

# 基于发光织物的交通指挥手套智能交互设计

刘月林, 李嘉玲, 赵玲玲

(燕山大学 艺术与艺术学院, 河北 秦皇岛 066004)

**摘要:** **目的** 在恶劣天气下, 有效增强交通指挥手势辨识度, 准确传递指挥信息, 降低交通事故发生率。**方法** 分析交通指挥产品的现状和不足, 构建交警与驾驶者的交通情境交互关系模型, 洞察关键设计问题, 优化交通指挥手套功能设计。探索智能织物与人体的交互方式, 设计发光织物动态数字符号, 增强交通手套的手势可视性, 提升手套交互效果, 提高交警与驾驶者之间的信息互动效率。最后根据以上分析提出设计方案。**结果** 基于可控发光织物的交通手套, 可以有效增强手势可视性, 提高交警工作效率。**结论** 交互关系模型有助于人们快速发现产品使用的问题点、获取相应的设计目标, 为交通指挥产品设计提供新的思路, 为相关研究及设计实践提供参考。

**关键词:** 发光织物; 交通指挥; 交互设计; 交互关系模型

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)12-0136-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.12.015

## Intelligent Interaction Design of Traffic Command Gloves Based on Luminous Fabric

LIU Yue-lin, LI Jia-ling, ZHAO Ling-ling

(School of Art and Design, Yanshan University, Hebei Qinhuangdao 066004, China)

**ABSTRACT:** This paper aims to effectively enhance traffic command hand signal recognition in bad weather, accurately convey command information and reduce the rate of traffic accidents. Firstly, it analyzes the current situation and shortcomings of traffic command products. By constructing a traffic police and driver traffic context relationship model, it gives insight into key design issues and optimization of traffic command glove function design. Secondly, explore the way of interaction between intelligent fabric and human body. Design dynamic digital symbols based on luminous fabric to enhance the gesture visibility of traffic gloves, improve the glove interaction effect, and strengthen the efficiency of information interaction between traffic police-driver. Finally, we design the corresponding scheme according to the above analysis. The traffic glove based on controllable luminous fabric can effectively enhance the gesture visibility. In this way, the efficiency of traffic police is improved. The construction of interaction relationship model helps to quickly find the problems of product usage and obtain the corresponding design objectives. The proposed product design based on light-emitting fabric provides new ideas for future traffic command product design. It also provides a helpful idea for related research and design practice.

**KEY WORDS:** luminous fabric; traffic command; interactive design; interaction model

道路交通安全是大家一直关注的问题, 由世界卫生组织发布的《2018 年全球交通安全现状报告》可知, 道路交通死亡人数依旧在上涨, 每年死亡人数达 135 万, 其中包含交警因公伤亡的数量<sup>[1]</sup>。除了强化交通安全法则外, 还要在设备上增加导向和警示功

能, 在恶劣天气时辅助交警工作, 从而降低其伤亡人数。

针对逐年增加的交通死亡人数, 如何优化现有的交警指挥交通设备产品设计迫在眉睫。目前, 关于道路指挥以及恶劣天气条件下交警产品的设计研究很少。张伟<sup>[2]</sup>设计了一款智能交通控制系统, 可以自动

收稿日期: 2022-01-18

基金项目: 河北省引进留学人员资助项目 (C20190370)

作者简介: 刘月林 (1977—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为交互界面设计。

检测道路情况并进行调整。通过调研可知, 现有措施主要局限于设备监控方面, 缺乏对道路改建、交通规则等相关影响因素的考虑。

### 1 交通产品现状分析

交通指挥的主要方式有 2 种, 分别是交通指示灯和交警手势指挥。当发生紧急情况或者天气可见度过低时, 只依靠交通信号灯来调度交通难以满足需求, 事故率会大大增加。在这些难以避免的情形下, 交警将会进行现场指挥和疏通, 驾驶者及时获取交警给予的指示是减少事故的关键。

现有的辅助交警指挥产品有交通指挥棒和交通指挥手套。在雾霾、雨雪天气, 交通指挥棒内置有 LED 发光二极管, 适用于公路交通及人口集中的区域。标准的交警手势需要双手完成, 交警手握指挥棒会影响手势的规范性, 且在处理事故时, 该产品占用双手会影响实际工作。

