

基于生理监测的可穿戴智能服装应用与展望

于静静^{1,2}, 邓咏梅^{1,2,*}

(1. 西安工程大学 服装与艺术设计学院, 陕西 西安 710048;

2. 绍兴市柯桥区西纺纺织产业创新研究院, 浙江 绍兴 312000)

摘要: 可穿戴设备的发展推动了智能服装的进步, 并成为近年来的研究热点。首先概述了穿戴式生理监测设备特点和监测系统构成; 然后着重阐述了可穿戴生理监测服装在医疗监护、运动、军事及特殊环境作业等方面应用情况, 并对可穿戴智能监测服装的设计要点做了归纳; 最后对可穿戴智能服装发展趋势进行展望, 指出未来可穿戴智能服装将更加人性化、功能化和智能化。

关键词: 可穿戴设备; 人体生理信号; 健康监测; 传感器

中图分类号: TS941.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-0356(2021)02-0006-04

随着时代发展和生活质量的提高, 人们着装观念发生了很大变化, 对服装提出了新的要求, 更加追求服装的品质化、个性化。另外, 健康问题也受到了人们极大重视。传感技术、通信技术等技术发展推动了可穿戴智能产品的发展。人体生理信号(体温、心率、呼吸等)监测对人体疾病的预防、分析、诊断和人们日常的健康状况查看有重要意义和价值。

可穿戴生理监测系统采用生物传感器获取人体运动与生理参数, 对穿戴者或远程监控者提供实时生理信息反馈。文中主要综述了可穿戴人体生理监测服装在医疗监护、运动健身、军事及特殊环境作业等方面的应用; 另外, 对穿戴式监测服装的设计要素做了归纳; 最后, 通过目前穿戴式智能服装的研发和应用情况, 对其未来发展趋势进行了展望。

1 穿戴式生理监测

1.1 穿戴式设备特点

可穿戴智能生理监测服装是微电子技术与服装结合的产物^[1]。穿戴式生理监测设备主要涉及到传感技术、无线通信技术和信号处理技术等^[2]。它具有低负荷、操作简便、可移动、持续监测、无线传输和异常生理状况报警等特点^[3]。目前, 穿戴式生理监测设备能够监测人体心电、心率、血压、体温、呼吸频率、血糖等指标, 提供全天实时的健康状态监测^[4]。

1.2 监测系统组成

监测系统主要由生理信息采集模块、无线通信模块和数据处理模块组成。生理信息采集模块用于获取用户的心电、呼吸、体温等生理信息; 无线通信模块将数据传递至远方终端; 数据处理模块对数据进行分析、显示、存储等, 并在出现异常情况时给予警示。

2 可穿戴生理监测服装的应用领域

根据不同群体以及作业需要, 研发出了一系列可穿戴智能产品。可穿戴设备与服装集成为人类提供了很大便捷。目前, 可穿戴生理信息监测服装应用领域较为广泛, 涉及到医疗保健、运动、军事及特殊环境作业等方面。

2.1 医疗监护

医疗监护类服装已成为当前可穿戴智能服装的主要产品。此类服装主要为老年人、儿童、患者等人群提供监测^[5]。监测系统主要通过电子设备获取到生理信息, 然后向智能终端发送并显示数据, 让穿着者本人或其家人实时监测到生理健康状况, 预防或及早发现疾病, 如遇到突发性疾病, 系统可以向患者的家属发出报警。因此, 智能穿戴式监护服的研发对于医疗诊断和健康状况评估有重要作用^[6]。例如, 乳房健康实时监测^[7], 老年人心率、呼吸监测^[8], 用于预防肌肉骨骼疾病的智能背心^[9], 监测心率、体温等指标的智能 T 恤, 能够追踪孕妇生命特征的智能孕妇装等。

心率、呼吸是人体健康监测中的重要数据。张海军基于老年人社会关怀及健康需求, 将手持式心电监测仪、导联线等装置相互串联, 与老年服装结合, 实现

收稿日期: 2020-10-22

基金项目: 西安工程大学(柯桥)研究生创新学院 2019 年度项目(19KQYB01)

