

# 科技部補助專題研究計畫成果報告 期末報告

## 數位噴墨印刷應用於模外轉印色彩品質特性之研究

計畫類別：個別型計畫  
計畫編號：NSC 102-2410-H-144-001-  
執行期間：102年08月01日至103年07月31日  
執行單位：國立臺灣藝術大學圖文傳播藝術學系（所）

計畫主持人：陳昌郎  
共同主持人：羅梅君

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：

1. 公開資訊：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢
2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現：否
3. 「本報告」是否建議提供政府單位施政參考：否

中華民國 103 年 10 月 31 日

中文摘要：模內轉印在部分條件上都有限制，像是彎曲度受限、只能模內轉印在塑膠件上、模具費用高以及不利少量生產等條件，相較之下模外轉印能轉印在塑膠或金屬、轉印過程準確對位、優良率高，但模外轉印(OMR)並不是取代模內轉印(IMR)製程，而是延續 IMR 製程的精神，多了新製程的選擇，使產品外觀設計更能彈性應用、發展出經濟與環保的產品。目前的市場趨勢越趨傾向開發個性化市場，因此本研究欲以數位噴墨印刷，應用其輸出列印不需製版、節省製程成本、時效縮短、同時圖文影像精細且又能創造個性化塗裝效果等特點，計畫將數位噴墨印刷結合模外轉印塗裝技術，經由國科會上期研究計劃可行性的實驗，能更進一步探討本實驗。為更深入的研究數位噴墨印刷應用於模外轉印製程，根據前 2 年度模內轉印可行性實驗的結果，以探討本研究模外轉印(一)噴墨印刷 PET 不同塗布薄膜印刷品質色彩特性(二)不同的印刷變項(覆蓋率、噴印次數、解析度等)(三)轉印後的色彩品質特性，透過嚴謹的實驗流程並量化的實驗量測與綜合分析，歸納出最適合的數位噴墨印刷方式以及轉印後最佳品質特性組合。

經研究分析可得如下結論：模外轉印當覆蓋率愈高，噴印次數愈低時，其滿版濃度愈高；在模外轉印至 ABS 材料後，其滿版濃度值均較轉印前高；覆蓋率越高，階調擴增值越大，轉印後四色階調擴增均為正值；轉印後印刷對比表現優異；轉印後色域在橙色與青色變化較大；經由本研究可得到原稿至成品間所呈現的色彩對應關係；以建立模外轉印個性化塗裝服務流程，提升國內數位噴墨印刷與模外轉印技術應用範圍提高其產品附加價值；更提供研究成果回饋產、官、學、研界，為產業帶來新契機。

中文關鍵詞：數位噴墨印刷、模外轉印、色彩品質特性

英文摘要：Outside Mold Roller (OMR) is a revolutionary printing process by which objects are 3-dimensionally decorated. The products decorated by Outside Mold Roller are protected from water and fading. What's more, these kinds of decorations strongly increase the beauty, desirability and value of the objects. Outside Mold Roller is now using Gravure Printing and Screen Printing to print PET film, however, there are still some problems with these two technologies. For example, the process of Gravure Printing is more complex and expensive. Screen Printing is cheaper but the process is also complex. These two forms of

printing are both unable to create personalized press work, while Digital Inkjet Printing can.

Therefore, this research is to investigate the potential use of combining Outside Mold Roller and Inkjet Printer in 3-dimensional decoration. The independent variables are inkjet printer dot per inch (720dpi and 1440dpi), pass (8pass, 16 pass, 32 pass) and coverage (100% and 120%), then printed to the substrates. In each combination, 200 samples will be selected to transfer printed products which will be examined for print quality attributes (color difference, SID, TVI and PC) of the Outside Mold Roller to find out the best composition of color and the best print quality. This study is a true experimental research. Study results found that when the higher coverage and the lower pass of inkjet printing, the SIDs will become higher as well. When transferred to ABS, SIDs in each combination will increase. The higher coverage printed, the higher TVI. After transferred into print contrast, each combination of PC is great. When transferred to ABS, color variances of each combination are different from orange and cyan color. The relationship of tone reproduction curve from original to ABS can be found and created.

Additionally, this study is expected to develop personalized printing service, broaden the usage of Digital Printing, Inkjet Printer and Outside Mold Roller technology and be beneficial to those industry managers, government officers, and academics of the related field.

英文關鍵詞： Outside Mold Roller, Digital Inkjet Printing, Color Print Quality Attributes

# 科技部補助專題研究計畫成果報告

(期中進度報告/ 期末報告)

## 數位噴墨印刷應用於模外轉印色彩品質特性之研究

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 102-2410-H-144-001-

執行期間：102 年 8 月 1 日至 103 年 7 月 31 日

執行機構及系所：國立台灣藝術大學圖文傳播藝術學系

計畫主持人：陳昌郎

共同主持人：羅梅君

計畫參與人員：張瑀彤

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 1 份：

執行國際合作與移地研究心得報告

出席國際學術會議心得報告

期末報告處理方式：

1. 公開方式：

非列管計畫亦不具下列情形，立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現： 否  是

3. 「本報告」是否建議提供政府單位施政參考  否  是，\_\_\_\_\_（請列舉提供之單位；本部不經審議，依勾選逕予轉送）

中 華 民 國 103 年 10 月 28 日

# 目錄

目錄 .....	I
摘要 .....	II
Abstract.....	III
第一章 緒論 .....	1
第一節 研究背景與動機 .....	1
第二節 研究目的 .....	2
第三節 研究重要性 .....	3
第二章 文獻探討 .....	4
第一節 數位印刷 .....	4
第二節 紫外線(UV)噴墨 .....	6
第三節 轉印的種類 .....	10
第四節 模內/模外印刷 .....	11
第四節 印刷品質特性 .....	15
第三章 研究方法 .....	19
第一節 研究架構 .....	19
第二節 實驗變項 .....	20
第三節 研究設計 .....	21
第四節 研究材料與設備 .....	23
第四章 研究結果與討論 .....	26
第一節 紫外線(UV)噴墨轉印前 PET 模外轉印 .....	26
第二節 紫外線(UV)噴墨轉印後 ABS 模外轉印 .....	32
第三節 紫外線(UV)噴墨轉印前後之比較分析 .....	37
第五章 研究結論與建議 .....	43
第一節 研究結論 .....	43
第二節 研究建議 .....	44
參考文獻 .....	44

## 摘要

模內轉印在部分條件上都有所限制，像是彎曲度受限、只能模內轉印在塑膠件上、模具費用高以及不利少量生產等條件，相較之下模外轉印能轉印在塑膠或金屬、轉印過程準確對位、優良率高，但模外轉印(OMR)並不是取代模內轉印(IMR)製程，而是延續 IMR 製程的精神，多了新製程的選擇，使產品外觀設計更能彈性應用、發展出經濟與環保的產品。目前的市場趨勢越趨傾向開發個性化市場，因此本研究欲以數位噴墨印刷，應用其輸出列印不需製版、節省製程成本、時效縮短、同時圖文影像精細且又能創造個性化塗裝效果等特點，計畫將數位噴墨印刷結合模外轉印塗裝技術，經由國科會上期研究計劃可行性的實驗，能更進一步探討本實驗。為更深入的研究數位噴墨印刷應用於模外轉印製程，根據前 2 年度模內轉印可行性實驗的結果，以探討本研究模外轉印(一)噴墨印刷 PET 不同塗布薄膜印刷品質色彩特性(二)不同的印刷變項(覆蓋率、噴印次數、解析度等)(三)轉印後的色彩品質特性，透過嚴謹的實驗流程並量化的實驗量測與綜合分析，歸納出最適合的數位噴墨印刷方式以及轉印後最佳品質特性組合。

經研究分析可得如下結論：模外轉印當覆蓋率愈高，噴印次數愈低時，其滿版濃度愈高；在模外轉印至 ABS 材料後，其滿版濃度值均較轉印前高；覆蓋率越高，階調擴增值越大，轉印後四色階調擴增均為正值；轉印後印刷對比表現優異；轉印後色域在橙色與青色變化較大；經由本研究可得到原稿至成品間所呈現的色彩對應關係；以建立模外轉印個性化塗裝服務流程，提升國內數位噴墨印刷與模外轉印技術應用範圍提高其產品附加價值；更提供研究成果回饋產、官、學、研界，為產業帶來新契機。

**關鍵詞：**數位噴墨印刷、模外轉印、色彩品質特性

## **Abstract**

Outside Mold Roller (OMR) is a revolutionary printing process by which objects are 3-dimensionally decorated. The products decorated by Outside Mold Roller are protected from water and fading. What's more, these kinds of decorations strongly increase the beauty, desirability and value of the objects. Outside Mold Roller is now using Gravure Printing and Screen Printing to print PET film, however, there are still some problems with these two technologies. For example, the process of Gravure Printing is more complex and expensive. Screen Printing is cheaper but the process is also complex. These two forms of printing are both unable to create personalized press work, while Digital Inkjet Printing can.

Therefore, this research is to investigate the potential use of combining Outside Mold Roller and Inkjet Printer in 3-dimensional decoration. The independent variables are inkjet printer dot per inch (720dpi and 1440dpi), pass (8pass, 16 pass, 32 pass) and coverage (100% and 120%), then printed to the substrates. In each combination, 200 samples will be selected to transfer printed products which will be examined for print quality attributes (color difference, SID, TVI and PC) of the Outside Mold Roller to find out the best composition of color and the best print quality. This study is a true experimental research. Study results found that when the higher coverage and the lower pass of inkjet printing, the SIDs will become higher as well. When transferred to ABS, SIDs in each combination will increase. The higher coverage printed, the higher TVI. After transferred into print contrast, each combination of PC is great. When transferred to ABS, color variances of each combination are different from orange and cyan color. The relationship of tone reproduction curve from original to ABS can be found and created.

Additionally, this study is expected to develop personalized printing service, broaden the usage of Digital Printing, Inkjet Printer and Outside Mold Roller technology and be beneficial to those industry managers, government officers, and academics of the related field.

**Keyword :** Outside Mold Roller, Digital Inkjet Printing, Color Print Quality Attributes

## 第一章 緒論

### 第一節 研究背景與動機

隨著社會的進步（特別是 3C 與汽車裝飾產業快速發展），塑膠之用途與功能愈來愈多元化，消費者對於產品表面之圖案與質感要求不斷提高，各種生產技術與設備日新月異，新功能的產品以極快之速度上市，企業在生存競爭的壓力下，生產技術、成本及生產週期都面臨嚴重的挑戰，諸如提高產品品質、降低瑕疵品，減少加工製程、組裝時間、降低成本，成為企業爭取訂單、在市場上生存的必要條件。

模外轉印(Outside Mold Roller 簡稱 OMR)是將圖案文字印刷於透明薄膜後，採用高壓真空轉印，直接將圖文轉印於塑膠或金屬表面形成”立體塗裝”之新技術，在這過程中只需開立「一般射出模具」，不須再開立 IMD 特殊模具，甚至還可以省略以往的「IMD-IMF 高壓模具」，大幅節省模具成本 40~50%；OMD (Outside Mold Decoration)主要是以溫度和壓力共存製程，薄膜材料受熱及壓力的影響，使得塗層穩固轉寫或包覆到目標的，提升產品表面硬度與增加外觀圖文裝飾效果。

由於人類生活水準不斷提高，選購物品時除了講求實用性之外，更希望能夠兼有美觀的功能，「產品外觀的表現」等於「購買程度」(Anthony Tan, 2007)，因此，產品外觀設計與印刷愈來愈受到重視，各類塗裝技術紛紛出爐，許多原本大眾化、一致化的產品外殼，諸如：電腦周邊產品、手機、電視、冰箱、音響各類家電產品等，在經過 3D 立體模外轉印彩裝後，產品外殼防水、不褪色，兼具保護、美化、宣傳與增加商品附加價值的功能，因此能提高產品整體質感，創造更高的經濟價值。

精美的外觀設計還必須選對適當的印刷方式才能完美呈現，然而，目前大部分印刷版式只適合印製平坦表面，網版印刷(Screen Printing)術雖然可以印製二維曲面被印物，但一般常見的生活產品（例如：電視機殼、汽車內裝、手機外殼、球桿、燈具、洗衣機面版等）幾乎都設計成三維凹凸曲面，除了水披覆與模內、模外轉印之外，一般印刷版式皆無法製作；尤其目前大多數的產品，為了在外殼設計上求新求變，造型變化多端、複雜度高，容易於塗裝時形成死角；水披覆轉印與模外轉印能克服塗裝的死角問題，兩者皆屬於間接印刷，因其技術特性只要先在承載印墨的介質（如 PET 轉印薄膜、PVA）上印製圖像，再經由水轉印或利用模內、模外射出時轉印至被印材料，如此即完成外殼裝飾；使得承印物形狀不受限制，在材料種類選擇上也產生極大空間。水披覆相關轉印技術作者已陸續在前幾年，將其透過深入實作研究後發表多篇論文；本文乃嘗試利用相類似的印刷製程在更大 3C-3D 的市場上，以解決目前水披覆轉印所無法克服的相關問題。

模外轉印技術是目前市場上能在不規則物體上全面性印刷出最具質感及最佳效果的印刷方式，已在工業生產中得到廣泛使用。由於模外轉印技術應用領域寬廣、製程較水披覆轉印穩定、產品外觀漂亮逼真、經濟效益佳，因此逐漸受到許多廠商的青睞。而目前的模外轉印採用凹版印刷(Gravure Printing)或網版印刷印製 PET 轉寫薄膜，但凹版印刷製程複雜，成本較高，網版雖然成本較低，但同樣製程複雜，對產生高線數影像有所限制，印墨溶劑也有公害問題（蔡永明，2005），因此兩者並非最為適合應用在模外轉印之印刷方式。

如上所述，凹版與網版印刷應用於模外轉印時，仍有許多特性問題值得改進；而在所有印刷版式當中，數位噴墨印刷(Digital Inkjet Printing)可印精密彩色產品，無須製版、兼容性強、易於操作且印刷效果精美，將傳統印製流程簡化，排版時



圖文更改十分便利，過程簡便快捷、不用像傳統印刷那樣需要重新輸出、分色、打樣、晒版，也沒有任何材料損耗；由於省去製版流程，使印量較不受限制，從一份到幾千份皆適用；美國印刷工業—印刷科技基金會（PIA/GATF, The Printing Industry of America / Graphic Arts Technical Foundation）在 2009 年發表的美國印刷市場分析報告，如表 1-1 所示，可以發現以往傳統的平版、網版及凹版在未來的市場中所佔的比例是越來越低，而數位印刷在市場中將越來越重要，估計在 2013-2016 年的美國印刷市場中將會有高達 31% 的市場佔有率。

表1-1 2007-2016美國印刷市場分析表

印刷版式	2007	2008	2009	2010	2011	2013-2016
各式平版	42	40	38	36	34	31
傳統平版	41	39	37	35	33	30
直接機上製版 DI	1	1	1	1	1	1
凹版	15	>14	<14	<13	<12	11
柔版	>21	22	23	24	24	21
網版與其他版式	>2	>2	2	<2	>2	<2
複合式印刷 Hybrid Presses	<3	>3	>3	4	<5	>4
數位印刷(VI)	>17	<18	20	>21	23	31
(%)	100	100	100	100	100	100

資料來源：PrintCom Consulting Group(2007). Media and Output Processes.

PIA/GATF 2007 Forecast: Technology, Trends, Tactics. GATF World, 19(1), p69.

基於數位印刷特性而發展出個性化印刷，數量隨意，可隨時加印或修改。未來外殼塗裝的使用需求一定愈來愈龐大，如將數位噴墨印刷快捷靈活之特性應用於模外轉印刷，將能縮短塗裝製程，產生更加精美的圖紋效果。因此，本研究主要是將前期模內轉印之成果，再加以擴充應用；透過數位噴墨印刷結合模外轉印的製作過程，將流程標準化，並以文獻分析及量化的實驗作為支持，導出最佳化特性組合；希望將研究成果回饋產、官、學、研界，為國內數位噴墨印刷與模外轉印技術的進步、印刷品質與顧客滿意度的提升以及市場的開拓等議題上帶來一些助益。

## 第二節 研究目的

由於模外轉印的應用愈來愈廣，目前市面上的模外轉印印刷廠多使用凹版或網版印製 PET 薄膜，然而凹版印刷技術應用在模外轉印上時會有製版費時且費用昂貴等問題，網版印刷則是製程較為複雜，又有油墨公害的疑慮；而數位噴墨印刷則無需製版、節省製程時間及成本、印製之圖文精細又能創造個性化塗裝效果；因此，本研究以數位噴墨印刷取代凹版以及網版印刷，在模外轉印製程中印製 PET 薄膜；探討並驗證數位噴墨印刷與模外轉印結合之可行性與印刷品質特性，進而導出最佳特性組合，並將此製作程序予以標準化、數據化。

為了更深入了解數位噴墨印刷應用於模外轉印製程的印刷色彩品質適性，本研究的主要目的如下：

- 一、分析以數位噴墨印刷應用於模外轉印之可行性分析。
- 二、探討以數位噴墨印刷的 2 種不同解析數(720dpi、1440dpi)、3 種噴印次數(8 次、16 次、32 次)、2 種油墨覆蓋率(100%、120%)印製經塗布之 PET 模外轉印薄膜，其噴墨印刷後之色彩品質特性(滿版濃度、網點面積、階調擴增、印刷對比、色差、色域)差異。
- 三、探討以數位噴墨印刷的 2 種不同解析數(720dpi、1440dpi)、3 種噴印次數(8

次、16次、32次)、2種油墨覆蓋率(100%、120%)印製 PET 模外轉印薄膜，再模外轉印至被印基料上，其模外轉印後之色彩品質特性（滿版濃度、階調擴增、印刷對比、色差）差異。

### 第三節 研究重要性

2005年哈佛商學院出版的暢銷書籍「藍海策略」中提到真正持久的勝利不在競爭求勝，而是創造「藍海」(Blue Oceans)——嶄新未開發的市場空間，逐步發展成熟(黃秀媛譯，2005)。該書作者莫伯尼(Mauborgne)稱這種策略為「價值創新」(Value Innovation)——創造重大價值，讓對手相形見絀，無法趕上。台灣的印刷產業在這最近幾年當中，市場上趨以價格競爭為本位，猶如在一池紅色海洋當中，因此印刷產業若要持續成長，也必須不斷創新以及開發市場，提供優良的印刷品質，滿足顧客需求，開創新技術服務，如此才能突破紅海，發展出一片藍海。而另一方面，政府目前積極推動的「挑戰2008：國家發展重點計畫」中，將藝術創意產業與數位化科技列為發展重點，並以2015年為終極目標作階段性衝刺。資策會產業支援處何文雄處長也提出：至2015年全球的創意經濟價值將成長至6兆美金，產業發展將邁向內容整合與創新價值(數位與文化創意論壇，2007)；綜合上述趨勢，以印刷產業的角度看來實為一大利基，例如模外轉印技術是目前市場上能在不規則物體上全面性印刷出最具質感及最佳效果的印刷方式，目前市場上愈來愈多的產品外殼以模外轉印塗裝而成，產生高品質與價值，由於模外轉印技術對於成型品在加工上有相當大的自由度，使產品設計有更寬廣的創意空間，因此也創造出相當可觀的市場。模外轉印可以印刷產業為基礎平台，藉由垂直與水平整合不斷滲透到各種建材產業、車輛產業，電子產業甚至資訊與IT產業。模外轉印所創造的市場價值以汽車內裝來說，若將曲面印刷業者自行開發外銷(如澳洲福特與通用)、開發售後服務市場(After Market)與其他電子、資訊、機車等產業的銷售金額結合(徐宏文，2005)；則整體市場當每年預估將會有200億台幣以上之商機。

本研究中使用的另一項印刷技術——數位印刷，因於本身數量隨意的特性，在PIRA International於2006年發佈的研究報告中指出，到2015年全球數位印刷市場的產值將達到1248億歐元，該篇報告的作者是印刷業專家Frank Romano，他更預測從2005年到2015年，數位印刷將佔到全球印刷總量的30%左右(Frank Romano, 2006)。本研究將數位光電印刷應用於模外轉印，欲創造更高品質、應用層面更廣的個性化商品，將研究結果提供給個性化產業、模外轉印以及數位印刷業者，期待三者匯流出一片藍海。

未來對於產品外觀設計一定愈來愈重視，外殼塗裝加飾的應用也愈來愈擴大，模外轉印技術對立體曲面外殼有極佳的塗裝功效，產品多為高單價之產品，比傳統印刷的附加價值高上許多，而本研究計畫以數位噴墨印刷取代凹版或網版印刷在模外轉印製程的角色，將能節省印刷製程與印刷成本，呈現更精細圖紋效果，對於數位噴墨印刷與模外轉印來說都是一項有利的結合與契機；並且在不需要汰換任何設備與材料的情況下，將數位噴墨印刷與模外轉印的範圍再擴大。

## 第二章 文獻探討

本研究為數位光電印刷應用於模外轉印之印刷品質特性研究，分別針對數位印刷的定義、特點、成像原理、應用現況以及發展趨勢作介紹；另外也介紹各轉印科技技術與印刷品質色彩特性，並凸顯出模外轉印在市場上漸漸取代其他轉印技術。

### 第一節 數位印刷

本研究將以數位噴墨印刷印製 PET 轉寫薄膜，將數位印刷與模外轉印結合，期望能開發個性化塗裝服務流程，因此，在本節中特別探究數位印刷的特性，又由於本研究將以 Mimaki 捲筒式平台 UV 噴墨(Ink Jet)能模擬印刷精美品質效果，茲分述如下。

#### 一、數位印刷的定義

數位印刷(Digital Printing)是指利用數位技術對文件、資料進行個性化處理，利用印前系統將圖文信息直接通過網絡傳輸到數位印刷機上印刷出產品的一種數位印刷技術(劉哲, 2006)。換言之，數位印刷是一種從創意到輸出印刷品之過程，藉由電腦且全程使用數位化格式，將檔案內容的資訊轉印在被印材上的一種印刷複製技術，其特色並沒有使用傳統印刷機的軋筒來加壓轉印，因此數位印刷主要所指的是非接觸的印刷(Non Impact Printing, NIP)或噴墨印刷(Inkjet Printing)。

數位印刷包含印刷、電子、電腦、網路、通訊等多個技術領域，是一種印量靈活、印刷產品種類多樣、個性化，儲存簡便，還能夠重複開啟或複製電子文件進行印刷的方式。數位印刷具有以下幾種特色：

1. 數位印刷過程是直接把數位文件轉換成印刷品。
2. 數位印刷最終影像的形成過程一定是數位化，不需要任何中介的模擬過程或載體。
3. 數位印刷的印件內容是可以改變的，也可以選擇不同材質的被印材料，出版時裝訂方式也可以不一樣。

#### 二、數位印刷的特點

數位印刷開始發展時，大都應用在文化出版印刷領域；近年來隨著科技的進步，與研究者的陸續加入，將其漸應用於包裝與工業印刷。數位印刷擁有以下特點，因此其營業額日增，逐漸成為近年印刷媒體的新趨勢：

(一) 易於操作：可透過網路將打樣效果傳給客戶，確認後就可以直接上機印刷。數位印刷接受目前各種電腦文件檔案類型，還可以遠距傳輸，展現便捷性。

(二) 縮短製程：對於客戶不滿意的部分能夠直接進行修改，透過標準導表檢測調整後，即可進行成品印刷，方便又快速；與傳統印刷版式相比，數位印刷省時，並降低了製作成本。

(三) 個性化印刷：數位印刷可以開發個性化市場，排版中圖片更改便利，印刷數量可以是一份，也可以是幾千份，每份的價格大致相同，不受一般印刷開版價格限制。

(四) 雙面同時印刷：數位印刷系統透過光柵處理器(RIP)可以同時完成雙面印刷，形成正反兩面共兩套四色印刷單元，將兩個不同的文件組合成正反兩面，一次完成雙面印刷。

(五) 適合於短版快速印刷：數位印刷系統工藝簡化，順應目前印刷業的小量、個性化、快速...等發展趨勢，最大的優點就是能夠進行可變式印紋的印刷，使依需印刷(Print On-Demand, 簡稱 POD)的需求實現，這種方式開發了傳統印刷所無

法企及的印刷市場。

### 三、數位印刷的成像原理

數位印刷系統有光電成像（如靜電）、噴墨、電凝聚成像、磁紀錄成像、離子沉積成像、光成像等方法。採用乾式光電成像系統的解析度可達 600~800dpi，採用液式印墨(Liquer Toner)的則可達數千 dpi。本研究將使用 HP Indigo Press 5000 數位印刷機，其成像原理即屬於液式電子式印墨(Electro Ink)。

#### (一) 光電成像 (Electrophotography)

光電成像體系（靜電照相）有兩種模式：一種是採用濕式印墨顯影的高解析度系統，即 800dpi 的成像系統，主要是以 HP Indigo 的產品為主，另一種是採用乾式（乾式）顯影的系統，即 600dpi 的成像系統，主要有 Xeikon、Xerox、Agfa、Canon、Heidelberg、Océ、Man Roland 和 IBM 等公司的產品。光電成像的基本原理是用雷射掃描的方法，在光導體上形成靜電潛影，在利用帶電印墨（電極與靜電潛影相反）與靜電潛影之間的作用力讓潛影顯現，最後將色粉影像轉移到承印物上，即可完成印刷（楊淨，2005）。

#### (二) 噴墨印刷(Inkjet Printing)

噴墨印刷是一項需要持續關注的數位印刷技術，噴墨印刷並不是新技術，早在 20 世紀 70 年代即已出現。而在 Drupa2008 上，有 30 餘家公司推出不同類型的噴墨印刷系統，使得業界對噴墨印刷的關注達到空前高度。強大的適應性更使得噴墨印刷涉足領域廣泛，例如：商業印刷、出版印刷、瓦楞紙板印刷、軟包裝印刷、標籤印刷及金屬罐印刷等（中國印刷科學技術研究所，2010）。

噴墨處理採用的是一種電腦直接印刷技術，即油墨通過噴嘴噴射，並不需要透過中間的影像載體，就可直接在被印材料上成像。其傳輸的數位印件資料直接控制成像裝置。而此成像裝置就在噴墨系統內，它根據採用的技術直接或間接地通過噴嘴將油墨轉移到紙上。在噴墨處理中，需要印刷的資訊作為極小的功能要素，通過極短的路徑，就能夠轉移到紙上（在與頁面寬度相同的噴嘴陣列中甚至沒有移動噴嘴的零件）；事實上，潛藏在噴墨系統與製程背後的发展動力是不斷地在增加（Kipphan, 2001）。噴墨技術的發展及分類可如圖 2-1 所示。

