

染色织物上的染料浓度与刺激度的关系

李质和 刘昌南

(西北纺织学院)

【摘要】 本文通过理论上的推论以及实验检验证明染色织物三刺激值之和($X + Y + Z$)与织物上的染料量有着定量的关系。

在研究染色问题时, 常需了解纤维上染料的含量, 简单测试织物上的染料量是大家关心的问题。目前测试的方法主要有溶液法和直接比色法, 本文介绍的方法属于后者。

一、推论及实验

Guelk 等人^[1]曾设计一简单模型, 用一堆有色平板代替织物上的纤维束, 研究它们对光的反射现象, 发现其反射率与染料含量不呈线性关系, 不能用反射率 R 直接表示染料浓度 c 。当平板很多(相当于一块厚织物)时, 它对光的反射率 R 与该物体上的染料浓度 c 之间有下列关系:

$$2BC = \frac{A(1-2A) + R - 4AR}{R - A} \quad (1)$$

式中: A 为纤维表面的反射系数; B 为染料的

消光系数与纤维厚度的乘积。

此外, Kubelka 等人对不透明介质的反射现象也进行了深入的研究, 得到多个不同的染料浓度与反射率的复杂关系, 其中最实用的是 Kubelka-Munk 方程^[2]:

$$(K/S)_\lambda = (1 - R_\lambda)^2 / 2R_\lambda \quad (2)$$

式中: λ 为波长, R_λ 是染色织物对波长为 λ 的光的反射率; K_λ 是染色织物对波长为 λ 的光的吸收系数; S_λ 是染色织物对波长为 λ 的光的散射系数。

当染料含量不很高时, 染色织物的 K/S 值与其染料含量呈线性关系^[2]:

$$(K/S)_\lambda = \phi_\lambda \cdot c \quad (3)$$

式中: ϕ_λ 为比例常数。当由几只染料进行拼

混时具有加和性^[2]：

$$(K/S)_\lambda = \phi_{1\lambda} \cdot C_1 + \phi_{2\lambda} \cdot C_2 + \dots + \phi_{n\lambda} \cdot C_n \quad (4)$$

式中：脚注 1, 2 …… 等代表各染料。只要测出染色织物的 R (以 λ_{max} 处为宜) 值, 换算成 K/S 值, 即可表示织物上的染料相对含量。测试有色织物的分光反射率, 在反射式分光光度计上进行。

现代科学的发展, 已赋与颜色数值化, 即任何一种颜色皆可用三刺激值 X, Y, Z 表示。有色纺织品的颜色由染色实现, 织物上染料含量不同, 该色彩浓淡也不同, 三刺激值随之变化, 因此 X, Y, Z 值必然与织物上的染料量有一定的函数关系。表面色三刺激值的计算方法是光源的相对光谱功率分布 E_λ , 物体的分光反射率 R_λ 和 CIE 标准观察者三刺激值的乘积的加权值^[2]：

$$\begin{cases} X = k \sum E_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \bar{x}_\lambda \cdot \Delta\lambda \\ Y = k \sum E_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \bar{y}_\lambda \cdot \Delta\lambda \\ Z = k \sum E_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \bar{z}_\lambda \cdot \Delta\lambda \end{cases} \quad (5)$$

式中 R_λ 与织物上染料含量成非线性关系, $X+Y+Z$ (称为刺激度 B) 与织物上染料浓度亦无线性关系 (见图 1), 但和分光反射率 R_λ 与染料浓度的关系相似。用分散性染料染纯涤纶斜纹织物, 直接染料染纯棉纱布, 酸性染料 (强酸浴) 染纯毛华达呢, 弱酸性染料染真丝双绉, 阳离子染料染针织腈纶织物均有类似的曲线。从图 1 看出, 不能用刺激度直接表示织物上的染料浓度。但是, 刺激度 B 与分光反射率 R_λ 有如下的关系：

$$B = X + Y + Z = k \sum R_\lambda \cdot E_\lambda [\bar{x}_\lambda + \bar{y}_\lambda + \bar{z}_\lambda] \Delta\lambda \quad (6)$$

式中： k 是常数, 为 Y 值的调整因数； $\bar{x}_\lambda, \bar{y}_\lambda, \bar{z}_\lambda$ 为 CIE 标准观察者光谱三刺激值。当光源一定, $k, E_\lambda, \bar{x}_\lambda, \bar{y}_\lambda, \bar{z}_\lambda$ 均为定数, 计算或查表可得, B 值是 R_λ 的函数。与 Kubelka-Munk 函数式 (2) 相比较, B 和 K/S 均是 R_λ 的函数, 只是函数形式不同而已。 $K-M$ 公式经许多假设而来, 当织物上染料浓度不高时, 由式 (3) 可见, K/S 值与染料浓度有线性关

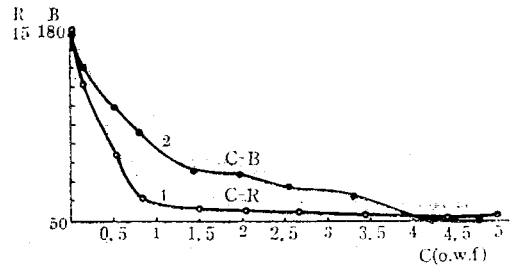


图 1 福隆艳黄 E-RGFL 染色织物上 C 与 B 及 R 值的相关性

Fig 1 The correlativity between the concentration of dye, stimulate degree and reflectivity of fabric dyed with Foron Brill Yellow ERGFL

