

文章编号: 1673-3851 (2012) 03-0307-04

# 纬全显色提花织物的混配色算法研究

王春燕<sup>1</sup>, 刘 阳<sup>2</sup>, 李 丹<sup>1</sup>, 李 静<sup>1</sup>, 周 华<sup>1</sup>

(1. 浙江理工大学 先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018; 2. 巨石集团有限公司, 浙江 桐乡 314500)

**摘 要:** 为了使用 Kubelka-Munk 双常数理论求出纬全显色提花织物的单纱表面比例和预测织物颜色, 首先使用最小二乘法计算单纱的吸收系数  $K$  和散射系数  $S$ 。采用红、黄、蓝、绿 4 种颜色为纬纱, 按两组分不同比例混合交织得到单经双纬的纬全显色提花织物试样并对其颜色进行测量, 求出  $K$  值和  $S$  值后, 得到纬全显色提花织物的配色算法, 并对织物中各纬纱颜色的表面比例进行预测。在所测试的 60 个试样进行颜色匹配, 色差约为 1.5 个 CIELab 单位, 对于拟合得到的单纱比例误差也在 2.1% 左右, 表明该模型可以较好地解释纬全显色提花织物颜色与各单纱颜色比例之间的关系。

**关键词:** 纬全显色; 提花织物; 吸收系数; 散射系数; 色差

**中图分类号:** TS193.13      **文献标识码:** A

提花织物由于设计和生产的技术含量较高, 在纺织产品中属于高附加值产品, 其应用遍及服装、服饰、家纺等与人们日常生活密切关联的消费领域。提花织物的交织结构是一种立体的、非叠加混合色, 并且具有丰富的织物外观颜色, 所以导致在织造过程中颜色无法精确预测<sup>[1-2]</sup>。也就是说目前这种基于交织结构的多彩影光效果的显色规律缺乏对应的色彩显色模型, 因此需要建立一个全新的用于数码提花织物设计的色彩显色模型, 来预测提花织物的颜色和织物结构。对织物组织中的单纱表面比例和织物颜色之间的关系进行探讨, 从而得到显色模型, 为进一步的技术应用奠定基础。

机织物由经纬纱线按照一定的浮沉规律进行交织而成。它的表面是通过彩色经纬纱线的交织细点或细线紧密排列而成, 在一定的视觉空间外, 可以混合成新的颜色。因此提花织物的显色原理是光的混合, 即加法混色的一种, 其显色规律符合格拉斯曼定律<sup>[3]</sup>。

目前有文献研究已指出运用 Kubelka-Munk 双常数理论预测混色织物染色配方和染料配方, 并且

取得较好的结果<sup>[4-7]</sup>。CHE Jiang-ning 将 Kubelka-Munk 双常数理论应用于有色棉纤维混色的颜色预测中<sup>[4]</sup>。Burlone 以尼龙为实验试样, 提出使用 Kubelka-Munk 双常数理论来预测混色织物的颜色, 他强调 Kubelka-Munk 双常数理论可以有效地预测有色纤维颜色混合和颜料混合后颜色<sup>[5]</sup>。以上研究各有特色, 但还未见将 Kubelka-Munk 双常数理论应用于提花织物结构的混配色运算中的报道。为此本文基于 Kubelka-Munk 双常数理论, 先使用最小二乘法计算单纱的吸收系数  $K$  和散射系数  $S$ , 从而得到纬全显色提花织物的色彩显色模型, 本文将织物中经纬纱线的表面显现率视为染料比例, 对织物中各纬纱颜色的表面比例和织物颜色进行预测。为后期系统研究纱线表面比例与提花织物结构的关系奠定基础, 实现提花织物结构与所需颜色的一一对应, 最终投入实际应用。

## 1 实验部分

### 1.1 材料和试样制备

纬显色结构是目前色织提花织物较多采用的一

收稿日期: 2011-07-06

基金项目: 国家自然科学基金委主任基金项目(61040024)

作者简介: 王春燕(1987-), 女, 内蒙古赤峰人, 硕士研究生, 主要从事纺织计算机应用研究。

通讯作者: 周 华, 电子邮箱: hzzh@zstu.edu.cn

种显色方法,其主要代表为东方的丝绸织锦(Chinese tapestry),如丝织彩色像景<sup>[8-9]</sup>,由高密低旦的桑丝织制而成,一色丝作经,多色丝选纬,提花织物组合全显色结构可使提花织物质地较细腻,手感较丰满,立体感较强。

