

· 计算机技术应用 ·

基于 ATOS 测量系统的快速原型制造技术的实验教学

付泽民^{1,2}, 李延平², 常 勇², 许志龙²

(1. 厦门大学 机电工程学院, 厦门 361005; 2. 集美大学 机械工程学院, 厦门 361021)

摘 要: 根据目前传统的机械设计与制造的实验教学现状, 提出了先进制造技术领域的反求工程 (RE) 和快速原型 (RP) 相结合的课程实验, 给出了实施方案。实践证明: 学生利用 ATOS 三维扫描仪、FDM 熔丝堆积成型机以及相关的 Surfacer、PRO/E 软件平台, 不仅能够很快地了解到产品快速开发技术的新理念, 而且学会了利用 RE 与 RP 相结合技术进行产品的快速复制实验的新方法、新工艺。

关键词: 反求工程; 快速原型; ATOS 测量; Surfacer

中图分类号: TP391.7 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-7167(2006)12-1520-04

Experimental Teaching of the Rapid Prototype Manufacturing Technology Based on ATOS Measuring System

FU Ze-min^{1,2}, LI Yan-ping², CHANG Yong², XU Zhi-long²

(1. Mechanical and Electrical Eng. Inst., Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. Mechanical Eng. Inst., Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Based on the present experimental teaching of the traditional mechanism design and manufacture, this paper put forward an implementation scheme using reverse engineering and rapid prototype manufacturing technology. The practice proved that, by using the hardware resource of ATOS and FDM as well as the software platform of Surfacer and Pro/E, student can not only apprehend the new concept of the quick product-developed technology but also learn the new technics and method of using RE and RP to experiment copying 3D model.

Key words: reverse engineering; rapid prototype; ATOS measure; Surfacer; experiment

1 引 言

随着计算机技术的飞速发展, 现代设计与制造技术发展了很大的变化。为了提高产品开发速度, 已经研究出许多先进的设计与制造技术, 例如三维 CAD、CAE、CAD/CAM 一体化、并行工程 (CE)、虚拟制造 (VM)、敏捷制造 (AM) 等。快速原型制造 (RPM) 和反求工程 (RE) 技术是先进制造技术的重要组成部分, 也是现代设计与制造技术领域研究和关注的热点。基于此, 反求工程与快速原型制造的课程教学已成为培养学生适应现代设计与制造工程领域实践能力的重要手

段。在该实验教学过程中, 我们利用 ATOS 三维扫描仪和 FDM 快速原型机, 以及 SURFACER、Pro/E 软件平台对鼠标实物模型进行测量、CAD 重构、实物快速原型复制。实践证明: 基于 ATOS 测量系统的快速原型技术的实验教学, 对于学生巩固反求与快速成型课程的理论知识, 掌握 ATOS、FDM、SURFACER、Pro/E 等软硬件资源使用功能, 促进学生的感性认识, 培养学生现代设计与制造技术应用能力和创新能力等方面起了积极的作用。

2 反求工程技术

2.1 数据采集技术——实物模型的数字化测量

这里介绍一种适用于反求工程中获取原始数据的新方法——ATOS 光学非接触式照相测量系统。

ATOS 是一种基于结构光学的测量系统, 它综合了光学三角化、条纹投影、相位移动等原理对实物样件做非接触测量。其测量速度快, 扫描分辨率高, 数据点密

收稿日期: 2006-07-31

基金项目: 厦门市重点产学研基金资助项目: 高档新型出水器快速制造新技术研发 (编号: 厦经技[2004]332)

作者简介: 付泽民 (1966 -), 江西九江人, 高级工程师, 硕士生。研究方向: 反求与快速原型制造技术、CAD/CAM、有限元分析、动力装置等。Tel: 13950049831; E-mail: wsmsuccess@163.com

