

文章编号: 1009-444X(2022)01-0062-07

# 基于三维人体测量的男青年上身体型分类

王伟, 李艳梅

(上海工程技术大学 纺织服装学院, 上海 201620)

**摘要:** 为提高青年男性上装的合体性, 选取安徽地区 300 名 18~25 岁青年男性为研究对象, 通过三维人体扫描仪采集 7 个主要上身部位的相关数据, 使用 SPSS 软件进行因子分析, 得到影响上身体型特点的 3 个公共因子: 横向因子、长度因子、围差因子。计算各因子的权重, 选取身高、腰围、胸腰差 3 个特征指标, 最终确定男青年上身体型为高瘦体型、矮瘦体型、中等身高偏瘦体型、中等身高偏胖体型, 各占比 25.09%、28.00%、37.09%、9.82%。研究结果有助于了解安徽地区人体体型特征, 为地区的服装企业在改进服装结构方面提供可行性参考。

**关键词:** 三维人体测量; 男青年; 上身体型分类; 因子分析; 特征指标

中图分类号: TS941.17

文献标志码: A

## Upper body type classification of young men based on three-dimensional body measurement

WANG Wei, LI Yanmei

(School of Textiles and Fashion, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** In order to improve the fit of young men's tops, 300 young men aged 18~25 years old in Anhui areas were selected as the research subjects. Relevant datas on seven main upper body parts were collected by 3D body scanner, and factor analysis was performed through SPSS software, and three common factors of horizontal factor, length factor and girth factor that affecting upper body shape characteristics were obtained. The weight of each factor was calculated, and three characteristic indexes, namely height, waist circumference and chest waist difference were selected. Finally, it was determined that the upper body shape of young men was tall and thin, short, medium height and thin, and medium height and fat, accounting for 25.09%, 28.00%, 37.09%, 9.82%. The research results are helpful to understand the characteristics of human body shape in Anhui areas, and provide feasible reference for regional garment enterprises in improving garment structure.

**Key words:** three-dimensional anthropometry; young man; upper body type classification; factor analysis; characteristic index

我国现行男性服装号型标准主要依据国家标准 GB/T 1335.1—2008《服装号型 男子》<sup>[1]</sup>。随

着经济和生活水平的高速发展, 人们的体型在高度、围度等方面都发生较大的变化, 且各地域间男

收稿日期: 2021-08-26

基金项目: 国家自然科学基金资助(11802171); 闽江学院现代服装技术协同创新中心开放基金资助(MJKFFZ201702)

作者简介: 王伟(1994-), 男, 在读硕士, 研究方向为服装舒适性与功能. E-mail: wangw0702@126.com

通信作者: 李艳梅(1974-), 女, 教授, 博士, 研究方向为服装材料及高性能服装研发、数字化服装技术应用。

E-mail: lym0350@126.com

性体型特征也有明显区别. 目前国内推行的号型标准的准确性已不太适合市场需求<sup>[2]</sup>, 男性服装市场需要更为细致、准确的服装款式样板库来满足消费者对于服装合体性和舒适性的需求. 因此, 需要着重分析男性上身形态特征, 为企业在服装的款式和结构设计方面提供合理性依据<sup>[3]</sup>.

目前, 国内外学者对人体体型分类的研究主要运用数据分析, 包括主成分分析、特殊指标分析、聚类分析等. 许家岩<sup>[4]</sup>利用图像处理技术, 提取人体尺寸数据, 采用体表角度+胸腰差联合法与国标胸腰差分类方法, 并结合回归分析和 BP 神经网络仿真方法, 建立围度尺寸的计算模型和青年男体尺寸数据系统. 阮婷等<sup>[5]</sup>运用因子分析、方差分析和 K-means 聚类分析, 将青年男性体型分为矮瘦圆台型、矮胖圆台型、高胖圆台型和高瘦圆台型 4 类, 为企业进行男装结构设计提供参考. Lee 等<sup>[6]</sup>运用主成分分析法和 K 均值聚类分析法提取 10 个代表鲜明的男性身体轮廓, 将男性体型分为 3 类. 梁素贞<sup>[7]</sup>采用非接触式三维人体测量提取 21 个分析目标, 通过特殊指标分析表明福建地区男性体型主要为 Y、A、B 等 3 类, 并建立身高、胸围、腰围、臀围的线性回归方程. 齐静等<sup>[8]</sup>通过因子分析和聚类分析将西部地区青年男性体型细化为 7 类, 该研究结果为制订西部地区青年男性服装号型标准提供理论参考. Jiang 等<sup>[9]</sup>基于二维图像的人体特征, 提出从人体正面和侧面图像中自动检测人体特征的系统方法, 为服装结构及款式设计提供理论支持. 钱晓农等<sup>[10]</sup>提出马氏距离的体型细分识别方法, 并结合聚类分析将人体体型分为偏瘦、正常、偏胖 3 类, 为建立北方青年女性人体尺寸数据库提供支持.

