

儿童夜光安全服装的可视性能分析

闫彦红^{1,2}, 郑晨华¹, 邝野¹, 杨阳¹

(1. 浙江理工大学 服装学院, 浙江 杭州 310018; 2. 浙江理工大学 浙江省服装工程技术研究中心, 浙江 杭州 310018)

摘要:为了更好地评价儿童夜光安全服装的识别度和可见度,充分发挥服装的夜间安全警示功能,采用夜光绣线和夜光织物制成7件儿童夜光安全服装样衣;通过对样衣可视时间及可视距离数据分析,阐明夜光织物及织物发光颜色与可视性能之间的关系。结果表明:发光织物与织物发光颜色影响儿童夜光安全服装的可视距离及可视时间,可视距离及可视时间对儿童夜光安全服装的可视性能有极其显著的影响;白色绒布样衣可视性能最好,单色绒布样衣、白色机织布样衣和白色绣花样衣次之,蓝白条纹样衣最差;测试距离为20 m、持续发光20 min时,样衣可视性能达到可见与不可见的临界值。

关键词: 儿童安全服装;夜光纤维;可视时间;可视距离;可视性能

中图分类号: TS 151 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2022)06-0480-06

Visibility Analysis of Children Nocturnal Safety Garments

YAN Yanhong^{1,2}, ZHENG Chenhua¹, KUANG Ye¹, YANG Yang¹

(1. School of Fashion Design and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Clothing Engineering Research Center of Zhejiang Province, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to evaluate the recognition and visibility of children nocturnal safety garments with warning and reminding functions, seven children nocturnal safety garments were made of luminous fibers and luminous fabrics. By studying the visual time and visual distance, the effect of luminescent material and fabric color on visibility ability was clarified. The results showed that the luminous fabric and the emitting color affect the visibility distance and visibility time which can significantly affect the visibility of children's noctilucent safety clothing. White flannelette sample showed the highest visibility, followed by other color flannelette samples, white woven sample and white embroidered pattern. Blue-white stripes sample showed the worst performance. When the test distance was 20 meters and the test time was 20 minutes, the visibility of samples reached the threshold value of visible and invisible.

Key words: children nocturnal safety garments, luminous fiber, visual time, visual distance, visibility ability

随着生活水平的不断提高,人们的生活方式和出行方式趋于多样化,夜间出行的家庭越来越多,但由于可见度不足、着装不醒目等因素造成的交通事故频频发生。相对于成年人,儿童交通安全意识薄弱,自我保护能力差,在交通事故中的伤亡占比较高。因此,儿童出行的安全问题越来越受到重视,提高儿童行踪的可见度成为亟待解决的问题。儿童夜光安全服装^[1]是利用夜光纤维材料开发的儿童功能性服装。夜光纤维作为一种新型功能性

自发光纤维材料^[2],具有发光亮度高^[3-5]、光色丰富^[6-9]、绿色环保^[10-11]等优点,在中间视觉及暗视觉状态下具有良好的可视性能^[12-13],已广泛应用于工业、国防、交通运输等领域。由夜光纤维开发的纺织服装产品(如夜光织物^[14-15]、光谱指纹防伪纤维^[16]、夜光刺绣品^[17]等),具有与夜光纤维相似的发光性能,可为实现服装的多功能化提供新的途径。

儿童夜光安全服装的自发光性能决定了其安

收稿日期:2022-06-05; 修订日期:2022-08-15。

基金项目:纺织服装福建省高校工程研究中心开放基金项目(MJFZ17104)。

作者简介:闫彦红(1982—),女,讲师,博士。主要研究方向为新型功能性纺织材料及功能性服装。Email:yyhong666@163.com

全警示作用的强弱,自发光性能好,识别度和可见度高,其安全警示作用就强,反之安全警示作用就弱。本研究团队前期通过分析实测亮度与等效亮度间的关系,研究了儿童夜光安全服装的可视性能^[1],但儿童夜光安全服装的可视性能还与可视距离及可视时间密切相关。因此,文中以夜光织物及夜光绣线为发光原料,开发出7款儿童夜光安全服装样衣,对样衣的可视距离和可视时间进行测试,通过数据分析,研究可视距离和可视时间与可视性能的相关性,揭示夜光织物结构及织物发光颜色对样衣可视性能的影响,为开发高效能儿童安全服装提供理论依据。

