

Research on Development of Spontaneous Light High Visibility Warning Clothes

Xiaonong Qian, Ning Zhang, Xuan Yang, Yiwen Sun

School of Fashion, Dalian Polytechnic University, Dalian Liaoning

Email: qianxiaonong@163.com

Received: Jun. 5th, 2017; accepted: Jun. 17th, 2017; published: Jun. 26th, 2017

Abstract

This thesis is aimed at improving and rectifying the disadvantages of the poor reflection of traditional warning clothing, and developing the spontaneous high visibility warning clothes which integrate smart textile fabrics. Based on the relationship between human vision and color sensitivity, contrast ratio will be improved on ensuring the color of basal reflective and luminescent materials of warning clothing. Luminous shell fabric is complied with self-luminous line and reflection of light line on the consideration of safety, environmental protection and wearable fitness after comparison of the characteristics of several common luminescent materials, and it is integrated into luminescence module and applied to warning clothes. According to the test results, basal reflective materials of this warning clothes comply with the New International Standard High Visual Clothing ISO 20471:2013, ensuring that the wearers are visible under highly risky circumstances. And its self-luminous shell fabrics are able to compensate for the influence of weak light on the warning clothes.

Keywords

Warning Clothes, High Visuality, Autoluminescence, Clothes Design

自发光高可视性警示服装研究进展

钱晓农, 张宁, 杨璇, 孙一文

大连工业大学服装学院, 辽宁 大连

Email: qianxiaonong@163.com

收稿日期: 2017年6月5日; 录用日期: 2017年6月17日; 发布日期: 2017年6月26日

摘要

本文目的是改良传统警示服装反光性差的弊端, 研发融入智能纺织面料的自发光高可视性警示服装。在

文章引用: 钱晓农, 张宁, 杨璇, 孙一文. 自发光高可视性警示服装研究进展[J]. 设计, 2017, 2(1): 1-7.

<https://doi.org/10.12677/design.2017.21001>

分析了人的视觉和色彩敏感度的关系后，确定警示服装基底的反光材料和发光材料的色彩，比较了几种常见发光材料的特点，基于安全、环保以及服用性的要求选择EL冷光线与柔性反光纱线编织，形成发光模块整合进警示服装中。测试结果验证该警示服装基底材料符合“高可视服装新国际标准ISO 20471:2013”，保证使用者在高风险环境中的可视性，其自发光面料可以降低光线弱等情况对于服装警示功能的影响。

关键词

警示服装，高可视性，自发光，服装设计

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

“警示服装”是一种职业性服装，它主要被应用于道路交通环境中，比如交警的警衣，环卫工人的工作服等，它的用处不只局限于此，还可以被普遍地应用于登山探险，救援或者老人，小孩，残障人士穿着。它通过物理或者化学作用使得服装发光，其主要穿着的目的是突出自身存在，使穿着者容易被他人发现，从而保障自身安全。该服装具有警示作用，当黑夜或者光线不足的条件下，服装能够与周围环境形成鲜明对比，突出穿着者的所在位置，使得司机有足够的时间发现目标，做出反应，进行避让[1]。

“高可视性”不单单是要表明穿着者的职业或身份，而是通过自发光或者反光等方式，在特殊环境，例如黑夜，暴雨，暴雪，沙尘暴，大雾等极端恶劣情况下使穿着者与周围环境显著区分，明确穿着者所在的位置，行动路径甚至动作。高可视服装新国际标准 ISO 20471:2013 于 2014 年 3 月正式生效[2]，该标准规定了警示服的设计和材料的性能要求,以保证使用者在高风险环境中的日间夜间条件下的可视性。

