

针对工艺品设计中复杂曲面重构的数字化设计研究

熊良平

(安徽国防科技职业学院机械技术学院,安徽六安 237011)

摘要:为解决工艺品设计中复杂曲面的重构问题,以陶瓷小猪为例,利用逆向工程软件对工艺品复杂曲面进行逆向重构及数字化设计,得到相应的数字模型。通过检测对比,重构的数字模型与实物关键表面偏差均在0.08 mm范围以内,大大提高了复杂曲面的产品设计开发能力,缩短了开发周期,提高了生产效率。

关键词:工艺品;逆向工程;曲面重构

中图分类号:TP391.72 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2019)03-0046-03

Study on Digital Design of Complex Surface Reconstruction in Craftwork Design

XIONG Liangping

(School of Mechanical Technology, Anhui Vocational College of Defense Technology,
Lu'an, Anhui 237011, China)

Abstract: To solve the problem of complex surface reconstruction in craftwork design, with ceramic piglets as an example, we use reverse engineering software to reverse-reconstruct and digitize the complex curved surface of the crafts and obtain corresponding digital models. Through examination and comparison, the key surface deviations between reconstructed digital models and physical models all come within 0.08 mm, thus the digital design can greatly improve the design and development of complex surface products, shorten the development cycle and improve the production efficiency.

Keywords: crafts; reverse engineering; surface reconstruction

0 引言

工艺品设计是从工业产品设计衍生出的一门设计学。工艺品讲究的是艺,从应用层面上更突出于观赏性。因此,其造型比较复杂,在设计过程中也往往采用的是倒模、泥模等工艺品设计方法。想要利用正向设计软件得到相应的数字模型比较困难,特别是复杂曲面的设计更是无从下手。而利用逆向工程技术可以有效地采集工艺品数据,并结合逆向工程软件重构数字模型^[1-3]。

1 逆向工程

逆向工程(Reverse Engineering)是将现有产品或原型通过采集数据转换为数字模型,并结合设计软件在模型基础上进行优化或再设计的一种技术。主要步骤包括三维数据的采集,数据的预处理及优化,多边形的创建及优化、曲面的重构,进而缝合生产目标模型。具体流程见图1^[4-5]。目前逆向工

程软件主要有2种形式,一种是将逆向软件模块嵌入到现有的正向软件中去,比如UG软件中的Quick Shape模块;另一种则是专用的逆向软件,比如美国Raindrop公司的Geomagic Design X软件^[6]。本文采用专用的逆向工程软件Geomagic Design X来解决工艺品的复杂曲面重构问题。

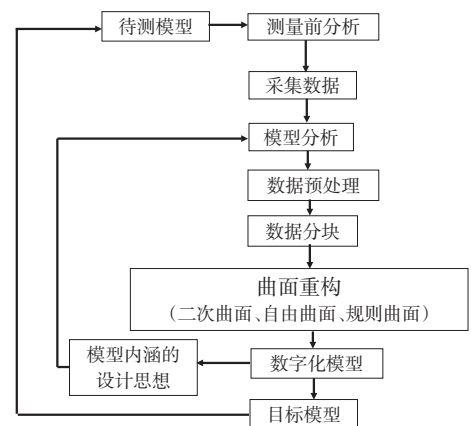


图1 逆向工程工作流程

收稿日期:2019-04-10

基金项目:安徽省2016年自然科学基金项目(KJ2016A119);安徽国防科技职业学院机械设计与制造专业专业带头人培养。

作者简介:熊良平(1984—),男,江西南昌人,副教授,硕士,研究方向:逆向工程与3D打印。

2 逆向工程实例

下面以工艺品陶瓷小猪为例,利用逆向工程软件完成数字模型的建立。

2.1 数据采集

在逆向工程中,数据采集一般有2种方法,分别是接触式采集(三坐标测量等)和非接触式采集(三维扫描仪等)。前者由于在采集过程需要与被测物体发生接触易于产生形变误差,因此在逆向过程中广泛采用非接触式采集^[7]。本文即是采用非接触式采集方法利用三维扫描仪对被测物体采集数据。本文所采用的三维扫描仪为三角测距法。相比较于飞时测距法,此方法是向反求物发射一道激光,并通过摄像机拍摄出反求物的激光点。由于反求物距离摄像机位置不同,激光光点在摄像机显示的坐标也不相同,因为激光光源、激光光点以及激光光源本身就构成了一个三角形。并且,激光光源与摄像机的距离,激光光源与摄像机形成的角度都是已知的,那么便可以计算出反求物相对激光光源的距离,并形成相应的坐标^[8]。

