

# 基于杰魔的铝合金零件逆向建模及压铸模具设计

龚海军<sup>1</sup>, 周涛<sup>1</sup>, 李欢<sup>1</sup>, 彭军<sup>2</sup>

(1. 重庆交通大学 机电与车辆工程学院, 重庆 400074; 2. 重庆德运模具制造有限公司, 重庆 402247)

**摘要:** 为快速响应市场、提高研发效率, 对某铝合金信号放大器外壳进行逆向建模和压铸模具设计。首先采用ATOS蓝色激光扫描系统进行测量, 然后应用Geomagic Design X (杰魔) 软件对测量所得点云数据进行处理和逆向建模; 根据逆向所得原型进行压铸工艺分析后, 结合压铸模具设计理论及经验对该产品进行压铸模具设计。研究过程表明, 采用基于激光扫描和杰魔结合的逆向建模方法建模快捷、尺寸准确, 通过产品逆向设计和经验的模具设计方法能快速研发出新产品及其压铸模具。

**关键词:** 逆向工程; 铝合金压铸; 模具设计; 杰魔

## 作者简介:

龚海军(1978-), 男, 讲师, 博士, 主要从事铸造工艺及逆向工程与快速成形技术研究。E-mail: ghj@cqjtu.edu.cn, 电话: 13983007545

中图分类号: TG249.2  
文献标识码: A  
文章编号: 1001-4977(2020)06-0596-06

基金项目:  
重庆市科委基础研究与前沿探索(cstc2017jcyjA1654), 华中科技大学材料成形与模具技术国家重点实验室开放基金(P2019-003)。  
收稿日期:  
2019-12-26 收到初稿,  
2020-02-16 收到修订稿。

压铸是一种高效近净成形工艺, 压铸件近年来在各行业的使用越来越广泛<sup>[1-2]</sup>。随着市场竞争加剧, 高效率、低成本、个性化及创新已成为企业提高竞争力的核心<sup>[3-4]</sup>。在产品领域, 传统的正向设计和测量方法在很多情况下已难以满足“快、好、省”的开发要求, 从而使得逆向工程(RE)技术得到快速发展和应用<sup>[5-6]</sup>。RE可通过不同测量设备, 将现实的立体信息转换为计算机可处理的点云数据, 从而将处理结果用于不同场合的计算机辅助交流(CAX)<sup>[7]</sup>, 提高设计和生产效率<sup>[8-9]</sup>。

本文采用基于蓝光技术的ATOS系统对某铝合金信号放大器壳体零件进行逆向测量和建模, 然后将模型导入3D绘图软件对零件直接分模, 进而设计出该壳体零件的压铸模具。

## 1 零件的逆向测量

图1所示为零件测量所采用的ATOS Compact Scan 5M光学三维数据采集扫描仪。

ATOS扫描仪利用光学三角形原理, 采用两个电荷耦合器件(CCD)摄像头检测物体形状, 并合成三维数据<sup>[10]</sup>。它还支持利用探针检测, 对镜面等高反射表面及深孔等用CCD摄像头难以拍摄的物体, 由探针实施辅助检测。该扫描仪在精度、锐化度和完整性方面均可达到基准质量水平, 其技术规格见表1。

考虑到该铝合金零件内表面反光较强, 为得到高精度测量结果, 对其表面均匀喷涂显像剂<sup>[11]</sup>。由于ATOS扫描头需要对壳体各表面分别扫描, 然后进行面点云数据的拼合<sup>[12]</sup>, 这需要在两片获取点云数据的表面重叠区域布置参考点, 即在备测零件上贴黑圈白点。系统软件通过对这些参考点的三维数据进行配准计算和坐标转换, 最终实现多片点云数据的拼合。零件喷涂显像剂并贴参考点后的效果见图2a和图2b, 扫描获取的点云数据见图2c所示。

## 2 零件的逆向建模

### 2.1 点云数据处理

将扫描所得原始点云数据导入杰魔中, 对点云数据进行相应预处理。首先进

行“杂点消除”，删除噪音点；再根据比率“采样”精简云点，然后“平滑”，最后对点云数据“三角面片化”，通过软件自带的面片修补精灵进行修补等处理。点云预处理及最终三角网格修复后效果如图3所示。

## 2.2 模型重构

在逆向工程中，模型的构建是利用点云数据重建为实体的过程。系统根据点云的曲率和几何特征将表面划分为多块领域<sup>[13]</sup>，并用不同颜色区分，见图4a。为建立操作平面，方便平移、旋转及快速切换视图和确定位置等各种操作，采用圆心结合平面的方式与系统坐标对齐。随后使用“面片草图”功能获取零件截面数据，进行草图的编辑与修改，生成封闭截面，见图4b。

