

Machine Innovation Design Based on Reverse Engineering and 3D Printing Technology

Dan Li

Dalian Polytechnic University Art and Information Engineering, Dalian Liaoning
Email: lizimu2006@126.com

Received: Jun. 6th, 2016; accepted: Jun. 25th, 2016; published: Jun. 29th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

A new method of realizing washing machine innovation design is proposed based on reverse engineering and 3D printing technology. First the 3D model of the improved product is obtained by collecting early point cloud information of the washing machine through an optical laser scanner and using the Geomagic Studio software and UG software for data processing and model reconstruction. Then the innovation meeting the requirements of the target in the design of the product is realized by further improvements according to the feedback of 3D model verification after using 3D printing quickly output entity model. The whole process of innovation design is a new method for washing machine innovation design, which has shorten the design cycle, reduced the design cost, simplified the procedure of design and production through reverse engineering and 3D printing technology compared with the traditional method. Practice showed that the reverse engineering combined with 3D printing method has obvious advantages and the application prospect in the field of product innovation design.

Keywords

Reverse Engineering, 3D Printing Technology, Geomagic Studio, UG Modeling, Innovative Design

基于逆向工程及3D打印技术的洗衣机创新设计

李丹

大连工业大学艺术与信息工程学院, 辽宁 大连

Email: lizimu2006@126.com

收稿日期：2016年6月6日；录用日期：2016年6月25日；发布日期：2016年6月29日

摘要

本文介绍了一种基于逆向工程与3D打印技术实现洗衣机创新设计的新方法。首先通过光学激光扫描仪采集洗衣机的初始点云信息，并利用Geomagic Studio软件和UG软件对其进行数据处理与模型重构，获得该产品改进后的三维模型；然后利用3D打印技术快速输出实体模型并进行验证，根据验证反馈对三维模型进一步改进，如此反复直至满足目标要求，实现产品的设计创新。整个创新设计的过程，缩短了设计周期，降低了设计成本，简化了设计制作流程，是一种洗衣机创新设计的新方法。实践证明，逆向工程与3D打印技术相结合的方法，在产品创新设计领域具有明显的优势以及应用前景。

关键词

逆向工程，3D打印技术，Geomagic Studio，UG建模，创新设计

1. 引言

逆向工程技术又被称为反求工程技术，是一种再现产品设计技术的过程，即对现有的模型或者产品样件，利用三维扫描设备或者数字化测量设备，快速、准确的得到其初始点云数据或者轮廓坐标值，并用三维建模软件对其进行模型重构，最终得到产品的三维数据模型的过程[1]-[3]。运用逆向工程技术可以快速提供三维CAD模型，实现原产品的模型复制和新产品的快速开发，以便及时掌握市场信息，提高生产的效率。

3D打印技术，是一种通过3D打印设备逐层增加材料来制造三维产品的技术，故又被称为“增材制造”。作为一种快速成形技术，3D打印技术又被誉为“第三次工业革命”的核心技术[4][5]。与传统制造技术相比，3D打印可以实现产品的结构优化，同时还可以节约材料和节省能量。在新产品的开发优化、快速反求工程、单件及小批量零件的快速加工制造、复杂模型的快速加工生产和模具设计制造等方面[6]，3D打印技术相较于其他技术有很大的优势。

随着逆向工程技术与3D打印技术相互结合，不仅产品的创新设计周期得到有效缩短，而且其综合制造的成本也随之减少[7]。因此，越来越多的企业都很重视这两种技术结合的推广和应用。本文以洗衣机的创新设计为基础，通过实践证明，逆向工程与3D打印技术相结合的方法，在产品创新设计领域具有明显的优势以及应用前景。

2. 基本思路

逆向工程技术与3D打印技术的结合，实现了从产品-设计-产品的过程，即根据已有的产品，通过分析来推导出实现该产品的具体方法，是检验产品设计合理性的一种最佳方式。创新设计流程图如图1所示。

