

数字化人台建模研究进展

黄哲¹, 潘力^{1,2,*}, 王军^{1,2}, 姚彤^{1,2}

(1.大连工业大学 服装学院, 辽宁 大连 116034;

2.大连工业大学 服装设计与工程国家级实验教学示范中心, 辽宁 大连 116034)

摘要:为解决人台建模研究中存在的问题,将人台建模技术更好地应用于人台制作、定制服装设计等领域,对国内外人台建模研究进展与应用情况进行了分析,指出参数化设计是人台建模研究的主要发展方向,未来应建立人台模型数据库并利用计算机编程技术辅助建模,以弥补目前参数化人台建模的不足,为后续数字化人台建模研究提供更加完善的建模方案。

关键词:数字化;人台建模;参数化;建模方法;人体建模

中图分类号:TS941.26

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2021)06-0048-05

近年来,服装产业已经成为国民经济增长中不可或缺的一部分,在建设纺织服装强国目标的推动下,我国服装行业正朝着科技化、信息化、可持续的方向发展^[1]。随着消费者对服装舒适性和个性化需求的提升,服装企业对私人定制服装的设计与生产需求日益增长。立裁人台是服装设计与制作中常用的重要工具^[2],但现有的立裁人台规格已较难满足服装个性化设计的需要,且人台的制作目前主要是采用传统的手工方法,特定规格人台的再制作会大大降低服装设计与加工的效率。因此,建立能够满足个性化服装设计与人台快速制作等需求的数字化人台模型愈发重要。

本文基于国内外人台建模的研究进展,分析了人台建模与人体建模的差异,总结了人台建模方法的特点及优缺点,并对人台建模研究未来发展前景进行了探讨。

1 人台建模与人体建模的区别

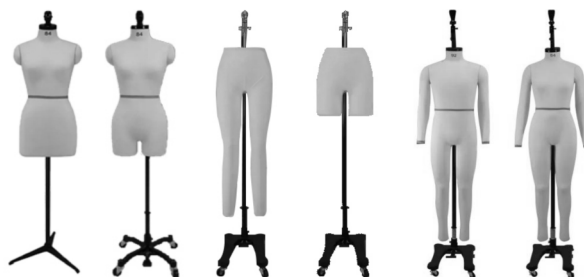
1.1 人体建模

三维人体建模技术融合了计算机视觉、计算机图形学、人体工程学等多门学科,是利用计算机来模拟真实人体,并以三维立体的形式真实展示人体模型的数字化建模技术^[3]。作为计算机人体仿真的一部分,三维人体建模技术被广泛应用在影视人物制作、游戏角

色建模、人机工程、医学研究以及服装行业中三维立体缝合、三维服装展示、虚拟试衣等方面^[4-5],其建模过程中主要是寻求整体的比例关系,通过确定人体特征部位来建立特征围度间的比例关系进行建模。

1.2 人台建模

人台能够反映人体的体型特点,是对人体体型的再现,但其并不等于人体,人台只是根据号型规格划分的一类人体体型特征的代表,经过修正美化后得到的人体躯干模型^[6],故而二者在建模方法的运用上是存在差异的。常见的服装设计用立裁人台有上、下半身人台及全身人台等,如图1所示。



(a)上半身人台 (b)下半身人台 (c)全身人台

图1 常见的服装设计用立裁人台

随着企业生产对服装舒适性和个性化要求的提升,三维人体建模在单量单裁结构设计和个性化人台生产等方面缺乏实用性,因此在三维人体建模技术的基础上进一步考虑将人体特征部位对应到人台上,形成在整体比例关系下可对特征部位单独再调整的、能够满足服装立体裁剪设计要求的三维人台模型,三维人台建模技术便由此产生。三维人台建模更加符合企业生产的特定需求并随着方法和功能的更新,成为当

收稿日期:2021-03-24

基金项目:2020年辽宁省教育厅科研项目(J2020002)

作者简介:黄哲(1996-),男,硕士在读,主要研究方向为服装数字化信息化应用。

*通信作者:潘力(1963-),女,教授,主要研究方向为服装数字化、功能性服装,E-mail:1020404190@qq.com。

前服装行业中研究的热点问题^[7]。人台建模与人体建模的主要区别见表1。

表1 人台建模与人体建模的区别

建模技术	建模过程	应用领域
三维人体建模	确定人体特征部位,求取特征部位的整体比例关系	影视人物制作、游戏角色建模、服装设计展示、人体运动检测、航空实验模拟、生物医学研究等
三维人台建模	将人体特征部位对应到人台上,在整体比例关系下可对特征部位进行单独再调整	单量单裁结构设计、工业人台生产等

