

# 三维人体测量技术研究进展

王宏付, 王永波, 柯莹

(江南大学 纺织服装学院, 江苏 无锡 214122)

**摘要:**为提高三维人体测量技术的普及率、促进其在服装相关领域的应用,简单对比分析了三维人体测量和手工测量技术的优劣,并采用文献查阅的方法,总结了三维人体测量技术的应用现状,剖析了现有三维人体测量技术存在的不足,提出其测量过程改善建议,并展望测量智能化与网络化的发展趋势。

**关键词:** 三维人体测量; 体型分类; 量身定制; 虚拟试衣

**中图分类号:** TS 941. 17 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2018)06-0492-05

## Research Advances in 3D Human Body Measurement Technology

WANG Hongfu, WANG Yongbo, KE Ying

(School of Textile and Clothing, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** In order to improve the penetration rate of 3D human body measurement technology and the promotion of 3D body measurement technology in garment field of application. This paper analyzed the advantages and disadvantages of the 3D human body measurement and manual measurement technology briefly. The 3D human body measurement technology since appeared the application of the status quo was summarized, through the literature review. The existing 3D human body measurement technology existing shortcomings was then analyzed. The measurement process improvement suggestions was then studied. And the development trend of intelligent and networked measurement was proposed finally.

**Key words:** 3D human body measurement, somatotype, clothing tailoring, virtual fitting

合体性即服装与人体的贴合程度,它是消费者在购买服装时重要的参考因素。人体的体型数据是服装设计开发和生产制造的基础依据,人体测量则是正确把握人体特征,保证服装合体的必要手段<sup>[1]</sup>。从技术发展来看,人体测量技术可以分为传统手工测量技术和三维人体测量技术。文中采用对比分析法简要比较了两种测量技术的优劣,运用文献研究法总结三维人体测量技术的研究现状,剖析了现阶段存在的问题,指出未来的发展方向和趋势。

### 1 手工测量与三维人体测量技术的对比

目前,中国人体测量以传统手工测量为主,三维人体测量技术由于价格等因素,普及率较低,仅

被一些高等服装类院校和大型服装企业所熟知。

传统的手工测量技术一般使用软尺和马丁测量仪等,使用工具简单、廉价,测量结果直观,但耗时长,且由于胸、腰、臀等部位为人体较敏感部位,测试时容易存在系统误差和偶然误差<sup>[2]</sup>,难以进行快速、大规模的人体测量。

三维人体测量作为现代图像测量技术的一个分支,是以现代光学为基础,融光电子学、计算机图像学、信息处理、计算机视觉等科学技术为一体的三维测量技术<sup>[3]</sup>,它在测量人体时把图像当作检测和传递信息的手段或载体加以利用,其目的是从人体图像中提取有用的信息<sup>[4]</sup>。与传统测量技术相比,三维人体测量技术可在数秒内完成对人体数百部位尺寸的测量,精确度高,被测者可以轻松完成测试,且能进行快速、大规模的人体测量。

收稿日期:2018-06-12; 修订日期:2018-09-24。

基金项目:国家自然科学基金项目(51506076);中央专项基本科研业务费专项资金项目(JUSRP51735B)。

作者简介:王宏付(1963—),男,教授,硕士生导师。主要研究方向为现代服装技术。Email: whf.123@163.com

## 2 三维人体测量技术概述

美、英、德、日等发达国家对三维人体自动测量技术的研究较早,已研制开发了一系列三维人体测量系统,美国[TC]<sup>[2]</sup>、德国 TECMATH 公司都是其中的佼佼者<sup>[3]</sup>。相对于国外,中国三维人体扫描技术的研究起步较晚,但发展迅速,一些服装类高等院校和企业都研究出不同的三维人体测量系统,且三维人体测量相关的论文成果丰硕。

三维人体测量技术一般由硬件和软件两部分组成,其中硬件可用于人体图像的采集,主要包括扫描室、摄像机等;软件部分可从图像中获取有用的信息,如所需部位的尺寸等,同时通过计算机数据处理软件,还能够对图像进行旋转、放缩和截面处理。

