



# 残障群体功能性服装的研究进展

孙军男<sup>a</sup>, 支阿玲<sup>b</sup>, 吴巧英<sup>b</sup>

(浙江理工大学, a.服装学院; b.国际教育学院, 杭州 310018)

**摘要:** 针对残障群体功能性服装发展相对缓慢的问题, 对此领域的研究进展进行了分析。首先将残障群体分为肢体残障人群和瘫痪人群两类, 并总结了其体型特征; 其次重点探讨了在残障群体功能性服装开发过程中涉及的四个主要环节(人体测量、结构设计、功能性面料开发、人体建模及虚拟现实技术)相关的研究现状及发展方向; 最后针对不同残障类型身体局限性, 从功能性服装设计、制定残障群体测量标准、开发模块化和多样性的快速生产系统三个方面对残障群体功能性服装开发进行了总结, 并提出此类服装的发展应结合计算机技术, 开发适合残障群体的三维人体扫描系统和虚拟试衣系统, 将可穿戴技术与残障群体功能性服装相结合的发展方向。

**关键词:** 残障群体; 功能性服装; 身体局限; 结构设计; 人体建模; 综述; 研究进展

中图分类号: TS195.644

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851(2019)11-0697-10

## Research progress of functional garment for disabled population

SUN Junnan<sup>a</sup>, ZHI Ailing<sup>b</sup>, WU Qiaoying<sup>b</sup>

(a. School of Fashion Design and Engineering; b. School of International Education,  
Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** In view of the relatively slow development of functional clothing for disabled people, the research progress in this field was analyzed. Firstly, the disabled groups were divided into two categories: limb-disabled people and people with paralysis, and their body characteristics were summarized. Secondly, this paper focuses on the research status and development direction of the four main links (anthropometry, structural design, functional fabric development, human body modeling and virtual reality technology) involved in the development of functional clothing for disabled people. Finally, according to the physical limitations of different types of disability, this paper summarizes the development of functional clothing for disabled groups from three aspects: functional clothing design, the establishment of measurement standards for disabled groups, and the development of modular and diverse rapid production system. It is suggested that computer technology should be combined with to develop a three-dimensional human body scanning system and virtual fitting system suitable for disabled people, and that the combination of wearable technology with functional clothing for disabled people should be the future development direction.

**Key words:** disability population; functional clothing; body limitation; structural design; human modeling; review; research progress

收稿日期: 2019-05-29 网络出版日期: 2019-09-02

基金项目: 浙江省大学生科技创新活动计划暨新苗人才计划项目(2018R406067)

作者简介: 孙军男(1993-), 女, 河南周口人, 硕士研究生, 主要从事服装结构设计和制版技术方面的研究。

通信作者: 吴巧英, E-mail: qywu@zstu.edu.cn

## 0 引言

据联合国统计,截至2015年世界上残障群体已超过10亿,占全球人口的15%<sup>[1]</sup>,而中国是世界上残障人口最多的国家。大多数残障群体因长期依赖辅助工具(假肢、手杖、轮椅等),其躯干会发生变形;他们的体型、活动能力和灵巧性与健全者显著不同,对服装的功能性需求比普通人更高<sup>[2]</sup>。因此,不合适的服装在残障群体参与日常社会活动中会造成了一定的障碍<sup>[3-5]</sup>。此外,针对残障群体的体型结构<sup>[6]</sup>、生物力学限制<sup>[7]</sup>、生理及心理特征<sup>[8]</sup>等,研究开发功能性服装产品,有助于提高残障者的自理能力,增强他们的自信<sup>[9]</sup>,使其有能力生活在不同的环境中,并从事各种社会活动。

相对于建筑与工业设计领域中无障碍家居<sup>[10]</sup>、无障碍停车位<sup>[11]</sup>、无障碍显控台<sup>[12]</sup>等无障碍设计的良好发展,服装设计在残障群体中的无障碍发展相对缓慢<sup>[13]</sup>。因此,本文根据国内外的研究成果,将残障群体进行分类,分别总结他们的体型特征,重点探讨了在残障群体功能性服装开发过程中涉及的四个主要环节:人体测量、服装的结构设计、功能面料的研发、特殊体型建模及虚拟现实技术的应用,并对残障群体功能性服装的发展趋势进行了展望。

## 1 残障群体的分类与体型特征

残障群体是指在某一特定社会中,由于疾病或某种外界障碍而阻止承受者实现其社会角色的群体,属于人类“正常的区间”。在医学上按器官、致残原因等分类标准有很多类别,在服装领域为降低服装结构设计的难度和成本,有针对性地进行服装的结构设计,尽可能多的满足残障群体多样化的需求,可参照《国际功能、残疾和健康分类》(ICF)分类系统<sup>[14-15]</sup>,根据残障部位的不同将残障群体划分为肢体残障人群和瘫痪人群两大类。

### 1.1 肢体残障人群

肢体残障简称肢残,可分为上肢残障、下肢残障、躯干残障和复合残障<sup>[16]</sup>,常用的辅助工具有拐杖、假肢等。其中使用双拐的人群,体型特征主要是头部前倾,眼睛看地造成耸肩;使用单拐的一侧肩膀较另一侧偏高,高低肩严重,根据力的代偿原理,通常肩低的一侧下肢短缩,此类人群的上肢肌肉较正常人发达,胳膊变粗,且肩膀一直提高,使斜方肌短缩。使用假肢的残障者,利用杠杆原理来带动假肢向前行走或甩动,其残肢越长,杠杆功能越大,旋转

