

智能服装和智能服装材料研究进展

孟琪洁

(东华大学 服装与艺术设计学院, 上海 210051)

摘要:通过文献研究国内外健康医疗、军事装备、运动娱乐等不同领域的智能服装研究进展,发现智能服装的主要功能以定位、监测、交互为主;智能导电材料、光纤织物、纳米材料、相变材料、光致变色材料等作为智能服装材料被广泛运用;提出未来相关的研究方向和应用领域,旨在为之后学者进行相关研究提供参考。

关键词:智能服装;智能服装材料;应用领域

中图分类号:TS 941.7

文献标志码:A

文章编号:1673-0356(2022)09-0001-05

随着技术的发展,智能服装逐渐成为纺织服装领域的热点话题,智能服装结合了多种技术,是多学科多领域的交叉产物,在众多领域均有应用,如健康医疗、军事装备、运动娱乐等领域。智能服装满足用户更多需求,给予传统服装无限可能。同时智能服装材料的研究也如火如荼,通过将导电材料、光纤织物等融入纺织材料从而实现多种功能。

1 智能服装研究进展

智能服装可以被定义为对某种刺激做出反应的纺织品,同时伴随着其性能的变化。

智能纺织品可以监测一个人的健康状况,如温度、运动、化学物质、心率、呼吸、机械参数等。它们可分为两类:被动智能纺织品和主动智能纺织品。被动智能纺织品能够感知来自机械、热、化学、电或磁源的环境条件和刺激,而主动智能纺织品同时具有传感器和执行器,例如调节穿着者的体温。智能服装的基本组件主要有传感器、执行器和电子(通信、计算和监控)单元^[1]。

1.1 健康医疗领域

智能服装在健康医疗领域的研究与应用最为广泛,如用于定位监测以及情感感知功能。

随着老龄化进程加快,安全监护服装逐渐成为近年来智能服装设计研究的热点。2018年,美国弗吉尼亚理工大学团队研发出的防跌倒智能裤^[2],可以帮助阿尔茨海默病患者确定跌倒风险,从而减少跌倒导致

的老年人受伤状况。防跌倒智能裤实物图如图1所示。

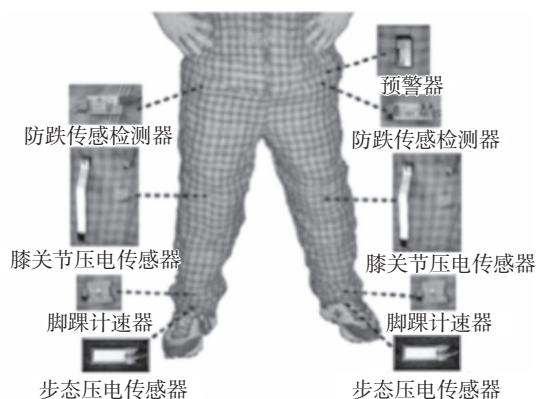


图1 防跌倒智能裤

2019年许黛芳团队^[3]提出了目前阿尔茨海默病老年人智能监护服装中存在的设计问题,从系统、面料、工艺、服装造型结构4个维度出发,将石墨烯柔性传感器等器件布置在针织毛衫上,从而代替杜邦线、普通电路板及显示器,很好地改善了服装材料舒适性;同时辅以A-GPS定位功能、跌倒检测功能、健康监测和语音提醒功能。

除了将传感器与日常服装相结合,2019年 Francesco Alaimo 团队^[4]开发了一种能将普通纺织纱线转化为智能纱线的技术,并将其应用于步态监测的智能鞋垫。

智能服装在防护保健方面的应用有 Jaana 团队开发的适用于北极环境的智能服装^[5],帮助使用者在恶劣和苛刻的天气条件下生存,为用户提供通信、定位和监控等功能。防护服的监控系统由温度传感器、加速度传感器、心率传感器和电导传感器组成,可以测量人体和环境的相关参数。根据这些测量值,可以自动发

