

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期末報告

數位印刷 PET 薄膜於模內轉印品質色彩特性之研究(第 2 年)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 100-2410-H-144-003-MY2
執行期間：101 年 08 月 01 日至 102 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
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：張瑀彤
大專生-兼任助理人員：葉依依

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

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

中華民國 102 年 11 月 04 日

中文摘要：模內轉印技術能在不規則物體表面印刷出極佳的質感與效果，許多產品外殼在經過立體轉印彩裝後具備防水、不褪色，達到保護、美化、宣傳的功能，產品整體質感提高，創造更多經濟價值。但目前模內轉印之前作業大多使用凹版或網版印刷印製 PET 轉寫薄膜；凹印製程複雜，成本很高；網印雖成本較低，但印刷半色調品質很差，較適用於量大之產品，且較少應用在彩色印刷；同時對產生高線數影像有所限制，印墨溶劑也有公害問題；目前的市場趨勢越趨傾向開發個性化市場，因此本研究以數位印刷(含光電與噴墨)的方式，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。為更深入研究數位印刷應用於膜內轉印製程，分成兩年實驗進行，第一年以不同塗料研究其材料特性，同時亦進行光電成像與噴墨成像數位印刷，印製 PET 轉印薄膜後，再模內轉寫於被印材料的色彩品質特性；第二年實驗則以多種組合噴墨印製 PET 轉印膜，再模內轉寫於塑料射出基材上，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印刷方式以及轉印後最佳色彩品質特性組合。經研究分析可得如下結論：當覆蓋率與解析度愈高時，其滿版濃度愈高，在模內射出轉印至 ABS 材料後，各種組合的滿版濃度均呈現些微降低；有底色(白墨)模內轉印較符合一般印刷之階調擴增曲線；無底色(透明)模內轉印其印刷對比高於有底色之組合，換言之，無白墨之組合在暗部調表現優於有底色；在經過模內轉印至 ABS 材料上後，色彩色域都較轉印前來的小；有底色之組合較能滿足產品之色彩，而無底色其色彩偏移過大，主要還是因油墨經高溫之影響；經由整個製程分析，可以預測在此複雜的流程中，原稿階調至產品射出材階調間之變異。

中文關鍵詞：數位印刷、模內轉印、印刷品質特性、PET

英文摘要：In Mold Roller (IMR) is a revolutionary printing process by which objects are 3-dimensionally decorated. The products decorated by In Mold Roller are protected from waterproof and fading. What's more, these kinds of decorations strongly increase the beauty, desirability and value of the objects. As results of improved overall product texture, these commodities embody more beauty-attraction, publicity-oriented, and value-added features. 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 the potential use of combining In-Mold Roller with digital Electrophotography and UV inkjet printing in 3D decoration, e.g. in personalized printing services. The study results found show that digital printing to the PET film and then transfer to the ABS, the solid ink densities (SIDs) of primaries would increase. When the coverage and the resolution by inkjet printing higher, the SID will be higher. When transfer to ABS, each combination of SID will decrease. The tone values increases (TVIs) with white ink were generally higher than those without white ink. The shapes and sizes of color gamut were also varied according to different kinds of digital UV inkjet printing processes. Compare to the IMR without white ink, the PC value are higher than the white ink. After transferred, the color gamut became smaller.

英文關鍵詞： Digital Printing, In Mold Roller, Printing Quality Attributes, PET

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 期中進度報告
 期末報告

數位印刷 PET 薄膜於模內轉印品質色彩特性之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 100-2410-H-144-003-MY2

執行期間：101 年 8 月 1 日至 102 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：羅傑聯、張瑀彤、葉依依

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 _1 份：

移地研究心得報告

出席國際學術會議心得報告

國際合作研究計畫國外研究報告

處理方式：除列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

中 華 民 國 102 年 10 月 30 日

摘要

模內轉印技術能在不規則物體表面印刷出極佳的質感與效果，許多產品外殼在經過立體轉印彩裝後具備防水、不褪色，達到保護、美化、宣傳的功能，產品整體質感提高，創造更多經濟價值。但目前模內轉印之前作業大多使用凹版或網版印刷印製 PET 轉寫薄膜；凹印製程複雜，成本很高；網印雖成本較低，但印刷半色調品質很差，較適用於量大之產品，且較少應用在彩色印刷；同時對產生高線數影像有所限制，印墨溶劑也有公害問題；目前的市場趨勢越趨傾向開發個性化市場，因此本研究以數位印刷(含光電與噴墨)的方式，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。為更深入研究數位印刷應用於膜內轉印製程，分成兩年實驗進行，第一年以不同塗料研究其材料特性，同時亦進行光電成像與噴墨成像數位印刷，印製 PET 轉印薄膜後，再模內轉寫於被印材料的色彩品質特性；第二年實驗則以多種組合噴墨印製 PET 轉印膜，再模內轉寫於塑料射出基材上，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印刷方式以及轉印後最佳色彩品質特性組合。經研究分析可得如下結論：當覆蓋率與解析度愈高時，其滿版濃度愈高，在模內射出轉印至 ABS 材料後，各種組合的滿版濃度均呈現些微降低；有底色(白墨)模內轉印較符合一般印刷之階調擴增曲線；無底色(透明)模內轉印其印刷對比高於有底色之組合，換言之，無白墨之組合在暗部調表現優於有底色；在經過模內轉印至 ABS 材料上後，色彩色域都較轉印前來的小；有底色之組合較能滿足產品之色彩，而無底色其色彩偏移過大，主要還是因油墨經高溫之影響；經由整個製程分析，可以預測在此複雜的流程中，原稿階調至產品射出材階調間之變異。

關鍵詞：數位印刷、模內轉印、印刷品質特性、PET

Abstract

In Mold Roller (IMR) is a revolutionary printing process by which objects are 3-dimensionally decorated. The products decorated by In Mold Roller are protected from waterproof and fading. What's more, these kinds of decorations strongly increase the beauty, desirability and value of the objects. As results of improved overall product texture, these commodities embody more beauty-attraction, publicity-oriented, and value-added features. 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 the potential use of combining In-Mold Roller with digital Electrophotography and UV inkjet printing in 3D decoration, e.g. in personalized printing services. The study results found show that digital printing to the PET film and then transfer to the ABS, the solid ink densities (SIDs) of primaries would increase. When the coverage and the resolution by inkjet printing higher, the SID will be higher. When transfer to ABS, each combination of SID will decrease. The tone values increases (TVIs) with white ink were generally higher than those without white ink. The shapes and sizes of color gamut were also varied according to different kinds of digital UV inkjet printing processes. Compare to the IMR without white ink, the PC value are higher than the white ink. After transferred, the color gamut became smaller.

Keywords: Digital Printing, In Mold Roller, Printing Quality Attributes, PET

目錄

摘要	.....	I
Abstract	.....	II
目錄	.....	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	.....	3
第三節 研究重要性	.....	4
第二章 文獻探討	.....	5
第一節 數位印刷	.....	5
第二節 紫外線(UV)噴墨	.....	22
第三節 轉印科技	.....	25
第四節 模內印刷	.....	26
第五節 印刷品質色彩特性	.....	34
第三章 研究方法	.....	40
第一節 研究架構與流程	.....	40
第二節 研究材料與設備	.....	46
第四章 研究結果與分析	.....	49
第一節 光電與噴墨數位印刷模內轉印	.....	49
第二節 紫外線(UV)噴墨無底色(白墨)模內轉印	.....	64
第三節 紫外線(UV)噴墨有底色(白墨)模內轉印	.....	74
第四節 紫外線(UV)噴墨有底色與無底色模內轉印之比較分析	.....	91
第五章 研究結論與建議	.....	96
第一節 研究結論	.....	96
第二節 研究建議	.....	98
參考文獻	.....	98

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 產業快速發展)，塑膠之用途與功能越來越多元化，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。

模內轉印(In Mold Roller 簡稱 IMR)是將表面印有圖紋效果之薄膜，利用產品成形時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，能避免二次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；目前普遍用於 3C 與汽車裝飾產品上。

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越來越受到重視，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、汽車裝飾產品等，在經過 3D 立體模內轉印彩裝後，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、音響外殼、手機外殼、球桿、燈具、汽車內裝等)幾乎都設計成三維凹凸曲面，除了水披覆與模內轉印之外，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；模內轉印能克服塗裝的死角問題，模內轉印技術屬於間接印刷，因其技術特性只要先在承載印墨的介質(如 PC / PET 轉印薄膜)上印製圖像，再經由模內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。

模內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。由於模內轉印技術應用領域寬廣、設備投資少、操作技術簡單易學、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。目前的模內轉印採用凹版印刷(Gravure Printing)或網版印刷(Screen Printing)印製 PC/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，油墨溶劑也有公害問題，因此兩者並非最為適合應用在模內轉印之印刷方式。

如上所述，凹版與網版印刷應用於模內轉印時，仍有許多特性問題值得改進；而在所有印刷版式當中，數位印刷(Digital 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% 的市場占有率。

表 1-1-1 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. (2009, February). Media and Output Processes. PIA/GATF 2009 Forecast: Technology, Trends, Tactics. GATF World. 19(1), 69.

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，如將數位印刷快捷靈活之特性應用於模內轉印，將能縮短塗裝製程，產生更加精美的圖紋效果。因此，本研究透過數位印刷結合模內轉印的製作過程，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；期望將研究成果回饋產、官、學、研界，為國內數位印刷與模內轉印技術的進步、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。

第二節 研究目的

由於模內轉印的應用越來越廣，目前市面上的模內轉印印刷廠多使用凹版或網版印製 PC/PET 薄膜，然而凹版印刷技術應用在模內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，本研究以數位印刷取代凹版印刷與網版印刷，在模內轉印製程中印製 PET 薄膜；探討並驗證數位印刷與模內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。

為了更深入的了解數位印刷應用於模內轉印製程的印刷色彩品質適性，本研究分為兩年期，第一年研究材料特性，塗布方式，同時使用光電與噴墨式數位印刷印製 PET 薄膜，再轉印至被印基材；第二年使用噴墨印刷各種不同變數製程印製，將第一年之研究成果加以分析應用，再轉印至被印基材，以研究其產品色彩特性。主要目的分兩年敘述如下：

第一年：

1. 分析以光電式數位印刷應用於模內轉印之可行性。
2. 分析以噴墨式數位印刷應用於模內轉印之可行性。
3. 分析光電式數位印刷前塗布之離型劑、硬化層厚度與 PET 薄膜達因數變化之關係，找出最適之塗布特性。
4. 探討以捲筒輪轉光電式數位印刷印製 PET 模內轉印薄膜，其印刷後之色彩品質特性(滿版濃度、階調擴增、印刷對比、疊印能力、色差)差異與其物理特性。
5. 分析印墨層上塗覆之黏著劑對印墨層之色彩與物理品質特性變化。
6. 藉由分析以光電式數位印刷印製之 PET 薄膜於模內轉印後之印刷色彩品質特性與物理特性分析，判斷電子印墨於模內轉印於被印基料之對應關係。

第二年：

1. 驗證第一年塗覆之離型劑與硬化層厚度對 PET 薄膜達因數變化之關係。
2. 探討以噴墨數位印刷的 3 種不同解析數(720dpi、1080dpi、1440dpi)、2 種噴印次數(4 次、6 次)、3 種油墨覆蓋率(100%、120%、150%)印製 PET 模內轉印薄膜，其噴墨印刷後之色彩品質特性(滿版濃度、階調擴增、印刷對比、色差)差異與物理特性。
3. 分析印墨層上塗覆之黏著劑對印墨層之色彩變化。
4. 探討以噴墨數位印刷的 3 種不同解析數(720dpi、1080dpi、1440dpi)、2 種噴印次數(4 次、6 次)、3 種油墨覆蓋率(100%、120%、150%)印製 PET 模內轉印薄膜，再模內轉印至被印基料上，其模內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。
5. 分析以噴墨印刷應用於模內轉印之可行性。

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，猶如在一派紅色海洋當中，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，例如模內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，目前市場上越來越多的產品外殼以模內轉印塗裝而成，產生高品質與價值，由於模內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。模內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。模內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，數位印刷將占到全球印刷總量的 30% 左右(Frank Romano, 2006)。本研究將數位印刷應用於模內轉印，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、模內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，模內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印刷取代凹版或網版印刷在模內轉印製程的角色，將能節省印刷製程與印刷成本，呈現更精細的圖紋效果，對於數位印刷與模內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，將數位印刷與模內轉印刷的範圍再擴大。

第二章 文獻探討

本研究為數位印刷 PET 薄膜於模內轉印品質色彩特性之研究，分別針對數位印刷的特點、成像原理、設備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，並凸顯出模內轉印在市場上取代其他轉印技術。

第一節 數位印刷

本研究將以數位印刷製 PET 轉寫薄膜，將數位印刷與模內轉印結合，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，又由於本研究將以捲筒 HP Indigo press ws4050 機型作為實驗設備(此為目前數位印刷中，品質評價最高者)，HP Indigo 電子油墨(ElectroInk)與噴墨(In Jet)能模擬平版印刷精美品質效果，茲分述如下。

一. 數位印刷的定義

數位印刷是將電子檔案或數位資料直接輸出於印刷列印設備，並使用點來複製檔案內容於被印物體上的一種科技；而檔案內容可以為文字(Text)、圖形(Graphic)與影像(Image)等。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滾筒來加壓轉印，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)。簡言之，數位印刷是利用數位技術對文件、資料進行個性化處理，然後利用印前系統將圖文資訊直接通過網路傳輸到數位印刷機上，印刷出產品的一種數位印刷技術。同時，只需要控制油墨與中間載體的轉移，就能夠控制成像系統；而在噴墨印刷系統中，直接控制噴嘴陣列就可以控制其成像系統。

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將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。

如圖 2-1-1，電子印刷製程的出現，如光電列印或噴墨印刷等，代表了整個生產過程中數位化的最高水準，尤其是能夠實現線上印後加工。利用這種數位印刷的變化，多色印刷產品就可以通過印刷機直接產生在被印材上(不需要印版)。

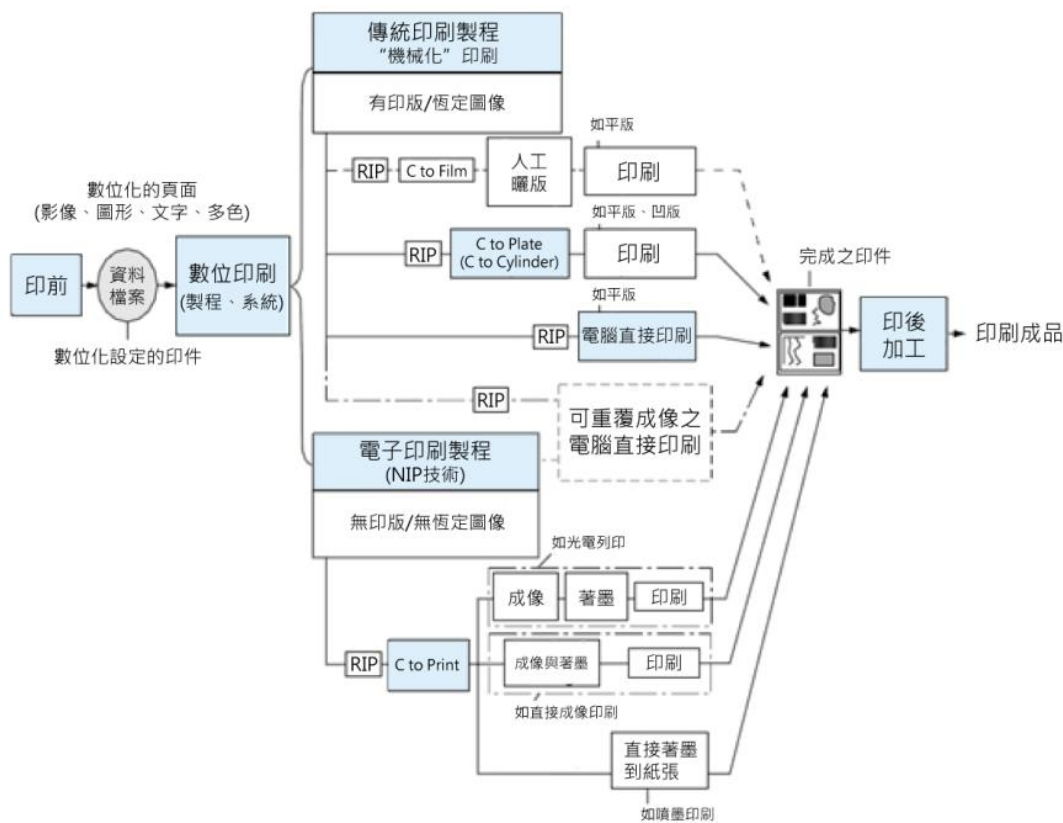


圖 2-1-1 數位印刷技術、元件和系統圖

資料來源：Kipphan, Helmut. (2001). Handbook of Print Media :Technologies and Production Methods. Berlin :Heidelberg, p. 672

非接觸式的電子印刷(NIP)又稱為無壓印刷，它不需要具有傳統圖文印刷所需的印版，就能夠生產不同圖文頁面的印刷技術。它沿用了早期電腦裡印刷系統的一種命名，該系統採用數位和電子控制的點陣印表機來輸出資料。各種常用的NIP技術包含了光電成像(Electrophotography)、離子成像(Ionography)、磁紀錄成像(Magnetography)、噴墨(Ink jet)、熱成像(Thermography)、光學成像(Photography)與無法歸類的X成像(“X”-Graphy)等(Kipphan, Helmut. 2001)。

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：

1. 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。
2. 縮短製程：對於客戶不滿意的部份能夠直接進行修改，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。
3. 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。

4. 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。
5. 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，使按需印刷(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(郝宗瑜，2005)。

三. 數位印刷的成像原理

數位印刷系統有光電成像(如靜電照相)、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(Liquor Toner)的則可達數千 dpi。本研究將使用 HP Indigo press ws4050 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、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發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 2-1-2 所示：表 2-1-1 列示二種不同噴墨印刷之比較。茲分述如下：

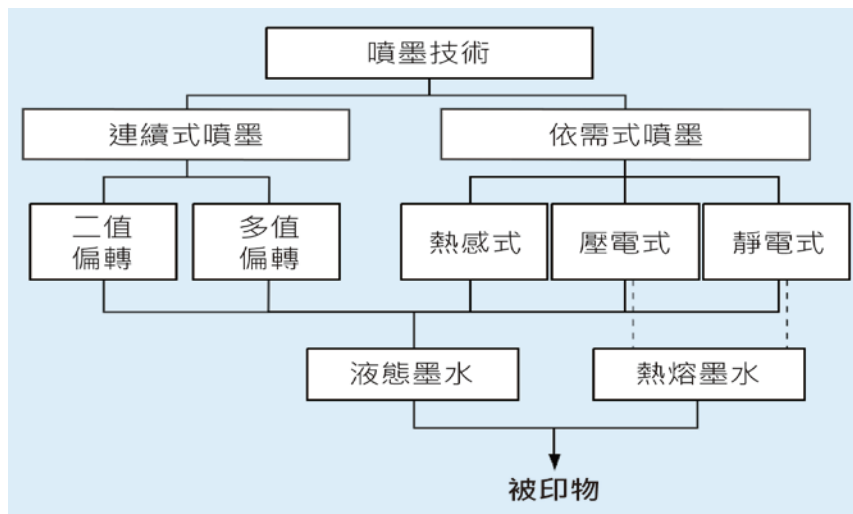


圖 2-1-2 噴墨技術的發展及分類

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

表 2-1-1 列示二種不同噴墨印刷之比較

連續式噴墨	依需式噴墨(DOD)
<ul style="list-style-type: none"> ■ 墨水需帶電(Charged)。 ■ 墨水較浪費或需要回收。 ■ 墨滴行程長。 ■ 印刷品質較差。 ■ 可適印於粗糙不規則表面。 ■ 設備成本較高。 ■ 噴印非常速度快 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 墨水不需帶電(Charged) ■ 需要時噴墨,墨水不浪費。 ■ 墨滴行程短。 ■ 印刷品質高。 ■ 適印於平整光滑表面。 ■ 設備成本較低。 ■ 噴印速度較慢

1. 連續式噴墨(Continuous Inkjet)

連續式噴墨技術為墨流在開關開啟時，經由加壓噴出並震動分解成小墨滴後，通過帶電之電場，使每點墨滴都帶有電荷，墨滴中電荷帶量的多寡決定是否為印紋，在經過電場後帶有電荷之墨滴通過偏離板，而偏離板便是將可用墨滴與不可用墨滴分隔之處，如此一來不需使用之墨滴會回收至集墨槽，而需使用之墨滴則噴出至被印材上。此種噴印方式的速度快，每秒可噴出 50,000 至 1,000,000 滴墨。連續式噴墨印刷是連續噴出大小一致的墨水滴，用帶電荷的方式決定每一滴墨水的定位。用這方法是將墨水直接噴在基座影像的位置，墨水沒有噴向特定的影像部位會被回收，連續式二維偏轉噴墨如圖 2-1-3 所示；連續式多維偏轉噴墨如圖 2-1-4 所示。早期，這種讀寫頭是以矩陣的方式出現，這樣的話就不需要在紙張上來回橫向的移動。這種設計能夠達到每秒 58-200 公尺的供紙速度 (Hoffmann-Falk, 2006)。

連續式噴墨技術依噴墨方式可分為二維偏轉、多維偏轉、赫茲與微點四種，其主要應用廠商，如圖 2-1-5 所示。

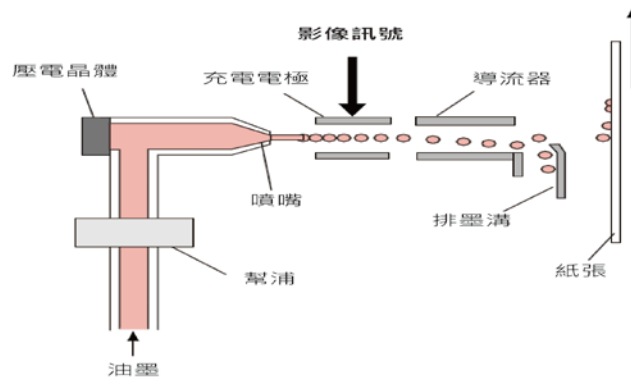


圖 2-1-3 連續式二維偏轉噴墨示意圖

資料來源：Kipphan, Helmut. (2001). Handbook of Print Media :Technologies and Production Methods. Berlin :Heidelberg, p. 712

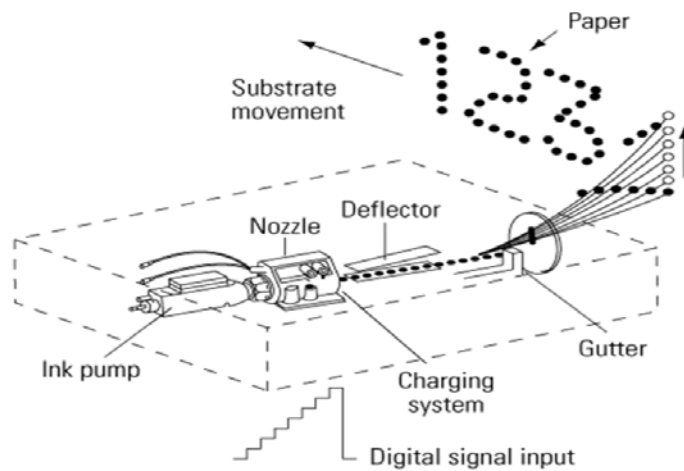


圖 2-1-4 連續式多維偏轉噴墨示意圖

資料來源：Kipphan, Helmut. (2001). Handbook of Print Media :Technologies and Production Methods. Berlin :Heidelberg, p. 712

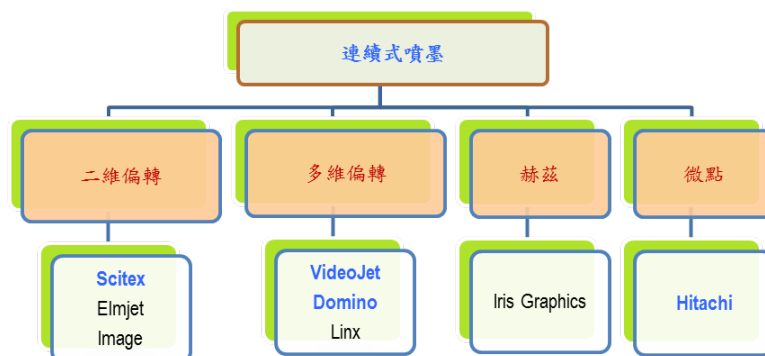


圖 2-1-5 連續式噴墨技術依噴墨方式與應用廠商

2. 依需式噴墨(Drop on Demand Inkjet)

依需噴墨處理能夠根據單個墨滴生成的方式來分類。主要常用可分二類：一為熱氣泡式(Thermal Inkjet)，另一為壓電式(Piezoelectric Ceramics)。在熱氣泡式噴墨過程中，通過加熱液體油墨直至蒸發，使一定量的油墨從噴嘴中射出並在施加的壓力下形成氣泡，因此稱為“熱氣泡式噴墨”，如圖 2-1-6 所示。在壓電噴墨系統中，通過噴墨頭內壓力效應造成的體積變化來產生墨滴，並導致墨滴從噴嘴系統中射出，如圖 2-1-7 所示。靜電噴墨是依需噴墨處理的第三種。儘管它們處理類型不同，但共同之處是噴墨系統和印刷表面之間存在電場，並且是根據圖像來改變噴嘴系統，這樣既可以實現力的平衡，又可以改變油墨與噴嘴孔之間表面張力的比率；因此，墨滴的釋放是電場力作用的結果。通過電場和控制脈衝(如電信號或供熱)，油墨從噴嘴分離，並釋放出墨滴(Kipphan, 2001)。連續式噴墨是持續出墨，由墨水電荷帶量多寡來抉擇是否噴出至被印材。依需式噴墨列印是在有印紋的地方才會噴出印墨，較省墨。

依需式噴墨印刷技術有許多種類型，包含熱泡式、壓電式、靜電式(Static Electricity)與音波式(Acoustic)等，但市面上大多為熱氣泡式噴墨方式及壓電式噴墨方式。一般在包裝與工業印刷中，所採行的噴墨方式主要以壓電式為主。茲分述如後：

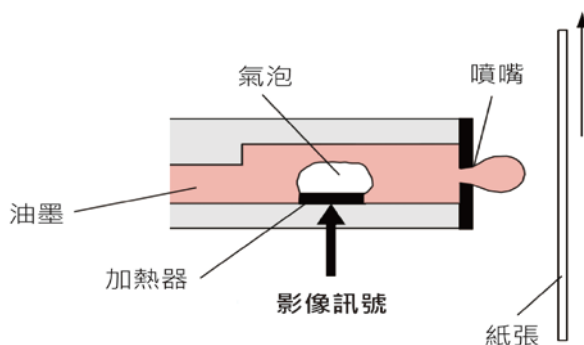


圖 2-1-6 熱氣泡式噴墨示意圖

資料來源：Kipphan, Helmut. (2001). Handbook of Print Media :Technologies and Production Methods. Berlin :Heidelberg, p. 712

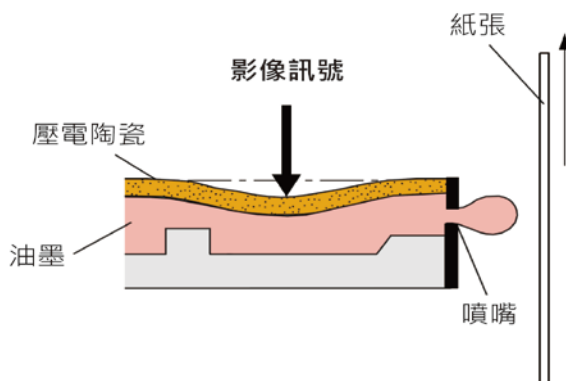


圖 2-1-7 壓電式噴墨示意圖

資料來源：Kipphan, Helmut. (2001). Handbook of Print Media :Technologies and Production Methods. Berlin :Heidelberg, p. 712

(1) 熱氣泡式的噴墨技術

熱氣泡式的噴墨方式，也有人稱為熱感應式噴墨列印，其原理是利用熱能的方法，對印字頭(噴頭)上一層薄膜的墨水加熱，使其沸騰產生氣泡，再透過氣泡的壓力，將墨水推擠而出，如圖 2-1-6 所示。其優點為列印速度較快。而其缺點為墨水只經推擠就被噴出，力量較不能集中，墨點易受到慣性定律影響，與印字頭拉扯不清，而產生不均勻或墨渣。氣泡式的噴墨方式，因其印字頭常處於高溫狀況下，熱會使得印字頭更容易損耗，故需使用印字頭與墨水匣合一的方式來降低成本。目前 HP、CANON 均採用此種噴墨方式。

(2) 壓電式噴墨技術

壓電式噴墨技術類似汽車引擎活塞的動力推擠，從墨水槽將墨水推出，其原理是利用石英晶體的導電性，通電後電流讓石英晶體產生固定的震盪頻率，墨水推出噴嘴。壓電式噴墨技術，由於不需經過熱能的轉換，所以印字頭自然不會有因為熱的問題。普遍用於工業印刷與包裝印刷中；因此，本研究所採行之噴墨印刷設備以壓電式噴墨為主。

壓電式噴墨技術依其構造分為：彎曲式(Bend Mode)：代表廠商有 Epson、Sharp、Tektronix...等；推式(Push Mode)：代表廠商有 Epson、Trident...等；剪力式(Shear Mode)：代表廠商有 Konika、Xaar、Spectra...等；與擠壓式(Squeeze Mode)：代表廠商有 Siemens...等。

而所用之噴墨頭亦隨時代的進步，而有大幅的成長；以 HP 工業噴頭為例；經過歷年的發展，目前一個噴墨頭已有上萬個噴嘴，因此高速噴墨列印機已不使用噴墨頭來回運動，而是直接排列成一系統，使被印材移動而噴墨頭是不動的。噴墨印刷之應用範圍非常寬廣，因而以往只有網版印刷可印之產品，近年來陸續被噴墨印刷所取代，主要原因為噴墨印刷可使用不同材質，印刷品質較網印精美且其速度亦較快。

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 2-1-8 所示：

本研究使用 HP Indigo 數位印刷機，Indigo 數位印刷機無須曬製印版，只要將電腦處理好的影像或文字檔案輸入，由內置的光柵處理器(RIP)對檔案進行處理，而將圖文檔案轉換成不同網線數、網點角度與網點形狀的點陣訊號，再將這些訊號以六束雷射掃描成像於滾筒表面，形成帶正電的圖文印紋區和不帶電的非圖文印紋區，當帶負電的液體電子印墨噴出時，便吸附到圖文印紋區，接著圖文被轉移到橡皮滾筒上，此時，第一色黃色便可印刷到橡皮滾筒與壓力滾筒之間的承印物上；往返四次即完成四色套印。

本研究使用 HP Indigo press ws4050 滾筒式數位印刷機印製實驗中的模內轉印 PET 薄膜，因此特別探討 HP Indigo press ws4050 數位印刷機規格，如表 2-1-2 所示。

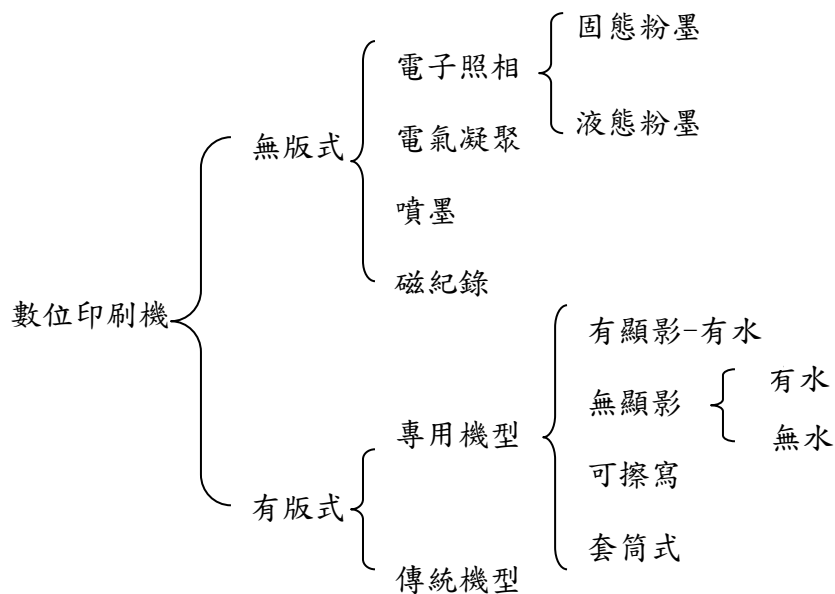


圖 2-1-8 數位印刷機種類

資料來源：黃穎為(2006年9月)。特種印刷，化學工業出版社，新華書店北京發行。

表 2-1-2 HP Indigo press WS4050 規格

HP Indigo press WS4050 印刷機特性	
印刷速度	四色每分鐘 16 公尺、 一或二色每分鐘 32 公尺
影像品質	812×812dpi、812×1624dpi
網線數	144、160、175、180、230lpi
印刷面積	308×450mm
被印物寬度	200mm~330mm
被印物厚度	12~350μm
印刷技術	HP 電子印墨技術
印刷色彩	CMYK 四色與紫色、橘色

資料來源：HP Invent. (2006). The high performance solution for profitable, colour digital printing. HP Indigo press ws4050 Specification Sheet.

