JHGT 2017.03, Vol.24, No.3(129-135)
華岡紡織期刊 第二十四卷 第三期
http://www.jhgt.org.tw/pdf/jhgt-24.3(129-135)(2017-03).pdf
Journal of the Hwa Gang Textile
ISSN 1025-9678

酸性染料染尼龍織物色彩空間之研究

A study of Color Space with Nylon Fabric Dyed by Acid Dyes

曾碩祺，張凱翔，嚴建國
Shuo-Qi Zeng, Kai-Xiang Zheng, Chien-Kuo Yen
亞東技術學院材料與纖維系
Department of Materials and Textiles, Oriental Institute of Technology
0966phs@gmail.com

摘要

本專題研究乃使用目前染整業用以染色打樣之甘油浴式高溫高壓染色機針對酸性染料染尼龍織物，染後的試布以 Datacolor 電腦測配色系統分光儀讀取 *K/S* 值來判斷其上色的效果，另分析 Lab 值來瞭解各試布色彩在色彩空間中的分佈，並進行比對。期盼得到較正確的上色結果，對染整工業有所助益。

關鍵字：尼龍織物, 酸性染料, 色彩空間

Abstract

To obtain the dyed Nylon fabrics which dyed with acid dyes, we utilized HT, HP – Rapid Dyeing Machine. The fabrics detected by Datacolor Color-match System (SF600 PLUS-CT) to have **K/S** values, then evaluated the effectiveness of dyeing. Then, we analyzed Lab values to realize the distribution of colors in the color space. We expect the results which we conclude are useful for dyeing industries.

Keywords：Nylon Fabric, Acid Dyes, Color Space

前言

染色打色樣，指的是客戶下訂單給布料貿易商，隨即由後者委託代染工廠染布。一般的做法是：先由染廠就貿易商提供客戶所交付之樣布，以小型染色機試染小尺寸色布，再自行對色或交予貿易商對色，確定後再行下缸染色。亦可見染色的打樣是非常重要的一項前置作業。染色錯誤、或有嚴重瑕疵者，則會慘遭貿易商或客戶退貨拒收 [1,2]。

色彩數位資訊的快速回饋，為生產的實用性和高效性，以及與國際通行的顏色品質評價標準接軌的一致性和準確性，提供了保障。從對於酸性染料染著尼龍纖維之研究，其各項染色條件對於染色效果之影響，已有許多學者或染色工作者做過許多的研究，獲致業界許多肯定的成果。故本文針對染色時所應用到的染色條件，如：染色溫度、染色時間、浴比、染液酸鹼值等條件予以固定，而僅專注於染料濃度的差異。針對酸性染料染尼龍織物，並比較其染色配色性，期能提供業界做為使用之參考[1]。最後再基於 CIE L*a*b* 色彩空間定義之色彩座標做為製備染色樣本之參考。其原則為：使所製備之染色樣本必須能涵蓋不同染料組合的搭配以及濃度之差異後，再將所染出的布料藉由色彩座標分析儀器所建立的染料基礎資料進行數據統整，再利用經統整之數據進行繪製成動態與靜態圖形以進行結果討論。色彩樣本主要以 9 支酸性染料染於尼龍織物所製備而成。最後共有 1215 片之尼龍試片。

理論

尼龍纖維與酸性染料

1. 尼龍纖維的化學結構

尼龍為聚醯胺的商業名稱，具有醯胺基 (-CONH)為其特徵。常見的有 Nylon-6 及 Nylon-66。Nylon-6 為己內醯胺 (caprolactam) 之聚合物，Nylon-66 為己二酸與己(亞甲基)二胺 (hexamethylene diamine) 之縮合物。

2. 酸性染料

(1) 酸性染料化學構造上之特徵

酸性染料因本身為磺酸或羧基酸之鈉鹽，易溶於水，成膠體與直接染料一樣呈陰離子性，其化學反應如下式：

$$D-SO_3Na_{(s)} \rightarrow D-SO_3^-{}_{(aq)} + Na^+{}_{(aq)}$$

若使染液呈酸性狀態會降低染料之溶解度，同時因為染液呈酸性，在羊毛、尼龍等纖維上之 $-NH_2$ 基團會形成 $-NH_3^+$，易於產生離子鍵結合，故 pH 值降低會增進酸性染料之上色速率。