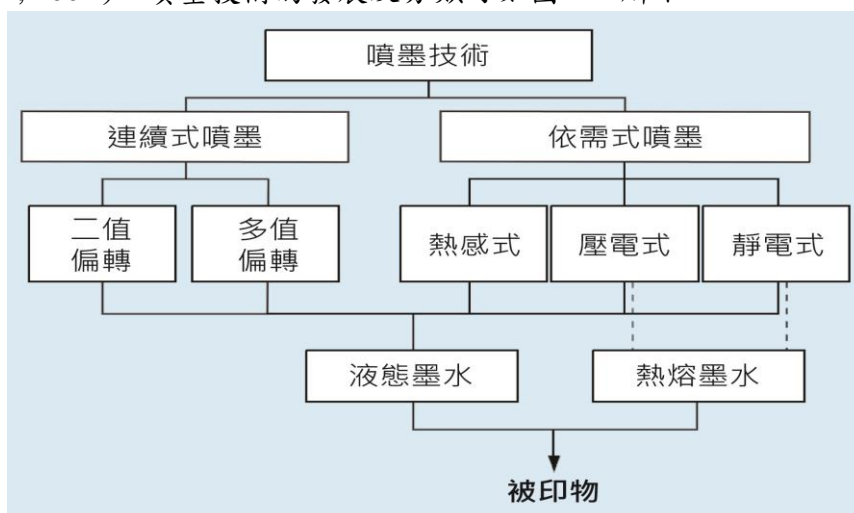


圖 2-1 噴墨技術的發展及分類

資料來源：Kipphan, Helmut. (2001). Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods, p. 711

#### 四、數位印刷設備

目前較知名的數位印刷廠家有 HP Indigo、Xeikon、Xerox、Agfa、Canon、Aprion、Creo-Scitex、Barco、Heidelberg、Océ、Man Roland 和 IBM 等公司出產的數位印刷機，依特性可分類如圖 2-2 所示：

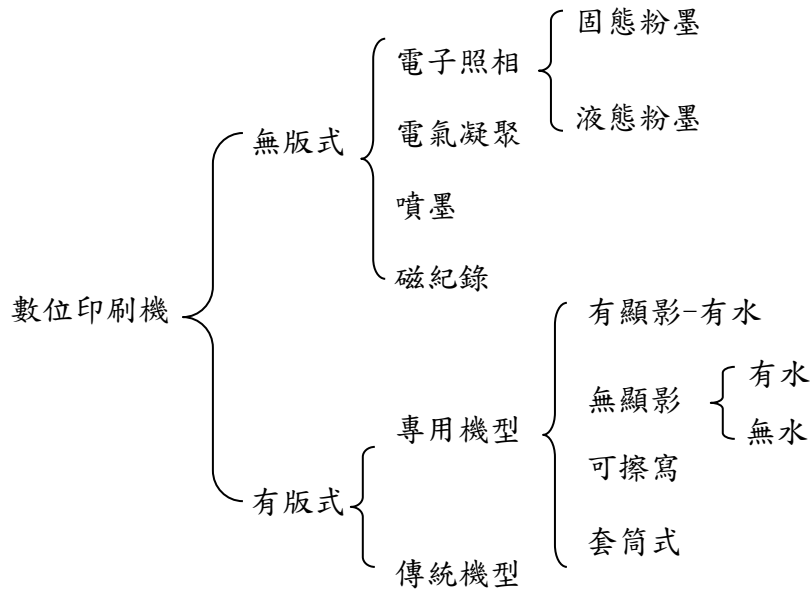


圖 2-2 數位印刷機種類

資料來源：黃穎為 (2006)。特種印刷，化學工業出版社，新華書店北京發行。

#### 五、數位印刷的應用現況及市場

數位印刷具有廣泛的應用市場，數位印刷的概念已經遍佈到各個領域，主要應用於短版印刷、依需印刷、可變印紋印刷和先發行後印刷等領域(Kipphan, 2001)，未來市場發展如下：

(一) 簡化工作流程與開拓商機：客戶可藉由快速且完善的數位印刷作業，快速完成個人化品。

(二) 擴大應用範疇與被印材料種類：客戶可依實際需求下訂單，掌握成本與時效，在各式各樣的被印材料（含紙材與非紙材）上發揮創意，創造新的附加價值服務。

(三) 推廣產品安全特色，開展商業範疇：印墨等耗材符合環保概念，客戶能夠安心開發印刷相關業務，延續產品的應用範圍及輸出高價值的產品，前進歐美市場。

(四) 群聚市場，引導商業模式：個性化市場的快速成長，以及網路服務從傳統的資訊傳遞功能，衍生成為全新商業活動的營業平台，而透過數位印刷的服務可讓客戶盡其創意發揮，無須受限於傳統印刷作業的製版、印刷等複雜之步驟即可享受精緻印刷品服務的滿意度。

(五) 成本優勢，創造商業契機：接近傳統印刷品質的即時數位輸出，滿足客戶數位打樣的品質要求。極低廉的生產成本是傳統噴墨或印刷機打樣作業無法比擬。客戶可依需製作四色或六色數位打樣。

#### 第二節 紫外線(UV)噴墨

噴墨印刷屬於電腦直接印刷技術的一種，油墨透過噴頭噴射，可以直接在被印物料上成像，依噴墨技術分為連續式噴墨(Continuous Inkjet)及依需式噴墨(Drop on Demand Inkjet)(Kipphan, 2001)。UV 噴墨印刷則是使用 UV 油墨透過 UV 乾燥技術進行列印的印刷方式，可形成高厚度高附著力之油墨層。與工業用網版印刷有相似之特性，進而成為可取代之工業印刷模式，為無版非接觸式印刷(乃靜莉，2010)。

隨著工業噴墨印刷技術應用的不斷推廣，印墨市場也在不斷推陳出新，可以適用於各種噴墨印刷機。這些印墨各具特點。目前主要有四種應用比較廣泛的印墨，即水性、油基、溶劑和紫外光固化 UV 印墨。UV 即紫外光，也就是令 UV 墨固化所需的燈光波長。UV 固化墨由不同化學成分組成，因此印墨可在 UV 燈下瞬間固化，UV 墨有著更高的色彩濃度和更廣的色域，適用於各種需求。

一般油墨主要成分為顏料(Pigment)、樹脂(Resin)、溶劑(Solvent)以及添加劑(Additives)等。其乾燥的原理是靠油墨中的溶劑部分在空氣中揮發，部分由被印物所吸收而達到乾燥的效果。然而這種乾燥方式不但因溶劑散播導致空氣受到污染，而且乾燥時間較長。UV 油墨由顏料(Pigment)、預聚物(Oligomer)、單體(Monomer)及添加劑(Additives)和助劑等組成，它的特性是：1. 乾燥快，只需 0.3-0.5 秒便可，印刷生產效率亦相對提高。2. UV 墨與被印物表面能起化學作用，因此貼合力特佳。3. 印紋部分抗水性和抗化學藥性好。4. 減低空氣的污染，揮發性有機物含量幾乎等於零。

UV 印刷是非常具有發展潛力的印刷方式，最主要的原因除了環保因素之外，是它適印的材料非常廣泛。而這些適印的材料中有許多是傳統印刷所無法克服的(胡順華，2004)。UV 乾燥的油墨能夠廣泛地運用在各種不同的被印物料上，而且在玻璃、木頭、陶瓷與金屬這類堅硬的材料上有高品質的印刷表現。這種油墨能使生產更加快速，因為它使用紫外光進行聚合而得以瞬間乾燥。但 UV 系統也比其他的噴墨系統來得昂貴，而且無法完全負載在某些柔軟的材質上(Robertson，2008)。

UV 油墨是指通過波長 100~380nm 紫外光輻射固化的油墨。它與傳統的油墨結構不同，主要用於非吸收性承印材料的印刷，如塑膠和金屬片，也用於高級卡片產品和標籤的印刷。UV 油墨可以應用於所有傳統印刷技術和噴墨技術，其主要成分構成如下：

- a. 單體(Monomers)。
  - b. 預聚體/寡聚體(Prepolymers/Oligomers)。
  - c. 顏料(Pigments)。
  - d. 添加劑(Additives)。
  - e. 光起始劑(Photo-initiators/Synergists)。
- 因此 UV 油墨不含揮發性物質(Kipphan, 2001)。

#### 一、UV 噴墨優缺點

UV 噴墨優缺點，如表 2-1 所示。

表 2-1 UV 噴墨優缺點

UV 噴墨	
優點	缺點

生產效率高，固化速度快	轉換過成產生臭氧
節約能源	UV 光源產生熱能
減少油墨的浪費	材質變形(不耐高溫)
被印材質種類多，擴展印刷範圍	部分材質需電暈處理才可噴墨
耐磨性能好，不需上光	UV 光照過度、油墨存放過久使油墨變色
高光澤度	油墨成本高
不會有 VOCs，符合環保	UV 墨有腐蝕性，須使用專用墨輓橡皮布

## 二、UV和LED-UV比較

目前隨著科技的進步，已陸續採用 LED-UV 的光源，其分析比較如表 2-2 所示。


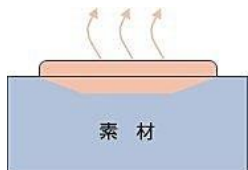
表 2-2 UV 和 LED-UV 比較

種類	UV	LED-UV
光轉換效率	20%	85%~90%
波長穩定	365~395nm + 紅外線(熱)	395nm+-5nm / 365nm+-5nm
燈源使用壽命(小時)	1000~2000 小時	20000 小時
燈組體積重量	體積大，重量重	體積小，重量輕
工作溫度	高於 100 度	50~60 度
使用安全	高電壓，大電流	低電壓，小電流
反應速度快	無法關燈	開關燈時間點 1~2sec
功率調整	三段調整 50, 75, 100%	無段調整 1~100%
照射範圍	依照燈管尺寸	可客製，彈性大
電費與燈源費用	貴	經濟

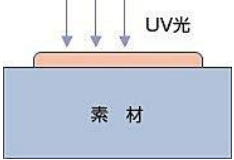
## 三、水性、溶劑型墨水和UV墨水的優缺點及應用

三種不同噴墨墨水之優缺點及應用，如表 2-3 所示。

表 2-3 水性、溶劑型墨水和 UV 墨水的優缺點及應用

種類	優點	缺點	應用
水性墨 	環保、低臭氣，一般分染料型與顏料型	低黏性、附著度差，需上光保護	室內海報及壁紙
溶劑型油墨 	乾燥快速、抗紫外光、耐水、耐磨	有害物質 VOC 揮發	室外廣告看板及海報



UV 油墨		介質適應性好、 乾燥快、色彩艷 麗	墨水成本較高	塑膠及特 殊素材等 皆可印刷
-------	---	-------------------------	--------	----------------------

#### 四、UV印刷應用現況與未來發展

從 2009 年 2 月市面上有 45 家製造廠，生產 101 台 UV 噴墨設備機種。美國 UV 寬幅噴墨列印市場的銷售額已達到了 60 億美金，並且這個市場在數量和金額方面將保持持續增長的趨勢。根據 InfoTrends 的研究報告指出，來自 UV 寬幅噴墨列印系統(包含硬體、油墨、媒體與服務)的產值在 2007 年有 1 億美金，在 2012 年將成長為 3 億美金。可看出 UV 寬幅噴墨列印在寬幅數位市場中成為成長最快速的科技。臺灣 UV 印刷環境從政府計畫也可看出政府對於 UV 印刷推行與鼓勵如:98 年度經濟部工業局高質化紡織產業開發與輔導計畫、99 年度經濟部工業局環境共存型光電材料技術輔導與推廣計畫-環保型 UV 表面油墨技術、100 年度經濟部高值化印刷技術輔導與推廣計畫等，也由於 UV 印刷能夠附著在多種材質上包含金屬、塑膠、纖維等多種媒材，因此除了印刷業外，廣告、紡織、建材業中也都不難發現 UV 印刷的應用。

財團法人印刷研究中心 2011 年 9 月針對台灣印刷業發展報告指出，台灣印刷產業也正轉型為數位印刷，隨著噴墨印刷技術日漸成熟，使用也越來越普遍，因此噴墨印刷之品質評估也越來越重要。另外有研究顯示，噴墨打印的其中一個分支「大幅 UV 固化噴墨」，將在 5 年內增長超過 16%，雖然目前的市場規模小，但在大幅面數位印刷行業是最具競爭力的，InfoTrends 預計自 2010 年開始到 2015 年，全球大幅面 UV 固化噴墨打印機及耗材市場將從 14.2 億增長到 30.4 億美元，可見 UV 噴墨印刷的前景無限。但是，在大家都看好 UV 噴墨的同時，UV 噴墨也有他的缺點或問題所在，因此本研究要探討 UV 噴墨的問題及 UV 噴墨未來的趨勢。

#### 五、UV噴墨的應用範圍

UV 噴墨可噴印在許多材質上，除了一般我們常見的寬幅的室內、室外廣告海報、看板，還可以運用在許多行業，例如玻璃行業，UV 噴墨可以在玻璃表面直接噴印各種圖案，替代手工繪畫；室內裝修行業，UV 噴墨可以在木板、密度板、石材、陶瓷、玻璃等各種裝飾材料表面直接噴印所需圖案，滿足個性化裝修需求，為建築裝飾公司帶來可觀經濟效益；建材產業，UV 噴墨在瓷磚、玻璃、木材等建材噴繪圖案成為高附加值的產品壁畫；裝飾畫行業，UV 噴墨打印機可以在陶瓷、木製品表面直接噴印圖案，替代手工繪畫、網版等技術。



### 第三節 轉印的種類

轉寫印刷簡稱轉印，在印刷科技應用中，不能直接印刷的方式即需採用轉印技術，如非平面之產品，特殊不同材質...等。而本研究即為轉印之一，換言之，本研究亦將可取代下列不同的轉印方式。茲分述如下：

#### 一、熱轉印(Thermal Transfer Printing)

熱壓轉印技術首先是用網版印刷或凹版印刷等方式，將圖文印刷在熱轉印紙或塑膠基材上，然後通過加熱與加壓，將圖文轉印到布料、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，基材上的染料就會行程氣霧狀態昇華轉移於布料；除了布料，還可以轉印到陶瓷、金屬等製品。

#### 二、水轉印(Water Transfer Printing)

水轉印技術有兩類，一種是水標轉印技術，另一種是水披覆轉印技術，前者主要完成文字和寫真圖案的轉印，後者則傾向於在整個產品表面進行完整轉印。披覆轉印技術使用一種容易溶解於水的水性薄膜來承載圖文。由於水披覆薄膜張力極佳，很容易纏繞於產品表面形成圖文層，產品表面就像噴漆塗裝一樣能得到截然不同的外觀。披覆轉印技術可將彩色圖紋披覆在任何形狀的物品上，為生產商解決立體產品印刷的問題。曲面披覆還能在產品表面加上不同紋路，如皮紋、木紋、翡翠紋及雲石紋等。在印刷流程中，由於產品表面不需與印刷膜接觸，可避免損害產品表面及其完整性。另外，通過水披覆轉印紙還可用於陶瓷餐具、陶瓷水具等各類日用陶瓷的圖案製作，更可用於裝飾瓷磚、裝飾陶瓷等建築用瓷磚的製作、玻璃杯瓶、廣告杯、各類玻璃容器及裝飾玻璃；在交通用品上，可用於摩托車頭盔、安全帽等表面花紋圖案的製作；休閒用品方面可製作網球拍、釣魚竿等表面的商標、標誌；金屬管件如製作自行車、摩托車管件的圖案、文字等；製作玩具模型車表面；印製木器或時尚紋身等等，以及其它難以直接印刷的物品。

#### 三、模內/外轉印(In Mold Roller /Outside Mold Roller)

模內/外轉印為熱門的表面裝飾技術，係指於射出模具內裝飾的工法，主要應用於消費性 3C 電子產品的機殼及功能性面板如洗衣機、空調、電鍋等的控制面板與汽車內裝加飾上。此為本研究主要的研究方向，將於下節中探討。

#### 第四節 模內/模外印刷

模內印刷(In Mold Printing)可分為：

1. IMD 模內裝飾(In Mold Decoration)又可分為 IMF(In Mold Film/ Forming)適用於較大曲面及 IMD 平面
2. IML(In Mold Label)模內貼標
3. IMR(In Mold Roller/Reprint)模內轉印等

模外印刷(Outside Mold Printing)可分為：

1. OMF(Outside Mold Film/ Forming)適用於較大曲面
2. OML(Outside Mold Label)模外貼標
3. OMR(Outside Mold Roller)模外轉印

一般大部分分類是將 OMD 分為只將油墨轉印至塑件的 OMR，立體成型模外轉印裝飾技術，以及連著印刷塑膠薄膜一起在射出過程貼覆至塑件上擔任部分保護印紋的 OMF 技術，OMF 技術亦有說法將其再細分出 OML 技術。

模內/模外轉印技術也被喻為一種『塑膠革命』，因為它讓塑膠看起來不再只是單單的塑膠件，而是可以有『多彩』『紋理』效果的一種運用技術，更可以模擬『其他材質』的感覺，例如外觀做成『金屬』『木紋』『布紋』『石紋』『瓷器』『變色龍』，並且在質感及耐磨度上都不是傳統製程可以比得上的。而目前較大發展潛力為模外轉印 OMR。早期此技術均被日本所控制，如今已陸續在國人的努力下，逐漸產品化，然在成品色彩與產品特性上，尚無完整的建立，因此本研究以模外轉印為主。

##### 一、模內/模外印刷現況

隨著世界消費市場的趨勢演變，產品的外型需美觀、色彩多變化、成本要低廉。而為了滿足這些需求，廠商不得不開發新的技術以因應市場上的需求。像塑膠業者期望以一次加工的製程即能滿足上述需求。隨著科技的發展，使得廠商有能力來滿足這樣的需求，而這項結合數個領域的技術是模外裝飾技術(OMD)，這項技術使得塑膠製品製造的流程產生重大的改變。OMD 為熱門的表面裝飾技術，係指射出模具後再熱轉至產品裝飾的工法，主要應用於消費性 3C 電子產品的機殼及功能性面板如洗衣機、空調、電鍋等的控制面板。

世界塑膠產業的技術快速成長，未來在各類產品將因大量的需求而朝向微小化、彩色化、精密且精緻化的走向（此時數位印刷可滿足此需求）。然而這些塑膠產品又往往壽命期短，且在消費市場上之更新速度快；因此如何應用快速設計及製造技術加速精密產品的開發是許許多多相關產業所面臨的重要課題與挑戰。模外轉印技術可滿足，尤其是針對高附加價值的塑膠產品，如行動電話面板、筆記型電腦上蓋及下蓋、PDA 外殼、汽機車內裝儀表板、車燈、保險桿、安全標誌、家電面飾板及化妝品包裝盒等。

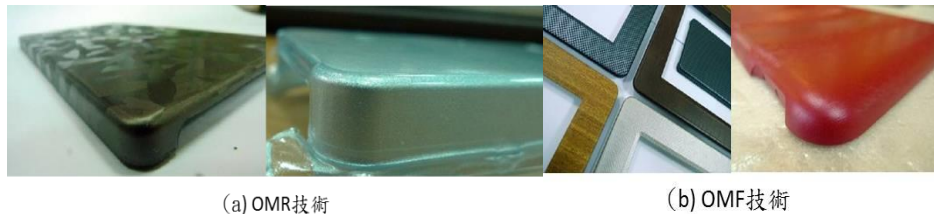
台灣印刷產業已遇到前所未有的瓶頸，在文化出版印刷中供過於求，微利時代已來臨，而數位印刷夾其主要發展的趨勢，成本愈來愈低，速度愈來愈快，品質愈來愈佳，正衝擊印刷產業。因此，本研究開發新製程、新技術，有助於提升台灣印刷相關產業為其主要目的，因為印刷是一個提升產品附加價值的一個產業，也是一個應用的產業，要如何提升既有產業自動化、未加入廠商的可順利進入該領域便是一個需深入研究的課題。

一般而言，資通訊產品機殼產銷與下游應用之資通訊產業景氣息息相關。依據資策會預估，2008 年全球桌上型電腦、筆記型電腦、伺服器、手機出貨量分別

為 1.45 億台、1.2 億台、927 萬台、12.1 億台，年成長率分別為 2.6%、23.1%、6.1%、7.46%，資通訊產業狀況不差，帶動機殼業順勢成長。整體而言，資通訊產品機殼採用塑膠材質或金屬材質各具其優勢，且兩種材料均朝向對方優點邁進，例如塑膠材質加入各式強化材以提高剛性，或藉由電鍍方式而達到防制電磁波的效益，而金屬材質則透過印刷、蝕刻等方式增加裝飾性，或是利用金屬射出成型(Mantel Injection Molding, MIM)獲得如同塑膠般優良的成型性。

目前消費性 3C 電子產品市場仍以採用塑膠機殼為主流，尤其近期在 OMR 技術可大幅提升塑膠機殼質感後，塑膠機殼業者大舉進軍原屬於金屬機殼較具優勢的中高階消費性 3C 電子產品市場。另外，低價 NB 的崛起，亦擴展了塑膠機殼的應用市場，以目前具備 OMR 量產實力的機殼廠商，可望成為最大受惠廠商。

模外裝飾技術 OMD 為一塑膠件外觀處理技術，目的在提高產品外型的美觀、多樣化，部分應用甚至可降低塑膠外觀件成本達 30~50%。OMD 外觀實例：比較 OMR 以及 OMF 兩種不同技術的外觀如圖 2-3 所示：(a) 為手機外殼，外觀件採用 OMR 技術；而 (b) 為延伸 IMF 技術，外觀件採用 OMF 技術。



(a) OMR技術

(b) OMF技術

圖 2-3 兩種不同技術的外觀

資料來源：愛元福科技股份有限公司

OMR 技術的過程是將已印好圖案的薄膜片放入金屬模具內，通過送膜機器自動輸送定位，然後將已成形用的塑件與金屬模內與膜片接合，使印刷在薄膜片上的圖案跟樹脂形成一體而固化成產品。OMR 薄膜的製作過程：薄膜廠製作 OMR 薄膜，而在成型廠成型。OMR 的主要優點：1. 可轉印在塑膠或金屬。2. 黏著與轉印同時進行，減少空間與時間的成本。3. 可做立體、包覆較有高度的 3D 曲面產品。4. 色彩變化豐富、更達到視覺與觸感上的效果。5. 轉印過程準確對位、優良率高。6. 表面具硬化層處理。7. 實現 OMR 小批量產。

OMF 的主要優點：1. 省略貼標成型模具成本。2. 可選擇高硬度材料包覆、保護產品外觀。3. 外觀質感多樣化：皮革、纖維布紋或實木材料。

近年來，許多 3C 大廠，例如 Asus, MSI, HP, Toshiba, Acer.. 等，紛紛捨棄原本的噴塗作業，改成採購 OMR 薄膜，也就是以模外轉印的方式，製作 NB 及其他 3C 產品的外殼，造成目前全球 OMR 供不應求的情況，是什麼原因使各大廠商改投此途呢？其主要原因為 OMR 薄膜的裝飾成型過程，只需一台射出機及相關模具即可進行，比起傳統的噴塗作業，除了噴塗需要的機器、廠房外，還需要花費時間等塗漆乾燥；因此使用 OMR 薄膜裝飾成型，無形中省下了機器成本、廠房成本及時間產本；再者，OMR 著實解決了噴塗污染的困擾；OMR 薄膜與塑料的成型過程，符合歐盟規定，不產生任何的廢氣，製程非常的環保；另外，相較於噴塗只能做大面積的上色，OMR 薄膜更可在印製時，便將細部的設計及色彩上的搭配，便印製在薄膜上，轉印成型時，設計本身便會轉印在塑料上，省去一般噴塗作業之後還要二次加工的程序；OMR 薄膜更有多樣的變化，可印製珠光、金屬光澤、電鍍等多種效果的薄膜，使這些特殊效果轉印成型後，直接呈現在塑料的外觀，有效的增加產品的質感及價值感等諸多原因，其中最重要的是薄膜印刷

之油墨不需如模內轉印般，承受射出高溫的衝擊，此即是 OMR 廣被 3C 大廠接受的理由。

## 二、模外轉印(Outside-Mold Roller, OMR)技術

模外轉印技術是利用薄膜來承載印刷圖文，再將印刷好薄膜配合送膜機送至膜腔內定位成型，薄膜與油墨分離並轉印至射出成品表面。薄膜表面通常會做硬化處理。模外轉印很容易纏繞於產品表面形成圖文層，產品表面就像噴漆一樣得到截然不同的外觀。模外轉印技術可將數位彩色圖紋披覆在任何形狀之工件上，解決立體產品印刷的問題。薄膜表面通常會做硬化處理，其硬度可達 3H 以上，但其成品設計會限制，如無硬化處理其硬度為 1H。

OMR 產業是一種高度整合印刷、化工、油墨、製版、蒸鍍、精密模具及成型的高新產業，全製程中不僅整合了薄膜製作塗布、油墨印刷塗布、金屬蒸鍍及耐磨層的研發，更投入模具設計及高精密的射出成型技術。配合客戶的研發時程，並協同客戶進行新產品開發、及各項可靠性測試等關鍵技術。其可靠性測試，包含表面印刷色彩、耐溫濕度、耐磨耗性、耐化學藥品的特性，提高產品穩定性及增加鏡片基材表面的硬度，無論在材料配方、產品設計、加工製造、安全性驗證上均有業界最高標準之要求。OMR 產業是高附加價值外觀件的創造者，OMR 表面的精密印刷與塗布，賦予機能性的處理，有助於光學穿透、不失真及抗反射特性的提升，對於需長時間注視的手機面板，提供了更舒適的視覺感受。

OMR 薄膜具有質輕、透光性佳、鮮豔亮彩及高亮度的金屬質感，可廣泛應用於量大、高附加價值之產品，例如手機、數位相機、3C 周邊商品、MP3、滑鼠、DVD 面板及化妝品盒等。手機大廠尤其愛用 OMR。其產品實用性，不僅符合現代人繁忙的行動需求，亦增加物體的美觀性，以因應新時代的多變社會需求，提升多方面的色調使用性，來滿足人類視覺的新感觀。且 IMR 製程符合 3C 產業的製造需求：生產速度快、良率穩定、成本低，符合 3C 產業需求變化大、生命週期短的需求。

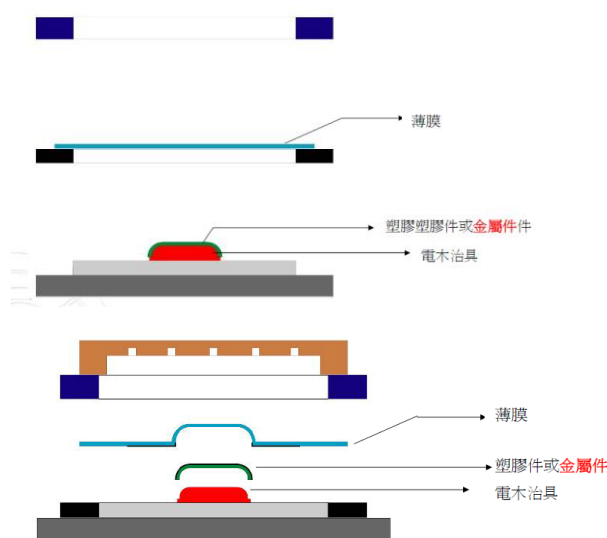


圖 2-4 OMR 生產流程

資料來源：愛元福科技股份有限公司

### (一)生產流程

OMR 設計概念類似轉印貼紙，意即將標的塑膠件所需塗裝的顏色或圖樣，

事先印刷在塑膠膜 PET 上，然後將印刷有色彩或圖樣的 PET 膜，置入射出成型模具內側，再藉由射出成型的過程，將色彩及圖樣自 PET 膜轉印至塑膠件表面，使該塑膠件在射出成型的同時，外觀塗裝也一併完成，省去後續塗裝加工的製程，而 PET 空白膜則在成型脫膜時剝離，如圖 2-4 所示。

