

文章编号 1004 924X(2002)06 0559 05

# 基于测量的自由曲面造型与虚拟表示系统的研究

陈锦昌, 梁利东, 刘桂雄, 张国栋  
(华南理工大学 机械工程学院, 广东 广州 510640)

摘要: 基于自由曲面的测量, 通过对测量获取的曲面数据, 应用 NURBS 造型方法对自由曲面进行造型。同时研究了应用 OpenGL 技术对自由曲面造型中的曲面模型进行虚拟图形表示, 开发了一个实用的自由曲面造型系统。该系统主要由曲面模拟模块、数据输入模块、交互修改模块、图形仿真模块及曲面点信息分析模块等组成, 讨论了应用于该系统的一些图形技术。

关键词: 自由曲面; 造型; 虚拟显示

中图分类号: TB237 文献标识码: A

## 1 引言

在自由曲面测量中所得的曲面数据, 应用曲面造型方法对被测曲面进行了造型设计<sup>[1]</sup>, 并应用计算机对其进行表示, 形象地描述该曲面, 这是在测量中希望实现的结果。本研究应用 NURBS 方法实现了曲面造型, 应用 OpenGL 技术<sup>[2]</sup>对曲面进行了虚拟表示, 较好地解决了在测量中曲面造型和虚拟表示这一问题。本文对该系统的建立进行了分析。

## 2 系统方案的设计

### 2.1 系统功能模块划分

在该系统中, 运用了面向对象程序设计方法将构造的 NURBS 曲面模型作为一个对象类模块, 这样就方便了图形模型的建立和处理。其各个功能模块的划分则有效地解决了生成图形模型的控制和操作, 主要功能模块如下:

(1) 曲面模拟功能模块 给定了测量数据, 系统分别运用了两种不同的方法即 NURBS 和 BEZIER 方法<sup>[3]</sup>对被测实体进行造型, 初步得到实体曲面的三维网格图形。

(2) 数据输入功能模块 曲面模型的生成来

源于测量的数据, 通常为被测曲面上的型值点。由于曲面的形状控制直接取决于其控制顶点, 那么控制顶点的变化直观地影响着曲面形状的改变。因此在系统中提供了两种数据输入的方式, 即型值点和控制顶点的输入, 用户可以根据需要来选择和比较。

(3) 交互修改功能模块 对于生成的图形元素, 系统提供了修改原始数据的方法。复杂形状的实体, 需要多个曲面片模型来描述, 那么输入的数据就需要更新和修改, 并将修改后新的数据值保存下来。测量的数据有时会出现偏差而造成拟合曲面的失真, 同样用户可以适当修改其原始的数据来达到更好的图形模拟效果<sup>[4]</sup>。

(4) 图形仿真功能模块 一般生成的曲面模型仅仅是一个网格曲面, 与实际被测物体的直观感有很大的差距, 从而难以对其精确性作出判断。本系统运用了 OpenGL 技术, 对网格曲面重新进行模拟, 将网格曲面填充为实体曲面并增加了图形比例控制、色彩分析、光照效果以及模拟材质处理, 使加强其真实可观性<sup>[5]</sup>。此外, 模型的动画效果可以使用户从不同的角度对模拟的曲面进行观察。

(5) 曲面点信息分析功能 分析生成曲面的性质可以弥补测量实体信息的不足, 对于下一步实体的加工工艺有着重要的意义。系统在构造曲

收稿日期: 2002-02-17; 修订日期: 2002-10-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目( NO. 69785010);

教育部光电技术及系统重点实验室开放基金项目资助(CETD00\_08)