“反光警示服”为规制警示服装，是指在各种光线照射的条件下都能够发生反光而起到警示作用的服装，由色彩醒目艳丽的基底材料和反射材料，利用玻璃微珠或微棱镜型材采用光学折射定向回归原理而制作的。当平行光线照射到微珠或透镜之类的物体上时，微珠或透镜会将光线聚集在其焦点的特殊反射层上，光线经折射后聚集，再从焦点反射又经微珠或透镜折射回到光源方向，这种由于微珠或者透镜的高折射作用而产生的反射称为回归反射，也称逆反射，制成的产品包括各种反光片，反光带，反光布等[3]。

“自发光警示服”为非规制警示服装，处于研发阶段，没有相关规定国际标准及推广，目前自发光警示服装主要包括磷发光材料警示服装和 LED 发光材料警示服装。磷发光材料警示服装是由磷光材料制成可自发光的发光层，安装覆盖在警示服装的衣片以及腰带的外表面上；LED 发光警示服装是将 LED 纱线添加到普通的带有反光作用的警示服装组合而成，其性能较为稳定，易于保养，改变了反光警示服装的发光原理，降低了光线弱等条件对于服装警示功能的影响。

我国交通事业快速发展，高速路不断拓宽，公路上的工作人员及行人不断增加，交通路况复杂，保证工作人员及出行人员的安全问题迫在眉睫，交通安全建设是国家建设的重中之重。现阶段人们对反光材料，反射条件的了解还很匮乏，不仅职业用警示服装有众多不足，而且对于学生校服等非职业警示服装甚至没有强制规定。高可视性警示服装能否引起司机注意并及时做出应对是现阶段的首要问题，因此，

引入“自发光”的观点，可以有效解决传统反光警示服装在大雾、暴雨等恶劣天气情况下因通过反光起到警示作用而导致的能见度差的弊端，进一步加强警示服装的可视性，尽可能地让司机提早发觉路面状况并作出应对，最大程度避免事故发生。

2. 自发光警示服装的国内外研究现状

2.1. 国外研究现状

瑞士 Forster Rohner AG 公司利用电子刺绣技术，无缝地将欧司朗公司的光电半导体 PointLED 嵌入到织物内，首次成功地利用工业生产工艺将有源灯具整合入纺织产品中，且没有影响到织物的耐水洗、手感和悬垂性等基本特征。PointLED 非常耐用，颜色多样，很适合长时间地在户外使用。

法国 Lumigram 公司设计的光纤织物 LumiGram，是一种整合塑胶光纤、电池组和 LED 光源、通电后可电控可发光的光纤织物。这种织物外型与普通的面料没有任何区别，而通电后会发出五颜六色的光芒，且质地柔软，质量轻薄，应用范围广泛。

飞利浦与地毯生产商 Desso 合作开发的“透光地毯”，外形与普通地毯无异，其在地毯织物里融入 LED 照明技术，并可显示指定文字或图案内容，可用作引导标识。若将该技术应用到警示服装令其直接显示文字或图形来传递信息，司机可更直观清晰地明确道路状况。

澳大利亚的 The Specialty Group 开发的 Energlo 涂层织物，其在自然光下暴露 12 分钟以后，就能够在黑暗中发光 3 小时以上。这种产品采用光致发光结晶粒子以分散的方式涂覆到布料的防水层上，可以应用于需要夜间发光的衣类织物中。

2.2. 国内研究现状

国内对高亮度警示服装的设计较国外起步较晚，但近些年依然有很大突破，对于“高亮度”的研发主要分为两个方向：其一是进一步改良现有警示服装的面料以进一步增强其反光性，其二是开发能够自主发光的智能面料。

江南大学于 2014 年研制出具有自发光功能的夜光纤维，其以纤维基质为基础，在纺丝过程中添加发光材料和有色颜料，形成具有自发光功能的新材料，具有发光时间长、化学性能稳定及无污染等特点。并且当受到激发光照射时，纤维内部的发光材料可以吸收光能并储存起来，当照射结束后再将吸收的光能释放[4]。

