

基于儿童安全的智能服装系统研发模式

薛哲彬^{1,2}, 沈雷^{1,2}, 任祥放¹

(1. 江南大学 纺织服装学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 江苏省非物质文化遗产研究基地, 江苏 无锡 214122)

摘要:根据儿童身心的特殊性及人机交互理念,对儿童智能安全服装的研发模式进行探讨,提出一个切实可行的研究模型。根据消费者对童装的多维度需求,结合智能元件的性能,探讨智能可穿戴装备与儿童安全服装的结合方式,提出兼顾功能及美感的设计流程架构;通过对智能服装与移动终端连接技术的分析,提出从单一式交互到多设备共联的思想,建立基于能源优化配置和高效率信息传输的多交互式智能可穿戴设备研发流程。

关键词: 儿童安全; 智能服装; 多维度需求分析; 智能交互

中图分类号: TS 941 文献标志码: A 文章编号: 2096-1928(2016)05-0470-07

Study on Research Mode of Intelligent Safety Clothes System for Children

XUE Zhebin^{1,2}, SHEN Lei^{1,2}, REN Xiangfang¹

(1. School of Textile and Clothing, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Jiangsu Non-Material Culture Heritage Laboratory, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Based on the distinct features of children's physical and psychological needs, and the principles of human-machine interaction, the current study is aimed to propose a scientific and systematic model for the design of intelligent and interactive wearable device for children. The current study collected and analyzed consumers' multi-dimensional needs towards children's intelligent wearable devices. The interactive methods as well as their different features have been studied between intelligent wearable devices and human body. Based on our various physical and psychological needs for children's safety clothes, and the different features of various intelligent components, the method that can well integrate each intelligent wearable device and children's safety clothes has been studied. A set of design principles have been proposed to meet consumers' need on the realization of good function, comfort and aesthetic satisfaction during the production of children's safety clothes. On this basis, a so-called multi-interactive communication method has been proposed to communicate the information between intelligent wearable devices and mobile terminals. The development of this method can lead to the best use of the available intelligent resource and the high efficiency of information communication during the work of an intelligent safety clothes. It is hopeful that our study can provide the researchers who work in the relevant domain with a set of highly practicable guiding rules, and have positive impact on structural improvement of the nation's huge market of children's wear.

Key words: children's safety, smart clothing, multi-dimensional need analysis, intelligent interaction

近年来,工业设计领域出现了智能可穿戴设备热潮。智能可穿戴设备^[1]是应用穿戴式技术对人

们日常穿着、携带的产品进行智能化设计,开发出可穿戴设备的总称,如时下流行的各种带有智能概

收稿日期: 2016-07-25; 修订日期: 2016-09-26。

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(61503154); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(JUSRP11503); 常州市智能化安全服装工程技术研究中心项目(CM20159009)。

作者简介: 薛哲彬(1984—),女,副教授,博士。主要研究方向为智能服装设计及其纺织品感官分析。

Email: zhebin.xue@hotmail.com

念和功能的眼镜、手套、手表、服饰等。借助于各种智能设备,消费者在生活、工作中获得了前所未有的便利。然而,任何一种智能可穿戴设备都不可能是全能的。目前,科研人员主要是针对特定人群,开发能解决特定问题的产品。儿童安全一直是全社会关注的热点,但是儿童的生理弱势决定了任何传统的针对成熟肢体的安全设备都很难适应儿童需求。如何一方面为儿童提供适当的监护,另一方面不影响儿童健康成长和日常生活所必需的舒适性是儿童安全服装设计的重要课题。而智能可穿戴设备研发的热潮为儿童安全服装的设计提供了更广阔的空间。

文中通过对人机交互式可穿戴装备的多维度需求、智能可穿戴装备与儿童服装结合方式以及智能可穿戴装备与移动终端的多交互式三方面的研究成果进行分析归纳,试图提出智能可穿戴装备与儿童安全服装结合的系统研发模式,希望为互联网时代的儿童安全服装设计与生产提供切实有效的理论指导。