本文选用红、黄、蓝、绿 4 种颜色的真丝纱线为纬纱,经纱颜色为白色,按两组分不同的单纱比例织成单经双纬的纬全显色提花织物,甲乙纬组合方式为蓝红纬(BR)、红绿纬(RG)、红黄纬(RY)、蓝绿纬(BG)、蓝黄纬(BY)、绿黄纬(GY)共 6 种组合方式。在纬线全显色的条件下,十六枚纬缎的过渡组织,保持一种色纬的色彩面积不变,逐渐减少另一色纬的色彩面积,从而获得一系列的纬全显色结构织物。十六枚纬缎的结构变化为:甲乙纬的色彩面积比依次为 15 : 4; 15 : 8; 15 : 11; 15 : 12; 15 : 14; 15 : 15; 14 : 15; 11 : 15; 8 : 15; 4 : 15,共 60 个样品。试样的上机工艺参数见表 1。

表 1 试样原材料与上机工艺参数

	颜色	原材料	线密度	上机密度
			/dtex	/(根/cm)
经线	白(W)	全真丝	23.3×2	115/70(1 cm) (16 枚)
纬线	红(R)、蓝(B)、 绿(G)、黄(Y)	全真丝	23.3×2	

1.2 反射率的测试

样品的反射率采用 Datacolor 600 plus 光谱光度仪(Datacolor 公司)测试,在 D65 光源 10°视角下进行操作。波长范围选用 400 ~ 700 nm,间隔 10 nm,测量孔径为最大孔径 30 mm。对于纬全显色提花织物试样,要求织物纹理必须一致且在纹理的同一方向测量,并要求织物试样平整无折痕。将测试织物折成 4 层,确保测试织物不透光;对于单色纱线,则要将纱线均匀地绕在一定宽度的白板上,直到纱线完全遮盖住白板再进行测量。为了确保测量数据的准确可靠性,避免人工操作引起的误差,每个样品对不同部位进行多次测量,直到测量值与样品平均的色差小于 0.2 CIELab 色差单位。

1.3 色差计算

匹配样的反射率  $R$  和实际纬全显色提花织物的反射率  $R$  之间的色差大小是评价模型优劣的一个重要指标,色差是明度差、彩度差和色相差的综合效应。本文采用的 CIELab1976 色差公式<sup>[10]</sup>。

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} \quad (1)$$

其中: $\Delta L$ 、 $\Delta a$ 、 $\Delta b$  为标准样和匹配样之间的明度差和彩度差。

$$\begin{aligned} L^* &= 116\left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{1/3} - 16 \\ a^* &= 500\left[\left(\frac{X}{X_0}\right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{1/3}\right] \\ b^* &= 200\left[\left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^{1/3}\right] \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $X_0$ 、 $Y_0$ 、 $Z_0$  为理想白色物体的三刺激值。其中: $\frac{X}{X_0}$ 、 $\frac{Y}{Y_0}$ 、 $\frac{Z}{Z_0}$  应大于 0.008856,否则应按下式计算:

$$\begin{aligned} L^* &= 903.3 \frac{Y}{Y_0} \\ a^* &= 3893.5 \left(\frac{X}{X_0} - \frac{Y}{Y_0}\right) \\ b^* &= 1557.4 \left(\frac{Y}{Y_0} - \frac{Z}{Z_0}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

三刺激值  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  的计算公式如下:

$$\left. \begin{aligned} X &= k \cdot \Delta\lambda \cdot \sum_{400}^{700} \bar{x}_\lambda \cdot R_\lambda \cdot E_\lambda \\ Y &= k \cdot \Delta\lambda \cdot \sum_{400}^{700} \bar{y}_\lambda \cdot R_\lambda \cdot E_\lambda \\ Z &= k \cdot \Delta\lambda \cdot \sum_{400}^{700} \bar{z}_\lambda \cdot R_\lambda \cdot E_\lambda \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中: $k$ —常数,称为调整因数; $R_\lambda$ —匹配样的反射率; $\bar{x}_\lambda$ 、 $\bar{y}_\lambda$ 、 $\bar{z}_\lambda$ —标准色度观察值,可查表得到; $E_\lambda$ —标准光源的能量分布,可查表得到。

2 最小二乘法求解  $K$  和  $S$

为使用 *Kubelka-Munk* 双常数理论求出纬全显色提花织物的单纱表面比例和预测织物颜色,首先根据最小二乘法计算各单纱的吸收系数  $K$  和散射系数  $S$ 。通过最小二乘法逼近,使计算值与真实值之间的差异最小。 $K/S$  值由 *Datacolor* 测试仪直接得出。

