

基于 FDM 技术的透光浮雕制作工艺的研究

余立华

(武汉职业技术学院,湖北 武汉 430074)

摘 要:针对透光浮雕产品提出了基于 FDM 技术制作的工艺原理和流程。根据用户提供的个性化图片,利用 Photoshop 软件将彩色图像转变为灰度图并优化处理;再用基于图像灰度的三维建模方法,将图像的灰度信息转换成透光浮雕的深度信息,完成浮雕数据模型;最后利用 FDM 打印机完成了透光浮雕的制作。通过对其平放与竖直 3D 打印工艺进行优缺点分析,便于用户选择合适的打印方式。

关键词:FDM;透光浮雕;灰度图像;3D 打印

中图分类号: TH16

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2016) 05-0095-04

透光浮雕(lithophane)是浮雕的一种,是在半透明工件上印刷立体图像,然后透过背光呈现图像。其原理是将光源置于工件的背面照射工件,板上越薄的地方透过的光越多,较厚的区域则透过的光越少,工件上壁厚与亮度成反比,人眼通过对光线多少(也就是明暗)的感知和对比,在人脑中自动构建出物品的立体图像的。人们利用不同厚度透光率不一样,通过不同的设计,最终就能展示出栩栩如生的三维立体效果,具有很强的艺术表现力,非常适合制作艺术作品。

传统的浮雕加工是由能工巧匠根据自己的经验创作完成,产品单一,数量少。随着科学技术的发展,浮雕利用软件平台进行创作,配合数控雕刻系统完成产品加工,可以批量化生产。但这种方法无法满足人们个性化、快速单件生产的需求。随着计算机技术的发展,借助 CAD/CAM 软件来设计个性化浮雕,并与 3D 打印技术结合,可有效缩短产品的开发和生产周期。本文借助计算机图形学技术和 3D 打印技术来探讨如何根据用户的需求制作出用户满意的透光浮雕产品。

一、浮雕的数字化建模方法选择

常用的浮雕数字化建模方法主要有两种:基于二维图形的方法和基于图像的方法。两种方法各有特点,需选择一种适合个性化定制,且简单快速的方法才能适应大众市场的需要。

(一)浮雕两种建模方法特点

基于二维图形的方法需要设计者先画出每一层的平面二维轮廓线,再根据各层浮雕的重叠先后关系,采用旋转、拉伸、圆角过渡等创建特征的方法自底向上依次生成各层浮雕后叠加在一起。这种方法自动化程度不高,即使对于细节变化不大的浮雕,也需要大量的交互输入且需要操作人员具有丰富的操作经验^[1]。

基于图像的建模方法是利用图像的灰度与视觉的映射关系,计算图像中每个像素点所对应的表面法向矢量,并提取出灰度信息,转化成为高度场的深度值,最后生成 3D 浮雕模型,此法就是计算机视觉领域常说的自阴影重建法(Shape From Shading,简称为 SFS),是由 20 世纪 70 年代 Horn^[2]提出的。

制作个性化定制浮雕,用户一般选择自己喜爱的数字图像或者照片作为素材,因而基于图像的浮雕数字化建模方法更适合制作个性化定制浮雕市场

收稿日期:2016-08-01

作者简介:余立华(1979-),男,湖北鄂州人,硕士,武汉职业技术学院机电工程学院高级工程师,研究方向:模具设计与制造、反求工程、3D 打印设备研发与工艺。

的需要,且建模方法相对简单,容易实现。

(二)基于图像灰度的浮雕建模

灰度是使用黑色为基准色,将物体图像用不同饱和度的黑色来显示。灰度图像是一种具有从黑到白 256 级灰度色域或等级的单色图像。此图像中的每个像素用 8 位数据表示,因而像素点的值是介于黑白间的 256 种灰度中的一种。而常见的彩色图片大多为 24 位彩色图像,所呈现的颜色是由其每个像素的 RGB 值,即由红(R)、绿(G)、蓝(B)三个分量共同决定。要将彩色图片转化为灰度图,就须将 RGB 值转化为灰度值。目前常用加权平均法 (0.299,0.587 和 0.144 为 HTSC 标准的加权系数)来转化灰度值 L:

$$L=0.299R+0.587G+0.144B$$

灰度值 L 介于 0 和 255 之间。除此之外,还有图像像素的分辨率宽 (W)×高 (H),如 1024×768 和 800×600 等。一幅图像灰度值是定值,而图像分辨率是可变化的,仅用固定的灰度值 L 作为图像的高度值,难以表征可变分辨率浮雕模型的三维空间,因而常引入一个缩放因子 γ 来协调 3D 浮雕模型的高度值。通常用图像每个像素点的灰度值 I_i 乘以缩放因子 γ 来计算该点的高度 z_i :

