

# 服装压力客观测量方法分析

刘红<sup>1</sup>, 王红歌<sup>1</sup>, 陈东生<sup>2</sup>

(1. 河南工程学院 服装学院, 河南 郑州 450007; 2. 闽江学院 服装学院, 福建 福州 350108)

**摘要:**服装压力的客观测量方法有间接测量法与直接测量法,其中间接测量法有拱压法(复模法)、软体假人法和理论计算法。直接测量法靠采用客观的服装压力测量装置直接测量服装压力值。直接测量法操作方便、简单,但易受外界因素的影响,因此,在服装压力舒适性研究中应将服装压力客观测量法中的直接测量法与间接测量法相结合,以期为服装压力舒适性研究提供更为有效的研究方法及更加精确、可靠的数据支撑。

**关键词:** 服装压力; 客观测量; 间接测量法; 直接测量法

**中图分类号:** TS 941.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2016)03-0267-04

## Analysis of Objective Measurement Method for Clothing Pressure

LIU Hong<sup>1</sup>, WANG Hongge<sup>1</sup>, CHEN Dongsheng<sup>2</sup>

(1. Department of Fashion Design and Engineering, Henan Institute of Engineering, Zhengzhou 450007, China; 2. Faculty of Clothing, Minjiang University, Fuzhou 350108, China)

**Abstract:** The objective measurement of clothing pressure includes indirect and direct methods. The indirect measurement includes arch pressure method (replication model method), software dummy method and theoretical calculation method. objective clothing pressure testing device is used to measure the clothing pressure value for direct measurement method. Direct measurement method is convenient and simple, but it is vulnerable to some outside factors. Therefore, direct and indirect measurement methods should be combined in the study of clothing pressure comfort to provide more reliable data and effective method on the research of clothing pressure comfort.

**Key words:** clothing pressure, objective measurement, indirect measurement method, direct measurement method

服装压力指的是人体穿着服装后来自服装的压力。1968年, Ibrahim等以保型性服装作为研究对象, 服装面料选择了具有双向拉伸性能的织物, 在测试面料物理机械性能的同时, 首次通过压力传感器测量了保型性服装对人体产生的静态及动态服装压力的大小和分布规律, 并首次提出了服装压的概念<sup>[1]</sup>。

随着服装压力舒适性越来越受到重视, 服装压力的客观测量问题也逐渐成为研究的热点之一。西方国家从20世纪初就开始研究服装压力的测试问题, 新的测试方法和测试仪器相继出现。服装压力的精确测量是研究服装压力舒适性的依据和基础, 因而选择合适的测试方法、先进的测试装置与

系统对服装压力进行准确的测量, 有助于深入、系统地分析服装压力舒适性。

服装压力的客观测量方法有间接测量法与直接测量法之分<sup>[2]</sup>。

## 1 间接测量法

间接测量法有拱压法(复模法)、软体假人法和理论计算法。

### 1.1 拱压法

拱压法(复模法)指用石膏或合成树脂, 做成模拟肘、膝部等部位的凸起模型, 在起拱处打孔, 贴置压强传感器, 测定衣服对凸起部位的压强。该方法中常见的是石膏法, 石膏法是用石膏做测定部位的

收稿日期: 2016-04-26; 修订日期: 2016-06-16。

基金项目: 河南工程学院博士基金项目(D2014042); 郑州市科技发展计划项目(20130687)。

作者简介: 刘红(1981—), 女, 副教授, 博士。主要研究方向为服装舒适性。Email: liuhong329@163.com

模型,模型的顶部要做得平一点,然后打孔,粘贴感压器材,测定模型上的衣服施加的压力。这种方法可以测出接近穿衣时的自然服装压强值,但不能进行连续动作时的服装压力测试,并且石膏模型制作比较麻烦<sup>[3]</sup>。

### 1.2 软体假人法

在服装压力的测试过程中,压力值的精确度很容易受到一些因素的影响,如实验室的温、湿度以及人体的微小姿势变化,因此,采用材料与人体皮肤及软组织的弹性模量、厚度等指标相似的软体假人进行服装压力测试,可有效地避免外界因素的影响。另外,用假人进行压力测量还将省时、省力。

1979年, Norman 等制作了假人模型,用于进行服装压力的预测,该模型由皮肤、软组织和骨骼组成,基于材料性能指标都与人体接近的原则,皮肤材料选用硅橡胶,人体软组织材料选用聚氨酯泡沫,该研究分别测试服装作用于真实人体及假人模型上的压力值,并比较了二者之间的线性关系及差异性<sup>[4]</sup>。2004年, Yu 等分别采用适当的材料模拟了人体骨骼、软组织和皮肤,建立了软体假人模型,并用于服装的压力舒适性研究<sup>[5]</sup>。2005年, Fan 等运用软体假人模型代替真人进行腹带的压感舒适性研究,并预测腹带的压力分布情况。实验结果表明,该假人模型具有较好的预测性,现在这个模型已被广泛地应用于模拟紧身服装的压力分布测试<sup>[6]</sup>。

