

DOI:10.13475/j.fzxb.20200700305

# 女装衣身前浮余量与人体胸凸形态的关系

崔 文<sup>1</sup>, 李小辉<sup>1,2,3</sup>

(1. 东华大学 服装与艺术设计学院, 上海 200051; 2. 同济大学 上海国际设计创新研究院, 上海 200092; 3. 东华大学 现代服装设计与技术教育部重点实验室, 上海 200051)

**摘 要** 为解决个性化女装衣身胸部浮余量获取繁琐、误差偏大等问题,提出一种基于人体体型特征的数学模型。通过人体胸凸形态的影响因素分析,提取胸围和上下胸围差作为体型特征参数,基于立体几何原理构建前衣身浮余量的数学模型;随机选取实验对象对数学模型进行立体裁剪和实际样衣试穿的实验验证,并对二者所得浮余量进行配对样本 T 检验。结果表明:数学模型与实际获取的结果无显著性差异,前浮余量角度可表示为胸围和胸围差的函数;依据体型特征参数构建的衣身浮余量设计方法可更为准确、高效地表征胸凸形态,满足个性化女装结构设计的需求。

**关键词** 衣身浮余量; 胸凸曲面; 体型特征; 个性化服装; 数学建模; 女装  
中图分类号:TS 941.17 文献标志码:A

## Relationship between garment dart and breast feature of female body

CUI Wen<sup>1</sup>, LI Xiaohui<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Fashion and Design, Donghua University, Shanghai 200051, China; 2. Shanghai International Institute of Design & Innovation, Tongji University, Shanghai 200092, China; 3. Key Laboratory of Clothing Design and Technology, Ministry of Education, Donghua University, Shanghai 200051, China)

**Abstract** In order to solve the problems of tedious acquisition and large errors of dart in the pattern design of individualized women's garment, a mathematical modeling method based on feature extraction of female body was proposed. Through the analysis of the influencing factors of the shape of chest, the bust and the difference between upper bust and lower bust was extracted as feature parameters to construct the mathematical model for the front dart. The sample try-on experiment was carried out on the randomly selected test subjects, and paired sample T test with the dart obtained by mathematical method was conducted. The results show that there is a good agreement between the results obtained by mathematical analysis and the actual results. The angle of the front dart based on the body feature can be expressed as a function of the bust and the difference between upper bust and lower bust, and the design method of dart is accurate under the premise of reflecting the body feature efficiently and meet the needs of the individualized garment pattern design.

**Keywords** garment dart; curved surface of breast; body feature; individualized garment; mathematical modeling; women's garment

在服装行业迅猛发展和快速转型升级的背景下,如何使服装更好地满足消费者对个体化的需求,成为服装领域的关注重点之一。尤其是对于女装前浮余量而言,是影响个性化女装合体度的关键因素。前浮余量是衣身在包裹女性胸凸曲面形成的多余褶

皱<sup>[1]</sup>,在结构设计过程中需要着重考虑;但是,批量生产一般无法满足个性化服装对合体性的要求,因其通常采用针对中间体,结合经验进行推档放码的结构方法,而忽略了胸凸曲面的影响,还需基于中间体进行多次修版,操作繁琐,易造成偏差,缺乏对个

收稿日期:2020-07-01 修回日期:2021-01-14

基金项目:中央高校基本科研业务费专项基金资助项目(2232019G-08)

第一作者:崔文(1998—),女,硕士生。主要研究方向为服装结构与舒适性。

通信作者:李小辉(1982—),男,副教授,博士。主要研究方向为功能防护服装与结构设计。E-mail:lxh@dhu.edu.cn。

体特征精细化的表达。综上,针对个体化的体型特征研究有助于优化衣身结构设计流程,使服装更加符合人体体型特征,且提升个体化服装结构设计的效率;对前浮余量进行胸凸曲面的特征提取和数学分析,能够有效地提高个体化服装的合体性和美观性,对促进个体化成衣的批量生产有着重要意义。

