

# 基于角度指标的青年女性乳房形态细分与判别

顾明月<sup>1</sup>, 罗凯文<sup>1</sup>, 刘宿慧<sup>1</sup>, 王玉铨<sup>1</sup>, 李涛<sup>1,2</sup>, 邹奉元<sup>\*1,2</sup>

(1. 浙江理工大学 服装学院, 浙江 杭州 310018; 2. 浙江理工大学 浙江省服装工程技术研究中心, 浙江 杭州 310018)

**摘要:**为实现青年女性乳房形态的有效判别,提出了以横、纵截面角度指标细分青年女性乳房形态的方法。使用三维人体扫描仪获取209名青年女性胸部点云数据,提取表征乳房挺拔度、丰满度及外扩度的3个角度参数及其他相关参数;采用主成分分析降维,得到影响乳房形态的4个特征因子,用混合 $F$ 统计量确定乳房形态聚类的最佳分类为5类。根据分类结果构建乳房形态的Fisher判别模型,整体判别精度为96.23%;在青年女性乳房中,占比较大的依次为饱满挺拔型(34.9%)和适中型(22.5%),平坦外扩型占比最小,为6.7%。该研究结果可为青年女性内衣等产品设计提供参考。

**关键词:** 乳房角度参数;三维人体测量;乳房细分;聚类分析;Fisher判别

**中图分类号:** TS 941.17; TS 941.717.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2023)06-0495-07

## Research on Subdivision and Discrimination of Breast Morphology in Young Women Based on Angle Indicators

GU Mingyue<sup>1</sup>, LUO Kaiwen<sup>1</sup>, LIU Xiuhui<sup>1</sup>, WANG Yuxuan<sup>1</sup>, LI Tao<sup>1,2</sup>, ZOU Fengyuan<sup>\*1,2</sup>

(1. School of Fashion Design and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Zhejiang Provincial Engineering Laboratory of Digital Clothing Technology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** To effectively discriminate the breast morphology in young women, a method of subdividing breast morphology in young women based on cross-sectional angle indicators was proposed. A 3D human scanner was used to obtain point cloud data of 209 young women's breasts, extracting three angle parameters and other related parameters that characterize breast height, fullness, and expansion. The principal component analysis was used to reduce the dimension, and four characteristic factors affecting the breast shape were obtained. The mixed  $F$  statistics was used to determine that the five categories of breast shape clustering were the best. According to the classification results, a Fisher discriminative model for breast shape was constructed, and the overall discriminant accuracy was 96.23%. Among young women's breasts, the larger proportion is 34.9% for the plump and straight type, and 22.5% for the moderate type, with the smallest proportion being the flat outward expansion type, which is 6.7%. The research results can provide reference for the design of young women's underwear and other products.

**Key words:** breast angle parameters, 3D anthropometry, breast subdivision, cluster analysis, Fisher discrimination

不同年龄、地域及生活习性的女性体型存在较大的差异,满足个性化需求逐渐成为服装行业发展

的趋势。女性服装尤其是贴身穿着的文胸,其合体性、舒适性是影响顾客满意度的关键因素<sup>[1]</sup>。某内

收稿日期:2023-06-10; 修订日期:2023-08-30。

基金项目:浙江理工大学科研启动基金项目(23072078-Y);国家级大学生创新创业训练计划项目(202210338032)。

作者简介:顾明月(1998—),女,硕士研究生。

\*通信作者:邹奉元(1962—),男,教授,博士生导师。主要研究方向为人体工程和服装数字化技术。

Email: zfy166@zstu.edu.cn

衣品牌曾对全球 1 万名女性进行有关文胸合体性调查,发现有 64% 女性穿着不合体的内衣<sup>[2]</sup>。主要原因除了文胸品类众多,消费者难以正确选择;还包括对女性乳房形状缺乏精准的形态参数支撑(如特征点以及乳房边界定义模糊<sup>[3]</sup>,乳房形态分类不完善),女性很难准确判断自身乳房形态等。因此,更加有效反映女性乳房形态,并对女性乳房形态进行细分研究是提升文胸合体性的重要方法,也是服装人体功效学领域研究的热点。