### 1.3 理论计算法

理论运算法通常是先建立待测部位的人体模型,进而通过建立数学建模进行压力运算。

1966年, Kirk 等研究了服装压力与织物拉力和人体曲率半径之间的关系,其关系可用式(1)表示<sup>[7]</sup>:

$$P = T_H/R_H + T_V/R_V \quad (1)$$

式中:  $P$  为着装后某一特定点的压强值;  $T$  为在 instron 万能材料试验机上相同应变测量得到的织物拉伸力;  $R$  为某一特定点的曲率半径;  $H$  为水平方向;  $V$  为垂直方向。

人体的曲率半径可采用吉村法测定。图 1 为曲率半径测定仪,其中,  $h$  为待测点的凸起高度,  $\phi$  为量具的作用半径,根据式(2)可求出待测点在经纬方向的曲率半径  $r_H$  和  $r_V$ ,然后通过式(1)计算出该部位的服装压:

$$r = 0.5(\phi^2 + h^2)/h \quad (2)$$

式中:  $r$  为人体某一特定点的曲率半径;  $h$  为待测点的凸起高度;  $\phi$  为量具的作用半径。

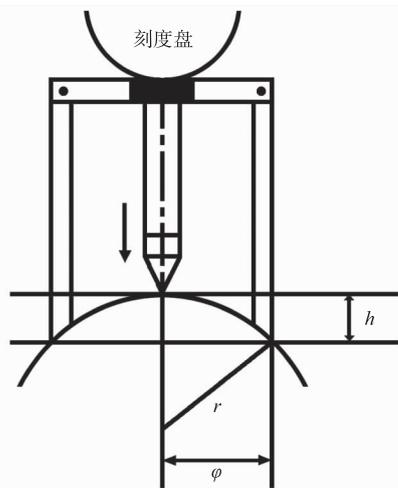


图 1 曲率半径测定仪

Fig. 1 Radius of curvature tester

基于球形原理, 1986年, Hasegawa 等针对弹性服装提出了另一个关于服装压力的计算公式<sup>[8]</sup>:

$$P = T_h K_h + T_v K_v \quad (3)$$

式中:  $P$  为服装压力;  $T$  为弹性面料单位长度的拉伸力;  $h$  为人体上被测部位的垂直方向;  $v$  为人体上被测部位的垂直方向;  $K$  为被测部位水平和垂直方向的曲率。

$K$  的计算如式(4)所示:

$$K = \frac{2h}{h^2 + \left(\frac{\phi^2}{2}\right)^2} \quad (4)$$

式中:  $K$  为被测部位水平和垂直方向的曲率;  $\phi$  为被测部位的宽度;  $h$  为被测部位的厚度。

罗笑南等 2001 年建立了人体穿着紧身内衣后压力分布的计算模型,该模型将人体视为刚性体,服装视为弹性薄膜,基于薄膜大变形原理,计算了人体穿着内衣后内衣上一系列点由于拉伸变形而产生的应力,基于弹性力学的最小位能原理,采用格朗日乘数法,计算了紧身内衣的压力分布情况<sup>[9]</sup>。

基于动态接触力学理论, 2002 年, Zhang 等建立几何非线性数学模型,模拟在运动过程中人体穿着紧身服装时的服装压力分布,该模型将人体视为刚性体,能够预测在运动过程中人体与服装之间的动态力学行为<sup>[10]</sup>。

2006 年韩红爽等建立了人体腰部的椭圆截面物理模型,基于该模型,建立了服装压力与织物拉伸力关系的数学模型。人体皮肤的表面压强  $p(a, b, \theta)$  ( $\theta$  为椭圆方程角度参数) 与单位宽度织物拉伸力  $T$  二者之间的关系如式 5 所示<sup>[11]</sup>:

$$T = p(a, b, \theta) \times R(a, b, \theta) =$$

$$p(a, b, \theta) \times \left( \frac{a^2 \cos^2 \theta + b^2 \sin^2 \theta}{ab} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$

当  $\theta = (\pi/2, 3\pi/2)$  时,  $T = (a, b, \theta) \times b^2/a$ , 即代表腰围两侧侧缝部位服装压力与织物拉伸力的关系。其中,  $T$  为单位宽度织物的拉伸力;  $p(a, b, \theta)$  为皮肤表面的压强;  $a$  为腰部椭圆模型的长轴长;  $b$  为腰部椭圆模型的短轴长。