## (二)轉印膜

整個 OMR 模外轉印技術，大致可分為塗布、印刷及轉印成型三大主要部分。製程的第一個步驟就是生產 OMR 轉印膜，主要採用塗布及印刷兩種技術生產。由於在後續射出製程時需經「轉印」過程，因此 OMR 轉印膜的生產流程，由上而下依序從離型膜的塗布開始。顧名思義，離型膜的功能在於射出成型時，使油墨得以順利剝離 PET 膜而不致造成傷害；而在離型膜之後，接著塗上硬化塗層 (Hard Coating)，該層在射出完成後，擔負成品最外層的防刮保護作用，其結構與配方隨各生產廠商而異，硬化塗層塗布的層數也有所不同，一般 OMR 在射出成型後，硬度約可達 1H 等級。保護區塗布完成後，則進入功能區的製程，本區結構以印刷製程為主，亦可搭配客戶需求，列入蒸鍍製程，甚至是濺鍍製程。目前廠商所採用的印刷技術，包括網版印刷及凹版印刷等，而印刷層數、色彩、樣式及區塊配置，則視客戶需求而定。而本研究主要採數位光電印刷方式來完成模外轉印。

## (三)兩段式固化

整個 OMR 生產流程包含兩段式固化，第一段為熱固化，第二段為 UV 固化。導因於整個 OMR 膜的成型，是在塑膠件轉印時同時完成，因此 OMR 膜在轉印階段需同時具備可塑型及耐衝擊兩種特性，惟此兩種型在材料本質上幾乎相衝突。為達同時具備可塑型及耐衝擊兩種特性，OMR 的膜層被設計成半固化狀態「B Stage」，兩段式固化膜層應運而生；所謂兩段式固化，業界常用的方法即是在膜層中包含熱膠及 UV 膠兩種固化劑，第一段製程先讓熱膠固化，以提高 OMR 膜在轉印時的耐衝擊性及機械強度；而此時未被固化的 UV 膠部分，則提供膜層的可塑性。但為符合兩段式固化的配方設計，在實際操作上較一段式固化複雜許多，首先是 UV 膠的選擇，尤其須考慮對原先膜層結構的相容性；其次，UV 膠在本質上屬較軟性材料（其固化後的表面硬度仍無法達到一般熱膠的硬度），搭配使用在硬化層之後，可能會使整體塑膠件表面硬度不如單純使用熱膠固化。

由於 OMR 技術近兩年崛起相當迅速，且直接影響臺灣所專攻的消費性電子產業，因此尚需有下列問題值得探討：

1. 產業趨勢明確：二、三年內產值將快速膨脹，除成本較傳統噴塗低 30~50% 外，機殼外觀變化大，且符合環保需求，未來塑膠件外觀裝飾轉作 OMR 技術趨勢已相當明確；且目前 OMR 廠商毛利率仍高，日後如大幅降價，更能快速取代傳統噴塗市場。目前 OMR 在消費性及 PC 等電子產品外觀件市佔率已逐漸打開，受到國內各大電子集團的重視，除本身產品如手機、NB 機殼大量導入 OMR 技術外，更不間斷地向上游尋求垂直整合的標的及機會。
2. 助長消費性電子產品外觀差異化：繼手機外殼外觀多樣化之後，近年掀起的低價電腦潮流，預期 2009 年在配備上不會有太大差異，仍以一貫的精簡為原則，各家品牌將趁著 OMR 技術的崛起，讓機殼設計更多彩，在外型的顏色變化及設計上做出區隔。

適用於大部分塑膠件：除 OMR 技術在手機、筆記型電腦產業已見開花結果外，較不受標的塑膠件形狀限制的 OML、OMF 技術，舉凡電鍋、熱水瓶乃至汽、機車...等民生用品的外觀件裝飾均可使用此技術。龐大的潛在市場及不被局限的



客戶群，吸引臺灣不論大小廠商紛紛投入此一產業，競逐市場大餅。目前臺灣下游塑膠件廠商，已將 OMD 轉印視為塑膠件外觀裝飾的革命性技術，未來三年內，將會讓整個下游塑膠產業完全改觀。

#### 第四節 印刷品質特性

傳統印刷影像與數位印刷影像同樣都是由一連串不同大小的網點所構成，在印刷製程中，必須控制許多變異以確保完美的印刷品呈現，業者必須先決定哪一些印刷品質特性對於客戶而言是最重要的，這些重要的印刷品質特性包括濃度、階調擴增、印刷對比、色相和色彩飽和度等，本節將其展開針對色差、階調擴增值、解析度、滿版濃度、噴印次數、疊印率及印刷對比等進行探討。

##### 一、滿版濃度(Solid Ink Density)

色彩濃度 (Density) 即為物質吸收光線的能力。濃度愈高，吸收光線愈多，色彩呈現愈暗；濃度愈低，吸收光線愈少，色彩呈現愈亮。印刷品可分透光印刷品和不透光印刷品，因此濃度也分為反射濃度和透射濃度 (葉文俊，2006)。而滿版濃度(Solid Ink Density，簡稱 SID)，簡單來說是指色料印於紙張的最高濃度；即青、洋紅、黃印墨分別以紅、綠、藍三濾色鏡量得的最高濃度值(簡正宗，2001)。印刷屬於二元半色調的表現方式，運用網點的大小、疏密程度來呈現濃度，因此只有黑或白的表現，可以使用濃度計量測出色塊濃度值 (郭耀凱，2001)。

滿版濃度(SID)意指 100% 滿版部分的濃度。滿版濃度左右了印刷的品質甚鉅，例如，標準的青色滿版濃度為 1.50，若是以 1.65 來印刷的話，則該印刷物的視覺重疊感就會提高。在印刷時進行滿版濃度的管理，就等於是管理墨膜的厚度，但由於無法測量出 1 微米左右的厚度，於是才改以測量滿版濃度來取代。

在印刷工業中，濃度通常指的是被印物料吸收光線的能力，一般而言，四色的色彩愈飽和，濃度值愈高。印刷操作者使用反射式濃度計來測量被印物上滿版部位的濃度值，所測得的濃度值用來決定墨量多寡的調整以達到標準值。濃度計也可以幫助印刷操作員在印刷過程中保持印墨濃度的穩定。眾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，Franz Sigg 在 1970 年 TAGA 會議上指出，階調複製曲線是隨著墨膜厚度而有所改變，滿版濃度愈高，中間調在濃度上的增加也就愈多，而中間調階調擴增的情形也增加。因為中間調愈濃密，暗部調的對比相對減少，因此，即使在紙張上增加墨量，亦即增加墨膜厚度，並不見得可以獲得想要的複製品。須注意的是，當墨量愈多，不僅會導致暗部對比的遺失，而且中間調的部分會普遍偏暗。印墨的光澤在品質較佳的紙張上可獲得較高的滿版濃度值，大部分品質較差的紙張具有粗糙、非塗布的表面，這個表面易吸收印墨並使印墨擴散，產生些許的階調擴增，為了在品質差的紙張上獲得較高的滿版濃度，印刷操作員添加更多印墨，導致中間調的階調擴增情形增加，然而滿版濃度的部分沒有顯著的增加。使用較差的紙張印刷，滿版濃度降低，墨量隨之降低，階調擴增情形減少。減少滿版濃度可以降低中間調階調擴增，但其對暗部的影響更大，並會進而影響到色彩的飽和度。

墨膜厚度是印刷製程中極為重要的變項之一，其在印刷過程中最易調整，然而，墨膜厚度會影響所有印刷品質特性，所以墨膜厚度必須適時的調整，以補償其他變項如階調轉移和疊印之改變。在平版印刷中，印墨放墨量的多寡十分敏感，些許的變動均會影響印刷結果，印墨溫度或其他因素的變異會造成墨膜厚度的改變，進而影響階調擴增和疊印能力等印刷品質特性的表現。

##### 二、階調擴增(Tone Value Increase)

階調擴增，簡稱 TVI 或稱為 Dot Gain (江瑞璋，2004)。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。本研究的階調擴增值為數位印刷印製各式薄膜，經轉印於 ABS 塑膠被印材料上之網點面積差異。

印刷中，階調擴增指的是電子檔和印版上或電子檔和紙張上之階調值的差異，目前隨科技之進步，已大量採行電腦直接製版(CT-Plate)，已不用底片，因此網點擴大(與底片來比)一詞，已有所改變。階調擴增可能發生在分色、底片曝光、曬版及印刷機上油墨轉印至紙張上時，這樣的階調值變化在靠油墨轉移的印刷過程中是無法避免的。在平版印刷上，階調擴增已被印刷界公認是影響印刷品質最關鍵性要素之一。瞭解階調擴增的類型、為什麼會產生以及哪些因素影響階調擴增、如何計算和控制階調擴增，如此一來，業者便可適當地控制印刷品質。

藉由網點的發明，而使得影像可以大量且安定地進行複製印刷，然而藉由網點所製成的複製物，卻無法在品質方面超越連續色調的原始影像。因此，為了製作出最理想的網點影像，才開發了以銳利化為首的各種技術。為了控制網點影像所製作出來的濃淡，網點與濃度的關係也是自古以來就一直在研究的重要課題。當假設印墨的網點濃度為無限大、且網點面積率為  $a$  時，其濃度  $D_t$  就會變成方程式 1-1，再加上其中的實際網點濃度  $D_s$  並非是無限大這一點，就構成了著名的 Murray-Davis 方程式(方程式 1-2)。有鑒於從 Murray-Davis 方程式所導出的濃度總是較實際測試值為小，而進一步設置  $n$  值這個係數的方程式，即為方程式 1-3，它又被稱為 Yule-Nielsen 方程式。Murray-Davis 方程式與實際測試值不相符的理由有：光穿透過紙、光在紙中的擴散與反射、網點的光二次吸收等影響。一般而言，網線數愈高  $n$  值就會愈高，紙質愈差也會愈高。

$$\text{方程式 1-1: } d = \log \frac{1}{1-a}$$

$$\text{方程式 1-2: } Dt_1 = \log \frac{1}{1-a(1-\frac{1}{\text{antilog}d})}$$

$$\text{方程式 1-3: } Dt_2 = n \log \left[ \frac{1}{1-a \left( 1 - \frac{1}{\text{antilog} \frac{D_s}{n}} \right)} \right]$$

### 三、印刷對比(Print Contrast)

印刷對比(PC)，指測量暗部(Shadows)之對比；主要目的是觀察階調擴增的狀況以判斷印刷的層次表現能力，能顯示出滿版濃度與階調擴增之關係(張錫本，2004)。當階調擴增太大時，造成 75% 的平網印起來像滿版的效果，使影像從 75% 至 100% 的部分沒有層次差異，造成印刷反差值較低或接近零。印刷反差值主要使用的二個濃度為 75% (或 80%) 的平網濃度和滿版濃度的差值，再與滿版濃度做比值就可得到暗部反差值。

印刷對比不僅是印刷過程中判定暗部階調表現能力的依據，也是滿版濃度與階調擴增值之間關係的準則，當印刷對比愈高則所呈現之階調也愈分明。印刷對比為暗部調反差的測量，亦即觀測者能辨識印刷品暗部調的濃度階調多寡之程度，換句話說，印刷對比為在印刷過程中為判斷暗部階調層次豐富與否的重要指標。印刷對比的計算為滿版色塊和四分之三階調(通常為 75% 或 80% 階調)濃度之比較，印刷對比之計算公式如下(DeJidas, 1995)：

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

$D_s$  為滿版色塊的濃度（包括紙張濃度）

$D_t$  為四分之三階調的濃度（包括紙張濃度）

印刷對比之所以成為印刷品質測量時非常有用之印刷品質特性，是因為印刷業者和分色技師指出其在階調曲線複製上，提供影像複製階調優劣的指標，客戶通常以印刷對比作為印刷品質的評估基準。印刷對比愈高，暗部所能呈現的階調愈豐富。其值受滿版濃度、被印材質的亮度、75%階調的濃度以及光澤度所影響。在彩色印刷的過程中，階調值擴增則會造成對比的遺失而使複製品的階調變暗，導致色彩的改變。在印刷過程中，印刷操作員應調整印墨階層直到獲得最大的印墨階層，因為印刷對比愈大，在 75%階調層次與滿版濃度之間的階調愈豐富。

#### 四、疊印能力(Ink Trapping)

疊印能力（又稱油墨界面轉移）是指第二色印墨附著於被印材之第一色墨層上的能力，即第一色油墨能否把疊印的油墨牢固拉著之能力，一般疊印能力的理想目標為 100%疊印，但對濕式疊印而言，75%~95%為一般所接受的範圍，數值愈高代表疊印能力愈佳 (Field, 2001)。在濕疊印方面，適當的油墨牽力十分重要，因為牽力過度或不足都會影響色彩平衡。評估油墨牽力，可觀察二次色，即是：紅色、綠色和藍紫色的正確程度而判斷，亦可用濃度值計算。影響疊印率的因素包括油墨厚度、黏性、印刷墨序、各色套印的相隔時間等，疊印不良會引致影像色彩偏差。

$$\text{疊印率}(\%) = \frac{D_{1+2} - D_1}{D_2} \times 100\%$$

$D_{1+2}$  代表兩色疊印後的濃度減去紙張濃度

$D_1$  代表第一色滿版濃度減去紙張濃度

$D_2$  代表第二色滿版濃度減去紙張濃度

#### 五、色差(Color Difference, $\Delta E$ )

色差( $\Delta E$ )是用來表示總色彩差別和建立定量色彩公差，通常以符號 $\Delta E$ 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 (林華發，2006)。

色差值為定義色彩之間的差異性，色彩三屬性為色相(Hue)、彩度(Chroma)及明度(Lightness)，色差值包含色彩三屬性中彩度、明度的差異性，因此色差適於定義彩色印刷中印刷品的色彩變化。在評判色彩是否可接受以及定義色彩複製的寬容度時，將兩個色彩之間的差異予以量化十分有助益，CIELAB 即是作為計算色差的基礎， $\Delta E$  之值愈大表示印刷品之色差愈大，因此  $\Delta E$  值若愈小則愈理想。

將顏色的知覺差異定量化來表示就是色差，在  $L^*a^*b^*$  表色系中表示是以下列公式，在各種色度圖上的距離對應即這個公式。

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$



## 六、解析度(Resolution)

解析度最常被使用的單位是 dpi (dots/inch)，代表每英寸中含有多少個點。有些人認為應該標示為 ppi (pixels/inch) 更為貼切，但了解其所代表的意義無疑是比討論名詞定義更有幫助。以一個長邊為 3600 Pixels 的圖檔來說，設定解析度為 360 dpi 則輸出大小就是 10 英寸長，若更改為 180 dpi 則是 20”。圖檔解析度就如同傳統手工放相時常說 135 黑白底片不要放超過 11” x14” 一樣，代表著相同的影像來源最終輸出到相紙所呈現的影像大小。和暗房放相相同地，較小的輸出尺寸代表更精細的影像品質，以數位影像來說，也就是較高的圖檔解析度能獲得較好的數位輸出品質。

以黑白噴墨印刷機來說，解析度愈高印出來的解析度與色階點愈細小，印刷品質也就愈佳。但對彩色噴墨印刷機而言，解析度是指在 1 英寸的寬度上能印出多少個墨點，而不計較墨點是否重疊。

對一般的電腦圖片而言，解析度愈高表示構成圖片的點數愈多。以 50 × 50 表示圖片即是由長寬各 50 點所構成，我們可以說這張圖的解析度是 50 × 50 pixel。25 × 25 的圖就只有 50 × 50 的 1/4 大，12 × 12 就更小了。如果把三張圖不同解析度的圖放大到一樣大來看，可以發現構成圖片的像素愈多，細節就愈清楚。

解析度表示該噴頭的精密程度，600dpi 表示每吋可噴上 600 個點，因此解析度愈高表示在相同範圍內可以產生更細密的墨點，列印效果愈好，不過因為噴墨印表機只有四色或六色的墨水，需要好幾個墨點才能組合出特定的顏色，因此拿來印彩色圖案的話，實際可用的解析度並沒有那麼高。

噴墨輸出和過去化學沖洗相紙不同，墨點僅能表現有或無兩種狀態，這稱為半色調影像。為了達到較好的影像品質，必須在同樣範圍內使用更多較小的墨點使人眼觀看時認為是連續調的影像，以高倍率放大鏡觀察才可見其中墨點的排列。也就是說，噴墨輸出其實是以極細微間隔排列或是堆疊的不同色墨點，形成看似連續調的輸出影像。舉例來說，使用黃色和洋紅色的墨點交互排列，即可使人眼將其視為紅色，青色和黃色的墨點交錯就成為綠色。

為了模擬更精細的連續階調讓色彩顯得較為平順，其一是使用更多色的墨水系統，另外則是提高單一範圍內的墨點數量並且縮小墨點尺寸，這些都是市售高品質噴墨輸出機所普遍使用的方法。固定範圍內使用的墨點數量就是列印解析度，其單位也是 dpi (dots/inch)，在此的 dot 是指墨點(ink dots)而非圖檔解析度中的像素(pixels)。由此可知，以較高的列印解析度輸出可獲得階調較為平順的影像成品，並避免出現難看的明顯網點。

## 七、噴印次數(Pass)

藉由噴頭與紙張位置的控制，可以讓第二次噴出的墨滴落在兩個墨滴中間的插點技術，藉此避免同一水平線上皆由同一噴嘴噴出，而導致噴嘴稍有小問題(例如輕微斜噴)就有 Banding 條紋出現，藉以提昇列印的品質，但噴印速度相對會降低。例如 8Pass 指各水平線上有八次插點方式噴印，4Pass 則是各水平線上有四次插點方式噴印(速度較快、品質較差)不同的廠家的噴頭對 Pass 噴印次數的方法跟定義也不盡相同(乃靜莉，2010)。一般而言，Pass 數通常指的是縱向的解析度

### 第三章 研究方法

#### 第一節 研究架構

本研究採用真實驗研究法(True Experimental Method),探討數位噴墨印刷製程應用於模外轉印結合之適性,為達到研究數位噴墨印刷應用於模外轉印,本研究是以噴墨印刷印製 PET 轉印薄膜後,模外轉印至被印材料上所呈現出來的印刷色彩品質特性。真實驗研究法探討獨立變項對依變項的影響,結合文獻分析及量化之實驗數據作為驗證,進而達到拓展數位噴墨印刷與模外轉印技術的目標。

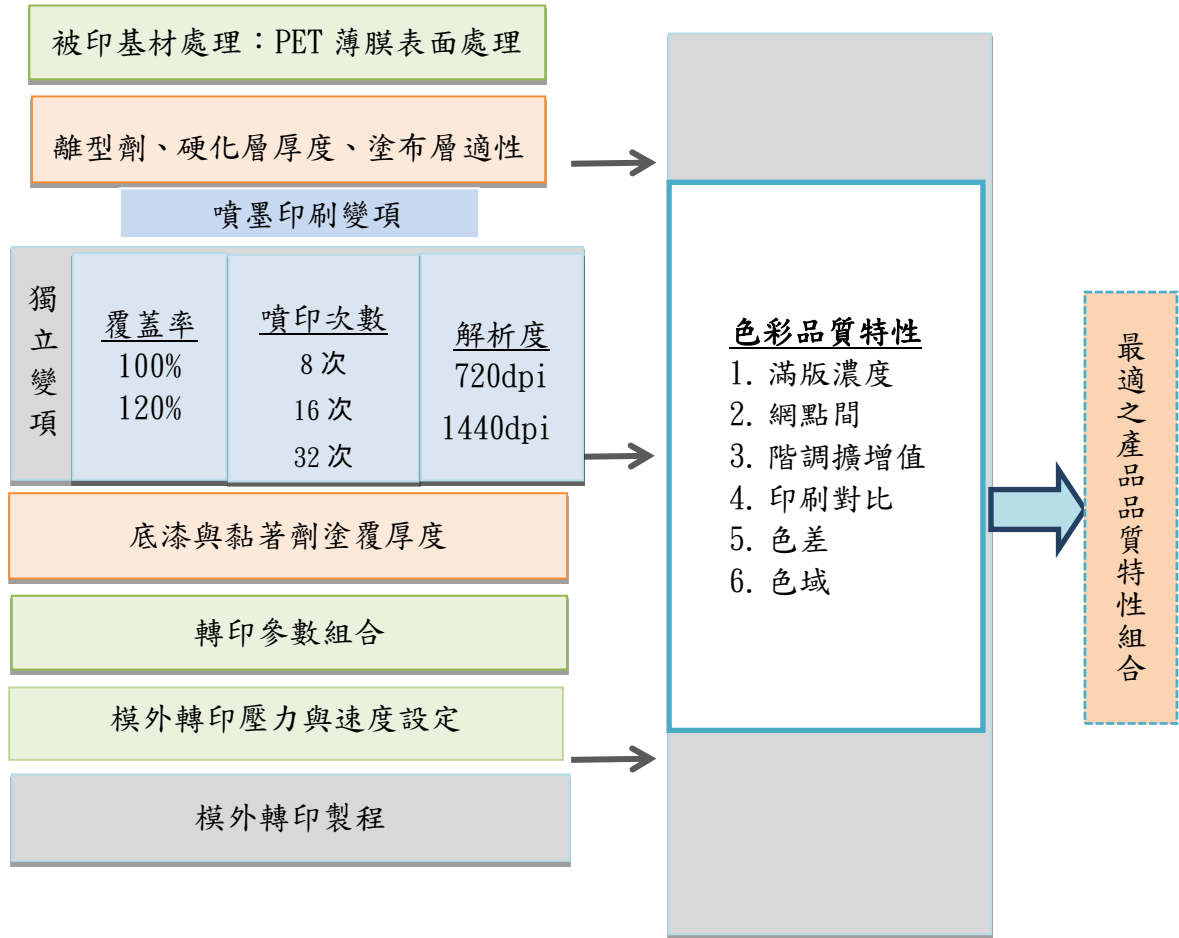


圖 3-1 研究架構圖

## 第二節 實驗變項

實驗為延續薄膜塗覆離型劑與硬化層最適之組合模式，使用噴墨印刷機的二種解析度(720dpi、1440dpi)、三種噴印次數(8次、16次、32次)、二種油墨覆蓋率(100%、120%)組合，除了看噴墨印刷後所呈現的色彩品質、轉印後所呈現的色彩品質並探討轉印前後的印刷色彩品質表現。此階段本研究之變項：自變項包括2種解析度、3種噴印次數、2種油墨覆蓋率，自變項總共實驗組為12組，如圖3-1所示，匯集成表3-1。

控制變項為：印墨塗覆層、離型層與硬化層組合特性、黏著劑組合特性、機器設備、噴墨印刷機、被印PET薄膜表面處理、被印PET薄膜厚度、工作環境濕度與溫度、檢測導具、射出成型設備控制參數、被轉印基材。

依變項為：檢測數位印刷模式，使用不同解析度、噴印次數與覆蓋率印製PET薄膜，印刷色彩品質特性，以及檢測轉印到ABS材料上的印刷色彩品質特性。

表 3-1 實驗參數組合一覽表

組合	解析度	噴印次數	覆蓋率
A	720*1200 dpi	8 pass	100%
B	720*1200 dpi	8 pass	120%
C	720*1200 dpi	16pass	100%
D	720*1200 dpi	16pass	120%
E	720*1200 dpi	32pass	100%
F	720*1200 dpi	32pass	120%
G	1440*1200dpi	8 pass	100%
H	1440*1200dpi	8 pass	120%
I	1440*1200dpi	16pass	100%
J	1440*1200dpi	16pass	120%
K	1440*1200dpi	32pass	100%
L	1440*1200dpi	32pass	120%

### 第三節 研究設計

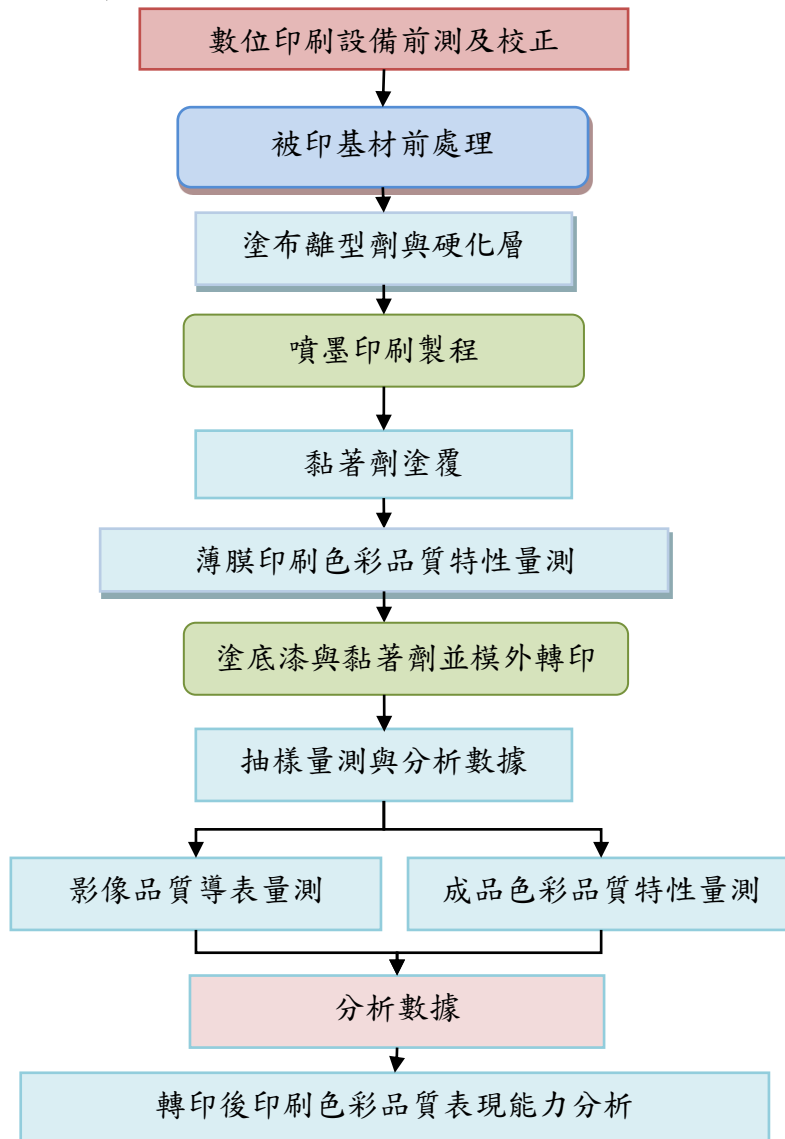


圖 3-2 研究設計

- (一) PET 轉印薄膜表面處理與分條：PET 轉印薄膜塑料，利用電暈處理 (Corona) 與塗布 (Primer) 的方式，增加 PET 膜表面張力，使數位印刷之電子印墨與噴墨更容易附著。
- (二) PET 轉印薄膜表面塗布處理：PET 薄膜表面處理完成，即需利用塗布機塗布離型劑與硬化塗層。
- (三) 正式上機印刷：噴墨數位印刷的 2 種解析度 (720dpi、1440dpi)，3 種噴印次數 (8 次、16 次、32 次)、2 種油墨覆蓋率 (100%、120%) 共 12 種組合，每種組合印製 50 份樣本，總印刷樣本為 600 份。
- (四) 底漆與黏著劑塗覆：在噴墨印刷製程印製印墨層之後，於印墨層上塗布黏著層。

