

Research on Application of Reverse Modeling Technology for Auto Parts Based on Geomagic Software

Chenkai Zhang Jianfeng Zhou Kunli Fang

Quzhou College of Technology, Quzhou, Zhejiang, 324000, China

Abstract

Reverse engineering technology is to collect data from the original shape of the physical object, and construct a three-dimensional model with the same shape and structure after data processing and three-dimensional reconstruction. Then, copy or redesign the original shape to achieve innovation. Due to the large workload of surface data collection, the reverse design function of CATIA software is limited. In the reverse design of auto parts, it is difficult to establish the required parametric model. To solve this problem, Geomagic Studio and CATIA software are generally used to realize the automatic operation of surface fitting, so as to quickly establish a high-precision three-dimensional model in the reverse design of the part. This paper takes the reverse 3D design process of a car seat as an example, describes the use of a 3D scanner to perform laser scanning on the surface of the part, pre-processing and surface fitting of the point cloud in Geomagic Studio, and then importing CATIA to complete the structural design and surface processing the complete process.

Keywords

parametric design; reverse engineering; Geomagic Studio; automotive design

基于 Geomagic 软件的汽车零件逆向建模技术应用研究

张晨恺 周建锋 方坤礼

衢州职业技术学院, 中国·浙江 衢州 324000

摘要

逆向工程技术就是对实物原形进行数据采集, 经过数据处理、三维重构等过程, 构造具有相同形状结构的三维模型。然后, 在对原形进行复制或原形的基础上进行再设计, 实现创新。由于曲面数据采集工作量大, CATIA 软件的逆向设计功能有限, 在汽车零部件的逆向设计中, 难以建立所需的参数化模型。针对这一问题, 一般使用 Geomagic Studio 和 CATIA 软件, 实现曲面拟合的自动化操作, 从而在零件逆向设计中快速建立高精度的三维模型。论文以汽车座椅的逆向三维设计过程为例, 描述使用三维扫描仪对零件曲面进行激光扫描, 在 Geomagic Studio 中对点云进行前处理和曲面拟合, 然后导入 CATIA 完成结构设计和曲面加工的完整过程。

关键词

参数化设计; 逆向工程; Geomagic Studio; 汽车设计

1 引言

随着现代制造业全球化与市场化, 全球制造业市场竞争愈加激烈, 产品生命周期越来越短, 致使制造业企业不断追逐 CAD/CAE/CAM/CNC 等新技术, 来提高产品设计与制造效率, 缩短产品研发周期, 保持企业竞争力。在企业不断追求产品快速设计与研发的过程中, 逆向工程便应运而生。逆

向工程, 也称反求工程、反向工程和逆向设计, 是以现有的先进产品设备的实物、样件、软件或影像作为研究对象, 通过合适的测量方法获取实物或模型的离散点云数据, 继而应用图形图像学、现代设计方法学、材料科学以及先进制造技术等学科知识进行点云数据处理、模型重构、系统性的分析、研究掌握其关键技术, 从而演绎并得出该产品的几何模型、材料特性、组织结构、工艺路线、功能特性及技术规格等设计要素, 进而研发制造出更为先进的同类产品的一系列技术和过程的总称。

逆向工程流程: 通过测量获得产品的点云数据, 然后利用专门的逆向工程软件或集成了逆向模块的正向 CAD 软件

【基金项目】衢州市科技计划项目(项目编号: 2019009; 2020007)和衢州职业技术学院项目(项目编号: QZYZ1901)资助。

【作者简介】张晨恺(1987-), 男, 中国浙江金华人, 工程师, 从事农业机械及自动化技术研究。

中进行点云数据预处理、模型重构以及模型检测来生成高度还原的原产品 CAD 模型，而后在正向 CAD 软件中对重构 CAD 模型进行参数化修改及优化设计，最后利用优化后的 CAD 数据进行快速原型制造或快速模具制造完成新产品或模具的开发与制造。

与传统正向工程相比，逆向工程具有更短的产品设计周期、更成熟的产品设计和更好的传承性等特点，可大大缩短产品研发制造周期，被广泛应用于产品的研发和改型设计、艺术品和考古文物等物体的仿制及修复、工业和地理信息测量等领域。