目前,国内采用的内衣号型划分标准是基于胸围和下胸围之间的差异(the difference between the girths of the bust and under bust,  $D_{BB}$ )<sup>[4]</sup>,随着对乳房研究的深入,有学者指出  $D_{BB}$  无法充分描述乳房形态的差异,相同胸围差的女性其乳房形态可能会不同,如受外扩度和下垂度等因素的影响<sup>[5]</sup>。PECHTER E A 等<sup>[6]</sup>提出以“乳房半周长”为参考标准,制定新的文胸号型方法;ZHENG R 等<sup>[7]</sup>建立了一个新的号型标准,即乳房的深度和宽度之比(depth width ratio, DWR),可有效提高文胸尺码覆盖率;WANG L Q 等<sup>[8]</sup>分析 153 名女性乳房的胸部测量值(包含乳房角度)、胸部表面曲率分布和椭圆 Fourier 系数,将乳房进行分类;LIU Y 等<sup>[9]</sup>通过主成分分析和熵权法对人体 108 个测量项目进行分析,筛选出乳深和胸宽厚比两个聚类指标对乳房形态进行分类;刘羽等<sup>[10]</sup>通过研究上乳房角和内外乳点角与乳房深比对乳房形态的影响,对乳房进行分类并得到每种类型对应的参数范围值;PEI J 等<sup>[11]</sup>基于多种数据挖掘技术开发了乳房形状分类的方法,提取 66 个原始测量数据(如周长、宽度、深度等),构建了 41 个相对测量指标(如比率和角度),以乳房侧面轮廓的形式将聚类结果可视化;ZHANG B B 等<sup>[12]</sup>从乳房局部形态(上乳房角、乳房围深、乳根围深等)和立体形态两方面建立乳房形态分类规则。然而,上述研究提到的乳房角度无法完全反映出乳房的挺拔度、丰满度以及下垂外扩度,乳房形态分类还不够完善。

文中基于三维人体点云数据,以 209 名青年女性为研究对象获取其乳房形态尺寸数据和横纵截面派生角度数据,提取影响乳房形态的主成分并对乳房进行分类,得到各类代表性指标的类中心值,以聚类指标为自变量建立乳房立体形态分类 Fisher 判别模型,对实验样本及新增样本进行回判检验。通过乳房横纵截面角度以及胸围尺寸有效判别乳房形态,为青年女性紧身服装、内衣等产品提供设计参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验仪器

NX-16 三维人体扫描仪,美国 TC<sup>2</sup> 公司制造。

### 1.2 样本确定

为体现样本的独立性与代表性,采用简单随机抽样方式选取 18 ~ 25 岁青年女性作为研究对象,罩杯从 AA ~ E(即上下胸围差为 6.25 ~ 21.24 cm)<sup>[3]</sup>。根据 GB/T 22187—2008《建立人体测量数据库的一般要求》<sup>[13]</sup>确定最小样本量计算方法,文中计算样本容量  $N$  时采用 95% 的置信水平,即

$$N = \left( 1.96 \times \frac{S}{\Delta} \right)^2。 \quad (1)$$

式中: $N$  为估计样本量; $S$  为形态指数标准差; $\Delta$  为测量允许误差。

为获得青年女性胸围的标准差,使用三维扫描仪获取 50 名青年女性乳房点云数据进行预实验。实验室环境温度为  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,相对湿度为  $(60 \pm 5)\%$ 。受试者净体测量,双脚分开,身体保持自然直立,目视前方,双手抓住支撑杆保持静止,呼吸均匀,扫描获得受试者胸部三维数据和点云坐标数据。

利用 Imageware 软件测量胸围尺寸,计算得到胸围标准差为 5.7 cm,最大允许误差 1.5 cm,根据式(1)得到理论样本容量  $N = 56$ 。为保证样本量的充足,最终获得实验样本量为 225,检查与剔除数据中无法重新提取或替换的奇异样本,保留 209 个样本,有效样本贡献率为 92.8%。

### 1.3 乳房角度获取

人体并非完全对称,实验选取受试者右乳房为对象进行形态参数测量。由于乳房的边界点模糊难以定义,因此文中结合乳房形态相关研究中使用的特征点提取方法<sup>[14-15]</sup>,并增加辅助点、线、面以保证乳房形态参数的一致性与重复测量的稳定性。乳房特征点、线和面的定义见表 1,乳房特征点及截面角度如图 1 所示。

基于乳房特征点的坐标值,构建表征乳房挺拔度、丰满度及外扩度的 3 个乳房横、纵截面角度参数。图 1 中,在胸部矢状面投影上提取表征乳房挺拔度和丰满度的纵向角度指标:上乳房角  $\alpha$ 、下乳房角  $\beta$ ;在过  $P_B$  点的冠状面截面上提取表征乳房外扩度的横向角度指标:胸扩角  $\theta$ 。为确保得到准确的乳房横纵角度值,在人体点云数据中读取同一截面的点  $P_B$ 、 $P_N$  以及  $P_{BB}$  的  $xz$  坐标;点  $O$ 、 $P_B$  的  $xy$  坐标,通过向量计算得到上乳房角、下乳房角和胸扩

