

# 智能服装研究进展

周 密<sup>1</sup>,赵国玉<sup>2</sup>,姚伟静<sup>2</sup>,朱谱新<sup>1,\*</sup>

(1.四川大学纺织研究所,四川 成都 610065;

2.广东安之伴实业有限公司,广东 汕头 515144)

**摘 要:**介绍了智能服装的国内外研究现状,对目前开发的智能服装种类及开发实施方法进行了归纳总结,阐述了目前智能服装研发过程存在的问题及解决方案。

**关键词:**智能服装;智能材料;仿生设计;实施方法

**中图分类号:**TS941.7

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0356(2017)03-0001-04

随着科学技术的快速发展和人民生活水平的日益提高,人们对服装的要求也越来越高,除了要求服装具有御寒和装饰这两项基本功能外,还要具有更多其他功能。在隔热、防静电、防水、防辐射和抗菌等功能的服装出现后,人们又希望服装能够根据外部环境的变化而做出相应的反应,即实现服装的智能化。智能服装,顾名思义,是指能够感知人体外部环境或内部状态的变化,并通过反馈机制实时地对这种变化做出反应的服装。它是电子信息学科、材料学科、纺织学科以及其他相关学科交叉结合的产物。通过监测人体外部环境或内部状态的变化,实现对人体生理指标的检测,对生理信息进行储存、传递、处理及反馈。根据智能服装的概念可以发现智能服装具有很多特点,首先,它必须能检查、储存、控制信息,其次它使用微型芯片标签,可以储存信息,并通过集成天线进行无线数据交换,再者它需要使用像纺织品那样柔软的聚合物电子元件<sup>[1]</sup>。

由于智能服装可以对外部和内部状态的变化做出响应,那么根据响应方式的不同,可以将智能服装分为温度(热)响应服装、声响应服装、力响应服装、光响应服装和电磁辐射响应服装等。智能服装的种类多,功能复杂,因此其应用领域也非常广。首先是在民用方面,智能服装可以实现病人在运动情况下的实时远程监控,从而有效避免受监控者活动不便的缺点。更重要的是,人们还可以根据不同需要定制不同功能的智能服装,这为人们的日常生活提供了很大便利,因此,服装的智能化将成为现代化服装的发展趋势。智能服装另外一个突出的使用价值就是其在军事领域的应用。由于科学技术的进步,现代化战争开始向数字

化战场发展,因此在军用纺织品中引入一些特殊的功能变得越来越重要。在军事领域,智能服装可以为作战士兵提供保护色隐形、战场定位和通信联络等全方位的帮助,因此智能服装将成为下一代战争不可或缺的装备,这对于提高我国国防军事力量具有极其重要的意义。同时,正是由于在军事领域的重要应用,也促进了智能纺织品自身的快速发展。

## 1 国内外研究现状

### 1.1 国外研究现状

在国外,智能服装的研究始于20世纪30年代初。由于当时电子信息技术比较落后,智能服装的发展十分缓慢,其体积庞大且功能单一,因此其应用受到限制,主要应用在航空航天、军事军工等特殊领域。近年来,随着电子信息科学的发展,电子器件不断微型化,且其性能不断增强,因此智能服装得到发展并受到了越来越多的关注。

2002年,美国加州生命衬衫公司成功研制了生命衬衫,这种衬衫能够让医生随时获得患者的生理参数。设计者将6个传感器放置在衬衫内,并通过随身携带的微型电脑将穿戴者的各项生理参数通过网络及时传递给医生,从而达到实时监护健康的目的<sup>[2]</sup>。

在美国高级研究计划署的资助下,Georgia理工学院研制出了一种可检测士兵生命信息的T恤,如图1所示<sup>[3]</sup>。他们将光学纤维和导电纤维与各种微传感器集成在织物上,穿有这种智能T恤的士兵的心电图、心跳频率、呼吸频率、体温等重要生命信息便可以被实时检测。通过监测这些信息,指挥者便可以在瞬息万变的战场环境中更好地把握士兵的状况,从而对战局产生重要的影响。这款T恤如果用在普通人身上,当穿衣人虚脱或心脏病发作时可以发出报警信息,从而降低突发性死亡的概率。