2 人台建模的方法

建模方法主要分为几何建模与物理建模两种。人台建模的实现主要运用几何建模中的线框建模、实体建模、曲面建模和新发展起来的图像建模。

2.1 线框建模

线框建模是采用点、直线、圆弧、样条曲线等构造三维物体的图形表示技术,是CAD几何造型技术发展过程中最早应用的建模方法^[8]。线框建模在早期的建模研究中被广泛使用,Sun Mi Park等^[9]利用获取的三维人体点云数据进行多功能人台的研究,根据线框建模的原理,通过自由变形建立基于平均线框的虚拟模型,在标准人台上加放不同服装类型的最小松量得到松量人台模型,根据松量人台模型与标准人台模型的差值,得到松量模型外壳,将外壳由三维转变成二维纸样,最终可获得不同服装类型的松量外壳,并制作成多用途人台。杨阳^[10]以Sun Mi Park等的研究方法为基础,将获取的不同特征围度层截面点云连成曲线,再将曲线封闭建立截面,最后采用Sketch up曲面放样工具,完成由特征截面到实体模型建模,进而建立外套用松量人台系列模型。董会元^[11]通过对女性腰臀部的形态特征进行分析,结合三维扫描数据,提取反映腰臀特征的特征参数,选定特征曲线及特征点,利用三次样条曲线对过特征点的特征曲线进行拟合,构建人体线框模型,再利用UG软件二次开发功能,实现腰臀部参数化人台模型的建立。

线框建模采用简单的图素构建物体的三维模型,所包含的数据量少,且模型的数据结构和处理算法也相对简单,易于修改和保存,多用于简单模型的构建与评价。随着建模技术的发展,线框建模常被作为辅助手段,结合其他建模方法进行改进与完善,可以解决人台建模研究中出现的模型无法自动消隐、无法进行剖

面处理等问题。同时,线框建模作为实体建模与曲面建模技术的基础仍是不可忽视的^[12-13]。

2.2 实体建模

实体建模是通过定义基本体素,并对这些体素进行集合运算或变形操作从而生成复杂几何体的建模方法。实体建模一般包括两方面:一种是体素,如长方体、球体与圆柱体等的定义与描述;另一种是体素之间的集合运算,通过交集、并集或差集等将简单的几何体进行组合得到新的复杂形体。其表达方式主要有4种:体素分解表达法、构造实体几何法、边界表达法、多面体建模法^[14]。李宋明^[15]采用实体建模中的多面体建模法,利用Poser软件获取包含能够生成三维男性人台数据点的OBJ文件,通过动态数组技术处理保留三维坐标值和法向量,最后在VC++环境下,结合OpenGL建模软件,使用三角网格平面建立了男性半身人台模型。

实体建模相比于线框建模增加了模型实心部位的表达,信息更加完善,可以得到无二义性的描述,实体建模还储存了几何信息和拓扑信息,可以实现自动消隐,使人台展示效果更加真实。

2.3 曲面建模

曲面建模是通过顶点、边和表面3种几何元素及其相互间的拓扑关系将复杂的物体分成不同的曲面,最后通过曲面的拼接得到物体模型的建模方法。常用的曲面建模方法有:三角曲面片造型法、代数描述法和散乱点插值法^[12]。而目前,在三维人台建模研究中较为成功并获得广泛应用的方法是代数描述法中的贝塞尔(Bezier)曲面法、B样条曲面法和非均匀有理B样条(NURBS)曲面法。

近年来,曲面建模法已成为人台建模研究中主流的建模方法。白玉^[16]对女性的胸型进行细分,对文胸的特征点、特征曲线进行分析,并明确与文胸特征对应的人体特征点与特征曲线,最后采用网格曲面的建模方法,在UG软件中通过UG/Open GRIP语言建立不同胸型的参数化人台。Rongqi Chen^[17]提出了一种基于特征曲线的三维人台曲面重建方法,应用逆向工程技术扫描人台模型,通过特征曲面分割提取代表形状特征的网格点,最后利用B样条曲面重建三维人台模型,同时采用了最小能量法来提高所建人台模型的质量。余张君^[18]通过扫描穿着旗袍的中老年女性获取样本点云数据,利用SPSS分析旗袍用人台松量分布