- (五) 轉印前數據量測：在使用噴墨印刷 12 種變項組合印製之 600 張 PET 薄膜量測：測量呈現於 PET 薄膜上之色彩品質特性，以 X-rite 530 測量滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色差...等特性。
- (六) 模外轉印：轉印前先將數位噴墨印刷印製並測量完成的 600 份 PET 薄膜保持清潔，並依模外轉印成型機之標準設定進行模外轉印作業。
- (七) 抽樣與量測：本實驗將從設定的 2 種解析度(720dpi、1440dpi)，3 種噴印次數(8 次、16 次、32 次)、2 種油墨覆蓋率(100%、120%)共 12 種組合，共 360 張的轉印成品中，使用反射式濃度計 X-Rite 530、Eye-One iO 儀器分別測量樣本之色彩品質特性(滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色差)、色域等，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

噴墨印刷(18 種組合)				噴墨印刷樣本數	模外轉印樣本數
噴墨解析度/噴墨次數/油墨覆蓋率	720dpi	100%	8 次	各 50 張	各 30 張
			16 次		
	1440dpi	120%	32 次		
			合計 600 張		

- (八) 分析：本研究以 SPSS 及 Excel 統計軟體，對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，找出最佳的解析度與被印材料組合。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，檢驗與探討數位噴墨印刷之色彩、解析度以及塑膠被印材料，對模外轉印品質特性之影響，期望導出數位噴墨印刷應用於模外轉印製程之最佳色彩、解析度與被印材料特性組合。

## 第四節 研究材料與設備

### 一、實驗測量導表

使用 Adobe Illustrator 軟體製作實驗用電子原稿。原稿尺寸設計為 420×290mm

(如圖 3-3 所示) 可分別測試色彩品質特性及物理特性。

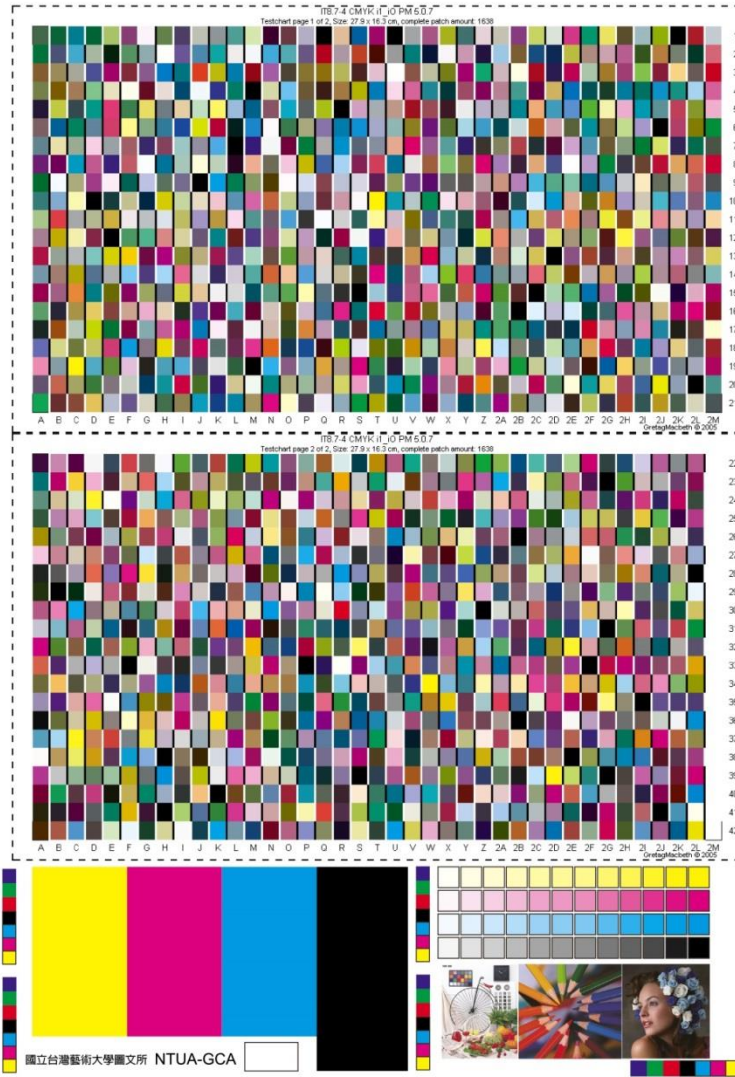


圖 3-3 實驗用色彩導表

### 二、實驗測量儀器

#### (一) 反射式濃度計 X-Rite 530

使用色相誤差和灰度功能測量濃度、網點、反差等導表，檢查印刷過程中的墨濃度一致性 (如圖 3-4 所示)。



圖 3-4 濃度計

(二) 分光光譜儀 Eye-One iO

分光光譜儀可獲得各種比色系統的絕對和差分測量值（如圖 3-5 所示）。



圖 3-5 X-Rite iLiO

三、實驗相關材料

- (一) 油墨：Mimaki UJF-3042 專用之 CMYK 電子印墨(ElectroInk)。
- (二) 轉寫薄膜：PET，KURARAY POVAL FILM。寬幅為 0.3m，長度約為 100m。
- (三) 離型劑與硬化塗層劑：大日本網屏、三力與永寬公司配方。
- (四) 被印材料：ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene，丙烯腈-丁二烯-苯乙烯聚合物)。

四、實驗相關設備

- (一) 數位噴墨印刷機(Mimaki UJF-3042)：最大寬度：254cm



圖 3-6 Mimaki UJF-3042

資料來源：台灣御牧股份有限公司

取自：<http://www.mimaki-tw.com.tw/index.asp>

## 五、實驗軟體

- (一) Microsoft Word 2010 Software for Windows
- (二) Microsoft Excel 2010 Software for Windows
- (三) SPSS 20.0 Software for Windows
- (四) Adobe Photoshop Software for Windows
- (五) Adobe Illustrator Software for Windows



#### 第四章 研究結果與討論

本研究先在被印材質 PET 膜上，經由噴墨方式列印，以兩種解析度、三種噴印次數及兩種覆蓋率的處理條件下，產出 12 種參數組合之實驗樣品後，再以 OMR 模外轉印之方式，將 PET 膜轉印至 ABS 基板上。以 X-Rite 530 測量其轉印前 PET 膜及轉印後 ABS 基板之上 KCMY 的滿版濃度、階調值(網點面積)、Lab 色彩色域，並計算出階調擴增(TVI)與印刷對比(PC)，以探討轉印前後之印刷色彩品質特性。其中各物理特性均為產品之基本要求，經檢測各產品均可滿足其需求。本節以討論色彩品質特性為主。

##### 第一節 紫外線(UV)噴墨轉印前 PET 模外轉印

###### 一、滿版濃度SID(Solid Ink Density)

濃度是指被印材料吸收光線的能力，濃度越高則吸收光線的能力愈好，表示色彩飽和度愈高、色域範圍越大、可以表現的色調愈豐富；而滿版濃度係指色料披覆於被印材料上之最高濃度。本研究所指涉的是被印材質 PET 經由噴墨方式列印，以兩種解析度、三種噴印次數及兩種覆蓋率的處理條件下，產出 12 種參數組合之實驗樣品。量測所有樣品上各色的最高濃度，即為該樣品之滿版濃度。

在各色版濃度表現上，如圖 4-1-1 所示。可得知：以覆蓋率而言，覆蓋率 120% 之各個實驗樣品，其各色版濃度皆高於覆蓋率 100% 之各個實驗樣品，故覆蓋率高，滿版濃度亦較高；以解析度而言，解析度 1440dpi 之各個實驗樣品其 K 版濃度皆高於解析度 720dpi 之各個實驗樣品，但 M、Y 版並無顯著差異，C 版則互有高低，應以統計方法檢驗；以噴印次數而言，噴印次數 8 之各個實驗樣品，其各色版濃度最高，噴印次數 16 次之，噴印次數 32 最低，故噴印次數低，滿版濃度較高。

綜上所述，欲得到較高滿版濃度，則應選擇較高之覆蓋率、較佳之解析度、較低之噴印次數進行製作。

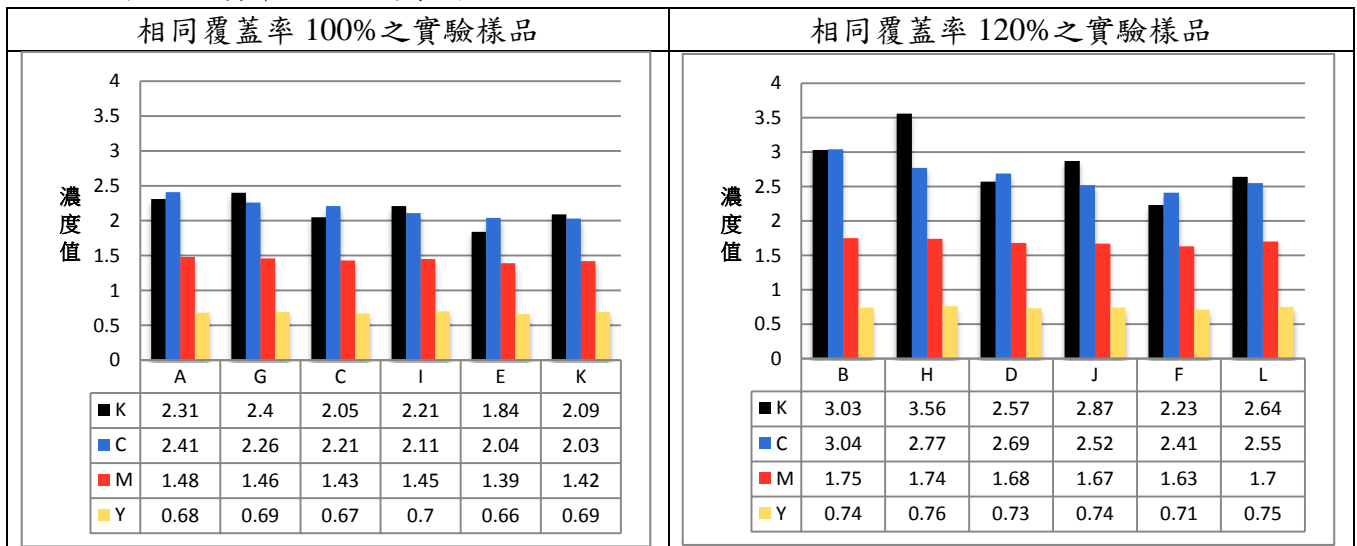
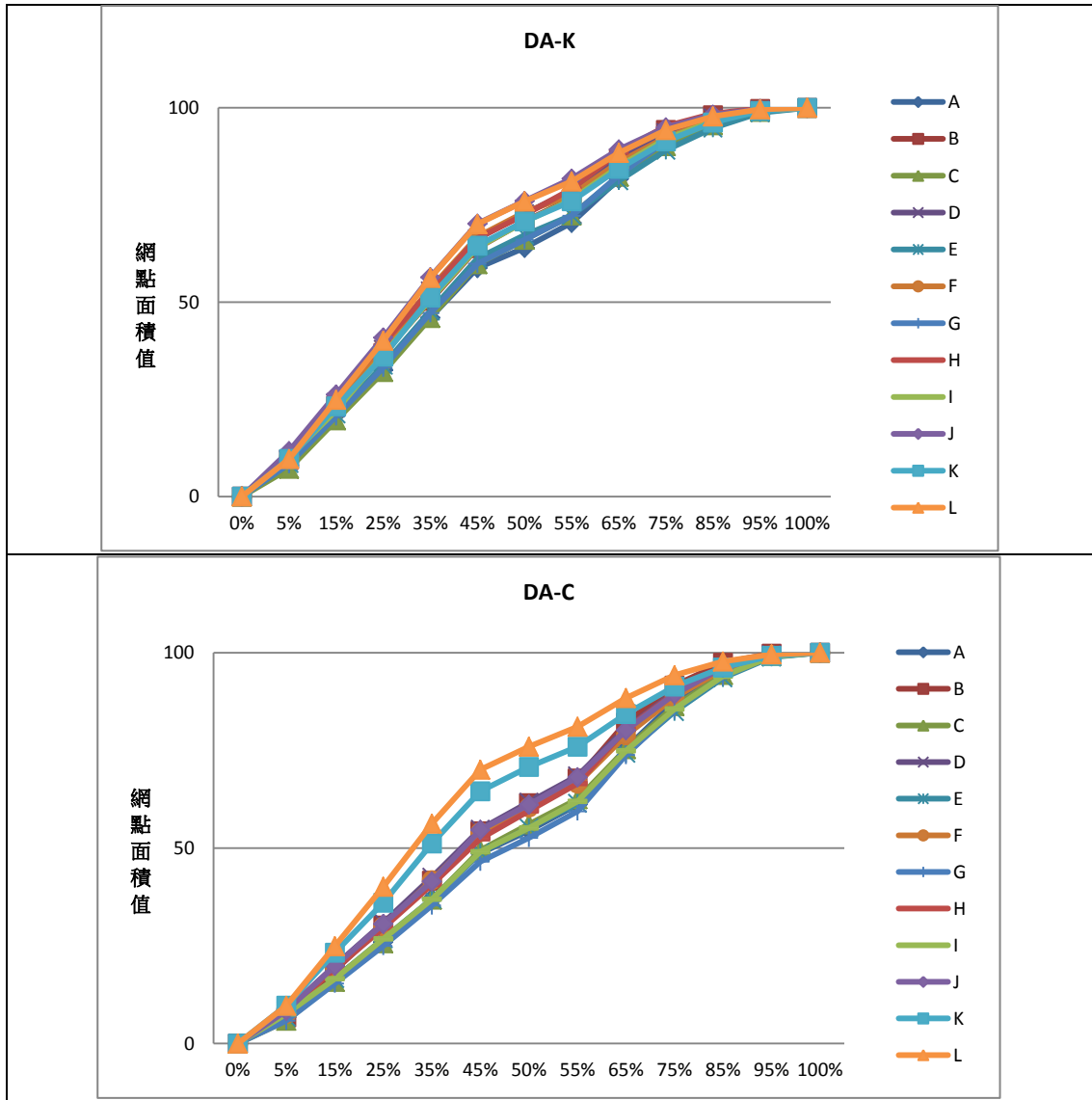


圖 4-1-1 轉印前各組合滿版濃度值

## 二、階調值(網點面積)

由實驗結果得知：除了各個實驗樣品之 C 色版在中間調部分的階調值有較大差異外，其餘之 K、M、Y 色版的階調值，在各個實驗樣品間有較一致的表現，如圖 4-1-2。



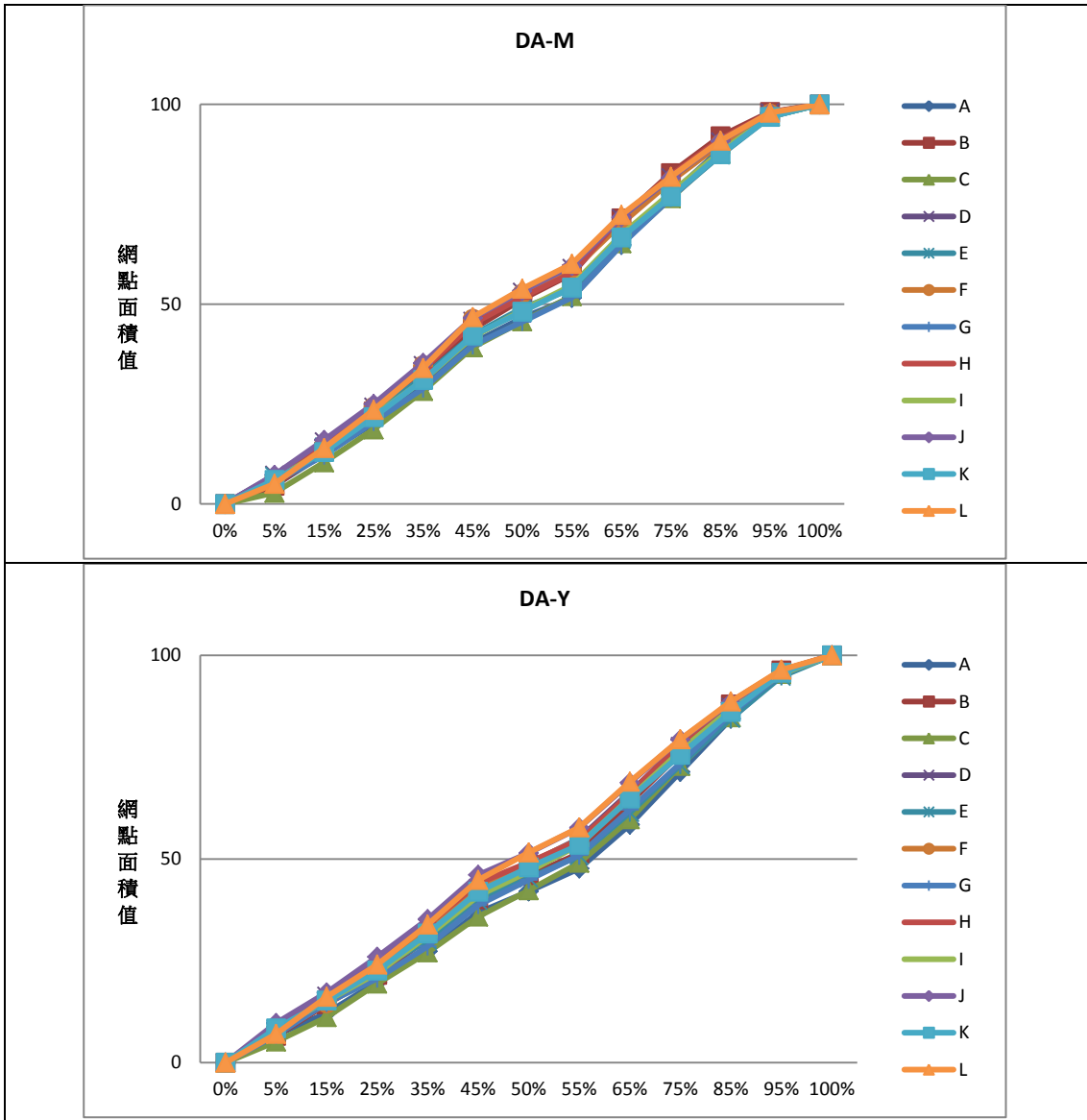
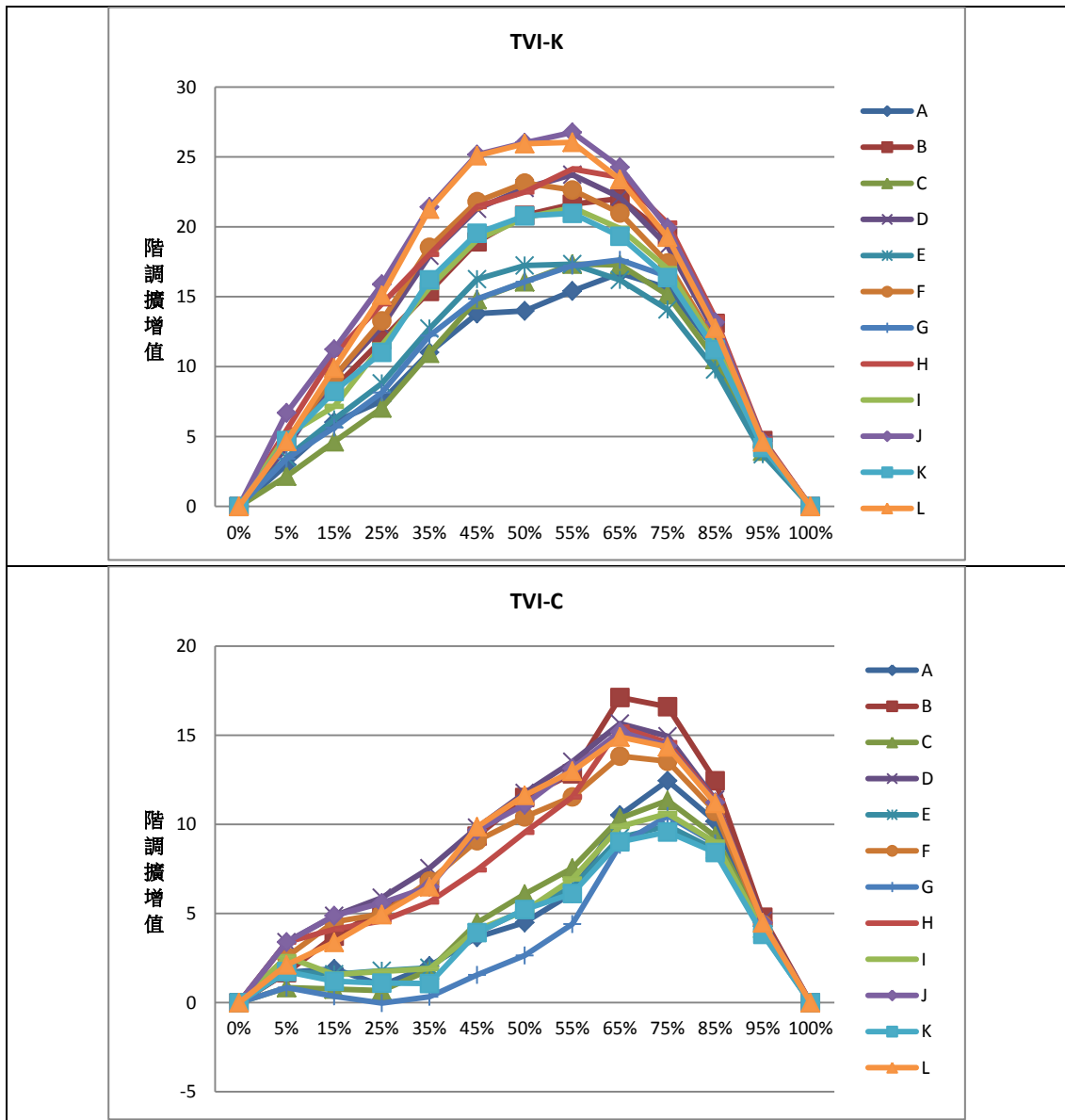


圖 4-1-2 各種組合轉印前(PET)網點面積關係圖

### 三、階調擴增(TVI)

如圖 4-1-3 轉印前(PET)之階調擴增比較圖得知：各個實驗樣品之 K 與 C 色版，其各階調之擴增值(TVI)為正數，以 50% 為例，覆蓋率越高階調擴增值越高，K 版覆蓋率 120% 其階調擴增值在 21~26 之間，而覆蓋率 100% 其階調擴增值在 14~17 之間；C 版覆蓋率 120% 其階調擴增值在 9~11 之間，而覆蓋率 100% 其階調擴增值在 3~6 之間；而 M 與 Y 色版，其各階調之擴增值(TVI)在明調(Highlight)部分呈現負的階調擴增值。



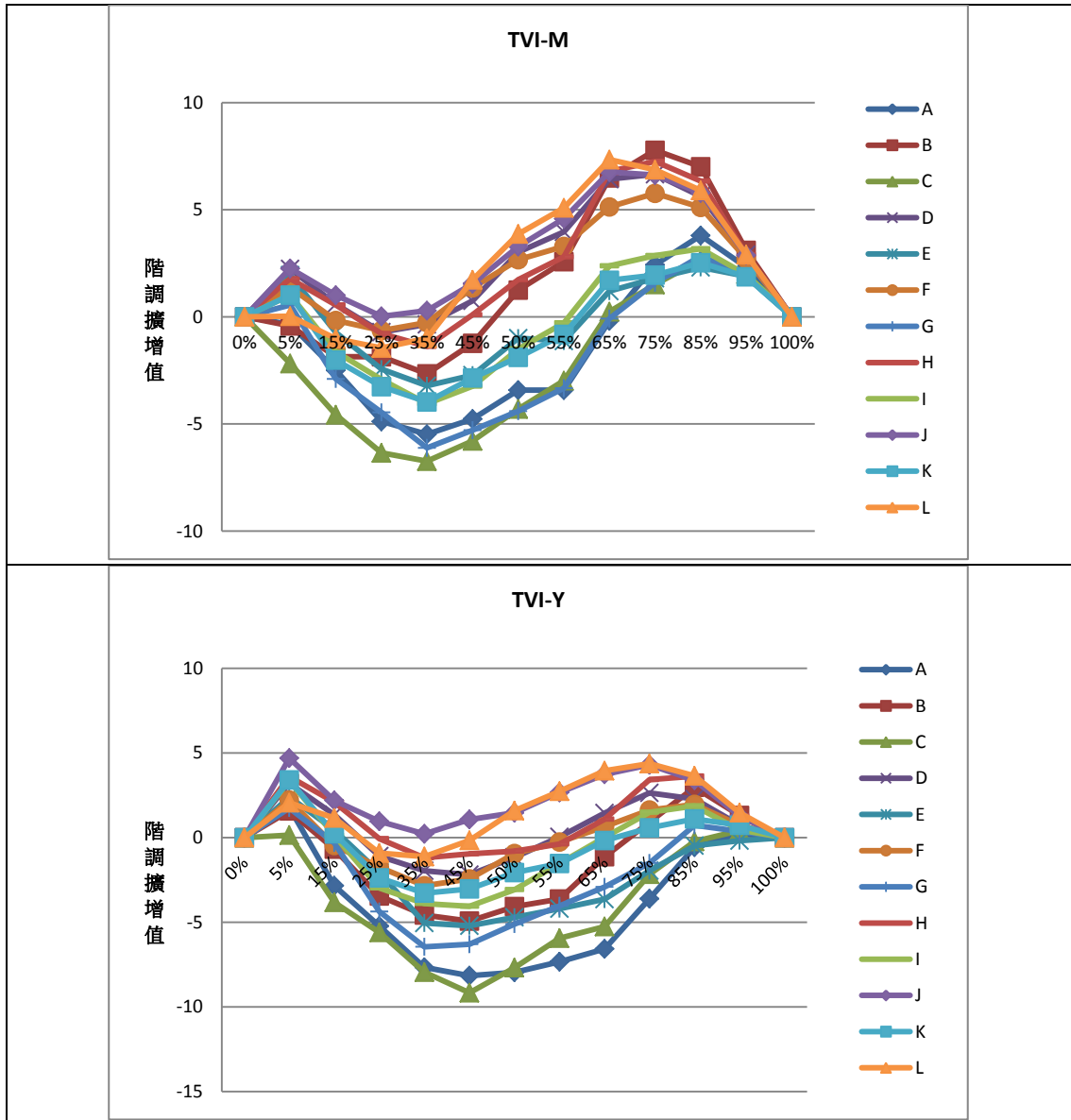


圖 4-1-3 轉印前(PET)階調擴增圖

#### 四、印刷對比(PC)

印刷對比是指滿版濃度與暗調濃度主要指 75% 或 80% 濃度的對比。印刷反差值愈大，其所能再現的層次就愈多，暗調的細節愈豐富；相反地，印刷反差值愈小，其所能再現的層次也愈少。本研究使用 75% 濃度的對比值來比較分析，印刷對比愈大，代表印刷在 75% 階調層次與滿版濃度之間的階調愈豐富。

