



熱昇華轉印於排汗衫上之色彩品質特性研究

指導老師：陳昌郎老師

研究學生：陳亮宇、李玟萱
林珮瑜、古家寧

摘要

隨著數位影像化趨勢的成長，熱昇華轉印技術漸趨普及，熱昇華轉印技術是目前在織品市場印花布料的重要技術之一，但是在不適當之時間、溫度、壓力之下是無法得到最好的色彩品質。在沒有最佳數據之下印刷出品質不夠的織品時只會造成材料的浪費。本研究以平版印刷製熱昇華原稿，印製完成的熱昇華原稿進行色彩品質特性分析；再對被印材布料進行熱昇華轉印，並於轉印後對被印材布料進行色彩品質特性量測分析，將兩階段分析結果相互對照之下，選出在最佳溫度下與時間的組合，可達到熱昇華轉印的最佳效果，實驗結果提供給產、官、學、研界做為參考。

本研究之主要目的如下：

一、探討平版印刷所印製熱昇華原稿的印刷色彩品質特性（滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色差）

二、分析原稿與熱昇華轉印後布料的印刷色彩品質特性（滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色差）之差異

三、探討熱昇華印刷技術在不同熱轉印溫度下與時間的最佳對應關係

內文不分段，新細明體，10pt、首行左邊縮排7mm、與後段間距4mm齊行、末行靠左對齊。

關鍵字：熱昇華轉印、色彩品質特性

壹、緒論

一、研究背景與動機

隨著數位影像化趨勢的成長，熱昇華轉印技術漸趨普及，熱昇華轉印是將人像、風景、圖案等任意圖片使用熱昇華墨水列印在彩色噴墨紙(或熱昇華專用噴墨打印紙)上，或普通墨水列印在膠膜熱轉印紙上，再經過熱轉印加熱設備在數分鐘內加熱到一定溫度，把紙上的圖案色彩逼真的轉印到將瓷器、玻璃、金屬、塑膠、棉紡織物等材質上的一種特殊印刷工藝。因此逐漸獲得消費者青睞。

熱昇華轉印雖然在色彩、觸感、牢固程度都有絕佳的表現，但是並不是所有織品都能夠用熱昇華轉印來印製圖案。還必須考慮到織品的耐熱度、平滑度等等之因素。

熱昇華的優點是目前在織品市場印花布料的重要技術之一。可是想要得到轉印的最佳效果除了被印材本身的表面特性、墨水與轉印紙的品質之外，轉印過程中機器的時間、溫度與壓力更是不可忽視的重要因素。在不適當的時間、溫度、壓力下是無法得到最好的色彩品質。溫度太低無法附著，太高則影像會量

開；壓力不夠時，顏色和纖維之間產生空隙不夠緊密。在沒有最佳數據之下印刷出品質不夠的織品時只會造成材料的浪費。因此，本研究在轉印時間、壓力、溫度之間的關係如果可以更深入探討以得到改進，印刷品質相對也會大大提升。

二、研究目的

在熱昇華轉印技術過程中，如要達到轉印之最佳效果，被印材之品質與機器之時間、溫度掌控均為重要因素，由於熱昇華轉印是加熱不經液態而直接氣化成為氣體，其加熱溫度影響整個轉印之品質，因此本研究以不同溫度來進行轉印，再由其轉印之結果來進行探討。本研究先以平版印刷製熱昇華轉印紙之原稿，對此原稿進行第一階段的印刷品質特性分析，並將其原稿進行熱昇華之轉印，其被轉印之布料則進行第二階段的印刷色彩品質特性量測分析。探討並驗證其不同溫度下對於熱昇華轉印之轉印品質，進而導出最佳印刷參數與材料特性組合，並將此製作程序予以標準化、數據化；可達到熱昇華轉印的最佳效果，實驗結果提供給產、官、學、研界做為參考。

本研究之主要目的如下：

- (一) 探討平版印刷所印製轉寫紙的轉印前印刷色彩品質特性（滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色差）
- (二) 分析原稿與熱昇華轉印後布料的印刷色彩品質特性（滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色差）之差異
- (三) 探討熱昇華印刷技術在不同熱轉印溫度的最佳對應關係
- (四) 電子檔案到布料之間色彩特性對應關係。

本研究以平版印刷印製熱昇華之紙張，再經由熱昇華技術對布料進行轉印，兩階段分別經由量測與分析，選出在最佳溫度下與時間的組合，可達到熱昇華轉印的最佳效果，實驗結果提供給產、官、學、研界做為參考。

三、研究的重要性

(一) 印刷業之發展趨勢

根據PrintCom/GAFA研究報告指出，印刷方式將隨市場與數位科技的發展而改變，2012年傳統平板印刷比率將下降至所有印刷類別的30%；數位印刷則會上升至30%，說明了印刷業的發展趨勢。

(二) 數位化的發展對於傳統印刷產業的影響

電子書、網路資源等數位化的出現為傳統印刷產業帶來很大的衝擊，現今的印刷業必須更加多元化、個性化，跳脫以往大量印刷與打版打樣的制式框架，創造出貼近生活與民眾的印刷品。個性化商品常見如：T-shirt、馬克杯等產品的廣泛出現，便說明了印刷市場的轉型，在個性化商品的背後，印刷轉寫技術扮演著很大的功臣，沒有以往的印刷限制，能夠在曲面及更多元的被印材上印刷，使印刷的可能性與發展性大大增加。

(三) 熱昇華轉印技術之流行趨勢

其中以速度快、方法簡易的熱轉印技術最廣為人知。熱轉印技術非常適合拿來做個性化商品的印製，不需要太精密的技術，有了機器與材料，即使是一般民眾也可自己進行熱轉印製。

現今還未有完整的熱轉印刷技術理論出現，熱轉印技術通常是由印刷師傅以豐富之經驗執行，對於一般想要接觸與認識熱轉印技術的民眾與學生來說，還未能有清楚的知識供參考。因此本研究希望透過實驗，來導出個性化商品常用之布料在熱轉印印製過程中最適當的時間參數，提供接觸熱轉印技術的一個管道，希望透過這項實驗所獲得的結果，進而增加大

眾對於熱轉印的認識與接觸，提升數位印製商品的發展。

四、研究流程



圖1-1 研究流程圖

五、研究架構



圖1-2研究架構

六、研究假設

H0：在同一原稿、同一測量儀器、同一數位印刷製程、同一被印材、同一時間（30secs.）、以不同溫度（160、170、180、190、200℃）印製熱昇華轉印，其印刷後滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色差等特性無顯著差異。

H1：在同一原稿、同一測量儀器、同一數位印刷製程、同一被印材、同一時間（30secs.）、以不同溫度（160、



170、180、190、200℃)印製熱昇華轉印，其印刷後滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色差等特性有顯著差異。