规律,最后采用 NURBS 曲面建模方法在 MATLAB 中建模得到旗袍用人台仿真模型。

曲面建模增加了对模型表面信息的描述,也能实现自动消隐,使人台模型更加形象、逼真。同时,曲面建模法是构建参数化人台模型的重要手段,与计算机编程技术相结合,可以建立能够随输入的参数值变化的数字人台模型。

2.4 图像建模

图像建模是根据拍摄的样本正、侧、背等一系列照片,通过图像差分、二值化和去噪等图片处理技术获取样本的外形轮廓、截面线、特征尺寸等信息,最后结合建模软件构建三维人台模型的建模方法,其过程如图 2 所示。图像建模法应用的主要技术有:基于样本照片的特征参数提取,样本尺寸数据的二、三维转换,基于特征尺寸和特征曲线的三维人台模型构建等^[19]。

图像建模是目前国内外建模研究中探索的热点方法之一。蔡剑^[20]通过拍摄人体正、侧面照片利用数字化图像处理算法提高获取尺寸数据的准确度,并效仿日本 DressingSim LookStailor X 全数字化服装设计软件,结合 OpenGL 软件,在 VC++ 环境下,对获取的标准尺寸人体模型进行编辑和修改,采用层片分割技术,形成标准实验人台模型,建立三维服装人台参数化建模系统。陈利珍^[21]采用二维非接触式测量方法,对实体人台进行 180° 拍摄,然后根据立体视觉原理将提取的二维坐标数据转换成三维坐标数据,最后在 MATLAB 中基于人台曲面模型建立了个性化三维人体模型。

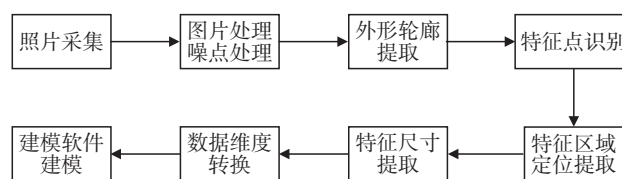


图 2 图像建模过程

表 2 人台建模方法对比

建模方法	特点	优点	缺点
线框建模	利用点、直线、圆弧、样条曲线等几何元素构造三维物体	1.建模过程简单,数据易于修改和保存 2.占用空间小,对计算机的硬件要求低	1.容易产生二义性 2.模型无法实现自动消隐与剖面操作
实体建模	利用基本体素与体素间的集合运算与变形操作生成复杂几何模型	1.模型实心部位表达具体,模型表面与其实体同时生成,信息完整,无二义性 2.可实现模型的自动消隐,模型真实感强	1.不能充分展示模型的动态特征 2.数据量大,运算时间长,计算稳定性差,对计算机的硬件要求高
曲面建模	利用顶点、边和表面三种几何元素及其相互间拓扑关系将复杂人体划分为若干曲面部分,单独建立各部分模型,通过曲面拼接技术得到完整三维模型	1.可完整定义三维模型的表面,实现模型的自动消隐 2.建立的模型真实感强 3.能够实现参数化建模	1.模型实心部位定位模糊,无法计算和分析模型性质及考察物体间的关联性 2.不能进行剖面操作 3.对计算机的硬件要求高
图像建模	根据拍摄的照片,通过图片处理技术提取样本特征参数值,进行数据二、三维转换,结合建模软件实现三维建模	1.测量方便,成本低 2.数据易处理,建模效率高	1.照片拍摄环境要求严苛 2.建立的模型存在较多噪点

而在国外学者的研究中,他们主要将图像建模法应用在人体建模研究方面。Adrian Hilton 等^[22]早在 2000 年提出了基于图像的三维人体建模技术,后来 In Yeop Jang 等^[23]提出了一种二维到三维的转换方案,利用单个深度图像和多个彩色图像来生成三维人体模型,并通过去除遮挡区域中多余的三角形和填充相应的空洞解决了单目摄像机拍摄的图像中的自遮挡问题,提高了三维人体模型的视觉质量。

