

# 运动文胸设计研究现状及趋势

刘津池<sup>1</sup>, 于森<sup>\*1</sup>, 程文杰<sup>2</sup>, 王侠<sup>1</sup>

(1. 青岛大学 纺织服装学院, 山东 青岛 266071; 2. 武汉警官职业学院 信息工程系, 湖北 武汉 430040)

**摘要:**在充分梳理近年来国内外运动文胸设计研究现状的基础上,回顾了分区设计理念指导下的运动文胸罩杯、下围、肩带结构设计,常用运动文胸功能性材料,运动文胸面料织造方式、工艺设计及胸部造型设计方式、作用,运动文胸色彩、图案搭配原则;总结了运动文胸智能联接方面的研究与发展现状。在此基础上展望了运动文胸发展前景,即包裹性研究向舒适性研究转变;以研究乳房形态和运动规律为重点,推动运动文胸休闲化;在细分市场的理念指导下进行运动文胸设计;制定相关行业标准;培养相关人才等,实现运动文胸产业持续健康发展。

**关键词:** 运动文胸;功能性;舒适性;分区设计;智能运动文胸

**中图分类号:** TS 941.73 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2019)05-0388-10

## Current Situations and Trends of Sports Bra Design

LIU Jinchi<sup>1</sup>, YU Miao<sup>\*1</sup>, CHENG Wenjie<sup>2</sup>, WANG Xia<sup>1</sup>

(1. College of Textile and Clothing, Qingdao University, Qingdao 266071, China; 2. Department of Information Engineering, Wuhan Police Vocational College, Wuhan 430040, China)

**Abstract:** On the basis of fully studying the current situation of sports bra design at home and abroad in recent years, the structure design of sports bra cup, lower circumference and shoulder strap under the guidance of partition design concept were discussed; a variety of commonly used functional materials of sports bra were listed; the weaving method, technological design of sports bra fabric, etc. were described; the design methods and effects of the modeling of sports bra chest were defined; the color and pattern matching principle of sports bra were introduced; the research and development status of intelligent connection of sports bra were summarized. Having done the previous work, the development prospect of sports bra was prospected, that is, the research of wrapping is transformed into the research of comfort; the study of breast shape and the law of movement should be focused on, for the purpose of promoting the leisure of sports bra; sports bra design would be carried out under the guidance of the concept of market segmentation; relevant industry standards ought to be formulated; relevant talents should be cultivated, etc. Only after the above mentioned, can the sports bra industry get a sustainable and healthy development.

**Key words:** sports bra, functional, comfort, partition design, intelligent sports bra

由于国家政策的支持以及国民健康的需要,越来越多的人开始深度参与体育运动,与此同时,运动损伤的发病率越来越高<sup>[1]</sup>。对于女性而言剧烈运动导致的胸痛和乳房韧带拉伤十分常见,并且运动强度越大、乳房质量越大所产生的运动损伤也会

更加严重。运动时根据乳房质量、运动强度等穿着具备相应功能的运动文胸是减轻或避免此类运动损伤的有效方式。此外,穿着舒适性、美观度也将成为未来运动文胸设计研究的重要关注点。文中从运动文胸功能、舒适及美观等角度对其研究现状

收稿日期:2019-05-04; 修订日期:2019-08-20。

基金项目:教育部人文社会科学研究一般项目(17YJAZH131);中国纺织工业联合会科技指导性项目(2018078);现代服装设计与技术教育部重点实验室开放基金项目(17KL001)。

作者简介:刘津池(1995—),男,硕士研究生。

\* 通信作者:于森(1984—),女,讲师,研究生导师。主要研究方向为服装舒适性与功能服装等。Email:yumiao\_qd@126.com

进行梳理,以期对运动文胸设计的研究提供思路。

## 1 运动文胸人体工学研究

LORENTZEN D 等<sup>[2]</sup>在对慢跑时乳房运动状态的研究中发现,56%的女性在慢跑中会产生胸痛现象,其原因是运动时乳房会因惯性被施加强烈的加速度<sup>[3]</sup>,而乳房没有骨骼和肌肉,过度运动会使乳房韧带受到较大力量的拉伸,从而使乳房产生变形,引发胸痛<sup>[4]</sup>。ZHOU J 等<sup>[5]</sup>和王方圆等<sup>[6]</sup>的研究将女性运动时胸部位移视为上下、前后、左右3个方向位移的综合结果。JOHNSON C E<sup>[3]</sup>的研究结果表明,在乳房没有支撑的情况下,乳房单边平均质量为283.5 g的36C罩杯的女性,以5.6 km/h速度奔跑,其乳房上下位移均值约为11.9 cm。STEELE J R 等<sup>[7]</sup>对乳房较大的女性在水中跑步与在跑步机上跑步进行比较,发现水中跑步时其乳房向上和向下运动的平均速度和峰值速度都有明显的减小。闫颖<sup>[4]</sup>在研究中发现,不同的运动速度下乳房运动速度极差有显著差异,而相对速度差距不大时,乳房运动极差无明显差异,这也说明了运动类型和形式也影响着乳房的运动。

将穿着运动文胸与未穿着运动文胸时乳房运动状态进行比较,ZHOU J 等<sup>[8]</sup>发现穿着运动文胸时,乳房运动速度平均减少率大于67%,乳房下点运动速度平均减少率大于74%。STARR C 等<sup>[9]</sup>、HAAKES S<sup>[10]</sup>和BOWLES K A 等<sup>[11]</sup>发现穿着运动文胸进行运动时,施加到乳房的加速度也会大大降低,使乳房总位移量减少13%,垂直位移量仅为穿着普通文胸时的50%,同时乳房震动大幅缩小,乳房疼痛感明显减轻。另外 WINNIE Y 等<sup>[12]</sup>以乳房尺寸大小相同但形态特征分别为下垂和不下垂的2名女性为测试对象,发现当2名女性受试者在裸胸状态下以7 km/h的速度在跑步机上慢跑时,2名女性乳房在前后方向上加速度相似,其中下垂乳房的加速度较小;垂直方向上,向上的加速度相似,下垂乳房的向下加速度更大,所以针对不同的乳房形态需要有不同防护程度的运动文胸,以弥补乳房内部应力的缺失。LORENTZEN D 等<sup>[2]</sup>和卫斗妮等<sup>[13]</sup>还发现运动文胸可以通过特定的支撑强度和支撑方式影响身体动作,促进血液循环,提高运动机能。因此女性运动过程中穿着运动文胸是有必要的,乳房较大的女性还需要选择托举和抗压力较好的运动文胸产品,以提供更多支撑<sup>[2,14]</sup>。