$$D-SO_3Na + W-NH_3^+ \rightarrow W-NH_3-SO_3-D + Na^+$$

(2) 化學構造分類

A. 偶氮類
色譜較齊，以黃、橙、紅色為主，藍色主要為藏青色。紫和綠色不夠豔亮，商品中的棕色多數是拼混染料，黑色在數量上屬大宗。

B. 蒽醌類
主要為藍色，色光豔亮，耐日光牢度優良，適於做外衣料的染色加工。

C. 三苯基甲烷類
此類染料以鮮豔的紫、藍、綠色著稱，但不耐日曬。

D. 氧雜蒽(呫噸)類
主要為玫瑰紅與紅紫色，耐日光牢度差。

E. 硝基并胺類
為數不多，主要為黃色，耐光牢高。

F. 靛藍類
由靛藍經磺化反應而得，是均染性較佳的藍色染料，色光與靛藍相近，牢度同樣較差。

G. 氮雜蒽(喹啉)類
嫩黃色多屬此類，各項牢度較差，可與藍色拼染果綠色。

H. 苯二甲藍(酞花青)類
湖藍色染料多數是酞花青的磺化產物，適於羊毛與蠶絲的染色，具有較佳的耐光牢度。

I. 碳氫長鏈分子類
在分子結構的苯環上導入 C_4H_9 - 至 $C_{12}H_{25}$ - 碳氫長鏈者，能明顯地提高耐縮絨牢度，而不影響染料原有色度。

聚醯胺纖維的染色理論

1. 酸性染料染色

聚醯胺纖維分子的兩端一為氨基，一為羧基，中間部分為醯胺基。在弱酸性染浴中，會使氨基帶上正電荷，而羧基的解離卻被染浴中的酸質所抑制。酸性染料的色素陰離子部分，在弱酸性介質中能與纖維上帶正電荷的氨基端基發生成鹽結合。同時也能在醯胺基部位上產生氫鍵結合。當染液 pH 值降低到 2～3 時，在醯胺基部分也發生結合。但酸性過低會使聚醯胺纖維強度受損。染色時一般採用 pH 4～6 ，酸性越強染料染著也越快，但易生染斑。染淺色時為防止染著速度快，可將染浴 pH 值提高到 7 以上。酸性染料對尼龍織物的染色，主要採用弱酸性到中性染法。染色時，隨著溫度的升高，染料染著量也會迅速提高，為防止染斑的產生，染色時需加入均染劑。由於聚醯胺纖維含疏水性組成較多，在水中溶脹較難，在接近玻璃轉位溫度(Tg 點) 時，染料染著速率很慢，達到 Tg 點後染著速率增加很快，所以影響染著速率之因素除了 pH 值外，溫度也是一重要因素，故染色時應仔細控制溫度。在弱酸性浴中染色的酸性染料對聚醯胺纖維的親和力一般較高，均染性很差，單靠芒硝等簡單中性鹽類還不能達到均染目的，往往要選用專用的陰離子化合物做為均染劑。以酸性染料染尼龍纖維，可有效提高其濕摩擦堅牢度，染料可溶於水中，呈陰離子性，分子量小，對羊毛、尼龍等之聚醯胺纖維具有親和性，而對纖維的親和力小[2]。

2. C.I.E Lab 值之理論

Lab 色彩被設計來接近人類視覺。它致力於感知均勻性，它的 L 分量密切匹配人類亮度感知。因此可以被用來通過修改 a 和 b 分量的輸出色階來做精確的顏色平衡，或使用 L 分量來調整亮度對比。這些變換在 RGB 或 CMYK 中是困難或不可能的。它們大多應用於物理設備的輸出，而不是人類的視覺感知。此外，Lab 空間內的很多「顏色」超出了人類視覺的視域，因此純粹是假想的；這些「顏色」不能在物理世界中再生。通過顏色管理軟體，比如內置於圖象編輯應用程式中的那些軟體，可以選擇最接近的色域內近似，在處理中變換亮度、彩度甚至色相[3]。

實驗

實驗材料

1. 試布：100% 尼龍織物(Nylon 6)
2. 染料：酸性染料 9 支(台灣永光化學，Ever Light)：
   (1) EVERACID RED N-2BL (R1)
   (2) EVERSET RED M -2B (R2)
   (3) EVERSET RED M-G (R3)
   (4) EVERACID BLUE N-RL (B1)
   (5) EVERSET BLUE M-2R (B2)
   (6) EVERSET NAVY M-R (B3)
   (7) EVERACID YELLOW N-3RL (Y1)
   (8) EVERSET YELLOW M-2R (Y2)
   (9) EVERACID YELLOW A-FG (Y3)
3. 一般藥品
   (1) 均染劑：Levegal DLP
   (2) 緩染劑：Univadine DIF
   (3) 磷酸二氫鈉 (NaH_2PO_4 $2H_2O$)
   (4) 過氧化氫 (H_2O_2)
   (5) 矽酸鈉 (Na_2SiO_3)
   (6) 醋酸 (CH_3COOH)
   (7) 保險粉 ($Na_2S_2O_4$)
   (8) 氫氧化鈉 (NaOH)