作者简介: 于静静(1993-), 女, 硕士, 研究方向: 服装舒适性与功能性研究。

* 通信作者: 邓咏梅(1969-), 女, 教授, E-mail: dengym@xpu.edu.cn。

老年人人体实时监测^[10]。Keri J. Heilman 等^[11]研发了“LifeShirt”穿戴式生理参数监护系统。在疾病监护方面,於凌^[12],田金枝^[13]分别针对高血压患者和糖尿病患者进行智能监测服装设计,实现对患者的实时监控。文献^[14]设计了一款血压、脉搏、体温等生理指标实时人体健康监测服装。针对癫痫病患者,法国医疗科技公司 Bioserenity 公司推出了智能服装 Neuro-naute。通过蓝牙无线传输可实现远程诊断和治疗,降低死亡风险。英特尔发布了一款可以监测用户的心率、心电图等指标的 T 恤。其可以通过向医生提供数据,获取个人健康状况。美国 VivoMetrics 公司研发的智能化 GPS“生命衬衫”,可以测量患者 30 多项的生理指标。针对儿童这一特殊群体,实现儿童体温监测尤为重要。为此,研究人员进行了婴幼儿可穿戴体温监测智能服装研发。一旦出现发热症状,不仅能够得到及时治疗,而且还可以减轻监护人的劳动强度。另外,吴梦针对 3~6 岁儿童制作一款智能儿童泳衣,实时获取儿童在泳池中的呼吸状态^[15]。

2.2 运动健身

可穿戴运动类监测服主要监测心率、呼吸频率、运动量等参数,帮助运动者获得更好的锻炼。服装内嵌入多个传感器,运动者在穿着后能够实时了解到自己的生理数据,针对监测到的信息适时地作出训练调整^[16],改变运动强度。穿戴式监测服装在运动健康方面应用也较为广泛。如可佩戴 miCoach 心率监测器的运动文胸以及 UA 的 E39 智能紧身衣均可以在运动中进行心率监测。此外,由飞利浦公司生产的智能运动服,能够监测运动员的血压、脉搏及运动量。运动员根据自身状况调整以提高自己的成绩^[17]。图 1 为加拿大的 Athos 智能运动服。通过在关键肌肉部位集成大量 EMG 肌电图传感器,实现心率、肌肉活动以及呼吸频率监测,并且及时向使用者的手机发送有关数据。

来自加拿大的新创公司 OMsignal 推出的智能塑身 T 恤、智能运动内衣,如图 2、图 3 所示。服装内置了多个传感器,可用来测量穿戴者的心率、呼吸频率、呼吸量、行走的步数和动作强度等。这一产品的研发可为穿戴者提供合理的健身指导。Hexoskin 公司推出的智能 T 恤也能够实现类似的功能,如图 4 所示。它帮助穿戴者有效保持体内水份和热量平衡,到了晚上,它还能追踪睡眠和环境,包括睡觉的姿势,以及心跳和呼吸活动。



图 1 Athos 智能运动服



图 2 OMsignal 智能 T 恤



图 3 OMsignal 智能运动内衣



图 4 Hexoskin 智能 T 恤

2.3 军事领域

可穿戴智能服装在军事方面的应用研究较早。在军事领域,穿戴式生理监测服装成为提升单兵作战力的重要武器,有助于提高军事能力^[18]。该监测服装主要通过多种电子传感器来获取士兵生理信息,持续监测单兵生命体征指标。其相关的数据会依据传输技术

实时传输至后台处理,对士兵生理状况及时作出反馈。单兵生命体征监测系统如图5所示,在救治伤员和士兵战斗力评估中起到关键作用。例如,Georgia理工学院研制出一款可监测士兵生命信息的T恤,该智能T恤能监测士兵的心电、心跳、呼吸、体温等指标。指挥者可以在战场中实时掌握士兵的生理信息,实现数字化管理。为了便于部队日常训练管理,研究人员实现了智能化士兵管理展示系统,通过佩戴于士兵身上的系统采集装置来获取士兵平时的睡眠、运动和心率等活动数据。平台分析士兵的睡眠质量、运动数据等进而提供相应的评估建议,实现部队管理人员实时联网查看信息。