1 智能可穿戴研究关键技术与发展现状

智能可穿戴研究的发展与纤维、材料学的进步密不可分。近年来,各种由新型纤维经过特殊织造技术研制成的智能纺织材料(Smart textile)成为智能可穿戴领域(尤其是智能服装领域)的主力军^[2]。Mondal S^[3]利用相变材料和微胶囊技术生产智能纺织品,使其具有储热调节性能,可以大大提高穿着舒适性。Coyle S 等^[4]研发的智能 Nano-textiles 扩展了环境与服装、织物的功能性和潜力。通过纳米纤维研制的智能纺织品具有自动清洗、传感、驱动和交流功能,佩戴者和周围环境可以无害的方式进行沟通;同时系统还能不断更新个人健康状况或抵御环境危害。Shim B S 等^[5]通过用聚电解质包覆碳纳米管制成人类生物监测智能电子纱线耐磨面料。这种材料与智能可穿戴设备的结合可用于血原蛋白的监测和远程信息的传输。Lymberis A 等^[6]发现了智能织物和交互式纺织品的纤维状结构,用于感知、驱动、发电、储能及交互。Radetic M^[7]提出银纳米颗粒与纺织纤维混纺为纺织品,电流可通过设置的具体纤维线路与可穿戴设备连接。Park S 等^[8]提出基于智能纺织品设计的可穿戴式生物医学系统,通过增强实时生物医学监测效果,提高个人的生活质量。

除了将导电元件与纤维结合并织造成智能纺

织材料,还有一种更为典型的智能纺织品技术是将成形的服装作为载体与智能模块有机结合,配合特定通信技术,建立人体与外界的信息互通,从而实现相应的人体辅助功能^[9]。此类研究主要涉及的是智能服装技术。一个完整的智能服装系统通常包括 3 个组成部分,智能模块(包括智能(传感)元件、信号传输系统、能源模块等)、功能载体(服装)、信息处理模块^[10]。智能模块可用于获取人体数据,同时也可将外部的信号传递给人体,实现人体与外部环境的双向反馈,是智能服装执行其特定功能的关键模块;服装是智能可穿戴技术的载体,因其与人体密不可分的关系,智能服装在人机互动性(Human-machine interaction)上有着其他智能产品无法比拟的优势;信息处理终端是智能服装的大脑,承担着对智能原件传输数据进行收集、分析、决策的任务。

近年来,智能服装技术发展十分迅速。Park S 等^[11]提出将微型监控设备和传感器植入普通衬衫,使远程医疗监控成为可能;Mäntyjärvi J 等^[12]探讨了系统研究智能服装和可穿戴设备的方法;Radetic M^[13]提出可穿戴式天线的设计,为穿着者提供全方位的监测和通信。D-Shirt 运动服^[14]是法国 Cityzen Sciences 公司研发的高科技运动服装,其面料嵌入的传感器与蓝牙收发器相连,可跟踪用户活动,并将收集的数据传输到智能手机中。收发器取出后,可洗涤、熨烫,运动服质量和普通 T 恤并无区别。不少公司推出老年智能服装,将智能手机、传感器、定位元件等结合起来,通过无线通信手段(如蓝牙等)存储并处理信息,为老年人提供实时安全保护^[15]。Li Hongqiang 等^[16]研究一种新型智能服装的可穿戴式传感器,用于人体温度测量;英特尔公司联手服装设计师 Chromat 推出可根据用户的提问、肾上腺素或压力水平变形的所谓“响应式服装”^[17];丹麦设计公司 Ohmatex 设计出一种智能袜子,能够检测腿脚水肿,提前预测心脏衰竭和癫痫先兆^[18]。

儿童因其身心特殊性,属于相对弱势群体,是智能可穿戴设备的重要服务对象。目前市场上可见的针对儿童的智能装备主要是从安全监护的角度出发,如带有定位功能(即防走失功能)的智能书包、鞋、脚环、手表、电话,尿湿感应短裤,婴幼儿生命体征监护内衣、睡衣等^[19]。另有一些智能可穿戴设备侧重于关注儿童的心理成长,如会讲故事的 T 恤、会发光的裙子、会唱歌的睡衣等^[20]。各类儿童可穿戴产品的相继问世体现了整个社会对儿童身