运动文胸以普通文胸为原型<sup>[15]</sup>,通过特殊的结构设计、新纤维材料的使用和面料的拼接组合应

用,为乳房提供适宜的承托力和紧缚压力,以控制乳房运动幅度,减小乳房震动,从而起到保护乳房的作用<sup>[16]</sup>。李上校等<sup>[17]</sup>认为运动文胸会对身体产生向前的压力,使人穿着运动文胸行走时躯干屈曲角与扭转角幅度明显小于裸胸状态,从而大幅提升人体行走的稳定性。胸部位移幅度与舒适感呈负相关,运动文胸能够通过营造合理的压力微环境,分散乳房势能,控制乳房位移幅度,从而在保证乳房安全的前提下改善胸部舒适度。此外,对文胸款式、材料、面料及压力、合身性的研究<sup>[18]</sup>,也能够与乳房形态特征吻合基础上实现运动文胸的承托和束缚功能<sup>[19]</sup>,提升运动文胸穿着的主观舒适感<sup>[20]</sup>;还能够提拉、聚拢乳房<sup>[21]</sup>,改变乳房形态,美化胸部形体。

邱江元<sup>[22]</sup>将运动文胸分为不含罩杯的紧身运动内衣、复合结构式运动文胸等类别。市场销售的运动文胸有以下3类:①无罩杯的简易固定型运动文胸,适用于低冲击性运动;②压力式固定型运动文胸,剪裁合体,固定性、舒适性好;③复合结构式运动文胸,针对D杯及以上的女性参与中高强度冲击运动设计,固定性最好,有增强承托支撑能力的特殊钢托结构<sup>[23]</sup>。

## 2 功能设计研究现状

### 2.1 结构设计

结构设计是文胸设计的核心<sup>[24]</sup>。在人体工效学和感性工学指导下,结合人体胸部结构特点和乳房运动规律进行的运动文胸松量设置和结构设计,能够充分实现运动文胸的功能性和舒适性<sup>[6,25-26]</sup>。王方圆<sup>[27]</sup>和吴志明等<sup>[28]</sup>认为乳房位移幅度及其所受压力大小是评价运动文胸舒适性的主要因素,因此为控制乳房位移,避免乳房肌肉和韧带损伤,为穿着者提供更舒适的主观穿着体验,需要给予乳房合理支撑和紧缚压力。由于运动文胸覆盖部位形态差异较大,所以有必要结合肌肉走向和运动力学规律进行分区设计,合理分配服装压力,以减少肌肉振动,避免不必要的能量损失,同时按摩受压部位、增强肌肉收缩力及塑造良好的胸部造型<sup>[29]</sup>;并避免文胸肩带、胸托和后背对人体曲面转折处的一些特定部位形成过大服装压力<sup>[30]</sup>,达到舒适运动的效果。

由于女性乳房形态差异较大,个性化的运动文胸设计将是未来运动文胸设计的趋势,但这一趋势受模杯文胸开模成本的限制<sup>[31]</sup>,所以基于女性胸部三维形态,采用三维人体扫描技术和数字化建模技

术实现模杯数字化设计的研究,是为个性化运动文胸设计提供科学依据和方法的重要研究方向。王双虎等<sup>[32]</sup>采用正向工程设计方法根据人体的特征点和特征曲线数据直接在计算机中建立文胸模杯模型。深圳增强现实技术有限公司<sup>[33]</sup>通过一系列预设公式,控制乳房俯视、侧视曲线和乳头点坐标等重要参数,实现对个体乳房形态的微调。陈敏之<sup>[34]</sup>以胸围、乳下长、乳间距等胸部形态变化关键尺寸为控制参数,利用骨架驱动(skeleton driven deformation, SDD)变形技术实现了个性化的三维虚拟净体胸部模型向穿着文胸后虚拟人体的转换。

**2.1.1 罩杯设计** 罩杯是直接作用于女性乳房、包容承托乳房、塑造女性胸型的文胸主体部分<sup>[35-36]</sup>。孟丽华等<sup>[35]</sup>和陈晓娜等<sup>[37]</sup>的研究表明,文胸合体性主要取决于罩杯和下围的合体性,因此罩杯结构设计的合理性会直接影响文胸的服用性能,所以有必要结合胸部压力分布特点进行罩杯造型设计。

从减震保护的角度考虑,全包式罩杯结构能够在运动过程中最大程度承托乳房、包裹乳房,控制乳房运动幅度<sup>[16]</sup>。在罩杯内部和边缘填充柔软的泡沫垫、聚乙烯塑料甚至金属材料等衬垫,可以缓冲乳房动态位移,将运动时乳房对文胸的压力转移到衬垫材料的压缩中,从而将局部的冲击力分散到胸部各个区域,使得运动文胸能够充分发挥减震作用,实现对乳房的保护<sup>[15,38]</sup>。罩杯部位选用厚度适中、弹性模量小的面料<sup>[39]</sup>,可增强承托力,避免凸点。

从造型美观的角度考虑,内置的薄杯设计<sup>[40]</sup>或隐形设计,不仅能起到包裹乳房、限制乳房位移的作用<sup>[41]</sup>,还能够避免运动文胸外穿时的尴尬。从穿着舒适性角度考虑,罩杯衬垫材料设置小孔,可确保文胸透气性和排汗性;罩杯内层里布选用柔软吸湿、不易变形的面料<sup>[42]</sup>,可降低乳房与文胸接触时的不适感;罩杯内部无接缝、一体成型,罩杯侧面与下围、肩带、鸡心的接缝处有布料遮盖,接扣等配件缝有软垫,可避免文胸对乳头、皮肤的摩擦;整体结构简洁,可方便穿着者穿脱<sup>[43]</sup>。

从细节设计角度考虑,在罩杯侧面做加压的纵向分割处理,可将副乳内聚以充实胸围;按受力分布在罩杯外侧做分割设计,可提升文胸舒适性、避免罩杯变形;控制鸡心弹性,可增强罩杯所受牵引力。

**2.1.2 下围设计** 罩杯的运动稳定性主要取决于下胸围底边的稳定性。女性运动时乳房垂直方向

的位移会将文胸向上顶托,使其向上滑移,即发生跑杯。因此,选用弹性较好的面料做运动文胸下围束带,能在保证人体舒适性和运动自由度的基础上,为乳房提供更加强力的支撑,限制文胸上爬避免跑杯。GHO S A 等<sup>[40]</sup>研究发现运动强度越大,乳房位移幅度越大,对下围稳定性要求越高,因此可以通过增加下围束带宽度,加大接触面积,减少单位面积所受压力,控制乳房运动幅度,降低乳房不适感。但是在竞速跑等更高强度的运动中,还需要设计与胸部下缘形态吻合程度较高的隐性软钢圈结构作为底托,一方面软性材料能减轻钢圈与乳房之间摩擦引起的不适感,另一方面在乳房顶托文胸时对胸部施加较大的向下压力,控制乳房位移幅度<sup>[44-46]</sup>。运动文胸下围设计还可以结合不同面料的搭配,形成不同的视觉效果和穿着体验。

