

# 电子服装的应用研究

文 / 张如全, 李建强, 李德骏

**摘要:** 电子服装是近年来的研究热点, 文章对电子服装的概念内涵及发展过程进行探讨, 将发展过程分为三个过程, 并对各个过程的特点进行分析, 介绍国内外电子服装的开发与最新应用成果, 并对今后电子服装的发展趋势进行分析。

**关键词:** 电子服装; 应用研究; 发展趋势; 智能纺织品

电子服装作为高科技产品, 越来越受到重视, 开发的电子服装已经在航空航天、国防工业、生物医疗以及交通安全和舒适等高科技领域得到了广泛应用, 成为纺织科技领域的前沿课题。电子服装将电子产品融入在服装之中, 未来的电子服装可变为一台可穿戴的计算机, 电子服装的未来前景非常的广阔, 被认为是服装工业的未来。国外研究机构及服装大企业纷纷加强了电子服装的研究与开发, 意欲占领服装领域的技术制高点。可以预测, 电子服装将会成为本世纪服装竞争的焦点之一, 加快电子织物的研究和开发将对中国纺织业的发展产生巨大的影响。与先进发达国家相比, 电子服装的研究在中国处于刚刚起步的阶段, 对电子服装还没有统一的定义, 本文对电子服装的概念内涵及其发展过程进行探讨, 介绍电子服装的开发与应用情况, 并对电子服装的发展趋势进行分析。

## 1 电子服装的概念内涵及发展过程<sup>[1-3]</sup>

由于电子技术发展日新月异, 电子技术在服装领域中的大量应用, 文献里出现了电子智

能纺织品、电子服装、电子智能服装等概念。赵永霞将电子智能纺织品定义为: 基于电子技术, 将传感、通讯、人工智能等高科技手段应用于纺织技术上而开发出的新型纺织品。对于电子服装及电子智能服装, 在目前报道的文献里未见完整的定义, 二者并没有严格区分地使用, 这可能是电子服装容易实现“智能”的三个要素: 感知单元、反馈单元和响应(执行)单元的缘故, 因此可以认为电子服装是电子智能服装的简称。将电子服装与电子智能纺织品进行比较, 从实现的技术要素来看, 两者一样; 从概念的内涵上, 电子智能纺织品应该包括电子服装、电子织物。电子服装的传感器部分可以由纤维和织物构成, 如热敏纤维、光敏纤维、织物传感器等, 因此电子服装可以定义为基于纤维技术及电子技术, 将传感、通讯、人工智能等高科技手段应用于服装上而开发出的新型服装。

电子服装的研究开发大致经历了三个阶段: ①第一阶段特点是普通电子器件与服装简单结合。将服装作为电子器件的载体, 把普通电子器件直接附加到服装上, 实现某些特定的

**基金项目:** 湖北省自然科学基金重点项目(2013CFA090); 武汉纺织大学校基金重大项目(武纺大 2012-5)

**作者简介:** 张如全, 博士, 武汉纺织大学纺织科学与工程学院副教授; 李建强, 硕士, 武汉纺织大学现代纺织学院教授; 李德骏, 武汉纺织大学电子与电气工程学院教授

功能,这种服装是第一代电子服装。第一代电子服装因电子器件体积大,不仅影响服装的舒适性及外观设计,而且服装洗涤时必须将电子器件拆卸,使用麻烦,因此,这种简单附加的方法,除特殊用途电子服装之外,现在基本上已经不采用了。②第二阶段特点是多学科技术的交叉融合,例如纤维技术、电子技术、无线通信及网络技术与服装有机融合,实现人机交互的目的,这种服装是第二代电子服装。第二代电子服装采用的技术有模块化技术、嵌入式技术、基于纤维的传感技术三种。模块化技术主要是运用微电子技术最新成果使电子元件在体积上变小,有利于将电子器件“隐藏”在服装中,电子器件在服装的部位更加自由配置,服装的外观设计更加灵活;嵌入式技术是将电子元件织入到服装的某一部分面料之中,如将光纤传感器、压电传感器、微型芯片传感器等织入服装面料等;基于纤维的传感技术是传感器直接由纤维和织物构成,如热敏纤维、光敏纤维、织物传感器等。由于纤维和织物柔软,因此采用基于纤维的传感技术的方法制备的电子服装的服装舒适性最好。③第三阶段特点是基于网络技术、蓝牙、GPS 技术,与手表、眼睛、手套、服饰及鞋等穿戴式智能设备共同配合使用,实现各种功能,它是广义的“电子服装”,是第三代电子服装。第三代电子服装是目前最前沿的领域,造价成本高和技术复杂,目前难以大众普及。随着移动互联网的发展、技术进步以及用户需求的变迁,可穿戴式智能设备的形态与应用热点也会不断的变化,新式穿戴式设备将不断涌现,第三代电子服装也将会不断探索,与传统服装完全不同的设计方式,引领服装时代风尚。