图5 单兵生命体征监测系统

2.4 特殊作业环境

特殊环境作业者常常处于高风险环境中,需要及时掌握其健康安全并做好相关的防护。因此,能够实时监测和分析他们的生理健康状况尤为重要。为此,研究人员针对特殊作业环境下作业者的需求,研发了智能穿戴服装。利用服装这一载体,嵌入一个或多个传感器模块,将温度、湿度、心率等生理数据通过无线传输方式发送到智能终端设备,实时监测并分析作业者的生理健康状况,出现异常状况时给予提示功能。文献[19—20]针对消防员的作业环境设计出智能可穿戴系统,实现消防员的体温等生理数据评估。其中,卜宇提出了一种穿戴式智能消防服。该系统在获取到心率、温度等传感器信息后,将评估消防员的生理状态并在情况异常时进行报警,系统又通过无线网络将信息发送到现场指挥车。

季婷婷基于夏季建筑工人的工作环境,设计了一款智能劳保服^[21]。它能够实时监测人体温湿度以及心率数据,并在出现异常情况时发出警报。对掌握建

筑工人的健康安全起到至关重要的作用。此外,还有针对电力施工作业的智能工作服,保障潜水人员安全的潜水智能服装,可实现环境情况和个人生理情况综合评估。由Carre Technologies公司研发的智能T恤Astroskin^[22],可以追踪宇航员从陆地到太空的生命体征,进行穿着者体温、血压、呼吸和心跳频率等信息监测,增加宇航员太空飞行的安全性。

3 可穿戴智能监测服装的设计要点

同普通服装相比,可穿戴智能生理监测服装需将多个电子元件装置附着或嵌入到服装中。因此,在服装设计过程中应综合考虑,使其具备某些功能的同时还应该满足服装舒适性的基本要求。针对此类服装的设计,归纳出以下三点。

3.1 功能性

针对产品设计而言,从用户的角度和使用功能出发,达到满足用户的实际需要的目的。可穿戴服装的设计亦是如此。然而,目前穿戴式智能服装发展尚处在初级阶段,产品还不够成熟。在实际的穿戴式智能服装研发中,存在着过于追求功能技术的创新,使得用户穿着体验效果较差的情况,不符合实际需求^[23]。因此,设计时应结合消费者的使用实际,充分考虑个人需求、社会活动以及应用场景。例如,Rantanen等^[24]从用户需求出发,设计了一款极地生存智能服装,如图6所示。在满足极地严寒条件下,实现用户健康状况等信息监测,为用户提供通讯、定位和导航功能,在异常情况下发出紧急消息,以防止事故发生并帮助他们在事故发生时幸存下来。

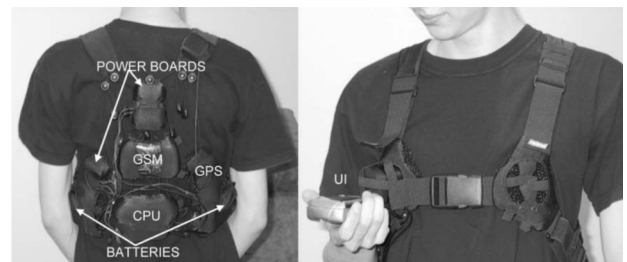


图6 极地生存智能服装

3.2 舒适性

服装上集成了多个电子元件,如何将元件与服装之间牢固结合是强调服装穿着舒适性的基础。在服装上,根据获取生理数据的不同,传感器选择放置的部位不同,或背部或胸部等。应考虑服装基本的穿着舒适性,保证在穿着后对使用者基本活动不造成影响,对自

