

# 活性染料数码印花真丝织物颜色的 紫外线防护作用

罗汝楠, 张 辉

(北京服装学院 服装艺术与工程学院, 北京 100029)

**摘要:** 织物的防紫外线研究大多在整理剂和整理工艺,而在织物的颜色对于防紫外线性能的研究方面相对薄弱。文章选择了真丝(蛋白质纤维)织物,通过数码印花的方式利用活性染料染得 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,探讨在颜色模式 HSV 下,色相、明度、饱和度对真丝织物防紫外性能的影响规律。研究表明:色相为 9、54、108、234 及 270 时,紫外线屏蔽率高;色彩明度越低,紫外线屏蔽率越高;色彩饱和度越高,紫外线屏蔽率越高。

**关键词:** 真丝织物;活性染料;数码印花;颜色;防紫外性能

中图分类号: TS101.923 文献标志码: A 文章编号: 1001-7003(2018)02-0008-05 引用页码: 021102

## Study on UV protection performance of color of reactive dyes digital printing silk fabric

LUO Ru'nan, ZHANG Hui

(Beijing Institute of Fashion Technology, School of Fashion Art and Engineering, Beijing 100029, China)

**Abstract:** Anti-UV researches on fabrics mostly focus on finishing agents and finishing processes, while the research on UV-resistant performance of fabric color is relatively weak. The silk (protein fiber) fabric was selected in this paper, and testing samples of HSV color mode were digitally printed by reactive dyes. The UV shielding ratios of UVA and UVB bands were tested, and the influence of color factors, such as hue, brightness and saturation, on the anti-UV performance of the fabric was investigated. The results show that anti-UV performance is high when the hue value of color is 9, 54, 108, 234 and 270. The lower the brightness value is, the higher the anti-UV performance is. The higher the saturation value is, the higher the anti-UV performance is.

**Key words:** silk fabric; reactive dye; digital printing; color; anti-UV performance

随着社会的发展,空气污染和臭氧层破坏越来越严重,到达地表的太阳光中的紫外线增多,致使人们皮肤类疾病患病率不断升高,防晒服已经成为人们夏季不可缺少的服装。日光中的 UV 波长范围在 100 ~ 400 nm,分别为:短波紫外线(UVC, 100 ~ 290 nm)、中波紫外线(UVB, 290 ~ 320 nm)、长波紫外线(UVA, 320 ~ 400 nm)。UVC 几乎完全被臭氧层

吸收,到达地球表面的紫外线主要是 UVA 和 UVB 波段<sup>[1]</sup>。UVA 的能量低于 UVB,但穿透力强,尤其是 UVA1(340 ~ 400 nm)可较深地透入到皮肤真皮层甚至皮下组织区域的细胞,造成皮肤松弛,且皱纹增多<sup>[2]</sup>。UVB 能量较高,穿透能力相对较弱,对皮肤的影响表现为:影响皮肤角质形成细胞,促使皮肤毛细血管扩张,产生日晒红斑、水疱等炎症;引发黑色素沉积,使皮肤晒黑,产生雀斑等现象;引发 DNA 突变,且如果 DNA 损伤不断积累,可使染色体变异,最终导致皮肤癌;使细胞的形态及免疫功能发生改变,导致全身或局部的免疫抑制。UVA、UVB 除了单独作用外,还可发生协同作用,对皮肤造成更为严重的损伤<sup>[3]</sup>。

不同的纤维组成成分及纤维结构不同,防紫外线性能有差异。对织物的防紫外线性能有影响的因

收稿日期: 2017-05-27; 修回日期: 2017-12-25

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);北京服装学院研究生科研创新项目(X2017-018)

作者简介: 罗汝楠(1992—),女,硕士研究生,研究方向为服装舒适性与人体工程。通信作者: 张辉,教授, gdcad@126.com。

素有: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<sup>[4]</sup>。通常,织物越紧密、厚度越大防紫外线效果越好。在日常生活中,主要通过结合以下两种方式防晒,遮光防护:通过穿戴衣帽、太阳镜,撑遮阳伞等来防护皮肤和眼睛;防晒剂防护:通过涂抹物理或化学防晒剂,防止太阳光中的紫外线未经遮挡直接照射到皮肤,造成损伤。目前市场上防晒服存在一些问题:防紫外线效果达不到国家标准要求的屏蔽率 95% 及以上;热湿舒适性差,且这类防晒服的面料大多采用合成纤维,织物的经、纬密度较大,透气透湿性较差;款式结构单一,目前市场上的防晒服大多用于户外休闲运动穿着,款式单一,达不到消费者对日常生活追求多样的服装款式的要求。