随着科学技术的进步, 传统手工测量方式效率低、精度差, 人体测量方式逐渐转向更高效、准确客观的非接触三维扫描人体测量<sup>[11]</sup>. 准确采集

人体数据和判断人体体型特征是设计服装的基础, 也是影响消费者满意度和解决服装合体性问题的关键因素之一<sup>[12]</sup>. 上述研究人员均是在提取样本数据的特征值后, 运用 K-means 聚类分析法对人体体型进行分类, 但这些分类大多依据经验判断所得, 其结果具有一定的主观性. 在前人研究的基础上, 本研究选择三维测量技术采集上身数据, 使用因子分析和聚类分析方法确定特征指标及权重, 选择方差碎石图线拐点对上身体型进行较为客观地分类, 以期为青年男性上身体型的细分及企业在男性上装合体性和舒适性方面的设计提供参考.

## 1 人体测量

### 1.1 测量仪器

可精确获取人体三维数据的 3D CaMega 人体(全身-半身)扫描仪如图 1 所示. 该扫描系统由北京博维恒信科技发展有限公司制造, 是国内首套具有自主知识产权的人体三维数字化测量系统, 具体参数见表 1.



图 1 三维扫描仪

Fig. 1 Three-dimensional scanner

表 1 系统参数

Table 1 System parameters

相机型号	测量范围/(mm×mm)	参考距离/mm	纹理分辨率	点间距/mm	测量精度/mm	投影原理	图像获取时间/s
CP-1000	1 000×600	1 500	500万像素	0.7	0.3	彩色结构光	1.5

3D CaMega 人体(全身-半身)扫描系统的测量原理是被测量者站在仪器中的指定位置, 用高

亮度的彩色结构冷光上下扫描人体, 并过滤外界环境的光干扰, 摄像机接收光线测量的结果, 由计

计算机处理得到数据.

### 1.2 测量要求

在进行三维人体扫描时,被测量对象穿着浅色内衣站在测量区域内,穿着的内衣必须紧贴身体,被测量对象要卸去身上首饰、手表、眼镜等物品.

三维人体扫描法测量对站姿有一定要求,被测者手臂应远离身体,能够辨别出腋窝,但要保证手不能超出测量区域.如果测量对象较为肥胖,则要求其将手臂、腿张开的幅度略大些,手要捏成拳头;两脚要站在测量室中指定的位置;测量对象要身体直立静止、屏息、眼睛平视前方,俯视或仰视都不能准确探测到颈部的位置,如图 2 所示.

### 1.3 试验测量变量

参照国家标准 GB/T 16160—2017《服装用人

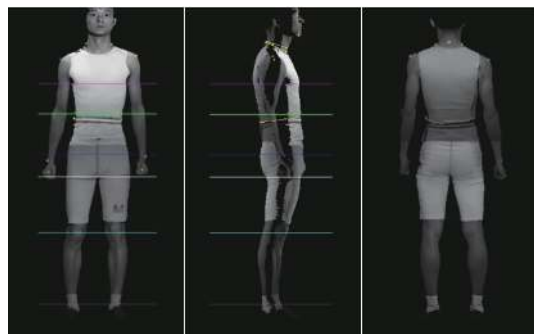


图 2 人体姿势示意图

Fig. 2 Schematic diagram of human posture

体测量的尺寸定义与方法》,根据男青年人体特征及服装结构设计特点,选取影响男性上身结构的 7 个人体测量变量,见表 2.