Indigo 數位印刷機全部採用電子印墨，電子印墨包含帶電液體油墨微粒，電子印墨由極小的顆粒(1-2 微米)組成，由於印墨粒子非常細微，而使印刷效果更好，達到更高的解析度與光滑度，同時也使得圖像邊緣更為銳利。Indigo 數位印刷機的電子印墨有標準基本色 C、M、Y、K；六色則是增加了橘紅和紫色，使色彩再現能力更好，並以 PANTONE 系統為依歸，這種數位印刷技術，憑藉其電子印墨等優勢，實現了諸多優勢：

1. 影像邊緣銳利且清晰：將電子印墨印刷的圖像放大後，可以清楚地看出，電子墨形成的圖像非常清晰、銳利，電子墨微小的顆粒使圖像印刷呈現乾淨而無污染的畫面。
2. 階調擴增的控制：Indigo 數位印刷機能控制階調擴增值。Indigo 印刷機具有校正功能，使印刷的階調能控制在一定範圍內。另外，Indigo 數位印刷機可自動調整最佳濃度和網點尺寸，使每一張印刷品具有一致的效果。
3. 影像光滑：Indigo 印刷機的電子印墨圖像能夠與被印材料的光滑度相匹配，猶如傳統平版印機一般，能產生從粗糙到陰暗到高亮度的效果，因此電子印墨阻體上比平版印刷油墨更有優勢。
4. 色差：電子印墨根據國際色彩標準印刷，以四色標準基本色 CMYK(青、洋紅、黃、黑)為基礎。平版印刷根據不同的標準使用不同的油墨公式，而電子印墨則對不同的標準一律採用同一套色彩。電子墨通過電子調整墨的濃度(色彩的濃度)以適合不同的需要。電子墨的特殊性質及其油墨的帶電特性決定它在四色的基礎上獨特功能。在印刷四色基本色之外，專色系統的電子印墨將色域拓展到四色基本色所不能達到的色域。專色油墨系統能進行六色印刷，成像採用一次轉印技術。
5. 即時乾燥：因為電子墨在被傳送到承印物上時就已經固化，所以成品會在離開印刷機時乾燥，不需要另做乾燥處理，同時，電子印墨溫度低，使承印物不會被加熱、損壞或捲曲。
6. 不退色：封裝在電子印墨的色粒被包覆在樹脂中，能阻止色素受濕氣影響或化學成分被氧化，電子印墨在這方面比傳統平版印刷油墨更具有優勢。

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、按需印刷、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：

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 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。

5. 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。客戶可無需製作四色或六色數位打樣。

圖 2-1-9 顯示，隨著時代的變遷，印刷數量將會逐漸降低，此需靠數位印刷生產模式來進行；即所謂的”按需印刷”。整體之印刷量不下降，而是在未來客戶會將以往較大量之產品，改以數批較小量之產品來替代，此以成為印刷業面對市場的主流。

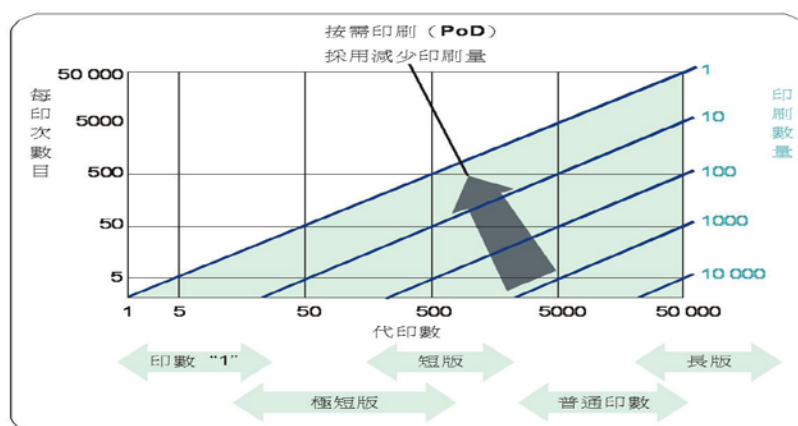


圖 2-1-9 印刷數量趨勢圖

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

六. 數位印刷發展趨勢

印刷媒體在數位化科技已趨成熟的衝擊下，已成為轉變最快的產業之一。從全球印刷產業趨勢的發展可發現，文化出版印刷在電子書已成熟及網路發達與個人生活習慣的改變情況下，大幅萎縮，此情況不可能好轉，業者亦不需要有所期待未來會有好轉的機會；整個印刷的產值將會轉往工業印刷與包裝印刷；而商業印刷預估仍會維持現況，尚不會大幅下跌。印刷業者必須要能掌握未來趨勢才有生存的機會。

受世界經濟形勢影響及甚多外來變數的衝擊下，數位印刷近年來發展仍將會一支獨秀，不但產品印刷數量靈活，產品種類多樣，易於操作，製程短且個性化出版，可變印紋按需印刷，並可雙面同時印刷，儲存簡便，可重複開啟或複製文件以進行出版複製，將成為各式印刷的主流。

依全球印刷產值分類分析，包裝印刷約占 45%，工業印刷約占 22%，商業印刷約占 20%，文化出版印刷約占 13%。Piar 於近年發布的一項研究報告表明，數位印刷將在 2007~2011 年得到飛速發展，達到印刷業總產值的五分之一以上 (21%)，應用於各式印刷種類，不僅只在文化出版印刷。2009 年 12 月《美國印刷人》雜誌發表的”2009 年輪轉平印調查報告”，在調查何種印刷工藝對輪轉印刷威脅最大時，51%的企業認為是數位印刷(碳粉、可變數據印刷)，49%的企業認為是高速噴墨印刷，26.5%的企業認為是雙面單張紙印刷，還有 10.5%的企

業沒有意見，可見數位印刷將是大勢所趨(中國印刷科學技術研究所，2010)。一般預估數位印刷將主要由傳統平版印刷中取代，如圖 2-1-10 所示。在傳統印刷中，凹版印刷除有部份被彈性凸版(Flexography)所取代外，數位印刷將最主要取代平版少印量之印刷品，包含文化出版品、包裝與工業印刷品。

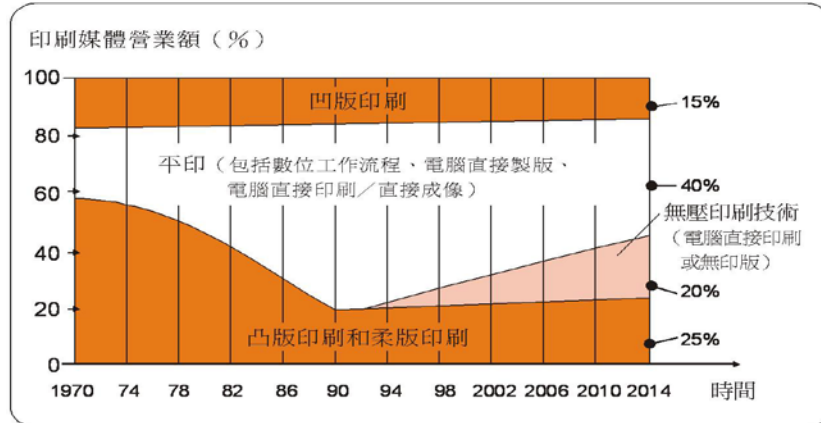


圖 2-1-10 數位印刷發展所占比例

資料來源：Kipphan, Helmut. (2002). Handbook of Print Media :Technologies and Production Methods. Berlin :Heidelberg

在一份美國羅澈斯特大學(RIT)與美國文件基金會(EDSF)對印刷未來的預測顯示，1995~2020 年的印刷生產工時預測可看出：傳統印刷機之印刷方式將隨著時間而降低，但在數位印刷則會持續上升，如表 2-1-3 所示；影印方式將會消失，而數位印刷比例將持續上升，而傳統印刷會逐漸下降。表 2-1-4 顯示 1995~2050 年的印刷輸出方式預測可看出，未來人們對於印刷的交貨時間需求，將持續縮短，且每批印刷需求數量亦會降低；換言之，長版印刷隨時間之變化逐漸減少，而短版印刷將隨時間而逐漸提高。

表 2-1-3 1995~2050 年的印刷輸出方式預測

年份	影印	印表機	印刷機
1995	11.0%	18.0%	71.0%
2010	2.0 %	41.0 %	57.0 %
2020	-	48.0 %	52.0 %
2050	-	55.0 %	45.0 %

(RIT&EDSF)

表 2-1-4 1995~2020 年的印刷生產工時預測

時間	1999	1995	2000	2005	2010	2015	2020
1 小時以下	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	9.0%

3-4 小時	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	6.0	9.0
7-8 小時	3.0	5.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.0
12-24 小時	12.0	13.0	14.0	15.0	17.0	18.0	19.0
2-4 天	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	19.0	20.0
5 天	21.0	20.0	18.0	16.0	15.0	14.0	13.0
5-8 天	16.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	8.0
9-30 天	18.0	16.0	15.0	13.0	12.0	10.0	7.0
30 天以上	10.0	9.0	8.0	8.0	6.0	6.0	3.0
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

(RIT&EDSF)

表 2-1-5 顯示 1990~2020 年印刷色數的使用預測，由表中可看出，未來印刷產品將朝彩色化發展；換言之，以往之印刷產品以黑白為主，但設備與材料的更新，已使彩色成為文件最主要的輸出方式，其趨勢圖可如圖 2-1-11 所示。

表 2-1-5 1990~2020 年印刷色數的使用預測

印刷色數百分比	1990	2000	2010	2020
黑色單色	51.0	44.0	29.0	20.0
黑色以外的單色	2.0	1.0	1.0	0
兩色	12.0	7.0	7.0	5.0
四色	33.0	41.0	51.0	60.0
五色或以上	2.0	7.0	12.0	15.0
合計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

(RIT&EDSF)

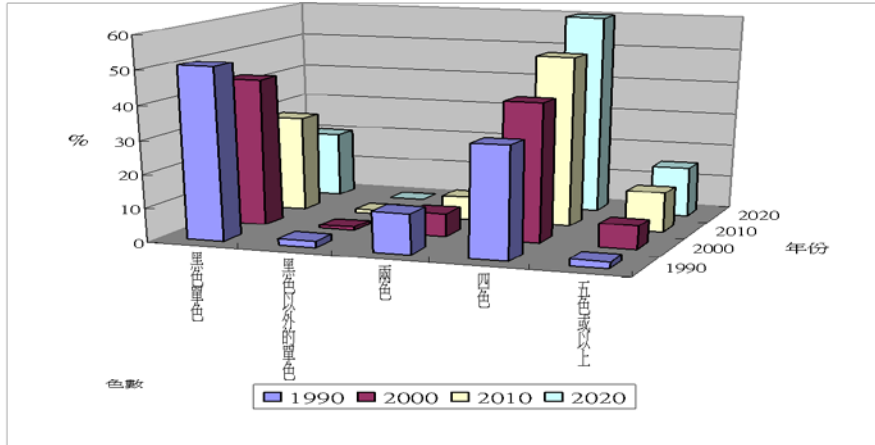


圖 2-1-11 1990~2020 年印刷色數的使用預測(RIT&EDSF)

表 2-1-6 顯示 2000-2020 年各式印刷版式市場預測，其中除數位印刷與機上直接製版外，其他版式均呈現下降趨勢，其中以平版印刷下降最為快速；在 2006 年之前平版印刷占總印刷約為 60%，但預測至 2020 年，將只剩下 34%；而其空缺為數位印刷所取代。

表 2-1-6 2000-2020 年各式印刷版式市場預測

年份	數位印刷	直接成像	平版	柔版	凹版	合計
2000	24.0	8.0	54.0	7.0	7.0	100.0%
2010	43.0	10.0	37.0	5.0	5.0	100.0%
2020	58.0	14.0	20.0	4.0	4.0	100.0%

(RIT&EDSF)

表 2-1-7 顯示 2000~2020 年之墨種預測，噴墨墨水與碳粉呈現上升之趨勢，而一般傳統油墨將會下降，如圖 2-1-12 所示；在此分析報告，主要仍以文化出版印刷為主，若再加上噴墨數位印刷之市場，則一般預期，噴墨墨水之應用將會超過碳粉之用量。

表 2-1-7 2000-2020 年之墨種預測

種類	2000	2005	2010	2015	2020
傳統油墨	74.0%	64.0%	57.0	50.0%	40.0%
碳粉	23.0	30.0	35.0	41.0	48.0
噴墨墨水	2.0	5.0	7.0	8.0	10.0

其它	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0
總合	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

(RIT&EDSF)

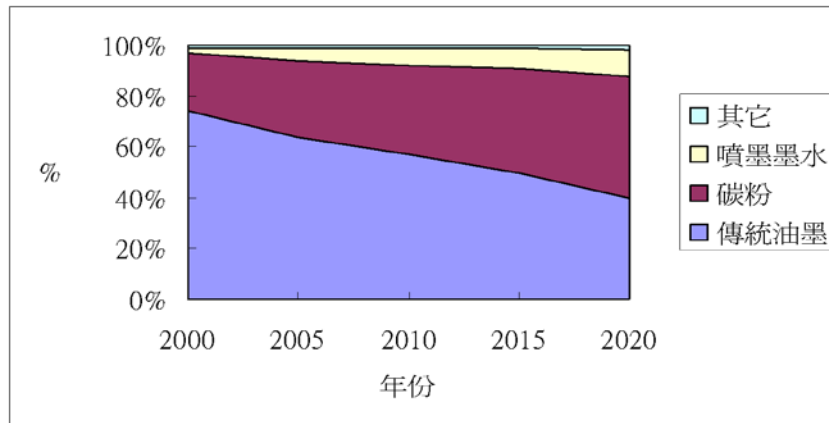


圖 2-1-12 2000~2020 年之墨種預測趨勢圖

表 2-1-8 顯示：2020 年預測不同印刷方式之印量占有率，數位印刷仍以少量多樣產品為主，符合時代潮流，且比率愈來愈高。表 2-1-9 顯示 1998~2020 年印刷產業預測印量，印刷數量較少的產品，愈來愈多，而大量之產品則呈現下滑趨勢。

表 2-1-8 2020 年不同印刷方式之預測印量

印 量	總量%	數位印刷	直接成像	平版	柔版	凹版	百分比
極少量 (1)	12.0	100.0					100.0
非常少量 (2-500)	15.0	88.0	7.0	5.0			100.0
少印量 (501-2,000)	14.0	19.0	25.0	53.0	2.0	1.0	100.0
中少印量 (2,001-5,000)	13.0	7.0	24.0	65.0	2.0	2.0	100.0
中等印量 (5,001-10,000)	10.0		13.0	75.0	9.0	3.0	100.0
平均印量	9.0		4.0	81.0	11.0	4.0	100.0

(10,000-50,000)							
中大印量 (50,001-250,000)	11.0		1.0	81.0	12.0	6.0	100.0
大印量 (250,001-750,000)	7.0			76.0	14.0	10.0	100.0
非常大印量 (750,000+)	9.0			50.0	15.0	35.0	100.0

PrintCom/GATF

表 2-1-9 1998~2020 年印刷產業預測印量

印量	1998	2000	2010	2020
極少量 (1)	8.0%	10.0%	13.0%	14.0%
非常少量 (2-500)	10.0	13.0	15.0	16.0
少印量 (501-2000)	10.0	13.0	15.0	17.0
中少印量 (2001-5000)	17.0	15.0	16.0	16.0
中等印量 (5001-10000)	14.0	13.0	11.0	11.0
平均印量 (10000-50000)	12.0	9.0	8.0	7.0
中大印量 (50001-250000)	11.0	11.0	9.0	8.0
大印量(250001-750000)	9.0	7.0	6.0	5.0
非常大印量 (750000+)	9.0	9.0	7.0	6.0
合計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

PrintCom/GATF

表 2-1-10 為 PrintCom/GATF 針對印刷方法的改變趨勢預測，及表 2-1-11 為 InfoTrends / CAP Ventures 預測未來印刷生產方式的改變，如圖 2-1-13 所示；均顯示數位印刷在未來將逐漸瓜分各版式印刷市場，而成為主流；其中複合印刷 (Hybrid Printing) 方式，亦以與數位印刷結合為主要之目標。另由 InfoTrends 依據北美數位彩色印刷印量分配，亦可了解：原黑白、特別色印刷轉用數位彩色將占 17.2%，新產品無法使用傳統印刷將占 44.6%，原傳統彩色印刷移植到數位彩色將占 38.1% (InfoTrends, 2008)。

表 2-1-10 印刷方法的改變趨勢

印刷版式	2003	2005	2008	2012/15
平版(Lithography)	47	44	37	33 %
凹版(Gravure)	15	15	14	11 %
柔版(Flexography)	20	21	20	20 %
凸版(Letterpress)	2	1	-	-
網版(Screen)	4	3	3	3 %
複合印刷方式(Hybrid Presses)	1	2	3	4 %
數位印刷(Digital Printing)	11	15	23	30 %
總 計	100 %	100 %	100 %	100 %

PrintCom/GATF

表 2-1-11 美國印刷業市場趨勢美國的印刷業市場趨勢

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	1	1	1	1	1	1 %
凹版	15	>14	<14	<13	<12	11 %
彈性凸版	>21	22	23	24	24	21 %
凸版	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	-
網版與其他版式	>2	>2	2	<2	>2	<2 %
混合式印刷	<3	>3	>3	4	<5	>4 %
數位印刷	>17	<18	20	>21	23	31 %
總計	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

PrintCom/GATF

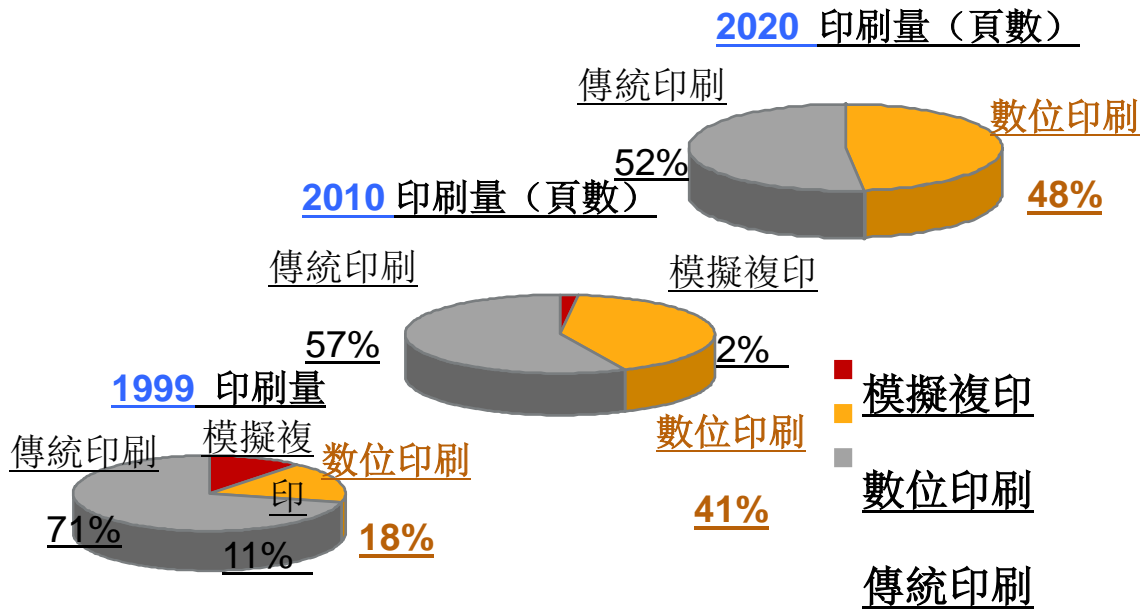


圖 2-1-13 印刷趨勢變化圖

綜合上所述，印刷媒體未來 20 年內發展與改變將會：出版社數量大量減少，商業設計比重增加，短版印刷，平版印刷改為數位印刷，全彩色印刷的產品，印刷內容的多樣化，印刷所需工時縮短...等，而此正是數位印刷的天下；本研究採行數位印刷方式來作增值，實符合時代潮流。

數位印刷確實是一個 21 世紀具有創造性的工業，數位印刷技術快速發展給印刷業各個領域帶來商機，數位印刷已成為最具發展潛力的一種印刷方式。從印刷服務到現在市場服務、傳播服務等創造性和服務的綜合，一改印刷業的傳統：印刷將不會只是一個資訊輸出的媒體，傳統與數位相輔相成，創造性的銷售讓產值快速提升；未來，印刷業將成為一種創造利潤的工業。

伴隨著通訊與資訊科技發達，更多的資料靠網路傳遞；以往是印刷服務，到現在是市場服務、傳播服務，印刷技術的穩定與標準的建立，加上市場行銷、市場服務、與管理的工作一併電子化，以網路為平台的電子商務運作模式更加快速便利；因此，傳統的印刷廠不應只在文字、圖形與影像上，更應往更高媒體整合的方向發展；在服務整合上，不應只在生產上，應往服務市場傳播方向邁進，使印刷產業成為高附加價值或多媒體傳播服務提供者，方能立於不敗之地。

把握環保課題為全球各產業的共同趨勢，如何與數位印刷或其他版式整合運用，改變其於包裝與工業印刷產業中生產創意者的定位，開創與其它科技相關之市場，在硬體部分改善印刷品質及印刷速度...等，將會是印刷產業的重要課題。

在印刷不同種類的趨勢預測可發現：文化出版印刷在未來會持續下降，商業印刷仍會持平，而包裝印刷與工業印刷在未來將會大幅成長。印刷被預期還是會成長到 2040-2050 年間左右，然後才會逐漸的衰退。多數研究者均認為多數的資訊到了中世紀的時候將以電子的形式呈現：印刷表現的方式將是閱讀與使用資訊

非主流的方式；屆時，印刷存在只是為了包裝印刷或特殊產品，在交期方面也會隨著製程改變及顧客需求縮短。印刷不會滅亡，印刷也不會消失，他將在下個世紀轉為其他形式而繼續存在著。

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)及依需求式噴墨(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 2-2-1 所示。

表 2-2-1 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，須使用專用墨輥橡皮布

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 2-2-2 所示。

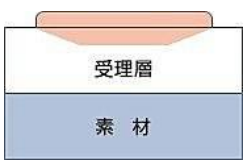
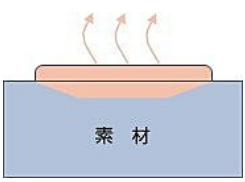
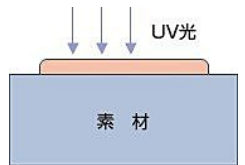
表 2-2-2 UV 和 LED-UV 比較

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 2-2-3 所示。

表 2-2-3 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
 <p>水性墨</p>	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
 <p>溶劑型油墨</p>	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
 <p>UV 油墨</p>	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 轉印科技

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

熱轉印可分為熱壓與熱昇華兩種。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. 膠膜轉印與昇華轉印

膠膜轉印的轉印紙具有黏性，經過高溫高壓的方式將圖文印在物品表面，而昇華轉印則是採用特殊昇華墨水與昇華轉印紙。

三. 網版印刷與噴墨列印

網印是靠套印來解決圖片顏色的需要，顏色的濃淡也只能靠網點的粗細、均勻度來解決，而圖片品質高的照片就無法達成要求。噴墨列印是由電腦設計製作，再輸出到轉印紙上的一種方式(黃穎為，2006)。

四. 水轉印

水轉印技術(Water Transfer Printing)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。

五. 模內轉印

模內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，於下節中探討。

第四節 模內印刷

模內印刷(In Mold Printing)可分為：(一) IMD 模內裝飾(In Mold Decoration)：又可分為 1. IMF(In Mold Film/ Forming)適用於較大曲面；2. IMD 平面。(二) IML (In Mold Label)模內貼標；(三) IMR (In Mold Roller/Reprint)模內轉印等。然一般大部份分類是將 IMD 分為只將油墨轉印至塑件的 IMR(In-Mold Roller)，立體成型模內轉印裝飾技術(如 HP 黑潮機即屬於此類)，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份保護印紋的 IMF(In-Mold Film/ Forming，立體成型模內裝飾)技術，IMF 技術亦有說法將其再細分出 IML(In-Mold Labeling，平面模內裝飾)技術。

IMD 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內轉印 IMR。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，因此本研究以模內轉印為主。

一. 模內印刷現況

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內裝飾技術(In-mold Decoration 簡稱 IMD)，這項技術使得塑膠製品製造的流程產生重大的改變。IMD 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。

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。模內轉印技術可滿足此需求，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、化妝品包裝盒...等。德國 Kunststoffe Plast Europe 雜誌，作者 Walter Michaeli、Oliver Pfannschmidt 和 Andreas Franz 在『injection molding』一文中提到 ”汽車工業、醫藥技術和電子工業是給予特殊新型射出成型技術發展，是貢獻最大的三個市場。模內裝飾技術替代層壓模內裝飾用於描述只在幾道工序內即可完成裝飾性模塑製品的過程。由於採用不同塑膠薄膜或織物，因此製品表面可以千變萬化。這種技術有許多優點，從長遠論，會取代已有的其他表面設計方法”。

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，有助於提昇台灣印刷相關產業為其主要目的，因為印刷是一個提昇產品附加價值的一個產業，也是一個應用的產業，要如何提昇既有產業自動化、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。

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 IMR 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 IMR 量產實力的機殼廠商如巨騰、鴻海等，可望成為最大受惠廠商。

模內裝飾技術 IMD 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%(2009, 林明輝)。IMD 為 Nissha(日本寫真印刷)於 1970 年代所開發的印刷技術，於 1983 年開始 Nissha 的 IMD 事業。透過獨有「Nissha IMD」塑膠成型與轉印多工合一技術，Nissha 成功打進手機、汽車內裝面板與外裝、筆記型電腦或化妝品包裝印刷市場。而 HP、Nokia、Dell 和 Nintendo 等知名大廠均為其顧客，目前 Nissha 為全球手機與 NB IMR Foil 的最大供應者。

IMD 外觀實例：比較 HP 兩款筆記型電腦外觀如圖 2-4-1 所示：(a)為 HP Pavilion dv2610 黑潮機 II，外觀件採用 IMD 技術；而(b) HP EliteBook 2530p 則為傳統表面塗裝，明顯看出 IMD 一改過去單一的表面色調，展現其多樣化圖樣的優勢。



圖 2-4-1 兩款不同筆記型電腦外觀

IMR 工藝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，然後將成形用的塑料注入金屬模內與薄膜片接合，使印刷在薄膜片上的圖案跟樹脂形成一體而固化成產品。因此塑料在模具轉印裝飾並同時成型。IMR 薄膜的製作過程：薄膜廠製作 IMR 薄膜，而在成型廠成型。

IMR 的主要優點：

1. 大量生產時具有極高的價格優勢。
2. 成型與轉印同時進行，減少空間與時間的成本。
3. 最新技術提升裝飾準確度。
4. 可精準的表現電鍍、珠光效果、金屬效果等特殊圖案設計。
5. 表層 UV-Coating 可有效提高產品磨耗性。

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 IMR 薄膜，也就是以模內轉印的方式，製作 NB 及其他 3C 產品的外殼，造成目前全球 IMR 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 IMR 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 IMR 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，IMR 著實解決了噴塗污染的困擾；IMR 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，IMR 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；IMR 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。

二. 模內貼標成型技術(In-Mold Label; IML/In-Mold Forming; IMF)

模內貼標成型技術：印刷後的薄膜經過預塑成型及裁切等步驟，完成單片薄膜成品，將薄膜置於模內，然後注射膠料頂出成品。油墨印刷面位於薄膜下方成型後油墨會在薄膜與素材中間，外表為一層 PC 或 PET 薄膜，如此可保護和保持油墨色澤鮮豔。

IMF 製程導入的效益：1.成品包覆深度較大之產品，如手機外殼、滑鼠外殼、PDA 外殼...等。2.外觀需要薄膜保護之產品，如手機按鍵，耳機觸碰鍵、汽車內裝按鍵...等。3.外觀質感多樣化之產品，使用布紋、皮革、實木材料做貼合，達到客戶要求質感。4.訂單量較少之產品，適合 10K 以內之產品，量產時效性。5.外觀較大尺寸之產品，汽車內裝飾板、NB 外觀件、DVD...等。6.外觀顏色多變之產品，適合限量機種、多樣化機種。

IMF/IML 的優點在於產品塗裝的多樣性，使得外觀件較傳統塗裝方式更具變化及美觀，且在表面硬度及機械強度增強後，可被廣泛應用到 3D 立體結構的塑膠件上，其可應用產品範圍較為寬廣。

1. 生產流程

相較於 IMR 類似轉印貼紙的設計，IML / IMF 則像是一般貼紙；意即將印有標的塑膠件所需塗裝的色彩、圖樣 PET(或 PC)膜，經過高壓成型、熱固化、沖切後，再置入射出成型模具內側，藉由射出成型的過程，將色彩、圖樣及 PET 膜，直接貼附在塑膠件表面(PET 膜一併保留不剝離)，使得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(如圖 2-4-2 所示)。IML 製程與 IMF 相同，但由於 IML 應用在平面塑膠件，省略高壓成型步驟。

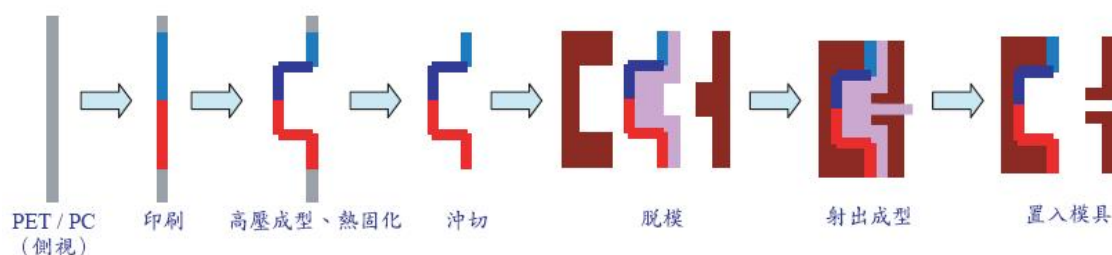


圖 2-4-2 IMF 生產流程

2. 成型模

如同 IMR 模內轉印技術，IML / IMF 模內成型技術亦分為塗布、印刷及射出成型三大部分。但 IML / IMF 的成型膜結構與 IMR 轉印膜不同，如圖 2-4-3。

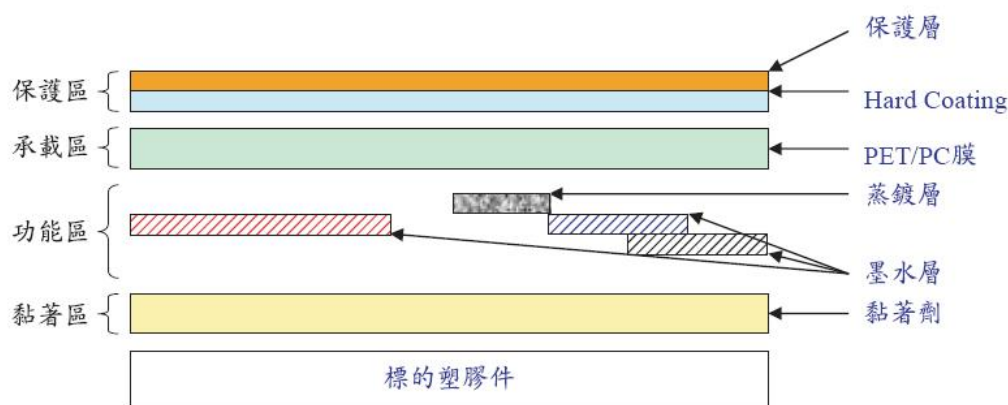


圖 2-4-3 IMF 成型膜結構側視圖(一)

簡單來說，因為IML/IMF的PET膜在成型後仍保留在標的塑膠件上，因此在成型膜的設計，可將保護區與功能區分開在PET膜上下兩側，如此即可避免硬化塗層(Hard Coating)及油墨配方兩者在接觸介面的相互干擾；此外，亦不需要離型膜。有時為了特殊需求，IMF亦會有如圖2-4-4結構，將硬化塗層(Hard Coating)層及油墨層均位於PET/PC同側。

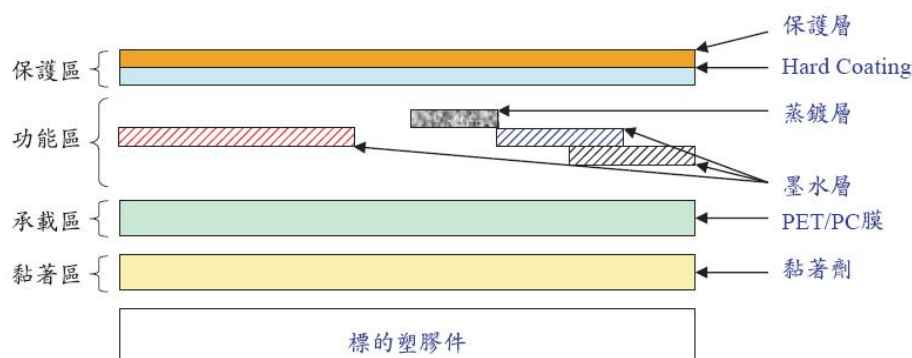


圖 2-4-4 IMF 成型膜結構側視圖 (二)

3. 一段式熱固化

IMF 生產流程相較 IMR 單純許多，由於 IMF 膜在置入射出模具前已完全成型固化完畢，在射出過程中不需保留「可塑性」，因此在配方上可完全使用熱膠且一次完全固化，而固化後的膜層，在射出時具高耐衝擊性。另外，由於 PET/PC 膜最終將保留在成品表面，因此其成品的表面硬度、機械強度及可立體化程度均優於 IMR。

4. 以機械手臂送膜射出

IML/IMF 製程上需先經過沖切，且 PET/PC 膜最終將保留在標的塑膠件上，且 IMF 膜有時具備立體結構，因此在塑膠件射出成模時，無法像 IMR 一樣採捲對捲連續送膜。機殼廠商在導入 IMF 技術時，為節省送膜時間及減少對位失誤，大多數廠商均採用機械手臂自動送膜；而機械手臂送膜的設計，並不侵犯 Nissha 專利，擁有較寬廣的空間。這也是國內廠商較願意投入 IML/IMF 技術的原因之一。

5. 產業現況

由於現階段 IMF/IML 技術的成本仍高於傳統表面塗裝，因此多數被應用在少量多樣、外型具 3D 結構變化大、高附加價值的產品上(最適合數位印刷市場)。且由於下游客戶遍及各領域、各層級，考慮未來終端市場較不會被客戶壟斷的情況下，國內投入產品開發的廠商相當踴躍，目前包括台虹、森田、穎台、優利... 等。

三. 模內轉印技術 (In-Mold Roller/ Reprint; IMR)

模內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。模內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。模內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。IMR 主要組成有三大件，送膜機、薄膜與成型模具。其構造為一轉移元件，包含一基材片，一離型層，一輻射硬化層，一具有印刷之圖文印紋在該基材片上，及一黏著層所構成。

IMR 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。IMR 產業是高附加價值外觀件的創造者，IMR 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。

IMR 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 IMR，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。

IMR 製程優點：1.適用於大量及複雜的客製品設計，以提升產品附加價值的機能。2.表面處理有耐磨耗的特性。3.可使用在不同性質的基材上(PC、PMMA、PC+ABS)。4.製程簡單，一體成型。5.乾淨且低污染的作業環境。6.降低污染，及減少原物料消耗，以符合對綠地球環保的責任。

IMR 製程導入的效益：1.量產性高，量產階段品質穩定。2.製程簡單化。3.作業環境避免溶劑污染環境問題。4.成品外觀多樣化。5.表面硬化層保護處理。6.複雜 3D 外觀裝飾。

目前電子產品大量採用的為平面式 IMR 轉印技術，由於其以捲對捲(Roll to Roll)方式搭配射出機射出，在製程技術上已可連續自動化生產，大幅降低塑膠外觀件成本 30~50%，且廠商可省去半成品、噴塗墨水、電鍍等製程的倉庫、廠房、設備及備料，並可減少塗裝的良率損失。

IMR 低成本可大量生產的特性，已被電子大廠視為未來 3C 產品的平面或微曲平面塑膠件。例如筆記型電腦的上蓋外觀件，其可彎曲度較小、表面硬度受到限制，所以 IMR 已逐漸成為電子產品表面裝飾的主流技術之一。以下華碩 F6V 系列外觀，可充分展現 IMR 的特色，如圖 2-4-5 所示。



圖 2-4-5 華碩 F6V 系列外觀

1. 生產流程

IMR 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，再借由射出成型的過程，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 2-4-6 所示。

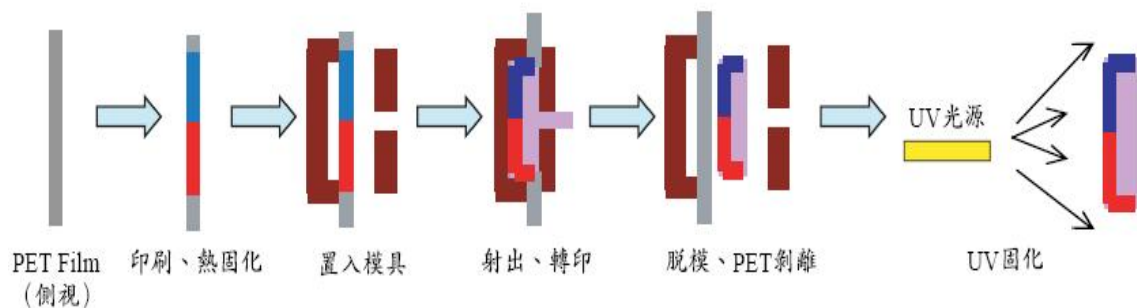


圖 2-4-6 IMR 生產流程

2. 轉印膜

整個 IMR 模內轉印技術，大致可分為塗布、印刷及射出成型三大主要部分。製程的第一個步驟就是生產 IMR 轉印膜，主要採用塗布及印刷兩種技術生產，IMR 轉印膜結構如圖 2-4-7 所示。由於在後續射出製程時需經「轉印」過程，因此 IMR 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，使印墨得以順利剝離 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 IMR 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印刷方式來完成模內轉印。

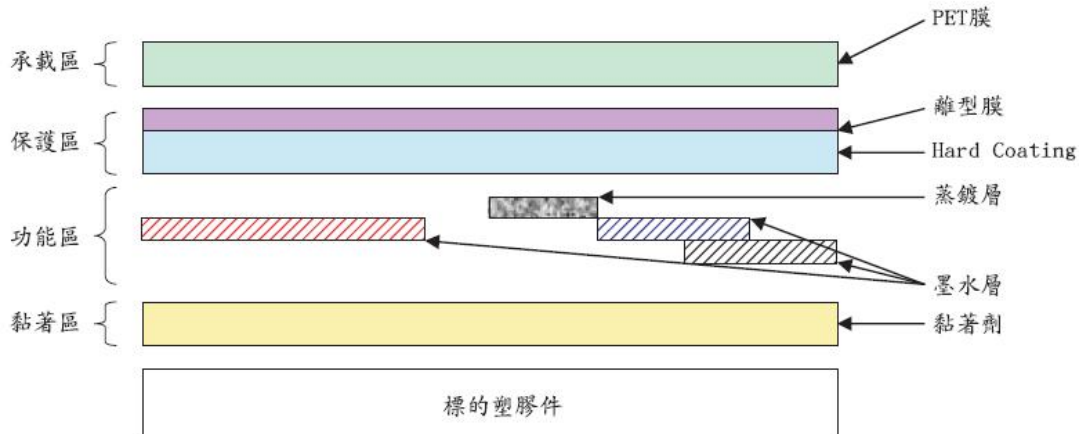


圖 2-4-7 IMR 轉印膜結構側視圖

3. 兩段式固化

整個 IMR 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 IMR 膜的成型，是在塑膠件射出時同時完成，因此 IMR 膜在射出階段需同時具備可塑性及耐衝擊兩種特性，惟此兩種型在材料本質上幾乎相衝突。為達同時具備可塑性及耐衝擊兩種特性，IMR 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 IMR 膜在射出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的表面硬度不如單純使用熱膠固化。

4. 捲對捲連續射出轉印

IMR 製程成功的關鍵之一，在於 Nissha 成功開發了捲對捲射出製程，大幅降低了生產成本。而目前 Nissha 在 IMR 領域的專利佈局，除手機產業外，僅剩下射出時的連續送料製程較具攻擊性；造成機殼廠商欲導入 IMR 技術時，均需向 Nissha 採購送料設備的現況。捲對捲送料概念，如圖 2-4-8 所示。

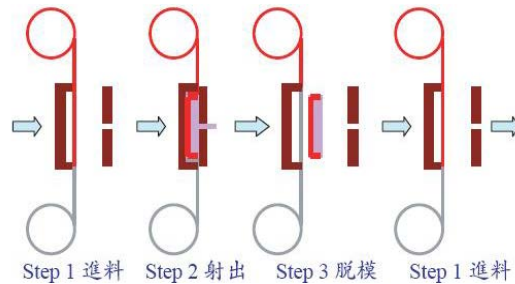


圖 2-4-8 IMR 捲對捲送料示意圖

5. 產業現況

IMR 技術適合運用在量大、低價、平整的塑膠件表面裝飾，首先被大量應用在手機外殼，至於在筆記型電腦領域，則是由 HP 黑潮機率先導入。全球 IMR 最主要的供應商及臺灣廠商，如表 2-4-1 所示。其中 Nissha 與 Kurz 產能遠大於其他廠商，但 Kruz 遠在德國，服務和成本遠不及亞洲廠商，且專攻汽車及傢俱業，對 Nissha 較不具威脅性。

自 2008 年開始，因為亞馬遜網路書店電子閱讀器 Kindle 的熱賣，造成一股電子書旋風，衝擊台灣的印刷業，面對全面電子化與網路化的衝擊，傳統印刷產業勢必走向轉型與創新，如發展利基型產品、提供數位印刷平台等。成立 53 年的森田印刷廠，從傳統印刷業轉型成為台灣最大的模內轉印廠，隨著華碩小筆電 (EeePc) 的熱銷，讓它營收三級跳。

森田印刷廠自 2001 年起開始投入模內印刷技術薄膜相關研發與製造之投資，近年來已從一般印刷加工成功轉型為專業熱轉印膜印刷廠，主要產品有 8 成以上為應用於筆記型電腦機殼表面，並獲得國內各 3C 大廠信賴，成功提高 NB、手機、PDA 等 3C 產品的外觀質感，各大 NB 廠商逐漸改變以往鎂鋁機殼的策略，改用塑膠機殼。

表 2-4-1 全球 IMR 主要供應商

廠商	Nissha	KURZ	千代田	Royal	森田	鑼洋
國別	日本	德國	日本	日本	臺灣	臺灣
主要產品	手機	汽車、傢俱	筆電	筆電	筆電	筆電
次要產品	筆電	手機			汽車	

IMR 在材料配方的技術層次較 IMF/IML 高，且後段射出製程的送膜機構，已被日商 Nissha 專利壟斷；再加上下游客戶為少數電子系統大廠等因素考慮下，國內投入 IMR 產品開發的廠商較少，且除森田出貨量較具規模外，鑼洋次之。

IMR 模內轉印技術在 2008 年筆記型電腦(含低價電腦)外觀件(A、C 件)部分滲透率達 46%，預計 2009 年將持續提升至 60% 左右。2008 年消費性電子產品市場主要為日商 Nissha 所掌控，尤其在手機外殼部分，Nissha 以嚴密的專利佈局，幾乎完全壟斷；至於在筆記型電腦外觀件(A、C 件)市場，Nissha 則掌控全球 80% 以上市場，其餘部分由日、台等小廠供應，但對 Nissha 的市場地位仍無法構成威脅。

第五節 印刷品質色彩特性(Print Quality Color Attributes)

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. 色差(Color Difference, ΔE)

色差(ΔE)是用來表示總色彩差別和建立定量色彩公差，通常以符號 ΔE 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(羅梅君，2009)。

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， ΔE 之值愈大表示印刷品之色差愈大，因此 ΔE 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。

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

二. 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(MD 研究會+電塾+DTPWORLD，2009)。

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。

三. 階調擴增(Tone 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)。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(以前稱之為網點擴大(Dotgain))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。了解階調擴增的類型、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

一般而言，網線數愈高 n 值就會愈高，紙質愈差也會愈高(MD 研究會+電塾+DTPWORLD, 2009)。

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

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

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

四. 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。

五. 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(SID)與階調擴增之關係。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% 的部份沒有層次差異，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。

六. 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：綠色(G)、紅色(R)和藍紫色(B)的正確程度而判斷，亦可用濃度值計算(何錦隆，無日期)。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(Tobias, n.d.)

