

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.06.019

反光警示防护服逆反射系数检测仪器研制

何红霞^{1,2}, 林旭^{1,2}, 刘壮^{1,2}, 冯洪成^{1,2}, 付伟^{1,2}, 丁帅^{1,2}

(1.山东省特种纺织品加工技术重点实验室, 山东青岛266032; 2.山东省纺织科学研究院, 山东青岛266032)

摘要: 阐述了反光警示防护服逆反射系数测试原理,介绍了其技术特征。并依据 GB 20653—2006《职业用高可视性警示服》,研制了一种用于检测警示防护服逆反射系数的仪器,创建了能够反映警示服逆反射系数的数学模型,对不同材料进行了测定和分析。试验结果表明,该检测仪器测试结果准确,重现性好,为提高警示防护服材料质量提供了可靠的检测手段。

关键词: 防护服; 逆反射系数; 观测角; 入射角; 反光强度; 检测仪器

中图分类号: TS103.63; TS101.923

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)06-0060-03

Development of inverse reflection coefficient testing instrument for reflective warning protective clothing testing

HE Hongxia^{1,2}, LIN Xu^{1,2}, LIU Zhuang^{1,2}, FENG Hongcheng^{1,2}, FU Wei^{1,2}, DING Shuai^{1,2}

(1.Shandong Provincial Key Laboratory of Special Textiles Processing Technology, Qingdao 266032, China)

(2.Shandong Textile Research Institute, Qingdao 266032, China)

Abstract: Testing mechanism of inverse reflection coefficient of reflective warning protective clothing is described and its technological characters are introduced. A tester is developed according to GB 20653—2006 to test the inverse reflection coefficient of reflective warning protective clothing. A mathematic model reflecting its reflection coefficient of reflective warning protective clothing is established and different materials are tested and analyzed. The result shows that the study can measure accurately and recur result repeatedly, which provides a reliable testing way to enhance the quality of reflective warning protective clothing material.

Key words: protective clothing; inverse reflection coefficient; observation angle; incident angle; intensity of reflection; testing instrument

目前,反光织物发展十分迅速,应用领域不断扩大。反光警示服面料是反光织物的一种。反光警示服是以白天看上去非常醒目的橙红色荧光材料为基底,将夜间在光源照射下有强反光效果的逆反射膜按标准面积贴、缝于服装上,制作得到的具有警示效果的服装^[1]。目前反光警示服大量进入市场,然而用于检验其反光质量的仪器则要依赖进口,且售价高昂。

基于此,本文设计了一种反光警示防护服逆反射系数测试仪器,并分析了其评价方法,以满足国内各相关行业检测的需求。

1 反光警示防护服逆反射系数检测机理

反光警示服逆反射系数测定材料在干态湿态条件下的反光性能,以试样在黑暗或者淋雨条件下,用反射回接收端的照度与光源的照度比值来衡量。从警示服实际应用场合以及工作现场环境考虑,应包含黑暗干燥和黑暗淋雨两种状态,以满足黑夜及雨天条件下穿着使用。本文以干态条件下的试验方法为基础,创建了能够反映警示防护服逆反射系数的数学模型,初步

提出了警示防护服逆反射性能的综合评价体系。

采用直接发光强度法进行织物逆反射系数测试方法为:标准照明体 A 光源平行照射在被测织物上,试样与发射和接收系统之间要确保 15 m 的间隔,逆反射光探测器在发射光源一端,并能水平运动保持精确定位,确保发射光与逆反射光探测器之间形成的观测角能够实现 12'、20'、1°、1°30'^[1] 4 个角度。通过软件控制计算,自动测量试样垂直照度,并运算得出发光强度系数和逆反射系数。通过创建数学模型对试样的反光性能进行综合评定。

2 发射接收端的设计

发射接收端由光源和光探测器两部分组成。光源在发射接收端将光线照射到试样上,光探测器在发射接收端接收从试样上反射回来的光强。

2.1 光源

光源采用标准照明体 A 光源。理想状态下光源发出的光如果全部打在试样上,可以很容易地测出从试样表面反射回来的光强。为了防止光源发射出的光线对接收装置产生影响,设计中采用了近似平行光,光圈全部覆盖到试样表面上以满足测试要求。为了在发射系统 15 m 外得到所需的光斑效果,本设计运用了光学基本原理,即位于凸透镜焦点处的点光源发射的光

收稿日期: 2018-02-01

作者简介: 何红霞(1975—),女,山东汶上人,高级工程师,主要从事仪器机械设计研究。

通信作者: 林旭。E-mail: fkylinxu@126.com。

线通过凸透镜后形成的光线为近似平行光,可在试样上形成固定光斑,光斑直径为 (220 ± 3) mm。光源功率为75 W,15 m处的光强值约为20 lx。光源的原理图见图1。