功能保留越多,活动受限度越低;在行走过程中假肢和身体接触部位易磨损,影响残肢组织液的回流且残肢部位会发生不同程度的萎缩。

### 1.2 瘫痪人群

瘫痪人群中截瘫患者较多,多发于成人,瘫痪人群的辅助工具大多为轮椅。长期使用轮椅的人由于常年处于坐姿状态会引起躯干的变形,诱发脊椎弯曲,导致脊柱严重变形,通常会伴随着脊椎侧凸和旋转,进而影响肩胛骨的动作,导致肩关节的活动度受限;由于身体限制运动较少腰腹部隆起,有较多皮下脂肪堆积,腰围与臀围相对增大;膝盖弯曲使膝盖前方腿部长度增加;肢体活动范围受限,下肢关节尤其小腿会发生肌肉萎缩,整体形态和常人差异较大。

根据残障群体与常人不同的体型和两类群体各自的特征,服装在对应部位的尺寸大小、松量、结构设计、面料选择等方面需做相应的调整,以满足他们的特殊需求,如轮椅使用者和拄拐杖的人群都会出现耸肩,后背突出肩胛骨成弓形,肩点上移,对应肩臂部服装的版型尺寸应有所变化;假肢者穿戴假肢较频繁,对服装的耐磨性能和开口位置要求较高。

## 2 残障群体功能性服装的研究现状

目前残障群体功能性服装的研究还处于起步阶段,本文就涉及成衣开发过程中国内外相关研究较多的几个方面进行了总结分析。

### 2.1 残障群体人体测量研究

服装尺寸不合体会给残障群体带来不安全因素,如轮椅使用者穿着过于松垮的服装易被轮椅的辅助件勾连,甚至会绞进车轮导致轮椅侧翻<sup>[17]</sup>,因此为残障群体进行特殊结构设计的服装应该以科学的人体测量为基础。

#### 2.1.1 手工测量

传统的手工测量技术一般使用软尺、马丁测量仪等,工具简单且廉价,测量结果直观。由于身体部位的病变,大多数残障群体无法站立,局部易发生痉挛,很难保持测量所需要的标准姿势;同时,他们因常伴有不同于常人的运动姿势,身体局部的尺寸与常人相比存在较大的差异。因此,为行动受限的残障群体进行手工测量时,需要制定灵活的测量规则和必要的辅助工具才能得到关键部位的尺寸测量,如 Brogin 等<sup>[18]</sup>对多发性硬化症群体(MS)进行个案研究,在轮椅上进行尺寸测量,由于受试者无法站立其身高和臀围难以测量,任何外力都可能引起身体痉挛,故在不施加压力的情况下让被测群体躺在

床上,测量身高和臀部;测量胸围、腰围时为防止出现寒冷导致的痉挛,被试者不能穿着太过单薄的服装,因此,测试结果减去衣服厚度才能得到净尺寸;测量内长和外长时,由于双腿会发生痉挛,在受试者双腿之间放一个 21 cm 的隔板以保持常规的坐姿状态,以此方法得到了残障个体关键部位的尺寸。

与服装领域轮椅使用者手工测量的研究相比,工业设计领域中轮椅使用者尺寸测量的相关研究相对成熟,因此可借鉴轮椅设计需要用到的人体尺寸测量方法。Davoudian 等<sup>[19]</sup>通过抽样调查选取了手

动轮椅截瘫者(上肢活动能力良好)164 名,健康者 150 人,让受试者保持符合人体工学的标准轮椅坐姿;如图 1 (a) — (c) 所示,测量了 9 个坐姿尺寸:A 坐高、B 眼高、C 肩高、D 座深、E 膝高、F 臀膝长、G 臀宽、H 肩宽、I 肩臂前伸长、G 腕部宽度,并借助 SPSS 进行数据分析,得出健康男性的坐高、眼高、肩高、肩臂前伸长及腕部宽度均显著大于残障男性,为轮椅的座椅设计提供数据支撑;同时借助身高、颈椎点高、坐高三者之间的关系可推算背长,为保持坐姿残障群体的上衣衣长设计提供参考。

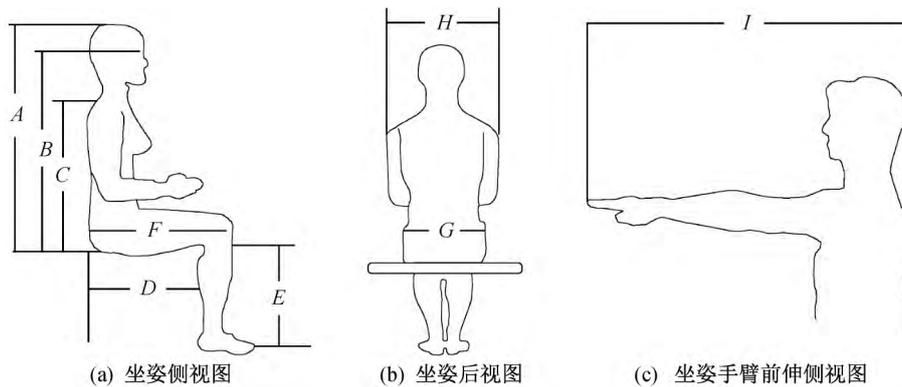


图 1 标准坐姿示意图

2.1.2 三维人体测量

三维人体测量应用现代图像测量技术可在数秒内完成对人体数百个部位尺寸的测量,扫描数据可直接储存在电脑端,对于大规模收集残障群体的测量数据提供了方法<sup>[20]</sup>。但大多数残障群体无法保持扫描所需的标准站姿,扫描仪的摄像机安装位置是为站立姿势而优化设计的,很难对坐姿进行完整地扫描,因此,在为残障群体进行三维人体扫描时数据丢失较严重<sup>[21]</sup>。为解决这一问题,Choi 等<sup>[22]</sup>采用手工和 Vitus Smart XXL 三维人体扫描仪对膝弯曲 90°的坐姿人体下的 29 个身体部位的尺寸分别进行了测量和比较,测量部位如图 2 (a) — (b) 所示。在进行三维人体扫描时,坐姿人体的一条腿被另一条腿遮住,扫描图像的臀部和大腿内侧区域会有大量缺失数据,如图 3 (a)。为解决这一问题,可通过改变被扫描者的坐姿状态,水平地架起左腿,扫描得到右腿数据,重复此步骤可得到左腿数据,最后从两个完整的腿部扫描图像中提取缺失的大腿内侧数据,用 Polyworks 中的 IM Merge 模块将左右腿的分块数据合并成一个整体,即可创建出高精度的 3D 人体模型,如图 3 (b),在此基础上以 Polyworks 充当虚拟测量工具,测量计算机屏幕上的 3D 扫描尺寸作为三维人体扫描得到的人体坐姿尺寸数据。通过 *t* 检验验证了两种测量方法得到