人们对面料的防紫外线研究主要集中在防紫外线整理研究,主要包括吸收整理和屏蔽整理<sup>[5]</sup>。吸收整理:于纱线、纤维或者纺织品表面涂覆具备紫外线吸收能力的化学剂。常用的紫外线吸收剂可以分为有机和无机两大类:有机类紫外光线吸收剂主要包括苯并三唑类、二苯甲酮类、取代丙烯腈、取代三嗪类及水杨酸酯类等<sup>[6]</sup>;能够吸收紫外线的无机类化学剂主要包括 TiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>、ZnO 等。屏蔽整理:于纱线、纤维或者纺织品表面涂覆具备对紫外光线强力反射能力的无机涂层,以此来增强衣物等纺织品对紫外光线的散射与反射效果,从而达到减小紫外光

透过率的目的,期间不发生能量转换<sup>[7]</sup>。

本文选择一种适合夏季穿着的轻薄型真丝织物为实验样品,针对 HSV 模式下的织物颜色对紫外线屏蔽的影响作用展开研究,分别改变三个颜色分量 H、S、V 的含量,通过数码印花得到试验样品,进而进行实验,分析对紫外线屏蔽率的影响。

## 1 实验

### 1.1 材料与仪器

材料:轻薄型白色真丝织物(100% 桑蚕丝),织物组织为缎纹,厚度为 0.571 mm,经密 158 根/cm,纬密 56 根/cm,平方米质量 134.27 g/m<sup>2</sup>。

仪器:分辨率为 0.1 μW/cm<sup>2</sup> 的紫外辐照计 UV-340(北京师范大学光电仪器厂)。

### 1.2 试样制备

与 HSV 颜色模式下,在 0~360 内把色相环等间隔分为 20 个区间,色相特征值点取为:0、18、36、……、342;在同一色相值下,把饱和度与明度在 0~100 内等间隔分为 5 个区间,饱和度与明度的取值点为:0、25、50、75、100,在同一个色相值下,采用数码印花的方式利用活性染料制备 500 个实验样本。真丝织物的数码印花工艺流程为:配制上浆液→浸轧上浆→烘干→喷墨印花→烘干→汽蒸→冷水洗→热水洗→皂洗→冷水洗→烘干→喷墨印花织物,色相值为 0、18、36、54 的实验样本如图 1 所示。

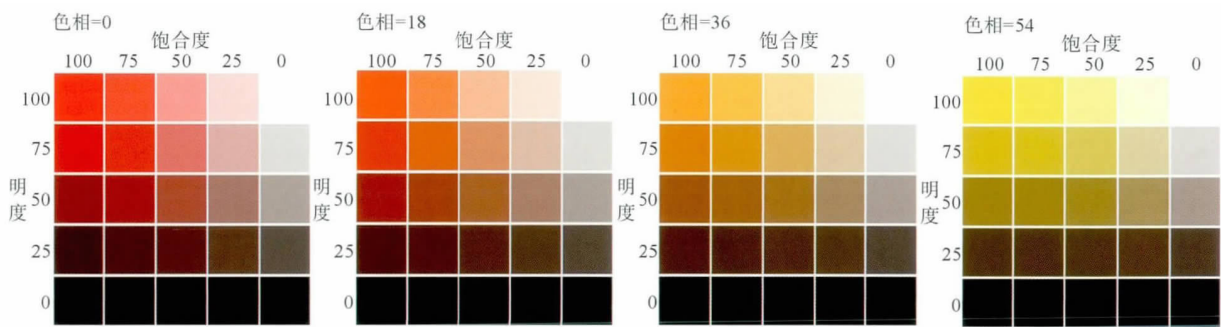


图 1 色相为 0、18、36、54 的实验样品

Fig. 1 Test samples with hue value of 0, 18, 36 and 54

### 1.3 实验方法

本实验在北京夏季晴天无云的条件进行,在 12:00-13:00 的时间段内,阳光中的 UVA、UVB 紫外线辐照强度分别是:(16.52 ± 0.08) μW/cm<sup>2</sup>、(0.98 ± 0.01) μW/cm<sup>2</sup>。参照国标 GB/T 18830—2009《纺织品 防紫外线性能的评定》,紫外光谱的透射比计算方法为:  $T_{(UV)} = \text{透射辐射量} / \text{入射辐射}$