早期设计师在进行产品的造型设计时，所采用的方法主要是正向设计法（见图 1）；这是一个从概念设计起步到 CAD 建模、数控编程、数控加工的过程，产品造型设计的正向设计流程，从功能与规格的预期指标确定开始，构思产品的零组件需求，再由各个元件的设计、制造以及检验零组件组装、检验整机组装、性能测试等程序来完成。

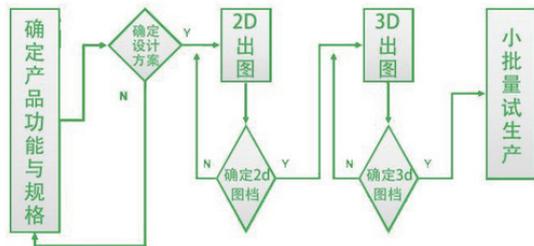


图 1 正向设计

但对于复杂的产品，正向设计方法显示出了它的不足，设计过程难度系数大、周期较长、成本高、不利于产品的研制开发，正是在这样的背景下自然发展并形成了逆向设计的方法（见图 2）^[1-4]。

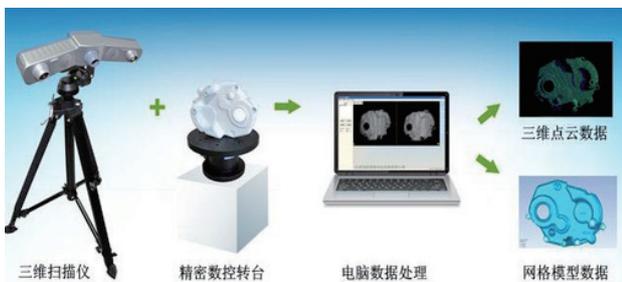


图 2 逆向设计

逆向设计过程：实物三维—三维坐标采集—仿形或创新—制造—产品。

汽车零部件产品的逆向设计，目前多采用三坐标测量仪得到零件主要特征的高精度尺寸，建立简单的线框模型；或

利用激光扫描仪获得零件表面的点云，以基于边或基于多边形面的方法在三维 CAD 软件中对点云进行数据分块，再通过分块数据完成曲线或曲面的拟合，得到若干小曲面片，将这些曲面片通过拼接得到物体的各个面，从而重建出产品的数字化 CAD 模型^[5,6]。

1.1 样品数字化

通过三维激光扫描仪等数字化仪器对样品进行测量，获取样品的三维数字模型。

1.2 数据修改

利用数据三维软件对获取的数字模型进行修改，设计出比原有样品更加先进的产品。

1.3 实体建模

通过快速成型设备，直接生产出样品进行验证和检测并根据需要进行完善利用真空铸型设备进行模具开发，进行小批量生产。

2 逆向设计方法

逆向工程技术就是对实物原形进行数据采集，经过数据处理、三维重构等过程，构造具有相同形状结构的三维模型^[7,8]，逆向建模样例如图 3 所示。然后，在对原形进行复制或原形的基础上进行再设计，实现创新。所以说逆向工程并不是简单的扫描以及复制的过程，逆向工程的目的是利用实物获取点云，并基于点云进行优化设计以及创新设计。当然逆向设计并不神秘，他与我们的生活息息相关，日常生活中的自行车的一次次升级改造，愈加无瑕疵的汽车流线都离不开逆向设计。

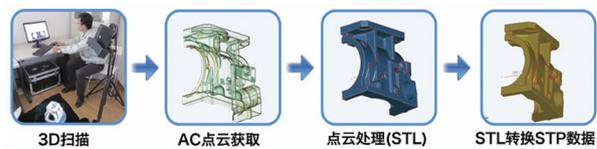


图 3 逆向建模样例

Geomagic Studio 是应用最广泛的逆向工程软件之一^[9,10]，其优势在于点云和多边形（三角面片）的快速前处理，以及基本曲面的拟合，它还能将所拟合的参数化曲面信息直接发送到常用的 CAD 软件中作进一步的修改。因此，研究者在进行汽车零部件产品的逆向参数化设计时，可以使用 Geomagic Studio 进行点云的快速处理并以批处理方式完成曲面的参数化拟合，然后导入 CATIA VS 中对曲面完成后续的加工修剪、

