

# 面向光固化3D打印技术的汽车车身整体化制造及层厚优化

闫健卓<sup>1,2</sup>, 姜缪文<sup>1,3</sup>, 陈继民<sup>1,3</sup>, 梁晨霄<sup>1,3</sup>

(1. 北京工业大学3D打印中心, 北京 100124; 2. 北京工业大学电子信息与控制工程学院, 北京 100124;  
3. 北京工业大学激光工程研究院, 北京 100124)

**摘要:** 针对油泥模型技术所普遍存在的制造周期长以及精度难以控制的问题, 将光固化3D打印技术运用于汽车车身整体化制造中. 实验结果表明: 3D打印技术可使工作周期压缩至几天, 并且适合于对产品外型进行有效评估, 提高汽车车身整体化制造的效率, 最终降低企业研发成本. 借助UG和Magics软件, 提高设计参数选择的灵活性, 实现汽车车身的三维建模以及STL文件的导入. 基于影响成形件精度的因素有光斑直径、扫描间距、扫描速度、分层厚度等, 根据汽车车身轮廓以曲线为主的特征, 推导出基于贝塞尔曲线的最佳分层厚度计算方法, 达到层厚优化的效果.

**关键词:** 光固化; 3D打印; 汽车车身; 分层厚度

中图分类号: TB 21

文献标志码: A

文章编号: 0254-0037(2017)04-0551-06

doi: 10.11936/bjtxb2016020033

## Automobile Body Integration Manufacturing and Thickness Optimization for Stereo Lithography 3D Printing

YAN Jianzhuo<sup>1,2</sup>, JIANG Miaowen<sup>1,3</sup>, CHEN Jimin<sup>1,3</sup>, LIANG Chenxiao<sup>1,3</sup>

(1. 3D Printing Center, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. College of Electronic Information and Control Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

3. Institute of Laser Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

**Abstract:** For ubiquitous problems in the technology of clay model, such as a longer manufacturing cycle and some difficulties in controlling precision, therefore, stereo lithography 3D printing can be used in the manufacture of automotive body as a whole. Experimental results show that 3D printing technology can compress the manufacturing cycle into a few days, it is suitable for an effective evaluation of the product shape, it can improve the overall efficiency of automobile body manufacturing, and 3D printing technology ultimately enables to reduce R & D costs. With the help of UG and Magics software, the flexibility can be improved in the choice of design parameters, ultimately achieving three-dimensional modeling of an automobile body and importing STL files. There are spot diameter, scan pitch, scanning speed, layer thickness and other factors based on the accuracy of the forming member. According to curve-based features for the automobile body, there is a way to derive the optimum layer thickness calculation method based on Bezier curves to achieve an optimal thickness.

**Key words:** stereo lithography; 3D printing; automobile body; layer thickness

收稿日期: 2016-02-27

基金项目: 北京市自然科学基金资助项目(Z140002); 北京市科技创新项目(Z141100002814001)

作者简介: 闫健卓(1973—), 女, 副教授, 主要从事大数据和3D打印技术方面的研究, E-mail: yanjianzhuo@bjut.edu.cn

对于传统的车身设计流程,研发人员往往需要通过绘画—油泥模型—主图版—主模型的模式进行多层次的反复测量和修改,以确定最终的方案.该过程会导致汽车的开发周期长、成本高,而且难以保证设计精度.精度难以保证的主要原因是,在设计和生产准备各个环节之间,信息的传递是靠“移型”<sup>[1]</sup>的办法进行的.例如,在汽车的油泥模型制造过程中,针对表面细微处形状,需要经过油泥模型师的反复试验、测量和修改.油泥是油脂、填料、改性添加剂和颜料等组成的混合物,当其应用于汽车模型制造时,油泥需要加热至 $60 \sim 70 \text{ }^\circ\text{C}$ <sup>[2]</sup>,以便于敷在汽车骨架上,最后再使用特制的刮刀、铲刀、锉刀等工具进行加工.由此可见,原始数据在经过多道工序后,人为操作所产生误差会影响数据的传递,从而导致制造精度有所降低.但是经过光固化3D打印技术,参数设置主要通过计算机实现,数据传递过程中的误差相较于油泥模型技术要小得多.

