

色紙顏色深淺變化與人眼對色可辨認色差值之關係

郭蘭生⁽¹⁾ 蕭文鎮⁽¹⁾

【摘要】配製色紙時之對色所發生之色差值與各種顏色之深淺(以明度值表示)變化有關。本研究結果顯示各種顏色之色紙均以深色較淺色有較大之人眼可辨認色差值。黃及綠色較紅、橙、藍及紫色者有較小之允許色差值。

【關鍵詞】明度(深淺)、色差、人眼對色

A Relationship Between Lightness Variations and Color Difference While Performing Visual Matching for Various Colored Paper.

Lan-Sheng Kuo⁽¹⁾ Wen-Jenn Shiau⁽¹⁾

【Abstract】An acceptable color match is made by visual identity in lightness between two pieces of colored paper with the same hue and saturation. The results of this experiment showed that the dark shades exhibit higher color difference than those of light ones on visual matching. In contrast to red, orange, blue, and violet shades, green and yellow have less color difference which must be taken into consideration during color matching.

【Key words】Lightness, Color difference, Visual matching

一、前言

紙廠抄造色紙之諸問題中以對色(Color matching)時，常發生色差(Color difference)

(1) 國立中興大學森林研究所教授及研究生，臺灣省臺中市402。

Professor and graduate student, Research Institute of Forestry, NCHU, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

太大，人眼可辨出之缺點最為頭痛。輕者紙料損失，嚴重時遭客戶因不對色(Mismatching)退貨之噩運。作者往昔曾對影響色紙顏色之因子^(1,2)做過深入之探究。但鑑於色紙製造者無法自客戶提供的標準色紙樣品找出原始染料配方，故配出之色紙總是有少許色差存在。

紙業為求獲色差小至人眼不可辨出之色差配方，輒在色差值與人眼辨認色差範圍中去找關係。孰不知各種色紙配方之尋求，最後之調整總是在顏色深淺中打轉。查諸文獻對於同一色調(Hue)及彩度(Saturation)，但明度(Lightness)即深淺不同之色紙於人眼對色時之允許色差值是否皆相同？卻無說明。

本試驗目的在探討(i)顏色深淺對人眼對色之影響及(ii)色調及深淺不一之各種色紙與人眼對色可接受之色差值大小關係。此外，尚期能將試驗結果提供本省抄造色紙廠之參考。

二、試驗材料與方法

(一)材料

1. 紙漿

NBKP: 針葉樹漂白硫酸鹽紙漿(加拿大進口漿)。

LBKP: 闊葉樹漂白硫酸鹽紙漿(中華紙漿公司)。

以荷蘭式打漿機打漿上述紙漿至游離度 $450 \pm 10 \text{ mL C.S.F}$ 後脫水約至25%含漿率。並以NBKP:LBKP=3:7(重量比)比例混合備用。

2. 染料

陰性直接染料: Direct Black VF, Direct Scarlet 4BS, Direct Yellow 12, Direct Sky Blue 6B, 上述染料均由中豪染料公司提供。

3. 添加物

硫酸鋁(Alum): $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 白色粉末，日本林純製藥工業株式會社。

(二)儀器

分光光度計: 美製DIANO MATCH-PAK I, 可測定染料之反射率及CIE $L^*a^*b^*$ 值，每隔10nm測定一次，在可視光波域400-700nm間有31個測點。

(三)試驗方法：

將直接性黑色染料(Direct Black VF)之染液按染料0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0及3.0%添加量染著8g絕乾之混合漂白硫酸鹽紙漿。充分攪拌5min後，添加2%硫酸鋁再攪拌5min。按CNS 11375[標準染色紙樣抄造法]以手抄紙機抄造成基重 100 g/m^2 之標準色紙。經恆溫恆濕室調濕1天後以分光光度計測定各色紙之CIE $L^*a^*b^*$ 值繪出在可見光波長域400-700nm之反射率曲線。各種染料添加量濃度按嘗試錯誤法(Trial and error)增減至色差恰為 1.0 ± 0.1 為止，再求新色紙之顏色值及正確色差及明度差值(ΔL^*)。同時請5位視力正常的人在天光下將各種深淺不一的黑色紙進行人眼對色並按通過(不易分辨色差, PASS)及不通過(可分辨