系。从理论上推论, B 值经过相似的处理。

$$S_t = (A - B)^2 / 2B \quad (7)$$

式中： A 是未染色织物的刺激度； B 是染色织物的刺激度； S_t 值应与织物上的染料浓度有较好的线性关系。

为了验证上述推论是否正确, 进行了如下实验：

1. 用直接大红 4BS、锡利黄、直接湖蓝 5B, 用常规染色法分别染纯棉纱布。
2. 用酸性红 3B、酸性嫩黄 G、酸性湖蓝 A, 用常规染色法分别染纯毛华达呢。
3. 用弱酸性红 GRS、弱酸性黄 G、弱酸性蓝 AS, 分别用常规染色法染真丝双绉。
4. 用阳离子红 FG、阳离子黄 7GL、阳离子艳蓝 GL, 分别用常规染色法染针织腈纶织物 (以上染色过程和染色结果从略)。
5. 用分散红 3B、福隆艳黄 E-RGFL、分散深蓝 2BLN, 分别用高温法染纯涤纶华达呢, 染色配方如下：

染料 (o.w.f)	%
分散剂 MF 克/升	0.5
渗透剂 JFC 克/升	2
pH	5~5.1
浴比	1:100

织物室温起染, 快速升温至 90℃, 以 1℃/分的速度升至 120℃, 保温半小时, 降温水洗,

然后置于5克/升肥皂溶液中煮10分钟，再水洗、晾干。

染色织物用CM-70型色彩计和MS-2020-PL反射式分光光度计分别测定各染色织物的X、Y、Z值和R值(λ_{max} 处)及K/S值，然后用二甲基酰胺剥色，测定剥色液的光密度值，计算织物上的染料量C(o.w.f)。现将分别用染料福隆艳黄E-RGFL、分散红3B和分散深蓝2BLN染色的各染色织物的 S_t 值、K/S值与C的相关性绘制成图2、3、4。

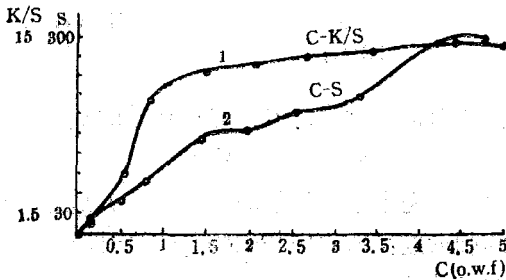


图2 福隆艳黄E-RGFL染色织物上C与 S_t 值及K/S值的相关性

相关系数：1为0.854；2为0.986。

Fig 2 The correlativity between the concentration of dye and S_t Value, K/S value of fabric dyed with Frono Brill Yellow E-RGFL

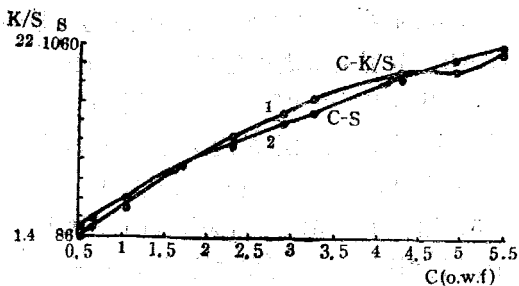


图3 分散红3B染色织物上C与 S_t 值及K/S值的相关性

相关系数：1为0.978；2为0.995。

Fig 3 The correlativity between the concentration of dye and S_t Value, K/S value of fabric dyed with disperse Red 3B

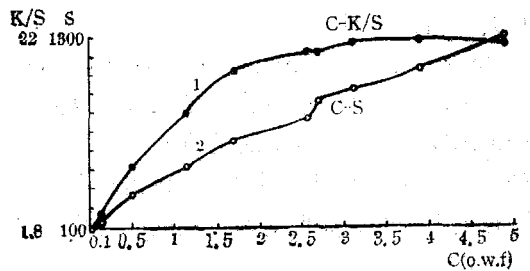


图4 分散深蓝2BLN染色织物上C与 S_t 值及K/S值的相关性

相关系数：1为0.933；2为0.986。

Fig 4 The correlativity between the concentration of dye and S_t Value, K/S value of fabric dyed with disperse Navy blue 2BLN

二、结果和分析

不论分析相关图形和相关系数均能得出如下结论：当织物上的染料浓度不太高($C \leq 5$)时， S_t 与C有较好的线性关系。上述实验范围比较广泛，除分散性染料染聚酯纤维外，其他直接染料染纤维素纤维，酸性染料染蛋白质纤维，阳离子染料染腈纶纤维等均可得到类同的相关性。使用此法表示多个同类染色织物上染料浓度的相对值极为方便，只要将它们用光电测色仪测出其三刺激值，根据式(6)和式(7)计算它们的 S_t 值，就可以了解这些织物上染料相对浓度。若需表示织物上的染料绝对量，仍需辅以溶液法，预先求得不同几只染料浓度色织物的 S_t 值和C值，作出标准曲线，其余同类色织物，测得 S_t 值后，从标准曲线上得到该色织物上实际的染色浓度。

本文得到姚穆教授的指教，在此敬致谢意。

参 考 资 料

- [1] Vikerstaff: 《染色物理化学》，p. 66, 纺织工业出版社，1959年。
- [2] 徐行等: 《仪器测色在纺织工业中的应用》，p. 211~213, 纺织工业出版社，1988年。