目前,国内外关于服装压力理论算法的研究大多数都将人体视为刚性体,实际上,人体是一个有弹性模量和密度的弹性体,因此将人体作为刚性体建立模型来计算服装压力无法真实地模拟服装和人体之间的压力作用。近年来,很多专家学者将人体看作为弹性体,人体与服装之间的接触看作为弹性接触,建立模型用以计算服装压力值。

2003年, Li等为研究女性胸部与胸罩之间的动力学接触,建立了女体三维生物力学模型,该模型将女性胸部视为弹性体,采用有限元法研究了运动过程中女体和胸罩之间的动态接触,并获取动态接触模拟结果,具有很好的预测性<sup>[12]</sup>。2011年覃蕊将人体视为弹性体,足颈部与袜口之间的接触视为弹性接触,结合袜口处人体足颈部构造、骨骼的位置、形状及皮肤、软组织的厚度、弹性模量和泊松比,使用有限元软件 Ansys 对袜口处压力分布情况进行模拟分析,得出了袜口压力与皮肤位移和袜口材料物理性能之间的函数关系,建立了袜口处压力预测的数学模型,由此模型计算得到的压力值与实际测量值吻合度良好,该模型可用于袜口处服装压力的预测<sup>[4]</sup>。2012年刘红以女式弹性运动背心为研究对象,将女体视为弹性体,考虑到背心对女体胸围一周施压后,女体胸围会产生变形,因此采用有限元法建立了包含皮肤层、软组织层及骨骼层的标准女体胸围截面有限元模型,用以研究服装与人体的接触变形。基于该模型,对弹性运动背心胸围一周的服装压力进行分析,建立胸部服装压力预测的数学模型,通过验证,由该数学模型计算得到的胸部服装压力值与实际测量值非常接近<sup>[13]</sup>。

## 2 直接测量法

服装压力客观测量法中的直接测量法靠采用客观的服装压力测量装置来直接测量服装压力值。

服装业发达的国家从20世纪初就已经开始致力于服装压力测试装置的研究,经过许多专家学者的努力,到目前为止,已经出现多种压力测试装置,其中主要有:液压式压力测试装置、应变片式传感器压力测试装置、气压式压力测试装置、弹性光纤

压力测试系统等。其中,液压式压力测试装置指的是用水压力计或水银压力计测量服装压力值。该方法直接方便,但当测量人体曲率半径较小的部位时,过大的感压部件使得测量具有一定难度,并且当测量压力较大的服装时,感压部件会使服装出现变形,影响测量精度。应变片式传感器压力测试装置基于惠斯通电桥原理,服装压力的变化被作为电压、电阻的变化形式被检测出来。由于应变片体积微小,测试结果精度较高,但应变片传感器易受服装面料、人体曲率及人体表面压缩硬度等影响,而传感器的不易弯曲也导致动态压力测量较为困难。气压式压力测试装置是结合液压式压力测试法和应变片式压力测试法的优点开发得到的一种压力测试装置。由于感压部件的材料柔软易弯曲,该测量装置受人体和面料的影响较小,并且可以动态测量。弹力光纤压力测试装置多用于测试袜口压力,该装置传感器的灵敏度较高、频带较宽、动态测量范围大,并且方便与计算机系统结合,非常适合用于服装压力测量<sup>[14-18]</sup>。

## 3 间接测量法和直接测量法的结合应用

一般情况下,进行紧身服装压力舒适性研究,在试穿实验中,多数找出20个左右的真人试穿者进行服装试穿,然后采用服装压力测量装置测量服装的压力值,该方法极为耗费人力。随着软体假人的出现及不断完善,为紧身服装的设计及开发提供了一个研究平台,在紧身服装压力舒适性研究中,可以采用软体假人代替真人受试者,再采用服装压力测量装置进行压力的直接测量,这将极大的降低该项研究中人力的耗费。另外,采用真人模特作为受试者时,着装后真人模特的呼吸及轻微姿势变化都会影响到测量结果的准确性,而采用软体假人作为模特,则能较好地避免这种现象。对于一些人体中曲率半径较小的部位,局限于目前服装压力测量装置的精度,如果采用服装压力测量装置难以精确的测量该部位的的压力值,可以考虑应用理论计算法中的计算公式进行推导计算,得出更加精确的数值<sup>[19-20]</sup>。

## 4 结语

服装压力客观测量法中的直接测量法操作方便、简单,能够较为直观地读取所测位置的服装压力值,然而在测量过程中,由于传感器要置于服装与人体之间,会不同程度地改变服装与人体的原始

接触状态,传感器的大小、厚薄、形状、置入方向、待测点的体表曲率以及人体着装后的呼吸及轻微姿势变化等都会影响到直接测量数据的准确性,另外,直接使用真人模特作为实验的受试者,将会大量的浪费人力,物力。因此,在服装压力舒适性研究过程中应将服装压力客观测量法中的直接测量法与间接测量法进行有效地结合,将会显著地降低服装压力舒适性研究实验所耗费的人力、物力,提高研究的效率并获得更加精确的数据。