角值<sup>[16]</sup>。图1(b)中,点 $P_B$ 与 $P_N$ 构成向量 $a$ ,与 $z$ 轴夹角为上乳房角 $\alpha$ ;点 $P_B$ 与 $P_{BB}$ 构成向量 $b$ ,与 $y$ 轴夹角为下乳房角 $\beta$ ;点 $P_B$ 与胸围横截面外接矩形的中心点 $O$ 构成向量 $c$ ,与 $y$ 轴夹角为外扩角 $\theta$ 。利用向量夹角公式得出上乳房角 $\alpha$ 、下乳房角 $\beta$ 、胸扩角 $\theta$ 值,即

$$\alpha = \arccos \frac{a \times z}{|a| \times |z|}, \beta = \arccos \frac{b \times y}{|b| \times |y|},$$
$$\theta = \arccos \frac{c \times y}{|c| \times |y|}。$$

(2)

式中: $a \times z$ 为 $a$ 与 $z$ 的数量积坐标运算; $|a| \times |z|$ 为 $a$ 与 $z$ 的模的乘积。

表1 乳房特征点、线和面的定义

Tab.1 Specific definitions of feature points, lines, and faces of breast

特征点/辅助点线面	定义
$O$	胸围横截面外接矩形的中心
$S_2$	正中矢状面,将身体分为左右两个相等的切面
$S_1$	取过 $P_B$ 点的横截面切面
颈点( $P_N$ )	左右锁骨的胸骨端上缘连线与正中矢状面 $S_2$ 的交点
乳头点( $P_B$ )	在胸部作多条相隔0.5 cm的矢状面曲线,在围度最大的矢状面曲线上曲率最大处定点
前腋点( $P_{FA}$ )	在胸围线往上截取多条相隔0.5 cm的平行点云,人体躯干点云与手臂点云相交的第一个点
$L_1$	过 $P_{FA}$ 的横截面围线
$L_2$	过 $P_B$ 的横截面围线
肩中点( $P_{MS}$ )	作正中冠状面曲线,肩线中间部位曲率最大处定点
乳房下侧点( $P_{BB}$ )	过 $P_B$ 点剖面作矢状面曲线,乳房下侧曲率最大点
$L_3$	过 $P_{BB}$ 的横截面围线
乳房上侧点( $P_{UB}$ )	过 $P_{MS}$ 的矢状面曲线和 $L_1$ 的交点
乳房内侧点( $P_{IB}$ )	在 $L_2$ 上且距离与 $S_2$ 交点1 cm的点
乳房外侧点( $P_{OB}$ )	在 $L_2$ 上且到 $P_B$ 直线距离与 $P_{IB}$ 到 $P_B$ 直线距离相等的点

