性，故將本研究的範圍限制如下：

1. 石頭紙完全依照原供應廠商之造紙製程，限於成本考量，本研究之石頭紙僅以一種磅數作為研究材料。
2. 所有樣本印製與測量過程均安排研究人員到場觀察記錄。
3. 本研究在原稿部分將由研究人員自行準備電子原稿，送至外部廠商製版進行印刷作業。
4. 本研究相關實驗所使用量測印刷品質之相關測量儀器，製造商已在國際上公開發表及銷售，該測量儀器之信效度已經驗證，本研究不再做討論。
5. 印刷過程中濕度與溫度應在廠商環境控制下，視為控制變數。

## 八、名詞釋義

### （一）滿版濃度（Solid Ink Density, SID）

滿版濃度是指「色料印於被印材料的最高濃度」（“Print Quality Assessment,” 2001）。在本研究指的是石頭紙上網點的最高濃度。

### （二）印刷對比（Print Contrast）

印刷對比為在印刷過程中，判斷暗部階調層次豐富與否的重要指標。其值受滿版濃度、被印材質的亮度、75%的階調濃度與光澤度所影響 (SWOP, 1998)。

### (三) 疊印能力 (Ink Trapping)

疊印能力通常是指於 0-100% 的階調間，第二色印墨附著於被印材之第一色墨層上的能力。(Tritton, 1997; 謝顯丞, 2009)

### (四) 色相差 (Hue Error)

一個顏料中所參雜其他色彩的總量或色彩的改變稱之為色相差，例如洋紅顏料通常參雜著大量的黃色顏料和些許青色顏料，青色顏料則參雜少許黃色和一些洋紅顏料 (Coudray, 1990, p.66)。

### (五) 灰度 (Grayness)

若印墨中參雜其他兩種色料會形成灰色，此即為灰度。灰度的輕重程度會限制顏料複製清晰二次色的能力，及灰度值越低代表印墨的色彩純度越高。(Coudray, 1990; Tritton, 1997; 謝顯丞, 2009)

### (六) ISO-12647-2

ISO-12647-2 為規範平版印製流程，包含原稿分色方式、印刷方式、油墨配比及乾燥方式之規範。

## 貳、文獻探討

### 一、造紙產業的發展與沿革

造紙術在中國都城被發明之後，紙張的產品及應用便開始穩定的從中國中心擴散出去。到了九世紀，中東地區由於書籍的發展先進，對於紙張的應用已經相當廣泛，伊朗成為薄紙張的中心，而埃及地區則繼續發展較厚的紙張，之後造紙工業便擴散至歐洲。一直到 1821 年，在滾筒造紙機中加進了用來乾燥紙張的滾筒，在這之前即便已經有了可以製造長條紙張的造紙機，滾筒在造紙機上的應用讓造紙的效率又有了更進一步的提升，也是在此時造紙機器開始廣泛被各國的造紙廠所應用。

### 二、合成紙的發展與應用

日本工業經濟高度發展的時候，產業對紙的需求急劇增加，紙漿來源不足，導致紙張價格上揚；另一方面石油化學工業產量增加，為了合成樹脂產品附加價值尋找另一條發展出路，到了 1975 研發出以塑料片材作為翻模的模型再灌入混和礦物的合成紙漿的方

法，將合成紙的製程工業化。合成紙具塑料性能，比普通紙張堅固，可耐水、耐折、耐光及耐腐蝕等，其印刷適性與吸墨能力和普通紙張相比相差無幾，現以可廣泛應用在各式印刷，其紙張的白與不透明為其典型特色。

### 三、石頭紙的發展與應用

在 1980 年代末期，日本已經研發出製造 50% 石頭粉的塑料合成紙，而於 1990 年起，台灣龍盟科技研發團隊也投入石頭造紙技術的研發，歷時十七年後終於成功以大量的無機礦粉（石頭粉），與少量的塑脂，製造出與木漿紙功能相似的新紙張—石頭紙，可用做印刷和食品包裝等。然而儘管原料便宜，在台灣卻因銷售量不高，廠商只能小量生產，導致石頭紙價格比一般包裝紙貴，即使正式的石頭紙是在台灣發跡，卻並未在台灣成功被推廣、普及使用，與台灣現況大相逕庭的是，其他歐美國家由於政府政策與企業責任的推動，反而促使石頭紙產業的增長。