在传统的零件设计过程中，设计者不仅需要设计出目标样件，同时还需要设计出相应的模具，进而制作样机来检验洗衣机设计的合理性。如果设计的产品经过验证合格，则设计过程结束，进行下一个工序。但如果设计的样品不合格，仍旧需要重新再设计，再次进行开模验证。如此反复的设计-再设计，导致设计成本高、周期长。

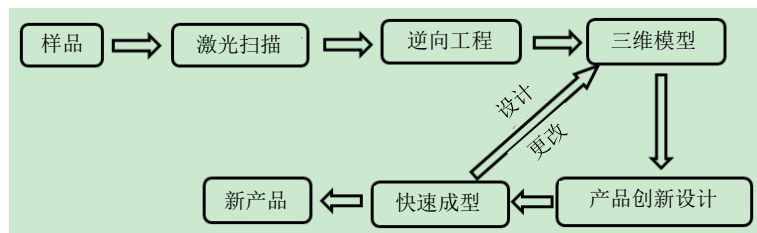


Figure 1. Flow chart of innovative design

图 1. 创新设计流程

而本文介绍了一种基于逆向工程及 3D 打印技术的洗衣机创新设计新方法。首先使用光学首先通过光学激光扫描仪采集洗衣机的初始点云信息，并利用 Geomagic Studio 软件和 UG 软件对其进行数据处理与模型重构，获得该产品改进后的三维模型；然后利用 3D 打印技术快速输出实体模型并进行验证，根据验证反馈对三维模型进一步改进，如此反复直至满足目标要求，实现产品的设计创新。

3. 三维模型重构

3.1. 点云数据的采集

点云数据的采集，是实现逆向工程的第一步，也是基础和关键的一步。通常，点云数据的采集可以通过三维数字化测量或者扫描设备得到。为了获取较高精度的点云数据，通常采用三维激光扫描仪进行非接触式测量。以某洗衣机波轮的点云数据采集为例。

本文采用的是无臂手持式 MetraSCAN3DTM 光学三坐标三维扫描系统和 C-TrackTM 双摄像头传感器组合而成的三维扫描仪。实行的扫描操作顺序如下：零件表面清洁 - 喷白色显影剂 - 贴标识点 - 扫描 - 保存文件。扫描得到的洗衣机波轮的点云数据如图 2 所示。

3.2. 点云数据的处理

通过三维扫描仪扫描之后获得的是实物的轮廓数据，是由很多的密集点组成的点云图像。在扫描过程中由于测量的仪器镜头误差，扫描现场光线的变化，扫描的工件形状和人工操作等各种因素均有可能导致零件关键特征部位点云数据的缺失，点云数据存在重叠和误差部分[8]，产生大量噪声数据，因此不能在此基础上直接建模，必须先对采集的点云数据进行相应的预处理。以波轮为例。

本文使用 Geomagic Studio 12 软件对其进行处理。打开文件，使用相应的命令将不同角度的点云模型组合为一个点云文件。为便于观察其几何形状，需要对点云进行“着色”处理。设置偏差限制参数，将模型外的红色点云手动进行删除，尽量减少点云数量。删除重叠点云，以规定的密度减少表面上的点，将洗衣机波轮内外采集到的点云数据合并成一个完整的点云文件，即完成了点云的预处理。完成“封装”操作的点云图像如图 3 所示。

3.3. 三维模型的重建

UG (Unigraphics NX)是一个交互式 CAD (计算机辅助设计)/CAM (计算机辅助制造)系统,它可以完成产品零件的建模、装配以及对建立的模型进行动力学仿真及有限元分析等工作[9],可用于产品从设计优化到开发的全过程。另外,在曲面造型设计方面,UG 相较于其他的三维软件更有优势。

本文使用的是 UGNX8.0 软件进行模型重建、装配。因波轮的形状对称,所以在模型重建时,可只创建 1/4 模型,再做阵列即可做出整体形状,这样不仅可以减少一半的工作量,而且可以提高模型重建的真实度和对称度。