$$z_i=\gamma \times I_i$$

γ 的正负,可用来控制浮雕的凹凸^[3]。对于透光浮雕, γ 为负值,同时对于不同厚度的透光浮雕,其 γ 值大小也不同。

由上述方法得到每一个像素点的高度方向的值 z_i ,再加上各个像素点所对应的坐标值(x_i, y_i),可组成图片任意点的所对应浮雕的坐标值。

二、基于图像法浮雕建模过程

浮雕表面图案纹理的个性化是个性化定制透光浮雕的意义所在,所选用图像质量有高有低,须经过适当处理;再将其导入图像处理软件提取灰度图信息,也需要经过适当处理,提高亮度,这样制作出来的透光浮雕对背光要求低,且效果比较好;然后将处理后的灰度图导入相应的浮雕生成软件,软件按照特定的算法将图像的灰度值转为高度场,从而得到空间数据点,再将这些数据点附着在不同形状的曲面上,最后经过浮雕制作软件的运算得到浮雕数据模型。图片法浮雕建模过程如图 1 所示。

(一)图像处理

在制作透光浮雕时,首先选用高分辨率的图像作为素材,图像的像素越高,制作出来的浮雕效果就越好;然后用图像处理软件(常用是 Photoshop 软件)对选好的彩色图片进行灰度化处理,灰度信息精细程度决定着透光浮雕的质量和精美度。在利用软件处理灰度图时,可以利用图像对比度、灰度曲线以及色阶等调节灰度细节,使图像过渡平滑,细节能够完好地显示出来。以常用图像处理软件为例,对人物肖

像类图像处理过程通常按如下步骤:

第一步,为照片美颜。美颜一个主要目的,就是可以让照片变得更柔和,这将使得之后的浮雕产品在凸起与凹陷之间变得平滑,让浮雕呈现出来的图案更好看。

第二步,用 Photoshop 转换为灰度图,并进一步提高亮度。用 Photoshop 软件直接将图片转化为灰度图。通常用灰度曲线调节亮度,适当提高亮度,制作出来的透光浮雕对背光要求就低。但在提高亮度时也不能使细节丢失太多,原则是图像灰度过渡平滑,保证图像的细节能够较好地呈现出来(如图 2)。

(二)浮雕 3D 模型的制作

将照片转化成浮雕的成熟软件很多,常用软件 3dsmax、Maya、Zbrush、Blender 等都可实现将灰度图转化为浮雕模型。其原理就是利用灰度信息与高度信息转换得到三维几何模型。一般要经过这几个步骤:

1.创建附着模型

附着模型可以是平板,也可以是曲面,也可以附着在某个模型的局部表面上,创建的方法可以用常用的三维软件如 UG、Cero、Solidworks 等创建实体模型,再导出成 stl 格式文件到相应的浮雕模型制作软件,作为浮雕的附着模型。

2.附着面的局部进行网格细化

为表征三维模型的特征,通常需进行网格划分,形成网格模型。转化好的网格模型是通过大量互相连接的三角形面片来构建物体表面,三角形面片数量越多,表示物体局部细节越精细。而三角网格模型又是由点来决定模型的形状,因此要想制作精细的浮雕,模型就必须有足够多的点。在足够多的面片以及面片特征点构成的曲面模型能够精确地勾勒出浮雕模型的轮廓精度^[4]。

3.导入处理好的灰度图片

利用灰度信息与高度信息转换得到三维几何模型,

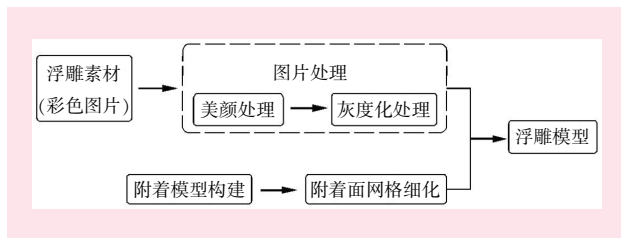


图 1 图片法浮雕建模过程



图 2 原始照片及 Photoshop 灰度曲线调整

与原有附着模型进行运算,使得图片亮的地方薄,暗的地方厚,按照图片的样式生成 3D 浮雕模型(如图 3)。

4.导出 3D 浮雕模型

模型导出格式须是 3D 打印机能够识别的软件格式,通常为 stl 文件。

三、模型的生产

随着 3D 打印的兴起,3D 打印技术应用越来越广泛,熔融沉积型(FDM)桌面打印机机械结构简单,使用成本低,是当前应用最为广泛的 3D 打印设备。但利用 FDM 打印机打印透光浮雕有一定的缺陷,可根据需要选择合适的生产工艺。