## 2 电子服装的开发现状

### 2.1 休闲娱乐的电子服装<sup>[4-6]</sup>

1997年由荷兰 Philips 服装设计公司和 Philips 电子研发公司共同研发出可以播放音乐的夹克,播放系统的电子器件完全地整合在

夹克之内,袖子表面设置有按钮,可以控制声音的音量,播放音乐的装置体积小,并可拆除。2001年美国 The North Face 公司为野外登山者开发了一种名为 MET5 的一种高科技外套, MET5 附有加热装置,充电式锂电池作为加热装置的电源,通过电池的能源供给保持服装的温度。2002年4月26日德国半导体设备制造商 Infineon Technologies 公司研制了一款可穿戴的“MP3 播放夹克”,如图 1 所示。这种 MP3 播放夹克采用了可穿戴电子技术,将微电子芯片织入服装面料之中,把 MP3 播放机与内置播放系统连接起来,可以播放音乐和收听广播,衣领部位有微型麦克风和立体声耳机,袖子上设置有播放控制器。为保证使用价值,设计者充分考虑了衣服的防水性和穿着的舒适性,最大的特点是克服了以前电子服装洗涤时必须拆除电子器件的不足,服装可以直接洗涤。Infineon Technologies 公司的成功,给人们将最新电子技术与传统纤维服装的结合提供了暗示,为多学科交叉开发电子服装指明了研究方向,纷纷以 Infineon Technologies 公司建立的原型和设计样本开发电子服装。2004年7月26日 Infineon 公司和 Rosner 联合推出一款名叫“mp3 blue”的电子服装,如图 2 所示。它不但可以播放音乐,还可以与移动电话相连,应用蓝牙无线技术,在衣袖上配有键盘,可以控制 MP3 播放器。这款服装还配有可使用 8 小时的充电电池,是全世界第一款融合各种电子功能的服装。



图 1:MP3 播放夹克



图 2:“mp3 blue”服装

在休闲娱乐服装,许多顶级公司都加入产品研发行列。如耐克公司与谷歌地图、苹果 i-

Phone 共同合作, 推出了一款能够让使用者在谷歌地图上追踪自己“电子足迹”的运动鞋。耐克公司在运动鞋中插入传感器后, 它便与苹果公司的无线网络和 3G 网络无线联网, 使用者能通过手机在网上下载到自己的训练情况, 包括跑步的公里数、消耗的热量、步速等等。使用者还能在跑步前, 在谷歌地图上设定好路线, 谷歌地图便立即显示出路名、路况等数据。牛仔品牌利瓦伊斯(Levi's)推出一款音乐外套, 不仅能播放音乐, 还能把喜欢的音乐存储在芯片中, 或者收听自己喜爱的电台。荷兰 Philips 公司与 Levi's Strauss 公司合作推出了一款内置移动电话和 MP3 播放机的夹克。

在这些服装中, 需要解决的共同技术关键问题有三个: ①电子器件与电子器件之间相互连接方式。目前有刚性连接、柔性连接两种连接技术。刚性连接是指电子器件之间采用金属导线直接连接, 这种连接的优点是金属导电效果好, 缺点是会对服装外观设计、舒适性及电子器件在服装中的配置部位有影响, 不耐水洗, 在服装穿着过程中, 金属导线因受拉伸、压缩、剪切等力的反复作用导致金属导线断开影响电子系统的稳定性。柔性连接是指采用柔性的导电材料连接。如采用电子印刷技术将导电材料印刷在服装上或将金属丝缝制在服装上。Infineon Technologies 公司开发了二种技术, 一种是采用导电布, 另外一种是使用柔性的塑料薄膜连接技术。为了进一步提高电子服装功能稳定性, 出现了具有导通单元结构的织物连接件。②电子器件的能源供应。由于常规电池体积大, 且需频繁更换或充电, 使用不便。探索利用太阳能、风能、温度和物理能源等可持续能源非常重要。出现了一种靠弯曲发电的布料, 只要人们穿上它活动便能发电。③低功耗的微型电子芯片及电子元件, 只有这样才能具有服用性, 因为服装穿着一天至少 10 个小时以上, 如果过于耗能则不得时常充电, 显然影响其服用性。