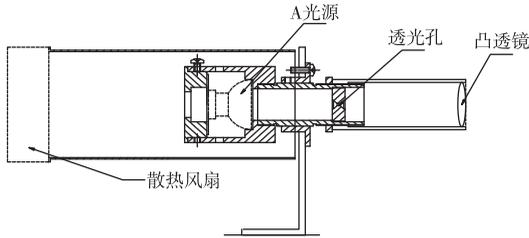


图1 光源原理图

2.2 光探测器

光探测器的安装示意图见图2。

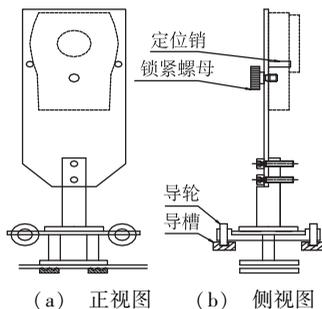


图2 光探测器安装示意图

光探测器接收光强信号的器件采用照度计,由电动机控制照度计的位置,可以实现在 $12'$ 、 $20'$ 、 1° 和 $1^\circ 30'$ 共4种观测角下接收从试样表面反射回来的光强,根据光强计算出4种观测角的逆反射系数值。

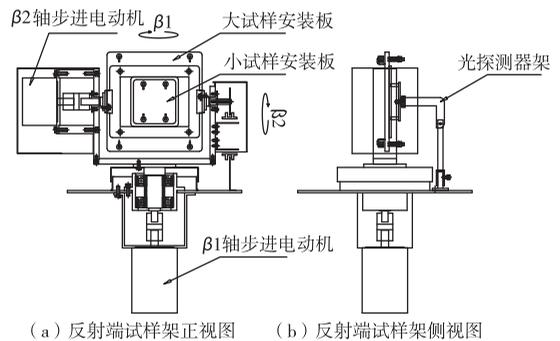
为了得到4个观测角,采用同步带传动来带动光探测器横向移动,从而近似得到所需观测角。探测器从 $12'$ 位置运行到 $1^\circ 30'$ 位置全程需要20 s,保证探测器整体运行平稳。探测器支架下端有4个导轮,导轮沿导槽直线运动,同步带传动噪声小,无需润滑,维修简便、经济。由于光探测器需要拆下在反射端使用,探测器固定架采用了两个定位销和一个锁紧螺丝的方式来固定探测器,安装可靠,拆卸方便。

照度计与计算机间采用国际通用的串口通信方式,这种通信方式一方面可以实现长距离的数据传输,另一方面可以减少输出线路上的干扰,提高了仪器的整体精度。入射角度的调整由计算机完成,首先确定需要的4种入射角,在这4个部位做上标记,计算机通过标记识别出入射角位置。计算机可实时控制,增加了可控性,并可避免误操作。

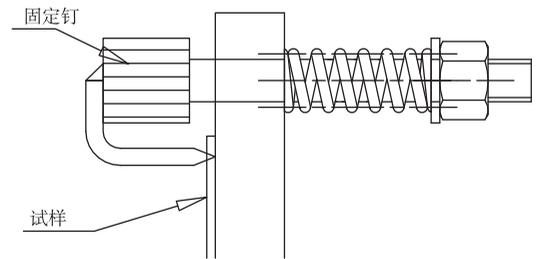
3 反射端试样架

试样角度的变化反映了入射角的变化,在本文中,试样的入射角 β_1 、 β_2 由两个步进电动机直接带来旋转,步距角 0.36° ,在保证最小分度值 1° 的前提下,减少了中间环节产生的角度误差,使仪器尺寸最小化。两个步进电动机分别控制试样在水平和垂直方向上的旋转角度。

试样安装结构见图3,固定钉与弹簧组成弹力夹紧机构。拉起固定钉,将试样放于钉尖与平板之间,松开固定钉即可夹紧试样。可以通过调节弹簧后端的螺母来改变固定钉夹紧力的大小和间隙,以适应不同厚度的试样。此固定方式使固定系统本身对于试样反射光路的遮挡面积最小化。对于湿法试验需要的小尺寸试样,配有小试样安装板,使用时将小试样安装板卡入大板卡槽内,更换方便。



(a) 反射端试样架正视图 (b) 反射端试样架侧视图



(c) 试样安装示意图

图3 反射端试样架

4 计算机实时自动检测及试验结果处理系统

自动控制系统包括试样转动角度控制系统、零点定位系统、采样信号处理系统及试验结果处理系统。

入射角度的控制是通过试样转动角度来实现的,而试样转动角度控制系统通过两个步进电动机来控制。步进电动机是一种将电脉冲转化为角位移的执行机构。可以通过控制脉冲个数来控制角位移量,从而达到准确定位的目的。步进电动机配合驱动器使用,将其细分到最小步进角,控制更精确。为了更加精确地得到试样角度,设计了人性化的定位系统,试验者可以自主设定一个位置作为零点,但要保证每次的零点位置一致。

