

文章编号: 1671-0444 (2018)05-0703-10

色差仪在织物视觉遮蔽性测试上的应用

陈丽丽^{1a}, 曹秀明², 王妮^{1b}, 施楣梧³

(1. 东华大学 a. 纺织学院; b. 生态纺织教育部重点实验室, 上海 201620;
2. 江苏阳光股份有限公司, 江苏 江阴 214426; 3. 总后军需装备研究所, 北京 100082)

摘要: 目前, 分光光度计是国内最为通用也相对权威的一种织物视觉遮蔽性测试仪器, 但购置成本较高。基于比较背衬黑白板后织物的色差变化的理论可行性, 提出并验证了用色差仪测试方法表征织物视觉遮蔽性的新思路。结果表明: 对白色织物而言, 色差仪、分光光度计和人眼视觉观察结果几乎一致; 而对有色织物而言, 色差仪的测量结果更加接近于人眼视觉观察结果。因此, 色差仪存在着取代分光光度计进行织物视觉遮蔽性评价的可能性。

关键词: 织物; 视觉遮蔽性; 测试方法; 色差仪; 背衬黑白板

中图分类号: TS 101.923

文献标志码: A

Application of Colorimeter in the Measurement of Fabric Visual Shielding Property

CHEN Lili^{1a}, CAO Xiuming², WANG Ni^{1b}, SHI Meiwu³

(a. College of Textiles; b. Key Laboratory of Eco-textile, Ministry of Education, Donghua University, Shanghai 201620, China; 2. Jiangsu Sunshine Limited Company, Jiangyin 214426, China; 3. The Quartermaster Equipment Research Institute of Logistical Support Department, Beijing 100082, China)

Abstract: At present, spectrophotometer is one of the most commonly used and relatively authoritative textile testing equipment for visual shielding property, but the cost is high. Then, since the comparison of color against backing black and white board is feasible in theory, new ideas of testing the visual shielding property of fabrics with colorimeter method are put forward and verified. The results show that the characterization results are almost the same among the spectrophotometer, colorimeter and human visual evaluation method for the white fabrics. As for the colored fabrics, the measurement results of colorimeter are much closer to the human visual observation results than that of spectrophotometer. In conclusion, it is possible that the colorimeter can replace the spectrophotometer for the evaluation of the visual shielding property of the fabrics.

Key words: fabric; visual shielding property; testing method; colorimeter; backing white and black board

收稿日期: 2017-06-05

基金项目: 生态纺织教育部重点实验室开放课题资助项目(ECO-KF-201705); 江苏省基础研究计划(自然科学基金)面上研究资助项目(BK20151258)

作者简介: 陈丽丽(1992—), 女, 福建福州人, 硕士研究生, 研究方向为织物视觉遮蔽性, E-mail: 1062604821@qq.com

王妮(联系人), 女, 教授, E-mail: wangni@dhu.edu.cn

近年来,随着全球气温的不断攀升,面料轻薄化的趋势愈加明显。数据显示,自20世纪80年代以来,几乎所有纺织面料的面密度都大大降低。就毛纺织物而言,其面密度在1980—1990年间下降幅度就达到了 60 g/m^2 左右,而这个趋势仍在延续^[1];就服装产品而言,大量兼具轻薄和保暖特性的秋冬服装占领市场,例如优衣库新推产品——薄得可以团起来塞进小包的轻羽绒服一上市便受到广大消费者的追捧,媒体也评价其为近几年服装创新最成功的产品^[2]。秋冬服装尚且如此,春夏自不必说。高支棉、麻、丝、毛、超细纤维及其混纺原料等得到进一步研发,结合精细化的纤维整理和高支甚至超高支纺纱等新型技术,纱线高支化和产品轻薄化的趋势愈加明显^[3]。

但是,过度追求轻薄所带来的产品基本功能——遮蔽性的弱化,尤其对浅色织物而言,遮蔽性不足的问题尤为突出。基于人们的需求,防透明纤维及视觉遮蔽性纺织品应运而生,很好地解决了面料轻薄化与遮蔽性不足之间的矛盾。然而,迄今为止,在织物的视觉遮蔽性方面还未建立一套完善的测试评价方法,大大限制了此类产品的进一步发展。目前,分光光度计是国内最为通用也相对权威的一种织物视觉遮蔽性测试仪器,但购置成本较高。基于比较背衬黑白板后织物的色差变化的理论可行性,本文提出并验证了用色差仪测试方法表征织物视觉遮蔽性的新思路。

关于织物视觉遮蔽性的测试方法可分为主观和客观两大类。

(1)主观方法。施楣梧等^[4-5]提出可简便借助“描图纸的透明性能”测试,即将8张扫描图纸叠合在一起,观察“ $1.5\text{ mm}\times 60\text{ mm}$ ”墨线的清晰程度来表征视觉遮蔽性。同时,施楣梧^[5]等还借助标准光源箱,以“评定变色用灰色样卡”中的1级色差灰色样卡为标准物质,将待测织物覆盖其上,根据GB/T 250—2008《纺织品色牢度试验评定变色用灰色样卡》的判断方法,对其色差级别进行判读,得到4级9档视觉遮蔽效果值。该方法是我国海军首批装备——防透衬衣视觉遮蔽性的评价方法^[5]。无独有偶,陈丽芬等^[6-7]研究的织物视觉遮蔽性测试方法也是基于一种如图1所示的防透评级样卡进行遮蔽性评级。