交警手套主要采用氨纶面料, 在交通设备上缝制或粘贴反光材料, 可以有效实现夜间辨识。反光材料直接借助车辆光照, 通过将光以接近入射光的方向反射回去<sup>[3]</sup>来照亮前方, 驾驶者能够及时获得交通指示, 并调整驾驶策略。逆反射技术是成本低且相对有效的解决措施<sup>[4]</sup>。由于反光材料本身并不是发光体, 自身光源需要依赖周边环境, 不确定性过高。本文主要分析

交警指挥交通情境构成因素及其关系, 提出创新设计方案, 增强交通指示辨识度, 协助交警指挥交通, 高效完成指挥任务, 降低道路事故发生率。

### 2 情境交互关系模型

情境交互主要包括 5 个基本要素, 分别为人、行为、手段、目的(目标)和场景<sup>[5]</sup>。根据这 5 项基本要素, 分析“交警”与“驾驶者”之间的交互行为, 洞察交通事故发生的问题所在, 提出合理的解决方案。传统反光材料的不确定性直接影响着驾驶者获取指示信息的过程, 增加了道路安全事故的发生率。为了降低该类事故发生率, 可以基于情境交互关系模型掌握交警、交通指挥产品以及驾驶者三者的交互关系, 提高产品设计的适用性。

#### 2.1 交通情境关系模型

研究对象为 2 名交警和若干驾驶者, 研究场景主要是交警、驾驶者、交通指挥产品系统构成的一个特定的交通指挥现场, 着重研究交通指挥、疏导或者事故处理等情景。此次研究主要以观察法为主、录像法为辅。

通过分析构建交通情境交互关系模型, 其中包括交警与驾驶者、交警与产品和驾驶者与产品之间的关系, 分别用①、②、③表示, 见图 1。

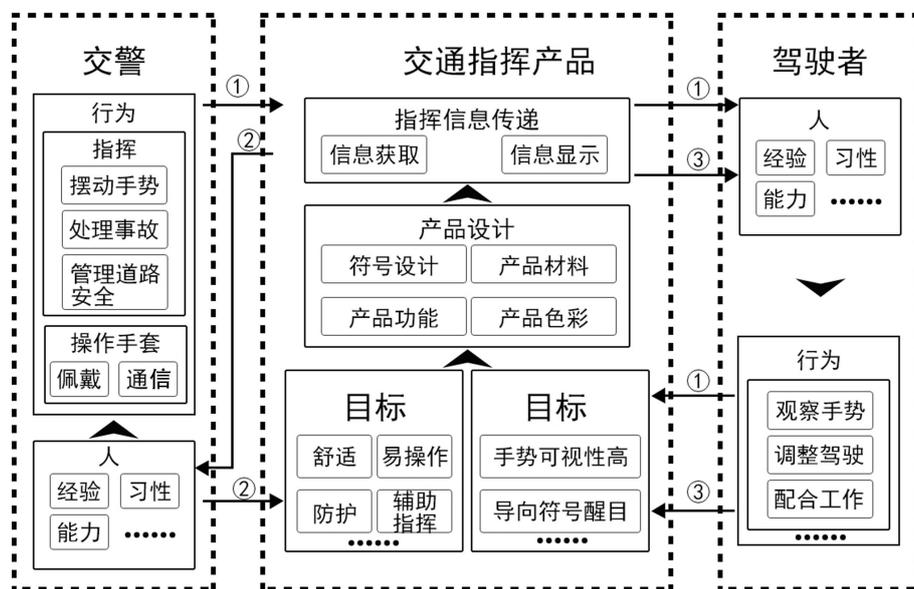


图 1 交通情境交互关系模型

Fig.1 Interactive relationship model of traffic situation

#### 2.2 交通指挥产品设计目标

恶劣天气容易导致视线受阻, 交警的交通指挥手势等一系列行为将无法及时传递给驾驶者。在不影响工作效率的前提下, 借助产品辅助手势传递路况信息, 能够降低复杂多变的环境对信息传递的影响, 增

强导向性, 提升产品交互性能。产品需操作简单, 使人们能快速上手。同时考虑到职业的特殊性, 附加定位及通信功能, 方便应对其他可能产生的危机事件。

交通指挥产品主要有以下 3 个设计目标:

- 1) 增强手势可视性, 选择固定光源代替现有反

光膜,保证光源稳定性。

2)设计光纤符号,增强符号导向性。

3)将交通情境的多变性和危险性纳入考虑范围,赋予产品通信和定位功能,方便应对各种紧急情况。分析交警规范手势,通过电路设计实现信号灯与手势之间的交互,准确辅助交警指挥交通。

在交警指挥交通的工作场景下,交警的手部是交警与驾驶者进行交互的重要触点,因此,将设计定位于手部可穿戴产品。产品需符合手部人机工程学,具备便携性等特征,具有LED灯指示和手势灯光交互等功能。

### 3 交警手套交互与造型设计

根据交通情境交互关系模型,提出采用发光织物实现智能交互、指示符号以及手势灯光交互3个设计目标。

#### 3.1 整体交互方式设计

智能织物指将电子器件织入布料中,能够在保证布料柔软性的同时,具有特殊的电气性能和机械特性<sup>[6]</sup>。可从视觉、听觉、触觉等角度切入,实现智能织物与人的交互。在视觉上,可以通过改变形态和颜色来展示不同的视觉输出界面,共有4种变色系统,分别为热变色、光变色、水变色和压电变色<sup>[7]</sup>。智能服装通过改变颜色进行视觉输出,以传达身体或环境数据。发光服装通过电致发光材料或者光致发光材料,实现纺织品中的照明效果<sup>[8]</sup>。电致发光线可以嵌入衣服中直接产生照明界面。发光二极管(LED)作为纺织品中光纤的光源,可以实现纺织品的发光。这些发光纺织品可以将身体变为动态表面,进而成为一种新的自我表达方式。触觉是皮肤与外界接触时受到轻微刺激产生的感觉。振动触觉型可穿戴设备多用于虚拟现实,如VR游戏设备,可穿戴手套能够发出不同频率、形式的振动,表达不同物品给予皮肤的感觉,从而提升用户的游戏体验<sup>[9]</sup>。听觉是智能服装其他类型的输出。可穿戴设备追求“以人为本”以及人与设备的紧密贴合,从而确保产品的适体性。科技纺织物可增强视觉上的冲击力和表现力、触觉上的体感舒适度,以及听觉上的附加性<sup>[10]</sup>,从而实现产品功能的多样化。

#### 3.2 交警手套交互设计

##### 3.2.1 智能交互设计

发光织物是指在表面具有发光效果的织物,能够在保证功能实现的同时,紧贴不规则的手部表面。将光纤通过编织、刺绣等工艺与纺织纤维相结合,能够在保持纺织品原始基本特性的同时具有与光学相关的其他功能,是现代材料科学与纺织技术相结合的产物<sup>[11]</sup>,特别是在滑雪、登山等户外运动产品和其他安

全警示产品中是不可多得的研制工艺<sup>[12]</sup>。将交通指挥设备与发光织物相结合,以实现设计目标。

##### 3.2.1.1 发光织物光纤制备

按照发光方式可将发光光纤分为端面发光光纤和侧面发光光纤<sup>[13]</sup>,端面发光光纤仅有端面可以发光,而侧面发光光纤不仅端面可以发光,光纤侧面也有光线输出,且发光强度较为均匀。

侧面发光光纤不仅可以使光从入射端面透射出射端面,还可以使一部分光从光纤的皮层漏出,从而形成侧面发光的效果<sup>[12]</sup>。若将端口发光光纤编织在纺织品中,则纺织品表面无法漏出光线,无法构成视觉界面。侧面发光光纤材质过脆,不适宜编织入柔软的织物中。端口发光光纤材质较为柔软,适宜编织入纺织品中,因此,现有许多特殊处理手段能使端口发光光纤实现侧面发光,并多应用于发光纺织品的研究中。

端口发光光纤实现侧面发光的主要处理方法有3种:机械破坏、化学溶剂处理和激光处理<sup>[14]</sup>。通过破坏塑料光纤的表面结构,能使传输光线从侧面漏出。经过皮层溶剂处理的PMMA发光光纤,不仅可获得侧面发光效果的光纤,还能保证一定的持久性与均匀性<sup>[15]</sup>。