心健康的关怀与重视。然而,目前出现在市场上的儿童可穿戴产品大多功能单一,质量参差不齐^[21];其他稍有前瞻性的产品也因为技术尚不成熟,或不甚适应儿童的实际需求而无法体现其应有的价值。除此之外,智能配饰的市场占有量远超过智能服装。这也从某种程度上揭示了当今智能可穿戴产品的技术瓶颈。因为,相比智能配饰(如手表,鞋袜,配饰等),智能服装在开发过程中还需要考虑技术与服装的相容性,需要在满足特定功能的前提下,保证服装的基本服用性能(这一点很难实现),这对于儿童智能服装而言尤为重要。由于婴幼儿身心发展尚不成熟,相对于成年人,他们对服装的舒适度及安全性要求更高,这无疑增加了智能服装开发的难度。至今,儿童智能安全领域尚未出现一套系统的、具有较高可行性的研发模式(或思路)为智能可穿戴技术与儿童服装安全性研究的良好结合提供指导。

2 基于儿童安全的智能服装研发模式

在广泛的市场调查以及对以往及现有相关研究深入剖析的基础上,文中提出了儿童智能安全服装研发所涉及的3个主要方面,即儿童智能安全服装的需求,智能可穿戴元件与儿童服装结合方式及智能儿童安全服装信息交互方式。

2.1 儿童智能安全服装的需求

智能服装的研发属于典型的人因产品设计(Human-centered Product Design)^[22-23]。其研发过程中很重要的一个环节是对产品使用者(即智能服装穿用者)的多维度需求(Multi-dimensional need)即人的因素(Human factor)进行深入调查与分析。只有准确把握使用者的需求,才能设计开发出令人满意的产品。儿童智能安全服装的研发需要考虑到穿用者(儿童本身)、其监护人(家长)以及社会对产品 in 服用性、功能性、安全性、美观度,以及社会接受度等多方面的需求。

具体地,智能服装作为一类特殊的功能性服装,首先需要满足设计者对其预设各项功能的要求,同时保证智能元件安装的稳定性、交互的便捷性、信息传达的有效性、数据采集的准确性、能耗的持久性等。其次,由于智能服装与人体结合的紧密度,智能服装的设计还需要满足其作为服装本身所应具备的各项基本特性,如舒适性、美观性、安全性、耐用性(如洗可穿性)^[24],有时甚至还需考虑智能穿戴及其使用行为的社会接受度等。

儿童智能可穿戴产品的研发往往从安全监护的角度出发。所谓安全监护不仅涵盖生命安全的监护,还包括对儿童心理健康成长的关注。前者包括各种有助于防止儿童走失、受伤及得病的智能可穿戴产品,而后者则包括各种给儿童带来心理抚慰及智趣引导的产品等。因此,基于儿童身心的特殊性,儿童智能服装的研发在满足其功能性、服用性等要求以外,还需考虑信息互动的可视化程度,电子元件的安全等级(比成人要求更高)等一系列特殊要求。

就研究方法而言,需求研究分需求的获取和需求的分析两个方面。获取需求的方法除了文献学习(literature study)以外,最常用的是一些心理学的研究方法,如调查问卷,个人访谈,专家讨论等。在此基础上,需求分析是对所获得的定性的(Qualitative)或者定量的(Quantitative)需求数据通过分析总结或者数据挖掘的方法进行研究,最终提炼出对后续工作具有指导意义的一系列研究依据^[25-26]。

2.2 智能可穿戴元件与儿童服装结合方式

智能可穿戴设备按佩戴方式,主要可以分为头戴式、腕带式、携带式和身穿式4类^[27]。无论是哪种设备,研究目标都是在满足元件预设功能的前提下,根据儿童生理、心理及生活情境的特殊性,提高产品的便携性、可穿戴性(某种程度上,即舒适性)以及服用性能。