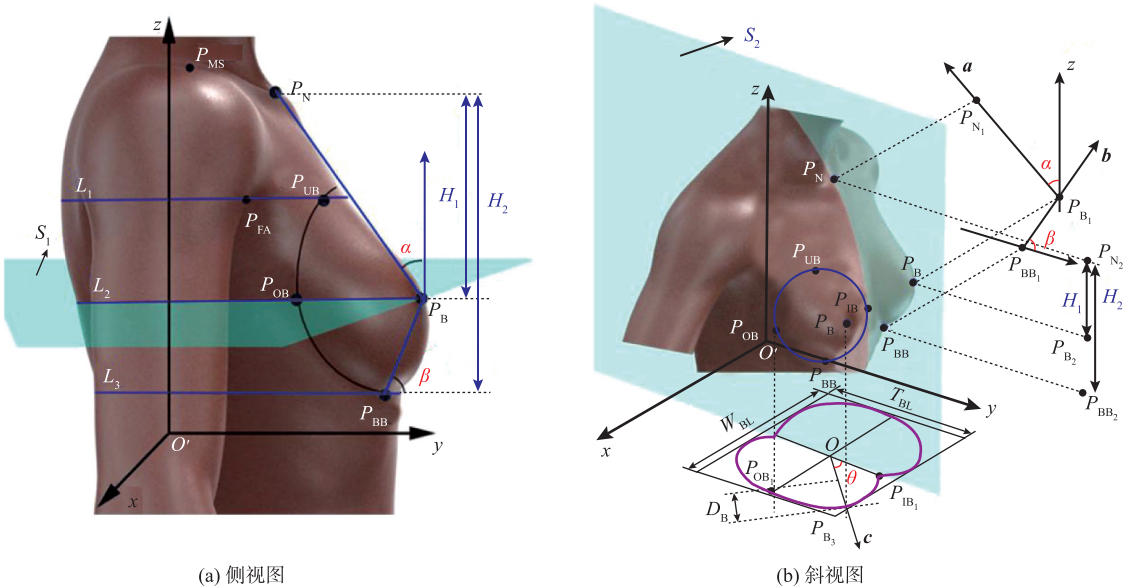


图1 乳房特征点及截面角度示意

Fig.1 Breast feature points and sectional angle diagram

1.4 测量项目

基于表1中14个与乳房形态相关的点、线和面,以及构建的横、纵截面角度指标,参考GB/T 16160—2008《服装用人体测量的部位与方法》<sup>[17]</sup>、人体测量尺寸以及文胸制作所需数据等,确定了14

个测量项目。表2列出了乳房测量项目及定义,包括乳房形态尺寸数据和3个派生角度数据(上乳房角、下乳房角、胸扩角),在逆向工程软件中对乳房点云数据进行精简、去噪、补点处理后,重建局部坐标系,获取各形态参数值。

表 2 乳房测量项目及定义

Tab. 2 Breast measurement items and definitions

序号	测量项目	定义
1	上乳房角( $\alpha$ )	过 $P_N$ 与 $P_B$ 的直线与 $z$ 轴的夹角
2	下乳房角( $\beta$ )	过 $P_{BB}$ 与 $P_B$ 的直线与 $y$ 轴的夹角
3	胸扩角( $\theta$ )	过 $O$ 与 $P_B$ 的线与正中矢状面 $S_z$ 的夹角
4	胸围( $G_{BL}$ )	过 $P_B$ 点横截面外轮廓曲线的长度
5	下胸围( $G_{BBL}$ )	过 $P_{BB}$ 点横截面外轮廓曲线的长度
6	乳深( $D_B$ )	$P_B$ 点到过 $P_{OB} - P_{BB} - P_{IB}$ 3 个点形成平面的垂直距离
7	乳头高( $H_1$ )	$P_N$ 到 $P_B$ 垂线距离
8	乳底点高( $H_2$ )	$P_N$ 到 $P_{BB}$ 的垂线距离
9	胸宽( $W_{BL}$ )	胸围横截面外接矩形的宽度
10	胸厚( $T_{BL}$ )	胸围横截面外接矩形的厚度
11	胸宽厚比( $R_{WT}$ )	$W_{BL}/T_{BL}$
12	乳房围( $G_B$ )	过 $P_{OB} - P_B - P_{IB}$ 的弧线长
13	乳根围( $G_R$ )	过 $P_{OB} - P_{BB} - P_{IB}$ 的弧线长
14	乳间距( $D_{PB}$ )	左右乳头的直线距离

2 结果与分析

2.1 乳房形态分类

2.1.1 数据预处理 为了避免错误数据带来的统计风险,采用 K-S(Kolmogorov-Smirnov)检验方法,对 14 个测量项目的正态性进行检验。检验结果显示,各项目显著性均大于 0.05,可认为 14 个测量项目

均符合正态分布。在对变量处理前,为减少重复以及关系紧密变量的影响,使用主成分分析进行降维处理<sup>[18]</sup>。对相关测量指标提取主要因子,巴特利特球度检验统计量的近似卡方为 2 904.581,得到 Kaiser的 KMO 值为 0.711,相关系数矩阵与单位阵差异显著。采用 KMO 度量标准判定,原有的 14 个变量可进行因子分析。因子分析结果见表 3。

表 3 主成分因子分析

Tab. 3 Principal component factor analysis

成分	初始特征值			旋转载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积/%	总计	方差百分比	累积/%
1	5.373	38.378	38.378	4.966	35.470	35.470
2	2.376	16.973	55.352	2.357	16.836	52.306
3	1.789	12.778	68.129	1.755	12.532	64.838
4	1.184	8.454	76.583	1.644	11.746	76.583
5	0.990	7.068	83.651			

