

# 基于三维人体数据的女裤立体造型方法研究

葛秋菊, 王朝晖, 夏明

(东华大学 服装艺术设计学院, 上海 200051)

**摘要:**运用 TC<sup>2</sup> 三维人体扫描仪获取三维人体数据, 通过逆向工程软件 Rapidform 和三维建模软件 AutoCAD 提取三维人体特征部位数据, 构建裤装裆部结构线, 分析腰腹臀围、腿根围和膝盖围处截面, 确定对应裤装腰部省道量及中裆处造型量, 形成女裤基型模型。通过样衣制作与试穿对比实验, 验证了基于三维人体数据制作女裤方法的合理性。

**关键词:** 三维人体; 女裤; 结构; 建模

**中图分类号:** TS941.7

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-0356(2015)01-0076-06

裤装是现代女性日常生活中不可缺少的服装。近年来, 女性消费者对裤装的要求逐渐提高, 不仅要求穿着舒适合体, 且要求廓形美观。目前, 国外裤装研究者已开始运用三维人体数据, 结合计算机技术, 将三维人体数据转化为二维平面纸样进行裤装研究<sup>[1-2]</sup>。但国内裤装研究者及服装企业采用的是平面女裤结构理论, 研究主要集中在对裤装裆部结构设计及优化<sup>[3-4]</sup>、裤装样板数学回归模型建立等方面<sup>[5-7]</sup>, 主要研究方法为经验公式计算<sup>[8-10]</sup>、经验调整及裤装结构因子分析<sup>[11]</sup>, 且多基于平面纸样进行研究, 裤装合体性和外观造型未得到根本解决。本文从人体出发, 利用三维人体扫描得到的数据进行体型分析, 并确定裤装纸样结构因子达到裤装穿着合体且美观的效果, 满足消费者需求。另外, 该裤装研究方法可应用于不同体型, 为实现裤装定制(简称 MTM)生产模式奠定理论基础。

## 1 三维数据预处理

随机选取 1 名青年女性作为三维人体扫描对象, 并以此体型对象进行裤装研究。利用 TC<sup>2</sup> 对该青年女性进行扫描, 获得其三维人体扫描数据。

### 1.1 三维数据格式转换

TC<sup>2</sup> 三维人体扫描仪扫描获得的人体数据分为 4 种格式文件, 即 \*.wrl, \*.bin, \*.ord 和 \*.rbd 格式。该类格式文件包含了大量的人体点云数据, 对人体信息描述详细准确。

使用 Rapidform 软件对扫描文件进行格式转换。Rapidform 软件可以处理扫描数据的曲面建模, 完成艺术品测量建模和生成高级图形<sup>[12]</sup>。将 \*.wrl 格式

文件导入 Rapidform 软件中, 并导出为 \*.dxf 格式文件。利用 AutoCAD 软件打开此格式文件, 可以看到人体的三角网格模型, 如图 1 所示。

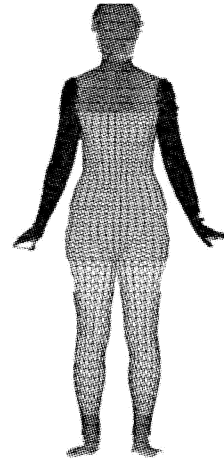


图 1 人体三角网格模型

### 1.2 三维人体扫描盲区数据修复

TC<sup>2</sup> 扫描仪扫描时, 人体腋下、会阴部位数据点难以获取, 得到的扫描人体数据在这些部位形成漏洞, 形成扫描盲区, 为了提取人体裆部弧线, 需对体会阴处的扫描盲区进行数据修补。将扫描得到的三维人体数据 \*.wrl 格式文件导入 Rapidform 软件里, 为研究方便, 删去人体双臂数据, 如图 2(a) 所示。会阴部位的盲区修复主要在 Rapidform 软件中的 scan 模式下进行, 将点云数据合成一个整体, 再将数据三角化形成人体模型, 人体模型会阴部位数据漏洞被修复, 如图 2(b) 所示。

### 1.3 三维人体数据提取

为建立裤装上裆结构模型、腰部松量模型和中裆结构模型, 需在三维人体模型上, 进行三维数据的提取。

收稿日期: 2014-11-01; 修回日期: 2014-11-11

作者简介: 葛秋菊(1988-), 女, 江苏宿迁人, 硕士, 主要研究方向为服装结构与数字化, E-mail: 309172380@qq.com.