實驗儀器

1. 電子天平 (Chyo, MK - 500C)
2. 高溫高壓染色機 (Rapid，甘油浴)
3. 烘箱
4. 測色儀 (Datacolor，SF600 PLUS-CT)

實驗方法

1. 尼龍織物之練漂
   Invadine PBN： 3 g / L
   Tinoclarite WIN： 2 g /L
   Na_2CO_3 ： 3 g /L
   H_2O_2 (35%) ： 20 mL / L
   Na_2SiO_3 ： 3 g /L
   L. R. ＝ 1：30
   90 ℃ × 30 min.
2. 染色
   布重： 3g
   染料濃度：0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8、2.1、2.4 % o.w.f.
   冰醋酸(80%)： 0.4g/L

浴比 = 1：30

處理條件：100 ℃ × 60 min.

3. 清洗不鏽鋼杯

為防止不鏽鋼杯受到染料污染，使用前清洗。

$Na_2S_2O_4$ (保險粉)：3 g/L

NaOH：2 g/L

處理條件：90℃ × 30 min.

染色試布的測試

1. 表觀色強度***(K/S)***

表觀色強度(appearance color strength)可用以外觀評估染色布顏色之深淺，其係應用下列公式求得：

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

其中，

K：吸收係數；S：散射係數；*R*：試布(完全不透明體)的反射率。

測色儀可由連線之電腦直接計算出 *K/S* 值。

2. C.I.E Lab. xy 值

所用之測色儀為 Datacolor 公司 SF600 PLUS-CT 型電腦測配色系統，所用偵測孔徑為 20mm 之中孔徑。

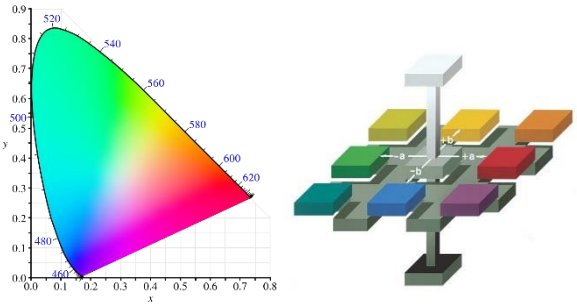

圖 1　C.I.E.1931 之色彩示意圖及 Lab 之示意圖[4][5]

結果與討論

CIE L*a*b*（CIELAB）常用來描述人眼可見的所有顏色的最完備的色彩模型。它是由國際照明委員會（Commission Internationale d'Eclairage 的首字母是 CIE）縮寫所提出的。L、a 和 b 後面的星號（*）是全名的一部分，因為它們表示 L*, a* 和 b*，不同於 L, a 和 b。因為紅／綠和黃／藍對立通道被計算為（假定的）錐狀細胞響應的類似孟塞爾值的變換的差異，CIELAB 是 Adams 色彩值（Chromatic Value）空間。三個基本坐標表示顏色的亮度（L*, L* = 0 生成黑色而 L* = 100 指示白色），它在紅色／品紅色和綠色之間的位置（a*負值指示綠色而正值指示品紅）和它在黃色和藍色之間的位置（b*負值指示藍色而正值指示黃色）[3]。本實驗乃遵循 C.I.E.的標準所繪製之 3D 圖形，本實驗為一組有 45 片是酸性染料染尼龍之試片，總共 27 組總計有 1215 片試片。此次實驗挑選了其中三組試片做為繪圖之呈現依據，並解釋如何利用此例來進行檢索：

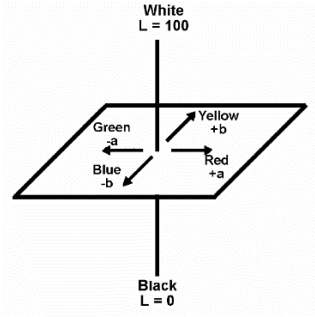

圖 2　L.a.b. 之示意圖[5]

由上圖來看可知道在此色彩空間內各色彩之色彩分佈情形，理論上此圖之中心位置應該為黑色，但實際結果將由以上實驗成果呈現。靜態部分則以色彩金字塔來分析每組色布之色彩分佈如下圖所示：

