

分散染料颜色对涤纶织物紫外线防护性能的影响

罗汝楠, 赵胜男, 范敏, 张辉*

(北京服装学院 服装艺术与工程学院, 北京 100029)

摘要:选择涤纶织物(聚酯纤维),通过数码印花的方式,利用分散染料得到 HSV 模式下的试验样品色块。测试了在 UVA 和 UVB 波段各色块的紫外线屏蔽率,探讨了在 HSV 模式下色相、明度、饱和度对涤纶织物防紫外线性能的影响。

关键词:分散染料;数码印花;颜色;防紫外线性能;涤纶织物

中图分类号: TS190.9

文献标识码: A

文章编号: 1673-0356(2017)08-0033-04

近年来,由于臭氧层被破坏,使得到达地表的紫外线(UV)辐射强度不断增强,且 UV 具有累积效应,对人体的危害也越来越严重。紫外线中的 UVC 成分几乎全部被大气中的臭氧层所吸收,能够到达地球表面对人体产生作用的主要是 UVA 和 UVB^[1]。适量的紫外线照射具有杀菌作用,促进维生素 D 的生成,但过多的紫外辐射会引起光化学反应,对人的皮肤和免疫系统产生不同程度的危害。紫外线对皮肤的损伤主要分为两个方面:(1)UV-A 称为晒黑区,UVA 可较深地透入皮肤,使皮肤晒黑,出现皱纹,产生雀斑等现象。UVA 在人体免疫系统的参与下,会产生免疫放大效应。(2)UV-B 称为晒伤区,UVB 可使毛细血管扩张,产生日晒红斑、水疱等炎症。UVB 还可损伤细胞,严重时可引发皮肤癌^[2]。

服装面料所含纤维的种类,纱线的细度,织物的组织结构、密度、厚度、颜色及服装的结构等对防紫外线都有一定的影响^[3]。为了加强织物的防紫外线效果,人们对服装面料进行了防紫外线整理研究。目前防紫外线整理剂的研究已取得了较大进展,在织物上的应用正逐渐向高效、轻薄的发展方向,整理剂和整理工艺也越来越多样化。但经过防紫外线整理后的织物普遍存在服用性能下降的问题,尤其是作为要求较高的夏季服装透气透湿性能下降明显。防晒服装是人们在夏季的首选服装,本文针对市场上防晒服的紫外线屏蔽率进行了测试。结果表明,目前市场上很多防晒服不仅未达到国家标准的紫外屏蔽率(95%及以上),而且

款式单一、热湿舒适性能较差^[4]。面对人们对服装舒适性和外观的重视,防晒服装仍需进一步改善^[5]。

太阳光按照波长可分为红外线、可见光、紫外线,不同的物体对光具有不同的吸收和反射作用。物体的颜色是物体吸收了一定波段的太阳光,反射出特定波长可见光的结果。因此,不同颜色的物体对紫外线的吸收能力也有所不同。用于涤纶织物染色的分散染料结构简单,结构中含有苯环、硝基、偶氮基团,这些基团对紫外线都有一定的吸收作用^[6]。但目前对于涤纶织物颜色对防紫外线性能的影响情况尚不明确。本文针对 HSV 模式下的涤纶织物颜色展开研究,改变色相、明度、饱和度,研究各因素对紫外线屏蔽率的影响情况,希望对日常穿着服用的防紫外线生活服装的研究有所帮助和指导。

1 试验部分

1.1 材料与仪器

材料:轻薄型平纹涤纶织物(适合夏季穿着),厚度 0.204 mm,经密 680 根/10 cm,纬密 450 根/10 cm,克重 58.62 g/m²。

仪器:紫外辐照计 UV-340(北京师范大学光电仪器厂)。

1.2 研究机理

分散染料分子量小(一般为 200~400),具有疏水性。用于热转移印花时,染料的平均直径小于 0.5 μm。热转移印花原理:聚酯纤维的无定形区存在 10~100 Å(埃)的微小空隙,当温度上升到 210 °C 时,无定形区剧烈运动,空隙增大并逐渐形成半熔融状态。在这种温度下,染料升华为气态。由于范德华力的吸引,气态染料分子扩散进入无定形区,达到着色上染的作用。