由表 3 可以看出,前 4 个主成分的特征根均大于 1,其累计方差贡献率为 76.583%,所以可用前 4 个主成分表征乳房形态特征。

2.1.2 聚类指标确定 为采用乳房角度及其他参

数综合判断青年女性乳房形态,先通过因子分析提取 4 个乳房形态主成分,再根据旋转后的因子载荷矩阵得到各因子中载荷系数较大的变量,具体见表 4。

表 4 因子载荷矩阵

Tab. 4 Factor loading matrix

项目	成分				项目	成分			
	1	2	3	4		1	2	3	4
上乳房角	0.580	0.016	-0.185	0.710	乳底点高	0.140	-0.082	0.885	0.075
下乳房角	-0.102	0.134	0.879	-0.182	胸宽	0.718	0.086	-0.294	-0.070
胸扩角	-0.139	0.893	-0.022	-0.102	胸厚	0.175	0.725	-0.127	0.054
胸围	0.921	-0.035	0.038	0.185	胸宽厚比	-0.138	0.048	-0.001	-0.680
下胸围	0.883	-0.013	-0.033	0.124	乳房围	0.910	-0.014	0.116	0.129
乳深	0.866	-0.020	0.132	0.136	乳根围	0.887	0.040	0.051	0.158
乳点高	-0.123	0.894	-0.015	-0.107	乳间距	0.064	0.441	0.158	0.057

分析各因子并命名,确定影响青年女性乳房形态的因子主要有围度因子、外扩度因子、挺拔度因子以及丰满度因子。通过因子载荷矩阵分析可以看出,乳房围度因子中载荷最大值所对应的变量是胸围;乳房外扩度因子中,乳点高和胸扩角占据较大载荷;下乳房角和乳底点高在乳房挺拔度因子上有较大载荷;胸宽厚比和上乳房角在乳房丰满度因子上有较大载荷。结合乳房角度参数,选取胸围、胸扩角、下乳房角、上乳房角为乳房形态的 4 个代表性指标,对青年女性乳房进行聚类分析以获得形态分类结果。

**2.1.3 聚类分析** 为确定合理有效的聚类数,采用混合  $F$  统计量 ( $F_{\text{mixed}}$ ) 确定最佳分类数,  $F_{\text{mixed}}$  值越大表示每个变量的类内联系越密切,且类间联系越分散,所对应的分类数即最佳分类数。

$$F_{\text{mixed}} = \frac{\sum_{k=1}^p \left\{ \left[ \frac{1}{F(k)} \right] / \left[ \sum_{k=1}^p \frac{1}{F(k)} \right] \right\}}{\sum_{k=1}^p \frac{1}{F(k)}} \quad (3)$$

式中:  $p$  为聚类的变量数;  $F(k)$  为第  $k$  个聚类变量的  $F$  值,即

$$F(k) = \frac{(n - c) \sum_{i=1}^c n_i (V_{ik} - V_k)^2}{(c - 1) \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ijk} - V_{ik})^2} \quad (4)$$

式中:  $c$  为聚类数;  $n$  为总样本数;  $n_i$  为第  $i$  类样本数;  $V_{ik}$  为第  $i$  类样本第  $k$  个变量的聚类中心,  $k = 1, 2, \dots, p$ ;  $V_k$  为第  $k$  个变量聚类中心的均值;  $X_{ijk}$  为  $i$  类样本中第  $j$  个样本的第  $k$  个变量值。

确定乳房聚类指标后进行不同分类数的 K-means 聚类, 获得对应的  $F_{\text{mixed}}$  值, 具体如图 2 所示。

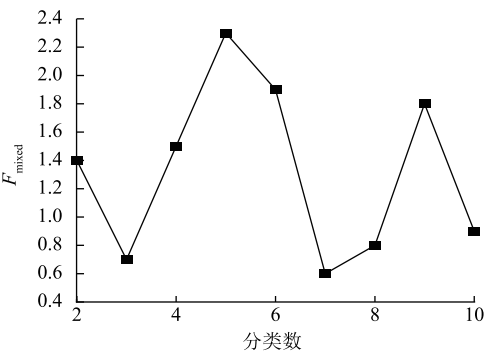


图 2 不同分类数对应的  $F_{\text{mixed}}$  值

Fig. 2  $F_{\text{mixed}}$  value corresponding to different classification numbers

由图 2 可以看出,  $F_{\text{mixed}}$  值最大时对应的分类数  $c = 5$ , 即 209 名女性胸型的最佳分类为 5 类。表 5 为最终聚类中心及对应的样本容量。