六、研究假定

本研究將來之結果是在以下前提條件下成立：

- (一) 實驗製程在同一機器、同一溫濕環境下，以穩定、常規的狀態進行，因此假定實驗品質不會受到印刷製程、印機結構以及人員專業知識、技術、經驗和工作態度之影響。
- (二) 假定轉印機機的條件設定，以及當時實驗之環境溫濕度皆處於常態，因此不會影響到實驗的結果。
- (三) 由於被印材是委託廠商提供生產，本研究將要求廠商對於每批材料的穩定度加以控制，但生產過程中因不可抗拒之因素，每批材料的穩定性仍無法達到完全一致，因此假定每批材料的穩定性不影響實驗結果。

七、研究的範圍與限制

本研究的範圍與限制包括：

- (一) 本研究以Insta 228熱昇華轉印機做為實驗印製之設備。
- (二) 本研究對印刷之室內的濕度與溫度限制在相對溼度 $60 \pm 10\%RH$ ，溫度 $25 \pm 5^\circ C$ 。
- (三) 本實驗所使用的量測儀器，如濃度計，由於儀器已在國際上公開發表及銷售，因此測量儀器的信效度經過學界及業界認可，本研究不再做討論。
- (四) 檢測儀器所測量之數據誤差為不可控制因素，在校正後仍可能產生之誤差，本研究視為控制變數。

八、名詞解釋與定義

1. 熱轉印 (transfer printing)：熱轉印可分為熱壓與熱昇華兩種。熱壓轉印技術通過加熱與加壓，將圖文轉印到布料或皮革等材質上。傳統的熱昇華轉印是指透過網版印刷將熱昇華油墨印刷到紙或塑膠基材，將印好圖文的基材與布料重疊在一起加熱、加壓或減壓，基材上的染料就會變成氣霧狀態昇華轉移於布料；除了布料還可以轉移到陶瓷、金屬等物品。(王怡力，2009)

2. 熱昇華 (thermal transfer printing)：熱昇華技術以連續色階輸出。連續色階是指以全色調最接近影像本身品質之方式輸出的技術，實現色調連續、顆粒度極小的圖像品質；熱昇華技術所輸出之圖像是連續色階以其每一像素能有自己的色彩濃度。熱昇華技術是利用熱昇華墨水加熱達到特定的溫度時，染料會由固態直接變成汽態的原理。此種汽態的染料能輕易的進入已被加熱放大的 polymer 的孔隙中，並待溫度下降後，染料再度還原成固態，同時 polymer 的表面孔隙關閉將染料夾持在 polymer 中形成影像，顏色均可完全的滲入轉印物的表面中。
 3. Polymer 合成透氣布：Polymer 合成透氣布，單層織法輕薄舒適，快速排出身體的熱氣，讓肌膚保持乾爽，質感輕、細緻、不易皺，特點是運動流汗過後，可以迅速排除汗水、回復乾爽。和純棉布料最大的不同，就是純棉會吸汗，但汗水會悶在衣服裡，一段時間才會蒸發；排汗布本身透氣佳，迅速將汗水排出、蒸發，所以特別適合運動或夏天易流汗時穿著。
 4. 滿版濃度 (Solid Ink Density, SID)：滿版濃度指的是印刷品上最高濃度，也就是滿版100%的印刷色塊測量出來的數值。濃度指的是被印材料吸收光線的能力，分透射與反射兩種，一般印刷品通常參考反射濃度 (Reflection Densitometer, D) 表現為主。網點擴大、印刷對比以及疊印能力等印刷特性均受滿版濃度影響。
 5. 疊印 (Ink Trapping)：疊印指的是墨層接受另一墨層附著於其上，疊印能力通常指第二色印墨附著於被印材上第一色印墨的能力。受主要色彩的色相、墨膜厚度即疊印特性影響。疊印數值是透過在第二色上使用的濾色鏡測量得來，一般而言，疊印率在75%~95%即為可接受範圍。常用的疊印色序為K-C-M-Y與C-M-Y-K。
 6. 印刷對比 (Print Contrast)：印刷對比為暗部調反差的測量，是在印刷過程中判斷暗部階調層次豐富的重要指標。目的是為了確保暗部階調的層次是否糊掉，階調清晰。印刷對比是滿版色塊和四分之三階調 (通常為75%或80%階調) 濃度之比較。印刷對比值越高即代表印刷品的暗部階調越細、層次也越豐富。因此印刷對比成為客戶或是印刷技師評估印刷品值優劣的判斷重點。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)越厚的墨膜看似表示越大的滿版濃度，可以得到更大的印刷對比值，其實並不然。滿版濃度到一定值時，印刷對比值會不增反減。照常理來說，滿版濃度會隨著墨膜厚度的增加而跟著增加，可是其實當墨膜厚度增加到了一定程度時，滿版濃度並不會再增加。這是造就為何滿版濃度越高但是印刷對比值並不會越高的主因。通常最佳的印刷對比反而在滿版濃度70%~80%時。在印刷的過程中印刷對比更是重要不可或缺的注意事項之一。
- 印刷對比 (%) $(DS - D75) / DS \times 100\%$ DS代表滿版時的色彩濃度 D75代表75%版時的色彩濃度 (DeJidas, 1995)

7. 階調擴增 (Total Value Increase)：階調擴增，簡稱TVI或稱為Dot Gain。指檔案中設定之網點面積與印刷於被印材料上所測量出的網點面積差異，階調擴增太大時會使影像喪失細節或無法複製 (X-rite, 2003)。
8. 色差 (Color Difference)：色差是用來表示總色彩差別和建立定量色彩公差 (羅梅君, 1991)，通常以符號 E^*_{ab} 來表示，一般使用之模式有CIELAB、von Krise、Hunt、LLAB、ATD、RLAB等(Field, 1999)，在CIELAB色彩空間中L表示明度，a與b位於彩度軸上表示彩度，a為紅到綠的變化，b為黃到藍的變化，CIELAB色差公式為 $E^*_{ab} = [(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2]^{1/2}$ ，若色差值 E^*_{ab} 小於4為可接受範圍，大於8則表示色塊間有相當大的差異

表1-1 色差值與差異感受對照表

色差值 ΔE^*_{ab}	差異感受
0-0.5	微量
0.5-1.5	輕微
1.5-3.0	能感覺到
3.0-6.0	明顯
6.0-12	很大差異
12以上	截然不同

貳、文獻探討

一、熱轉印技術

(一) 熱轉印

熱轉印可分為熱壓與熱昇華兩種。熱壓轉印技術是以網版印刷與凹版印刷，將圖文印刷在熱轉印紙或塑膠基材上，通過加熱與加壓，將圖文轉印到布料或皮革等材質上。傳統的熱昇華轉印是指透過網版印刷將熱昇華油墨印刷到紙或塑膠基材，將印好圖文的基材與布料重疊在一起加熱、加壓或減壓，基材上的染料就會變成氣霧狀態昇華轉移於布料；除了布料還可以轉移到陶瓷、金屬等物品。(王怡力, 2009)

