

《设计》杂志

设计战“疫”——“设计赋能公共卫生”方案征集

《设计》创刊于 1988 年，由中国科学技术协会主管，中国工业设计协会主办的国家级（首批）学术期刊。

国内邮发代号：80-636
国内统一连续出版物号：CN 11-5127/TB
国际标准连续出版物号：ISSN 1003-0069

(2019 版) 复合影响因子：1.047 (2019 版) 综合影响因子：0.856 (2019 版) 人文社科影响因子：0.779
以上影响因子均是 68 本艺术类期刊影响因子**排名第 1 名**（来源：中国知网·中国学术期刊影响因子年报）

与主题相关的优秀论文均可投稿

凡收入《设计》杂志的文章均已被中国知网（Q1 区）、《中国学术期刊网络出版总库》、CNKI 系列数据库、科学引文数据库（SCD）源期刊、中国学术期刊综合评价数据库、中文科技期刊数据库《中国核心期刊（遴选）数据库》、国家科技学术期刊开放平台、万方数据电子出版社入选期刊、龙源期刊网收录、维普网、博看网等收录，如作者不同意文章被收录，请在来稿时向本刊声明，本刊将做适当处理。

【栏目介绍】

与设计领域相关的论文、专家特稿、专案分析、设计教育、学研探索、学术交流、理论研究等。

【稿件要求】

论文格式：Word 文档，图片单独提供。（详细格式见下面，来稿文件请命名为：姓名 + 学校）

社址：北京市朝阳区东直门外大街 26 号
网址：www.designmag.cn
联系电话：牛老师 电话：010-65815864/6771
论文联系：QQ：1772066942；邮箱：1772066942@qq.com

附件参照

★ **正标题**：（不超过 15 个汉字为宜，建议避免出现“浅析”，“浅谈”字样）
副标题：（可无）

★ **英文正标题**：（可与中文题名一致）
英文副标题：（可无）

★ 学校 + 学院 姓名（姓名最好不超过 3 人）如是学生论文须导师确认并加上导师姓名

★ **摘要**：研究论文类文章摘要要求：按照结构式摘要撰写，摘要中包含：**目的**：……。 **方法**：……。 **结果**：……。 **结论**……。 （100-200 字为宜，采用第三人称叙述（避免“本人”、“本文”等，可用“文章”）且有自明性和独立性）

★ **关键词**：5-8 个为宜（不得少于 5 个）

★ **英文摘要**：Objective：……。 Method：……。 Results：……。 Conclusion：……。

★ **英文关键词**：

★ **中图分类号**：★ **文献标识码**：（请自行上网查询：<http://ztlh.jourser.com/default.html>）文章编号：（无需提供）

引言（开篇，导语，前言等）

★ **正文**：（7500 字符为宜，不得少于 4500 字符，）

一级标题：一，二，三……

二级标题：（一）（二）（三）……

三级标题：1.2.3……

四级标题：（1）（2）（3）……

结语（总结，结论等）

★ **基金项目**（如果没有可不填）

注释（可无）：注释，是对书籍和文章的语汇、内容、背景、引文作介绍、评论的文字。

参考文献：（建议参考文献中引用《设计》杂志三篇及多篇，详情请登录中国知网 <http://navi.cnki.net/KNavi/JournalDetail?pcode=CJFD&pykm=SJTY>）

★ **参考文献著录原则**：选择最主要的、近期（2 年）发表的相关文献，所引文献按在正文中出新的先后次序编号，不得少于 6 条，一般不超过 15 条，综述文章的参考文献可根据内容而定，尽量不要引用网络上的非国家指定的数据库信息。

各类出版物的注类格式如下（必须严格按照格式）：

1. 期刊：[编号]作者（多于 3 名时加“等”字）题名[J]. 刊名. 出版年，卷（期）：起讫页码。

如：[1] 柳冠中. 中国工业设计产业结构机制思考[J]. 设计. 2013.194（10）：158-163.

2. 专著：[编号]作者（多于 3 名时加“等”字）书名[M] 版本（第一版可省略）出版地：出版社，出版年：起讫页码。

如：[1]（美）唐纳德·A·诺曼. 小柯译. 设计心理学. 设计未来[M]. 北京：中信出版社，2015:58-59.

[2] 王受之. 世界现代设计史[M]. 北京：中国青年出版社 2015: 100-102.