主观评价方法方便快捷且可操作性强,对织物进行定性分析十分有效。然而,人眼能够识别的差

异有限,当视觉遮蔽性的差异超出人眼能够识别的范围时,就需要通过客观方法进行定量分析。



图1 防透评级样卡

Fig. 1 Antitransparent rating cards

(2)客观方法。通常需借助于测量仪器,其中以分光光度计的应用最为广泛。然而,分光光度计只可获取能量的透过比例,不涉及光学成像,并非表征织物视觉遮蔽性的最佳选择,而且其高昂的购置成本限制了进一步的应用。而色差仪在这方面的优势则相当明显,由于其遮蔽性,织物在衬垫黑白板后,将呈现出有别于其自身固有色的另外一种颜色,借助色差仪获取两种情况下的色差便能表征相应的遮蔽性强弱。基于以上理论设想,本文提出用色差仪法表征织物视觉遮蔽性的新思路。

1 试验部分

1.1 试样准备

为验证色差仪法的普适性,在试样的选择方面力求多样化。因此,试验选用不同纤维种类、颜色和织物组织的试样60种,具体规格详见表1和2所示。其中,1~31为白色织物(29~31带有细条纹),32~33/34~35/36~41/42~49为控制颜色为单一变量的不同颜色织物,50~60为织物组织结构、厚度、面密度以及颜色皆不相同的织物(未控制颜色为单一变量)。在所有的主客观测试评价之前,试样均放置于标准温湿度环境条件下平衡24 h。

1.2 测试方法与原理

为检验色差仪法测量织物视觉遮蔽性的准确性,需建立相应的对比试验,即人眼视觉评价法和分光光度计法。

表1 白色织物基本参数
Table 1 Basic parameters of white samples

编号	组织结构	纱线密度/(根·(10 cm) ⁻¹)		厚度/mm	面密度/ (g·m ⁻²)	CIE 颜色		
		经	纬			L*	a*	b*
1	平纹	445	323	0.059	14.984	92.69	-0.72	5.60
2	缎纹	415	245	0.108	21.966	92.89	-0.64	5.03
3	平纹	461	309	0.058	50.161	92.39	-0.55	5.36
4	平纹	360	301	0.127	56.849	92.82	-0.64	5.59
5	平纹	430	315	0.144	76.046	92.47	2.18	-8.28
6	平纹	625	515	0.141	99.079	94.62	2.97	-10.33
7	平纹	384	295	0.193	102.042	93.80	-0.44	4.03
8	平纹	237	221	0.135	103.362	94.82	2.65	-7.82
9	平纹	455	295	0.180	104.719	95.00	2.32	-8.03
10	斜纹	515	346	0.215	105.503	95.01	3.06	-10.20
11	平纹	395	320	0.242	106.895	93.35	-0.43	3.79
12	平纹	605	529	0.129	108.123	95.29	2.42	-10.29
13	斜纹	554	382	0.238	110.100	95.68	2.77	-12.71
14	针织	200	142	0.529	115.783	91.61	-0.95	5.27
15	斜纹	485	353	0.256	116.638	95.22	2.14	-7.98
16	平纹+斜纹	520	313	0.235	119.043	94.79	2.82	-10.35
17	平纹+斜纹	530	310	0.180	119.419	95.37	4.32	-13.86
18	斜纹	490	360	0.206	121.289	94.95	1.84	-6.65
19	斜纹	398	332	0.345	124.044	94.73	3.01	-12.18
20	平纹	415	295	0.231	144.306	95.37	3.49	-11.17
21	缎纹	325	341	0.360	145.886	95.58	3.59	-12.58
22	斜纹	475	340	0.253	156.505	92.86	2.99	-14.00
23	平纹	336	221	0.281	174.198	92.47	1.42	-7.77
24	斜纹	350	290	0.334	183.058	92.53	3.37	-16.65
25	平纹	245	222	0.338	186.970	93.74	2.12	-9.59
26	平纹	251	229	0.311	187.654	93.73	2.27	-9.30
27	斜纹	338	259	0.346	191.898	92.17	3.04	-14.08
28	平纹	248	226	0.355	194.121	93.65	2.81	-11.83
29	平纹	675	425	0.163	96.537	92.49	3.48	-12.45
30	斜纹	488	362	0.242	119.239	92.35	1.83	-10.14
31	斜纹	558	411	0.213	121.258	92.40	3.29	-11.89

注: 2~5、8、18、21~28 为涤纶织物; 6~7、9~13、15~17、19~20、29~31 为棉织物; 1 为蚕丝织物; 14 为涤棉交织。平纹+斜纹: 织物组织结构为若干厘米平纹与若干厘米斜纹交替出现, 下文表格同此意。

表2 有色织物基本参数
Table 2 Basic parameters of colorful samples

编号	组织结构	纱线密度/(根·(10 cm) ⁻¹)		厚度/mm	面密度/ (g·m ⁻²)	CIE 颜色		
		经	纬			L*	a*	b*
32	平纹+斜纹	558	362	0.295	128.011	91.60	-5.72	31.85
33	平纹+斜纹	545	348	0.306	130.515	80.41	6.75	2.42

(续 表)