油泥模型汽车车身制造方法,一般需要耗费几个月的时间.先用1个月的时间来制作 $1:5$ <sup>[1]</sup>的油泥模型,主要是对外观评审修改,然后再根据车型总布置图,构建 $1:1$ 的主模型线型图,最后用几个月的时间制作 $1:1$ 的汽车油泥模型,直到油泥模型冻结完成,足以可见耗时之长.用光固化3D打印技术实现汽车车身快速成形,制造工序减少,整体的完成时间也大大减少.

本文将光固化3D打印技术用于汽车车身整体化模型制造中.具有如下优势:1)运用UG对汽车车身进行整体化设计,调整并优化各型面参数,可以高效地设计新型汽车三维模型;2)光固化3D打印技术,可成形任意形状,而且能够一次成形原有工艺很难处理的复杂制件,并且可以根据设备所具有的精度控制,提高工件的成形精度;3)整个制造过程没有切削、不存在振动与噪声,成形加工周期短、成本低;4)光固化3D打印技术将制造周期压缩至几天,并且适合于对产品外形进行有效评估,提高汽车车身整体化制造的效率,降低企业研发成本.

## 1 光固化3D打印技术

### 1.1 激光3D打印技术在汽车上的应用

激光3D打印技术从属于非传统加工工艺的范畴,该技术涵盖机电、光学、计算机、控制以及材料等多学科多领域,是全球先进制造领域的一次革新.与减材制造不同,激光3D打印技术可将液态聚合

物、粉末等片状、丝状的离散材料逐层堆积,最终形成三维实体.激光3D打印技术通过切片的方式将一个三维实体切割成若干个平面二维图形.从理论上讲,通过计算机辅助设计软件设计出机构模型,可省去传统制造工艺的车铣刨磨,快速地将设计图形转变为实物.这与全球制造业对产品的个性化、定制化、特殊化的发展趋势相符合.

3D打印技术在复杂结构制造上的优势可以加速汽车的研发.目前,激光3D打印技术在汽车设计和研发阶段,以及单、小批量生产中的应用更为适用,例如整车的模型开发、底盘同步器等零部件设计和研发,以及橡胶塑料类零件的单件生产.

### 1.2 光固化3D打印技术原理

本文实验所采用的光固化快速成型机是SPS300激光光固化快速成型机,如图1所示.该快速成型机采用的是上光束扫描式快速成型.



图1 SPS300型光固化快速成型机

Fig. 1 SPS300 optical stereolithography machine

SPS300型光固化快速成型机由液盒(容器)、工作台、激光器、扫描振镜和计算机数控系统等系统组成.激光器选择紫外光作为光源,采用半导体泵浦的三倍频Nd:YVO<sub>4</sub>固体激光器替代He-Cd激光器<sup>[3]</sup>.

光固化快速成型机原理如图2所示.其工作原理为

1) 液态光敏树脂布满液盒,工作台浸没在液盒中并且其表面有许多小孔,工作台可沿 $z$ 轴方向作上下往复运动.

2) 扫描振镜根据控制系统的指令,按照切片后形成的截面轮廓作往复摆动,使激光器发出的激光束反射至光敏树脂的表面之上,并沿此表面作 $x$ 、 $y$ 轴方向的扫描运动.

3) 在这一层受到紫外光激光束照射的区域,液态光敏树脂发生聚合反应快速固化,形成相应的一层固态截面轮廓薄片层和支撑结构<sup>[4]</sup>.

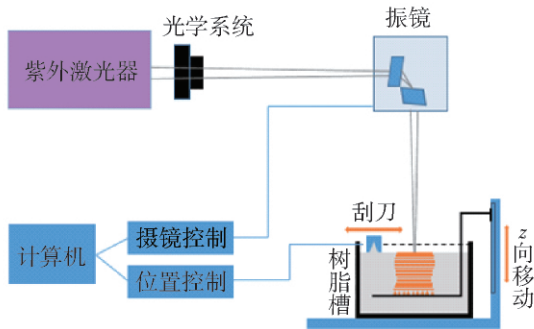


图2 光固化快速成型机原理

Fig. 2 Stereolithography machine schematic

## 2 三维建模与 STL 文件的导入

光固化 3D 打印技术应用于汽车车身的快速成形中,必须使用设计软件进行三维建模,并且实现快速成型机与计算机的数据精确传输,本实验选用 UG8.5 和 Magics12.0. UG 主要用于三维模型的设计, Magics 用于将设计后的三维模型导入快速成型机中。