收稿日期:2022-03-10;修回日期:2022-03-23

作者简介:孟琪洁(1996—),女,硕士研究生,研究方向:时尚产业经济与营销管理,E-mail:qijiemeng@outlook.com。

送紧急信息。

2020年,朱江波团队^[6]设计并开发了可水洗超薄智能温控发热保健服装,通过应用智能柔性发热系统、智能低压供电系统和高精度柔性传感器,开发了一系列可水洗的超轻超薄智能发热保健服装。

心理健康已成为严重影响人们生活质量的问题,交互技术可以提高人们之间的情感交流。

2018年,Weizhen Wang团队^[7]将微型传感器和发光二极管(LED)嵌入情侣服装原型,并做初步的情感评价。研究发现,交互式服装与人类情感表达之间存在很好的相关性,实验服装能够刺激参与者的情绪反应。

随着科学技术的飞速发展,利用机器人与人之间的交互作用来提高心理健康水平成为一个全新的方向。但由于机器人设计有限且体积庞大,无法便捷携带。因此,2019年Jun Yang团队^[8]提出将个人机器人、智能服装、云终端集于一体的情感感知系统,实现了一种新的“以人为本”的情感互动模式,即个人机器人与智能服装互相弥补,与用户共同互动。利用人工智能技术、知识图设计情感感知和交互算法,包括智能推荐、关系识别、情感表达识别功能。同时,对不同的场景进行分析,结果表明,该系统可以广泛应用于服务人群,提高人们的心理健康水平。

1.2 军事装备领域

智能服装在军事装备中的应用也十分广泛,从敌我识别到对伤员的健康监测和简易治疗,以及评估士兵精神状态等各个方面^[9]。

美国麻省理工学院为美军开发了一款敌我智能识别作战服^[10]。他们在织物中加入一种特殊的光学纤维,用该织物制成的军服经照射且被激光器识别后,能够发射出“友好”信号,因此士兵可以据此迅速辨别对方身份,从而使误伤概率大大降低,提高协同作战的效率。

防弹衣往往由40多层面料构成,笨重且缺乏机动性。2014年,德国亚琛工业大学研究所为安全执法人员开发了一款轻便、灵活的智能防护服装^[11]。该服装由健康监测和伤害控制系统组成。健康监测系统可以实现人体基本生理数据的采集。伤害控制系统可以通过传感器的损坏位置来监测和判断对应器官的受伤情况。此外,该服装还能实现地理定位信息和传感器数据的远程传输。

为了实时评估士兵在作战中的心理压力,西班牙国防部的研究人员开发了一款由织物非侵入设备和传感服装组成的测试系统^[12]。该系统可以实时采集穿着者的心率、呼吸频率、皮肤电反应及外周温度等指标数据。据此来判断士兵的精神状况,从而评估其是否适合进行某种军事任务。

1.3 运动娱乐领域

在运动领域,可穿戴服装传感器系统可以测量用户的运动负荷,并提供计算所得的热量消耗量,从而鼓励用户进行体育锻炼。如NIKE公司在2012年推出Nike+Basketball和Nike+Training运动鞋^[13],该运动鞋可追踪用户的运动并为用户的表现打分。同时,通过iPhone和iPod touch的Nike+应用程序APP用户可以共享得分并与朋友分享排行榜,从而使用户在竞争环境下更加努力地训练。

随着肌电图等复合传感器技术的进步,智能服装可以感知并监测肌肉和身体运动的负荷,从而实现运动护理和指导功能。如Electric foxy的智能瑜伽服Bend series^[14],该智能瑜伽服会在用户姿势错误或有潜在危险时通过触觉反馈通知用户,该防护服配有4个弯曲和拉伸传感器,可以准确确定错误姿势发生的位置。因此它可以帮助用户在运动中学习正确的姿势,该瑜伽服还可以将有关瑜伽轻度锻炼的报告随时发送到智能手机或平板电脑。