编号	组织结构	纱线密度/(根·(10 cm) ⁻¹)		厚度/mm	面密度/ (g·m ⁻²)	CIE 颜色		
		经	纬			L*	a*	b*
34	平纹	188	187	0.586	178.157	65.37	-16.21	-17.65
35	平纹	188	185	0.572	182.806	41.96	11.21	0.97
36	平纹	534	291	0.175	95.683	83.68	2.68	3.73
37	平纹	540	293	0.160	101.103	58.25	2.68	9.82
38	平纹	550	301	0.190	102.275	78.49	9.22	-21.88
39	平纹	570	291	0.257	103.598	84.12	15.96	-9.16
40	平纹	560	295	0.199	103.956	61.03	2.79	-10.46
41	平纹	560	370	0.211	111.359	84.30	-2.69	-13.26
42	平纹	270	228	0.236	128.701	72.05	-0.19	2.79
43	平纹	274	225	0.228	135.357	78.46	4.07	25.29
44	平纹	271	230	0.231	135.560	77.04	2.59	36.48
45	平纹	267	225	0.236	136.663	91.49	-0.15	8.19
46	平纹	272	221	0.235	137.164	24.94	16.41	2.84
47	平纹	272	221	0.260	143.490	31.98	38.34	10.14
48	平纹	272	221	0.252	144.064	19.46	-0.08	-1.10
49	平纹	270	235	0.260	150.239	77.27	19.14	33.54
50	缎纹	400	251	0.122	20.105	39.17	-0.60	-0.71
51	平纹	450	425	0.063	36.724	49.30	0.54	18.43
52	平纹	760	415	0.076	56.521	84.38	-22.54	-3.19
53	平纹	550	375	0.071	59.210	21.79	0.77	-0.85
54	平纹	388	291	0.065	66.593	82.84	9.58	84.22
55	平纹	605	405	0.093	67.645	70.29	9.09	4.02
56	斜纹	545	311	0.180	102.226	88.85	0.31	-14.46
57	平纹	581	291	0.176	116.445	89.06	-11.62	29.42
58	斜纹	519	322	0.272	122.666	91.32	-0.03	21.27
59	平纹	471	395	0.178	133.705	76.41	-12.20	-7.38
60	缎纹	595	535	0.235	168.308	80.17	-0.64	91.41

注: 32~33、36~49、56、58 为棉织物;50、52~54、57、60 为涤纶织物;34~35 为苧麻织物;51 为锦纶;59 为涤棉交织。

1.2.1 人眼视觉评价法

人眼视觉评价法是借鉴文献[6-7]的防透评级样卡进行织物防透等级的评定。该评级样卡根据字形大小和颜色深浅搭配分为 1.0~5.0 级,1.0 级字形最小、颜色最浅,5.0 级字形最大、颜色最深。将 20 cm×20 cm 的试样平铺于评级样卡上,观察者在北向自然光条件下,眼睛与试样距离为 50~80 cm,视线垂直于试样,以能清晰判读样卡上字向的最低级数为起点,通过目测判读相应等级上全部字的方向来确定面料的防透等级^[8-9]。级数越小,表明织物的视觉遮蔽效果越差,反之越好。织物视觉遮蔽性试验通过随机邀请视力正常的 20 人目测判读实现。

观察者但凡有一字读错或难以判断,就上移一个等级,直至能够准确判读所有字向,以此确定面料的防透等级并记录^[10-11]。更换观察者,重复前述步骤。最后,对 20 人的判读结果取平均值,进行秩位排序,以便与分光光度计和色差仪测量结果进行秩相关性分析。

1.2.2 分光光度计法

织物视觉遮蔽性试验选用日本日立公司的 U-4100 型紫外可见近红外分光光度仪作为试验仪器。通过分光光度计可获得多项用于表征织物视觉遮蔽性的指标,如:555 nm(明视觉下人眼最敏感的可见光波段)波长光透射率、可见光范围内的平均透射率

和反射率、总光通量透射比等。试验引入纺织行业标准 FZ/ T 01009—2008《纺织品织物透光性的测定》对片状纺织品在可见光范围内的透射率总量指标进行检测,即采用总光通量透射比作为表征织物视觉遮蔽性的指标。

总光通量透射比计算如式(1)所示。

$$\tau_t = \frac{\sum_{380}^{780} S(\lambda) \times \tau_t(\lambda) \times V(\lambda) \times \Delta\lambda}{\sum_{380}^{780} S(\lambda) \times V(\lambda) \times \Delta\lambda} \quad (1)$$

式中: τ_t 为试样总光通量透射比(%); $\tau_t(\lambda)$ 为试样在波长 λ 处的单色光谱透射比(%); $S(\lambda)$ 为 CIE(国际照明委员会)标准照明体 D65 相对光谱功率分布; $V(\lambda)$ 为光谱光视效率,等于 CIE 色匹配函数; $\Delta\lambda$ 为波长间隔(10 nm)。其中相对光谱功率分布 $S(\lambda)$ 以及光谱光视效率 $V(\lambda)$ 可通过查表获得。

1.2.3 色差仪法

本文选用 HZ-2503C 型电脑色差仪作为测试仪器,该仪器依据 CIE 标准和国家标准研制而成,主要用于被检品的色差评定。在织物视觉遮蔽性方面,检测背衬黑白板(其中黑板的明度大小 L^* 、偏红偏绿程度 a^* 、偏黄偏蓝程度 b^* 值分别为 27.17、0.33、

—0.41;白板的 L^* 、 a^* 、 b^* 值分别为 90.07、0.24、—5.05) 后织物的色差变化来表征遮蔽效果,在原理上正好与色差仪相符。

色差公式如式(2)所示。

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_w^* - L_b^*)^2 + (a_w^* - a_b^*)^2 + (b_w^* - b_b^*)^2} \quad (2)$$

式中: L_w^* 、 a_w^* 、 b_w^* 分别为衬垫白板后织物的 L^* 、 a^* 、 b^* 值; L_b^* 、 a_b^* 、 b_b^* 分别为衬垫黑板后织物的 L^* 、 a^* 、 b^* 值。

2 结果与分析

2.1 人眼视觉评价法与分光光度计法

通过人眼视觉评价法和分光光度计法分别获得 1~28 白色织物的平均防透等级以及总光通量透射比,对各组测量结果进行秩位排序,所得结果如表 3 所示。以人眼视觉评价法测得数据的秩位为横轴,以分光光度计测得总光通量透射比的秩位为纵轴得到主客观测试结果的线性相关图像如图 2 所示^[15]。通过 Spearman 相关分析法得到主客观测量结果的秩相关系数 r_s 为 0.940 9(其中 $r_s^2 = R^2 = 0.885 3$)。相关系数与 1 较为接近,置信度为 0.01 时,人眼视觉评价法与分光光度计法测试结果的相关性是显著的。

