

产品设计中逆向工程技术应用研究

孙文涛^{1,2}, 董斌³

(1. 天津理工大学, 天津 300384; 2. 同济大学, 上海 200331; 3. 河北工业大学, 天津 300401)

摘要: **目的** 运用逆向工程技术对工艺产品的造型与结构进行时效性的分析。**方法** 由三维扫描进行模型数字信息采集整理, 计算机辅助设计修复表面, 完成NURBS曲面, 重构模型实体, 生成准确模型数据, 通过三维打印输出模型文件。**结论** 工艺产品电子香薰机的成功开发, 主要采用逆向工程技术方法, 就其设计途径与程序, 对现代工艺产品创新设计具有良好的理论意义和应用价值。

关键词: 逆向工程; 产品设计; 数字化建模; UG辅助设计软件

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)12-0080-04

The Reverse Engineering Applied in Crafts Design

SUN Wen-tao^{1,2}, DONG Bin³

(1. Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China; 2. Tongji University, Shanghai 200331, China; 3. Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

ABSTRACT: Objective The purpose is to apply the technology of reverse engineering to study the models and structures of the crafts, and furthermore to focus on the time-efficient analysis of the crafts design. **Methods** It will be implemented through collecting and organizing model digital information by three-dimensional scanning, using computer aided design to fix the surface, accomplishing NURBS curve, and reconstructing the entities of the models, generating the accurate model data, outputting model files through three-dimensional printing. **Conclusion** It drew a conclusion that the accomplishment of electronic aromatherapy machine mainly relied on the technology of reverse engineering. The design approach and procedure is of great theoretical significance and applied value to the innovative design of the modern crafts.

KEY WORDS: reverse engineering; crafts design; digital modeling; UG aided design software

过去,传统工艺产品设计制作多以手工形式对原料或半成品进行加工而成;现代,工艺产品开发采用计算机辅助设计,并用机械自动化方式加工成品。当下,随着数字化技术不断发展,以往工艺产品设计所用的计算机辅助正向开发设计模式已经有局限性,而逆向工程技术应用可以大量缩短现代工艺产品设计研发周期,提高企业产品开发效率,提升产品的市场

竞争力^[1]。

1 逆向工程技术应用与意义

逆向工程也称反求工程或反向工程,是根据已经存在的产品原型或产品设计模型,在此基础上通过三维扫描测量获取数据,运用计算机辅助设计软件处理

收稿日期: 2014-01-26

作者简介: 天津市艺术科学研究规划项目资助(D12007); 教育部人文社会科学研究项目资助(BYJC760071)

通讯作者: 孙文涛(1977—),男,天津人,天津理工大学副教授,主要研究方向为产品设计与逆向工程。

建模数据,再对实体模型进行重构^[2]。最终生成准确模型数据,用于三维打印输出文件。逆向工程技术无论从产品原型或模型出发,直接获取三维数字模型,使用计算机辅助设计软件对其整体造型和零部件进行改良或二次开发,达到企业产品快速创新设计目标,成为产品制造业发展的新途径^[3]。

随着生活实用类工艺产品的不断发展,对工艺产品造型设计研发的要求逐步加快,逆向工程技术应用可以快速适应工艺产品设计的需求^[4]。基于UG软件辅助设计的运用,对三维点云数据处理、工艺产品造型曲面特征提取、产品标准构件曲面模型建立与光顺,再经过重构生成工艺产品的数字模型。对上述的关键模式进行分析和研究,总结出一套简洁、高效的理论与实践方法,适用于工艺产品创新开发的操作使用,文章围绕电子香薰机设计实例展开说明。

2 设计实例说明

依据企业设计要求,选择现有的电子香薰机作为基础,原有电子发热器、照明部件和内部机构保留,针对该产品外观造型进行创新设计。基于上述要求,提出设计方案:(1)保留原产品主机部分,对其产品底座的造型做轻度改良;(2)对原产品整体模型分3个部分设计“顶部、机身、底座”; (3)机身作为一套独立标准构件进行创新设计。新电子香薰机由上至下为喷雾盖、机身标准构件、主机、底座,其机身作为独立标准构件被开发出2种不同款式的造型,但在构件上下接口设计上都是一致的,与产品上部的喷雾盖和下部的底座均可统一连接,便于产品的装配与拆卸。新旧产品外观造型与装配形式对比,见图1。