七. 墨膜厚度(Ink Film Thickness)

墨膜厚度，被印材料上印墨的厚度。

八. 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 研究架構與流程

本研究採用真實驗研究法(True Experimental Method)，探討數位印刷與噴墨印刷製程應用於模內轉印結合之適性，為達到研究數位印刷應用於模內轉印之深度，本研究分成兩年期進行，第一年主要以數位印刷，印製 PET 轉印薄膜後，模內轉印至被印材料上所呈現出來的印刷色彩品質特性與物理特性；第二年則是以噴墨印刷印製 PET 轉印薄膜後，模內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，進而達到拓展數位印刷與噴墨印刷與模內轉印技術的目標。

一. 實驗變項

第一年

第一年實驗為探討PET薄膜經過前處理、塗布離型劑與硬化層之組合特性；再利用光電式數位印刷印製圖文層，並於圖文層上塗覆黏著層之印刷品質與色彩特性分析。同時在印製過程中找出最適的品質特性組合，之後再利用模內轉印到ABS基材上之後，觀察其色彩轉移之變化，並找出從印製PET薄膜到模內轉印之後的最佳產品與色彩特性組合。

本研究經測試其物理特性後，分析比較電子式與噴墨式模內轉印前後，其色彩對應關係，以作為第二年的基礎，其研究架構，如圖3-1-1所示。

控制變項為：印墨塗覆層、電子印墨、離型層與硬化層組合特性、黏著劑組合特性、機器設備、數位印刷機速度、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 (ABS)。

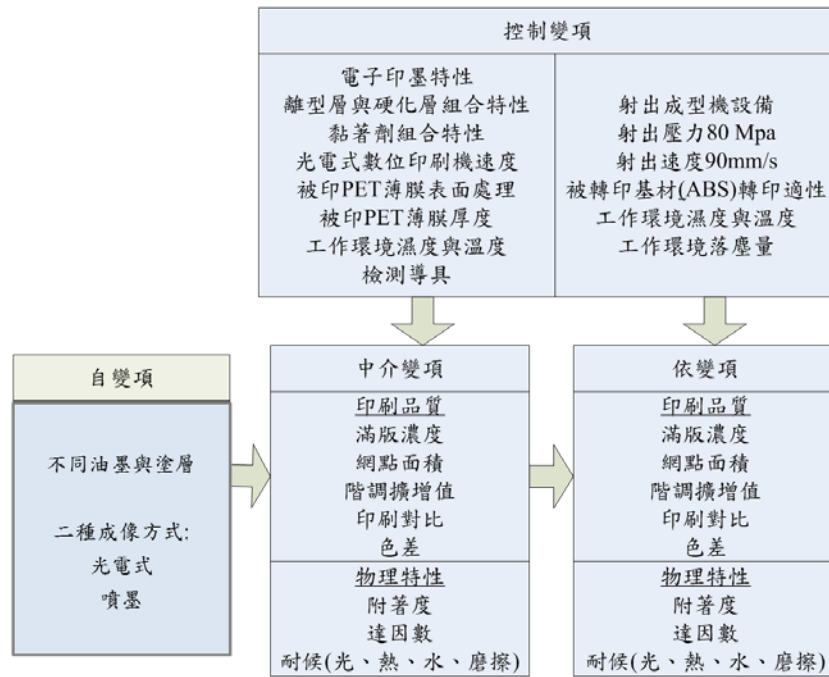


圖 3-1-1 第一年研究架構圖

第二年

第二年實驗為延續第一年薄膜塗覆離型劑與硬化層最適之組合模式，使用噴墨印刷機的三種解析度(360dpi、720dpi、1440dpi)、兩種噴印次數(4次、6次)、三種油墨覆蓋率(100%、120%、150%)組合，除了看噴墨印刷後所呈現的色彩品質並探討轉印後的印刷色彩品質表現與物理特性測試。此階段本研究之變項：自變項包括3種解析度、2種噴印次數、3種油墨覆蓋率，自變項總共實驗組為18組圖如3-1-2所示。

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，使用不同解析度與墨膜厚度印製PET薄膜，印刷色彩品質與物理特性。以及檢測轉印到ABS材料上的印刷色彩品質與物理特性。

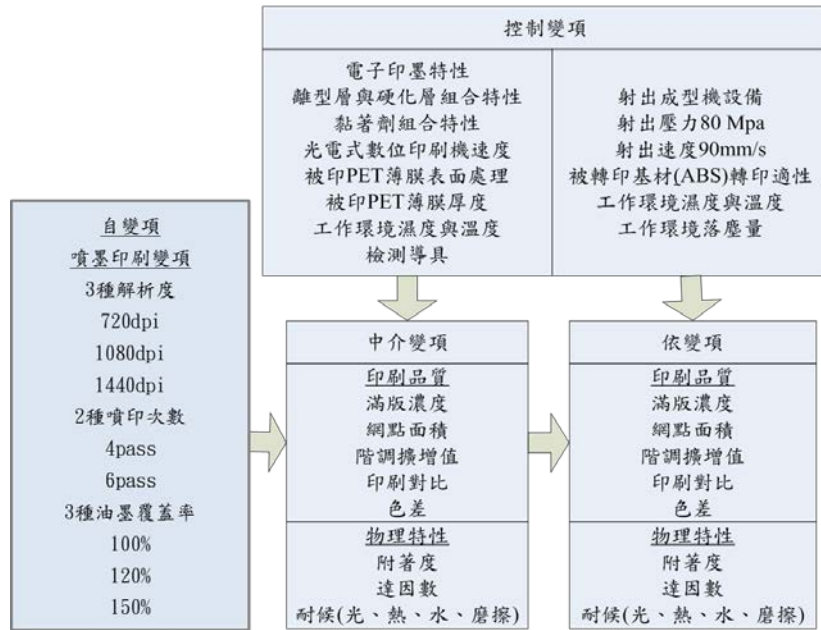


圖 3-1-2 第二年研究架構圖

二. 研究流程

第一年實驗與第二年實驗之流程類似，唯有在數位印刷製程中，第一年使用不同塗層在光電式電子印墨與噴墨之數位印刷機，第二年則使用噴墨印刷機印製薄膜，研究流程圖如圖3-1-3所示。

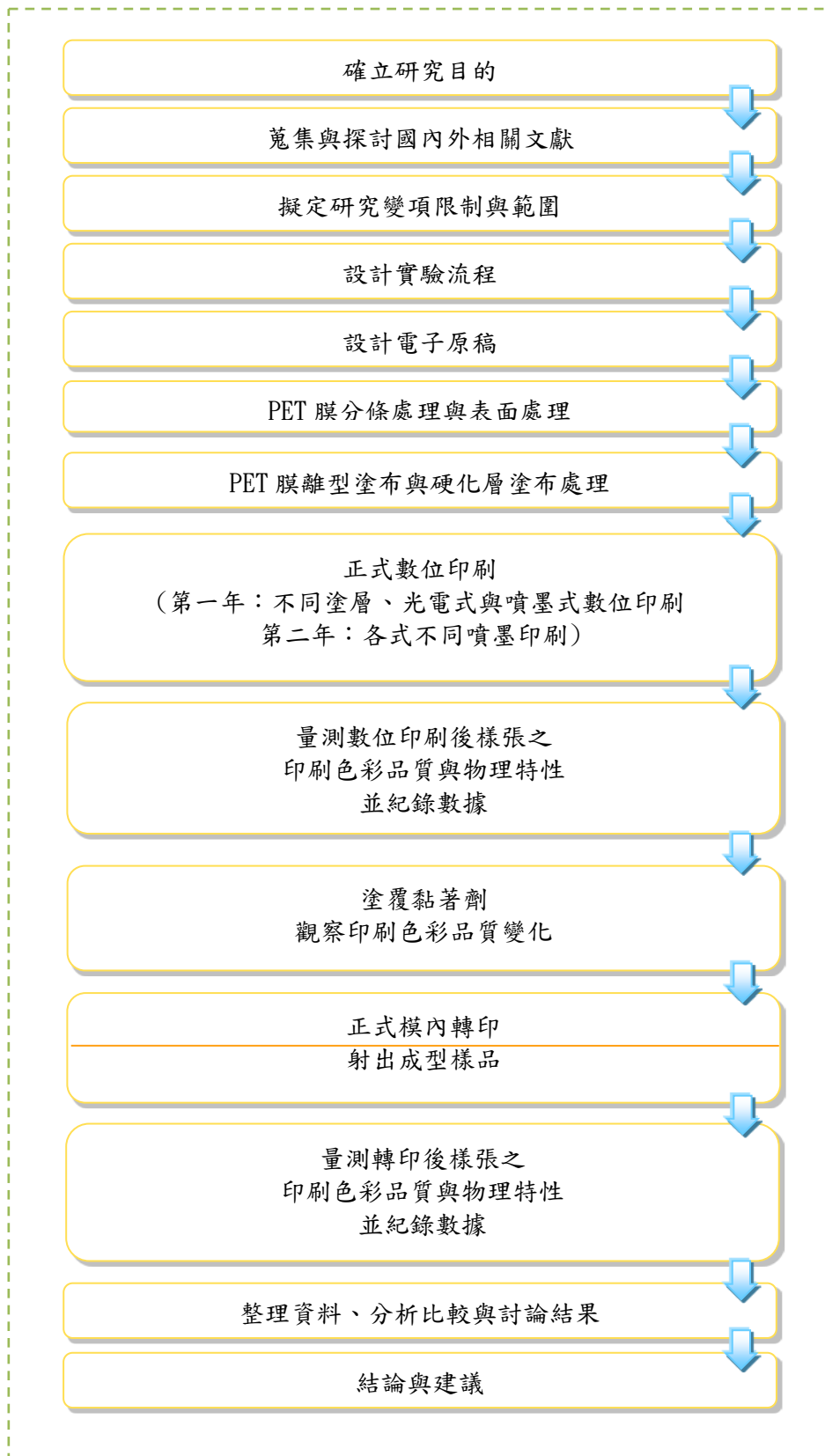


圖 3-1-3 研究流程圖

三. 研究設計

第一年

第一年目的是建立出 PET 薄膜數位印刷品質表現至射出成型轉印到被轉印材的印刷色彩品質與物理特性的最佳組合，本研究整合塑膠被印基材進行前處理、尋找硬化層與離型劑的最佳塗布組合特性，印刷製程使用光電與噴墨式數位印刷方式進行，在印刷後塗布最後黏著層對印刷品質色彩的變化。最後以建構出薄膜數位印刷至射出成型轉印到被轉印材的印刷色彩品質與物理特性的最佳組合，以利在執行第二年實驗前，使用噴墨數位印刷前先對薄膜印刷特性與射出成型轉印技術能有最佳的運作方式，實驗步驟如圖 3-1-4 所示：

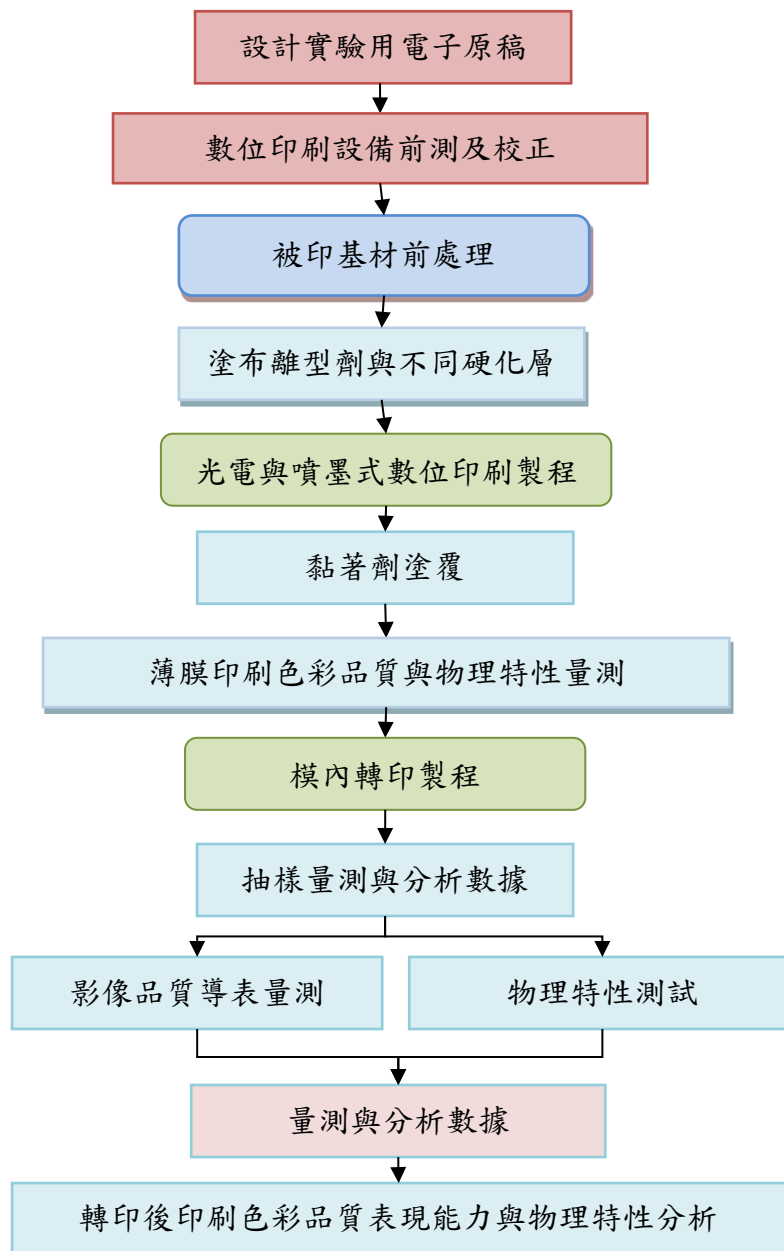


圖 3-1-4 第一年實驗流程

第二年

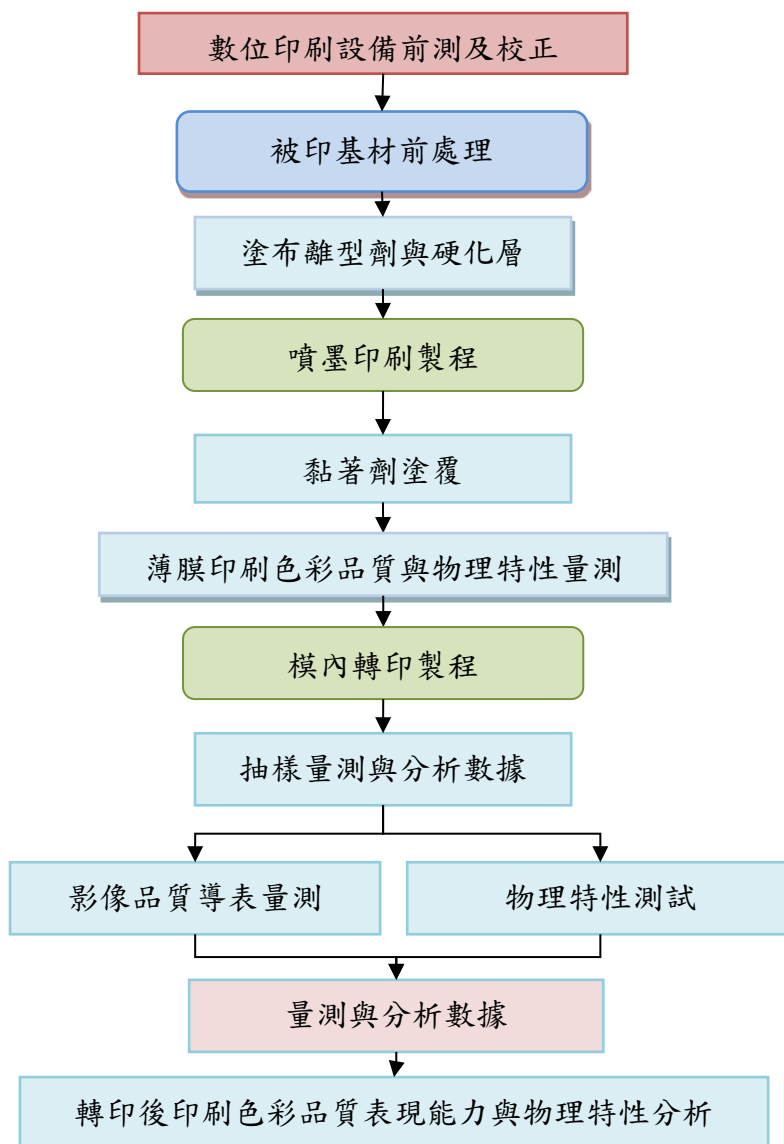


圖 3-1-5 第二年實驗流程

第二節 研究材料與設備

一. 實驗測量導表

第一年採用 230mm×160mm 色彩導表，包含一次色、二次色之滿版色塊、CMYK 階調濃度變化、CMYK 漸層表現、解析度導表及彩色圖片。如圖 3-2-1 所示。第二年採用汽車零組件，如圖 3-2-2 所示。

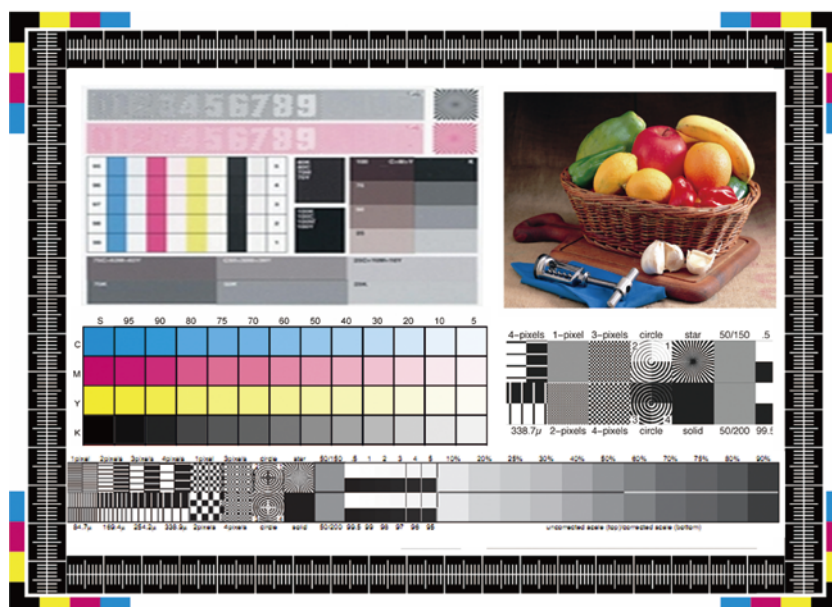


圖 3-2-1 第一年實驗用色彩導表

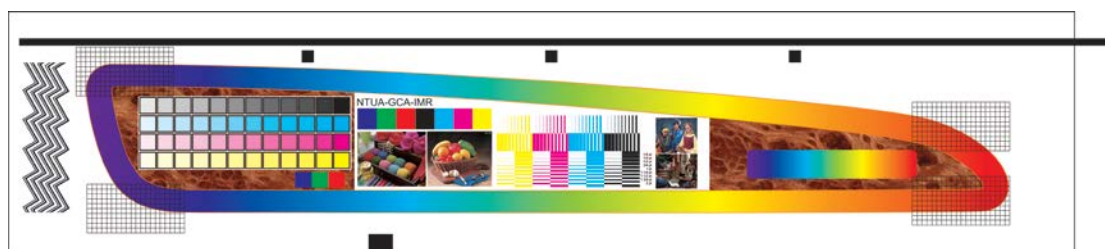


圖 3-2-2 第二年實驗用色彩導表

二. 實驗測量儀器

1. 反射式濃度計 X-Rite 518

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。

2. 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。

3. 指針式卡尺

量取數位印刷後影像的長寬以及模內轉印後影像的長寬尺寸，以檢驗影樣原始設計之尺寸與數位印刷及模內轉印後影像尺寸的差異程度。

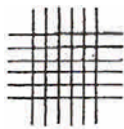

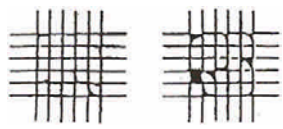
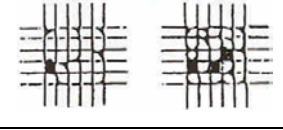
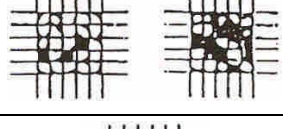
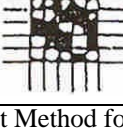
4.百格刀

附著力檢測刮刀：有 6 條刮刀，每條間隔 2 公釐，可在 1 平方公分內劃成 25 小格,每小格面積 2 平方公釐。

5.附著力檢測之 3M Scotch 600 測試膠帶

先以附著力檢測刮刀在樣張上割劃出25小格，再使用3M Scotch 600 測試膠帶沾黏，將樣張表面脫落程度與ASTM D3359 附著力標準分級作對照(Paul N. Gardner Company, 1997)，表面脫落程度，如表3-2-1所示：

表3-2-1 附著力檢測表

ASTM標準分級	脫落程度百分比	百格辨別說明	25 小格表面脫落程度圖示
5B	0%	切割的邊緣線平順，方格內無分離的情形。	
4B	低於5%	在邊角處有少部份的塗佈剝落；但脫落部份不超過5%。	
3B	5%~15%	在邊緣及邊角處有些剝落；剝落程度在5%到15%以內。	
2B	15%~35%	有部份的邊緣與方塊剝落；剝落部份介於15%到35%之間。	
1B	35%~65%	邊緣出現較大的破碎情形，有些方塊整塊剝落；剝落部份介於35%到65%之間。	
0B	超過65%	剝落程度較為嚴重，已經超出以上分級。	

資料來源：Paul N. Gardner Company, Inc. (1997). ASTM Standard Test Method for Measuring Adhesion by Tape Test. Florida, USA, 1-4.

6.厚度計

精度：50 um +/- 1um，50 um ~1000um +/- 2%，1000 um ~2000um +/- 3%。
解析度：0.1um (100um 以下)。

三. 實驗相關材料

1. 油墨：HP Indigo press ws4050 數位印刷機專用之 CMYK 電子印墨 (ElectroInk)。

2. 轉寫薄膜：PET，KURARAY POVAL FILM。寬幅為 250-500 mm，厚度約為 25 μ m。
3. 離型劑與硬化塗層劑：大日本網屏、三力與永寬公司配方。
4. 被印材料：(Acrylonitrile-Butadiene-Styrene，丙烯腈-丁二烯-苯乙烯聚合物-ABS)。

四. 實驗相關設備

1. 數位電子式印刷機 HP Indigo press ws4050
2. 數位噴墨式印刷機(御牧、恩德)
3. Nisha 自動化模內轉印機

第四章 研究結果與分析

本實驗分成兩年期計畫，第一年探討以光電式與噴墨式數位印刷製 PET 薄膜，再轉印製被印材；第二年使用不同噴墨印刷製程印製，將第一年之研究結果加以分析應用再轉印至被印基材，並分成無底墨(透明)及有底墨(白墨)之組合探討，最後再比較無底墨及有底墨之最佳組合，並以此分開做敘述。在實驗過程中，物理特性為模內轉印之門鑑，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，因此本研究主要以印刷品質色彩特性為主軸。

第一節 光電與噴墨數位印刷模內轉印

以不同印墨(軟式、硬式、HP 電子印墨)以及兩種不同硬化塗層之四種實驗組合(M-ER、ND-ER、ND-C、HP-C)，印製完成之 PET 膜樣張(各 50 份)，全數進行色彩特性之量測，再經塗布黏著劑後，接續將 PET 膜樣張模內轉印至 ABS 塑膠材料上，系統隨機抽樣各 30 份(共 120 份)樣張，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)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，並列出圖表彙整。

一. 滿版濃度

在各色版濃度表現上以 M-ER 組合的濃度明顯高於其他三種組合，因此以 M-ER 組合印製 PET 膜時，能得到較高的滿版濃度；反之，若以 ND-ER 組合印製則會得到較低的滿版濃度，如表 4-1-1 所示；此與設備、軟硬不同色料和硬化塗布層材料有關，尤其是色料與被材料的表面張力達因值。

在模內射出轉印至 ABS 塑料後，四種組合的滿版濃度均明顯升高，而轉印後濃度表現也是以 M-ER 組合的濃度最高，ND-ER 組合濃度較低；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 4-1-1 轉印前後四種實驗組合滿版濃度平均數表

色別	轉印前後	M-ER	ND-ER	ND-C	HP-C
K	轉印前	1.79860	1.48790	1.51590	1.58850
	轉印後	1.86320	1.50100	1.84650	1.74000
C	轉印前	1.77450	.97550	1.20210	1.35600
	轉印後	2.00060	1.08370	1.71420	1.49490
M	轉印前	1.45490	.98760	1.16290	1.23100
	轉印後	1.82520	1.25690	1.45150	1.58820
Y	轉印前	1.49950	.69010	.97280	1.03400
	轉印後	1.19800	.97660	1.06370	1.18300

經由成對樣本 T 檢定後，發現四種組合轉印前後滿版濃度各色版其 $P=0.000 < \alpha$ (顯著水準=0.05)，表示同一組合印製 PET 膜，再經由模內轉印至 ABS 被轉印材料上，其轉印後滿版濃度有顯著差異，如表 4-1-2 所示。

表 4-1-2 轉印前後四種組合滿版濃度成對樣本 T 檢定

色版	實驗組合	M-ER	ND-ER	ND-C	HP-C
	顯著性	P 值	P 值	P 值	P 值
K	轉印前-後	.000	.000	.000	.000
C	轉印前-後	.000	.000	.000	.000
M	轉印前-後	.000	.000	.000	.000
Y	轉印前-後	.000	.000	.000	.000

二. 網點面積

四種實驗由於物理特性不盡相同，因此分別進行比較討論分析如下：

(一) M-ER 組合網點面積比較

M-ER 組合原稿階調值到 PET 網點面積關係圖(如圖 4-1-1 左所示)，將之與原稿到 ABS 網點面積關係圖(如圖 4-1-1 右所示)相較，可看出 YMCK 四色在轉印前後各階調網點面積之變化，轉印後 ABS 板上的網點面積百分比比較轉印前 PET 膜上的網點面積百分比高，尤其是四色在亮部(0~50%)網點面積百分比升高幅度明顯，又以 Y 版升高幅度最為顯著。

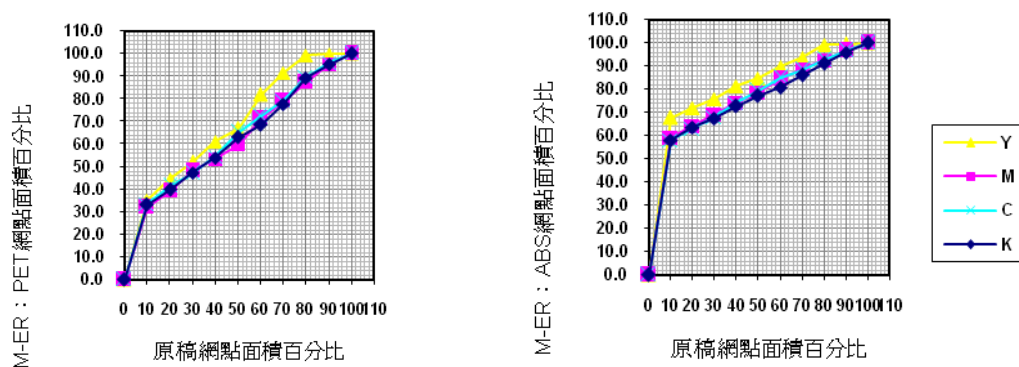


圖 4-1-1 M-ER 組合原稿到 PET 與原稿到 ABS 網點面積關係圖

(二) ND-ER 組合網點面積比較

將 ND-ER 組合原稿到 PET 網點面積關係圖(如圖 4-1-2 左所示)與原稿到 ABS 網點面積關係圖(如圖 4-1-2 右所示)相較，可看出 YMCK 四色在轉印至 ABS 板上的網點面積百分比比較轉印前 PET 膜上的網點面積百分比高，尤其是四色在部亮部(0~60%)網點面積百分比升高幅度明顯。

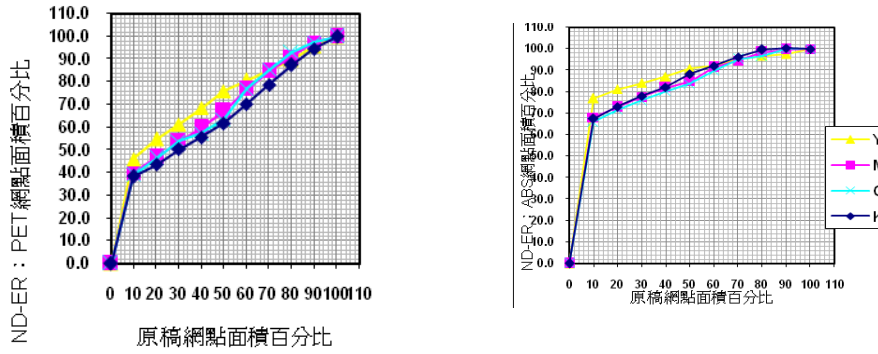


圖 4-1-2 ND-ER 組合原稿到 PET 與原稿到 ABS 網點面積關係圖

(三) ND-C 組合網點面積比較

將 ND-C 組合原稿到 PET 網點面積關係圖(如圖 4-1-3 左所示)與原稿到 ABS 網點面積關係圖(如圖 4-1-3 右所示)相較，可看出 YMCK 四色在轉印至 ABS 板上的網點面積百分比比較轉印前 PET 膜上的網點面積百分比高，尤其是四色在亮部(0~60%)網點面積百分比升高幅度明顯，又以 Y 版升高幅度最顯著。

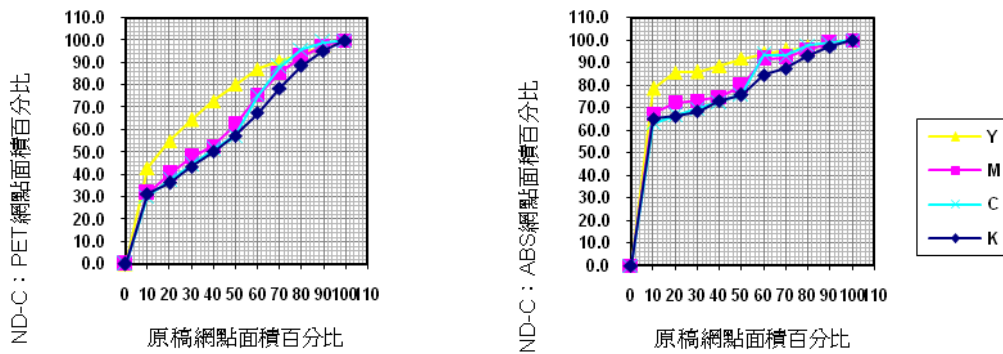


圖 4-1-3 ND-C 組合原稿到 PET 與原稿到 ABS 網點面積關係圖

(四) HP-C 組合網點面積比較

將 ND-C 組合原稿到 PET 網點面積關係圖(如圖 4-1-4 左所示)與原稿到 ABS 網點面積關係圖(如圖 4-1-4 右所示)相較，可看出 YMCK 四色在轉印至 ABS 板上的網點面積百分比比較轉印前 PET 膜上的網點面積百分比高，尤其是四色在亮部(0~60%)網點面積百分比升高幅度明顯，且四色升高幅度平均差異不大。

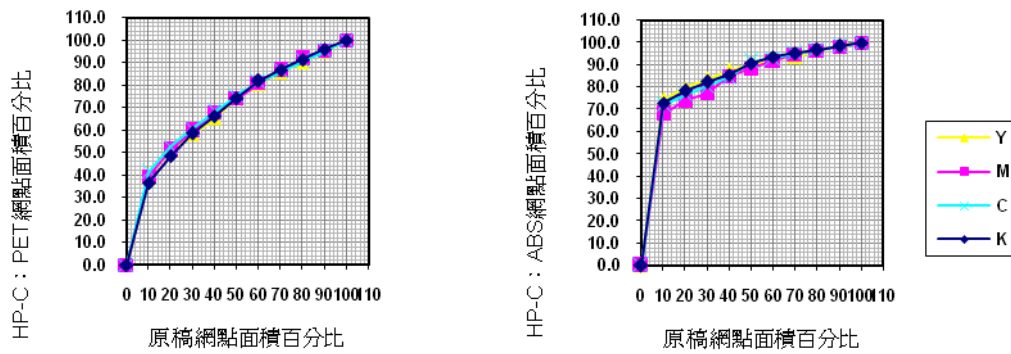


圖 4-1-4 ND-C 組合原稿到 PET 與原稿到 ABS 網點面積關係圖

(五) 轉印前與轉印後版調複製曲線

四種組合經由 PET 轉印至 ABS 之相對網點變化如圖 4-1-5 所示。轉印前與轉印後版調複製曲線在亮部變化明顯，尤其在細點部分經數位印刷已明顯擴大許多，在經轉印至 ABS 時由於射出成型塑料流動導致網點變化嚴重。其中電子油墨印刷仍較穩定。

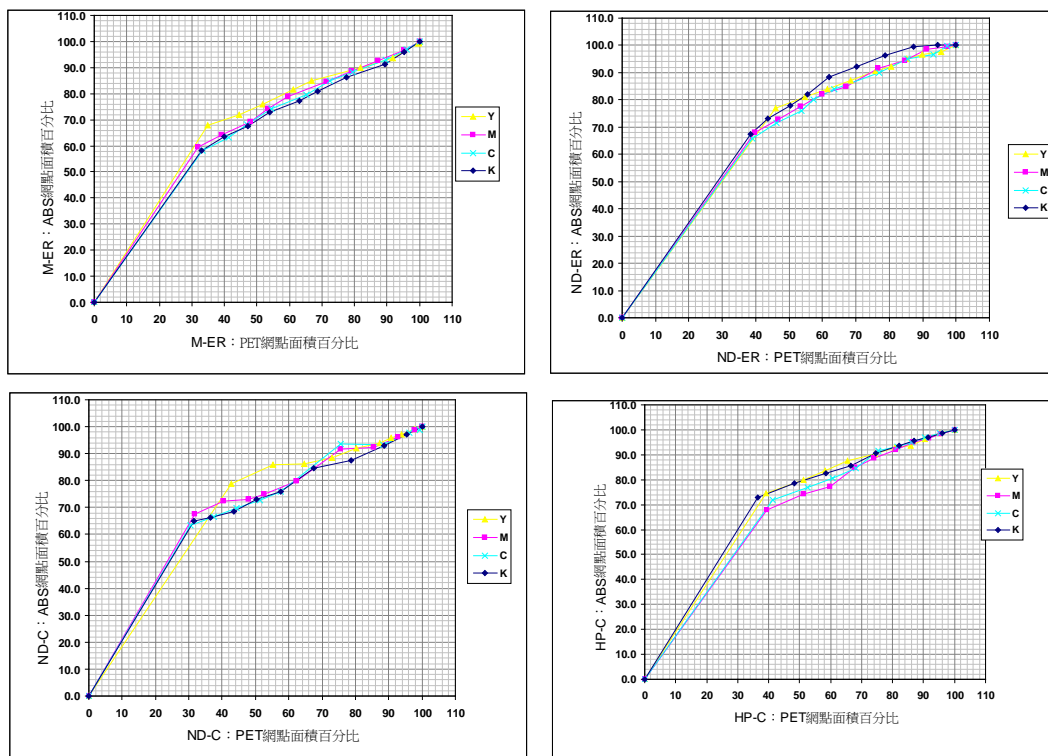


圖 4-1-5 四種組合轉印前(PET)到轉印後(ABS)網點面積關係圖

三. 階調擴增值(TVI)

