# 广式古家具的逆向点云数据采集研究

杨道陵[1]，邢明[1]，毛红[2]
（1. 华南农业大学，广州 510642；2. 华南农业大学珠江学院，广州 510900）

**摘要：目的** 研究广式古家具，对典型古家具样品进行三维扫描，掌握处理原始点云数据的技术要领和现场扫描古家具三维模型的实际操作方法，为广式古家具的 Alias 参数化模型建构与虚拟现实应用研究奠定原始数据基础。**方法** 对广式古家具选择研究样品后进行设计调查，携带仪器设备对广式古家具进行现场扫描，获得其表面的点云数据，掌握点云数据处理与现场扫描的方法。**结论** 广式古家具的逆向点云数据采集研究以未来信息化建设为视角，侧重于技术过程实践和参数化模型建构方法研究，为广式古家具的数字化传承技术作出了有益示范。

**关键词：**广式古家具；点云；逆向工程
**中图分类号：**TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2016)16-0120-05

## The Collection Research of Cantonese Style Antique Furniture's Reverse Point Cloud Data

*YANG Dao-ling*[1], *XING Ming*[1], *MAO Hong*[2]
(1. South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Pearl River College, South China Agricultural University, Guangzhou 510900, China)

**ABSTRACT:** The purpose of study the cantonese style antique furniture and the 3D scanning of typical antique furniture is to grasp the precisely processes raw point cloud data scanning technology essentials and field practical method of three-dimensional model of antique furniture, and to lay a solid foundation for the construction of the Alias parametric model of the cantonese style antique furniture and the application of virtual reality. Through the design investigation of the cantonese style antique furniture, the author choose the research samples, and then carrying equipment for on-site scanning of cantonese style antique furniture, obtain the surface point cloud data, key is to grasp the point cloud data processing and field scanning methods. Therefore, the author concludes cantonese style research of the reverse point cloud data acquisition of furniture in the perspective of the future information construction, who focus on the process of technical practice, the methods of parameterized modeling, and to make a useful exploration for the digital transmission technology of the cantonese style antique furniture.

**KEY WORDS:** cantonese style antique furniture; point cloud; reverse engineering

广式古家具作为岭南文化的一个独特组成部分，其博大的文化、精深的技艺、独特的审美品位以及艺术的沉淀都彰显了其作为中华文化遗产的非凡价值，因此，需要人们去继承和发扬[1]。但随着时间的流逝，广式古典家具必然会经历产生、发展、变化甚至破坏和消亡的过程，如果不及时进行计算机实体模型建构和多维数字信息的完善与应用研究，必然导致此文化遗迹在未来社会中的丧失，这将不利于文化遗产的继承和发展，因此，通过对现存的典型广式古典家具进行三维数字扫描和计算机实体模型修复建构，形成实体数字化信息，不仅可以永远保留其数字信息元素，而且还能随时通过精密 CNC 数控机床进行实物制作成型，或通过高精度三维打印技术予以实现，永久地呈现并保留其生命。

“广式古家具的 Alias 参数化模型建构与虚拟现实应用研究”项目以未来信息化建设为视角，以典型

**收稿日期：**2016-04-09
**基金项目：**广东省哲学社会科学“十二五”规划项目（GD14DL17）
**作者简介：**杨道陵（1972—），男，湖南人，华南农业大学副教授，主要研究方向为产品设计及战略。

广式古家具为三维数字化目标，侧重于技术过程实践、参数化模型建构及修复和展示方法研究，为探索岭南文化中广式古家具的传承方式提供了借鉴[2]。

研究框架见图 1，研究内容的核心由 3 个部分构成，即广式古家具的点云数据采集方法研究（逆向工程前期）、广式古家具的 Alias 模型检测与数字化修复技术研究和广式古家具局部 Alias 数据的 CNC 实物原型验证及 VR 虚拟现实应用研究。这里只阐述整个研究项目的某一成果。

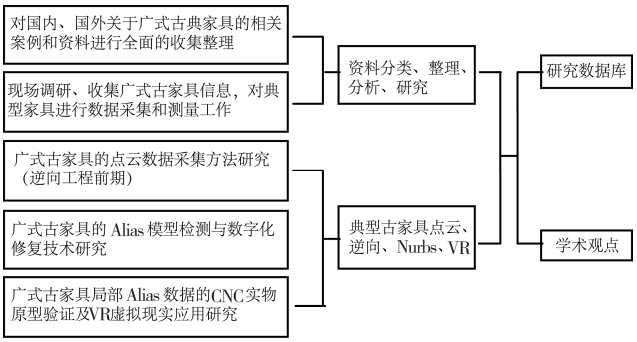



图 1　研究框架

Fig.1 The application of virtual reality

## 1　项目前期调研

### 1.1　项目考察

从历史来看，明末清初时期，由于大量传教士来华，客观上加强了东西方的文化交流，而广州地处贸易和交流的重要地带，西洋的巴洛克及洛可可式风格影响到了家具制作，广式家具于清代中期以后形成了自己的风格，其主要特点是大料充裕、形体繁复、深雕重刻、腿足仿生、异料镶嵌、中西合璧[3]。