为更好地处理衣身浮余量对服装造型的影响,国内外学者对人体与衣身的关系进行了许多研究,通常采用与净胸围的回归关系来表示浮余量大小<sup>[1-2]</sup>。然而,由于前浮余量主要取决于胸凸形态,不能仅以人体胸部整体围长来表示,还需要全面考虑胸凸的细部影响因素,如下胸围、胸径宽、胸径厚、乳深、乳横宽等<sup>[3]</sup>。为更准确地获取不同体型的衣身浮余量,有学者将胸部形态拟合为圆锥体,引入乳深距作为圆锥体的高,颈侧点到胸凸点连线上胸宽线与胸围线的距离作为锥体母线或乳间距作为锥体底面圆的半径,测量参数后应用于数学分析中,总结出浮余量的角度函数公式<sup>[4-5]</sup>;还有文献将胸凸量进行横向和纵向的分解,定性归纳不同乳房形态下的浮余量变化<sup>[6]</sup>。虽然上述采用测量参数的浮余量设计方法考虑了胸凸曲面形态,但实际操作中胸部参数难以获取,尤其是乳深、乳横宽等。

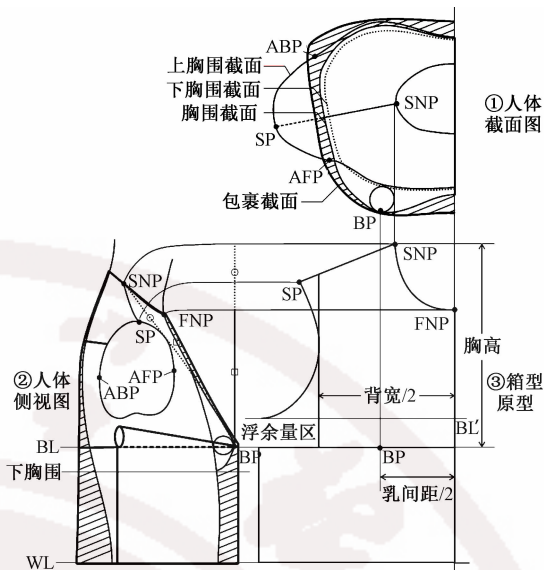
本文在满足浮余量准确性的前提下,进一步考虑实际应用于成衣结构设计中的可操作性,通过分析穿着文胸后的体型,提取胸凸曲面特征的影响因素,对前浮余量进行数学分析,合理构建个体化服装样板中的浮余量设计模型;通过样衣试穿实验,验证所得数学模型的合理性;实现基于人体体型特征分析的浮余量设计,应用于成衣化的服装结构设计中,满足消费者对合体性的需求。

## 1 衣身浮余量分析

### 1.1 胸凸特征提取

由于衣身浮余量主要取决于胸凸形态,不同大小的人体胸廓与乳房体积及形态的组合,会形成不同的胸部曲面形态<sup>[7]</sup>。针对不同人体体型来说,需提取影响胸廓与乳房体积及形态的体型特征因素,作为构建浮余量模型的参数部位。衣身浮余量与胸部曲面的对应关系如图 1 所示。

胸廓特征部位一般选在肌肉覆盖较少的位置,可用上胸围或下胸围的围度尺寸来表征。对于乳房而言,其影响因素有乳深、乳根围、下胸围、胸围等,其中胸围差(净胸围-下胸围)和下胸围是较易取得的尺寸,能够通过穿着者的文胸号型获得。文献<sup>[8-9]</sup>提出,大部分胸部特征参数都能够与胸围



注:SNP—侧颈点;BP—胸凸点;AFP—前腋窝点;ABP—后腋窝点;SP—肩峰点;FNP—前颈点;BL、BL'—胸围线。

图 1 衣身浮余量与胸部曲面的关系

Fig. 1 Relationship between garment dart and breast

和下胸围建立数学回归关系。例如下杯高<sup>[10]</sup>、乳深、乳根围等因素会影响乳房的体积及形态,但大部分胸部特征尺寸都难以直接获取,在服装结构设计中,可选用胸围和下胸围表现这些不易获取的影响因素,因此,采用文胸型号来表征乳房,可确保体型特征得以准确表征在浮余量设计过程中。

