

# 3D 打印数字人像快速成型技术的研究与实现

杨荣 申辉 樊昊

(西安邮电大学计算学院 西安 710121)

**摘要:**自动获取人像数据并高精度重建是三维人脸识别的研究热点。针对三维重构缺少成熟算法与有效应用方法的问题,提出了一种基于二维数据的三维打印数字人像快速成型方法。该方法采用二维照相的方法获取人像的正视图、侧视图和俯视图,使用 MAYA 软件对人像数据进行网格化处理,生成 OBJ 文件导入 PROE 生成三维实体,并导入 JDpaint 实现数控仿真加工,最后将 STL 文档导入打印机打印出三维人像。实验证明,该方法实现了数据获取、网格划分、曲面重建和快速成型的整个工作流程。

**关键词:**曲面重建;三维打印;MAYA;网格划分;STL 文档

**中图分类号:** TP273 TN05 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6020

## Study and implementation of 3D print digital portrait rapid prototyping

Yang Rong Shen Hui Fan Hao

(School of Computer Science, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710121, China)

**Abstract:** Obtaining the 3D face data automatically and reconstructing precisely are the research emphases of 3D face reorganization. For lack of mature algorithms and efficient methods for 3D reconstruction, we propose a method for 3D print digital portrait rapid prototyping based on 2D data. In the method, front image, side image and upper image of the face are obtained by 2D photographing. Grids division for face data is implemented in MAYA. OBJ files obtained from MAYA is imported into PROE to get 3D closed model which is imported into JDpaint for NC simulating manufacture. Finally STL files are imported into printers to print 3D face image. Experimental results show that data obtaining, grids division, surface reconstruction and rapid prototyping are implemented successfully in the method.

**Keywords:** surface reconstruction; 3D print; MAYA; grids division; STL file

### 1 引言

自动获取人像三维数据并能高精度重建是三维人脸识别的研究热点,在信息保密、安全认证、刑侦系统等领域都有较高的应用前景。3D 打印在国内外从出现到逐步走向成熟,已经在各个行业获得越来越广泛的应用<sup>[1-3]</sup>。当今人像三维模型的初始数据主要来源于三维图像,但会受光照强度、姿态、光线遮挡、结构差异等因素制约,大大降低重建精度,且三维打印产品表面光洁度普遍不高。国内外三维重构的研究成果较多,且每种算法都有其优势,但目前还没有很成熟的算法和行之有效的应用方法,造成人像重建精度差、细节信息丢失、识别性能差等缺点。

基于此类问题,本文拟采用二维照相的方法获取不同

方位的人像数据,通过专业 MAYA 软件进行数据预处理,再通过相关算法实现高精度曲面重建,最后生成统一的 STL 格式文档,导入三维打印系统实现三维人像快速成型。该项技术将为三维人像重建和快速成型提供理论指导和实践借鉴,并具有较强的可操作性,在三维人像艺术品制作、三维造型设计、快速成型加工等方面具有较高的应用价值和市场前景。

### 2 关键技术研究

本文的关键技术在于如何完成二维到三维的无失真转换和三维曲面的高精度重建。快速成型(rapid prototyping, RP)是一种新兴先进制造技术,采用“逐层成型,层层累加”的机理实施加工成型,可用于制造任何复杂形状的三维物体<sup>[1]</sup>。快速成型工艺的主要优点是不需加工用的

刀具、专业夹具或者高成本的模具,快速把设计的三维模型转换为产品,开发周期短,并且可加工复杂曲面和奇异形状。

### 2.1 人像数据采集

目前大部分 3D 图像的采集都是采用三维扫描仪实现,常见的光学扫描方法有光栅扫描法和激光扫描法。本文将采用佳能 60D 配 50 mm 的专业人像镜头采集真实人像的正视图、侧视图和俯视图,显示结果如图 1 所示,这三幅图像也是后续处理的初始数据,将导入到专业软件进行三维曲面重构处理。



