DOI: 10.19398/j.att.2017.03.007

基于图像微分和线性拟合对色纺针织物的色彩均匀度进行量化评定的研究

石东亮[1],陈运能[2],邝湘宁[3]

(1.宁波市纤维检验所,浙江宁波　315048;2.浙江纺织服装职业技术学院,浙江宁波　315211;3.宁波市特种设备检验研究院,浙江宁波　315048)

摘　要:使用不同比例单色棉纤维和本色棉纤维经混纺、织造后得到色纺针织面料样品,用测色软件对样品上选定的区域进行成像,然后微分成大量单元进行测色。经分析发现,色纺针织物的色彩均匀度,可以用各测色单元相对于标准色色差 ΔE_i 的 CV 值来表征,该 CV 值和人工目测得到的色彩均匀度等级存在高度的相关性。当 CV 值大于 2.0%时,样品的色彩均匀度较差,存在显著的色彩分布不均匀;当 CV 值小于 1.0%时,样品的色彩均匀度较好,外观上仅有轻微差异或无法觉察。

关键词:图像微分;线性拟合;色纺针织物;色彩均匀度;量化评定

中图分类号:TS 106.5　**文献标志码**:A　**文章编号**:1009－265X(2017)03－0033－04

Study on Quantitative Evaluation of Colour Uniformity of Fibre-Dyed Knitted Fabric Based on Image Differentiation and Linear Fitting

SHI Dongliang[1], *CHEN Yunneng*[2], *KUANG Xiangning*[3]

(1. Ningbo Fibre Inspection Institute, Zhejiang Ningbo 315048; 2. Zhejiang Fashion Institute of Technology, Zhejiang Ningbo 315211; 3. Ningbo Special Equipment Inspection and Research Institute, Zhejiang Ningbo 315048)

Abstract: In this paper, of single-colour cotton fibre with different ratio is blended with grey cotton fibre, then spun and knitted to gain fibre-dyed knitted fabric samples. The colour testing software was used to image the chosen zone on the sample. Then, the zone is differentiated into a large number of units for colour testing. The analysis shows that the colour uniformity of these fabrics can be characterized by CV value of colour difference ΔE_i of each colour testing unit relative to standard colour. The CV value is highly related to colour uniformity grade gained by manual visual inspection. Furthermore, when CV value is higher than 2.0%, colour uniformity of samples is bad, and significant colour distribution unevenness exists. When CV value is less than 1.0%, colour uniformity of samples is good, and there is only slight difference or invisible difference on the appearance.

Key words: image differentiation; linear fitting; fibre-dyed knitted fabric; colour uniformity; quantitative evaluation

色纺纱是将纤维先染成两种或两种以上不同的颜色,再经过纺纱工序加工得到的纱线。色纺纱采用针织织造工艺后得到的织物即称为色纺针织物。由于色纺纱采用了染色前置,色纤维混合纺纱的特殊生产工艺,导致用色纺纱织造的针织物会存在相当程度上的色彩不均匀,产生一种特殊色彩效应。这种特殊的色彩效应给色纺针织物带来了较高的利润,产量和应用范围也在不断扩大。

收稿日期:2017－01－12

基金项目:宁波市自然科学基金(2015A610137)

作者简介:石东亮(1975－),男,浙江宁波人,教授级高工,主要从事纺织品检测技术方面的研究。

然而，对于如何评价和表达色纺针织物的色彩均匀程度，国内相关的研究和报道还不多见，有许多研究集中于色纺纱的工艺和质量控制[1-3]，另外车江宁等[4]对混色纤维、天然纤维的配色范围进行了探讨，曹应刚等[5]研究了混纺所用色纤维的色差与最终成纱外观上的“素色”或者“夹花”效果之间的关系，Warburton等[6]对色纤维混合紧密程度对最终成纱色彩的影响以及异色经纬纱交织后所得到织物的色彩变化进行了研究。在检测标准方面，国内相关的标准例如FZ/T12014—2014《针织用棉色纺纱》和有关文献[7]等并没有提及色纺纱色彩均匀度的概念，还是引用了传统的色差评级方式，沈利利等[8]采用图像分析和聚类算法对色纺纱中色纤维混色比例的检测进行了研究，所有这些研究和报道并没有对色纺织物的色彩均匀度进行定量研究。本文将针对色纺针织物表面色彩的均匀度评价方法进行研究，并寻找一些简单有效的指标作为量化评判依据。