综上所述,归纳出浮余量的决定因素为胸廓和乳房体积及形态,采用上胸围或下胸围表征胸廓,文胸号型表征乳房体积,因此,不能只考虑净胸围。而文胸号型能够提供下胸围和胸围差的尺寸,基于号型进行浮余量模型构建能够满足体型特征的精细化表达,且操作流程便捷高效。

### 1.2 数学模型构建

本文采用下胸围作为胸廓的特征因素,胸围差和下胸围作为乳房体积及形态的特征因素进行浮余量模型的构建。考虑到人体胸部曲面属于不可展开曲面,该曲面展开后和原始曲面可能存在一定差异。为减小差异,将穿着文胸的胸部形态近似拟合为圆锥体。从几何学角度来看,穿着文胸的胸部形态可看作是 1 个由半径为  $r$  的扇形围成的锥体,锥体底面圆的直径为  $d$ ,高为  $h$ ,如图 2 所示。 $r$  和  $d$  作为文胸号型中的控制部位数值可归纳为与净胸围和胸围差有关的回归方程<sup>[8]</sup>:

$$r = 4.1 - 0.42\mu + 0.02B^* + 0.008\mu B^* - 0.008\mu^2 \quad (1)$$

$$d = 0.8 + 0.08\mu + 0.12B^* \quad (2)$$

式中: $r$  为胸凸点到减心位的弧长,即胸部形态锥体的半径,cm; $d$  为钢圈通过胸点的间距,cm; $B^*$  为净

胸围, cm;  $\mu$  为上下胸围差, cm。

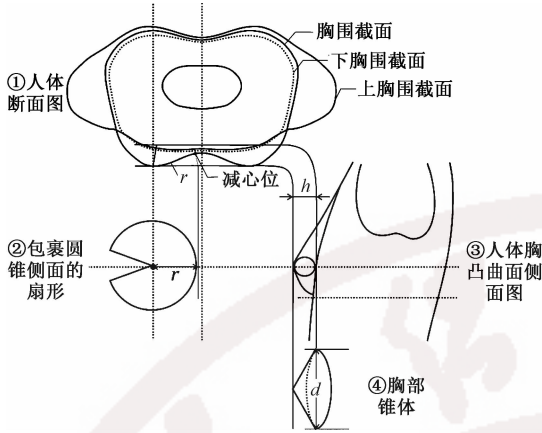


图 2 胸凸曲面的展开图

Fig. 2 Flattened curved surface of breast

由于 BP 点至前中心线的部分、胸围线至腰围线的部分在上半身原型中并未收取曲面变化的余量,服装上呈竖直下垂的状态<sup>[4]</sup>,因此,胸部锥体的侧面展开扇形互补角的 1/4 约等于原型浮余量的夹角  $\alpha(^{\circ})$ 。结合三角形弧长公式可得:

$$\alpha = 0.25 \left( 360 - \frac{180d}{r} \right) \quad (3)$$

将式(1)、(2)代入式(3)可得  $\alpha$  的值:

$$\begin{cases} d=0.8+0.08\mu+0.12B^* \\ r=4.1-0.42\mu+0.02B^*+0.008\mu B^*-0.008\mu^2 \\ \alpha=45 \left( 2 - \frac{d}{r} \right) \end{cases} \quad (4)$$

然后运用全微分方程对式(4)进行求解。其中:成年女性净胸围数值参考 GB 10000—1988《中国成年人人体尺寸》,通过大量人体测量获取; $B^*$  取值范围为 72~105 cm,涵盖了 99% 的女性胸围尺寸,可满足大多数体型对成衣化服装的结构设计需求; $\mu$  取值为 7.2~20 cm,从而得到  $\alpha$  与  $B^*$  和  $\mu$  的函数关系为

