

網版印刷水披覆轉印之色彩品質研究

指導教授：陳昌郎 老師
研究學生：盧詩雲、陳琬菁
馬湘媛、呂亞鴻

摘要

水披覆轉印(Water Transfer Printing)技術可將彩色圖文披覆於表面不規則之被印物，對於立體產品外裝尤為實用。一般採用網版或凹版先將圖文印於PVA水溶性轉寫薄膜上，經活化、展膜，利用水壓使圖文進行適確移轉；而相較於凹版印刷，本研究使用能更加節省製版及印刷成本的網版印刷。PVA薄膜可浮於水面，可溶解於水中，且轉印後可完全水洗清除，適合做為圖文承載媒介；但其輕薄、具彈性、柔軟度高、拉伸性強的性質在轉印過程中，易使圖文產生伸縮變形，而影響轉印後之色彩品質。本研究採用實驗研究法，以ABS塑料、磁磚兩種被印材為自變項，分別比較圖文在轉印後之滿版濃度、階調擴增、印刷對比之變化，瞭解在不同被印材上，其色彩品質表現之差異。

關鍵字：網版印刷、水披覆轉印、PVA薄膜、色彩品質

壹、緒論

一、研究背景與動機

市面上所有的產品都具備外觀上的設計，除了型式設計上需運用模具成形技術與噴漆塗裝製程外，如果在外觀上有文字或是圖案表現需求時，印刷技術就被廣泛的應用(陳忠輝，2007)。一般常見的印刷方式大都是針對平面或近似平面被印物的印刷，如食品包裝(薄膜凹版印刷)、報紙雜誌(平版印刷)等；而在立體外觀設計中印刷領域最常被應用的技術有網版印刷(Screen Printing)、移轉印刷(Pad Printing)與轉寫印刷(Transfer Printing)(陳忠輝，2007)。水披覆轉印(Water Transfer Printing)就是利用水的壓力和活化劑，使PVA水轉印載體PVA薄膜層溶解，同時剝離圖文並披覆轉移(蔡永明，2007)。水披覆轉印擁有一般傳統印刷或轉印無法克服的特點，即可對於立體曲面物體表面進行完整轉印，增加其美觀、質感及保護性，且被印材質選擇性多，應用範圍廣；這種技術增加了產品外觀加工的自由度，使原本完全一致、毫無變化的產品設計有更寬廣的創意空間，提高了產品經濟價值，因而創造出相當市場。在市場用途上，家電、資訊器材、禮品、運動器材都有相當的實績；在加工材質上，陶瓷、金屬與任何固體材質基本上都能加工(徐宏文，2005)。目前的水披覆轉印採用凹版或網版印刷印製載體PVA薄膜，又相較於凹版印刷，網版印墨厚薄可自由選擇，且製程較簡單，作為客製化小量印刷成本較低廉。

水轉印技術自最早的文具、禮品、運動器材、消費性產品之加工，到目前以汽車內裝與3C產品塗裝為主，因應其設計自由度高、適性廣的優點和特性，不斷擴大應用範圍。隨著科技的發展，生活品質的提高，差異化與客製化的需求已是不可避免的市場趨勢。水轉印技術在目前眾多轉印技術中，具有製作成本低、可應用產品種類多等特點，適合資金有限之大眾創業者製作備受消費者青睞之個人化產品(2008，創業商機水轉印店經營分析)。本研究欲結合網版印刷與水披覆轉印，探討其轉印於ABS塑料於瓷磚後之色彩品質特性，以瞭解兩種被印材差異與穩定性，以此作為往後應用者參考。

二、研究目的

本研究希望了解水披覆轉印於不同被印材之色彩品質特性在轉印前後之變化，比較轉印後兩種被印材之色彩品質特性差異與穩定性，ABS塑料之適性是否優於瓷磚，亦或瓷磚適性較佳，提供往後應用者參考。根據上述之問題，本研究的目的如下：

1. 瞭解不同被印材之色彩品質特性在轉印前後之變化。
2. 比較不同被印材之色彩品質特性在轉印後之差異，選出最佳被印材料。

三、研究重要性

隨著人們對產品包裝與裝飾的要求的提高，材料發展日益複雜與產品競爭漸趨激烈，水轉印技術在美學、功能與生產製造上所帶來的優勢使其被不斷開發，用途越來越廣泛。潘炯丞(2008)指出，消費性電子產品走向越來越豐富的裝飾性風格，這樣的趨勢可以在iF Material Award中觀察到：在2008年德國iF Material Award的「產品類」獎項裡，就有三星的家用網路系統控制面板與LG的木紋轉印手機獲獎。前者使用了網版印刷搭配不同的油墨黏度與珠光顏料效果，營造資訊產品的家居風格；後者則是使用汽車內裝中仿核桃木飾板常用的水轉印製程，將印刷木紋轉印在不銹鋼材質的手機外殼，試圖創造以假亂真的效果，靈活運用網版結合水轉印技術，多了創意、增加價值，提升產品品質與材料特性。綜歸兩個國際著名的材料評選 (iF Material Award 與 MATERIALICA Design+Technology Award)最新獲獎的數十個名單裡，消費性電子產品的裝飾性機殼製程就有四件作品獲得評審的青睞。(潘炯丞，2008，工業材料雜誌258期)。

水轉印其實是一種嶄新的轉印技術。以特殊化學處理的薄膜，經由印刷上一定的色彩紋路後，平放在水的表面，利用水壓的作用，將色彩紋路圖案均勻地轉寫於產品的表面，一般的傳統印刷或轉印，對於外型複雜的工件就束手無策，而水轉印應付此問題不但輕鬆自如，而且能適用於不同的材質，更由於圖案、色澤生動活潑而大幅提高了產品的附加價值(陳忠輝，2007)。由於這種技術對成型品有加工上相當大的自由度，使產品設計有更寬廣的創意空間，因而創造出相當之市場：如MONTAGUE BIKE台灣總代理亞克展示中心於2009年1月展出個性化迷彩水轉印單車，獨有的特色讓單車有了無限創意。