### 参考文献:

- [1] Ibrahim S M. Mechanics of form—persuasive garments based on spandex fibers [J]. *Textile Research Journal*, 1968(38):950-963.
- [2] 尹玲. 基于心率变异和脑波分析的塑身腹带着装压力舒适性研究[D]. 上海:东华大学,2012.
- [3] 徐杰,钱晓明,徐先林,等. 服装压力测试方法的探讨[J]. *针织工业*,2008(9):35-39.  
XU Jie, QIAN Xiaoming, XU Xianling, et al. A research on the garment pressure testing methods [J]. *Knitting Industries*,2008(9):35-39. (in Chinese)
- [4] 覃蕊. 足颈与袜口间接接触压的有限元研究[D]. 无锡:江南大学,2011.
- [5] YU W, FAN J T, QIAN X M, et al. A soft mannequin for the evaluation of pressure garments on human body [J]. *Sen Gakkaishi*,2004,60(2):57-64.
- [6] FAN J T, CHAN A P. Prediction of girdle's pressure on human body from the pressure measurement on a dummy [J]. *International Journal of Clothing Science and Technology*,2005,17(1):6-12.
- [7] Kirk W J, Ibrahim S M. Fundamental relationship of fabric extensibility of anthropometric requirements and garment performance [J]. *Textile Research Journal*,1966(36):37-47.
- [8] Haruko M, Hiroko M, Kazuo U. A study of clothing pressure developed by the brassiere [J]. *Journal of Japan Research Association for Textile End-Uses*,1991,32(9):416-423.
- [9] 罗笑南,曾龙,聂卉. 三维紧身内衣的压力分布计算模型[J]. *中山大学学报(自然科学版)*,2001,40(6):99-101.  
LUO Xiaonan, ZENG Long, NIE Hui. A computable model of pressure distribution of tight underwear [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*,2001,40(6):99-101. (in Chinese)
- [10] ZHANG X, Yeung K W, LI Y. Numerical simulation of 3D dynamic garment pressure [J]. *Textile Research Journal*, 2002,72(3):245-252.
- [11] 韩红爽,张梅,刘艳君. 弹性针织服装围度方向的压力数学模型[J]. *天津工业大学学报*,2008,27(4):19-21.  
HAN Hongshuang, ZHANG Mei, LIU Yanjun. Pressure mathematical model at circumference of elastic knitted apparel [J]. *Journal of Tianjin Polytechnic University*, 2008,27(4):19-21. (in Chinese)
- [12] LI Y, ZHANG X, Yeung K W. A 3D biomechanical model for numerical simulation of dynamic mechanical interactions of bra and breast during wear [J]. *Sen' I Gakkaishi*,2003,59(1):46-55.
- [13] 刘红. 弹力运动背心的压感舒适性研究[D]. 无锡:江南大学,2012.
- [14] 侯昀彤,徐蓼芫,王芳芳. 女性大腿截面曲率与下肢服装压力分布的关系[J]. *南通大学学报*,2015,14(2):43-48.  
HOU Yuntong, XU Liaoyan, WANG Fangfang. Relationship between the section curvature of female and the pressure distribution of lower limb garment [J]. *Journal of Nantong University (Natural Science Edition)*, 2015, 14(2):43-48. (in Chinese)
- [15] 于晓坤,李昕. 基于松弛强力的文胸肩带压力回归分析[J]. *东华大学学报(自然科学版)*,2013,39(5):622-627.  
YU Xiaokun, LI Xin. Regression analysis of the bra straps pressure based on its relaxed strength [J]. *Journal of Donghua University (Natural Science)*, 2013,39(5):622-627. (in Chinese)
- [16] 李杰,潘科,张佩华. 紧身针织服装压力测试与分析[J]. *纺织导报*,2014(5):110-112.  
LI Jie, PAN Ke, ZHANG Peihua. Measurement and analysis of the pressure performance of tight-fitting knitted clothing [J]. *China Textile Leader*,2014(5):110-112. (in Chinese)
- [17] 崔箐. 调整型内衣压力对青年女性注意力保持影响的ERPs研究[D]. 北京:北京服装学院,2013.
- [18] 高婕. 基于心率变异的女子篮球运动内衣压力舒适研究[D]. 杭州:浙江理工大学,2014.
- [19] 王丽卓. 文胸压感舒适性的研究[D]. 无锡:江南大学,2012.
- [20] 占辉,徐军. 服装压力舒适性研究及应用[J]. *北京纺织*,2004(5):58-60.  
ZHAN Hui, XU Jun. The research and application of clothing pre comfort [J]. *Beijing Textile Journal*, 2004(5):58-60. (in Chinese)

(责任编辑:杨勇)