$$\alpha = 0.33B^* + 0.26\mu - 10.5 \quad (5)$$

在实际应用中,衣身结构通常需要增加一定松量来满足人体活动需求,该松量会弱化胸部曲面凸起程度,如图 1 中人体着装截面图所示,因此,在衣身浮余量设计时还需进行调整。其中:对  $B^*$  前系数的影响约为 8%~10%,对  $\mu$  前系数的影响为 3%~5%。从而得到修正后的函数关系为

$$\alpha = 0.3B^* + 0.25\mu - 10.5 \quad (6)$$

## 2 实验部分

### 2.1 实验对象

随机选取 10 位 20~60 岁的女性作为研究对象,进行体型数据测量和样衣试穿实验。受试者穿着文胸,两脚并拢,立姿端正,双眼平视前方。测量方法参照 GB/T 16160—2017《服装用人体测量的尺寸定义与方法》,测得的体型数据如表 1 所示。表中:FNP-BL 为前颈点至胸围线的距离;SNP-BL 为侧颈点至胸围线的距离。

表 1 相关人体体型数据

Tab. 1 Relevant figure of human body

样本编号	身高/cm	年龄/岁	净胸围/cm	下胸围/cm	胸围差/cm	前腰节长/cm	后背长/cm	胸宽/cm	背宽/cm	总肩宽/cm	FNP-BL/cm	SNP-BL/cm	乳间距/cm	肩斜角/ $(^{\circ})$
A1	155	24	87.0	73.0	14.0	41.5	33.0	33.0	37.0	40.0	19.5	25.0	17.0	21
A2	158	40	95.0	85.0	10.0	42.0	34.5	38.0	38.5	41.0	16.5	26.0	15.0	22
A3	160	22	88.0	76.0	12.0	41.0	36.5	35.5	36.0	39.0	18.0	26.0	18.5	20
A4	163	22	82.0	72.0	10.0	41.0	36.0	28.0	35.0	38.0	20.0	28.0	17.0	20
A5	164	22	82.0	70.0	12.0	42.5	37.0	29.5	33.5	38.0	18.5	26.0	17.5	20
A6	164	22	85.0	74.0	11.0	42.0	37.0	34.5	34.5	39.5	18.5	26.5	18.0	20
A7	167	25	86.0	76.0	10.0	42.0	36.5	30.5	35.5	38.0	16.5	25.5	17.0	19
A8	168	23	74.5	67.0	7.5	41.0	36.5	36.0	36.5	37.0	19.0	26.0	15.5	24
A9	170	48	105.0	97.5	7.5	46.0	37.5	37.0	40.0	43.0	19.0	28.0	18.0	20
A10	175	23	95.0	82.0	13.0	45.5	40.0	37.5	37.5	40.5	19.5	27.5	19.0	21

### 2.2 参数计算

本文基于体型特征分析获取了浮余量的关键参数部位,采用净胸围和胸围差以获取前浮余量大小。在具体应用时,净胸围可直接测量获得,胸围差可参考着装者文胸号型。将表 1 列举的人体尺寸中的净胸围与胸围差数据代入式(6),即可得到样本的浮余量角度。

### 2.3 实际浮余量获取

为确保浮余量设计方法的准确性,本文采用立体裁剪的操作方法,以人体右半部分胸部曲面为主要实验部位,获取样本人体的衣身浮余量,并进行了样衣试穿实验。

首先需要初步获取浮余量。实验面料采用了具有 1 cm×1 cm 格纹的棉布。将布片的经纬纱分别

与人体的前中心线和胸围线对准,前后衣片就肩缝连裁,抚平肩线和衣片上半部分使胸围线以上的水平布纹线呈水平。水平红色激光线对准人体胸围线,记录激光线与胸围线以下的水平布纹线的夹角,即为样本人体实际浮余量角度。其次,根据人体测量尺寸进行样衣的制作和试穿,就实际着装效果对样衣作出调整。样衣试穿实验如图 3 所示。最后,测量获得 10 个样本的浮余量角度如表 2 所示。