表 2 相关变量  
Table 2 Related variables

序号	变量	定义
1	身高	从头顶点至地面的垂距
2	颈围	经颈窝点、左颈肩点、第7颈椎点和右颈肩点各向上 3 cm 围量一周的围长
3	胸围	经过胸点水平围量一周的围长
4	腰围	经过躯干最细部位水平围量一周的长度
5	胸腰差	胸围与腰围的差值
6	总肩宽	左肩端点经第7颈椎点至右肩端点的距离
7	臂长	从肩端点至桡骨茎突点的直线距离

### 1.4 样本量的确定

试验对象为 300 名安徽地区某大学青年男性大学生和研究生, 18~25 岁, 身高 160~190 cm, 体重 45~85 kg. 在随机抽样条件下, 为保证样本量的准确性, 根据统计教材对样本量公式定义, 确定样本容量为

$$n = \frac{Z^2 S^2}{d^2} \quad (1)$$

式中:  $n$  为所需样本量;  $Z$  为 95% 置信水平下的统计量, 取 1.96;  $S$  为标准差;  $d$  为相对误差.

根据国家标准 GB/T 23698—2009《三维扫描人体测量方法的一般要求》<sup>[13]</sup> 中对于最大允许误差的设定, 具体结果见表 3. 由表可知, 最小样本量为 200, 本次测量对象为 300 人, 满足试验要求.

表 3 各测量部位的基本统计量

Table 3 Basic statistics of each measurement

测量项目	$S/cm$	$d/cm$	$n$
身高	5.495 69	1.0	116
颈围	1.794 54	0.4	78
胸围	4.571 40	0.9	100
腰围	6.448 02	0.9	200
胸腰差	4.941 27	0.9	119
肩宽	2.147 55	0.5	74
臂长	2.352 28	0.5	88

## 2 数据分析

### 2.1 数据预处理

为保证非接触式三维人体测量数据的有效

性,减少测量带来的误差,对同一变量在相同环境下进行 3 次重复测量并取平均值作为最终分析数据.通过 SPSS 软件中 Q-Q 概率图对各变量数据的正态性进行检验,以颈围为例,检验结果如图 3 所示.由图可知,图上的点近似在一条直线附近,样本数据近似于正态分布,同理验证其他变量也近似于正态分布.颈围的箱式图如图 4 所示.由图可直观识别颈围数据中的异常值,同理排除其他变量的异常值.根据数据预处理,判断数据的有效性,剔除数据的异常值,综合分析后排除 25 个男青年上身测量变量的异常数据,确定 275 个有效样本,样本有效率达 91.67%.

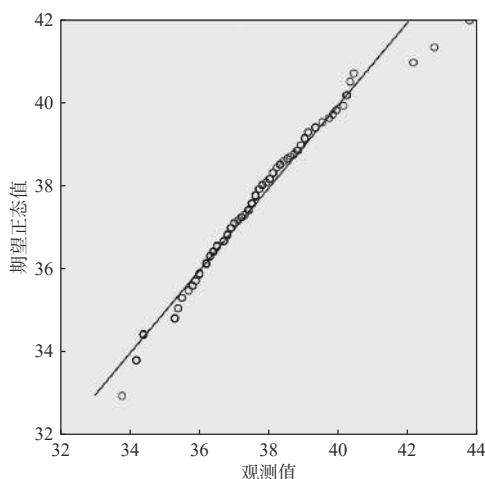


图 3 颈围正态检验 Q-Q 图

Fig. 3 Q-Q diagram for normal test of neck circumference

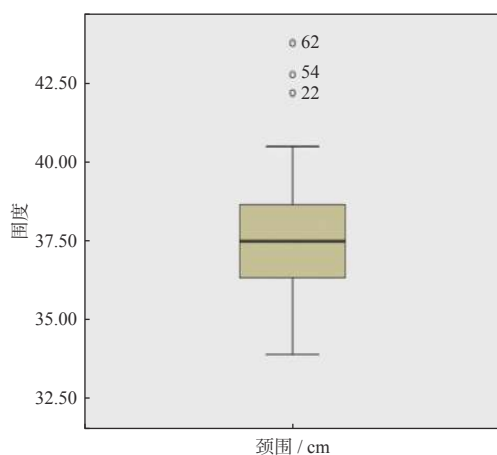


图 4 颈围箱式图

Fig. 4 Box diagram of neck circumference

## 2.2 上身体型测量变量分析

对青年男性上身 7 个变量进行统计,得到各测量变量的极小值、极大值、均值、标准差,结果见表 4.表中显示了男青年上身体型数据的离散程度

和差异范围,总体上反映了安徽地区男青年上身体型特征的变化情况,相关变量数据较为准确合理,能够代表青年男性的上身体型特征.