本文对涤纶织物采用的是分散染料数码热转移印

收稿日期:2017-06-15;修回日期:2017-06-23

基金项目:服装工效学及服装功能创新设计北京市重点实验室项目(KYTG02170202)

作者简介:罗汝楠(1992-),女,在读硕士研究生,主要研究方向为服装舒适性与人体工程,E-mail:1769762107@qq.com。

*通信作者:张辉(1966-),男,教授,博士,主要研究方向为服装工效学,E-mail:gdacad@126.com。

花方法^[7],工艺流程为:转移纸→喷墨打印→喷墨印花纸与织物→热压转印(210℃、30s)→喷墨印花织物。热转印花无需对织物进行预处理,也无需对印花后的织物进行水洗。喷墨印花的墨水一般由染料、水、有机溶剂及添加剂组成。由于染料的升华点较低(180~240℃),升华过程中,染料中的添加剂基本都残留在转移纸上,不会污染织物^[7]。

1.3 样品制备

在 HSV 颜色模式下,将色相环进行 10 等分,得到色相 0、36、72、108、144、180、216、252、288、324,并在等分后的每个色相下,对明度和饱和度由 0~100 进行 5 等分,得到明度和饱和度分别为 0、25、50、75、100,在每个色相下,使用分散染料以数码花的方法得到 250 个试验样品。色相为 0、36、72 的试验样品见图 1。

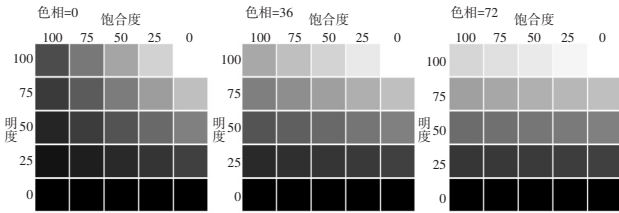


图 1 色相(H)为 0、36、72 的试验样品

1.4 试验方法

本试验在北京夏季晴天无云的条件进行,测试时间为 12:00~13:00,实验过程中太阳光的 UVA、UVB 的紫外线辐射强度分别约为:(16.47±0.09) μW/cm²、(0.98±0.01) μW/cm²。参照 GB/T 18830—2009《纺织品 防紫外线性能的评定》,紫外线的光谱透射比 $T(UV) = \text{透射辐射量} / \text{入射辐射量}$ ^[4]。将紫外辐照计分别连接 365 和 297 探头,分别在有样品覆盖和无样品覆盖条件下测量紫外线透射辐射量。由于试验周期较短,每个试样测试得到稳定数值仅需 5s 左右。因此,在测试时太阳光中紫外线强度的变化极小。在 12:00~13:00 的时间段内重复试验发现,入射角度稍有不同时,虽然会引起紫外线强度的变化,但对紫外线屏蔽率没有影响。所有参数进行 5 次重复测量,结果记平均值。紫外线屏蔽率的计算公式,如下所示:

$$\text{紫外线屏蔽率} = 1 - T(UV) = 1 - \frac{W_1}{W_2}$$

式中, T 为紫外线光谱透射比; W_1 为透射辐射量; W_2 为入射辐射量。

2 结果与讨论

2.1 色相(H)对涤纶织物防紫外线性能的影响

太阳光下物体的颜色是吸收了可见光中的互补光

反射出的颜色。太阳光中紫外线波长范围为 290~400 nm,与可见光中的蓝紫光较接近,而能够吸收蓝紫光的物体的颜色为:黄绿色、黄色、橙色、红色。经对比分析,不同颜色的涤纶织物对紫外线的吸收与对可见光中蓝紫光的吸收有所不同。不同颜色的物体对可见光的吸收见表 1。

表 1 不同颜色的物体对可见光吸收波段

| 物体颜色 | 吸收光颜色 | 吸收光波长范围/nm |
|------|-------|------------|
| 黄绿色 | 紫色 | 400~450 |
| 黄色 | 蓝色 | 450~480 |
| 橙色 | 绿蓝色 | 480~490 |
| 红色 | 蓝绿色 | 490~500 |