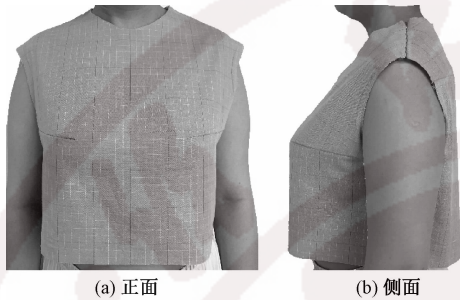


图 3 样衣试穿实验

Fig. 3 Sample fitting test. (a) Front; (b) Side

表 2 衣身浮余量实验结果数据

Tab. 2 Figure results of experiment on garment dart

样本编号	浮余量长度/cm	数学计算获取		实际获取	
		$\alpha/(\circ)$	$d/cm$	$\alpha/(\circ)$	$d/cm$
A1	15.6	19.1	5.4	20.0	5.7
A2	16.8	20.5	6.3	17.5	5.3
A3	15.7	18.9	5.4	19.0	5.4
A4	14.8	16.6	4.4	17.0	4.5
A5	14.8	17.1	4.6	17.0	4.5
A6	15.3	17.8	4.9	19.0	5.2
A7	15.4	17.8	4.9	18.0	5.0
A8	13.7	13.7	3.3	15.5	3.8
A9	18.3	22.9	7.7	20.0	6.6
A10	16.8	21.3	6.5	21.0	6.4

### 3 结果与讨论

根据上文研究对象的体型数据,就数学方法和实验所得的浮余量大小进行对比。为比较浮余量的宽度  $d$ ,求得浮余量长度  $l$  为(总胸围-松量)/4-乳间距/2,代入  $d = l \tan \alpha$ 。通过数学方法和实验可分别获得  $\alpha, l$  与  $d$ ,如表 2 所示。在置信区间为 95% 的条件下,对 2 组  $\alpha$  进行配对样本 T 检验,结果如表 3 所示。

表 3 数学获取与实际获取所得  $\alpha$  配对样本检验结果

Tab. 3 Results of paired samples obtained from mathematics and practice

浮余量平均值±标准差/ $(\circ)$		平均值差值/ $(\circ)$	$t$ 值	Sig.
数学计算获取	实际获取			
18.56±0.82	18.40±0.54	0.16	0.318	0.758

由表 1~3 可知,实际获取的浮余量夹角变化范

围在  $15.5^{\circ} \sim 21.0^{\circ}$  之间,平均值为  $18.40^{\circ}$ ,标准差为  $0.54^{\circ}$ ,最大值为样本 A10,达到了  $21.0^{\circ}$ ,其净胸围和胸围差都较大。实际浮余量角度基本随着净胸围和胸围差的增大而增大,而浮余量宽度主要取决于净胸围。通过数学分析获取的浮余量夹角变化范围在  $13.7^{\circ} \sim 22.9^{\circ}$  之间,平均值为  $18.56^{\circ}$ ,标准差为  $0.82^{\circ}$ ,最大值为样本 A9,其净胸围最大,但胸围差较小。该方法所测得的浮余量角度基本随着净胸围和胸围差的增大而增大,其浮余量宽度也主要取决于净胸围。2 组数据中浮余量角度的平均值相差  $0.16^{\circ}$ ,Sig. 大于 0.05,即通过数学分析获取的浮余量角度与实际浮余量角度差异不显著,从而说明采用胸围、胸围差尺寸表示胸凸形态与浮余量参数关系的设计方法能够应用于个性化服装结构设计。

在实际应用中,着装者的文胸型号能够用于替代  $\mu$  以简化计算,例如: $B^*$  为 84 cm 时,文胸型号为 A,则  $\mu$  为 10 cm,运用数学方法代入式(6)得到浮余量角度为  $17.2^{\circ}$ ;文胸型号为 B,则  $\mu$  为 12.5 cm,得到浮余量角度为  $17.8^{\circ}$ 。

### 4 结论

为获得适合个性化服装的浮余量设计方法,本文研究了衣身浮余量和胸凸曲面形态之间的关系,与档差相比能够更为准确地定量表征个体的胸部特征,且考虑到实际应用的便利性,通过对胸部特征部位的提取,基于人体胸凸形态的几何模拟与数学分析,构建了浮余量模型与计算方法,并进行了样衣试穿实验,得到如下结论。