智能服装属于上述智能可穿戴设备的第4类,也是相比之下实现难度更高的一类智能可穿戴设备。目前,大多数智能服装是以传感器为基础元件。随着传感器集成性、功能性和智能化的提升,可穿戴元件的位置已不仅仅局限在人身体的某个部位,而正在向全身布局,使其除了信息交互和通信外,更具备了医疗意义,甚至具备了对外部环境、建筑等数据的收集、监控和传输功能^[28]。

如何将智能可穿戴元件与服装合理结合,从而在发挥特定功能的同时令穿着者感到身心舒适,是智能服装研发的关键和难点所在。文中提出了如图1所示的研究思路。简单地讲,智能儿童安全服装研究的出发点是满足儿童在特定安全情境下对服装的多维度需求。经过分析总结,除去元件本身的功能性,本研究提出了智能元件与儿童安全服装相容性的6个指标,即外观接受度、生理贴合度、生理有害度、穿着舒适度、对活动的妨碍度以及对元件的安全性及可靠度的考虑。于是,智能儿童安全服研发的关键即是在全面考虑这6个技术指标的基础上,根据所需实现的功能即研发构想选择合适

的智能可穿戴元件(功能类型、性能参数、形状、大小等),必要时对元件进行合理改造,而后探索其与儿童服装的具体结合部位和结合形式。

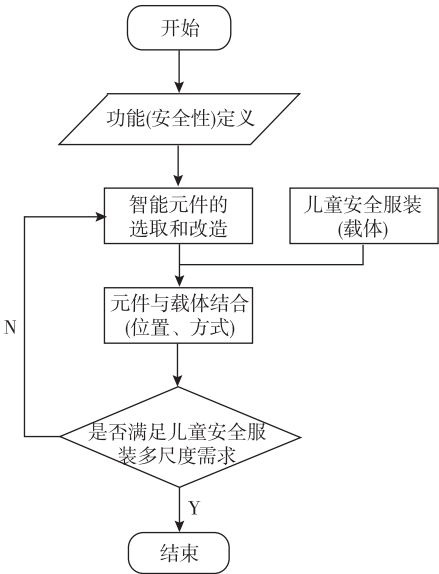


图 1 智能元件与儿童安全服装结合方式的基本流程

Fig.1 Basic process of the research on the combination of smart devices and children’s safety clothing

智能服装系统以服装为载体,以智能可穿戴元

件为功能实现模块。为了将功能模块与载体有机结合,研究者需要运用到服饰美学,生理、心理学、人体工学、电子信息学等多学科知识。

关于智能元件与服装结合方式的研究是智能服装设计中心环节,在所提出的整个研发模式中起着承上启下的作用。

2.3 智能儿童安全服装信息交互方式

随着智能手机和平板电脑(PAD)等移动终端的普及,大多数可穿戴式智能设备依托移动终端进行数据的传输和分析,传感器检测节点与移动终端一般是通过短距离无线传输的方式进行数据通信,如低功耗蓝牙(Bluetooth),ZigBee,WiFi等。智能可穿戴设备和移动终端的交互方式通常是单一化的,即仅倾向于建立设备与移动端之间单一的连接,信息共享程度较低(直接导致低下的信息利用率),从而影响智能产品的功能最大化。因此,为了更好地实现智能信息处理效率从而最大程度地为特定人群(设备穿戴者)服务,有必要对信息在智能设备间、智能设备与移动终端间的传输和交互方式进行多样化研究,即对多交互方式(Multi-interaction)的研究。为此,文中提出了如图 2 所示的智能服装研究框架。