圖 4-1-6 為轉印前(PET)與轉印後(ABS)之階調擴增比較圖，由圖中可明顯看出轉印前後 10~40%間階調擴增值偏大，因數位印刷普遍在亮部調網點百分比比較

傳統印刷來得高，導致亮部階調擴增值偏高；而轉印後各色版各階調的階調擴增值都明顯高於轉印前。其中 HP-C 組合階調擴增情形在轉印前後均比其他組合穩定。

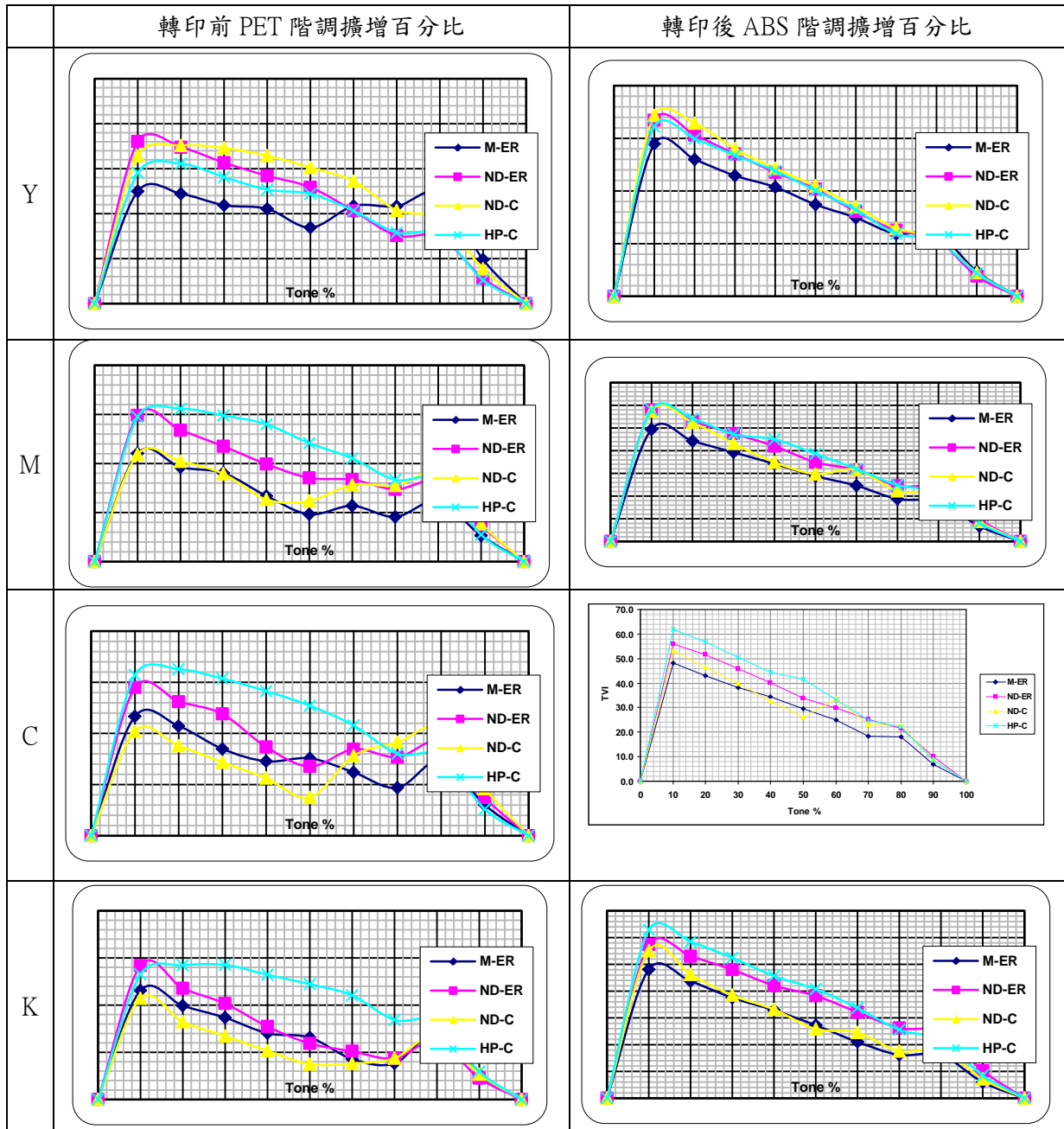


圖 4-1-6 轉印前(PET)與轉印後(ABS)階調擴增比較圖

表 4-1-3 為轉印前後階調擴增值成對樣本 T 檢定，檢定後得知四種組合前後各色版階調擴增值之 P 值大多數小於 α (顯著水準=.05)，所以同一組合印製 PET 轉印薄膜，再模內轉印至 ABS 被印材料上，其轉印前後階調擴增值至少一對有顯著差異。

表 4-1-3 轉印前後階調擴增值成對樣本 T 檢定

實驗組合	M-ER				ND-ER				ND-C				HP-C			
	Y	M	C	K	Y	M	C	K	Y	M	C	K	Y	M	C	K
顯著性	P 值	P 值	P 值	P 值	P 值	P 值	P 值	P 值	P 值	P 值	P 值	P 值	P 值	P 值	P 值	P 值
100%轉印前-後	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
90%轉印前-後	.000	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.016	.000	.000
80%轉印前-後	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.000	.114	.000	.000	.000	.000	.000	.002	.000	.000
70%轉印前-後	.000	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.132	.000	.000
60%轉印前-後	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
50%轉印前-後	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
40%轉印前-後	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.010	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
30%轉印前-後	.000	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.213	.000	.000	.021	.000	.000	.000	.000	.000
20%轉印前-後	.000	.011	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.243	.000	.000	.000	.000	.000
10%轉印前-後	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

表 4-1-4 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，在轉印前 M-ER、ND-ER、ND-C 三種組合的 YMCK 版 50%階調擴增大部分都低於兩種印刷品質規格，除了 ND-ER、ND-C 兩種組合在轉印前 K 版 50%階調擴增值高於兩種印刷品質規格許多。HP-C 組合在轉印前 50%階調擴增值與印刷品質規格最為接近。

在轉印過後，各組合的各色版階調擴增值都增加，各組合的階調擴增值都高於兩種印刷品質規格，唯 M-ER 在轉印過後 50%的階調擴增值最接近印刷品質規格，而另外三種組合的階調擴增值則是遠高於印刷品質規格。

表 4-1-4 轉印前後與印刷品質規格 50%階調擴增值比較

類別		轉印前				轉印後				印刷品質規格	
		M-ER	ND-ER	ND-C	HP-C	M-ER	ND-ER	ND-C	HP-C	ISO 12647-2	GATF 1999
50%	Y	16.91	25.87	30.26	24.40	34.84	40.73	41.90	40.13	22	19
	M	9.64	17.06	12.35	24.14	28.80	34.92	29.72	38.64	23	19
	C	15.13	13.54	7.48	25.42	29.57	41.99	26.02	41.59	23	19
	K	13.13	11.85	7.48	24.45	27.24	38.25	25.83	40.77	25	21

四. 色差

(一) 數位印刷 PET 薄膜之色差值比較

表 4-1-5 排列出在 PET 膜上，四種實驗組合彼此每對間的四色滿版色差，從表中可得知各組合間各色版之 ΔE 幾乎都大於 5，顯示出各組合在各色版上的色彩表現差異甚大，其中 ND-C 與 HP-C 這兩種組合在 Y、C 色版上 ΔE 的值小於 5，表示僅此兩種組合的 Y、C 色版其色彩較沒有明顯差異。

表 4-1-5 數位印刷 PET 薄膜四種組合各色版色差值

色版	組別	L	a	b	ΔE
Y	M-ER	81.44	-5.49	85.83	25.703
	ND-ER	82.04	-4.92	60.14	
	ND-C	82.06	-7	76.85	5.319
	HP-C	84.68	-3.36	79.71	
	M-ER	81.44	-5.49	85.83	7.245
	HP-C	84.68	-3.36	79.71	
M	M-ER	43.25	63.69	-12.88	19.523
	ND-ER	53	47.17	-9.25	
	ND-C	50.76	55.08	-12.29	17.679
	HP-C	51.06	66.87	0.88	
	M-ER	43.25	63.69	-12.88	16.138
	HP-C	51.06	66.87	0.88	
C	M-ER	57.44	-48.49	-38.37	18.103
	ND-ER	62.88	-35.97	-26.48	
	ND-C	61.6	-52.5	-30.21	3.740
	HP-C	65.34	-52.5	-30.21	
	M-ER	57.44	-48.49	-38.37	12.045
	HP-C	65.34	-52.5	-30.21	
K	M-ER	14.72	1.79	5.71	11.562
	ND-ER	22.2	-1.37	-2.52	
	ND-C	15.93	-2.88	-2.82	9.146
	HP-C	21.34	-0.05	3.99	
	M-ER	14.72	1.79	5.71	7.083
	HP-C	21.34	-0.05	3.99	

(二) 模內轉印至 ABS 材料上之色差值比較

表 4-1-6 排列出轉印至 ABS 材料上，四種實驗組合彼此每對之間的四色滿版色差，從表中可得知各組合間各色版之 ΔE 值較轉印前低，顯示出在轉印過後各組合在各色版上的色彩表現差異降低，其中 M-ER 與 HP-C 這兩種組合在 Y、M、K 色版上 ΔE 的值小於 5，表示此兩種組合的 Y、M、K 色版其色彩沒有明顯差異。

表 4-1-6 模內轉印後(ABS)四種組合各色版色差值

色版	組別	L	a	b	ΔE^*
Y	M-ER	67.53	-1.54	76.94	19.158
	ND-ER	63.8	-2.59	54.96	
	ND-C	67.51	-5.84	65.44	7.082

	HP-C	66.33	-2.12	71.35	3.992
	M-ER	67.53	-1.54	76.94	
	HP-C	66.33	-2.12	71.35	
M	M-ER	32.47	54.6	-2.42	12.529
	ND-ER	39.69	40.2	0.88	
	ND-C	42.15	46.15	-3.85	9.545
	HP-C	36.15	53.05	-2.81	
	M-ER	32.47	54.6	-2.42	5.684
	HP-C	36.15	53.05	-2.81	
C	M-ER	40.64	-48.49	-38.37	11.714
	ND-ER	48.84	-52.5	-30.21	
	ND-C	42.95	-35.97	-26.48	5.894
	HP-C	46.96	-39.84	-28.4	
	M-ER	40.64	-48.49	-38.37	14.634
	HP-C	46.96	-39.84	-28.4	
K	M-ER	13.89	0.2	3.26	9.070
	ND-ER	36.68	-0.01	1.88	
	ND-C	14.41	-0.68	-1.77	7.596
	HP-C	10.85	-0.31	4.93	
	M-ER	13.89	0.2	3.26	2.262
	HP-C	10.85	-0.31	4.93	

(三) 轉印前後之色差值比較

1. 原稿與轉印前(PET)色差比較

表 4-1-7 排列出在 PET 膜上，四種實驗組合與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、M、C 色版之 ΔE^* 值介於 15~25 之間，在 K 版之 ΔE^* 值則介於 6~12 之間， ΔE^* 值顯示出在轉印前各組合與原稿之間在 Y、M、C 色版上的色彩表現差異大，唯獨在 K 色版上色彩表現差異較小。

表 4-1-7 原稿與轉印前(PET)四種組合各色版色差值

色版	組別	L	a	b	ΔE^*
Y	原稿	95	-6	95	
	M-ER	81.44	-5.49	85.83	16.378
	ND-ER	82.04	-4.92	60.14	37.207
	ND-C	82.06	-7	76.85	22.313
	HP-C	84.68	-3.36	79.71	18.635
M	原稿	52	81	-7	
	M-ER	43.25	63.69	-12.88	20.268
	ND-ER	53	47.17	-9.25	33.919
	ND-C	50.76	55.08	-12.29	26.483
	HP-C	51.06	66.87	0.88	16.206
C	原稿	62	-44	-50	
	M-ER	57.44	-48.49	-38.37	13.274
	ND-ER	62.88	-35.97	-26.48	24.869
	ND-C	61.6	-52.5	-30.21	21.542
	HP-C	65.34	-52.5	-30.21	21.796
K	原稿	12	2	0	
	M-ER	14.72	1.79	5.71	6.328

	ND-ER	22.2	-1.37	-2.52	11.034
	ND-C	15.93	-2.88	-2.82	6.871
	HP-C	21.34	-0.05	3.99	10.361

2. 原稿與轉印後(ABS)色差比較

表 4-1-8 排列出在 ABS 上，四種實驗組合與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、M、C 色版之 ΔE^* 值介於 15~25 之間，在 K 版之 ΔE^* 值則介於 6~12 之間， ΔE^* 值顯示出在轉印前各組合與原稿之間在 Y、M、C 色版上的色彩表現差異大，唯獨在 K 色版上色彩表現差異較小。

表 4-1-8 原稿與轉印後(ABS)四種組合各色版色差值

色版	組別	L	a	b	ΔE^*	
Y	原稿	95	-6	95		
	M-ER	67.53	-1.54	76.94	33.176	
	ND-ER	63.8	-2.59	54.96	50.875	
	ND-C	67.51	-5.84	65.44	40.367	
	HP-C	66.33	-2.12	71.35	37.368	
M	原稿	52	81	-7		
		32.47	54.6	-2.42	32.47	92.323
		39.69	40.2	0.88	39.69	43.339
		42.15	46.15	-3.85	42.15	98.232
		36.15	53.05	-2.81	36.15	94.272
C	原稿	62	-44	-50		
	M-ER	40.64	-48.49	-38.37	24.732	
	ND-ER	48.84	-52.5	-30.21	25.240	
	ND-C	42.95	-35.97	-26.48	31.314	
	HP-C	46.96	-39.84	-28.4	26.647	
K	原稿	12	2	0		
	M-ER	13.89	0.2	3.26	4.176	
	ND-ER	36.68	-0.01	1.88	24.833	
	ND-C	14.41	-0.68	-1.77	4.015	
	HP-C	10.85	-0.31	4.93	5.564	

3. 轉印前(PET)與轉印後(ABS)色差比較

由表 4-1-9 得知在轉印前後四種實驗組合在各色版的四色滿版色差，從表中可得知各組合轉印前後間在 Y、M、C 色版之 ΔE^* 值介於 15~25 之間，在 K 版之 ΔE^* 值則介於 2~10 之間， ΔE^* 值顯示出在轉印前後各組合之間在 Y、M、C 色版上的色彩表現差異大，唯獨在 K 色版上色彩表現差異較小，尤其是 ND-C 組合在 K 色版上轉印前後 ΔE^* 小於 5，色彩差異最小。

表 4-1-9 轉印前(PET)與轉印後(ABS)四種組合各色版色差值

色版	組合		L	a	b	ΔE^*
Y	M-ER	轉印前	81.44	-5.49	85.83	21.252
		轉印後	67.53	-1.54	76.94	
	ND-ER	轉印前	82.04	-4.92	60.14	16.277
		轉印後	63.8	-2.59	54.96	
	ND-C	轉印前	82.06	-7	76.85	18.527

	HP-C	轉印後	67.51	-5.84	65.44	20.203	
		轉印前	84.68	-3.36	79.71		
M	M-ER	轉印後	66.33	-2.12	71.35	20.939	
		轉印前	43.25	63.69	-12.88		
	ND-ER	轉印後	32.47	54.6	-2.42	18.121	
		轉印前	53	47.17	-9.25		
	ND-C	轉印後	39.69	40.2	0.88	15.004	
		轉印前	50.76	55.08	-12.29		
	HP-C	轉印後	42.15	46.15	-3.85	20.364	
		轉印前	51.06	66.87	0.88		
	C	M-ER	轉印後	36.15	53.05	-2.81	16.8
			轉印前	57.44	-48.49	-38.37	
ND-ER		轉印後	40.64	-48.49	-38.37	21.969	
		轉印前	62.88	-35.97	-26.48		
ND-C		轉印後	48.84	-52.5	-30.21	25.199	
		轉印前	61.6	-52.5	-30.21		
HP-C		轉印後	42.95	-35.97	-26.48	22.391	
		轉印前	65.34	-52.5	-30.21		
K	M-ER	轉印後	46.96	-39.84	-28.4	5.846	
		轉印前	14.72	1.79	5.71		
	ND-ER	轉印後	13.89	0.2	3.26	7.767	
		轉印前	22.2	-1.37	-2.52		
	ND-C	轉印後	36.68	-0.01	1.88	2.873	
		轉印前	15.93	-2.88	-2.82		
	HP-C	轉印後	14.41	-0.68	-1.77	10.535	
		轉印前	21.34	-0.05	3.99		
		轉印後	10.85	-0.31	4.93		

五. 色域

(一) 滿版濃度色域

轉印前(PET)與轉印後(ABS)數位印刷濃度色域，由表 4-1-9~4-1-10 及圖 4-1-7~4-1-8 可知，四種組合在經過模內轉印至 ABS 材料上後，濃度色域都較轉印前來得大。其中 M-ER 組合在轉印前與轉印後色域的差異最小，其次是 HP-C 組合，而 ND-C 組合則是在轉印過後濃度色域變大最顯著。可明顯看出，轉印過後濃度色域都較轉印前大；可得知四種組合，在轉印過後濃度色域的表現較轉印前優異。

表 4-1-9 轉印前(PET)數位印刷滿版濃度色域表

	C	M	Y	R	G	B
M-ER	1.77	1.45	1.49	1.45	1.25	1.45
ND-ER	0.97	0.98	0.69	1.1	0.7	1.1
ND-C	1.2	1.16	0.97	1.25	0.9	1.35
HP-C	1.35	1.23	1.03	1.4	1.1	1.3

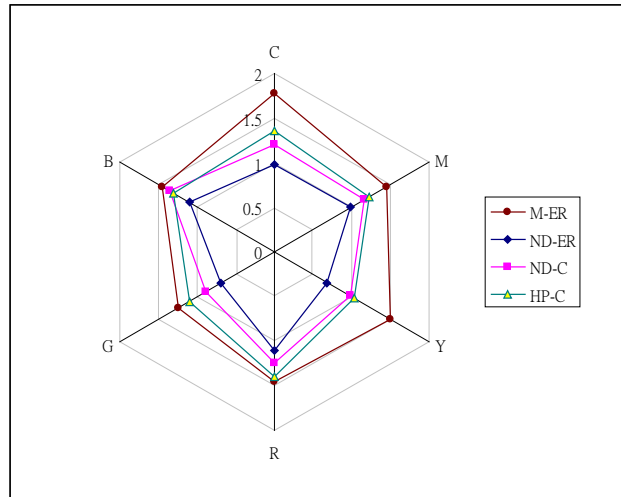


圖 4-1-7 四種組合轉印前(PET)滿版濃度色域圖

表 4-1-10 轉印後(ABS)數位印刷滿版濃度色域表

	C	M	Y	R	G	B
M-ER	2.0	1.82	1.19	1.8	1.55	1.6
ND-ER	1.08	1.25	0.97	1.25	0.9	1.35
ND-C	1.71	1.45	1.06	1.4	1.15	1.45
HP-C	1.49	1.58	1.18	1.5	1.35	1.6

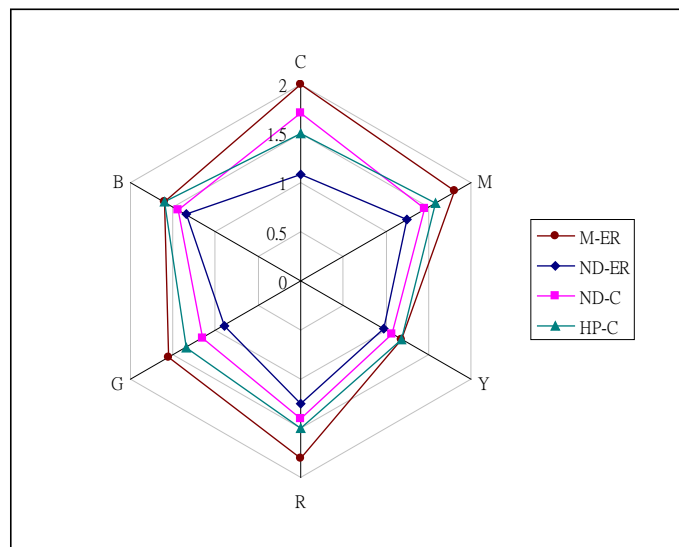


圖 4-1-8 四種組合轉印後(ABS)滿版濃度色域圖

(二) 色彩色域

以 ab 值為座標，探討轉印前後色彩差異，轉印前(PET)與轉印後(ABS)數位印刷色彩濃度色域，由表 4-1-11~4-1-12 及圖 4-1-9 可知，四種組合在經過模內轉

印至 ABS 材料上後，色彩色域都較轉印前來得小，可得知在轉印後四種組合的色彩色域皆縮小。

1.轉印前(PET)數位印刷色域

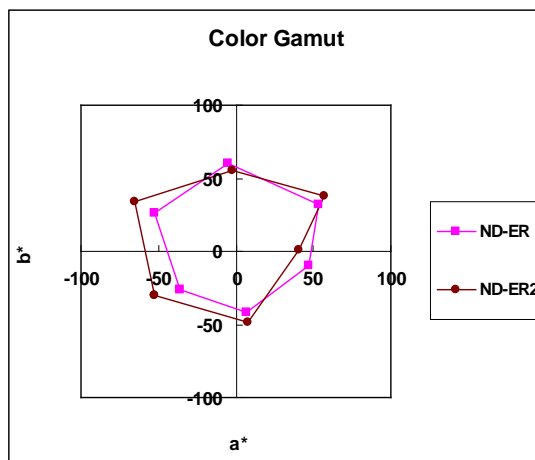
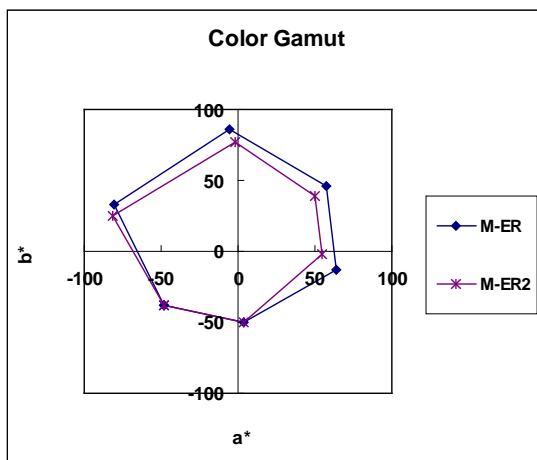
表 4-1-11 轉印前(PET)數位印刷色域表

Color	M-ER			ND-ER			ND-C			HP-C		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
C	57.44	-48.49	-38.37	62.88	-35.97	-26.48	61.6	-52.5	-30.21	65.34	-52.5	-30.21
B	26.88	3.6	-49.56	34.26	7.11	-41.63	28.98	8.21	-47.71	25.91	24.95	-55.11
M	43.25	63.69	-12.88	53	47.17	-9.25	50.76	55.08	-12.29	51.06	66.87	0.88
R	41.67	57.56	45.55	51.62	53.32	31.82	48.92	57.15	37.85	48.66	61.91	47.29
Y	81.44	-5.49	85.83	82.04	-4.92	60.14	82.06	-7	76.85	84.68	-3.36	79.71
G	51.5	-80.51	32.94	61.52	-52.95	26.43	59.14	-65.32	32.85	57.17	-65.49	36.17
C	57.44	-48.49	-38.37	62.88	-35.97	-26.48	61.6	-52.5	-30.21	65.34	-52.5	-30.21

2.轉印後(ABS)色域

表 4-1-12 轉印後(ABS)數位印刷色域表

Color	M-ER			ND-ER			ND-C			HP-C		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
C	40.64	-48.49	-38.37	48.84	-52.5	-30.21	42.95	-35.97	-26.48	46.96	-39.84	-28.4
B	16.89	3.42	-50.06	29.44	7.98	-48.52	21.73	7.67	-40.63	19.89	19.22	-47.71
M	32.47	54.6	-2.42	39.69	40.2	0.88	42.15	46.15	-3.85	36.15	53.05	-2.81
R	31.58	50.07	39.48	49.01	57.2	37.84	40.37	49.51	35.12	37.17	45.51	36.62
Y	67.53	-1.54	76.94	63.8	-2.59	54.96	67.51	-5.84	65.44	66.33	-2.12	71.35
G	36.65	-81.02	24.97	59.76	-65.49	33.67	45.94	-52.38	26.47	44.96	-65.32	31.07
C	40.64	-48.49	-38.37	48.84	-52.5	-30.21	42.95	-35.97	-26.48	46.96	-39.84	-28.4



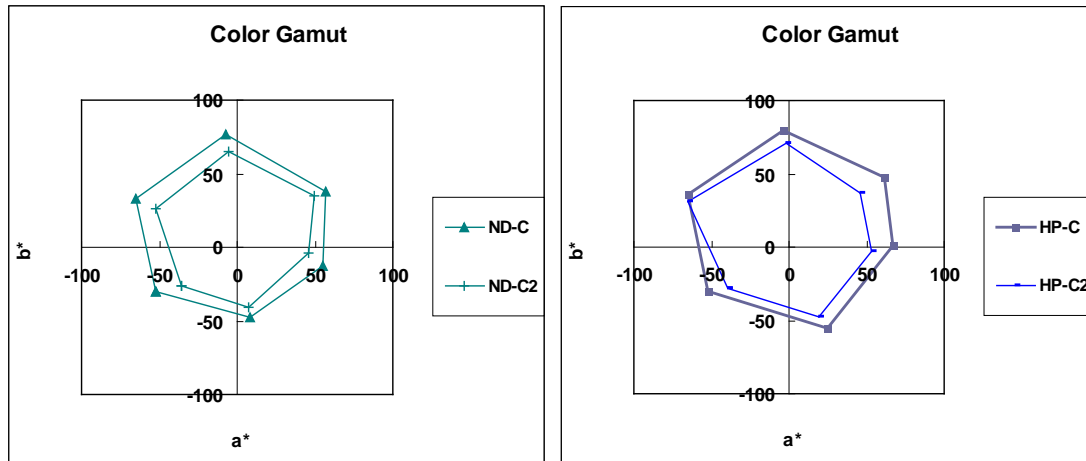


圖 23. 四種組合轉印前與轉印後對照色域圖

由上圖可知四種組合在經過模內轉印至 ABS 材料上之後，色域都較轉印前來得小。其中 M-ER 組合在轉印前與轉印後色域的差異最小，其次是 HP-C 組合，而 ND-C 組合則是在轉印過後色域變小最顯著。

由上圖顯示出四種實驗組合轉印前後的色域圖，可明顯看出，轉印過後色域都較轉印前小，可得知四種組合，在轉印過後色域的表現不如轉印前優異。

六. 疊印能力(Trapping)

表 4-1-13 顯示張頁平版印刷所列規格疊印率參考表；表 4-1-14 為本實驗轉印前數位印刷疊印能力描述性統計表；數位印刷電子油墨由於直接將印墨經由橡皮滾筒轉移至被印材料，因此疊印能力較一般印刷品質規格來得高；本實驗樣本之疊印能力結果亦然；另在噴墨部份較為偏低，但在轉印前後疊印能力尚都達 50% 以上，然在轉印後疊印能力會稍微下降。

表 4-1-13 印刷品質規格疊印能力標準

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%

表 4-1-14 轉印前(PET)與轉印後(ABS)疊印能力

		R	G	B
M-ER	轉印前	51%	64%	69%
	轉印後	55%	83%	46%
ND-ER	轉印前	74%	66%	76%
	轉印後	31%	40%	64%
ND-C	轉印前	62%	53%	89%
	轉印後	44%	52%	52%
HP-C	轉印前	94%	96%	74%
	轉印後	38%	72%	57%

七. 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 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閱豐富。

(一) 數位印刷對比值

由表 4-1-15 可看出，四種組合數位印刷所呈現的值，在 Y 版表現上皆較差，尤其是 M-ER 的組合。但在其他色版表現上，M-ER 組合的對比是最顯著的，甚至高於國際標準值，其次是 HP-C 組合；而 ND-ER 與 ND-C 組合僅在 K 版表現佳，在 C、M 色版對比較差。

表 4-1-15 轉印前(PET)數位印刷對比值(PC₈₀)

組合	K	C	M	Y
M-ER	48%	49%	45%	4%
ND-ER	44%	19%	24%	20%
ND-C	48%	22%	24%	23%
HP-C	36%	32%	32%	23%

(二) 轉印後對比值

在轉印之後，四種組合普遍對比降低，尤以 ND-ER 組合對比下降得最顯著，如表 4-1-16 所示，可推測 ND-ER 組合的印墨與 PET 薄膜的硬化塗層，在色彩上容易受到高溫而降低對比。

表 4-1-16 轉印後(ABS)對比值(PC₈₀)

組合	K	C	M	Y
M-ER	43%	44%	42%	4%
ND-ER	1%	15%	7%	10%
ND-C	39%	19%	20%	10%
HP-C	28%	21%	24%	15%

由表 4-1-17 可看出四種實驗組合的 YMCK 四色版，ND-ER、ND-C 與 HP-C 三種組合在轉印後印刷對比值都明顯下降，唯讀 M-ER 組合在轉印前後對比值變動在 5% 內，可得知 M-ER 組合在轉印前與轉印後皆呈現相當程度的對比；反之，ND-ER 與 ND-C 兩種組合在轉印前與轉印後印刷對比值下降最為顯著，尤其是 ND-ER 組合在 C 與 K 色版變動最大，對比值皆下降 15% 以上。

表 4-1-17 轉印前(PET)與轉印後(ABS)對比值對照

	K		C		M		Y	
	轉印前	轉印後	轉印前	轉印後	轉印前	轉印後	轉印前	轉印後
M-ER	48%	43%	49%	44%	45%	42%	4%	4%
ND-ER	44%	1%	19%	15%	24%	7%	20%	10%
ND-C	48%	39%	22%	19%	24%	20%	23%	10%
HP-C	36%	28%	32%	21%	32%	24%	23%	15%

第二節 紫外線(UV)噴墨無底色(白墨)模內轉印

本節主要利用捲對捲數位 UV 噴墨在 PET 薄膜上，而不噴底色白，其主要目的除可節省成本以外，在生產時效上亦差別甚大；換言之，噴墨過程中需利用一半的噴頭來進行白墨的輸出，否則要噴寫二次，則其生產工時將相對費時。同時對於 ABS 射出材的顏色，相對亦較容易產生偏色，由於射出材料直接接觸四色墨，因此油墨特性已採用軟墨，同時亦採耐溫油墨，來進行本研究。

依本研究規畫，採用不同的覆盖率、不同的解析度與不同的噴印次數，因而將本實驗之組合編號如表 4-2-1 所示。並將各種不同色彩特性分述如下：

表 4-2-1 數位 UV 噴墨無底色(白墨)之組合

A. C100%、P2、R1080	B. C100%、P2、R1440
C. C100%、P4、R1080	D. C100%、P4、R1440
E. C120%、P4、R0720	F. C120%、P4、R1440
G. C120%、P6、R0720	H. C120%、P6、R1440
I. C150%、P4、R0720	J. C150%、P4、R1440
K. C150%、P6、R0720	L. C150%、P6、R1440

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 經過不同塗布厚度處理，在不同變數與厚度的處理條件下，各色的最高濃度。

在各色版濃度表現上，如表 4-2-2 所示，原則上相同的印刷條件，當覆盖率與解析度愈高時，其滿版濃度愈高；而噴印次數滿版濃度上升較不顯著，主要是期望產品不要出現噴墨條痕為主。本研究以 J 組合(C150%、P4、R1440)及 L 組合(C150%、P6、R1440)的濃度明顯高於其他組合。因此以 J 及 L 組合印製 PET 膜時，能得到較高的滿版濃度；其數值相當接近，以生產效率而言，J 組合是較佳的，主要是其生產時間會增加三分之一的時間。

在模內射出轉印至 ABS 材料後，各種組合的滿版濃度均呈現些微降低，而轉印後濃度表現也是以 J 組合及 L 組合的濃度最高，因此轉印後會降低各色版之濃度值。

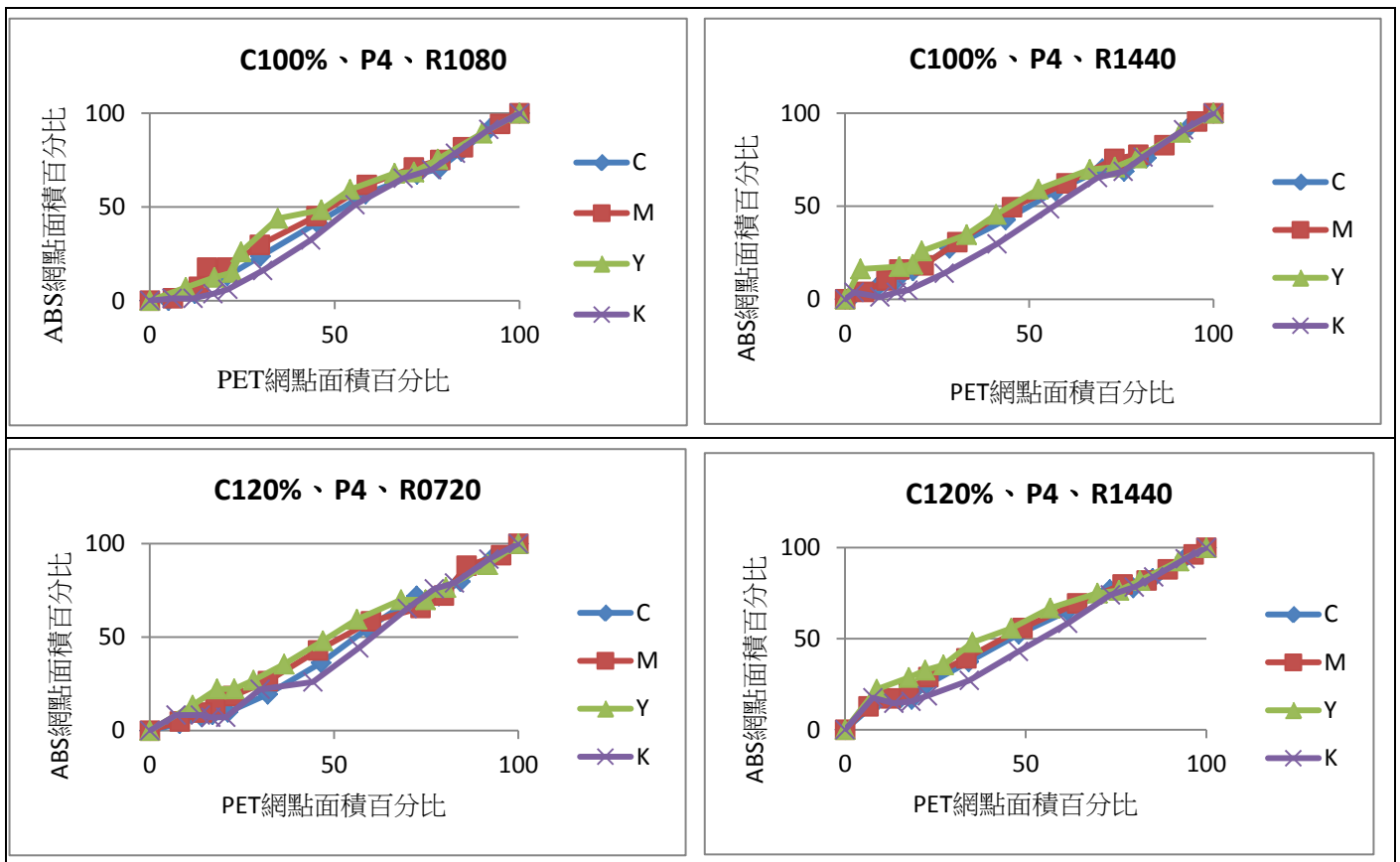
表 4-2-2 各色版轉印前後滿版濃度值

色別	C_100		M_100		Y_100		K_100	
	前	後	前	後	前	後	前	後
A. C100P2R1080	0.99	1.07	1.09	1.09	0.68	0.68	1.24	1.23
B. C100P2R1440	1.01	1.19	1.03	1.01	0.68	0.66	1.22	1.21
C. C100P4R1080	0.97	1.03	0.99	0.99	0.69	0.68	1.15	1.15

D.	C100P4R1440	1.06	1.07	0.91	0.89	0.72	0.69	1.15	1.14
E.	C120P4R0720	1.06	1.06	1.05	1.05	0.74	0.70	1.21	1.15
F.	C120P4R1440	1.27	1.30	1.08	1.12	0.81	0.81	1.36	1.36
G.	C120P6R0720	1.11	1.13	1.03	1.02	0.72	0.70	1.25	1.22
H.	C120P6R1440	1.27	1.28	1.08	1.08	0.79	0.83	1.37	1.35
I.	C150P4R0720	1.43	1.43	1.32	1.27	0.84	0.81	1.57	1.52
J.	C150P4R1440	1.60	1.60	1.37	1.31	0.91	0.85	1.69	1.60
K.	C150P6R0720	1.37	1.40	1.26	1.20	0.82	0.76	1.50	1.49
L.	C150P6R1440	1.60	1.59	1.34	1.31	0.89	0.89	1.69	1.62

二. 階調值(網點面積)

各種組合經由 PET 轉印製 ABS 之相對網點面積，版調曲線關係，如圖 4-2-1 所示。由此可看出，各組不同噴墨條件轉印前後，在各色調間均有些微差異變化；尤其在亮部與中間調間，其中黑色墨其變化最大，並呈現下凹曲線。