量<sup>[7]</sup>,把紫外辐照计分别同 297(UVB)与 365(UVA)探针相接,分别测得在有实验样品遮挡与没有实验样品遮挡情况下的紫外透射量( $W_1$ )和入射量( $W_2$ ),紫外光线屏蔽率的计算方法如下式所示,计算值采用 5 次测量的平均值。

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

在实验过程中,每一个样品在测试时获得稳定读数大约需要 5 s,时间较短,所以,在测试过程中阳光中紫外线的辐照强度几乎不变。实验时,仪器的测头尽可能垂直对向太阳。经前期的预实验发现,当阳光的辐照强度及相对于测头的入射角度发生较小幅度变化时,尽管会导致紫外线照射强度测量值的变化,但是通过计算发现,其并不会对样品的紫外线屏蔽率造成明显的影响。

## 2 结果与分析

### 2.1 色相(H)对真丝织物防紫外性能的影响

经测试,未数码染色的真丝织物样品的 UVA、UVB 屏蔽率分别为 76.65% 和 85.99%。经活性染料数码染色后,织物的 UVA、UVB 屏蔽率明显提高。织物的色彩明度、饱和度均为 100 时,真丝织物的紫外屏蔽率随色相的变化曲线见图 2。由图 2 可知,活性染料数码印花染色丝织物的紫外线屏蔽率随色相的改变,呈现出一定的变化规律,且在 UVA、UVB 波段的屏蔽率变化趋势相似。当色相 H = 9、H = 54 时,UVA、UVB 屏蔽率达到峰值,屏蔽率在 95% 以上。当色相 H = 108 时,UVA、UVB 屏蔽率在 95% 左右。在色相 H = 9、H = 54、H = 108 时,对应的颜色分别为红色、黄色、绿色。当色相 H = 234、H = 270 时,UVA 屏蔽率在 95% 左右,UVB 屏蔽率在 93.5% 左右,对应颜色分别为蓝色、紫色。而当色相 H = 180、H = 306 时,UVA、UVB 屏蔽率低。

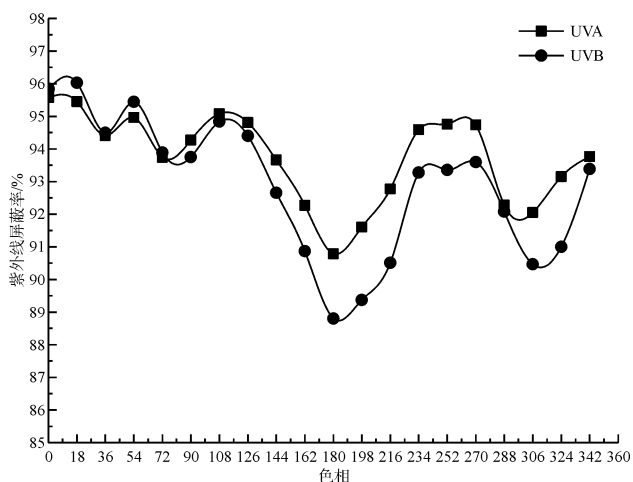


图 2 明度和饱和度均为 100 时,真丝织物在不同色相下紫外屏蔽率的变化曲线

Fig.2 The change curve of UV shielding rate of silk fabrics under difference hue value when both brightness and saturation are 100

可见光中的蓝紫光与阳光中紫外线的波长(290 ~ 400 nm)接近,而黄绿色、黄色、橙色、红色的物体能够吸收可见光中的蓝紫光<sup>[9]</sup>。经对比,不同颜色织物对紫外线的吸收与对可见光中蓝紫光的吸收规律不同。吸收蓝紫光的物体颜色如表 1 所示。