##### 3.2.1.2 发光织物结构设计

光纤织物的组织结构为平纹,设计发光光纤的使用范围,发光二极管(LED)提供发光织物的光源,构成发光指示图案。发光织物由普通的纺织纤维与光纤交织而成,每根纬线纤维的两端都暴露在织物的两侧,用塑料绝缘套管对光纤和发光二极管进行连接,确保发光指示界面的输出。发光织物结构见图2。

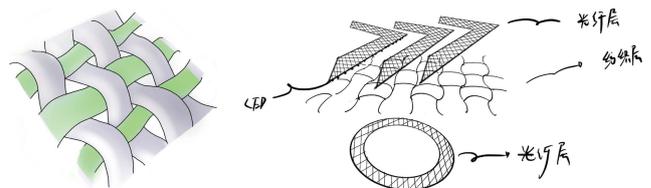


图2 发光织物结构

Fig.2 Structure diagram of luminous fabric

需保证织物具有较低的密度,可将光纤亮度释放到极致,但同时确保光纤与织物之间具备足够的摩擦力,以免脱落。满针罗纹线圈密度可以满足以上需求,正反面的接触面适中,摩擦力能确保光纤牢固,且不易脱落。织物表面平滑、手感柔软,适合用于发光织物的基础组织结构中<sup>[16]</sup>。

##### 3.2.2 指示符号设计

在可视度较低的环境下,驾驶者需通过交警的动作获知交通状况。符号作为传递信息的主要因素,可辅助交警传递交通信息,提升交互效果。为防止驾驶者的理解出现偏差,应使用已形成固定认知的符号图案。

在我国的交通标志规范中, 禁令标志和指示标志都使用圆形。对于指向性的图标, 大多使用辨认效果较好的三角形。分析交警手势后可知, 当指示车辆停止时, 交警将手心展示于驾驶者; 当指示车辆前行或者左右行时, 交警将手背展示于驾驶者。因此, 可以将禁止性圆形符号编织于手掌处, 指示性三角形符号编织于手背处。

从用户认知来看, 光效因带有“光亮”的属性, 会对用户的视觉产生直接的刺激, 能够及时提醒驾驶者进行信息的识别和判断。色彩本身具备一定的特性, 它的差异性会给人们带来截然不同的视觉感受和心理认知, 并且具有识别时间短、反应快速直接等特点。红色是感知危险颜色评级中级别最高的颜色, 在色彩上起到警示作用, 能刺激驾驶者及时做出反应, 因此, 可以将红色用在手掌处的禁止符号上。绿色具有平静、安全等含义, 适合用于通行、允许等标志中, 即用在手套背面的通行标志上。

通过发光织物编织结构、符号形状设计以及电路设计 3 个步骤来制作交通标志部分, 从而达到增强手势可视性的设计目标。发光织物电路设计见图 3。

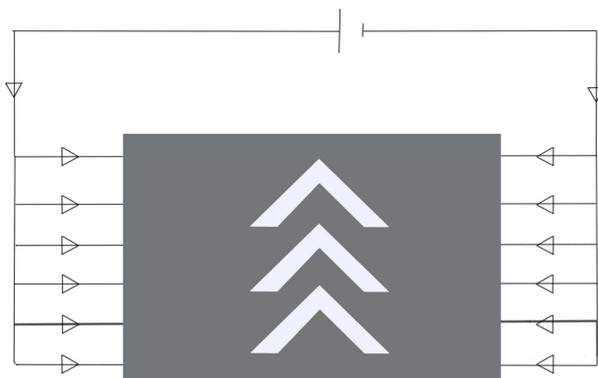


图 3 发光织物电路  
Fig.3 Illuminated fabric circuit diagram

### 3.2.3 手势灯光交互设计

手势是一种最直观、最易被大众接受的符号语言。从 2007 年 10 月 1 日开始, 新的交通警察手势信号在全国实行, 分别为: 停止信号、直行信号、左转弯信号、左转弯待转信号、右转弯信号、变道缓行信号、减速慢行信号、示意车辆靠边停车信号<sup>[17]</sup>。