广式古家具的前期调研见图 2，他们对曾经生产、销售、存在的相关地区进行了调查和研究，深入广州的文化保护单位考察古家具的相关资料及实物信息，见图 2a，深入佛山地区考察与古家具相关的木雕装饰，见图 2b，深入中山大涌考察古作家具的市场，见图 2c，深入潮州考察当地的木雕技术和工艺，见图 2d，花费了较多时间做了大量的前期调研和数据收集整理工作。

### 1.2　广式古家具的典型现状

在项目研究的三维数字化扫描阶段，项目组成员深入位于广州市中山七路的全国重点文物保护单位陈家祠进行了实地考察，得到了相关领导的帮助和专业支持，随后对其馆藏的部分广式古家具进行

a　b　c　d

图 2　广式古家具的前期调研

Fig.2 The preliminary investigation of cantonese style antique furniture

了详细研究。广式古家具的典型现状，见图 3，其中可以看到部分古家具的现实情况，比如漆面脱落、表面磨损严重，见图 3a，木材腐蚀、局部结构松动，见图 3b，座椅靠背背板脱落、用其他木板做临时补丁加固，见图 3c，木材局部开裂，见图 3d，局部损坏后用其他木材局部修补，见图 3e，表面损伤后用腻子进行填补、色差明显，见图 3f。从此款古家具背面的登记信息显示，工作人员曾经于 1988 年 12 月 31 日对其进行了资产登记，见图 3g，可以想象，随着时间的推移，各种各样的磨损和缺陷将会逐步增加，古家具实物最终将趋于自然消亡，因此，建构古家具三维数据信息的工作刻不容缓[4]。

a　b　c　d　e　f　g

图 3　广式古家具的典型现状

Fig.3 The typical current situation of the cantonese style antique furniture

## 2　典型广式古家具三维扫描及点云数据采集

广式古家具 Alias 参数化三维模型建构的基本流程为扫描古家具表面数据，即按照三维测量仪器和相关设备的操作要求进行工作，通过仪器的计算获取古家具表面的三维点云数据，配套的计算机软硬件分析和存储相关数据；对获得的点云数据进行有针对性的技术处理，去除扫描数据噪波、处理标志点特征、修补扫描数据缺陷等；Alias 三维模型建构与缺陷修复，使用Alias软件对扫描的三维曲面数据进行专业的检测和分析，研判和解读其曲面特征，比对古家具原始损坏处与 Alias 三维模型，对曲面数据的缺陷处严格按照 class A 级曲面的要求进行 nurbs 曲面重构；对重构的三维数据模型进行检测，对比分析其曲面特征，精确调

节曲面特征参数，完成 Alias 三维模型建构。这里只阐述整个研究过程的第一步和第二步[5—7]。

### 2.1 准备三维扫描仪器设备

项目组研究人员使用的是便携式三维扫描仪器系统，见图 4，主要由 3 个部分组成，分别是扫描头系统，其中包括双采集 CCD 照相镜头、光栅投影器、机架，见图 4b；标定板、三脚架、数据线缆，见图 4c；控制电脑和控制软件，见图 4d；此外差式多频相移三维光学扫描仪的基本原理，见图 4a。在对古家具进行测量时，光栅发生器将多幅多频的光栅投影到被扫描的家具上，形成一定夹角的两个高精度 CCD 照相镜头同步采集到相应光栅图像，随后，系统对光栅图像进行解码和相位计算，同时利用先进的立体匹配技术以及三角形测量原理，精确计算出两个 CCD 照相镜头公共视区内像素点的立体三维坐标，从而获取古家具表面密集的点云数据信息。

图 4 便携式三维扫描仪系统
Fig.4 Portable 3D scanner system

项目组研究人员从众多的古家具中挑选了一款典型的广式古家具进行三维数字化扫描，由于三维数字化扫描仪对于被扫描物体的环境光有一定的要求，其不能在过亮的室外阳光下进行扫描，应该在室内环境中扫描，但又不能开灯，因为交流电会使光源发生闪烁而影响扫描精度，所以与陈家祠领导沟通并得到允许后，研究人员携带移动式三维数字化扫描设备进入室内的古家具展区现场，研究人员按照规范进行工作：安装扫描仪和连接计算机、用系统编码标定板进行扫描头标定、调节光栅发生器的精确度、校准光栅发生器和 CCD 扫描镜头、进行无标志点扫描参数测试，为正式扫描做准备。