图 1 人像的正视图、侧视图和俯视图

$$x_0 = \frac{a-b+c}{d}, y_0 = \frac{e-f+g}{d}$$

$$a = (x_1 + x_2)(x_2 - x_1)(y_3 - y_2); b = (x_2 + x_3)(x_3 - x_2)(y_2 - y_1);$$

$$c = (y_1 - y_3)(y_2 - y_1)(y_3 - y_2); d = 2[(x_2 - x_1)(y_3 - y_2) - (x_3 - x_2)(y_2 - y_1)];$$

$$e = (y_1 + y_2)(y_2 - y_1)(x_3 - x_2); f = (y_2 + y_3)(y_3 - y_2)(x_2 - x_1);$$

$$g = (x_1 - x_3)(x_2 - x_1)(x_3 - x_2)$$

则像素中心点  $(x_1, y_1)$  的曲率计算结果是:

$$k = \frac{1}{[(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2]^{\frac{3}{2}}} \quad (2)$$

依据同样的计算过程获取人像轮廓上不同位置的像素点的曲率大小,并根据曲率大小进行网格划分,曲率变化较大区域采用较小网格,防止信息丢失,曲率变化平坦区域采用较大网格,减小曲面生成和曲面重建的运算量<sup>[5]</sup>。

#### 2) 网格初步划分

三维数据采集的最终核心目的是建立人像三维模型,而建立三维模型首先要对人像进行曲面拟合,这里,首先对人像图形进行网格划分,然后再根据网格划分的结果分片进行曲面拟合。如图 2 所示。

### 2.4 基于 MAYA 的人像三维曲面重建实现和三维造型

首先,在  $x-y$  平面,即 front 面选择视图一图像为平面导入模特头像的前视图,作主要参考依据进行绘图<sup>[2]</sup>。创建多边形基本体,将其调整到与照片相似的大小(从头顶至下巴)。继续使用多边形切分工具刻画头部以及眼部细节,刻画出门窝和鼻梁,使模型层次更加突出,结构基本完

### 2.2 人像数据导入

将采集的图像导入到 MAYA 软件中,采用 MAYA 的绘制直线功能绘制平行于水平线的直线和垂直线,采用绘制弧线的功能绘制圆弧,与直线组成特定区域确定人像的边界。

MAYA 软件是 Autodesk 公司所开发的较为流行的著名三维建模和动画设计制作软件,广泛应用于动漫制作、三维造型、模型构建和艺术设计中,具有强大的区域划分和曲面重建功能。MAYA 集成了 AliasWavefront 最先进的动画及数字效果技术<sup>[8]</sup>。它不仅包括一般三维和视觉效果制作的功能,而且还与最先进的建模、数字化布料模拟、毛发渲染、运动匹配技术相结合。MAYA 可在 Windows NT 与 SGI/IRIX 操作系统上运行。在目前市场上用来进行数字和三维制作的工具中,MAYA 是首选解决方案。

### 2.3 人像网格划分

#### 1) 网格曲率划分方法

任取 3 个相邻像素中心点,设其坐标分别为  $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$ 、 $(x_3, y_3)$ ,每一个点的具体坐标值可在 MAYA 软件中得到,根据 3 点即可确定一个圆,其圆心坐标可由此圆弧上的 3 个点求解<sup>[5]</sup>。