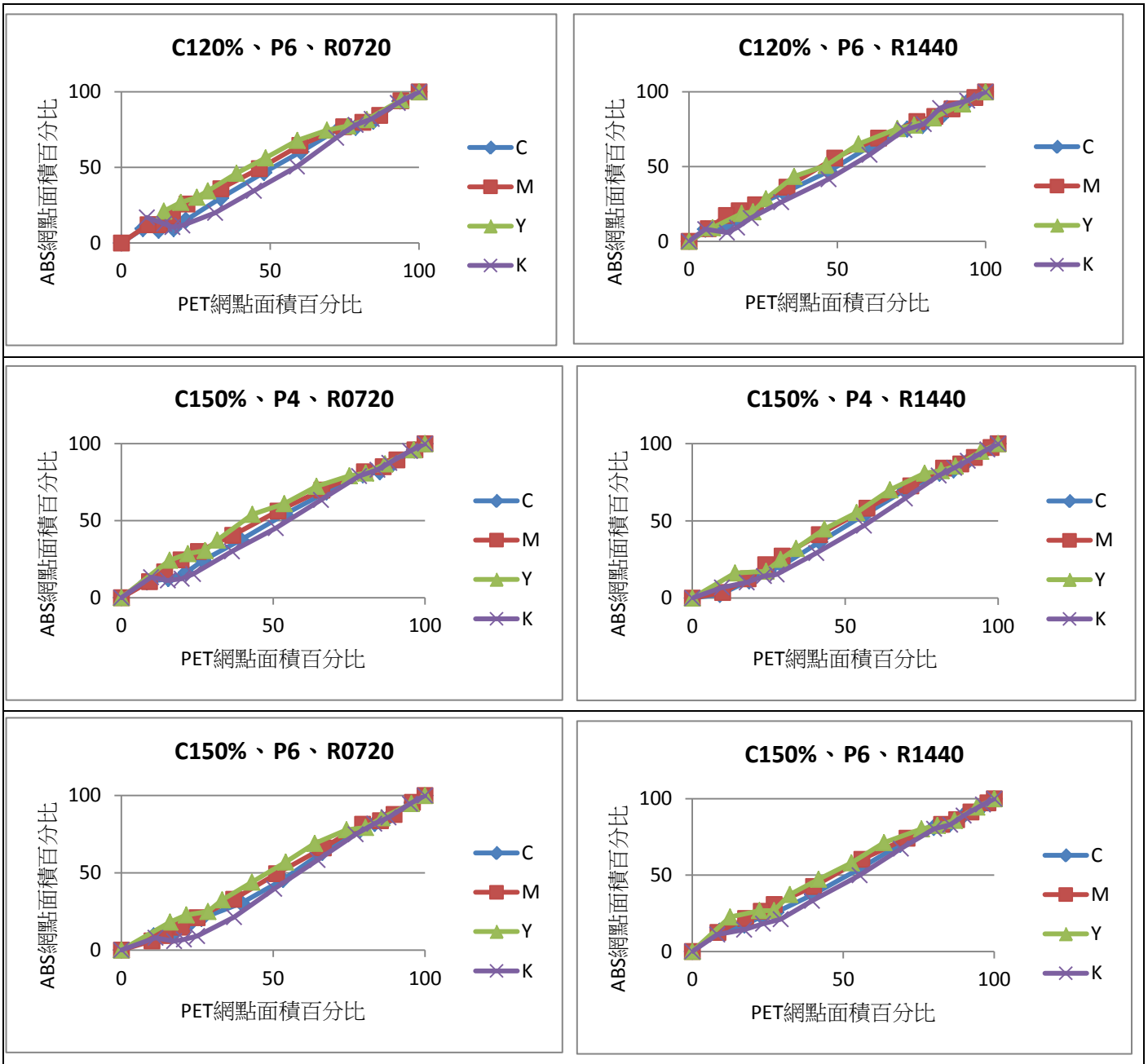


圖 4-2-1 各種組合轉印前(PET)到轉印後(ABS)網點面積關係圖

三. 階調擴增(TVI)

圖 4-2-2 為轉印前(PET)與轉印後(ABS)之階調擴增比較圖。由圖中可明顯看出轉印前後 20~40% 間階調擴增值為負值，50~70% 間階調擴增值為正值，此可顯示噴墨印刷的特性，主要乃因 PET 為透明材質，在儀器量測上亮部調較不易完整測得所導致；而轉印後各色版階調擴增值均明顯高於轉印前，主要乃由於在塑料射出過程中，會使所印刷的網點產生托動所致。其中 C150%、P6、R1440 組合階調擴增情形在轉印前後均比其他組合穩定；各色版間若其墨色較重，則在射出時不易產生網點變異。

color	C
轉印前 PET 階調擴增百分比	<p style="text-align: center;">C</p> <ul style="list-style-type: none"> — C100%、P4、R1080 — C100%、P4、R1440 — C120%、P4、R0720 — C120%、P4、R1440 — C120%、P6、R0720 — C120%、P6、R1440 — C150%、P4、R0720 — C150%、P4、R1440 — C150%、P6、R0720 — C150%、P6、R1440
轉印後 ABS 階調擴增百分比	<p style="text-align: center;">C''</p> <ul style="list-style-type: none"> — C100%、P4、R1080 — C100%、P4、R1440 — C120%、P4、R0720 — C120%、P4、R1440 — C120%、P6、R0720 — C120%、P6、R1440 — C150%、P4、R0720 — C150%、P4、R1440 — C150%、P6、R0720 — C150%、P6、R1440
color	M

<p>轉印前 PET 階調擴增百分比</p>	<p style="text-align: center;">M</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ C100%、P4、R1080 ■ C100%、P4、R1440 ▲ C120%、P4、R0720 ✕ C120%、P4、R1440 ✱ C120%、P6、R0720 ● C120%、P6、R1440 ⊕ C150%、P4、R0720 ⊖ C150%、P4、R1440 ⊗ C150%、P6、R0720 ◇ C150%、P6、R1440
<p>轉印後 ABS 階調擴增百分比</p>	<p style="text-align: center;">M''</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ C100%、P4、R1080 ■ C100%、P4、R1440 ▲ C120%、P4、R0720 ✕ C120%、P4、R1440 ✱ C120%、P6、R0720 ● C120%、P6、R1440 ⊕ C150%、P4、R0720 ⊖ C150%、P4、R1440 ⊗ C150%、P6、R0720 ◇ C150%、P6、R1440
<p>color</p>	<p style="text-align: center;">Y</p>
<p>轉印前 PET 階調擴增百分比</p>	<p style="text-align: center;">Y</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ C100%、P4、R1080 ■ C100%、P4、R1440 ▲ C120%、P4、R0720 ✕ C120%、P4、R1440 ✱ C120%、P6、R0720 ● C120%、P6、R1440 ⊕ C150%、P4、R0720 ⊖ C150%、P4、R1440 ⊗ C150%、P6、R0720 ◇ C150%、P6、R1440

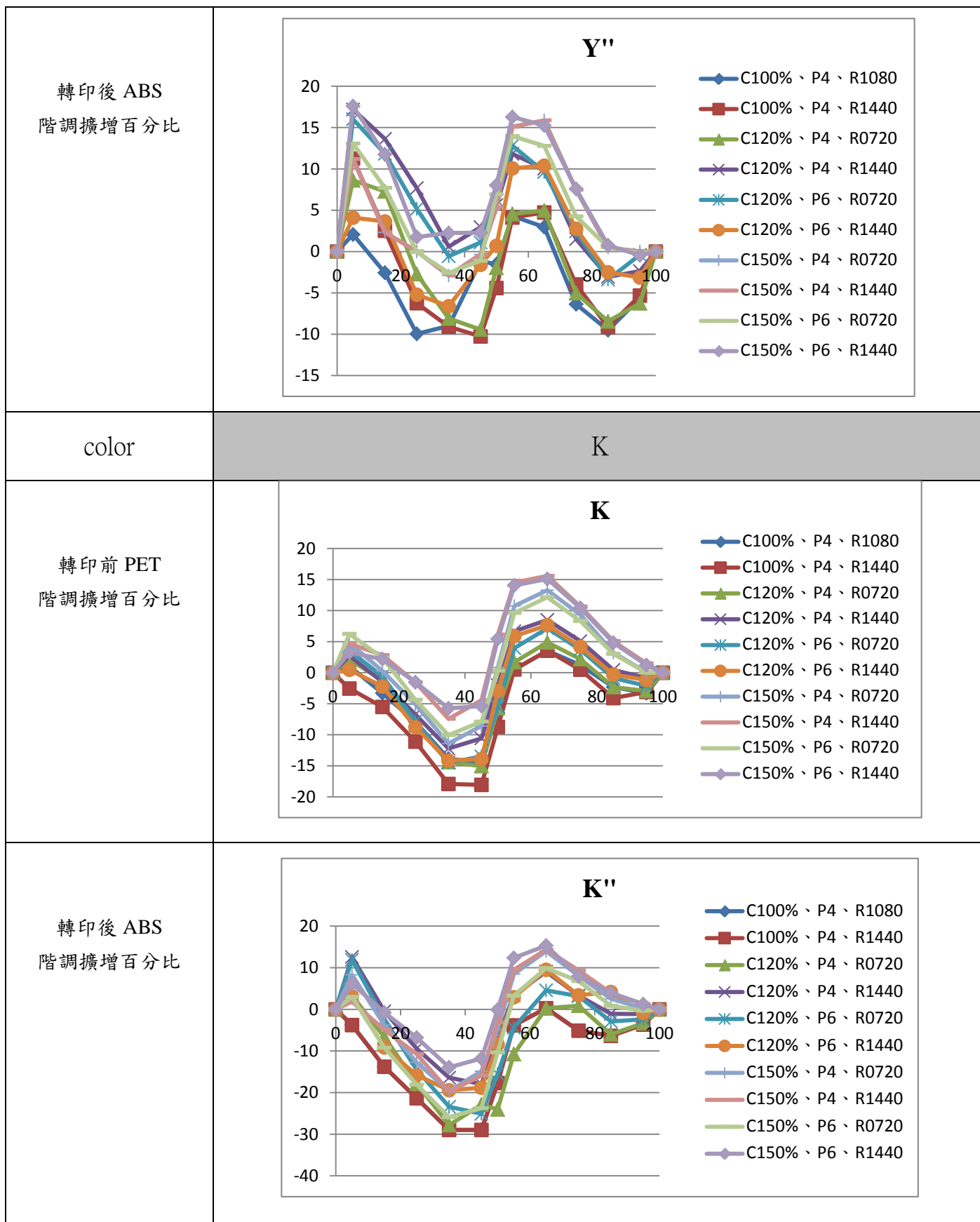


圖 4-2-2 轉印前(PET)與轉印後(ABS)階調擴增比較圖

四. 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 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。

由表 4-2-3 與圖 4-2-3 可顯示出，各種組合噴墨印刷所呈現的數值，在 Y 版表現上皆較低。而各組合在 C、K 版表現較佳，在 M、Y 色版對比較低；在轉印之後，各種組合普遍對比會升高。

表 4-2-3 轉印前(PET)與轉印後(ABS)對比(PC)值對照

color	C_75		M_75		Y_75		K_75	
	前	後	前	後	前	後	前	後
A. C100P4R1080	46.39	57.07	46.46	50.76	47.10	50.00	53.48	60.43
B. C100P4R1440	51.66	59.81	42.86	44.94	45.83	47.45	54.35	61.40
C. C120P4R0720	48.43	56.13	46.35	55.50	44.34	48.92	53.85	53.91
D. C120P4R1440	51.84	55.00	41.85	44.84	45.04	44.10	53.56	55.88
E. C120P6R0720	49.40	52.65	43.83	45.32	42.40	40.00	52.93	52.67
F. C120P6R1440	53.16	55.08	42.77	41.40	44.54	43.03	55.10	55.56
G. C150P4R0720	48.02	53.15	43.43	44.09	39.68	38.27	52.54	53.14
H. C150P4R1440	51.36	55.00	41.71	41.98	40.29	37.06	53.15	52.98
I. C150P6R0720	49.27	51.97	43.39	44.58	39.18	39.07	52.34	54.21
J. C150P6R1440	51.67	53.94	41.69	42.91	40.07	37.85	53.36	55.42

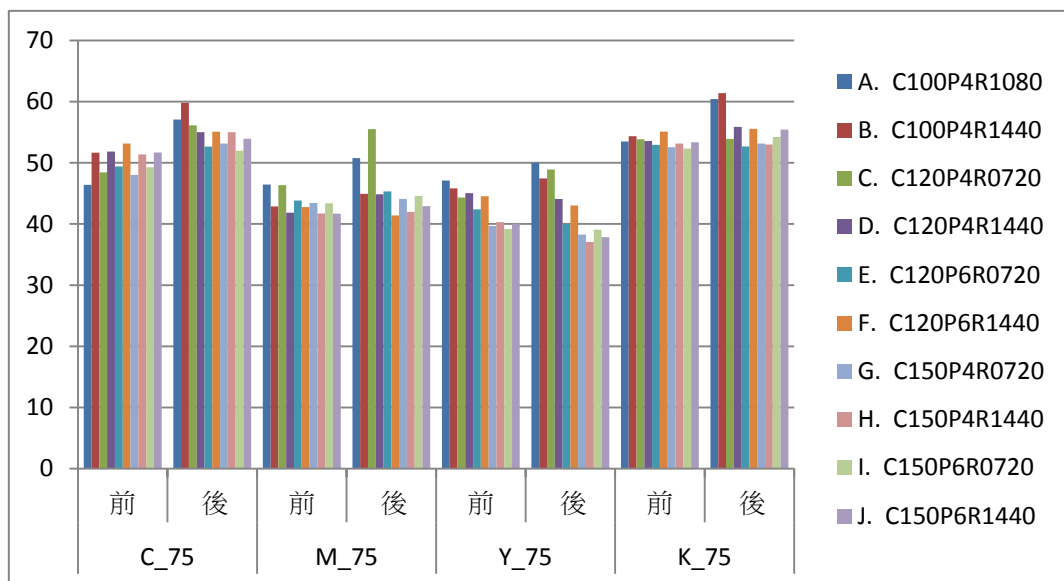
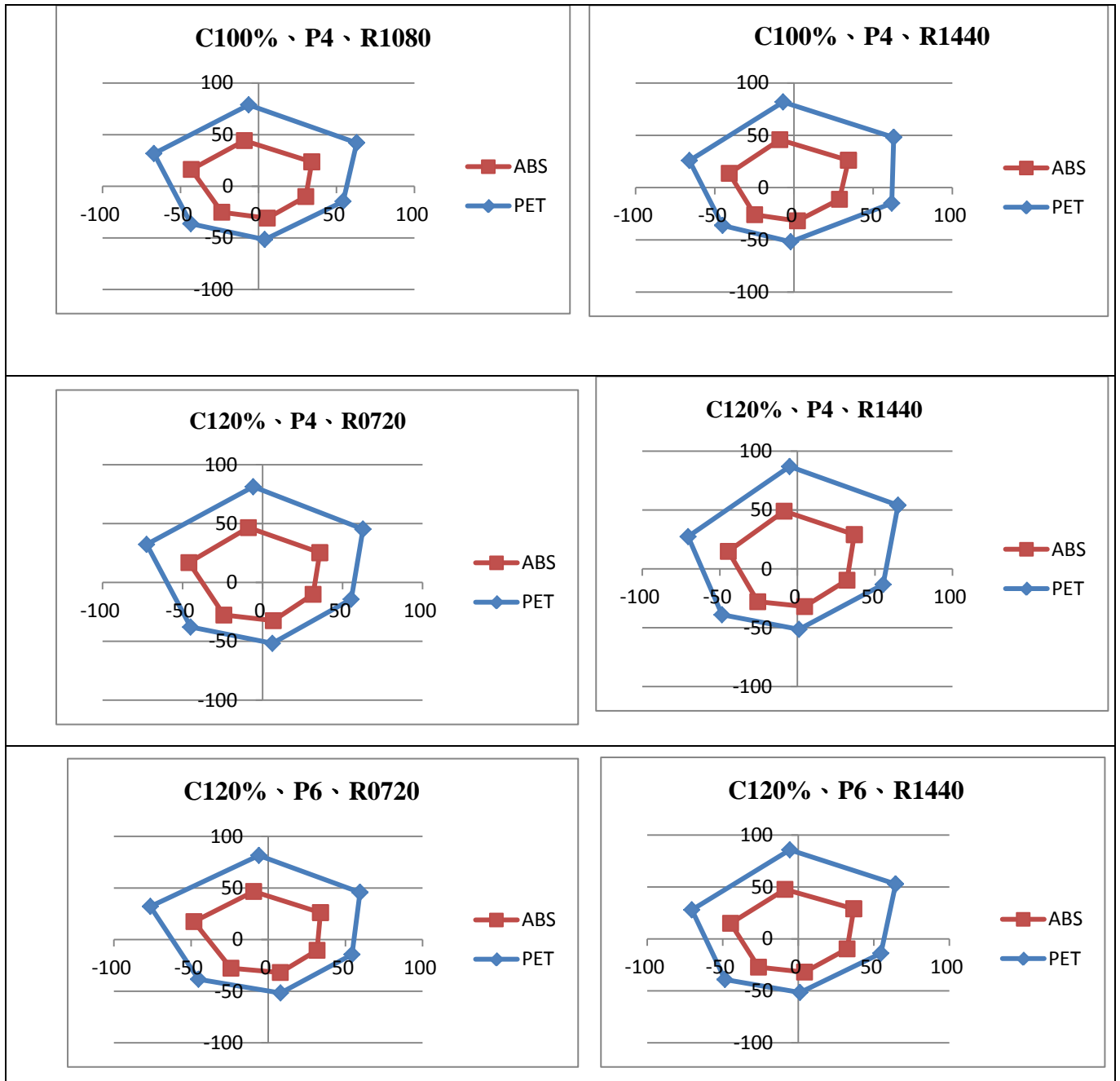


圖 4-2-3 轉印前(PET)與轉印後(ABS)對比(PC)值

五. 色彩色域分析

以 ab 值為座標，轉印前(PET)與轉印後(ABS)噴墨印刷色彩色域，如圖 4-2-4 所示，各種組合在經過模內轉印至 ABS 材料上後，色彩色域都較轉印前來的小，可得知在轉印後各種組合的色彩色域皆縮小；油墨經加溫後，即使是耐溫油墨，但在經高達約攝氏二百度高溫射出後，仍顯示油墨色彩會褪色。



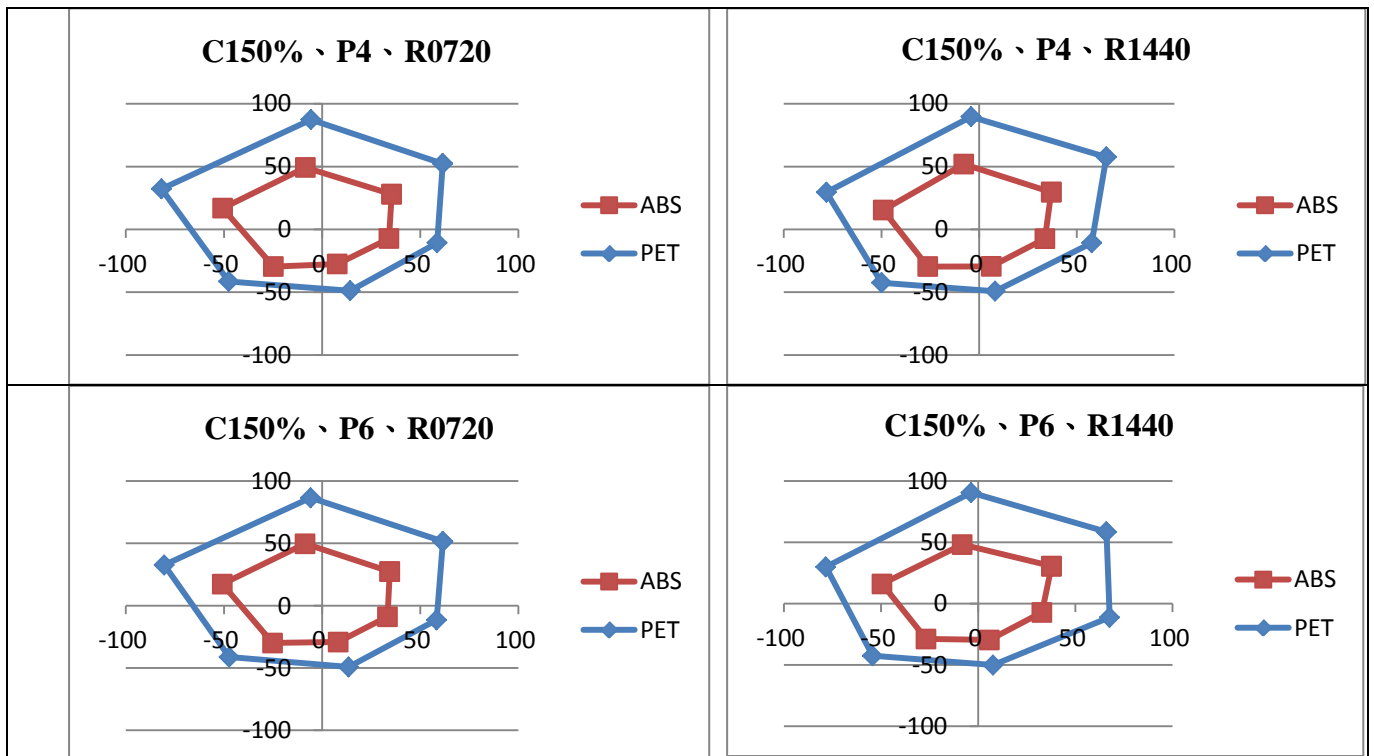


圖 4-2-4 各種不同組合轉印前與轉印後對照色域圖

六. 色差

由表 4-2-4 得知，在轉印前後各種實驗組合在各色版的四色滿版色差，各不同組合轉印前後在 C、M、Y 色版之 ΔE 值介於 35~55 之間，而在 K 版之 ΔE 值則介於 10~20 之間， ΔE 值顯示出在轉印前後各組合之間在 C、M、Y 色版上的色彩表現差異大，唯獨在 K 色版上色彩表現差異較小。此顯示油墨經高溫與高壓轉印狀態下，會使油墨顯色出現變化，其中 K 版黑墨變化最小乃意料中事。

表 4-2-4 轉印前(PET)與轉印後(ABS)各種組合各色版色差值

色版	組別	ΔE
C	C100%、P4、R1080	42.566
	C100%、P4、R1440	40.563
	C120%、P4、R0720	40.298
	C120%、P4、R1440	41.412
	C120%、P6、R0720	40.540
	C120%、P6、R1440	40.858
	C150%、P4、R0720	40.201
	C150%、P4、R1440	40.487
	C150%、P6、R0720	39.885
	C150%、P6、R1440	43.479

M	C100%、P4、R1080	38.286
	C100%、P4、R1440	43.798
	C120%、P4、R0720	36.957
	C120%、P4、R1440	36.031
	C120%、P6、R0720	35.454
	C120%、P6、R1440	34.938
	C150%、P4、R0720	35.051
	C150%、P4、R1440	34.155
	C150%、P6、R0720	35.802
	C150%、P6、R1440	43.332
	Y	C100%、P4、R1080	55.493
C100%、P4、R1440		55.123
C120%、P4、R0720		53.192
C120%、P4、R1440		55.929
C120%、P6、R0720		53.137
C120%、P6、R1440		56.599
C150%、P4、R0720		55.512
C150%、P4、R1440		54.393
C150%、P6、R0720		54.139
C150%、P6、R1440		60.413
K		C100%、P4、R1080	19.451
	C100%、P4、R1440	18.425
	C120%、P4、R0720	17.585
	C120%、P4、R1440	15.267
	C120%、P6、R0720	16.089
	C120%、P6、R1440	15.028
	C150%、P4、R0720	13.010
	C150%、P4、R1440	10.737
	C150%、P6、R0720	13.740
	C150%、P6、R1440	10.458

第三節 紫外線(UV)噴墨有底色(白墨)模內轉印

本節主要利用捲對捲(Roller to Roller)數位 UV 噴墨在 PET 薄膜上，並噴底色白，其主要目的為防止 ABS 射出材料色偏，以及 ABS 費用可節省成本以外，在生產時可因底色白隔離墨層，在射出材料時對四色墨所產生的色彩變異。但在噴墨過程中需利用一半的噴頭來進行白墨的輸出，否則要噴寫二次，其生產工時將相對費時。同時對於 ABS 射出材的顏色，相對亦不容易產生偏色，由於射出材料沒有直接接觸四色墨，因此油墨特性相對可較為穩定。

依本研究規畫，採用不同的覆蓋率、不同的解析度與不同的噴印次數，因而將本實驗之組合編號如表 4-3-1 所示。並將各種不同色彩特性分述如下：

表 4-3-1 數位 UV 噴墨有底色(白墨)之組合

M. C100%、P2、R1080	N. C100%、P2、R1440
O. C100%、P4、R1080	P. C100%、P4、R1440
Q. C120%、P4、R0720	R. C120%、P4、R1440
S. C120%、P6、R0720	T. C120%、P6、R1440
U. C150%、P4、R0720	V. C150%、P4、R1440
W. C150%、P6、R0720	X. C150%、P6、R1440

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 經過不同塗布厚度處理，在不同變數與厚度的處理條件下，各色的最高濃度。

在各色版濃度表現上，如表 4-3-2、圖 4-3-1、圖 4-3-2 所示，原則上相同的印刷條件，當覆蓋率與解析度愈高時，其滿版濃度愈高；在模內射出轉印至 ABS 材料後，各種組合的滿版濃度均呈現些微升高，而轉印後濃度表現也是以 U 組合及 W 組合的濃度最高，因此轉印後會提升各色版之濃度值，如圖 4-3-1 所示。

表 4-3-2 各色版轉印前後滿版濃度值

色別	C_100		M_100		Y_100		K_100	
	前	後	前	後	前	後	前	後
M. C100P2R1080	2.24	2.88	1.85	2.25	0.93	0.92	2.08	2.76
N. C100P2R1440	1.38	2.71	1.24	1.30	0.88	0.86	1.44	1.61
O. C100P4R1080	1.45	2.3	1.22	1.25	0.87	0.84	1.42	1.52
P. C100P4R1440	1.35	2.07	1.24	1.27	0.85	0.84	1.45	1.58
Q. C120P4R0720	1.77	1.86	1.51	1.53	0.86	0.82	1.69	1.77
R. C120P4R1440	1.55	1.61	1.42	1.41	0.92	0.89	1.64	1.74
S. C120P6R0720	1.73	1.79	1.49	1.51	0.85	0.81	1.70	1.79
T. C120P6R1440	1.55	1.57	1.40	1.41	0.92	0.89	1.66	1.82
U. C150P4R0720	1.99	2.22	1.73	1.85	0.93	0.90	1.94	2.15
V. C150P4R1440	1.81	1.92	1.60	1.69	1.00	0.99	1.83	2.13
W. C150P6R0720	2.00	2.23	1.72	1.86	0.93	0.89	1.94	2.17
X. C150P6R1440	1.80	1.96	1.60	1.72	0.99	0.99	1.85	2.16

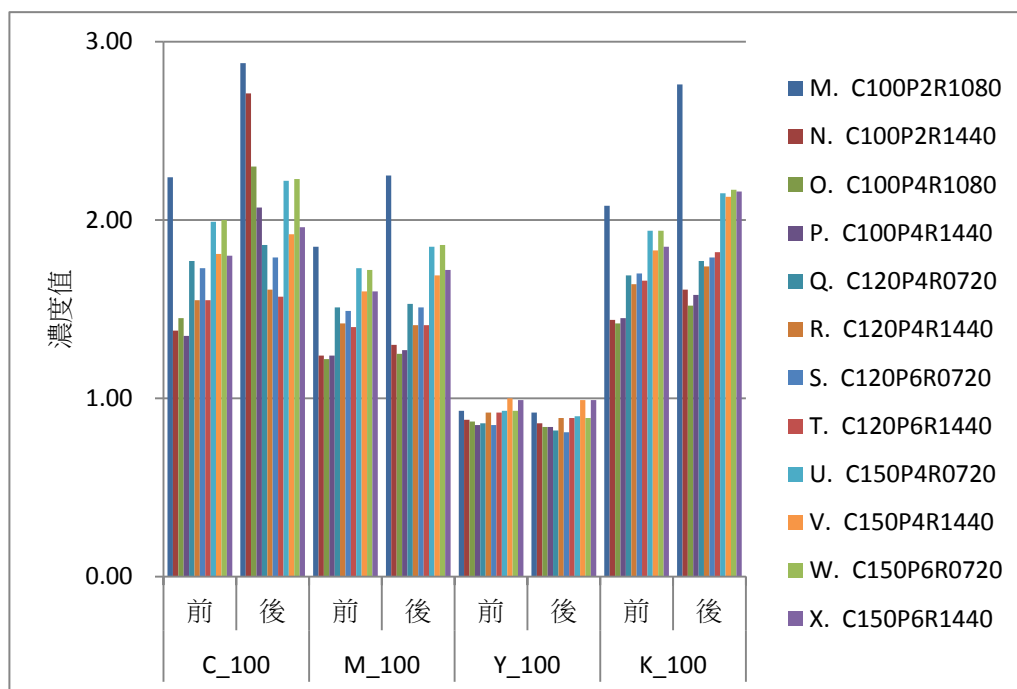
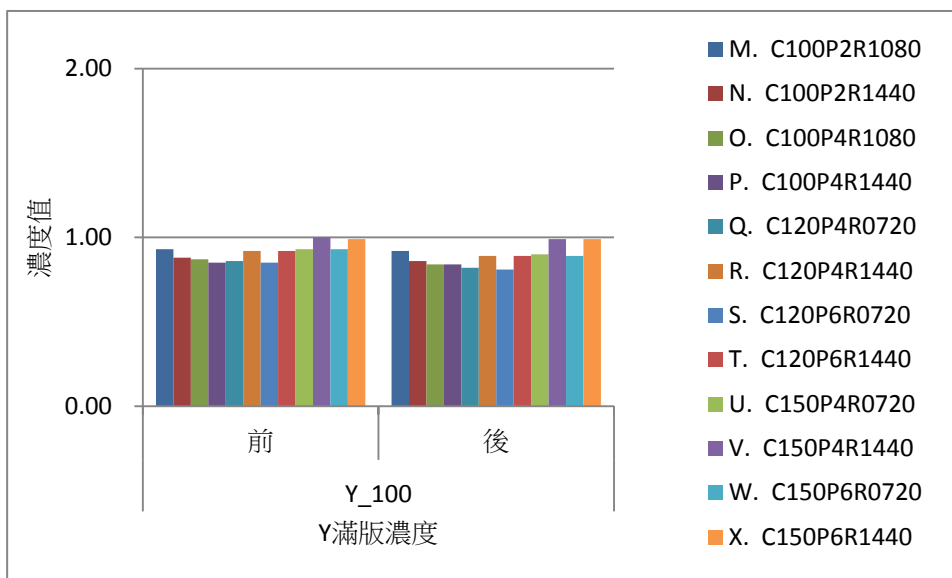
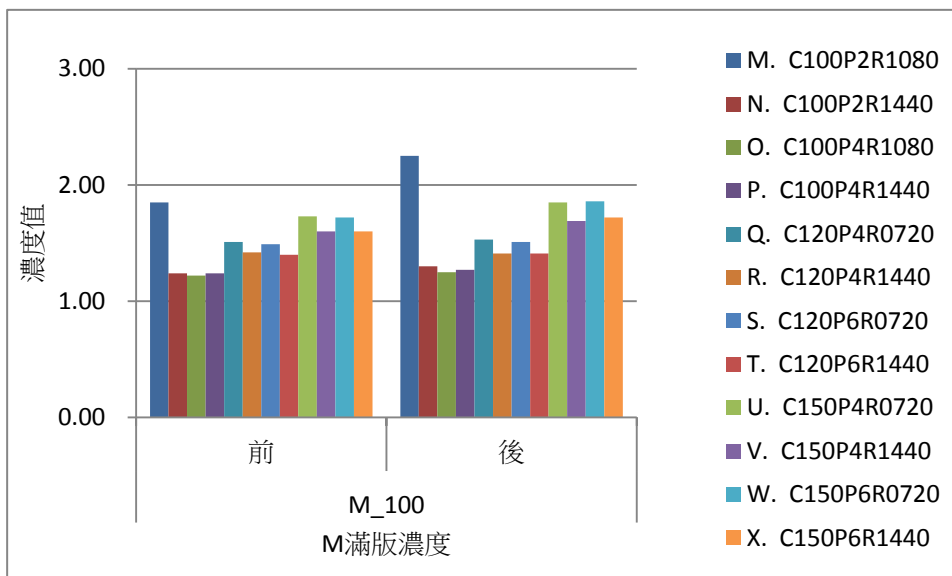
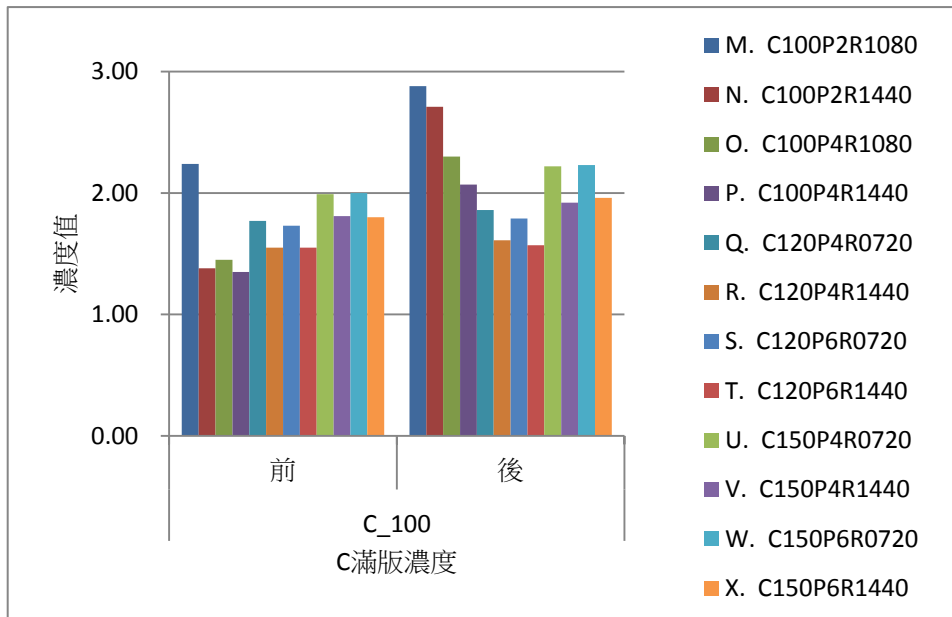