表 1 吸收蓝紫光的物体颜色

Tab.1 The absorption of blue and violet color of the objects

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

本文中真丝织物数码印花采用的染料为活性染料,活性染料中含有助色基团、苯环及内部包含  $\pi$  键的不饱和基团等成分。活性染料因为其内部含有特定的有机物故而能够吸收阳光中的 UVA、UVB 等紫外成分,而其吸收作用主要是 K 吸收带(波长 > 200 nm)与 B 吸收带(230 ~ 270 nm)。另外由于染料分子中含有取代基,吸收带发生红移或蓝移现象,吸收波长和强度发生变化。K 带的吸收原理是利用有机物内部包含的不饱和基团内部的共轭双键产生的  $\pi \rightarrow \pi^*$  电子跃迁现象,B 带的吸收原理是利用苯环、共轭双键分子内部的电子产生的  $n \rightarrow \pi^*$  的跃迁现象<sup>[10]</sup>。此外,由于不同种类的染料分子内部所包含的生色与助色基团不相同,故而其对于紫外线的吸收效果也不相同。

### 2.2 明度(V)对真丝织物防紫外性能的影响

实验证明,在各个色相段,活性染料数码印花真丝织物的颜色明度对真丝织物的防阳光紫外性能有一定影响,紫外线屏蔽率随明度的增加基本呈减小趋势。本文以屏蔽率较好的红色波段为例加以说明。色相为 0 时,丝织物的 UVA、UVB 屏蔽率随明度的变化曲线见图 3 和图 4。由图 3 和图 4 可知,真丝织物 UVA、UVB 屏蔽率随明度的增加逐渐减小,但不同饱和度紫外线屏蔽率的减小速率不同。不同饱和度时,UVA 屏蔽率随明度变化的速率见表 2。由表 2 可知,随着饱和度的增加,UVA 屏蔽率随明度变化的速率基本呈减小趋势,因此随着饱和度的增加,明度对紫外线屏蔽率的影响减小。

通常数码印花系统在打印时,采用 CMYK 的颜色模式。这种模式下的颜色是由四种颜色分量:C(青色)、M(品红色)、Y(黄色)、K 定位套版色(黑色),混合叠加而形成的“全彩印刷”。明度的变化是在数码印花时,通过控制 K 的含量来实现。数码印花



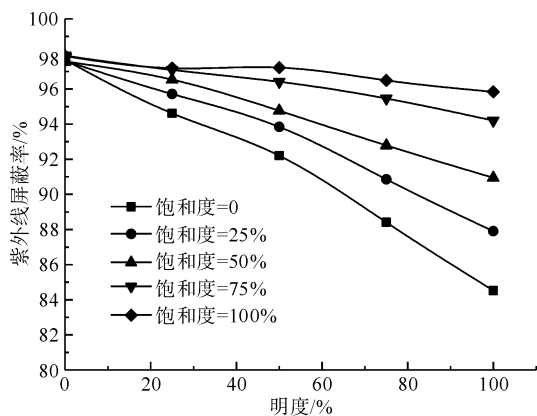


图 3 真丝织物色相为 0 时,不同明度对 UVA 屏蔽率的影响

Fig. 3 The effect of different brightness on UVA shielding rate when the hue value is 0

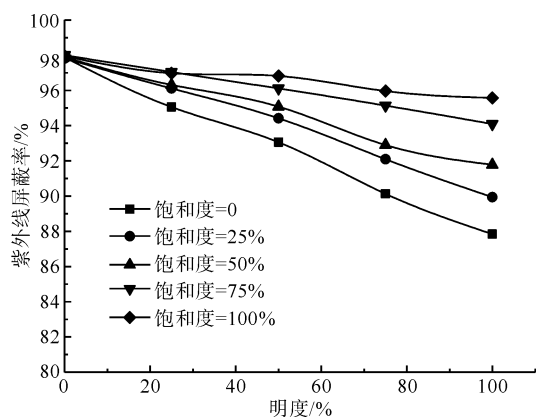


图 4 真丝织物色相为 0 时,不同明度对 UVB 屏蔽率的影响

Fig. 4 The effect of different brightness on UVB shielding rate when the hue value is 0

表 2 不同饱和度下 UVA 屏蔽率随明度的变化速率  
Tab. 2 The change rate of UVA shielding rate with brightness in different saturation