在各色版印刷對比表現上，如圖 4-1-4 所示。可得知：在覆蓋率、解析度以及噴印次數等條件下，各個實驗樣品之間，表現差異不大。而各個實驗樣品之 C 版印刷對比表現最佳、Y 版最差。

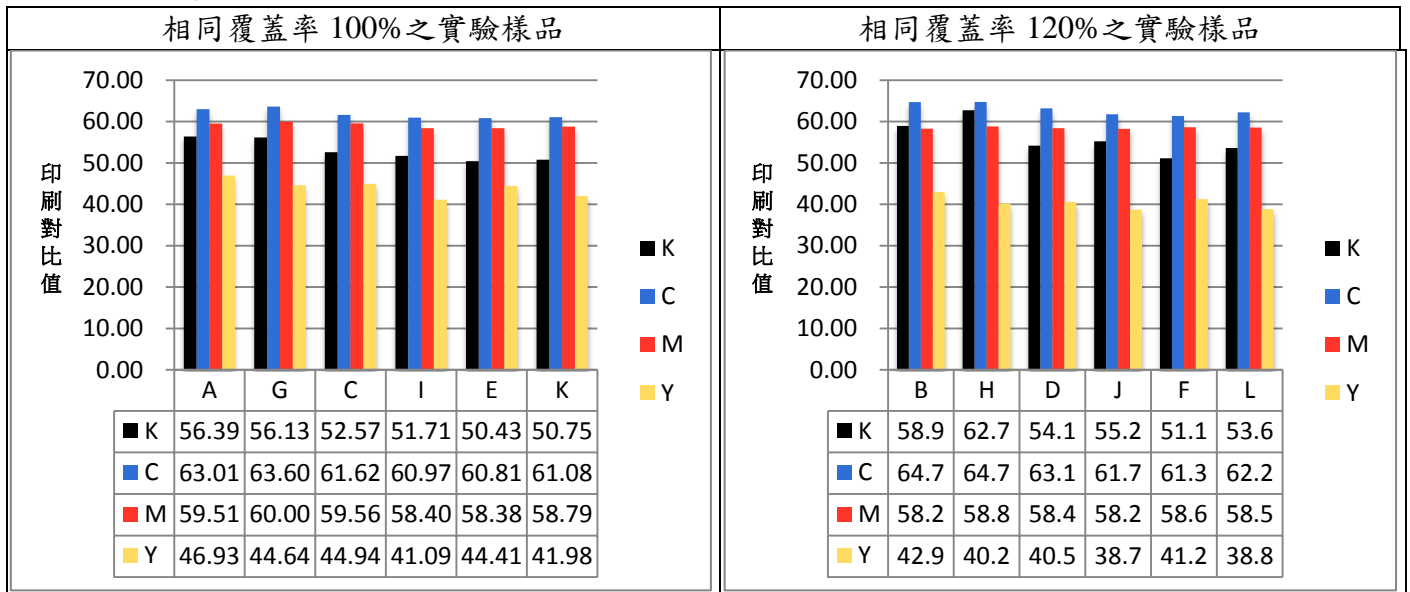


圖 4-1-4 轉印前(PET)印刷對比值

#### 五、色彩色域分析

以 ab 值為座標，不同組合轉印前(PET)噴墨印刷色彩色域，如圖 4-1-5 所示。可得知：在覆蓋率、解析度以及噴印次數等條件下，各個實驗樣品之間，表現差異不大。

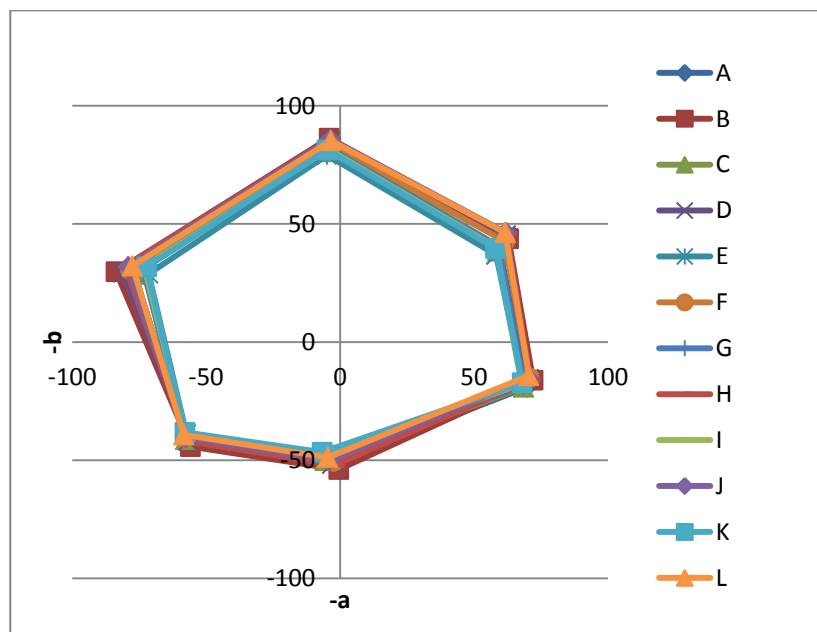


圖 4-1-5 各種不同組合轉印前色域圖

## 第二節 紫外線(UV)噴墨轉印後 ABS 模外轉印

### 一、滿版濃度SID(Solid Ink Density)

濃度是被印材料吸收光線的能力，而滿版濃度就是指色料印於被印材料上之最高濃度，本研究指的是被印材質 PET 經由噴墨方式列印，以兩種解析度、三種噴印次數及兩種覆蓋率的處理條件下，再模外轉印至 ABS 塑膠材料。量測所有樣品上各色的最高濃度，即為該樣品之滿版濃度。

在轉印後各色版濃度表現上，如圖 4-2-1 所示。可得知：以覆蓋率而言，覆蓋率 120% 之各個實驗樣品，其各色版濃度皆高於覆蓋率 100% 之各個實驗樣品，故覆蓋率高，滿版濃度亦較高；以解析度而言，解析度 720dpi 之各個實驗樣品其 C 版濃度皆高於解析度 1440dpi 之各個實驗樣品，但 M、Y 版並無顯著差異，K 版則互有高低，應以統計方法檢驗；以噴印次數而言，噴印次數 8 之各個實驗樣品，其各色版濃度最高，噴印次數 16 次之，噴印次數 32 最低，故噴印次數低，滿版濃度較高。

綜上所述，欲得到較高滿版濃度，則應選擇較高之覆蓋率、較佳之解析度、較低之噴印次數進行製作。

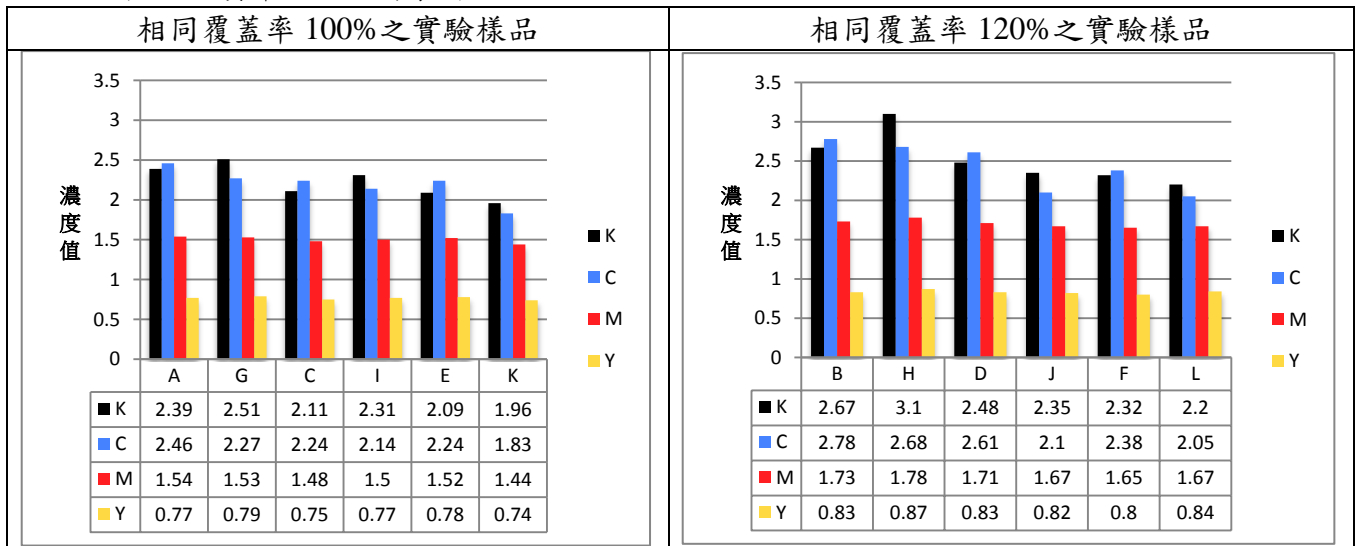
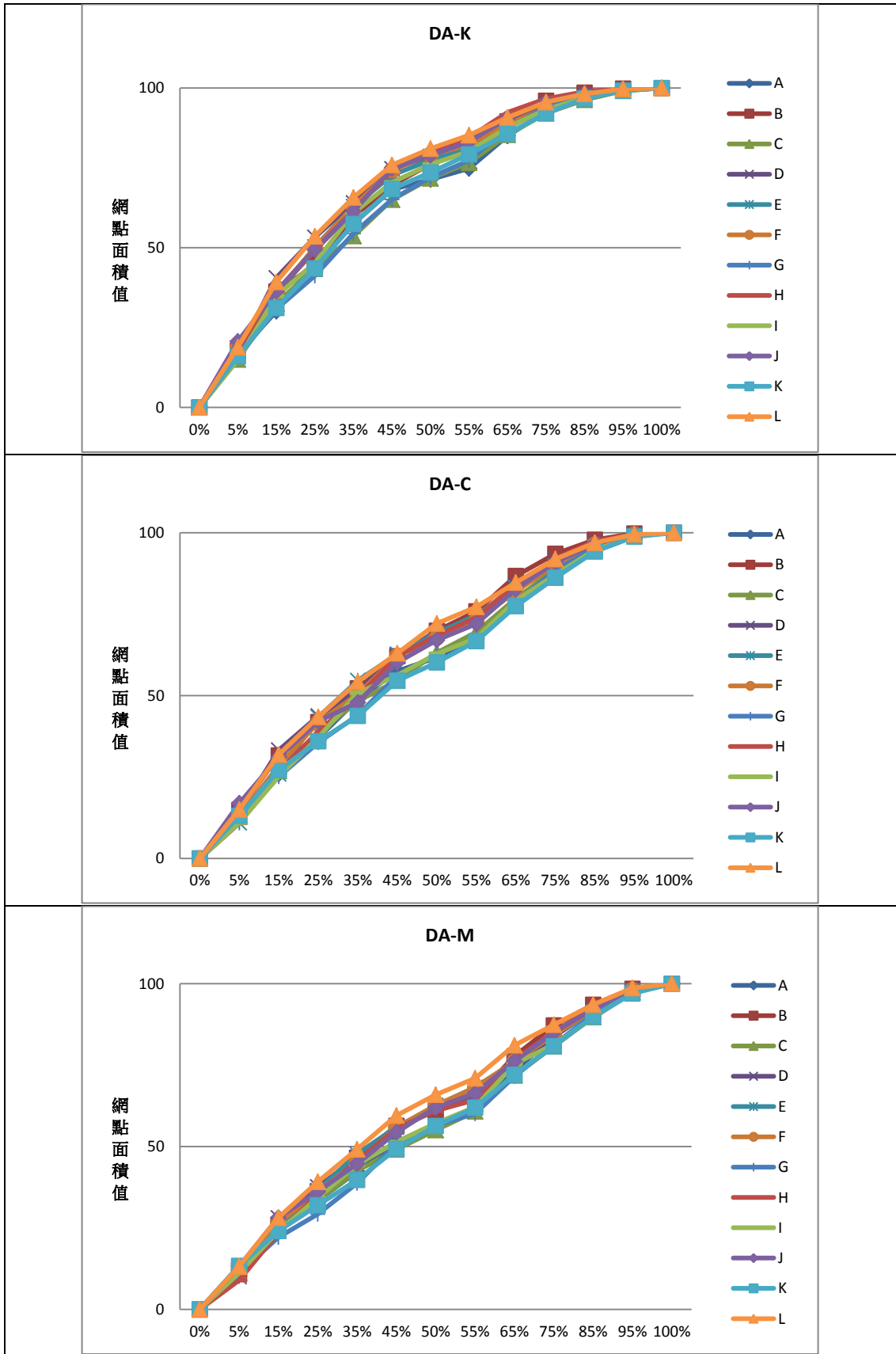


圖 4-2-1 轉印後各組合滿版濃度值

### 二、階調值(網點面積)

各種組合經由 PET 轉印至 ABS 後之階調值，如圖 4-2-2 所示。由實驗結果得知：在 K、C、M、Y 色版的階調值，各個實驗樣品間有較一致的表現。





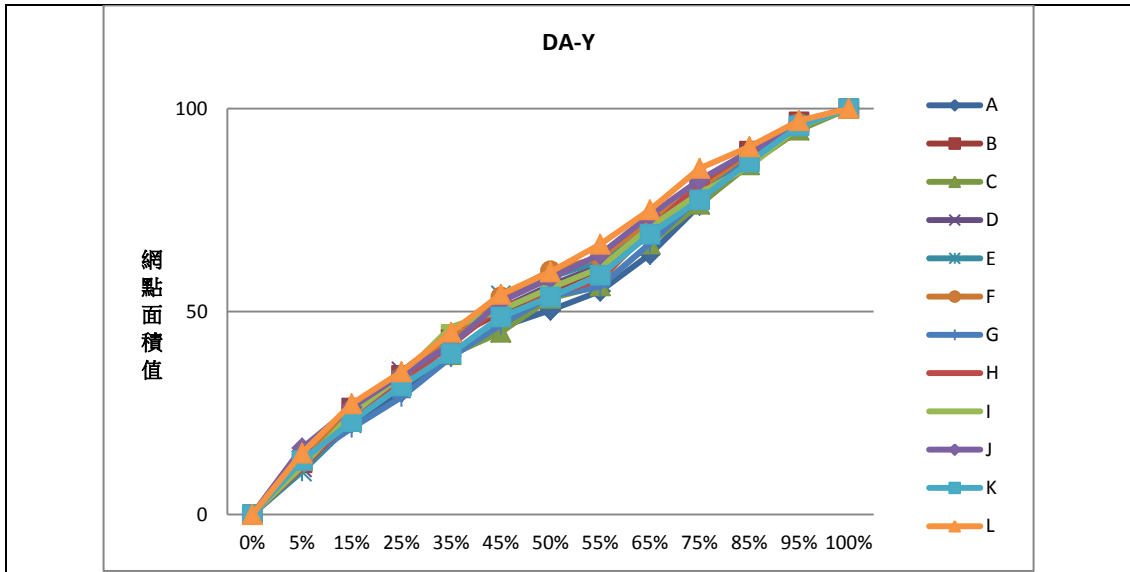
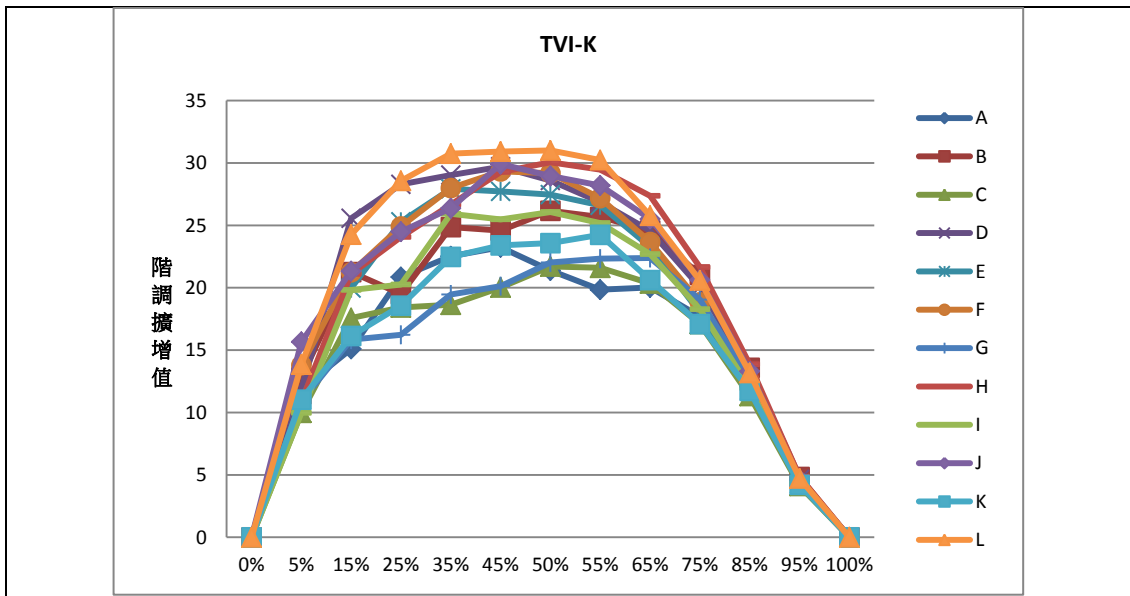


圖 4-2-2 各種組合轉印後(ABS)網點面積關係圖

### 三、階調擴增(TVI)

圖 4-2-3 為轉印後(ABS)之階調擴增圖得知：經轉印完後，各階調均有階調擴增，其中以 L 組合(1440\*1200dpi、32pass、120%)階調擴增值最高；其中以 C 組合(720\*1200dpi、16pass、100%)與 K 組合(1440\*1200dpi、32pass、100%)階調擴增值最低。



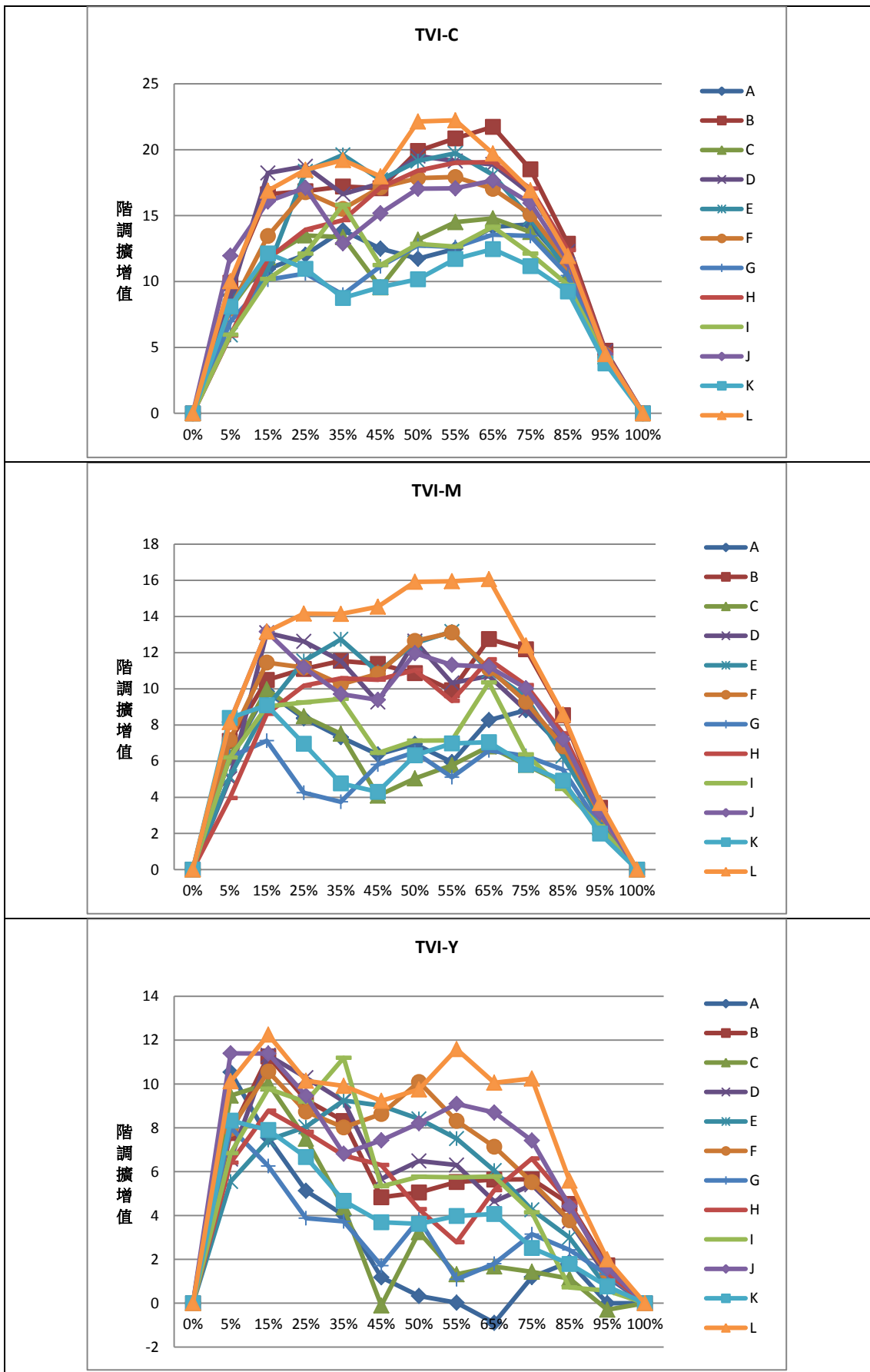


圖 4-2-3 轉印後(ABS)階調擴增圖

#### 四、印刷對比(PC)

印刷反差是指滿版濃度與暗部調濃度主要指 75% 或 80% 濃度的對比。印刷反差值愈大，其所能再現的層次就愈多，暗調的細節愈豐富；相反地，印刷反差值愈小，其所能再現的層次也愈少。本研究使用 75% 濃度的對比值來比較分析，印刷對比愈大，代表印刷在 75% 階調層次與滿版濃度之間的階調愈豐富。

在各色版印刷對比表現上，如圖 4-2-4 所示。可得知：在覆蓋率、解析度以及噴印次數等條件下，各個實驗樣品之間，表現差異不大。而各個實驗樣品之 C 版印刷對比表現最佳、Y 版最差。

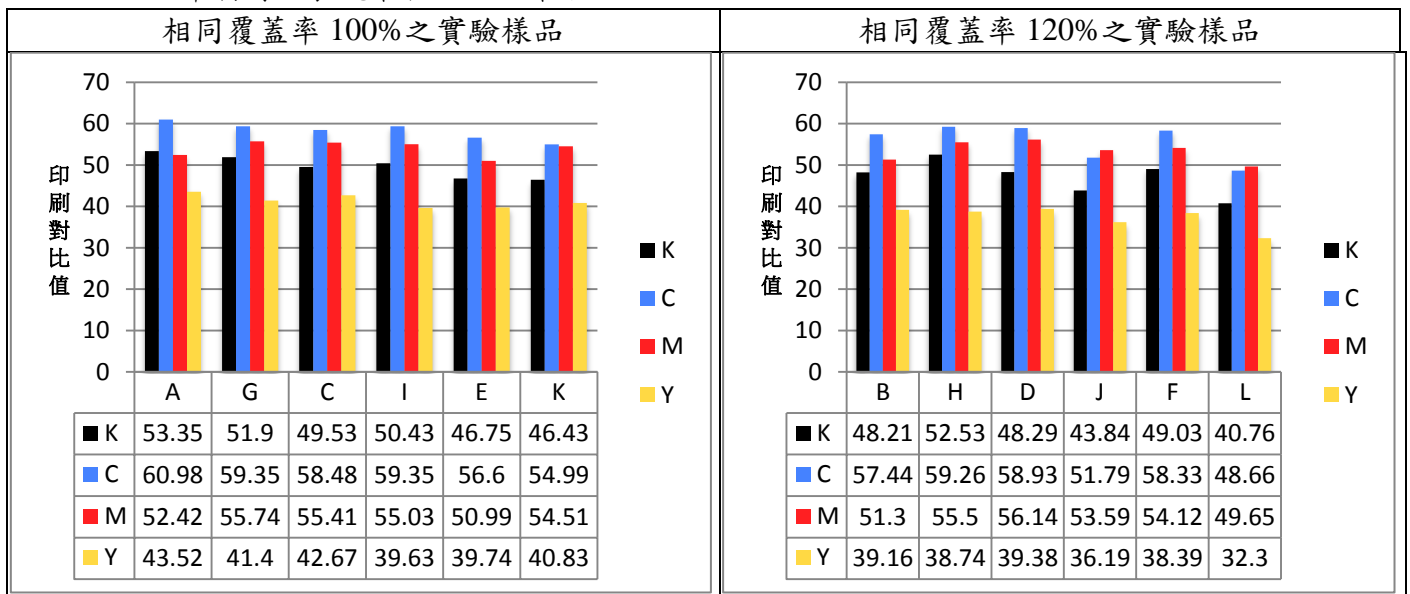


表 4-2-4 轉印後(ABS)印刷對比值

#### 五、色域色彩分析

以 ab 值為座標，不同組合轉印後(ABS)噴墨印刷色彩色域，如圖 4-2-5 所示。可得知：在覆蓋率、解析度以及噴印次數等條件下，各個實驗樣品之間，表現差異不大。