3. 论文集：[编号]引文作者. 题名. 见（英文文献用 In）：编者. 论文集名[C]. 出版地：出版者，出版年：起讫页码。

4. 标准：[编号]起草责任者. 标准代号. 标准顺序号. 发布年份. 标准名称[S]. 出版地. 出版者. 出版年。

5. 专利：[编号]专利申请者. 题名[P]. 国别. 专利文献种类. 专利号. 出版日期。

6. 学位论文：作者. 题名[D]. 出版地：保存单位. 出版年：起讫页码。

7. 电子文献：责任者电子文献题名[电子文献及载体类型标识]. 电子文献网址. 年-月-日. 文献作者 3 名以内的全部列出；3 名以上则列出前 3 名，后加“等”（英文加“et al.”）。

参考文献类型，根据 GB3469-83《文献类型与文献载体代码》规定，以单字母方式标识：M 专著，C 论文集，N 报纸文章，J 期刊文章，D 学位论文，R 研究报告，S 标准，P 专利；对于专著，论文集的析出文献采用单字母“A”标识，其他未说明的文献类型，采用单字母“Z”标识。

注：文字 Word 格式，表格 Word 或 Excel 不要图片显示，图片要求 jpg 格式、单张 500K 以上单独打包。

★ 文末需提供：联系人、性别、单位、职称、电话、QQ、邮箱、邮寄地址。

★ 第一作者：张 某、性别、单位、职称、电话、QQ、邮箱、邮寄地址。

★ 第二作者：李 某、性别、单位、职称、电话、QQ、邮箱、邮寄地址。

★ 第三作者：陈 某、性别、单位、职称、电话、QQ、邮箱、邮寄地址。

请将论文通过电子邮件以附件形式发至如下地址：

design_office@yeah.net

shejizazhishe@sina.com

8. 来稿不退，文责自负（包括政治、学术等内容），请勿一稿多投。强化调研，严禁剽窃，不得抄袭，避免知识产权纠纷。

经《设计》杂志社审阅同意采用后，并请作者办理相关手续，即可发出稿件采用通知书。《设计》杂志社在刊物出版后，及时将杂志寄出，快递到付，论文排期以杂志社实际出版为准。

古典家具多曲面逆向设计方法研究

RESEARCH ON REVERSE DESIGN METHOD OF MULTICURVED SURFACES IN CLASSICAL FURNITURE

xxxx 学校 xxxx 学院 张 某 闫某某 (如是学生论文须导师确认并加上导师姓名)
xxxx 学校 xxxx 学院 李 某

摘要:

目的 为获取古典家具的全息尺寸数据,保存其完整的三维数据信息。

方法 分析了三维数据扫描、点云处理、曲面重构及参数化模型构建等逆向设计的关键技术与方法,总结了古典家具逆向设计的流程。以明式家具香几的逆向设计为例,采用 Geomagic Studio 软件对扫描得到的三维数据进行预处理和曲面重构,运用 SolidWorks 软件对其进行参数化设计。

结果 得到三维装配模型。

结论 该方法可为古典家具的全息数据保存及创新研发提供参考。

关键词: 古典家具 逆向设计 曲面重构 数据采集 CAD

中图分类号: TP391.9; TS664 文献标识码: A

文章编号: 1003-0069 (2018) 09-0044-02

Abstract:

Objective In order to get the holographic data dimensions of classical furniture and keep its complete three-dimensional data.

Method key technology and methods of reverse design such as three-dimensional data scan, processing of point-clouds, curve and surface reconstruction and parameterized model construction were analyzed, the reverse design process of classical furniture was concluded. Take Ming-style furniture incense burner table as an example, pretreating and reconstructing curves and surfaces to the three-dimensional data received from scanning using Geomagic Studio software and parametric designing.

Results it using Solidworks to obtain a three-dimensional assembly model.

Conclusion This method could be a reference for the holographic data preserve and innovative development of classical furniture.

Keywords: Classical furniture Reverse design Surface reconstruction Data collection CAD

引言

中国古典家具是智慧与传统文化高度发展的产物,其经典的样式、完美的结构、精良的工艺为现代家具的创新设计提供参考。然而,古典家具在长期的温度和湿度变化、光照及自然腐蚀下破损严重,引起国内外众多科研人员的广泛关注,并逐步加大保护力度。逆向工程是近年来古典家具数字化保护方面逐渐采用的一种技术。张荣强等 [1] 采用逆向工程技术对古典家具中的鼓墩进行了扫描,得到鼓墩的完整三维数据,并结合人机舒适性对传统鼓墩进行了改进设计,该案例的实施不仅有利于鼓墩的三维数据存储,也为古典家具的改进与创新提供了参考。李响等 [2] 从逆向工程的原理、特点及应用方法等角度分析了该技术在工业设计中的应用,并结合实例扫描过程,阐述了逆向工程技术操作过程中的注意事项。宫文峰等 [3] 分析了顺向工程建模与逆向工程建模的不同,并通过实例验证了逆向工程建模技术的可行性,证明了该技术已成为新一代产品开发的重要技术手段。文献 [4] 以儿童玩具的逆向建模为例进行了数据采集与模型重构,进一步验证了该方法有利于缩短产品开发的周期、提升产品的设计质量。袁晓东 [5] 通过对市场已有的普通办公座椅进行三维扫描,以座椅原型数据为基础,结合人机工程学理论以提升座椅的舒适性和安全性为目的,进行了座椅改进设计,设计出一款造型独特