網版印刷被稱為萬能印刷，它能在各種承印材料上進行印刷，如對各種塑膠、紡織品、金屬、玻璃、陶瓷等材料的應用上。總之，任何有形狀的物體不論形狀大小、厚薄，不論軟質、硬質，也不論曲面、平面都可進行網版印刷 (陳忠輝，2007)。油墨性質方面，網版由於可用油墨廣、印刷渾厚、油墨遮蔽率佳，故常為轉印所採用印刷版種，如長期應用在陶瓷花紙轉印上，或配合其它版式印轉印紙之離型劑或印後之熱熔膠印製，由於控制墨厚方便特性，故為傳統轉印常使用版種(蔡永明，2007)。本研究使用網版與水披覆轉印兩者結合，更能發揮彼此優點，希望能藉著本研究，了解相關問題。

四、研究架構圖

本研究以兩種被印材(ABS、瓷磚)為自變項，五個依變項(滿版濃度、階調擴增、印刷反差及轉印前墨膜厚度)，探討轉印品質差異。

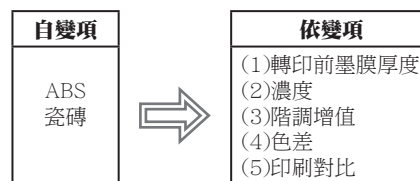


圖1-1：研究架構圖

五、研究假設

研究假設一：

Ho：不同被印材在轉印前後色彩品質特性無顯著差異

Ho1： $\mu \text{sid.A}_1 = \mu \text{sid.A}_2$ ， $\mu \text{sid.B}_1 = \mu \text{sid.B}_2$

Ho2： $\mu \text{pc.A}_1 = \mu \text{pc.A}_2$ ， $\mu \text{pc.B}_1 = \mu \text{pc.B}_2$

Ho3： $\mu \text{tvi.A}_1 = \mu \text{tvi.A}_2$ ， $\mu \text{tvi.B}_1 = \mu \text{tvi.B}_2$

Ha：不同被印材在轉印前後色彩品質特性有顯著差異

Ha1： $\mu \text{sid.A}_1 \neq \mu \text{sid.A}_2$ ， $\mu \text{sid.B}_1 \neq \mu \text{sid.B}_2$

Ha2： $\mu \text{pc.A}_1 \neq \mu \text{pc.A}_2$ ， $\mu \text{pc.B}_1 \neq \mu \text{pc.B}_2$

Ha3： $\mu \text{tvi.A}_1 \neq \mu \text{tvi.A}_2$ ， $\mu \text{tvi.B}_1 \neq \mu \text{tvi.B}_2$

(μ =平均值，A、B=兩種被印材，sid.=滿版濃度，pc.=印刷反差 TVI=階調增值，1、2=轉印前、轉印後。)

研究假設二：

Ho：轉印後不同被印材色彩品質特性沒有顯著差異

Ho1： $\mu \text{sid.A} = \mu \text{sid.B}$

Ho2： $\mu \text{pc.A} = \mu \text{pc.B}$

Ho3： $\mu \text{tvi.A} = \mu \text{tvi.B}$

Ha：轉印後不同被印材之間色彩品質特性有顯著差異

Ha1： $\mu \text{sid.A} \neq \mu \text{sid.B}$

Ha2： $\mu \text{pc.A} \neq \mu \text{pc.B}$

Ha3： $\mu \text{tvi.A} \neq \mu \text{tvi.B}$

(μ =平均值，A、B=兩種被印材，sid.=滿版濃度，pc.=印刷反差 TVI=階調增值。)

六、研究假定

研究假定一：本實驗製程於同一操作環境下進行，假定當時溫度、濕度所產生之細微變化不會對時驗結果造成影響。

研究假定二：本實驗採用同一機器以穩定速度、相同參數設定進行印刷，假定實驗品質不會受到操作人員專業知識、經驗、技術及工作態度之影響。

七、研究範圍與限制

- 1、本研究印刷圖文為四色疊印，就網版印刷而言網點再現程度有一定困難。
- 2、本研究選擇ABS塑料為被印材，因其表面張力達標準值，對於轉印基本製程有良好密著性；而磁磚為生活中常見材料應用範圍廣，故使用此兩種被印材。

貳、文獻探討

一、網版印刷 (Screen Printing)

(一)網版印刷的特性與優點

網版印刷有其非常優秀之優點(陳政雄，民72):

1. 油墨的墨層很厚，有很良好的遮蓋率，可以在黑色材料上印上很漂亮的白色文字。
2. 印刷壓力很小，不虞破損或壓壞印刷材料。
3. 油墨選擇性的自由，水性、油性、合成樹脂、乳劑型油墨都可合用，所以可以對眾多被印物加以印刷。
4. 版面尺寸因為不用大的印刷壓力，所以可印巨大的版子，而不用粗壯的機器，小量印刷都很合適，在大的版面小的印件，多量印刷也都合宜。
5. 印版有絲網的彈性及柔軟性，對硬體及曲面的印刷非常合適。

(二)網版印刷流程

- 1.原稿：其好壞直接影響成品。
- 2.底片：透過分色作業把所有的套色印刷色序都完整的分色出來。
- 3.張網：
 - (1) 網布的選擇一般需視底片線數來決定，一般是以線數的四倍決定網布的目數，即70線的底片以280目網布製版。
 - (2) 網框必須有充分的鋼性，使張網後不變形，而且不要太重以便於搬動。網框的尺寸也視被印物來決定，通常是被印物佔內徑面積的40%，為的是這面積對網版精密度較能講求
 - (3) 張力：為得到均勻的網版張力需以張力計測定。
- 4.製版：
 - (1) 前處理：新版若用金鋼砂磨過，可以增強乳劑底片的附著力，接著使用脫脂劑去掉附在網版上的油脂灰塵(舊版更應使用脫脂劑)。
 - (2) 曝光時間：正確的曝光時間是要經過測試，不同的網目數、顏色、種類、以及乳劑的厚度，與網版的大小都有不同的曝光時間。

5.印刷：

- (1) 人力與機器：各項參數設定電腦化之自動網版印刷機可節省不少人力。
- (2) 油墨：各種不同用途須慎選適合所需。
- (3) 刮刀：可就被印物來選擇度數、寬度與形狀，唯應經常檢視刮刀面，並注意印後之維護動作。

二、水披覆轉印(Water Transfer printing)