在游戏领域,2016年,联想推出一款可以控制手机游戏的智能跑鞋^[15],该跑鞋可以与手机游戏配合使用,用户可以用脚作为控制器来回移动;同时,这款鞋子可以计算用户的步数并追踪燃烧的卡路里;此外,该款跑鞋采用3D打印技术定制的鞋垫,将其放在鞋子大小的充电面板上,可以进行无线充电。

2020年,Hyunseung开发一款运动服^[16],实现了后方检测功能,同时可以实时测量用户心率,通过蓝牙连接到智能手机。在满足功能性的同时考量了智能服装的美观时尚度。此外,在寒冷环境下,该运动服还能提供加热功能,以维持用户身体的热量。

2 智能服装材料研究进展

随着智能服装的迅速发展,与其相结合的新一代材料也正在开发中。在开发初期,智能纺织品所需的组建单元由传统的电子元件覆盖在纺织品上得到,随后智能导电材料、光纤织物、纳米材料、相变材料、光致

变色材料等作为智能服装材料被广泛运用。

2.1 导电材料

智能服装往往要结合电子元器件,这些电子产品分布在一件或几件衣服上,不同电子模块间需要用导线连接。普通电线由于长时间使用会僵硬,渐渐被导电纤维替代。Jaana 团队^[17]研究导电纤维纱线在智能服装中的应用,其往往作为通信介质或电极材料。通过加速试验和抗拉强度试验表明采用合适的导电纤维材料和焊料可以实现可靠的连接。

2015年,韩潇^[18]设计了一款可用于智能监测的无缝内衣,采用镀银锦纶导电纱线,并运用提花添纱技术编织柔性针织传感器。

2018年,Sadeqi 团队^[19]研制了一种易于拉伸和可水洗的智能纱线,它可以被缝进可穿戴纺织品中,用于制作智能可穿戴织物,并且能够监测人体的生理运动。该团队使用聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)膨化纱线作为基材,并通过简单卷筒涂层工艺使其对应变敏感。PBT本身是用不易拉伸的纱线制成,但通过拉伸纱线打开细丝可以赋予其延展性。在PBT纱线涂上电阻碳墨水将它们转换成应变传感器。而该纱线的耐水洗性是通过涂覆一层薄薄的PDMS实现的。

除了将传感器与日常服装相结合,2019年,Francesco Alaimo 团队开发了一种能将普通纺织纱线转化为智能纱线的技术,并将其应用于步态监测的智能鞋垫。制作过程中使用墨盒在裸露的纱线上涂上导电墨水,然后在加热室中干燥。将智能纱线排列在二维网格中,该网格由16个水平线和8个垂直线组成,并伴有一个气垫间隙,从而实现智能鞋垫。通过对二维网格实时应变信息的进一步处理,可以生成精度为 16×8 像素的二维压力脚图,这些脚图可以直接监测足部的活动强度和其他身体活动。结果表明,该鞋垫对步态监测具有良好的灵敏度和精度。

智能服装中除了导电纱线外,2014年重庆大学和美国佐治亚理工学院联合研制了一款能自动供电的织物,该织物能在收集光能的同时通过摩擦发电储能^[20]。其导电原理是在聚酯纤维表面镀金属层和半导体涂层。将该智能纤维与普通纤维混合编织,可用于制作各种款式的智能服装。

2.2 光纤织物

光纤和织物结合形成复合织物,即光纤织物,是一种新型智能材料。光纤织物采用聚合物光纤,因此

兼具纺织品的柔软性和光纤的导电性。光纤传感织物是光纤织物的一种应用,其往往将光纤作为传感器进入到织物中^[21]。

光纤织物在医疗领域中的应用很广,2009年和2010年,Jonckheere 团队^[22]和 Silva 团队^[23]分别用刺绣和涂层工艺将光纤光栅结合到织物结构中,制作可以监测心跳和呼吸等生理特征的传感织物。2017年,王飞翔团队采用衬纬的方式^[24],将光纤织入经编织物结构中,开发的光纤传感织物主要用于对呼吸信号的检测;由于经编织物结构可以提高传感织物的柔软性,因此这种方法大大提高了织物表面平整度,同时也提高了织物使用的适形性和舒适性。