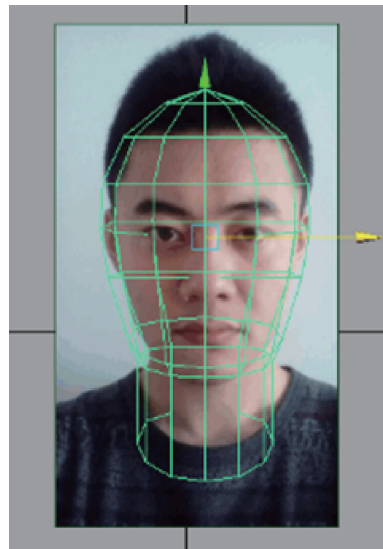


图 2 网格初步划分结构

整,基本完成精细网格划分。这时人头模型已初具人形。如图 3 所示。

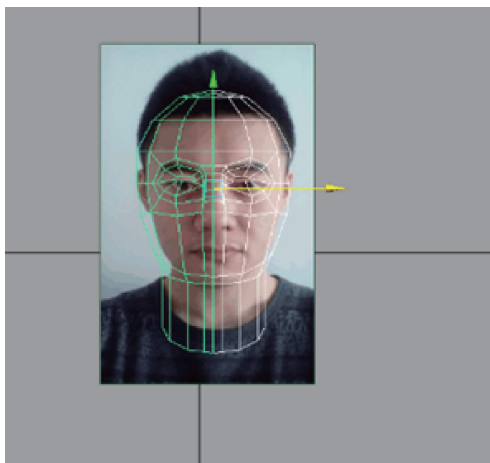


图3 初具人头型模型

继续细化割线,修改 MAYA 中的模型制作工作就完成了,如图4所示。

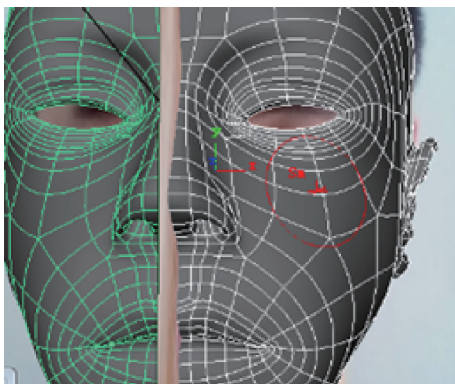


图4 MAYA 模特成品

### 2.5 基于 MUDBOX 的人像三维曲面重建实现和三维造型

使用笔刷雕刻模型的鼻子和嘴巴,模特大嘴和大鼻头的特征得到进一步的放大<sup>[6]</sup>。同时对于棱角过于明显的地方进行按压,使其更加圆润。如图5所示。

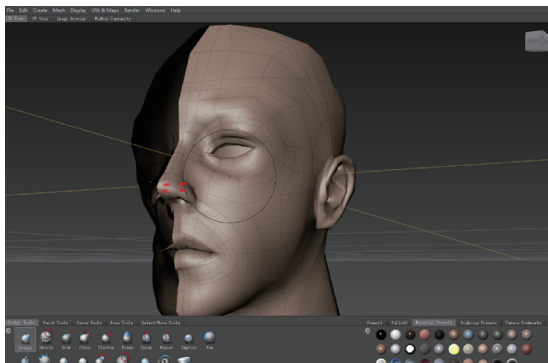


图5 MUDBOX 雕刻细节

## 3 三维人像快速成型

快速成型系统硬件系统分为主机和电控系统两部分,主机由以下几个部分组成:系统外壳、主框架、电控系统、

XY 扫描系统、升降工作台系统、喷头、送丝机构和成型室组成<sup>[3]</sup>。本课题采用的 3D 打印机 Inspire D255 是由北京太尔时代科技有限公司开发研制的快速成型设备,采用熔融挤压快速成型技术。

### 3.1 快速成型加工工作流程

三维人像快速成型加工工作流程如图6所示。

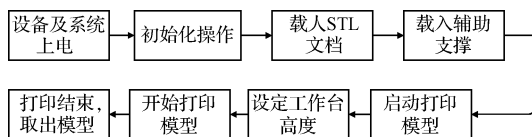


图6 快速成型加工工作流程

### 3.2 人像三维打印

#### 1) 使用 PROE 生成 STL 文档

三维打印只支持 STL 文档,STL 文件格式(stereolithography,光固化立体造型术的缩写)是由 3D SYSTEMS 公司开发制定的接口格式,专门为三维打印技术提供标准协议的立体图像文本格式。所以需要将 MAYA 软件生成的面片文件转换为 STL 文档,才能送给快速成型系统完成加工。下图是 MAYA 软件所生成的面片图形,此时不是三维实体模型,不能送入三维打印系统进行快速成型,需要对该面片进行进一步处理,生成三维实体模型,才能采用快速成型熔融沉积工艺实现三维打印。本课题采用专业逆向软件 Pro/Engineer 实现三维实体数据向 STL 面片数据的无缝转换,如图7所示。