**2.1.3 肩带设计** 运动文胸肩带主要功能是承载乳房质量<sup>[47]</sup>。肩带前后两端通过胸部和后背上片的拉力、垂直于肩斜的向上静摩擦力,实现对乳房和罩杯的提拉,保持文胸的稳定。

乳房运动路径可以分解为 3 个方向:上下运动、前后运动、左右运动。孙萌梓<sup>[48]</sup>和王美丽<sup>[49]</sup>发现不同肩带结构对乳房不同运动路径的限制能力存在差异:X 型和 O 型肩带能显著控制乳房的前后和左右运动,约束肩带外滑;H 型肩带能更好控制乳房的上下运动。但不同的肩带结构也会使人体产生相应的不适:H 型肩带会影响肩胛骨和背部大肌群活动,导致含胸,还容易出现肩带下滑;X 型肩带会增大肩部所受压力。肩带前后部分设计选择组合的形式可以达到更好的功能性和舒适性,如后背选择交叉的复合式肩带设计可以有效控制乳房前后、左右运动<sup>[50]</sup>;前胸采用交叉式、吊颈式或 H 型结构可以确保垂直方向上对乳房的支撑。不同肩形需要选择不同肩带的运动文胸<sup>[51]</sup>,以提升舒适度。

不同罩杯的文胸肩带需要通过选择不同的纤维材料和织造方式的面料减轻对肩凸点的压力。B 罩杯及以下采用弹性模量较小、摩擦较小的材料,用强力提拉支撑乳房。C 罩杯及以上的女性由于乳房质量的增加,在将乳房质量产生的压力转移到肩部时,肩部会感受到强烈的紧勒感,所以需要选用有一定弹性且回弹性适中的面料,将肩带弹性变形产生的下行压力转化为提拉力,减少肩部所受压力,减轻肩部不适感。

为避免产生勒痕,运动文胸需要结合人体肩部肌肉走向设计肩带的角度,减轻肩部的压力<sup>[52]</sup>,还

需选用在两层弹性面料中间添加海绵或其他填充物的复合织物,增加文胸的承托能力。肩带宽度设计时,太窄会产生勒痕,造成不适;太宽会造成肩带皱缩、影响服装稳定性,所以适当加宽肩带有效宽度,能够分散接触面单位压力,减轻肩部不适。

为防止肩带滑脱,肩带背部设计可以采用“工”字形或挖空等形式;选用摩擦力大的纱线或织物增大单位面积内的摩擦阻力;根据肩部形态外移肩带和罩杯的连接点;将肩带设计为可调节式以适应不同使用者体型;增加防滑条设计等,提高运动文胸稳定性。

为加快散热、导湿,肩带可采用涤氨混纺等高导湿面料或者网眼面料设计。考虑到运动文胸多外穿的情况,肩带美观性也需要进行特殊设计,比如在肩带表面设计纹饰,增加蕾丝、花边装饰等。

## 2.2 面料选择

**2.2.1 材料设计** 运动文胸面料合理的软弹度和适体性能可以保证文胸良好的压力舒适性和运动舒适性。在面料设计选择中,应当根据穿着者需求选择运动文胸面料。

运动文胸主要功能是在运动过程中承载乳房质量、控制乳房运动强度,所以运动文胸罩杯面料垂直方向上需要有稳定的承托性,使罩杯受力且不易被拉长;还要有较好的横向弹性,确保穿着者呼吸舒畅<sup>[43]</sup>。刘国华等<sup>[53]</sup>研究表明,Lycra 纤维有较好的延伸性和恢复性,其抗拉扯特性以及成衣后光滑度、贴体度、伸展性都十分理想,能显著增强运动文胸伸缩性,提升穿着舒适度。

人体在运动过程中会有发热、出汗的现象,为优化运动体验,保持衣物干爽舒适、不黏贴,需要改善运动服装的热湿舒适性<sup>[54]</sup>。运动文胸作为贴身穿着的运动服装,对热湿舒适性的要求更高<sup>[52]</sup>,需要有较好透气性和快速排汗功能<sup>[43,55]</sup>。贺新辉<sup>[56]</sup>发现 Coolmax 纤维独特的四沟槽结构能将汗液迅速排至织物表层,促进汗液蒸发,使身体保持干爽,且吸湿后面料不发胀、不会发生粘贴、不会使皮肤有冰冷感,能确保运动舒适度。兰子微<sup>[57]</sup>研究发现 Cooldry 面料表面特殊的沟槽异形结构,也使其具有良好的吸湿排汗功能。

汗液在温湿条件下极易滋生细菌,甚至产生异味,所以运动文胸面料需要有一定抗菌除臭等自洁功能。将文胸罩杯内侧棉质衬经过技术处理制成带有芦荟涂层的芦荟文胸面料,在其与皮肤充分接触时,可将芦荟精华渗透至胸部,起到杀菌的作用。使用银纤维制成的独特面料,可使皮肤始终保持干

爽,且纤维中的纯银成分能在短时间内杀灭对人体有害的常见病菌,并除去汗臭。梁素贞等<sup>[58]</sup>研究发现天然甲壳素护肤纤维,有抑制霉菌滋生的功能,有保湿、吸湿快干等综合护理作用,还可以避免静电对人体皮肤系统、心血管系统、内分泌系统产生损害。

运动文胸水洗频率较高,所以较好的耐水洗性能是极其必要的。Dri FIT 超细纤维,有极强导湿能力,在反复洗涤后导湿能力下降不明显。冬季运动文胸的面料还需要有保暖、高透气等性能,Thermas. Tat 纤维能迅速排出水汽,避免穿着者产生黏湿感。运动文胸保健功能设计也逐渐受到重视,纳米技术萃取浓缩的负离子面料制成的运动文胸,可产生大量负离子,能使穿着者感觉像在森林中呼吸新鲜空气一般舒适,对身体健康和精神恢复有良好效果<sup>[58]</sup>。运动文胸贴身穿,需要保证亲肤性和舒适性,芦荟、丝蛋白、天丝棉、莫代尔纤维、安哥拉羊毛混合纤维等都能极大程度地解决相关问题。

但是随着人们对运动舒适性的要求越来越高,现有的纤维面料已不能满足运动文胸的设计需求。能够实现好的运动随身性<sup>[59]</sup>,有良好的协调性、适体性<sup>[60]</sup>,兼具良好的弹性和恢复能力,有控制吸湿、调节温度的作用,有高强力、高弹性、防风、抗菌、质地轻盈等特征,能保证运动文胸的舒适性,确保运动者保持最佳身体状态的智能纤维和高性能纤维逐渐在运动文胸研发设计中流行。不同的面料有各自特点,可以通过混纺集合多种面料的优点。