按照测量过程中有无光源照射的不同,可以将三维人体测量技术分为主动式和被动式两大类,目前主要采用主动式,按照光源形式的不同,又可分为基于普通光的扫描技术、基于红外线的扫描技术和基于激光的扫描技术。

## 3 三维人体测量技术的应用

### 3.1 人体数据库的建立

从 20 世纪 70 年代三维人体测量技术的起步到 2010 年左右,有很多国家利用三维人体测量技术和其他相关技术相继建立了自己国家的人体数据库,早期数据库中人体数据的采集以手工测量为主,后期则以三维人体测量为主。

1992—1994 年,日本 HQL 机构运用手工测量和三维人体测量相结合的方法,建立起年龄段为 7~90 岁的人体数据库 Size-JPN9294。2004—2006 年,该机构对上述数据库进行更新和补充,形成 Size-JPN0406<sup>[5]</sup>。

2001 年英国人体数据库 Size UK 成为世界上首个采用三维人体测量作为主要手段来获用人体尺寸数据的全国性人体数据库。该项目由政府带头,全国 17 个零售商以及众多院校、公司机构等参与合作。现在 Size UK 中的数据由英国 Sizemic 公司代为销售,为众多服装企业及相关研究提供有偿服务<sup>[5]</sup>。

从 2006 年起,由尚笑梅教授带领的团队耗时 5 年多构建成了数据库 Size CN<sup>[5]</sup>。该数据库收录了 3 000 多人的尺寸数据,以人体体表数据为主,同时还可以根据已有的人体体表数据计算出未知的其他部位数据。此外,中国较为认同的人体数据库还

有西安工程大学的中国西部三维人体数据库和北京服装学院爱慕人体工学研究所的人体数据库。

### 3.2 人体体型的分类

**3.2.1 男性** 许家岩<sup>[6]</sup>以长三角地区青年男性为研究对象,通过三维人体测量技术,选择了肩斜角、臀突角、背入角这 3 个具有代表性的人体体表角度,对人体体型初次划分,再依据胸腰差进行二次分类,最终得到 28 类人体;孙思扬<sup>[7]</sup>通过三维人体测量技术采集了陕西省男性大学生体型数据,以胸腰差值为分类依据,利用快速聚类法,将人体分为了较瘦体、标准体、较胖体,其差值分别为 17~24 cm,12~17 cm,7~12 cm。

**3.2.2 女性** 王祺明<sup>[8]</sup>利用三维人体测量技术测量了 200 名江浙地区女性的人体数据,选取胸、腰、臀三围的截面面积与三围围度平方的比值进行聚类分析,将体型分为了扁体型、中间体型、圆体型 3 类;雷玲玲等<sup>[9]</sup>通过三维人体测量技术测量了嘉兴学院女性大学生的人体尺寸,利用快速聚类法,将女性人体分为腿偏长体、臀围偏大体、扁平体、纤瘦体 4 类,并得出各体型的中间体。

### 3.3 胸、腰、臀等部位的细化

陈姗姗等<sup>[10]</sup>通过三维人体测量技术,测量了女性乳房相关数据,以肩峰点到乳点(bustpoint, BP)之间的距离与 BP 点到前腰节点的距离比,乳间距与左右颈窝点到对应 BP 点距离之和的比值为依据,聚类成 5 类,得到乳房在中间偏下位置且外阔。利用 Optitex 创建 3D 模特模拟乳房位置的变化,用数字化立体裁剪,取得相应的样板,得出 BP 点的纵向变化可引起肩省和腰省的大小及省尖纵向位置变化,BP 点的横向变化可以引起肩省和腰省省尖的横向变化。

姜茸凡<sup>[11]</sup>通过三维人体测量技术测量了 150 位青年男性的下体体型,对人体数据进行了因子分析和聚类分析,确定了人体关键尺寸,以人体的身高和腰围划分男性下体的“号”,以“臀腰差”划分男性下体的“型”。根据关键尺寸将人体划分为高胖体(X)、高瘦体(Y)、标准体(A)、矮胖体(B)和矮瘦体(C)5 类体型,身高档差数是 5 cm,腰围档差数是 2 cm。