表 3 白色织物视觉遮蔽性测试结果

Table 3 Test results of white samples with visual shielding property

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_0	1.125	1.350	1.575	1.250	1.600	2.850	2.975	2.400	3.200	3.100
γ_0	1	3	4	2	5	8	11	6	14	13
T_z	76.234	66.137	43.996	59.782	49.431	30.314	29.416	40.225	22.249	28.714
γ_z	1	2	5	3	4	9	11	6	19	12
编号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R_0	3.000	2.825	3.725	3.350	3.250	3.375	2.950	3.700	3.775	2.925
γ_0	12	7	20	16	15	17	10	19	21	9
T_z	28.211	28.550	24.835	34.185	26.977	28.181	30.840	16.213	23.466	29.618
γ_z	14	13	17	7	16	15	8	22	18	10
编号	21	22	23	24	25	26	27	28		
R_0	3.800	3.875	4.350	4.750	3.950	3.425	>5.000	4.475		
γ_0	22	23	25	27	24	18	28	26		
T_z	17.829	11.605	11.970	9.647	14.951	16.608	6.784	13.250		
γ_z	20	26	25	27	23	21	28	24		

注: R_0 为人眼判读的平均防透等级; γ_0 为人眼判读的平均防透等级秩位; T_z 为总光通量透射比; γ_z 为总光通量透射比秩位(下文表格同此意)。

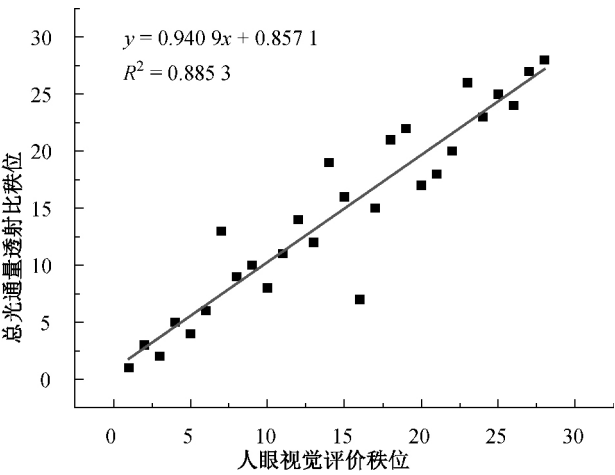


图 2 主客观方法测试结果秩相关性分析(白色织物)
Fig. 2 Rank correlation analysis of subjective and objective test results (white fabrics)

29~35 织物在可见光范围内的透射率如图 3 所示,29~31 为带有深色细条纹的白色织物,条纹间距在 10 mm 以上,其在可见光范围内的光透射率变化同 1~28 白色织物类似,即波动不大,表明该条纹对其视觉遮蔽性影响较小。这很可能是因为 3 种织物的条纹都较细且间距较大,所起到的视觉遮挡效果较弱。由于怎样设置条纹间距和如何控制条纹粗细能达到较好的视觉遮蔽效果并不是本文的主要

研究内容,在后续关于白色织物不同测试结果的相关性分析中,不再考虑 29~31 织物。此外,由于 34、35、37、40、46~48、53 织物的视觉遮蔽性能极好,其对防透评级样卡上的最高级别 5.0 级上的字形都难以分辨,即人眼无法获取其防透等级,也就无法进行秩位排序,更不能与分光光度计测量结果进行秩相关性分析,后续关于有色织物不同测试结果的相关性分析中,将这几种织物也排除在外,余下 21 种有色织物的测试结果如表 4 所示。

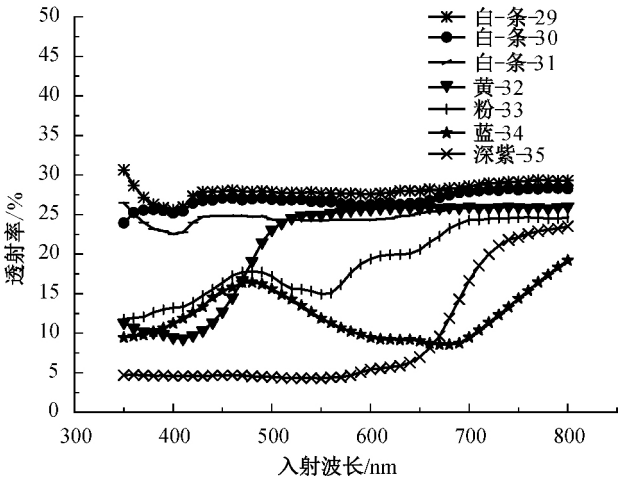


图 3 29~35 织物在可见光范围内透射率
Fig. 3 Transmittance of fabrics from 29 to 35 in visible range

表 4 有色织物视觉遮蔽性测试结果
Table 4 Test results of colorful samples with visual shielding property

编号	32	33	36	38	39	41	42	43	44	45	49
颜色	黄	粉	黄	紫	粉	蓝	灰	浅黄	深黄	米黄	橙
R_0	3.225	4.200	3.375	4.075	3.750	3.350	4.000	3.325	3.650	3.025	3.450
γ_0	8	21	12	20	16	11	19	10	15	6	13
T_z	24.672	16.818	23.448	19.985	21.610	24.260	21.665	24.103	24.165	33.260	21.429
γ_z	7	19	11	17	14	8	13	10	9	4	15