将在 UG 中设计完成的汽车车身导入 Magics 中,并且加上支撑,为打印做好准备,如图 3 所示。以上的过程,代替了传统油泥模型制造中人工使用刀具加工的工序,可减少工作时间。

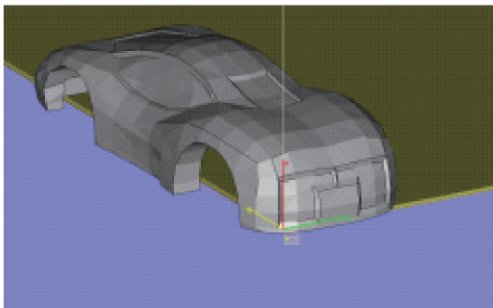


图3 将建模实体导入打印软件

Fig. 3 Modeling entities import printing software

具体步骤如下:

**步骤 1** 使用 UG 三维建模软件进行汽车车身的快速建模。优化车身设计过程的参数,对设计效果进行美化,并且可以对汽车车身衔接部分的微小结构进行优化。比如,在对车门、翼子板等关键型面的设计中,对不够完善的型面,可以进行拉伸、去除材料或重新造型成面<sup>[5]</sup>;在对车灯和散热器中倒角、凹槽、孔等细节型面的设计中,可利用 UG 进行修改和完善<sup>[6]</sup>。

**步骤 2** 设计后的汽车所保存的格式为 prt 格式,需要转换成 STL 文件格式以便导入光固化 3D

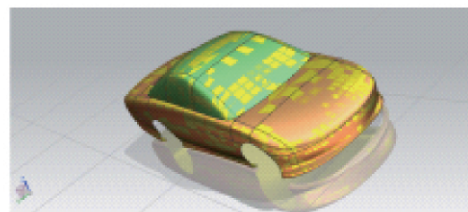
打印机的打印软件中。

## 3 分层厚度优化

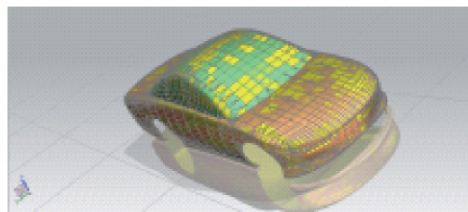
### 3.1 影响 3D 打印成型件精度的因素

光固化 3D 打印技术虽然可以加快汽车车身的快速制造过程,但是制造过程中工件精度受多种因素影响。

1) 三角网格化是将三维建模实体与 3D 打印机相连接的载体。要想实现最终实物的成型,转化成 STL 格式必不可少,即实现三角网格化,如图 4 所示。



(a) 汽车车身模型



(b) 三角网络化

图4 汽车车身模型三角网格化

Fig. 4 Triangular mesh model of automobile body

STL 文件格式的特点就是,采用一个个微小的三角形面片,逼近三维 CAD 模型的外表面,可以近似地表示原有的三维实体模型,从而简化 CAD 模型的数据格式以便于计算<sup>[7]</sup>。因为这是一种近似化的思想,所以很难对表面信息进行完全表征,故容易产生误差。尤其在汽车车身的设计过程中,因为汽车车身大部分以曲面特征为主,所以对于曲面的三角网格化会产生相对其他特征更大的误差。制件成型的精度主要受三角形数量多少的影响,生成的三角形越多时,则精度越高。但是这样会增大存储空间和数据的处理时间<sup>[8]</sup>。

2) 分层厚度会影响成型件的表面精度,因为分层厚度越小,成型件的精度和表面品质就越好,但是成形时间越长。分层厚度为 0.015 ~ 0.600 mm。针对光固化型 3D 打印机,分层厚度的大小应比紫外光的最大固化深度小,从而使得 2 个相邻的固化层能够更好地黏接在一起,否则会产生层间漂移<sup>[9]</sup>。