**2.2.2 分区设计** 运动中乳房各部位皮肤变化状况差异较大,应当对文胸面料做分区设计和弹性匹配。文胸侧片和杯片选用横向弹性较小的紧密材料,使得罩杯受力时面料性能稳定,减少文胸变形,保证合理的承托性,以控制乳房位移幅度。罩杯外料选择高弹、高导湿的面料,里料选择吸湿性较好、较柔软的面料,以达到良好的导湿性和舒适性。腋点附近及腋下处选用横向弹性、回弹性、排湿性较好的面料,保证人体运动时血液不滞塞,穿着舒适<sup>[61]</sup>。肩带部位选用弹性模量小、强度大,且导湿性能良好的面料<sup>[62]</sup>,并且结合人体压力阈值的关系来确定有效宽度和模量<sup>[63]</sup>,避免过细肩带对人体肩、胸造成压迫。在有必要选用钢圈结构时,应选择贴服性好且柔软的记忆型钢圈,避免在乳房周围留下钢圈印,影响运动文胸舒适性<sup>[64]</sup>。

**2.2.3 工艺设计** 运动文胸适合的工艺设计有助于文胸功能的发挥。采用无缝针织技术改变针织面料组织结构,可以塑造运动文胸优美的立体造

型,提高运动文胸的合体性,实现对乳房的良好承托,且由于不存在接缝,运动文胸经向受力均匀,改善了运动文胸舒适性。冯雅妮等<sup>[65]</sup>发现采用经纬编织物能满足动态人体对运动文胸材料弹性的要求,并进一步强化运动文胸保护乳房的功能。采用间隔织物作罩杯材料,可利用其强抗压性减弱乳房在运动过程中承受的压力,且其立体结构不仅具有良好透气性,还有助于调节内部温度,营造良好的乳房微气候。间隔织物还可以确保运动文胸罩杯完全不透明,避免文胸外穿的尴尬。白会东<sup>[66]</sup>将互穿网络水凝胶与原有内衣面料结合制成凝胶芯材,能够强化面料减震性能,改善亲肤性,更好地保证运动文胸的运动舒适性。

运动文胸工艺细节会对其功能性实现产生重要影响。坚韧、有弹性的氨纶、棉混纺纱线能使线迹顺畅;选用针尖稍圆的细针可以避免加工中对面料造成损伤;在前片分割线接缝处辑明线,不仅可以起到装饰作用,还能起到加固作用。侧缝、下围束带与罩杯的接缝处需有布料遮盖,以防接缝摩擦皮肤。

### 2.3 外观造型设计

**2.3.1 胸部造型效果设计** 运动文胸在满足功能性与舒适性的基础上,能塑造丰满的胸部造型效果,实现穿着的美观性<sup>[67-68]</sup>,是消费者选择运动文胸的重要因素。吴志明等<sup>[42]</sup>研究表明,人体受力分布情况是运动文胸结构和胸部造型设计的重要参考指标,在这一基础上实现运动文胸各关键部件的功能设计,可以塑造优美的胸部造型。

罩杯是文胸承托乳房和提拉乳房的部件,在兼顾舒适性、造型效果的基础上做全覆盖罩杯构造,能够实现对乳房软体的限制性包裹,塑造优美的胸部造型。背部是运动文胸整体设计的重要部位,它不仅需要在人体工效学指导下进行功能性设计,还需要紧跟潮流进行外观形式美的设计<sup>[56]</sup>。文胸后拉片的反作用力施加到乳房时,可以强化肩带向上的拉力,实现对乳房的提拉塑形;下围束带可以分担胸部压力,并且通过摩擦确保运动过程中不跑杯。

目前,以运动强度或运动项目为基础的运动文胸设计,仍是研究重点。根据不同运动强度时胸部结构的动、静态特征及运动文胸的着装稳定性因素塑造乳房立体空间,能够避免运动文胸压迫乳房或产生外观凹陷,提升穿着舒适感和美观度。胸部收省设计,能够营造立体的乳房造型空间,还能避免

对乳房产生过分的束缚和压力。

**2.3.2 配色与图案** 服装色彩是影响服装整体效果的因素之一<sup>[69]</sup>。运动文胸遮蔽人体面积小,且外穿的特性使其色彩的选择至关重要。运动文胸常见颜色大致可以分为无彩色系和有彩色系:无彩色系主要是黑、白、灰3种颜色;有彩色系以明度、纯度较高的红、黄、蓝等颜色为主。

图案是一种装饰性较强的艺术表现形式,被应用于现代设计的各领域<sup>[70]</sup>。运动文胸外穿时缺少其他服饰作为参照物,其图案设计能带来更直观的视觉冲击力。运动文胸设计需要以关注人们的生活文化为基础,设计出符合人们审美需求的产品<sup>[71]</sup>,如:使用动态感强的图案,增加活力和亲和力;运用图案的疏密和对比排列,使运动文胸整体具有节奏感<sup>[72]</sup>;图案与运动文胸造型结构相配合,二者互为主次,给人良好的视觉体验;还可以将传统元素渗透到运动文胸设计中,根据不同的人群匹配不同的色彩组合设计、图案设计、拼接和局部细节设计等。

### 2.4 智能联接设计

感知、反馈、响应是智能服装的3大要素<sup>[73]</sup>。柔性可穿戴产品集数据实时查询、网络数据处理和管理三位一体,是服装智能联接的发展趋势<sup>[74]</sup>。智能运动文胸可通过结合纺织服装技术、微电子技术、通信技术、云技术,感知外界环境或机体自身变化,实现对人体生理信号的监测,并收集反馈信息<sup>[75-77]</sup>。

在售智能运动文胸功能和原理大抵相似:利用心率传感器采集心跳数据,借助蓝牙等将数据传输到手机APP,在APP上进行心率、热量消耗、运动强度等数据的实时监测和计算,据此为穿着者提供相应的运动指导<sup>[78-80]</sup>。运动文胸的智能联接设计还可以借鉴医疗卫生领域的智能可穿戴技术,用压敏电阻材料实时测定运动时胸部肌群活动状况及活动负载,再将相关数据传输到医疗卫生系统以供医生定期查看。智联文胸不仅可以监测运动者运动技术能力和胸部潜在损伤状况,还可以实现对乳腺癌等重大疾病的早发现、早治疗<sup>[81-82]</sup>。文胸在与智能硬件的联结中,还需要保证智能挂件最小程度影响人体穿着舒适感,且数据输出监测便利、易于处理。运动文胸与医药功能的结合,不仅能够实现疾病监测预警、辅助女性身材保形、消除生理期痛经等,还可以与布基的压力纳米发电机和布基摩擦纳米发电机集成,实现自洁式消毒、除菌。