的办公座椅。张悦等 [6] 采用 SolidWorks 软件, 对实木家具的结构装配原则与路径进行了合理的规划, 缩短了虚拟组件装配的所用时间。逆向工程技术的引进推动了古典家具领域的发展, 不仅保存了古典家具精妙绝伦的做工, 更完整、真实、准确地保存了其三维信息。基于目前市场上逆向工程技术的应用现状, 文中对古典家具的逆向设计特点进行了梳理, 归纳了逆向工程技术在古典家具中的应用流程, 并给出了逆向设计实例, 为古典家具的样品数字化保存、修复和新品研制提供参考。

一、逆向工程及应用概述

逆向工程最早于 20 世纪 80 年代在日本及美国兴起, 被广泛应用在各个领域。逆向工程技术又称反求工程, 是在已有实物模型的基础上进行三维扫描并重新构建模型的过程, 随着该技术的发展与成熟, 逆向工程技术被广泛应用在产品设计的开发与创新中 [7], 大大缩短了产品研发周期, 提升了产品质量, 提高了企业的市场竞争力。

国内引进逆向工程技术相对较晚, 但近年来, 该技术也在各类产品的逆向创新设计中不断应用。逆向工程技术的应用领域不仅涉及到儿童玩具、电子产品及办公座椅等领域, 在汽车制造的创新设计中应用更为成熟。

此外, 逆向工程技术也成为当今文物数据保护的重要手段 [8], 在古典家具数字化保护领域, 逆向设计技术发挥了重要作用, 是古典家具仿制与改进设计的重要手段, 在家具新品开发阶段起重要的辅助作用, 有效缩短了古典家具新品的设计周期, 是提升古典家具创新力的有效方法。逆向工程技术的基本操作步骤可概括为: 数据获取—数据处理—模型重构—模型改进—新产品, 每一步操作都具有一定的关联性和顺序性, 缺一不可。

二、逆向设计方法

(一) 实物三维扫描。实物样本模型的三维扫描是逆向工程建模的首要步骤, 分为模型贴点与模型扫描两部分。为获取模型的完整数据, 需在模型表面喷涂显像剂, 待显像剂干后即可在模型表面粘贴点, 以便扫描使用。模型贴点的质量对模型数据获取的完整性影响较大, 属于前期的关键步骤之一。由于古典家具造型复杂、雕刻精细, 对扫描的质量提出了较高的要求, 获取足够精细的三维数据, 对后期的数据修复与改进设计具有重要的意义。三维扫描目前主要有接触式测量和非接触式测量, 两种方式的扫描特性及优劣, 如表 1。

图 1 三维扫描测量方法优缺点对比

三维扫描测量方法	优点	缺点
接触式测量	通用性强, 精度高	速度慢, 效率低, 易划伤实物表面, 易受物面头, 易受温度
非接触式测量	速度快, 效率高, 不损伤实物表面	精度较低

表一 三维扫描测量方法优劣对比

扫描设备方面, 目前采用较多的是 3DSS 扫描仪器。根据扫描速度和精度的不同要求, 一般采用非接触式测量方法进行 [9]。图 1 是目前市场上应用较多的 3 款不同型号的三维模型扫描仪。



图 1 3 款不同型号的三维模型扫描仪

(二) 点云数据处理。经过扫描的文件可导入计算机中进行数据检验。

受实物模型贴点定位、实物原型质量及扫描测量环境的影响, 在进行计算机三维模型重构前需对扫描数据采用滤波算法进行去噪、平滑及对齐处理, 为后期的模型重构奠定基础, 这一点是建立高质量模型曲面的关键步骤 [10]。目前, 使用较多的逆向工程点云数据处理软件是 Geomagic Studio, 该软件能有效处理噪点多、且不平滑的点云数据, 具有简洁的操作界面, 不仅工作效率高, 兼容性也较强。Geomagic Studio 软件操作界面, 如图 2。

