

基于3D视觉制鞋自动成型技术研究

蔡贤能

东莞市川利制鞋机械有限公司 广东省东莞市 523000

【摘要】制鞋自动成型就是打磨、喷处理剂和喷胶水等制鞋工艺流程的智能化操作。由于传统制鞋工艺是由人工完成，打磨和喷胶过程会对人体有大的伤害，人工的操作误差率高，造成工艺不完美及生产效率低等问题。为了解决传统工艺出现的问题，人们开始研究3D视觉制鞋自动成型技术，提高制鞋工艺的智能化流程，提高制鞋工艺水平，实现制鞋行业的高效快速发展。本文介绍3D打印制模制鞋对制鞋工艺的影响，分析制鞋成型测量系统以及脚印图的3D脚型参数测量技术，希望能为制鞋工艺提供参考。

【关键词】3D视觉制鞋；制鞋自动化；制鞋成型；脚型测量

Research on automatic forming technology based on 3D visual shoes

CAI Xianeng

Dongguan City Chuanli Shoe Machinery Co., LTD. Dongguan City, Guangdong Province 523000

【Abstract】The automatic molding of shoes is the intelligent operation of the shoe process such as grinding, spray treatment agent and glue spraying. Because the traditional shoe-making process is completed by manual, the grinding and glue spraying process will have great harm to the human body, and the manual operation error rate is high, resulting in the imperfect process and low production efficiency. In order to solve the problems of traditional technology, people began to study the automatic molding technology of 3D visual shoes, improve the intelligent process of shoemaking technology, improve the level of shoemaking technology, and realize the efficient and rapid development of shoemaking industry. This paper introduces the influence of 3D printing molding shoes on shoemaking technology, the analysis of shoe molding measurement system and 3D foot parameter measurement technology of footprint map, hoping to provide reference for shoemaking technology.

【Key words】3D visual shoe making; shoe automation; shoe forming; foot measurement

引言

中国是人口大国，也是鞋业消费大国，更是制鞋大国，全球约60%的制鞋产量都在中国。制鞋企业属于劳动密集型产业，但随着经济的发展，人工及生产成本的提高，传统手工制鞋业也慢慢衰退。而随着科技的发展，智能化和自动化的制鞋生产工艺逐渐发展起来，提升了制鞋成品效率，带来了行业活力。在制鞋成型工艺中需要打磨和喷胶工艺，而这两种工艺对人体及环境影响巨大，因此迫切需要引入基于3D视觉下的先进技术来替代传统涂胶、打磨工艺。因此来说研究3D视觉工艺技术是提高制鞋自动成型的关键。

1、3D打印制模制鞋对制鞋工艺的影响

1.1 对制鞋成型的优势

对与制鞋传统工艺来讲，需要设计、开版、裁剪、车缝、成型等一个流程操作，工艺复杂流程时间长，而对于3D打印制模制鞋来讲，打破了成型设计过程，利用3D建模技术快速实现模型的成型，加快了鞋类产品的更新换代及研发时

间。

1.2 对鞋款造型的优势

在3D视觉下的运用三维软件和计算机设计技术，快速设计出多种不同款式造型的鞋品，根据市场调研结果，快速实现量产。很多时候一些特殊脚型特殊或者产品模具形状非常复杂，就可以利用3D建模技术进行设计，通过3D打印制模设计出个性化的、多样化的，具有最时尚元素的鞋品。能够更好的引领鞋类市场潮流，带动生产与销售，走在时尚与个性化市场前沿^[1]。

1.3 对制鞋加工工艺的优势

过去传统制鞋加工工艺都是根据设计再开版，人工操作过程难免会有误差和错误，但运用3D建模数据可以保证设计的产品完美呈现出来，减少不必要的误差。并且在制作过程中，实现比较复杂造型设计的完美组合，减少设计和实际制作的不匹配问题，对于复杂几何图形的设计整合效果更优。

2、3D视觉下制鞋成型测量系统技术

对于制鞋成型工艺来讲，鞋子需要从设计到成品经历很

多复杂过程,比如需要打磨、喷胶等,但是设计前期还是需要对于常见脚型一个测量,设计出来符合大众的款式。因此来说制鞋成型测量系统的性能对于鞋品的设计非常重要,也直接影响这制鞋工艺的好坏,那么就需要更好对3D视觉下制鞋成型测量系统技术做细致的研究。

2.1 激光三角测距技术

由于脚型是不规则立体,在对制鞋设计时,需要对脚型有完美的立体测量数据,而激光三角法测量技术主要通过激光照射脚体表面,根据成像面上反射光斑位置,从而测量出激光光条在成像平面的位置,定型出脚体的各角度数据,设计出符合脚型的鞋型。通常激光三角测距系统由激光光源、透镜和光敏传感器组成,激光器可以发出多种光源,如点激光、线激光以及其他光源,来适应不同需求。