收稿日期:2017-01-04;修回日期:2017-01-09

作者简介:周 密(1988-),女,实验师,博士,主要从事纺织高分子材料的研究。

\* 通信作者:朱谱新(1956-),男,教授,博士,主要从事纺织高分子材料的研究,E-mail:zhupxscu@163.com。

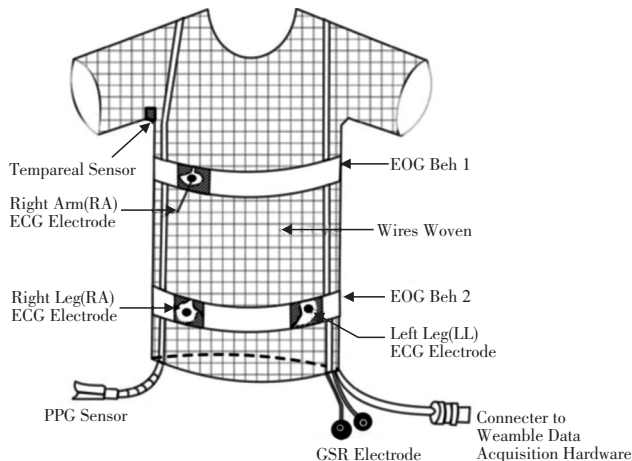


图1 Sensatex 智能服装

2005年,飞利浦公司生产了一款电子智能运动服,通过在运动服中植入传感器,从而对运动员的血压、脉搏及所消耗的卡路里进行检测并记录下来<sup>[4]</sup>。通过分析这些数据,运动员可以及时了解自己的身体状况,从而根据实际情况来调整和提高自已的成绩。另外,这款传感器还可以根据胳膊的动作来调整打高尔夫和网球时手臂的摆动幅度。

日本一家公司曾推出一款名为“Drythermo C”的空调织物。众所周知,棉纤维吸收湿气后水气凝结成水产生热,因此人们在刚穿上普通的棉织物时会感觉热;而一旦出汗,衣服被汗水浸湿后,在汗水蒸发的过程中吸热,人体又会觉得凉。而“Drythermo C”这款空调织物则可以避免这种情况的出现。它的原理是通过在纤维中加入一些可以有效地减小温度变化的特殊物质,来改善普通棉纤维吸湿及干燥过程中所导致的环境温度变化。因此,人们穿着这款织物时不会有闷热感,而当他们进入空调房后,这款织物还可以自动调节冷暖。更重要的是,这款织物耐水洗,经过多次水洗后,它的性能仍然能得到维持。

英国防护服装和纺织品机构研制了一种防烫伤防护服。研究人员将具有形状记忆功能的镍钛合金纤维加工成宝塔式螺旋弹簧状,然后再进一步加工成平面状,并将其固定在服装的里料内。当穿着者接触到高温时,这种纤维迅速发生形变,由原来的平面状变成宝塔式螺旋弹簧状,在两层织物间形成大空腔,从而避免穿着者发生烫伤。

国外智能服装发展较早,已涉及到运动娱乐、安全保健、生物医疗和军事国防等许多应用领域。

## 1.2 国内研究现状

国内智能服装的研究相对于国外起步较晚,目前

主要是集中在服装面料的研究上。从图2可以发现,相对于普通服装及纺织品,智能服装的研究处于劣势,不过随着近年来电子信息学科、材料学科、纺织学科及其他相关学科的结合与交叉发展,国内对智能服装的研究越来越多。如东华大学纺织学院等运用碳纤维和普通涤纶、低熔点涤纶混纺,制作出了具有较好微波吸收能力的非织造布<sup>[5]</sup>。他们通过将不同质量比的碳纤维和涤纶纤维混合梳理铺层,并利用热风法非织造布絮片制作技术得到非织造布,同时对其中的碳纤维进行表面绝缘处理,便可得到一种布絮片,这种布絮片对8~18 GHz频率范围的微波具有良好的吸收性能,而且轻便,性能也非常稳定。这种材料在战场目标的伪装领域有很好的应用前景,同时也可用于开发电磁屏蔽产品,用于制作防止电磁污染对人体造成危害的织物等。