3) 除了本文重点研究的分层厚度对制件精度的影响,影响成型件精度的因素还有光斑直径、扫描

间距、扫描速度等。

通过查阅文献资料得到分层厚度对制件精度的影响<sup>[8]</sup>,如表1所示。

表1 分层厚度对打印制件精度的影响

Table 1 Layer thickness of the print precision parts

分层厚度/mm	扫描间距/mm	扫描速度/(mm·s <sup>-1</sup> )	测量尺寸/mm	尺寸偏差/mm
0.20	0.2	300	29.41	-0.59
0.15	0.2	300	29.69	-0.31
0.10	0.2	300	29.87	-0.13

由表1可知,当分层厚度越小时,其余的各个因素保持不变,尺寸偏差则越小,所以精度越高,但是分层厚度并不能一味地变小。首先分层厚度受到3D打印机硬件参数设置的限制;当分层厚度变得极小时,也许可以提高制件的精度,但是会导致打印时间变长,加大打印成本。所以必须对分层厚度做出最佳选择,在控制打印效率的同时,也要提高打印制件的精度。

### 3.2 最佳分层厚度的计算推导

优化算法:

1) 利用计算机的接口控制,读取 STL 文件数据,获得所有三角形面片的法向向量。

2) 通过计算机得到法向向量与成形方向的夹角。

3) 然后,根据上述计算所得到的夹角及成型件所需的精度,推导出该层所允许的最佳分层厚度<sup>[10]</sup>。

#### 3.2.1 基于贝塞尔曲线的车身函数

针对汽车车身以曲面特征为主,为了使得成型件曲面特征最精确化的表现,故基于曲线曲率推导出最佳分层厚度计算公式。在使用曲率公式之前,必须确定汽车车身的曲线函数 $f$ 。

贝塞尔曲线根据以“逼近”为基础的参数曲线表示法得到,具体的算法思想大致如下:

1) 计算机可读入 STL 文件数据,获得各个三角形面片的顶点数据,经过计算机的处理获得相应的曲线,从而确定汽车曲面的曲线函数。

2) 对于汽车的空间曲线,则可在两视图上分别加以逼近,即将复杂曲线的描绘简化为多边形描绘,这和三角形面片化的思想类似。以下简述贝塞尔曲线的函数构造过程。

在贝塞尔曲线求解之前,先确定某一特征多边形

形的顶点为 $b_i (i=0, 1, \dots, n)$ 。可以这样画出所对应的贝塞尔曲线,具体流程如下:

步骤1 选取固定区间 $t \in [0, 1]$ 在特征多边形以 $b_i$ 和 $b_{i+1}$ 为两端点的第 $i$ 条边上确定一个点为 $P_{i,1}(t)$ ,该点将这条边分成比值为 $t:(1-t)$ 的两端,于是得到

$$P_{i,1}(t) = (1-t)b_i + tb_{i+1} \quad (i=0, 1, \dots, n-1)$$

步骤2 这几个点组成一个 $(n-1)$ 边形,对此新的多边形重复上述操作,又可得到一个 $(n-2)$ 边形的顶点 $P_{i,2}(t) (i=0, 1, \dots, n-2)$ 。