(二) 熱昇華

熱昇華技術以連續色階輸出。連續色階是指以全色調最接近影像本身品質之方式輸出的技術，實現色調連續、顆粒度極小的圖像品質；熱昇華技術所輸出之圖像是連續色階以其每一像素能有自己的色彩濃度。熱昇華技術是利用熱昇華墨水加熱達到特定的溫度時，染料會由固態直接變成汽態的原理。此種汽態的染料能輕易的進入已被加熱放大的polymer的孔隙中，並待溫度下降後，染料再度還原成固態，同時polymer的表面孔隙關閉將染料夾持在polymer中形成影像，顏色均可完全的滲入轉印物的表面中。

二、被印材介紹

(一) 熱轉印紙

可轉印於各類成衣、帽子、襪子、手提袋、運動用品、及特殊布種 (尼龍布、Neoprene、潑水布) 等，用途廣泛；可取代一般傳統的印花。

使用轉印紙轉印後，被印材經過洗滌變不再像之前傳統之膠膜轉印紙會產生撕裂無法復原之痕跡，熱昇華轉印紙表面塗了一層塗佈層，取代傳統之膠膜轉印之膠質，因此轉印後的影像更為清晰、轉印時間更快速、色彩更飽和。

利用熱轉印紙轉印，可促進熱昇華墨水完全昇華移轉到布料上，大量減少熱昇華墨水殘留在紙上的含量，正確還原顏色在被印材上。

(二) 排汗布

利用纖維表面的維細溝槽所產生的毛細現象，將肌膚表層的汗水經由蕊吸、擴散、傳輸等作用，迅速吸收發散至大面積使織物快乾，同時利用纖維透氣的特性，排出身體的熱氣，使肌膚保持乾爽。

排汗布的原理是透過物理性，讓汗或水能夠更快速的在布面擴散，來達到速乾的作用。布面結構在有風的時候透氣性較佳，若沒有風時則如同尼龍布，在陽光照射下會有灼熱感無法散熱，故會燥熱。

排汗布在冷房是絕佳的布種，因排汗布有吸濕後擴散而達到速乾的特性，身上汗水經由排汗布吸濕並快速擴散於布面而達到速乾，故保暖性較棉質好。因棉質需較長時間方能將布上濕氣及汗水排除，水碰上冷空氣會有冰涼感，當衣服濕冷就容易造成感冒。

排汗布是室外空曠處運動絕佳的布種如高爾夫、自行車，另冷氣房內的運動亦極適宜。若為中空紗製作的排汗布亦是冬季不錯的保暖內衣，中空結構可存放體熱，因此可增加保暖效果，但須注意靜電問題。

三、印刷品質色彩特性

(一) 滿版濃度 (Solid Ink Density, SID)

濃度指的是被印材料吸收光線的能力，分透射與反射兩種，一般印刷品通常參考反射濃度 (Reflection Densitometer, D) 表現為主。依ISO 12647-1 用語釋義：反射濃度是以10為底的反射係數倒數之對數。由此可知，反射係數愈小，濃度值愈高。許多研究報告指出，滿版濃度比其他因素更容易影響階調擴增值，Franz Sigg在1970年的TAGA會議上指出，階調複製曲線會隨著墨膜厚度而有所改變，滿版濃度愈高，中間調在濃度的增加上就愈多，網點擴大在中間調出現的情況也隨之增加，中間調愈濃密和暗部調間的對比就會愈加減少，如此一來，即使增加墨膜厚度 (Ink Film Thickness)，印刷成品也達不到預期表現，除此之外，中間調的色彩表現上也會偏暗 (廖俊超, 2011)。

所以印墨放墨量的多寡十分重要，些許變動階會影響印刷結果，印墨溫度或其他因素的變異會造成墨膜厚度的改變，進而影響網點擴大和疊印能力等印刷品質特性的表現 (Tritton, 1997)。墨膜厚度是印刷製程中極為重要的變項之一，必須適時調整，以補償其他變項如階調轉移和疊印之改變 (黃彥儒, 2010)。

滿版印墨色塊的濃度測量是透過印刷作業中墨膜



厚度的表現，網點擴大、印刷對比以及疊印能力等印刷特性均受滿版濃度影響，因此，在印刷過程中監控滿版濃度非常重要，尤其是針對不同被印材做印刷品質的比較時（“Print Quality Assessment”，2001）。

依據IDE 聯盟於2006 年修正的G7 法（Calibrating, Printing and Proofing by the G7™Method）以 ISO12647-2 標準之色彩座標值對應印刷濃度控制參考值，第1，2類型紙張的各色版濃度標準範圍分別為：黑版1.65~1.9，青版1.35~1.55，洋紅版1.35~1.55，黃版0.93~1.07（IDE Alliance, 2006）。

（二）疊印（Ink Trapping）

疊印指的是墨層接受另一墨層附著於其上的能力，疊印率常受滿版濃度、水墨平衡、紙張和印刷狀況影響（“Print Quality Assessment”，2001）。疊印率指的是第二色印墨附著於被印材上第一色印墨的能力。如果第一色印墨為乾的，其印刷過程稱為乾式疊印；若第一色油墨是濕的，則印刷過程稱為濕式疊印（廖俊超，2011）。由於印墨色相在不同印墨廠牌下有所差異，即使印墨和被印材料相同，墨膜厚度的不同亦可能造成色相的差異，因此，二次色和三次色的色彩均受主要色彩的色相和墨膜厚度影響，亦受其疊印特性影響（Tritton, 1997）。為便利疊印率的測量，控制導表上需有C、M、Y三色塊與R、G、B三套印色塊，在測量疊印時，必須先取得印刷色序資訊。印刷色序影響二次色的表現而影響套印結果，所以印刷色序的標準化是控制疊印重要的第一步（Tritton, 1997）。印刷色序一般可分為三種組合：Y-M-C-K、C-M-Y-K、K-C-M-Y（Field, 1988），傳統的印刷色序常用Y-M-C-K，但隨著黃色油墨不透明度降低，減少其在印刷上的影響，現今大部份印刷業者最常使用的印刷色序為K-C-M-Y與C-M-Y-K（黃彥儒，2010）。

疊印數值是透過在第二色上使用的濾色鏡測量得來，例如，當洋紅色為第二次色時，使用綠色濾色鏡來測量（Elder & Scarlett, 1995）。有許多公式皆可於計算疊印能力上，通常使用Preucil公式來計算疊印能力（Tritton, 1997），疊印測量原理圖及公式如圖2-1所示：



圖2-1 疊印測量原理

$$\text{Preucil公式：IT} = \frac{(D_{1+2} - D_1)}{D_2} \times 100\%$$

D_{1+2} ：套印色塊的濃度

D_1 ：第一次色的濃度

D_2 ：第二次色的濃度

疊印能力的理想目標為 100% 疊印，其測量出來

的疊印率數值愈高代表疊印能力愈佳，但因後印印墨附著於前印印墨失敗或其他許多物理因素影響，疊印很少能夠達到完美，換言之，套印濃度並不能夠等於獨立印墨濃度的總量，因此，一般而言，疊印率在75%~95%即為可接受範圍。