(一)水轉印起源發展

水轉印最早在1968年由美國人Robert W. Bennett提出專利，當時Bennett是以『水溶性膠或類似之溶解性黏劑為印刷載體，以水或油為轉印媒介』，其專利主張相對於現今水轉印之一般定義其實相當接近；1979年，日本『Nippon Gohsei』終於首度提出以『水溶性PVA膠膜為印刷載體』的作法，而由1968年至1981年的階段可以說是水轉印的萌芽期。2002年後，水轉印專利發表快速成長，這一階段的專利登記也由早期集中於美、日等主流國家而轉變為散佈各國(徐宏文，2005)。

(二)水轉印原理

水披覆轉印操作步驟(蔡永明，2007)：

1. 以網版或凹版印在高分子PVA薄膜上，採正反紋視需求印上各種不同圖文。
2. 讓PVA膜在水面上平放延展，並待膜伸展平整。
3. 以高分子分解劑或溫度與少量溶劑，使PVA(聚乙烯醇)轉印膜溶化，並使印紋圖案油墨具稍粘性狀態。
4. 利用水壓將經活化後的印墨圖案吸覆貼於被印物上。
5. 將被印物品殘留的雜質用水清洗乾淨。
6. 將被印物烘乾，溫度視素材適性與熔點而定。
7. 乾後噴上透明保護漆保護並烘乾表面。

(三)水轉印之優點

1. 美觀性：缺乏『質感』的產品外殼，經過水披覆轉印技術，賦予物體以保護、美化和其他預期的效果，創造出一個新的、更美好的周邊環境，從而豐富了人們的生活和增添舒服的視野。
2. 廣泛性：克服立體、大幅彎曲不平與球體表面之印製，對特殊材質如塑膠、壓克力、布、石材、金屬、人體紋身、蛋、陶藝可說無所不轉，甚至被應用在人體防疫基因技術之轉印應用上、電子科技微光阻圖紋之轉印

應用。而最近逐漸發展成熟之數位印刷，更善用轉印技術，廣泛的應用在生活用品及設計打樣、創意生活產業上(蔡永明，2007)。

3. 增值性：水披覆轉印技術實現新的裝飾方式，且裝飾圖文新穎、品質高，增加產品附加價值。

三、PVA水溶性薄膜(Poly Vinyl Alcohol)

(一)PVA簡介

PVA，全名Polyvinyl Alcohol，中文聚乙醇醇；是一種無色、溶於水、有著連續多孔結構的有機聚合物顆粒。

(二)PVA的用途

PVA被廣泛的應用在各行各業，如紡織業(作為加工布與機台間的定位劑)、造紙業(塗布用上膠劑、紙管或紙板的接著劑)、合板木器的接著、化妝品業(對陽光和紫外線有較佳的抵抗力)、電子業(防氧化鏽蝕)、材料工程業(耐油、耐有機溶劑性)、農業(保水劑)、印刷業(油墨粘著性佳)、食品包裝業(良好的保香性及氣體阻隔性)等，都可以發現PVA的存在。PVA作為堅韌、透明、無毒無害、印刷性能良好的水溶性薄膜適合做為水披覆轉印的印墨承載媒介，PVA比重小於水，可浮於水面，與水面接觸後開始膨潤，轉印後更能完全清除(徐宏文，2005)。

參、研究方法

一、研究設計

(一)實驗設計方法

本研究採真實研究法(True Experimental Method)，針對兩種被印材ABS、瓷磚，使用網版印刷於PVA膜，再進行水披覆轉印於ABS、瓷磚，並利用統計軟體將檢測之墨膜厚度、滿版濃度、網點擴大、印刷對比與色差等數值做各項分析。

(二)研究變項

1.獨立變項 (Independent Variable)

本研究設定兩種不同的被印材：

- (1) 塑膠被印材料ABS
- (2) 瓷磚

2.依變項 (Dependent Variable)

本研究探討之印刷品質特性

- (1) 滿版濃度(Solid Ink Density)
- (2) 階調增值 (Tone Value Increase)
- (3) 印刷反差(Print Contrast)
- (4) 色域空間(Color Spaces)

3.控制變項 (Control Variable)：

本研究採用之控制變項設定為：

- (1)材料與環境因素：被印材料之厚度與尺寸大小、版材、溫濕度、印刷人員
- (2)機械因素：印刷機型、供墨量、印刷壓力、印刷速度
- (3)印刷條件因素：印刷壓力、印刷色序、刮刀壓力、刮刀角度、刮刀硬度、乾燥溫度、乾燥時間

(三)樣本

表3-1：印刷品與樣本數量表



網版印刷	PVA薄膜	轉印過程		ABS	磁磚
數量	120張			60張	60張
抽樣	無	水披覆轉印 (全數轉印)	去除不良品	隨機抽樣法	
合計	120張樣本			30張樣本	30張樣本

(四)內容說明

表3-2：標準稿設計圖內容說明

影像 (標準稿)	說明
	
測量項目	說明
滿版濃度	1.轉印前：以濃度計測量CMYK四色在PVA薄膜外、中、內導表之100%滿版濃度。 2.轉印後：以濃度計測量CMYK四色在ABS外、中、內導表之100%滿版濃度。
階調增值	1.轉印前：以濃度計測量CMYK四色在PVA薄膜外、中、內圈25%、50%、75%之階調增值。 2.轉印後：以濃度計測量CMYK四色在ABS外、中、內圈25%、50%、75%之階調增值。
印刷反差	1.轉印前：以濃度計測量CMYK四色在PVA薄膜外、中、內圈75%、100%之數值。 2.轉印後：以濃度計測量CMYK四色在ABS外、中、內圈75%、100%之數值。
色域空間	1.轉印前：以濃度計測量轉印前CMYK四色滿版的L*a*b*值。 2.轉印後：以濃度計測量轉印後CMYK四色滿版的L*a*b*值。