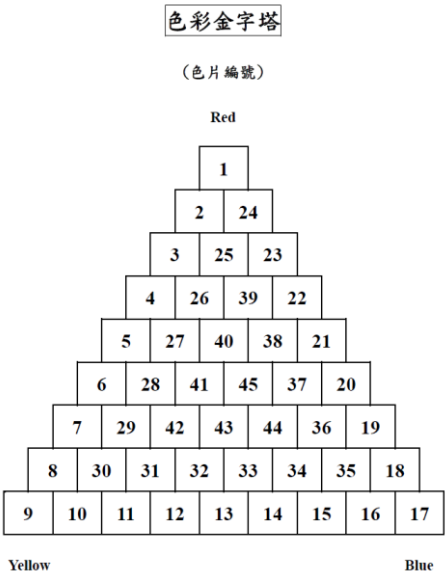

圖 3　色彩金字塔之色片編號

為便於解說，我們將前圖分割成三個三角形區域，分別命名為：1. 外三角、2. 中三角與 3. 內三角。三者所包含之色片編號及其個別所代表之三原色染料組合比例列示如下：

1. 外三角(#1～#24，24 個)

(b) \ (a)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
R(%)	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2	0.9	0.6	0.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
Y(%)	--	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2	0.9	0.6	0.3	--	--	--	--	--	--	--	--
B(%)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2	0.9	0.6	0.3

(a) 色片編號； (b) 染料比例

2. 中三角(#25～#39，15 個)

(b) \ (a)	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
R(%)	1.8	1.5	1.2	0.9	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
Y(%)	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	1.5	1.2	0.9	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
B(%)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	1.5	1.2	0.9	0.6

(a) 色片編號； (b) 染料比例

3. 內三角(#40～#45，6 個)

(b) \ (a)	40	41	42	43	44	45
R(%)	1.2	0.9	0.6	0.6	0.6	0.9
Y(%)	0.6	0.9	1.2	0.9	0.6	0.6
B(%)	0.6	0.6	0.6	0.9	1.2	0.9

(a) 色片編號； (b) 染料比例

下圖為便於分析而將前圖分割成三個三角形區域，並以不同顏色區別表示：

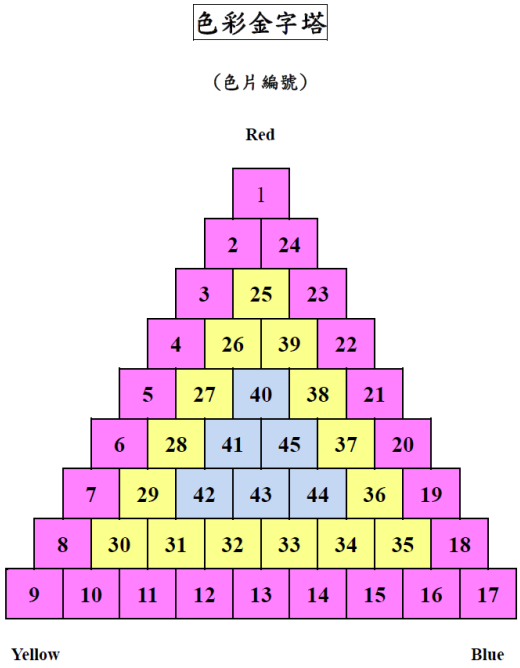

圖 4 色彩金字塔之 3 個三角形分佈示意圖

其中，特別值得一提的是三種特定類型的色片：

1. 三原色(#1、#9 與 #17)

色片編號	1	9	17
染料比例	R: 2.4 % Y: — B: —	R: — Y: 2.4 % B: —	R: — Y: — B: 2.4 %

2. 各二原色以 1∶1 的比例混合(#5、#13 與 #21)

色片編號	5	13	21
染料比例	R: 1.2 % Y: 1.2 % B: —	R: — Y: 1.2 % B: 1.2 %	R: 1.2 % Y: — B: 1.2 %

3. 三原色以 3∶3∶2 的比例混合(#41、#43 與 **#45)**

色片編號	41	43	45
染料比例	R: 0.9 % Y: 0.9 % B: 0.6%	R: 0.6 % Y: 0.9 % B: 0.9%	R: 0.9 % Y: 0.6 % B: 0.9%