影響疊印率的因素主要為印墨的抗分裂性、墨膜厚度及印墨溫度等（Field, 1988）。現行印刷機主要採用濕式疊印作業方式，為使後印墨能順利附著於前印墨上，後印墨的抗分裂性必須低於前印墨，墨膜厚度也必須如抗分裂性一樣逐次遞減。在平板印刷中，部分的水會在印墨中乳化，降低印墨的抗分裂性，進而影響印墨在疊印上的表現（Tritton, 1997）。印墨的抗分裂性和墨膜厚度的穩定控制，能使疊印作業更加順利，因此從第一色印墨到最後一色印墨，墨膜厚度的逐步遞減是疊印中重要的一環，因為即使印墨的抗分裂性已適當控制，太薄的墨膜厚度依然會促使後印墨在套印上的失敗情形產生。許多印刷業者認定，墨膜厚度會影響疊印能力（謝顯丞，2003）。

（三）對比

印刷對比為暗部調反差的測量，是在印刷過程中判斷暗部階調層次豐富的重要指標。目的是為了確保暗部階調的層次是否糊掉，階調清晰。印刷對比是滿版色塊和四分之三階調（通常為75%或80%階調）濃度之比較。

印刷對比值越高即代表印刷品的暗部階調越細、層次也越豐富。因此印刷對比成為客戶或是印刷技師評估印刷品值優劣的判斷重點。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）越厚的墨膜看似表示越大的滿版濃度，可以得到更大的印刷對比值，其實並不然。滿版濃度到一定值時，印刷對比值會不增反減。照常理來說，滿版濃度會隨著墨膜厚度的增加而跟著增加，可是其實當墨膜厚度增加到了一定程度時，滿版濃度並不會再增加。這是造就為何滿版濃度越高但是印刷對比值並不會越高的主因。通常最佳的印刷對比反而在滿版濃度70%~80%時。

在印刷的過程中印刷對比更是重要不可或缺的注意事項之一。

（四）階調擴增

階調擴增值指的是原始印刷檔案和印刷完成品上網點面積的差異。在平板印刷上，階調擴增值已被印刷界認為是影響印刷品質最關鍵性要素之一（Hsieh, 1997）。油墨的量影響階調擴增值，而階調擴增值連帶影響了印刷對比……等色彩品質。

油墨厚度愈厚看似對比愈高，但其實並不然，過量的印墨會降低印刷對比，因為過量的印墨導致嚴重的階調擴增值情形（Southworth, M. & Southworth, D, 1989）。

階調擴增包括物理性網點以及光學性網點。物理性階調擴增指的是機械性網點面積的擴大，通常發生

在製版或是印墨和紙張特性改變時。光學性網點擴增則是被印材上內部反射和光線折射時所產生的階調擴增，可能發生在整個印刷過程或打樣時。

物理性網點擴增是機械性網點面積的擴大，沿著周圍而擴大，但也可能是印刷的缺失產生的不規則網點。發生在網片輸出製版過程或是印刷過程中，印墨與紙張特性的改變或其他印刷狀況（Southworth, M. & Southworth, D., 1989）。

光學性網點擴增是常因油墨的光線吸收特性和被印材的光線折射特性所造成的視覺現象。它會導致不同尺寸網點直徑一致的漲大。而網點的周長愈大，網點的面積增加也愈多，因此，最大的階調擴增發生在中間調的部份，就是接近50%網點面積的階調（Southworth, M. & Southworth, D., 1989）。

（五）色差

色差值為定義色彩之間的差異性，色彩三屬性為色相(Hue)、明度(Lightness)、彩度(Chroma)，色差值包含彩度、明度的差異性，因此色差適用於定義彩色印刷品的色彩變化(Tritton, 1997)。色差公式是指在相同環境下，將人眼於兩種色彩間的視覺差異，以量化形式表示的計算公式，常見的色差公式有CIELAB(CIE1976 L*a*b)、CIELUV(CIE1976 L*u*v)、CMC、CIE94、CIE2000等。國際照明委員會(Commission International de l'Éclairage, CIE)在1976年提出CIELAB色差公式作為色彩工業使用，在均勻色彩空間中，任何位置上兩點之間的距離長短，就代表這兩點所代表的色彩的色差大小，Morley(1975)提出CIE公式是所有色差公式中最可靠的一種，CIELAB色差公式主要使用在物體色(羅梅君，1991)。CIELAB即是作為計算色差的基礎，色差通常以符號 E 來表示(Field, 1999)。CIELAB(CIE1976 L*a*b)其公式如下：

$$E^*ab = [(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

表不同情況下色差值所代表的意義，值小於4是可接受的範圍，若大於8則表示色塊之間有相當大的差異。當印製特別色彩時，典型的色差值(E)寬容度範圍一般落在4-8(Green, 1999)。

表2-1 色差值及其所代表的意義

色差值(ΔE)	說明
0.5-2	不容易看出色差
2-4	色塊放在一起時可看出色差，尚可接受
4-8	色塊放在一起時可看出色差，且差異大
大於8	視覺上就可看出有相當大的差異

資料來源：“Color definition and measurement” ,by Kelvin Tritton, 1997, Colour Control in Lithography, p.35. Pira International.

（一）研究變項

1. 控制變項(Control Variable)

表3-1 控制變項表

項目	規格
熱昇華轉印機	Insta228轉印機規範
熱昇華轉印時間	每張30秒
熱昇華原稿	InkTec 原裝進口熱昇華專用轉印紙
平版印刷機	海德堡Speedmaster SM 74平版印刷機
平版印刷機速度	4000-17000張/小時
被印材規格	吸濕排汗布21x9.7公分

2. 獨立變項(Independent Variable)

五種溫度：160、170、180、190、200度C

3. 依變項(Dependent Variable)

熱昇華轉印所探討印刷品質特性

滿版濃度

階調擴增

印刷對比

疊印能力

色差

（一）研究架構



圖3-1 實驗架構圖

二、實驗流程

本研究主要目的為探討在最佳溫度下與時間之配合，可達到熱昇華轉印之最佳效果，以平版印刷印製熱昇華原稿，在第一階段探討熱昇華原稿的印刷品質特性；在第二階段，將原稿利用熱昇華轉印技術，對被印材布料進行熱昇華轉印，最後對轉印完成的被印成品進行印刷色彩品質特性（滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色域、色差）量測與探討，得到兩階段的結果，再彼此分析比對出最佳化的組合。其實驗流程圖圖3-2所示：

參、研究方法與步驟

一、實驗變項與架構



圖3-2 本研究流程圖

(一) 實驗用之電子原稿

本研究使用的電子導表主要參照美國印刷科技協會(Graphic Arts Technical Foundation, GATF)的數位測試導表做修改，以作為品質特性分析的依據。導表內容包含一般階調面積百分比(K、C、M、Y四色)、滿版濃度色塊、色彩品質測試導表、印刷反差(80%)、亮部調、暗部調與人像參考圖片、解析度等標準測試導表。使用Adobe Photoshop Software for Windows以及Adobe Illustrator Software for Windows軟體製作實驗用電子原稿。原稿尺寸設計為A4：29.7公分×21公分(如圖3-3)。