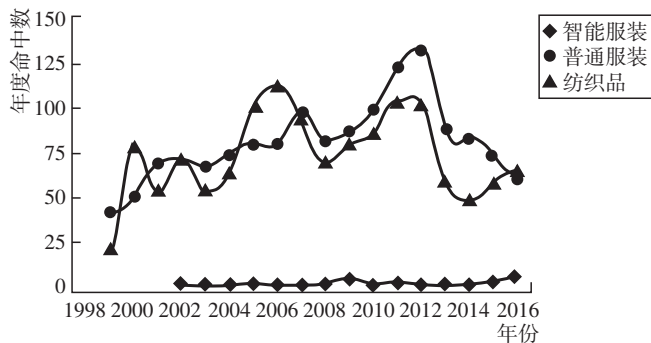


图2 万方数据库对智能服装、普通服装及织物的搜索结果的论文数量对比

研究人员将一种微胶囊应用到纺织品中,得到蓄热调温的智能纺织品<sup>[6]</sup>。这种纺织品表面或纤维内含有相变材料,在遇冷、遇热时发生同液可逆相变而吸收、放出能量,从而具有温度调节功能。另外,利用这种微胶囊技术还可以得到变色纺织品。所谓变色纺织品是指随外界环境的(如光、压力、温度等)变化而显示不同色泽的纺织品。如乔文静等将得到的光致变色微胶囊用涂层法涂覆到涤纶织物上,发现涂层部分在一定光照条件下可发生快速可逆的变色,并且织物透湿以及透气性均有所提高<sup>[7]</sup>。王引卫等以无机变色颜料镍的化合物为芯材、乙基纤维素为壁材,通过一定的方法制备得到了可逆的热变色微胶囊<sup>[8]</sup>。结果表明,微胶囊的结构以及粒径对其热变形性能均有较大的影响,微胶囊平均粒径为8.2 μm时性能最佳。

## 2 智能服装种类

智能服装除了具有御寒和装饰这两项基本功能

外,还具有许多其他的功能。根据人们日常生活以及工作的需求,各式各样的智能服装被研究和开发出来。

## 2.1 防烫保护服

英国防护服装和纺织品机构把镍钛合金纤维加工成宝塔式螺旋弹簧状,然后再进一步加工成平面状,并将其固定在服装的里料内,当服装表面接触到高温时,具有形状记忆功能的合金纤维的形变被触发,纤维迅速由平面状变成宝塔状,从而在两层织物之间形成很大的空腔,进而使人体皮肤远离高温,防止烫伤发生。

## 2.2 健康监护服

由于服装本身与人们有着密切关系,将服装装备成监控人体的医疗设备是目前的一个研究热点。随着人们生活节奏的加快导致各种压力的增大,健康状况越来越受到关注。因此面向医学的健康监护服也得到了进一步的发展。面向医学监护的智能服装是一个新兴的交叉领域,涉及了生理、医学、电子、半导体、信号处理和材料等多个领域,因此,其研究和开发存在一定的难度。目前,可通过将一些医学传感器植入到普通衣物中,检测心电图、肌电、脑电和眼电等信号的体表电极。也可以用来检测一些与临床病理相关的运动,如步态异常、颤抖、帕金森氏病等,并能引导视力损伤病人的行走,使他们避开障碍物<sup>[9]</sup>。

## 2.3 智能变色服

智能变色服是由智能纤维编织得到的一种智能服装。智能变色纤维由于其特殊的结构和组成,在受到外界刺激(如光、热、水分或辐射等)后,颜色能够自动发生可逆性变化。如日本东丽工业公司开发了一种名叫 Sway<sup>R</sup> 的织物,这种织物在  $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$  之间可变化 64 种不同的颜色。另外,美国 Solar Active 公司开发了一种纱线,将其做成智能服装后,其在紫外光照射下可变化成紫、蓝、洋红、黄、橙等各种颜色。

## 2.4 发光服

美国麻省理工学院的研究人员将导电纤维和绝缘纤维纱线交替编织得到了一种可测压力的织物。这种织物共有 3 层,上下层是金银线和普通线交织的织物,中间是起隔离上下织物的稀疏尼龙网。当该织物受到压力时,上下两层织物会通过尼龙网的空隙接触,导致电信号发生变化。通过将该织物应用到服装中,就能得到像萤火虫一样闪烁的连衣裙。因为穿着者在行走过程中会使得织物发生挤压和摩擦,导致该织物上下两层的导通,并且有微弱的电流通过,因此连接在两层织物之间的发光二极管便会发光。