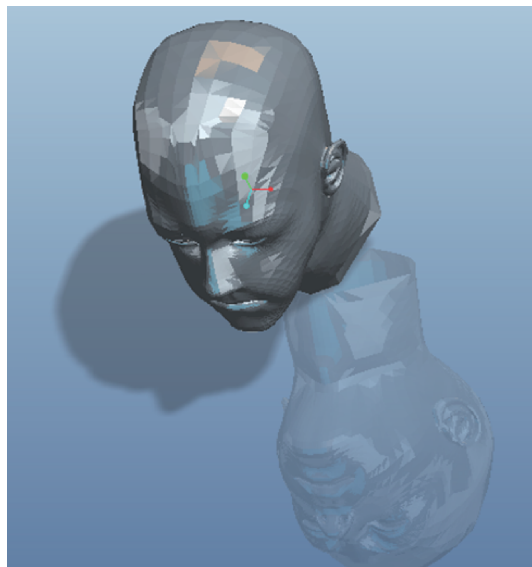


图7 STL 面片数据模型

#### 2) 基于 JDpaint 的三维人像数控仿真加工

本论文采用 MAYA 软件生成三维人像数字模型,并生成曲面模型及三维数字人像,之后将曲面模型导入精雕软件 JDpaint 进行后续处理,包括建立人像毛坯,确定工艺路线,根据模拟加工方法确定刀路轨迹,再通过软件进

行后处理,生成数控加工. ENG 文件,实现数控仿真加工功能。最后转换输出为数控加工程序代码 NC 码。

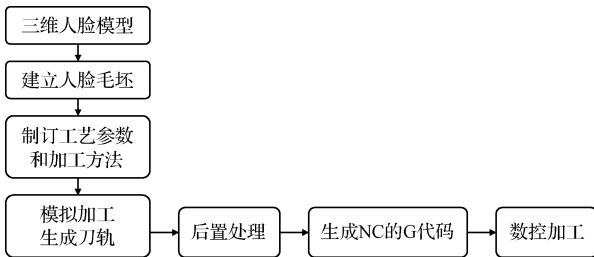


图 8 三维人像数控仿真加工流程

选择曲面经雕刻,设置走刀方式等相关选项,选择加工精度,如图 9、10 所示。

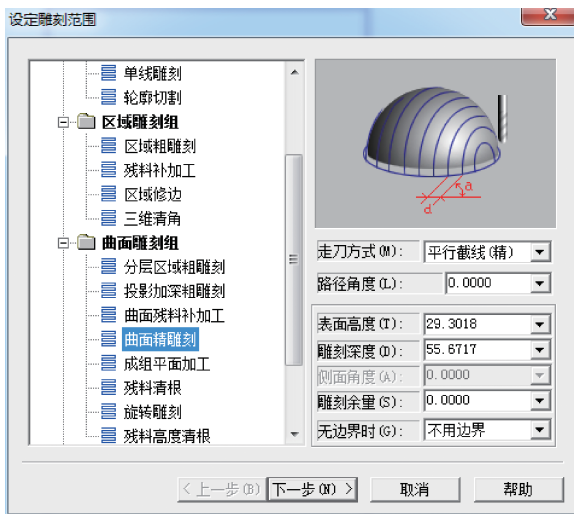


图 9 设置雕刻范围

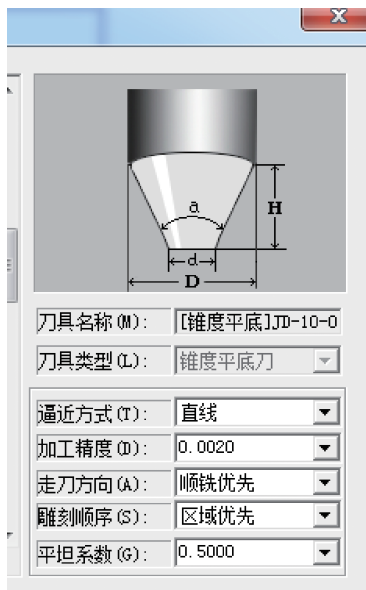


图 10 设置精度

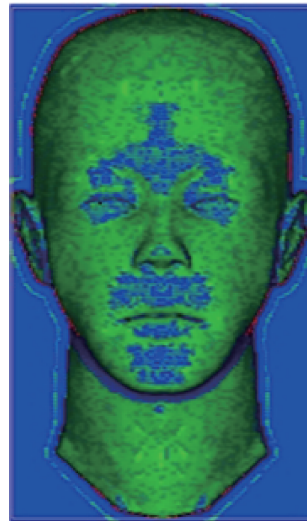


图 11 刀路图

得到打印路径(即刀路图)如图 11 所示,可以看到刀路图即组成了 3D 模型。

刀路图即是打印喷头的轨迹,最后刀路图组成了一个三维人像即是建立的三维人像,模拟现实中的 3D 打印成型过程,刀路即是三维人像,在现实中,这其实是 3D 打印的方式之一。