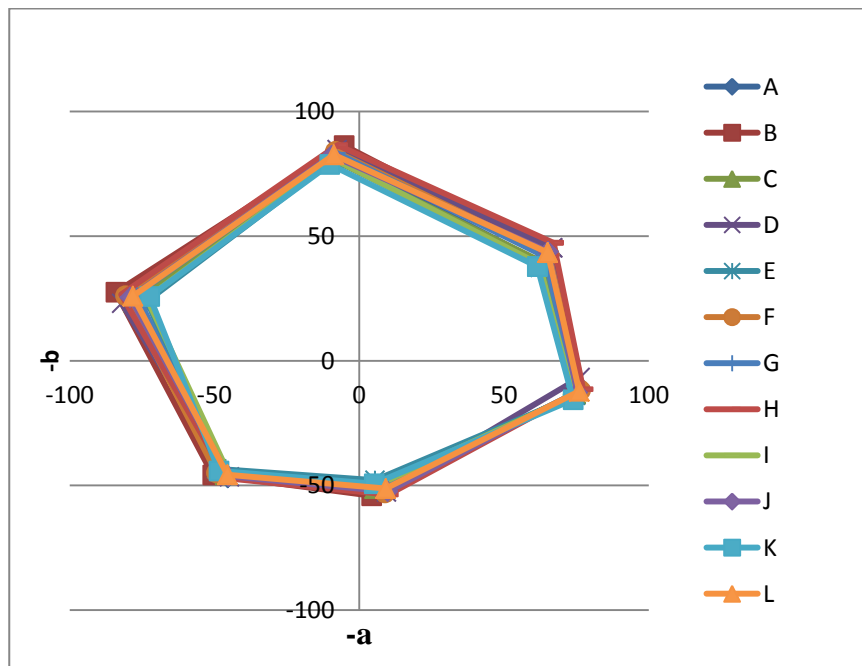


圖 4-2-5 各種不同組合轉印後色域圖

### 第三節 紫外線(UV)噴墨轉印前後之比較分析

為充分比較轉印前(PET)與轉印後(ABS)模外轉印之關係，特針對印刷品質色彩特性作實驗。經由前述分析轉印前後表現得到較佳的 A&G 與 A&H 兩組組合，在相同的條件下，探討其色彩品質差異。

#### 一、滿版濃度SID(Solid Ink Density)

濃度是被印材料吸收光線的能力，而滿版濃度就是指色料印於被印材料上之最高濃度。本研究指的是被印材質 PET 經過不同噴墨列印條件下以及轉印成 ABS 後，各色的最高濃度。由表 4-3-1 顯示，轉印後其滿版濃度值均較轉印前高。

表 4-3-1 轉印前後之滿版濃度比較

不同噴印次數(8.16.32)，相同解析度(720)及覆蓋率 100%(ACE)	不同噴印次數(8.16.32)，相同解析度(720)及覆蓋率 120%(BDF)
不同 pass 數(8.16.32)，相同解析度(1440)及覆蓋率 100%(GIK)	不同 pass 數(8.16.32)，相同解析度(1440)及覆蓋率 120%(HJL)

## 二、階調值(網點面積)

轉印前(PET)與轉印後(ABS)之版調曲線，由圖 4-3-1 可得知：轉印完後，網點面積在亮部部分有增加，使得階調再現性較佳。

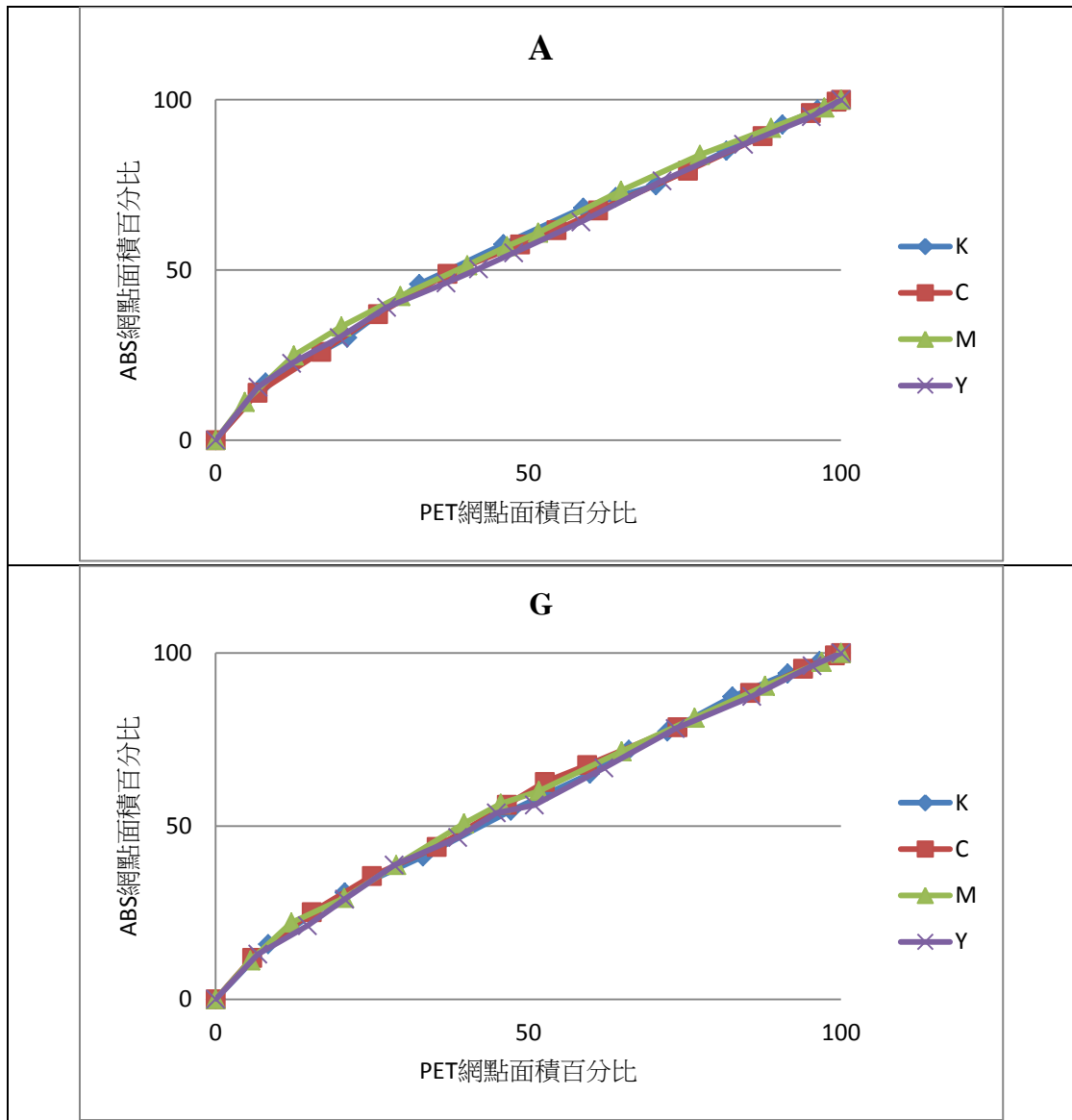


圖 4-3-1 轉印前後之版調曲線比較

### 三、階調擴增(TVI)

轉印前(PET)與轉印後(ABS)之階調擴增比較，由圖 4-3-2 可得知：實驗組合 A 與 G 在轉印後各色的最大階調擴增值均發生在亮部。

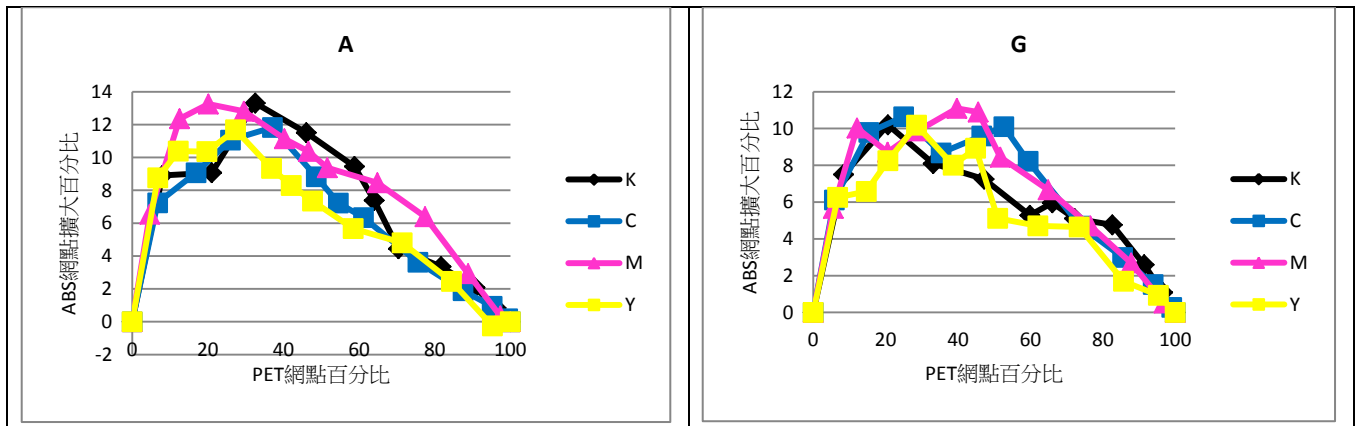


圖 4-3-2 轉印後網點相對增加百分比

### 四、印刷對比(PC)

轉印前(PET)與轉印後(ABS)之印刷對比各色版比較，由圖 4-3-3 可得知：實驗組合 A 與 G 在轉印後其印刷對比皆低於轉印前。本研究使用 75%濃度的對比值來比較分析，印刷對比愈大，代表印刷在 75%階調層次與滿版濃度之間的階調愈豐富。

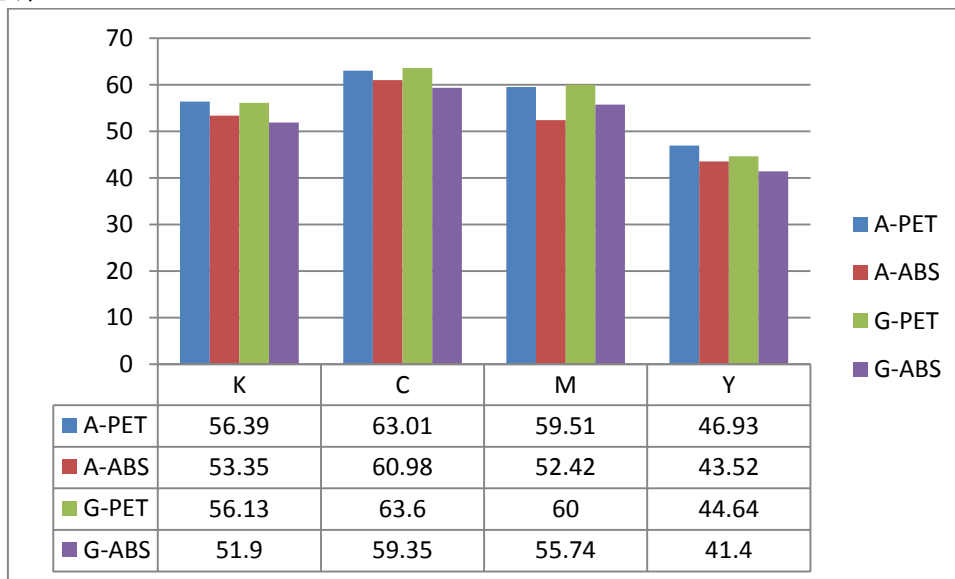
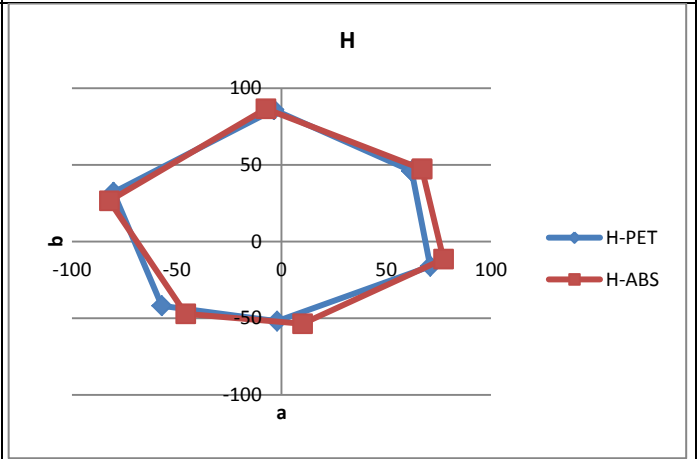
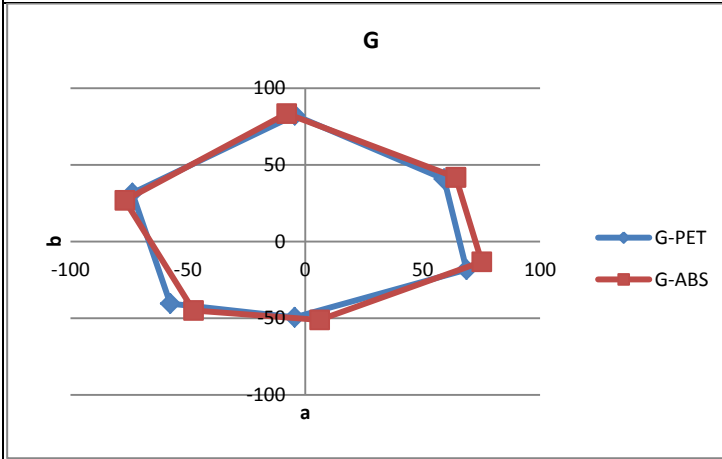
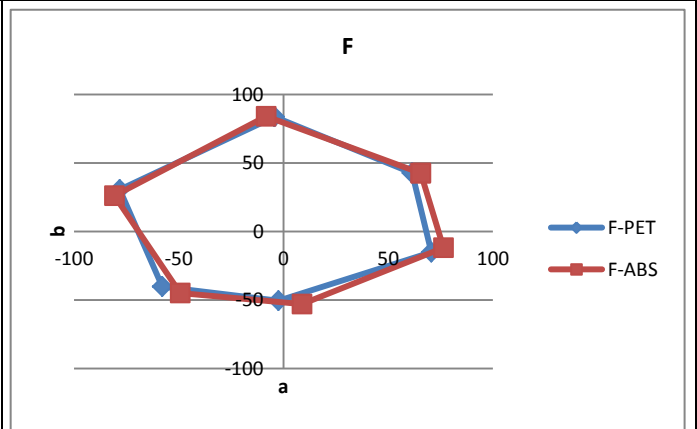
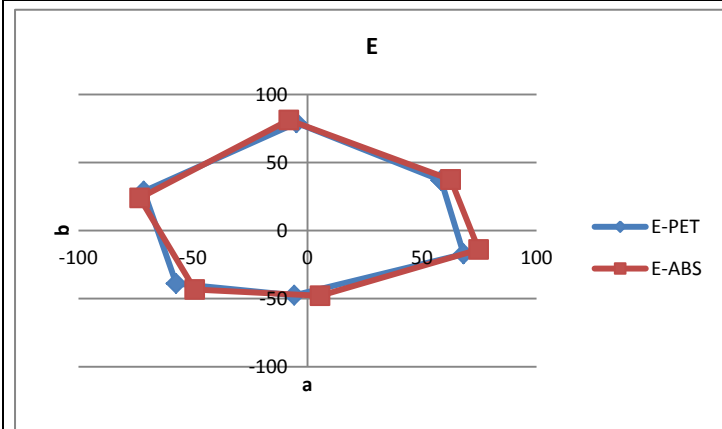
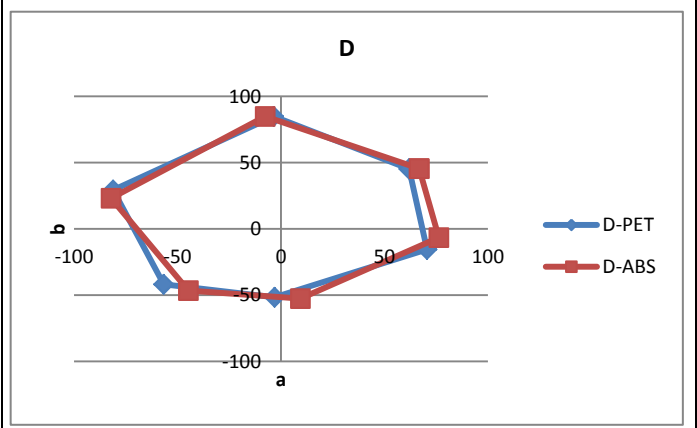
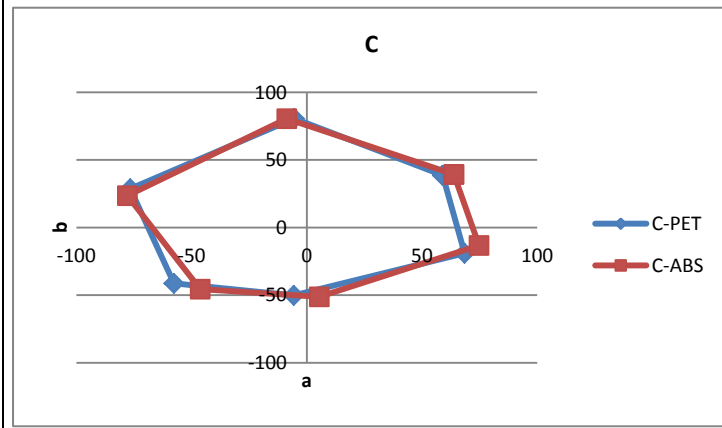
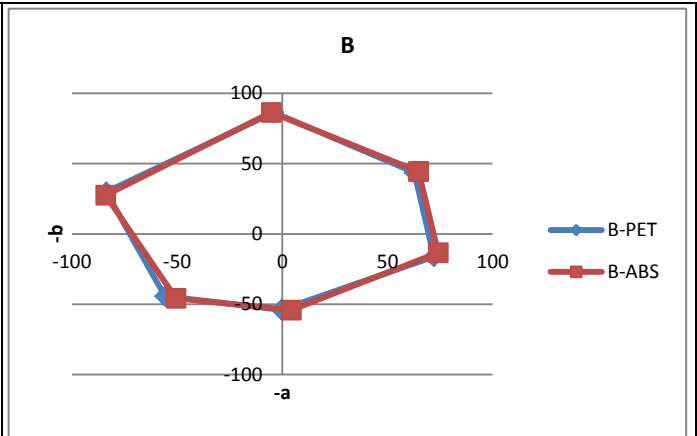
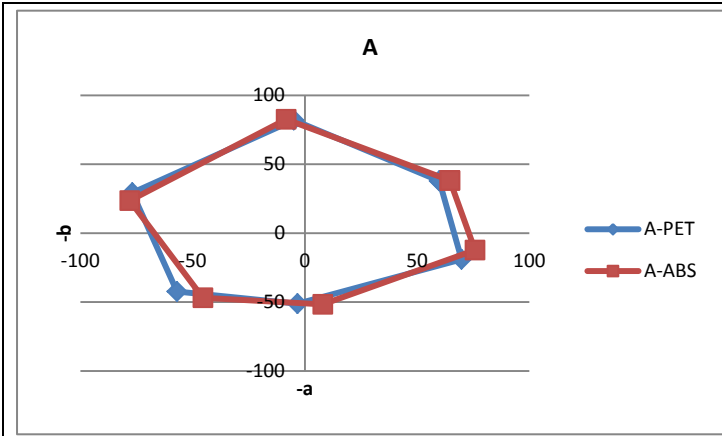


圖 4-3-3 轉印前(PET)與轉印後(ABS)對比(PC)值

### 五、色域色彩分析

以 Lab 色彩空間為基準，將轉印前後各實驗組合之色彩色域，描繪如圖 4-3-4 所示：在經過模外轉印至 ABS 材料上後，亮度值 L 會下降，主要是因轉印後燒焦所致；而在色彩色域部分，可得知轉印後在第一、三象限變化較大。



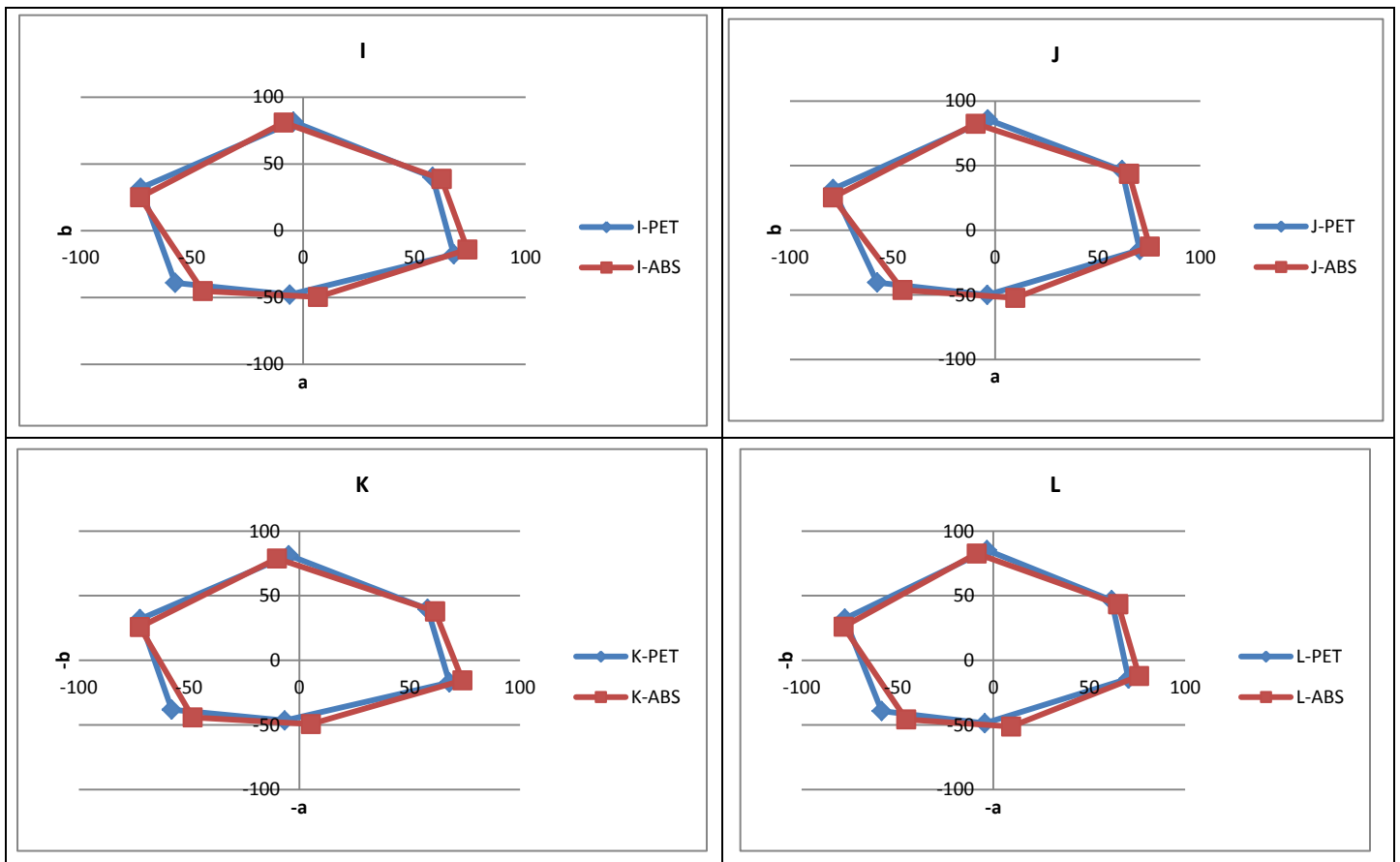


圖 4-3-4 轉印前與轉印後對照色域圖

### 六、色差

轉印前(PET)與轉印後(ABS)各種組合之色差各色版比較,由表4-4-3可得知:在 K 色版之色差值均在 3.2 以下,C 色版之各組合色差值在 6-15 之間,M 色版之各組合色差值在 5-11 之間及 Y 色版之各組合色差值在 1-7 之間。因此,K 色版在轉印前後色彩表現的一致性較佳,Y 色版與 M 色版次之,C 色版較差。應是轉印過程中之高溫對 C 色版之被印材影響較大。

表 4-3-5 轉印前(PET)與轉印後(ABS)各種組合各色版色差值

色版	組別	$\Delta E$	色版	$\Delta E$	色版	$\Delta E$	色版	$\Delta E$	
K	A	0720810	1.437	C	14.043	M	9.287	Y	3.629
	B	0720812	0.547		6.116		3.503		1.124
	C	0721610	1.557		13.860		8.747		3.286
	D	0721612	1.698		14.077		10.770		4.207
	E	0723210	1.719		10.510		7.520		3.979
	F	0723212	1.592		10.436		6.705		4.202
	G	1440810	1.665		12.191		8.351		3.947
	H	1440812	1.430		13.608		7.912		4.271
	I	1441610	3.209		14.680		7.159		4.611
	J	1441612	2.362		14.267		5.511		6.868
	K	1443210	2.754		11.616		6.102		6.032
	L	1443212	3.140		14.906		5.852		6.101



### 七、版調轉印前後網點特性關聯

如圖5-1與圖5-2網點特性關聯版調曲線圖所示，第一象限為原稿至成品間的版調曲線；第二象限為轉印前PET至轉印後ABS之版調曲線；第三象限為PET 45°對應直線；第四象限為原稿至PET之版調曲線，從此圖可得到原稿至成品間所呈現的網點對應關係。