饱和度	UVA 屏蔽率随明度变化的速率
0	$-13 \times 10^{-4}$
25	$-9.7014 \times 10^{-4}$
50	$-6.8013 \times 10^{-4}$
75	$-3.5993 \times 10^{-4}$
100	$-1.9094 \times 10^{-4}$

中使用的活性黑色染料相对分子质量较大,所含苯环、共轭双键及助色基团较多,对于紫外线有较好的吸收作用。当织物颜色的明度越小时,加入的 K 的含量越多,因此随着明度的减小,对紫外线的吸收能力增强。

### 2.3 饱和度 (S) 对真丝织物防紫外性能的影响

各个色相段,活性染料数码印花真丝织物的颜色饱和度对真丝织物的防阳光紫外性能有一定影响,紫外线屏蔽率随饱和度的增加基本呈增大趋势。

本文以屏蔽率较好的红色波段为例加以说明。色相为 0 时,真丝织物的 UVA、UVB 屏蔽率随饱和度的变化曲线见图 5 和图 6。由图 5 和图 6 可知,真丝织物紫外线屏蔽率随饱和度的增加逐渐增大,但不同明度 UVA、UVB 波段屏蔽率的增大速率不同。不同明度时,UVA 屏蔽率随饱和度变化的速率见表 3。由表 3 可知,明度较小时,饱和度对 UVA 屏蔽率的影响很小;随着明度的增加,UVA 屏蔽率随明度变化的速率基本呈增大趋势,因此随着明度的增加,饱和度对紫外线屏蔽率的影响增大。

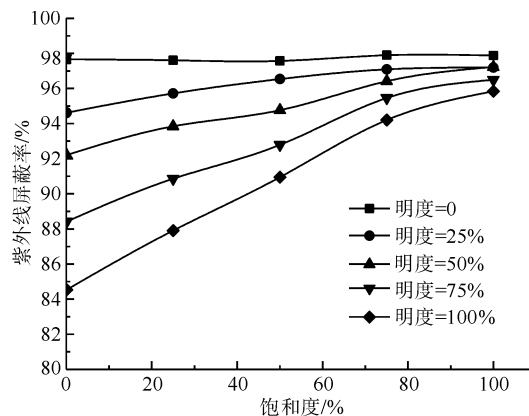


图 5 真丝织物色相为 0 时,不同饱和度对 UVA 屏蔽率的影响

Fig. 5 The effect of different saturation on UVA shielding rate when the hue value is 0

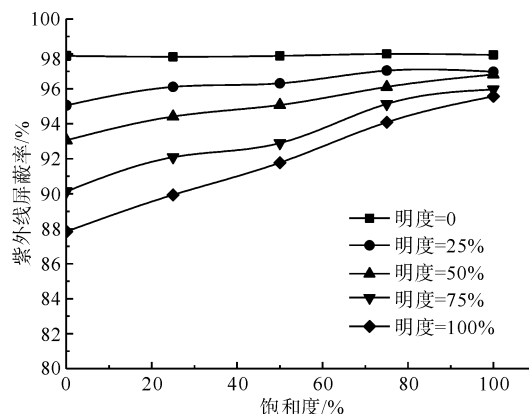


图 6 真丝织物色相为 0 时,不同饱和度对 UVB 屏蔽率的影响

Fig. 6 The effect of different saturation on UVB shielding rate when the hue value is 0

饱和度的变化是在数码印花时,通过控制 C、M、Y 的含量来实现。当 C、M、Y 三种染料的含量增加时,对应的织物颜色的饱和度增加,对于 UVA、UVB 的吸收、反射的作用加强。另外,不同色相下,颜色饱和度对紫外线屏蔽率的影响规律也有差别。由于

三种不同颜色的染料分子内部所含有的基团不同,致使不同颜色的染料在 UVA、UVB 波段吸收能力不同。

表 3 不同饱和度下 UVA 屏蔽率随明度的变化速率  
Tab.3 The change rate of UVA shielding rate with saturation in different brightness

明度	UVA 屏蔽率随饱和度变化的速率
0	$0.2915 \times 10^{-4}$
25	$2.6014 \times 10^{-4}$
50	$5.0438 \times 10^{-4}$
75	$8.3098 \times 10^{-4}$
100	$11.6 \times 10^{-4}$