金娟凤等<sup>[12]</sup>依据三维人体测量技术,测量了 300 位在校女青年的臀部数据,通过 R 型聚类分析法及 Person 相关分析法,得到反映臀部形态的 6 个典型指标,然后采用快速聚类的方法,将臀部分为 5 类,对比各类型臀部截面曲线特征,验证了 5 类臀部体型划分的合理性;石小强等<sup>[13]</sup>利用三维人体测

量技术对江浙地区 194 名青年女性臀部数据特征进行研究,得到臀位高与身高的线性关系,并运用分裂聚类分析法将全部数据分为 5 类,分析得出臀位高的档差为 3 cm。姚怡等<sup>[14]</sup>采用三维人体测量技术测量青年女性体型,以腰臀比、肩胛臀凸偏差和臀型角度为依据,将臀部体型分为 3 类。

王军等<sup>[15]</sup>以东北地区青年女性为研究对象,通过三维测量技术得到 21 个腰臀部特征变量,并采用主成分因子分析得到影响腰臀部体型特征的 5 大形态因子,运用 SPSS 两步聚类法对腰臀部形态进行分类:第 1 类为直线型、平臀、矮瘦体;第 2 类为凸臀、浑圆体;第 3 类为曲线型、高扁体。方方等<sup>[16]</sup>利用 Polyworks 软件采集三维测量模型腰臀形态相关项尺寸数据,以腰臀比和臀凸高比为分类指标,对腰臀部体型进行 K-means 聚类分析,得到梨形翘臀型、翘臀型、O 形翘臀型、梨形中臀型、适中型、中 O 型、梨形垂臀型、垂臀型、O 形垂臀型 9 类体型。

### 3.4 量身定制化的服装生产系统

量身定制是一种以顾客为中心的服装生产制作系统,一种高度自动化的工业化生产方式<sup>[17]</sup>,既能满足服装的舒适合体性又能体现顾客的穿着个性要求。量身定制必须满足尺寸的合体度,即尺寸定制<sup>[18]</sup>,而获得人体体型数据是这一系统得以实现的关键步骤。利用三维人体测量仪对人体进行高效、高精度的测量,根据相应的尺码数据和客户对服装款式的要求,由电脑系统自动生成服装尺寸,与先进的纸样设计和排料裁剪系统相结合,从而实现量身定制服装的生产。如英国的 Baird Menswear 公司,其销售的西服中有 80% 是通过“量身定做”系统完成的<sup>[19]</sup>。

### 3.5 推进三维虚拟试衣系统

三维虚拟试衣系统涉及三维建模、体感交互、人体模型重建及模拟等技术<sup>[20]</sup>。如试衣者通过自身尺寸建立三维人体模型;虚拟试衣操作,包括型号选择、款式选择、面料选择以及颜色选择等。这一技术可以节约人力物力,省去穿脱衣服的麻烦,给人们带来便利。

德国弗劳恩霍夫学会的科学家<sup>[21]</sup>开发了一款虚拟试衣软件,需要通过三维测量获得人体数据,并将数据传递给服装销售商,生成顾客三维影像。顾客根据可选择的服装款式,选取喜爱的服装在电脑上进行“试穿”,同时还可以切换不同动作查看衣服的合体性。

森动数码有限公司<sup>[22]</sup>于 2011 年推出了亚洲首个 3D 虚拟试衣间,当购物者站在屏幕前时,虚拟试

衣镜会自动放映试穿效果的三维图像,并且只需简单旋转屏幕上的按钮,就可以更换衣服。与之前出现的网络试衣间不同,此产品无需消费者输入身高、体重、年龄等信息,只要你站在试衣镜前,系统就会自动进行三维扫描,从而获取相关信息,为消费者省去很多麻烦。

### 3.6 其他领域的应用

三维人体测量技术在动画、电影、工业设计、汽车制造和医疗等领域都有广泛应用。以医疗行业为例:汪翠梅<sup>[20]</sup>通过三维人体测量技术对中原地区汉族成人耳廓进行测量,根据耳部各测量指标的正常值范围,分析不同年龄下各测量指标的差异及各比例关系,为临床医生提供客观的数据;RAMSAY J 等<sup>[24]</sup>以 30 名有特发性脊柱侧凸的青年女性为研究对象,利用三维人体测量技术测量站立状态下女性左右乳房体积,然后用核磁共振技术测量俯卧状态下女性乳房体积,验证乳房的不对称性,发现二者具有强相关性;鲁晋等<sup>[25]</sup>选取 30 名皮肤慢性溃疡患者,利用无菌薄膜勾边法、NIH ImageJ 方法和三维人体测量技术对患者创面进行测量,测量结果具有一致性,无统计学差异;KIM J 等<sup>[26]</sup>对比了三维人体测量数字模型、锥体束计算机断层扫描所得牙颌数据以及传统石膏模型测量的相应指标,包括牙齿近远中宽度、上下颌牙弓长度与宽度等,结果表明三维人体测量扫描模型测量的精确性最高。