## 2.2 监测与健康护理的电子服装<sup>[7-9]</sup>

随着人们健康意识的提高, 电子服装在监测及健康护理领域越来越多地得到应用。从最初的监测心率、体温、血压指标到监测心电、肌电、脑电和眼电等各种生理体征信息。在监测与健康护理领域的电子服装, 由于需要紧贴人体的需要, 传感器的型式、柔韧性、耐水洗性要求非常高。美国 Sensatex 公司推出一款运动 T 恤, 可以监视心率、体温、呼吸以及消耗热量, 当心脏病发作或虚脱时能报警, 从而降低突发性死亡的概率。图 3 为 2014 年 1 月, 日本东丽公司与 NTT 公司合作开发的 T 恤衫, 可以测试人体的心率、心电图等生理指标, 它采用了名为“hi toe”的功能性材料。一般服装用纤维材料的直径为 15um 左右, 该功能材料采用直径为 700nm 的纳米纤维, 在纤维材料之间注入导电聚合物, 并与 NTT 公司的光纤传导技术相结合, 具有柔软舒适、紧贴感好、耐水洗的特点。图 4 为位于 Montreal 的加拿大 OMsignal 公司 2014 年 5 月开发的“OMsignal Shirt”。OMsignal Shirt 可以测量心率、呼吸频率、步速和消耗热量。通过测试的心率变异性 (HRV) 来判断身体的紧张程度。OMsignal 公司同时还推出了多款 T 恤衫, T 恤衫内置了多个传感器, 可以测量心率、呼吸频率、呼吸量、行走的步数、动作强度、心率变异性及消耗热量等, 还具有提醒功能, 被称为“会说话的 T 恤”, 它的特点是传感器被织入服装面料之中, 可以直接进行洗涤。



图 3: 日本东丽 T 恤衫

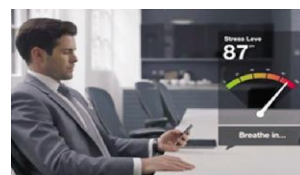


图 4: “OMsignal Shirt”衬衫

蓝牙技术、通信网络技术的广泛应用使电子服装具有实时效果, 便于实施个性化管理与监测。图 5(见下页)为 OMsignal 公司研制的健康管理服装。测试的数据可以通过手机传输,





图 5:健康管理服装

便于对每天的运动量、消耗热量等进行管理。不仅可以用于个人健康管理,还可以用于家庭内成员的健康管理。例如当妻子的紧张程度超过一定限度时,数据可以传输给丈夫,丈夫通过电话确认情况。还可以 24 小时监测老年人的健康情况,及时发现异常采取救助措施。

在婴幼儿应用方面,由于幼儿不能正确表达身体不适,容易出现意外。这个市场前景非常广阔,许多公司纷纷投入巨资开发自己的产品,占领市场。图 6 为美国 Rest Devices 公司开发的婴儿服,名为“Ki mono”。绿色条纹部分为传感器,传感器采用印刷方式与服装结合,下端龟状部分为送信装置。传感器可以监测幼儿的呼吸状况,数据通过 Wi fi 传输到手机、网络等。



图 6:“Ki mono”婴儿服

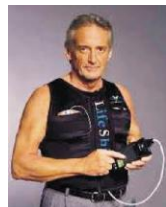


图 7:“Life Shirt”服装

蓝牙技术、网络技术的发展为远程医疗带来了可能。如图 7 所示,Vi vometric sTM 公司的 Life Shirt 服装,是世界上第一个利用远程技术来收集生理参数,达到监视身体健康的功能服装。该系统可以收集使用者的心跳、血压、呼吸频率等 30 多种生理参数,数据自动传送给医生进行分析。欧盟在该领域研究代表着世界先进水平,如欧盟的 IST FP5 项目“AMON”和“WEALTHY”、欧盟的 IST FP6 项目“My-Heart”、欧盟的 IST FP6-NMP-2 项目“BIO-TEX”、法国的 VTAMN 项目、德国 Fraunhofer IZM 开发的 T 恤衫等。