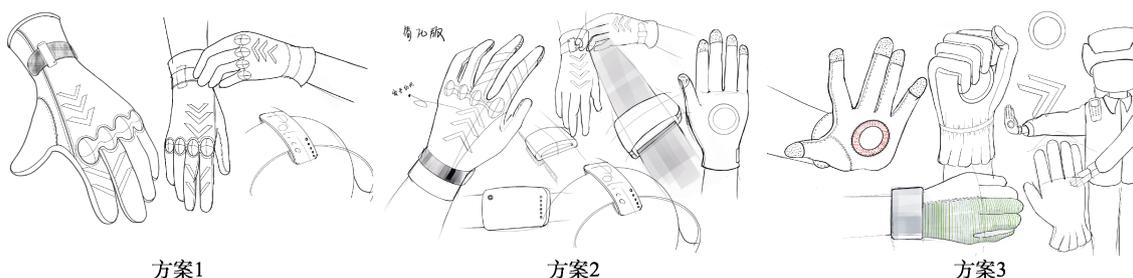


图 5 设计草图  
Fig.5 Design sketch

交警指挥交通时, 借助双臂的摆动与手部手势的配合, 能够准确传递交通信息。根据观察可知, 交警在指挥过程中手部五指并拢, 手腕无大幅度活动。当交警示意驾驶者停止前行时, 举起掌心朝向驾驶者且无其他动作, 手腕会发生背伸运动。此外, 示意车辆靠边停车、左转弯以及右转弯等信号皆由 2 只手共同完成, 一只手垂直于身体举起, 另一只手进行摆动, 手掌、手臂均保持在同一水平面上。其中一种指挥手势的手掌、手腕皆会进行屈伸运动, 其余手势的手腕都会与手掌保持在同一水平面上, 见图 4。

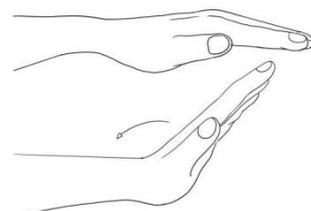


图 4 手腕背伸运动  
Fig.4 Wrist extension exercise

多数交警手势的手腕处于绷直状态, 只有在指示禁行状态时, 手腕会进行背伸运动。为减少资源浪费, 防止引导驾驶者做出错误判断, 在手腕处嵌入感应器, 感应交警的动作变化, 并随之产生灯光交换<sup>[18]</sup>。实现手势灯光交互设计的装置主要包括: 高强度 LED 灯、重力开关、耦合器、光纤织物以及电源控制开关。当腕关节进行背伸运动、手掌垂直于地面时, 重力开关开启, 手心红色 LED 灯与电源连接, 禁止信号亮起, 背部绿色 LED 灯与电源断开。

### 3.3 设计方案

多数交通警察的工作环境在室外, 佩戴的手套在经历多次暴晒、雨淋、洗涤后, 易造成反光条的磨损, 进而会减少反光条的使用寿命。由此可见, 用发光织物代替反光条实现符号警示, 可以避免反光条长时间使用而导致的警示功能降低。结合人体工程学, 可以在保证人体贴合度的同时提升手势交互效果。在设计目标和构思的基础上, 绘制方案草图, 见图 5。

基于交警固定的手势可知, 当交警指挥车流进行流动时, 手套背部箭头形状的发光光纤会变亮; 当交警手心朝向车流表示停止行驶时, 手心处的圆圈发出

红色灯光。将其运用在设计方案中(如图5),方案1将发光织物运用在手背以及手指背部,提升手套整体的警示比例,并将安全防护作用考虑在其中;方案2将箭头和圆圈分别应用于手背和手心处,设计松紧腕带便于穿脱;方案3在三指以及部分手背处运用发光织物,应用三指并拢形成的形状达到指示效果,传递交通信息。

### 3.4 最终设计方案

考虑到现有的交通标志规范以及交警职业的特殊性,从交警手套的草图方案中选择方案1进行细化,形成最终方案。手作为人体最重要的组成部分,其骨骼结构复杂,且活动度较高,因此,需要准确了解手部尺寸以及关节活动参数,以确保关节、指节的尺寸和活动范围等方面符合人体工程学,不会给使用者带来不适。为实现产品批量化生产,需降低成本。将反光条与发光织物相结合进行应用,让使用者根据环境状况进行选择使用。当能见度过低、驾驶者无法及时获取信息时,开启光源。在正常天气下可以直接依赖反光材料。最终设计方案效果见图6,智能应急交通情景见图7。