3 产品质量评价

3.1 内在质量检验

在进行内在质量检验之前需要做如下准备:运

动文胸内在质量检验的样品需要从成品上取样,并标识样品成分、含量和检测取样部位;染色牢度测试时取 4 cm×5 cm 面料、里料与贴衬,并将其缝合在一起进行测试。测试执行标准见表 1。

表 1 运动文胸内在质量检测项目及执行标准对照

Tab.1 Internal quality test items and execution standards for sports bras

测试项目	执行标准编号	执行标准名称
甲醛含量	GB/T 2912.1	《纺织品甲醛的测定》
pH 值	GB/T 7573	《纺织品水萃取液 pH 值的测定》
异味	GB 18401	《国家纺织产品基本安全技术规范》
可分解致癌芳香胺染料	GB/T 17592	《纺织品 禁用偶氮染料的测定》
耐水色牢度	GB/T 5713	《纺织品 色牢度试验 耐水色牢度》
耐皂洗色牢度	GB/T 3912—2008	《面料耐湿摩擦与耐水洗牢度》
耐摩擦色牢度	GB/T 3920	《纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度》
耐汗渍色牢度	GB/T 3922	《纺织品 色牢度试验 耐汗渍色牢度》
耐光、汗复合色牢度	GB/T 14576	《纺织品耐光、汗复合色牢度试验方法》
纤维含量	GB/T 2910,FZ/T 01057, FZ/T 01095,FZ/T 01026,GB 9994	《纺织品 定量化学分析》《纺织纤维鉴别试验方法》《纺织品 氨纶产品纤维含量的试验方法》《纺织品 定量化学分析 多组分纤维混合物》《纺织材料公定回潮率》
透气率	GB/T 5453,GB/T 8170	《纺织品 织物透气性的测定》《数值修约规则与极限数值的表示和判定》
底围压力值测试	FZ/T 70006	《针织物拉伸弹性回复率试验方法》

3.2 外在质量检验

运动文胸功能和工艺上的设计细节对其舒适性及质量指数会产生重要影响。运动文胸外观质量是其外在质量检验的重要参照标准,具体为:成品各部位尺寸与要求相符,误差不超过公差范围;线迹纹路均匀、流畅,无歪斜,无跳线、断线,无明显针眼;面料无油污、色迹、水印、绣污,无严重缺纱、线结,无破损、破洞等;附件不存在偏位、锈蚀、松动、脱落等安全隐患。

4 运动文胸发展趋势

运动文胸未来应当由包裹性研究向舒适性研究转变。在设计中要结合对造型的研究和穿着者的实际体验,通过合理包裹和承托实现保形、聚拢等功能的同时,转移压力分布,减少运动文胸对乳房的拘束,提升穿着舒适感。行走过程中,乳房在水平面上的位移小于其在垂直方向上的位移,但水平面上的位移对乳房的影响大于垂直方向<sup>[83]</sup>,所以针对性加强运动文胸鸡心、侧比的设计,能够更大程度地保证运动文胸实用性、功能性。

对乳房形态及其运动规律研究是制定合理运动文胸生产方案的基础<sup>[84]</sup>,内衣企业应对此进行重点研究,为运动文胸设计提供技术支撑;还应重视对胸部保形的研究,控制乳房向两侧运动,并在此

基础上推动运动文胸穿着的休闲化。运动文胸设计需要在细分市场的原则下进行:①不同胸型的女性对运动文胸的设计有不同要求<sup>[85]</sup>;②不同的运动强度对运动文胸的功能性需求不同;③不同年龄段的女性对运动文胸需求的侧重点不同,对价格的敏感程度不同;④要结合地域环境、风俗设计运动文胸。企业还应该加快产品功能性开发,引领时代潮流;了解消费者实际需求的变化,实现运动文胸的量身定制;加大宣传力度,使广大女性意识到运动文胸的重要性,通过有效营销手段提升公众认知和品牌产品知名度。

文胸标准制定协会应尽快开展女性胸部参数主成分研究<sup>[86]</sup>,这样不仅能够减少设计师在运动文胸版型设计中的工作量,还能为消费者在非试穿条件下选择运动文胸提供可能和便利,在此基础上建立专门的运动文胸设计号型标准,推动产业规范化,使运动文胸号型具有最普遍的适体性。高校应当试点开设相关专业,培养专业的运动文胸设计师。

5 结 语

不脱杯、振动小、合体性强、外型完美等是运动文胸设计研究的重点。在人体工效学、人体美学、服装生理学、纺织物理学的指导下进行运动文胸结构设计和面料选择,不仅能够保证良好的功能性和

稳定性<sup>[16,87]</sup>,还有利于更好实现运动舒适性,展现女性形体美<sup>[88]</sup>。现有文胸设计研究大都是重点控制乳房上下运动,而针对限制乳房向两侧运动的研究较少,但后者与胸部保形息息相关,也是推广运动文胸功能服装休闲化、日常化穿着的突破口。