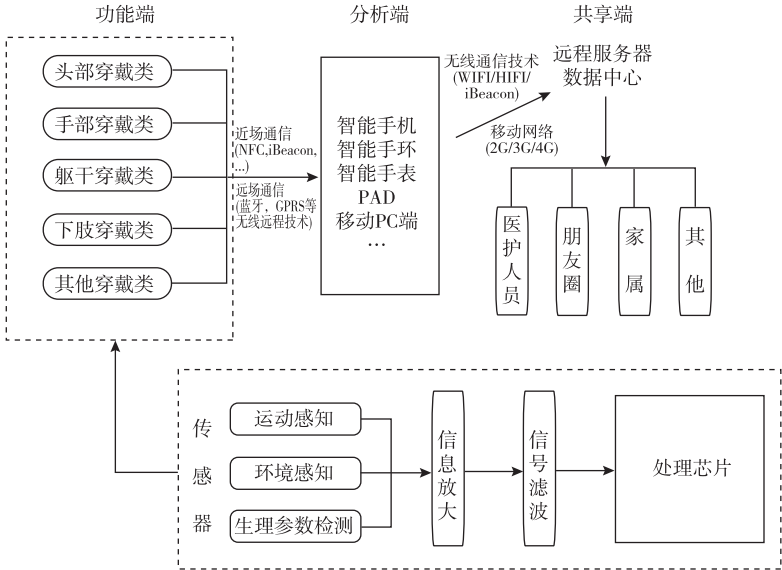


图 2 多交互方式信息共享框架

Fig.2 Framework of multi-interactive information sharing

图 2 中整个框架由 3 部分组成:功能端、分析端及共享端。功能端即智能元件与服装的结合端,是整个智能服装的功能实现单位,负责信息的检测和反馈。其中各类传感器成为功能端的重要组成部分,同时也是整个智能服装系统的核心元件之一。分析端即信息终端,是对智能元件传输数据信息进行读取及分析的单位。如果把智能服装系统视为

人的神经系统,功能端是感受器官(传感器即感受器 Receptor),分析端则是神经中枢(大脑)。功能端与分析端的信息互通通过各种有线、无线通信技术,如目前常用的近场(NFC、iBeacon 技术等)、远场通信方式(蓝牙、FM 技术等)实现。信息从智能元件(传感器等)经过通信网络传输到分析端,如同感觉信息从感受器通过感觉通路(Sensory pathway)传

人大脑一般。市场上常见的信息终端有手机、手表、手环、移动 PC 端、平板电脑等。目前,大部分智能可穿戴设备都是由功能端和分析端组成。

在此基础上,文中提出智能服装系统的第 3 个重要模块,即共享端。通常,一对一(即一个功能端、一个分析端)的信息交互模式导致信息利用率较低。共享端可以是远程的服务器,也可以是虚拟的数据中心。共享端的作用包括两个方面;①通过通信手段使多个数据终端互联形成多交互式网络,最大程度地实现信息互通,提高信息利用率。具体地,移动终端通过内部决策模块(如智能手机内安装的具有各类功能的 App 应用)的作用,对信息作出适当的决策和反馈。反馈信息会通过预先设定的模式在在无线网络中分享到预先关联的网络社区上,即不同类型的移动终端,或为多设备共联,实现信息共享。通过共享端,智能设备所获取的信息将可以轻松分享给朋友,家人,医疗机构等。信息共享的意义不仅在于提高信息的利用率,还意味着智能服装的可控性和安全性也随之提高。②共享端的存在还意味着智能服装的分析端得以扩展。共享网络不仅可以把分析端的信息分享给不同的用户,还可以将不同的智能系统互联,实现智能服装功能的最大化。不同分析端的数据通过交互技术汇总在远程数据中心形成海量数据库。根据统计学原理,一定程度下,样本容量越大,分析结果的准确度(Accuracy)和可靠性(Reliability)越高。扩展后的分析端能够更大程度提高智能服装系统的决策精准性(Decision precision)。在如今的大数据时代,云计算等海量数据存储及分析技术是建立智能服装系统共享端的理想手段^[29-30]。