表3-3：導表說明

影像	測量項目	說明
	量測轉印前後的墨膜厚度差異。 量測C.M.Y.K濃度的差異。 量測C.M.Y.K色相Lab值。	利用膜厚計測量轉印前後的厚度值，採五點測量法，求其平均。 利用濃度計個別量測C.M.Y.K在滿版及50%的濃度於轉印前後的值作比較。 利用濃度計個別量測C.M.Y.K滿版時的色相Lab值。
	量測轉印前後C.M.Y.K的濃度值變化。 量測C.M.Y.K階調擴增值。 量測C.M.Y.K印刷反差值。	利用濃度計個別量測C.M.Y.K在滿版、75%、50%、以及25%的濃度於轉印前後的值作比較。 利用濃度計個別量測C.M.Y.K於75%、50%、以及25%的階調擴增值。 利用濃度計個別量測C.M.Y.K於滿版和75%的印刷反差值 利用濃度計個別量測C.M.Y.K於滿版的L*a*b*值。

二、印刷物料、機材、測量儀器設備

(一)印刷材料

- 1.水轉印專用油墨
- 2.水溶性轉寫薄膜PVA(Polyvinyl Alcohol, 聚乙烯醇), 尺寸為297mm*210mm, 厚度約為0.1mm。
- 3.活化劑
- 4.被印材: ABS, 厚度約0.572mm

(二)印刷機器

表3-4半自動網版印刷機

機種	平台式單色網版半自動機器		
良晟PRINTEK LC-1200HFB			
項目	操作相對溫、濕度	印刷速度	印刷壓力
	23°C/50°	360 - 720 P/H	60g/cm2

(三)水轉印流程

- 1.活化: 以活化劑均勻噴塗於PVA薄膜表面, 使PVA薄膜上圖文活化成油墨狀態。
- 2.展膜: 將PVA薄膜圖文層朝上平放於水面, 等待薄膜伸展平整。(可用吹風機輔助使之平整)
- 3.轉印: 待PVA薄膜溶解後, 留下印墨浮於水面時, 將被印物沿其輪廓貼近水面之圖文層, 在水壓的作用下, 圖文層會慢慢的轉移到被印物表面。
- 4.水洗: 將被印物從水中取出, 用清水洗去殘留的薄膜, 水溫控制於35度以內。
- 5.烘乾: 使用烘乾設備機將ABS烘乾, 溫度控制在45度以內。

(四)測量儀器設備

濃度計: X-Rite 530 Series Spectrodensitometer

三、數據蒐集與測量

待120張PVA薄膜完全乾燥後全數進行水披覆轉印於ABS、瓷磚各56張, 再將不良品去除, 依兩種被印材分別以隨機抽樣方式抽取各30張樣本, 並使用X-Rite 530 Series Spectrodensitometer測量每一張印刷品特定區域之滿版濃度(100%)、四分之一階調(25%)、中間調(50%)、四分之三階調(75%)、印刷對比百分比(75%、100%)、印刷反差(75%、100%)、色差(Lab); 並用Kett LZ-990膜厚計測量每一張印刷品特定區域之滿版(100%)濃度等各項品質特性, 將所測得之數據紀錄並整理。

四、統計分析

本研究所使用之統計軟體為SPSS16.0版。研究主要之統計步驟為:

描述性統計(Descriptive Statistic)、相依樣本t檢定(Correlated Samples T test)、獨立樣本t檢定(Independent Samples T test)。

五、實驗流程

(一)網版印刷

1.設計實驗用之圖稿

設計符合尺寸15cmX17.5cm ABS之圖稿, 圖稿由幾何圖形之色塊組成; 並設計CMYK色塊色彩濃度10%~100%的色階圖, 用來量測轉印前後CMYK階調的濃度、色度變化。

2.裱貼

本研究中所採被印物為PVA, PVA薄膜較薄易產生捲曲變形, 故在基本製程外需將PVA薄膜裱貼於透明片上, 使其表面平整且具有高附著力。

3.網版製版

以底片50Lpi, 200網目之網布製版。

4.上機印刷

備妥實驗所需之PVA薄膜共120張、水轉印油墨等材料, 採網版印刷方式印製各60張樣本於PVA薄膜與磁磚上(兩種被印材), 總印刷數量為120張。

5.轉印前數據量測(PVA)

以濃度計量測所有PVA樣本上之(色度、滿版濃度等色彩表現能力), 以濃度計X-Rite 530 Series Spectrodensitometer測量。將數據分組匯整並歸檔

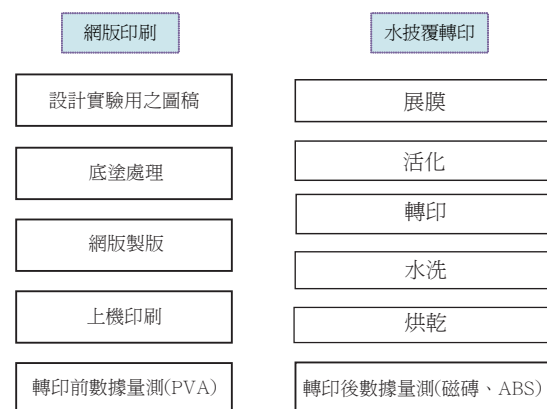


圖3-1: 研究架構圖

(二)正式印刷條件設定

- 1.室內溫度: 23 C
- 2.相對溼度: 50 C

(三)印刷機及乾燥機

- 1.機型：良晟PRINTEK LC-1200HFB
- 2.印刷色序：M-Y-C-K
- 3.刮刀材質：橡膠
- 4.刮刀硬度：75
- 5.刮刀角度：80
- 6.印刷速度：360 - 720 P/H
- 7.印刷壓力：60g/cm²
- 8.離版間距：6mm
- 9.乾燥設備：自動熱風乾燥機
- 10.乾燥時間：1m/min

(四)水披覆轉印

以網版印刷印製並測量完成的120份PVA薄膜樣本依被印材分成2組，每組各60份，在水溫30°C±2的水槽中，(PVA薄膜入水時間為30秒)全數進行水披覆轉寫印刷製程。

- 1.展膜：以活化劑均勻噴塗於PVA薄膜表面，使PVA薄膜上圖文活化成油墨狀態。
- 2.活化：將PVA薄膜圖文層朝上平放於水面，等待薄膜伸展平整。(可用吹風機輔助使之平整)
- 3.轉印：待PVA薄膜溶解後，留下印墨浮於水面時，將被印物沿其輪廓貼近水面之圖文層，在水壓的作用下，圖文層會慢慢的轉移到被印物表面。
- 4.水洗：將被印物從水中取出，用清水洗去殘留的薄膜，水溫控制於35度以內。
- 5.烘乾：使用烘乾設備機將ABS烘乾，溫度控制在45度以內。
- 6.轉印後數據量測(ABS)