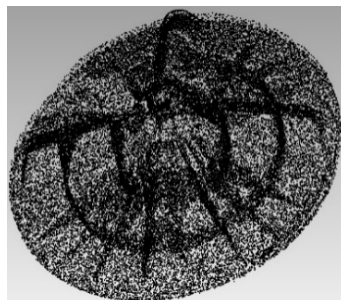


Figure 2. Point cloud of the pulsator
图 2. 波轮的点云

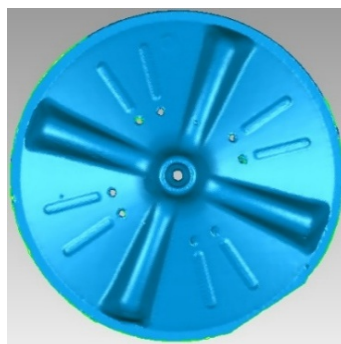


Figure 3. "Encapsulated" pulsator
图 3. “封装”的波轮

首先从 Gemagic studio 软件中截取出截面的点云。把所需的几个基本曲率相同的大截面点云截取出来，然后依次导入到 UG8.0 中。因为两者都是同一个坐标系，故导入进来的点云数据不会有变动。然后根据点云数据选择基本指令，把详细的截面做出，当多个曲面有连接部分时，应定义曲面的连接方式，保证曲面的连接尽量平滑光滑，没有交叉重叠的部分，避免产生明显的“折痕” [10]。创建的各个曲面片体通过相应的命令处理后，达到没有缝隙和多余超出的部分。同时，“实体化”曲面转换成实体，得到实体模型。对得到的 1/4 实体模型做阵列处理，即可得到完整的波轮模型。如图 4 所示。

用软件重建好所有的样件模型后进行模型的装配过程，整个洗衣机的外部结构中一共扫描重建了 9 个零部件，按照装配的要求，对其进行相应的装配，最终达到我们预期组装模型的效果。

4. 模型的 3D 打印

3D 打印技术，作为快速成形技术的一种，可以更直观的展示经过逆向工程技术所重建的产品模型，以便观察产品的合理性，以及进行产品的生产工艺制定，评估和进一步的改进。

3D 打印技术已被广泛应用。例如在航空航天、生物医疗、模具制造、艺术创意、服装、建筑等领域，3D 打印技术可替代这些领域所依赖的传统加工工艺，提高产品的制作效率 [11]-[13]。

目前，市场上的 3D 打印机种类繁多，根据打印材料的不同，3D 打印机可以分为 FDM (熔融层积成型法)、SLS (粉末激光烧结法)、SLM (金属粉末激光烧结法)、SLA (紫外线光固化成型法)、DLP (投影仪光固化成型法)、3DP (三维印刷法)和 LOM (分层切割成型法)等打印机。

根据洗衣机的形状、尺寸等特征以及强度、精度的要求，选用 SLA 光敏树脂打印机。该打印机固化快速、成型精度高，用该打印机打印出来的产品样件具有表面效果好、机械强度高、气味低、耐储存、通用性强等特点。

本实验使用西安交通大学的 SPS350B 快速成型机。根据所需打印的零件的尺寸、成型表面质量、加工时间等要求，通过该成型机附带的 RPbuild 控制软件进行制作工艺参数设定如下表 1 所示。

成型完毕后的样件随着升降台升出液体树脂表面，取出样件，用酒精进行清洗、去除支撑、打磨、表面涂覆、二次固化后得到单个的模型零件，所有的模型零件组装结果如图 5 所示。

本产品是融逆向工程技术和 3D 打印技术于一体的产品，其快速造型方式和制作生产特点，与原始的产品在结构造型和零部件加工制作方面有着明显的区别。针对这些区别的转变，并以此所形成的创新设计方法，成为文中创新产品设计的核心内容。