的坐姿人体数据,除膝关节高度 9 外均无显著性差异,因此三维人体扫描仪可充当残障群体人体数据收集的辅助工具,为进一步将三维人体扫描技术应用到残障群体数据收集领域提供了技术参考。

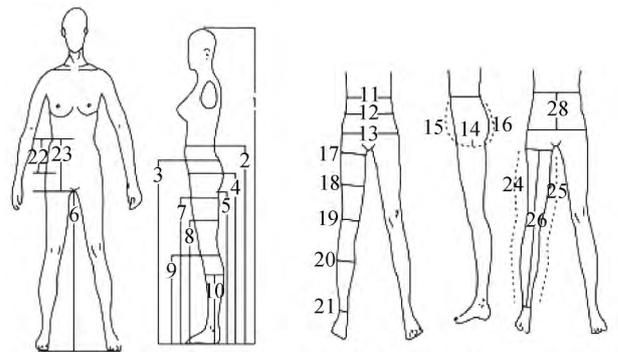
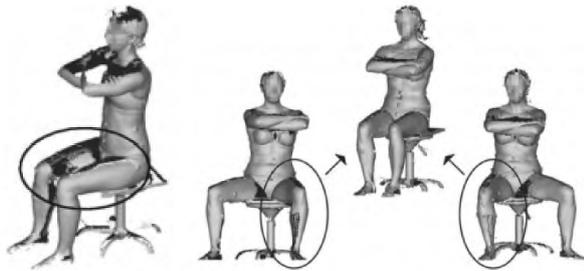


图 2 29 个人体测量尺寸示意图

注:26 和 27 对应,28 和 29 对应,分别表示前、后两个对应部位

在医学领域 Crytzer 等<sup>[23]</sup>借助三维激光扫描技术(Polhemus, Colchester VT, USA),得到 129 名轮椅残障者整个坐姿后轮廓的形状和大小,通过均方根误差对背部形状进行分类和比较,从人体功效学的角度为上装的设计提供数据参考。研究者将扫描得到的人体数据导入计算机设计程序,通过 3D 打印技术,为严重体态残障的人群定制背部辅助工具和功能性上装,降低继发性疾病的风险。



(a) 大腿内侧数据缺失 (b) 左右腿内侧数据合并到整体

图3 填充扫描中丢失的数据过程示意图

按照目前国标 GB/T 16160—2017《服装用人体测量的尺寸定义与方法》和 GB/T 23698—2009《三维扫描人体测量方法》的一般要求,对难以移动的严重残障者进行测量具有一定的局限性,实施难度大且效率低,很多测量标准根本不适用于残障群体。因此,有必要在已有尺寸测量的基础上加以完善,对不同残障类型的群体增加不同的测量部位,并注明获取该部位尺寸用到的测量方法及辅助工具,制订一份专门用于收集残障群体人体测量数据的新标准,便于研究者对数据的存储和可行性分析。

### 2.1.3 动态人体测量

近年来有学者提出的传统的手工测量及三维人体扫描测量法,都是为静态下人体测量而设计的,并不适合动态下的人体测量,而残障群体通常需要做康复训练,涉及到不同的体位运动,对服装的舒适度要求较高。因此,可引入人体的运动元素,利用动态人体分析系统对人体动态测量进行了探索性研究,了解人体不同部位在动态运动过程中的尺寸变化,为服装样板松量设计提供更科学的理论依据<sup>[24-25]</sup>。近年来随着各国残奥会的成功举办,带动了残障群体对体育运动的热爱,如轮椅舞蹈、轮椅橄榄球和篮球、七人制足球等。目前应用动态人体测量方法得到的动态人体数据已成功应用于健全国家运动员的泳装以及其他运动服装的设计,经试验证明可显著减少肌肉疲劳、增强身体舒适性、降低阻碍等<sup>[26]</sup>,未来可进一步探索此测量方法在残障群体服装设计领域的应用。尽管动态人体测量在设计过程中提供了更高的精度和通用性,在残障群体的尺寸测量上可以获得更加贴合人体的数据为功能性服装的局部样板松量设计提供参考,但当身体处于运动状态时,跟踪身体界标的位置较复杂,且残障群体移动不够灵活,此测量系统还未成功应用于残障人体测量领域。

### 2.2 功能性服装结构设计研究

和正常人相比,残障群体在日常生活中会遇到更多的障碍,符合人体工效学的服装结构设计可延

伸残障群体的生理机能,为他们的生活提供帮助。故此类服装的结构设计应有别于常人,现阶段对残障群体的功能性服装结构设计的研究较少,主要涉及服装的开口位置、开口大小、下装版型的改进设计。

对于轻度残障群体来说,他们经常单独外出参加活动或工作。由于穿脱不便,他们不能像常人那样可随天气变化随时增减衣物。为解决这一问题,Chang等<sup>[27]</sup>本着功能性和美观性的结构设计原则,设计了一款由衣身、外披肩、下部可拆卸部件组成的多功能复合风衣,以方便个人机动车、轮椅使用者外出穿着。结构上除保留常见的开口位置外,在腰部增加了横向开口,可根据天气随时拆卸用拉链连接的风衣下摆;后衣长缩短更有利于坐姿状态,前衣长增加并搭配辅料可折叠成较短的长度,方便使用者在不同辅助工具之间进行转移;外披肩呈A形,有利于手臂的伸展、身体的弯曲以及服装的穿脱。