### 四、平版印刷的發展與應用

平版印刷起源於石版印刷術，最初是以轉寫墨描轉印紋於石版上，經硝酸處理製成印版而得之，利用水墨相斥之原理生成油性（墨）印紋部分及吸水性的非印紋部分以進行印刷，板材則由原先石版逐漸轉變以金屬材料製成為主，以符合高速大量的印刷需求。平版印刷雖為傳統印刷方式，但由於其功能性多、適應性高、品質穩定的特性，至今仍是目前最具成本效益的印刷技術，更因為長久的歷史而使其發展足以滿足全球印刷需求的 70-80% 的技術。

### 五、影響平版印刷品質特性之因素

影響平版印刷之因素主要可分為印刷複製、印刷版、紙張、水槽液、油墨、操作人員、印刷過程等部分來檢視。在印刷過程中，因考量到機械的特性，則須注意到壓力、印刷速度、溫度及防止反印及噴粉等現象。印刷機具不同，其也連帶影響紙張的乾燥速度，張頁式印刷機因為單次單面印刷需等單面乾燥再行另一面印刷，所費時較長，但損紙率相對較低，而也因紙的尺寸可做特殊調整，所以整體而言較適用於小量、特殊印刷；相對的，輪轉式印刷可進行雙面印刷，整體機具運轉長度較長，較容易進行乾燥處理，適合大量的薄紙印刷但損紙率也相對較高，因此印刷需求連帶影響了印刷機具的選擇，最終影響印刷品質及色彩表現等。

## 參、研究方法

### 一、實驗變項

表 3-1 實驗變項

自變項 (張頁式平版印刷速度)	控制變項	依變項
6000 轉	印刷人員與條件 印刷標準製程 監測儀器設備 測試導具 紙張規格	滿版濃度
10000 轉		印刷對比
13000 轉		疊印能力 色相差 灰度

### 二、樣本

本研究之樣本為協助印刷廠商所提供之印刷品樣本，印刷廠於試車完後，分別以 6000 轉、10000 轉、13000 轉之三種速度各印製 500 張印刷品，量測時再以系統抽樣方式各抽出 50 張樣本，共得 150 張樣本進行測量。本研究之系統抽樣方式為，首先於 500 張印刷品中以每 10 張為一單位，先隨機於第一單位抽出第一張樣本，之後每隔 10 張抽出一張樣本，並依序編號 1~50。

### 三、資料蒐集

將印刷廠提供之印刷品中以系統抽樣方式所抽取樣本，每張印刷品以使用可攜式反射式濃度計 X-rite 528 測量 K、C、M、Y 四色特定區域之滿版濃度（100%）、印刷對比百分比、疊印能力百分比、色相差、灰度等各項品質相關特性，所測得之數據記錄及整理。

## 肆、結果與發現

針對石頭紙印刷品測得之滿版濃度、印刷對比、疊印能力、色相差及灰度等特性，利用統計軟體作各項印刷品品質特性之彙整與分析，使用的分析方法包括描述性統計、單向變異數分析，進一步分析結果以進行討論。

表 4-1 滿版濃度之描述性統計

色版	6000 轉		10000 轉		13000 轉	
	滿版濃度	標準差	滿版濃度	標準差	滿版濃度	標準差
K	1.6324±0.00304	0.01098	1.5736±0.00392	0.01411	1.6456±0.00376	0.01358
C	1.0784±0.00406	0.01462	1.0616±0.00435	0.01570	1.0206±0.00343	0.01236
M	0.9888±0.00361	0.01304	0.9620±0.00482	0.01738	0.9364±0.00284	0.01025
Y	0.9516±0.00180	0.00650	0.8722±0.00220	0.00790	0.8620±0.00169	0.00606

表 4-2 印刷對比之描述性統計

色版	6000 轉		10000 轉		13000 轉	
	印刷對比 %	標準差	印刷對比 %	標準差	印刷對比 %	標準差
K	34.94±0.26509	0.95640	36.64±0.33489	1.20814	36.92±0.18438	0.66517
C	38.18±0.19949	0.71969	38.00±0.27434	0.98974	38.84±0.23332	0.84177
M	38.16±0.21221	0.76559	36.80±0.23759	0.85714	36.98±0.23420	0.84491
Y	23.02±0.21317	0.76904	26.82±0.21464	0.77433	28.24±0.21368	0.77090