1 实验部分

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料 选用夜光纤维、涤纶磨毛织物及稀土发光材料 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 为原材料。夜光纤维为 167 dtex 涤纶丝,其中发光材料 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 的质量分数为 4%;涤纶磨毛织物为斜纹单面短绒面料,以上原料均由常熟江辉纤维制品科技有限公司提供。

以夜光纤维为经纬纱线进行交织,制得夜光机织物;将稀土发光材料 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 通过涂层方式涂刮于涤纶磨毛织物表面制得夜光绒布;将夜光纤维加捻制得夜光绣线。

1.1.2 仪器 S-7100A-303 平缝机,兄弟机械(西安)有限公司制造;EM200 单头电脑绣花机,美国胜家缝纫机有限公司制造。

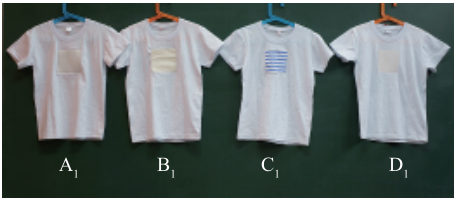
1.2 样衣制作

以夜光机织物、夜光绒布及夜光绣线为原料,采用贴布绣及平针绣工艺,在基样胸前绣织 10 cm × 10 cm 方形发光图案,制成第 1 组不同发光织物样衣,样衣制作方案见表 1,样衣如图 1 所示。以粉色、白色、蓝色及黄色夜光绒布为原料,采用贴布绣工艺在基样胸前绣织 10 cm × 10 cm 方形发光图案,制成第 2 组不同发光颜色样衣,样衣制作方案见表 2,样衣如图 2 所示。

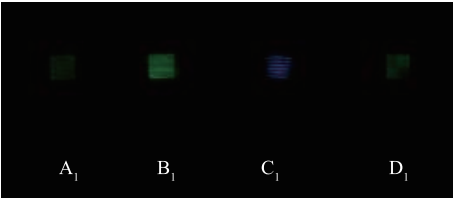
表 1 第 1 组样衣制作方案

Tab.1 First group samples

样品	名称	夜光原料	绣织方法
A ₁	白色机织布样衣	白色夜光机织布	贴布绣
B ₁	白色绒布样衣	白色夜光绒布	贴布绣
C ₁	蓝白条纹样衣	蓝白条纹夜光绒布	贴布绣
D ₁	白色绣花样衣	白色绣线	平针绣



(a) 有光照时



(b) 无光照时

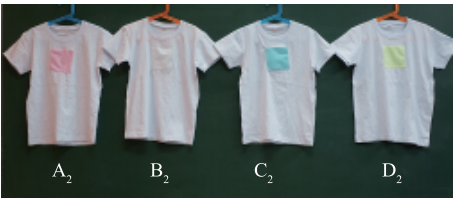
图 1 不同发光织物样衣

Fig.1 Samples with different materials

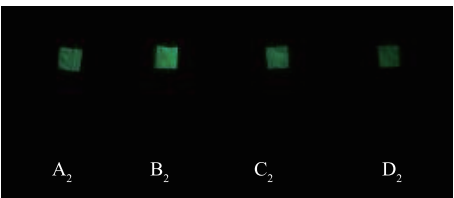
表 2 第 2 组样衣制作方案

Tab.2 Second group samples

样品	名称	夜光原料	绣织方法
A ₂	粉色绒布样衣	粉色夜光绒布	贴布绣
B ₂	白色绒布样衣	白色夜光绒布	贴布绣
C ₂	蓝色绒布样衣	蓝色夜光绒布	贴布绣
D ₂	黄色绒布样衣	黄色夜光绒布	贴布绣