圖 4-3-1 各色版轉印前後滿版濃度差異彙集表



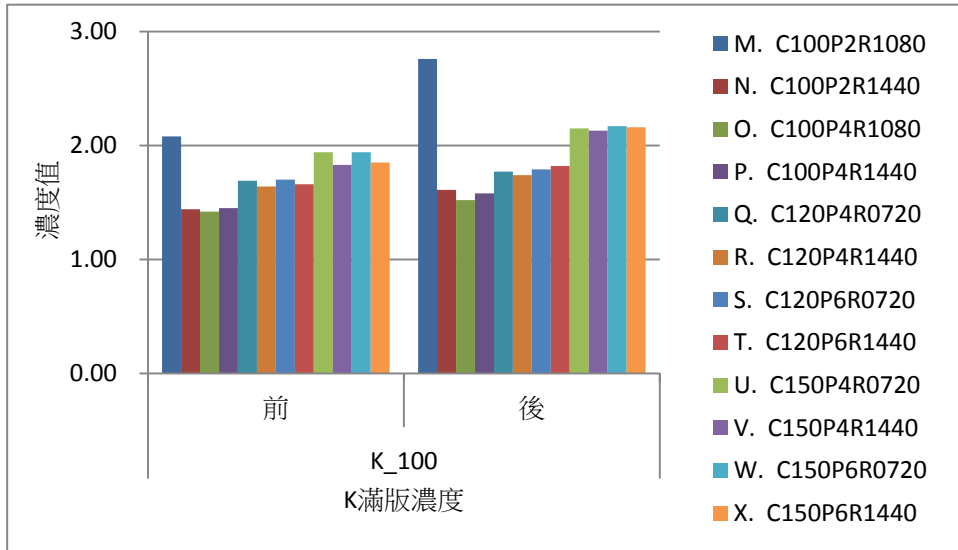
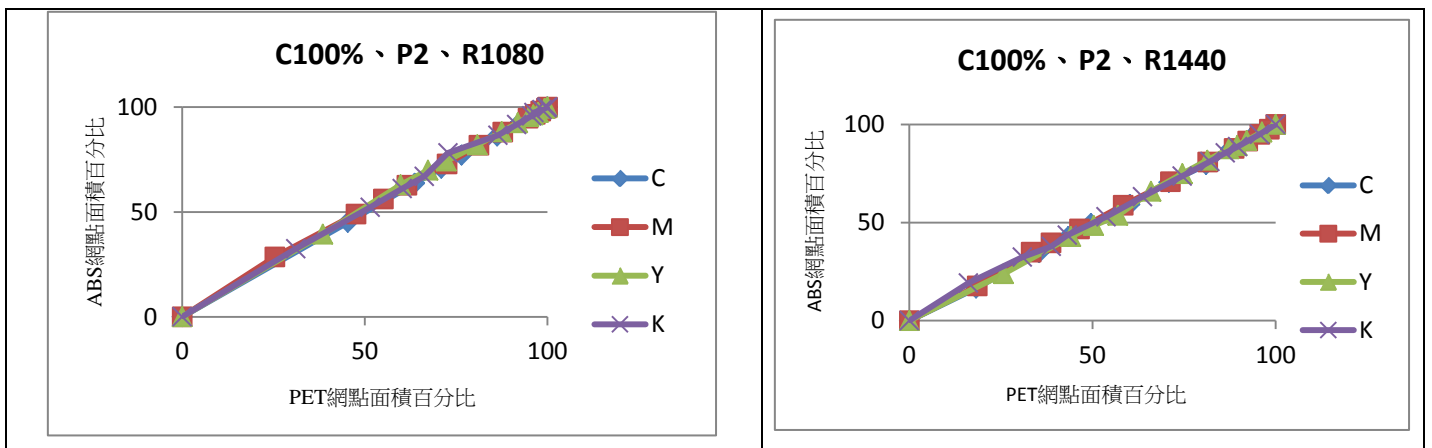
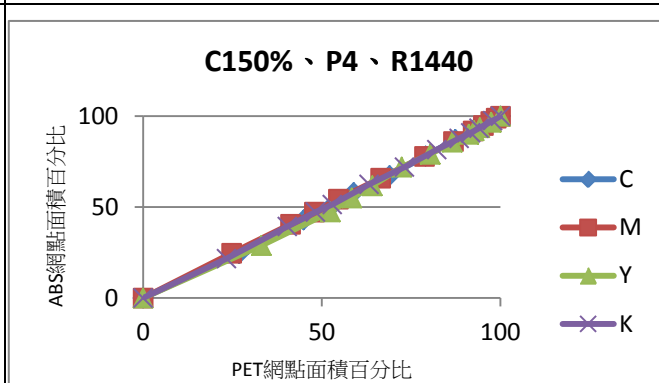
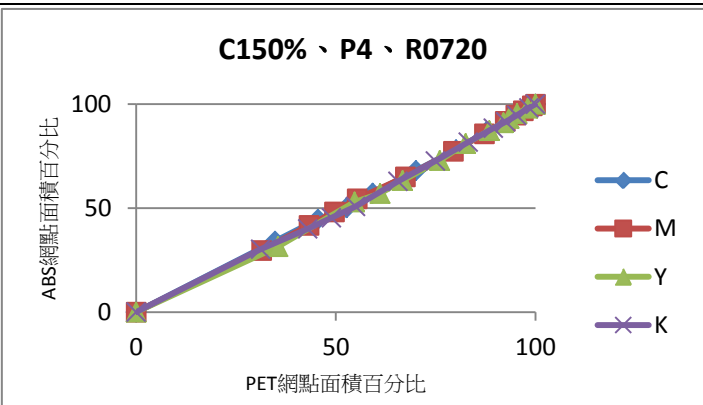
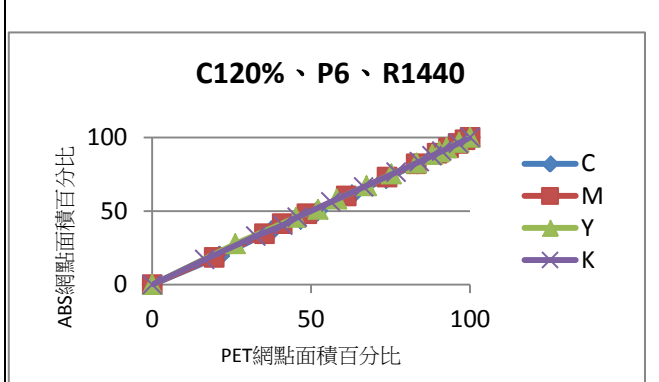
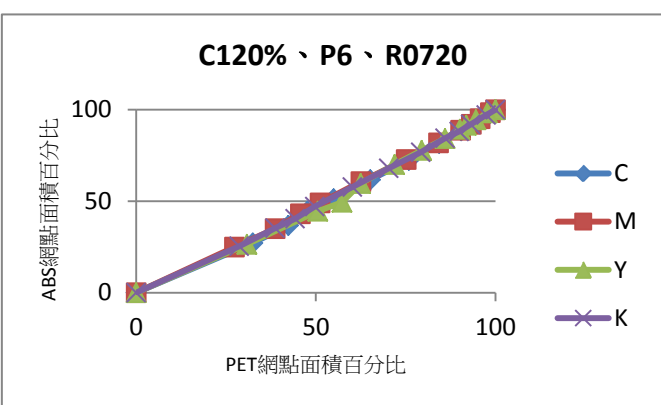
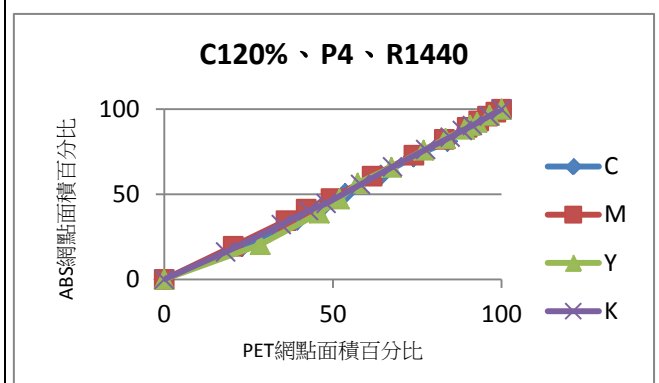
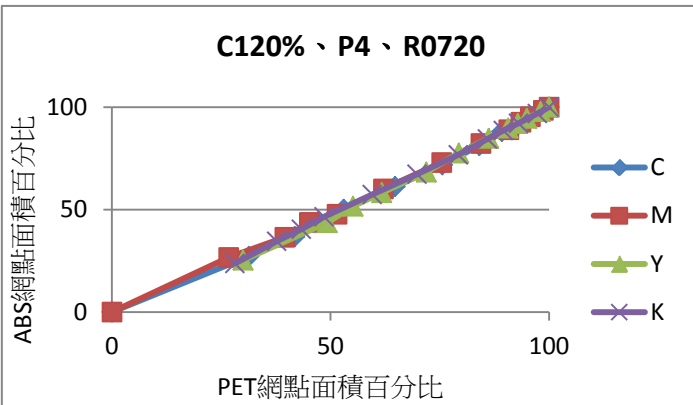
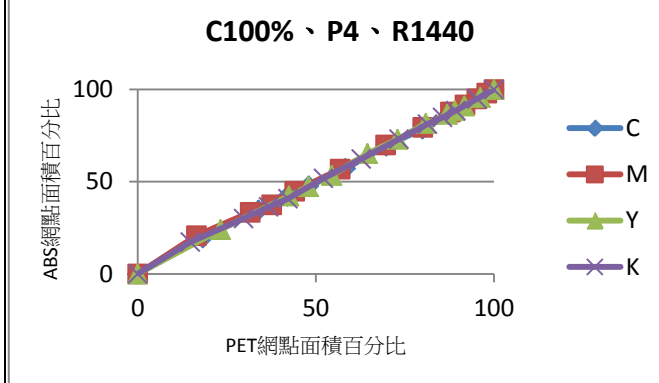
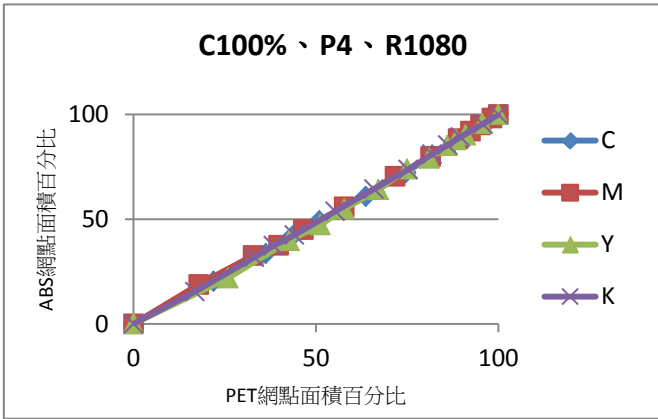


圖 4-3-2 各色版轉印前後滿版濃度差異

二. 網點面積(階調值)

各種組合經由 PET 轉印製 ABS 之相對網點面積，版調曲線關係，如圖 4-3-3 所示。由此可看出，各組不同噴墨條件轉印前後，在各色調間由於經白墨的隔離，各色版間差異並不大。因此若要有良好的色調複製，加印底色其效果不但較鮮艷，且在轉移後，其曲線亦較不為有所變化。





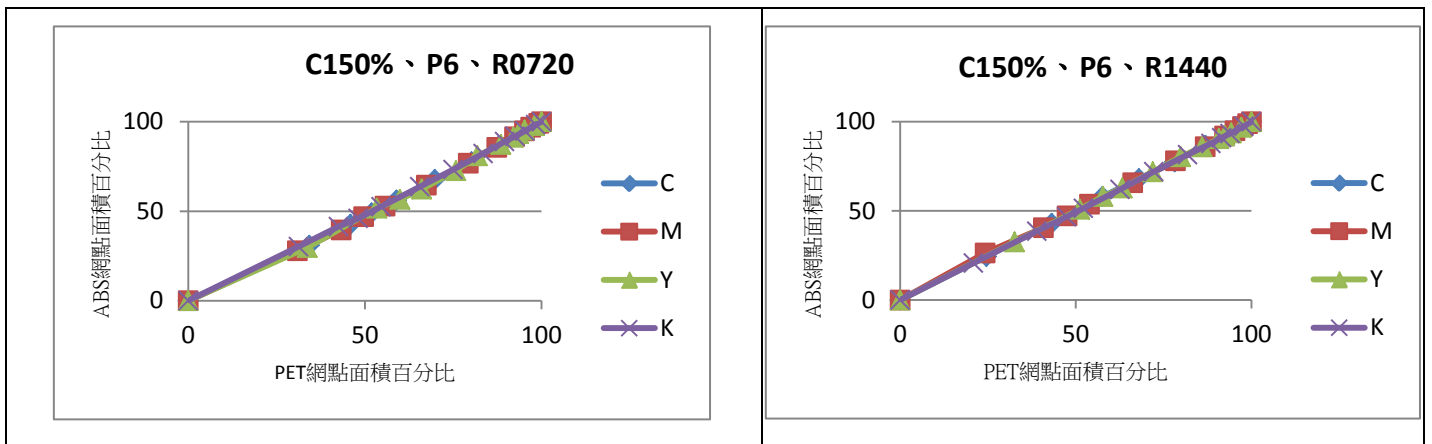
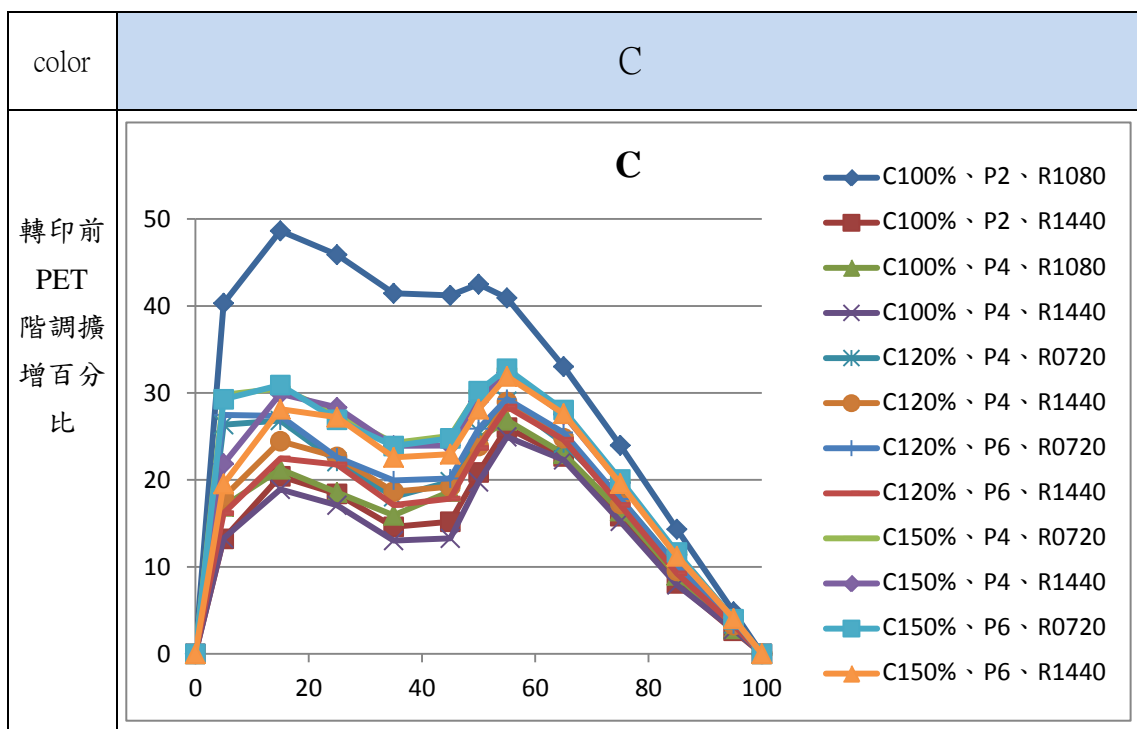


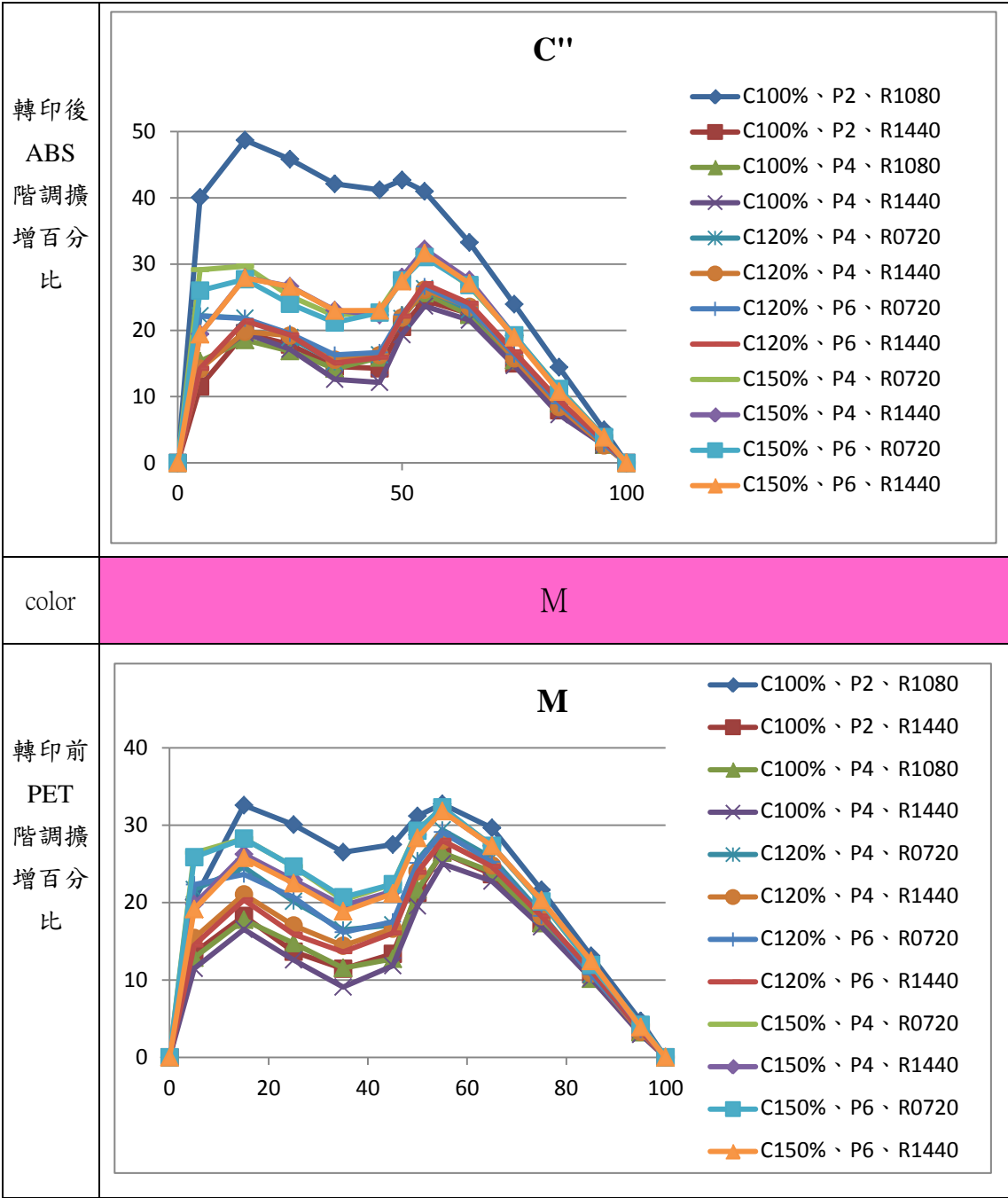
圖 4-3-3 各種組合轉印前(PET)到轉印後(ABS)網點面積關係圖(有底色)

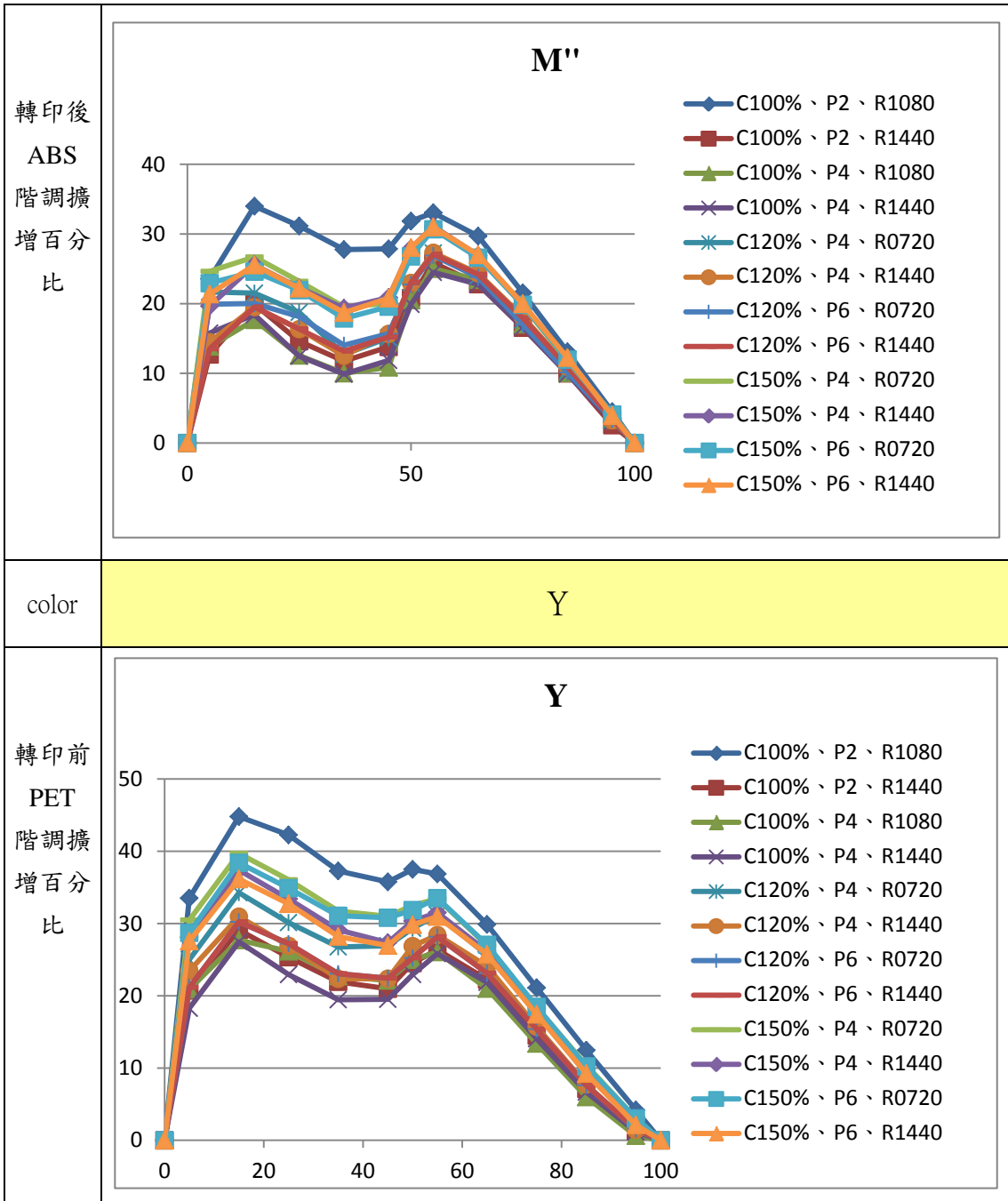
三. 階調擴增(TVI)

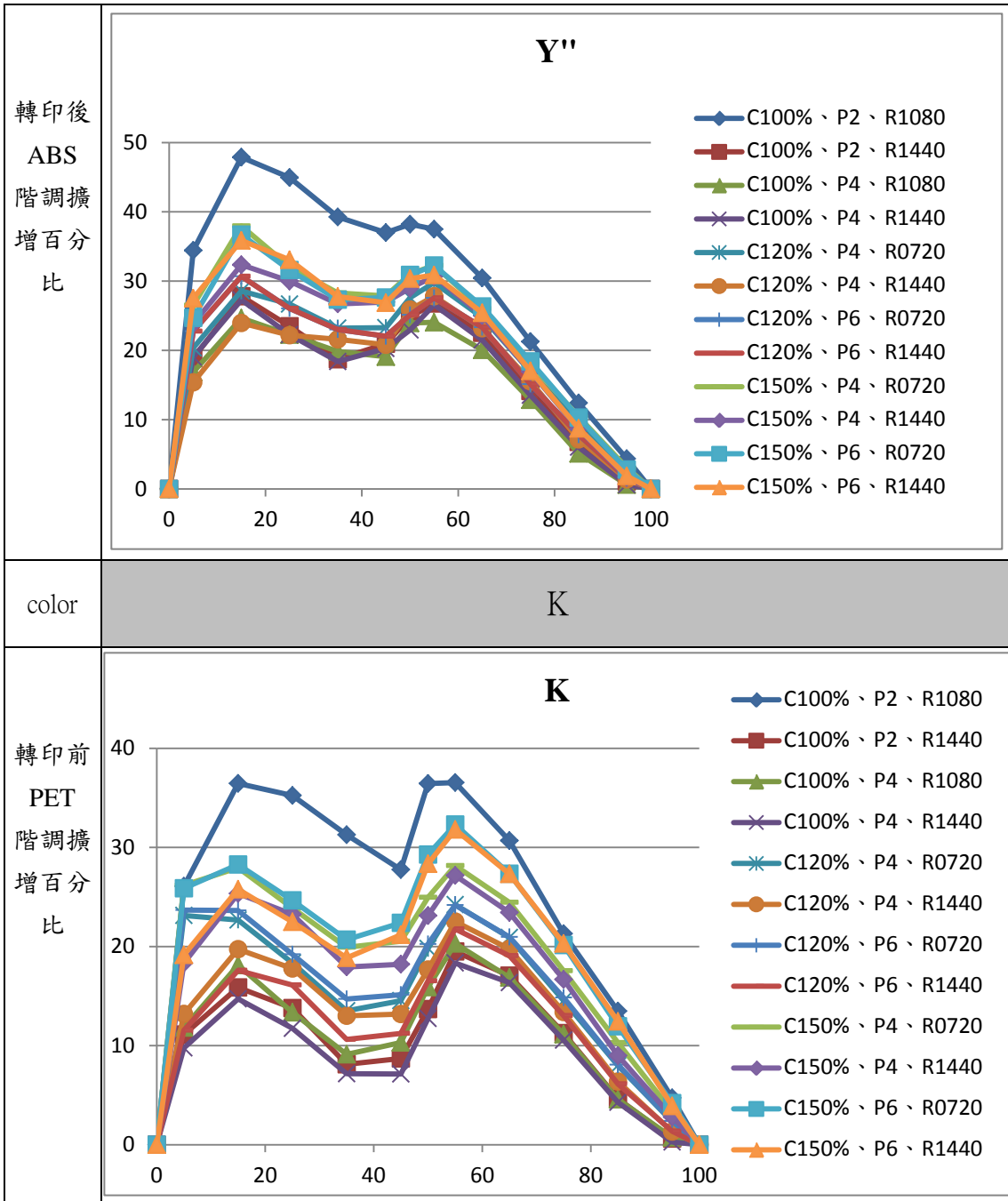
圖 4-3-4 為轉印前(PET)與轉印後(ABS)之階調擴增比較圖。轉印前為 PET 之階調擴增曲線，由此可了解噴墨印刷與原稿間的變化；而轉印後為 ABS 之階調擴增曲線，此顯示原稿與轉印後 ABS 成品之階調擴增變化。四色版均顯示在 30-40% 色調會下降，而成一”M”型。由圖中可明顯看出轉印前後，此可顯示噴墨印刷的特性，主要乃因噴墨印刷為非接觸式印刷；而轉印後各色版階調擴增值均些微低於轉印前。

由圖 4-3-5 可了解各色版轉印前(PET)到轉印後(ABS)其 TVI 的變化關係；由於覆蓋率影響階調擴增最為明顯，因此以不同的覆蓋率來加以分析，由圖可顯示出，各色版在有底色狀況下，其轉印前之階調擴增會高於轉印後。









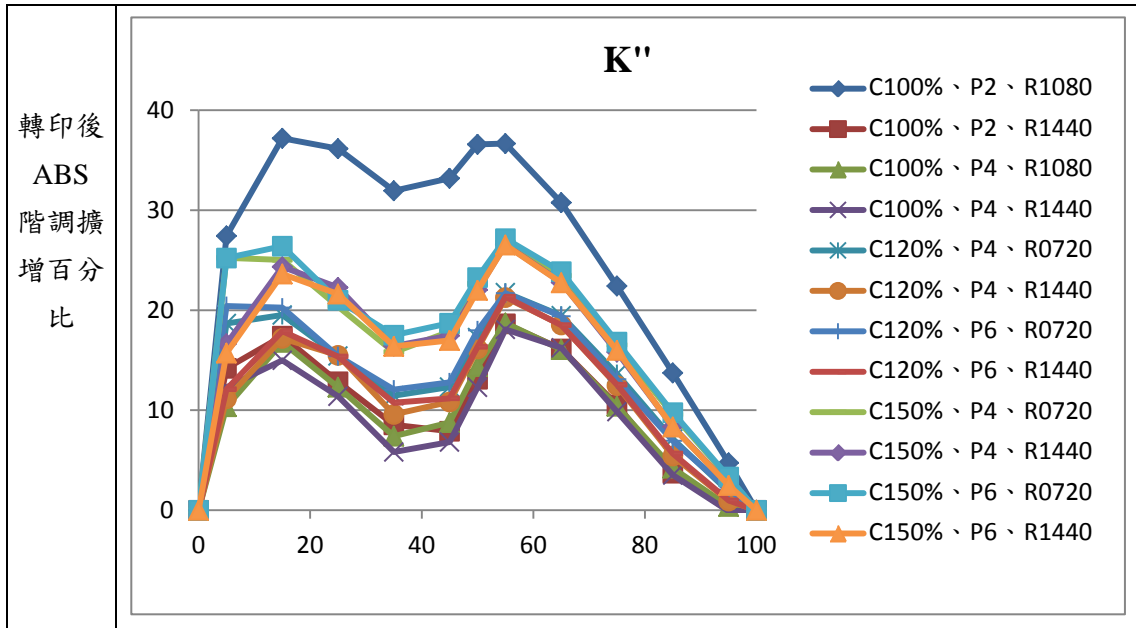
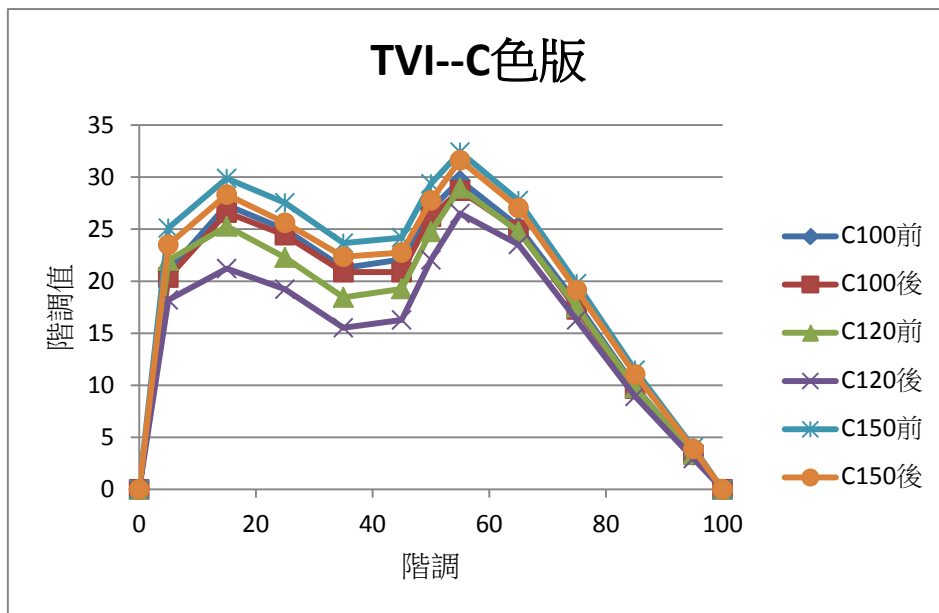


圖 4-3-4 轉印前(PET)與轉印後(ABS)階調擴增比較圖



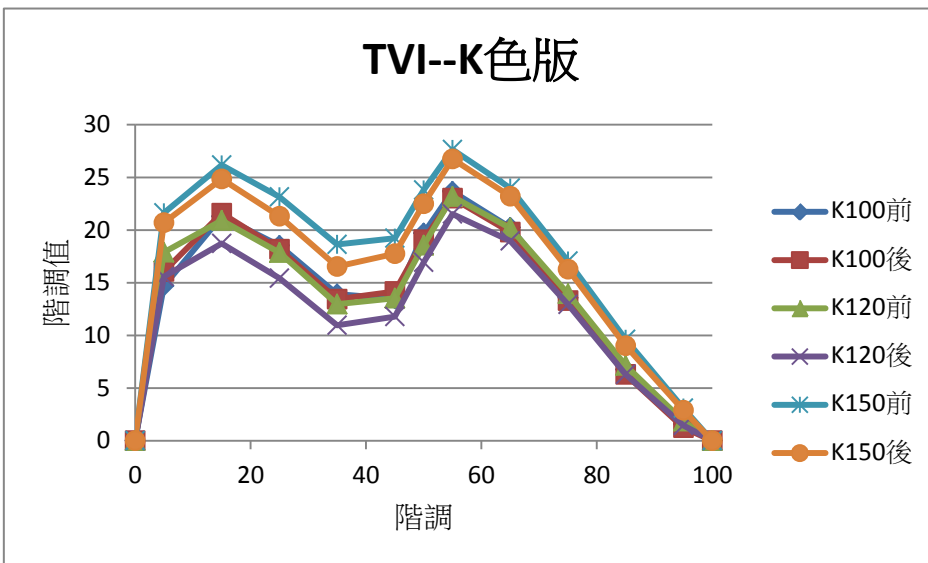
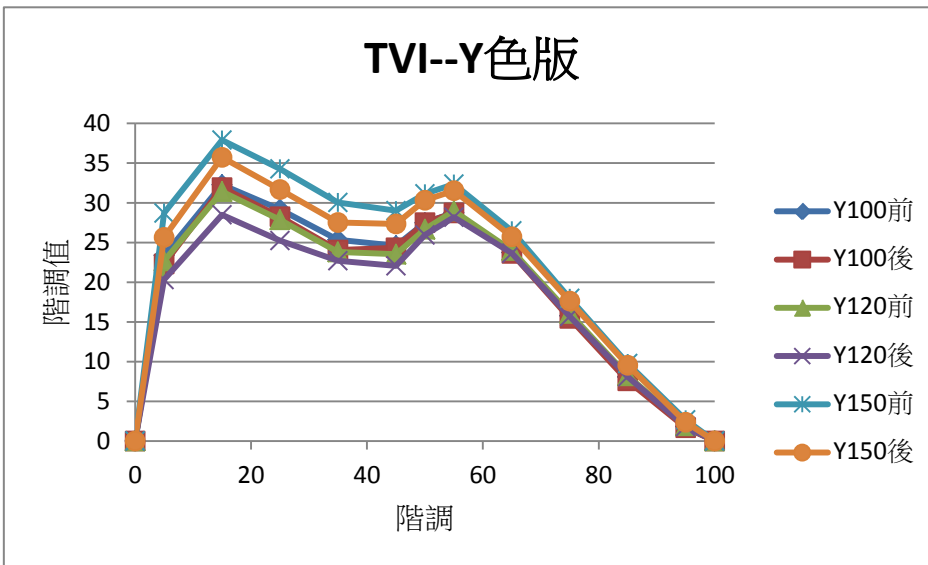
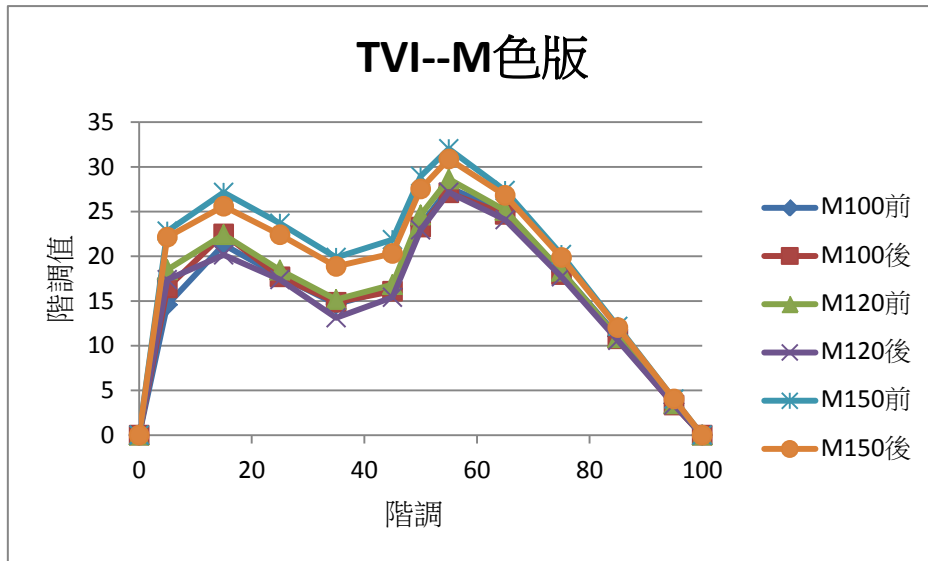


圖 4-3-5 各色版不同覆蓋率轉印前(PET)與轉印後(ABS)TVI 變化圖

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。

由表 4-3-3、圖 4-3-6、圖 4-3-7 可看出，各種不同組合噴墨印刷所呈現的對比數值，在 Y 版表現上皆較低。而各組合在 C、K 版表現較佳，在 M、Y 色版對比較低；在轉印之後，各種組合普遍對比會升高。

表 4-3-3 轉印前(PET)與轉印後(ABS)對比(PC)值對照

色別	C_75		M_75		Y_75		K_75	
	前	後	前	後	前	後	前	後
M. C100P2R1080	19.69	28.13	28.38	37.78	11.89	11.41	35.18	42.93
N. C100P2R1440	35.59	37.77	28.30	31.92	26.04	26.16	46.42	51.40
O. C100P4R1080	35.94	38.57	28.07	29.32	27.69	27.98	46.14	49.67
P. C100P4R1440	36.30	38.49	29.76	30.83	25.98	26.79	47.70	51.90
Q. C120P4R0720	40.11	43.84	31.79	34.75	18.60	19.63	46.15	49.72
R. C120P4R1440	36.45	41.43	30.39	30.50	24.46	24.16	47.26	51.15
S. C120P6R0720	39.42	44.26	32.06	35.88	20.47	20.37	45.79	51.12
T. C120P6R1440	36.91	38.22	30.00	30.96	25.09	24.86	48.29	52.62
U. C150P4R0720	39.09	46.05	32.05	36.04	18.93	18.89	44.94	51.63
V. C150P4R1440	35.42	39.58	28.39	31.75	22.07	23.35	44.53	52.71
W. C150P6R0720	38.60	46.07	31.72	36.02	18.64	17.98	44.92	51.27
X. C150P6R1440	35.67	41.33	28.13	32.07	22.30	23.23	45.50	52.90

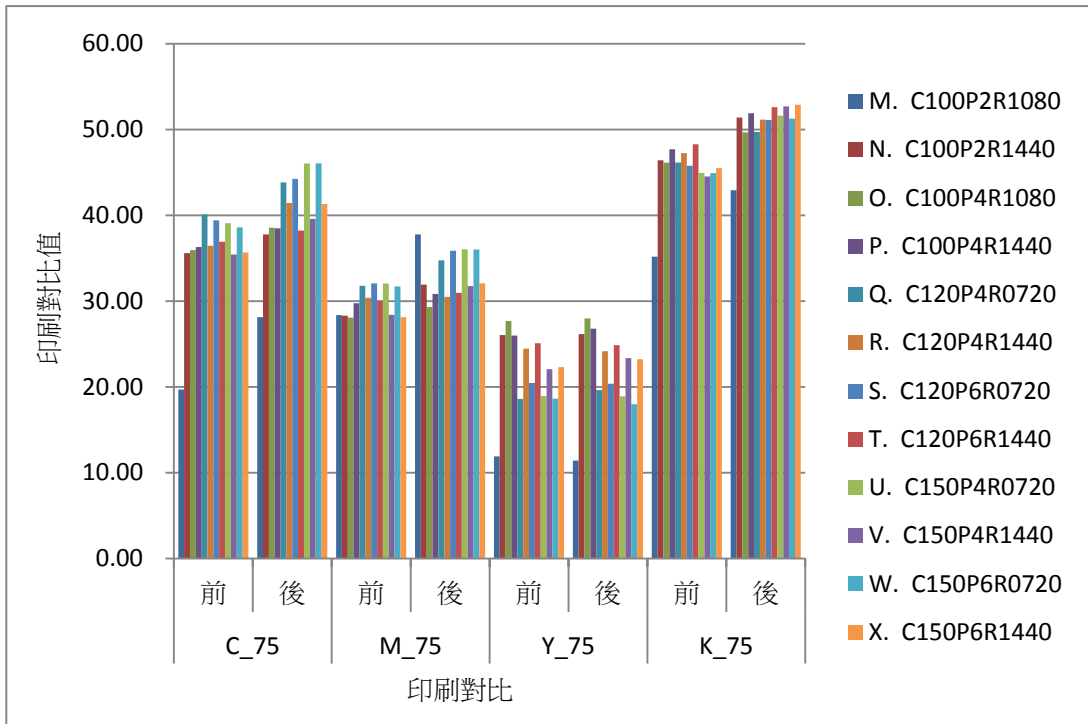
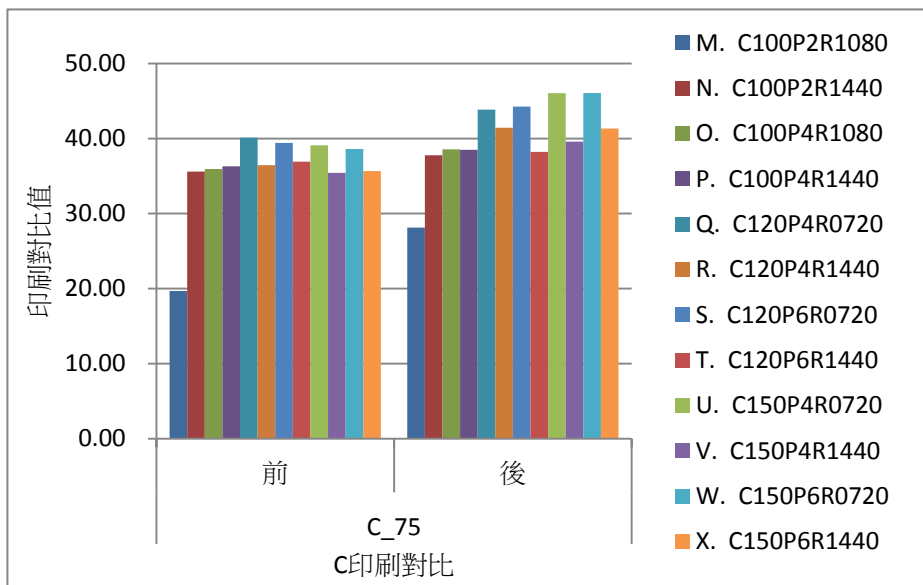