面的同时也分析了曲面上点的各种特征,如测量点的主法矢,沿某一方向的切矢、曲率、挠率等。

### 2.2 系统的流程图和外部结构

系统的流程简单直观,流程图如图 1 所示。

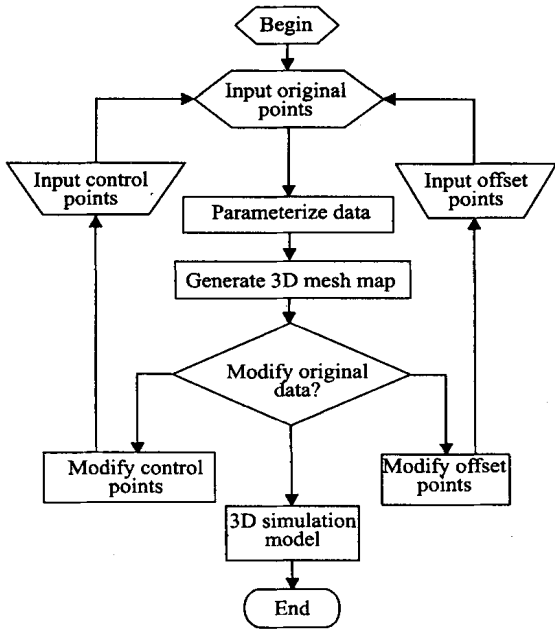


图 1 系统流程图

Fig. 1 Flow sheeting of the system.

系统的外部结构比较简单,主要包括数据输入/修改,曲面网格图形显示,曲面仿真效果图(包括光照效果,色彩效果以及动画效果),曲面性质分析等部分,如图 2 所示。

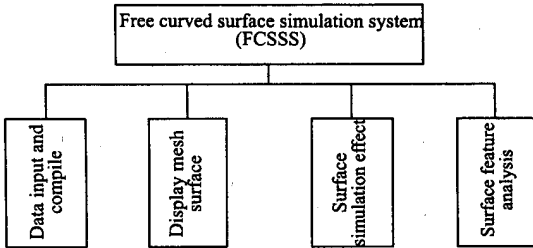


图 2 系统的外部结构图

Fig. 2 External structure of the system.

### 3 系统的界面设计及自由曲面虚拟表示的实现

系统的界面设计遵循直接性、一致性、反馈

性及容错性等界面设计原则,采用简易的菜单、输入输出对话框等友好、直观的交互界面,操作简单,主界面采用了流行的分割窗体格式,有利于数据输入和图形显示的同步操作。图 3 为表示曲面的系统界面。

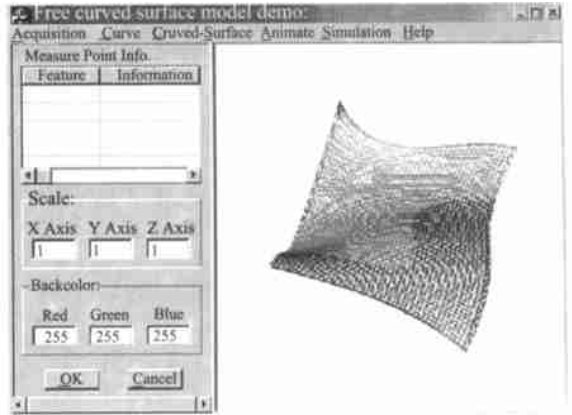


图 3 双三次曲面的三维网格界面

Fig. 3 Latticed figure of double cubic surface.

系统应用 OpenGL 技术对经过 NURBS 造型方法产生的自由曲面模型进行虚拟表示,使自由曲面模型的表示更具真实性和可观性。图 4 为应用 OpenGL 技术后得到的双三次曲面的仿真效果图。

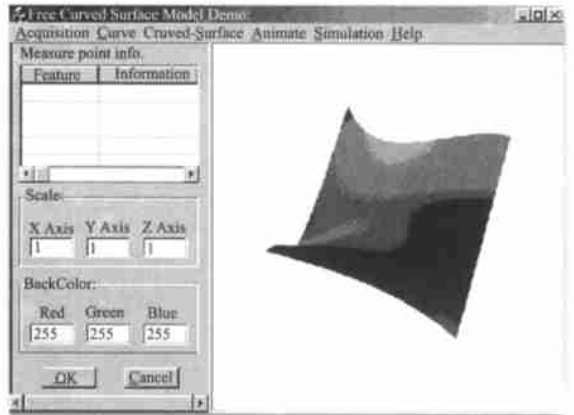


图 4 双三次曲面的仿真效果界面

Fig. 4 Simulated figure of double cubic surface.