以上框架适用于不同类型的智能服装、智能可穿戴设备的研发。基于着装者的身心特殊性,研发者在智能交互方式的设计中还应考虑以下几个方面因素:①限于儿童较差的情境判断能力及感知表达能力,儿童智能服装应该加强辅助决策、实时监控、自动反应等功能的设计。②智能服装通常配备各类电子元件,在运作过程中极易产生声、光、电污染,从而对人体产生伤害。儿童身心娇弱,尤其易受侵害。因此,儿童智能服装的研发应该对元件的安全性提出更高的要求,尤其在信息交互方式的设计中,应考虑使用低功耗、低辐射的元件。③针对儿童的心理需求,智能服装在人“衣”交互方式和交互界面的设计中应该尽量遵循简便、美观、童趣等原则。

2.4 智能儿童安全服装研发模式的构建

文中提出如图 3 所示的儿童智能安全服装研发

模式。

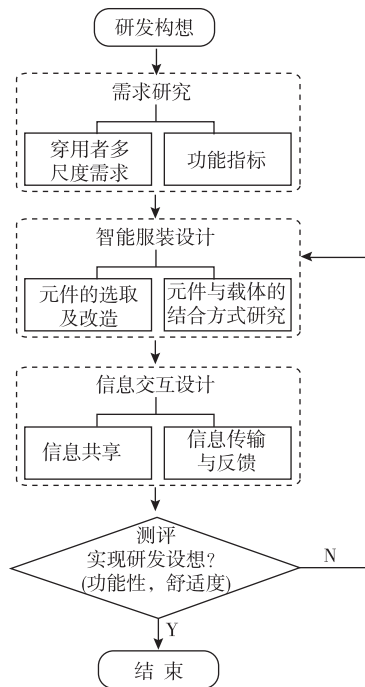


图 3 基于儿童安全的智能服装研发模式的模型

Fig. 3 Research model of intelligent safety clothing for children

图 3 模式遵循了“需求决定设计”(Needs determine design)的基本原则。首先,根据智能童装的功能需求,综合考虑儿童穿用智能安全服装的多维度需求,即需求研究。在需求分析的基础上,制定儿童智能安全服装研发的技术(设计)指标,探讨智能元件与童装的结合方式,即确定两者结合的形式、位置等具体设计参数。将功能性、设计美感以及舒适性有机融合,设计研发符合儿童身心特殊性及其服用需求的智能服装。研究模式的第 3 部分涉及交互方式研究。童装的智能元件通过各类通信技术(近场或远距离传输技术)与智能服装系统的分析端互联实现信息交互,完成预设功能;同时为智能服装系统设置共享端,将分析端数据通过通信网络分享到更广泛社区(Community),实现不同信息终端共联,提高信息的利用率,增加智能服装系统的可控性和安全性,还将实现不同智能服装系统的共联。海量信息中心的建立配合大数据分析手段,将大大提高智能服装系统的决策效力和功能性。

整个研发模式的最后一个环节至关重要,即对研发所得的儿童智能安全服装进行效能评测,验证其是否满足了研发初期制定的各项指标及构想。测评环节包含两部分内容:①服装的功能性测评。研究者需要从客观、机械的角度,对产品的功能性

指标进行测试评价,即测试方法由智能服装系统各功能模块的性质和功能决定。如果智能系统的预设功能是对着装者进行生命体征检测,那么此测评环节需要在真人(或模拟真人)着装的条件下,对各传感器(如温度、心跳、血压传感器等)的工作状态,分析端数据的精度,信息反馈系统的效率和准确度等进行评测。②舒适性测评。智能服装系统是以服饰为基本载体,故需要满足穿用者对其身心舒适性方面的各项要求。感官评估研究(Sensory evaluation)是舒适性测评常用的方法^[31-32]。感官实验参与者通常包括纺织品(服装)设计、生产领域的专家以及普通穿着者。前者从专业的角度(如生理学、心理学及人体工程学等)对服装设计及其制作的合理性进行评价;后者从自身需求的角度对服装的美感及舒适度进行评价。文中研究对象为儿童,通常不具备成熟的感知表达能力,故需要设计一套适用于儿童的感官实验方法,同时根据儿童的身心特殊性,还需采取儿童感知与家长干预相结合的方式获取着装者对服装的美感及舒适度的感知评价。