图1 新旧产品外观造型与装配形式对比

Fig.1 The comparison of appearance modeling and assembly ways of new and old products

2.1 非触摸式三维扫描

此次扫描采用非触摸式三维扫描仪3DSS获取产品模型数据。在扫描前,进行该产品模型喷涂显像剂,使三维扫描仪充分识别模型外观曲面变化特征^[5]。待显像剂干后,可贴扫描捕捉使用的固定点(黑色小方块),依据产品造型面的起伏层次,考虑粘贴固定点的数量与位置,便于扫描仪识别固定点,通过固定点准确扫描出三维点云文件。专业扫描员按照预先准备的移位扫描程序,准确操作扫描仪完成工作。扫描文件要求公差不大于0.01 mm,否则扫描文件在三维数据构建中会出现误差。扫描后的文件需专业修复才能生成可用的三维点云文件,再转换成UG软件可识别的stl文件,用于后期计算机辅助设计的使用。

2.2 采集数据处理技术解析

在对香薰机的扫描采集,使用非触摸式测量方式,主要突出问题是模型边缘转折面出现断点;并且由于工艺产品仿生形态复杂的曲面变化特点,造成数据存在许多扫描噪点;以及原有工艺产品的造型构件过于重复排列,导致加大扫描测量的工作量,因此针对工艺产品数据采集突出问题,采取相应的解决方法剔除坏点、平滑滤波、分割数据进行独立建模。

2.2.1 去噪方法

针对电子香薰机外观造型的点云数据进行去噪工作,提出一套相对应的处理数据噪点(误差点)的有效方法。方法首先是:对照被扫描产品模型的六视图,通过图形系统直接观察形体面上偏差较大的点和图形显示的孤点给予删除,对工艺产品模型整体数据采取初步清除明显噪点。这样,可以降低香薰机模型数据重构的误差,保证后期建模质量。然后,进一步针对香薰机仿生形态曲面中存在局部误差点,采取标准化光顺滤波方式。这种标准化滤波形式是一种清除局部曲面噪点的有效手段,主要在数据中以一定区域内的权函数作为标准化滤波分布标准条件^[6];因为该滤波的平均值效果较小,所以会最大程度缩小扫描数据和原模型的误差,也使得扫描数据曲面造型更光滑美观。数据标准化滤波去噪见图2,蓝色直线连接点代表原始点云呈现出粗糙不平滑效果,经过标准化滤波后的点云呈现出流畅舒缓效果,红色虚线及连接点代表标准化滤波调整点云线段,而绿色直线及连接

点为平滑后的点云。此套去噪方法可有效确保扫描数据的造型准确性和形态美观性,见图3。

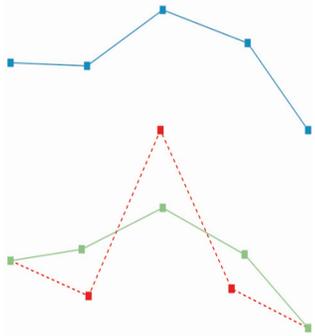
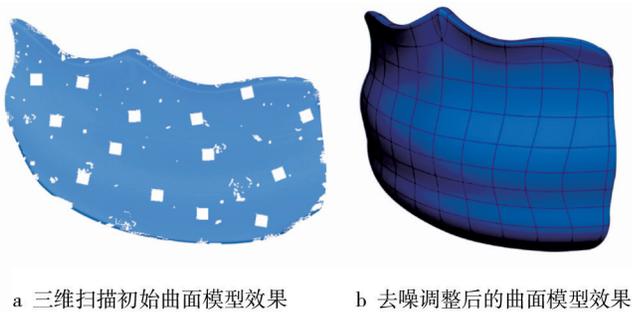