封闭实体等工作，最终得到参数化的零件实体。

①通过三维扫描仪获得点云数据或者客户提供点云数据。

②通过软件 (geomagic, gom 等) 对点云数据进行处理, 获得三角网格面数据。包括 STL 数据进行坐标变化、点云降噪、顺滑、优化、简化等预处理。该步获得的数据即可进行三维雕刻、3D 打印、比对分析等。

③通过逆向软件, 逆向软件一般可以采用 UG、CATIA、GEOMAGIC DX 等专业软件对获得的三角网格面数据进行处理。包括面片拟合、截面创建、曲线提取等诸多特征提取方式, 而此时即可进行创新设计、优化设计等。

具有规则表面的零件的逆向三维设计过程如图 4 所示。

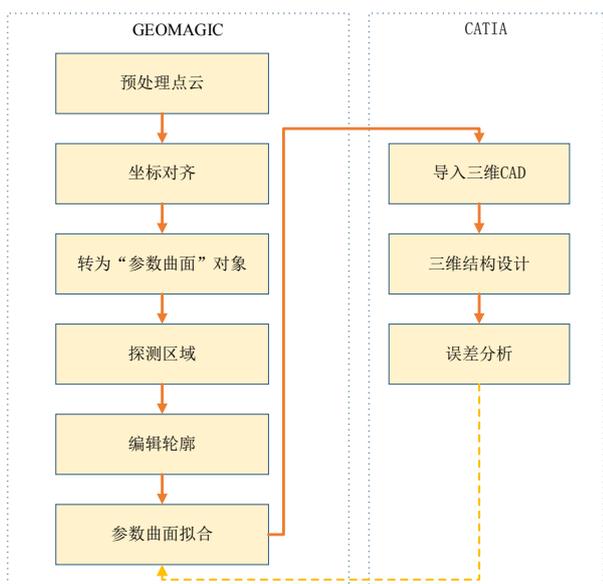


图 4 汽车零部件的逆向参数化设计过程

3 参数化逆向设计方法示例

以汽车座椅的逆向三维设计为例, 利用激光扫描仪进行逆向扫描, 利用 Geomagic Studio 12 进行点云预处理和简单曲面拟合, 然后在 CATIA 中完成零件设计的过程。由于汽车座椅上的曲面多为规则曲面, 可在 Geomagic Studio 下对点云进行快速识别和拟合。根据逆向扫描的点云进行参数化设计, 需要在 Geomagic Studio 中经过前处理 (多边形阶段)、参数化曲面、导入 CATIA, 以及在 CATIA 中生成参数化实体模型等几个阶段^[11,12]。

3.1 逆向扫描

三维激光扫描技术是一种先进的全自动高精度立体扫描

技术, 又称为实景复制技术, 是基于面的数据采集方式, 本研究采用的三维激光扫描仪由动作捕捉仪、手持激光头和数据处理系统组成, 精度可达 0.05mm, 扫描仪如图 5 所示。手持激光头发射出激光束投射到物体表面, 经反射后由激光接收器获取物体表面反射的光线, 数据处理系统自动解算得出被测点的相对三维坐标 (云点), 原始点云数据如图 6 所示, 再将三维模型反映在自带的的海量数据处理软件中, 扫描后生成 stl 格式的文件, 导入逆向软件 Geomagic 并进行快速处理。



图 5 三维激光扫描仪

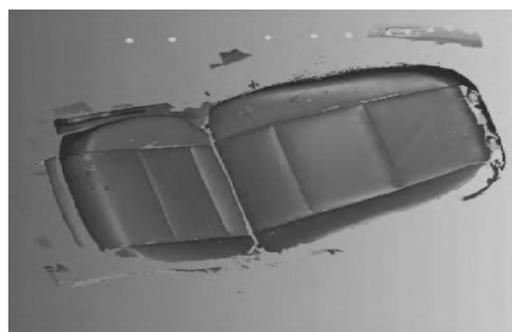


图 6 原始点云数据

激光扫描的过程中, 应尽量使扫描仪器始终垂直于扫描表面, 并保持适当的扫描速度, 从而保证所得点云的质量。点云数据的精确性和完整性也就决定了三维模型的精度。

Geomagic Studio 软件的整体工作流程如图 7 所示。



图 7 Geomagic Studio 工作流程

根据软件输入的数据与其他软件或设备的接口, 不同的逆向软件有不同的工作流程, 可以采用点一线一面和点一多

边形一面等方式, Geomagic Studio 采用了点—多边形一面的工作流程, 从图7可以看出 Geomagic Studio 软件主要包括点云阶段、多边形阶段、形状阶段。