色差, FAIL)註明人眼對色結果。

又為瞭解色調及深淺不一之紅、橙、黃、綠、藍及紫色紙對人眼對色結果之影響。本試驗採用直接性紅(Direct Scarlet 4BS)、黃(Direct Yellow 12)及天藍(Direct Sky Blue 6B)等三種染料按0.2%及2.0%添加量及前述色紙抄造法抄出100g/m²基重之標準色紙。此外,分別利用色混原理(Color mixing law)按紅:黃=1:1(橙色),黃:藍=1:1(綠色),紅:藍=1:1(紫色)之混合比抄造橙、綠及紫色紙。最後再抄成恰至人眼不易分辨色差之各種色紙以瞭解顏色深淺對各種色調色紙人眼對色之影響。

三、結果與討論

(一)顏色深淺對人眼對色之影響

色紙對色之結果有(一)絕對對色:兩張色紙之顏色在各種光源下皆吻合(二)條件對色:兩張色紙之顏色在某種光源下對色,但換一種光源卻不對色之謂⁽³⁾。無論如何對色最後之判定者總是客戶的眼睛。表1說明深淺不一之各種黑色紙若僅調整染料添加量可獲色差值均在人眼不易辨識之1.0左右。有趣者為各種色紙之CIE L*a*b*顏色值只有L*值不同,a*及b*值幾乎一致。基於此,以視覺正常之人眼在天光下進行人眼對色結果,以染料添加量較少之0.1~0.5%間色紙在相同色差值1.0時尚能為人眼辨出色差,而深色者則不易分辨。究其因,可能為深色紙反射較少反射光至人眼,故可容忍較高之色差值。此結果與實際抄造色紙時深色紙易對色之事實完全符合。

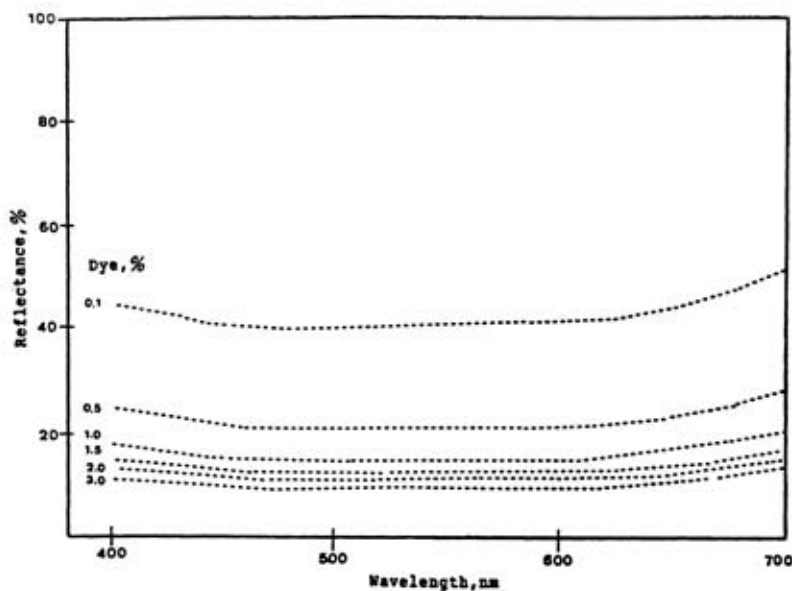


圖1. 黑色紙之系列濃度反射率圖

Fig. 1 Series concentration reflectance curves of various black paper

圖1. 為表1. 所示諸黑紙之反射率曲線。在500nm波長反射率較低（即最大吸收）處，各曲線之反射率差距以0.1%染料添加量與0.5及1.0%間差距較大，只要顏色深淺發生少許變化，人眼即可察覺色差；但1.0~3.0%染料添加量，諸曲線之反射率間差距甚小，故色差值變化不易為人眼察覺。

表1. $\Delta R / \Delta \text{Dye dosage}$ 之比值與人眼評定對色結果之關係Table 1. Ratio of $\Delta R / \Delta \text{Dye dosage}$ vs visual matching for various black paper

Dye. %	Reflectance at 500nm	ΔR	$\Delta R / \Delta \text{Dye dosage}$	ΔL^*	ΔE	Visual matching
0.1	40.70					
0.112	38.91	1.8	144.0	1.0	1.0	F
0.5	21.34					
0.525	20.38	0.96	38.4	1.0	1.0	F
1.0	15.00					
0.95	15.84	0.84	16.8	1.1	1.1	P
1.5	12.76					
1.4	13.40	0.64	6.4	1.0	1.0	P
2.0	11.46					
1.9	12.16	0.70	7.0	1.1	1.1	P
3.0	9.72					
2.75	10.36	0.64	2.56	1.1	1.1	P

- ΔR : Difference in reflectances for each pair.
- $\Delta \text{Dye dosage}$: Difference in dye dosage for each pair.
- $\Delta E = (\Delta L^*^2 + \Delta a^*^2 + \Delta b^*^2)^{1/2}$
- F: FAIL, P: Pass
- Visual matching is carried out by observers with normal vision under sky light.