编号	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60
颜色	黑	褐	绿	黄	粉	浅蓝	绿	浅黄	蓝	深黄
R_0	3.000	2.750	2.675	1.550	3.775	3.200	2.975	3.800	3.550	3.300
γ_0	5	3	2	1	17	7	4	18	14	9
T_z	35.961	39.644	21.979	34.593	16.048	27.742	26.994	20.545	17.097	14.600
γ_z	2	1	12	3	20	5	6	16	18	21

有色织物主客观方法测试结果的线性相关图像如图 4 所示。由图 4 可见,对有色织物而言,主客观方法测量结果之间的相关性程度明显不如白色织物,散点图略显分散(r_s 为 0.736 4)。因为分光光度计对于织物遮蔽性的测量仅从能量透过角度进行考

虑而不涉及光学成像因素。不同颜色织物对光的特定波段有选择性的吸收,进而影响织物的总光通量透射比,而人眼视觉评价的是视觉透明感,涉及视觉对颜色灵敏程度的综合评价^[10]。由此可见,分光光度计虽是目前定量表征织物视觉遮蔽性最为权威的

测试仪器,但依然存在着某些亟待改进的缺陷。

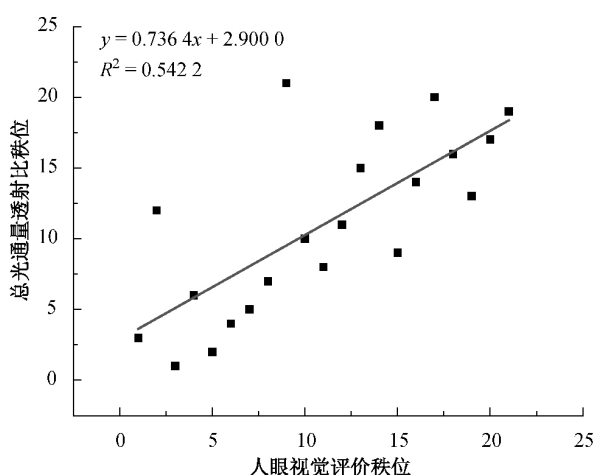


图4 主客观方法测试结果秩相关性分析(有色织物)

Fig. 4 Rank correlation analysis of subjective and objective test results (colorful fabrics)

2.2 色差仪

色差仪测得白色和有色织物的色差指标与主客观方法的测试对比结果如表5和6所示。将1~31织物

衬垫黑板后的色差值与总光通量透射比进行趋势比较,如图5所示。色差值总体趋势与总光通量透射比的结果较为一致,呈正相关关系,即总光通量透射比越大,衬垫黑板后织物的色差值越大,织物越透明。

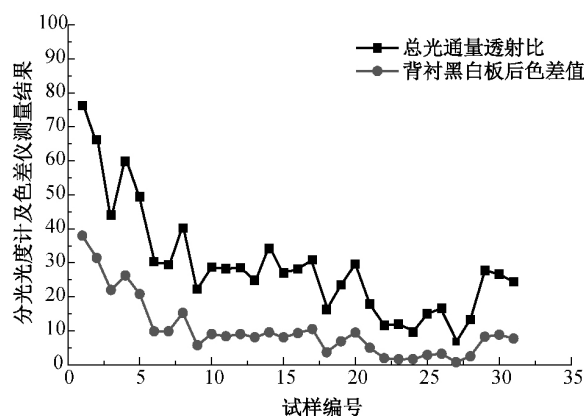


图5 背衬黑板后色差值与总光通量透射比之间的关系(白色织物)

Fig. 5 The relationship between the chromatic aberration after backing white and black board and the total luminous flux (white fabrics)

表5 白色织物色差仪测量结果

Table 5 Testing results of white fabrics with colorimeter

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΔE	37.940	31.420	21.977	26.236	20.785	9.802	9.829	15.236	5.741	9.029
γ_E	1	2	4	3	5	9	8	6	19	14
编号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΔE	8.369	9.031	8.078	9.526	8.035	9.293	10.469	3.673	6.882	9.430
γ_E	15	13	16	10	17	12	7	21	18	11
编号	21	22	23	24	25	26	27	28		
ΔE	4.998	1.924	1.618	1.651	2.863	3.222	0.764	2.493		
γ_E	20	25	27	26	23	22	28	24		

注: γ_E 为衬垫黑板后织物色差秩位,下文表格同此意。

表6 有色织物色差仪测量结果

Table 6 Testing results of colorful fabrics with colorimeter

编号	32	33	36	38	39	41	42	43	44	45	49
ΔE	9.784	3.855	6.850	7.457	8.135	7.212	3.427	7.280	8.351	9.473	9.856
γ_E	7	20	17	13	11	15	21	14	10	9	6
编号	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	
ΔE	19.785	16.060	10.668	25.870	4.012	9.780	11.222	7.009	4.870	7.505	
γ_E	2	3	5	1	19	8	4	16	18	12	

为获取定量的相关性指标,分别以人眼视觉评

价的防透等级秩位与分光光度计的总光通量透射比

秩位为横轴,以衬垫黑白板后织物的色差值秩位为纵轴进行秩相关性分析,如图6所示。由图6可知, r_s 分别为0.9387和0.9874,均与1较为接近,置信度为0.01时,织物衬垫黑白板所测色差值与主客观方法测量结果的相关性是显著的。其中与分光光度计法的相关性尤为显著,秩相关系数高达0.9874。由此可见,就白色织物而言,通过比较背衬黑白板后织物的色差变化大小可以起到与分光光度计较为一致的视觉遮蔽性表征结果。