图2 数据标准化滤波去噪

Fig.2 Data standardization of the filtering de-noising



a 三维扫描初始曲面模型效果 b 去噪调整后的曲面模型效果

图3 扫描初始模型与去噪调整后的曲面模型对比

Fig.3 The comparison of the surface models before and after being de-noised

2.2.2 分割与调整曲面

原香薰机的机身由4个相同仿生花瓣造型曲面构成整体机身造型,通过数据测量获得测量点云数据又被分为4个相同曲面,再进行单块数据处理,这是由于机身造型改良设计做出的分割NURBS曲面方案,可降低后期数据修改与模型重构工作量。将分割后单块数据作为一个标准构件进行再设计制作,便于后期使用建模环形阵列组合法,将4个独立标准构件组成一个新的机身造型实体。被分割后的单块数据需要精心调整,首先使用NURBS曲线建立关键点形成完整的造型曲面线,用来提取分割面的平面轮廓线^[7],再用提取后的轮廓曲线经过样条线的功能编辑,包括混合、放样和拉伸等特殊编辑,最终形成产品模型曲面的造型数据,见图4。

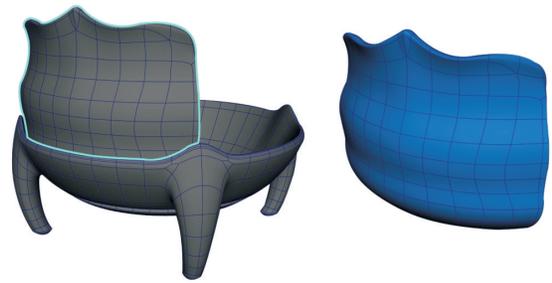


图4 原香薰机的机身数据被分割后的单块数据

Fig.4 Single piece of data divided from the original data of the aromatherapy machine

2.2.3 独立标准构件重构

完成后的独立标准构件曲面,通过UG软件使用的增厚功能重构实体模型^[8]。针对香薰机的标准构件模型还要进行布尔运算、倒角和光滑组合功能编辑,形成最终的标准构件实体造型数据,将该数据文件转换为stl格式文件置入UG辅助设计软件中,待后期模型的改良使用。模型数据的改良设计包括标准构件造型仿生美化和构件装配结构形式优化,机身的独立构造型以中式荷花装饰形式为基础,利用UG软件中结构样条线编辑独立标准构件的轮廓边缘线与中心处的工艺槽,调整样条线编辑节点达到预设的荷花花瓣形态,再进行边缘和工艺槽厚度挤压完成;在其模型的壁厚上铺设编辑线进行后期的倒角光滑制作,形成最终的仿生形态标准构件;运用实体建模方法制作标准构件上的旋转式卡扣,使其构件整体完成,卡扣模型比较简单无需模型扫描,可以使用UG软件直接建模。产品底座的3个底足模型也无需模型扫描,直接使用UG软件进行建模。原有香薰机的机身数据被分割后的独立构件数据和底座模型数据重构及优化的示意,见图5。

2.3 实体造型改良设计

标准构件模型是此次实体模型造型改良设计的重点^[9]。在建立模型方面,独立的标准构件重构完成后,通过UG软件使用正求设计方法,利用循环阵列功能将单体构件按照360°环形阵列组成一个机身模型,在经过UG软件的布尔运算合并功能形成完整的机身单体模型。在模型装配上,将机身模型上下两端进行改良,在其上下两端处使用UG软件的焊接与合并功能,为其添加旋转式卡扣组件,可使机身与香薰



图5 原有香薰机的机身数据被分割后的独立构件数据和底座模型数据

Fig.5 Independent components data and base model data divided from the original data of the aromatherapy machine