表 5 最终聚类中心及样本容量					
Tab. 5 Final clustering center and sample size					
项目	聚类类别				
	1	2	3	4	5
胸围/cm	86.5	82.1	76.4	78.2	74.5
胸扩角/(°)	54.2	39.8	43.4	44.4	51.3
下乳房角/(°)	38.4	43.7	42.2	40.5	47.2
上乳房角/(°)	42.1	41.9	37.2	45.7	32.6
样本容量/个	32	43	47	73	14
所占比例/%	15.3	20.5	22.5	34.9	6.7

2.2 判别分析

**2.2.1 判别规则建立** 以胸围、胸扩角、下乳房角、上乳房角 4 个聚类指标作为自变量建立乳房形态分类 Fisher 判别模型, 对 209 组样本进行判别分析, 建立如下判别公式:

$$\begin{cases} F_1 = 0.674\beta + 4.084G_{\text{BL}} + 168.252\alpha + 5.653\theta - 336.900, \\ F_2 = 2.096\beta + 4.010G_{\text{BL}} + 172.846\alpha + 5.513\theta - 395.759, \\ F_3 = 1.427\beta + 3.953G_{\text{BL}} + 170.276\alpha + 5.513\theta - 352.566, \\ F_4 = 1.639\beta + 4.361G_{\text{BL}} + 171.229\alpha + 5.402\theta - 396.704, \\ F_5 = 1.168\beta + 4.406G_{\text{BL}} + 169.540\alpha + 3.349\theta - 376.493. \end{cases} \quad (5)$$

式中,  $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5$  分别为各类乳房形态的判别得分。将 4 个指标数值代入 5 类 Fisher 判别公式计算得分并进行分析比较, 最终的分类样本归于  $F$  值最大类, 建立新样本的判别规则。

**2.2.2 误差结果分析** 利用式(5)对实验采集的 209 个样本逐一进行验证, 以确保分类规则的准确性, 并与真实结果进行比较, 同时增加 30 名非本研究实验对象进行验证。乳房分类验证结果如图 3 所示。

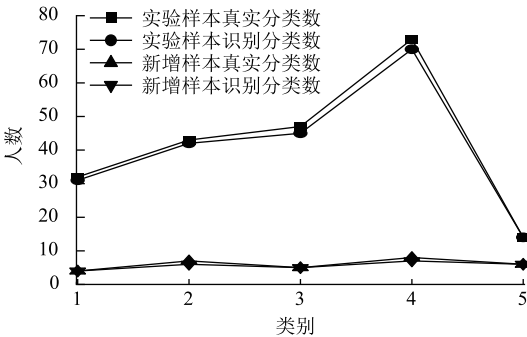


图 3 乳房分类验证

Fig. 3 Breast classification verification

由图 3 可以看出,验证准确率较高,实验样本中 202 个样本分类正确,7 个样本分类错误,判别准确率为 96.65%,新增样本的判别准确率为 93.33%,整体的判别精度为 96.23%。验证过程表明了分类规则的可行性与准确性。

2.3 不同类别乳房形态分析

2.3.1 形态分析 在提取的乳房角度参数中,上乳房角  $\alpha$ 、下乳房角  $\beta$  及胸扩角  $\theta$  的均值分别为  $41.3^\circ$ 、 $43.7^\circ$ 、 $47.3^\circ$ ,  $\alpha$  越大乳房越挺拔;  $\beta$  越小乳房下垂现象越明显;  $\theta$  越大,乳房形态越外扩。根据最终聚类结果,选取各类型中与聚类中心距离最小的样本作为乳房立体形态代表,对选中样本模型的特征参数进行对比分析,各类乳房的横纵角度与立体形态的关系如图 4 所示。

由图 4 可以看出,1 类乳房形态胸围最大、下乳

房角最小、乳房组织丰满,胸扩角最大,存在轻微下垂现象,属于丰满外扩型;2 类乳房形态胸围较大、较为饱满且挺拔,胸扩角最小,为丰满内敛型;3 类乳房形态上乳房角较小,胸型整体起伏较小、胸宽厚比较大,属于适中型;4 类乳房形态胸围适中,但上乳房角最大、乳房挺拔,胸扩角中等、下乳房角较小,属于饱满挺拔型;5 类胸型胸围较小、上乳房角最小,且下乳房角最大、有下垂现象,胸扩角较大,属于平坦外扩型。总体样本中,占比最大的是饱满挺拔型和适中型,分别为 34.9% 和 22.5%,占比最少的(6.7%)为平坦外扩型,且这类乳房类型伴有轻微下垂现象。数据占比符合测量样本的实际年龄状况,即 18~25 岁年轻女性的乳房形态变形(如外扩或下垂)较小,多为饱满挺拔与适中胸型。