台湾纺织综合所于 2015 年研发的“LED 主动式警示服”(图 1)结合了织物排线、LED 纱线、控制晶片与模组封装等部分，具有主动发光、亮度提升、可直接水洗等特点，充电一次大约可以发光一天，可携带备用电源随时充电[5]。

3. 高可视性警示服装的设计原理

高可视警示服装作为道路工作人员生命的保障，其面料、色彩、尺寸都有严格的规定和检测，在设计中需要光学数据以及技术支撑。高可视性警示服装之所以能够起到警示作用，是因为其反射的光线与周围环境产生强烈对比，那么选择合适的基底颜色以尽可能提高对比度便成为首要目标。

3.1. 高可视性警示服装发光色彩与视觉敏感度的关系

人眼能见到的可见光的颜色依次为红橙黄绿青蓝紫(见图 2)，在相同功率的条件下，正常人的视觉对于处于中间的电磁波长为 555 纳米的绿色区域最为敏感(见图 3)，而处于两端的红色和紫色区域视觉敏感度较弱，并且绿色是一种较为平静的安详的颜色，可以使驾驶员以一种放松平和的状态，随时接收路面



Figure 1. LED active warning clothes
图 1. LED 主动式警示服

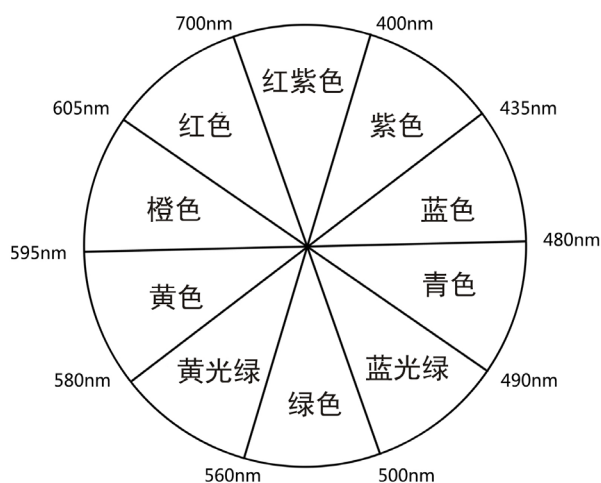


Figure 2. Comparison pie chart between visible light and wave length
图 2. 可见光颜色与波长对照图

上的状况并作出应对。为了使发光警示服装发出的光线更容易被接受，能够采取及时的正确措施，应对突如其来的交通变故，因此发光警示服装的发光材料设计为绿色[6]。

3.2. 高可视性警示服装基底色彩与视觉敏感度的关系

荧光是一种光致发光的冷发光现象，当某种常温物质经某种波长的入射光(通常是紫外线或者 X 射线)照射，光能量被吸收后的激发态，并立即返回几次并发出比入射光波长更长的出射光(通常是可见光波段)；但一旦停止入射光，出射光发光现象将立即消失。

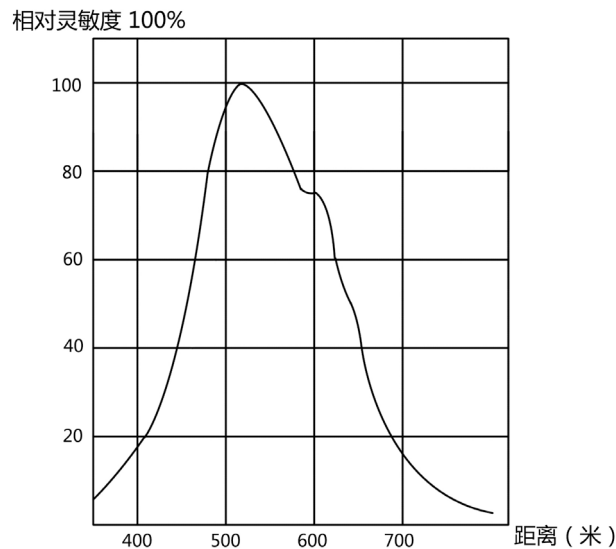


Figure 3. Sensitive trend of visual sense towards spectrum

图 3. 视觉对光谱敏感趋势

对于不同颜色的人眼观察会有不同的亮度，光谱响应曲线显示，荧光黄色，荧光橘色(橙)和荧光红色是非常醒目的颜色，在现有警示服装中前两种颜色更为常见。由于荧光分子吸收荧光材料中的短波长的光，尤其是紫外线光，然后发出低能量波长较长的可见光，因此，荧光材料在清晨和晚上或者阴天等紫外线光波充足的情况下，仍清晰醒目。

