三维人体扫描技术在服装产品设计中的应用

易军，陈雨茜
（湖南大学，长沙 410082）

摘要：目的 为适应数字经济下服装产品设计领域的转型发展需求，探讨三维人体扫描技术在现代服装产品设计开发中的应用，为新型服装产品设计模式提供思维方向。**方法** 分析目前三维人体扫描技术的现状，实验和筛选三维扫描的方法并快速获取人体模型数据样本。在此基础上，依据服装产品设计过程展开分析，结合实际应用案例，探讨基于三维人体扫描技术获取的人体模型数据在服装产品设计中的应用与价值。**结论** 通过三维人体扫描技术可以快速获取丰富准确的三维人体模型数据，根据设计需求将数据接入服装产品设计和展演系统中，辅助企业与设计师提高服装产品的合体性与舒适度，提升以消费者为中心的个性化服装产品定制服务的满意度，驱动服装产品设计领域的智能化、数据化和信息化发展。

关键词：三维人体扫描；服装产品设计；数据驱动；个性化定制
中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2020)16-0164-06
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.16.024

Application of 3D Body Scanning Technology in Garment Product Design

YI Jun, *GHEN Yu-xi*
(Hunan University, Changsha 410082, China)

ABSTRACT: The paper aims to adapt to the transformation and development needs of the garment product design field under the digital economy, to explore the application of 3D human body scanning technology in the design and development of garment products to provide thinking direction for new design patterns. Based on the analysis of the situation of 3D body scanning technology, this paper compared the 3D scanning methods through experiments and obtained human body data samples. On this basis, combined with the design process of garment products and practical application cases, it explored the application and value of human body data in the design of garment products. The 3D human body scanning technology can quickly obtain rich and accurate 3D human body data, apply the data to garment product design, exhibition and performance system as per design requirements, effectively assist companies and designers to improve the fit and comfort of garment products, enhance the satisfaction of garment product customization services and drive the development of intelligent in the field of apparel product design.

KEY WORDS: three-dimensional body scanning; garment product design; data-driven; personalized customization

如今，国内外服装产品设计领域相对于传统模式已有了较大变化：面向顾客的服装产品个性化定制逐渐普及，对其合体性和舒适性等要求不断提高[1]；依托互联网购物平台的服装产品立体展示和个性化虚拟试衣等体验式购物模式亦逐渐兴起。实现服装产品设计行业智能化、数据化和信息化等转变的首要步骤是快速获取符合相应精度标准的三维人体模型数据[2-3]，从而形成基于三维人体扫描数据驱动的服装产品设计的新趋势。

1 三维人体扫描技术现状

非接触式三维人体扫描技术出现于 20 世纪 80 年代中期，在人体数据库的建立、人机工程学、产品设

收稿日期：2019-02-17
基金项目：国家科技支撑计划项目（2015BAH22F00）
作者简介：易军（1970—），男，湖南人，博士，湖南大学副教授，主要研究方向为产品设计与数字模型。

计、服装个性化定制、虚拟动画和现代医学等技术领域已被广泛应用[4-5]。相比于传统测量，运用三维人体扫描技术能够在短时间内获取使用范围广泛而且可以重复利用的丰富测量数据[6]，大大降低人体数据测量成本；同时能够快速捕捉人体三维视觉图像，用于建立相对完善的人体尺寸系统[7]。因此，三维人体扫描技术被越来越多地应用于服装产品的设计开发中，成为辅助服装产品设计、销售及合体性研究等领域的良好工具。

目前较为常用的三维人体扫描方法根据光源的不同可以分为基于普通光（例如白光等）、激光和红外深度传感等类别[4]。

白光相位法是将白光 LED 光栅投影至被测者，被测人体表面特征的变化导致光栅图像产生畸变，从而分析得到人体表面信息，获取人体三维数据[8]。白光相位法对被测者表面特征变化的要求较高，当扫描区域内的特征变化不明显或过于复杂时可以通过标记点辅助功能来降低扫描拼接难度。

激光测量法是通过高速激光测距仪接收激光在被测者表面的反射光，分析反射光的间隔时间、强度及角度等信息，快速获取被测人体表面的空间点位数据[4]。此方法的测量精度极高，扫描操作及数据传输的时间较长。此外，激光扫描仪的价位普遍较高，极大地增加了测量成本。