### 4 系统对自由曲面信息的获取及光顺性判别

对于给定的一张曲面片,除了直观的认识之外,还需对曲面上的点进行分析以便进一步了解

曲面的特征。在本系统中,可以获得曲面在某一点的主法矢、曲率、挠率等曲面的信息,这对于被测量自由曲面的模型分析是很重要的,运用这些已知的信息就能够推算出更多的曲面特征,曲面分析界面如图 5 所示。

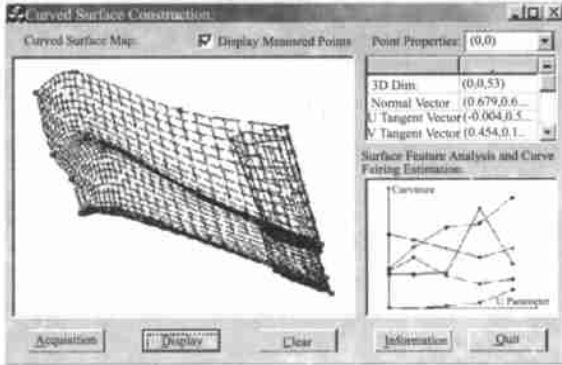


图 5 曲面分析界面

Fig. 5 Surface analysis showing.

### 5 系统中的一些图形处理技术

#### 5.1 自由曲面材质的处理

对曲面进行的网格图形的模拟显示显然不能反映其真实的效果,系统通过对曲面模型的材质处理可以增强三维物体的着色效果。在程序设计中,首先定义了曲面的材质属性,应用 OpenGL 技术,采用人机交互方式实现了曲面的材质处理(图 6)。

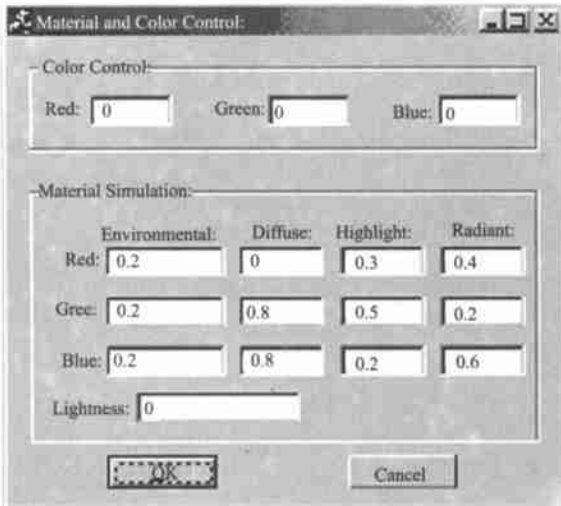


图 6 物体材质对话框

Fig. 6 Entity material dialog.

#### 5.2 自由曲面的光照处理

对于三维物体,没有光照处理,物体就失去了

深度,没有了立体感。物体在光照下呈现出的效果取决于物体对光的吸收、反射和透射等反作用。光照处理参数输入对话框如图 7 所示。不同的光源产生不同的效果,系统采用了聚光方式,它较点光源和无限光源更具有艺术表现力。

#### 5.3 自由曲面的缩放处理

图形的缩放从根本上说就是图形的几何变换。对于三维图形的几何变换,利用矩阵相乘的方法来控制图形沿 X、Y、Z 轴的移动量。在 OpenGL 程序设计中,首先运用 glLoadIdentity() 函数将图形模型矩阵初始化为一个 4 × 4 的单位矩阵。然后用函数 glScalef() 创建一个缩放矩阵,用它乘以当前的模型矩阵来实现其几何变换,同时得到新的模型矩阵。在图 3 的系统界面窗体中,可给出沿 X、Y、和 Z 轴方向的输入,图 8 为不同比例缩放的曲面图形。