#### 参考文献:

- [1] 陈咸,邓士琳.我国运动损伤研究的知识图谱分析[J]. 哈尔滨体育学院学报,2018,36(5):81-88.  
CHEN Xian,DENG Shilin. Analysis of knowledge atlas in the study of sports injury in China[J]. Journal of Harbin Institute of Physical Education,2018,36(5):81-88. (in Chinese)
- [2] LORENTZEN D, LAWSON L. Selected sports bras: a biomechanical analysis of breast motion while jogging[J]. Phys Sportsmed,1986,15(5):128-139.
- [3] JOHNSON C E. Womens soft fabric garment with integral brassiere;US 4398538A [P]. 1983-08-16.
- [4] 闫颖. 走和跑运动中胸对乳房运动学参数影响的研究[D]. 北京:北京体育大学,2016.
- [5] ZHOU J, YU W, NG S P. Methods of studying breast motion in sports bras; a review [J]. Textile Research Journal,2011,81(12):1234-1248.
- [6] 王方圆,陈晓娜,王建萍. 胸部位移与文胸舒适性关系初探[J]. 纺织学报,2013,34(1):106-109.  
WANG Fangyuan, CHEN Xiaona, WANG Jianping. Preliminary study of effect of breast displacement on bra comfort[J]. Journal of Textile Research,2013,34(1):106-109. (in Chinese)
- [7] STEELE J R, MCGHEE D E, POWER B M. Does deep water running reduce exercise-induced breast discomfort [J]. British Journal of Sports Medicine,2007,41(12):879-883.
- [8] ZHOU J, YU W. 3D dynamic analysis of breast without and with a sports bra [C]//World congress on ergonomics: 17th world congress on ergonomics (IEA2009). Beijing: [s. n.],2009:1-13.
- [9] STARR C, BRANSON D, SHEHAB B, et al. Biomechanical analysis of a prototype sports bra [J]. Journal of Textile and Apparel, Technology and Management,2005,4(3):1-13.
- [10] HAAKES S. A dynamic model of the breast during exercise [J]. Sports Engineering,2010,12(4):189-197.
- [11] BOWLES K A, STEELE J R, CHAUNHAIYAKUL R. Document sports brassiere design impede respiratory function[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise,2005,37(9):1633-1640.
- [12] WINNIE Y, ZHOU J. Three-dimensional movements of pert and ptotic breast[J]. Journal of Fiber Bioengineering and Informatics,2012,5(2):139-150.
- [13] 卫斗妮,刘驰. 健美操运动状态对服装压力及皮肤血流的影响[J]. 西安工程大学学报,2018,23(3):254-259.  
WEI Douni, LIU Chi. The effect of aerobics exercise state on dress pressure and skin blood flow[J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2018, 23(3):254-259. (in Chinese)
- [14] MCGHEE D E, STEELE J R. Breast elevation and compression decreases exercise-induced breast discomfort [J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2010, 42(7):1333-1338.
- [15] 陈嘉毅,高淑平. 运动文胸研究现状及发展趋势[J]. 轻纺工业与技术,2010,39(5):56-58.  
CHEN Jiayi, GAO Shuping. Present situation and development trend of sports bra research [J]. Light and Textile Industry and Technology, 2010, 39(5):56-58. (in Chinese)
- [16] 张羽晗,周捷. 运动文胸设计与功能性研究[J]. 纺织科技进展,2018(7):11-14.  
ZHANG Yuhang, ZHOU Jie. Study on the design and function of sports bra [J]. Progress in Textile Science and Technology,2018(7):11-14. (in Chinese)
- [17] 李上校,任景萍,周兴龙,等. 女性穿着运动文胸与未着文胸状态下步态特征的差异性[J]. 医用生物力学,2017,32(6):541-547.  
LI Shangxiao, REN Jingping, ZHOU Xinglong, et al. Differences in gait characteristics of women walking with and without sports bra[J]. Journal of Medical Biomechanics, 2017,32(6):541-547. (in Chinese)
- [18] 段杏元,于伟东. 文胸穿着舒适性的影响因素研究[J]. 江苏理工学院学报,2007,13(4):63-69.  
DUAN Xingyuan, YU Weidong. On the factors affecting bra wearing comfort [J]. Journal of Jiangsu Teachers University of Technology, 2007, 13(4):63-69. (in Chinese)
- [19] 常丽霞. 基于三维人体测量的轻度运动型胸衣的研究[D]. 西安:西安工程大学,2005.
- [20] 甘应进. 胸衣压力舒适性分析[J]. 国际纺织导报,2009(2):80-82.  
GAN Yingjin. Analysis of pressure on the comfort of bras [J]. Melliand China,2009(2):80-82. (in Chinese)
- [21] 李上校. 不同步频下运动文胸对乳房运动学特征及步态参数的影响[D]. 北京:北京体育大学,2016.
- [22] 邱江元. 基于胸部力学模型的运动文胸穿着模拟[D]. 苏州:苏州大学,2016.
- [23] 佚名. 运动文胸类型概述[J]. 针织工业,2014(3):62.  
Anon. An overview of sports bra types[J]. Knitting Industries,2014(3):62. (in Chinese)



- [24] 梁素贞,张欣,陈东生. 文胸结构设计中主要细部尺寸的人体依据[J]. 纺织学报,2008,29(12):69-73.  
LIANG Suzhen, ZHANG Xin, CHEN Dongsheng. Body foundation of major part-dimensions in bra pattern-design [J]. Journal of Textile Research, 2008, 29(12): 69-73. (in Chinese)
- [25] 常丽霞,张欣. 运动胸衣研究现状[J]. 针织工业,2005(11):31-34.  
CHANG Lixia, ZHANG Xin. A review of sports corset research[J]. Knitting Industries, 2005(11): 31-34. (in Chinese)
- [26] 温星玉,刘驰. 文胸穿着舒适性的影响因素分析[J]. 纺织科技进展,2018(8):53-56.  
WEN Xingyu, LIU Chi. Analysis of the influencing factors of bra wearing comfort[J]. Progress in Textile Science and Technology, 2018(8): 53-56. (in Chinese)
- [27] 王方圆. 运动文胸舒适性研究现状评述[J]. 浙江纺织服装职业技术学院学报,2012,11(3):31-37.  
WANG Fangyuan. Review of current study on comfort of sports bra[J]. Journal of Zhejiang Textile and Fashion College, 2012, 11(3): 31-37. (in Chinese)
- [28] 吴志明,王美丽. 女性休闲运动胸衣设计开发初探[J]. 纺织科技进展,2008(5):95-96.  
WU Zhiming, WANG Meili. Design female leisure sport bra[J]. Progress in Textile Science and Technology, 2008(5): 95-96. (in Chinese)
- [29] 徐军,周晴. 运动内衣压力分布的主观评定[J]. 纺织学报,2005,26(2):80-81,84.  
XU Jun, ZHOU Qing. Subjective assessment of pressure distribution for sports underwear[J]. Journal of Textile Research, 2005, 26(2): 80-81, 84. (in Chinese)
- [30] 王越平,赵平,高绪珊,等. 女胸衣压力舒适性的客观评测[J]. 纺织学报,2006,27(11):90-93.  
WANG Yueping, ZHAO Ping, GAO Xushan, et al. Objective test and evaluation on pressure comfort for brassiere [J]. Journal of Textile Research, 2006, 27(11): 90-93. (in Chinese)
- [31] 徐瑶瑶. 基于有限元分析的文胸模杯合体性研究[D]. 杭州:浙江理工大学,2015.
- [32] 王双虎,丁亚茹. 中年女性文胸模杯建模方法研究[J]. 纺织科技进展,2016(8):24-30.  
WANG Shuanghu, DING Yaru. Study on the mold-cup modeling method for middle-aged women[J]. Progress in Textile Science and Technology, 2016(8): 24-30. (in Chinese)
- [33] 深圳增强现实技术有限公司. 乳房三维模型数学建模方法:201710781116.7[P]. 2018-02-13.
- [34] 陈敏之. 文胸作用下女体胸部形态变化效果分析及其模拟研究[D]. 上海:东华大学,2012.
- [35] 孟丽华,谢红. 基于不同设计要素的文胸罩杯压力分布[J]. 上海工程技术大学学报,2009,23(2):161-164.  
MENG Lihua, XIE Hong. Pressure distribution of bra cup based on different design elements [J]. Journal of Shanghai University of Engineering Science, 2009, 23(2): 161-164. (in Chinese)
- [36] 陈霞. 塑型文胸的结构设计[J]. 纺织学报,2008,29(1):94-97.  
CHEN Xia. Structure design of shaping bra[J]. Journal of Textile Research, 2008, 29(1): 94-97. (in Chinese)
- [37] 陈晓娜,王建萍. 文胸结构设计及其影响因素[J]. 纺织学报,2012,33(8):155-160.  
CHEN Xiaona, WANG Jianping. Bra patternmaking and its affecting factors[J]. Journal of Textile Research, 2012, 33(8): 155-160. (in Chinese)
- [38] 陆明艳. 运动文胸的运动舒适性研究与设计[D]. 苏州:苏州大学,2015.
- [39] 孙懋倩,王宏付. 基于压力舒适的运动胸衣设计分析[J]. 纺织导报,2013(10):92-94.  
SUN Minqian, WANG Hongfu. The design of sports corset based on pressure comfort principle [J]. China Textile Leader, 2013(10): 92-94. (in Chinese)
- [40] GHO S A, MUNRO B J, JONES S C, et al. Exercise bra discomfort is associated with insufficient exercise levels among Australian women treated for breast cancer [J]. Supportive Care in Cancer, 2014, 22(3): 721-729.
- [41] 季菊萍. 不同弹性面料运动胸衣的衣身平衡分析[J]. 江苏工程职业技术学院学报,2014,14(1):15-17.  
JI Juping. Garment pattern balance analysis of sports bra of different elastic fabrics [J]. Journal of Nantong Textile Vocational Technology College, 2014, 14(1): 15-17. (in Chinese)
- [42] 吴志明,王美丽. 基于舒适性的运动胸衣分区设计[J]. 纺织学报,2010,31(4):103-108.  
WU Zhiming, WANG Meili. Sectional design of sports bra based on comfortability [J]. Journal of Textile Research, 2010, 31(4): 103-108. (in Chinese)
- [43] 孙存禄,张玲,陈华. 胸罩穿戴不当致颈肩疼痛 58 例的临床治疗[J]. 中国康复,2004,19(2):119.  
SUN Cunlu, ZHANG Ling, CHEN Hua. Clinical treatment of 58 cases of neck and shoulder pain caused by improper wearing of bra [J]. Chinese Journal of Rehabilitation, 2004, 19(2): 119. (in Chinese)
- [44] 王方圆,金添,王建萍. 上海地区青年女性运动文胸消费行为调查研究[J]. 针织工业,2014(3):60-62.  
WANG Fangyuan, JIN Tian, WANG Jianping. A survey on female consumer behave on sports bra in shanghai [J]. Knitting Industries, 2014(3): 60-62. (in Chinese)
- [45] 杨艳. 女士运动型内衣改良研究[J]. 现代经济信息,2015(8):446.