随着 Kinect 等红外深度传感设备的逐渐普及，基于深度图像获取三维人体数据信息的技术引起了人们的广泛关注[9]。红外深度传感测量法是通过红外相机实时获取红外图像，利用光学三角测算出图像深度数据，从而得到被扫描者的三维信息[10]。目前，红外深度传感测量技术在特征拼接和色彩匹配等方面已经较为成熟，并且 Kinect 等主流红外深度传感器性价比较高，逐渐成为三维人体扫描中较为常见的选择。

2　三维人体模型数据的快速获取

三维人体扫描技术的逐渐成熟使服装产品设计进入三维人体数据驱动阶段。探寻高效、精准和便捷的三维人体扫描方法是快速获取三维人体模型数据的关键所在，其影响着数据精度、获取时间和被测者身心感受等多个要素。

2.1　三维人体扫描方法的对比实验

本文在研究过程中，针对基于白光相位、激光三角和红外深度传感原理的三维人体扫描方法进行了定性分析比较。为避免人体状态差异对实验结果的影响，定性对比实验对象选定为全身式人形模特。三组实验均在室内正常光照下进行，三维人体扫描方法对比实验过程见图 1，对比项目主要包括扫描方式、操作难易度、扫描及数据处理时间、拼接效果、纹理及细节效果等，三维人体扫描方法对比分析实验结果见表 1。

经过对比分析，虽然基于 Kinect 红外深度传感原理的三维人体扫描方法精度较低，但是扫描时间最短、细节效果较好、扫描操作与数据处理便捷稳定，并且在室内正常光照下即可完成。Kinect 红外深度传感三维人体扫描实验过程见图 2，本文选用此方法进行三维人体模型数据的快速获取。

2.2　三维人体模型数据的快速获取

本研究面向休闲商务男装品牌圣得西，参考该品牌的目标消费群体，对四十二位年龄 25~40 岁和体重 48~95 kg 的健康男性进行了三维人体模型数据的快速获取。

依据国标 GB/T 23698-2009《三维扫描人体测量方法的一般要求》及服装行业较为常用的人体数据项目，此次三维人体测量共筛选归纳出六个类别共三十七项测量项目。每位被测者需要身穿带有特征标记点的黑色长袖和长裤紧身服，完成立姿 A、B 两个标准测量姿势[11]的三维人体扫描测量后立即进行传统手工测量，用作对三维人体扫描测量数据的对比与修正参考，完整的测量流程见图 3，三维人体扫描与传统手工测量过程。

经过数据测量对比，此次三维人体扫描测量所获得的各类数据与传统测量间的平均差值在标准阈值范围内，各测量项目误差分析结果见表 2。因此，扫描测量数据与人体模型可用于建立三维人体测量数

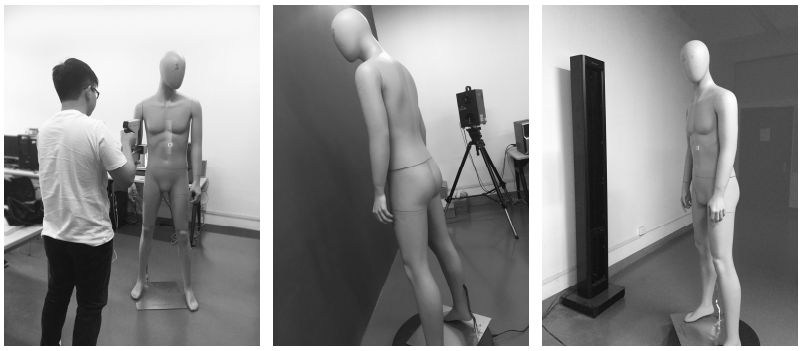

图 1　三维人体扫描方法对比实验过程

Fig.1　Comparison experiment process of 3D body scanning method

表 1 三维人体扫描方法对比分析

Tab.1 Comparison of 3D body scanning methods

扫描原理	白光 LED		激光三角	红外深度传感
品牌产地	先临三维 中国		KonicaMinolta 日本	3D Dreamworks 中国
型号	EinScan-Pro		VIVID9i	SC-2015
扫描模式	快速扫描	精细扫描	—	—
扫描精度	0.3 mm	0.1 mm	0.008 mm/0.024 mm	X/Y：2 mm；深度：5 mm
扫描速度	10 帧/s	15 帧/s	2.5 s/一次扫描	30 帧/s
扫描时长	12~23 min	15~24 min	14~18 min	3~4 min
拼接方式	特征拼接	标记点拼接	标记点手动拼接	特征拼接
拼接效果	拼接多误差	易于拼接	易于拼接	易于拼接
数据处理	运算时间长	方便迅速	操作较复杂	方便迅速
纹理贴图	有	无	有	有
细节效果	腋下等部位扫描困难		腋下等部位拼接困难	腋下等部位效果较好
操作难度	较大		较大	较小