將乾燥後的ABS樣本依上述分組分別以濃度計測量色度與滿版濃度值，將數據紀錄後分組匯整，本實驗使用統計軟體SPSS16.0版，將所匯整之數據作量化分析與探討，檢驗與探討網版塗佈厚度對水披覆轉印品質特性之影響。

肆、結論與分析**一、描述性統計**

本研究的數據採網版印刷，將水披覆轉印油墨印於PVA薄膜作載體，經水轉印於ABS及瓷磚上，以X-Rite 528測量其YMCK的滿版濃度、印刷反差、階調增值及Lab色域取得。

(一) 滿版濃度

一般而言，滿版濃度經常用來檢測印刷品品質的優劣，滿版濃度越高則越穩定，反之亦然。本研

究亦以滿版濃度量測數值做為測定印刷品質的重要指標。由表4-1可得，兩被印材於轉印後滿版濃度平均值都會有所降低，標準差變化則各有不同；又兩被印材轉印後的比較上，無論是平均數或標準差都為瓷磚高於ABS。

表4-1 兩被印材轉印前後滿版濃度之一般描述性統計

被印材		樣本數	平均數	標準差	最大值	最小值	
C	ABS	轉印前	30	2.0380	0.09535	2.15	1.68
		轉印後	30	1.9517	0.05712	2.06	1.82
	瓷磚	轉印前	30	2.0420	0.06206	2.12	1.86
		轉印後	30	1.9897	0.13482	2.13	1.55
M	ABS	轉印前	30	1.9833	0.06728	2.06	1.76
		轉印後	30	1.8700	0.04898	1.95	1.77
	瓷磚	轉印前	30	1.9793	0.07620	2.06	1.76
		轉印後	30	1.9397	0.10509	2.09	1.72
Y	ABS	轉印前	30	1.0263	0.00809	1.04	1.01
		轉印後	30	0.9280	0.01827	0.96	0.89
	瓷磚	轉印前	30	1.0260	0.00770	1.04	1.01
		轉印後	30	0.9620	0.02987	1.00	0.91
K	ABS	轉印前	30	2.2097	0.10101	2.40	2.04
		轉印後	30	1.9770	0.05808	2.09	1.87
	瓷磚	轉印前	30	2.2090	0.07416	2.38	2.05
		轉印後	30	2.0680	0.16046	2.24	1.80

(二) 印刷反差

印刷反差是印刷過程中用來檢定暗部階調表現的衡量依據，反差越高則階調層次越分明。印刷反差如表4-2，ABS與瓷磚於轉印後印刷反差平均值皆有所增加，但在M與Y色塊的印刷反差則為降低；兩被印材轉印後的比較則是ABS高於瓷磚。

表4-2 兩被印材轉印前後印刷反差之一般描述性統計

被印材		樣本數	平均數	標準差	最大值	最小值	
C	ABS	轉印前	30	0.3187	0.03213	0.37	0.27
		轉印後	30	0.4453	0.03730	0.52	0.36
	瓷磚	轉印前	30	0.3367	0.03100	0.37	0.25
		轉印後	30	0.3383	0.05855	0.50	0.24
M	ABS	轉印前	30	0.4197	0.05660	0.55	0.32
		轉印後	30	0.4460	0.09335	0.58	0.24
	瓷磚	轉印前	30	0.3433	0.04880	0.46	0.22
		轉印後	30	0.3383	0.05459	0.41	0.22
Y	ABS	轉印前	30	0.1243	0.02315	0.16	0.09
		轉印後	30	0.2130	0.06407	1.00	0.13
	瓷磚	轉印前	30	0.1073	0.01363	0.14	0.09
		轉印後	30	0.0983	0.05147	0.19	0.01
K	ABS	轉印前	30	0.1963	0.03567	0.25	0.13
		轉印後	30	0.3533	0.04802	0.43	0.26
	瓷磚	轉印前	30	0.1923	0.04023	0.28	0.12
		轉印後	30	0.2510	0.08499	0.39	0.06

(三) 階調增值

色相的變化受到階調增值的影響甚大，階調的增值會造成部分階調流失，因此，在本實驗中，亦以階調增值作為重要研究指標。本實驗又由於過網的過程，以及轉印過程導致少許網點流失或擴增，使其階調再現能力降低。表4-3（右圖）顯示為兩被印材轉印前後的網點擴大值統計量，其變化量各有不同，由於本實驗經過過網技術，以及轉印過程導致少許網點流失或擴增，使其階調再現能力降低。而轉印後兩被印材比較上，可得瓷磚網點擴增普遍高於ABS，只有在M與Y色塊有些不同。

二、假設檢定

本節將針對各個研究假設進行個別的檢定，採用相依相本T考驗以及獨立樣本T考驗檢定假設，顯著水準設定 $\alpha=0.05$ 。

1. 研究假設一

H0：在同一原稿、同一設備、同一量測儀器下，不同被印材在轉印前後色彩品質特性沒有顯著差異。

Ha：在同一原稿、同一設備、同一量測儀器下，不同被印材在轉印前後色彩品質特性有顯著差異。

(一) 滿版濃度

首先針對ABS與瓷磚轉印前後CMYK四色滿版濃度以相依樣本T考驗作檢定，檢驗在同樣原稿、設備、量測儀器下，其轉印前後四色的滿版濃度有無顯著差異。利用SPSS統計軟體的成對樣本T考驗 Paired Samples T test來檢測，顯著水準 α 值設定 0.05，所得結果如下。依據表4-4顯示，顯著性p值大致上 $\alpha=0.05$ ，因此可知兩被印材於轉印前後的數值均有明顯差異，轉印後的平均數值均高於轉印前，除了瓷磚的M色塊並沒有顯示出顯著差異，故應拒絕虛無假設H0： $\mu_1 = \mu_2$ ；而接受對立假設H1： $\mu_1 \neq \mu_2$ ，顯示瓷磚經轉印過後，其滿版濃度有顯著的差異。