步骤3 依次类推,连续做 $n$ 次重复,只剩下一个单点 $P_{0,n}(t)$ ,它就是贝塞尔曲线上对应于参数 $t$ 的 $P(t)$ 。

步骤4 让 $t$ 在 $[0, 1]$ 间变动,就可以求出贝塞尔曲线上所有的点。此过程可由计算机来进行。

举例 $P_{0,4}(t=1/3)$ ,具体过程如图5所示。

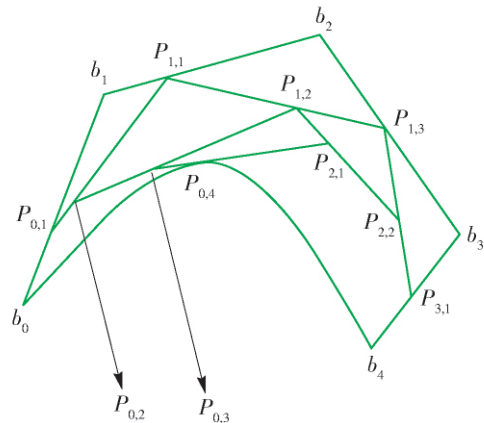


图5 利用特征多边形作对应曲线的方法

Fig. 5 Corresponding polygon method using characteristic curves

贝塞尔曲线可采用一组特殊的基函数表示,其曲线方程为

$$p(t) = \sum_{i=0}^n a_i f_i(t) \quad 0 \leq t \leq 1$$

借助贝塞尔曲线,可近似得到汽车车身轮廓曲线的函数表达 $f$ ,为下面的曲率计算做准备。具体计算过程可由计算机完成。

#### 3.2.2 分层厚度的计算公式

首先,明确曲线曲率的计算公式为 $\rho =$

$\left| \frac{(1+f')^{\frac{3}{2}}}{f''} \right|$  ( $f$ 为曲线轮廓的函数表达)。以凸曲线为例,进行层厚的推导过程,层厚示意图如图6所示。

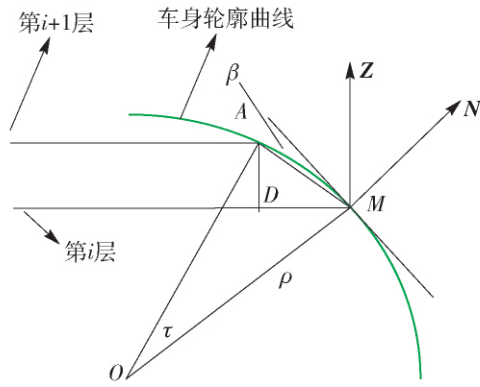


图 6 层厚示意图

Fig. 6 Thickness schematic

步骤 1 将角  $\tau$  设为工件所需的加工精度<sup>[11]</sup>。如图 6 所示, 根据曲线微元的近似处理, 确定 M 点处的三角面片的法向量为  $N$ , z 轴的方向向量为  $Z$ , 求得两向量的夹角为  $\theta$  (注意: 当  $NZ \geq 0$  时,  $\theta$  为锐角; 当  $NZ \leq 0$  时,  $\theta$  为钝角)。

步骤 2 因为微元化之后的线段  $AM$  足够小, 所以  $\beta \approx 0^\circ$ , 则  $\alpha \approx 90^\circ - \theta$ ,  $\angle AMD \approx \theta$ 。

步骤 3 设最终得到的层厚为  $h = AD$ , 弧  $AM$  的长度对应的弦长  $AM = \delta$ , 那么层厚公式为  $h = \frac{\delta}{\sin \theta}$ 。

步骤 4 根据得到的曲率公式, 可以得出在加工精度为  $\tau$  的情况下, 对应弦的长度为  $\delta = 2\rho \sin \frac{\tau}{2}$ 。

步骤 5 最后求出根据  $N$  和  $Z$  求出其夹角  $\theta$ :

$$\cos \theta = \frac{NZ}{|N| \times |Z|}$$

综上所述, 上述情况主要针对的是  $\theta \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$

的情况, 当曲线是凹曲线时, 即  $\theta \in \left(\frac{\pi}{2}, \pi\right)$ 。但是不管哪种情况都满足  $\cos \theta \geq 0$ , 又因为  $\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta}$ , 所以为了避免正负混淆以及凹凸曲线的讨论, 综上所述将层厚公式总结, 并且可以得到基于贝塞尔曲线的分层厚度  $h$ 。

$$\begin{cases} h = \frac{\delta}{\sqrt{1 - \cos^2 \theta}} \\ \delta = 2\rho \sin \frac{\tau}{2} \\ \cos \theta = \frac{NZ}{|N| \times |Z|} \end{cases}$$

#### 4 实验

本次对汽车车身的整体化快速成形, 从 UG 制

图到制件的打印完成, 总计耗时 3 d。利用 SPS300 激光光固化快速成型机对汽车车身进行快速成形, 表 2 为主要工作参数。

表 2 实验参数显示

Table 2 Experimental parameter display

工作参数	数值
填充扫描速度/( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ )	4 500
支撑扫描速度/( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ )	950
轮廓扫描速度/( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ )	4 000
填充向量间距/mm	0.10
补偿直径/mm	0.18
工作台升降速度/( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ )	4.00
总层数	457
顶层高度/mm	45.60
分层厚度/mm	0.1

打印完成之后, 需要去除支撑结构, 然后进行打磨、抛光、喷漆等后处理工序, 如图 7 所示。



(a) 快速成形件



(b) 后处理

图 7 汽车车身快速成形件及后处理

Fig. 7 Auto body parts and rapid prototyping post-processing

## 5 结论

1) 相较于传统的油泥模型汽车车身制造方法,将3D打印用于汽车车身快速成形制造中,可提高汽车车身整体化制造的效率,缩短制造时间.