### 2.2 被扫描物的表面处理

三维扫描仪对于被扫描家具来说，应确保其不是透明材质、没有高强度的反光、没有黑色的锈蚀状表面，这几种情况都会导致三维扫描仪对立体数据的识别失真，如果遇到这几种情况，需要对家具表面进行喷涂哑光白色涂料处理。经过现场的扫描测试，所选择的古家具表面基本符合扫描条件，虽然不需做表面处理，但是要对被扫描家具的表面进行清洁，以防止由灰尘或铁屑带来的测量数据噪声、造成点云数据不佳。

### 2.3 标志点

三维扫描光栅发生器所发出的蓝光光栅是直线方向，被扫描物体被其照射到的部分将会被 CCD 扫描镜头捕捉，因为被扫描物体通常不是平面，而是立体形状，所以直线光照射不到的背光部分将不会被 CCD 扫描镜头捕捉。对于没有被照到的背光部分将采取变换扫描角度的办法进行三维数据补充扫描，由于被补充扫描的三维数据与前一部分已扫描数据存在一定的数据重合，因此要对其进行数据拼接，在数据拼接的过程中，如果模型上存在一些公共的标志点，用这些标志点为参照物，则可以把不同视角下测得的点云数据转换到同一个坐标系下，以准确地完成三维数据的对正和正确拼接。为了方便对于形状较为复杂的大型三维物体的三维数据扫描，对其表面进行的标志点粘贴定位有必要性，古家具表面标志点见图 5，项目组的研究人员正对被选择的典型广式古家具的表面进行标志点粘贴。

图 5 古家具表面标志点
Fig.5 Ancient furniture surface marks

标志点是用于坐标转换的定位使用，在古家具的表面进行标志粘贴应符合以下原则：（1）标志点应尽量粘贴于相对平缓的家具表面能够且粘贴稳固；（2）标志点的粘贴密度应根据具体的物体表面及光栅发生器的单幅扫描面积，适当确定距离，至少要保证单幅测量面有 3 个或以上；（3）标志点应尽量避免单一直线方向上规则粘贴，同时应尽可能地在高低错开的表面位置粘贴[8—9]。

### 2.4 三维扫描及点云数据采集

被扫描的广式古家具体积较大、形体繁琐、深雕重刻、凹凸镂空，点云数据采集的思路是先将被扫描的广式古家具放置在有效扫描范围之内，然后从某一角度对古家具进行表面数据的三维信息扫

描，由于扫描数据获取面积决定于光栅扫掠面与双 CCD 镜头摄取面的交集，因此每次扫描的点云数据是一个光栅图像，一件广式古家具的全部点云数据获取需要从多个角度进行扫描来得到多张光栅图像。古家具三维扫描及点云数据采集见图 6，可先按一定的方向来调整扫描光线与家具的角度，依照前→左→后→右的基本顺序逐渐转动角度进行数据扫描，然后再扫描上和下，对于特殊的需要翻转家具进行局部针对性扫描的，应保证每个扫描面和下一个过渡面之间至少有 3 个公共标志点。

图 6　古家具三维扫描及点云数据采集
Fig.6 Ancient furniture 3D scanning and point cloud data collection

在实际的数据扫描过程中，系统要求重合面重叠部分占单次扫描幅面的 30 % ~ 40 %，由于是人工逐次移动三维扫描仪的角度，因此有时候会出现小于此重叠部分面积要求的情况，达不到自动拼接目的，研究人员又要返回原角度重新补充扫描。扫描的角度和次数多，单单对此款广式古家具而言，为了获取其详细的三维点云资料就耗时了两天、扫描了 200 多个角度，点云数据获取过程见图 7，单个模型文件的原始点云数据量就达到了 28G，可以预见，后期进入 Alias 里处理输出的 iges 格式文件将会是海量的数据，但唯有这样，才能保证三维数据模型的原始精度，其应用与开发才会有可靠的基础和价值。

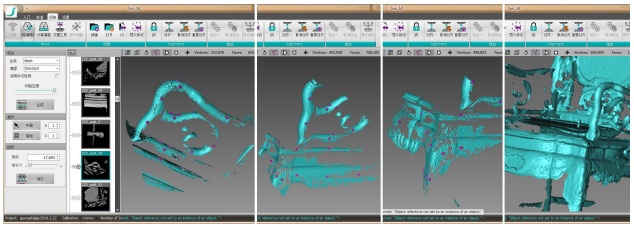
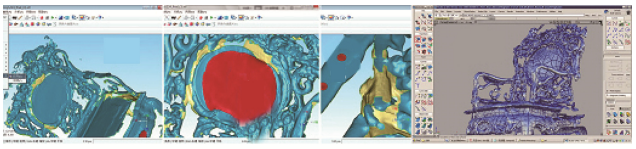