在使用激光器时候会根据入射光与被测面法线之间的关系,把测量系统分为直射式和斜射式两大类。由于激光测量具有高精度、高抗干扰能力,非常适用制鞋成型的数据测量。

2.2 3D 成像系统设计

由于直射式测量视野的局限性,3D 成像系统设计是基于射式激光三角测距技术基础上,综合考虑鞋材形状及成型工艺的要求而使用的系统设计技术。

制鞋成型的3D扫描成像系统由成像软件和成像硬件组成,成像硬件包括CCD、处理器、机器人或输送线和光学系统等,成像软件处理器是利用三维重建系统图像采集平台,通过硬件CCD采集图像,经过FPGA处理,将数据发送给成像软件进行显示和处理,最终实现整个三维重建系统的软件操作性。由于ARM+FPGA的嵌入式平台对系统软硬件的兼容性高、集成化程度高,并且占用空间少、系统内核源码较小等优点,非常时刻各种鞋品的开发设计需求^[2]。

2.3 基于FPGA平台的光条提取算法实现3D视觉

3D扫描成像的关键是光条提取质量,本文研究是基于FPGA平台的一种鞋材扫描成像的光条提取算法。算法流程包括图像信息的读取、预处理、处理等,其中图像预处理包括FPGA光条提取算法流程波、中值滤波和膨胀滤波,主要作用是滤除图像的高斯噪声、椒盐噪声,消除高斯滤波与中值滤波对于边界灰度值的影响。

通常情况下会根据需求形成图像二值化预处理,主要是为了克服噪声过大对灰度重心法的干扰,通过计算二值化后图像灰度的重心来获取光条位置的坐标,再利用坐标转换获得三维空间点,确定鞋型的定位。

3、基于脚印图的3D脚型参数测量

在制鞋成型设计中,脚型尺寸参数的测量准确度是一款鞋子是否舒适的重要依据,特别是在个性化定制中。一般都是由经验丰富的植师手工测量数据,再根据自身经验依据所

测数据设计出非常适合的鞋子。但是由于不同的植师对于自身技术的操作习惯不同,对于每一只脚的测量数据会有所偏差,往往会出现一定的误差,人工操作还会出现一定的误操作等问题,因此本文研究提出一种基于脚印图的3D脚型参数测量技术,可以直接运用上文提到的3D成型测量技术,再运用3D打印技术制作出三维脚模型,完美实现测量数据的准确度,对后续的款式的设计提供准确参数^[3]。

3.1 脚型参数测量概述

脚型测量可以认为是运用3D技术来实现脚型基本长度、宽度以及各个脚型特征点在三维脚型上的相对位置、脚趾围长参数、前跗骨围长参数等描述脚型形状的尺寸数据参数。

在传统手工测量脚型的过程中,植师通常让客户光脚踩在一张白纸上,并在这张白纸上勾出客户脚型的基础轮廓图,被称为脚印图;然后在脚印图上标出脚型的特征点位置,接着将客户脚再放回白纸上,脚底与先前的脚印图重合,根据脚型特征点的位置,定位皮尺的位置,对脚型的关键部位的围长参数进行测量。最后再根据行业标准以及在脚印图上脚型特征点之间的距离计算脚型的其他形状参数。通常植师们并不对行业标准中的所有参数进行测量,而是仅仅测量与植型设计以及穿着舒适度最相关的一些参数。

3.2 脚型参数测量的基本流程

脚型参数国家及行业标准的参数是运用不同的测量工具手工测量出来的数据,而本文讨论的脚型参数测量主要是运用3D技术测量数据,主要测量数据为脚型各部位长、宽、边距等距离参数和脚型围长参数。参数测量流程分为脚模型获取、脚印图生成、定位脚型特征点、脚型围长测量以及参数计算。通过数据及以往植师们的经验判断,鞋子的舒适度仅仅和脚的个别特征点坐标有关,因此来说只要找准几个特殊的关键点位置坐标,就可以设计出舒适的鞋子。

通常要找的关键点坐标为脚拇指端点、脚拇指外突点、脚小趾外突点、第一跖趾关节、第五跖趾关节和后跟突点。首先需要根据脚印图观察脚型特征周边范围,再利用3D技术对脚型特征进行定位,标注出需要的关键点坐标位置,从而获取脚型参数,再根据坐标点位置参数测量脚型相关位置的围长参数,设计出舒适合理的鞋型^[4]。

3.3 基于脚印图的脚型特征点定位

由于脚型是不规则的立体形状,并不能利用求凸包的算法来测算脚型特征,因此我们研究一种基于脚印图的扫描线算法,来测算脚型轮廓线。

(1) 首先定义脚型的局部坐标系,通常把脚长方向定义为X轴,脚宽定义为Y轴,那么纵截面定义为XOZ平面,脚型靠近脚跟部分表面定义为YOZ,脚型靠近脚底部分平面定义为XOZ平面;

(2) 然后将脚型所有投射点在XOY平面上正交投影;

(3) 确定扫描边界点,通过边界点设置把投影边界区

域分成5块;

(4) 根据脚型特征点定义横向扫描线,扫描线根据脚长从左至右设定一定的长度间隔,依次设定扫描点数据存储;

(5) 根据脚型特征点定义纵向扫描线,同样设置长度间隔,依次设定扫描点数据存储;