表4-4 兩被印材轉印前後滿版濃度成對樣本檢定

滿版濃度	成對變數差異	t			顯著性(雙尾)		
		平均數	標準差	差異的95%信賴區間			
				上界		下界	
ABS	C	-.08633	.08896	-1.1955	-.05312	-5.316	.000
	M	-.11333	.06999	-1.3947	-.08720	-8.869	.000
	Y	-.09833	.02001	-1.0581	-.09086	-26.910	.000
	K	-.23267	.12097	-2.7784	-.18750	-10.534	.000
瓷磚	C	.05233	.14616	-.00224	.10691	1.961	.060
	M	.03967	.14540	-.01463	.09396	1.494	.146
	Y	.06400	.02908	.05314	.07486	12.055	.000
	K	.14100	.17920	.07409	.20791	4.310	.000

表4-3 兩被印材轉印前後網點擴大之一般描述性統計

被印材		樣本數	平均數	標準差	最大值	最小值		
C	ABS	25%	轉印前	30	0.1340	0.05230	0.26	0.06
			轉印後	30	0.1400	0.02779	0.21	0.10
		50%	轉印前	30	0.4440	0.07614	0.62	0.15
			轉印後	30	0.3857	0.03339	0.45	0.34
		75%	轉印前	30	0.8717	0.04009	0.97	0.79
			轉印後	30	0.7783	0.02842	0.81	0.71
	瓷磚	25%	轉印前	30	0.1230	0.04473	0.24	0.16
			轉印後	30	0.1760	0.02541	0.21	0.12
		50%	轉印前	30	0.4413	0.07361	0.62	0.15
			轉印後	30	0.4460	0.06610	0.59	0.34
		75%	轉印前	30	0.8650	0.03665	0.97	0.79
			轉印後	30	0.8520	0.02722	0.90	0.82
M	ABS	25%	轉印前	30	0.1627	0.03362	0.22	0.08
			轉印後	30	0.2237	0.04206	0.29	0.12
		50%	轉印前	30	0.2820	0.05068	0.40	0.16
			轉印後	30	0.3920	0.06065	0.51	0.32
		75%	轉印前	30	0.7890	0.05371	0.97	0.70
			轉印後	30	0.7460	0.03847	0.81	0.67
	瓷磚	25%	轉印前	30	0.2040	0.04461	0.36	0.14
			轉印後	30	0.1550	0.03919	0.21	0.08
		50%	轉印前	30	0.3747	0.07860	0.63	0.25
			轉印後	30	0.3710	0.08130	0.54	0.26
		75%	轉印前	30	0.8257	0.04539	0.93	0.75
			轉印後	30	0.8390	0.04029	0.93	0.80
Y	ABS	25%	轉印前	30	0.1107	0.05988	0.24	0.02
			轉印後	30	0.1520	0.03295	0.26	0.12
		50%	轉印前	30	0.5117	0.04308	0.61	0.44
			轉印後	30	0.4370	0.04977	0.57	0.36
		75%	轉印前	30	0.9010	0.01863	0.93	0.87
			轉印後	30	0.8157	0.05137	0.92	0.69
	瓷磚	25%	轉印前	30	0.0920	0.03167	0.18	0.05
			轉印後	30	0.0850	0.03730	0.12	0.02
		50%	轉印前	30	0.5317	0.01262	0.55	0.50
			轉印後	30	0.2680	0.07757	0.46	0.17
		75%	轉印前	30	0.9187	0.00819	0.93	0.91
			轉印後	30	0.9230	0.03914	0.99	0.84
K	ABS	25%	轉印前	30	0.1040	0.02647	0.17	0.06
			轉印後	30	0.1340	0.02207	0.20	0.10
		50%	轉印前	30	0.4110	0.02468	0.48	0.37
			轉印後	30	0.3667	0.03346	0.46	0.32
		75%	轉印前	30	0.9177	0.02501	0.96	0.84
			轉印後	30	0.8227	0.03423	0.88	0.74
	瓷磚	25%	轉印前	30	0.0973	0.01856	0.15	0.05
			轉印後	30	0.1780	0.05102	0.25	0.09
		50%	轉印前	30	0.3990	0.02107	0.44	0.36
			轉印後	30	0.4970	0.05402	0.57	0.39
		75%	轉印前	30	0.9317	0.01783	0.96	0.89
			轉印後	30	0.8760	0.03944	0.94	0.82

(二) 印刷反差

針對ABS與瓷磚轉印前後CMYK四色印刷反差以相依樣本T考驗作檢定，檢驗在同樣原稿、設備、量測儀器下，其轉印前後四色的印刷反差有無顯著差異，顯著水準 α 值設定0.05，所得結果如表4-5顯示，ABS顯著性p值大致上 $> \alpha=0.05$ ，故可知ABS於轉印前後CYK色塊的數值均有明顯差異，轉印前顯著低於轉印後，但M版並無顯著差異存在；而瓷磚則是印刷反差數值於轉印前後CMY色塊的數值均無明顯差異，而K版則有顯著差異存在，轉印前顯著低於轉印後。

表4-5 兩被印材轉印前後印刷反差成對樣本檢定

印刷反差		成對變數差異			t	顯著性(雙尾)	
		平均數	標準差	差異的95%信賴區間			
				上界			下界
ABS	C	.12667	.04943	.10821	.14513	14.035	.000
	M	.02633	.08672	-.00605	.05872	1.663	.107
	Y	.08867	.06715	.06359	.11374	7.233	.000
	K	.15700	.05621	.13601	.17799	15.298	.000
瓷磚	C	-.00167	.06226	-.02492	.02158	-.147	.884
	M	.00500	.07986	-.02482	.03482	.343	.734
	Y	.00900	.05604	-.01193	.02993	.880	.386
	K	-.05867	.10295	-.09711	-.02023	-3.121	.004

(三) 階調擴增

針對ABS與瓷磚轉印前後CMYK四色於25%、50%以及75%的階調擴增值以相依樣本T考驗作檢定，檢驗在同樣原稿、設備、量測儀器下，其轉印前後四色的階調擴增有無顯著差異。根據表4-6考驗值差異的持t值以及顯著性p值 < 0.05 ，且差異的95%信賴區間也未包含0看來，ABS於轉印前後階調擴增除了C版25%階調擴增無顯著差異外，其餘皆有顯著差異。瓷磚的變化則較大，於轉印前後階調擴增於CM版75%階調擴增有顯著差異，Y版則於50%有顯著差異，而K版則是25%、50%、75%有顯著差異，其餘都無顯著差異。