2) 数字化建模以及三维模型三角面片化的方法,可减少数据传输的误差,实现对汽车车身参数实时修正,提高汽车前期研发时参数选择的准确度.相较于油泥模型技术,3D打印技术可提高设计制造过程中精度控制能力.

3) 基于贝塞尔曲线曲率计算出最佳分层厚度,该分层厚度会更加贴近车身曲线,车身曲面效果会得到最大表征.同时将分层厚度最优化,可提高制件的精度.

4) 本文的研究对汽车研发过程具有较强的指导意义和参考价值,也对3D打印切片软件的研发有一定的指导意义和参考价值.

### 参考文献:

- [1] 林程,王文伟,陈潇凯. 汽车车身结构与设计[M]. 北京:机械工业出版社,2013:3-4,32-33.
- [2] 袁晓红. 油泥模型在汽车车身设计中的应用[J]. 上海汽车,2007(3):30-32.  
YUAN X H. Clay model in car body design application [J]. Shanghai Automotive, 2007(3):30-32. (in Chinese)
- [3] 李东方,陈继民,袁艳萍. 光固化快速成型技术的进展及应用[J]. 北京工业大学学报,2015,41(12):1769-1774.  
LI D F, CHEN J M, YUAN Y P. The development and application of stereoLithography apparatus [J]. Journal of Beijing University of Technology, 2015, 41(12):1769-1774. (in Chinese)
- [4] 王运赣,王宣. 3D打印技术[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2014:4-6.
- [5] 倪红军,吕帅帅,裴一. 基于Pro/E的手机外壳三维造型与快速原型制造[J]. 工具科技,2013(7):17-20.  
NI H J, LÜ S S, PEI Y. Based Pro/E phone shell three-dimensional modeling and rapid prototyping manufacturing [J]. Tool Technology, 2013(7):17-20. (in Chinese)
- [6] 许洪斌,王泗国,陈康. 薄壳类零件的快速成型精度工艺[J]. 重庆大学学报,2005(3):5-8.  
XU H B, WANG S G, CHEN K. Thin shell parts precision of rapid prototyping technology [J]. Journal of Chongqing University, 2005(3):5-8. (in Chinese)
- [7] 崔焕勇,王守仁,高琦. 快速原型制造技术的发展现状与前景[J]. 山东轻工业学院学报,2003(3):167-175.  
CUI H Y, WANG S R, GAO Q. Development present situation and the prospect of rapid prototyping technology [J]. Journal of Shandong Institute of Light Industry, 2003(3):167-175. (in Chinese)
- [8] 赵清,方芳,王鹏. 光固化快速成型制件的精度研究[J]. 机械工程与自动化,2012(2):96-98.  
ZHAO Q, FANG F, WANG P. The precision of light curing rapid prototyping parts research [J]. Journal of Mechanical Engineering and Automation, 2012(2):96-98. (in Chinese)
- [9] 周惦武,徐翔. 快速成型技术的研究进展与发展趋势[J]. 铸造设备研究,2003(2):51-54.  
ZHOU D W, XU X. The research progress and trend of development of the rapid prototyping technology [J]. Journal of Casting Equipment Research, 2003(2):51-54. (in Chinese)
- [10] 丘宏扬,陈松茂,刘斌. 快速成形系统中STL文件切片算法的研究[J]. 锻压技术,2005,30(4):35-39.  
QIU H Y, CHEN S M, LIU B. Rapid prototyping system of STL file of slicing algorithm study [J]. Journal of Forging Technology, 2005, 30(4):35-39. (in Chinese)
- [11] DOLENC A, MÄKELÄ I. Slicing procedures for layered manufacturing techniques [J]. Computer-aided Design, 1994, 26(2):119-126.