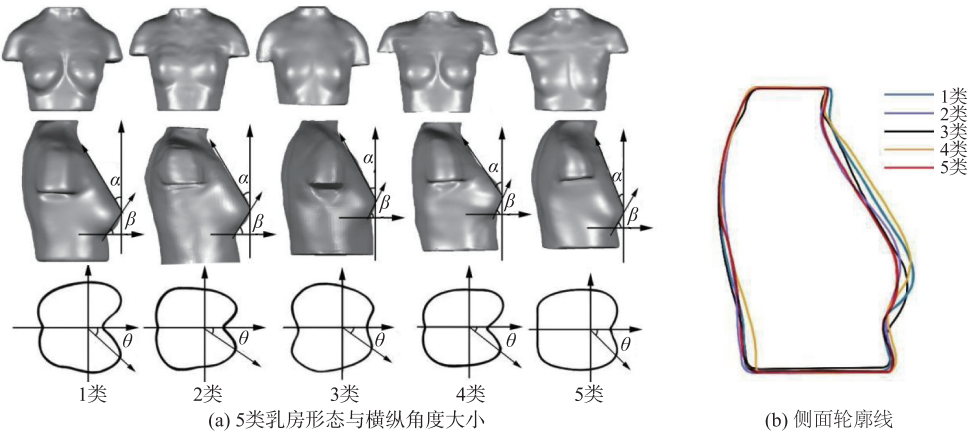


图 4 各类乳房的横纵角度与立体形态的关系

Fig. 4 Relationship between the horizontal and vertical angels and three-dimensional shape of various breasts

2.3.2 形态美学评价 通过采访 5 名内衣行业专业人士确定乳房形态美评价标准,具体包括乳房大小、乳房圆润度、乳房下垂度、乳房对称度和乳房位

置高度。邀请了服装专业老师、学生、资深文胸版师共 46 人,对 5 类乳房类型进行评价打分,评分规则见表 6。

表 6 乳房各指标评价标准

Tab. 6 Evaluation criteria for various indicators of breast

评分标准	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分
乳房大小	乳房过大或过小	乳房较大或较小	乳房稍大或稍小	乳房大小较适中	乳房大小适中
乳房圆润度	乳房形状很平	乳房形状较平	乳房形状圆润适中	乳房形状较饱满	乳房饱满圆润
乳房下垂度	乳房下垂很明显	乳房下垂较明显	乳房形态适中	乳房稍有下垂	乳房挺拔
乳房对称度	左右乳房差异很大, 不对称	左右乳房差异较大	左右乳房有差异, 但可接受	左右乳房差异较小	左右乳房基本对称
乳房位置高度	乳房位置过高 或过低	乳房位置较高 或较低	乳房位置稍高 或稍低, 可接受	乳房位置接近 上半身中央	乳房位置在 上半身中央

评分结果均值见表 7。

由表 7 可以看出,1 类乳房的乳房圆润度、下垂度与位置高度得分在 3 分以下;2 类乳房所有指标得分均在 3 分以上;3 类乳房位置高度得分低于 3

分;4 类乳房各项指标得分均高于 3.5 分;5 类乳房大小、圆润度、下垂度与位置高度得分均低于 3 分。

综上分析,4 类乳房的综合得分最高,乳房形态最具人体美感。

表7 主观评价评分结果

Tab.7 Subjective evaluation and scoring results					
乳房类型	乳房大小	乳房圆润度	乳房下垂度	乳房对称度	乳房位置高度
1类	3.24	2.85	2.85	3.92	2.76
2类	3.55	3.25	3.74	4.11	3.88
3类	3.21	3.31	3.23	3.75	2.42
4类	3.86	4.12	3.64	3.68	3.56
5类	2.45	2.32	2.15	3.81	2.17

3 结 语

1)提出了一种从人体侧面与截面上提取上乳房角、下乳房角及胸扩角等乳房角度参数,并结合细部参数对青年女性乳房形态进行分类的方法。

2)通过因子分析提取能够表征青年女性乳房形态的4个特征因子,包括围度因子、外扩度因子、挺拔度因子及丰满度因子,聚类获得5类乳房形态代表性指标的中心值。在5类乳房形态中间体模型中,1类胸扩角最大,下乳房角最小,为丰满外扩型;2类胸扩角最小,为丰满内敛型;3类为适中型;4类分布人数最多,胸型饱满且无外扩下垂现象,为饱满挺拔型;5类属平坦外扩型,其下乳房角最大,分布人数最少。对各类乳房形态进行形态美主观评价,得出4类乳房形态最具人体美感。

3)基于横、纵截面角度指标的乳房形态分类结果,使用Fisher判别函数对原实验样本与新增验证样本进行判别,得到整体的判别准确率为96.23%,可用于青年女性乳房形态的有效判别。

参考文献:

[1] BRISBINE B R, STEELE J R, PHILLIPS E J, et al. Breast and torso characteristics of female contact football players: implications for the design of sports bras and breast protection [J]. Ergonomics, 2020, 63 (7): 850-863.