表4-6 兩被印材轉印前後階調擴增成對樣本檢定

階調擴增			成對變數差異			t	顯著性(雙尾)	
			平均數	標準差	差異的95%信賴區間			
					上界			下界
ABS	C	25%	.00600	.06642	-.01880	.03080	.495	.624
		50%	-.05833	.08781	-.09112	-.02554	-3.639	.001
		75%	-.09333	.05261	-.11298	-.07369	-9.717	.000
	M	25%	.06100	.05294	.04123	.08077	6.311	.000
		50%	.11000	.07883	.08057	.13943	7.643	.000
		75%	-.04300	.06154	-.06598	-.02002	-3.827	.001
	Y	25%	.04133	.07138	.01468	.06799	3.172	.004
		50%	-.07467	.07642	-.10320	-.04613	-5.352	.000
		75%	-.08533	.05412	-.10554	-.06512	-8.636	.000
	K	25%	.03000	.03686	.01624	.04376	4.458	.000
		50%	-.04433	.03569	-.05766	-.03101	-6.804	.000
		75%	-.09500	.04696	-.11253	-.07747	-11.081	.000
瓷磚	C	25%	.01300	.04411	-.00347	.02947	1.614	.117
		50%	-.00467	.10051	-.04220	.03286	-.254	.801
		75%	-.05300	.04735	-.07068	-.03532	-6.130	.000
	M	25%	-.01333	.06082	-.03604	.00938	-1.201	.240
		50%	.00367	.11458	-.03912	.04645	.175	.862
		75%	.04900	.06738	.02384	.07416	3.983	.000
	Y	25%	.00433	.03919	-.01897	.01030	-.606	.549
		50%	.26367	.07595	.23531	.29203	19.014	.000
		75%	.00700	.04942	-.01145	.02545	.776	.444
	K	25%	.05567	.05211	.03621	.07512	5.851	.000
		50%	-.09800	.04916	-.11636	-.07964	-10.919	.000
		75%	-.08067	.05489	-.10116	-.06017	-8.049	.000

2. 研究假設二

H0：在同一原稿、同一設備、同一量測儀器下，不同被印材在轉印後不同被印材之間色彩品質特性沒有顯著差。

Ha：在同一原稿、同一設備、同一量測儀器下，不同被印材在轉印後不同被印材之間色彩品質特性有顯著差。

(一) 滿版濃度

表4-7為ABS和瓷磚兩被印材滿版濃度的獨立樣本T考驗統計的結果。在此表中依變項為滿版濃度CMYK，自變項為被印材ABS與瓷磚，又ABS的有效樣本數為30，瓷磚的有效樣本數為30。根據表4-7考驗值差異的t值以及顯著性p值 < 0.05 ，且差異的95%信賴區間也未包含0看來，轉印過後兩被印材的滿版濃度值於MYK色塊則為瓷磚被印材顯著高於ABS被印材在，但在C色塊並無顯著差異。

表4-7 滿版濃度獨立樣本組別統計量

滿版濃度	平均數相等的 t 檢定					
	t	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準誤差異	差異的 95% 信賴區間	
					上界	下界
C	-1.422	.163	-.03800	.02673	-.09207	.01607
M	-3.297	.002	-.06967	.02113	-.11235	-.02698
Y	-5.318	.000	-.03400	.00639	-.04685	-.02115
K	-2.921	.006	-.09100	.03116	-.15416	-.02784

(二) 印刷反差

表4-8為ABS和瓷磚兩被印材印刷反差的獨立樣本T考驗統計的結果。在此表中依變項為印刷反差CMYK，自變項為被印材ABS與瓷磚，又ABS的有效樣本數為30，瓷磚的有效樣本數為30。根據表4-8考驗值差異的t值以及顯著性p值 <0.05 ，且差異的95%信賴區間也未包含0，可知轉印過後兩被印材的印刷反差值在四色皆為ABS被印材顯著高於瓷磚被印材，故應拒絕虛無假設 $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ，而接受對立假設 $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ ，得兩被印材的印刷反差值有顯著的差別。

表4-8 印刷反差獨立樣本組別統計量

印刷反差	平均數相等的 t 檢定					
	t	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準誤差異	差異的 95% 信賴區間	
					上界	下界
C	8.442	.000	.10700	.01267	.08163	.13237
M	5.453	.000	.10767	.01974	.06794	.14739
Y	7.643	.000	.11467	.01500	.08463	.14470
K	5.742	.000	.10233	.01782	.06646	.13821

(三) 階調擴增

表4-9為ABS和瓷磚兩被印材於25%、50%、75%階調擴增獨立樣本T考驗統計的結果。在此表中依變項為25%、50%及75%的階調擴增CMYK，自變項為被印材ABS與瓷磚，又ABS的有效樣本數為30，瓷磚的有效樣本數為30。根據表4-9考驗值差異的t值以及顯著性p值，可知轉印過後兩被印材的階調擴增值各有不同。在C和K色塊皆為瓷磚顯著高於ABS被印材；而Y色塊則是25%與50%均為ABS被印材階調擴增顯著高於ABS，75%則反之；M色塊則為25%時ABS高於瓷磚被印材，50%時無顯著差異，75%則為瓷磚高於ABS。根據以上分析，就兩被印材於轉印後比較而言，大致上均有顯著差異，而接受對立假設 $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ 。

表4-9 階調擴增獨立樣本組別統計量

階調擴增		平均數相等的 t 檢定					
		t	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準誤差異	差異的 95% 信賴區間	
						上界	下界
C	25%	-5.236	.000	-.03600	.00687	-.04976	-.02224
	50%	-4.462	.000	-.06033	.01352	-.08760	-.03306
	75%	-10.255	.000	-.07367	.00718	-.08805	-.05929
M	25%	6.542	.000	.06867	.01050	.04766	.08968
	50%	1.134	.261	.02100	.01852	-.01607	.05807
	75%	-9.144	.000	-.09300	.01017	-.11336	-.07264
Y	25%	7.374	.000	.06700	.00909	.04881	.08519
	50%	10.044	.000	.16900	.01683	.13532	.20268
	75%	-9.103	.000	-.10733	.01179	-.13094	-.08373
K	25%	-4.336	.000	-.04400	.01015	-.06452	-.02348
	50%	-11.234	.000	-.13033	.01160	-.15365	-.10701
	75%	-5.593	.000	-.05333	.00954	-.07242	-.03425