表 4 男青年上身体型测量指标统计

Table 4 Statistics of measurement indicators for upper body type of young men

项目	极小值	极大值	均值	标准差
身高	161.00	189.40	175.533	5.495 69
颈围	33.80	43.70	37.496	1.794 54
胸围	78.30	99.90	90.301	4.571 40
腰围	64.10	93.90	77.143	6.448 02
胸腰差	-7.00	21.00	13.158	4.941 27
肩宽	40.80	51.20	44.744	2.147 55
臂长	52.70	63.80	58.365	2.352 28

## 2.3 因子分析

### 2.3.1 KMO 和 Bartlett 检验

因子分析是指把原始变量通过一些公共的因子变量来表示,把多个观测变量转变为少数不相关的综合变量<sup>[14]</sup>.在对男性上身各部位变量进行因子分析前,需对 7 个相关变量指标进行 Bartlett 球形检验以及 KMO 值检验,以此判断原始数据是否能够进行因子分析,结果见表 5.由表可见,男性上身体型指标的 KMO 值为 0.752, Bartlett 球形检验值为 0.000,说明这些体型指标的相关性高,适合进行因子分析.

表 5 KMO 和 Bartlett 的检验

Table 5 KMO and Bartlett's test

KMO 值	Bartlett 球形检验		
	近似卡方	自由度	显著性
0.752	244.666	15	0.000

各因子对体型数据差异的解释总方差见表 6.由表可见,只有前 3 个因子的特征值大于 1,累计贡献率达到 83.465%.因此,影响男性上身体型特征的主要因子有 3 个.

采用方差最大法经旋转后得到的成分矩阵见表 7.由表可见,主成分因子 1 在胸围、颈围、腰围、肩宽上有较大载荷,可定义为横向因子;主成分因子 2 在身高、臂长上有较大载荷,可定义为长度因子;主成分因子 3 在胸腰差上有较大载荷,可定义为围差因子.

表 6 解释的总方差  
Table 6 Total variance explained

成分	初始特征值			旋转平方和载入		
	合计	方差百分比/%	累积方差百分比/%	合计	方差百分比/%	累积方差百分比/%
1	3.213	45.899	45.899	2.542	36.320	36.320
2	1.504	21.488	67.387	1.767	25.247	61.567
3	1.125	16.077	83.465	1.533	21.898	83.465
4	0.511	7.299	90.763			
5	0.386	5.514	96.277			
6	0.261	3.723	100.000			

表 7 旋转成分矩阵  
Table 7 Rotation component matrix

测量项目	成分		
	1	2	3
胸围	0.927	0.086	0.178
颈围	0.773	0.076	-0.250
腰围	0.722	0.087	-0.636
肩宽	0.720	0.239	-0.199
臂长	0.094	0.927	-0.005
身高	0.172	0.911	-0.069
胸腰差	-0.085	-0.034	0.995

表 8 因子权重值  
Table 8 Factor weight values

公因子	因子权重系数	变量	变量权重系数
横向因子	0.435	胸围	0.146
		颈围	0.134
		腰围	0.177
长度因子	0.303	肩宽	0.142
		身高	0.140
		臂长	0.125
围差因子	0.262	胸腰差	0.136

综上所述,影响男性上身体型特点的主要影响因素为横向因子、长度因子、围差因子。

### 2.3.2 特征指标提取

为进一步描述上半身体型特征,采用权重分析方法计算出各公因子的方差贡献率和各变量的权重值,并提取出各公因子的特征指标。通过公因子的方差贡献率,计算公因子贡献率与 3 个公因子累积贡献率的比值得到各公因子的权重,再依据成分得分系数矩阵的系数计算得到各变量因子在公因子中的权重,结果见表 8。

由表 8 可知,腰围、身高、胸腰差在各自公因子中的权重最大,即这 3 个变量在各自公因子中地位最高,在所有变量中最为重要,故选取这 3 个变量作为男青年上身体型分类的特征指标。

## 2.4 K-means 聚类分析

K-means 聚类的步骤是先将数据分为  $K$  组,随机选取  $K$  个对象作为初始的聚类中心,然后计算每个对象与各个种子聚类中心之间的距离,把每个对象分配给距离它最近的聚类中心。该方法可有效处理大量数据的聚类分析,而不占用过多内存空间和计算时间<sup>[15]</sup>。