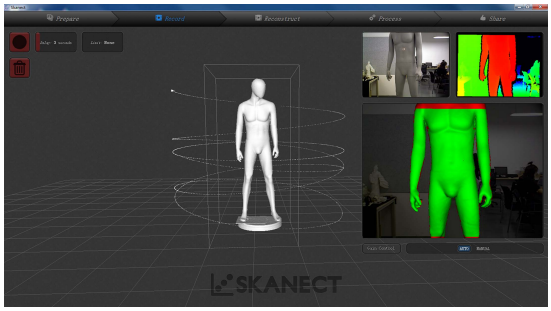

图 2 Kinect 红外深度传感三维人体扫描实验过程

Fig.2 3D body scanning experiment process by Kinectinfrareddepth transducer

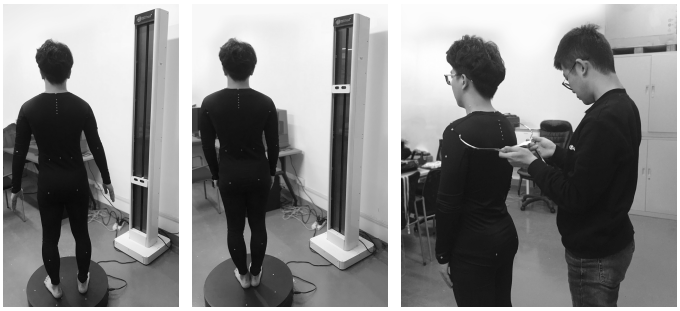

图 3 三维人体扫描与传统手工测量过程

Fig.3 Experiment process of traditional manual measurements and 3D body scanning

表 2 各测量项目误差分析结果

Tab.2 Error analysis results of each measurement item

项目类型	项目名称	最大差值	最小差值	标准差	平均差值	平均差值标准阈值
身体高度	身高、下颌高、侧颈点高、颈椎高、左肩高、右肩高、腰高、臀高、会阴高、髂前上棘点高、胫骨点高、外踝点高	23	0	2.847	3.9	4
身体宽度	侧颈点宽、肩最大宽、肩宽（直）、背宽、胸宽	14	0	2.423	3.9	4
体段长度	腰至臀高（弧）、腿长（弧）、肩宽（弧）、背长（弧）、全臂长、肩肘距、肘腕距、周裆	21	0	3.771	4.8	5
大围度	胸围、腰围、臀围	31	1	7.073	8.7	9
小围度	臂根围、臂围、腕围、最小颈围、颈根围、大腿根围、小腿中围、小腿下围	16	0	2.736	3.7	4
身体厚度	体厚	9	0	2.149	3.4	5

据库[11]，三维人体扫描模型见图 4。

3 三维人体模型数据在服装产品设计中的应用

基于三维人体扫描技术获取的人体模型数据经过处理重建与分析后可以获取多种类型数据，包括人体各部位尺寸的数据信息、人体曲面形态变化的特征信息和不同人体之间的体型差异数据等。这些丰富的人体数据可以用于组建相应的三维人体模型数据库，并根据服装产品的具体设计需求，将人体数据库对接至企业成衣数据库与虚拟三维人台数据库等，筛选相关数据资源后应用于企业的服装产品设计及虚拟展演与评价系统等平台，驱动服装产品领域更快捷、更合体和更能满足个性化需求的设计发展趋势。三维人体模型数据在服装产品设计中的应用见图 5。