伍、結論與建議

一、研究結論

(一)網版印刷水披覆轉印後之滿版濃度、階調增值(50%)、色差、印刷反差等，都依轉印前(PVA薄膜上)之色彩特性呈現規律的變化，本研究發現，網版印墨轉印時會受活化劑影響色彩鮮銳度，因此，兩被印材的平均數在轉印過程中有些許的降低。相形之下，網版印刷成本低，水披覆轉印技術新穎，創造許多商機，使得網版印刷應用於水披覆轉印技術更加具有持續發展之優勢。

(二)經假設檢定驗證，以網版印刷200lpi，底片50lpi印製PVA水轉印薄膜，其網版印刷後之滿版濃度、印刷反差以瓷磚高於ABS；而階調增值在25%及75%的情況ABS略高於瓷磚，在50%則為ABS明顯低於瓷磚。

(三)經假設檢定驗證，以網版印刷200lpi，底片50lpi印製PVA水轉印薄膜，再水披覆轉印至被印材料ABS上，其水披覆轉印後之滿版濃度、印刷反差仍皆以瓷磚最高；而在階調擴增方面以ABS表現最穩定。

(四)經假設檢定驗證，以網版印刷200lpi，底片50lpi印製PVA水轉印薄膜，再水披覆轉印至被印材ABS上，其轉印前後之滿版濃度、階調擴增、印刷反差皆有明顯差異，而水披覆轉印的專家也表示一般水披覆轉印專用之凹版印墨或網版印墨在活化後，受到活化劑的影響，使得轉印後印墨色彩鮮豔度降低，但本實驗之網版印墨轉印後，色彩鮮豔度些微降低，因此認定以網版印墨印刷結合水披覆轉印之模式是需要修正改進的。

二、研究建議

(一)在網目選擇方面，本研究使用網目200 lpi，底片50lpi印製PVA水轉印薄膜，優點是可以印製出網點，缺點是網目數高，造成10%網點印製不全，因此改善方法，建議可以選擇網目數175lpi或150lpi，如此一來，可以解決10%網點不能過網的問題。

(二)在油墨選擇方面，本研究由於財 與物 的限制，由廠商贊助之油墨來印製PVA水轉印薄膜，印製過程中發現，油墨乾燥快速，建議後續研究者，能選用乾燥速度稍緩之油墨，使得在印製PVA的過程中不會一直出現塞版的問題，延緩研究的時間。

(三)經本研究探討，結果指出由於PVA水轉印薄膜材質薄且軟、挺度也較低，如果使用網版印刷機印刷，必須將PVA薄膜裱貼於其它挺度較高的被印材料上，例如紙張或膠片，不然PVA薄膜會發生捲曲、皺摺，造成印刷上的問題。

(四)本實驗之被印材料選用厚度在500 μ m左右之ABS塑膠板，建議後續研究者如使用ABS塑膠板作為被轉印材料，則可選擇厚度與硬度更高者，方便轉印。

(五)本實驗使用ABS塑膠板、瓷磚作為被印材，而水披覆轉印的另一項特性是能夠對3D曲面之物體進 完美的包覆與塗裝，後續研究者可選擇曲面的被印材料，並做轉印後效果的探究。

參考文獻

1. 林啟昌(民65)。一般用紙的孔版印刷。五洲出版社，P.1~3。
2. 吳宗嶽(譯)(民75)。紙張油墨印刷學。徐氏基金會出版，P.166~171，237~241，248~249。
3. 陳政雄(民72)。網版印刷用途甚為廣泛具有發展潛力。網版特殊印刷總錄，印刷出版社印行，P.154。
4. 陳吉雄(民72)。孔版或絹版印刷的印刷工作，譯自：Printing Industry.網版特殊印刷總錄，印刷出版社印行，P.225~226。
5. 蔡永明(2005年6月)。數位印刷影像轉印品質研究。國立臺灣藝術大學應用媒體藝術研究所碩士學位論文，未出版，台北縣。
6. 王怡力(2009年1月)。數位印刷應用於水轉印之品質特性研究。國立臺灣藝術大學圖文傳播藝術研究所碩士學位論文，未出版，台北縣。
7. 潘炯丞(2008年6月)。從Material Award 看材料開發與應用趨勢。工業材料雜誌258期，取自：<http://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=7006>
8. 鄭松斌(2005年6月)。影響網印品質因素之探討。印刷科技第96期，中央印製廠。
9. 陳忠輝、莊萬歷(2006年12月)。印刷技術於3C塑膠材料塗裝之應用。印刷科技第102期，中央印製廠。
10. 徐宏文(2005年3月)。汽車方向盤水壓轉寫印刷之膜厚變異研究。2005中華印刷科技年報，P.45~55
11. 鐘越光(1980)。高分子化學概論。大中國出版社。
12. Water transfer printing.(n.d.),Retrieved Febuary 14, 2009, from http://www2.net-door.com/~gvickery/W_T_P.html
- 13.(n.d.)Print Process Descriptions: Printing Industry Overview: Screen Printing. Retrieved December 22, 2008, from <http://www.pneac.org/printprocesses/screen/>
14. Paul A. Delabastita (Oct, 1992). Screening system and method for color reproduction in offset printing. United States Patent No.644, patent number :5155599.
15. Johannes Schoppmeyer (Aug, 1985).Screen systems for multicolor printing. United States Patent No.989, patent number : 4537470.
16. Raymond Defago Rfehen (Jan, 1972).TRANSFER PRINTING. United States Patent No.224, patent number : 3632291.
17. Charles F. Harris (Jul, 1988). Process for heat transfer printing. United States Patent No.803, patent number : 4758952.
18. Eisuke Arai (Oct, 1980).Transfer printing method. United States Patent No.853, patent number : 4229239.