表 4-3 疊印能力之描述性統計

疊印	6000 轉		10000 轉		13000 轉	
	疊印能力 %	標準差	疊印能力 %	標準差	疊印能力 %	標準差
Red Y/M	96.96±0.05486	0.19795	96.00±0.00000	0.00000	96.00±0.00000	0.00000
Green Y/C	97.00±0.00000	0.00000	96.80±0.11199	0.40406	97.00±0.00000	0.00000
Blue M/C	94.14±0.09716	0.35051	94.18±0.10756	0.38809	94.00±0.00000	0.00000

表 4-4 色相差之描述性統計

色相差	6000 轉		10000 轉		13000 轉	
	色相差 %	標準差	色相差 %	標準差	色相差 %	標準差
C to M	25.06±0.06650	0.23990	25.18±0.10756	0.38809	25.06±0.06650	0.23990
M to Y	51.88±0.12062	0.43519	51.98±0.03920	0.14142	51.96±0.05486	0.19795
Y to M	6.00±0.00000	0.00000	6.02±0.03920	0.14142	6.00±0.00000	0.00000

表 4-5 灰度之描述性統計

灰度	6000 轉		10000 轉		13000 轉	
	灰度 %	標準差	灰度 %	標準差	灰度 %	標準差
C to M	12.40±0.13718	0.49487	12.86±0.09716	0.35051	12.18±0.10756	0.38809
M to Y	16.96±0.07840	0.28284	16.92±0.10974	0.39590	16.94±0.08693	0.31364
Y to M	1.80±0.11199	0.40406	1.44±0.13898	0.50143	1.48±0.13989	0.50467

表 4-6 不同速度下印製之石頭紙印刷品在印刷品質特性之單向變異數分析結果彙整表

印刷品質特性	120u 石頭紙			
	K	C	M	Y
滿版濃度	✓	✓	✓	✓
印刷對比	✓	✓	✓	✓

續表 4-6 不同速度下印製之石頭紙印刷品在印刷品質特性之單向變異數分析結果彙整表

印刷品質特性	120u 石頭紙		
	Red Y/M	Green Y/C	Blue M/C
疊印能力	✓	✓	✓
色相差	C to M	M to Y	Y to M
灰度	✓		✓

註：✓代表不同速度下印製之石頭紙印刷品在印刷品質特性上有顯著差異 ( $\alpha=0.05$ )



## 一、滿版濃度之特性

滿版濃度是指「色料印於被印材料的最高濃度」，一般而言，四色的色彩愈深，濃度值愈高（“Print Quality Assessment,” 2001）。根據表 4-1 不同印刷速度印製石頭紙之滿版濃度特性彙整，看出三種印刷速度下均以 K 版之滿版濃度為最高，其次依序為 C 版、M 版及 Y 版。在變異程度上，標準差於不同速度下的變異程度則不盡相同，三種速度相比之下，以 10000 轉時，各版之滿版濃度標準差均為在三種速度中最大的，則 6000 轉及 13000 轉相對較小。

## 二、印刷對比之特性

印刷對比為在印刷過程中，判斷暗部階調層次豐富與否的重要指標。印刷對比愈高，暗部所能呈現的階調愈豐富。根據表 4-2 不同印刷速度印製石頭紙之印刷對比特性彙整，隨著印刷速度的上升，印刷對比值也跟著上升，在各色版中均以 13000 轉之印刷速度下印刷對比值為最高。而在變異程度方面，則以 10000 轉之變異量相較另兩種速度更大，以 6000 轉及 13000 轉相對較小。

## 三、疊印能力之特性

疊印能力通常是指第二色印墨附著於被印材之第一色墨層上的能力。(Tritton, 1997; 謝顯丞, 2009)，疊印能力數值愈接近 100%，表示疊印能力愈好。根據表 4-3 不同印刷速度印製石頭紙之疊印能力特性彙整，整體而言，三種印刷速度下均以 Green Y/C 之疊印能力為最佳。在變異程度上，三種疊印下中均以 13000 轉之印刷速度下變異量最小。