(一)3D 打印技术原理

图 4 是熔融沉积型(FDM)桌面 3D 打印机的工作原理简图,它是将 CAD 软件设计出的三维模型沿一定的厚度进行切片,微分为一系列有序的二维层面,再根据每个层面的廓边属性确定具体的加工方法,生成加工代码,借助由计算机控制的快速成型机按照轮廓图分层沉积材料,成型一系列二维截面的薄片层,然后逐层堆积形成三维实体。

(二)3D 打印工艺控制

将已经完成的浮雕模型数据文件导入切片软件 MakerBot MakerWare 中,选择最高精度,实体打印,层厚 0.1mm,打印速度为 80mm/s,其他设置选择默认选项(如图 5)。

实体的 3D 打印是由一层层加工的薄片叠加而成,虽然每一层很薄,但在一定微观尺度下,仍然会形成具有一定厚度的“台阶”,这种台阶在加工圆弧

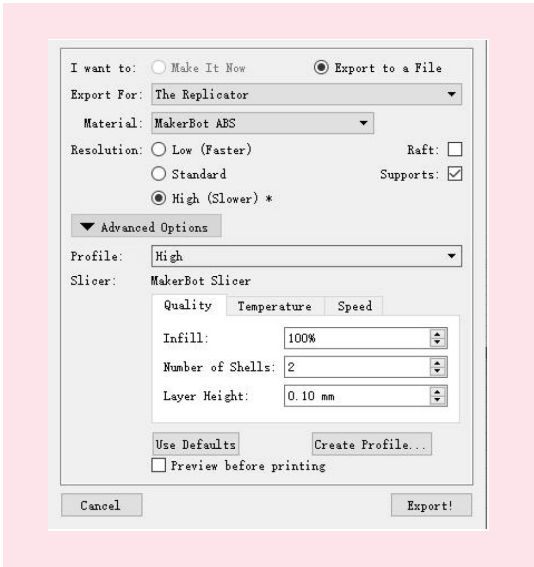


图 5 切片软件参数选择

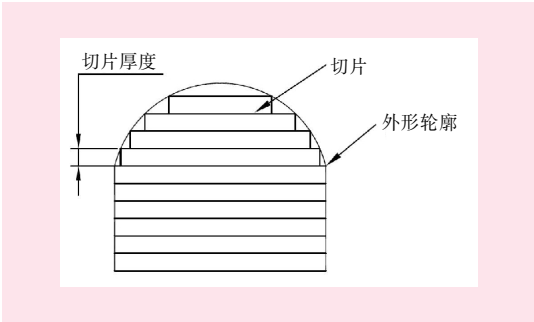


图 6 分层制造台阶效应

形或锥型时表现特别突出,会造成精度上的偏差(如图 6),从而影响表面质量。

浮雕打印可以采用平放和竖放两种方法,但无论是平放还是竖直打印都会存在着台阶效应。浮雕通常厚度是 3~5mm,而其宽度和高度方向尺寸远远大于厚度方向尺寸,需在较薄的厚度中通过不同的壁厚来调节透光度以呈现浮雕。显然,浮雕模型平放时的台阶效应对透光浮雕的精度影响远远大于竖直打印,平放打印经常会在人物像的脸上留下一道层纹,像人脸上的雀斑或伤疤,影响产品的美观度。若将浮雕竖着打印,虽可较好地消除层纹,但也有几个问题。

1.如果只把模型立起来,因底面厚度一般为 3~5mm,与平台接触面积小,很难站稳;对于照片类浮雕,其高度方向一般有 80mm 以上,由于 FDM 设备精度的原因,模型打印得越高,晃动得越厉害。所以,最终的效果就是,下半部分效果好,而上半部分很模糊。解决方法是要增设加强筋,以加大模型与底板的接触面积(如图 7)。

2.FDM 系统在竖放加工零件时,当前层都是在上一层上的基础上堆积而成,前一层对当前层起到支撑和定位作用,随着高度的增加,每层轮廓的面积和形状都可能发生变化,当上层截面大于下层截面时,使截面部分发生塌陷或变形,影响零件的成型精