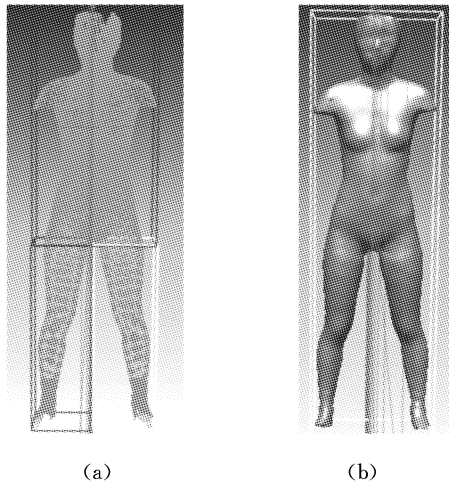


图2 盲区修复图

先确定腰围和臀围位置,并提取人体腰臀处数据。一般设定腰围位置为腰部最细处,臀围位置为臀部最丰满处。利用 Rapidform 软件提取人体腰围线、臀围线,并过人体正中心,提取人体矢状截面线,如图 3(a)、3(b)、3(c)所示。将这 3 条曲线导入 AutoCAD 中,建立裤装上裆结构模型,如图 3(d)所示。

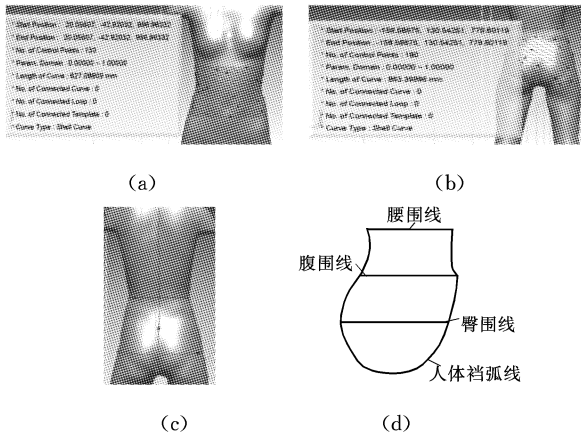


图3 上裆结构线提取

人体下体结构比较复杂,为建立腰部松量模型,采用提取并分析腰腹臀截面特征的方法来进行腰部省量的研究。以腰臀位置理论为依据,腰部最细处截面为腰围截面,臀部后凸最大处截面为臀围截面,腹部最突出截面为腹部截面,利用插件 ArxDbgd<sup>[13]</sup>,提取腰腹臀截面,并对人体截面进行对称化处理,3个截面共用同一坐标系,如图 4(a)所示,利用同样方法提取腿部截面,如图 4(b)所示。

## 2 建立裤装结构模型

### 2.1 建立腰部省道模型

裤装结构设计中,省道发挥着重要作用,它主要解决腰臀之差,使裤装穿着更加合体。

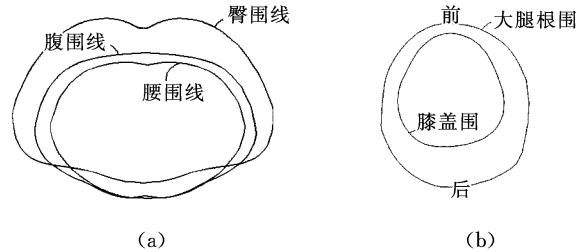


图4 人体截面提取

#### 2.1.1 建立腰部省量大小模型

人体下半身各个方向存在突点,包括前方腹部突出的前突点,髂骨附近的前侧突点,大腿侧或臀侧的侧突点及臀围最丰满处的后突点<sup>[14]</sup>。人体下半身各突点构成的水平截面为人体外包装围线截面,下装包裹人体时,与这些突点接触,如图 5 所示。为方便研究腰部省道,需设定人体截面中心 O 及曲率中心 O',如图 6 所示。