3.2 数据的导入

由于模型的测量是在一次进行完成的, 不存在多视点云, 所以不用点云数据的拼合。由三坐标激光测量仪得到的点云数据是“.asc”格式, 导入 Geomagic 中系统中。

3.3 点云的前期处理

通过扫描获得的点云包含许多噪声点, 以及由于缺少扫描或其他原因导致的孔洞, 因此需要对点云进行切割和修复。在物理扫描或数字化过程中, 经常会将噪声点引入测量数据中。曲面模型上的粗糙及不均匀的外观被视为“噪声数据”, 这可能是由于扫描设备的轻微振动, 扫描仪的直径误差或不良的表面以及光线变化引起的。通过减少噪声处理, 可以更好地表示真实物体的形状。在 Geomagic Studio 中打开点云数据文件, 将自动生成多边形对象, 并通过对多边形的操作来实现对点云的所有后续操作。在“多边形”的功能区页面下, 提供了多种处理工具, 例如使用“删除”和“简化”“创建流形”“裁剪”等来删除噪声点, 并使用“松弛”。最方便的一项是“Grid Doctor”的修复功能, 该功能在一个界面下集成了各种修复功能, 并自动以批处理方式完成了大部分修复工作, 点云数据如图8所示。

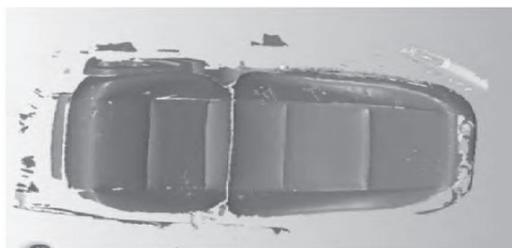


图8 处理后点云数据

3.4 曲面重构和数字化建模

3.4.1 曲面设计

该汽车座椅的逆向设计使用 Geomagic Studio 和 CATIA 软件进行数据处理和表面重建。Geomagic Studio 是由 Raindrop Geomagic Software Company 在美国推出的逆向工程软件。对于逆向工程中的应用, 可以通过 Geomagic Studio 获得完美的多边形和 NURBS 模型。当处理复杂形状或自由曲面时, 生产效率要优于传统的 CAD, 该软件效率更高。该软件还可以与所有主要的 3D 扫描设备和 CAD/CAM 软件集

成。作为独立的应用程序, 它可以补充 CAD 软件的功能。Geomagic Studio 可以满足反向工程, 产品设计和快速原型制作的严格要求。使用 Geomagic Studio, 可以将 3D 扫描数据和多边形网络转换为准确的 3D 数字模型, 并可以输出各种行业标准格式。与其他逆向工程软件相比, Geomagic Studio 软件的优势在于, 从点云处理到 3D 表面重建的时间通常仅为同类产品的 1/3。汽车座椅是根据人体设计的, 表面非常复杂。在构造汽车座椅表面时, 修复点云文件是弯曲的, 以确保该表面和该表面在曲率上可以连续或连续。根据相应的曲面拟合算法, 构造特征点和特征线以连接每个曲面。使用曲面设计模块 GSD (Generative Shape Design) 和自由曲面模型建模模块 FSS (Freestyle Shape) 和自由曲面模型建模模块 FSS (Free Style Shape) 和其他方法结合座椅的实际样式来构造一个三维图形, 如图9所示。