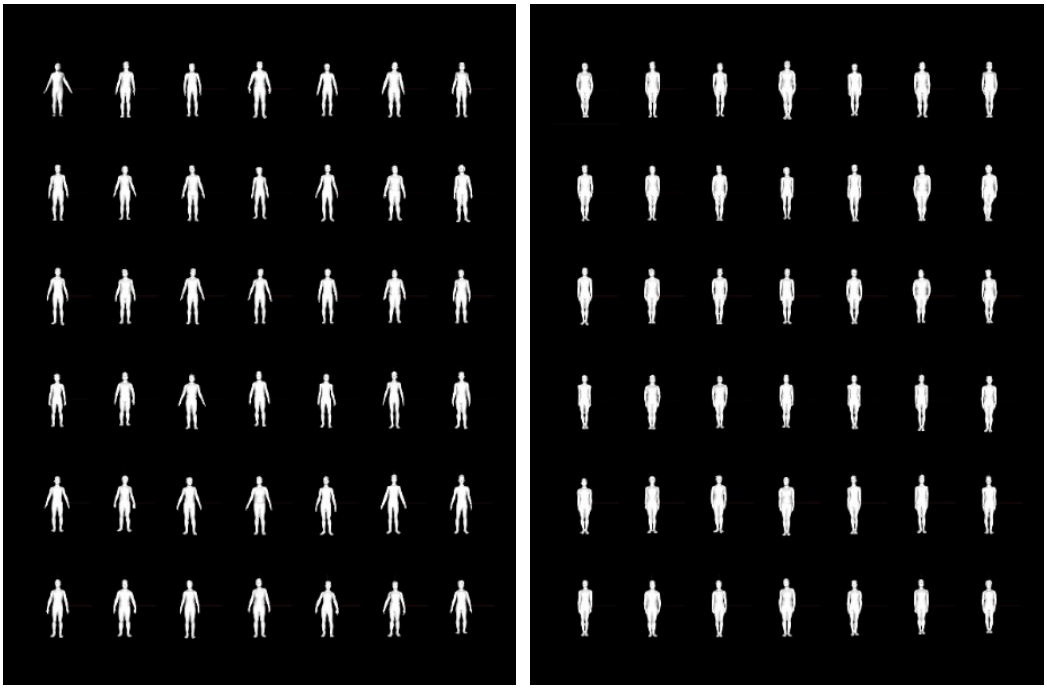

图 4　三维人体扫描模型
Fig.4　The models by 3D body scanning

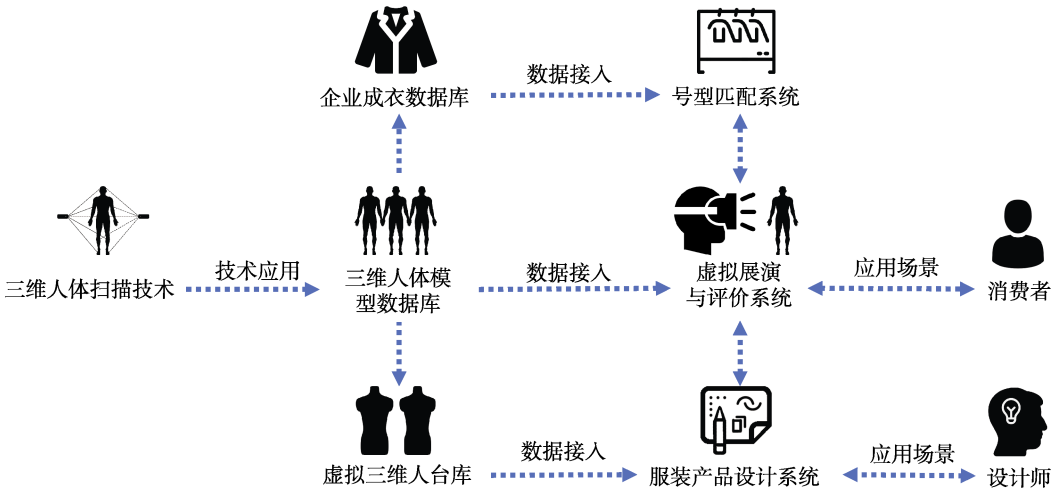

图 5　三维人体模型数据在服装产品设计中的应用
Fig.5　Application of 3D body model data in garment product design

3.1　服装产品号型的修订与完善

服装号型是服装产品设计与生产的重要依据和参考[12]。服装产品企业依据其目标人群的丰富三维人体数据对成衣系统内的服装产品号型进行细节修订与更新后，依此进行批量化和标准化的服装产品生产，最大限度地适配目标人群需求，提高批量化服装产品的合体性与舒适度。

3.2　虚拟三维人台库

服装立体裁剪人台常被用于服装产品设计与裁剪制作中[13]。通过三维人体扫描获取的人体模型可以直接生成与该消费者对应的个性化虚拟三维人台，也可以依据不同服装产品的设计需求对人体模型筛选与聚类分析后，生成具有目标人群体型特征的三维立体人台。在此基础上，企业或服装产品设计师还需根据实际设计要求对三维人台加以变形处理，通过调整不同部位的尺寸宽松量以满足修身、合身或宽松等不同着装要求，提升服装产品的细节设计效果。

