

文章编号: 2095-2163(2020)04-0296-03

中图分类号: TB476

文献标志码: A

# 基于3D打印的三维模型优化研究

毛 斌, 张金诚, 杨 旸

(山东建筑大学 艺术学院, 济南 250101)

**摘要:** 分析了3D打印技术现状, 总结出三维模型在3D打印时存在的衔接问题。以犀牛软件为例, 通过长期的打印实践, 对3D打印的三维模型进行优化研究, 总结出七种基于3D打印的三维模型优化方法, 这些方法可为3D打印的三维模型优化提供参考。

**关键词:** 3D打印; 三维模型; 衔接应用

## Research on 3D model optimization based on 3D printing

MAO Bin, ZHANG Jincheng, YANG Yang

(Shandong Jianzhu University, Academy of Arts, Jinan 250101, China)

**【Abstract】** This paper analyzes the current situation of 3D printing technology, and summarizes the cohesion problems of 3D models in 3D printing. Taking Rhino software as an example, through long-term printing practice, the 3D model of 3D printing is optimized. It summarizes seven 3D model optimization methods based on 3D printing. These methods can provide reference for 3D model optimization of 3D printing.

**【Key words】** 3D printing; 3D model; Application of connection

### 0 引言

随着经济和技术的飞速发展, 3D打印技术也在不断提高, 3D打印的成本日趋降低, 应用的领域也越来越广泛, 在小批量的原型制作和私人定制领域表现尤为突出。3D打印技术正在逐步改变传统制造业, 进一步改变着人们的生活。

3D打印的关键是如何给出3D打印机能读取的数据。因此, 三维模型的设计显得尤为重要。如今能够构建三维模型软件大致可分为两种: 一是基于数学公式的Nurbs曲面软件, 主要运用在工业生产领域; 另一种则是基于近似造型曲面的Mesh曲面软件, 主要运用在视觉设计领域。虽然两种软件做出的模型都可以进行打印, 但打印之前都必须经过基于3D打印的三维模型优化, 才能达到最佳效果。

### 1 3D打印概述

3D打印技术又叫增材制造技术。相比于传统的制造工艺, 3D打印能完成一些传统制造业无法制造的产品<sup>[1]</sup>。简单来说, 现有的3D打印是一个不断重复的2D打印技术, 利用切面软件将三维模型分割成一层层的二维数据, 再把这些数据输入到打印机里, 从模型的最底层开始打印, 层层叠加就形

成了3D模型。

从应用的深度来讲, 现在的3D打印技术已经可以打印多种材料。例如, 塑料、金属、以及一些特殊材料。成型方式多种多样。例如固体的有熔融沉积, 液体的有光固化、粉末的有激光烧结等等。从应用的广度来讲, 随着技术的进步, 3D打印技术除了打印产品的原型外, 还可以直接运用到更多领域。例如, 生物医疗领域: 可以打印牙齿和骨骼, 甚至可以打印人体器官; 建筑领域: 可以用水泥打印楼房, 效率可以得到很大的提升; 航天和汽车工业领域: 可以打印出复杂的散热系统等等。

目前应用较为广泛的3D打印技术主要分4种, 其原理、优劣势、特点均有所不同。

**FDM(熔融沉积快速成型):** 基于熔融沉积技术, 原料主要为PLA(生物分解性塑料)与ABS。原理是将固体材料融化成液体挤出, 一层一层堆积上去, 最后成型<sup>[2]</sup>。具有成形尺寸大、成本低等优点, 而缺点在于成型较慢、精度相对较低、后期处理较为困难。

**SLA(光固化快速成型):** 原料主要为光敏树脂, 基于光固化技术。利用激光束路径画出物体的每一层, 让固化层不断的浸入液态树脂中。其优势在于成

**作者简介:** 毛 斌(1972-), 男, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 产品设计、适老化设计、设计文化等; 张金诚(1993-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 3D打印、养老设计; 杨 旸(1995-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 3D打印、养老设计。

收稿日期: 2019-12-23

型尺寸较大、成型快、精度高、后期处理简单;缺点在于成本较高。SLA已逐渐成为3D打印的主流技术。

**DLP(数字光投影成型):**原料主要为光敏树脂,在光固化技术的基础上,利用投影仪的数字光源,每次成型为一层,主要受制于投影仪及图片的分辨率。优点在于成型较快、精度高、后期处理较为简单;缺点在于成型尺寸小、成本较高。DLP主要应用于游戏动画等领域,多为小型人物模型的打印。

**SLS(选择性激光烧结工艺):**原料主要为粉末材质,基于激光烧结技术。使用激光逐层加热粉末至熔点,烧结形成粘接,直至成型。SLS是目前唯一可以加工金属等特殊材料的3D打印技术,但存在后期处理困难、成本高、技术难度大等缺点。

## 2 三维模型与3D打印之间的衔接问题

3D打印技术与三维模型是密不可分的,打印效果除了选择打印技术以外,最主要的影响因素就是三维模型本身。影响三维模型3D打印效果的原因有很多,从整体上来看可分为3类:

(1)三维模型与切片软件的衔接。三维模型的3D打印需要使用专业的切片软件,将三维数据转化为一层一层的二维数据,并形成路径代码或图片设备才能识别。切片软件能识别的模型格式有限,无法识别的模型格式是没办法进行3D打印的。

(2)三维模型本身存在的问题。三维模型各式各样,很多设计只注重产品的表现而忽视模型的真实性和完整性。例如,在三维模型中可以存在独立的点线面,而在现实世界中,所有的物都是以体的形式存在的,就算最薄的纸都有厚度。3D打印的切片软件只能对实体进行切片,对于片面等则会默认为是错误的图形。因此当三维模型中出现单面、破面等情况,会直接影响3D打印的成功率。

(3)3D打印设备的限制。3D打印设备在尺寸、厚度、材料等方面都存在限制。打印三维模型时,如果不考虑设备所带来的局限性,同样也会降低打印的成功率。

## 3 基于3D打印的三维模型优化

针对三维模型与3D打印之间存在的衔接问题,本文以Rhino建模软件为例,通过优化三维模型来提高3D打印的成功率。三维模型可以从模型格式、模型水密性、打印壁厚、分解模型、预留公差、重叠模型、空心模型等7个方面入手,进行三维模型的检查与优化。

### 3.1 优化模型格式

3D打印所需的软件为切片软件,识别格式有

限,但STL格式基本都可识别。因此,可以把模型保存为STL格式文件<sup>[3]</sup>。

(1)设置打印精度。STL文件是由多重三角曲面组成的实体,多重三角曲面的数量决定了模型精度。因此,Rhino在导出为STL格式时,需根据需求修改参数。一般情况下精度设置为0.01 mm即可。

(2)删除多余模型。在模型建造过程中,可能会存在模型被隐藏的情况,即使它们不可见,但在转换为STL格式时,这些隐藏的模型也会被导出。因此,在转换为STL格式之前,需要删除隐藏的模型。

### 3.2 优化模型水密性

Rhino作为建模软件,优点在于操作简单、曲面造型的表现效果突出。但是,Rhino的缺点也在于此。由于它的曲面可以独立存在,没有实体厚度,往往在建模时只是用面来拼接出形状,若只针对产品的表达效果,这种片面没有问题。但是,打印软件会认为这些片面是错误的,无法识别。比较精确的方法是利用Rhino提供的外露边缘命令,如果曲面不封闭或者存在单一的曲面,都会呈现出不同的颜色。外露边缘命令能准确的找出物件所出现的不封闭边缘,从而针对错误边缘进行修改,进一步优化模型的构建。

### 3.3 优化打印壁厚

目前,3D打印机的打印壁厚存在一定限制。例如:常见的FDM打印机在垂直方向的壁厚一般不小于0.8 mm,SLA打印机最薄在0.6 mm左右。究其原因主要分为两种:其一,SLA打印机所使用的材料为树脂,壁厚小于0.6 mm虽可打印,但由于树脂材料质地较软,在小于0.6 mm的情况下极易出现变形;FDM打印所使用的材料一般为PLA或者ABS材质,壁厚太薄,打印出的产品易损坏,在后期处理上也很容易出现问题。其二,FDM打印机的工作原理为熔融沉积,壁厚受制于挤出头的直径,现在普遍使用的挤出头尺寸为0.4 mm,而0.8 mm的壁厚恰好是挤出头行走两层的厚度。如果打印在0.5~0.7 mm的壁厚,切片软件很难识别,在打印时会出现虚打层,即只走路径而不挤出材料。

### 3.4 优化分解模型

不同的打印机拥有不同的成型尺寸。例如,通常FDM打印机在XYZ轴的成型尺寸分别在300~400 mm之间;工业级SLA机器的成型尺寸为600 mm×600 mm×400 mm等等。因此,如果要打印模型超过了机器的成型尺寸,则要进行分模处理。需将模型拆分成可打印的小部件,后期再将拆分的部件粘贴起来。一些模型修复软件(如Magics)可以进

行一些简单的模型分割,但在一些特殊情况下,还是要通过 Rhino 软件提前进行结构分割。如在长桌腿的打印中,模型的大小超过了机器的打印尺寸。通过拆分成两个现代榫的形式,既保证了打印尺寸,又保证了模型强度。