三原色染料混合染色比例如下圖：

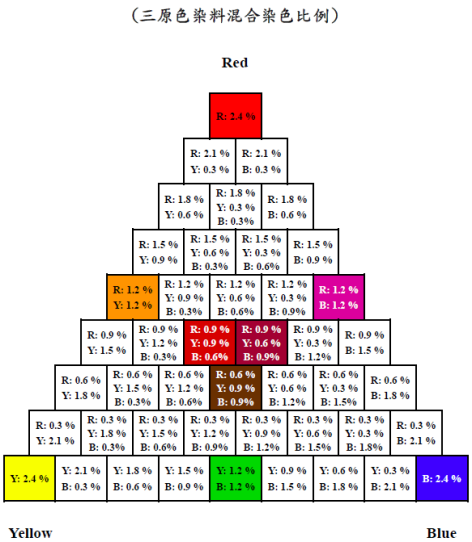

圖 5 色彩金字塔之純色分布示意圖

由上述靜態圖所呈現結果，故以下動態圖之重點會標出染料固定只有一種色彩以及固定濃度之色彩如第 1、5、9、13、17、21、25、30、35、40、42 及 44 片來做特別標示。由於動態圖在此論文中無法呈現，故全圖以及各特別標示之試布進行呈現及討論。

以下為動態圖之全圖：

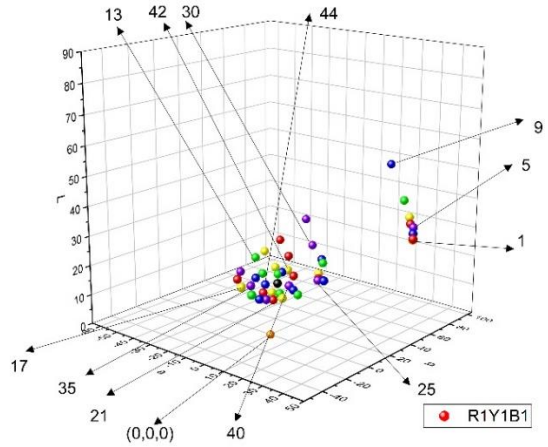

圖 6 染料配色組合 R1Y1B1 之動態圖

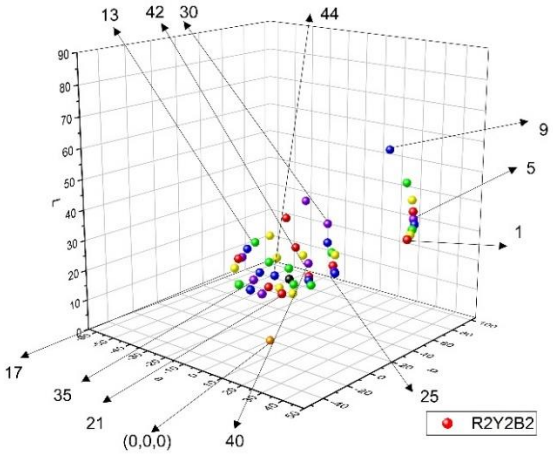

圖 7 染料配色組合 R2Y2B2 之動態圖

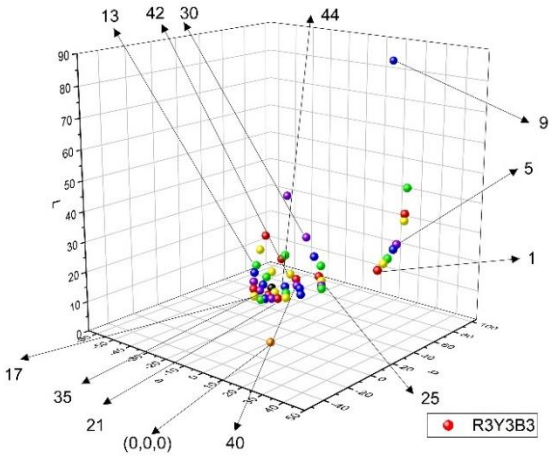

圖 8 染料配色組合 R3Y3B3 之動態圖

上三圖，係分別呈現染料配色組合 R1Y1B1 (圖 6)、R2Y2B2 (圖 7)與 R3Y3B3 (圖 8) 之色彩空間位置，每一個「染料配色組合」即有一「色彩金字塔」，每一「色彩金字塔」中即個別有此三原色不同但固定比例的組合，據此染著出 45 種不同的色彩。而由測色儀可得到每一色彩的 L、a、b 值，將之輸入電腦中，利用適合之軟體，即可繪製出本研究所計劃之 27 個 「Lab 色彩空間」動態圖。本文僅列示具代表性之三個動態圖。而由動態圖上進行觀察，各色彩以點呈現其個別在「Lab 色彩空間」中的相對位置。在圖 4 與圖 5 之「色彩金字塔」中所呈現三原色染料比例變化及其相對應之編號，係依逆時針螺旋形方向建置。而在「染料配色組合」動態圖中，各色彩依編號順序移動之行進路線，亦呈現逆時針螺旋形方向，由右向左方移動(如圖 6 - 8)。不同之處在於：前者以 2D 平面模式呈現，後者則以 3D 立體模式呈現。另外，染料配色組合之「Lab 色彩空間」動態圖中，各個圓形點即代表一種色彩，亦即，每一個圖所呈現之「Lab 色彩空間」動態圖中皆有 45 個不同的色彩。為了讓此動態圖之使用者在觀看時能看得清楚且眼睛較不易感到疲勞，動態圖中圓形點出現時，係刻意依孟塞爾色彩系統(Munsell Color System)的顏色排序：紅 → 黃 → 綠 → 藍 → 紫的順序來進行排列。

動態圖的概念是取自於 C.I.E Lab. 3D 立體之色彩空間所建立之檢索圖形，如下圖 9 所示：