机顶部的喷雾盖连接成一体,也可与香薰机底部的电子底座连接成一体,便于装配和拆卸。电子香薰机整体装配与效果,见图6。其次,在模型改良上,香薰机喷雾盖和电子底座的模型数据都在相应装配连接位置上,使用UG软件的布尔运算功能为其添置旋转式卡扣组件,旋转式卡扣可以直接在旋转运动中插入式连接香薰机的喷雾盖、机身和底座,使其装配拆卸更加简便,也利于产品的清洁保养。在产品形态造型上,标准构件可以采用几何形态、仿生形态、工艺形态等表现手法改良造型,再利用UG软件的循环阵列功能将不同造型的单体构件按照环形阵列组成不同款式的机身模型,但是多款机身的上下两端卡扣组件模型数据是统一不变的,便于上下连接喷雾盖与底座。在机身的标准构件上进行造型设计改良,但不会影响上下两端的连接卡扣,这样,可以降低香薰机设计开



图6 电子香薰机整体装配与效果

Fig.6 The assembly effect of the electric aromatherapy machine

发成本,增加产品的造型款式变化,见图7。对于喷雾盖与底座的长期使用,却不影响产品造型的更新,降低产品生产制作成本,缩短产品的开发周期。

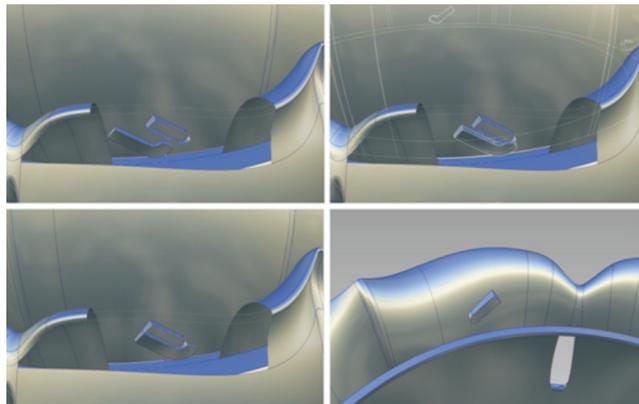


图7 机身与顶部喷雾盖的旋转式卡扣连接
Fig.7 Revolvable clip-on joint embedded on the machine's top spray lid

3 结语

运用逆向工程技术对于工艺产品的改良或再开发设计具有高效的便捷性和操作性。解决以往工艺产品设计采用传统手工艺模型制作与现代计算机辅助设计的脱节,可以有效利用逆向工程技术对手工模型样机进行三维扫描获取模型数据,再通过计算机辅助设计软件UG对模型数据进行再设计与再加工,完善后的模型数据可以直接输出制作模具和投入生产^[10]。改变工艺产品传统设计模式,建立一套简洁、高效适用于工艺产品创新开发的策略理论和实践方法。工艺产品“电子香薰机”的成功开发,主要采用逆向工程技术方法,就其设计途径与程序,对现代工艺产品创新设计具有良好的理论意义和应用价值。

参考文献:

- [1] 刘溪涓,刘镛时.数字化设计制造应用技术基础[M].北京:机械工业出版社,2009.
LIU Xi-juan, LIU Di-shi. Digital Design and Manufacture of Application Technology Foundation[M]. Beijing: China Machine Press, 2009.
- [2] 张淑芳,曹巨江.基于逆向反求方法的儿童车逆向设计研究[J].包装工程,2012,33(6):49—52.

(下转第91页)

参考文献:

- [1] 原研哉.设计中的设计[M].桂林:广西师范大学出版社, 2010.
KENYA H.Design of Design[M].Guilin: Guangxi Normal University Press, 2010.
- [2] 张志伟, 欧阳谦.西方哲学智慧[M].北京:中国人民大学出版社, 2000.
ZHANG Zhi-wei, OUYANG Qian.Western Philosophical Wisdom[M].Beijing: Renmin University of China Press, 2000.
- [3] 陈楠.设计思维与方法[M].武汉:湖北美术出版社, 2009.
CHEN Nan.Design Thinking and Methods[M].Wuhan: Hubei Fine Arts Publishing House, 2009.
- [4] 田中一光.设计的觉醒[M].朱锴, 译.桂林:广西师范大学出版社, 2009.
TANAKA L.Design Awakening[M].ZHU E, Translate.Guilin: Guangxi Normal University Press, 2009.
- [5] 科耐尔·塞拉.西方美术风格演变史[M].杭州:中国美术学院出版社, 1992.
CONNELL S.History of Western Art Style[M].Hangzhou: China Academy of Fine Arts Publishing House, 1992.
- [6] 鲍桑葵.美学史[M].张今, 译.北京:中国人民大学出版社, 2010.
BAO Sang-kui.Aesthetic History[M].ZHANG Jin, Translate. Beijing: Renmin University of China Press, 2010.
- [7] 薛艳平.非主流动画[M].北京:中国传媒大学出版社, 2007.
XUE Yan-ping.The Non-mainstream Animation[M].Beijing: Communication University of China Press, 2007.
- [8] 范珺.浅析非主流文化对中国设计的影响[J].数位时尚(新视觉艺术), 2010(1): 87—88.
FAN Jun. Analysis of Effect of Non-mainstream Culture on China Design[J].Digital Fashion(New Visual Arts), 2010(1): 87—88.
- [9] 诸葛铠.艺术设计学十讲[M].济南:山东美术出版社, 2009.
ZHUGE Kai.Art and Design Ten Talk[M].Jinan: Shandong Fine Arts Publishing House, 2009.
- [10] 王兴伟.浅析当今“非主流”现象的服饰文化特征及审美取向[J].文化艺术研究, 2009(3): 42—44.
WANG Xing-wei.Clothing Culture Characteristics of Today's "Non-mainstream" Phenomenon and the Aesthetic Orientation [J].Culture and Art Research, 2009(3): 42—44.
- ~~~~~
- (上接第83页)
- ZHANG Shu-fang, CAO Ju-jiang.Design on Children Car Based on Reverse Engineering Technology[J].Packaging Engineering, 2012, 33(6): 49—52.
- [3] 张荣强, 王洁婷, 石贵岭.中国古典家具逆向工程建模方法解析[J].机械设计, 2013, 30(6): 108—110.
ZHANG Rong-qiang, WANG Jie-ting, SHI Gui-ling.Analysis of the Modeling of Reverse Engineering for Chinese Antique Furniture[J].Journal of Machine Design, 2013, 30(6): 108—110.
- [4] 曲延瑞, 佳瓦德.基于系统设计的产品机能结构要素探究[J].包装工程, 2012, 33(24): 78—81.
QU Yan-rui, MOUSAVI Javad.Research on System Design Based on Product Functions and Structure Elements[J].Packaging Engineering, 2012, 33(6): 78—81.
- [5] 叶德辉.基于逆向工程技术的改良性产品设计[J].制造业自动化, 2011, 24(12): 128—130.
YE De-hui.Evolutionary Design Based on Reverse Engineering Technology[J].Manufacturing Automation, 2011, 24(12): 128—130.
- [6] 魏加兴, 杨晓清.基于CAD/CAM的复杂曲面产品设计[J].包装工程, 2011, 32(22): 35—38.
WEI Jia-xing, YANG Xiao-qing.Complicated Curved Surfaces Product Design Based on CAD/CAM[J].Packaging Engineering, 2012, 33(6): 35—38.
- [7] 向威.混合方法研究在设计研究中的运用[J].装饰, 2012(12): 121—122.
XANG Wei.Practice of Mix Method Research in Design Studise [J].Zhuangshi, 2012(12): 121—122.
- [8] 董荪, 钱响.虚拟装配技术在家具设计中的应用研究[J].装饰, 2012(10): 121—123.
DONG Sun, QIAN Yun.Application of Virtual Assembly to Designing a Furniture[J].Zhuangshi, 2012(10): 121—123.
- [9] 李琳, 薛艳敏, 张磊.机构置换设计方法研究[J].包装工程, 2010, 31(20): 7—10.
LI Lin, XUE Yan-min, ZHANG Lei.Research on the Method of Mechanism Substitution Design[J].Packaging Engineering, 2010, 31(20): 7—10.
- [10] 杨艳红, 钟相强.工业设计中产品的逆向设计方法研究[J].机械设计, 2013, 30(10): 102—105.
YANG Yan-hong, ZHONG Xiang-qiang.Study on Reverse Design Method of Industrial Design Product[J].Machine Design, 2013, 30(10): 102—105.