

文章编号: 1005-0523(2004)04-0113-03

利用三坐标测量“点云”的曲面反求设计

龚志远, 付 伟

(华东交通大学 机电工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:给出了基于坐标测量机测得的“点云”数据重新构造曲面的数字化算法. 在 Rhinoceros 环境下, 利用扫描“点云”重建了曲面模型, 阐述曲面光顺、延伸、拼接的技术要点, 给出了一个反求实例.

关键词:反求工程; 三坐标测量; NURBS 曲面; 建模

中图分类号: TB11

文献标识码: A

0 引言

实物反求是依据已经存在的实物原型来构造产品模型的过程. 传统设计过程是在市场调研的基础上, 根据功能和用途来设计产品, 得到图纸或 CAD 模型, 经检查后制造出产品来, 而反求工程是从一存在的零件或原型入手, 利用坐标机测量的庞大的三维点的数据集合(“点云”)进行数字化处理后, 构造 CAD 模型, CAD 模型经检查后, 输出图纸并制造产品. 在生产实践中, 经常遇到的问题是: 如何从实物上准确高效利用采集的复杂三维数据, 快速地转变成高质量的三维模型. 本文研究了曲面无缝集成、曲面光顺、曲面拼接方法, 基于 NURBS 的曲面重构技术是以数据筛减与曲面重建同步完成.

1 测量“点云”的数据处理

实际中, 由于被复制的零件形状比较复杂, 难以用常规手段精确和有效地复制零件. 因此, 在反求设计中, 必须使用计算机辅助测量、辅助设计等技术. 实体反求设计是一种低成本的逆向工程, 它依靠扫描技术获得的“点云”, 在计算机中修改和建

模, 生成 NC 程序, 使设备快速加工出实体零件.

数字化扫描技术是采用模拟式或激光扫描测头沿着模型的表面连续扫描, 把采集的数据存入计算机中形成“点云”文件. “点云”的获取可以采用扫描的方法, 利用测量机测出样品关键截面和边界的数据, 然后利用 CAD 系统的数据处理功能, 对测量的杂点进行删除或对点进行添加, 规整出反映零件实体的“点云”模型.

2 曲面拟合及重建方法

2.1 曲面拟合

曲面建模是计算机设计的难点, 零件曲面数字化处理后, 形成一系列的空间离散点, 要生成反映原形的曲面模型设计, 就是在这些离散点的基础上, 应用计算机辅助几何设计技术, 构造零件曲面的三维模型. 对于含有自由曲面的复杂面, 用一张曲面来拟合所有的数据点是不可行的. 首先要按照原形所具有的特征, 将测量数据点分割成不同的区域, 各个区域分别拟合成不同的曲面, 然后应用曲面求交或曲面间过渡的方法将不同的曲面连接起来构成一个体. 有效的三维测量数据分割和拟合技术是逆向工程中重要内容. 曲面拟合主要有三种方

收稿日期: 2004-05-27

作者简介: 龚志远(1966-), 男, 江西南昌人, 讲师, 华东交通大学机电工程学院, 机电教研室.

法:第一种是矩形域参数曲面拟合;第二种是函数曲面拟合;第三种是三角域 Bezier 曲面拟合.

2.2 曲面重建

逆向工程关键的难点技术是根据大规模散乱测点数据,重新构造具有复杂曲面外形产品的三维模型.从工程观点来评价曲面重构的重要指标是模型的精确性、光顺性、几何不变性及对大规模散乱数据的重构能力.在逆向工程中,曲面重建常用曲面模型有 Bezier、B 样条、NURBS,对应的曲面造型方案有:以 B 样条或 NURBS 曲面为基础的曲面造型方案;以三角 Bezier 曲面为基础的曲面构造方案^[1]. Bezier、B 样条、及 NURBS 曲面造型是采用矩形域参数曲面,共同特点在于它们都是用多边形网格逼近或控制曲面,其逼近程度与基函数的次数有关.由于 Bezier 曲面通过控制顶点,所以也广泛用于离散数据的曲面插值;B 样条曲面用于离散数据的曲面插值,则需要反求控制顶点,常用的是双三次 B 样条曲面.由于 Bezier、B 样条等都被统一到 NURBS (非均匀有理 B 样条)中来,并且 NURBS 不仅能表示自由曲面,还能表示球面等规则曲面,并为 CAD 提供了统一的数学描述方法,所以成为现代流行的造型方法.目前,通用化 CAD/CAM 软件系统基本上都可以采用矩形域 NURBS 曲面造型.