对于有两种有色纤维的情形,需要确定 4 个参数,两对  $K$  和  $S$  值。根据 *Kubelka-Munk* 双常数理论,有以下等式成立:

$$\frac{K}{S} = \frac{\sum_n C_n K_n}{\sum_n C_n S_n} \quad (5)$$

对于两种单色纱,则有以下公式:

$$(K/S)_{\text{mix}} = \frac{C_1 K_1 + C_2 K_2}{C_1 S_1 + C_2 S_2} \quad (6)$$

变换式(6)可得到如下公式:

$$0 = -C_1 K_1 - C_2 K_2 + (K/S)_{\text{mix}} (C_1 S_1 + C_2 S_2) \quad (7)$$

设:  $A_{m,1} = -C_1, \quad A_{m,3} = C_3 * (K/S)_{\text{mix}},$   
 $A_{m,2} = -C_2, \quad A_{m,4} = C_4 * (K/S)_{\text{mix}}。$

$$B = \begin{bmatrix} A_{1,1} & \cdots & \cdots & A_{1,4} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_{m,1} & \cdots & \cdots & A_{m,4} \\ 1 & \cdots & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

(8)

依据公式( $Y=B * X$ )以及  $Y = \begin{bmatrix} 0_1 \\ 0_2 \\ \cdots \\ 0_m \\ 1 \end{bmatrix}$

(9)

求出未知矩阵向量为:  $X = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ S_1 \\ S_2 \end{bmatrix}$

(10)

上式中,由于测量矩阵  $Y$  为零矩阵,所以必须强制最后一项为 1。否则,如果  $Y$  为零矩阵,这个线性方程组将无解。这样,通过最小二乘法可以求出单色纱的吸收系数  $K$  和散射系数  $S$ 。上述计算可求得在某一特定波长下的解。如果对可见光谱范围内 400~700 nm,每隔 10 nm 计算一次,就可以得到 31 个波长下每种有色纤维的  $K$  值和  $S$  值。

3 结果与讨论

为验证 Kubelka-Munk 双常数理论对预测纬全显色织物结构是否具有可行性,本文制备了一系列的纬全显色提花织物试样。其中织成的试样按照上述最小二乘方法求出 4 种单纱在各个波长下的吸收系数  $K$  和散射系数  $S$ , $K$  值与  $S$  值的准确性对求解单纱表面比例十分重要。将计算得到 4 种彩色单纱的  $K$  值、 $S$  值和  $K/S$  值转化为图,如图 1、图 2、图 3 所示。

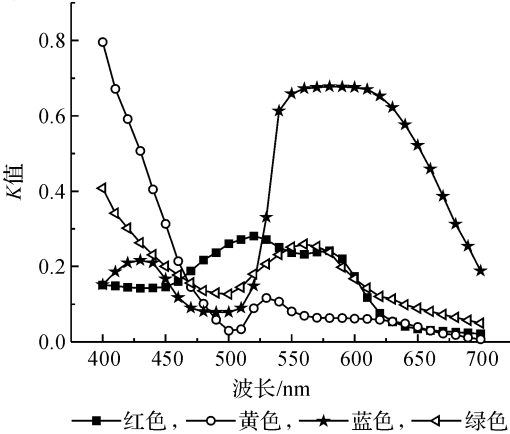


图 1 4 种彩色单纱的  $K$  值

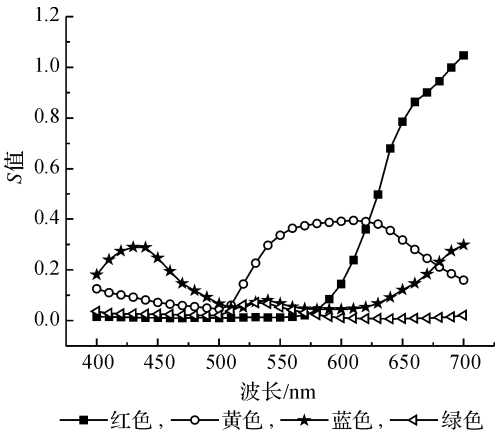


图 2 4 种彩色单纱的  $S$  值

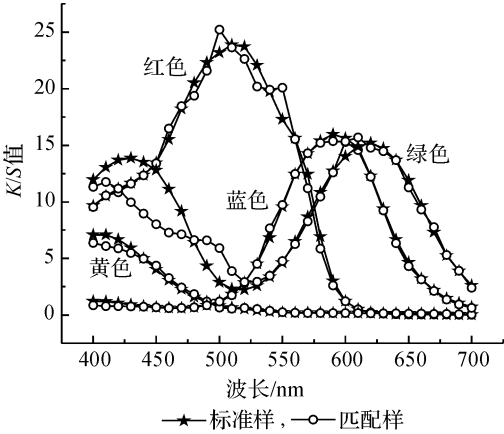


图 3 4 种单色纱测量  $K/S$  值与计算  $K/S$  值比较

通过上述方法计算所得各单纱的吸收系数  $K$  和散射系数  $S$ ,首先结合 Kubelka-Munk 双常数理论求得单纱的  $K/S$ ;然后根据  $K/S$  与反射率  $R$  之间的转化公式,可以求出单纱匹配样的反射率  $R$ ;最后根据上述色差公式可以求出单纱测试样和单纱匹配样的色差,如表 2 所示。