身或他人身心不造成伤害^[25]。

3.3 美观性

以服装为载体的穿戴式监测服装设计还应考虑服装整体美观性和艺术性,给予着装者美的体验与享受,将可穿戴设备与服装完美结合。考虑到用户的使用心理和服装美观性,一般将无线电子或监测器件隐藏或融入服装,保证元件的隐匿性^[26]。研究人员将电子模块置于服装的口袋、领口等部位。这样不仅起到很好的隐蔽效果,而且便于安装或拆卸。

4 发展趋势

随着国内外智能可穿戴产品市场成为热点,可穿戴智能服装的研发也得到了广泛关注。然而,目前其发展还不够成熟与完善。随着各学科技术发展,未来穿戴式智能服装将更加人性化、功能化和智能化。

4.1 系统高度集成化

电子元件的微型化与性能优化将使得可穿戴智能服装质量得到很大提升,进而更好地发挥其功能。就整个系统运行的能量供应来看,现有锂离子电池质量重且体积大,其置于可穿戴服装中对使用者着装舒适性及日常运动有影响。未来将会有能量密度更高,使用寿命更长的电池代替锂离子电池,电池质量和体积都会大大减小。

4.2 高精度

目前主要采用传感器进行人体生理数据获取。通过传感技术的发展,优化电子元件与服装结合方式,将提高用户生理信息监测精确度,从而更好地掌握个人健康状况。

4.3 绿色理念

绿色设计强调对自然资源的合理利用,注重节能环保。在服装设计方面,可从材料、工艺等方面加以处理,达到服装产品的可持续使用,避免对环境造成不利的影 响。可穿戴智能服装设计也应本着绿色环保原则,注重材料的环保性,减少环境污染以及资源浪费。

5 结语

服装正在向功能化、智能化发展。基于可穿戴技术的智能服装应用尚处在初级阶段,还有很多需要改进的地方。未来,可穿戴智能服装将会有巨大的消费市场。服装与电子元件结合方式的优化将会增强用户的体验度。随着技术、工艺、设计等问题的改进,智能

服装将在提高人们的生活质量方面发挥重要作用,对纺织服装业的发展产生深远的影响。

参考文献:

- [1] 吴云,刘茜.可穿戴智能纺织品研究现状及展望[J].棉纺织技术,2018,46(6):79-84.
- [2] 徐令仪,汪长岭,毛靖宁,等.可穿戴技术在生理信号监测中的应用和发展[J].中国医疗设备,2018,33(3):118-120,135.
- [3] 张金榜,吴荣春,何骞,等.可穿戴的生理监测系统设计[J].微型机与应用,2013,32(20):29-31.
- [4] 王美娇,赵迎,孙琪,等.穿戴式生理监测无线传感网络研究进展[J].黑龙江科学,2017,8(4):32-33.
- [5] AJAMI S, TEIMOURI F. Features and application of wearable biosensors in medical care[J]. Journal of Research in Medical Sciences,2015,20(12):1 208-1 215.
- [6] CHEN M, MA Y, SONG J, et al. Smart clothing: Connecting human with clouds and big data for sustainable health monitoring[J]. Mobile Networks and Applications, 2016, 21(5): 825-845.
- [7] 申甜甜.可穿戴乳房健康监测系统的研究与开发[D].西安:西安工程大学,2016.
- [8] 张梦娇,朱达辉.用于改善老年人睡眠质量的智能服装设计研究[J].东华大学学报(社会科学版),2019,19(3):277-281.
- [9] 周艺颖,王晓云,李伟,等.用于健康监测的智能服装[J].上海纺织科技,2019,47(9):1-4,52.
- [10] 张海军,陈宇刚.心电监测老年服装的设计与开发[J].上海纺织科技,2018,46(6):18-21.
- [11] KERI J HEILMAN, STEPHEN W PORGES. Accuracy of the LifeShirt (Vivometrics) in the detection of cardiac rhythms[J]. Biological Psychology,2007,75(3):300-305.
- [12] 於凌,唐颖,李琼.面向高血压患者的智能服装设计[J].上海纺织科技,2015,43(7):6-7.
- [13] 田金枝.基于血糖实时监测的智能服装设计[J].丝绸,2019,56(11):76-82.
- [14] 宋清超,胡立夫,陈振,等.人体健康智能监测服装研究[J].自动化技术与应用,2016,35(7):135-138.
- [15] 吴梦.3-6岁小童泳衣蓝牙呼吸监测报警系统研发[D].西安:西安工程大学,2019.
- [16] 郝静雅,李艳梅.智能服装发展现状及趋势[J].纺织导报,2020,(4):62-65.
- [17] 周密,赵国玉,姚伟静,等.智能服装研究进展[J].纺织科技进展,2017,(3):1-4,9.