相比于价格高昂的三维人体扫描设备,图像建模法基于照片获取样本的特征尺寸信息,在一定程度上降低了测量成本,且二维数据更易于处理,可以提高建

模效率。由于图像建模法正处于探索阶段,因此也存在着一些缺陷,如对照片的拍摄环境要求严格、建立的模型存在较多噪点等^[24]。

综上所述,将人台建模方法的特点及优缺点进行归纳和总结(表 2)。

从表 2 中可以看出,线框建模法在人台模型基本框架构建方面具有明显的优势,适用于绘制人台特征围度层曲线,或者对人台大小的框架进行限定等;实体建模法不属于表面建模,它可以建立物体内部结构,并可进行剖面处理,因此更适用于人体建模研究中那些需要剖面实验的建模;曲面建模法增加了对表面信息

的描述,而人台建模主要是构建物体的表面模型,因此采用曲面建模法可以获得更佳的仿真效果,同时曲面建模法可以应用在参数化建模中,建立可调节的参数化人台模型;图像建模法实现了二维数据到三维数据的转换,在一定程度上可替代三维人体扫描设备进行样本数据的采集,是学者们研究的热点建模方法,但目前采用图像建模法建立的三维模型尚存在噪点、空洞、特征部位匹配误差等问题,有待改进。

不同的建模方法具有不同的特点,所以在选择建模方法时需要考虑人台模型的特点和要求,并根据建模方法的适应性来改进和调整。

3 人台建模研究未来的发展趋势

3.1 建立人台模型数据库

前沿的三维人体扫描设备和图像建模技术都能够快速准确地获取人体的尺寸数据信息,但并未建立完善的人体数据体系,未来可以按照年龄、身高等指标对不断累积的数据进行分类并建立人体数据库,这样无论是人台建模研究,还是人体建模研究,都拥有了一定的数据基础。同时,可根据各类别的平均体模型建立对应的人台模型数据库,在出现相似体型时便可直接调用和修改,可缩短建模时间,也可提高企业的生产效率。

3.2 3D 打印人台

参数化人台模型是目前数字化人台建模的主要研究方向,但只停留在通过建立人台模型特征参数间的整体数学关系实现模型的变化阶段,不可进行局部优化调整。未来可以结合计算机编程技术建立能够在特征参数整体变化关系下可进行每个特征参数单独再调整的数字化人台模型,并利用此方法对人台内胆进行参数化设计,使其能够根据输入的参数进行变化,并可进行局部修改,再结合3D打印技术打印人台内胆,最后附上外层材料进行立裁人台制作。3D打印人台可以推广和应用到个性化人台的大规模生产中,具有良好的市场潜力和发展前景。

4 结语

以数字化人台建模为中心,分析了人台建模与人体建模的不同之处,并结合国内外人台建模研究进展对人台建模方法进行了归纳和总结,最后阐述了人台建模研究有待解决的问题和未来发展趋势。

数字化人台建模是多学科领域技术的融合,其关键在于建模方法的选择。在选取建模方法时,要综合考虑各建模方法的特点及优缺点,并结合研究的实际目的与需求,选择一种或多种方法相结合的建模方式,达到最佳的人台建模效果。同时,人台模型数据库的建立和计算机编程技术辅助建模,可以使数字化人台建模研究的体系更加完善,并有助于服装加工企业和人台制作企业实现高效生产。

参考文献:

- [1] 中国纺织工业联合会流通分会研究咨询部. 纺织服装专业市场走进新时代[J]. 纺织服装周刊, 2018, (2): 14-17.
- [2] 郭娟, 潘力, 王军, 等. 国内立裁人台现状分析[J]. 纺织导报, 2019, (5): 106-109.
- [3] YANG J, CHAN C K, LUXIMON A. A survey on 3D human body modeling for interactive fashion design[J]. International Journal of Image and Graphics, 2013, 13(4): 1-17.
- [4] 董淑英, 周玉生. 复杂系统仿真与人体仿真探讨[J]. 计算机仿真, 2010, 27(5): 1-4, 36.
- [5] LIU K, WANG J, ZHU C, *et al.* A mixed human body modeling method based on 3D body scanning for clothing industry[J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2017, 29(5): 673-685.
- [6] 叶丽婉. 从专利技术看服装人台技术的发展[J]. 轻纺工业与技术, 2016, 45(3): 41-43.
- [7] HU P P, LI D, WU G, *et al.* Personalized 3D mannequin reconstruction based on 3D scanning[J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2018, 30(2): 159-174.
- [8] 吴义山, 徐增波. 虚拟试衣系统关键技术[J]. 丝绸, 2014, 51(12): 24-29.
- [9] PARK S M, CHOI K M, NAM Y J, *et al.* Multi-purpose three-dimensional body form[J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2011, 23(1): 8-24.
- [10] 杨阳. 基于女子中间体模型的外套用松量人台系列研究[D]. 上海: 东华大学, 2016.
- [11] 董会元. 下装设计用参数化人台的研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2014.
- [12] 张四华. 基于服装的湖北女大学生人体建模与仿真技术研究[D]. 武汉: 武汉纺织大学, 2012.
- [13] 张勇, 吴廷轩, 何滨珂, 等. 3D人体建模技术探讨[J]. 计算机时代, 2020, (9): 34-36.