## 四、色相差之特性

一個顏料中所參雜其他色彩的總量或色彩的改變稱之為色相差，為檢測墨純度之指標之一，在 Coudray 其研究中之典型色相差與灰度之規格為青色印墨色相差為 18-26%；洋紅色印墨色相差為 35-74%；黃色印墨色相差為 2-5%。根據表 4-4 本研究結果及其建議值比較後，為黃色印墨色相差較高於建議值，其餘兩者均落在建議值內。整體而言，在變異程度上，則以 10000 轉之變異量為相對較大，則 6000 轉及 13000 轉之變異量相對較小而呈現穩定數值。

## 五、灰度之特性

若印墨中參雜其他兩種色料會形成灰色，即為灰度，為檢測墨純度之指標之一。灰度的輕重程度會限制顏料複製清晰二次色的能力，及灰度值越低代表印墨的色彩純度越高。(Coudray, 1990; Tritton, 1997; 謝顯丞, 2009)。在 Coudray 其研究中之典型灰度之規格為青色印墨為 18-26%；洋紅色印墨為 9-15%；黃色印墨為 2-5%。根據表 4-5 本研究結果及其建議值比較後，為青色印墨灰度較低於建議值，洋紅色印墨灰度落在建議值內，而



黃色印墨低於建議值。

## 伍、結論與建議

### 一、印刷速度 13000 轉下印刷品質特性相對穩定

根據本研究結果數據顯示，整體而言以 13000 轉之速度印刷下石頭紙呈現之印刷品質特性相對趨於穩定。

### 二、增加印刷及樣本數量

根據本研究結果數據顯示，建議可以增加石頭紙印刷數量及抽樣數使實驗結果可以更精確並趨於較穩定之數值。

## 誌謝

感謝以下廠商提供本研究所需之資源及技術，使研究得以順利進展。

感謝台灣龍盟科技股份有限公司提供本研究印刷測試之石頭紙張。

感謝科億印刷股份有限公司提供本研究印刷測試之印刷技術。

## 參考文獻

### 一、中文部分

- 蕭耀輝（1989），平版印刷工學。臺北市：五洲出版社。
- 謝顯丞（2009），複合式網點之印刷特性。新北市：國立臺灣藝術大學。
- 謝顯丞（2013），台灣地區張頁式平版印刷產業特性及品質規格。新北市：華藝數位藝術實驗室。

### 二、西文部分

- Hsien Chung Chou (2013). U.S. Patent No. 20140135423 A1. Taiwan: the United States Patent and Trademark Office.
- Hunter, Dard. (1931). Paper-making in the classroom. Illinois, IL: Manual Arts Press.
- Hunter, Dard. (1974). Papermaking: the history and technique of an ancient craft. United State: Dover Publications.
- Meggs, Philip. B. (1998) A History of Graphic Design. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.
- Needham, Joseph., & Tsien, Tsuen-Hsuiin. (1985) Science and Civilisation in China: Volume 5-1, Chemistry and Chemical Technology. (pp.1-79). London, England: the Press Syndicate of the University of Cambridge.

### 三、其他

- 台灣龍盟科技官方網站（2016年12月31日）。取自 [http://www.taiwanlm.com.tw/page002.php?ab\\_ID=1](http://www.taiwanlm.com.tw/page002.php?ab_ID=1)
- 呂愛麗（2010年12月）。石頭造紙，不砍樹、不用水、不漂白、不排廢，遠見雜誌，第294期。取自 [https://www.gvm.com.tw/Boardcontent\\_17078.html](https://www.gvm.com.tw/Boardcontent_17078.html)
- Steele, J. (2013, October 1). Where Is Offset Today? [News Article] Retrieved from <http://www.printingnews.com/article/11130176/offset-printing-has-a-whole-new-life-cycle>
- Stone Paper Market Analysis By Application (Paper Packaging, Labeling Paper, Self-adhesive Paper) And Segment Forecasts To 2024 (2016, September). GRAND VIEW RESEARCH. Retrieved from <http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/stone-paper-market>
- Whitcher, J. (2015, April 21). Offset Plate Technology: New and Improved [News Article] Retrieved from <http://www.printingnews.com/article/12066041/plates-for-offset-printing>
- Wong, V (2009, Aug 6). TerraSkin: Paper Made from Rock[Online Article]. Retrieved from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2009-08-05/terraskin-paper-made-from-rock>