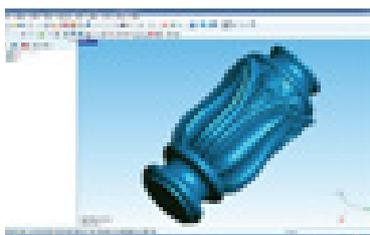


图 2 Geomagic Studio 软件操作界面

在点云数据精简与平滑处理过程中，容易使曲率变化较大的地方丢失数据，造成尖角和棱线处特征不明显。因此，复杂的曲面数据处理可采用分块处理的方法，可使处理的效果更加精细。进行精致去噪之后，噪点减少，表面呈现光滑效果。该过程简单但较为重要，影响到后期的曲面重建质量。中国古典家具做工精湛，雕刻细节较多，花纹部分起伏较多，这部分不仅对前期扫描要求高，在点云数据的处理中更需要精细处理。如噪点没有详细处理，会导致后期由于坏点的影响造成重构模型偏离原模型。

（三）曲面重构与参数化模型建立。在前期准备工作之后，即可采用三维建模软件 Pro/E，UG 或 Rhino 等进行模型重构。曲面的重构是在数据信息完整详细的情况下，根据点云数据进行的曲面光滑重构[11-12]。曲面重构主要有两种方法：

（1）根据点云形成多条曲线，由曲线进一步形成模型的基本形态；（2）在详细的点云数据下，根据 4 点原则直接形成模型的基本造型，是点云拟合的建模方法，两种方法可交叉使用，都是为了保证最终曲面的有效性和曲率的光滑。在构建好基础面的基础上，将面与面之间再构建过渡面，使相交两面的基础面之间的曲率光顺，该方法是 NURBS 曲面构建的核心，可有效保证模型曲面的高品质。

三、古典家具逆向设计

古典家具的制作工艺与典型造型是中华文化高度发展的产物，积淀了古代劳动人民的智慧。目前，国内对古典家具保护的方法一般是对收集和储存其二维尺寸数据及相关信息，缺乏三维参数化的信息保存。而逆向工程技术是一项针对古典家具仿制与改进设计的重要手段，在产品开发阶段起到一定的辅助作用，可有效地缩短家具产品的设计周期，也是加速提升古典家具再创新的有效方法。

（一）古典家具逆向设计流程。随着逆向工程技术的不断成熟，古典家具领域引进逆向工程技术已有所成效，促进了古典家具的快速发展，不仅起到了保护的作用，更进一步推动了古典家具的参数化存储与精细修复。此外，可建立古典家具的三维数据库，不仅有利于家具企业对设计文件进行查阅和管理，而且方便设计人员共享和调用设计文件[13]。由于古典家具的结构独特，连接方式多以榫卯结构为主，部件与部件之间可拆卸，且家具物件本身尺寸较大，在扫描过程中容易导致精确度降低，因此根据已有经验可将古典家具进行局部拆分以方便扫描，以部件为基础分别进行扫描，相同的部件可复制完成，最终整合而成完整的模型。分块扫描可有效节省模型重构周期，尤其是已老化的古典家具。最终经计算机软件的处理后，可得到较完整的模型。古典家具模型的重构为新产品的研发奠定了基础，基本完成的是设计的前期工作，相关的设计人员需结合创意点进行新产品再设计，逆向工程技术的应用缩短了新产品的开发周期，是当下古典家具设计研发的重要方法之一。古典家具逆向设计流程，如图 3。



图 3 古典家具逆向设计流程图

（二）古典家具逆向设计实例。以明式家具香几为例进行论述。香几外形小巧疏透、线条柔婉、曲面丰富，对其进行逆向设计有一定的复杂性。

1. 数据扫描与预处理。首先确定样件的放置位置，利用非接触式设备对样件进行数据扫描，扫描数据保存后，对样件数据进行处理，包括流型创建、多边形细化、三角形网格细分、多边形松弛等操作。此外，在曲面重建之前需要按照家具结构对模型数据进行必要的分割，将其拆解为所需的零件，对于扫描头无法扫描到的部位，采用填充孔的方法将残缺数据补全，对于边界曲线较粗糙的部分，采用松弛边界的命令使其变得平滑，如图 4。



图 4 扫描并预处理后得到的香几结构

2. 古典家具样件曲面重建。曲面重建工作仍需在逆向工程软件 Geomagic Studio 中进行，步骤如下：（1）构建轮廓线；（2）构造曲面片；（3）构建格栅；（4）对曲面进行拟合，如图 5。图 6 给出了香几腿部拟合的曲面。