除了将光纤织物用作传感器,光纤发光织物是光纤织物的另一种应用,在医疗领域,光纤发光织物用于光动力疗法装置进行某些疾病的治疗,如在2017年,Oguz 团队^[25]将光纤和织物一起编织,研制出一种发光织物,通过弯曲光纤可使其获得发光的效果,并将光线照射到患者的皮肤上,用于角化病等皮肤病的治疗。

2.3 纳米材料

近几年,纳米技术也逐渐被引入纺织领域。其中涉及微胶囊的纳米粒子或纳米产品,可与各种各样的产品一起使用,这些产品具有与封装产品性质相关的不同特性。

2007年,Becheri 团队^[26]合成了纳米尺度的氧化锌颗粒并将其应用在棉毛织物上用于防紫外线。在不同温度(90或150℃)和反应介质(水或1,2-乙二醇)下制备纳米颗粒。之后将纳米氧化锌应用于棉花和羊毛样品,使处理后的纺织品有防晒活性。通过紫外-可见分光光度法和紫外防护因子(UFPF)的计算来评价处理效果。

2009年,Abramov 团队^[27]设计的装置是为了放大各种纳米颗粒在织物上的声化学辅助涂层。该装置每次可在连续50m的棉织物上涂覆CuO或ZnO纳米粒子。分析涂层棉织物表面金属氧化物的结构和形貌,发现其为纳米晶氧化物(粒径约10~20nm)。该涂层均匀、稳定,且至少20次清洗循环后依然能保持其生物杀灭性能。含CuO涂层的棉织物对大肠杆菌具有良好的抗菌性能。

2013年,Sundarrajan 团队用纳米颗粒和纳米纤维代替防护服中的活性炭。金属氧化物纳米粒子,如MgO、Al₂O₃、Fe₂O₃、ZnO和TiO₂能将化学和生物战

剂(CWA)降解为无毒产品。它们还增强了各种性能,如机械性能、耐化学品性、阻燃性、抗菌性和自清洁性。

2.4 相变材料

通过加入相变材料可以促进智能服装的热调节从而提高其舒适性,尤其是运动服和休闲服。这些材料在医用纺织品领域也有着广阔的应用前景,消防队、赛车队和汽油泵服务人员的形状记忆防护服正在开发中。后者含有形状记忆材料,在一定的高温下有助于绝缘层的形成,通过恢复原始形状来分层,这样就可以防止人体过热。

2007年,Sarier团队^[28]开发了基于原位聚合的制造技术,以实现相变材料(PCMs)的微胶囊化,并将这些产品融入多组分非常规织物中。他们用该技术制备了4种不同蜡含量的聚脲醛微胶囊,此外,还基于多层织物系统模型,重点研究在指定寒冷天气和物理活动条件下,微胶囊化PCMs对具有一定被动隔热特性的织物热性能贡献。

2.5 光致变色材料

2015年Arun Kumar介绍了一种制备经太阳光激活的绿色发光 $\text{Eu}^{2+}/\text{Dy}^{3+}$ 掺杂铝酸锶($\text{Sr}_{1-x}\text{Al}_2\text{O}_4:\text{Eu}_x^{2+}/\text{Dy}_y^{3+}$)的研制途径。通过定制的固态反应溶液浇铸方法获得持久、透明、柔韧和防水的磷光层。发光涂料的这些显著特性及柔性透明磷光层可用于光学显示和国防应用。

2018年Tawfik团队^[29]研制了一种基于涂料印花的光致变色荧光棉织物。这种织物是由水基涂料黏合剂印花配方制成的,其中含有具有良好光稳定性和热稳定性的无机颜料荧光粉。其最佳激发波长(365 nm)可导致织物表面颜色和荧光的变化。

3 讨论

智能服装一直是全球纺织服装消费市场的热点,但在智能服装能够广泛使用之前,一些技术挑战如电池容量、组件体积、重量、系统成本以及与服装融合性均需要改进。这些问题使得智能服装的时尚性有待提高,因此很多学者都在致力于这方面的工作,并积极开发相关智能服装材料。