对于重度残障群体来说,如高位截瘫者终身以轮椅为伴,自理能力差,且大多数重度残障群体在穿着裤装时先躺在床上穿,调整好后再转移到轮椅,因此在外出如厕时裤装的穿脱很不方便。从这一角度出发,Wang等<sup>[28]</sup>设计了一套以轮椅使用者为导向的功能性服装,上装沿用一衣多穿的设计理念,如图4所示,由可拆卸的袖笼和衣身组成,将开口位置设置在袖笼和前中,可根据自己的需要调整为夹克和连帽马甲;下装在大腿根部设置前后开口,在膝盖的前部切展,后部折叠,以适应膝盖在坐姿时的弯曲状态,减少裤装对膝盖的压力,如图5所示;裆部加入了特殊的可拆卸结构,如图6所示,腹部的前部和臀部的后部通过拉链在大腿部连接可形成一条完整的裤装,这种特殊的结构设计可随时将裆部和腿部拆开分离,方便使用尿不湿的截瘫患者进行服装的局部洗漱和清洁。在臀部、下背部、膝盖等需要特别保暖的区域增加额外的可添加层,肘部和膝盖处的内侧设计了省道,外侧加入褶皱,使肘部在转动轮椅时更加的灵活。而对于完全失去自理能力的重度残障群体,大多数需要有家人或者护理人员的帮助,才能完成裤装的穿脱,为此Shurong等<sup>[29]</sup>设计了适合重度残障者的易护理服装,如图7所示,在腰部两侧设置长度为16 cm的侧开口,用魔术贴连接,方便需要使用导尿管和尿不湿的残障者快速脱下裤装;后排设计长度为27 cm的臀部开口,搭配三个可调节的暗扣能够在残障者保持坐姿状态,就能完成裤装的穿脱,有效解决了瘫痪群体穿衣和如厕的难题,给护理人员 and 家庭照顾者提供了很大的便利。



图4 功能性轮椅上装示意图

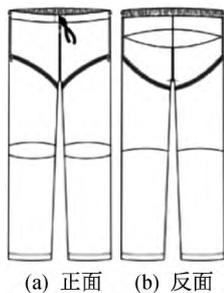


图5 功能性轮椅裤装示意图

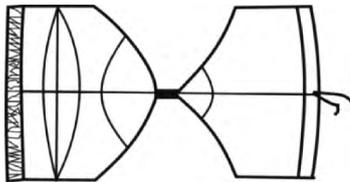


图6 裆部可拆卸结构示意图

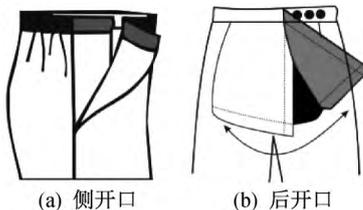


图7 裤装开口示意图

郭志斌<sup>[30]</sup>则从无障碍结构设计角度出发,综合不同的开口位置、开口方向和下装版型的改进,深入系统地研究服装无障碍的穿着方式,从功能性服装设计角度满足了残障群体追求个人形象和尊严的心理需求。另外一些学者<sup>[31-33]</sup>以轮椅残障群体的裤装和裙装为例,结合人体工效学通过切口实验、体表画线法等方法,测量了裤装关键部位尺寸(腰围、臀围、大腿围、膝围等)在站立和坐姿不同状态下的形变规律,通过定性和定量分析,得出各关键部位的理想宽松率、理想半径和理想加放量,改进设计了符合下肢残障者形态变化和功能性需求裤装基础样板结构。

当前对残障群体服装结构设计的研究,大多针对市场上现有的服装进行细微的改变,并非完全根据用户的实际需求,局部设计太过于强调他们的身体缺陷,未充分考虑目标人群的生理和心

理特征。因此,如何利用特殊的服装结构设计,以达到实用美观的目的,是以后残障群体服装结构设计重点。

### 2.3 功能性面料的研究

由于残障群体复杂的身体和生理特征,需要开发特殊的功能性面料,以满足该类人群的特殊需求。目前面向残障群体开发的功能性面料主要有吸湿透气型、自洁抗菌型、保暖调节型等功能性面料。

#### 2.3.1 吸湿透气型面料

对于长期卧床或保持坐姿的残障人群,因自身重量持续挤压皮肤,常发生皮肤和皮下组织缺血坏死,患压力性溃疡(褥疮)的风险增加<sup>[34]</sup>,这种疾病较难治愈且反复发作,严重者可导致死亡。针对这一问题,Basal等<sup>[35]</sup>以轮椅残障群体和截瘫人群为研究对象,利用面对面的丝绒织造技术,开发生产了由两层不同的织物层组成的二维(2D)间隔织物,该织物具有较好的吸湿透气性,能有效预防褥疮。在此基础上,近几年三维(3D)间隔织物<sup>[36]</sup>不断发展,凭借其较好的透气性、透水性、回弹性等物理性能广泛应用于医疗领域,在服装局部采用此种面料能有效提高围绕在皮肤局部小气候的舒适度,为治疗和预防褥疮提供帮助。

#### 2.3.2 自洁抗菌型面料

大多数残障群体致残后会伴随各种各样的并发症,如脑性瘫痪(CP),70%~80%的CP手脚不灵活并伴随不自主抖动抽搐,稳定性较差。因此在吃饭等日常活动中衣物易沾染脏物,这些污渍不仅影响服装的外观,而且会带来卫生方面的隐患<sup>[37]</sup>,故需要频繁换洗衣物;残障群体大多缺乏锻炼抵抗力差,皮肤较敏感,故局部需要使用抗菌、易清洁的功能性面料。为解决这一特殊需求,Karimi等<sup>[38]</sup>采用浸涂法,在棉织物上涂覆氧化石墨烯,经TiCl<sub>3</sub>还原后,在试样上得到了石墨烯-二氧化钛纳米复合材料,经过后整理工艺处理技术使其具有优良的抗菌性和自清洁性。近年来为节约能源,减少材料消耗,加强环境保护,以提高抗菌性纺织品的市场份额,吴俭等<sup>[39]</sup>、Ibrahim等<sup>[40]</sup>、Ravindra等<sup>[41]</sup>以生态友好型的方式制备了具有抗菌纤维素的功能棉织物,经处理后的棉织物抗菌性能优于机织物,经过多次洗涤,仍保持良好的抗菌功能。