建立零件草图后，通过拉伸和回转等命令生成实体（图5a），再将生成的实体做细节修整，得到与原轮廓一致的零件模型，见图5b。



图1 ATOS Compact Scan 5M三维光学扫描仪  
Fig. 1 Three dimensional optical scanner-ATOS Compact Scan 5M

表1 ATOS Compact Scan 5M技术规格  
Table 1 Technical specifications of ATOS Compact Scan 5M

项目	参数
扫描仪尺寸/mm	34 × 130 × 230
相机	五百万像素 × 2
点距/mm	0.017 ~ 0.481
扫描范围/mm <sup>2</sup>	40 ~ 1 200
工作距离/mm	450 ~ 1 200
工作温度/℃	5 ~ 40
电源 (AC) /V	90 ~ 230

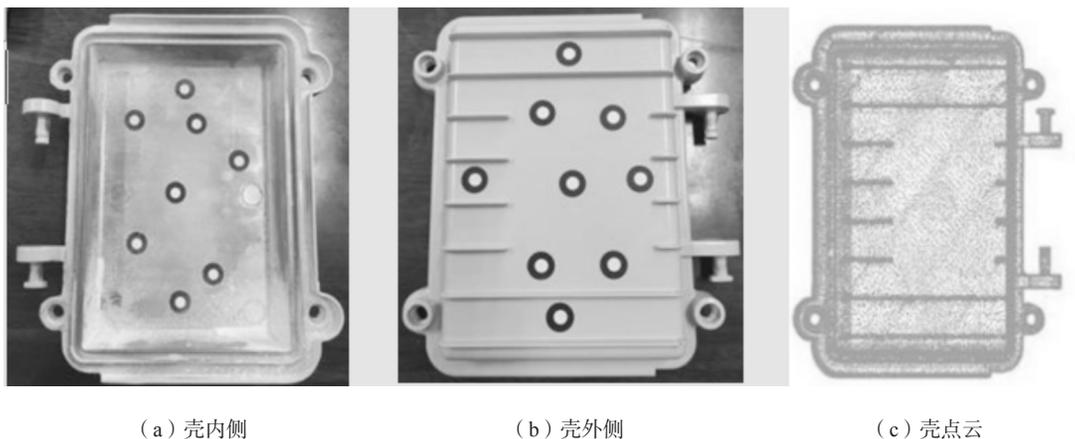


图2 信号放大器外壳及其点云  
Fig. 2 Signal amplifier shell and its point cloud

为验证逆向建模尺寸的准确性，将逆向模型与经预处理后的点云进行比较分析（设定误差上下限  $\pm 4 \text{ mm}$ ），见图6所示。由误差标量颜色显示可见，逆向壳体零件内外侧平面误差极小，图中所选点误差主要集中在  $\pm 1 \times 10^{-2} \sim \pm 1 \times 10^{-1} \text{ mm}$  区间，最大误差主要分布于模型内侧的边沿，数量在1 mm级。

需要在此指出，本研究中激光扫描所得点云与逆向模型的误差主要集中于零件内侧边沿附近的密封槽处（图6a），这主要是由于激光扫描前喷涂了显像剂，而逆向建模时考虑到了“零件设计意图”并对局部尺寸进行了圆整所致。虽然对模型尺寸进行圆整与

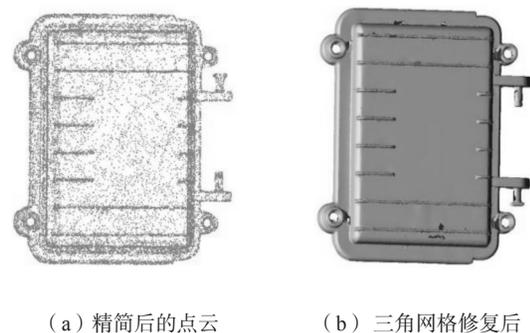
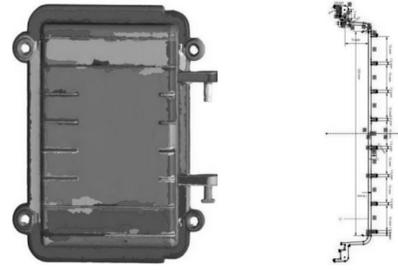


图3 点云数据处理效果  
Fig. 3 Effect of point cloud data after preprocessing

再设计会导致模型与点云较大的局部误差，但这也体现了逆向工程中理解零件的设计意图（“灵魂”）重于设计尺寸（“躯壳”）的本质。

逆向模型与点云的绝对偏差与标准偏差分布见图7。结合Geomagic详细分析文件可知，绝对偏差值在-0.75~+0.75 mm范围内的点数占比97.55%，而根据图7b测量点标准偏差的正态分布结果，在3个标准偏差内的点数占比高达98.74%，可见逆向模型与激光扫描点云高度贴合。