从上述文献中也可以发现,将传感器集成到日常穿着中,未来将彻底改变医疗保健和健身领域服装行业。在交互式服装设计过程中,技术功能应与人类情感表达同步,因此交互式服装的研制可以填补人类情

感与可穿戴技术之间的鸿沟,以实现交互式时尚创新。

因此如何将时尚与科技相结合是智能服装领域研究的一个热门话题。科技与时尚交融的产品未来应用广泛,且具有较大的销售市场。

对于研制智能服装材料而言,目前涉及多学科技术,如导电技术、光电技术、化学化工技术、纳米技术、生物技术等。这些材料的应用也极为广泛,如传感线是智能织物的基础,可以跟踪人体运动并用于实时生理监测;将这些智能纱线与服装结合可以检测人体形态(如坐姿与站立)和人体运动(如跑步与步行)。将该智能纤维与普通纤维混合编织,也可用于制作各种款式的智能服装。

目前,光纤织物在医疗领域的应用主要集中在人体生命信号的检测、传输和光动力治疗等方面。但目前绝大多数情况下光信号在实际使用时还需要与电信号进行转换,由此所需的信号连接、处理,以及光源、电源等装置带来的空间占用和重量承载已经成为制约光纤织物及其最终产品进一步发展的主要障碍。这些装置的小型化、轻量化和集成化必将为光纤织物在医疗领域的应用起到助推作用。印刷样品的光稳定性、热稳定性、高可逆性和抗疲劳性,使其在未来有望成为品牌保护、军事伪装和安全印刷等特定领域的通用智能服装。

新型智能服装材料的研制使很多功能得以实现,未来可以结合智能服装广泛应用于医疗、体育、军事和时尚产业中。

4 结束语

通过整理归纳在健康医疗、军事装备、运动娱乐领域的智能服装的研究进展可知,智能服装的主要功能以定位、监测、交互为主;通过分析近几年智能服装材料的研究进展可知,通过不同技术如光电技术、化学化工技术、纳米技术等可以改变材料性质,从而实现其多功能化。

智能服装在当今纺织服装行业已成为研究热点,目前已有相当多的研究成果,但依旧存在不少技术问题,需要各界学者协力共同克服阻力,使智能服装能够在未来广泛使用。

参考文献:

- [1] SUNDARRAJAN S, RAMAKRISHNA S. The use of nanomaterials in smart protective clothing[M]// Smart