横向因子反映人体上身的围度和宽度;长度因子反映人体的身高和体段长度;而围差因子的胸腰差,即指胸围与腰围的差值,反映人体上身部分结构特征。我国实施的男装国家标准修订版《服装号型 男子》<sup>[16]</sup>以胸腰差为参照,将男子的体型分为 Y、A、B、C 等 4 类。结合服装结构方面的知识和各因子权重占比,选取横向因子的腰围、长度因子的身高和围差因子的胸腰差作为 K-means 聚类分析的上身体型分类的特征指标。将腰围、身高、胸腰差

作为分类依据绘制成碎石图如图 5 所示. 由图可以看出, 在聚类数为 4 时, 折线趋于平缓, 出现拐点, 所以选择聚类数为 4, 运用 K-means 聚类法对男性上身体型测量项目进行聚类分析, 可分为 4 类.

为验证 K-means 聚类法对男性上身体型分类的准确性和合理性, 采用方差分析对其聚类分析进行解释, 结果见表 9. 从表可以看出, 各聚类数中的各项目 Sig. 均小于 0.05, 说明各聚类数均符合要求. 但聚类数为 4 时, 组间误差平方和最大, 组内误差平方和最小, 且  $F$  检验值最大, 聚类效果最佳, 表明将样本分为 4 类较为合理.

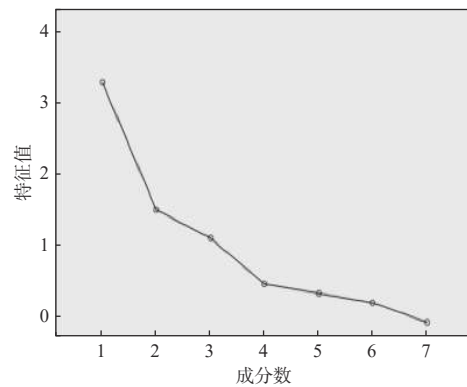


图 5 碎石图

Fig. 5 Crushed stone diagram

表 9 方差分析

Table 9 Variance analysis

聚类数	项目	组间误差平方和	组内误差平方和	$F$	Sig.
2	身高	248.378	27.976	8.878	0.004
	腰围	2 558.842	15.891	161.028	0.000
	胸腰差	1 243.620	11.975	103.848	0.000
3	身高	359.597	23.411	15.360	0.000
	腰围	1 309.481	15.435	84.840	0.000
	胸腰差	810.901	8.200	98.890	0.000
4	身高	541.481	14.225	38.065	0.000
	腰围	1 004.894	11.473	87.585	0.000
	胸腰差	547.114	8.082	67.696	0.000
5	身高	499.247	10.453	47.759	0.000
	腰围	736.266	12.327	59.728	0.000
	胸腰差	421.081	7.715	54.583	0.000
6	身高	391.744	10.972	35.705	0.000
	腰围	689.408	7.118	96.855	0.000
	胸腰差	380.258	5.488	69.283	0.000
7	身高	342.489	10.055	34.061	0.000
	腰围	593.464	5.971	99.385	0.000
	胸腰差	322.599	5.179	62.295	0.000
8	身高	328.091	7.537	43.529	0.000
	腰围	493.590	7.185	68.700	0.000
	胸腰差	273.791	5.442	50.310	0.000
9	身高	292.217	7.168	40.765	0.000
	腰围	432.066	7.248	59.609	0.000
	胸腰差	243.951	5.116	47.680	0.000
10	身高	268.645	6.358	42.251	0.000
	腰围	388.141	6.921	56.085	0.000
	胸腰差	221.414	4.716	46.945	0.000

各自聚类中心分布情况见表 10。将腰围、身高、胸腰差作为特征指标将人体体型分为 I、II、III、IV 4 类,其中第 I 类身高最高,腰围、胸腰差较大,上身体型为高瘦型,占比 25.09%;第 II 类身高最矮,腰围较小,胸腰差较大,上身体型为矮瘦型,占比 28.00%;第 III 类身高中等,腰围最小,胸腰差最大,上身体型为中等身高偏瘦型,占比 37.09%;第 IV 类身高中等,腰围最大,胸腰差最小,上身体型为中等身高偏胖型,占比 9.82%。