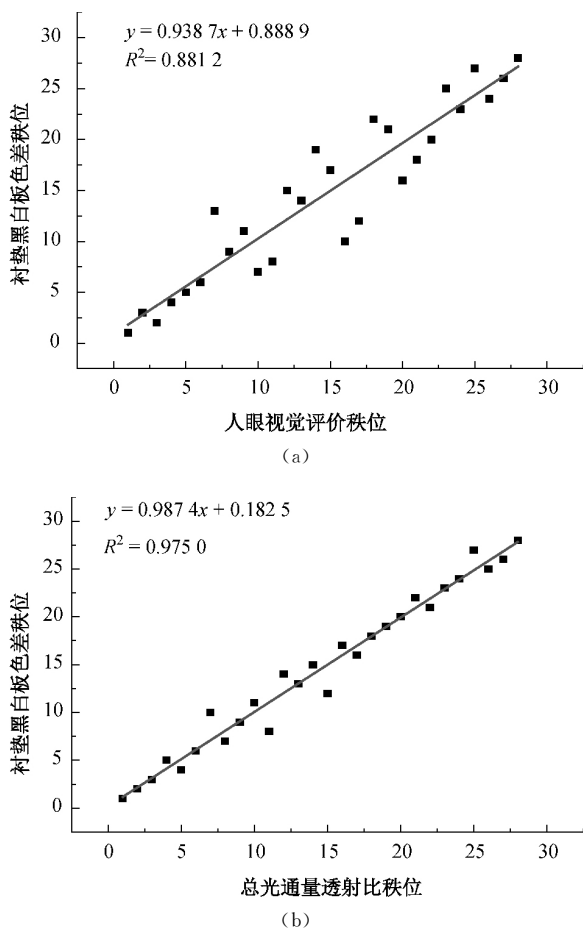


图6 色差仪法与主客观方法测试结果秩相关性分析(白色织物)

Fig. 6 Colorimeter test results comparing to subjective and objective method's on rank correlation analysis(white fabrics)

与主观方法 $r_s = 0.9387$ 比较,色差仪也仅稍逊于分光光度计($r_s = 0.9409$)。因此,可以推断就白色织物而言,借助色差仪获取背衬黑白板后织物的色差值,可以较好地表征织物视觉遮蔽性。此外,由于色差仪的易操作以及低成本等优势,在白色织物的测量上,色差仪更具优势。

而就有色织物而言,其衬垫黑白板后的色差值与总光通量透射比的趋势线走向依然呈现很强的相

关性,如图7所示。通过比较色差值与主客观测量结果的秩相关系数值(如图8所示)发现,其间的相关性程度依然不如白色织物。与白色织物不同的是,有色织物的色差仪与人眼视觉评价结果的相关性程度($r_s = 0.8234$)明显高于主客观方法($r_s = 0.7364$)之间的比较结果,而与客观的分光光度计测量结果的相关系数也有0.7078,与主客观方法之间的比较结果相比相关性显著。

因此,就目前结果而言,相比较分光光度计的总光通量透射比,色差仪通过色差原理所取得的背衬黑白板后织物的色差大小更适合于表征有色织物的视觉遮蔽性。试验结果也可表明,虽然色差仪与分光光度计在工作原理上存在较大差异,但均能较好地表征织物的视觉遮蔽性。

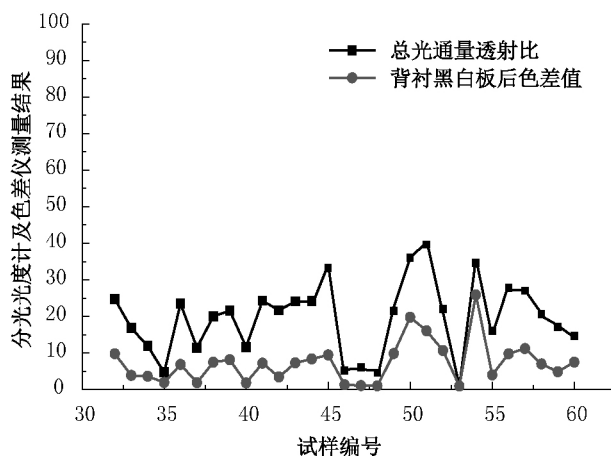
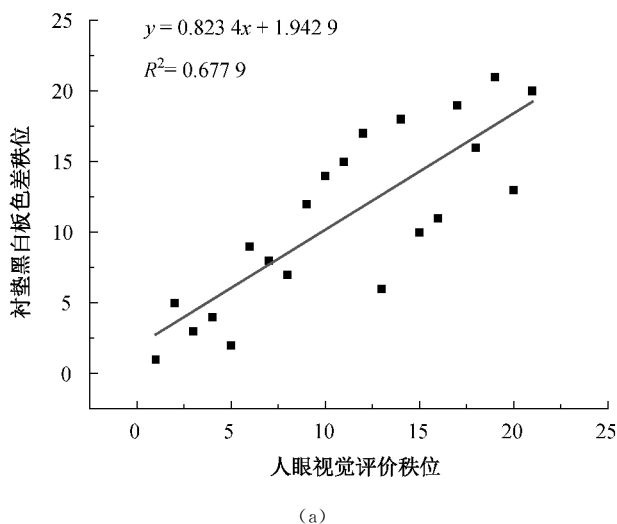


图7 背衬黑白板后色差值与总光通量透射比之间的关系(有色织物)

Fig. 7 The relationship between the chromatic aberration after backing white and black board and the total luminous flux(colorful fabric)