2.2 数据预处理

利用三维扫描仪进行数据采集时,由于必须要发射激光到待测物上,若待测物表面反光,则无法采集到相应数据,如图2所示。因此,必须在待测物上喷涂一层避免反光的显像剂,如图3所示,且喷涂时要保持均匀,否则会影响后续的点云数据优化。



图2 被测物实物

图3 喷涂显像剂

采集到被测物点云数据后,由于数据量比较大,会影响到后续的建立多边形阶段及曲面重构阶段,因此,需要对点云数据进行优化处理。优化的内容主要包括注册(使分层的点云数据进行拼接)、采样(在不影响被测物特征的情况下,进行精简数据)、去除噪点以及连接项(非被测物点云数据或离散点云数据)、迭代(降低点云数据密度),进而得到优化后的点云数据,如图4所示。

2.3 创建多边形模型

创建多边形模型其实就是将优化后的点云数据封装成三角网格(图5)。由于在点云数据采集过程中,往往一个点会采集多次数据,并且由于扫描误差,这些数据不在同一个坐标上,形成钉状物等、点云数据采集有缺失以及标记点的影响,使得封装后的多边形模型有孔洞,且点云数据采集过程中的误差,造成了封装后模型上存在错误特征。因此,需对多边形模型进行优化。优化的措施主要为去除钉状物、填补孔洞以及去除特征。最后对多边形模型进行锐化处理,调整模型的边界条件,对曲率较明显的表面进行网格细分,突出轮廓,为后续曲面重构铺垫。

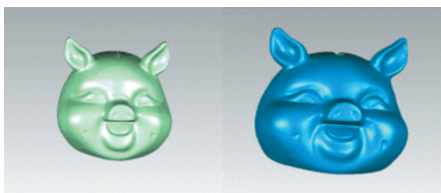


图4 点云数据

图5 三角网格

2.4 曲面重构

曲面重构作为逆向工程技术中最为复杂的一个环节,特别是针对工艺品,由于其造型的特殊性,需要考虑边界条件的确定、型值点的权值以及相应权值点的反求,曲面重构较为困难^[9]。因此,在曲面重构过程中,要采用正向与逆向设计思维相结合,面片拟合与境界拟合等多种曲面拟合方式共用的方法进行曲面重构。

首先,分析反求物的表面几何特征,确定坐标系并划分领域,如图6所示。由于陶瓷小猪面部几何特征较为复杂,若采用面片拟合直接进行曲面重构,会造成面片过多,使得面片在剪切过程中分型线不光顺。而小猪的后脑部几何特征较为简单,可根据领域直接进行面片拟合。因此,确定逆向设计方案为:面部采用境界拟合的方式、后脑部采用面片拟合方式进行曲面重构,最后在面部和后脑部连接处采用剪切放样的方法进行缝合。

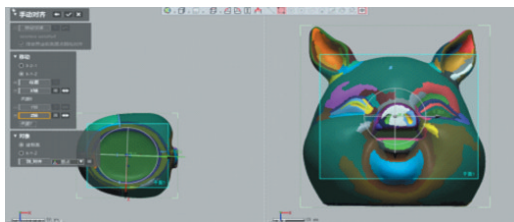


图6 模型领域与坐标系的确定

其次,在面部表面进行境界拟合过程中。需先用样条曲线绘制出面部轮廓,然后对面部特征进行

分割并对样条进行平滑,最后利用境界拟合对面部特征进行曲面重构,如图7、8所示。在对后脑部进行面片拟合的过程中,先根据定义好的领域,利用面片拟合工具贴合领域进行拟合,在两个面片的交接处,采用剪切并放样的方法将面片进行缝合,完成后脑部的曲面重构,如图9所示。