图6 应急交通手套效果

Fig.6 Emergency traffic gloves renderings

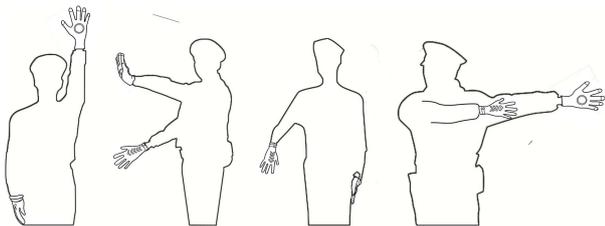


图7 智能应急交通情景

Fig.7 Intelligent emergency traffic scenario

在整体设计中手掌部分有若干塑胶防滑点,可以增大摩擦力,确保手部正常工作。由于使用人群工作的特殊性,在掌指关节处根据人机工程学原理,嵌入塑胶凸起壳进行手部防护,可减少自身伤害。手腕部分有灰色魔术贴腕带,可以自由调节松紧度。同时将通信模块固定在腕带上,需要清理手套时摘下来,可以延长手套使用寿命。标识部分将涤纶和光纤作为纬线、棉作为经线,按照满针罗纹线圈结构进行编织,

既保留了涤纶结实耐磨、不易变形等特点,又具备棉的吸汗性特征。其余部分采用涤棉混纺的方式,确保穿戴的舒适性,长时间工作也不会给手部带来生理负担。交通标识的导向性主要通过形状识别和颜色编码来实现,在形状识别上采用交通领域固定的导向符号形状——箭头,在颜色上根据国家交通规范,应用绿色和红色,分别代表通行和禁行。

另外,设计还需关注产品的佩戴体验、功耗管理和成本控制。在材质上,柔性是发光织物最大的特点,可以在不影响交警工作的前提下,自由变形并长期佩戴。在满足手势可视性和柔软触感的基础上,将反光条与发光织物相结合,能够在实现警示功能的同时,更大程度地节约能源、降低成本。

通过分析产品的使用场景以及使用过程中可能遇到的问题,可以发现,现有的交通通信工具多为对讲机,其不受网络的限制,是交通调度中不可替代的通信工具。在手腕处的通信模块中内置通信卡,可以帮助交警及时控制事件,并保留事件的音频证据。在手腕粘扣处的通信录音设备中嵌入GPS模块,可以在紧急情况下使定位更加准确、及时。

## 4 结语

随着经济的发展,城市交通压力越来越大,如何降低交通事故的发生率成为一个重要的议题。基于交通情境交互关系模型,快速获取交警与驾驶者交互行为中的痛点和不足,分别进行产品的功能和交互设计,绘制产品造型草图,并得出最终的设计方案。基于发光织物的交通指挥手套能有效优化交通指挥效果,对缓解交通堵塞情况、减少交通事故都有着重要的意义。

### 参考文献:

- [1] 张亚丽. 世界卫生组织发布《2018年全球道路安全现状报告》[J]. 中华灾害救援医学, 2019, 7(2): 100.  
ZHANG Ya-li. The World Health Organization Released the 2018 Global Road Safety Status Report[J]. Chinese Journal of Disaster Medicine, 2019, 7(2): 100.
- [2] 张伟. 基于PLC环境下智能交通系统的设计[J]. 现代科学仪器, 2018(5): 10-13.  
ZHANG Wei. Design of Intelligent Transportation System Based on PLC[J]. Modern Scientific Instruments, 2018(5): 10-13.
- [3] 杨学政, 滕方勇. 标志反光膜逆反射性能评价方法与影响因素分析[J]. 山东交通科技, 2020(2): 106-109.  
YANG Xue-zheng, TENG Fang-yong. Evaluation Method of Retroreflective Performance of Sign Reflective and Analysis of Influencing Factors[J]. Shandong Communications Technology, 2020(2): 106-109.
- [4] 支荣钊, 张强. 反光材料在警用救援服中的应用研究