圖3-3 實驗電子原稿



圖3-4 各式導表位置說明

以下是本研究電子導表原稿之中各種導表之說明，分別是一般階調百分比、疊印控制測試色塊、色彩品質導表、解析度、色彩階調豐富之標準影像參考圖檔。

4. 一般階調百分比(本實驗已10%間隔為主，80%作分析)

K、C、M、Y四色，每一階調間隔5%(包含5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85%、90%、95%、100%)的網點百分比之測試導表(如圖)。本研究使用此導表進行網點面積百分比、階調擴增、印刷對比(80%)等分析。



圖3-5一般階調百分比

5. 疊印控制測試色塊

此導表主要測量R、G、B疊印能力，包含C、M、Y、K、R、G、B、3K色塊(如圖)，其中C=100%、M=100%、Y=100%、K=100%，R=M+Y、G=C+M、B=C+Y、3K=C+M+Y，疊印能力為測量第二色油墨轉移至第一色油墨上附著能力。



圖3-6疊印控制測試色塊

6. 色彩階調豐富性之標準影像圖檔

左邊為暗部色調圖像，用來觀察暗部色調之色彩複製的表現；中間為亮部色調圖像，用來觀察亮部色調之色彩複製與表現；右邊為人像圖像，可觀察膚色之色彩複製與表現，如圖3-7所示。



圖3-7色彩階調豐富性影像

7. 印製成品與量測

測量平版印刷完成之被印成品之色彩品質特性，以X-rite 530測量滿版濃度藉以分析印刷對比、疊印能力、階調擴增、色差等色彩品質特性。

原稿與被印材之準備

熱昇華原稿：InkTec 原裝進口熱昇華專用轉印紙

排汗布：吸濕排汗布21×9.7公分

測量原稿色彩品質特性

測量呈現於被印透明基材上之印刷品質特性，以 X-rite 530 測量其滿版濃度、網點百分比…等。

熱昇華轉印

使用 Insta228 熱昇華轉印機規範，時間設定為 30 秒/張，並分別以五種溫度 (160、170、180、190、200) 來進行熱昇華轉印。

測量被印材色彩品質特性

測量熱昇華轉印完成之被印材之色彩品質特性，以 X-rite 530 測量滿版濃度藉以分析印刷對比、疊印能力、階調擴增、色差、色域、等色彩品質特性。

數據比較與分析

以 SPSS 及 Excel 統計軟體，對轉印原稿與其轉印後所測得之變項數據進行紀錄、彙整後，開始量化分析與探討，找出溫度與所選之被印材間最佳的組合。

三、實驗工具

(一) 實驗設備

1. 熱昇華轉印機 Insta228



圖3-8 熱昇華轉印機 insta228

資料來源：<http://blog.jotopaper.com/tag/even-time/>

2. 平版印刷機



圖3-9 海德堡 Speedmaster SM 74 平版印刷機

資料來源：<http://www.heidelberg.com>

(二) 實驗耗材

1. 熱昇華油墨與紙張：InkTec 熱昇華印刷專用油墨與 100 磅道林紙
2. 排汗布：吸濕排汗布 21×9.7 公分

(三) 實驗測量儀器

1. 反射式濃度計 X-Rite 530 (如圖 3-10)

使用色相誤差和灰度功能的測量濃度、網點、光擋、列印反差等導表，檢查印刷過程中的墨水濃度一致性，印刷密度儀對於四色印刷可在運行過程中幫助確定所應進行的印刷調整。本研究使用濃度計測量一般階調百分比各色塊之濃度值，用以分析網點面積百分比、階調擴增值、色彩對比等。



圖3-10 X-Rite 518 反射式濃度計

資料來源：X-Rite 530 Color Reflection Spectrophotometer. (n. d.). Specification Sheet. X-Rite. Retrieved December 20, 2007, from http://www.xrite.com/product_overview.aspx?ID=14&Action=Specifications

(四) 軟體設備

1. Microsoft Word 2007 Software for Windows
2. Microsoft Excel 2007 Software for Windows
3. SPSS 18.0 Software for Windows
4. Adobe Photoshop Software for Windows
5. Adobe Illustrator Software for Windows

四、樣本量測

本實驗將委託廠商合作生產的轉印原稿，以平版印刷後，只保留穩定供墨的印刷品，再由其中以系統隨機抽樣 (Systematic Random Sampling) 75 張的方式，再依各種溫度做各 15 份樣本量測 (如表 3-2 所示)；使用反射式濃度計 X-Rite 530 檢測儀器測量樣本之色彩品質特性 (滿版濃度、階調擴增、印刷對比、網點擴大、色差、色域) 等特性，並將測得之數據於統計軟體中記錄儲存。

表3-2 實驗樣本數量表

	被印材 (代號)	轉印溫 度(代 號)	代號	平版印刷 樣本數	原稿抽樣 樣本數	抽樣數
組合1	W(排汗衫)	A (160)	W-A	800	300	15
組合2	W(排汗衫)	B (170)	W-B		300	15
組合3	W(排汗衫)	C (180)	W-C		300	15
組合4	W(排汗衫)	D (190)	W-D		300	15
組合5	W(排汗衫)	E (200)	W-E		300	15

五、統計分析方法

本研究以SPSS及Excel統計軟體，對轉印原稿與其轉印後所測得之變項數據進行紀錄、彙整後，開始量化分析與探討，找出溫度與所選之被印材間最佳的組合。本研究使用描述性統計(Descriptive Statistics)、單因子變異數分析(One-way ANOVA Analysis of Variance)、單一樣本T檢定(One Sample T Test)以及成對樣本T檢定(Paired Samples T Test)等統計分析方法，檢驗與探討所選之被印材，以及五種溫度變化間之最佳熱轉印品質特性組合。

肆、結果與分析

以平板印刷製完成之熱轉印原稿紙張，全數進行色彩特性之量測，挑選出表現穩定的三百張後，系統隨機抽樣各15份(共75份)樣張，進行熱轉印至被印材排汗衫上的製程，再進行色彩品質特性量測，並輸入統計軟體進行分析，以描述性統計(Descriptive Statistics)、單因子變異數分析(One-way ANOVA Analysis of Variance)、單一樣本T檢定(One Sample T Test)統計分析方法，檢驗與探討，並列出圖表彙整。

一、滿版濃度

在各色版濃度表現上以200度進行轉印之組合的濃度明顯高於其他四種組合，因此以200度之組合進行轉印製程時，能得到較高的滿版濃度；反之，若以160度之組合印製則會得到較低的滿版濃度，如表4-1所示；由此可知，溫度高低影響著印墨轉移能力強度。