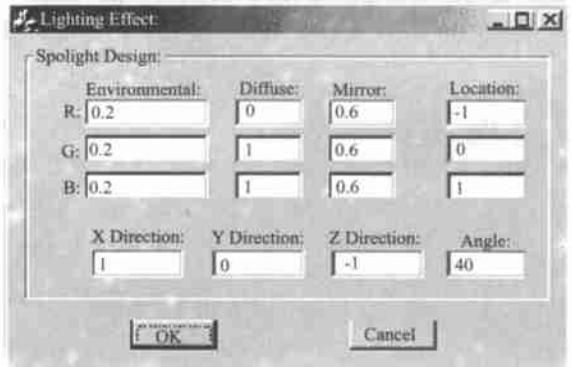
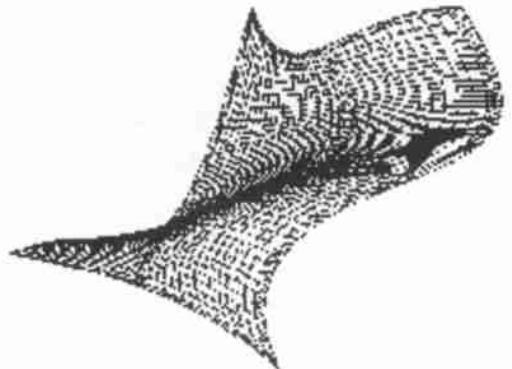


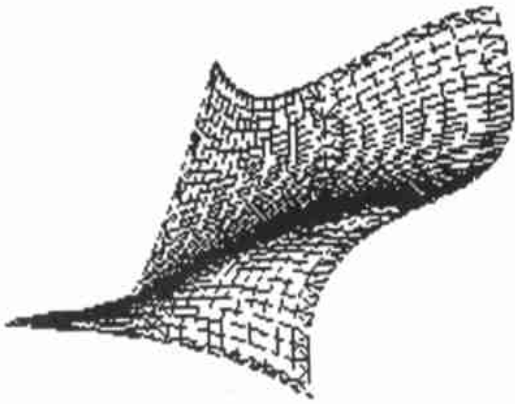
图 7 光照效果对话框

Fig. 7 Lighting dialog.



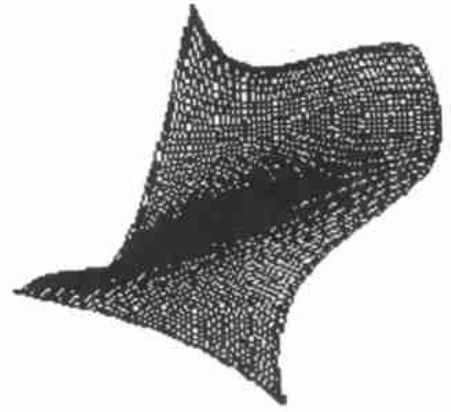
a) 等比缩放(  $x = y = z = 1$  )

a) Equimultiple zoom when  $x = y = z = 1$



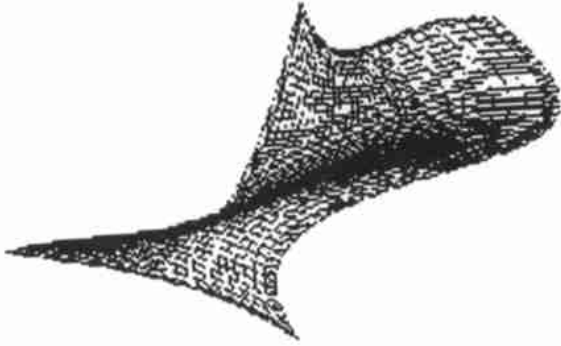
b) 不等比缩放 ( $x = 1, y = z = 0.8$ )

b) Inequivalence zoom when  $x = 1, y = z = 0.8$



d) 完全不等比缩放 ( $x = 0.7, y = 0.8, z = 0.6$ )

d) Whole inequivalence zoom when  $x = 0.7, y = 0.8, z = 0.6$



c) 不等比缩放 ( $x = y = 0.8, z = 1$ )

c) Equimultiple zoom when  $x = y = 0.8, z = 1$

图 8 不同比例缩放的曲面图形

Fig. 8 Inequivalence zoom surface map.