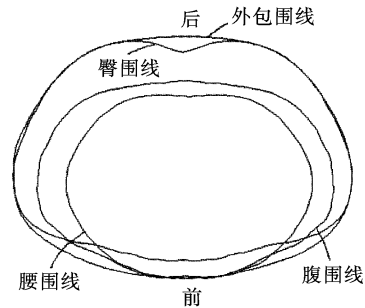


图5 下半身外包装围线

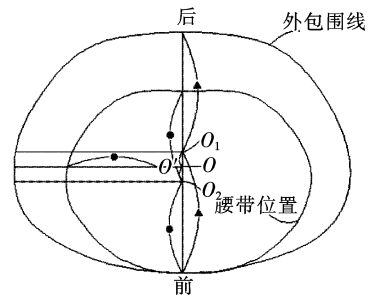


图6 曲率中心

为研究腰部省道量大小,需引进省道模型概念,省道量是人体与服装之间的差值,围度省道量表示在围度上服装围度值与人体围度的差值<sup>[15]</sup>。而人体腰部省道量是腰围与人体外包装围之间的差值,因此围度省道量可以表示为:

$$E_g = G_h - G_w \quad (1)$$

式中  $E_g$  表示腰部围度省道量,  $G_h$  表示下半身外包围线长度,  $G_w$  表示腰围长度。

在极坐标中, 用  $r_h(\theta)$  表示下半身外包围函数,  $r_w(\theta)$  表示腰围函数, 且  $r_h(\theta)$  和  $r_w(\theta)$  在  $[0, 2\pi]$  上连续可导, 导数分别为  $r_h'(\theta)$  和  $r_w'(\theta)$ 。根据弧长公式, 腰围与下半身外包围可以表示为:

$$G_h = \int_0^{2\pi} \sqrt{r_h^2(\theta) + r_h'^2(\theta)} d\theta \quad (2)$$

$$G_w = \int_0^{2\pi} \sqrt{r_w^2(\theta) + r_w'^2(\theta)} d\theta \quad (3)$$

因此, 腰部省道量可以表示为:

$$E_g = \int_0^{2\pi} \sqrt{r_h^2(\theta) + r_h'^2(\theta)} d\theta - \int_0^{2\pi} \sqrt{r_w^2(\theta) + r_w'^2(\theta)} d\theta \quad (4)$$

在极坐标系中, 分段围度省道量表示  $\theta = \alpha$  到  $\theta = \beta$  之间外包围弧线与腰围弧线差值, 因此, 腰部分段省道量(图 7)可以表示为公式:

$$E_{sg} = \int_{\alpha}^{\beta} \sqrt{r_h^2(\theta) + r_h'^2(\theta)} d\theta - \int_{\alpha}^{\beta} \sqrt{r_w^2(\theta) + r_w'^2(\theta)} d\theta \quad (5)$$

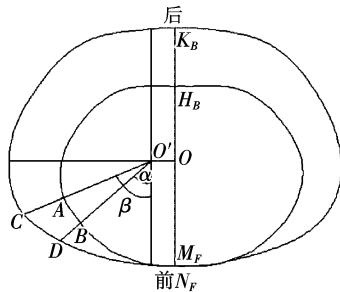


图 7 分段省道量模型

从点  $O'$  到点  $O$  之间的腰部前后省道量大小可用  $E_{sgF}$  和  $E_{sgB}$  表示:

$$E_{sgF} = \int_{-\rho_2}^0 \sqrt{r_h^2(\theta) + r_h'^2(\theta)} d(\theta) - \int_{-\rho_1}^0 \sqrt{r_w^2(\theta) + r_w'^2(\theta)} d(\theta) \quad (6)$$

$$E_{sgB} = \int_{\pi}^{\pi+\Psi_2} \sqrt{r_h^2(\theta) + r_h'^2(\theta)} d(\theta) - \int_{\pi}^{\pi+\Psi_1} \sqrt{r_w^2(\theta) + r_w'^2(\theta)} d(\theta) \quad (7)$$

其中,  $\rho_1 = \tan^{-1}(OO'/OM_F)$ ,  $\rho_2 = \tan^{-1}(OO'/ON_F)$ ,  $\Psi_1 = \tan^{-1}(OO'/OH_B)$ ,  $\Psi_2 = \tan^{-1}(OO'/OK_B)$ ,  $OO'$  为点  $O$  到点  $O'$  之间距离。