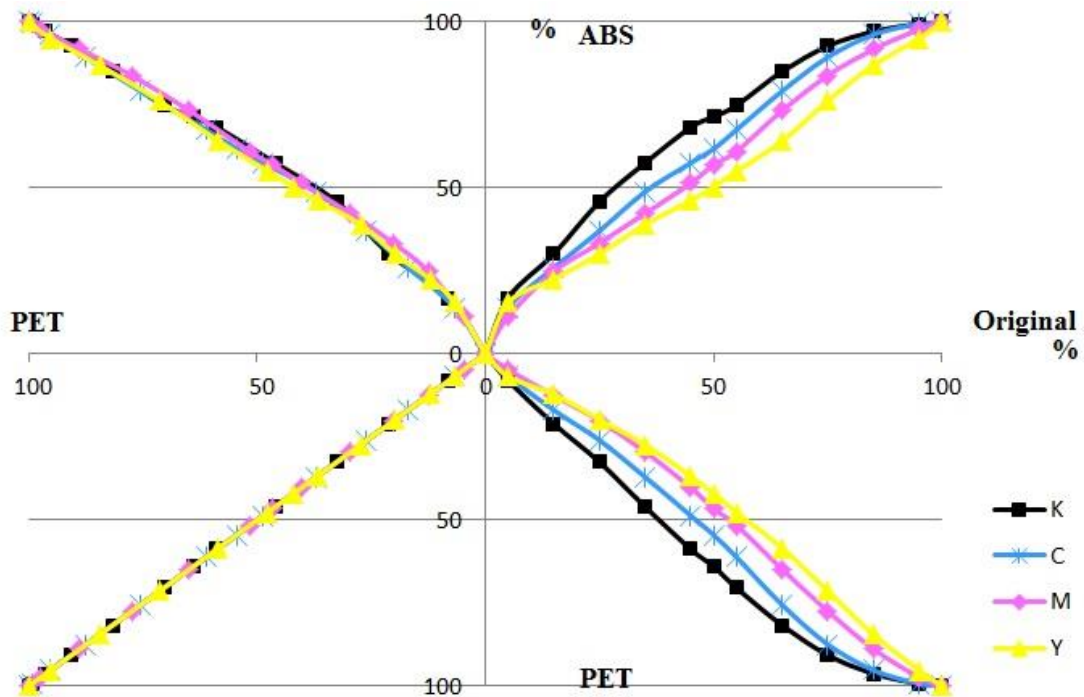


圖 5-1 A 組合網點特性關聯版調曲線圖

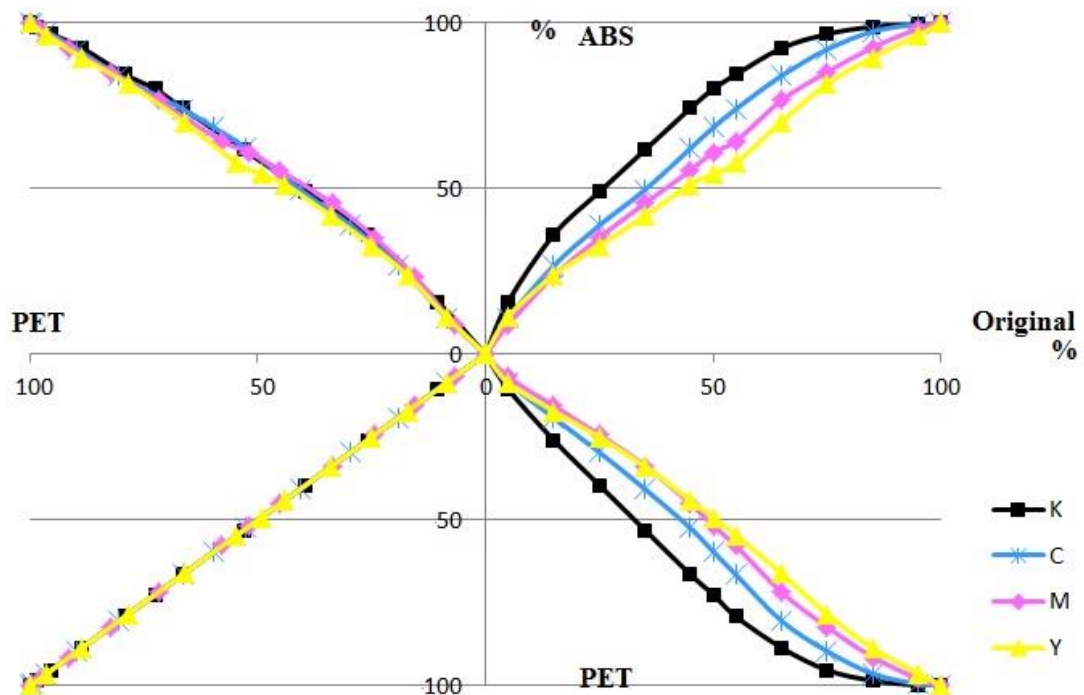


圖 5-2 H 組合網點特性關聯版調曲線圖

## 第五章 研究結論與建議

本研究主要以數位印刷方式來取代傳統印刷模式，而模外轉印牽涉到材料科學，色彩科學與加工製程，在本研究嘗試各種不同各式塗料之特性後，自製高精度塗布系統來完成本實驗。

本研究在實驗過程中，物理特性為模外轉印之門鑑，所有經測試之產品，經一再反覆配方塗布測試，最終均能滿足一般國際產品之規格需求。

### 第一節 研究結論

UV 噴墨印刷以不同變數(覆蓋率、噴印次數、解析度)之各種實驗組合，在印製完成之 PET 膜，進行色彩特性之量測後，再經塗布黏著劑後，將 PET 膜經模外轉印至 ABS 塑膠材料上，經由實驗分析分別依轉印前(PET)、轉印後(ABS)與二者間來進行比較分析，而得以下結論：

#### 一、紫外線(UV)噴墨轉印前PET模外轉印

1. 當覆蓋率愈高時，其滿版濃度愈高；噴印次數愈低，其滿版濃度愈高；而解析度部分，解析度 1440dpi 之各個實驗樣品其 K 版濃度皆高於解析度 720dpi 之各個實驗樣品，但 M、Y 版並無顯著差異，C 版則互有高低，應以統計方法檢驗。
2. 轉印前，除了各個實驗樣品之 C 色版在中間調部分的階調值有較大差異外，其餘之 K、M、Y 色版的階調值，在各個實驗樣品間有較一致的表現。
3. 噴墨轉印覆蓋率越高，階調擴增值越大；四色階調呈現正負階調擴增值。
4. 轉印前在各色版印刷對比表現上：在覆蓋率、解析度以及噴印次數等條件下，各個實驗樣品之間，表現差異不大；而各個實驗樣品之 C 版印刷對比表現最佳、Y 版最差。
5. 轉印前在各色版色彩色域表現上：在覆蓋率、解析度以及噴印次數等條件下，各個實驗樣品之間，表現差異不大。

#### 二、紫外線(UV)噴墨轉印後ABS模外轉印

1. 當覆蓋率愈高時，其滿版濃度愈高；噴印次數愈低，其滿版濃度愈高；而解析度部分，解析度 720dpi 之各個實驗樣品其 C 版濃度皆高於解析度 1440dpi 之各個實驗樣品，但 M、Y 版並無顯著差異，K 版則互有高低，應以統計方法檢驗。
2. 轉印後，在 K、C、M、Y 色版的階調值，各個實驗樣品間有較一致的表現。
3. 在噴墨轉印三種變數之間，覆蓋率越高，階調擴增值越大；四色階調擴增均為正值。
4. 轉印後在各色版印刷對比表現上：在覆蓋率、解析度以及噴印次數等條件下，各個實驗樣品之間，表現差異不大；而各個實驗樣品之 C 版印刷對比表現最佳、Y 版最差。
5. 轉印後在各色版色彩色域表現上：在覆蓋率、解析度以及噴印次數等條件下，各個實驗樣品之間，表現差異不大。

#### 三、紫外線(UV)噴墨轉印前後之比較分析

1. 轉印後其滿版濃度值均較轉印前高。
2. 轉印後，網點面積在亮部部分有增加，使得階調再現性較佳。
3. 實驗較佳組合 A 與 G 在轉印後各色的最大階調擴增值均發生在亮部。
4. 實驗較佳組合 A 與 G 在轉印後其印刷對比皆低於轉印前。

5. 在經過模外轉印至 ABS 材料上後，亮度值 L 會下降，主要是因轉印後燒焦所致；而在色彩色域部分，可得知轉印後在橙色與青色變化較大。
6. 轉印前後色差比較：在 K 色版之色差值均在 3.2 以下，C 色版之各組合色差值在 6-15 之間，M 色版之各組合色差值在 5-11 之間及 Y 色版之各組合色差值在 1-7 之間。因此，K 色版在轉印前後色彩表現的一致性較佳，Y 色版與 M 色版次之，C 色版較差。應是轉印過程中之高溫對 C 色版之被印材影響較大。
7. 經由轉印前後整合，可得到原稿至成品間所呈現的網點對應關係。

## 第二節 研究建議

### 一、對後續研究者的建議

1. 本研究以主要以 UV 噴墨式數位印刷來印製 PET 薄膜，後續研究可針對不同的噴墨列印機，如溶劑型，水性或不同的顏料或染料，來進行進一步的分析。
2. 本研究採用模外轉印方式，後續研究可延伸轉印的方式如模內貼標、模內(外)成型來研究分析。
3. 本研究採用 PET 薄膜來進行研究轉印之基本材質，後續研究者可利用不同的薄膜來進行研究分析。

### 二、對產業的建議

1. 就塑膠產業而言，在 3C 產品中，可藉由新的數位印刷方式，提高產品價值與機能，且可短量生產，以因應未來個性化之產品。
2. 模外產品可以從噴烤底漆之市場，轉進至具不同底紋轉印之市場，進而至彩色印刷之市場，或個性化之市場，以幫助降低印製成本，展現最佳品質，同時提升時間效率，為印刷工業創造更多利基與商機。
3. 就國內印刷產業而言，可提升國內數位印刷與模外轉印技術，並擴大應用範圍：以數位化的依需印刷、即時交付的時效、個人化需求的印刷趨勢、短版印刷趨勢、多品種少量印刷以及可變印紋需求，結合模外轉印，使整個印刷製程簡化，應用層面卻更廣，對於數位印刷與模外轉印技術來說，都是一大契機，將印刷技術的應用範圍再擴大，提升經濟效益，展現印刷產業競爭力。

### 參考文獻

- 陳昌郎(2012)。噴墨印刷應用於模內轉印之印刷色彩特性研究。中華印刷科技年報，PP.188-202。
- 乃靜莉(2010)。UV 噴墨列印應用於磁磚之印刷品質特性研究。國立台灣藝術大學圖文傳播藝術學系碩士論文。
- 王文慶、田雁晨、呂通建(2007)。塑膠材料的選用。化學工業出版社，新華書店北京發行，PP.33~37，PP.72~74，PP.144-148。
- 台翰(1987)。IMD 製程應用手冊。台翰精密科技股份有限公司
- 李輝煌(2008)。田口方法~品質設計的原理與實務。高立圖書有限公司。
- 汪昱甫、陳昌郎(2008)。奈米塗佈紙張的表面性質分析研究。2008 中華印刷科技學會年報，中華印刷科技學會，PP.61-86。
- 林華發(2006)。探討國產與日產無水平版光碟印刷機之印刷品質特性差異。國立臺灣藝術大學應用媒體研究所碩士論文，台北縣。
- 金銀河(2001)。塑料製品印刷。化學工業出版社，新華書店北京發行，PP.571-573。
- 唐兆璋(2006)。整合電腦輔助工程分析在模內裝飾射出成型之製程研究。勤益技術學院材料與化學工程研究所碩士論文。

- 唐兆璋、邱維銘、錢玉樹(2005)。薄膜對模內裝飾射出成型之模流分析影響研究。2005 奈米與薄膜技術研討會。
- 徐宏文(2004)。三維表面印刷加飾技術於汽車內裝設計之應用設計。國立台灣師範大學圖文傳播研究所印刷組碩士論文，台北市。
- 徐宏文(2005)。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，中華印刷科技學會，PP.45-55。
- 許丕明、哈冀連、張仁安等(2002)。In-Mold Decoration 自動化定位射出成型系統。行政院國家科學委員會補助專題研究計畫，NSC-90-2212-E-269-006。
- 陳昌郎、王怡力(2009)。數位印刷應用於水轉印之品質適性研究，2009 中華印刷科技學會年報，中華印刷科技學會，PP.169-190。
- 陳昌郎、王怡力、高惠齡(2008)。數位印刷水披覆轉寫膜之印刷適性研究，2008 中華印刷科技學會年報，中華印刷科技學會，PP.135-151。
- 陳昌郎、汪昱甫(2006)。電子油墨在不同塗布紙張之印刷品質特性研究。2006 中華印刷科技年報，中華印刷科技學會，PP.44-58。
- 陳昌郎、汪昱甫(2007)。不同塗佈紙張在數位印刷之品質特性研究，2007 中華印刷科技年報，中華印刷科技學會，PP.451~467。
- 陳昌郎、康乃文(2006)。ISO Profile 運用於數位打樣機之效果及特性研究。2006 中華印刷科技年報，中華印刷科技學會，PP.35-43。
- 陳昌郎、楊子霆(2012)。數位印刷應用於模內貼標印刷品質特性之研究。中華印刷科技年報，PP.156-171。
- 陳雅莉、陳昌郎(2008)。加密數位浮水印圖像應用於數位印刷之品質分析研究。2008 中華印刷科技學會年報，中華印刷科技學會，PP.182-207。
- 黃仁德(2002)。PC/TPU 薄膜模內貼合射出成型製程特性之研究。中原大學機械系研究所碩士論文。
- 黃世存(2003)。PC 薄膜熱壓製程特性之研究。中原大學機械研究所碩士論文。
- 黃宗偉(2005)。IMR 模內轉印射出成型製程之研究。中原大學機械工程研究所碩士論文，桃園縣。
- 楊淨(2005)。數字印刷及應用。化學工業出版社，PP.185-187。
- 葉文俊(2006)。奈米顏料粒徑對噴墨色彩表現研究。國立台灣藝術大學應用媒體藝術研究所碩士學位論文，台北縣。
- 廖哲鈺、周文明、徐明景(2012)。UV 噴墨墨滴變化在壓克力材質品質特性研究。中華印刷科技年報，PP.172-187。
- 潘炯丞(2008)。消費性電子產品的外觀材料應用(上)。工業材料雜誌，P.254。
- 潘炯丞(2008)。消費性電子產品的外觀材料應用(下)。工業材料雜誌，P.255。
- 蔡永明(2005)。數位影像轉印品質研究。國立台灣藝術大學應用媒體藝術研究所碩士學位論文，台北縣。
- 錢軍浩(2003)。印刷油墨應用技術。北京：化學工業出版社。
- 羅玉龍(2008)。模內轉印技術於塑膠產品外觀設計之應用研究-以筆記型電腦為例。大同大學工業設計學系研究所碩士論文，台北市。
- A.C-Y Wong, K.Z. Liang(1997). "Thermal effects on the behaviour of PET films used in the in-mould-decoration process involved in plastics injection moulding", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 63, pp.510-513.
- A.C-Y Wong, K.Z. Liang (1997). "Thermal effects on the behavior of PET films used in the in-mould-decoration process involved in plastics injection molding", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 63, p. 51.

- B. Merki (2002). "The opportunities of multi-component injection molding", Netstal News, no. 42, pp.4-5.
- CHEN Changlang, CHANG Yutung, TASO Shenghao, and HSU Weichieh (2014). "The Study on Color Quality Attributes of IMR with PET on White Ink by UV Inkjet", *Advanced Materials Research Vols. 1004-1005*, pp 799-802.
- CHEN Changlang, CHIOU Lihrong, CHANG Yutung, and HSU Weichieh (2014). "A Study on Color Variance of IMR between PET Coated and Uncoated White Ink by UV Inkjet", *Advanced Materials Research Vols. 1004-1005*, pp 795-798.
- CHEN Changlang, LO Meichun, SU Yunti, and CHANG Yutung(2012). "The Study on Color Print quality Attributes of In-Mold Roller Using Digital Inkjet Printing", *Applied Mechanics and Materials Vol. 262*, pp 340-344.
- CHEN Changlang, LO Meichun, WEI Mingchw, WANG Shiwei(2012). "A Study of Color Variance between Vacuum Plate of Aluminum and Aluminum Foil Using UV Offset Printing", *Applied Mechanics and Materials Vol. 262*, pp 253-257.
- Field, Gary G. (1999). *Color and It's Reproduction*. Pittsburgh. GATF.
- Field, Gary G. (2001). *Color Essentials, Volume 1: Color and Quality for the Graphic Arts and Sciences*. GATF.
- HP Invent. (2006). *HP Indigo press ws4050 User Guide*.
- HP Invent. (2006). *The high performance solution for profitable, color digital printing. HP Indigo press ws4050 Specification Sheet*.
- J.C. Love, V. Goodship(2002). "In-Mould decoration of plastics", *Rapra Review Report146*, Rapra Technology Limited.
- Japan Nissha (2005). *In Mould Decoration Design Guideline*. Nissha Printing Co., Ltd.
- K. T. Okamoto(2009). *Microcellular Processing*, Hanser Gardner Publishers.
- Kipphan, Helmut (Ed.)(2001). *Handbook of Print Media*. Berlin, Germany: Springer.
- Ming-Chih Huang, Ching-Chih Tai (2001). "The effective factors in the warpage problem of an injection-molded part with a thin shell feature", *Journal of Materials Processing Technology* 110, pp.1-9.
- Paul N. Gardner Company, Inc.(1997). *ASTM Standard Test Method for Measuring Adhesion by Tape Test*. Florida, USA, pp.1-4.
- PrintCom Consulting Group.(2007). *Media and Output Processes. PIA/GATF 2007 Forecast: Technology, Trends, Tactics*. GATF World, 19(1), p69.
- Romano, Frank (2006). *The Future of Global Markets for Digital Printing to 2015*. PIRA International.
- Romano, Frank.(2009). *Digital Printing Futures. PIA/GATF 2009 Forecast: Technology, Trends, Tactics*. GATF World, 18(1), pp.57-61.
- S.J. Liao, D.Y. Chang, H.J. Chen, L.S. Tsou, J.R. Ho, H.T. Yau and W.H. Hsieh (2004). "Optimal Process Conditions of Shrinkage and Warpage of Thin-Wall Parts", *Polymer Engineering and Science*, 44 (5), pp.917-928.
- T. Robers(2006). "Attractive product design generates increased sales", *Netstal News*, no. 49, pp.4-5.
- Tan, Anthony (2007). *What the Advantage of UV Offset in Packaging Printing*. International Conference of Graphic Communication Arts & Science. Taipei, Taiwan.
- X. Han, H Yokoi(2006). "Visualization Analysis of the Filling Behavior of Melt into Microscale V-Grooves During the Filling Stage of Injection Molding", *Polymer Engineering and Science*.

# 國科會補助專題研究計畫出席國際學術會議心得報告

日期：103 年 10 月 28 日

計畫編號	NSC 102-2410-H-144-001-		
計畫名稱	數位噴墨印刷應用於模外轉印色彩品質特性之研究		
出國人員姓名	陳昌郎教授	服務機構及職稱	國立台灣藝術大學 圖文傳播藝術學系
會議時間	2014 年 06 月 21 日至 2014 年 06 月 22 日	會議地點	廣東南洋長勝酒店
會議名稱	(中文) 2014 年能源與環境科學研究進展國際學術會議 (英文) 2nd International Conference on Advances in Energy and Environmental Science		
發表題目	(中文) 數位噴墨印刷 PET 底色於模內轉印品質色彩特性之研究 (英文) The Study on Color Quality Attributes of IMR with PET on White Ink by UV Inkjet (中文) 數位噴墨印刷 PET 有無底色於模內轉印品質色彩特性之研究 (英文) A Study on Color Variance of IMR between PET Coated and Uncoated White Ink by UV Inkjet		

## 一、參加會議經過

第一天原則上為先報到並有晚宴，第二天分成上、下半場進行學術會議，上半場為大會安排主講者演講相關主題的報告(如能源開發與新能源技術、可持續發展理念與綠色經濟、資源的開發與利用、環境與生態保護，新技術加值應用…等)，下半場則進行分組報告，來自各不同國家與城市的老師與學生分享個自的研究成果。

## 二、與會心得

本次論文發表特別挑選有關環保議題的國際研討會，使本研究更能結合不同產業間的應用，同時亦刊登於進階材料期刊中。不僅僅侷限在自己的研究報告裡，聽到來自各國不同城市對於各自

努力的成果也是一大吸收，即使大家研究的領域各不相同，但是卻可以把不同產業間的經驗，作為是對自己研究的省思，使在研究的過程中，更能結合不同產業間的連結，同時考慮到生產所面臨的環保議題。

### 三、發表論文全文或摘要

(如附件)

### 四、建議

透過這次的國際學術會議，可以了解不同地域的研究生所研究的成果報告，希望將來可以再舉辦類似的會議，這樣一來更可以多方面的吸收多方的資訊。

### 五、攜回資料名稱及內容

大會資訊、相關研究之成果作品。

### 六、其他

## A Study on Color Variance of IMR between PET Coated and Uncoated White Ink by UV Inkjet

CHEN Changlang<sup>1,a\*</sup>, CHIOU Lihrong<sup>2,b</sup>, CHANG Yutung<sup>1,c</sup>, HSU Weichieh<sup>1,d</sup>

<sup>1</sup> Department of Graphic Communication Arts, National Taiwan University of Arts, Taiwan

<sup>2</sup> Extension Education Center, National Taiwan University of Arts, Taiwan

<sup>a</sup>t0491@ntua.edu.tw, <sup>b</sup>lihrong@ntua.edu.tw, <sup>c</sup>s8517662@livemail.tw, <sup>d</sup>fixyoyo@gmail.com

**Keywords:** UV Inkjet, In Mold Roller, Print Quality Attributes, PET

**Abstract.** IMR can print out excellent textures and effects on irregular surfaces. Many products decorated by IMR are protected from water and fading, and these kinds of decorations strongly increase beauty, desirability and value of the objects. Therefore, this research is to investigate the potential use of combining IMR with UV inkjet printing and to compare color variance of IMR between PET coated and uncoated white ink. Study results show that the SIDs of PET with white ink is higher about 0.15 to 0.2 than the PET without white ink. The SIDs of PET without white ink will decrease and the SIDs of the PET with white ink will increase when transferred. The PC of PET without white ink is about 10 to 15 higher than the PET with white ink. After transferred, the Color Gamut became smaller than before. Especially for the PET without white ink, its color differences  $\Delta E$  can reach 40. In addition, the color gamut became smaller when transferred.

### Introduction

The IMR (In-Mold Roller) is now using either of gravure and screen printing to print PET film. Gravure printing with high cost has complexity in process, while Screen printing with a lower cost has the problem of poor halftone quality. There are some other problems with these two techniques. The IMR can overcome the problem of products angle. The IMR is belonging to indirect printing because of its technical attributes. First, use UV inkjet soft-ink to print PET (Polyethylene Terephthalate) film and then in-mold transfer to the ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene). This completes the shell decoration. It let shape unrestricted and many choices in material species.

The main purpose of this study is to compare the UV inkjet PET with white ink and without white ink of IMR and to analyze the color quality attributes before and after the transfer. In previous experiments [1] [4], we choose one of the best combinations C150P4R1440 (Coverage150%, Pass4, and Resolution1440) to draw and show it.

### In-Mold Roller

The IMR is divided into processes of the coating, the printing, and the injection molding. From the membrane function of the injection molding, the ink is smoothly separated from the PET film without damage. After the release of film, which is coated with a hard coating, the layer in the injection is completed. By taking the test of finished outermost scratch resistant protective effect, it could be found that its structure and the formula varies with each manufacturer [3]. The hard coating, the volume of layers, and the primer layer are different too. The PET film, digital inkjet printing, and injection molding process are used in this study. Through a variety of coating (hard coating layer and the various stages of primer), the results of the measurement data were obtained [4]. The goal of this study is to achieve the expansion of UV inkjet digital printing and in mold transfer technology.



**Experimental Procedure**

In this study, a set of experiments were carried out to explore the printability of the UV inkjet digital printing, combined with IMR. This research is to compare the PET with UV white ink and without white ink of IMR and to analyze the color quality attributes before and after the transfer. In experiments, physical attributes are suit for IMR. All products have been tested and final specifications can meet the needs of general international products. Thus this research mainly discusses color printing quality attributes. These color quality measurements were evaluated by SID (solid ink density), tone reproduction curves, TVI (tone-value increase), color gamut range, PC (print contrast), and  $\Delta E$  (color differences). The experimental procedures are: 1) exploring the previous experiment results [1][2]; 2) measuring the combination of the PET with white ink; 3) measuring the combination of the PET without white ink; 4) comparing the differences on color quality attributes of PET/ABS coated and uncoated white ink, and choosing the best combination C150P4R1440 to draw and analyze the results. In this experiment, we use the UV inkjet printing- Anderson A-Jet Plus-1650-C7H8 and Roll to Roll.

**Result and Discussion**

Experimental results are shown and discussed as bellows:

**Solid Ink Density & Color Gamut on Hexagon Diagram.** After transferred, the SIDs of without white ink became lower about 0.06 to 0.08 because of the high temperature and high pressure in injection. However, products with white ink were become about higher 0.09 to 0.11 because of the isolation with four color ink. The color gamut obtained using densitometry on hexagon diagrams (which is widely used in the graphic arts industry) for PET and ABS for with/without white ink, are shown in Fig.1. It shows that the SIDs of white ink are wider than those without white ink.

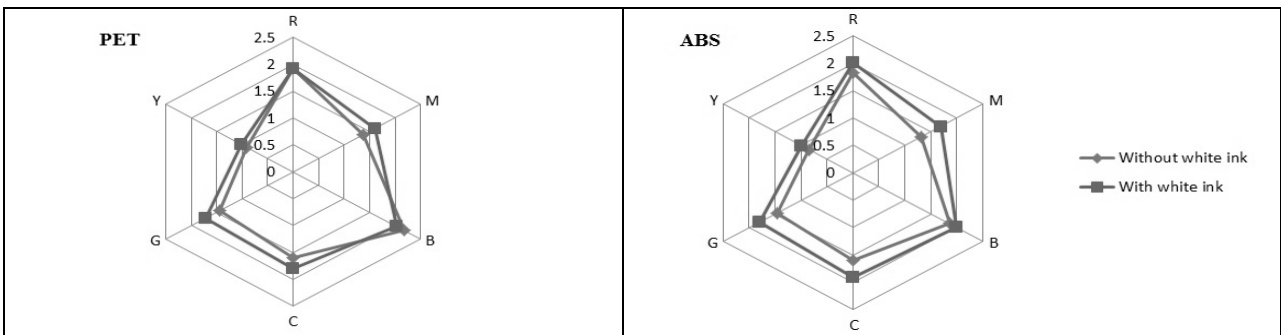


Fig.1 Color gamut ranges of PET (left) before and ABS (right) after transferring

**Tone Value (TV) & Tone Reproduction Curves.** The tone reproduction curves of the PET with white ink and the PET without white ink are shown in Fig.2. It was found that the tone reproduction curves of the PET with white ink are more stable (like offset printing) than those of the PET without white ink.

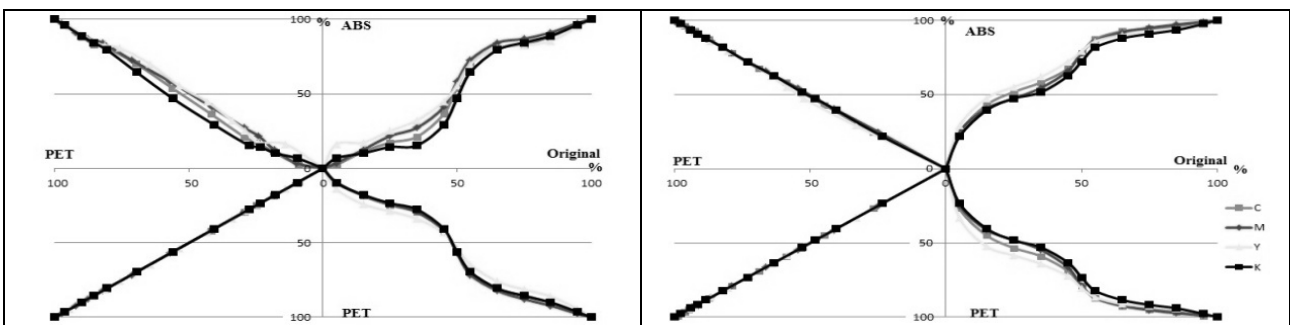


Fig.2 Tone Reproduction Curve of without white ink (left) and with white ink (right)

**Tone Value Increase (TVI).** The tone value increases of each color of with white ink and without white ink are shown in Fig.3. Variances of highlight without white ink are abnormal and the IMR of with white ink are like general printing tone value increase curve.