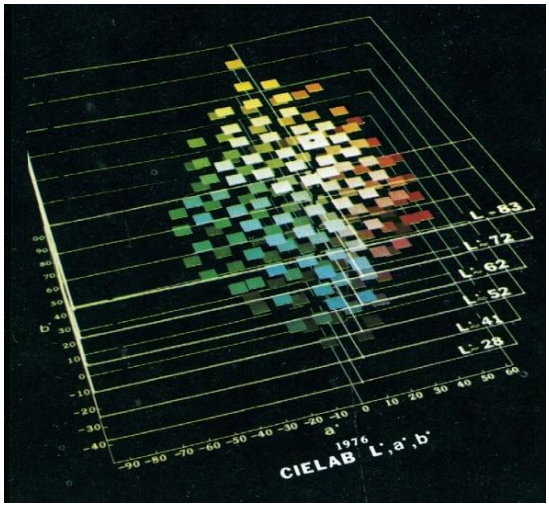

圖 9 C.I.E. L.a.b. 之 3D 模型[5]

由實驗中發現有些試片經過重新染色後結果都不如理論中所表示之動態呈現，也就是該試片所呈

現在圖上之點並不是所預期之位置。

歸類以上結果 可能發生誤差之原因如下：

1. 母液之調配過程有污染；
2. 母液之調配過程染料成分比例有誤差；
3. 助劑配方有誤，導致試布產生偏差；
4. 染色過程之升溫曲線有誤；
5. 染色過程中高溫高壓之鋼瓶之瓶身與蓋子密合度不佳導致甘油滲入試布中影響染色之結果；
6. 染色完成之試片在烘乾過程中有污染；
7. 電腦測色儀可能因設備老舊在檢測數據時產生誤差。

以上檢討後又再進行了同樣的實驗再反覆染色了三次，但原先產生了點位偏差之試片卻還是呈現一樣的位置，故表示也有可能是布料染色在此濃度下所呈現出的點的趨勢即是如此。此類實驗以相同方式也可更改布料種類以及染料種類已進行實驗並做出圖表以方便應用在學術界與產業界進行檢索與對色依據。

結論

本專題研究以不同染料比例所染色之染色尼龍布色片，以 Datacolor 電腦測配色系統測得其 Lab 值，證實透過該色片樣本之檢索，可有效地尋找到所需求之試樣布色，此可協助業界在染色前預測色彩的方便性及準確性，降低使用過多的時間進行色樣的找尋及測色步驟，可有效率地找出關鍵色之染料配方進行染色，以做為染色的參考，期望有助於學界及產業界的應用。

參考文獻

1. 嚴建國，三種商用染色打樣機對不同織物染著機制之研究(一)，亞東學報第 26 期(2006)
2. 嚴建國，三種商用染色打樣機對不同織物染著機制之研究(二)，亞東學報第 27 期(2007)
3. 維基百科 https://zh.wikipedia.org/zh-hant/Lab%E8%89%B2%E5%BD%A9%E7%A9%BA%E9%97%B4
4. 維基百科 https://zh.wikipedia.org/wiki/CIE1931%E8%89%B2%E5%BD%A9%E7%A9%BA%E9%97%B4
5. Technical Services Department Hunter Associates Laboratory, Inc. , Insight on Color, *Hunter L,a,b Color Scale*, Vol.8 ,No.9 (2008)