明度和饱和度均为 100 时,涤纶织物的紫外线屏蔽率随色相的变化曲线见图 2。由图 2 可知,涤纶织物的紫外线屏蔽率随色相的变化呈现出一定的变化规律。同时, UVA 和 UVB 随色相的变化趋势相似,其中,在 $H = 0$ 、 $H = 126$ 、 $H = 234$ 附近处屏蔽率达到峰值;在 $H = 72$ 、 $H = 162$ 、 $H = 324$ 附近时,屏蔽率较低。在 $H = 0$ 、 $H = 126$ 、 $H = 234$ 附近时,对应的涤纶织物颜色分别为红色、绿色、蓝色。

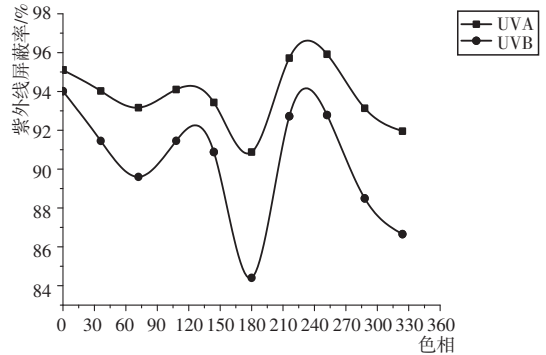


图 2 涤纶织物在不同色相(H)下紫外屏蔽率的变化曲线

本研究中涤纶织物采用的染料为分散染料,分散染料的小粒子在织物上聚集为稍大的固体粒子状态,对于紫外线具有较好的散射作用。分散染料的分子量虽小,但含有苯环、 π 键不饱和基团及一些助色基团。有机物对于能够到达地球表面的 UVA、UVB 的吸收主要是 K 吸收带(波长 > 200 nm 吸收带)和 B 吸收带(230~270 nm 吸收带)。K 带吸收主要是由含有不饱和基团的共轭双键分子中的电子发生 $\pi \rightarrow \pi^*$ 的跃迁,强度较强。B 带吸收主要是由苯环、共轭双键分子中的电子发生 $n \rightarrow \pi^*$ 的跃迁^[8]。另外,不同的染料分子结构,不同分子间的排列方式,所含生色及助色团不同。在数码印花中,采用的颜色模式为 CMYK,共计 4 种颜色混合叠加,形成“全彩印刷”。4 种标准颜色是: C(青色)、M(品红)、Y(黄色)、K 定位套版色(黑色)。

在不同的色相时,加入的 C、M、Y 的含量不同,不同颜色的染料分子所含能够吸收紫外线的基团不同,对紫外线的吸收波长及强度有差别。因此,不同颜色涤纶织物吸收紫外线的性能有差异,不能完全以可见光的吸收规律来判断紫外线的吸收规律。

2.2 明度(V)对涤纶织物防紫外线性能的影响

经过试验验证可知,在各个色相段,明度对涤纶织物的防紫外性能均有一定影响。涤纶织物的饱和度为 100% 时,不同明度下,UVA、UVB 紫外线屏蔽率随色相的变化曲线见图 3 和图 4。由图 3 和图 4 可知,在不同明度时,涤纶织物 UVA、UVB 紫外线屏蔽率随色相的变化也呈现出一定的变化规律。在明度为 100% 时,UVA、UVB 紫外线屏蔽率随着色相的变化波动较大;当明度越来越小时,曲线波动逐渐变小,即色相对紫外线屏蔽率的影响逐渐减小。