## 6 结论

本文介绍了自由曲面造型系统的方案设计、界面设计及虚拟图形表示等问题。其中包括测量数据的输入、两种原始数据的修改、曲面网格图形的构造以及对曲面图形的虚拟显示。此外,还研究了曲面模型上关于测量点的曲面性质分析和光顺的初步判断。其对于测量领域中自由曲面的造型及表示有一定的实际意义。

## 参考文献:

- [1] 俞研,陶俐言,李钢,等.基于 CAD/CAM 集成的特征系统研究[J].光学 精密工程,1999,7(6): 10\_13
- [2] 马秀兰,罗小川,浦军,等.仪器仪表结构虚拟设计研究[J].光学 精密工程,2001,9(4):382\_384.
- [3] 苏步青,刘鼎元.计算几何[M].上海:上海科学技术出版社,1981.
- [4] 孙家广,杨长贵.计算机图形学[M].北京:清华大学出版社,1995.
- [5] Gregory K. Visual C++ 6.0 开发使用手册[M].北京:机械工业出版社,1998.

## Research on the system of the construction and virtual display of free\_formed surface based on measurement

CHEN Jin\_chang, LIANG Li\_dong, LIU Gui\_xiong, ZHANG Guo\_dong

(*South China Univ. of Tech., Guangzhou 510641, China*)

**Abstract:** Based on the measurement of free\_formed surfaces, a free\_formed surface was constructed with the method of NURBS. The virtual graphics of surface model was displayed by the OpenGL technology. A utility construction system of free\_formed surfaces was developed in this paper. This system consists of modules of surface simulation, of data input, of interaction modification, of graphics simulation and of surface feature analysis. Some graphics technology used in the system is discussed also.

**Key words:** free\_formed surface; construction; virtual display

作者简介: 陈锦昌(1956-), 男, 广东省南海人, 工学硕士, 华南理工大学教授, 主要从事计算机图形学、工程图学、CAD 等方面的研究。

## 欢迎您订阅《光机电信息》

《光机电信息》是一份为工程师、研究者、科学家和技术专家提供国内外有关光学、光电子学和精密机械综合消息的月刊。它从技术和商业两方面报道和分析上述领域的最新研究进展和发展趋势, 其特点是信息量大且传播速度快。

### 完整的报道范围

《光机电信息》以全方位的视角瞄准国际前沿, 紧盯国内外光机电领域发展的热点和焦点, 每期以专题形式发布。主要报道光学、光电子学、光电工程、精密机械、激光、光通信、光学仪器、发光学、显示技术、医用光学、光学材料、微纳技术、微机械系统(MEMS)、先进加工制造技术等诸多读者感兴趣的领域。

### 有效的报道内容

《光机电信息》是国内致力于光电子领域的工程师、管理人员、科学家、研究者和技术专家的必读之物。《光机电信息》每月都会向其所服务的产业提供以下栏目: 各种专题报道、市场纵横、科技简讯、产品放送、设计与应用和专题信息长廊等。

### 广告投资的最好选择

《光机电信息》是一份每月发行量达 5000 余份的资深杂志, 这意味着每年有数 10 万人次的顶级工程师和研究人员阅读《光机电信息》。您的广告会被所有《光机电信息》的读者看到。请抓住机遇, 扩大贵公司在中国市场的知名度。

欲投放广告于《光机电信息》请按下列地址联系

联系人: 高晓萍

地 址: 长春市工农大路 61 号

邮 编: 130021

传 真: 0431- 5682346

电 话: 0431- 5684692- 2438

电子信箱: xxfw@ciomp.ac.cn