表 10 分类结果  
Table 10 Classification results

聚类	身高/cm	腰围/cm	胸腰差/cm	案例数	占比/%
I 类	180.89	81.22	12.02	69	25.09
II 类	169.89	76.74	13.56	77	28.00
III 类	175.97	71.49	16.56	102	37.09
IV 类	176.34	89.02	2.31	27	9.82

### 3 结 语

通过三维人体扫描仪采集男青年上身部位数据,对相关上身体型特征数据进行描述性分析,发现数据的离散程度和差异范围,总体上反映了安徽地区男青年上身体型特征的变化情况,符合青年男性的上身体型特征。使用 SPSS 进行因子分析,得到 3 个影响上身体型的主要因子为横向因子、长度因子和围差因子。根据 3 个主要影响因子计算各因子权重,选取身高、腰围、胸腰差 3 个特征指标,运用主成分分析法和 K-means 聚类法将测量变量聚类成 4 类,将上身体型分为 I、II、III、IV 四类,分别占比 25.09%、28.00%、37.09%、9.82%,其中第 II、III 类体型共占比 65.09%,第 IV 类体型占比 9.82%,小于 10%,说明安徽地区的男青年大部分身高中等及以上,偏瘦,其次约 1/4 男青年为高瘦体型,只有不到 10% 的男青年为中等身高偏胖体型。基于三维人体测量和 SPSS 软件分析,提出因子分析和聚类分析结合并选取以胸腰差为主的男青年上身体型识别方法,研究结果有助于了解安徽地区的男青年体型特征,对人体测量的数据进行具体分析和对比,以此为依据对尺寸进行修正优化,为该地区的服装企业在服装结构及合体性方面提供思路。

### 参考文献:

- [ 1 ] 许鑑, 聂雅渊. 我国成年男子体型及服装号型区域化差异分析 [J]. 中国纤检, 2020(Z1): 128 - 134.
- [ 2 ] 朱碧空, 李月. 女装号型分类方法对比研究与优化 [J]. 毛纺科技, 2018, 46(4): 41 - 45.
- [ 3 ] 朱慧, 李燕, 石雪莲. 体型分析与测量方法研究 [J]. 山东纺织经济, 2019(9): 21 - 24.
- [ 4 ] 许家岩. 基于体表形态的青年男人体型分类及测量系统的研究 [D]. 苏州: 苏州大学, 2009.
- [ 5 ] 阮婷, 袁惠芬, 汪东升, 等. 运用三维人体测量的青年男性上半身体型分类 [J]. 河南工程学院学报 (自然科学版), 2020, 32(3): 9 - 15.
- [ 6 ] LEE K S, SONG H K, KIM S. Categorization of lower body shapes of abdominal obese men using a script-based 3D body measurement software [J]. Fashion and Textiles: International Journal of Interdisciplinary Research, 2020, 7(9): 1306 - 1314.
- [ 7 ] 梁素贞. 基于三维人体测量的福建地区男性大学生体型特征 [J]. 服装学报, 2016, 1(2): 152 - 156.
- [ 8 ] 齐静, 李毅, 张欣. 我国西部地区青年男性体型描述与体型分类研究 [J]. 纺织学报, 2010, 31(5): 107 - 111.
- [ 9 ] JIANG L Y, YAO J, LI B P, et al. Automatic body feature extraction from front and side images [J]. Journal of Software Engineering and Applications, 2012, 5(12): 94 - 100.
- [ 10 ] 钱晓农, 尹兵. 基于三维人体测量的人体体型细分识别的研究 [J]. 纺织学报, 2011, 32(2): 107 - 111, 120.
- [ 11 ] 邢英梅, 王竹君, 阚燕, 等. 基于因子分析和分层聚类的成年女性体型特征识别 [J]. 河南工程学院学报 (自然科学版), 2019, 31(2): 8 - 12.
- [ 12 ] 徐梦娜. 基于三维扫描的青年女性体型分类研究 [D]. 北京: 北京服装学院, 2017.
- [ 13 ] 全国人类工效学标准化技术委员会. 三维扫描人体测量方法的一般要求: GB/T 23698—2009 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [ 14 ] 王慧, 简绍勇, 李娟, 等. 三种统计分析方法在数学建模中的应用浅谈 [J]. 科学咨询 (教育科研), 2020(10): 95 - 96.
- [ 15 ] 张文彤, 董伟. SPSS 统计分析高级教程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [ 16 ] 全国服装标准化技术委员会. 服装号型 男子: GB/T 1335.1—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.