## 4 三维人体测量技术发展的局限性与发展方向

### 4.1 发展的局限性

三维人体测量技术相对于传统的手工测量已经有了很大改善,但它依然存在一些不足:①三维人体测量要求被测者在测量过程中保持固定姿势,若测量中出现晃动,会导致部分数据丢失,造成数据的准确性降低;②当被测者过度肥胖时,胸、腰处会存在赘肉,在测量中发现标定的胸围线和腰围线(与实际的胸围线和腰围线)有一定的偏移,这不仅会造成胸围和腰围的数据有误差,还会影响乳头高和腰围高等相关变量数值的准确性;③受到三维人体测量技术成本及测量空间需求的限制,难以在中国服装企业中大规模推广使用。

### 4.2 发展的方向

三维测量技术的研究将是中国未来服装领域的重要发展方向之一,它能够大量节约人力成本和时间成本。中国现阶段对三维人体测量技术的研究主要集中在对后期数据进行处理和分析,为使中

国的三维人体测量技术达到世界先进水平,可从以下几个方面进行研究。

**4.2.1 测量过程可视化和建立回放系统** 测量过程的可视化能够实时监测被测者的姿势,若姿势错误,可及时提醒;三维测量技术一般通过图片获取数据,如果将回放系统与原有的图片相结合,可以看出被测者在测量中是否出现晃动,提高测量数据的准确性。

**4.2.2 与生物识别相结合** 骨骼点的识别是测量人体数据的基础,国外三维人体测量技术的骨骼点基于他们的生理规律,与中国有所差异。如能加入生物识别进行改进,自动识别重要骨骼点,则可提高测量的精度。

**4.2.3 实现测量智能化和网络化** 人工智能技术的发展为人体测量的智能化提供了基础,未来的测量系统将不仅仅只停留在测量阶段,还应该具有自动识别和分析等功能;三维人体测量技术可以依托网络技术向更多领域拓展,降低测量成本,人们希望未来在网上进行自身的人体尺寸测量,形成人体尺寸卡,帮助选购合体服装,智能化和网络化测量是未来发展的趋势。

## 5 结 语

通过三维人体测量技术与传统手工测量技术的对比,利用文献查阅法总结了三维人体测量技术的应用研究,剖析了目前其存在的问题,如测量中被测者出现晃动、标定出现错误等,针对这些问题提出了解决方案,并展望了三维人体测量的未来发展方向。只有积极开发智能化、网络化、低成本等的三维人体测量技术系统,才能更好地服务于中国服装业。