集,目前精度可达 0.03mm,适于外部曲面复杂的零件模型的测量。

ATOS 扫描法的基本过程为:首先由光源(卤素灯)产生编码光栅,光栅投影到被测样件表面产生一系列图像,这些被测实体表面漫反射图像被 CCD 相机摄取,然后通过图像处理分析方法分析这些图像,计算被测样件表面点的空间位置。

ATOS 三角测量法硬件有投影光源,CCD 摄像头、图像采集卡相应的连接线与光源以及微型计算机组成,该系统采用两个参数完全相同的 CCD 摄像头对称放置,可减少测量盲区,提高测量精度。三角测量法利用基准面、像点、物距、像距等之间的关系,计算物体的 Z 坐标值,如图 1 所示。

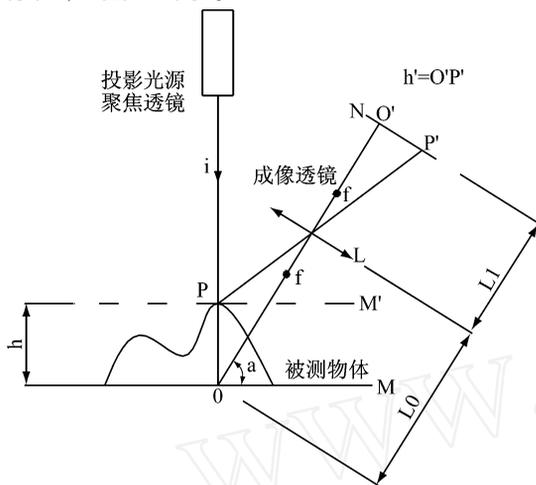


图 1 ATOS 测量光学原理示意图

在图 1, i 为入射光; L —成像透镜; N —成像屏; f —成像透镜的焦距; L_0 —成像透镜 L 的物距; L_i —成像透镜 L 的像距; O — L 光轴与入射光线 i 的交点; P —物面上的光点; P', O' 分别是 P, O 的像点; h —物面上光点相对于基准面 M 的高度; α —漫反射光入射角; M —目标平面; M' —参与平面。

由几何光学原理可得:

$$\frac{1}{L_0} + \frac{1}{L_i} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

$$\frac{h \cos \alpha}{h} = \frac{L_0 - h \sin \alpha}{L_i} \quad (2)$$

整理(2)式得:

$$h = \frac{L_0 h}{L_i \cos \alpha + h \sin \alpha} \quad (3)$$

式 3 中: L_0, L_i, α 是系统参数,都是固定值,这样可以由 h 计算出 h 的值。图 2 是实验时由该 ATOS 系统获取的鼠标表面的数据点云。

2.2 实物的三维 CAD 模型重构

该实验环节主要使用 SURFACER、Pro/E 软件平台。用 SURFACER 对 ATOS 扫描仪测量的点云数据进行预处理、拟合曲线、曲面。再以 VDA 格式传输至

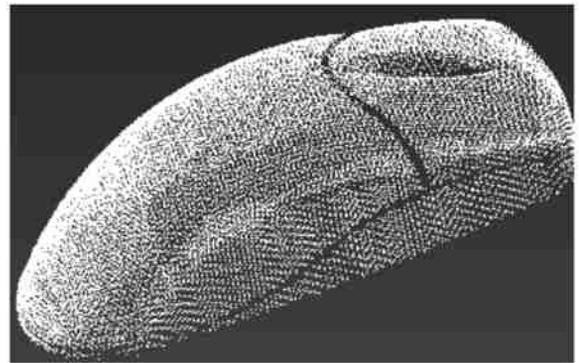


图 2 鼠标表面的数据点云图

Pro/E 进行三维特征造型,实现鼠标 CAD 模型重构。

2.2.1 点云预处理

从上图看出,测量采集的原始点云是非常庞大、无序散乱,且包含大量的冗余点和噪音点,需进行点云的预处理。点云的预处理是反求工程中的重要环节,包括以下几个方面工作。

- (1) 点云进行多边形网格化,建立起各点间拓扑关系。
- (2) 点云的对齐和多视拼合。
- (3) 点云光顺,剔除或修正点云中的噪音点。
- (4) 点云精简,剔除点云中冗余数据,减少点云规模,以减少后续曲面拟合的计算量。