- YANG Yan. Study on the improvement of women's sports underwear[J]. Modern Economic Information, 2015(8): 446. (in Chinese)
- [46] 王亭亭. 运动文胸下围摩擦性能研究[D]. 杭州:浙江理工大学, 2016.
- [47] 魏星艳. 基于三维人体测量运动文胸结构的研究[D]. 西安:西安工程大学, 2014.
- [48] 孙萌梓. 不同肩带结构的运动文胸对乳房的运动及相关肌肉活动的影响[D]. 北京:北京体育大学, 2017.
- [49] 王美丽. 基于人工神经网络休闲运动胸衣舒适性的研究[D]. 无锡:江南大学, 2009.
- [50] BOWLES K A. Sports bra design for active women[D]. Wollongong: University of Wollongong, 2012.
- [51] 段杏元, 谢登喜. 女性胸衣穿着不合理现象的分析与对策[J]. 西安工程大学学报, 2000, 14(1): 35-38.
- DUAN Xingyuan, XIE Dengxi. Analysis and work-out method on unreasonable cases in lingerie wearing[J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2000, 14(1): 35-38. (in Chinese)
- [52] 卫斗妮, 刘驰. 西安女性健美操运动文胸舒适性调查[J]. 服装学报, 2017, 2(5): 383-388.
- WEI Douni, LIU Chi. Survey on the comfort of female aerobics sports bra in Xi'an[J]. Journal of Clothing Research, 2017, 2(5): 383-388. (in Chinese)
- [53] 刘国华, 王启明. 含有 Coolmax 和 Lycra 的运动内衣: 舒适、适体[J]. 针织工业, 2002(2): 47-49.
- LIU Guohua, WANG Qiming. Coolmax and lycra-contained sports underwear: easy, fitting[J]. Knitting Industries, 2002(2): 47-48. (in Chinese)
- [54] 孟祥红, 陆明艳, 戴晓群. 运动文胸热湿舒适性研究[J]. 现代丝绸科学与技术, 2015, 30(3): 90-93.
- MENG Xianghong, LU Mingyan, DAI Xiaoqun. Study on thermal and wet comfort of sports bra[J]. Modern Silk Science and Technology, 2015, 30(3): 90-93. (in Chinese)
- [55] 张优灵. 常用文胸标准的选择[J]. 化纤与纺织技术, 2017, 46(4): 27-31.
- ZHANG Youling. The choice of common bra standards[J]. Chemical Fiber and Textile Technology, 2017, 46(4): 27-31. (in Chinese)
- [56] 贺新辉. 内衣创新款式设计及新材料应用全书[M]. 长春: 吉林科技出版社, 2004.
- [57] 兰子薇. 时装内衣设计与开发探讨[J]. 纺织科技进展, 2005(5): 68-69.
- LAN Ziwei. Devise and empolder the fashionable underclothes[J]. Progress in Textile Science and Technology, 2005(5): 68-69. (in Chinese)
- [58] 梁素贞, 张欣, 石俊. 从文胸结构特点谈高科技材料在文胸中的应用[J]. 纺织科技进展, 2007(4): 81-83.
- LIANG Suzhen, ZHANG Xin, SHI Jun. Discussion on the application of hi-tech materials to bra from the character of bra structure[J]. Progress in Textile Science and Technology, 2007(4): 81-83. (in Chinese)
- [59] 段杏元. 主塑形功能文胸设计与舒适性评价[D]. 上海: 东华大学, 2012.
- [60] WONG A S W, LI Y, YEUNG K W. Neural network predictions of human psychologic perceptions clothing sensory comfort[J]. Textile Research Journal, 2003, 73(1): 31-37.
- [61] 周捷, 张欣, 李毅. 基于人体生理特征的文胸材料弹性的选择研究[J]. 西安工程科技学院学报, 2005, 19(3): 26-29.
- ZHOU Jie, ZHANG Xin, LI Yi. Study of the flexibility of bra material based on human factors[J]. Journal of Xi'an University of Engineering Science and Technology, 2005, 19(3): 26-29. (in Chinese)
- [62] 马秋瑞, 周捷, 李健, 等. 运动文胸肩带数据分析[J]. 西安工程大学学报, 2018, 32(3): 249-253, 271.
- MA Qiurui, ZHOU Jie, LI Jian, et al. Data analysis of sports bra strap[J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2018, 32(3): 249-253, 271. (in Chinese)
- [63] 徐军, 王成荣, 李条条. 文胸肩带的选择依据分析[J]. 西安工程大学学报, 2011, 25(2): 193-197.
- XU Jun, WANG Chengrong, LI Tiaotiao. Analysis of the basis of bra straps choice[J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2011, 25(2): 193-197. (in Chinese)
- [64] LEE H Y, HONG K, KIME A. Measurement protocol of women's nude breast using 3D scanning technique[J]. Applied Ergonomics, 2004, 35(4): 353-359.
- [65] 冯雅妮, 程桂红. 《运动文胸》与《文胸》《一体成型文胸》标准的比较分析[J]. 中国纤检, 2015(12): 50-51.
- FENG Yani, CHENG Guihong. Comparison of three brassiere standards[J]. China Fiber Inspection, 2015(12): 50-51. (in Chinese)
- [66] 白会东. 智能高分子凝胶芯材嵌入式运动内衣面料性能分析与应用[D]. 西安: 西安工程大学, 2013.
- [67] 曲婷婷. 运动文胸设计研究[D]. 北京: 北京服装学院, 2012.
- [68] 张玲西, 王建萍. 运动文胸评价因素调研分析[J]. 服装学报, 2016, 1(2): 157-160.
- ZHANG Lingxi, WANG Jianping. Investigation analysis of sports bra evaluation factors[J]. Journal of Clothing Research, 2016, 1(2): 157-160. (in Chinese)
- [69] 陈慧. 服装色彩搭配研究[J]. 染整技术, 2016, 38(6): 7-9.
- CHEN Hui. Research of clothing color matching[J]. Textile Dyeing and Finishing Journal, 2016, 38(6): 7-9. (in Chinese)
- [70] 高雪美. 图案在服装设计中的装饰性特征[J]. 美术教育研究, 2016(23): 78-79.