### 参考文献:

- [1] 项铃铃,李云台. 服装批量定制中的三维人体测量技术[J]. 现代纺织技术,2007,15(4):46-49.
- XIANG Lingling, LI Yuntai. Three-dimensional body measurement technology in the mass customization of costume[J]. Advanced Textile Technology,2007,15(4):46-49. (in Chinese)
- [2] 石文奇,程凡,王陈,等. 基于体测数据的西安地区高校青年女教师体型特征及号型[J]. 服装学报,2018,3(3):205-208.
- SHI Wenqi, CHENG Fan, WANG Chen, et al. Study on the body type of young female college teachers in Xi'an area based on measure data[J]. Journal of Clothing Research, 2018,3(3):205-208. (in Chinese)
- [3] 张颖,邹奉元. 三维人体测量技术的原理及应用[J]. 浙江工程学院学报,2003,20(4):60-64.
- ZHANG Ying, ZOU Fengyuan. Principle and application of three-dimensional body measurement technology[J]. Journal of Zhejiang Institute of Science and Technology, 2003,20(4):60-64. (in Chinese)
- [4] KARLA P S. CYNTHIA L I. Body measurement techniques[J]. Journal of Fashion Marketing and Management,2003,7(3):306-332.
- [5] 刘咏梅,张小雪,郭云昕. 国内外服装用人体数据库调查与分析[J]. 纺织学报,2015,36(6):141-147.
- LIU Yongmei, ZHANG Xiaoxue, GUO Yunxin. Survey and analysis on domestic and overseas human body database for garments' use[J]. Journal of Textile Research, 2015,36(6):141-147. (in Chinese)
- [6] 许家岩. 基于体表形态的青年男体体型分类及测量系统的研究[D]. 苏州:苏州大学,2009.
- [7] 孙思扬. 陕西省男大学生体型分类研究[J]. 陕西教育,2013(9):77-78.
- SUN Siyang. Study on male college students body shape classification in Shaanxi Province[J]. Shaanxi Education, 2013(9):77-78. (in Chinese)
- [8] 王祺明. 基于人体三围截面面积的江浙地区女性体型分类[J]. 纺织学报,2016,37(5):131-136.
- WANG Qiming. Female body classification in Jiangsu and Zhejiang based on cross-sectional area of body[J]. Journal of Textile Research,2016,37(5):131-136. (in Chinese)
- [9] 雷玲玲,马肖,刘利利,等. 基于三维人体扫描的青年女子体型分析[J]. 山东纺织经济,2016(7):44-47.
- LEI Lingling, MA Xiao, LIU Lili, et al. Research of body type analysis for female based on 3D body scanning[J]. Shandong Textile Economy, 2016(7):44-47. (in Chinese)
- [10] 陈姗姗,洪文进,吴艳. 基于胸围位置变化下的内衣结构设计原理分析[J]. 山东纺织科技,2015,56(6):28-33.
- CHEN Shanshan, HONG Wenjin, WU Yan. Analysis on design theory of the structure of underwear based on the change of BP point location[J]. Shandong Textile Science and Technology,2015,56(6):28-33. (in Chinese)
- [11] 姜茸凡. 青年男内裤合体性研究与分析[D]. 西安:西安工程大学,2013.
- [12] 金娟凤,孙洁,倪世明,等. 基于三维人体测量的青年女性臀部体型细分[J]. 纺织学报,2013,34(9):108-112.
- JIN Juanfeng, SUN Jie, NI Shiming, et al. Research on subdividing of young female's hip shapes based on 3D body measurement[J]. Journal of Textile Research,2013,34(9):108-112. (in Chinese)
- [13] 石小强,王宏付. 青年女性臀部高度特征分析[J]. 纺织学报,2015,36(5):74-78.