2.2.2 曲线、曲面创建

SURFACER 是逆向工程最佳系统,是高阶自由曲面和检测最完整的软件平台。SURFACER 曲线创建过程包括 3 个步骤:

(1) 判断和决定生成哪种类型的曲线。曲线可以是精确通过点阵的(插值法)、也可以是很光顺的(捕捉点阵代表的曲线主要形状)、或介于两者之间。

(2) 创建曲线。根据需要创建曲线,可以改变控制点的数目来调整曲线。控制点增多则形状吻合度好,控制点减少则曲线较为光顺。

(3) 诊断和修改曲线。可以通过曲线的曲率来判断曲线的光顺性,可以检查曲线与点阵的吻合性,还可以改变曲线与其他曲线的连续性(连接、相切、曲率连续)。

SURFACER 曲面创建过程也包括 3 个步骤:

(1) 创建曲面。创建曲面的方法很多,可以用点阵直接生成曲面(Fit free form),可以用曲线通过蒙皮、扫掠、四个边界线等方法生成曲面,也可以结合点阵和曲线的信息来创建曲面。Surfacer 支持贝赛尔(Bezier)和非均匀有理 B 样条(NURBS)曲面两种方法。

(2) 诊断曲面。比较曲面与点阵的吻合程度,检查曲面的光顺性及与其它曲面的连续性等。

(3) 编辑曲面。可以对曲面进行动态的修改。例如可以让曲面与点阵对齐,可以调整曲面的控制点让曲面更光顺,或对曲面进行重构等处理。这些修改是

以交互方式进行的。

图3是实验时经SURFACER软件平台生成的鼠标曲面。

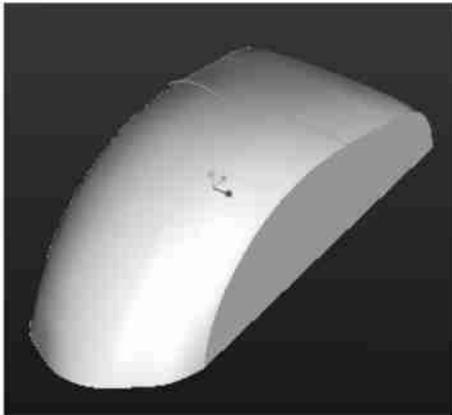


图3 鼠标曲面图

2.2.3 实体模型重构

Pro/E是以参数化设计为基础的CAD/CAE/CAM系统,是一个全方位的三维产品开发系统。经实验研究发现Pro/E对SURFACER生成的Vda数据格式有较好的兼容性,而SURFACER对Pro/E生成的IGS数据格式也具有较好的兼容性。在彼此数据传输的交互方式中,最终生成最佳的曲线、曲面、实体特征模型。图4是经Pro/E构建的鼠标模型



图4 鼠标模型图

3 快速原型制造(RPM)技术

该实验环节主要使用FDM(Fused Deposition Modeling)熔丝堆积成型技术完成鼠标的快速复制。

FDM成型的基本过程是采用丝状的热塑性材料作为成形物质,通过喷头加热器将热塑性材料加热成液态,并根据三维CAD模型的切片分层、支撑和喷吐路径参数控制热熔喷头沿模型分层扫描,同时挤压并控制液体流量,使半流动状态的材料流体均匀地喷吐在分层面上。并在指定的位置凝固、逐层沉积成形整个原型。

经实验研究发现FDM快速原型机对二进制的STL数据格式有很好的兼容性。而STL文件是通过测量数据优化处理间接法所获取。

所谓间接法,就是利用所测得的数据先重构还原成CAD模型,然后根据实际需要CAD模型进行修改、调整,转换成STL格式文件,或者对所采集的散乱数据进行三角剖分,得到STL格式文件,再输入快速成型系统,由系统所带切片软件对STL文件进行切片处理,获取切片层的轮廓曲线数据,从而制成原型复制件。其处理过程可描述如图5所示。