### 3 结 论

本文采用活性染料以数码印花方式对真丝织物进行染色处理,染料分子虽然不能像染色工序那样完全渗入织物内部,而在织物背面颜色较浅,但这已对真丝织物的防阳光紫外线性能有了很显著的提高。数码印花在服装个性化定制方面的应用越来越受重视,本文可为研发夏季防阳光紫外线的防晒服装提供参考,并得到如下结论:

1) 利用活性染料以数码打印方式对真丝织物进行染色处理后,真丝织物的阳光紫外线屏蔽率有显著的影响。活性染料数码印花真丝织物的阳光紫外线屏蔽率随颜色色相的变化呈现一定的变化规律,且 UVA、UVB 波段屏蔽率的变化趋势相似。颜色为红色、黄色、绿色时,阳光紫外线屏蔽率达到最高值,阳光紫外线屏蔽效果较好,与对可见光的吸收规律不同。

2) 在饱和度较大时,活性染料数码印花真丝织物的阳光紫外线屏蔽性能较好,UVA、UVB 屏蔽率随着饱和度的减小基本呈现降低趋势。但不同饱和度时,织物对阳光紫外屏蔽率随明度变化的速率不同。饱和度越大,明度对紫外线屏蔽率的影响越小。

3) 在明度较小时,活性染料数码印花真丝织物的阳光紫外线屏蔽性能较好,UVA、UVB 屏蔽率随着明度的增大基本呈现降低趋势。但不同明度时,紫外屏蔽率随饱和度变化的速率不同。明度越小,饱和度对紫外线屏蔽率的影响越小。

#### 参考文献:

[1] 李立,白雪涛. 紫外线辐射对人类皮肤健康的影响 [J]. 国外医学(卫生学分册),2008,35(4):198-202.  
LI Li, BAI Xuetao. Effects of ultraviolet radiation on human skin health [J]. Foreign Medical Sciences (Section Hygiene),2008,35(4):198-202.

[2] 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):1655-1659.  
LU Tingting, CHEN Yaze, LU Tao, et al. Mechanism of UV damage and the protective effect of natral products against UV damage [J]. Chinese Pharmacological Bulletin, 2012, 28 (12):1655-1659.

[3] 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.  
SUN Xiaochen, ZHANG Fang, SHAO Hua. Effects of ultraviolet radiation on human health [J]. China Occupational Medicine,2016,43(3):380-383.

[4] 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.  
ALGABA I, RIVA A, CREWS P C. Influence of fiber type and fabric porosity on the UPF of summer fabrics [J]. China Fiber Inspection,2010(15):78-82.

[5] 寇勇琦,段亚峰,党旭艳. 防紫外线功能性纺织品的技术机理与应用 [J]. 国外丝绸,2009(1):30-32.  
KOU Yongqi, DUAN Yafeng, DANG Xuyan. Technical mechanism and application of anti-ultraviolet functional textile [J]. Silk Textile Technology Overseas,2009(1):30-32.

[6] 张辉,周永凯,黎焰. 服装工效学 [M]. 北京:中国纺织出版社,2009:122-125.  
ZHANG Hui, ZHOU Yongkai, LI Yan. Clothing Ergonomics [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press,2009:122-125.

[7] 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. GB/T 18830—2009 纺织品 防紫外线性能的评定 [S]. 北京:中国标准出版社,2009:1-4.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 18830-2009 Textiles-Evaluation for solar ultraviolet radiation protective properties [S]. Beijing: Standards Press of China,2009:1-4.

[8] 杨洋,孙岩峰. 含二苯甲酮结构抗紫外线分散染料中间体的合成 [J]. 大连工业大学学报,2010,29(3):230-234.  
YANG Yang, SUN Yanfeng. Synthesis of intermediate of anti-UV radiation disperse dyes containing a built-in benzophenone stabilizer [J]. Journal of Dalian Polytechnic University,2010,29(3):230-234.

[9] 梁铨廷. 物理光学 [M]. 北京:电子工业出版社,2012:38-43.  
LIANG Quanting. Physical Optics [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry,2012:38-43.

[10] 薛松. 有机结构分析 [M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2005:322-347.  
XUE Song. Organic Structure Analysis [M]. Hefei: Press of University of Science and Technology of China,2005:322-347.