1 试 验

1.1 测试条件

试样：根据常见织物的色彩，选用了绿、蓝、紫红3个色系的针织色纺织物进行研究。为简化研究难度，仅使用本色原棉和单色色棉按不同比例混纺得到色纺棉纱，设计色棉混纺比例从9%～85%，每种色系使用6～8种基本对应的混纺比例。全部色纺纱的设计线密度为19.5 tex(30^S)，单股，然后以240针的密度进行织造得到含不同色棉比例的色纺针织物，混棉、纺纱、织造全部采用相同的工艺，具体见表1，共计21块样品。

表1 各样品中的色棉混纺比例

样品色彩	设计色棉混纺比例/%							
绿色	9	13	21	30	44	58	71	85
蓝色	9	13	/	31	44	/	70	84
紫红色	9	15	20	31	45	/	74	84

仪器：英国Verivide公司生产的Digieye颜色测量系统，包括光源、成像系统和颜色测量软件等。

光源：根据CIE推荐和行业内的普遍做法，选用D65标准光源。

其他测试条件：背景使用仪器自带标准白板，颜色测量区域选定为80 mm×80 mm，为防止透光，采用双层织物进行测试，因部分样品正面的成像存在条纹衍射干扰，全部采用样品的反面进行测试。

1.2 测试方法

1.2.1 软件测色

要研究色纺织物的色彩均匀度，最理想的方式就是将织物表面微分成尽可能多的单元，然后比较每个单元的颜色差异和变化情况，但是如果测色单元过小，会造成测试数据的大量增加，测试时间成倍延长，经比较和筛选，确定选用5 mm×5 mm作为基本测色单位。在80 mm×80 mm的选定区域内，以该基本测色单位进行图像分割，共计得到256个测色单元，以同规格本色棉布为标准色，测量每个测色单位相对于标准色的色差，在此基础上研究各测色单元的色差分布情况和样品整体色彩均匀度之间的关系。

1.2.2 人工测试评级

根据人眼对色差不匀的敏感程度，将色纺织物的色彩均匀程度大致定义成5个等级，具体如下：5级：样品选定区域色彩均匀，无差异；4级：样品选定区域色彩基本均匀，仅有细微差异；3级：样品选定区域色彩分布存在容易识别的差异；2级：样品选定区域的色彩分布存在明显的差异；1级：样品选定区域的色彩分布存在严重的差异，明显分布不匀。

将样品放在标准灯箱内，采用D65光源自上而下垂直方向照射样品，人眼与样品之间夹角为45°，两者之间偏离角度不超过10°，人眼和样品之间的距离约为40 cm。请3名具有一定色差评定经验的人员，对表2中的21块样品反面的色彩均匀程度进行分级，取3人的平均结果，修约到最接近的0.5级。例如某一被测样品经3人评级后得到的结果分别为3～4级，3～4级，4级，则其最终的色彩均匀度等级定为3.5级。

2 结果与分析

2.1 Digieye软件测色结果

以含绿色棉9%，其他以本色原棉为原料混纺得到的色纺纱针织物为例，得到的测色结果如表2所示，ΔE的值按照CIE2000色差公式计算得到。

显然，要对每块色纺纱针织物的颜色均匀度进行比较、分析，各单元相对于本色棉布(基准色)的ΔE_i(i=1,2…256)值是关键指标，如果每个测色单元相对于基准色的色差越小，可以认定该织物的色彩均匀度越好。按照统计学原理，变异系数和标准差都表示离散程度，但是由于每块样品相对于标准样的色差平均值不同，因此，最终采用每块织物中各测色单元相对于标准色ΔE_i的CV值作为评判指标。其他各样品经软件测色后得到的结果如表3所示。