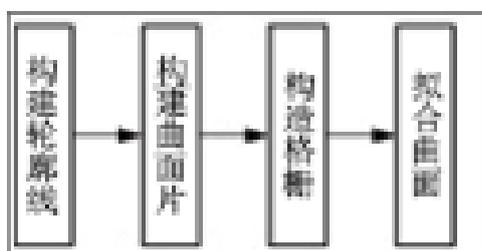


图 5 曲面重建的基本流



图 6 拟合后的香几腿部曲面图

3. 参数化设计。文中通过 SolidWorks 软件对香几进行参数化设计。首先对所有曲面进行封闭，剪裁掉多余的部分，然后缝合生成实体，在此基础上，为其添加卯榫结构，完成参数化建模。最后将所有零件按照香几的实际结构进行虚拟装配。图 7 是香几结构装配图。



图 7 香几结构装配图

4. 新产品研发。完成以上 3 步骤之后则需结合创新点进行产品再设计，香几的新产品开发要继承古典家具经典造型的基础上应从以下 3 点突破创新：（1）造型再设计；（2）结构再设计；（3）材料再创新。以上是逆向工程技术在香几案例中的应用，后期会在提出的造型、结构几材料 3 方面进行深入研究，推出相应的香几新产品。

结论

古典家具的保护方法随着科学技术的发展已上升到一个新的高度，逆向工程技术为古典家具的数字化保护提供了先进的方法，使得古典家具全息数据的永久保存和逼真的虚拟展示成为可能，具有较好的应用前景，近年来得到该领域研究人员的认可，也为设计人员从事古典家具的设计、修复、改进和新品开发提供了成熟的技术平台。大力加强逆向工程技术的应用，是古典家具领域可持续发展的重要工作。

基金项目：国家社会科学基金艺术学文化部项目（13DG40）

参考文献

- [1] 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 (2): 173-27.
- [2] 李响, 张海敏, 徐人平, 等. 逆向工程在工业设计中的应用 [J]. 轻工机械, 2010, 28 (1): 102-106.
- [3] 宫文峰, 黄美发. 逆向工程技术的应用与研究 [J]. 机械设计与制造, 2013 (1): 110-112.
- [4] 高攀. 基于 UG 的逆向工程在儿童玩具设计中的应用 [J]. 科学咨询: 科技·管理, 2017 (8): 47-48.
- [5] 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 (10): 105-108.
- [6] 张悦, 吴智慧. 实木家具装配模型的建立及信息提取 [J]. 家具, 2014, 35 (2): 12-18.
- [7] 胡萍, 干净. 产品设计中的逆向工程技术应用 [J]. 中国设备工程, 2017 (8): 140-141.
- [8] 周子栋. 逆向工程技术在汽车车身造型设计中的应用 [J]. 汽车科技, 2006, 44 (8): 20-21.
- [9] 张荣强. 逆向工程技术在古典家具保护方面的应用与研究 [J]. 机械设计, 2013, 30 (1): 105-107.
- [10] 金涛, 陈建良, 童水光. 逆向工程技术研究进展 [J]. 中国机械工程, 2002, 13 (16): 1430-1436.
- [11] 李文华. 中国古典家具逆向工程建模方法的研究 [J]. 轻工科技, 2014 (2): 93-93.
- [12] 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.
- [13] 林海, 吴剑锋. 基于数字化技术的中国古典家具研究 [J]. 家具与室内装饰, 2014 (1): 28-29.

作者简介:

联系人: 张某, 性别, 职位/职称 手机: xxxxxxxxxxxx、QQ: xxxxxxxxxxxx、E-mail: xxxxxxxx@qq.com

第一作者: 张某, 性别, 职位/职称 手机: xxxxxxxxxxxx、QQ: xxxxxxxxxxxx、E-mail: xxxxxxxx@qq.com

第二作者: 闫某, 性别, 职位/职称 手机: xxxxxxxxxxxx、QQ: xxxxxxxxxxxx、E-mail: xxxxxxxx@qq.com

第三作者: 李某, 性别, 职位/职称 手机: xxxxxxxxxxxx、QQ: xxxxxxxxxxxx、E-mail: xxxxxxxx@qq.com

联系地址: ——省 ——市 ——区 ——街道等具体地址 (邮寄快递样刊)

邮 编: xxxxxx

注:

文章以 Word 格式呈现, 文章中如有 Excel 表格, 请单独提供。文章中图片要求 jpg 格式、单张 500KB 以上放到图片文件夹。

打包文件包括 (论文 word 格式 + Excel 表格 + 图片文件夹) 图示如下:

如果没有 Excel 表格或者图片, 只需提供论文。