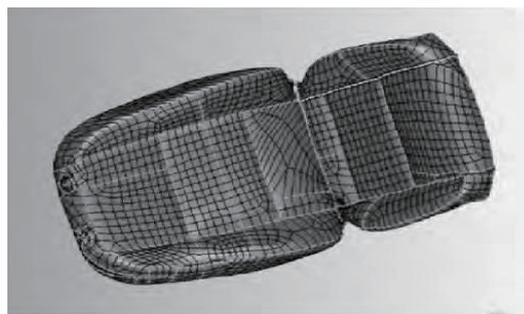


图9 曲面重构图

3.4.2 生成三维和二维模型

通过延伸、过渡、相交、切割、缝合和倒角来重构表面, 以获得三维实体模型。重建的三维实体模型可以根据设计需要生成二维工程图, 也可以进行 CNC 制造或建模。汽车座椅三维实体模型如图10所示。

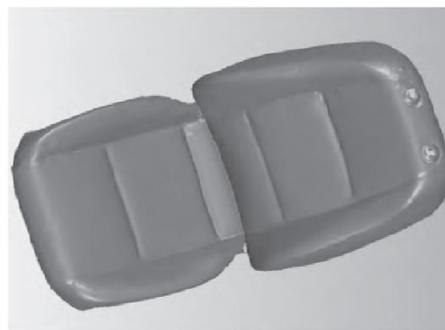


图10 汽车座椅三维实体模型

3.5 实物模型打印

利用快速成型技术打印实体模型, 这项研究使用三维设

计软件 CATIA 修改数据并进行数字建模,最后导出 3D 打印机所需的格式,实体建模如图 11 所示。



图 11 3D 汽车座椅模型

4 结语

论文介绍了联合使用 Geomagic Studio 和 CATIA 软件对汽车零部件的逆向设计方法。设计高质量且可制造的曲面是汽车车身设计与建模工作的首要要求,所以车身外表面的曲面重构应该是在合理的误差范围内尽量保证曲面的质量。适当地放宽精度,会使构面方法相对灵活多样,构面的成功率也相对较高。一般来说,在精度要求 0.3~0.5mm 且点云质量较好的情况下用 CATIA 拟合出的曲面要优于专用逆向工程软件 IMAGEWARE,只是前者曲面的人工控制能力比后者稍差,而且 CATIA 对于曲面与测量点的偏差大于 0.1mm 的 A 级曲面也完全可以胜任。因此,应用 CATIA 软件进行车身曲面重构是一个较好的选择,可以满足产品设计的要求。

参考文献

[1] 王鑫龙,孙文磊,张建杰,等.基于点云数据的逆向工程技术研究综述[J].制造技术与机床,2018(2):49-53.

- [2] 黄兵锋.汽车零部件逆向设计中的参数化建模方法研究[J].机电工程,2013,30(11):1345-1349.
- [3] 刘扬,陈曦,石鸽娅,等.逆向工程技术在曲面重构及检测中的应用[J].组合机床与自动化加工技术,2012(1):51-53.
- [4] 张红兵,尚广庆,李晓岩.基于逆向工程技术的汽车橡胶密封条模具的再设计[J].机械设计与制造,2012(9):12.
- [5] 张磊,谢秋菲,韩景芸,等.激光扫描结合逆向工程技术建立粘桥的三维有限元模型[J].实用口腔医学杂志,2006(6):64-67.
- [6] Ying L, Wdc D.Reverse Engineering Human Neurodegenerative Disease Using Pluripotent Stem Cell Technology[J].Brain Research,2016,16(38):30-41.
- [7] David H, Miguel R, Julio S R, et al. Reverse Engineering of Logic-based Differential Equation Models Using a Mixed-integer dynamic Optimization Approach[J].Bioinformatics,2015,31(18):2999-3007.
- [8] Jang J W, De A, Vontela D, et al.Threshold-defined Logic and Interconnect for Protection against Reverse Engineering[J].IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems,2018(16):1.
- [9] 王兴晨,路春光,赵震,等.基于 CATIA 二次开发的逆向工程曲面重构方法研究[J].机床与液压,2017,45(19):84-88.
- [10] 王兴晨,路春光,赵震,等.逆向工程特征点提取与参数化建模方法研究[J].机械设计与制造,2018,323(1):222-225.
- [11] 张宏伟.ATA125-T 型 ATV 车身覆盖件的逆向造型[D].南昌:南昌大学,2015.
- [12] Dong Z H, Zhou C C. Study of Stress Distribution for Ceramic Materials in Human Denture by 3D Finite Element Model[J].Advanced Materials Research,2014(3):1044-1045.