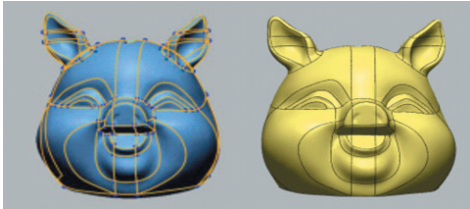


图7 样条平滑 图8 境界拟合效果

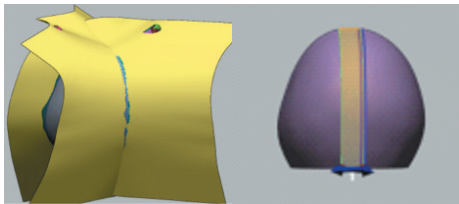


图9 面片拟合效果

最后,分别做两个平面对已经拟合好的面部与后脑部曲面进行剪切,过渡处采用放样的方法进行拼接。并对底部、鼻孔等细节采用绘制草图拉



图10 缝合后的实体

伸的方法进行处理,最终进行缝合成实体,如图10所示。

3 结论

针对工艺品复杂曲面的数字化设计,结合逆向工程技术,根据表面几何特征的不同,充分利用面片拟合与境界拟合等多种不同的曲面重构方法,能够快速得到反求物的数字模型。并且,模型与反求物关键特征表面的误差均在 0.08 mm 范围以内,如图11、12所示,符合逆向工程的要求,大大缩短了设计周期,提高了效率,也为后续工艺品的再设计提供了便利。

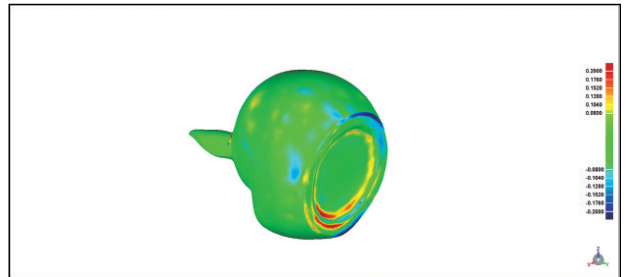


图11 数字模型的3D偏差图

> = Min	< Max	#	%
-0.200 0	-0.176 0	597	0.306 5
-0.176 0	-0.152 0	824	0.423 0
-0.152 0	-0.128 0	1 232	0.632 5
-0.128 0	-0.104 0	1 754	0.900 5
-0.104 0	-0.080 0	2 315	1.188 5
-0.080 0	0.080 0	181 330	93.093 3
0.080 0	0.104 0	1 512	0.776 2
0.104 0	0.128 0	746	0.383 0
0.128 0	0.152 0	351	0.180 2
0.152 0	0.176 0	234	0.120 1
0.176 0	0.200 0	196	0.100 6
		211	0.108 3
		3 481	1.787 1

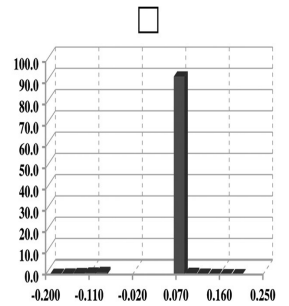


图12 数字模型的偏差柱状图

参考文献:

- [1] 胡笑奇.基于逆向工程工艺品破损模型的修复[J].设计,2016(1):24-25.
- [2] 高彤.基于逆向工程的工艺品建模及快速成型研究[J].陕西科技大学学报,2017(8):153-158.
- [3] 傅骏.逆向工程技术在创意工艺品铸造生产中的实践[J].铸造技术,2018(3):555-557.
- [4] 祖文明.逆向工程技术的应用及国内外研究的现状及发展趋势[J].价值工程,2013(6):30-31.
- [5] 李洪庆.逆向工程的研究现状与发展趋势[J].南方农机,2018(12):48.
- [6] 孙进.基于逆向工程的工艺品设计及快速成型[J].机械设计与制造工程,2015(8):30-33.
- [7] 祝兴华.基于非接触式测量的逆向工程在装配修正中的应用[J].矿山机械,2018(12):46-49.
- [8] 李卫民,马平平.三维激光扫描点云数据的获取及逆向技术研究[J].制造业自动化,2015(8):52-56.
- [9] 洪定鹤,江雄心.逆向工程中的曲面模型重构[J].电气技术与自动化,2006(5):133-135.

(责任编辑:蒋召雪)