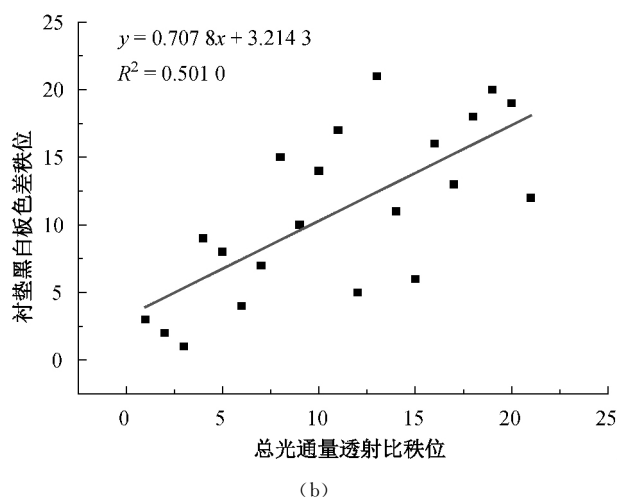


图8 色差仪法与主客观方法测试结果秩相关性分析(有色织物)

Fig. 8 Colorimeter test results comparing to subjective and objective method's on rank correlation analysis (colorful fabrics)

2.3 关于借助色差仪评价视觉遮蔽性的设想

色差仪可用于测量标准样与待测样的色差,为控制产品的色差级别,该仪器在参数设置中有容差这一关键指标,如图9所示。容差值人为设定,可根据颜色管理要求的高低判断色差是否为合格的标准值^[16-17]。若测出的色差值小于容差值,即为合格,大于则不合格。该仪器对色差的测量非常精确,并可对不同的色差值进行级别划分,如图10所示。根据色差值大小的不同,将色差分为1.0~5.0级9个等级,1.0级表示色差最大,产品颜色质量最差(类比视觉遮蔽性最差),5.0级表示色差最小,产品颜色质量最佳(类比视觉遮蔽性最佳)。图9和10均引自色彩品质管理系统CQCS3操作说明书。

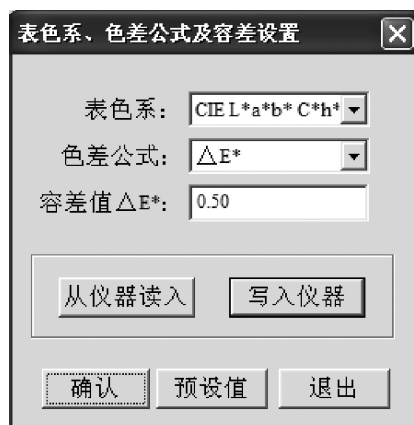


图9 容差等参数设置

Fig. 9 Tolerance parameter setting

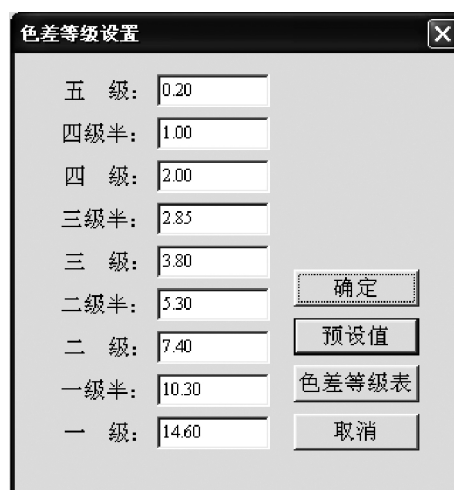


图10 色差等级设置

Fig. 10 Color grading

该等级设置与文献[6-7]研究的防透评级样卡相似。因此,不仅可通过色差判断产品的视觉遮蔽性是否为合格,还可通过色差值所属级别的不同比较产品的优劣。而这一点对于改进色差仪的功能,从而能够进行织物视觉遮蔽性的表征有着很大的借鉴意义。

3 结论

(1) 通过人眼视觉评价法(防透等级)与分光光度计法(总光通量透射比)的秩相关性分析可知,白色织物的秩相关系数 r_s 为0.9409,相关性显著,而有色织物 r_s 为0.7364,相关性稍弱。

(2) 对白色织物而言,其衬垫黑板后色差仪测量结果与分光光度计结果几乎一致($r_s = 0.9874$),而与主观人眼视觉评价法的测量结果也存在很高的一致性($r_s = 0.9387$)。因此,通过比较衬垫黑板后织物的色差变化,即总色差可以表征白色织物的防透性能。

(3) 对于有色织物,衬垫黑板后色差仪测量结果与人眼视觉评价法和分光光度计法测量结果的秩相关系数分别为0.8234和0.7078。该法与主观视觉评价结果的秩相关系数($r_s = 0.8234$)明显高于分光光度计法与主观方法之间的秩相关系数($r_s = 0.7364$)。研究结果为色差仪替代分光光度计进行织物视觉遮蔽性的表征提供了一定的试验依据。