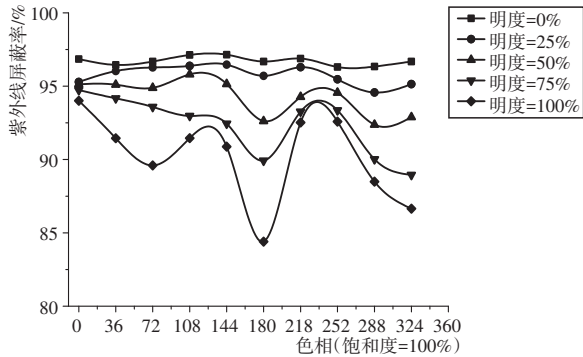


图 3 不同色相、明度对涤纶织物 UVA 屏蔽率的影响

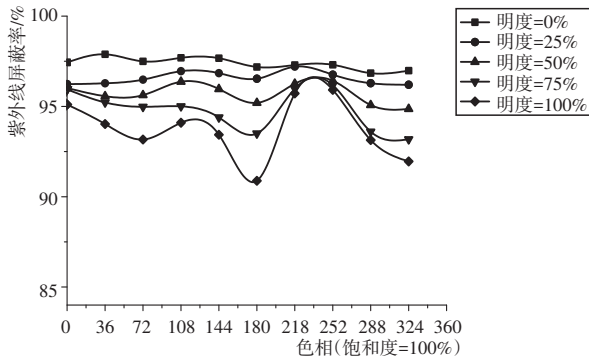


图 4 不同色相、明度对涤纶织物 UVB 屏蔽率的影响

在数码印花时,通过改变 K 定位套版色(黑色)的含量来实现明度的变化。分散染料在织物上以固体粒子的形式存在,对于紫外线有较好的散射作用。明度越小,染料含量越多,染料粒子在织物上的密度越大,因此对紫外线屏蔽作用越好;随着明度的增加,染料含量减少,屏蔽率相应降低。另外,C、M、Y 三种颜色的染料分子所含基团在 UVA、UVB 波段吸收能力不同,

在不同色相时,屏蔽率的大小及变化规律也有差别。在明度较小时,染料对于紫外线的散射作用大于吸收作用,色相对于屏蔽率的影响相对减小;当明度较大时,织物对紫外线主要是染料分子的吸收作用,此时色相对于屏蔽率的影响较大。

2.3 饱和度(S)对涤纶织物防紫外线性能的影响

经过试验验证可知,在各个色相段,饱和度对涤纶织物的防紫外性能有一定的影响。涤纶织物的明度为 100% 时,不同饱和度下,UVA、UVB 紫外线屏蔽率随色相的变化曲线见图 5 和图 6。由图 5 和图 6 可知,在不同明度时,涤纶织物 UVA、UVB 紫外线屏蔽率随色相的变化呈现出一定的变化规律。当饱和度为 100% 时,UVA、UVB 紫外线屏蔽率随着色相的变化波动较大;当饱和度越来越小时,紫外线屏蔽率随色相的变化波动逐渐变小。

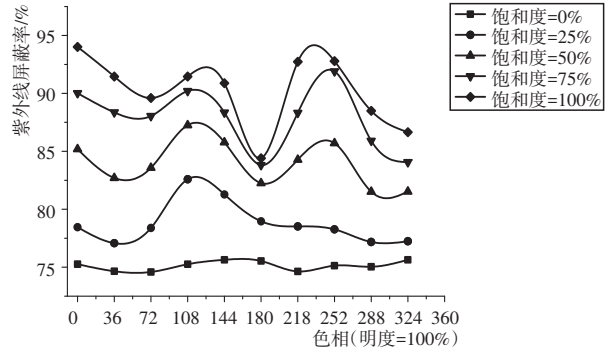


图 5 涤纶织物不同色相(明度为 100%)时饱和度对 UVA 屏蔽率的影响

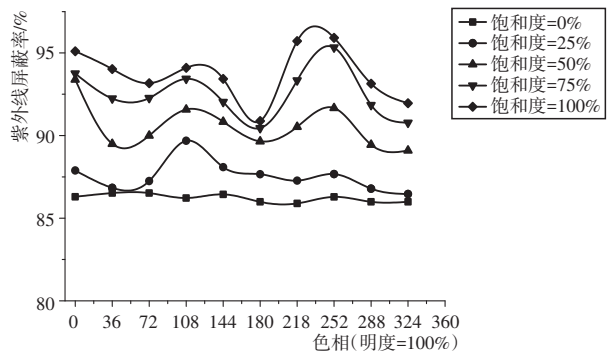


图 6 涤纶织物在不同色相(明度为 100%)时饱和度对 UVB 屏蔽率的影响

饱和度的变化是通过改变 C、M、Y 3 种染料的含量来实现,当涤纶织物颜色的饱和度增加时,3 种染料的含量相应地增加,染料在涤纶织物上的含量增加,对于紫外线的吸收和散射作用增强。C、M、Y 3 种颜色的染料分子中所含基团,如苯环,主色基团等,在 UVA、UVB 波段吸收能力不同,对紫外线的屏蔽率的