#### 2.3.3 保暖调节型面料

正常情况下人体主要通过自主性生理体温调节和行为性被动体温调节来使人体处于热平衡,然而,多数残障群体自主性体温调节能力下降,因此在气

温较低时需要借助保暖性良好的服装来减缓散热速度以弥补自身产热不足的缺陷。

国内外对保暖调节面料的研究主要集中在远红外材料和相变材料与纺织面料的结合上<sup>[42-43]</sup>。其中,远红外织物的研究已向功能新型化发展,未来在残障群体服装的设计中上具有较大的应用空间。Park等<sup>[44]</sup>将陶瓷粉末引入纺织结构中,研制出舒适且具有良好的发热性能的热身套装,利用红外热像图进行了评价,发热效果较好。相变材料(PCM)与纺织面料的结合是最近几年国内外研究的热点,通过纤维填充法、涂层法、微胶囊法使具有热调节的相变材料加入到纺织品中,使面料具有温度自适应的优点<sup>[45]</sup>。当相变材料与人体周围小气候相互作用时,会对由活动水平和外部环境变化引起的温度波动做出反应,使皮肤温度保持在舒适的范围内,对残障群体的体温调节带来很大的帮助。

此外,将可穿戴设备和面料的结合制备具有加热功能的智能纺织面料,通过在普通面料上电镀金属层或在纺纱过程中将导电纱与传统纱线结合,使面料具有一定的导电性能,使可穿戴系统通过便携式锂电池连接5~15V的低电压,可使服装具有一定加热功能<sup>[46]</sup>,对人体的体温调节具有积极作用。

#### 2.3.4 其他功能性面料

使用假肢、双拐、轮椅等辅助工具的残障群体,其工具和衣物之间易发生磨损,因此在选择织物时根据局部的特殊需求,应采用耐磨性较好的面料,郝云娜等<sup>[47]</sup>通过电喷涂技术,将石墨烯纳米片层成功地接枝到棉织物表面,不但保留了石墨烯棉织物的保暖性能,还增强了其耐磨性。织物中的静电易吸引灰尘等颗粒,在穿脱时易产生火花,通常情况下静电不会直接危及安全,但火花的冲击有时会导致个人突然不受控制地移动,这对于残障群体来说较危险,因此可采用导电纤维混纺<sup>[48]</sup>或嵌织技术<sup>[49]</sup>得到抗静电面料,可显著改善服装的抗静电性能。残障群体身体受限加上无障碍建筑的不完善,在日常生活中易被碰撞或摔倒,给身体带来二次伤害(如伤口、瘀青、骨折等),因此防撞、抗冲击的材料用在服装的局部可以对他们起到保护作用,目前PORON<sup>[50]</sup>和D30<sup>[51]</sup>这两种材料已用于运动服装领域,国内外正积极探索使用此材料和服装面料结合,未来可进一步应用到残障群体运动服装的防撞设计。

#### 2.4 特殊人体建模及虚拟现实技术的应用研究

利用三维人体扫描、摄影等数字化技术,设计师可以建立有身体缺陷的三维人体模型,然后通过虚拟现实(VR)技术开发虚拟试衣系统<sup>[52]</sup>,进行残障群体服装产品的开发设计,打破了二维平面的局限性,在残障群体服装的开发过程中进行快速有效的样衣制作。

##### 2.4.1 特殊人体建模

人体表面是一个复杂的曲面,建模过程较繁琐,可根据实际情况选择不同的建模方法,目前在残障群体特殊人体建模领域用到的方法主要有两种:基于三维扫描的人体建模和基于人体照片信息的人体建模。

用三维人体扫描系统作为数据输出系统设备,获取个体详细的尺寸数据,产生人体点云,经过降噪、精简、孔洞修补、表面重建等步骤构建个性化的三维人体模型<sup>[53]</sup>,考虑到残障群体大多难以保持扫描系统要求的标准站姿,Rudolf等<sup>[54]</sup>在为轮椅使用者开发人体工学服装时制作了一种轮椅使用者三维扫描座椅原型,该座椅由铝型材料组成,深度和高度可调节,以适应不同个体的尺寸和脊柱变形程度的高度调整,用Artec Studio 9.0三维扫描软件获取坐姿状态下人体的表面网格结构,利用三维人体网格建模和表面重建技术建立了坐姿三维人体模型。经虚拟缝制和测试,改善了坐姿状态下服装的整体外观和穿着舒适性,为残障群体服装的个性化定制和开发提供帮助。

对于因椎体扭曲变形导致身体左右严重不对称的非典型个体,在进行三维人体扫描时,人体的关键标志点无法被自动检测,需要大量的人工调整才能获得完整的三维体型。因此,可采用基于人体照片信息的人体建模方法实现对非典型个体的人体建模,通过对人体二维尺寸信息与三维尺寸信息的相互转换和修改,不需要详细的人体数据,就可以从正交照片中生成个性化的全身三维模型<sup>[55]</sup>。Hong等<sup>[56]</sup>利用此方法实现了对脊椎侧凸的人体照片信息进行人体建模,在3D扫描过程中,首先在不同的视图以相同的姿态在同一参考轴下拍摄不同的扫描图片,如图8(a)-(d)所示,得到非典型个体正、背、侧(左右)面的二维图像,每张照片可被看作是全部扫描结果的四分之一;然后使用Rapid Form软件,将四幅图片组合、旋转、合并,生成完整的三维虚拟人体模型如图9(a)所示,利用该参考轴,找到不同视图的对应位置,生成一个独特的三维虚拟人体模型,如图9(b)所示。