## 2.5 其他智能服装

随着人们需求的不断增加,各种各样功能的智能服装也应运而生。如集防水、透湿、防风 and 保暖性能于

一体的防水透湿服,可调节温度的空调服,可将现实世界与虚拟世界结合起来的信息数字服,以及集蓝牙通话、无线拍摄、音乐播放、防盗防丢失、智能保暖 5 大功能于一体的综合智能服装等。另外,人们还受到了自然界生物启发,利用仿生的方法来设计各式各样的智能服装。如利用荷叶的疏水效应来设计防水防尘织物<sup>[10]</sup>,受藻类眼状斑点紫外敏感和阻隔单元启发设计的紫外防护服<sup>[11]</sup>,利用含羞草启发的接触敏感特性来设计情绪和触摸敏感织物<sup>[12]</sup>,受变色龙启发设计的变色迷彩服<sup>[13]</sup>,由蜘蛛丝特性启发设计抗撕裂织物<sup>[14]</sup>,以及仿鲨鱼皮设计的抗菌减阻游泳服<sup>[15]</sup>等。

## 3 智能服装实施方法

随着科技的进步,国内外各个机构开始加快智能服装的研制。目前主要通过以下几种途径来实现智能服装的智能化。(1)将具有感知和反应功能的智能纤维与普通纤维交织或将智能纤维编入普通纤维的织物中,然后将这种含有智能纤维的面料做成智能服装。如 Sensatex 公司推出的一款健康监护用的 T 恤,便是将导电纤维与棉纤维交织在一起,结合嵌入式传感器制成的智能服装。通过从嵌入式传感器中接收数据,传输到一个信用卡大小的特制接收器中,然后显示到移动电话、个人电脑或手腕监视器上,从而用于监视用户的健康情况并及时发出报警信号。(2)对普通纤维进行改性,使之具有智能纤维的性能,然后再用改性后的面料做成智能服装。如通过电化学聚合和物理沉积等方法成膜来对普通纤维进行表面改性,从而达到变色调温的作用。或者对普通纤维进行表面绝缘处理,使得织物对微波有较好的吸收性能,这种材料在以战场目标的伪装领域有很好的应用前景。(3)将某些智能物质微胶囊化,用染整加工或者涂层的方法结合到织物上,使普通织物具有智能特性,再做成服装。如将光致变色微胶囊用涂层法涂覆到涤纶织物上,发现涂层部分在一定光照条件下可发生快速可逆的变色,并且织物透湿及透气性均有所提高。(4)通过植入或者嵌入的方法将普通服装与外加的各种电子元器件相结合,制成智能服装。而这些外加的电子元器件包括普通元件、高技术传感器、检测器和报警器等。将一些微型的智能传感器与普通衣物结合在一起制成智能服装。这种方法得到的智能服装相对于其他方法制得的智能服装更耐用。因为每次洗涤前可将电子器件取出,从而可使用普通的方法进行反复洗涤。智能因素的引入增添了服装新的特性,也增加了服装的实用性及着装者适应自然环境的能力<sup>[16]</sup>。

## 4 智能服装研发中存在的问题

首先,安全性问题是智能服装需要解决的首要问题<sup>[17]</sup>。智能服装存在的安全问题主要包括:一是智能服装材料本身存在的安全隐患,如漏电、辐射等;智能服装材料的应用会形成新的安全问题,如“隐身衣”和“肌肉服装”被不法之徒利用会造成更大的伤害;由于信息的存储和传递可能会泄漏某些个人信息,如健康问题、所在的位置等。二是产业化问题。目前智能服装材料的研发很少是专门针对具体的服装进行的,因此很容易造成设计不实用或难以与服装完美融合,不利于此类产品的产业化发展。这样便会造成服装价格居高不下、服用性能差等突出问题。三是绿色环保问题<sup>[18]</sup>。主要体现在加工过程以及回收利用两方面。在加工过程中,智能服装材料的印染及电子元件的加工易造成环境污染和资源浪费等问题;同时智能服装材料的回收利用也是其应用过程中亟需解决的问题。四是由于服装材料和电子材料及其连接的差异,智能服装的合作制作不能直接采用各自现有的模式,常常需要选择关键要素,制定一个新的概念模式。五是需要一种新的制作方式来明确电子和服装团队的工作责任和沟通。而完整的匹配还包括材料、生物、光纤、纤维等行业的合作。因此,为推进智能服装材料及其服装的研发及产业化进程,需要打破学科之间的壁垒,加强多学科多领域人才的合作,并吸取经验教训,对传统的设计进行去粗取精,从而缩短研发时间,节约成本,扩大其在医疗保健、娱乐、运动装和通信方面的应用。