2.3 矩形域上 NURBS 曲面的数学模型

一由 $n+1$ 个控制顶点 $p_i (i=0, 1, \dots, n)$ 构成的 k 次 NURBS 曲线可以表示为一段有理多项式函数:

$$p(u) = \frac{\sum_{i=0}^n \omega_i P_i N_{i,k}(u)}{\sum_{i=0}^n \omega_i N_{i,k}(u)} = \sum_{i=0}^n P_i R_{i,k}(u)$$

其中: $\omega_i (i=0, 1, \dots, n)$ 为权因子,其影响区域为 $[u_i, u_{i,k+1}]$,影响程度如图 1 所示.

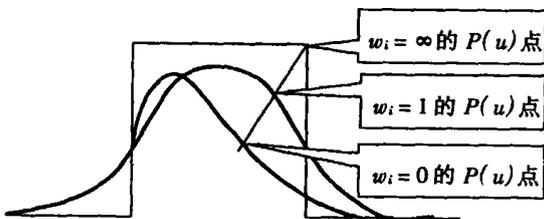


图 1 w_i 对 NURBS 曲线的影响

$N_{i,k}(u)$ 为由节点矢量决定的 k 次 B 样条基函数:

$$N_{i,k}(u) = \frac{u - u_i}{u_{i+k} - u_i} N_{i,k-1}(u) + \frac{u_{i+k+1} - u}{u_{i+k+1} - u_{i+1}}$$

$N_{i,k-1}(u)$ <https://www.cnki.net>

$R_{i,k}(u)$ 为 NURBS 曲线有理基函数:

$$R_{i,k}(u) = \frac{\omega_i N_{i,k}(u)}{\sum_{i=0}^n \omega_i N_{i,k}(u)}$$

在 NURBS 曲线的基础上,NURBS 曲面定义为:

$$P(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \omega_{ij} P_{ij} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v)}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \omega_{ij} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v)}$$

其中: $N_{i,k}$ 、 $N_{j,l}$ 分别为 k 次和 l 次样条基函数; ω_{ij} 为与控制顶点相关的权因子,所定义的这张曲面由 $(m-k+1)(n-l+1)$ 张小 NURBS 曲面组成^[2].

3 一个应用实例

Rhinoceros 是 NURBS 三维建模软件.在 Rhinoceros 环境下,可打开测量的 *.igs 点文件.图 3 为一产品被采集的分段测量的曲面“点云”.

3.1 “点云”规整

旋转“点云”图,保留扫描线上反映曲面外形的测量点,删除突出于曲面及扫描边界的杂点,为提高“点云”数据处理的效率,可适当选择性的全部删除具有共性的行扫描点或列扫描点,保留具有代表性的扫描点(起点、拐点、终点不可少).

3.2 NURBS 曲面重建

选中扫描路径上的一行扫描点,利用 Curve \rightarrow Line \rightarrow Polyline Through Points,建立通过这一行所有扫描点的多义线,重复以上工作,建立通过另一行所有扫描点的多义线,直到完成建立所有扫描行的多义线. NURBS 曲线的重建是在多义线建立的基础上拟合形成, NURBS 曲线不要求通过扫描行上的所有扫描点,可以通过调整 ω_i 实现曲线的光顺并对 NURBS 曲线重建.软件中,选中建立好的一条扫描点多义线,应用 Fillet \rightarrow Rebuild 操作后,输入好多义线中的扫描点数及权因子,重建出这一条扫描点的 NURBS 曲线.以此类推,可重建出所有扫描行上的 NURBS 曲线.如果扫描起点不是曲面的边界,可以采用 Extend 对曲线延伸. NURBS 曲面是在曲线基础上重建的,应用 Surface \rightarrow Loft 操作,在删除所有扫描点后,软件自动绘出曲面,如有必要,可利用 Surface Tools \rightarrow Extend 对曲面延伸,应用 Surface Tools \rightarrow Rebuild Surface 参照曲线的重建方法可进行 NURBS 曲面的重建.

3.3 NURBS 曲面拼接

两张分离曲面的合理拼接,不仅要求外加拼接的曲面与两张被拼接的重建曲面光顺连接,还要求

外加拼接曲面拐线处自然光顺,应用 Surface \rightarrow bend, 选择两张被拼接的重建曲面的拼接缘,利用两个标尺分别调整外加拼接曲面与重建曲面过渡处及拐线处的曲率,保证拼接曲面光顺自然.图3为曲面扫描“点云”规整后并重建的 NURBS 曲面模型.