表 2　含绿色棉 9%混纺的色纺针织物各单元相对于标准色的色差值

测色序号	测色单元名称	dL	dC	dH	ΔE
0	本色(基准)	—	—	—	—
1	绿色 9%反面－A1	－8.91	5.92	17.00	20.08
2	绿色 9%反面－A2	－8.06	5.62	16.49	19.19
3	绿色 9%反面－A3	－8.34	6.00	16.33	19.29
4	绿色 9%反面－A4	－8.01	5.88	16.59	19.34
5	绿色 9%反面－A5	－8.49	6.13	16.76	19.76
6	绿色 9%反面－A6	－8.82	6.45	16.89	20.12
7	绿色 9%反面－A7	－8.59	6.33	16.92	20.01
8	绿色 9%反面－A8	－8.24	6.03	16.4	19.32
…	…	…	…	…	…
256	绿色 9%反面－Q16	－8.78	6.27	16.45	19.67

表 3　各色纺纱织物的总体测试统计结果

样品编号		色棉设计比例/%	各测色单元相对于标准色 ΔE_i 的标准差 SD	各测色单元相对于标准色 ΔE_i 平均值	各测色单元相对于标准色 ΔE_i 的 CV 值/%
绿色系列	①	9	0.493 0	19.951 1	2.47
	②	13	0.440 3	22.438 2	1.96
	③	21	0.431 3	26.384 0	1.64
	④	30	0.426 8	29.316 3	1.46
	⑤	44	0.436 6	32.773 6	1.33
	⑥	58	0.424 3	36.145 4	1.17
	⑦	71	0.407 2	40.056 1	1.02
	⑧	85	0.422 4	41.393 1	1.02
蓝色系列	①	9	0.729 5	27.307 4	2.67
	②	13	0.653 6	32.436 3	2.02
	③	31	0.696 9	42.359 7	1.65
	④	44	0.648 1	46.977 9	1.38
	⑤	70	0.601 1	56.672 4	1.06
	⑥	84	0.499 9	58.021 5	0.86
紫红色系列	①	9	0.738 7	25.558 8	2.89
	②	15	0.702 6	30.751 6	2.29
	③	20	0.683 2	33.187 3	2.06
	④	31	0.634 4	39.924 6	1.59
	⑤	45	0.702 4	46.131 0	1.52
	⑥	74	0.458 0	54.394 5	0.84
	⑦	84	0.323 0	56.598 4	0.57

由表 3 可知,3 个颜色系列的色纺针织物,随着色棉混纺比例的提高,各样品内各测色单元相对于标准色色差的 CV 值绝对地呈现下降趋势,据此可以推断在这些色纺针织物中,随着色棉混纺比例的提高,织物外观上的颜色均匀度有所提高,当然是在混棉、纺纱等工艺参数基本一致的前提下。该推论是否和人眼的实际感受相吻合,还需要进一步证实。

2.2　色彩均匀度的人工评级结果

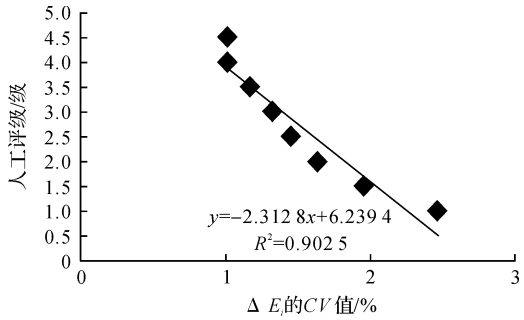
按 1.2.2 对所有样品进行人工评级得到的结果如表 4 所示。

2.3　软件测试和人工评级结果的关系

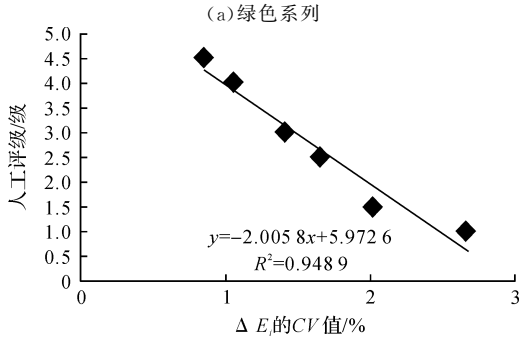
经观察和比较,表 3 中各样品内部各测色单元相对于标准色色差的 CV 值和表 4 中对应样品的色彩均匀度人工评级存在较好的对应关系,即样品的 CV 值下降,其色彩均匀度评级提高。对两组数据采用回归法进行一元线性拟合,分别得到如图 1 所示结果,图 1 中横坐标为表 3 中各样品的 CV 值,纵坐标为表 4 中对应的人工评级结果。