如果产品满足研发构想,则研发终结;如果产品未通过测评,则研究者须分析问题存在的具体环节及原因,并对出现问题的具体技术指标进行再设计,直至指标符合要求为止。

3 结 语

基于对智能可穿戴设备的发展现状和趋势的把握,文中提出了儿童智能安全服装研发的一般模式。整个模式遵循“需求决定设计”的基本理念。

1)将智能服装穿用者(在此为儿童)的需求作为研发的动力。把握儿童着装者的多维度需求,并将其转化为关键技术参数。

2)对智能服装进行设计。根据功能指标对智能元件进行选取和合理改造,探寻元件与载体(即安全服装)的结合方式,令产品兼备“功能性、美感、舒适性”。

3)对智能服装系统的信息交互模式进行设计。包括功能端(智能服装)与分析端的一对一的信息交互设计(信息传输与分析反馈),多设备共联设计实现智能服装系统的多交互式控制,在提高信息的可控性、安全性以及利用率的基础上,通过海量数据存储与运算技术改善智能服装系统的决策精度及效率。

4)对所研发获得的智能服装进行功能性和舒适度两方面的验证。

参考文献:

- [1] 李扬. 新一代智能终端——可穿戴设备[J]. 高科技与产业化, 2013, 9(10): 82-85.
LI Yang. New generation of intelligent terminals——wearable devices[J]. China Academic Journal, 2013, 9(10): 82-85. (in Chinese)
- [2] ZHANG T. Applied research of intelligent textile fiber materials[J]. Advanced Materials Research, 2013 (706-708): 11-14.
- [3] Mondal S. Phase change materials for smart textiles-an overview[J]. Applied Thermal Engineering, 2008, 28(11): 1536-1550.
- [4] Coyle S, WU Y, Lau K T. Smart nanotextiles: a review of materials and applications[J]. Mrs Bulletin, 2007, 32(5): 434-442.
- [5] Shim B S, CHEN W, Doty C. Smart electronic yarns and wearable fabrics for human biomonitoring made by carbon nanotube coating with polyelectrolytes[J]. Nano letters, 2008, 8(12): 4151-4157.
- [6] Lymberis A, Paradiso R. Smart fabrics and interactive textile enabling wearable personal applications: R&D state of the art and future challenges[C]//30th Annual International Conference of the IEEE, Engineering in Medicine and Biology Society. Vancouver, BC: IEEE, 2008: 5270-5273.
- [7] Radetic M. Functionalization of textile materials with silver nanoparticles[J]. Journal of Materials Science, 2013, 48(1): 95-107.
- [8] Park S, Jayaraman S. Smart textile-based wearable biomedical systems: a transition plan for research to reality[J]. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 2010, 14(1): 86-92.
- [9] 韩芳, 李英琳. 可穿戴技术与智能服装[J]. 化纤与纺织技术, 2015, 44(4): 43-45.
HAN Fang, LI Yinglin. Wearable technology and smart clothing[J]. Chemical Fiber and Textile Technology, 2015, 44(4): 43-45.
- [10] Cho G. Smart clothing: technology and applications[J]. Behaviour and Information Technology, 2009, 30(2): 287-288.
- [11] Park S, Jayaraman S. Enhancing the quality of life through wearable technology[J]. Engineering in Medicine and Biology Magazine, 2003, 22(3): 41-48.
- [12] Mäntyjärvi J, Hoisko J, Kaario J. System and method for smart clothing and wearable electronic devices: US 6801140[P]. 2004-10-05.
- [13] Radetic M. Functionalization of textile materials with silver nanoparticles[J]. Journal of Materials Science, 2013, 48(1): 95-107.
- [14] 王少然, 刘成. 现在和未来: 智能可穿戴设备[J]. 轻兵