4. 高可视性警示服装材料特点

在保留有传统高可视性警示服装反光优势的同时安装自发光模块，可以有效弥补其在光线差，能见度低的环境下反光效果差的缺点，有效起到警示作用(见表 1) [7]。

4.1. 高可视性警示服装的自发光材料选取

目前市面达到发光标准的自发光警示服装大多选用 LED 光带，但其终究是点光源，单个发光面较窄，像素低，穿透力差，需大规模集成在线路板上，并且发光一定时间后产生热量。因此为弥补以上不足，可将 LED 光带更换为 EL 冷光片[8]。

EL (Electro Luminescent, 电激发光)是通过加在两端电极的交流电压，而产生的电场激发荧光物质发光的一种物理现象，其与各种物质结合产生的光源带有各种不同的颜色，以及不产生紫外线和热量，寿命长，功耗低，光线柔和等优点[9] (见表 2)。不同于 LED 点光源的发射机制，EL 冷光片是一个统一的整面发光体，具有弹性，随意弯折，轻薄如纸的特点。增加电压可提高冷光光源亮度，频率增加是颜色偏向蓝，反之向绿[10]。

4.2. 高可视警示服装的自发光面料形成

EL 冷光线是发光面料的主要成型材料，直径可低至 0.5 mm，在 365 nm 紫外线激发下发出蓝绿色荧光，电场激发下颜色更为明亮，弯折后不会对材料的发光性造成影响，提供 360 度照明[11]。

EL 发光线本身具有一定的硬度，并且成线状发光，为了增强其发光效果提高警示作用，需要形成面状发光形态，缓和其硬度，因此要应用 EL 冷光材料与其他柔性反光纱线结合，利用编织的手法，形成面状整体发光的新型材料作为警示服装的发光部分[12]。

Table 1. Comparison table of technology and effect difference of several luminescence light
表 1. 几种发光线技术及效果区别对照表

	二极管	光纤	冷光线	串灯	霓虹灯
发光形式	点光源	点光源	线性	点光源	线性
发光颜色	全色组合	全色组合	全色	红, 黄	红, 蓝, 绿
耗电量 W/米	2	-----	0.3	15	15~40
热辐射度	无	无	较弱	强	较强
亮度	较强	弱	弱	较强	强
工作电压	DC3V	DC3V	DC3V-AC220V	DC110V-220V	AC10000V
直径	8 mm	0.5~10 mm	1~8 mm	8 mm	2~8 mm
使用寿命/h	20,000	100,000	1000~3000	1000	3000
弯曲角度	>90	>120	>15	>90	不可

Table 2. Performance table of EL and LED
表 2. EL 与 LED 性能对照表

	EL	LED
光源	平整发光, 发光柔和	点光源, 像素低, 不柔和
性能	轻薄柔软, 可弯曲或裁切	厚重的灯箱显示, 不可裁剪
产生热量	冷光源发光, 没有温度	发光一定时间后产生热量
人体伤害	对视觉、人体没有伤害	对视觉有伤害, 包含金属镉, 砷, 铬等重金属
运输安装	不占空间, 容易安装	占空间大, 运输不便, 不易安装
发光能力	光波短, 聚光及穿透力强 夜间或浓雾中特别明亮, 醒目	单个发光面比较窄, 需大规模集成在线路板上, 形成一个比较大的发光源