图5 间接数据处理法

在鼠标实体快速成型加工试验中,采用了间接法,在做切片分层时,发现有些切片数据存在缺陷,不能组成一个个互相独立的封闭数据环。根据实验结果,将其缺陷分为以下几类:

- (1) 间隙错误:在对实体模型网格化时,某些小的三角片丢失,造成间隙。
- (2) 孤立面错误:在网格模型本应为空的部分出现一个或多个三角片构成的孤立面,这将引起制造上的歧义。
- (3) 重叠面:切片层出现重叠的扫描线,即两条几乎相折叠在一起的实物截面外轮廓线造成两面所围成的体积为零。导致这一截面层没有材料堆积,对零件内部质量造成很大影响。
- (4) 相交错误:包括不同面片在空间内相交和自相交两种,这类问题肯定造成制造上的歧义。是比较严重的错误。

针对上述截面切片数据缺陷情况,不是简单孤立地修补缺陷,而是系统地研究成型过程中每层切片参数、外轮廓线形状、支撑结构、模型材料涂层参数之间相互关系;模拟喷涂路径,修改各有关参数量。基于此,采用近似构造截面外轮廓线方法弥合切片层诸多不足,修补因数据少、数据跳差过大而致的数据环开口缺陷,使每一切片层均为封闭环。在模拟喷涂时,调整每一切片分层的主参数值,避免涂层空洞、交叉、重叠。经实物成型实验论证,鼠标精度符合要求,实验达到预定目的。

4 结语

对基于ATOS测量系统的复杂曲面零件的CAD模型重构方法及快速成型技术的实验教学进行了较深入的研究。以鼠标的反求与快速原型为依托,探讨了反求与快速成型技术从理论到实践相结合的实验教学新

(下转第1535页)

数据库,对复杂的资源体系中各种类型的数据内容进行方便的数据录入、更新与删除等操作,同时不影响服务器上该系统的软件设计与数据组织。子系统分为 4 个模块:课件录入、课件修改、教案录入和教案修改。

(1) 录入模块。Notes 数据库的功能强大,可以录入复杂的数据,组成内容丰富的文档,例如在录入过程中,可以插入图片、对象、视频、文档链接、超级链接,同时可以导入各种格式的文件,如 WORD 文档,从而免去了直接在录入界面手工输入大量文本及图片的麻烦,实现快速方便简捷的录入过程^[5]。录入框图如图 3 所示。

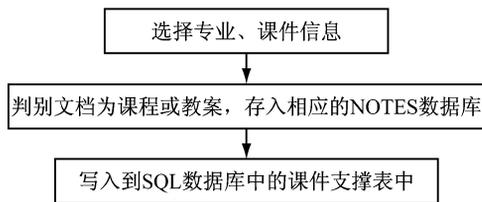


图 3 录入框图

(2) 修改模块。课件、教案修改是对已经存入数据库中的数据文档进行修改,它不影响该文档在数据库中的位置属性,诸如所属数据库、所在视图与文档 ID,因此,基本的设计思路是:在 SQL 组表中保存各级信息 ID 及该文档的文档 ID,找到该文档在数据库中的位置,然后以编辑模式打开该文档,进行编辑后按“提交”保存即可,这样前端文档的保存反映在后端文档的更新上,实现了数据内容的修改。

需要指出的是,当以编辑模式打开文档时,文档在默认情况下是以生成该文档之初的录入表单来显示的,而录入表单的“提交”实现的是复杂的写 Notes 同

时写 SQL 组表的过程,是生成新文档的过程。对于修改来讲,它有一定的冗余操作,于是采用了利用定制的显示表单的“提交”来实现保存文档。这个“提交”与生成文档时录入表单的“提交”是两个完全不同的功能,它只完成 Notes 文档的更新。