- 器,2015(5):10-13.
- WANG Shaoran, LIU Cheng. Now and future: intelligent wearable devices [J]. *Light Weapons*, 2015 (5): 10-13. (in Chinese)
- [15] 田苗,李俊. 智能服装的设计模式与发展趋势[J]. *纺织学报*, 2014, 35(2): 109-115.
- TIAN Miao, LI Jun. Design mode and development tendency of smart clothing [J]. *Journal of Textile Research*, 2014, 35(2): 109-115. (in Chinese)
- [16] LI Hongqiang, YANG Haijing, LI Enhang, et al. Wearable sensors in intelligent clothing for measuring human body temperature based on optical fiber Bragg grating [J]. *Optics Express*, 2012, 20(11): 11740-11752.
- [17] 佚名. 搭载英特尔 Curie 穿戴模块的智能变形服装 [J]. *中国制衣*, 2015(10): 53-54.
- Anon. Intelligent deformed clothing equipped with intel curie wearing block [J]. *China Apparel*, 2015 (10): 53-54. (in Chinese)
- [18] 吴茂林. 2016 年智能可穿戴式设备的那些事儿 [J]. *通信世界*, 2016(1): 60-61.
- WU Maolin. 2016 those things about intelligent wearable devices [J]. *Communications World*, 2016(1): 60-61. (in Chinese)
- [19] 姚姮. 可穿戴儿童安全产品的设计研究 [D]. 上海: 华东理工大学, 2015.
- [20] 洪文进. 面向智能化的儿童近场定位安全服装研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2014.
- [21] 林晔琳. 儿童可穿戴设备之设计研究 [J]. *美术大观*, 2015(6): 113.
- LIN Hualin. Research on design of children's wearable devices [J]. *Art Panorama*, 2015(6): 113. (in Chinese)
- [22] Goodwin K. Designing for the digital age: how to create human-centered products and services [J]. *Technical Communication*, 2009, 57(1): 112-113.
- [23] Rouse W B. Design for success: a human-centered approach to designing successful products and systems [M]. New York: Wiley Interscience, 1991.
- [24] 沈雷, 胡莹. 童装安全标准及检测项目分析 [J]. *上海纺织科技*, 2011, 9(39): 58-60.
- SHEN Lei, HU Ying. Childrenwear's safety standards and its inspection item analysis [J]. *Shanghai Textile Science and Technology*, 2011, 9(39): 58-60. (in Chinese)
- [25] Ritchie J, Spencer L, O'Connor W. Carrying out qualitative analysis [C]//Ritchie J, Leueis J. *Qualitative Research Practice: a Guide for Social Science Students and Researchers*. London: SAGE Publicatuon, 2003: 219-262.
- [26] Stone H, Sidel J, Oliver S, et al. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis [C]//Gacula M C. *Descriptive Sensery Analysis in Practice*. New York: John Wiley and Sons, 2008: 23-34.
- [27] Mann S. Smart clothing: the shift to wearable computing [J]. *Communications of the ACM*, 1996, 39(8): 23-24.
- [28] 张鹏翼. 能源与功能实现——论可穿戴设备核心设计原理 [J]. *电子世界*, 2014(5): 196-196.
- ZHANG Pengyi. Realization of energy and function——essential design principles of wearable devices [J]. *Electronics World*, 2014 (5): 196-196. (in Chinese)
- [29] Doukas C, Maglogiannis I. Managing wearable sensor data through cloud computing [C]//2011 IEEE Third International Conference on Cloud Computing Technology and Science. Athens, Greece: IEEE, 2011: 440-445.
- [30] Hiremath S, YANG G, Mankodiya K. Wearable internet of things: concept, architectural components and promises for person-centered healthcare [C]//2014 Eusopean Auiance for Innovation 4th International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare. Athens, Greece: IEEE, 2014: 304-307.
- [31] Meilgaard M C, Carr B T, Civile G V. Sensory evaluation techniques [M]. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006.
- [32] Stone H, Bleibaum R, Thomas H A. Sensory evaluation practices [M]. London, UK: Academic Press, 2012.

(责任编辑: 邢宝妹)