- GAO Xuemei. Decorative features of patterns in garment design[J]. Art Education Research, 2016(23):78-79. (in Chinese)
- [71] 李超德. 设计美学[M]. 合肥:安徽美术出版社, 2004.
- [72] 黄丽萍, 周捷. 基于光致变色材料的运动文胸设计与应用[J]. 纺织科技进展, 2018(7):50-55.  
HUANG Liping, ZHOU Jie. Design and application of sports bra based on photochromic materials[J]. Progress in Textile Science and Technology, 2018(7):50-55. (in Chinese)
- [73] 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, 15.  
SHI Meiwu, XIAO Hong. The present state and perspectives of the smart textiles[J]. Hi-Tech Fiber and Application, 2010, 35(4):5-8, 15. (in Chinese)
- [74] 王莹. 智能穿戴服装的发展现状及应用探究[J]. 西部皮革, 2015, 37(23):42-44.  
WANG Ying. The development and application of smart wearable clothing[J]. West Leather, 2015, 37(23):42-44. (in Chinese)
- [75] 林彬. 智能服装的应用及发展[C]//中国纺织科学研究院, 纺织行业生产力促进中心, 北京纺织工程学会, 天津工业大学改性功能纤维天津市重点实验室. 第七届功能性纺织品及纳米技术应用研讨会论文集. 北京:北京纺织工程学会, 2007:3.
- [76] 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):109-117.  
TIAN Miao, LI Jun. Design mode and development tendency of smart clothing[J]. Journal of Textile Research, 2014, 35(2):109-117. (in Chinese)
- [77] 肖学良, 董科, 何文涛, 等. 可穿戴电子服装中织物电极的研究进展[J]. 服装学报, 2017, 2(1):1-6.  
XIAO Xueliang, DONG Ke, HE Wentao, et al. Research progress of electrodes in wearable electronic garments[J]. Journal of Clothing Research, 2017, 2(1):1-6. (in Chinese)
- [78] 王梦颖, 方方. 智能运动文胸的市场现状与功能[J]. 毛纺科技, 2018(6):65-70.  
WANG Mengying, FANG Fang. Research on the current situation and functions of intelligent sports bra[J]. Wool Textile Journal, 2018(6):65-70. (in Chinese)
- [79] 张震晓. 2016 智能纺织品从看“气质”到看“品质”[J]. 中国纺织, 2016(3):64-65.
- ZHANG Zhenxiao. 2016 intelligent textiles from "temperament" to "quality"[J]. China Textile, 2016(3):64-65. (in Chinese)
- [80] 佚名. 国内首个实时心率语音播报功能女性运动内衣发布[J]. 现代纺织技术, 2016, 24(1):52.  
Anon. China's first real-time heart rate voice broadcast function women sports underwear release. [J]. Advanced Textile Technology, 2016, 24(1):52. (in Chinese)
- [81] GODFREY A, HETHERINGTON V, SHUM H, et al. From A to Z: wearable technology explained[J]. Maturitas, 2018(113):40-47.
- [82] BELBASIS A, FUSSK F, SIDHU J. Muscle activity analysis with a smart compression garment[J]. Procedia Engineering, 2015(112):163-168.
- [83] 王丽卓, 陈东生. 女性文胸服装压感舒适性的研究[J]. 纺织学报, 2008, 29(4):134-138.  
WANG Lizhuo, CHEN Dongsheng. Study of pressure comfort of brassiere[J]. Journal of Textile Research, 2008, 29(4):134-138. (in Chinese)
- [84] 蔡月红, 赵莉. 塑形文胸结构与设计研究现状分析[J]. 山东纺织经济, 2017(5):44-48.  
CAI Yuehong, ZHAO Li. Analysis of molding bra structure and current design research status[J]. Shandong Textile Economy, 2017(5):44-48. (in Chinese)
- [85] 李上校, 任景萍, 闫颖, 等. 行走过程中文胸对乳房运动学参数的影响[J]. 北京体育大学学报, 2014, 37(7):75-79.  
LI Shangxiao, REN Jingping, YAN Ying, et al. The influence of bra on breast's kinematics parameters during walking[J]. Journal of Beijing University of Physical Education, 2014, 37(7):75-79. (in Chinese)
- [86] 李明菊. 基于女性体型分析的内衣结构构成及数字化设计研究[D]. 上海:东华大学, 2001.
- [87] LAWSON L, LORENTZEN D. Selected sports bras: comparisons of comfort and support[J]. Clothing and Textiles Research Journal, 1990, 8(4):55-60.
- [88] 郑伶俐, 张道英, 奚瑾琦. 基于女性胸部特征的文胸尺寸分析[J]. 广西轻工业, 2008, 24(5):94-95.  
ZHEN Lingzi, ZHANG Daoying, XI Jinqi. Analysis of bra size based on female chest features[J]. Guangxi Journal of Light Industry, 2008, 24(5):94-95. (in Chinese)

(责任编辑:卢杰)