5 结 语

在解决网络教学课件制作的复杂性和通用性问题上提出了一个合理的解决方案,通过应用本系统,可以有效地组织文字、视频、图像、动画等课件素材,方便地添加、修改或删除课件。系统在课件的生成中,充分利用 Lotus Notes 的 RTF 域对富文本信息的支持及 Notes 文档可自动转换为 HTML 文件的优点,使课件的生成与管理可以较好地适应网络教学的需要,便于推广使用。

参考文献:

- [1] 金言,李鹏飞,张筱华. 网上大学与网上教育[M]. 北京:邮电大学出版社,2003. 139-159.
- [2] 李晓,张晓辉,李祥胜. SQL Server 2000 管理及应用系统开发[M]. 北京:人民邮电出版社,2002.
- [3] 王宏,胡宏涛,张万莉. Domino R5 Web 应用设计[M]. 北京:科学出版社,2000. 20-26.
- [4] 许龙非,李国和,马玉书. Web 数据库技术与应用[M]. 北京:科学出版社,2005. 81-85.
- [5] 杨小平,谢红,聂慧静. Lotus Domino/Notes 项目案例导航[M]. 北京:科学出版社,2002. 62-76.
- [6] 金林樵,唐军芳. SQL Server 数据库应用开发技术[M]. 北京:机械工业出版社,2005. 257-285.
- [7] 李莹岩,谢颖,邹秀霞. ASP+ 网络与数据库整合应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2001.

(上接第 1522 页)

方法,取得了一些满意的结论:

(1) ATOS 测量系统是复制复杂形状零件的非常有用的工具,与快速成型技术结合起来,采用适当的数据处理方式,将会在产品系列设计改型以及实物模型复制等方面有着良好的使用价值。

(2) 在实验教学过程中,注重体现学生的设计创新能力和实验操作能力。实验中 3 大模块:数据反求、CAD 重构及快速原型制造,只给出了框图,其具体的设计思路、实施方案、实验内容则要求自己完成。在点云处理、曲面重构、成型切片分层的调试过程中遇到困难尽量由学生根据理论所学知识自己解决。实验内容的安排遵循验证与设计相结合,注重技术集成、突出理念创新、实际应用的原则。

(3) 根据机械设计与制造发展的新形势,深化创新实验教学,把反求工程、ATOS、FDM、Surfacer、Pto/E 等技术集成应用到新产品的设计开发中,不仅缩短产品设计周期,满足用户需求多样化。而且顺应了

现代制造技术的发展趋势,具有广阔的开发和应用前景。

参考文献:

- [1] 付泽民,姚斌,王大镇,等. 复杂曲面零件的反求工程和快速原型制造技术[J]. 组合机床与自动化加工技术,2005(6):40-42.
- [2] Imageware Inc. Surface User's Guide 1997. [M]
- [3] FDM3000 快速原型机用户手册[M]. 美国 Stratasys 公司,2001.
- [4] ATOS 三维扫描系统用户手册[M]. 德国 Gm 公司,2002.
- [5] 程俊廷,张树林. 反求工程在快速成型中的应用[J]. 精密制造与自动化,2003. 1 20-23.
- [6] 刘斌,黄树槐. 快速成型技术中数据模型的自动诊断与修复[J]. 华中理工大学学报,1996. 24(9):61-63.
- [7] 林清安. Pro/Engineer 零件设计[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [8] 朱林泉,白培康,朱江. 快速成型与快速制造技术[M]. 北京:国防工业出版社,2003.
- [9] 李剑. 基于激光测量的自由曲面数字制造基础技术研究[D]. 浙江:浙江大学机械与能源工程学院,2001:24-26.
- [10] 李剑. 基于激光测量的自由曲面数字制造基础技术研究[D]. 杭州:浙江大学机械与能源工程学院,2001:30-32.