## 5 结语

智能服装是服装领域的一次重大革新,它使整个领域的智能化理念更加深入,使材料越来越智能化。未来智能服装材料将向差别化和高性能化方向发展,有针对性地开发出满足用户需求的产品,向复合化和系统化方向发展,使得智能服装材料逐渐趋于多功能化,同时向商业化和时尚化方向发展,从而为更多的人群所用。智能服装的发展引领了服装领域潮流的巨大变革,在促进服装工业发展的同时,也带动了计算机、电子、材料、化工等领域的重大变革。随着智能纺织品技术的不断发展,越来越多的智能服装被开发出来,这为我们的生活提供了更多的便利,同时也为服装从传统向现代发展提供了一种新的途径。

### 参考文献:

[1] Murthy H V S, Asai R G, Jaybhaye P B. Intelligent tex-

tiles: an overview [J]. *Textile Technology Overseas*, 2003, (12): 1-5.

- [2] 王 腾, 晏 雄. 智能复合材料的开发应用及进展[J]. *新纺织*, 2004, (9): 13-17.
- [3] 栾加双, 张 卓, 刘晓东. 形形色色的智能服装[J]. *中国个体防护装备*, 2003, (4): 26-27.
- [4] 刘小波, 安树林. 奇妙的电子智能纺织品[J]. *天津纺织科技*, 2007, 45(4): 45-48.
- [5] 朱 华, 陈 平, 张 辉, 等. 雷达伪装用含碳纤维非织造布的开发[J]. *上海纺织科技*, 2005, 33(12): 34-36.
- [6] 朱建康, 姬巧玲, 陈焱涛. 微胶囊技术及其在纺织领域中的应用进展[J]. *天津工业大学学报*, 2012, 31(4): 44-49.
- [7] 乔文静, 孙艳聃, 付中玉, 等. 光致变蓝涂层针织物研究[C]//雪莲杯第10届功能性纺织品及纳水技术应用研讨会论文集. 常州: 中国纺织工程学会, 2010: 196-200.
- [8] 王引卫, 张团红. S/O型可逆热变色微胶囊的制备与性能[J]. *材料科学与工程学报*, 2011, 29(3): 445-447.
- [9] Glaros C, Fotiadis D I. *Wearable devices in healthcare [M]//Intelligent Paradigms for Healthcare Enterprises*. Springer Berlin Heidelberg, 2005: 237-264.
- [10] Guo Z, Liu W. Biomimic from the superhydrophobic plant leaves in nature: binary structure and unitary structure [J]. *Plant Science*, 2007, 172(6): 1 103-1 112.
- [11] Yu J, Tao X, Tam H. Trans-4-stilbenemethanol-doped photosensitive polymer fibers and gratings[J]. *Optics Letters*, 2004, 29(2): 156-158.
- [12] Bickmore T, Fernando R. Towards empathic touch by relational agents[C]. *Proc. Autonomous Agents and Multiagent Systems Workshop on Empathic Agents*, 2009.
- [13] Karpagam K R, Saranya K S, Gopinathan J, *et al.* Development of smart clothing for military applications using thermochromic colorants[J]. *The Journal of the Textile Institute*, 2016: 1-6.
- [14] Liff S M, Kumar N, Mckinley G. High-performance elastomeric nanocomposites via solvent-exchange processing [J]. *Nature Materials*, 2007, 6(1): 76-83.
- [15] Bechert D W, Bruse M, Hage W, *et al.* Experiments on drag-reducing surfaces and their optimization with an adjustable geometry[J]. *Journal of Fluid Mechanics*, 1997, 338: 59-87.
- [16] 丁笑君, 邹奉元, 刘伶俐. 智能服装的应用及研发进展[J]. *现代纺织技术*, 2006, 14(2): 51-53.
- [17] 沈 雷, 方东根, 唐 颖, 等. 智能服装材料的研究现状与发展趋势[J]. *上海纺织科技*, 2016, (2): 3.
- [18] 方东根, 沈 雷. 智能服装材料研究概述[J]. *针织工业*, 2016, (1): 34-38.