3.3　虚拟三维服装产品立体设计

虚拟三维服装产品的立体设计是从传统服装剪裁到数字化立体设计的创新整合[3]。通过三维人体扫描获取的人体尺寸与模型数据可直接对接服装产品

CAD 系统，设计师依据消费者的定制需求快速调取匹配的服装样板，直接在三维人体模型上勾勒服装产品结构线，进行服装产品的虚拟三维立体设计。之后，系统将三维立体设计方案自动转化为二维衣片，真正实现量体裁衣的同时提高服装产品企业的设计生产效率。

3.4 虚拟服装产品展演

基于三维人体扫描技术获取的人体模型亦可应用于服装产品的个性化虚拟展演中，而且基于人体骨骼特征的相关数据可以辅助实现展演的动态模拟与仿真。消费者通过虚拟展演平台，对其选购的成衣商品或参与设计的个性化定制产品进行虚拟试穿或试戴，平台采用消费者本人的虚拟形象，加入场景渲染，极大程度地呈现真实的着装状态，效果一目了然，在提升消费体验满意度的同时亦可节省购物时间和降低退货率。

4 设计应用案例

4.1 三维服装产品设计灵感看板系统应用实例

圣得西灵感看板系统是辅助服装产品设计师刺激灵感与完成创作的系统工具[14]。系统依据企业的维度设定，将设计灵感图片与服装面料数据进行可视化立体呈现，服装产品设计师可依次锁定内搭、外套、裤装和配饰等选项，对基于后台算法推送的灵感数据进行快速筛选；同时，基于三维人体模型数据库与企业成衣数据库的数据支持，服装产品的立体效果在三维人体模型上实时呈现，并支持 360°的全方位查看与调整，协助设计师完成创作，并将最终满意的设计方案进行保存。服装产品设计灵感看板交互界面见图 6。

通过三维人体扫描获取的个性化人体尺寸与模型数据接入设计灵感看板系统后，服装产品设计师根据客户定制需求调整不同部位的尺寸宽松量，提升服装产品的细节设计效果，更加直观、真实和细致地呈现针对于该客户的个性化定制方案。基于数字驱动的个性化服装产品立体设计也可使消费者参与到设计流程中，便于设计师与消费者的设计互动，更好地满足双方对服装产品的美观性、独特性与合体性需求，提升以消费者为中心的个性化服装产品定制服务的满意度。

4.2 三维服装产品搭配推荐系统应用实例

圣得西三维服装搭配推荐系统是为企业导购人员向目标用户推荐个性化服装产品的服务系统。服装产品搭配推荐 APP 针对导购人员提供精准的目标客户信息和优质的推送设计流程，针对目标用户提供流畅的虚拟服装产品展演和用户体验反馈渠道[15]，服装产品搭配推荐系统界面见图 7。

与传统测量方式相比，三维人体测量技术可以灵活应对不同目标用户进行数据细分，获得其体型特征的尺寸数据后，在现有成衣库中匹配满足合体与舒适要求的服装产品版型与号型，辅助导购人员将适宜的

图 6 服装产品设计灵感看板交互界面
Fig.6 User-interface of garment product inspiration data visual design

图 7 服装产品搭配推荐系统界面
Fig.7 User-interface of garment product recommendation system

服装产品快速推荐至目标用户。而目标用户通过微信端的虚拟展演平台对服装产品进行三维虚拟试穿或试戴，直观地了解版型、材质、图案和色彩等信息以及真实穿着效果后，可以直接选择下单购买或反馈评价意见。同时，企业依据用户反馈积累其试衣偏好大数据，优化个性化搭配推荐服务功能，并根据用户评价调整企业服装产品战略，加快企业的数据化发展。

5 结语

三维人体扫描技术相比于传统手工测量，有数据量大、细节丰富、测量速度快、稳定性好和人工成本低等优势，为服装产品的虚拟三维立体设计、虚拟展演与评价等提供有力的数据基础。个性化三维人体数据驱动的服装产品设计，可以有效地提高服装产品的合体性与舒适度，更好地阐释了以用户为中心的设计服务理念。同时，三维人体扫描技术将有助于提高服装产品领域的智能化水平，加快服装产品企业的数字化进程，成为驱动服装产品行业智能化、数据化和信息化发展的潜在动力。

参考文献：

[1] ERNST M, BOEHM M, Detering-Koll U, et al. Rapid Body Scanning Technology for a Virtual Mass Customization Process in Garment Industry[C]. Switzerland: Hometrica Consulting, 2016.