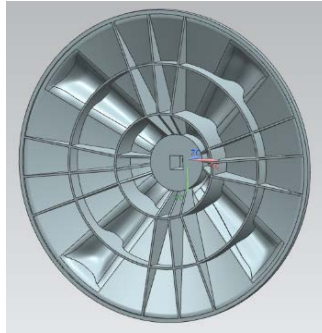


Figure 4. Pulsator model

图 4. 波轮模型



Figure 5. Entity of washing machine

图 5. 洗衣机实体图

Table 1. The process parameters of SPS350B

表 1. SPS350B 快速成型机工艺参数

名称	参数
填充扫描速度	2800 mm/s
扫描间距	0.1 mm
支撑扫速度	800 mm/s
跨跳速度	12,000 mm/s
轮廓扫描速度	1800 mm/s
补偿直径	0.12 mm
工作台升降速度	2.00 mm/s

5. 产品的创新优化

打印出来的产品要投入实际使用,用事实去检验产品的性能。该洗衣机三维模型打印组装好后,经实际检验后发现仍有改进的余地,在充分考虑现有产品的结构特点后,对本产品进行结构上的优化。该洗衣机将箱体与内筒作为一个整体,但其内壁很光滑,衣物在洗涤时得不到充分的摩擦搅拌,故在其筒的内壁结构上按照一定的顺序添加一些光顺的凸起,在减少对衣物的损伤前提下,尽可能好的增加洗衣的洁净效果,减少洗衣的时间。经过优化后的三维模型,用 3D 打印机打印出来进行下一步验证。经过实际检验,证明了通过经过优化后的产品有更好的洗涤效果。同时也证明了此次结构优化的可行性。

6. 结语

本文介绍了基于逆向工程与 3D 打印技术实现洗衣机创新设计的新方法。首先通过光学激光扫描仪采集洗衣机的初始点云信息,并利用相应软件对其进行点云数据处理与模型重构,获得该产品改进后的三维模型;然后利用 3D 打印技术快速输出实体模型并进行验证,根据验证反馈的结果对三维模型做进一步改进,如此反复直至满足目标要求,实现产品的设计创新。实践证明,该方法简化了设计流程,大大缩短了设计周期,降低了设计成本,在产品创新设计领域具有明显的优势以及应用前景。

参考文献 (References)

- [1] 成思源,等. 基于 Geomagic Studio 的快速曲面重建[J]. 现代制造工程, 2011(1): 8-12.
- [2] Varady, T., Facello, M.A. and Ter'ek, Z. (2007) Automatic Extraction of Surface Structures in Digital Shape Reconstruction. *Computer-Aided Design*, **39**, 379-388.
- [3] 谢英星, 张晓红. 基于 Geomagic Studio 和快速成型技术的产品设计[J]. 工具技术, 2015(6): 61-65.
- [4] 李涤尘, 田小永, 王永信, 等. 增材制造技术的发展[J]. 电加工与模具, 2012(1): 20-22.
- [5] 杜宇雷, 孙菲菲, 原光, 翟世先, 翟海平. 3D 打印材料的发展现状[J]. 徐州工程学院学报, 2014, 29(1): 20-24.
- [6] 王运赣. 快速成型技术[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1999.
- [7] 袁晓东. 基于逆向工程与 3D 打印技术的产品创新设计研究[J]. 机械设计, 2015, 32(10): 105-108.
- [8] 胡影峰. Geomagic Studio 软件在逆向工程后处理中的应用[J]. 制造业自动化, 2009, 31(9): 135-137.
- [9] 宋传斌, 张树生, 张博林. 基于 UG 平台的保护头盔外壳参数化逆向设计[J]. 现代制造工程, 2008(4): 62-65.
- [10] 刘军华, 成思源, 蒋伍, 等. 逆向工程中的参数化建模技术及应用[J]. 机械设计与制造, 2011(10): 82-84.
- [11] Scans, E.M. (1993) Three-Dimensional Printing Technique. US Patent: NO.5204055.
- [12] 刘厚才. 三维打印快速成型零件制作方向的优化研究[J]. 工程图学学报, 2009(3): 41-44.
- [13] 孙进, 朱兴龙, 闫大战, 陈晓波. 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, 44(8): 30-33.

再次投稿您将享受以下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>