### 3.5 优化预留公差

模型之间如果需要配合组装的话,要提前预留公差。主要的原因在于机器的精度和材料的特性。FDM 机器所打印的模型单边误差在 0.2 mm 左右,同时材料在熔融沉积的过程中也会出现变形的现象,这也在很大程度上影响了打印模型的精度。SLA 的机器打印精度较高,基本不存在打印误差,但是要考虑模型之间的摩擦。因此,在打印需要相互配合的模型时,要根据具体情况在接触的位置预留出空隙。FDM 的机器一般留有 0.2 mm 的公差,SLA 的机器则为 0.05-0.1 mm 的公差。如果接触表面需要上色处理,还要多留出 0.05-0.1 mm 的上色公差。

### 3.6 优化重叠模型

在导出 STL 格式之前,需要将多重曲面进行布尔合集运算,这样可有效减少重叠现象。但在建模时,也会出现穿模现象,即模型的曲面会重叠在物体内部。这种情况常见于由曲线建立圆管命令中,当转弯半径小于圆管半径时,圆管内侧的曲面会重叠在圆管内。这类模型在检测时为正确的多重曲面,转换为 STL 模型时也不会出错。但在上机打印时会出现壳体内打印的边缘的情况,有时还会使得连接位置出现断裂现象。这是因为切面软件在切片时会

识别曲面,赋予曲面壁厚,剩下的内侧部分为填充,如果模型出现曲面重叠在物体内侧的情况,切面软件无法智能的分辨。因此,在设计模型时要尽量避免这种情况,必要时可以将重叠的部位截取出来,用其它形式替换,以免产生不必要的麻烦。

### 3.7 优化空心模型

在打印中难免会碰到打印封闭空心模型的情况。FDM 打印的模型,中空顶面如果角度过大会会有支撑;SLA 打印的模型中空部分则会留有液体。两种情况都会使模型打印不理想,造成材料的浪费。因此,在 3D 打印之前需要提前处理好模型。FDM 打印之前需要将顶部的模型拆分出来打印,以便于减少支撑;SLA 打印时则需要预留出 4~6 mm 左右流出液体的孔洞,后期再将孔洞补齐。

## 4 结束语

建模软件与 3D 打印切片软件的衔接,是三维模型与真实模型之间存在的问题,需要考虑模型格式、材料、打印精度、打印工艺、打印尺寸等诸多因素。本文所总结的衔接注意事项只是在 3D 打印中比较常见的问题,并不能全部涵盖。三维模型的打印还需要在打印实践中不断的探索和总结。

## 参考文献

- [1] 小聂. 3D 打印或将重塑全球制造业格局[J]. 中国设备工程, 2014(11):16-21.
- [2] 石晨晨. 基于三维模型分割与装箱的 3D 打印算法及应用研究[D]. 西安:西北大学,2017.
- [3] 潘娇娇,周忠炎,杨熊炎. 基于 Rhino 的产品设计 3D 打印实践[J]. 轻工科技, 2018, 34(6): 80-82,89.

(上接第 295 页)

入一个二次项,并且引入了松弛算子,从而提升算法效率。数值实验表明,本文提出的算法在求解高维的 LASSO 问题时,相对于对称 ADMM 算法具有明显的优势。但是,如何选择最优的  $\alpha$  还需要进一步研究。

## 参考文献

- [1] 柯郑林. Lasso 及其相关方法在多元线性回归模型中的应用[D]. 北京:北京交通大学,2011.
- [2] 陈善雄,刘小娟,陈春蓉. 针对 Lasso 问题的多维权重求解算法[J]. 计算机应用, 2017(6).
- [3] 刘柳. Lasso 问题的最新算法研究[J]. 数据采集与处理, 2015(1):35-46.
- [4] GABAY D, MERCIER B. A dual algorithm for the solution of nonlinear variational problems via finite element approximation[J]. Computers & Mathematics with Applications, 1976, 2(1):17-40.
- [5] CHAN T F, GLOWINSKI R. Finite element approximation and

iterative solution of a class of mildly non-linear elliptic equations [M]. Stanford University, 1978.

- [6] HE B, LIU H, WANG Z, et al. A strictly contractive Peaceman-Rachford splitting method for convex programming [J]. SIAM Journal on Optimization, 2014, 24(3):1011-1040.
- [7] BOYD S, PARIKH N, CHU E, et al. Distributed optimization and statistical learning via the alternating direction method of multipliers[J]. Foundations & Trends in Machine Learning, 2010, 3(1):1-122.
- [8] BANERT S, BOT R I, CSETNEK E R. Fixing and extending some recent results on the ADMM algorithm [J]. Numerical Algorithms, 2016: 1-23.
- [9] ECKSTEIN J, YAO W. Augmented Lagrangian and alternating direction methods for convex optimization: A tutorial and some illustrative computational results[J]. RUTCOR Research Reports, 2012, 32(3): 44.
- [10] COSTA C P D, LESLIE D, et al. An ADMM-AHM integrated approach for problems with rapidly oscillating coefficients [J]. Defect and Diffusion Forum, 2019, 396:81-90.