- SHI Xiaoqiang, WANG Hongfu. Analysis on characteristics about hip height of young female [J]. Journal of Textile Research, 2015, 36(5): 74-78. (in Chinese)
- [14] 姚怡, 俞静. 基于三维测量青年女性凸臀体评价指标[J]. 服装学报, 2016, 1(2): 147-151.
- YAO Yi, YU Jing. Research on assessment system of young women's highlight hip based on 3D body measurement[J]. Journal of Clothing Research, 2016, 1(2): 147-151. (in Chinese)
- [15] 王军, 李晓久, 潘力, 等. 东北地区青年女性腰臀部体型特征与分类[J]. 纺织学报, 2018, 39(4): 106-110.
- WANG Jun, LI Xiaojie, PAN Li, et al. Waist hip somatotype and classification of young women in Northeast China[J]. Journal of Textile Research, 2018, 39(4): 106-110. (in Chinese)
- [16] 方方, 徐跃瑄. 基于三维数据的青年女性腰臀部形态分类分析[J]. 服装学报, 2017, 2(4): 294-300.
- FANG Fang, XU Yuexuan. Morphological classification of the waist-hip shape of young woman based on three-dimensional data [J]. Journal of Clothing Research, 2017, 2(4): 294-300. (in Chinese)
- [17] 杨庆仁, 李祖华. 服装人体测量技术及运用[J]. 广西纺织科技, 2008, 37(2): 41-45.
- YANG Qingren, LI Zuhua. Garment anthropometric technique and its application [J]. Guangxi Textile Science and Technology, 2008, 37(2): 41-45. (in Chinese)
- [18] 刘为敏, 谢红, 张莉, 等. 基于数字化量身定制的研究现状[J]. 服装学报, 2016, 1(4): 387-391.
- LIU Weimin, XIE Hong, ZHANG Li, et al. Review on custom tailored technique based on digital technology[J]. Journal of Clothing Research, 2016, 1(4): 387-391. (in Chinese)
- [19] 彭三城, 孙星明, 刘国华, 等. 三维人体自动测量技术综述[J]. 计算机应用研究, 2005, 22(4): 1-5.
- PENG Sancheng, SUN Xingming, LIU Guohua, et al. Survey on 3D human body auto-measurement technology [J]. Application Research of Computers, 2005, 22(4): 1-5. (in Chinese)
- [20] 李红勤, 王建萍. 虚拟试衣系统原理与相关技术的探析[J]. 纺织科技进展, 2012(1): 93-96.
- LI Hongqin, WANG Jianping. Analysis and discussion of the virtual fitting system's relevant principles and technologies [J]. Progress in Textile Science and Technology, 2012(1): 93-96. (in Chinese)
- [21] CORDIER F, SEO H, MAGNENAT-THALMANN N. Made-to-measure technologies for online clothing store [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2003, 23(1): 38-48.
- [22] 佚名. 亚洲首款“3D 互动虚拟试衣间”在中国诞生 [J]. 计算机与网络, 2011, 37(14): 4.
- Anon. Asia's first "3D interactive virtual fitting room" was born in China [J]. Computer and Network, 2011, 37(14): 4. (in Chinese)
- [23] 汪翠梅. 中原地区汉族成人耳郭测量研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2018.
- [24] RAMSAY J, SEOUD L, BARCHI S, et al. Assessment of breast asymmetry in adolescent idiopathic scoliosis using an automated 3D body surface measurement technique [J]. Spine Deformity, 2017, 5(3): 152-158.
- [25] 鲁晋, 王亮, 万燕, 等. 三维人体扫描系统在慢性皮肤溃疡面积测量中的应用 [J]. 中国医疗设备, 2016, 31(9): 46-49.
- LU Jin, WANG Liang, WAN Yan, et al. Application of BurnCalc 3D body scanning system in measurement of the area of chronic skin ulcers [J]. China Medical Devices, 2016, 31(9): 46-49. (in Chinese)
- [26] KIM J, HEO G, LAGRAVERE M O. Accuracy of laser-scanned models compared to plaster models and cone-beam computed tomography [J]. Angle Orthod, 2014, 84(3): 443-450.

(责任编辑: 张 雪, 邢宝妹)

(上接第 491 页)

- [8] 郝媛. 血压计工作原理 [J]. 物理通报, 2013(5): 125-127.
- HAO Yuan. Working principle of pressure gauge [J]. Physics Bulletin, 2013(5): 125-127. (in Chinese)
- [9] 王萑, 史仪凯, 姚钦, 等. 基于小波变换的激光多普勒血流信号处理研究 [J]. 计算机工程与应用, 2008(24): 246-248.
- WANG Huan, SHI Yikai, YAO Qin, et al. Research on laser doppler blood flow signal's treatment method based on wavelet transform [J]. Computer Engineering and Applications, 2008(24): 246-248. (in Chinese)
- [10] 刘红, 王红歌, 陈东生. 服装压力客观测量方法分析 [J]. 服装学报, 2016, 1(3): 267-270.
- LIU Hong, WANG Hongge, CHEN Dongsheng. Analysis of objective measurement method for clothing pressure [J]. Journal of Clothing Research, 2016, 1(3): 267-270. (in Chinese)
- [11] 吴志明, 赵敏, 陈星毅. 颈部服装压对人体颈动脉窦生理的影响 [J]. 纺织学报, 2011, 32(5): 98-102.
- WU Zhiming, ZHAO Min, CHEN Xingyi. Effects on cardiovascular physiology by clothing pressure on human neck [J]. Journal of Textile Research, 2011, 32(5): 98-102. (in Chinese)
- [12] 赵子琴. 法医病理学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 280-283.

(责任编辑: 卢 杰, 邢宝妹)