5 评价体系的说明

在不同观测角和入射角条件下的发光强度系数 R 和逆反射系数 R' 计算见式(1)、(2):

$$R = \frac{I}{E_{\perp}} = \frac{E_r \cdot d^2}{E_{\perp}} \quad (1)$$

$$R' = \frac{R}{A} = \frac{I}{E_{\perp} \cdot A} = \frac{E_r \cdot d^2}{E_{\perp} \cdot A} \quad (2)$$

式中: R ——试样的反光强度系数, cd/lx ;

R' ——试样的逆反射系数, $\text{cd}/\text{lx} \cdot \text{m}^2$;

A ——试样的表面面积, m^2 ;

I ——试样的发光强度, cd ;

E_{\perp} ——试样在参考中心的垂直照度, lx ;

E_r ——光探测器在不同观测角和入射角条件下测得的反射光照度, lx ;

d ——试样参考中心与光探测器孔径表面的距离, m

根据观测角和入射角的变化测试逆反射系数试验结果平均值,与 GB 20653—2006《职业用高可视性警示服》中相应最高级别值进行对比,所有比值都大于1时,反光材料反光性能的综合评价结果为最高级,反之继续进行下一个级别的比对分析。

设各因素的指标值为 C_i ,对应的标准值为 R_i ,评价体系的综合评价分值 Q 的数学模型见式(3):

$$Q = \sum_{i,j=1}^4 \text{Sgn} \left(\frac{\sum_{k=1}^n (C_{ij})_k}{n} + 1 - R_{ij} \right) \quad (3)$$

其中:符号函数 Sgn (Sign function, 简称 Sgn) 是一个逻辑函数,用以判断实数的正负号。为避免和英文读音相似的正弦函数 (sine) 混淆,它亦称为 Signum function。其定义见式(4):

$$\text{Sgn}(x) = 1, x > 0$$

$$\text{Sgn}(x) = 0, x = 0$$

$$\text{Sgn}(x) = -1, x < 0 \quad (4)$$

R_{ij} 标准中给定的逆反射系数值,其 n 次试验逆反射系数的平均值计算见式(5):

$$\bar{R}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (C_{ij})_k}{n} \quad (5)$$

试验完成后,选择高档等级的标准逆反射系数值作为 R_{ij} ,代入式(5)。当综合评价分值 $Q=16$ 时,该产品属于 R_{ij} 值对应的等级;当 $Q \neq 16$,则降一个级别,更

换标准值 R_{ij} 再代入公式观察结果;直至测试完成所有等级的标准值 R_{ij} ,最后判断出产品的等级或者产品是否合格。级别较高者,说明该材料的反光性能较好。可视具体情况决定选择何种级别的产品,并结合技术、性能、经济和使用场合,做出最终的选择。

6 试验结果与分析

应用初步提出的数学模型进行试验,试验结果见表1,并将标准中规定的1级反光材料的最小逆反射系数一并列上,便于比较计算。

表1 两种试样的逆反射系数测定结果 $\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$

观测角	入射角	试样1逆反射系数平均值	试样2逆反射系数平均值	1级反光材料最小逆反射系数值
12'	5°	545	359	250
	20°	481	314	220
	30°	299	191	135
	40°	117	78	50
20'	5°	267	179	120
	20°	224	146	100
	30°	161	112	75
	40°	64	45	30
1°	5°	54	42	25
	20°	32	22	15
	30°	31	20	12
	40°	25	12	10
1°30'	5°	19	11	10
	20°	17	5	7
	30°	10	5	5
	40°	8	2	4

将表1的试验结果应用于式(3),由计算机程序计算得出 $Q_1=16$ 、 $Q_2=14$ 。从这两个试样的评分中可以看出,试样1的评分高于试样2,说明试样1的反光性能优于试样2。根据评分结果可以直观明了地分辨出试样的综合反光性能。

7 结语

反光警示防护服逆反射系数检测关键技术的研究满足了企业和产品检测机构的需求,能够准确地测试出防护服的逆反射性能。本文的研究成果对防护服材料逆反射可视性能的改进具有指导意义,并提供了可靠的检测手段,对反光警示防护服开发具有重大的推动作用。



参考文献:

- [1] 周雪晖,吴洪武.职业和非职业高可视性警示服的质量要求[J].中国纤检,2008(3):74-75.