從轉印紙原稿轉印到被印材上後，四種組合的滿版濃度均明顯升高，因此能得知轉印後會增加各色版之濃度值，相較其色域亦較廣。

表4-1 轉印前後五種實驗組合滿版濃度平均數表

色別	轉印前後	160	170	180	190	200
K	紙	0.859				
	布	0.794	1.044	1.117	1.233	1.235
C	紙	0.606				
	布	0.499	0.693	0.762	0.883	0.919
M	紙	0.940				
	布	0.973	1.122	1.246	1.269	1.296
Y	紙	0.426				
	布	0.405	0.553	0.594	0.693	0.692

表4-2 轉印紙張與五種轉印實驗組合滿版濃度標準差表

色別	轉印前後	160	170	180	190	200
K	紙	0.007				
	布	0.03	0.04	0.06	0.04	0.04
C	紙	0.007				
	布	0.04	0.03	0.06	0.03	0.05
M	紙	0.005				
	布	0.05	0.03	0.04	0.02	0.08
Y	紙	0.003				
	布	0.05	0.04	0.03	0.07	0.03

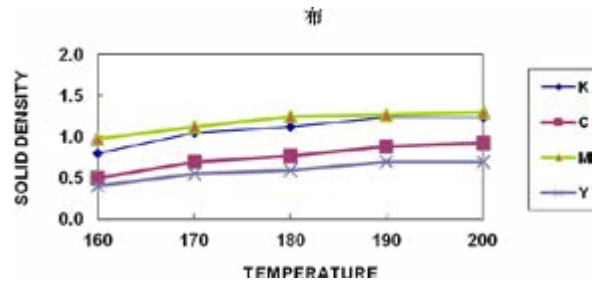


圖4-1 轉印後排汗衫布料滿版濃度

經由獨立樣本T檢定後，發現五種組合轉印前後滿版濃度各色版其顯著性除了160度外，皆達到 $*p<.05$ 的顯著性標準，且幾乎全數達到高度顯著性 $***p<.001$ ，表示各組合轉印前後滿版濃度有顯著差異(如表6所示)。另外，就色版而言，以K版與C版在印刷前後顯著性差異最大，在五個溫度組合間，皆達到 $*p<.05$ 的顯著性標準。

表4-3 轉印前後五種組合滿版濃度獨立樣本T檢定

色版	實驗組合	統計結果	160	170	180	190	200
K	轉印前-後	t	-6.40	20.7	14.98	-139.29	11.37
		顯著性	.000	.000	.000	.000	.000
C	轉印前-後	t	-8.57	2.34	9.60	-77.67	22.61
		顯著性	.000	.026	.000	.000	.000
M	轉印前-後	t	2.27	13.13	4.86	-206.62	15.96
		顯著性	.31	.000	.000	.000	.000
Y	轉印前-後	t	1.77	10.26	18.25	18.25	32.02
		顯著性	.88	.000	.000	.000	.000

接著對五種溫度組合做單因子變異數分析檢定，由表4-4可知，五種溫度組合間的各色版滿版濃度皆有達到 $***p<.001$ 高度顯著性，表是在熱轉印過程中，溫度的高低確實會影響轉印後的滿版濃度表現。

表4-4 轉印後五種組合間滿版濃度ANOVA檢定

色版	F值	顯著性
K	114.20	.000
C	164.26	.000
M	10.15	.000
Y	207.91	.000

二、網點面積

此實驗分五種溫度組合，下方分別以KCMY四色版做區別，進行五種組合與轉印前原稿紙張間網點面積關係的討論與分析：

(一)K色版網點面積

由下圖4-2可看出轉印前及五種溫度組合轉印後，在K版的階調網點面積之變化，轉印後K板上的網點面積百分比比較轉印前原稿紙上的網點面積百分比高，尤其是在中間調(50%左右)網點面積百分比升高幅度最明顯。而各溫度間在K版的階調網點面積之變化則是相差不大。

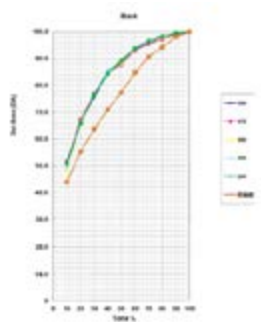


圖4-2 K色版原稿與五種轉印溫度組合間網點面積關係圖

(二) C色版網點面積

由下圖4-3可看出轉印前及五種溫度組合轉印後，在C版的階調網點面積之變化，轉印後C板上的網點面積百分比比較轉印前原稿紙上的網點面積百分比高，尤其在中間調以下(50%以下)網點面積百分比升高幅度最明顯。而五種溫度間，在階調60%前以160度的升高幅度為最大，200度升高幅度最小，階調60%後趨於相近。

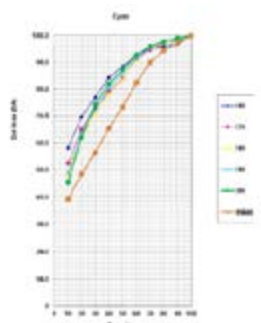


圖4-3 C色版原稿與五種轉印溫度組合間網點面積關係圖

(三) M色版網點面積

由下圖4-4可看出轉印前及五種溫度組合轉印後，在M版的階調網點面積之變化，轉印後M板上的網點面積百分比比較轉印前原稿紙上的網點面積百分比高，尤其是在階調20%~50%間網點面積百分比升高幅度最明顯。而各溫度間在M版的階調網點面積之變化則是相差不大。

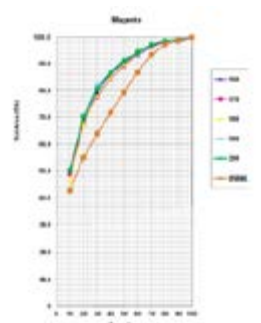


圖4-4 M色版原稿與五種轉印溫度組合間網點面積關係圖

(四) Y色版網點面積

由下圖4-5可看出轉印前及五種溫度組合轉印後，在Y版的階調網點面積之變化，轉印後Y板上的網點面積百分比比較轉印前原稿紙上的網點面積百分比高，尤其是在中在階調20%~50%間網點面積百分比升高幅度最明顯。而五種溫度間，在階調50%後190度與200度的升高幅度明顯較其他溫度大。

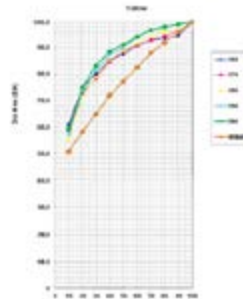


圖4-5 Y色版原稿與五種轉印溫度組合間網點面積關係圖

(五) 原稿紙與轉印後版調複製曲線

各色版經由五種熱轉印溫度組合與原稿紙張間的轉印前後相對網點變化如圖4-6所示。五種溫度間的轉印前後版調複製曲線在C版及Y版變化較為明顯。其中，C版方面在中間調以下差異較大；Y版在中間調以上差異較大，B版與M版在轉印前後則較為穩定。

圖4-6 四色版之轉印前到轉印後網點面積關係圖

三、階調擴增值(TVI)