- Textiles for Protection. Woodhead Publishing, 2013.
- [2] 陈宇刚, 赖慧娟. 老年智能服装的功能设计研究[J]. 上海纺织科技, 2018, 46(2): 1-3.
- [3] 许黛芳, 赵卫国. 阿尔茨海默病老人针织智能安全防护服装的设计[J]. 染整技术, 2020, 42(4): 51-56.
- [4] ALAIMO F, SADEQI A, REZAEI N H, et al. Reel-to-reel fabrication of strain sensing threads and realization of smart insole[J]. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2020, 301:111741.
- [5] RANTANEN J, REHO A, TASANEN M, et al. Monitoring of the user's vital functions and environment in Reima smart clothing prototype[J]. *Human Friendly Mechatronics*, 2001: 25-30.
- [6] 朱江波, 凌杰辉, 王漫婷, 等. 可水洗的超轻薄智能温控发热保健系列服装的设计与开发[J]. 轻纺工业与技术, 2020, 49(4): 3-5.
- [7] WANG W, NAGAI Y, FANG Y, et al. Interactive technology embedded in fashion emotional design: Case study on interactive clothing for couples[J]. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2018, 30(3): 302-319.
- [8] YANG J, WANG R, GUAN X, et al. AI-enabled emotion-aware robot: The fusion of smart clothing, edge clouds and robotics[J]. *Future Generation Computer Systems*, 2020, 102: 701-709.
- [9] 何海洋. 智能纺织品及其在安全防护服装中的应用进展[J]. 河南工程学院学报(自然科学版), 2019, 31(3): 13-19.
- [10] SCATAGLINI S, ANDREONI G, GALLANT J. A review of smart clothing in military[C]//*Proceedings of the 2015 Workshop on Wearable Systems and Applications*, 2015.
- [11] REIFFENRATH M, HOERR M, GRIES T, et al. Smart protective clothing for law enforcement personnel[J]. *Material Science*, 2014(9): 64-68.
- [12] SEOANE F, FERREIR J, ALVAREZ L, et al. Sensorized garments and tetrode-enabled measurement instrumentation for ambulatory assessment of the autonomic nervous system response in the ATREC project[J]. *Sensors*, 2013, 13(7): 8997-9015.
- [13] Nike+basketball and training sneakers track your game, push you to compete with others[EB/OL]. (2012-02-22)[2020-07-10]. <https://www.theverge.com/2012/2/22/2816583/nike-plus-basketball-training-shoes-app>.
- [14] Electricfoxy's the move electronic yoga suit lets you know when you are contorting yourself incorrectly[EB/OL]. [2020-07-10]. <https://crunchwear.com/electricfoxy-the-move-electronic-yoga-suit-lets-you-knowwhen-you-are-contorting-yourself-incorrectly/>.
- [15] Lenovo made a smart running shoe you can use as a mobile gamecontroller[EB/OL]. [2020-07-10]. <https://www.theverge.com/2016/6/9/11897456/lenovo-smart-running-shoe-wearable-tech-world-2016>.
- [16] LEE H. A study on the development of a user-focused multi-functional convergence-smart-fashion product[J]. *Heliyon*, 2020, 6(1): e03130.
- [17] HANNIKAINEN J, JARVIENE T, VUORELA T, et al. Conductive fibres in smart clothing applications[J]. *Mechatronics for Safety, Security and Dependability in New Era*, 2007: 395-400.
- [18] 韩潇. 集成柔性针织传感器的智能监测无缝内衣研发[D]. 上海: 东华大学, 2015.
- [19] SADEQI A, REZAEI N H, ALAIMO F, et al. Washable smart threads for strain sensing fabrics[J]. *IEEE Sensors Journal*, 2018, 18(22): 9137-9144.
- [20] 张虎林. 摩擦电纳米发电机(TENG)的结构设计及其相关应用研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2014.
- [21] 尹跃, 杨昆. 光纤织物在医疗领域的应用[J]. 纺织导报, 2020(5): 32-35.
- [22] JONCKHEERE J D, NARBONNEAU F, KINET D, et al. Optical fibre sensors embedded into technical textile for a continuous monitoring of patients under Magnetic Resonance Imaging[C]. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2008.
- [23] DA SILVA A F, GONCALVES A F, DE FERREIRA L A, et al. PVC smart sensing foil for advanced strain measurements[J]. *IEEE Sensors Journal*, 2010, 10(6): 1149-1155.
- [24] 王飞翔, 杨昆, 张诚. 光纤传感智能纺织品监测呼吸心跳的研究进展[J]. 针织工业, 2017(4): 20-25.
- [25] OGUZ Y, KONCAR V, COCHRANE C, et al. Light-emitting woven fabric for treatment with photodynamic therapy and monitoring of actinic keratosis[M]//*Photomedicine-Advances in Clinical Practice*. London: IntechOpen, 2017.
- [26] BECHERI A, DURR M, NOSTRO P, et al. Synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles: Application to textiles as UV-absorbers[J]. *Journal of Nanoparticle Research*, 2008, 10(4): 679-689.