表 2 4 种单纱计算值和匹配值色差

单纱颜色	色差 $\Delta E$
红色	1.72
黄色	2.86
蓝色	2.64
绿色	2.52

由表 2 和图 1 至图 3 可以看出,通过上述最小二乘方法计算所得的  $K/S$  值曲线与实际测量  $K/S$  值曲线相吻合且色差较小,所以,通过用最小二乘法计算所得的各单纱的吸收系数  $K$  和散射系数  $S$  接近实际单纱的吸收系数和散射系数。因此采用计算所得的吸收系数和散射系数,结合 Kubelka-Munk 双常数理论计算得到匹配样的各单纱表面比例和色差  $\Delta E$  值,如表 3 所示。随机抽取两块试样配色曲线如图 4 至图 5 所示。

表3 部分样品的 CIELab 参数和  
光谱配色结果

试样号	混合比例	预测比例	色差 $\Delta E$
1	R : Y 15 : 3(0.833 : 0.167)	0.842 : 0.158	1.26
2	R : Y 9 : 15(0.375 : 0.625)	0.366 : 0.634	1.50
3	R : G 5 : 15(0.25 : 0.75)	0.224 : 0.776	1.38
4	R : G 10 : 15(0.4 : 0.6)	0.383 : 0.617	1.90
5	B : R 15 : 4(0.789 : 0.211)	0.787 : 0.213	2.91
6	B : G 15 : 14(0.517 : 0.483)	0.516 : 0.484	2.05
7	B : G 15 : 15(0.5 : 0.5)	0.510 : 0.490	1.20
8	Y : B 15 : 11(0.577 : 0.423)	0.578 : 0.422	0.86
9	Y : B 15 : 12(0.556 : 0.444)	0.557 : 0.443	0.79
10	G : Y 15 : 8(0.652 : 0.348)	0.660 : 0.340	1.67

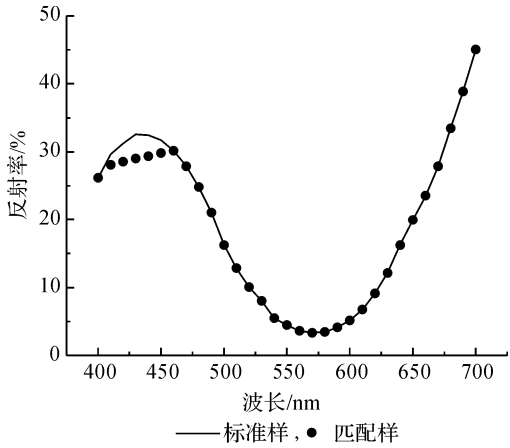


图4 样品5的光谱配色结果

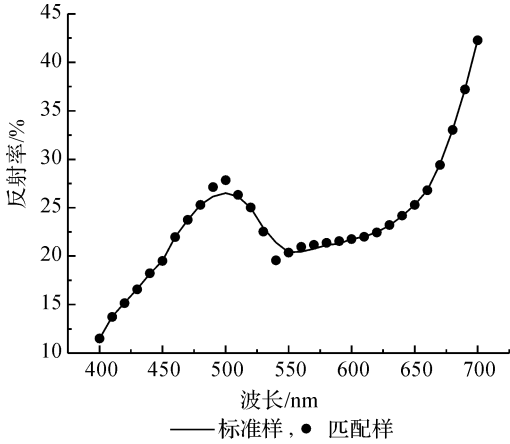


图5 样品9的光谱配色结果

从表3可知,光谱配色的色差在1.5个CIELab单位左右,预测的各单纱表面比例的误差也在2.1%左右,说明计算结果满足人眼识别色差和印染行业色差的要求,因此运用 Kubelka-Munk 双常数理论能够较好地获得纬全显色提花织物单纱表面比

例和织物颜色。图4和图5为随机抽取试样的两种试样光谱配色谱图。通过对随机样品的光谱配色结果可知,光谱配色结果的反射率曲线与实际测量的反射率曲线在可见光波长范围内非常接近。