圖4-7為四色版間轉印前原稿紙與五種溫度組合轉印後階調擴增比較圖，由圖中可明顯看出四色版的轉印後10~80%間階調擴增值與轉印前紙張10~80%間階調擴增值有明顯上升，其中又以10~40%間差異最高，由此可知，經過熱轉印製程會導致亮部階調擴增值偏高；另外，C版的間階調擴增值，五種溫度組合間可看出際大差異，可知C版的間階調擴增值較易受溫度影響，其他版則較為穩定。

圖4-7 四色版間轉印前原稿紙與五種溫度組合轉印後階調擴增比較圖

表4-5為轉印前後階調擴增值獨立樣本T檢定，檢定後得知五種溫度組合轉印前後各色版階調擴增值在30%~50%之顯著性皆達到*** $p < .001$ 高度顯著性，除200度之外，其他溫度組合在70%~90%範圍內，較不易達到顯著性，200度則是在10%~20%階調內不易達顯著。由此可推論，不同的轉印溫度，確實影響著轉印前後的階調擴增值表現差異。

表4-5 轉印前後階調擴增值獨立樣本T檢定

接著對五種溫度組合做單因子變異數分析檢定，由下表可知，五種溫度組合間的階調擴增值以Y和C版較有達到顯著性* $p < .05$ ，另外每一色版的10%皆有達到顯著性* $p < .05$ ，可知溫度造成的階調擴增值差異較易發生在Y和C版，以及10%階調的情況裡。換言之，轉印溫度所影響的階調擴增值表現，以Y和C版以及在10%階調中較為明顯。



表4-6 轉印後五種組合間階調擴增值ANOVA檢定

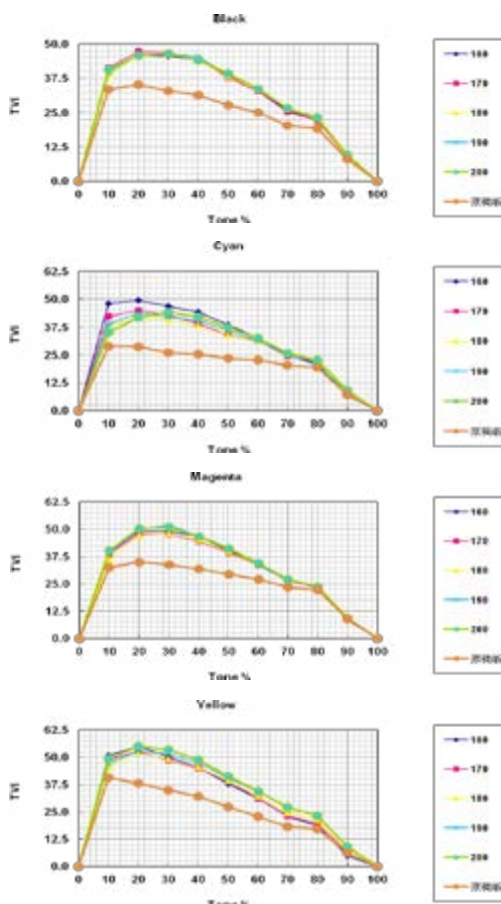
表4-7為轉印前後50%階調擴增值與ISO 12647-2、GATF 1999(平版)印刷品質規格之比較。可以明顯看出，經過熱轉印製程，五種熱轉印溫度組合的YMCK版50%階調擴增值高於兩種印刷品質規格許多，相較之下熱轉紙原稿則與印刷品質規格較為接近。由此可知，透過熱轉印的製程，印刷品會呈現高度的階調擴增值色彩特性表現。

表4-7 轉印前後與印刷品質規格50%階調擴增值比較

四、色差

(一) 轉印前後之色差值比較

表4-11排列出五種熱轉印溫度組合與轉印紙原稿的四色滿版色差，從表中可得知各組合與原稿之間在Y版之 E*值則介於6~31之間，在M版之 E*值則介於22~29之間，在C版之 E*值則介於9~23之間，在K版之 E*值則介於7~15之間，E*值顯示出在轉印後各組合與原稿之間的色彩表現差異以Y版差異最大，其次為C版，相較之下，在K版與M版的色彩表現



上差異較其他兩者小。

表4-8 轉印紙原稿與排汗衫之五種組合各色版色差值

五、疊印能力(Trapping)

表4-9顯示張頁平版印刷所列規格疊印率參考表；表4-10為本實驗轉印前後印刷疊印能力統計表；本實

驗疊印能力隨著轉印溫度升高，疊印能力也跟著上升，其中以R色疊印能力最為穩定，而 色的疊印能力表現則在180度後優於原稿紙。另外，在180度後的

	160				170				180				190				200			
色版	Y	M	C	K	Y	M	C	K	Y	M	C	K	Y	M	C	K	Y	M	C	K
顯著性																				
90%轉印前-後	.0	.3	.3	.1	.65	.00	.60	.02	.369	.002	.076	.001	.000	.665	.000	.000	.000	.000	.000	.000
80%轉印前-後	.2	.5	.4	.0	.61	.02	.00	.00	.000	.000	.000	.000	.961	.581	.000	.000	.000	.000	.000	.000
70%轉印前-後	.0	.0	.0	.0	.00	.00	.00	.00	.000	.000	.000	.000	.594	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
60%轉印前-後	.0	.0	.0	.0	.00	.00	.00	.00	.000	.000	.000	.000	.706	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
50%轉印前-後	.0	.0	.0	.0	.00	.00	.00	.00	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
40%轉印前-後	.0	.0	.0	.0	.00	.00	.00	.00	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
30%轉印前-後	.0	.0	.0	.0	.00	.00	.00	.00	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
20%轉印前-後	.0	.0	.0	.0	.00	.00	.00	.00	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
10%轉印前-後	.0	.0	.0	.0	.00	.00	.00	.00	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

印刷疊印能力表現，才有整體達到50%以上，180度以下的B色疊印能力明顯不足。

表4-9 印刷品質規格疊印能力標準

表4-10 轉印原稿與轉印後疊印能力

六、印刷對比(PC)

印刷反差是指滿版濃度與暗調濃度主要指75%或

色版	F值	顯著性
K_10	3.630	.01
K_20	.547	.702
K_30	.321	.863
K_40	.720	.581
K_50	.449	.773
K_60	.477	.752
K_70	1.23	.306
K_80	.553	.698
K_90	2.15	.184
C_10	4.878	.002
C_20	2.134	.086
C_30	2.539	.047
C_40	3.8	.007
C_50	3.587	.010
C_60	1.506	.210
C_70	.747	.564
C_80	.798	.531
C_90	4.797	.002
M_10	2.610	.043
M_20	.529	.715
M_30	1.878	.124
M_40	.797	.531
M_50	.948	.442
M_60	.931	.451
M_70	.809	.524
M_80	.643	.663
M_90	1.461	.223
Y_10	5.936	.000
Y_20	2.171	.081
Y_30	3.109	.021
Y_40	3.332	.015
Y_50	3.021	.023
Y_60	3.907	.006
Y_70	4.133	.005