(a) 有光照时



(b) 无光照时

图 2 不同发光颜色样衣

Fig.2 Samples with different colors

1.3 实验方法

1.3.1 实验设计 实验场地设计如图 3 所示,其中,A,B,C 和 D 点分别为样衣放置位置,可视性能的测试距离分别设置为 3,5,10 和 20 m。另外,根据夜光纤维余辉衰减性能^[4],发光亮度在光照 0 ~ 5 min 时衰减最快,6 ~ 10 min 时衰减缓慢,10 min 后发光亮度趋于稳定。由于实验样衣的主要原料是夜光纤维,因此样衣的发光亮度具有相似的衰减规律,故将实验可视性能的测试时间点设置为停止光照后 0,5,10 和 20 min。

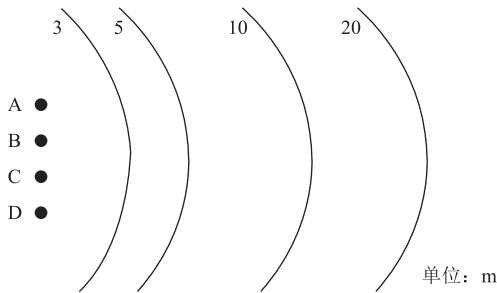


图 3 实验场地示意

Fig. 3 Schematic diagram of experimental site

1.3.2 实验步骤 为了保证实验的精确度,实验前将样衣放置在暗箱内预处理 24 h,确保余辉亮度衰减完毕。

实验步骤如下:①将预处理的样衣用 25 W 飞利浦冷光灯照射 15 min;②将照射后的样衣分别放置在 A,B,C 及 D 处;③在距离样衣 3,5,10 和 20 m 处分别设置 5 名观察者;④根据样衣的发光情况,观察者进行数据记录;⑤每组实验得到 320 组数据,使用 SPSS 对数据进行分析。问卷中可视性能评价采用评分制,评分范围为 1~5 分,具体见表 3。

表 3 可视性能评分

Tab.3 Visibility performance sheet

分值	可视性能
5	发光效果良好,易从周围环境中辨认出
4	发光效果较好,能从周围环境中辨认出
3	发光效果一般,可从周围环境中辨认出
2	发光效果较差,勉强从周围环境中辨认出
1	发光效果很差,无法从周围环境中辨认出

2 结果与讨论

2.1 发光织物结构对可视性能的影响

文中可视距离指人眼与被观察儿童夜光安全服装之间的距离,可视时间指人眼能够感知到儿童夜光安全服装的时长。随着可视距离和可视时间的变化,发光物体被感知程度也在发生变化。理论上,可视时间越长,可视距离越远,可视性能越好,其功能性就越强,反之,则其功能性就越差。

不同结构发光织物样衣的可视性能评分结果见表 4。由表 4 可以看出,随着测试距离的加大,样衣可视性能减弱。白色绒布样衣的持续可见时间最长,可见效果最佳,在测试距离 20 m 处、光照结束 20 min 时,可视评分仍可达到 1 以上;而蓝白条纹样衣和白色绣花样衣的持续可见时间最短,可见效果最差,在光照结束 10 min、测试距离大于 5 m

时,可视评分小于 2,在测试距离 20 m 处,可视评分仅为 1。白色机织样衣的可视性能处于中间位置,当光照结束时间 ≥ 10 min、测试距离 ≥ 10 m 时,可视性能才开始变差。总体而言,样衣的可视性能优劣排序为:白色绒布样衣>白色机织样衣>蓝白条纹样衣>白色绣花样衣。

对表 4 实验数据进行可视距离、可视时间与可视性能方差分析,结果见表 5。由表 5 可知,自变量可视距离对应的 F 值为 4.869, $p=0.005<0.01$,因此可视距离变量对可视性能有极其显著影响;自变量可视时间对应的 F 值为 4.644, $p=0.006<0.01$,因此可视时间变量对可视性能也有极其显著影响;可视距离和可视时间的交互作用对应的 F 值为 0.140, $p=0.998>0.05$,故交互作用对可视性能没有显著影响。