图 3 利用 3dsmax 制作的浮雕数字化模型

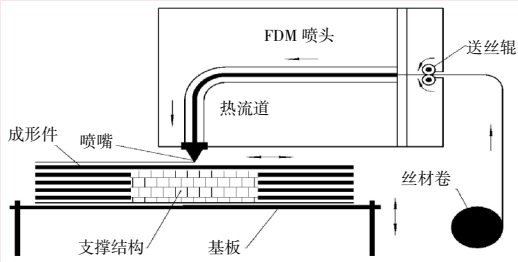


图 4 FDM 成形原理图

度^[5]。因此,切片软件会自动增加支撑的(如图 8)。但支撑在剥离本体过程中,对本体存在或多或少的损害,会影响透光浮雕的美观度。

3. 竖直打印加工的时间大幅增加。竖直打印,因为增加了加强筋和支撑,导致消耗的材料增多,打印时间也增加了,即使是在较短的边上增加加强筋,加工时间也增加了一倍。

把工件分别平放和短边竖直放置打印,按先前给定的参数加工,做适当的后处理后,对比透光浮雕最后效果如图 9 (左边是平放打印,右边是竖直打印)所示。

从打印产品可以清晰的看到,平放打印时在人物像的脸上存在一道道层纹现象,对产品的美观度有影响;竖直打印时,层纹现象减少,局部细节比平

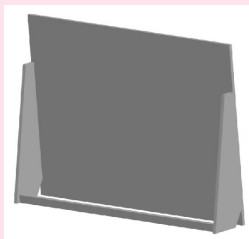


图 7 增设加强筋的方案

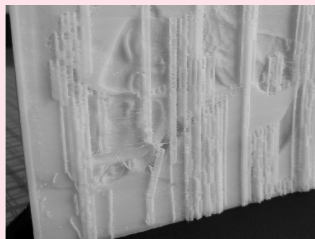


图 8 增加支撑的效果

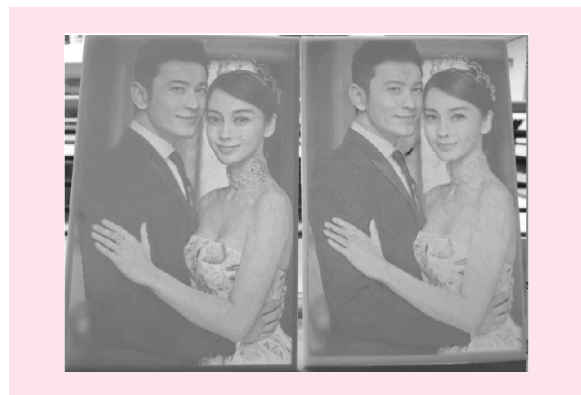


图 9 工艺改进前后效果对比

放时清晰,但是剥离支撑时,支撑与本体还有残留物,不容易清理干净,也影响了工件的美观性。两者比较,竖直放置比平放时打印效果稍好但不明显,而竖直打印成本大大高于平放打印。因此,在实际生产中可根据客户的需求灵活选择打印方式,若客户要求特别高,可选费用较高的竖直打印;若客户要求经济型,可以选择将模型平放打印。

四、结语

本文提出了一种新的透光浮雕制作工艺,并分析了该工艺的制作流程以及原理。利用基于图像灰度的三维建模方法,用 Photoshop 软件将彩色图像进行灰度处理并优化,然后将灰度图导入相应的浮雕生产软件,由软件按照特定的映射算法将图像的灰度值转为高度场,从而得到空间数据点,将这些数据点附着在不同形状的曲面上,经过浮雕制作软件的运算后得到浮雕数据模型,最后利用 FDM 打印完成了透光浮雕的制作。通过对 3D 打印工艺进行对比,分析了平放与竖直打印的优缺点,可根据客户要求选择合适打印方式。该工艺对追求个性化定制透光浮雕的用户有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 贾彤明. 浮雕 CAD/CAM 技术研究与软件开发 [D]. 南京:南京航空航天大学,2007.
- [2] Fanany MI, Kumazawa L. Shap-from-shading with discontinuous image brightness [J]. Applied Numerical Mathematics, 2006, 56(9): 1225-1237.
- [3] 刘杰, 杨永强. 基于 SLM 的空心金属浮雕快速制造研究 [J]. 电加工与模具, 2011, (5): 38-41.
- [4] 李长春, 等. 基于反求工程的 RP 创意浮雕制作工艺研究 [J]. 塑料工业, 2015, (12): 49-52.
- [5] 彭安华, 张剑锋. FDM 工艺中支撑添加技术的研究 [J]. 机床与液压, 2007, 35(12): 67-70.

[责任编辑:詹华西]

Research on Craftsmanship of Lithophane Based on FDM Technology

YU Li-hua

(Wuhan Polytechnic, Wuhan 430074, China)

Abstract: In this paper, a new technology of producing lithophane based on FDM technology is presented, and the principle of the new process is analyzed. Using the Photoshop software, the users personalized photo will be converted to grayscale, and the grayscale image is optimized. Then with the 3D modeling method based on the image gray level, the gray information of the image is converted to the depth information of the lithophane, and the data model is completed. The lithophane is completed by FDM printer, and then the process is optimized to achieve the balance of accuracy and processing time. With FDM printer, and compared its process, found that flat printing or vertical printing each have their advantages and disadvantages, and we can select the appropriate type of printing according to customer requirements.

Key words: FDM; lithosphere; gray; 3D printing