用分段省道模型表示腰部省道量分配, 可使腰部省道量分配较均匀, 裤装在腰臀部合体性较好。

### 2.1.2 建立腰部省道位置模型

从人体腰臀截面重合图上可以看出, 人体前中心线附近腰围线与外包围线偏离较小, 而在人体侧腰附近尤其是外包围曲率发生变化的位置, 腰围线与外包围线偏离较大, 外包围线和腰围线差值增加, 此位置的省道量也增加。

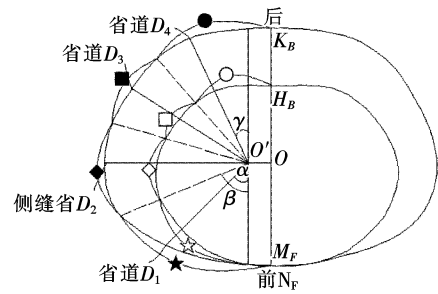


图 8 腰部省道量模型

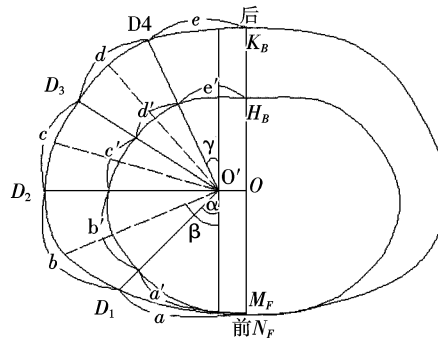


图 9 腰部省道位置模型

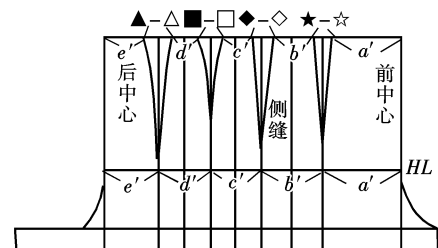


图 10 腰部省道模型

样衣实验中, 在裤装前片设定 1 个省道, 裤装后片设定 2 个省道。实验中后片近后中的省道方向指向臀突点, 在与前后中心线成  $25 \sim 30^\circ$  的位置, 另一个省道位置设在这条线与侧缝线中间附近处。前片省道设置在前中与侧缝的中间附近, 与前后中心线成约  $45^\circ$  大小的位置。各省道起点为腰臀截面重合图的曲率中心点  $O'$ 。为确定省道量, 需在各省道之间确定中间位置, 即省道中间点, 如图 8 中虚线所示。以省道中间线为分隔线, 将腰围和外包围划分为对应的 4 个部分, 每个部分的省道量则为图中外包围上的每段弧长减去对应腰

围处弧长的差值,因此省道量  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_4$  分别可表示为:

$$D_1 = \int_0^\beta \sqrt{r_h^2(\theta) + r_h'^2(\theta)} d(\theta) - \int_0^\beta \sqrt{r_w^2(\theta) + r_w'^2(\theta)} d(\theta) \quad (8)$$

$$D_2 = \int_\beta^{\frac{5\pi}{8} - \frac{r}{4}} \sqrt{r_h^2(\theta) + r_h'^2(\theta)} d(\theta) - \int_\beta^{\frac{5\pi}{8} - \frac{r}{4}} \sqrt{r_w^2(\theta) + r_w'^2(\theta)} d(\theta) \quad (9)$$

$$D_3 = \int_{\frac{5\pi}{8} - \frac{r}{4}}^{\pi-r} \sqrt{r_h^2(\theta) + r_h'^2(\theta)} d(\theta) - \int_{\frac{5\pi}{8} - \frac{r}{4}}^{\pi-r} \sqrt{r_w^2(\theta) + r_w'^2(\theta)} d(\theta) \quad (10)$$

$$D_4 = \int_{\pi-r}^\pi \sqrt{r_h^2(\theta) + r_h'^2(\theta)} d(\theta) - \int_{\pi-r}^\pi \sqrt{r_w^2(\theta) + r_w'^2(\theta)} d(\theta) \quad (11)$$

在外包围线上,将前后中心线到邻近的省道位置、省道到侧缝及相邻 2 个省道位置之间分为 5 个部分,即  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 。同理,在腰线上也划分  $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$ 、 $d'$ 、 $e'$  5 个部分,如图 9 所示。