采集方案要根据零件的造型方案来确定,以确保数据的准确性和针对性,其次,根据零件的工作要求对测量的结果进行分析和处理.如曲面的光顺度要求较高,但无装配要求的曲面,可通过调节权因子使曲面以光滑度为主,而不必一味地追求实物原型.

4 结 语

本文认为曲面反求技术的要点是:首先数据的

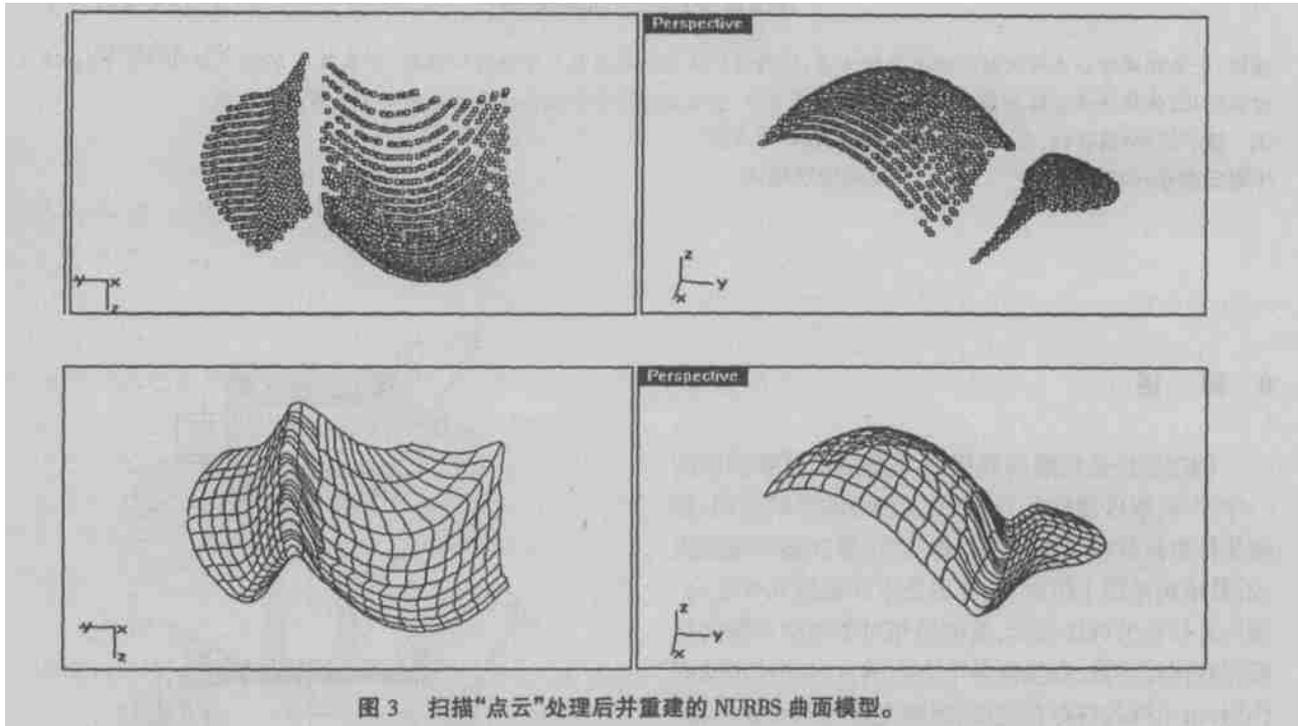


图3 扫描“点云”处理后并重建的 NURBS 曲面模型。

参考文献:

[1] 闫 华. 汽车覆盖件逆向工程中的若干关键技术探讨

[J]. 模具技术, 2001, (2): 4~7

[2] 王隆太. 机械 CAD/CAM 技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001

Design of the Surface with Points of 3—Coordinate Measurement by Reverse Solution

GONG Zhi-yuan, FU Wei

(School of Mechanical and Electrical Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang, 330013, China)

Abstract: Number arithmetic of new conformation free—form surface was presented basd on axis measurement 's points. In the Rhinoceros, by using scan points, technology points of velvet, free—form surface model was rebuild and extended and put together were expatiated, an example was gave.

Key words: reverse engineering; 3—coordinate measurement; NURBS surface; rebuild model