(4) 通过色差仪功能中容差以及色差等级的设置等,可对织物的视觉遮蔽性进行快速简便的评级,并可判断其视觉遮蔽性合格与否。

参 考 文 献

- [1] 姚穆. 纺织面料的发展趋势与新材料技术的应用[J]. 棉纺织技术, 2002, 30(3): 5-10.
- [2] 滕启跃. 服装创新的典范——轻羽绒服[J]. 中国纤检, 2015, 11(4): 32-36.
- [3] 祝丽娟, 许益, 鲍群群, 等. 2008 年度纺织产品开发现状分析[C]//2009 中国纺织产品开发报告: 春夏版. 2009: 12-15.
- [4] 李策. 纸张生产实用技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 437-454.
- [5] 施楣梧, 袁越华, 张燕, 等. 纺织品视觉遮蔽性能的研究[J]. 纺织科学研究, 2008, 5(1): 182-186.
- [6] 陈丽芬, 杨海军, 施楣梧, 等. 面料防透效果的测试方法: CN 102061606A[P]. 2010-12-06.
- [7] 陈丽芬, 王妮, 王惠珍, 等. 一种防透视性羊毛精纺面料及其生产方法: CN102002793A[P]. 2011-04-06.
- [8] 刘晓松. 异形纤维与织物遮光性的研究[D]. 上海: 东华大学纺织学院, 2010.
- [9] 张娜. 防透明织物制备及表征关键技术研究[D]. 上海: 东华大学纺织学院, 2011.
- [10] HU C Y, NIU M H. On the suitability of desktop scanners for assessing print-through[J]. World Pulp and Paper, 2009, 8(5): 12-21.
- [11] YANAGIHARA M, NAKAJIMA T. Composite false-twisted yarn excellent in transparency preventing property and method for producing the same: JP 2007-239146[P]. 2006-03-09.
- [12] 王小兰. 新型防紫外窗纱的结构设计及性能研究[D]. 杭州: 浙江理工大学纺织科学工程学院, 2016.
- [13] 孙一凯. 具有防透视功能细旦聚酯纤维的制备与性能研究[D]. 上海: 东华大学材料科学与工程学院, 2015.
- [14] FURUSHIMA T. Study on transparency of thin fabrics[J]. Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses, 1985, 6(7): 291-294.
- [15] 王妮, 施楣梧, 俞建勇. 防透明聚酯纤维的结构与性能研究[J]. 国际纺织导报, 2013, 7(1): 22-26.
- [16] SHAMS N A. Evaluating textile fabric color variation by scanner[J]. Research Journal of Textile and Apparel, 2007, 8(4): 31-39.
- [17] ABBAS H, ALI S, NATERI A, et al. Estimation of fabric opacity by scanner[J]. Sensor Review, 2014, 34(4): 404-409.
- (责任编辑: 郭小敏)
-
- (上接第 697 页)
- [8] WANG K, MENG Q, ZHANG Y, et al. High-performance two-ply yarn supercapacitors based on carbon nanotubes and polyaniline nanowire arrays[J]. Advanced Materials, 2013, 25(10): 1494-8.
- [9] LIU P H, WU S H, ZHANG Y, et al. A fast response ammonia sensor based on coaxial PPy-PAN nanofiber yarn [J]. Nanomaterials, 2016, 6(7): 121.
- [10] 施楣梧, 南燕. 有机导电纤维的结构和性能研究[J]. 毛纺科技, 2001(1): 5-8.
- [11] WANG X, SCHREUDER-GIBSON H, DOWNEY M, et al. Conductive fibers from enzymatically synthesized polyaniline [J]. Synthetic Metals, 1999, 107(2): 117-121.
- [12] TANG Z, LIU S, WANG Z, et al. Electrochemical synthesis of polyaniline nanoparticles [J]. Electrochemistry Communications, 2000, 2(1): 32-35.
- [13] 王宏智, 李香, 胡伟明, 等. 电化学合成聚苯胺的研究概况[J]. 电镀与精饰, 2009, 31(7): 12-15.
- [14] HU L, TU J, JIAO S, et al. In situ electrochemical polymerization of a nanorod-PANI-Graphene composite in a reverse micelle electrolyte and its application in a supercapacitor [J]. Physical Chemistry Chemical Physics, 2012, 14(45): 15652.
- [15] 潘玮, 赵金安. 聚苯胺/聚丙烯腈导电纤维的结构与性能[J]. 纺织学报, 2006, 27(10): 32-34.
- [16] 洪剑寒, 潘志娟. PTT/W/PANI 导电纱的制备及其抗静电性能[J]. 印染, 2013, 39(19): 12-15.
- [17] 张保宏, 薛涛, 孟家光. 聚苯胺基涤纶复合导电纱线的制备及表征[J]. 西安工程大学学报, 2013, 27(2): 140-143.
- [18] CHO J, SHIN K H, JANG J. Polyaniline micropattern onto flexible substrate by vapor deposition polymerization-mediated inkjet printing[J]. Thin Solid Films, 2010, 518(18): 5066-5070.
- [19] 张鲁宁. 化学气相聚合制备导电聚合物复合纳米材料[D]. 成都: 电子科技大学光电信息学院, 2014.
- [20] 覃小红, 王新威, 胡祖明, 等. 静电纺丝聚丙烯腈纳米纤维工艺参数与纤维直径关系的研究[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2005, 31(6): 16-22.
- [21] 张竞, 何伟, 马腾, 等. 静电纺丝 PAN 纳米纤维的制备与表征[J]. 江苏科技大学学报(自然科学版), 2011, 25(4): 342-345.
- [22] 李文君. 聚苯胺包覆电纺纳米碳纤维的制备及其超级电容性能[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学材料学院, 2012.
- [23] WEI Y, HSUEH K F, JANG G W. Monitoring the chemical polymerization of aniline by open-circuit-potential measurements[J]. Polymer, 1994, 35(16): 3572-3575.
- [24] 郑剑锋, 赵江红, 朱珍平. 掺杂酸和氧化剂的浓度对聚苯胺纳米线导电性的影响[J]. 材料导报, 2009, 23(6): 17-20.
- [25] 徐浩, 延卫, 冯江涛. 聚苯胺的合成与聚合机理研究进展[J]. 化工进展, 2008, 27(10): 1561-1568.
- [26] 洪剑寒, 潘志娟, 张小英, 等. 应用原位聚合的 PTT/毛/聚苯胺复合导电纱制备与性能[J]. 纺织学报, 2014, 35(10): 30-35.
- [27] 赵建宝. 聚苯胺/环氧形状记忆复合材料的制备及性能研究[D]. 镇江: 江苏大学机械工程学院, 2016.
- (责任编辑: 杜 佳)