1) 衣身浮余量取决于胸凸形态,除净胸围之外,还需考虑其他因素的影响。在结构设计中,净胸围和胸围差决定人体胸凸曲面形态,是影响浮余量的人体体型特征部位。即相同胸围着装者的衣身浮余量主要取决于胸围差。

2) 基于对衣身前浮余量的数学分析,获得了浮余量关于胸围和胸围差的函数关系式。实际获取的浮余量变化规律与基于体型特征分析的数学获取法所得浮余量的变化规律相同,且 2 组浮余量数据无显著差异。本文所得浮余量设计方法可用于针对不同体型的服装结构设计。

3) 在实际应用中,可根据着装者的文胸型号获取净胸围与胸围差尺寸,进而得到准确的浮余量大小,对提高个性化服装结构设计的效率具有重要意义。

## 参考文献:

- [ 1 ] 张文斌. 服装结构设计[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2006:45.  
ZHANG Wenbin. Apparel construction design [ M ]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2006:45.
- [ 2 ] 三吉满智子. 服装造型学:理论篇[M]. 郑嵘,张浩,韩洁羽,译. 北京: 中国纺织出版社, 2006:128.  
TOMOKO Miyoshi. Clothing model theory: theoretical articles [ M ]. ZHENG Rong, ZAHNG Hao, HAN Jieyu, Translating. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2006:128.
- [ 3 ] 陈慧蓉,张欣,陶娜. 基于三维人体测量的青年女性胸部形态特征分析[J]. 西安工程大学学报, 2008, 22(2):146-152.  
CHEN Huirong, ZHANG Xin, TAO Na. Research on the breast shapes of young females based on 3D body measurement [ J ]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2008, 22(2):146-152.
- [ 4 ] 朱晔,张俊英. 女装原型结构前浮余量的平衡鉴定及调整[J]. 纺织导报, 2010(8):82-84.  
ZHU Ye, ZHANG Junying. Front chest ease balance identification and adjustment of prototype for women's wear[J]. China Textile Leader, 2010(8):82-84.
- [ 5 ] 蒋丽君,王文玲. 女性胸背部特征与个体原型省道关系[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2014, 40(5):571-574.  
JIANG Lijun, WANG Wenling. Relationship between female bust and back characteristics and the individual prototype darts [ J ]. Journal of Donghua University (Natural Science), 2014, 40(5):571-574.
- [ 6 ] 李小辉,范友红,张文斌. 从胸凸量的角度对女装前衣身结构平衡的探讨[J]. 纺织学报, 2007, 28(10):74-77.  
LI Xiaohui, FAN Youhong, ZHANG Wenbin. Analyzing the balance of women's pattern from the shape of breast [ J ]. Journal of Textile Research, 2007, 28(10):74-77.
- [ 7 ] 中泽愈. 人体与服装[M]. 袁观洛,译. 北京: 中国纺织出版社, 2005:108-115.  
NAKAZAWA Susumn. The human body and clothing[M]. YUAN Guanluo, Translating. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2005:108-115.
- [ 8 ] 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, 2001:19.  
LI Mingju. A study on the structure of close-fitting garment and its virtual design based on the analysis of women's body shape [ D ]. Shanghai: Donghua University, 2001:19.
- [ 9 ] 徐朝晖. 数据分析在文胸生产上的应用:三[J]. 国际纺织导报, 2001(3):48-49, 33.  
XU Zhaohui. Application of data analysis on bra production:3[J]. Melliland China, 2001(3):48-49, 33.
- [ 10 ] 印建荣. 内衣结构设计教程[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2006:20-21.  
YIN Jianrong. Tutorial of pattern design of underwear[M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2006:20-21.
- [ 11 ] AU C K, MA Y S. Garment pattern definition, development and application with associative feature approach [ J ]. Computers in Industry, 2010, 61(6):524-531.