(6) 由于脚型是立体形状,需要定义扫描线是四组,最终会得到四组数据,再把四组数据绘制成数据组中的点,相邻点连接成线段,就得到了脚型基础轮廓。

通过这样的扫描线算法来获取的脚型轮廓方法不仅仅可以用来测量脚型,还可以应用与其他不规则形状的轮廓获取。

在基于扫描线算法获取脚型轮廓后,接下来就可以根据脚型的特点来进行定位了,把制鞋相关的几个关键点标注到脚型轮廓的合理部位,再通过3D成像技术来呈现设计鞋型,运用3D打印技术可以制作出设计模型。通常在实际的制鞋工艺上,制鞋的几个关键点都是通过客户的脚印图获取的,而这些特征实际上却不是存在脚底的,都是在脚的侧面或者上面,因此来说如果是手工定位难免会有些误差,这就体现出来3D技术的作用,可以很好的体现出3D视觉效果,增加设计的准确度和效率。

3.4 脚型长宽与边距的计算

根据脚印图基于扫描线算法获取脚型特征的3D空间相对位置,根据公式可以测算出脚型的长度以及宽度,但是还有一些其他参数无法直接测算出来,这就需要根据国家或者行业标准来推算,再具体到关系系数得出所需要的数据,其中基本长度系数和基本宽度系数的相关公式如下:

各特征部位长度/脚长 $\times 100\%$ = 基本长度系数 (%)

各特征部位宽度/基本宽度 $\times 100\%$ = 基本宽度系数 (%)

3.5 脚型跖趾围长与前跖骨围长的计算

人们穿鞋的舒适度是与脚的跖趾围长和前跖骨围长密切相关,当楦围长小于人体穿鞋舒适性参数范围时候,就会感觉挤压疼痛,甚至磨脚等不舒服情况发生;但当楦围长大于人体穿鞋舒适性参数范围时候,就是鞋子大了,穿上鞋子走不成路。因此来说脚型跖趾围长与前跖骨围长的数据准确性也是制鞋工艺的关键点。

传统的测量算法是根据楦师们的经验和个人习惯设置的,一定会出现不合脚现象。为了更加准确测量数据,本文

研究讨论在3D视觉下基于辅助测量平面的围长测量方法。主要是通过辅助测量平面来截取脚模型,类似于模拟软尺围绕脚面的测量过程,再通过计算辅助测量平面与脚型三维网格相交所形成的交线的长度,最终计算出脚型相关围长参数。这种测量方法分为两步,首先是辅助测量平面定位,其次是围长参数计算^[5]。

对于跖围辅助测量平面的定位问题。根据制鞋工艺要求,在实际手工测量脚型跖趾围长时,将软尺的两个定位端置于脚印图中所标示的第一跖趾关节部位和第五跖趾关节部位,然后收紧软尺对跖趾围长脚面的部位进行测量。接着通过将第一跖趾关节部位与第五跖趾关节部位在脚印图平面上的欧氏距离累加到跖趾围长脚面部分的长度上得到跖趾围长全长。由于手工测量过程中,软尺在脚面上所覆盖的路径基本位于垂直于脚底面的平面上,因此,可以定义脚型的第一跖趾关节和第五跖趾关节的,垂直于XOY平面的平面来逼近手工跖趾围长的测量轨迹。

对于前跖骨围长的测量过程比较复杂。首先采用脚印图中的腰窝部位点、第五跖骨后粗隆点、以及前跖骨突点来定位软尺的位置,然后收紧软尺对前跖骨围长脚面部分进行测量。接着,在脚印图中以腰窝部位点为起点向脚印的另一侧做与Y轴平行的射线,再将该射线以Z轴为旋转轴,向脚尖方向旋转15度,此时旋转后的射线与另一侧脚印轮廓有一个交点,计算该交点到腰窝点的距离作为前跖骨围长的脚底部分,最后将二者相加得到前跖骨围长的总长。

当所有的围长都测量出来和,再运用3D技术设计出脚型模型,从而设计舒适的鞋子。经过后续成品测试发现,通常穿着舒适的鞋子所对应的楦型的围长长度比脚型的相应围长长度明显偏小。

4、结束语

本文通过对3D视觉下的制鞋相关技术进行分析研究,实际解决了传统手工制鞋过程中的缺陷,实现了制鞋工业的智能化发展。在制鞋成型工艺研究中,基于传统工艺基础上,加入光学测量技术、3D成像技术以及扫描线算法科技手段,提升了制鞋成型三维重建速率,运用鞋底打磨轨迹提取算法,提高制鞋打磨效率,加快了制鞋自动化成型发展步伐。

参考文献

- [1]蔡逸,刘常杰.激光三角法测距传感器的参数优化[J].传感技术学报,2017,30(10):1472-1477.
- [2]吴越.机器视觉3D成像及其测量技术研究[D].南京:南京理工大学,2020.
- [3]余凌波.基于线结构光的单目3D视觉机器人制鞋喷胶技术研究[D].华中科技大学,2019
- [4]邢礼源.基于3D视觉的运动鞋底信息提取研究[D].东华大学,2021
- [5]周阳.基于点云的鞋模喷胶三维视觉引导关键技术研究[D].湖北工业大学,2020