80%濃度的對比。印刷反差值越大，其所能再現的層次就越多，暗調的細節越豐富；相反地，印刷反差值越小，其所能再現的層次也越少；本實驗使用80%濃度的對比值來比較分析，印刷對比越大，代表印刷在80%階調層次與滿版濃度之間的階調越豐富。

(一) 原稿紙與轉印後對比值

由表4-11可看出，在轉印之後，五種組合對

類 別		轉印前	轉印後					印刷品質規格	
		轉印紙 原稿	160	170	180	190	200	ISO 12647 -2	GATF 1999
50%	Y	27.25	37.72	38.88	39.12	40.39	41.41	22	19
	M	29.40	40.16	39.20	39.65	41.67	41.05	23	19
	C	23.51	38.44	33.98	33.84	36.11	37.34	23	19
	K	31.34	38.57	37.66	38.08	38.82	39.25	25	21

比普遍降低，總體來看，以190和200度此兩組合對比下降最顯著；而單看色版而言，則以Y版對比下降最為顯著，而C版最不顯著。由此可推測，熱轉印在色彩上會受到轉印溫度而降低對比，另外，在色版上，Y版最易受溫度影響其對比，反之，C版則最不容易受溫度影響其對比。

表4-11 轉印前後對比值(PC80)

伍、結論與建議

本研究主要為探討熱昇華應用於布上之影像品質，以熱昇華轉印機加熱進行熱昇華轉印的印製，對於印刷品質特性(滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊

色版	類別	L	a	b	△E*
Y	轉印紙	86.57	-2.19	36.9	
	布160	86.4	-8.19	34.14	6.61
	布170	84.5	-8.98	49	14.03
	布180	84.9	-8.78	56.04	20.31
	布190	83.95	-9.55	64.23	28.43
	布200	85.13	-9.92	65.87	30.02
M	轉印紙	51.6	41.28	6.83	
	布160	57.16	59.5	-4.75	22.29
	布170	52.16	66.79	1.6	26.05
	布180	51.4	69.29	4.81	28.08
	布190	49.84	68.3	5.3	27.12
	布200	50.92	67.85	6.43	26.58
C	轉印紙	64	-7.11	-21.86	
	布160	72.56	-11.65	-23.99	9.92
	布170	65.83	-15.14	-32.4	13.38
	布180	63.35	-16.2	-36.55	17.29
	布190	59.26	-16.52	-39.77	20.78
	布200	57.96	-15.9	-41.2	22.09
K	轉印紙	43.79	2.47	-0.89	
	布160	47.99	-2.85	-4.51	7.57
	布170	36.32	-2.85	-3.97	7.45
	布180	33.39	-2.14	-2.61	11.51
	布190	29.34	-0.47	-0.78	10.81
	布200	28.55	-0.17	0.07	14.72

印能力、色差)的影響，而本研究結論與建議如下。

一、研究結論

本研究為真實實驗研究法，研究目的分為三點，分別為1.探討平版印刷所印製熱昇華原稿的印刷色彩品

質特性(滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色差)；2.分析原稿與熱昇華轉印後布料的印刷色彩品質特性(滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色差)之差異；3.探討熱昇華印刷技術在不同熱轉印溫度下與時間的最佳對應關係，以下針對假

印刷品質規格	R	G	B
張頁平版印刷	70%	80%	75%
輪轉平版印刷	65%	75%	70%
非熱固型輪轉印刷	55%	65%	60%

設進行結論之說明。經過本實驗研究，利用熱昇華轉

	R	G	B
布160	65%	79%	63%
布170	68%	82%	65%
布180	70%	86%	68%
布190	74%	87%	71%
布200	79%	90%	75%
原稿紙	56%	73%	60%

印機以五種不同溫度轉印，其中以180℃顏色表現最佳，在影像品質部分將就滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色差進行討論：

- (一) 在本研究中，使用不同的顏色轉印後與電子原稿相比都有不小的差距，整體而言，滿版濃度、階調擴增值經由熱昇華轉印之後，各項數值都會提高，表現出鮮豔效果。
- (二) K版與M版在色彩表現差異上較Y版與B版來得小，疊印能力則隨著溫度上升而提高，其中以180℃轉印時的疊印能力表現較為明顯。
- (三) 印刷反差是指滿版濃度與暗調濃度主要指75%或80%濃度的對比。本實驗使用80%濃度的對比值來比較分析，轉印經過測量之後，五種溫度組合對

組合	K	C	M	Y
布160	6%	7%	7%	10%
布170	10%	7%	8%	10%
布180	9%	7%	8%	10%
布190	9%	0%	8%	4%
布200	0%	7%	8%	0%
紙原稿	20%	10%	9%	13%

比呈現下降之情況，因此推測熱轉印在色彩上會受到轉印溫度而降低對比。

二、建議

雖然熱昇華技術已應用在各式材質印製上，但實際上材質與溫度確切的組合仍需要多加嘗試，在生產過程中對品質的影響都上位有精確的數據可供參考，大部分的數據仍掌握在業者手中，在數位印刷蓬勃發



展之下，更需要參考的依據供民眾能自行少量印刷，來達到客製化的目的，因此得透過更多不同的實驗進行探討，也才能對與產業界有所助益。

參考文獻

1. 王怡力（2011）。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學系碩士班
2. 范軒綸、郭文貴（2005）。以O2前後處理分別對超微細纖維熱轉移印花建色性的影響。華岡紡織期刊第十二卷第二期，中國文化大學。紡織工程學系，pp. 194-205。
3. 柳永欣、郭文貴（2006）。超微細聚酯織物無版熱轉印色彩校正之研究。華岡紡織期刊第十三卷第四期，pp. 368-376。
4. 洪國倫（2010）。應用田口方法探討數位熱轉印製程最適化參數。國立臺灣師範大學圖文傳播學系碩士班。
5. 黃彥儒（2010）。不同塗布石刻紙張於平版印刷之印刷品質特性研究。國立臺灣藝術大學圖文傳播藝術學系研究所碩士論文。
6. 廖俊超(2011)。UV平版印刷在蒸鍍鋁紙上的印刷品質特性之研究。國立臺灣藝術大學圖文傳播藝術學系碩士班
7. 謝顯丞（2003）。台灣地區張頁式平版印刷產業特性及品質規格。台北：華藝數位實驗室。
8. Eldred, N. R. & Scarlett, T. (1995). What The Printer Should Know About Ink (2nded). Pennsylvania : Graphic Arts Technical Foundation.
9. Field, Gary G.. (2001). Color Essentials, Volume 1: Color and Quality for the Graphic Arts and Sciences. GATF.
10. Field, Gary G.. (1999). Color and It's Reproduction. Pittsburgh. GATF.
11. Tritton, Kelvin. (1993). Colour control in lithography. Pira International, 35.
12. Southworth, Miles & Southworth, Donna. (1989). Quality and Productivity in the Graphic Arts. Livonia, New York: Graphic Arts Publishing Co.