表 4　各色纺纱织物的色彩均匀度人工评级结果

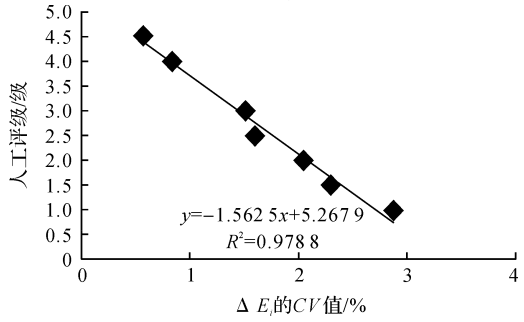
样品编号		色棉比例/%	色彩均匀程度/级
绿色系列	①	9	1
	②	13	1.5
	③	21	2
	④	30	2.5
	⑤	44	3
	⑥	58	3.5
	⑦	71	4
	⑧	85	4.5
蓝色系列	①	9	1
	②	13	1.5
	③	31	2.5
	④	44	3
	⑤	70	4
	⑥	84	4.5
紫红色系列	①	9	1
	②	15	1.5
	③	20	2
	④	31	2.5
	⑤	45	3
	⑥	74	4
	⑦	84	4.5



(a)绿色系列



(b)蓝色系列



(c)紫红色系列

图 1　样品各测色单元 ΔE_i 的 CV 值和人工评级结果之间的线性拟合结果

可以发现，对 3 个系列样品的色彩均匀度采用两种评价方法，得到的结果存在较好的线性关系，呈现显著的负相关，相关指数 R^2 均大于 0.9。

进一步从每个样品相对标准色色差的 CV 值来考虑，可以发现当 CV 值＞2.0%时，样品的色彩均匀度均小于 2 级，外观上有明显差异；当 CV 值＜1.0%时，样品的色彩均匀度较高，样品的色彩均匀度均大于 4 级，外观上仅有轻微差异或无法觉察。

3　结　论

a)色纺针织物的色彩均匀度，可以通过对样品表面进行细分、测色，以各测色单元相对于标准色色差 ΔE_i 的 CV 值来表征，该方法和人眼评判方法具有很高的相关性，线性相关指数 R^2 大于 0.9。

b)在本文所研究的范围内可基本确定，当 CV 值大于 2.0%时，色纺针织物的色彩均匀度较差，存在显著的色彩分布不均匀；当 CV 值小于 1.0%时，样品的色彩均匀度较好，外观上仅有轻微差异或无法觉察。

参考文献：

[1] 黄克华. 色纺工艺及质量控制[J]. 棉纺织技术，2013，41(9)：12－15.

[2] 房英杰，王爱萍. 纱线色差的产生和预防[J]. 上海纺织科技，2006，34(2)：30－32.

[3] 陶海滨. 浅析混色棉纱线生产工艺[J]. 现代纺织技术，2005(5)：36－37.

[4] 车江宁，陈东辉，周志华. 混色纤维/天然色棉配色范围探讨[J]. 纺织学报，2004，25(1)：15－17.

[5] 曹应刚，沈加加，陈维国. 棉色纺纱素色效果的宽容度研究[J]. 现代纺织技术，2013(1)：5－8，12.

[6] WARBURTON P，LUND G V. Colour and textiles Ⅲ-colour theory in relation to the size of colour units used in textiles[J]. Journal of Textile Institute，1956，47(5)：347－360.

[7] 吴爱儿，吴迪，章友鹤. 混色纱质量标准的制订[J]. 纺织导报，2006(5)：52－53.

[8] 沈利利，李忠健，潘如如，等. 色纺纱线中纤维混色比例的图像检测[J]. 纺织学报，2016，37(3)：138－143.

(责任编辑：陈和榜)