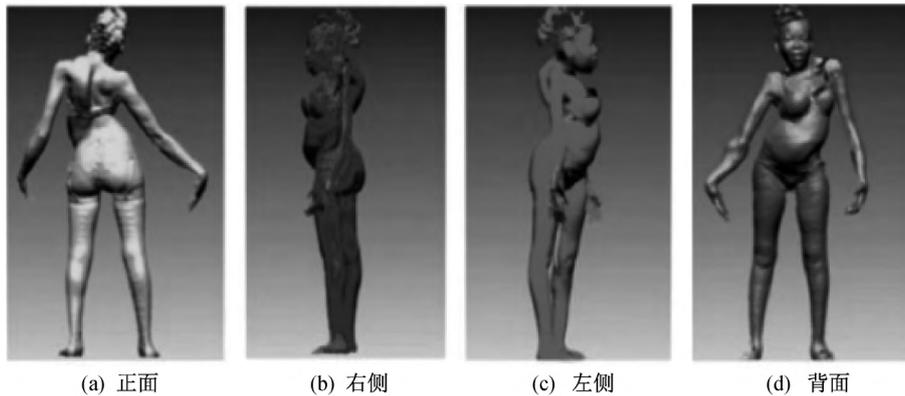


图8 不同角度下的扫描图

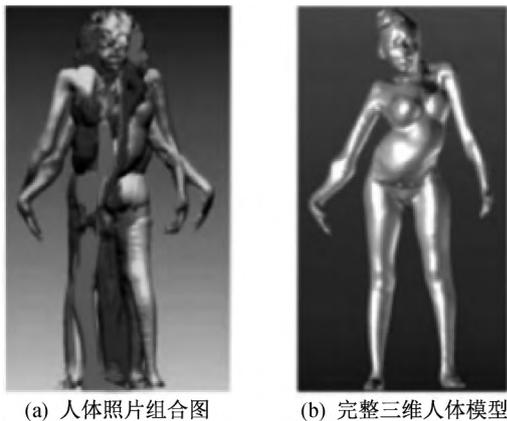


图9 人体模型合成图

#### 2.4.2 虚拟现实技术的应用

鉴于残障群体服装结构造型的特殊性,在前期开发阶段需要根据体型特征进行样衣的修改,过程较繁琐,而VR技术可利用虚拟模型来代替实物进行仿真分析,对残障群体服装领域的进一步开发具有良好的应用前景<sup>[57]</sup>。对于有特殊需求的残障群体和老年人,由于体型发生了较大改变,根据现有服装模式为此类群体开发服装产品的过程不仅耗时,且成本高,基于此Hong等<sup>[58]</sup>选取因脊柱侧凸而引起体型严重扭曲者为研究对象,提出了一种基于VR技术的3D到2D的规范化设计方法,应用计算机辅助设计软件系统构建虚拟设计平台,实现了三维扫描、三维人体建模、三维服装造型、二维图案设计和三维虚拟试验的有机结合。

由于残障群体服装设计的复杂性,Hong等<sup>[59]</sup>提出消费者对协同设计过程的参与可以提高消费者的满意度,与传统的三维到二维和二维到三维的设计方法相比,虚拟三维到二维的设计方法能够将协同设计的概念整合到局部设计,以适应不同类别的服装和残障群体。反复运行VR技术:设计-显示-评价-调整的四步策略,探讨服装块与人体的

关系,采用虚拟3D到2D设计方法、虚拟仿真技术、三维虚拟试穿等技术,可以快速、方便地建立服装二维技术空间(平面图案、颜色、纹理等技术参数)与成品三维知觉空间之间的交互关系,将设计结果可视化<sup>[60]</sup>,不仅改变了传统的工作流程(设计、试制、修改设计、再试制、规模生产),而且为目前发展还不够完善的残障服装市场带来了全新的商业模式。

### 3 残障群体功能性服装在发展中面临的问题

目前残障群体服装的发展还有以下不足,可进一步研究:

a)残障群体功能性服装种类单一且缺乏对成品服装的评价测试方法研究。国内外的研究大多集中在肢残者和轮椅使用者这两大残障群体,对于盲人、小儿麻痹症、脑瘫等残障群体的功能性服装研究较少,对此类服装的评价大多停留在常规的主观评价测试方法的研究上,评价指标未进行量化,且研究成果仅限于实验设计阶段,未实际应用。

b)缺乏残障群体的基础号型研究。现有的研究测量方法、样本、标准等方面的研究缺乏统一性,很难对以往研究的数据库进行有效的对比分析,现阶段残障群体的号型分类仅停留在正常人群,导致现有服装难以符合残障群体的体型特点。

c)开发成本较高且缺乏考虑残障群体体型特点和局限性的功能性创新设计。残障群体属于弱势群体,人员分布不集中且心理较敏感,体型差异较大,对服装的结构设计和面料舒适性及防护性的要求较高。

### 4 结 语

本文以残障群体为研究对象,对残障群体进行了分类,根据残障群体在人工测量和三维人体扫描

测量,以及动态人体测量的应用研究进行了归纳;针对不同残障群体的服装功能性结构设计进行了梳理总结;对不同性能的服装面料、人体建模及虚拟现实技术在此类服装中的应用研究进行了阐述。

残障群体功能性服装设计研究是一项系统工程,充分体现了社会对于残障群体的人文关怀。此类服装的卫生性、舒适性及服装的结构等方面有别于普通服装,未来的发展方向主要有以下3个方面:

a)扩大对残障领域的服装研究,针对不同残障类型的身体局限性,进行不同的功能性设计,并选用科学的评价测试方法对成品服装进行功能评价,将其转化为适销对路的商业产品。

b)制订残障群体人体测量数据的新标准,结合计算机技术开发适合残障群体的三维人体扫描系统,建立尺寸数据库,使残障群体体型分类和人体建模更加准确合理。

c)转变思维和发展模式,加强学科交叉,将可穿戴技术与残障群体功能性服装相结合,优化残障群体服装结构设计、功能性面料、人体建模等相关研究,为开发模块化和多样性的快速生产系统和残障群体服装的专业集成化,及面向广大消费者的商业化做准备。