(责任编辑 杨开英)

# 特约组稿专家简介



陈继民，教授、博士生导师，北京市数字化医疗3D打印工程技术研究中心主任。兼任中国光学学会激光加工专业委员会委员、中国机械工程学会特种加工专业委员会理事、全国专业标准化技术委员会委员、《激光与光电子学进展》杂志编委、国际光学工程学会（SPIE）会员。1986、1989年在华中科技大学分别获学士学位和硕士学位，2000年在德国Ravensburg从事合作研究，2001年在北京工业大学获博士学位。2011—2012年在美国纽约州立大学布法罗分校做访问学者。作为项目负责人承担并完成了包括国家自然科学基金、北京市自然科学基金以及北京市教育委员会资助项目在内的多项课题。发表论文150余篇，其中SCI、EI、ISTP检索论文80余篇。申报专利18项（10项获得授权），获得软件著作权6项，获第16届全国发明展金奖1项、北京市科技进步二等奖1项，获2016中国产学研合作创新奖。研究领域包括激光快速成型技术、增材制造（3D打印）、激光三维加工技术等。



毋立芳，教授、博士生导师。1991、1994、2003年分别在北京工业大学获学士、硕士和博士学位，1994年硕士毕业后留校任教至今。2005、2009年分别在英国伯明翰大学和美国纽约州立大学布法罗分校做访问学者。研究兴趣包括智能3D打印技术、社会化推荐、体育视频分析、人脸加密与活体检测等。近年来承担国家自然科学基金项目、北京市科技计划项目、北京市自然科学基金重点项目等10余项，发表论文50余篇，其中SCI/EI检索30篇，获授权发明专利20余项。获省部级奖励1项、专业学会奖励3项。学术兼职有中国计算机学会计算机视觉专委会副秘书长、中国电子学会信号处理分会委员及《信号处理》《中国科技论文:信息卷》编委等。



常宇，教授、博士生导师，北京工业大学生命科学与生物工程学院副院长。2004年获工学博士学位。2005年获北京市优秀人才称号，2006年获北京市科技新星称号，并且被纳入这两项的北京市人才培养计划。2011年在华盛顿大学（UW）做高级访问学者。兼任北京精准医学会副理事长、中国心胸血管麻醉学会循环分会副主任委员、中国力学学会动力学与控制专业委员会委员、中国医师协会心血管外科分会心衰专业委员会委员、全国生物力学学会青年工作委员会委员、北京生理科学会青年委员会委员。2012年被评为北京工业大学优秀硕士论文指导教师。2014年被评为“京华人才”。主要从事心血管医学工程方面的研究。主持和参加的科研项目包括国家级、省部级共30余项，研发人工心脏样机2套，出版专著2部，发表论文60余篇，获得国家发明专利10项。



贺定勇，教授、博士生导师。1988—1996年在北京工业大学焊接专业进行本科及硕士研究生学习，毕业后留校任教。2004年获工学博士学位。2001—2002年在同济大学和北京语言大学学习德语。2004—2005年在德国亚琛工业大学做国家公派访问学者。兼任中国机械工程学会表面工程分会委员、青委会委员，中国焊接学会堆焊及表面工程专业委员会委员、青委会委员，《表面技术》《热喷涂技术》杂志编委。主要从事工程材料表面改性理论与技术、先进连接材料与技术及3D打印材料的研究及教学工作。参加了国家“863”、“973”计划和德国科学基金（DFG）资助的课题，主持国家级及省部级各类项目共30余项。发表论文200余篇，其中SCI或EI收录100余篇。获授权国家发明专利57项，获省部级奖2项。



闫健卓，副教授。1998年毕业于吉林工业大学电子工程系通信与电子系统专业，获工学硕士学位；2006年毕业于北京工业大学电路与系统专业，获工学博士学位。主要研究领域为3D打印技术、大数据、基于语义的信息集成、移动数据管理、本体技术应用、语义网的搜索引擎等。主持和参加的科研项目近20项。近年来，合作专著1部，在国际会议及国内核心刊物发表论文30余篇，其中EI收录28篇，申请中医信息垂直搜索引擎系统、基于FLEX的GIS专题地图查询系统V1.0等软件著作权7项。获“十一五”高校科技管理先进个人、北京市委组织部优秀人才培养资助、北京市水务信息管理中心水务局科技进步一等奖、北京工业大学十佳青年、北京市技术市场金桥奖集体二等奖等。