(下转第15页)

Design and Production of Hollow Polyester/Viloft Keep-warm Fabric

WANG Shui-jin¹, CAI Yong-dong^{2,*}

(1. Nantong Branch of Shanghai Keken Inspection Service Co., Ltd., Nantong 226009, China;

2. Jiangsu College of Engineering and Technology, Nantong 226006, China)

Abstract: A kind of keep-warm fabric was developed by using hollow polyester/Viloft blended yarn. The characteristics of Viloft fiber, the design of hollow polyester/Viloft blended yarn and product were introduced. The key process technology and technical measures of steaming setting, winding, warping, sizing and weaving were discussed. The technical points of Viloft keep-warm finishing were studied. The products were tested, all performance indexes met the requirements of industry standard.

Key words: hollow polyester; Viloft; blended yarn; wool-like fabric; keep-warm fabric

(上接第9页)

- [18] 张海焯,黎淑婷,韩丽屏,等.智能服装在军事领域的应用及研究进展[J].纺织导报,2020,(2):73-76.
- [19] 卜宇.基于传感器的消防员体征监测系统[J].信息安全与技术,2016,7(2):46-48.
- [20] SALIM F D,PROHASKY D,BELBASIS A, *et al.* Design and evaluation of smart wearable undergarment for monitoring physiological extremes in firefighting[C]// International Symposium on Wearable Computers,2014.
- [21] 季婷婷,丛杉,张永杨.基于健康监测的夏季智能劳保服装设计[J].戏剧之家,2020,(7):209,211.
- [22] SCATAGLINI S, ANDREONI G,GALLANT J.A review of smart clothing in military[C]// Proceedings of the 2015 Workshop on Wearable Systems and Applications (WearSys '15). New York: Association for Computing Machinery, 2015.
- [23] 唐灿.智能服装发展中的问题与对策[J].山东纺织科技,2019,60(6):47-49.
- [24] RANTANEN J,IMPIO J,KARINSALO T, *et al.* Smart clothing prototype for the arctic environment[J].Personal and Ubiquitous Computing,2002,6(1):3-16.
- [25] 沈雷,李仪,薛哲彬.智能服装现状研究及发展趋势[J].丝绸,2017,54(7):38-45.
- [26] 罗琳琳,龚霞辉,陈建亭.智能服装的设计研究及发展趋势[J].山东商业职业技术学院学报,2018,18(1):90-93.

Application and Prospect of Wearable Smart Clothing Based on Physiological Monitoring

YU Jing-jing^{1,2}, DENG Yong-mei^{1,2,*}

(1.School of Fashion and Art Design, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China;

2. Shaoxing Keqiao West-tex Textile Industry Innovative Institute, Shaoxing 312000, China)

Abstract: The development of wearable devices promoted the progress of smart clothing, and had become research hotspot in recent years. The characteristics of wearable physiological monitoring equipment and the composition of monitoring system were summarized. The application of wearable physiological monitoring clothing in medical monitoring, sports, military affairs and special environment operation was emphatically elaborated, and the design points of wearable intelligent clothing were summarized. The development trend of wearable intelligent clothing was prospected. It was pointed that the future wearable intelligent clothing would be more humanized, functional and intelligent.

Key words: wearable device; physiological signal; health monitoring; sensor