- [14] 水翠翠. 基于平均体模型的标准中间体人台研究——建模方法研究及系统开发[D]. 上海: 东华大学, 2014.
- [15] 李宋明. 基于 POSER 软件的服装三维人台建模技术研究[D]. 北京: 北京服装学院, 2007.
- [16] 白玉. 不同胸型的参数化文胸人台的研究[D]. 西安: 西安工程大学, 2012.
- [17] HSIAO S W, CHEN R Q. A study of surface reconstruction for 3D mannequins based on feature curves[J]. *Computer-Aided Design*, 2013, 45(11): 1 426–1 441.
- [18] 余张君. 基于中老年着装人体美评价的旗袍用人台建模研究[D]. 上海: 东华大学, 2018.
- [19] 张小妞, 王 军, 张春媛. 数字化服装三维人体建模方法综述[J]. *山东纺织科技*, 2018, 59(6): 44–47.
- [20] 蔡 剑. 基于特征尺寸的个性化三维服装人台参数化建模系统的研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2012.
- [21] 陈利珍. 三维服装建模技术的研究与实现[D]. 武汉: 武汉纺织大学, 2013.
- [22] HILTON A, BEREFORD D, GENTILS T, *et al.* Whole-body modelling of people from multiview images to populate virtual worlds[J]. *The Visual Computer*, 2000, 16(7): 411–436.
- [23] JANG I Y, CHO J H, LEE K H. 3D human modeling from a single depth image dealing with self-occlusion[J]. *Multimedia Tools and Applications*, 2012, 58(1): 267–288.
- [24] GU B F, LIU G L, XU B G. Girth prediction of young female body using orthogonal silhouettes[J]. *The Journal of the Textile Institute*, 2017, 108(1): 140–146.

Research Progress of Digital Mannequin Modeling

HUANG Zhe¹, PAN Li^{1,2,*}, WANG Jun^{1,2}, YAO Tong^{1,2}

(1.College of Fashion, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China;

2. National Experimental Teaching Demonstration Center for Clothing Design and Engineering, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China)

Abstract: In order to solve the problems existing in the research of mannequin modeling, the technology of mannequin modeling was better applied to mannequin production, customized clothing design and other fields. The research progress and application of mannequin modeling at home and abroad were analyzed. It was pointed out that parametric design was the main development direction of mannequin modeling research. In the future, mannequin model database should be established and computer programming technology should be used to assist modeling, in order to make up for the shortcomings of the current parameterized mannequin modeling, and provide a more perfect modeling scheme for the follow-up digital mannequin modeling research.

Key words: digitization; mannequin modeling; parameterization; modeling method; human body modeling

(上接第 9 页)

Research Progress of Fiber Reinforced Polypropylene Composites

LI Zhi-xin¹, ZHANG Cai-qian^{2,*}

(1.School of Textile and Apparel, Shaoxing University, Shaoxing 312000, China;

2.Yuanpei College, Shaoxing University, Shaoxing 312000, China)

Abstract: As one of the common commercial polymers, polypropylene was limited in its application due to its poor UV resistance and easy oxidation. Therefore, the production of polypropylene composite materials was one of the ways to expand the use of polypropylene. At present, a variety of fibers could be used as reinforcement materials for thermoplastic polypropylene matrix. Fiber-reinforced polypropylene composites were discussed from cellulose fibers, organic synthetic fibers, and inorganic fibers. The development status and existing problems of polypropylene composites were analyzed from the aspects of composite raw materials and interface compatibility methods. It was pointed out that polypropylene composites materials would develop in the direction of nanomaterials, diversification of material types, and serialization of product functions.

Key words: polypropylene composite material; cellulose fiber; organic synthetic fiber; inorganic fiber; interface compatibility