表 4 第 1 组样衣可视性能评分

Tab.4 Visibility scores results of first group samples

可视距离/m	可视时间/min	可视性能评分			
		A ₁	B ₁	C ₁	D ₁
3	0	3.4	4.8	2.8	3.0
	5	3.2	4.8	2.8	2.0
	10	2.4	4.4	2.6	1.4
	20	2.8	3.8	2.4	1.4
5	0	3.6	4.8	2.4	2.2
	5	3.2	4.8	2.4	1.8
	10	2.6	3.8	1.8	1.6
	20	2.2	3.2	1.6	1.4
10	0	3.4	4.6	1.8	2.2
	5	2.4	3.8	1.2	1.2
	10	1.8	3.2	1.4	1.4
	20	1.4	2.4	1.2	1.2
20	0	3.0	4.4	1.2	2.0
	5	2.2	3.2	1.0	1.0
	10	1.0	2.8	1.0	1.0
	20	1.0	1.2	1.0	1.0

表 5 第 1 组样衣数据方差分析

Tab.5 Variance analysis of first group samples data

自变量	F	p
可视距离	4.869	0.005
可视时间	4.644	0.006
可视距离 * 可视时间	0.140	0.998

为了进一步研究发光织物结构对样衣可视性能的影响,对 4 件样衣可视评分结果进行线性回归分析,得到可视评分 y 与可视距离 x_1 、可视时间 x_2

的拟合函数关系式,具体见表6。

表6 第1组样衣数据回归分析

Tab.6 Regression analysis of first group samples data			
样衣	拟合函数结果	R^2	F
白色 机织布	$y = 3.800 - 0.071x_1 - 0.075x_2$	0.535	44.340
白色 绒布	$y = 5.534 - 0.101x_1 - 0.102x_2$	0.730	103.849
蓝白 条纹布	$y = 2.809 - 0.085x_1 - 0.024x_2$	0.466	33.535
白色 绣花	$y = 2.369 - 0.036x_1 - 0.048x_2$	0.293	15.979

由表6可以看出,可视性能与可视时间及可视距离函数拟合优度高,且 F 检验明显,拟合结果成立,可视性能与可视距离及可视时间呈负相关。从拟合函数来看,4件样衣的初始可视评分(当 $x_1 = x_2 = 0$ 时)差异较大,且随着可视时间及可视距离的改变,样衣的可视评分变化也较大。白色绒布样衣的初始可视评分远远大于其他样衣,可视距离每增加1 m,且可视时间每增加1 min,其可视评分会减少0.203;其次为白色机织布样衣,其单位可视距离和单位可视时间的可视评分变化量为0.146;蓝白条纹样衣及白色绣花样衣的初始可视评分较差,其可视性能不佳。

第1组样衣可视距离与可视时间之间的关系如图4所示。

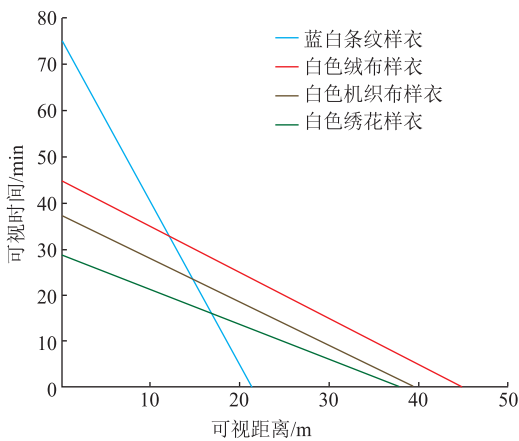


图4 第1组样衣可视时间与可视距离的关系
Fig.4 Relationship between visible time and visible distance of first group samples

由图4可知,可视距离较近时,可视时间排序为:蓝白条纹样衣>白色绒布样衣>白色机织布样

衣>白色绣花样衣。随着距离的增加,蓝白条纹样衣可视时间迅速降低,在22 m处,其可视时间降为0;而其他样衣可视时间降低速率较缓和,最大可视距离约为40 m。由前期研究可知^[4],夜光纤维持持续发光10 min时,其发光亮度达到稳定状态。结合图4可以推得,当样衣发光亮度达到稳态亮度时(可视时间为10 min),可视距离排序为:白色绒布样衣>白色机织布样衣>白色绣花样衣>蓝白条纹样衣。