省道的长度也会影响裤装在腰臀部的合体性。省尖点一般设置在中臀围处。根据上述腰省大小模型和位置模型,将腰臀部截面展开,得到图 10 所示裤装腰部省道模型。

## 2.2 建立裤装中裆造型量模型

下裆结构指裆部以下,对应于人体部位包括人体大腿、膝盖、脚踝等部位。膝盖是人体下肢较活跃的部位,也是裤装造型的关键部位,对应于裤装的中裆结构。它与横裆和裤口的关系较大,起到“承上启下”的过渡作用。中裆造型量是指根据裤子造型及运动舒适量,在裤子中裆处收去一定的余量,从而达到期望的造型效果。

从图 4(b)所示大腿根围与膝围的截面图可以看出,人体腿部内侧,腿根围与膝围的偏离较大,该部分余量较多。人体腿部外侧腿根围与膝围偏离较小,该部分余量较小。根据裤装造型及运动舒适量,在净膝围的基础上加放 6 cm 松量,加放松量后的截面图如图 11 所示。为了使造型量分布较均匀,分别在裤装前后片中裆处设置 2 个造型位置。根据造型位置,在中裆位置设置 6 个造型量参数,即  $a_1$ 、 $b_1$ 、 $c_1$ 、 $d_1$ 、 $e_1$ 、 $f_1$ ,  $a_1$  为后片外侧缝处造型量,  $b_1$ 、 $c_1$  为后片挺缝线两侧造型量,  $d_1$  为后片内侧缝处造型量,  $e_1$ 、 $f_1$  为前片挺缝线两侧处造型量。计算腿根围与膝围尺寸的差值,根据

腿根围与膝围处截面的偏离距离特点,设置裤装中裆处造型量。最终展开在平面纸样上,如图 12 所示。

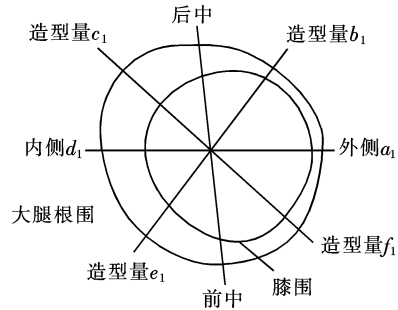


图 11 中裆造型量位置

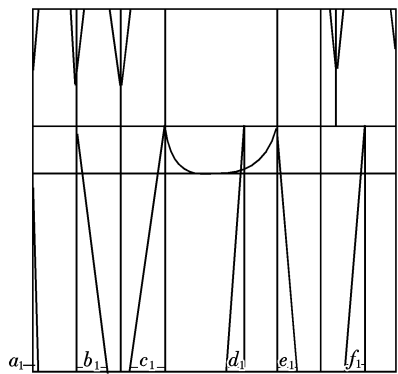


图 12 中裆结构模型

## 2.3 生成裤装模型

根据已构建的腰臀部松量模型,确定腰部省道的位置及大小,即前片省道量为 2.5 cm,侧缝处为 1 cm,后片近侧缝省道为 3.2 cm,近后裆弧线省道为 3.8 cm。中裆值在净膝围的基础上加放了 6 cm 左右松量,造型量大小分别为  $a=0.8$  cm、 $b=6$  cm、 $c=6.5$  cm、 $d=3$  cm、 $e=4$  cm、 $f=4$  cm,脚口尺寸等于中裆尺寸,得到裤装基础结构,如图 13 所示。经合并中裆处造型量,得到最终的裤装结构模型,如图 14 所示。

## 3 样裤试穿与评价

为了验证裤装模型理论的合理性,需制作样衣进行试穿。在相同人体尺寸的情况下,根据国家级教材《服装结构设计》中裤装平面结构设计方法<sup>[16]</sup>,制作另一条样裤。表 1 为 2 件实验样裤基本尺寸。

从样裤试穿效果图 15、图 16 看,穿着实验制作的样裤,服装贴体度较高,且腰臀部合体性较好,裆部舒适无牵压感,臀部造型顺直无褶皱,外观效果较好;平面结构设计方法制作的样裤贴体性也较好,但在腰臀部以及腿部出现褶皱,外观效果不好,且大腿部有被勒住的压力感。