- [2] 卢琼. 智慧民间工艺[M]. 北京:新世界出版社,2009.
- [3] 常璩. 华阳国志校补图注[M]. 上海:上海古籍出版社,2007.
- [4] 黄能馥. 复原三星堆青铜立人龙纹礼衣的研发报告[J]. 装饰,2008(1):48-51.
- [5] 乔熠,乔洪,张序贵. 蜀绣传统技艺的特性研究[J]. 丝绸,2015(1):47-53.
- [6] 赵敏. 中国蜀绣[M]. 成都:四川科学技术出版社,2011.
- [7] 舒芸芸. 蜀绣归来一针一线绣出千年的传奇[J]. 重庆旅游,2013(4):122-127.
- [8] 张序贵,朱利容,杨渝坪,等. 蜀绣原生态产业链的打造[J]. 丝绸,2009(10):4-7.
- [9] 王磊. 蜀绣市场发展现状及营销策略探究[J]. 现代商贸工业,2009,21(22):117-119.
- [10] 范小敏,谭丹,王佳丽,等. 区域视角下蜀绣产业发展对策研究[J]. 丝绸,2015,52(4):70-75.
- [11] 唐凯江. 成都蜀绣销售渠道创新研究[J]. 中国商贸,2011(6):179-180.
- [12] 张蕾,李勇,曾喜梅,等. 湘绣行业在社会信息化进程中的问题及对策[J]. 商场现代化,2013(4):119-120.
- [13] 杨晓瑜,范小敏,李琼秀. 基于产业技术创新联盟的蜀绣产学研合作路径探索[J]. 纺织科技进展,2015(6):7-9.
- [14] 濮安国. 传统手工艺在新时代的发展[J]. 上海工艺美术,1994(4):6-7.
- [15] 王康健,李纳云,曾蓉,等. 蜀绣产业发展现状分析及对策建议[J]. 丝绸,2017,54(10):51-57.
- [16] 赵敏,吴起宏,刘才容,等. 川剧戏服与蜀绣的关系及其对蜀绣文化传播的作用[J]. 丝绸,2019,54(4):93-96.

Investigation and Development Countermeasures of Shu Embroidery Marketing

CHENG Si, QIAO Hong*

(Art and Clothing Design Institute, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China)

Abstract: Through the investigation of the historical evolution and marketing status of Shu embroidery, the current situation and existing difficulties of production and operation mode, product commercial value, market recognition and marketing situation of Shu embroidery were analyzed comprehensively. On the basis of comparing the successful development of Suzhou embroidery and Hunan embroidery, combined with the local characteristics of Sichuan, countermeasures and suggestions for the development of Shu embroidery marketing were put forward, including building an integrated Shu embroidery characteristic industrial base, perfecting the Shu embroidery industrial chain, innovating Shu embroidery products, improving product faults, strengthening the research and digital protection of Shu embroidery culture, cultivating talents in Shu embroidery industry at multiple levels, establishing brand awareness and strengthening publicity and promotion, so as to contribute to the revitalization and development of Shu embroidery.

Key words: Shu embroidery; intangible cultural heritage; marketing status; countermeasure analysis

(上接第8页)

- [27] ABRAMOV O V, GEDANKEN A, KOLTYPIN Y, et al. Pilot scale sonochemical coating of nanoparticles onto textiles to produce biocidal fabrics[J]. Surface and Coatings Technology, 2009, 204(5): 718-722.
- [28] SARIER N, ONDER E. The manufacture of microencapsulated phase change materials suitable for the design of thermally enhanced fabrics [J]. Thermochemica Acta, 2007, 452(2): 149-160.
- [29] KHATTAB T A, REHAN M, HAMOUDA T. Smart textile framework: Photochromic and fluorescent cellulosic fabric printed by strontium aluminate pigment[J]. Carbohydrate Polymers,2018,195: 143-152.

Review of Smart Clothing and Smart Clothing Materials

MENG Qijie

(Fashion and Design College, Donghua University, Shanghai 210051, China)

Abstract: The research progress of smart clothing in different application fields of health care, military equipment, sports and entertainment were studied. It was found that the main functions of smart clothing were positioning, monitoring and interaction. Smart conductive materials, optical fiber fabrics, nano materials, phase change materials, photochromic materials were widely used as smart clothing materials. The relevant future research direction and application fields were put forward, aiming to provide reference for scholars to carry out relevant research.

Key words: smart clothing; smart clothing material; application field