4.3. EL 冷光技术应用于服装警示功能的应用

4.3.1. EL 冷光技术应用于制式服装

在原有警示服装面料中编入 EL 冷光线, 使警示服装自身携带可控的光源, 去除了原有警示服装只有在外部灯光照射环境下才能起到警示及保护作用的弊端。EL 冷光警示服装的光线穿透性, 照射范围都大大强于原有的警示服装, 更适合在恶劣光照环境下的使用, 可以广泛应用到交通警察, 消防员, 机场工作人员, 安保人员, 环卫工人等人员的制式服装中。

4.3.2. EL 冷光技术应用于非制式服装

EL 冷光技术也可以应用于老人, 小孩, 学生, 骑车者或步行者等在处于交通活动中被动地位的弱势群体穿戴中。这些人在紧急情况下的反应较为迟缓或不便, 无法全面顾及周围状况, 需要警示服装提供保障, 因此可以将 EL 冷光技术融入其穿戴, 主动发出信号提醒司机注意减速避让, 并且在登山, 潜水等高危活动中也具有很高的使用价值。

5. 结语

在欧洲, 高可视性警示服装早已在各行业运用, 《职业用高可视性警示服》标准也经多次修订, 积累大量经验, 多国制定了明确的法律规范。我国在该领域虽起步较晚, 但也在上世纪 90 年代制定了相关

标准,应用到实际生活中,使相关人员的安全保障系数有了显著的提高。面对众多对高可视性警示服装有需求的行业和人群,将自发光模块融入警示服装中,形成一种智能纺织品替代原有单一反光面料,使各行业高危工作人员安全进一步得到保障。在这个日趋智能化的时代,对智能纺织品的开发和研制,在军事、交通、抢险等领域会继续加深,在民用领域也将逐渐拓展推广,保障安全同时使生活更加便利,并且智能发光纺织品的加入会使警示服装看起来更加前卫时尚,满足人们对服装美的向往心理,总之,高可视性警示服装符合未来生活的发展和需要,其设计和开发将不断进步,在各个领域将受到越来越多的关注。

基金

辽宁省科学计划(编号:2013229027)。

参考文献 (References)

- [1] 罗云,陈阿妹,王娜. 夜行交通安全服装的需求研究[J]. 现代经济信息, 2014(16): 61-61.
- [2] 裴煜,赵国通. 高可视性服装标准 ISO 20471:2013 简介及应对策略[J]. 中国个体防护装备, 2013(6): 29-33.
- [3] 赵广艳,侯东昱. 环卫用反光警示服的安全性能探究[J]. 上海纺织科技, 2015(4): 54-55.
- [4] 闫彦红. 夜光纤维用发光材料与纤维光色性能研究[D]: [博士学位论文]. 无锡: 江南大学, 2014.
- [5] 中国棉纺织行业协会. 台研制出“LED 主动式警示服” [EB/OL]. http://www.ccta.org.cn/jnhb/hbcp/201603/t20160310_2193560.html
- [6] Walkey, H.C., Harlow, J.A. and Barbur, J.L. (2006) Characterising Mesopic Spectral Sensitivity from Reaction Times. *Vision Research*, **46**, 4232-4243.
- [7] 余宪恩. 实用发光材料[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2008.
- [8] 王超玲. LED 在服装中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉纺织大学, 2011.
- [9] Imoto, M., Usuda, S., Mori, H., et al. (2007) Development for New Power White LED Module with Multifunctional Printed-Wiring Board. *International Conference on Electrical Machines and Systems, IEEE*, 1889-1890.
- [10] 李克兢,高原. EL 冷光技术对服装功能性设计的影响与应用研究[J]. 山东纺织经济, 2012(5): 53-55.
- [11] 肖志国. 半导体照明发光材料及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.
- [12] 孙雅清,吴兴保. 彩色回归反射织物的涂层工艺条件的研究[J]. 染整技术, 2000, 22(3): 14-16.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: design@hanspub.org