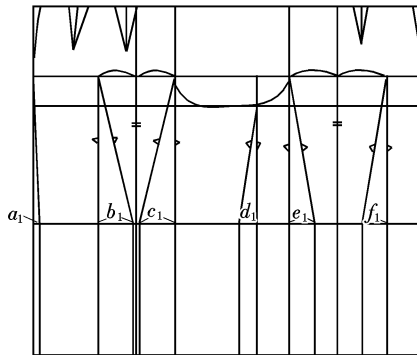


图 13 裤装基础结构

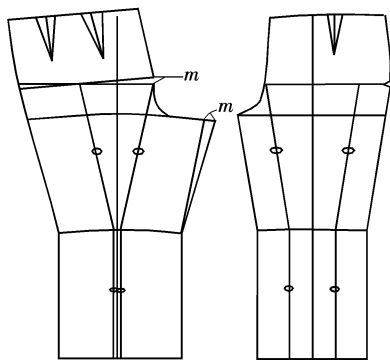


图 14 裤装结构模型

表 1 实验裤衣尺寸表

部位	人体尺寸/cm	松量/cm	样裤尺寸/cm
腰围	63	1.5	65
臀围	86	4	90
中裆	32	6	36
前裆宽	4.6	0	4.6
后裆宽	10.3	0	10.3
裤长	100	0	100

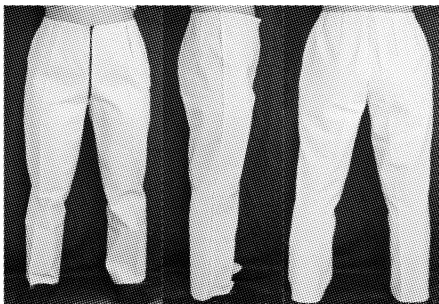


图 15 立体造型样裤试穿效果

为了更清楚地了解 2 种样衣差异原因,分别绘制了这 2 种样裤的版型,并进行比较。图 17 中实线为立体造型研究方法得到的版型,虚线为与裤装平面设计方法制作的版型。经比较,发现腰部的省道位置及大小、侧缝、腰部、下裆夹角等位置等均有差异,其中

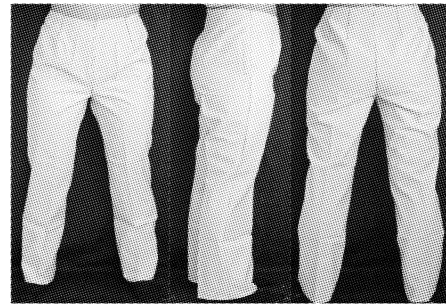


图 16 平面结构设计样裤试穿效果

立体造型方法的省道比平面设计方法的省道要长,且省道量分布较均匀。立体造型方法制作的版型前后片侧缝处比平面设计版型向外多出 1~2 cm,平面制图法中裤前片的裆弧线比立体造型法的裤前片向外侧多出 1 cm,后片挺缝线向侧缝偏移 1.5 cm。该差异导致平面设计方法制作的样裤外观起皱,穿着有勒紧压迫的感觉。这表明针对特定的人体,需要结合人体体型进行分析,才能制作适合此体型的裤装。

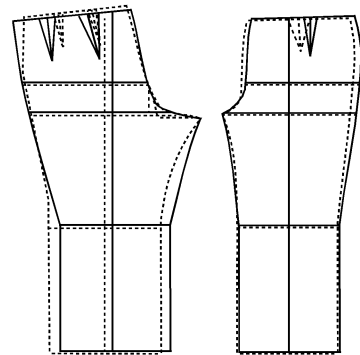


图 17 立体造型法与平面结构制图版型比较

### 4 结论

通过提取三维人体数据,利用立体造型方法,进行女裤基型的研究与制作,并将三维人体数据转化到平面纸样以建立女裤基型模型。运用该模型制作出来的裤装更加适合人体,穿着合体舒适,外观造型更美观。该裤装基型研究方法适用于不同体型,为更多特殊体型人群提供了裤装制作方法,同时也为女裤 MTM 研究提供了理论依据。

### 参考文献:

[1] Ei Chaw Hlaing. Garment prototyping based on scalable virtual female bodies[J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2013, 25(3): 184-197.  
 [2] Xuyuan Tao. Toward advanced three-dimensional modeling of garment prototype from draping technique[J]. In-