通过以上分析可知,发光织物结构不同,其样衣的可视性能随可视距离和可视时间的变化明显,即发光织物结构对样衣的可视性能影响显著。白色绒布样衣及白色机织布样衣的可视性能优于白色绣花样衣及蓝白条纹样衣,这是因为白色绒布面料是以涂层方式将发光材料附着于织物绒毛表面,其对光能的吸收和利用较其他织物强,发光性能优于其他织物;白色机织布的经纬纱线均为夜光纤维,但发光材料分布于纤维内部,导致其发光性能弱于白色绒布面料;白色绣花织物是以夜光绣线为发光原料,夜光绣线的亮度不及夜光纤维,使得白色绣花织物视觉感知不及白色机织织物;蓝白条纹织物中,由于蓝色部分不发光,所以其可视性能较差。由此可得出结论:在夜行安全服装的设计中应尽量采用全面积涂层夜光织物或由夜光纤维织造而成的织物,以实现服装的功能性。

2.2 发光织物颜色对可视性能的影响

表7为不同发光颜色样衣平均可视性能评分结果。由表7可以看出,距离越远、发光持续时间越长,可视性能越差。在3 m处,粉色绒布样衣和黄色绒布样衣持续发光20 min时,发光效果变差,几乎无法从黑暗环境中辨认出来;在5 m处,蓝色绒布样衣持续发光20 min时,发光效果开始变差;在20 m处,4件样衣持续发光10 min时,可视性能则开始变差。

对表7实验数据进行可视距离、可视时间与可视性能方差分析,结果见表8。由表8可以看出,自变量可视距离对应的 F 值为16.768, $p = 0 < 0.01$,因此可视距离变量对可视性能有极其显著影响;自变量可视时间对应的 F 值为69.898, $p = 0 < 0.01$,因此可视时间变量对可视性能也有极其显著影响;可视距离和可视时间的交互作用对应的 F 值为1.147, $p = 0.35 > 0.05$,故交互作用对可视性能没有显著影响。为了进一步研究发光颜色对样衣可视性能的影响,对4件样衣可视评分结果进行回归分析,得到可视评分 y 与可视距离 x_1 、可视时间 x_2 的拟合函数关系式,具体见表9。

表 7 第 2 组样衣可视评分

Tab. 7 Visibility scores results of second group samples					
可视距 离/m	可视时 间/min	可视性能评分			
		A ₂	B ₂	C ₂	D ₂
3	0	4.4	4.8	4.6	4.2
	5	3.8	4.6	4.2	3.6
	10	3.2	4.2	3.4	2.4
	20	1.8	3.6	2.4	1.6
5	0	4.2	5.0	4.4	4.2
	5	3.8	5.0	4.0	3.4
	10	2.4	3.6	2.6	2.4
	20	1.4	2.6	1.4	1.4
10	0	4.6	5.0	4.4	4.6
	5	3.8	4.8	3.8	3.0
	10	2.4	3.0	2.2	1.8
	20	1.8	2.2	1.6	1.6
20	0	3.4	4.8	3.8	3.4
	5	2.2	3.6	2.4	2.2
	10	1.0	2.0	1.0	1.0
	20	1.0	1.6	1.0	1.0

表 8 第 2 组样衣数据方差分析

Tab. 8 Variance analysis of second group samples data			
自变量	<i>F</i>	<i>p</i>	
可视距离	16. 768	0	
可视时间	69. 898	0	
可视距离 * 可视时间	1. 147	0. 35	

表 9 第 2 组样衣数据回归分析

Tab. 9 Regression analysis of second group samples data			
颜色组样衣	拟合函数结果	<i>R</i> ²	<i>F</i>
粉色绒布	$y = 4.725 - 0.076x_1 - 0.134x_2$	0. 621	63. 009
白色绒布	$y = 5.583 - 0.074x_1 - 0.126x_2$	0. 7163	96. 931
蓝色绒布	$y = 4.964 - 0.085x_1 - 0.138x_2$	0. 654	72. 852
黄色绒布	$y = 4.366 - 0.062x_1 - 0.133x_2$	0. 580	53. 181