(下转第9页)

- 1988,9(9):196-199.
- [13] 石风俊,严灏景.织物光泽仪器的研制[J].郑州纺织工学院学报,1995,6(3):6-10.
- [14] 褚以清,王广济,姚金波,等.毛织物光泽的研究[J].纺织学报,1992,13(12):550-552.
- [15] Nihira K, Tsuneyo T, Gunjr T. Goniophotometric curves of woven fabrics[J].J Text Mach Soc,1980,26:15-20.
- [16] Muto N, Arm T, Nihira K, *et al.* Computer simulation of goniophotometric curves for fabrics, part 1: fabric model comprising of elliptic columns covered with fine elliptic cylinders[J].J Text Mach Soc,1985,31:85-89.
- [17] Muto N, Nihira K, Tsuboi T, *et al.* Computer simulation of goniophotometric curves for fabrics, part 3: effects of refractive index of filaments on goniophotometric curves [J].J Text Mach Soc,1988,34:31-38.
- [18] 石风俊,徐照升.织物镜面反射光分布曲线的模拟计算[J].纺织高校基础科学学报,2001,14(1):18-22.
- [19] 石风俊.织物漫反射光分布曲线的模拟计算[J].西北纺织工学院学报,2001,15(4):65-69.
- [20] 聂建斌,李俊华.毛织物的光泽设计[J].毛纺科技,2008,(5):44-47.
- [21] Gundola M, Kistamah N. Development of a fabric lustre scale[J].UoM Research Journal,2008,13A:155-162.
- [22] 郭维婵,杨 斌.毛织物光泽的研究[J].毛纺科技,1996,(5):8-12.
- [23] 李汝勤,宋钧才.纤维和纺织品测试技术[M].上海:东华大学出版社,2009:7.
- [24] 刘 晨,刘帅男,田 伟,等.Morphotex 纤维织物光泽性能研究[J].上海纺织科技,2011,39(2):49-51.
- [25] 纤维性能评价研究委员会(日).纺织测试手册[M].张亮恭,译.北京:纺织工业出版社,1991.
- [26] A 安顿,K A 约翰生,P A 乔松.通过图像分析来鉴定织物光泽[J].李茂松,译.丝绸译丛,1979,(2):11-21.
- [27] Pan R, Gao W, Liu J, *et al.* Automatic detection of the layout of color yarns for yam-dyed fabric via a FCM algorithm[J].Textile Research Journal,2010,80(12):1 222-1 231.
- [28] Kuo C J, Jian B L, Wu H C. Automatic machine embroidery image color analysis system, part 1: using gustafson-kessel clustering algorithm in embroidery fabric color separation[J].Textile Research Journal,2012,82(6): 571-583.
- [29] 张庆红,刘建立,高卫东.基于图像处理的织物耐洗涤色牢度等级评定[J].纺织学报,2013,34(11):100-105.
- [30] 陈孝之,谢莉青.织物颜色配准到标准色卡的计算机识别与仿真[J].纺织学报,2016,37(5):150-154.

## Research Status and Prospect of the Testing Technology of Fabric Luster

SHEN Yue, XIE Li-qing\*

(School of Textile and Clothing, Qingdao University, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** The theory and application status of evaluation method of fabric luster were reviewed, existing problems in fabric luster testing technology were analyzed. According to the development of analysis technology of computer vision and image, the development trends of fabric luster testing technology were expected.

**Key words:** fabric luster; theory research; evaluation method; testing technique; image processing

(上接第 4 页)

## Research Progress of Smart Clothing

ZHOU Mi<sup>1</sup>, ZHAO Guo-yu<sup>2</sup>, YAO Wei-jing<sup>2</sup>, ZHU Pu-xin<sup>1,\*</sup>

(1. Textile Institute of Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2. Guangdong Anzhiban Limited Corporation, Shantou 515144, China)

**Abstract:** The research status of the smart clothing was investigated. A variety of smart clothing developed at present and the implementation method were introduced. The problems existing in the research process of smart clothing were analyzed and the solutions were briefly brought up.

**Key words:** smart clothing; smart materials; bio-inspired design; implementation method