- ternational Journal of Clothing Science and Technology, 2013, 25(4): 266-283.
- [3] 张睿. 裤子上裆结构的研究[D]. 西安工程科技学院, 2004.
- [4] 余国兴, 陈冰. 女子下体与裤装结构设计[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2007, 33(6): 769-773.
- [5] 吴俊, 虞武. 裤装样板设计数学模型的建立[J]. 上海纺织科技, 2004, 32(2): 45-46.
- [6] 陈明艳, 潘晓刚. 女性紧身裤结构参数与样板优化设计的探讨[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2009, 35(5): 541-546.
- [7] 王朔. 青年贴体女裤基型纸样研究[D]. 东华大学, 2011.
- [8] 陈明艳. 比例法裤子结构参数的调整[J]. 纺织学报, 2007, 28(8): 82-86.
- [9] 吴厚林. 基于等分法的裤装结构设计[J]. 纺织学报, 2010, 31(8): 103-107.
- [10] 吴俊, 王东云, 温盛军, 等. 基于神经网络的裤装样板设计[J]. 纺织学报, 2004, 25(4): 102-104.
- [11] 王丽梅, 蒋晓文. 低腰牛仔裤穿着中存在的问题及解决办法[J]. 上海纺织科技, 2010, 38(3): 12-14.
- [12] 陈艾春. 基于 RapidForm 的三维曲面重构[J]. 电脑知识与技术, 2009, 5(33): 9316-9317.
- [13] 徐继红. 服装廓体松量与面料力学性能相关性及其预测模型的研究[D]. 上海: 东华大学, 2008.
- [14] 三吉满智子. 服装造型学·理论篇[M]. 郑嵘, 译. 北京: 中国纺织出版社, 2006.
- [15] Z Wang. Ease distribution in relation to the X-line style jacket[J]. The Textile Institute, 2006, 97(3): 247-255.
- [16] 张文斌. 服装结构设计[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2006. 91-110.

## Research on the Female Pants Modeling Based on 3D Body Scanning Data

GE Qiu-ju, WANG Zhao-hui, XIA Ming

(Institute of Fashion and Art Design, Donghua University, Shanghai 200051, China)

**Abstract:** The 3D body scanning data was obtained using the TC<sup>2</sup> 3D body scanner system. The 3D body data of features' parts was extracted and the structure line of pants crotch was constructed using the reverse engineering software Rapidform and the 3D modeling software AutoCAD. The mount of the waist dart and knee shaping dart were determined by the analysis of the cross section of waist, stomach, hips, thigh and knee, and finally the model of female pants were formed. The theory of making female pants based on 3D scan data was tested by making sample pants and experiment.

**Key words:** 3D body; female pants; structure; modeling

(上接第 18 页)

和结节拉伸状态下,其断裂强度和断裂伸长率均有不同程度的下降,钩接拉伸对牛奶蛋白改性腈纶纤维的拉伸性能影响更为显著,说明牛奶蛋白改性腈纶纤维的脆性较大,在纺织品加工中应予以重视。

**参考文献:**

- [1] 李国利,李惠军. 牛奶蛋白纤维基本性能的分析[J]. 山东纺织科技, 2010, (4): 27-29.

- [2] 刘元鹏,杨庆斌,谭震,等. 牛奶纤维的力学性能及模拟分析[J]. 青岛大学学报(工程技术版), 2008, 23(1): 13-17.
- [3] 石风俊,李并珊,陈志强. 牛奶纤维热学和力学性能研究[J]. 河南纺织高等专科学校学报, 2007, 19(2): 12-14.

## Research on the Tensile Property of Milk Protein Fiber

LIU Pei-zhi, YANG Qing-bin

(College of Textile, Qingdao University, Qingdao 266000, China)

**Abstract:** The basic properties of the milk protein fibers were measured with different instruments. By the analysis of the results, the following conclusions could be deduced: the milk protein fiber had lower breaking strength and higher breaking elongation in wet state. Whether in dry or in wet state, the breaking strength and elongation of the milk protein fibers were smaller than the acrylic fibers. The breaking strength and elongation of the milk protein fiber decreased to some extent in hook and nodules tensile condition. The effects of hook condition on the tensile property were more remarkable to the milk protein fiber.

**Key words:** milk protein fiber; tensile property