### 3) 三维人像快速成型

将 STL 三维实体模型导入成型机加工软件 Magics 中, Magics 是由马瑞斯三维打印技术有限公司开发的一款 3D 打印软件,能够方便地设定打印参数,具有强大的图形处理性能,特别是专门处理 .stl 格式的 3D 模型,而且和各种 3D 机器可以实现良好地对接以及提供打印服务,最终打印的成品效果如图 12 所示。



图 12 人像三维打印的侧视图

#### 4 结 论

本文通过基于二维数据的三维打印数字人像快速成型方法,实现了人像数据采集、数据预处理、曲面构建、三维实体生成和三维打印,并在三维模型重构和网格划分等方面提出了创新性观点,该项技术为三维人像重建和快速成型提供理论指导和实践借鉴,并具有较强的可操作性,在三维人像艺术品制作、三维造型设计、快速成型加工等方面具有较高的应用价值和市场前景。

#### 参 考 文 献

- [1] 湛承诚,徐志强,王从军. 基于结构光测量技术的三维人像建模[J]. 新技术新工艺,2011(5):93-95.
- [2] 陈鲁. 用于人脸识别的三维人脸模型重建[D]. 上海交通大学,2006:101-103.
- [3] 邵宇. 3D打印技术的发展与产品设计民主化[J]. 工业设计,2013(3):231-234.
- [4] 师文,朱学芳,朱光. 基于形态学的MRI图像自适应边缘检测算法[J]. 仪器仪表学报,2013,34(2):408-414.
- [5] 甘俊英,朱斌,胡异丁. 基于径向基函数与B样条曲线的三维人脸重建方法[J]. 计算机工与设计,2008,

(上接第86页)

- [7] 王芳,高金辉,张敏. 基于AVR微控制器的ADC按键设计技巧[J]. 自动化与仪器仪表,2007(6):74-76.
- [8] 魏明. 基于A/D转换的键盘阵列分析与设计[J]. 电子世界,2011(11):37-37.
- [9] 卜登立. 基于优先级编码器的非编码矩阵键盘接口设计[J]. 化工自动化及仪表,2010,37(4):93-95.
- [10] 裴亚男,张冬波,甘方成. 基于译码器扩展的单片机

29(17):4511-4514.

- [6] 胡敏,蔡慧芬. 基于形态学标记连通的分水岭图像分割[J]. 电子测量与仪器学报,2011,25(10):864-869.
- [7] 沈荣荣. 基于径向基函数的三维特定人脸重构的研究[D]. 江苏:江苏大学,2007:575-579.
- [8] 陶强,刘莉. 基于双区域演化水平集的图像分割方法[J]. 电子测量技术,2016,36(9):35-37.
- [9] 赵赵兵,温秀兰,张中辉. 基于改进遗传算法的自由曲面重建及数控加工[J]. 组合机床与自动化加工技术,2015(12):109-112.
- [10] 黄翔. 数控编程理论与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2006:65-69.
- [11] 戚世贵. 一种基于图像特征点的图像匹配算法[J]. 国外电子测量技术,2008,27(1):311-313.

#### 作 者 简 介

杨荣,1983年出生,工学硕士,工程师。主要研究方向为计算机应用技术、计算机理论。

E-mail: yangrong@xupt.edu.cn

申辉,1980年出生,工学学士,讲师。主要研究方向为计算机应用技术、3D打印。

键盘输入电路[J]. 工矿自动化,2007(4):103-104.

#### 作 者 简 介

张绍荣,1987年出生,男,广西贵港市硕士讲师,主要研究方向为智能仪器、自动测试理论与技术。

莫禾胜,1966年出生,男,广西桂林市本科高级实验师,主要研究方向为检测技术及自动化。