老人健康防护服装也有很广的市场。美国

弗吉尼亚理工大学设计出一种电子裤,可帮助确定哪些老人具有高跌倒风险,从而减少跌倒事故的发生。

### 2.3 军事及航空航天领域的电子服装<sup>[10-12]</sup>

未来战士作战系统是国内外争相研制的 21 世纪新型单兵作战装备,目前这一领域正在开发将液态装甲、电流源、光能以及无线多媒体设备置于服装中。美国陆军未来部队战士系统,使士兵成为超级战士,如图 8 所示。将整体传感器嵌入到服装,可监视战士的心率、血压、体内及体温等多项生理指标。当士兵受伤是,传感器还可以辨识受伤部位,并使该部位周



图 8:美军超级战士

边的军服膨胀收缩,起到止血作用,通过全球卫星定位系统(GPS)装置与无线电将士兵伤情数据传回基地,以便让军医确定谁优先接受治疗,织物传感器还能发现对机体有害的危险性化学、生物、放射和爆炸物质,士兵也会得到更好的防护。目前的防弹衣只能防止子弹或弹片直接伤害士兵的身体,但子弹或弹片产生的震荡波仍有可能对身体的肋骨以及内脏造成伤害,新型的防弹衣在身体和衣服之间留有 2 英寸左右的空间,这样就能更好的保护士兵的身体。

中国对智能作战服也进行了深入研究,研制的“龙族战士”和美国的“陆地勇士”大同小异,其性能应该超过了美国第一代陆地勇士,整套中国陆军“龙族战士”单兵作战系统的单兵作战装备(图 9)的总重量仅仅只有 15 公斤。



图 9:龙族战士

加拿大 Carre Technologies 公司应加拿大航天局的要求研发的名为“Astroskin”的智能衬衫能测量心率、心率变化、呼吸频率、呼吸量、能量损耗和每分钟步数。Astroskin 还能测

量皮肤温度,还配备 EKG(心电图)和光学传感器能够监测血氧和血压,目的在于增加宇航员太空飞行安全性。

## 2.4 体育运动领域的电子服装<sup>[13-15]</sup>

加拿大 Athos 公司开发了一款名为“Athos”的智能训练服(图 10)。该训练服完美结合了生物信号监测技术,内置微型 EKG 传感器编织到服装

上,能够感应和追踪到肌肉纤维内部的活动,让运动员了解他们肌肉工作的负荷,



图 10:“Athos”智能训练服

是否达到特定的肌肉训练目标,以及肌肉是否疲劳,能够防止人过度使用肌肉、避免受伤。Athos 可以水洗、烘干,就像普通衣服一样可以重复使用。2014 年 1 月美国 Heapsyl on 公司在 CES 国际消费电子展上展出了名为“Sensoria”的健身内衣,使用了纺织品电极传感器,舒适性好。美国服装公司针对网球、高尔夫球运动者纠正活动姿势及击球技巧需求而研发出一种电子服装,当球手挥手臂击球时,缝在电子服装上的传导布条产生形变,传导布条的电阻会发生变化,检测电阻的变化就可以了解球手的活动姿势。

## 2.5 其他领域<sup>[16-17]</sup>

高新科技不断应用于服装领域,为穿着者提供多种多样闻所未闻的服务。如“调温”服装,可以随着周围气温变化而自动调节服装的冷暖,对于在工作环境温度变化大(如冷库等)的人员是一个福音,解决了频繁更换衣服的烦恼。飞利浦公司开发出能感知穿着者心情的好坏的“情感服装”,名为 Bubbelle 的内衣,由一系列的传感器构成。这种传感器能够捕捉人情绪的变化情况并将收集到的信号发送到服装表面的发光层,根据发光的颜色能直观的、准确的反应出穿着者的心情。此外还有根据穿衣