圖 4-3-6 不同組合轉印前(PET)與轉印後(ABS)對比(PC)值彙總表



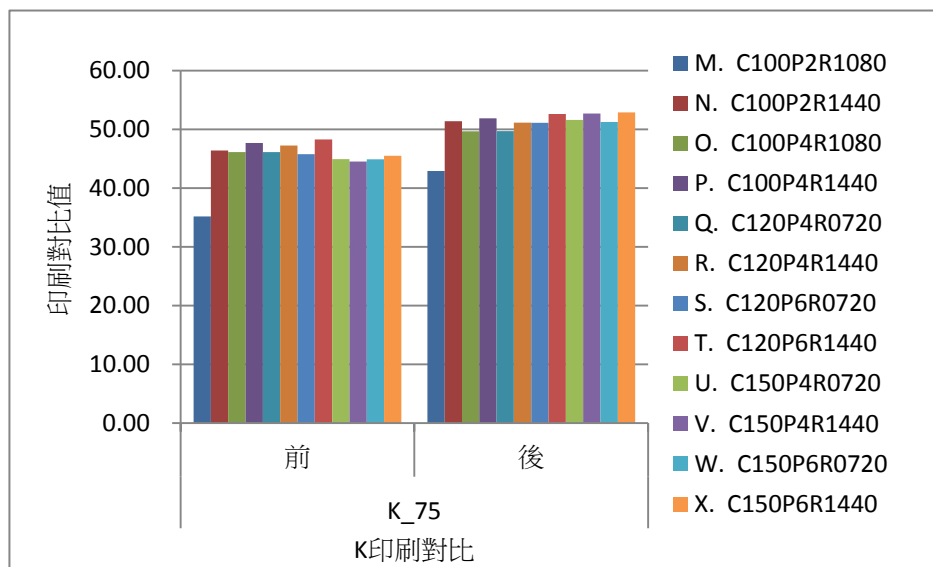
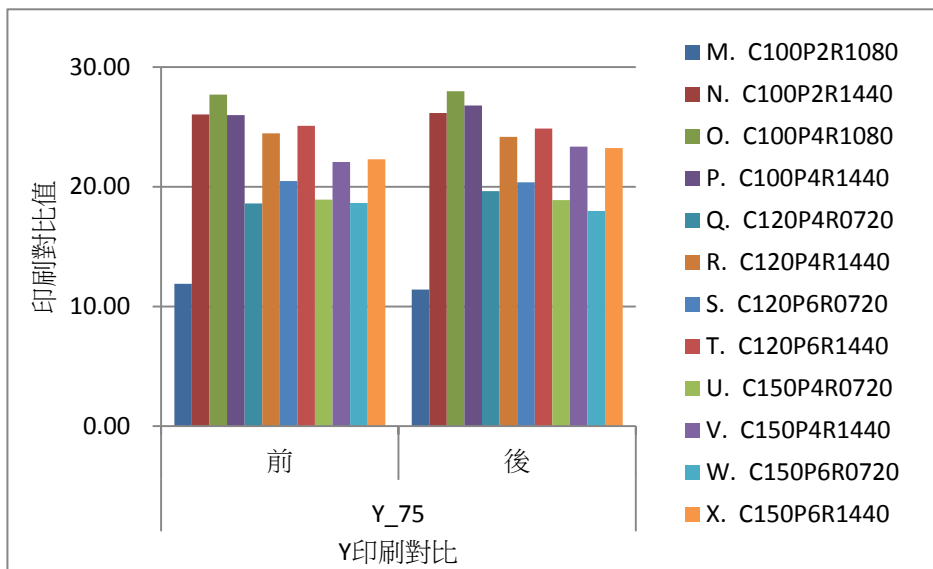
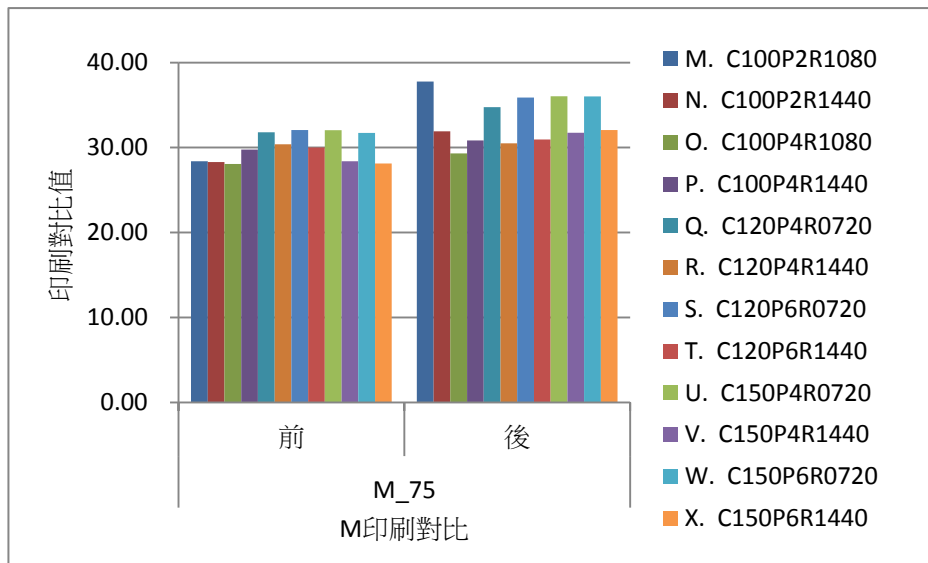
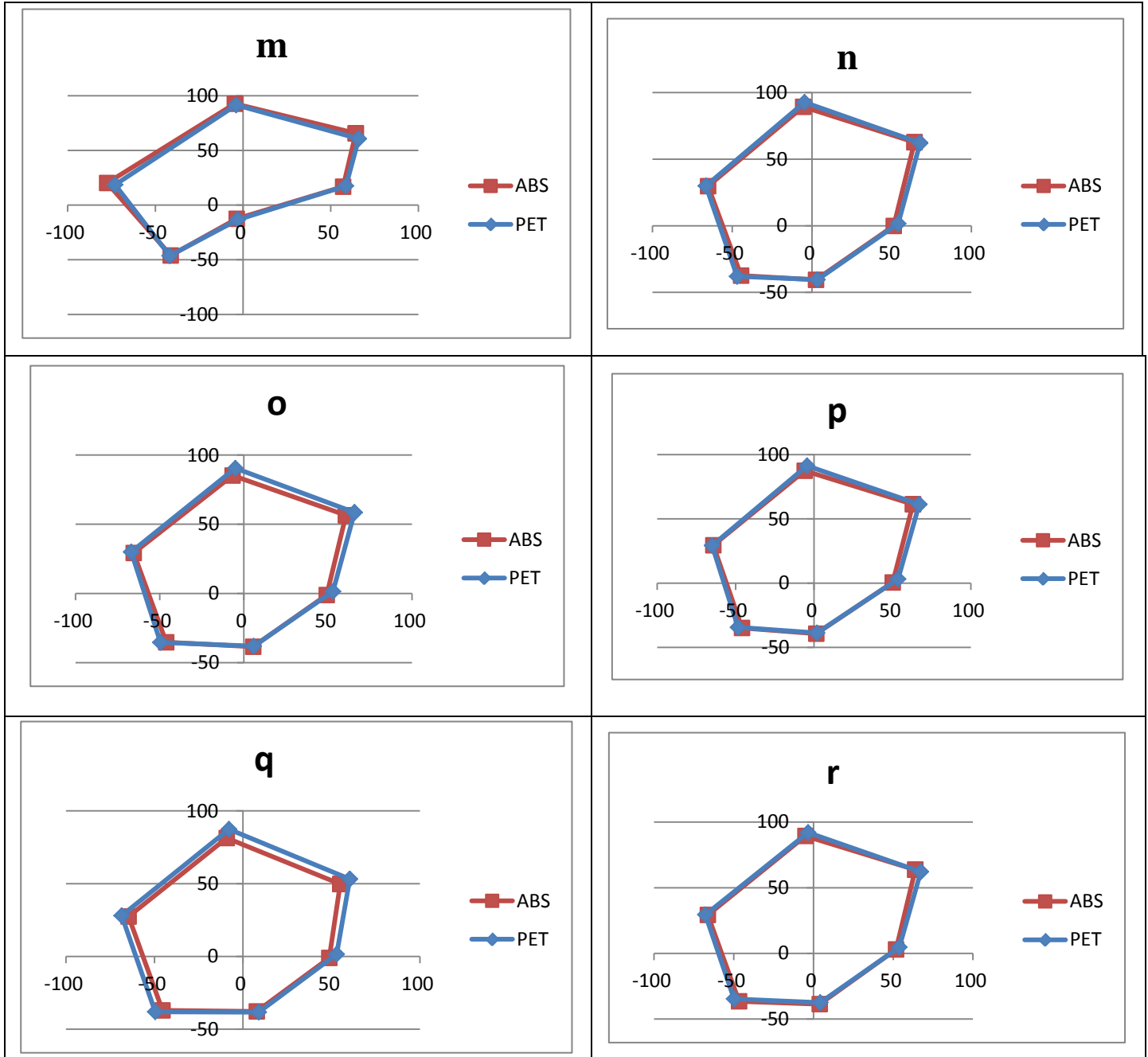


圖 4-3-7 不同組合各色版轉印前(PET)與轉印後(ABS)對比(PC)值

五. 色域色彩分析

以 ab 值為座標，不同組合轉印前(PET)與轉印後(ABS)噴墨印刷色彩色域，如圖 4-3-8 所示，各種不同組合在經過模內轉印至 ABS 材料上後，色彩色域都較轉印前來的小，可得知在轉印後各種組合的色彩色域皆縮小；但與無底色相較，穩定很多；換言之，轉印後其色彩變化不大。



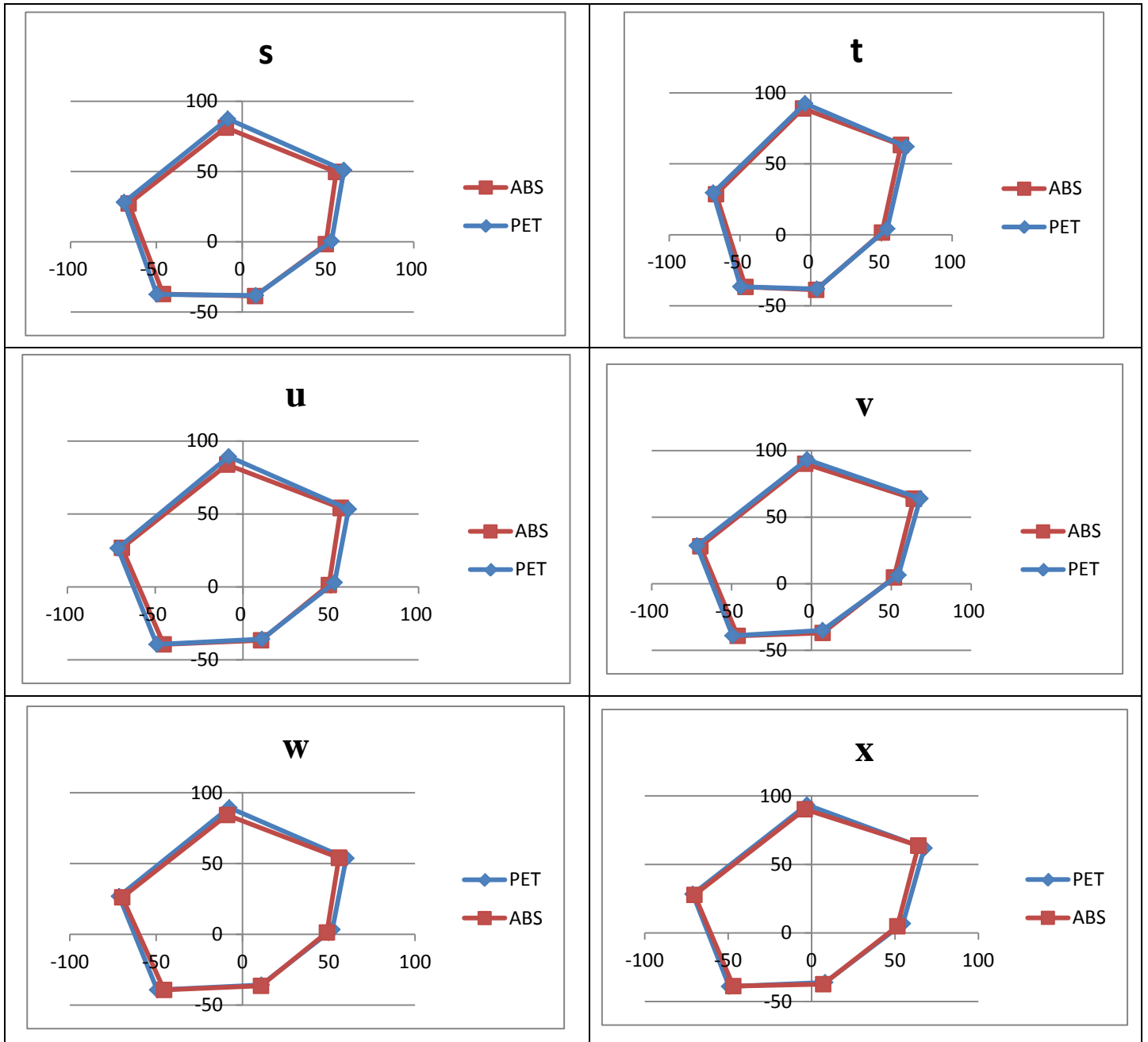


圖 4-3-8 各種不同組合轉印前與轉印後對照色域圖

六. 色差

不同組合轉印前(PET)與轉印後(ABS)色差比較，由表 4-3-4 得知，在轉印前後各種實驗組合在各色版的四色滿版色差，各組合轉印前後在 C、M、Y、K 色版之 ΔE 值介於 2~10 之間， ΔE 值顯示出在轉印前後各組合之間在 C、M、Y、K 色版上的色彩表現差異不大；其與無底色之色差相較，相對小很多。此顯示油墨經高溫與高壓轉印狀態下，會使油墨顯色出現變化。

表 4-3-4 不同組合轉印前(PET)與轉印後(ABS)各色版色差值

色版	組別	ΔE	色版	組別	ΔE
C	m	2.434	Y	m	3.663
	n	3.475		n	6.002
	o	4.925		o	8.469
	p	3.669		p	6.531
	q	5.593		q	9.002
	r	4.625		r	5.652
	s	5.416		s	9.533
	t	4.683		t	6.514
	u	5.757		u	9.432
	v	4.415		v	6.114
	w	5.794		w	8.680
	x	4.046		x	6.454
M	m	3.461	K	m	5.424
	n	4.403		n	4.346
	o	6.215		o	3.750
	p	5.313		p	3.873
	q	6.189		q	3.752
	r	4.285		r	4.233
	s	5.783		s	5.231
	t	5.890		t	5.426
	u	5.523		u	5.823
	v	4.637		v	4.793
	w	5.340		w	4.820
	x	5.135		x	5.028

第四節 紫外線(UV)噴墨有底色與無底色模內轉印之比較分析

為充分比較有底色(白墨)與無底色(透明)模內轉印之關係，特針對印刷品質色彩特性作細部探討。對無底色表現較佳的組合 J：C150P4R1440 與有底色組合的 V：C150P4R1440，在相同的條件下，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 經過不同塗布厚度處理，在不同變數與厚度的處理條件下，各色的最高濃度。由表 4-4-1、圖 4-4-1 顯示，有底色其滿版濃度值均相對較高。

表 4-4-1 有底色(白墨)與無底色(透明)模內轉印之滿版濃度比較

色別	C_100		M_100		Y_100		K_100	
	前	後	前	後	前	後	前	後
J. C150P4R1440	1.60	1.6	1.37	1.31	0.91	0.85	1.69	1.60
V. C150P4R1440	1.81	1.92	1.60	1.69	1.00	0.99	1.83	2.13

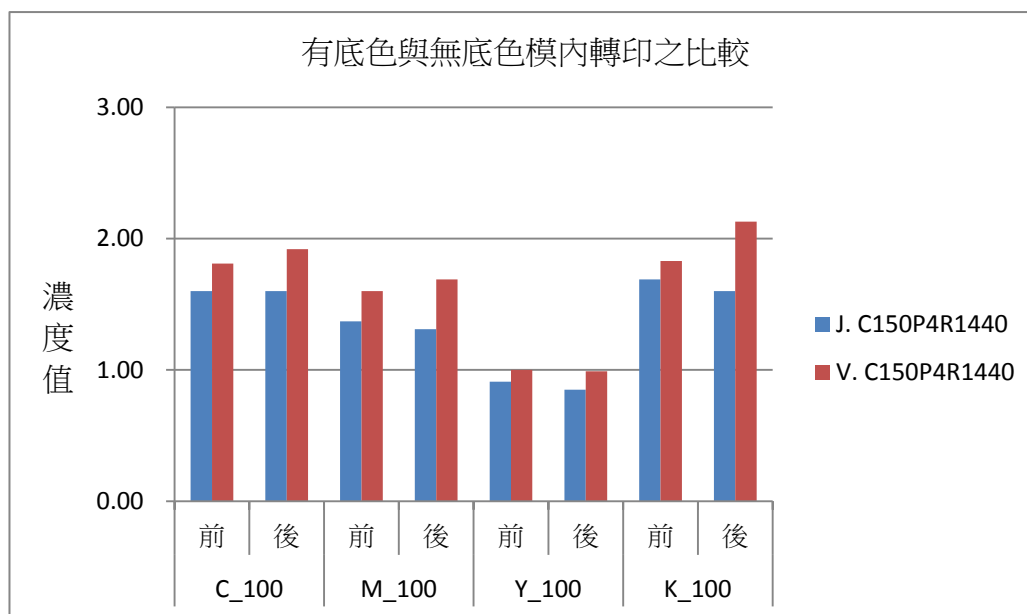


圖 4-4-1 有底色(白墨)與無底色(透明)模內轉印之滿版濃度比較

二. 階調值(網點面積)

有底色(白墨)與無底色(透明)模內轉印之版調曲線，由圖 4-4-2 可得知：有底色之版調複製曲線相較比無底色之曲線來得穩定，且較有規則，不論在亮部調、中間調或暗部調，均呈直線關係，此加印底色隔離射出高溫顯然有發揮其作用。

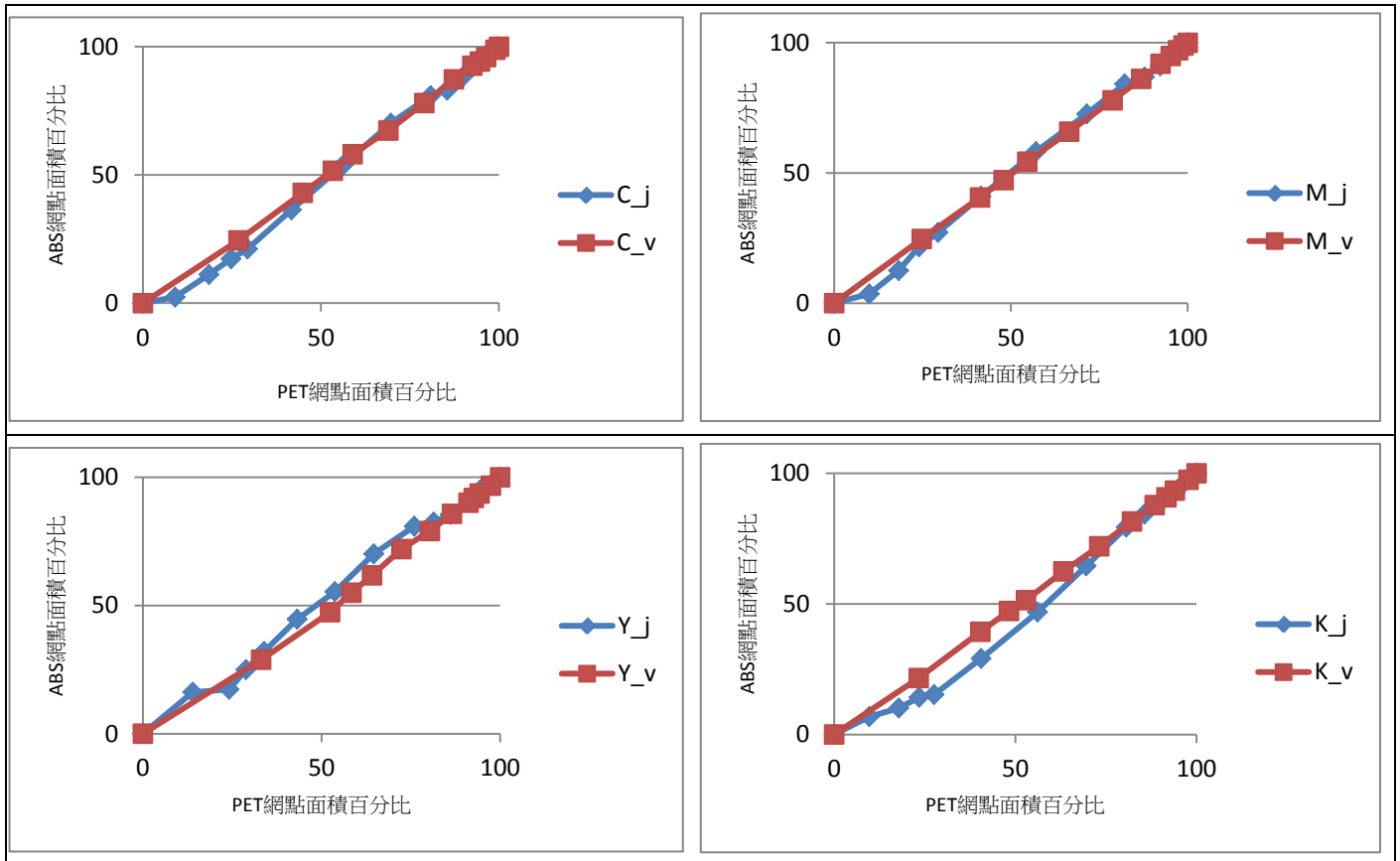
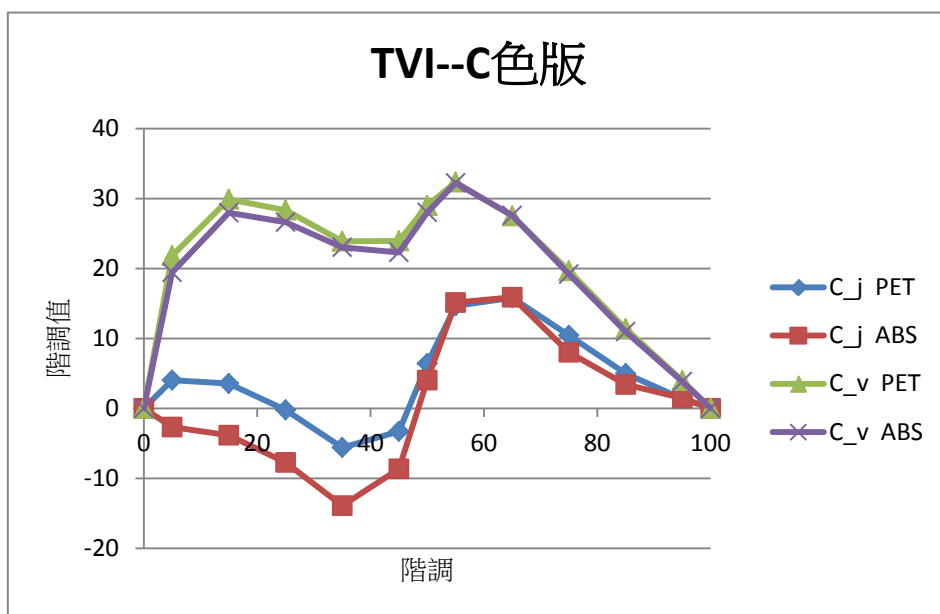


圖 4-4-2 有底色(白墨)與無底色(透明)模內轉印之版調曲線比較

三. 階調擴增(TVI)

有底色(白墨)與無底色(透明)模內轉印之階調擴增各色版比較，由圖 4-4-3 可得知：無底色(透明)模內轉印其亮部調變化較不正常，較不能預測；而有底色(白墨)模內轉印相較符合一般印刷之階調擴增曲線。



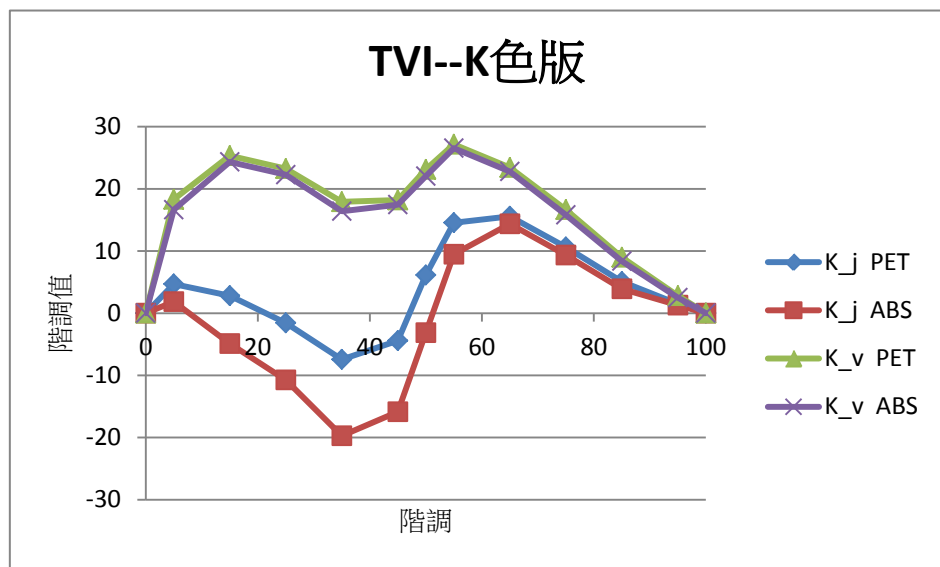
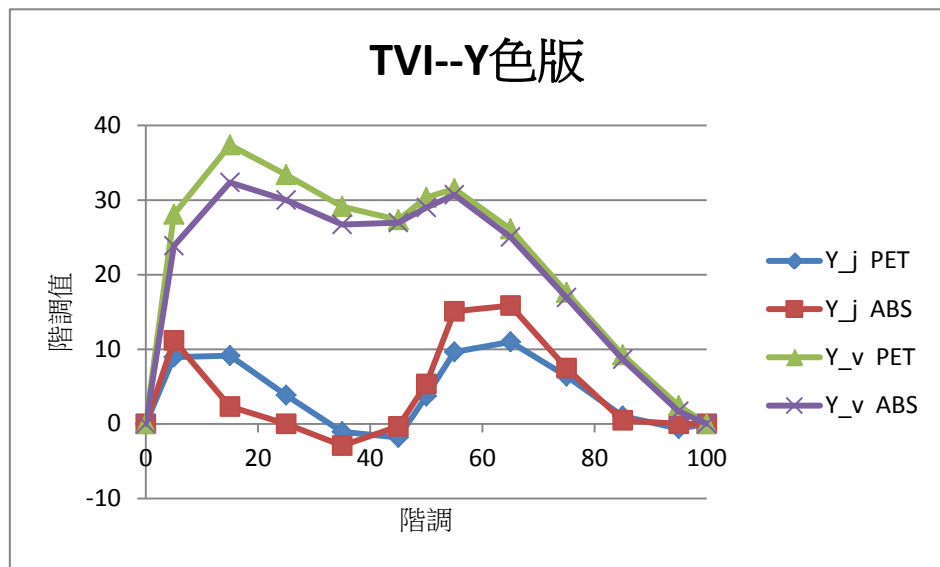
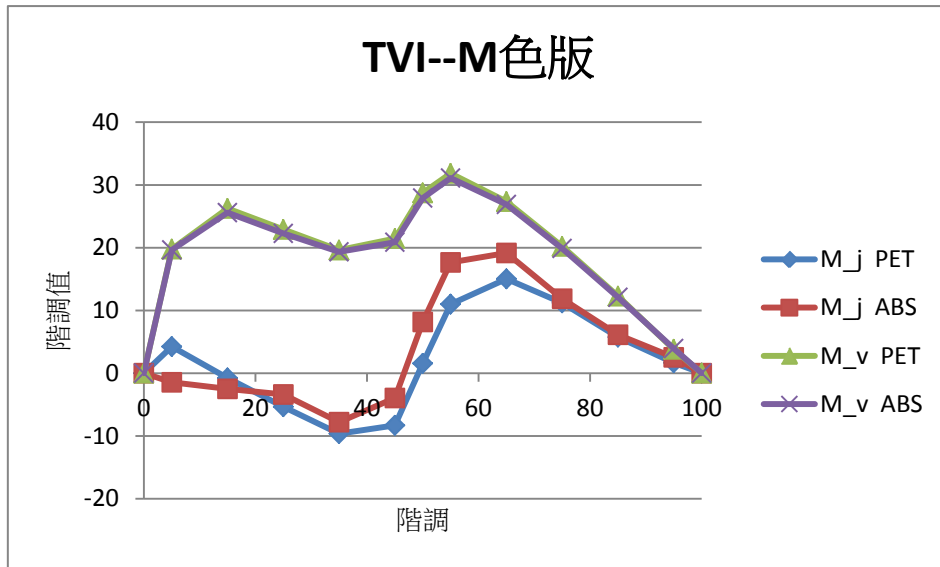


圖 4-4-3 有底色與無底色轉印前(PET)與轉印後(ABS)TVI 之比較

四. 印刷對比(PC)

有底色(白墨)與無底色(透明)模內轉印之印刷對比各色版比較，由表 4-4-2、圖 4-4-4 可得知：無底色(透明)模內轉印其印刷對比顯然高於有底色之組合；換言之，無白墨之組合在暗部調表現優於有底色。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。

表 4-4-2 轉印前(PET)與轉印後(ABS)對比(PC)值對照

色別	C_75		M_75		Y_75		K_75	
	前	後	前	後	前	後	前	後
J. C150P4R1440	51.36	55.00	41.71	41.98	40.29	37.06	53.15	52.98
V. C150P4R1440	35.42	39.58	28.39	31.75	22.07	23.35	44.53	52.71

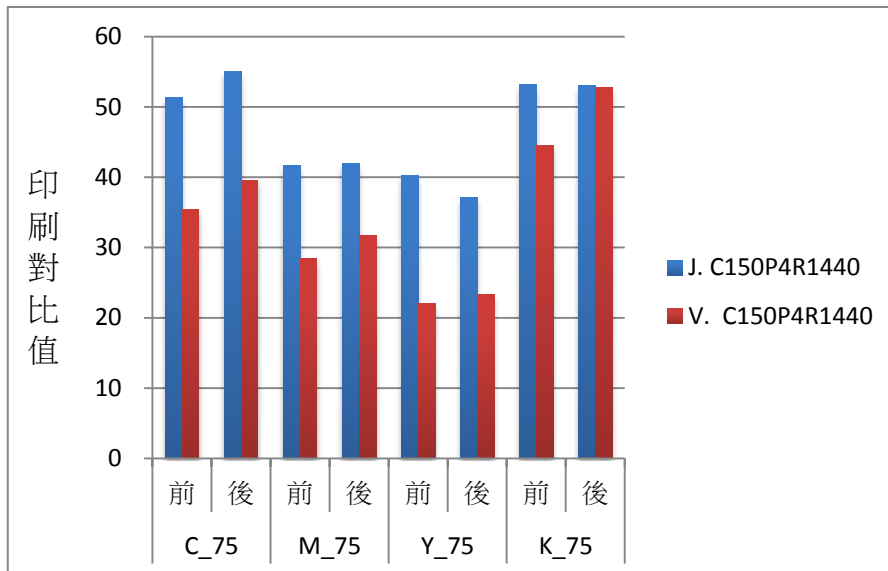


圖 4-4-4 轉印前(PET)與轉印後(ABS)對比(PC)值

五. 色域色彩分析

以 ab 值為座標，轉印前(PET)與轉印後(ABS)噴墨印刷色彩色域，如圖 4-4-5 所示，在經過模內轉印至 ABS 材料上後，色彩色域都較轉印前來的小，可得知在轉印後的色彩色域皆縮小。其中無底色大幅縮小其色域，而在有底色的狀況下，其色域差異相差不大。

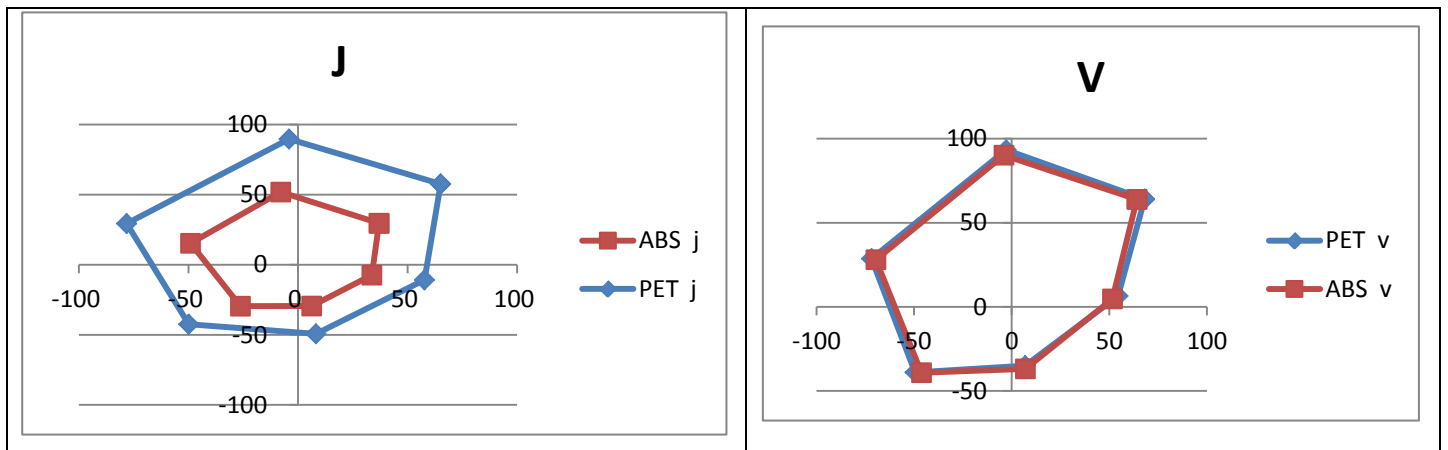


圖 4-4-5 有底色與無底色模內轉印之比較轉印前與轉印後對照色域圖

六. 色差

有底色(白墨)與無底色(透明)模內轉印之色差各色版比較，由表 4-4-3、可得知：無底色(透明)模內轉印其色差值顯然高於有底色之組合；換言之，有底色之組合較能滿足產品色彩之偏移。而無底色其色彩偏移過大，主要還是因油墨經高溫之影響。

色版	組別	ΔE
C_j	C150%、P4、R1440	40.487
C_v	C150%、P4、R1440	4.415
M_j	C150%、P4、R1440	34.155
M_v	C150%、P4、R1440	4.637
Y_j	C150%、P4、R1440	54.393
Y_v	C150%、P4、R1440	6.114
K_j	C150%、P4、R1440	10.737
K_v	C150%、P4、R1440	4.793

表 4-4-3 有底色與無底色比較轉印前(PET)與轉印後(ABS)各種組合各色版色差值

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，而模內轉印牽涉到材料科學，色彩科學與加工製程，在本研究嚐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；為滿足其物理特性，經嚐試不同的實驗設計，以找出產品的印刷品質特性組合，再進行其印刷品質色彩特性分析。

本研究在實驗過程中，物理特性為模內轉印之門鑑，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

本計畫為二年期研究，茲研究結論分述如下：

第一年

以不同數位印刷之數位印墨及兩種不同硬化塗層之四種實驗組合(M-ER、ND-ER、ND-C、HP-C)，在印製完成之 PET 膜，全數進行色彩特性之量測，再經塗布黏著劑後，接續將 PET 膜樣張模內轉印至 ABS 塑膠材料上，經由實驗分析可得如下結論：