#### 参考文献:

- [1] 吴晓慧.轮椅设计的分析和无障碍设计研究[J].工业设计,2016(6):70-71.
- [2] Ayachit S, Thakur M. Functional clothing for the differently abled[J]. Indian Journal of Public Health Research & Development, 2017, 8(4): 904-913.
- [3] McBee-Black K, Ha-Brookshire J. Exploring clothing as a barrier to workplace participation faced by people living with disabilities[J]. Societies, 2018, 8(1): 19.
- [4] Kabel A, Dimka J, McBee-Black K. Clothing-related barriers experienced by people with mobility disabilities and impairments[J]. Applied Ergonomics, 2017, 59: 165-169.
- [5] Dimka J, Kabel A, McBee-Black K. Disability, participation and apparel throughout the life course[J]. Anthropology & Aging, 2017, 38(1): 17-29.
- [6] 唐虹,沈晔.肢体障碍者服装结构解析[J].纺织学报,2004,25(4):69-70.
- [7] Das Neves É P, Brigatto A C, Medola F O, et al. Biomechanics and fashion: Contributions for the design of clothing for the elderly[J]. Procedia Manufacturing, 2015, 3: 6337-6344.
- [8] Chang H J, Hodges N, Yurchisin J. Consumers with

disabilities: a qualitative exploration of clothing selection and use among female college students[J]. Clothing and Textiles Research Journal, 2014, 32(1):34-48.

- [9] Lamb J M. Disability and the social importance of appearance[J]. Clothing and Textiles Research Journal, 2001, 19(3): 134-143.
- [10] 董江松,李仁旺,钱小燕.基于ARM的智能家居红外控制系统设计[J].浙江理工大学学报,2015,33(1):124-129.
- [11] 朱奥健,陆维特,张春勤,等.残疾人停车位使用状况调查及最大化利用设计研究[J].浙江理工大学学报,2018,40(3):288-296.
- [12] 于钊,林迅.工业设计中显控台的人体工效学方法研究[J].浙江理工大学学报,2019,42(2):171-177.
- [13] Kirchner C E, Gerber E G, Smith B C. Designed to deter community barriers to physical activity for people with visual or motor impairments [J]. American Journal of Preventive Medicine, 2008, 34(4): 349-352.
- [14] 邱卓英,陈迪.基于ICF的残疾和康复信息标准体系及其应用研究[J].中国康复理论与实践,2014,20(6):501-507.
- [15] Ittyerah M, Kumar N. The actual and ideal self—concept in disabled children, adolescents and adults[J]. Psychology and Developing Societies, 2007, 19(1): 81-112.
- [16] 伍佳,史丽敏,赵欲晓,等.肢残者服装的发展现状分析[J].中国个体防护装备,2009(2):26-30.
- [17] Eungpinichpong W, Butttagat V, Areeudomwong P, et al. Effects of restrictive clothing on lumbar range of motion and trunk muscle activity in young adult worker manual material handling [J]. Applied Ergonomics, 2013, 44(6): 1024-1032.
- [18] Brogin B, Weiss D C, Marchi S, et al. Clothing custom design: Qualitative and anthropometric data collection of a person with multiple sclerosis[M]//Brogin B, Weiss D C, Marchi S, et al. eds. Advances in Ergonomics in Design. Cham: Springer International Publishing, 2016: 359-369.
- [19] Davoudian Talab A H, Badee Nezhad A, Asadi Darvish N, et al. Comparison of anthropometric dimensions in healthy and disabled individuals [J]. Jundishapur Journal of Health Sciences, 2017, 9(3): e59009.
- [20] 姚怡,唐洁芳.三维服装技术的研究与应用[J].丝绸,2014,51(7):36-41.
- [21] Bragança S, Castellucci I, Costa E, et al. Anthropometric data for wheelchair users: A systematic literature review [J/OL]. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (2019-02-20) [2019-04-28]. <https://www.>