又由表1中吾人所提出之各種染料添加量之兩張黑色紙在500nm波長處之反射率差異與相對之染料添加量差異之比值($\Delta R / \Delta \text{Dye dosage}$)於色差值如皆控制在1.0左右(人眼不易辨出色差)時之人眼對色結果知染料添加量較低之淺色黑紙的比值較大，表示單位染料添加量

之變化可引起明顯之反射率差異。如此根據各色紙反射率基礎資料所計算出之黑色明度L*值差異自是較大(4)，結果人眼很易分辨出對色時之少許色差值。此為淺色紙對色不易又一佐證。

(二)色調及深淺不一之色紙對人眼對色之影響

前節以顏色深淺不同之黑色紙為例說明深色紙較淺色紙易配製及對色，但是否可適用於紅、橙、黃、藍及紫等反射域迥異之色紙？由圖2所示知人眼視效率(圖中之小黑圓點所示圖形)較高之綠及黃色紙有較嚴格之容許色差值(色差值大多均小於1.0)，而紅、橙、藍及紫色紙者因人眼視效率較低，故對色時有較大之允許色差值(大於1.0)。又為使讀者易瞭解各色紙之顏色，吾人特按L*a*b*表色系統及孟賽爾表色系統之顏色值列於各色點之下方。綜觀之，不論何種色調之色紙皆以深色紙(圖中之實線)較淺色紙(圖中之虛線)易對色。

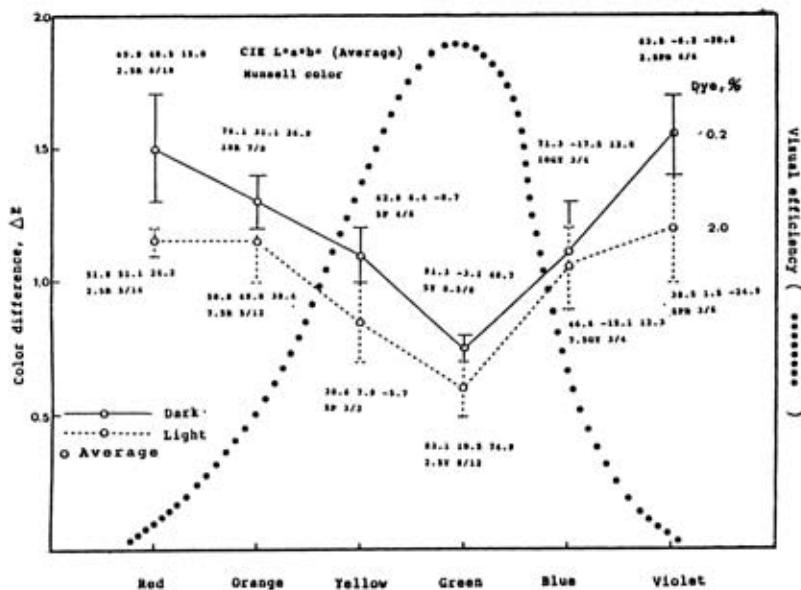


圖 2. 色調及深淺不一之各種色紙對人眼對色結果之影響

Fig. 2. Effect of various colored paper with the variations in hue and lightness on the results of visual matching.

四、結論

1. 本試驗所用之深淺不一黑色紙於對色時，輒以染料添加量1.0%以下之淺色紙不易對色，而大於1.0%以上深色紙則有較大之色差允許度易於對色。
2. 綠及黃色紙之主要波長反射域由於正好位於人眼較敏感地帶，故不易對色；而近人眼視效率較低之紅及紫外光區之紅、橙、藍及紫色紙則有較大之色差允許差易於對色，各種色調之色紙亦均以淺色者不易對色。
3. 綜言之，紙廠抄造淺色紙時應小心控制所有影響色紙顏色之因子以達對色之目的。

五、參考文獻

1. 郭蘭生、杜明宏(1987)影響紙染色因子之研究，漿與紙月刊79期：5-22。
2. 郭蘭生、藍浩繁(1989)填料及添加物對色紙染色之影響，中華林學季刊22(3)：105-118。
3. 郭蘭生(1989)工業色彩學在染色工程上之應用，中華民國紡織業外銷拓展會。
4. Gunter Wyszecki, W.S. Stiles (1982) Color Science : Concepts and methods, quantitative data and formulae. A Wiley-Interscience publication, New York, U.S.A.