由表 9 可以看出,可视性能与可视时间及可视距离函数拟合优度高,且 *F* 检验明显,拟合结果成立,可视性能与可视距离及可视时间呈负相关。与第 1 组样衣的数据回归分析结果相似,白色绒布样衣的初始可视评分大于其他样衣,其次为蓝色绒布样衣、粉色绒布样衣及黄色绒布样衣。单位可视时间及单位可视距离的可视评分变化量均为 0. 2 左右。

第 2 组样衣可视距离与可视时间之间的关系

如图 5 所示。

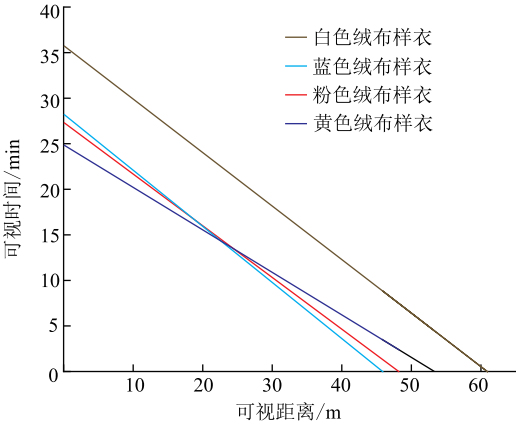


图 5 第 2 组样衣可视时间与可视距离关系

Fig. 5 Relationship between visible time and visible distance of second group samples

由图 5 可知,距离较近时,可视时间排序为:白色绒布 > 蓝色绒布 > 粉色绒布 > 黄色绒布。随着距离的增加,可视时间降低速率差别不大。当样衣发光亮度达到稳态亮度时(可视时间为 15 min 时),白色绒布样衣可视距离可达 40 m,而粉色绒布样衣、蓝色绒布样衣、黄色绒布样衣的可视距离相当,均为 20 m。

通过以上分析可知,发光织物的发光颜色对样衣的可视性能也有一定的影响,白色绒布样衣的可视时间及可视距离均优于其他样衣,其可视性能优良。究其原因,白色绒布的夜光涂层浆料中没有添加无机颜料,其对光的吸收和利用较其他颜色绒布面料充分,因此发光效果较好。

3 结 语

1)发光织物组织对儿童夜光安全服装的可视性能影响明显,白色绒布样衣的可视时间和可视距离优于其他样衣,其次为白色机织布样衣和白色绣花样衣,蓝白条纹样衣可视性能最差。发光亮度趋于稳定状态后(可视时间≥10 min),可视距离排序为:白色绒布样衣 > 白色机织布样衣 > 白色绣花样衣 > 蓝白条纹样衣。

2)发光织物颜色对儿童夜光安全服装的可视性能具有一定的影响,白色绒布样衣的可视时间和可视距离优于其他样衣,其次为黄色绒布样衣、粉色绒布样衣及蓝色绒布样衣。发光亮度趋于稳定状态后(可视时间≥10 min),白色夜光绒布样衣的可视距离远大于其他颜色样衣。

3)可视距离和可视时间对儿童夜光安全服装的可视性能有极其显著影响,可视距离与可视时间的交互作用对可视性能没有显著影响。可视距离

越远,可视时间越长,可视性能越差。可视距离为20 m、可视时间为20 min时,可视性能达到可见与不可见的临界值。

参考文献:

- [1] 闫彦红,王来力,顾冰菲. 儿童夜光安全服装的等效亮度[J]. 纺织学报, 2019, 40(8): 136-140.
YAN Yanhong, WANG Laili, GU Bingfei. Equivalent luminance of children nocturnal safety garments [J]. Journal of Textile Research, 2019, 40(8): 136-140. (in Chinese)
- [2] 葛明桥,汤国良,虞国炜. 彩色与彩色光稀土夜光纤维及其制造方法: 101250762[P]. 2008-08-27.
- [3] YAN Y H, GE M Q, LI Y G, et al. Morphology and spectral characteristics of a luminous fiber containing a rare earth strontium aluminate [J]. Textile Research Journal, 2012, 82(17): 1819-1826.
- [4] LU B H, SHI M Y, PANG Z Y, et al. Study on the optical performance of red-emitting phosphor: $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}/\text{Sr}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ /light conversion agent for long-lasting luminous fibers [J]. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2021, 32(13): 17382-17394.
- [5] ZHU Y N, ZHENG L B, GE M Q. Study on the properties of complex red luminescent fibers: $\text{Sr}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ /light conversion agents-polyacrylonitrile[J]. Journal of Industrial Textiles, 2022, 51 (Sup. 5): 8196-8207.
- [6] 赵菊梅,郭雪峰,徐燕娜,等. 稀土铝酸锶夜光纤维的发光性质[J]. 纺织学报, 2008, 29(11): 1-5.
ZHAO Jumei, GUO Xuefeng, XU Yanna, et al. Luminescence properties of rare-earth strontium aluminate luminescent fiber[J]. Journal of Textile Research, 2008, 29(11): 1-5. (in Chinese)
- [7] JIN Y, LIN Y L, KIANI A, et al. Materials tactile logic via innervated soft thermochromic elastomers [J]. Nature Communications, 2019, 10: 4187.
- [8] SHI M Y, LU B H, LI X Q, et al. Thermochromic luminescent fiber based on yellow thermochromic microcapsules: preparation, properties, and potential application areas[J]. Cellulose, 2021, 28(8): 5005-5018.
- [9] XUE H L, GE M Q, ZHU Y Z, et al. Preparation and properties research of a warm tone luminous polyacrylonitrile coaxial fiber based on SrAl_2O_4 phosphor[J]. Journal of Luminescence, 2021, 231(3): 1-9.
- [10] SHI C, SHEN X Y, ZHU Y N, et al. Excitation wavelength-dependent dual-mode luminescence emission for dynamic multicolor anticounterfeiting [J]. ACS Applied Materials and Interfaces, 2019, 11(20): 18548-18554.
- [11] ZHU Y N, YU Q C, ZHENG L B, et al. Luminous properties of recycling luminous materials $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ based on luminous polyester fabric [J]. Materials Research Express, 2020, 7(9): 095309.
- [12] YAN Y H, LIU C X, DING X J. Study on the equivalent luminance of luminous fibers in photopic vision and scotopic vision[J]. Textile Research Journal, 2018, 88(10): 1157-1163.
- [13] YAN Y H, GU B F, DU L, et al. Study on the equivalent luminance of luminous fibers in mesopic vision[J]. The Journal of the Textile Institute, 2019, 110(2): 311-316.
- [14] WEI G Y, YANG D Y, ZHANG T, et al. Fabrication of multifunctional coating with high luminous transmittance, self-cleaning and radiative cooling performances for energy-efficient windows[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2019, 202: 110125.
- [15] LI J, ZHAO Y, GE M Q, et al. Superhydrophobic and luminescent cotton fabrics prepared by dip-coating of APTMS modified $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ particles in the presence of SU8 and fluorinated alkyl silane[J]. Journal of Rare Earths, 2016, 34(7): 653-660.
- [16] ZHANG J S, GE M Q. A study of an anti-counterfeiting fiber with spectral fingerprint characteristics [J]. The Journal of the Textile Institute, 2011, 102(9): 767-773.
- [17] 李婧,朱亚楠,陈志,等. 绣花商标用夜光纤维的光效对比分析[J]. 纺织学报, 2015, 36(1): 77-81, 92.
LI Jing, ZHU Yanan, CHEN Zhi, et al. Comparative analysis on lighting efficiency of luminous fibers for embroidery trademark [J]. Journal of Textile Research, 2015, 36(1): 77-81, 92. (in Chinese)

(责任编辑:邢宝妹)