- tandfonline.com/doi/full/10.1080/10803548.2019.1567974. DOI:10.1080/10803548.2019.1567974.
- [22] Choi S, Ashdown S P. 3D body scan analysis of dimensional change in lower body measurements for active body positions [J]. *Textile Research Journal*, 2011, 81(1): 81-93.
- [23] Crytzer T M, Hong E K, Dicianno B E, et al. Identifying characteristic back shapes from anatomical scans of wheelchair users to improve seating design[J]. *Medical Engineering & Physics*, 2016, 38(9): 999-1007.
- [24] 王永进. 动态人体尺寸的测量方法[J]. *纺织学报*, 2013, 34(4):104-110.
- [25] Wang Y J, Mok P Y, Li Y, et al. Body measurements of Chinese males in dynamic postures and application [J]. *Applied Ergonomics*, 2011, 42(6):900-912.
- [26] Gupta D. Anthropometry and the design and production of apparel: An overview [M]//Gupta D. *Anthropometry, Apparel Sizing and Design*. Elsevier, 2014: 34-66.
- [27] Chang W M, Zhao Y X, Guo R P, et al. Design and study of clothing structure for people with limb disabilities [J]. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 2009, 2(1): 62-67.
- [28] Wang Y Y, Wu D W, Zhao M M, et al. Evaluation on an ergonomic design of functional clothing for wheelchair users [J]. *Applied Ergonomics*, 2014, 45(3): 550-555.
- [29] Hu S R, Wu X X. The design and evaluation of easy care clothing for disabled [C]//International Conference on Architectural, Civil and Hydraulics Engineering. Paris: Atlantis Press, 2016, 197-200.
- [30] 郭志斌. 无障碍服装设计:“轮椅族”下装 [D]. 北京: 北京工业大学, 2018.
- [31] 虞武, 陈晓鹏. 基于三维人体测量的轮椅使用者裤装的结构研究 [J]. *纺织导报*, 2010(4):82-83.
- [32] 朱娜. 轮椅使用者的裤装样板结构设计研究 [D]. 北京: 北京服装学院, 2008.
- [33] 虞武, 刘庆. 基于人体工效学的轮椅使用者服装的结构研究 [J]. *上海纺织科技*, 2004, 32(6):44-46.
- [34] Bansal C, Scott R, Stewart D J, et al. Decubitus ulcers: A review of the literature [J]. *International Journal of Dermatology*, 2005, 44(10):805-810.
- [35] Basal G, Ilgaz S. A functional fabric for pressure ulcer prevention [J]. *Textile Research Journal*, 2009, 79(16): 1415-1426.
- [36] Gokarneshan N, Velumani K. Some significant advances in spacer fabric technology for newer areas of applications [J]. *Journal of Textile Science & Engineering*, 2018, 8(1):1-5.
- [37] 田野, 钟齐, 王际平, 等. 智能清洁纺织品的成本降低与清洁性能研究 [J]. *浙江理工大学学报*, 2018, 39(4): 390-395.
- [38] Karimi L, Yazdanshenas M E, Khajavi R, et al. Using graphene/TiO<sub>2</sub> nanocomposite as a new route for preparation of electroconductive, self-cleaning, antibacterial and antifungal cotton fabric without toxicity [J]. *Cellulose*, 2014, 21(5): 3813-3827.
- [39] 吴俭俭, 许成韬, 谢维斌, 等. 自还原法制备纳米银抗菌棉织物工艺初探 [J]. *现代纺织技术*, 2019, 27(4):76-80.
- [40] Ibrahim N A, Abd El-Ghany N A, Eid B M, et al. Green options for imparting antibacterial functionality to cotton fabrics [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018, 111: 526-533.
- [41] Ravindra S, Murali Mohan Y, Narayana Reddy N, et al. Fabrication of antibacterial cotton fibres loaded with silver nanoparticles via “Green Approach” [J]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2010, 367(1/2/3): 31-40.
- [42] 付春林. 陶瓷远红外保暖保健针织面料开发 [J]. *针织工业*, 2018(7):10-13.
- [43] 孙玲, 卢业虎. 新型调温材料在服装中的应用 [J]. *现代纺织技术*, 2019, 27(4):38-43.
- [44] Park C H, Shim M H, Shim H S. Far IR emission and thermal properties of ceramics coated fabrics by IR thermography [J]. *Key Engineering Materials*, 2006, 321/322/323: 849-852.
- [45] 缪福昌, 朱信冀. 智能调温纤维及其在纺织品中的应用 [J]. *山东纺织科技*, 2018, 59(1):53-56.
- [46] Poboroniuc M S, Curteza A, Cretu V, et al. Designing wearable textile structures with embeded conductive yarns and testing their heating properties [C]//2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE), 16-18 Oct. 2014, Iasi, Romania. IEEE, 2014: 778-783.
- [47] 郝云娜, 田明伟, 曲丽君. 耐磨电热功能石墨烯复合织物的制备 [J]. *现代纺织技术*, 2019, 27(3):62-68.
- [48] 洪桂焕, 王巧玲. 耐久性抗菌抗静电功能面料的开发 [J]. *丝绸*, 2008, 45(8):16-17.
- [49] 林燕燕, 陈玉香, 张莲莲, 等. 嵌织式涤纶抗静电织物设计与性能分析 [J]. *现代纺织技术*, 2018, 26(6):43-46.
- [50] Tang M, Huang G, Zhang H H, et al. Dependences of rheological and compression mechanical properties on cellular structures for impact-protective materials [J]. *ACS Omega*, 2017, 2(5): 2214-2223.
- [51] Sun Y T, Liu X D, Tian G P, et al. Analysis of the D3O materials in baseball protective clothing [J].

- Applied Mechanics and Materials, 2012, 217/218/219: 1174-1177.
- [52] 吴义山, 徐增波. 虚拟试衣系统关键技术[J]. 丝绸, 2014, 51(12): 24-29.
- [53] 张小妞, 王军, 张春媛. 数字化服装三维人体建模方法综述[J]. 山东纺织科技, 2018, 59(3): 44-47.
- [54] Rudolf A, Görlichová L, Kirbiš J, et al. New technologies in the development of ergonomic garments for wheelchair users in a virtual environment [J]. *Industria Textila*, 2017, 68(2): 89-94.
- [55] Michael N, Drakou M, Lanitis A. Model - based generation of personalized full-body 3D avatars from uncalibrated multi-view photographs [J]. *Multimedia Tools and Applications*, 2017, 76(12): 14169-14195.
- [56] Hong Y, Zeng X Y, Bruniaux P, et al. Interactive virtual try-on based three-dimensional garment block design for disabled people of scoliosis type [J]. *Textile Research Journal*, 2017, 87(10): 1261-1274.
- [57] Cecil J, Kanchanapiboon A. Virtual engineering approaches in product and process design [J]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2007, 31(9/10): 846-856.
- [58] Hong Y, Bruniaux P, Zeng X Y, et al. Design and evaluation of personalized garment block for atypical morphology using the knowledge - supported virtual simulation method [J]. *Textile Research Journal*, 2017, 88(15): 1721-1734.
- [59] Hong Y, Bruniaux P, Zeng X Y, et al. Virtual reality - based collaborative design method for designing customized garment for disabled people with scoliosis [J]. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2017, 29(2): 226-237.
- [60] Lee E, Park H. 3D Virtual fit simulation technology: Strengths and areas of improvement for increased industry adoption [J]. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 2017, 10(1): 59-70.

(责任编辑:唐志荣)