- [J]. 中国个体防护装备, 2016(2): 46-50.  
ZHI Rong-chuan, ZHANG Qiang. Research on Application of Reflective Materials in the Police Rescue Clothing[J]. China Personal Protective Equipment, 2016(2): 46-50.
- [5] 张艳河. 婴幼儿可穿戴产品的交互设计研究[J]. 装饰, 2017(8): 126-127.  
ZHANG Yan-he. Study on Interaction Design of Wearable Infant Products[J]. Art & Design, 2017(8): 126-127.
- [6] 陈东义. 智能织物与服装: 人类的“第二层肌肤”[J]. 设计, 2016(24): 72-75.  
CHEN Dong-yi. Smart Fabrics and Clothing: The Second Skin of Human Beings[J]. Design, 2016(24): 72-75.
- [7] 白洁. 智能纺织品的分类及其应用[J]. 毛纺科技, 2019, 47(4): 79-83.  
BAI Jie. Classifications and Applications of Smart Textiles[J]. Wool Textile Journal, 2019, 47(4): 79-83.
- [8] 郝士杰, 张丽平. 发光材料在纺织上的应用研究进展[J]. 纺织导报, 2017(11): 64-67.  
HAO Shi-jie, ZHANG Li-ping. Research Progress in Application of Luminescent Materials in Textiles[J]. China Textile Leader, 2017(11): 64-67.
- [9] 杨随先, 刘行, 康慧, 等. 互联网+智能设计背景下的交互设计与体验[J]. 包装工程, 2019, 40(16): 1-13.  
YANG Sui-xian, LIU Xing, KANG Hui, et al. Interactive Design and Experience under the Background of Internet + and Intelligent Design[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(16): 1-13.
- [10] GONG Zi-dan, XIANG Zi-yang, OUYANG Xia, et al. Wearable Fiber Optic Technology Based on Smart Textile: A Review[J]. Materials (Basel, Switzerland), 2019, 12(20): 3311.
- [11] 杨昆, 李美奇, 张诚. 侧面发光光纤及其发光织物的研究进展[J]. 毛纺科技, 2019, 47(7): 84-89.  
YANG Kun, LI Mei-qi, ZHANG Cheng. Study on Side-Emitting Polymer Optical Fiber and Resultant Luminous Fabric[J]. Wool Textile Journal, 2019, 47(7): 84-89.
- [12] 郭雪峰, 杨静芳, 葛明桥. 发光针织面料的设计开发及应用[J]. 针织工业, 2015(10): 20-23.  
GUO Xue-feng, YANG Jing-fang, GE Ming-qiao. Design and Development of Photoluminescent Knitted Fabric[J]. Knitting Industries, 2015(10): 20-23.
- [13] 匡丽赟, 卢俊宇. 发光针织物图案设计及亮度研究[J]. 针织工业, 2017(8): 16-19.  
KUANG Li-yun, LU Jun-yu. Pattern Design and Lightness Study of Illuminant Knitted Fabric[J]. Knitting Industries, 2017(8): 16-19.
- [14] 张华玲, 王立晶. 聚合物光纤在服饰刺绣设计中的应用[J]. 服装学报, 2017, 2(6): 522-526.  
ZHANG Hua-ling, WANG Li-jing. Embroidery Design Using Polymer Optical Fiber with Luminous Effects[J]. Journal of Clothing Research, 2017, 2(6): 522-526.
- [15] 陈园园, 杨斌, 金子敏. 可控发光织物的研制及其亮度表征[J]. 纺织学报, 2008, 29(8): 38-41.  
CHEN Yuan-yuan, YANG Bin, JIN Zi-min. Manufacture of Controllable Luminous Fabric and Characterization of the Luminance[J]. Journal of Textile Research, 2008, 29(8): 38-41.
- [16] 匡丽赟. 利用聚合物光纤制备发光针织物的研究[J]. 针织工业, 2016(9): 14-16.  
KUANG Li-yun. Study of Luminescence Knitted Fabric by Using Polymer Optical Fiber[J]. Knitting Industries, 2016(9): 14-16.
- [17] 罗昆. 基于神经网络的交警动态手势识别方法研究与实现[D]. 抚州: 东华理工大学, 2019.  
LUO Kun. Research and Implementation of Traffic Gesture Dynamic Gesture Recognition Method Based on Neural Network[D]. Fuzhou: East China Institute of Technology, 2019.
- [18] 覃京燕, 曹莎, 王晓慧. 绿色IT可持续设计理念下基于量化自我的智能服装交互设计[J]. 包装工程, 2017, 38(6): 1-6.  
QIN Jing-yan, CAO Sha, WANG Xiao-hui. Interaction Design of Smart Clothing Based on Quantified Self under the Concept of Green IT Design for Sustainability[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(6): 1-6.

责任编辑: 马梦遥