4 结 论

通过分析纬全显色提花织物颜色与单纱表面比例之间的关系,从而建立适用于纬全显色提花织物的配色模型。结果可得到如下结论:

a)采用最小二乘法求解的各单色纱的吸收系数K、散射系数S,计算精度较高,可以作为配色模型的基础数据。

b)Kubelka-Munk 双常数理论基于光谱配色可以较好地预测纬全显色提花织物单纱表面比例和织物颜色,色差较小,结果较满意。

本文研究的结论可以为后续研究纬全显色提花织物的结构与单纱表面比例之间的关系提供基础。

参考文献:

[1] 周 超, 吴文正. 仿真数码提花织物的设计原理和方法[J]. 纺织学报, 2007, 28(8): 46-49.

[2] 周 超, 龚素娣. 电子提花彩色像景织物的设计原理[J]. 丝绸, 2001(9): 31-33.

[3] 黄紫娟, 李加林. 单层数码仿真彩色提花丝织物颜色模型的研究[J]. 浙江理工大学学报, 2007, 24(2): 378-381.

[4] CHE Jiang-ning, CHEN Dong-hui, ZHOU Zhi-hua. Color matching of pre-colored fiber blends based on two-constant Kubelka-Munk theory[J]. Journal of Dong-hua University, 2002, 19(3): 28-30.

[5] Burlone D A. Formulation of blends of precolored nylon fiber[J]. Color Research and Application, 1983, 8(8): 114-120.

[6] 董振礼, 郑宝海. 测色与计算机配色[M]. 2版. 北京: 中国纺织出版社, 2007.

[7] Eric Walowit Cornelius J. McCarthy Roy S Berns. An algorithm for the optimization of Kubelka-Munk absorption and scattering coefficients[J]. Color Research and Application, 1987, 12(6): 340-343

[8] 李加林. 现代丝织像景织物及结构设计特征[J]. 丝绸, 2004(3): 11-13.

[9] 王露芳. 彩色像景织物的创新设计[J]. 丝绸, 2001(12): 32-33.

[10] 何国兴. 颜色科学[M]. 上海: 东华大学出版社, 2004: 16-19.

# The Research of Nonwoven Controlled Permeability Formwork Liner

JIN Wan-hui<sup>1</sup>, FENG Bin<sup>1</sup>, LUO Hai-liang<sup>2</sup>, JIANG Yi-shang<sup>1</sup>, HU Guo-liang<sup>1</sup>

- (1. School of Materials and Textiles, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;
2. Zhejiang DaYu Traffic Engineering Materials Co. Ltd, Hangzhou 311112, China)

**Abstract:** The heat treatment of the nonwoven controlled permeability formwork liner (NCPFL) is analyzed, especially the critical references, such as the temperature and the duration of treatment. The results illustrate that the reasonable raise of the temperature can improve the productivity and the performance the NCPFL.

**Key words:** nonwoven controlled permeability; the heat treatment; pore diameter; infiltration  
(责任编辑: 许惠儿)

(上接第 310 页)

# Research on the Color-Match Algorithm of Pre-Colored Weft-All-Coloring Jacquard Fabric

WANG Chun-yan<sup>1</sup>, LIU Yang<sup>2</sup>, LI Dan<sup>1</sup>, LI Jing<sup>1</sup>, ZHOU Hua<sup>1</sup>

- (1. The Key laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology
- (Zhejiang Sci-Tech University), Ministry of Education, Hangzhou 310018,China;
2. JU SHI GROUP CO. , LTD. Tongxiang, Zhejiang 314500, China)

**Abstract:** In order to predict the color and proportion of single yarn's surface at weft-all-coloring jacquard fabric based on the theory of Kubelka-Munk with double constant, the authors calculate the absorption coefficients (K) and scattering coefficients (S) with the least square method. This paper uses four primary samples, red, yellow ,blue and green yarn to prepare many blend-color fabrics. Through a large number of exprimental color about a datacolor 600 plus spectrophotometric, the authors can calculate the theory of Kubelka-Munk absorption coefficients (K) and scattering coefficients (S) of all yarns and color proportion of weft jacquard fabric with all-coloring. The results indicate that the color difference is 1.5 CIELab units, and the fitting error of the yarn's proporation is 2.1%. It shows that the model is suitable for predicting the color of weft jacquard fabric with all-coloring and color proportion.

**Key words:** weft-all-coloring;jacquard fabric; absorption coefficients; scattering coefficients; CIELab  
(责任编辑: 许惠儿)