大小及变化规律有差别。当饱和度为 0%，明度为 100%时，涤纶织物表现为白色，即为涤纶织物本身的颜色，不含染料分子，此时涤纶织物对紫外线的屏蔽率较低，为涤纶织物本身对紫外线的屏蔽率；随着饱和度的增加，相应颜色的染料含量增加，涤纶织物对紫外线的吸收作用越来越规律化，呈现出相应颜色染料对紫外线的吸收规律。

3 结论

(1) 涤纶织物的紫外线屏蔽率随着颜色的变化呈现出一定的变化规律，在红色、绿色、紫红色时，达到峰值，取得较好的紫外线屏蔽效果，与对可见光的吸收规律不同。在 UVA、UVB 波段屏蔽率变化趋势相似。

(2) 涤纶织物的紫外线屏蔽率在明度较小时紫外线屏蔽性能较好，随着明度的增大，UVA、UVB 屏蔽率呈减小趋势。在明度较小时，色相对紫外线屏蔽率的影响较小，随着明度的增加，色相对紫外线屏蔽率的影响增加。

(3) 涤纶织物的紫外线屏蔽率在饱和度较小时紫外线屏蔽性能较差，随着饱和度的增大，UVA、UVB 屏蔽率呈增加趋势。在饱和度增大时，织物的紫外线

屏蔽率增大，色相对紫外线屏蔽率的影响越来越规律化。

参考文献：

[1] 路婷婷,陈亚泽,卢涛,等.紫外线的皮肤损伤机制及具有紫外线防护作用的天然产物的研究进展[J].中国药理学通报,2012,28(12):1 655-1 659.

[2] 孙晓晨,张放,邵华.紫外线对人体健康影响[J].中国职业医学,2016,43(3):380-383.

[3] ALGABA I, RIVA A, CREWS P C.纤维种类和织物孔隙度对夏季织物紫外线防护系数的影响[J].中国纤检,2010,(15):78-82.

[4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.纺织品防紫外线性能的评定:GB/T 18830-2009[S].北京:中国标准出版社,2009:1-4.

[5] 张辉,周永凯,黎焰.服装工效学[M].北京:中国纺织出版社,2015.

[6] 何瑾馨.染料化学[M].北京:中国纺织出版社,2009.

[7] 刘敬秀.分散染料喷墨热转移印花墨水的制备及其应用[D].上海:东华大学,2016.

[8] 薛松.有机结构分析[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2012.

Effect of Disperse Dye Color on UV Protection Performance of Polyester Fabric

LUO Ru-nan, ZHAO Sheng-nan, FAN Min, ZHANG Hui*

(Beijing Institute of Fashion Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: Polyester fabric was selected and disperse dye was used to get sample color swatch under HSV model by digital printing. The UV shielding ratios of each color block in UVA and UVB bands were tested. The influence of hue, brightness and saturation on the anti-UV performance of the fabric under HSV model was investigated.

Key words: disperse dye; digital printing; color; anti-UV performance; polyester fabric

美国对中国细旦涤纶短纤作出双反产业损害初裁

2017年7月14日,美国国际贸易委员会(US-ITC)发布公告称,对进口自中国大陆、印度、韩国和台湾地区的细旦涤纶短纤(FINE DENIER POLYESTER STAPLE FIBER)作出反倾销产业损害肯定性初裁,同时对进口自中国和印度的涉案产品作出反补贴产业损害肯定性初裁。在本次裁决中,4名国际贸易委员会委员投肯定票。美国商务部预计将于2017年8月24日对此案作出反补贴初裁,于2017年11月7日对此案作出反倾销初裁。

2017年5月31日,美国企业 DAK AMERICAS LLC、NAN YA PLASTICS CORPORATION, A-

MERICA 和 AURIGA POLYMERS INC.代表美国国内产业向美国国际贸易委员会和美国商务部提出申请,要求对进口自中国大陆、印度、韩国、台湾地区和越南的细旦涤纶短纤发起反倾销和反补贴产业损害立案调查。2017年6月21日,美国商务部对进口自中国大陆、印度、韩国、台湾地区和越南的细旦涤纶短纤进行反倾销立案调查,同时对进口自中国和印度的涉案产品发起反补贴立案调查。本案涉及美国协调关税税号 5503.20.0025 项下产品。

(来源:美国国际贸易委员会官网)