[2] 张涵. 调查称超6成女性文胸不合身[EB/OL]. (2014-01-29) [2022-12-15]. [https://fashion.ifeng.com/news/detail\\_2014\\_01/29/33473290\\_0.shtml](https://fashion.ifeng.com/news/detail_2014_01/29/33473290_0.shtml).

[3] ZHANG S C, YICK K L, YIP J, et al. An understanding of bra design features to improve bra fit and design for older Chinese women [J]. Textile Research Journal, 2021, 91(3/4): 406-420.

[4] SHI Y Y, SHEN H, TAYLOR L W, et al. The impact of age and body mass index on a bra sizing system formed by anthropometric measurements of Sichuan Chinese females [J]. Ergonomics, 2020, 63(11): 1434-1441.

[5] MALBON C, KNOCK C, CRITCHLEY R, et al. The effect of breast size and bra type on comfort for UK female police officers wearing body armour [J]. Applied Ergonomics,

2020, 84: 103012.

[6] PECHTER E A. An improved technique for determining bra size with applicability to breast surgery [J]. Plastic and Reconstructive Surgery, 2008, 121(5): 348e-350e.

[7] ZHENG R, YU W, FAN J. Development of a new Chinese bra sizing system based on breast anthropometric measurements [J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2007, 37(8): 697-705.

[8] WANG L Q, CUI X Y, XUE J Q, et al. Breast-shape classification and implant construction method for unilateral breast reconstruction [J]. IEEE Access, 2019, 7: 157506-157512.

[9] LIU Y, WANG J P, ISTOOK C L. Study of optimum parameters for Chinese female underwire bra size system by 3D virtual anthropometric measurement [J]. The Journal of the Textile Institute, 2017, 108(6): 877-882.

[10] 刘羽, 王建萍. 基于乳房角度的乳房形态分类[J]. 丝绸, 2017, 54(8): 31-37.

LIU Yu, WANG Jianping. Research on breast shape classification based on breast angle [J]. Journal of Silk, 2017, 54(8): 31-37. (in Chinese)

[11] PEI J, FAN J T, ASHDOWN S P. A novel method to assess breast shape and breast asymmetry [J]. The Journal of the Textile Institute, 2019, 110 (8): 1229-1240.

[12] ZHANG B B, SUN Y, ZHONG Z J, et al. Breast shape classification and discrimination driven by local features-focusing on Chinese women in their 20s [J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2022, 90: 103304.

[13] 全国人类工效学标准化技术委员会. 建立人体测量数据库的一般要求: GB/T 22187—2008 [S]. 北京: 国家标准出版社, 2008.

[14] 钟泽君, 顾冰菲. 基于特征点自动定位的乳房形态参数提取 [J]. 服装学报, 2023, 8(3): 211-216.

ZHONG Zejun, GU Bingfei. Breast morphological parameters extraction based on automatic position of feature points [J]. Journal of Clothing Research, 2023, 8(3): 211-216. (in Chinese)

[15] 马静. 基于胸部特征参数的个性化文胸样板研究 [D]. 杭州: 浙江理工大学, 2018.

[16] 支含绪, 张胜文. 基于向量夹角余弦的夹具案例检索方法研究 [J]. 计算机与数字工程, 2021, 49(2): 402-407.

ZHI Hanxu, ZHANG Shengwen. Research on fixture case retrieval method based on vector angle cosine algorithm [J]. Computer and Digital Engineering, 2021, 49(2): 402-407. (in Chinese)

[17] 全国服装标准化技术委员会. 服装用人体测量的部位与方法: GB/T 16160—2008 [S]. 北京: 国家标准出版社, 2008.

[18] TADESSE M G, CHEN Y, WANG L C, et al. Tactile comfort prediction of functional fabrics from instrumental data using intelligence systems [J]. Fibers and Polymers, 2019, 20(1): 199-209.

(责任编辑:邢宝妹)