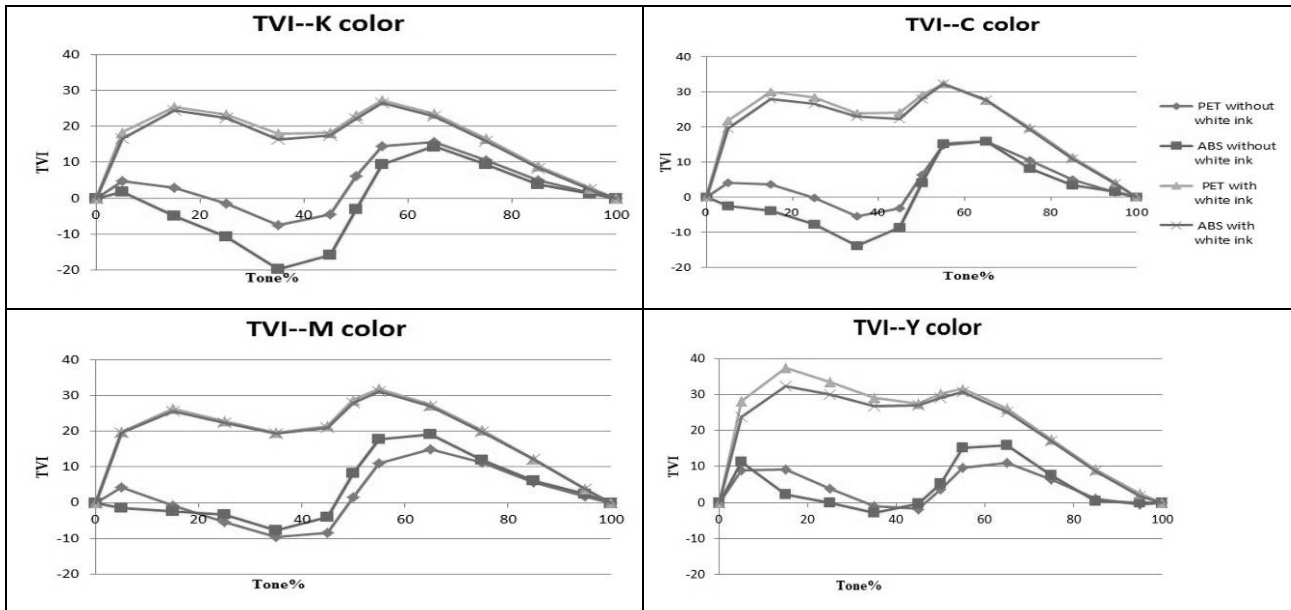


Fig.3 Each of color of TVI curves of PET to ABS (C150P4R1440)

**Color Gamut on CIELAB Color Space.** The color gamut of PET and ABS before and after the transfer respectively, were also explored using CIELAB color space. Color gamut on CIELAB color space of without white ink and with white ink is shown in Fig.4. After transferred to ABS, the color gamut are smaller than before. Additionally, printing color gamut on CIELAB color space PET and ABS transfer are shown in Fig.5.

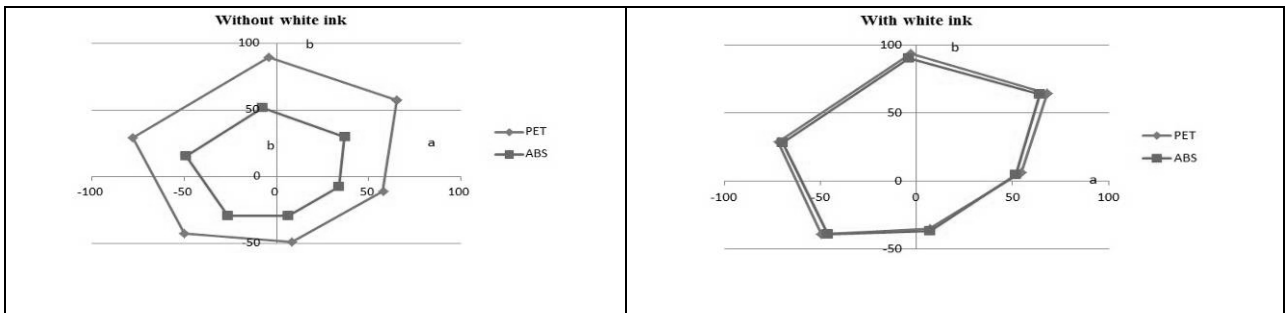


Fig.4 Color gamut on CIELAB color space of without white ink (left) and with white ink (right)

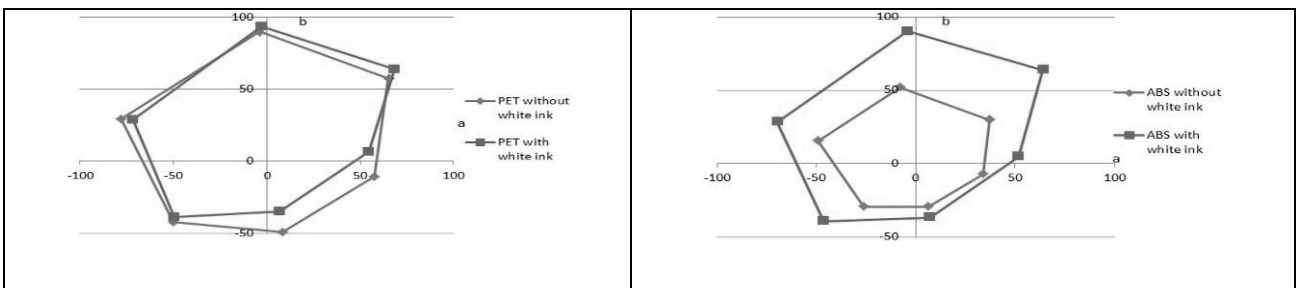


Fig.5 Printing color gamut on CIELAB color space PET (left) and ABS (right) after transfer

**Print Contrast (PC).** The Print Contrast comparison of each color of with white ink and without white ink. The IMR without white ink apparently higher than the IMR with white ink because the SIDs of without white ink are higher. The PC value of M and Y without white ink are higher about 1,

and the C and K are higher about 2. The PC value of M and Y with white ink are higher about 1, and the C and K are higher about 5.

**Color difference ( $\Delta E$ ).** The  $\Delta E$  value of C, M and Y color without white ink are about 37 to 52, K without white ink are about 14 to 16. And the  $\Delta E$  value of C, M, Y and K color with white ink are about 4 to 6. The IMR without white ink is apparently higher than the IMR with white ink due to high temperature and high pressure in injection.

## Conclusions

Following conclusions were found in this study:

1. The SIDs of PET with white ink is about 0.15 to 0.2 higher than the PET without white ink. The SIDs of PET without white ink will decrease, and the SIDs of PET with white ink will increase when transferred.
2. The Tone Reproduction Curves of PET with white ink are more stable than the PET without white ink.
3. The IMR of white ink fits general printing Tone Increase Curves.
4. The PC of PET without white ink is about 10 to 15 higher than the PET with white ink.
5. After transferred, the Color Gamut became smaller than before. Especially for the PET without white ink, its color difference can reach 40. In general, the color gamut became smaller when transferred.
6. The combinations with white ink show less color variances, while the combinations without white ink show more color variances because of the high pressure and temperature in injection.

## Acknowledgements

This research has been mainly supported by the National Science Council of Taiwan in financial assistance.

## References

- [1] C.L. Chen, Y.T. Chang, Y.Y. Yeh, *A Study on Color Quality Attributes of IMR between PET and ABS by UV Inkjet*, Journal of CAGST 2013, Chinese Association of Graphics Science & Technology, (2013), pp.386-395.
- [2] Field, Gary G. *Color and It's Reproduction*. Pittsburgh, GATF. (1999).
- [3] Japan Nissha, *In Mould Decoration Design Guideline*. Nissha Printing Co., Ltd., (2005).
- [4] C.L. Chen, Y.T. Chang, *A Study on Color Print Attributes of IMR without White Ink by UV Inkjet*, Journal of CAGST 2014, Chinese Association of Graphics Science & Technology, Taipei. (2014), pp.1-11.
- [5] F. Romano, *Digital Printing Futures*. PIA/GATF 2009 Forecast: Technology, Trends, Tactics. GATF World, 18(1), (2009). pp. 57-61.

**Advanced Materials and Technologies**

10.4028/www.scientific.net/AMR.1004-1005

**A Study on Color Variance of IMR between PET Coated and Uncoated White Ink by UV Inkjet**

10.4028/www.scientific.net/AMR.1004-1005.795

## The Study on Color Quality Attributes of IMR with PET on White Ink by UV Inkjet

CHEN Changlang<sup>1,a\*</sup>, CHANG Yutung<sup>1,b</sup>, TASO Shenghao<sup>2,c</sup>, HSU Weichieh<sup>1,d</sup>

<sup>1</sup> Department of Graphic Communication Arts, National Taiwan University of Arts, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Management Information Systems, National Chengchi University, Taiwan

<sup>a</sup>t0491@ntua.edu.tw, <sup>b</sup>s8517662@livemail.tw, <sup>c</sup>pcstar20@gmail.com, <sup>d</sup>fixyoyo@gmail.com

**Keywords:** UV Inkjet, In Mold Roller, Color Quality Attributes, PET.

**Abstract.** The In-Mold Roller is a revolutionary printing process by which objects are 3D decorated. Products decorated by In-Mold Roller are waterproof and protected from fading. What's more, these kinds of decorations strongly increase the beauty, desirability and value of the objects. The In-Mold Roller is now using either of gravure printing and screen printing to print PET film. However, there are some problems with these two techniques. This research is to investigate potential usages of combining In-Mold Roller with digital UV inkjet printing in 3D decoration, e.g. in personalized printing services. Study results found that when the coverage and the resolution of inkjet printing become higher, the SIDs will become higher as well. When transferred to ABS, SIDs in each combination will increase. Each combination of inkjet conditions, with the isolation of white ink, color differences are less variant. TVIs of white ink decrease 30% to 40% halftone and display in "M" type. In print contrast, C and K colors of each combination are better than M and Y colors. After transferred into print contrast, each combination of PC will be higher about 2 to 5. When transferred to ABS, color variances of each combination are not huge, and color differences are about 3 to 5.

### Introduction

The IMR (In-Mold Roller) is a technology which transfers printing processes and can be transferred to different types of modeling materials on the outside of patterns. It achieves 3D effects on the surface of the patterns and increases product value. After 3D-IMD (In-Mold Decoration) transferring, overall products become waterproof and fading-free. As results of improved overall product texture, these commodities embody more beauty-attraction, publicity-oriented, and value-added features. Most of printing techniques are only suitable for printing on flat surfaces. For products, which are designed with mutative surfaces and shapes, it is easily coated with uneven corners. Through the development of digital printing, any volume can be printed or modified at any time [1].

The main purpose of this study is to analyze the feasibility of UV inkjet digital printing in the IMD, to explore UV inkjet digital printing soft-ink with white ink coating to print PET film, in-mold transfer to flat-bed ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) materials, and finally to analyze color quality attributes before and after the transfer.

### In-Mold Roller

3C products are still plastic chassis in mainstream, especially the recent IMR technology can significantly enhance plastic casing texture to the plastic chassis industry. Some applications even reduce cost 30% to 50% [2]. The main advantages of IMR are: 1) supporting mass production; 2) working on both Molding and transferring at the same time, and reducing cost of space and time; 3) enhancing decorative accuracy; 4) providing accurate performances of plating, pearl effect, metallic, and other special designs; 5) effectively improving product wear on the surface of UV-Coating. The PET film, UV digital inkjet printing on white ink coating, and injection molding process are used in

this study. The goal of this study is to achieve the expansion of UV inkjet digital printing and in-mold transfer technology.

### UV Inkjet Printing

Inkjet printing technology belonging to a computer direct printing ink through a nozzle jet, it can be imaged directly on materials, depending on inkjet technology into Continuous Inkjet and Drop on Demand Inkjet. UV inkjet printing as a printing method using UV ink printing via UV drying technology can print any materials with non-impact printing. It can replace screen printing and industrial similar characteristics of products.

### Experimental Procedure

In this study, the True Experimental Method is applied to explore the combination of the inkjet printing process used in mold transfer adaptability in order to achieve the depth of the research. The UV inkjet prints PET bottom with white ink, then is transferred to ABS to check the materials color quality attributes. This study applies three resolutions (360dpi, 720dpi and 1440dpi), two passes (4 and 6), and three levels of coverage (100%, 120% and 150%), according to a combination of 12 kinds of hardware requirements for better quality results. In addition to the detection of color inkjet printing quality presented and discussed after transfer the performance of color printing quality and physical attributes of the test, conductivity meter is measured using vehicle parts experimentally.

### Result and Discussion

Experimental results are shown and discussed as bellows:

**Solid Ink Density (SIDs) & Color Gamut on Hexagon Diagram.** As shown in Fig.1, under the same printing conditions, when the coverage has higher resolution, we can obtain higher SIDs. After the injection mold to ABS material, the SIDs of different combinations showed slightly elevated, K, C and M increased about 0.1 to 0.3., while Y increased about 0.01 to 0.03. The density of PET has the highest density of C150P4R0720 and C150P6R0720 combined portfolio, because the ink is spread by high temperature and pressure, which will increase the density after transferred.

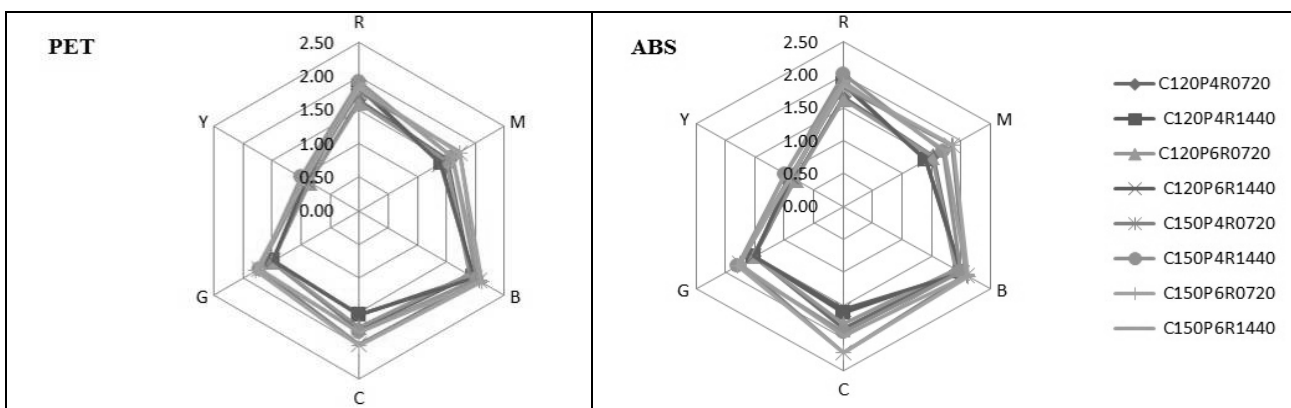


Fig.1 Color gamut ranges of PET (left) before and ABS (right) after transferring

**Tone Value (TV) & Tone Reproduction Curves.** Fig.2 shows the PET transfer printing via different combinations of dot area relative ABS, and the tone reproduction curve relationship. It can be seen that before and after in each set of different inkjet transfer conditions, within white ink due by isolation, there is not many changes between the colors. For good tone reproduction, printed white ink is not only more vivid, but after the transfer, the curve does not change.

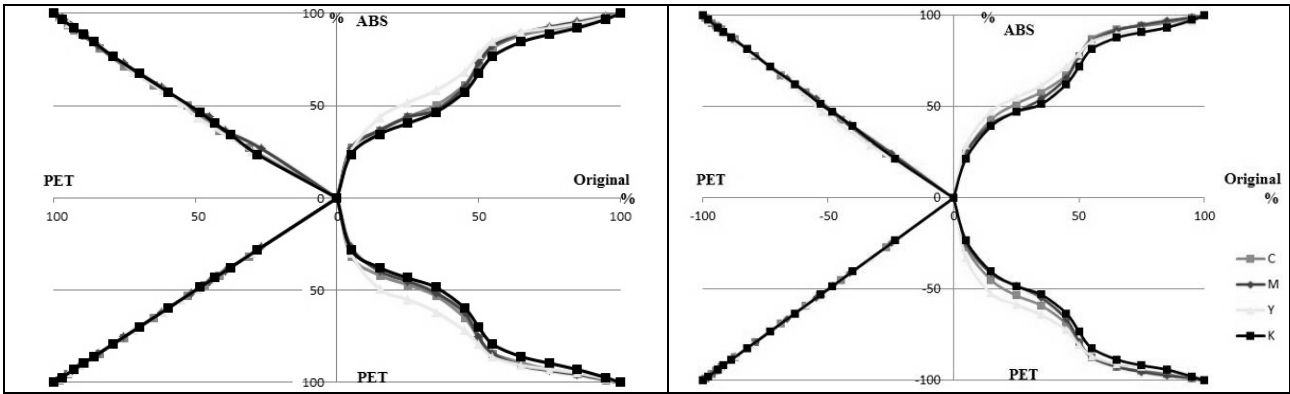


Fig.2 Tone Reproduction Curve of C120P4R0720 (left) and C150P4R1440 (right)

**Tone Value Increase (TVI).** Fig.3 shows the pre-transfer (PET) and post-transfer (ABS) of the tone value increase (dot gain) chart. PET is the order of the pre-transfer tone value increase curve, which can be printed with inkjet to understand the changes between the original and ABS; while after the transfer to ABS tone value increase curve, this display finished with the transfer of dot gain change. Four colors displayed in tone value will drop 30% to 40%, like an "M" type. After apparent from the transfer, the display attributes of the ink jet non-contact printing; the colors of the TVI after the transferred were slightly lower than the expansion of the pre-transfer value.

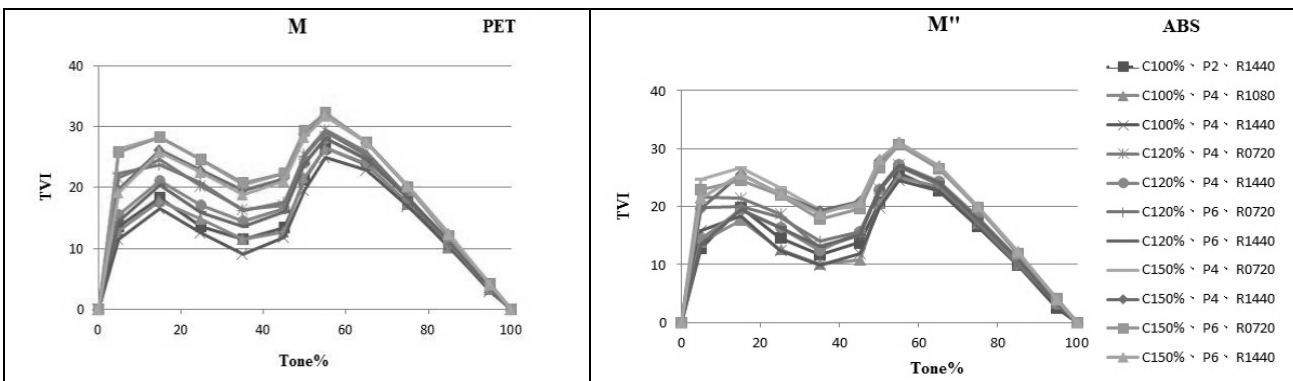


Fig.3 Comparison of pre-transfer (PET) and post-transfer (ABS) TVI curve-for example M

**Print Contrast (PC).** The comparison of different combinations of the ink jet printing rendered on Y are lower performance. And each combination of C, K colors (40 to 51) are better than M, Y colors (22 to 32). After the transfer, different combinations of general comparison will increase about 4 to 9.

**Color Gamut on CIELAB Color Space.** In the Lab coordinate values, different combinations of pre-transfer (PET) and post-transfer (ABS) ink jet printing color gamut, as shown in Fig.4, the different combinations of ABS material is transferred onto the mold in color gamut are smaller, color gamut that after the transfer of different combinations are narrow; but with white ink, are much more stable; in other words, its color changes little after the transfer.

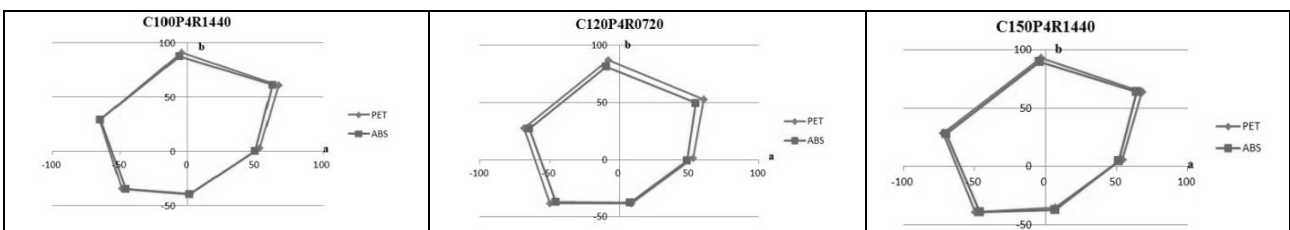


Fig.4 The color gamut of different combinations of pre-transfer (PET) and post-transfer (ABS)

**Color difference ( $\Delta E$ ).** Different combinations of pre-transfer (PET) and after post-transfer (ABS) compared with color, we found before and after the transfer of different experimental combinations colored of the CMYK-SIDs, each combination after transfer between the C, M, Y, K,  $\Delta E$  values ranged in 2 to 6,  $\Delta E$  values show a combination of transfer between the pre-transfer (PET) and post-transfer (ABS) color performance on the C, M, Y and K color differences, with much smaller white ink relatively. This displays that white ink prevents changes by the high temperature and high pressure ink in injection.

## Conclusions

The following conclusions were found in this study:

1. When the coverage and the resolution by inkjet printing are higher, the SIDs will be higher.
2. When transferred to ABS, each combination of SID will be increased.
3. Each combination of inkjet conditions before and after, with the isolation of white ink, the differences of colors do not change.
4. The TVIs of white ink decreases 30% to 40% and displays in "M" type.
5. In print contrast, the C and K of each combination are better than M and Y.
6. After transferred in print contrast, each combination of PC will be higher about 4 to 9.
7. When transferred to ABS, the color difference of each combination showed a little changes and the color differences were about 2 to 6.

## Acknowledgements

This research has been mainly supported by the National Science Council of Taiwan in financial assistance.

## References

- [1] C.L. Chen, Y.T. Chang, Y.Y. Yeh, *A Study on Color Quality Attributes of IMR between PET and ABS by UV Inkjet*, Journal of CAGST 2013, Chinese Association of Graphics Science & Technology, (2013), pp.386-395.
- [2] C.L. Chen, Y.T. Chang, *A Study on Color Print Attributes of IMR without White Ink by UV Inkjet*, Journal of CAGST 2014, Chinese Association of Graphics Science & Technology, Taipei. (2014), pp.1-11.
- [3] J.L. Ne, C.L. Chen, *A Study on Color Print Attributes of Cerenic by UV Inkjet*, Journal of CAGST 2011, Chinese Association of Graphics Science & Technology, Taipei. (2011), pp.180-191.
- [4] F. Romano, *Digital Printing Futures*. PIA/GATF 2009 Forecast: Technology, Trends, Tactics. GATF World, 18(1), (2009). pp.57-61.
- [5] C.L. Chen, M.C. LO, Y.T. SU, Y.T. Chang, *The Study on Color Print quality Attributes of In-Mold Roller Using Digital Inkjet printing*, Applied Mechanics and Materials Vol. 262 (2013), pp 340-344.



**Advanced Materials and Technologies**

10.4028/www.scientific.net/AMR.1004-1005

**The Study on Color Quality Attributes of IMR with PET on White Ink by UV Inkjet**

10.4028/www.scientific.net/AMR.1004-1005.799

# 科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2014/10/28

科技部補助計畫	計畫名稱: 數位噴墨印刷應用於模外轉印色彩品質特性之研究
	計畫主持人: 陳昌郎
	計畫編號: 102-2410-H-144-001- 學門領域: 印刷
無研發成果推廣資料	

102 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：陳昌郎		計畫編號：102-2410-H-144-001-				計畫名稱：數位噴墨印刷應用於模外轉印色彩品質特性之研究	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	1	1	100%	篇	審稿中
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 （本國籍）	碩士生	3	1	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			
國外	論文著作	期刊論文	2	2	100%	篇	審稿中
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 （外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>國立台灣藝術大學與產業合作洽談進行中</p>
--	---------------------------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

# 科技部補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本研究中使用的印刷技術—數位印刷，因於本身印刷數量隨意的特性，預期到 2015 年全球數位印刷市場的產值將達到 1,248 億歐元，同時數位印刷將會占全球印刷總量的 30%。本研究將數位噴墨印刷應用於模外轉印，可創造出更高品質、應用層面更廣的個性化商品，將研究結果提供給個性化產業、模外轉印以及數位噴墨印刷業者，期待三者匯流出一片藍海。

模外轉印是將表面印有圖紋效果之薄膜，利用產品成形後，進行轉移印刷的工藝過程，其能轉印至各類不同造型的材質上，除了能夠在二維物體上順利進行圖案轉印之外，更可以達到在三維立體曲面物質進行圖案轉印之成效，產生一種特殊高雅效果而增加產品價值感的加工技術，能避免加工所產生的圖案或噴漆色料的浪費，以及不耐長時間摩擦，容易產生刮痕、退色或消失，影響產品之外觀與質感等問題。未來對於產品外觀設計一定愈來愈重視，外殼塗裝加飾的應用也愈來愈擴大，文化創意商品亦愈來愈普及；模外轉印技術對立體曲面外殼有極佳的塗裝功效，產品多為高單價之產品，比傳統印刷的附加價值高上許多，而本研究以數位噴墨印刷取代凹版或網版印刷在模外轉印製程的角色，將能節省印刷製程與印刷成本，呈現更精細圖紋效果，對於數位噴墨印刷與模外轉印來說都是一項有利的結合與契機；並且在不需

要汰換任何設備與材料的情況下，將數位噴墨印刷與模外轉印刷的範圍再擴大。同時對於客戶所需求的各式色彩，可在本研究中從原稿至產品間的色彩對應關係，加以控管。

本研究透過數位印刷結合模外轉印的製作過程，將流程標準化，並以文獻分析及量化的實驗作為支持，導出最佳化特性組合；同時將研究成果發展為IML、IMF、IMR、OMR等應用，使以往產品只有利用單色烤漆，得以轉形成為文化創意商品的應用，同時本研究可回饋產、官、學、研界，為國內數位印刷與模外轉印技術的進步、印刷品質與顧客滿意度的提升以及市場的開拓等議題上帶來重要的助益。