人情绪的变化,散发出不同的“情绪香水衣服”,衣服的布料采用液体流控系统,会喷出适量雾状香水。时装表演用的电子服装,可以通过声、光等使服装具有不同舞台效果。

## 3 电子服装的发展趋势

如何将电子器件与服装结合在一起,使电子服装在功能上满足各种要求,同时在服装面料的质地、外观、耐水洗、耐磨损性以及穿着舒适性上也能满足需要,是电子服装设计 and 研制的难点。电子器件的微型化、降低芯片的功率消耗为电子服装多功能化提供了发展空间。新能源技术及能量储存方式多元化将为电子服装的应用提供更加广阔的范围。如利用身体的表面和周围之间的温度差提供能源,人体动作能量转化为电子器件的能源,太阳能的利用等。在军工领域,电子服装的发展将体现在三个方面:军事上,人机合一,无敌勇士;医学上,穿戴式移动监控系统;智能上,与可穿戴智能技术相融合。移动医疗及大数据时代的发展,为电子服装带来了机遇,是服装行业的未来。随着技术的发展,电子服装正朝着功能多样化、器件柔性低功耗化、新能源及能量储存方式多元化、健康舒适化、信息智能化、设计时装化、价格低廉化等方向发展。

## 4 结语

电子器件与服装结合的电子服装是多学科交叉产品,在近几年内得到比较迅速的发展,逐步成熟并应用于追求时尚的青年人、体育运动员、老年人、军队、时装表演等特殊人群。中国在电子服装领域的研究只是刚刚起步,有许多问题亟待解决:①研究团队在规模及人员结构上急需加强建设;②具有学科交叉背景的服装设计人员缺乏,如何将电子器件与服装有机融合,实现服装美感效果,需要有多学科背景的服装设计师;③成果转化不够理想,实验室研制的成果需要快速转化为实际的服装规模化生产;④电子服装的品牌急需加强建设,目前还没有具有影响力的知名电子服装

品牌;⑤电子服装的应用领域急待开发,特别是移动医疗及产业领域用电子服装;⑥在大众化电子服装方面,需要降低成本。随着电子服装研发的相关技术的不断成熟,电子服装将对中国服装行业产生深远影响。

#### 参考文献:

- [1]师昌绪.材料大辞典[M].北京:化学工业出版社,1994:1161.
- [2]陶肖明.交互式的织物和智能纺织品[C].2006年中国科协年会论文集,2006:116-125.
- [3]黄鹤,于伟东,严灏景.自适应性纺织品的类别及其制品[J].纺织学报,2007(12):135-140.
- [4]李昕.电子智能纺织品的研究进展[J].轻纺工业与技术,2013,165(6):51-54.
- [5]Infineon Presents Enabling Technologies for “Smart Clothing” [EB/OL].<http://www.infineon.com/cms/cn/corporate/press/news/releases/2002/130751.html>.
- [6]Rosner Introduces Jacket with Integrated Infineon Electronics -Concept of Wearable Electronics Gains Momentum[EB/OL].<http://www.infineon.com/cms/cn/corporate/press/news/releases/2004/132017.html>,2004-07-26.
- [7]张龙女,王云仪.电子服装技术的特点和发展趋势[J],纺织导报,2010(12):92-93.
- [8]施楣梧,肖红.智能纺织品的现状和发展趋势[J].高科技纤维与应用,2010,35(4):5-8、9.
- [9]魏守一,李胜利.健康监护用智能服装研究新进展[J].中国医疗器械信息,2009,15(9):18-23.
- [10]赵永霞.新型电子智能纺织品的开发及应用[J].纺织导报,2010,(7):106-110.
- [11]肖红.智能纺织品及其在军用装备上的应用[J].纺织导报,2010,(12):67-70.
- [12]张晓峰.美军新型智能军服[J],医疗卫生装备,2014,35(6):56.
- [13]Christoph Zysset,Nassim Nasser, Lars Buthe, et al. Textile integrated sensors and actuators for near-infrared spectroscopy [J]. Optics Express,2013,21(3):3213-3224.
- [14]Heart Rate and Breathing Patterns [EB/OL].[http://www.liveathos.com/apparel/\\_\\_\\_technology](http://www.liveathos.com/apparel/___technology),2014-08-13.
- [15]加拿大学生研发智能运动服系统收集健身数据[EB/OL].<http://www.tnc.com.cn/info/c-005001-d-3476951.html>,2014-08-25.
- [16]智能服装:可穿戴产品的未来[EB/OL].<http://www.texleader.com.cn/article/24359.html>,2014-05-30.
- [17]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.

(收稿日期:2014年9月4日)