图 7　点云数据获取过程
Fig.7 Point cloud data processing

针对原始扫描过程中由于物体反射等因素形成的点云数据局部缺失、细节模糊、部分空洞、粘贴标记等等缺陷[10—11]，项目组研究人员使用 Geomagic 软件对扫描的三维点云数据进行了诊断和计算处理，点云数据处理见图 8。对点云数据进行的锁定边界条件下的曲率采样和曲面插值式填充孔的计算处理，见图 8a，点云数据进行局部降噪的计算处理，见图 8b，对瑕疵部分（如粘贴标志点处）的点云数据进行的去除特征的计算处理，见图 8c。对古家具的整体点云数据处理原则是使用软件的调节功能，在保证原始数据不损失的情况下，对不同情况采取有针对性地的计算策略，最后形成完整有效的三维点云数据模型。将诊断和修复完成的点云数据模型输出为 iges 格式文件，用 Alias Studio 软件成功接收由点云数据生成的 nurbs 曲面文件，见图 8d，至此，广式古家具的逆向点云数据采集工作已基本告一段落，而接下来的 Alias 曲面诊断、修建及后期的 CNC、VR 虚拟工作将逐步展开。



a　b　c　d

图 8　点云数据处理
Fig.8 Point cloud data edit

## 3　结语

“广式古家具的 Alias 参数化模型建构与虚拟现实应用研究”项目的第一阶段成果，即广式古家具的点云数据采集方法应用研究（逆向工程前期），该逆向点云数据采集研究以未来信息化建设为视角，侧重于技术过程实践、参数化模型建构方法研究，为广式古家具的数字化传承技术做出了有益的示范。

## 参考文献：

[1]　袁钟仁. 岭南文化[M]. 沈阳: 辽宁教育出版社, 1998.
YUAN Zhong-ren. Lingnan Culture[M]. Shenyang: Liaoning Education Press, 1998.

[2]　孙光瑞, 张亚池. 新中式家具情感化设计研究[J]. 家具与室内装饰, 2014(4): 11—13.
SUN Guang-rui, ZHANG Ya-chi. Study on New Chinese Furniture Emotional Design[J]. Furniture & Interior Design, 2014(4): 11—13.

[3]　田家青. 清代家具[M]. 香港: 三联书店有限公司, 1995.
TIAN Jia-qing. The Qing Furniture[M]. Hongkong: Joint Publishing Company Limited, 1995.

[4]　杨万秀, 钟卓安. 广州简史[M]. 广州: 广东人民出版社, 1996.
YANG Wan-xiu, ZHONG Zhuo-an. A Brief History of Guangzhou[M]. Guangzhou: Guangdong Republic Press, 1996.

[5] 金涛, 童水光. 逆向工程技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
JIN Tao, TONG Shui-guang. Reverse Engineering[M]. Beijing: China Machine Press, 2003.

[6] 陈志扬. 反求工程中的曲面重构技术[J]. 汽车工程, 2000, 22 (6): 365—369.
CHEN Zhi-yang. The Technology of Surface Reconstruction in Reverse Engineering[J]. Automobile Engineering, 2000, 22(6): 365—369.

[7] 张舜德, 朱东坡, 卢秉恒. 反求工程中三维几何形状测量及数据预处理[J]. 机电工程技术, 2001, 30(1): 7—10.
ZHANG Shun-de, ZHU Dong-po, LU Bing-heng. The Measurement and Data Pre-processing of 3D Geometry in Reverse Engineering[J]. Electrical Engineering Technology, 2001, 30 (1): 7—10.

[8] 王迪. 中国传统家具木作结构与工艺解析——圈椅[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(5): 207—213.
WANG Di. Traditional Chinese Furniture Wood Structure and Technology Analysis: Round-backed Armchair[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29(5): 207—213.

[9] 许美琪. 西方古典家具的历史脉络(上)[J]. 家具与室内装饰, 2016(2): 11—13.
XU Mei-qi. The Historical Vein of Western Classical Furniture(on)[J]. Furniture & Interior Design, 2016(2):11—13.

[10] 赵必厦. 多通道虚拟现实交互展示系统的研究与应用[D]. 广州: 广东工业大学, 2011.
ZHAO Bi-xia. Research and Application of Multi-Channel Virtual Reality Interactive Display System[D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2011.

[11] 蔡延林. 古家具断代与辨伪常用八大技巧解析[J]. 家具与室内装饰, 2014(9): 24—25.
CAI Yan-lin. Common Eight Technique Analysis of Ancient Furniture Dating and Discrimination[J]. Furniture & Interior Design, 2014(9): 24—25.