1. 所列印之滿版濃度顯示，在轉印後明顯滿版濃度會提升。
2. 在網點面積方面，四種組合顯示在亮部變化甚大，尤其在 0-10%。
3. 在階調擴增方面，四種組合顯示在亮部(10-20%)為最高。
4. 在四種組合數位列印中，呈現彼此間色彩差異甚大，在尚未有國際規格的狀況下，應先尋求各式不同數位印刷其最佳化色彩組合。
5. 在四種組合數位列印中，經與原稿來進行色差比較分析顯示：轉印前與印後色差變化頗鉅，值得再進一步深入研究。
6. 在四種組合數位列印中，由六角色域圖顯示在經轉印後其色域會加大；但若以 Lab 值探討其轉印前後色彩變化，由圖則顯示出轉印後色彩的色域縮小。
7. 在四種組合數位列印中，疊印能力值顯示仍偏低，一次色易偏色。
8. 在四種組合數位列印中，印刷對比值顯示變化大，其中以電子油墨組合最為穩定。
9. 在各式數位印刷中顯示電子印墨，在色彩表現上是最為穩定。

第二年

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 膜經模內轉印至 ABS 塑膠材料上，經由實驗分析分別依無底色(透明)、有底色(白墨)與二者間來進行比較分析，而得以下結論：

一. 紫外線(UV)噴墨無底色(白墨)模內轉印

1. 當覆蓋率與解析度愈高時，其滿版濃度愈高；而噴印次數對滿版濃度上升較

不顯著。

2. 在模內射出轉印至 ABS 材料後，各種組合的滿版濃度均呈現些微降低。
3. 各組不同噴墨條件轉印前後，在各色調間均有些微差異變化；尤其在亮部與中間調間，其中黑色墨其變化最大，並呈現下凹曲線
4. 無底色轉印前後 20~40% 間階調擴增為負值，50~70% 間階調擴增為正值。
5. 印刷對比中各組合在 C、K 版表現較佳，在 M、Y 色版相對比較低，整體而言，其印刷對比表現極佳。
6. 印刷對比在轉印之後，各種組合普遍對比會升高 2-3。
7. 各種組合在經過模內轉印至 ABS 材料上後，色彩色域相對於轉印前色域皆縮小。
8. 油墨經高溫與高壓轉印狀態下，會使油墨顯色出現變化，其色差值均偏高，達 40-55。

二. 紫外線(UV)噴墨有底色(白墨)模內轉印

1. 在相同的印刷條件下，當覆蓋率與解析度愈高時，其滿版濃度愈高。
2. 在模內射出轉印至 ABS 材料後，各種組合的滿版濃度均呈現些微升高。
3. 各組不同噴墨條件轉印前後，在各色調間由於經白墨的隔離，各色版間差異並不大。
4. 有底色之四色版階調擴增均顯示在 30-40% 色調會下降，而成一”M”型。
5. 印刷對比中各組合在 C、K 版表現較佳，在 M、Y 色版相對比較低。
6. 印刷對比在轉印之後，各種組合普遍對比會升高 2-5。
7. 各種組合在經過模內轉印至 ABS 材料上後，其轉印後色彩變化不大，色差約 4-6。
8. 油墨經高溫與高壓轉印狀態下，會使油墨顯色出現變化，其色差值顯示出在轉印前後各組合之間在 C、M、Y、K 色版上的色彩表現差異不大。

三. 紫外線(UV)噴墨有底色與無底色模內轉印之比較分析

1. 有底色其滿版濃度值均比無底色模內轉印較高，約 0.15-0.2 之間。
2. 有底色之版調複製曲線相較比無底色之曲線來得穩定，且較有規則。
3. 有底色模內轉印較符合一般印刷之階調擴增曲線。
4. 無底色模內轉印其印刷對比高於有底色之組合，約高 10-15；換言之，無白墨之組合在暗部調表現優於有底色。
5. 在經過模內轉印至 ABS 材料上後，色彩色域都較轉印前來的小，尤其無底色，其色差可達約 40；一般而言，在轉印後的色彩色域皆縮小。
6. 有底色之組合較能滿足產品之色彩，而無底色其色彩偏移過大，主要還是因油墨經高溫之影響。

第二節 研究建議

一. 對後續者的建議

1. 本研究以主要以光電式與 UV 噴墨式數位印刷來印製 PET 薄膜，後續研究可針對不同的光電式，如一般市售更普及的雷射碳粉列印機，或不同的噴墨列印機，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. 本研究採用模內轉印方式，一次工序來完成產品，後續研究可採行二次工序的模外轉印的方式來研究分析。
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. 模內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內轉印技術，並擴大應用範圍：以數位化的依需印刷、即時交件的時效、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，結合模內轉印一次性的成型，使整個印刷製程簡化，應用層面卻更廣，對於數位印刷與模內轉印技術來說，都是一大契機，將兩種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、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、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。
- 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。
- 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，未出版，台北市。
- 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，未出版，桃園縣。
- 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。
- 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。

- 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。
- 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。
- 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，571-573。
- 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。
- 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。碩士論文，中原大學機械系研究所。
- 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，未出版，台北縣。
- 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，未出版，台北縣。
- 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。
- 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、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。
- 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，未出版，台北縣。
- 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，未出版，台北縣。
- 錢軍浩(2003)。印刷油墨應用技術。北京：化學工業出版社。
- 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。
- 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。
- 台翰(1987)。IMD 製程應用手冊。台翰精密科技股份有限公司
- 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。
- 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。
- 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，156-171。

- 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，188-202。
- 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，172-187。
- Romano, Frank.(2009). Digital Printing Futures. PIA/GATF 2009 Forecast: Technology, Trends, Tactics. GATF World, 18(1), pp.57-61.
- Japan Nissha (2005). In Mould Decoration Design Guideline. Nissha Printing Co., Ltd.
- Romano, Frank (2006). The Future of Global Markets for Digital Printing to 2015. PIRA International.
- Field, Gary G. (2001). Color Essentials, Volume 1: Color and Quality for the Graphic Arts and Sciences. GATF.
- Field, Gary G. (1999). Color and It's Reproduction. Pittsburgh. GATF.
- HP Invent. (2006). The high performance solution for profitable, color digital printing. HP Indigo press ws4050 Specification Sheet.
- HP Invent. (2006). HP Indigo press ws4050 User Guide.
- Kipphan, Helmut (Ed.).(2001). Handbook of Print Media. Berlin, Germany: Springer.
- 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.
- Tan, Anthony (2007). What the Advantage of UV Offset in Packaging Printing. International Conference of Graphic Communication Arts & Science. Taipei, Taiwan.
- B. Merki (2002).“The opportunities of multi-component injection molding”, Netstal News, no. 42, pp.4-5.
- T. Robers(2006). “Attractive product design generates increased sales”, Netstal News, no. 49, pp.4-5.
- 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.
- J.C. Love, V. Goodship(2002). “In-Mould decoration of plastics”, Rapra Review Report146, Rapra Technology Limited.
- K. T. Okamoto(2009).*Microcellular Processing*, Hanser Gardner Publishers, 2003.
- 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.

- 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.
- 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*, vol.44 , No. 5.
- 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.
- J.C.Love,V. Goodship (2002). "In-Mould decoration of plastics", *Rapra Review Report*146, Rapra Technology Limited.
- 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.
- CHEN Changlang, LO Meichun, SU Yunti, and CHANG Yutung(2012) ◦ The Study on Color Print quality Attributes of In-Mold Roller Using Digital Inkjet rinting, *Applied Mechanics and Materials* Vol. 262 (2013) ,pp 340-344,Online available since 2012/Dec/13, at www.scientific.net© (2013), Trans Tech Publications, Switzerland,doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.262.340.
- 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 (2013) pp 253-257,Online available since 2012/Dec/13 at www.scientific.net,© (2013) Trans Tech Publications, Switzerland,doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.262.253.

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：102 年 10 月 28 日

計畫編號	NSC 100-2410-H-144-003-MY2		
計畫名稱	數位印刷 PET 薄膜於模內轉印品質色彩特性之研究		
出國人員姓名	陳昌郎教授 研究生張瑀彤	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	2012 年 10 月 18 日至 2012 年 10 月 21 日	會議地點	北京 外研社國際會議中心
會議名稱	(中文) 2012 第二屆中國印刷與包裝學術會議 (英文) 2012 China Academic Conference on Printing and Packaging		
發表題目	(中文) 數位印刷 PET 薄膜於模內轉印品質色彩特性之研究 (英文) The Study on Color Print quality Attributes of In-Mold Roller Using Digital Inkjet Printing (中文) UV 平版印刷蒸鍍鋁紙色彩差異之研究 (英文) A Study of Color Variance between Vacuum Plate of Aluminum and Aluminum Foil Using UV Offset Printing		

一、參加會議經過

第一天是為主講者演講相關主題的報告(如印刷電子新應用、高速噴墨技術和數字印刷技術的未來、色彩管理研究最新進展)，第二、三天則進行分組論文報告，分成好幾場教室(顏色科學與技術、圖像處理技術、印刷數字技術、印刷包裝、工藝研究與標準化、機械工程與數控技術)，來自各個城市的教授與研究生分享研究的成果報告。

二、與會心得

本次很榮幸可以參與 2012 第二屆中國印刷與包裝學術會議發表學術論文，對研究生而言，是一

個新的體驗，全英文論文發表，將研究的計劃內容、實驗過程以及結果，藉由這次的分享，讓大家都清楚了解我們在做什麼以及本研究的成果與貢獻。

不僅僅侷限在自己的報告裡，聽到來自各個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，但是卻可以把經驗當成是對自己報告的省思，要求自己好還要更好。

三、發表論文全文或摘要

(如附件 1-2)

四、建議

透過這次的國際學術會議，可以了解不同區域研究的成果，更期望未來可以再舉辦類似的會議，如此一來，才可以多方面的吸收不同的資訊。

五、攜回資料名稱及內容

2012 第二屆中國印刷與包裝學術會議議程、論文集

六、其他

The Study on Color Print Quality Attributes of In-Mold Roller Using Digital Inkjet Printing

CHEN Changlang^{1,a}, LO Meichun^{2,b}, SU Yunti^{1,c} and CHANG Yutung^{1,d}

¹Department of Graphic Communication Arts, National Taiwan University of Arts, Taiwan

²Department of Information Management, Shih Hsin University, Taiwan

^at0491@ntua.edu.tw, ^bmcl@cc.shu.edu.tw, ^cs907600502@hotmail.com, ^ds8517662@livemail.tw

Keywords: Inkjet Printing; In Mold Roller; Print Quality Attributes

Abstract. The In-Mold Roller is a revolutionary printing process by which objects are 3D decorated. The products decorated by In-Mold Roller are protected from water and fading. 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 the potential use of combining In-Mold Roller with digital inkjet printing in 3D decoration, e.g. in personalized printing services. The study results found show that digital inkjet printing to the PET film and then transfer to the ABS, the solid ink densities (SIDs) of primaries would increase. The tone values increases (TVIs) from highlight and middle (around 0~60%) were generally higher than those in shadows. The shapes and sizes of color gamut were also varied according to different kinds of digital UV inkjet printing processes. Moreover, after transferred, the color gamut became smaller.

Introduction

The In-Mold Roller (IMR) is a technology transfer printing process and can be transferred to different types of modeling materials on the outside of the pattern. It achieves 3D effect on surface of the pattern, and increases product value. After the 3D-IMD (In Mold Decoration) transferring, the overall products become waterproof, 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 surface. For products, which are designed with mutative surface and shape, it is easily coated them with uneven corner. 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 to print PET film, in-mold transfer to the flat-bed ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) materials; and finally to analyze the color quality attributes before and after the transfer within its differences.

In Mold Roller

In-Mold Printing is categorized into four kinds of decorations: 1) IMD (In-Mold Decoration) including IMF (In-Mold Forming, for large surfaces) and IMD plane; 2) IML (In Mold Labeling) ; 3) IMR (In Mold Roller) 4) OMR (Outside Mold Roller). 3C products are still plastic chassis for mainstream, especially recently the IMR technology can significantly enhance the plastic casing texture of the plastic chassis industry. Some applications even reduce the cost off 30%~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 the cost of space and time; 3) enhancing the decorative accuracy; 4) giving accurate performances of the plating, pearl effect, metallic, and other special designs; and 5) effectively improving product wear on the surface of UV-Coating.

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 (Polyethylene Terephthalate) 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 inkjet digital printing, combined with IMR. Three types of modules, obtained from different combination of UV inkjets and coating technologies, were studied in this research. These are the M-ER (Soft UV ink, ER hard coating), the ND-ER (Hard UV ink, ER hard coating), and the ND-C (Soft UV ink, C hard coating). Firstly, different types of inkjets were used to print PET transfer-film; and then in-mold was applied to transfer inks to the substrates considered. The combination performances were evaluated in terms of measures of the color print quality attributes among modules considered. These color-quality measures evaluated were solid ink density (SID), color gamut range, and tone-value increase) [5]. The experimental procedures are: 1) Completing the PET film to UV inkjet digital printing; 2) measuring the full color-quality data on coating adhesives; and then 3) transferring inks to the ABS plastic material; and 4) measuring the finally resulting color-quality data again.

Results and Discussion

The experimental results obtained are shown and discussed below.

Solid Ink Density & Color Gamut on Hexagon Diagram. The solid ink densities of ink/colorant primaries were varied according to different equipments, hard and soft pigments and hard coating layers used. After transferring films to ABS plastic injection mold, the primary solid ink densities of the various combinations in question were significantly increased. Main differences among them are through the PET film base while measuring. The color gamuts obtained using desitometry on hexagon diagrams (which is widely used in the graphic arts industry) for PET and ABS for various combinations, are shown in Fig.1. It was found that the color gamuts of ABS are wider than those of PET.

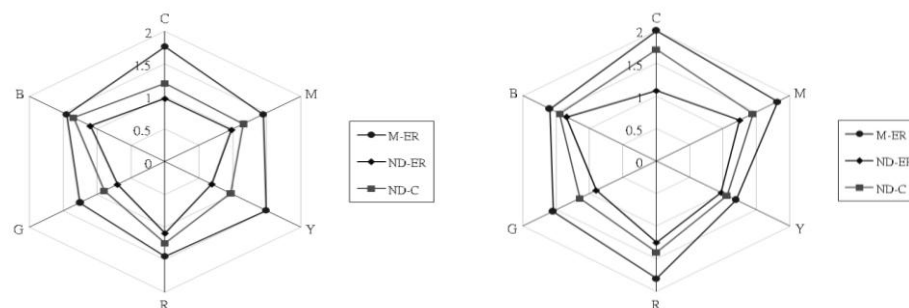


Fig.1 Color gamut ranges of PET (left) before and ABS (right) after transferring

Tone Value (TV) & Tone Value Increase (TVI). After the transfer process completed, the effective fractional dot areas of every step on each single scale of primary colors (Y, M, C, and K) were measured and evaluated. The results showed that the tone value increases (TVIs) of ABS after the transfer were higher than those of the PET. Especially, it occurred in the dot-area range of 0 ~ 60% as shown in Fig.2. Additionally, the comparisons of TVI curves between the PET and the ABS before and after the transfer respectively are shown in Fig.3.

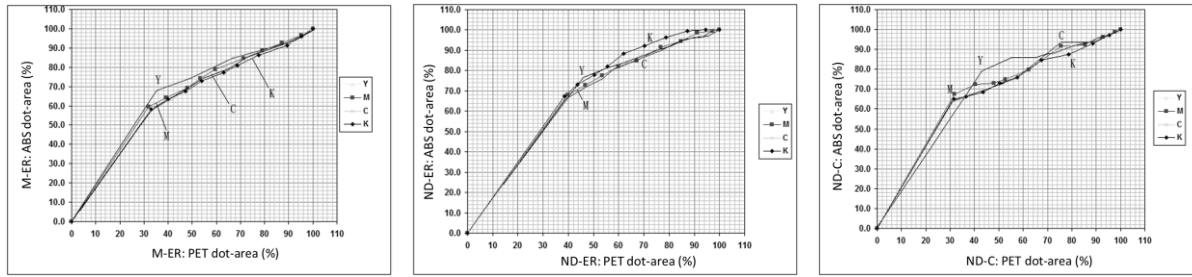


Fig.2 PET to ABS Tone Value Curve

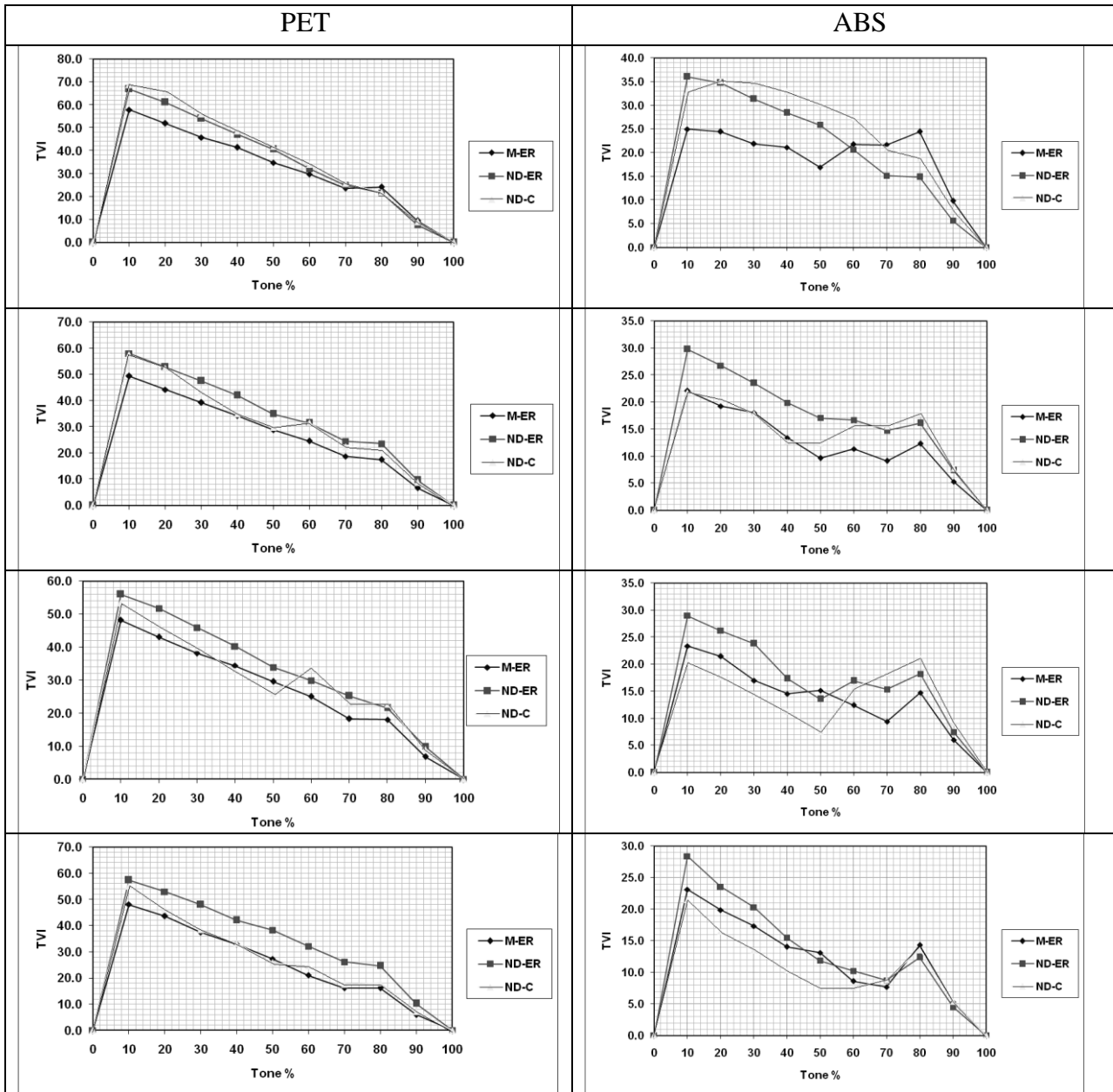


Fig.3 TVI curves of PET to ABS.

Color Gamut on CIELAB Color Space. The color gamuts of PET and ABS before and after the transfer respectively, were also explored using CIELAB color space. It can be seen that the digital printing color gamut became narrower after transferring to ABS material compared to PET, as shown in Fig.4 for every module in question.

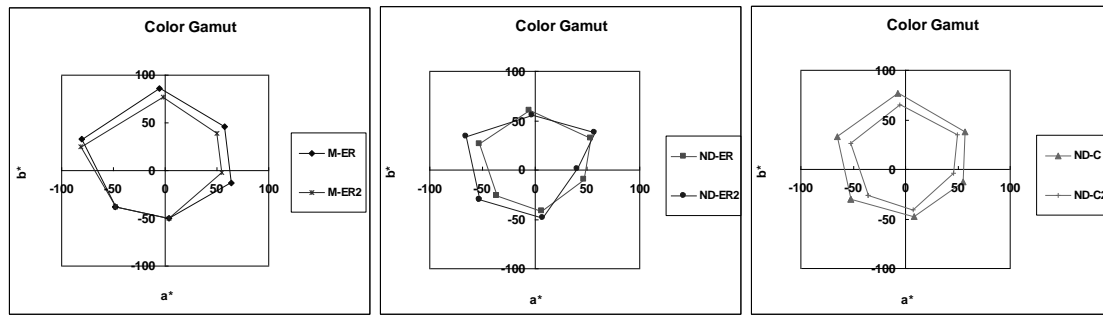


Fig.4 Printing color gamut on CIELAB color space before and after transfer

Ink Trapping & Print Contrast (PC). The experimental sample results show that the trapping ability was up more than 50% before the transfer, and then trapping ability would decline slightly after the transfer. The print contrast (PC_{80}) had the same results. After the transfer, the PC_{80} in general obtained from modules considered were reduced.

Conclusions

Following conclusions were found in this study:

- 1) It is feasible to combine different ink jet digital printing with in-mold roller.
- 2) The SIDs of primaries increased significantly after the transfer within in mold.
- 3) Great changes happen in the highlight, especially in the 0-10% dot area for three modules considered in this study.
- 4) The highest TVI values existed in the highlights of 10-20% dot areas.
- 5) The color gamut on Lab color space reduced after the transfer process.
- 6) The saturation of secondary color of R, G, and B were slightly reduced after the transfer.
- 7) Smaller variance was obtained by using better UV soft ink. This is worthy of the industry to adopt.

Acknowledgements

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

References

- [1] C.L. Chen, Y.L. Wang, *The Study on Print Quality Attributes of Water Transfer Printing Using Digital Printing*, The Journal of Chinese Association of Graphics and Science Technology, Taipei, Taiwan, (2009), PP.169-190.
- [2] Information on http://pffc-online.com/mag/paper_in_mold_labels_film/
- [3] J.C.Love, V.Goodship. *In-Mould Decoration of Plastics*, Rapra Review Report 146, Rapra Technology Limited. (2002).
- [4] Japan Nissha, *In Mould Decoration Design Guideline*. Nissha Printing Co., Ltd., (2005).
- [5] Field, Gary G. *Color and It's Reproduction*. Pittsburgh, GATF. (1999).

Advances in Printing and Packaging Technologies

10.4028/www.scientific.net/AMM.262

The Study on Color Print Quality Attributes of In-Mold Roller Using Digital Inkjet Printing

10.4028/www.scientific.net/AMM.262.340

A Study of Color Variance between Vacuum Plate of Aluminum and Aluminum Foil Using UV Offset Printing

CHEN Changlang^{1,a}, LO Meichun^{2,b}, WEI Mingchw^{1,c} and WANG Shiwei^{1,d}

¹Department of Graphic Communication Arts, National Taiwan University of Arts, Taiwan

²Department of Information Management, Shih Hsin University, Taiwan

^at0491@ntua.edu.tw, ^bmcl@cc.shu.edu.tw, ^cwinnie.wei@msa.hinet.net,

^droger_hdpack@yahoo.com.tw,

Keywords: UV Offset Printing; Vacuum Plate of Aluminum; Aluminum Foil; Print Quality Attributes

Abstract. In packaging market, Vacuum Plate of Aluminum by UV offset printing is light impediment effectively, moisture-proof, and forgery-proof and reaches the request of the green packaging production. Thus, the packaging of Vacuum Plate of Aluminum is used widely. This study was a true experimental research. The test form employed was the printing quality control strip from international printing specification. It was used to record and analyze the color variance between Vacuum Plate of Aluminum and Aluminum Foil with white board and no white board using UV Offset Printing. The study indicated the comparison of Tone Value Increased & the difference of Color Gamut Range among these three packaging materials via C, M, Y, K four colors tone value and RGB area testing, and results reveals that the tone value on the Vacuum Plate of Aluminum with white board increased most among these three materials; the dot gain percentage of the Vacuum Plate of Aluminum is less than 15% which with the highest stability than others. All signature findings are given in Fig.1 and Fig.2. These results are entirely consistent with research hypotheses.

Introduction

Research Background / Motive

Packing Market. Businessmen attract consumers' attention by using delicate package to enhance their earning. Therefore, they have been looking for new materials to pack and to increase visual effects.

Trend of Packing Material. All of the industries now take environmental friendly issue into consideration. Vacuum Plate of Aluminum uses less Aluminum than Aluminum Foil. As for recycling, the Vacuum Plate of Aluminum can be easily decomposed and it reaches the American FDA standard.

Cost Analysis of Packing Materials. As for factories, it costs less and increases more financial profits to produce Vacuum Plate of Aluminum because its metal thickness is thinner. Besides, Vacuum Plate of Aluminum is suitable for high-speed printing. Therefore it can increase the manufacturing efficiency of printing.

Application of Packing Materials. Vacuum Plate of Aluminum can be produced from thin paper to cardboard. It can be widely used because it is flexible, moisture-proof, and light impedimental [1].

Based on the above reasons and trends, Vacuum Plate of Aluminum will be used more often by designers and printers. This study aimed to better understand its color variance.

Research Purpose and Importance. In the light of the sustainable growth trend on the market, this study is a true experimental research. The test form employed in this study was the printing quality control strip from international printing specification. It was used to record and analyze the color variance of Vacuum Plate of Aluminum and Aluminum Foil between with and without using white board. By using UV Offset Printing, the qualified samples in each types of value were collected from all finished samples. The expectation of this study is to offer the standard quality for designers and printers, to promote the printing efficiency and effectively to promote the color-control rate on the process of printing [1].

Literature Review

Vacuum Plate of Aluminum. A novel green packing material which was widely used in all kinds of industries started from 1980's. Because Aluminum is evaporated, it only covers a thin layer of Aluminum. With its high quality and eco-friendly features, it has become a new green packing material [2-3].

UV Offset Printing. America was the first country to use UV Curing in offset printing around the world. Then later companies in U.K. started to use it successfully. It has become one of the most important printing skills. Using the standard of ISO 21348 to define, Ultraviolet, abbreviated as UV, is part of the Electromagnetic Spectrum. It locates between the purple visible light and x ray.

UV Curing Ink. The so-called UV Curing Ink means one kind of printing ink which was made by Polymer and added color prints. It functions when the printer works and shines with UV light to dry in a flash.

UV Offset Printing Machine. Traditional ink rollers, made of rubber, can not endure the Polymer decommission in the UV Curing Ink. Therefore, it needs materials, that can endure the Polymer decommission, to make the ink roller. As for other machineries, they are mostly the same as the common offset printers.

Research Method

This study is a true experimental research to find out the UV Curing Ink's printing qualities and features on Vacuum Plate of Aluminum. Using the same UV Curing, the printing color-quality attributes related to black, cyan, magenta and yellow inks (called K, C, M, Y for short in the following.) were studied and analyzed among the Vacuum Plate of Aluminum, the Vacuum Plate of Aluminum with/without white board and the Aluminum Foil. This experiment used CMYK primary tone values and RGB secondary tone areas for testing. The variables studied were three parts, including the Vacuum Plate of Aluminum, the Vacuum Plate of Aluminum with white board and the Aluminum Foil. Printing performances are tested in terms of dot area, tone value increase, area gamut, and full area difference [4-5]. An X-Rite SP-62 was used to measure K, C, M, Y four colors tone value and the RGB area chromaticity [6]. The controlled variables were the printing environment, the moisture, the pH rate, the printing pressure... etc.

Results and Discussion

Tone Value Increase. From the analyses of the tone value increase rate from C, M, Y, K, it was found that the blue line the Vacuum Plate of Aluminum with white board was the highest. The red line Vacuum Plate of Aluminum's rate of tone value increase was the lowest for M and Y, about 10%. For each of K and C, its biggest tone value increase was below 15%. The Aluminum Foil's biggest tone value increase was about 20% for K and Y and lower for C and M. Among the dot area in K, C, M, Y, the dot areas for Vacuum Plate of Aluminum with white board had more obvious change than those of the Vacuum Plate of Aluminum in bright, dark and the middle tones. Except for the middle tone of C (cyan) ink, the Vacuum Plate of Aluminum's dot area was close to that of the Vacuum Plate of Aluminum with white board. The Aluminum Foil's dot area changed mostly in Y (yellow), then K (black), least in C. So we could find the change of dot area was less in M. In Y, the changes of dot areas of Vacuum Plate of Aluminum with white board and the Aluminum Foil' were bigger than those of the Vacuum Plate of Aluminum. In K, the changes of dot areas were the biggest for all the materials. In C, the changes of dot areas for the Vacuum Plate of Aluminum with white board and without white board were close to each other. Through SPSS software, it showed that the tone value 5~95% in all color types, each material's p rate is 0.00. It implied that both of the dot area and the tone value rate for three materials were extremely different.

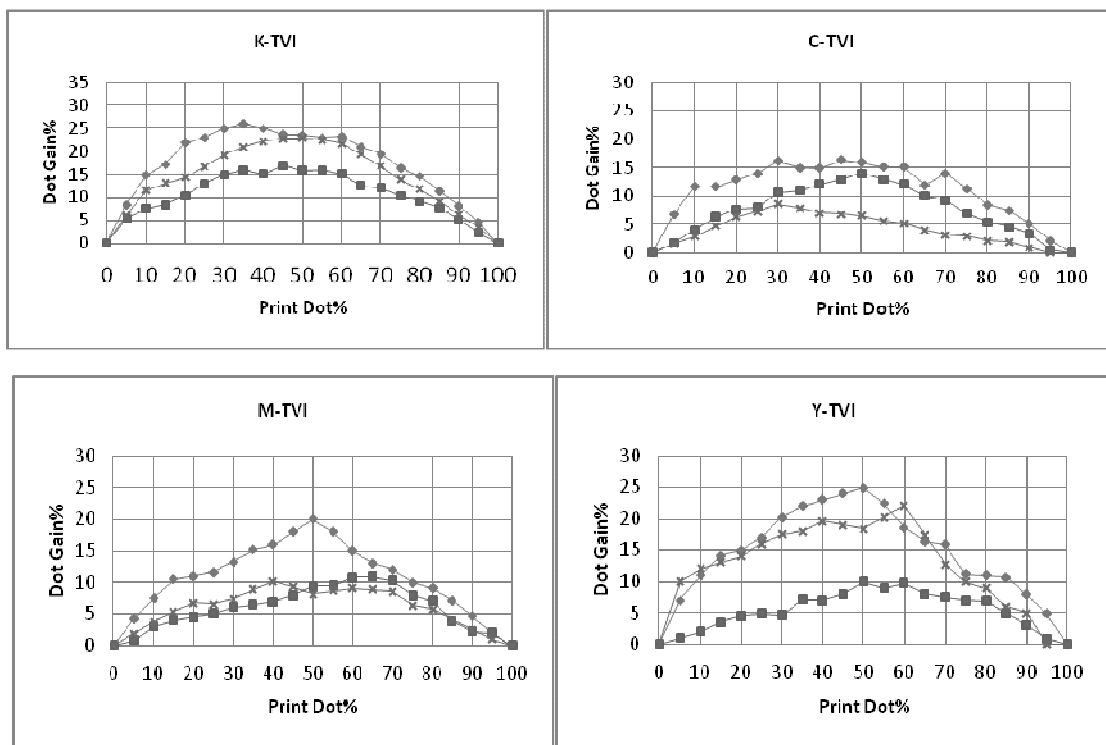


Fig.1 K, C, M, Y color type tone value increase chart

Indication: Blue line, the Vacuum Plate of Aluminum with white board/ Red line, the Vacuum Plate of Aluminum with no white board/ Purple line, the Aluminum Foil.

Color Gamut Range. From the CMYRGB color gamut on CIELAB color space, It could be seen that the area of Vacuum Plate of Aluminum with white board was bigger in both yellow and red color. Vacuum Plate of Aluminum and the Aluminum Foil contains larger color gamut in green and

blue. We can find that the Vacuum Plate of Aluminum with white board had yellow tendency. Vacuum Plate of Aluminum and Aluminum Foil had almost the same density in each color except for green and blue. Through SPSS software, we analyzed that the density of CMYRG. Under the same color's condition, different materials' density p rate was 0.00 which is obvious between ± 0.05 , represents the color type would be extremely different due to different materials. The results obtained from color variance rate comparison, it showed that Vacuum Plate of Aluminum with white board vs. Vacuum Plate of Aluminum: $C > Y > M > K$, Vacuum Plate of Aluminum with white board vs. Aluminum Foil: $Y > C > M > K$, Vacuum Plate of Aluminum vs. Aluminum Foil: $Y > M > K > C$, the biggest color variance was obtained from the comparison between Vacuum Plate of Aluminum with white board and Vacuum Plate of Aluminum. Therefore, the Vacuum Plate of Aluminum with white board had a great influence on the color performance.

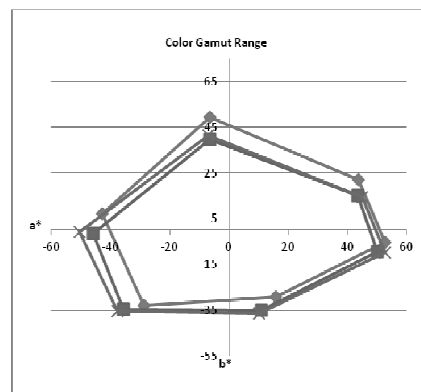


Fig.2 Color gamut on CIELAB color space (Indication: as Fig. 1)

Conclusion

By printing these three different package materials, this study conducted the testing of C, M, Y, K four colors tone values and RGB areas. Through UV Offset Printing, we researched on whether or not the Vacuum Plate of Aluminum having white board had effects on the printing quality and the difference on the Aluminum Foil. Conclusion obtained by practical testing and precise analysis are listed below.

- 1) Within C, M, Y, K four colors, the Vacuum Plate of Aluminum with white board's tone value increase was the highest among the three materials.
- 2) The Aluminum Foil's dot area tone value increase rate was affected by the different colors mostly, while the Vacuum Plate of Aluminum and the Vacuum Plate of Aluminum with white board were more stable.
- 3) The dot area TVI rate was 15% less than those of the Vacuum Plate of Aluminum.
- 4) The white colored Vacuum Plate of Aluminum had bigger blue and yellow color gamut range.
- 5) The Vacuum Plate of Aluminum and the Vacuum Plate of Aluminum with white board's biggest color difference were blue.
- 6) The biggest color difference among the three materials was yellow.
- 7) The color gamut range of Aluminum Foil was larger than the Vacuum Plate of Aluminum.

References

- [1] Chen, Chang-Lang. Liao, Chun-Chao, A Study of UV Curing Ink Film Thickness and It's Density on Vapor Aluminized Paper, Journal of CAGST, (2011).pp.34-40.
- [2] Xu Jinxia, On the Vacuum Aluminum, Guangxi Journal of Light Industry, vol. 101, (2007).
- [3] Zhang Yi, The Study on Reconstruction of Printing Color and Surface Characteristic of Aluminized Paper, XIAN University of Technology, (2008).
- [4] Bestmann G, Technical Recommendation Color Characterization Target and Data File Format for 4-Color Printing, (2002).
- [5] Bundesverband Druck und Medien e.V. Media Standard Print 2006 Technical Guidelines for Data, Proofs and Films, Print & Media Forum AG, Germany, (2006), p.13

Advances in Printing and Packaging Technologies

10.4028/www.scientific.net/AMM.262

**A Study of Color Variance between Vacuum Plate of Aluminum and Aluminum Foil
Using UV Offset Printing**

10.4028/www.scientific.net/AMM.262.253

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2013/10/29

國科會補助計畫	計畫名稱: 數位印刷PET薄膜於模內轉印品質色彩特性之研究
	計畫主持人: 陳昌郎
	計畫編號: 100-2410-H-144-003-MY2 學門領域: 印刷
無研發成果推廣資料	

100 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：100-2410-H-144-003-MY2					
計畫名稱：數位印刷 PET 薄膜於模內轉印品質色彩特性之研究							
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	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	1	1	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	2	2	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	1	100%	篇	
		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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提升圖文傳播藝術專業領域 2. 提升國內數位印刷與模內轉印技術應用範圍以提高其附加價值 3. 可回饋產、官、學、研界，帶來新契機 4. 訓練產業模內轉印之研究人才
--	---

科 教 處 計 畫 加 填 項 目	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
	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	

國科會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）

本研究使用的一項印刷技術—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，數位印刷將占到全球印刷總量的 30% 左右 (Frank Romano, 2006)。本研究將數位印刷應用於模內轉印，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、模內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，模內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印刷取代凹版或網版印刷在模內轉印製程的角色，將能節省印刷製程與印刷成本，呈現更精細的圖紋效果，對於數位印刷與模內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，將數位印刷與模內轉印刷的範圍再擴大。

1、數位印刷應用

凹版與網版印刷應用於模內轉印時，仍有許多特性問題值得改進；而在所有印刷版式當中，數位印刷(Digital 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

2、模內射出裝飾產品成果應用。

模內轉印是將表面印有圖紋效果之薄膜，利用產品成形時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，能避免二次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。

3、模內產品發展

本研究欲透過數位印刷結合模內轉印的製作過程，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；預期將研究成果發展為 IML、IMF、IMR、OMR 支應用並且回饋產、官、學、研界，為國內數位印刷與模內轉印技術的進步、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。