[2] 郭娟, 羿莹. 非接触式三维人体扫描技术的应用分析[J]. 山东纺织科技, 2018(1): 39-41.
GUO Juan, YI Ying. Analysis on Application of Noncontact 3D Human Scanning Technology[J]. Shandong Textile Science & Technology, 2018(1): 39-41.

[3] 张宇飞, 罗仕鉴, 陈实, 等. 基于工业设计的虚拟服装定制微工厂[J]. 工业设计研究, 2017, (1): 218-222.
ZHANG Yu-fei, LUO Shi-jian, CHEN Shi, et al. Virtual Clothing Customization Micro-factory Based on Industrial Design[J]. Industrial Design Research, 2017, (1): 218-222.

[4] 郭云昕, 张微, 刘咏梅, 等. 三维人体测量技术的现状和比较[J]. 国际纺织导报, 2016, 44(8): 38-46.
GUO Yun-xin, ZHANG Wei, LIU Yong-mei, et al. The Situation and Comparison of Three-dimensional Body Measurement Technology[J]. Melliand China, 2016, 44(8): 38-46.

[5] 成思源, 王小康, 杨雪荣. 三维人体扫描技术在个性化设计中的应用[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(5): 47-49.
CHENG Si-yuan, WANG Xiao-kang, YANG Xue-rong. Application of 3D Human Body Scanning Technology in Individualized Design[J]. Experimental Technology and Management, 2018, 35(5): 47-49.

[6] 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 Ling-ling, MA Xiao, LIU Li-li, et al. Research of Body Type Analysis for Female Based on 3D Body Scanning[J]. Economy of Shandong Textile, 2016, (7): 44-47.

[7] SONG H K, ASHDOWN S P. Female Apparel Consumers' Understanding of Body Size and Shape: Relationship Among Body Measurements, Fit Satisfaction and Body Cathexis[J]. Clothing & Textiles Research Journal, 2013, 31(3): 143-156.

[8] 王永忠, 王妍萍, 宋凌云, 等. 服装设备自动化的现状和发展[J]. 电子科技, 2013, 26(10): 169-172.
WANG Yong-zhong, WANG Yan-ping, SONG Ling-yun, et al. Present Situation and Development of Automatic Clothing Equipment[J]. Electronic Science and Technology, 2013, 26(10): 169-172.

[9] 张微, 奚桐. 基于单个 Kinect 红外测量技术的人体着装测量研究[J]. 上海纺织科技, 2016, 44(5): 47-50.
ZHANG Wei, XI Tong. Body Measurement in Wearing State Based on Kinect IR Scanning Technology[J]. Shanghai Textile Science & Technology, 2016, 44(5): 47-50.

[10] 郭连朋, 陈向宁, 刘彬, 等. 基于 Kinect 传感器多深度图像融合的物体三维重建[J]. 应用光学, 2014, 35(5): 811-816.
GUO Lian-peng, CHEN Xiang-ning, LIU Bin, et al. 3D-object Reconstruction Based on Fusion of Depth Images by Kinect Sensor[J]. Journal of Applied Optics, 2014, 35(5): 811-816.

[11] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 23698-2009, 三维扫描人体测量方法的一般要求[S] 北京: 中国标准出版社, 2009.
Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 23698-2009, General Requirements for 3D Scanning Anthropometric Methodologies[S]. Beijing: Standards Press of China, 2009.

[12] 于述平. 浅析三维人体测量技术应用对服装领域产生的影响[J]. 西部皮革, 2017, (14): 102.
YU Shu-ping. Analysis of the Influence of the Application of Three-dimensional Anthropometry on the Field of Clothing[J]. West Leather, 2017, (14): 102.

[13] 刘正, 张欣, 陈翔. 基于逆向工程技术的虚拟个性化人台的制作[J]. 天津工业大学学报, 2005, 24(3): 38-40.
LIU Zheng, ZHANG Xin, CHEN Xiang. Development of Virtual Individualized Mannequin with Reverse Engineering[J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2005, 24(3): 38-40.

[14] 蒋雯忆. 海量服装灵感数据可视化设计研究与实践[D]. 长沙: 湖南大学, 2018.
JIANG Wen-yi. Mass Clothing Inspiration Date Visual Design Research and Practice[D]. Changsha: Hunan University, 2018.

[15] 栗景. 圣得西服装搭配推荐系统设计研究与实践[D]. 长沙: 湖南大学, 2018.
LI Jing. Research and Practice of Clothing Collection Recommendation System Design from Sundance[D]. Changsha: Hunan University, 2018.