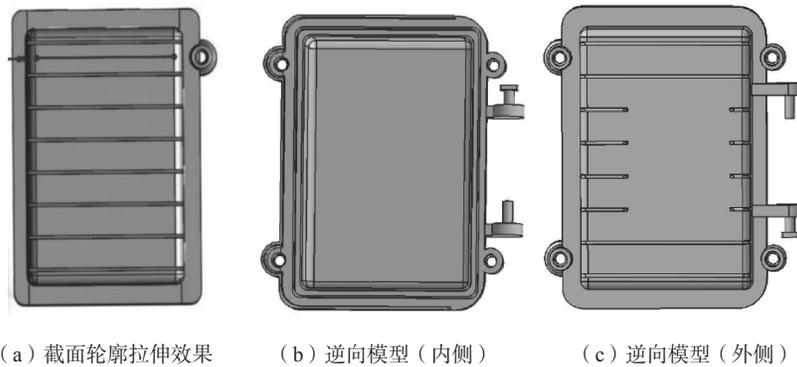
为检验逆向模型效果，采用分辨率为0.047 mm级的



(a) 面片领域划分 (b) 点云截面轮廓

图4 领域划分和截面草图

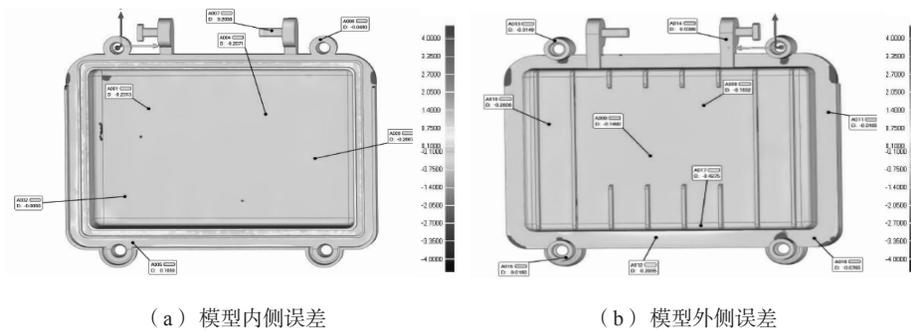
Fig. 4 Effect of point cloud divided by region and its section sketch



(a) 截面轮廓拉伸效果 (b) 逆向模型（内侧） (c) 逆向模型（外侧）

图5 零件逆向效果图

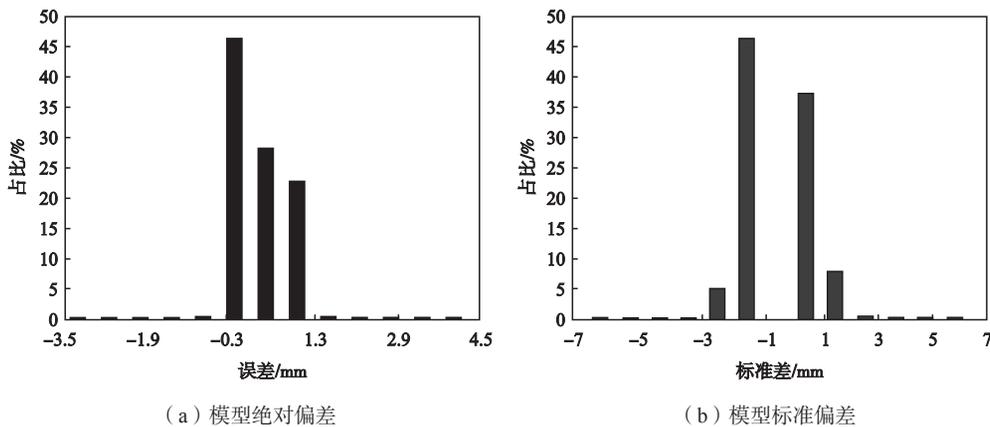
Fig. 5 Part drawing produced using inverse modeling method



(a) 模型内侧误差 (b) 模型外侧误差

图6 逆向模型与点云数据对比

Fig. 6 Comparison of inverse model and point cloud data



(a) 模型绝对偏差 (b) 模型标准偏差

图7 逆向模型与点云数据的偏差

Fig. 7 Deviations between reverse model and point cloud data

Anycubic光固化快速成形机进行2:1打印,效果见图8。从槽、孔、柱、加强筋等零件细节看,逆向模型的光固化模型完全反应出原型特征,且表面光滑(图中快速原型外表面密集的点状为去除支撑所留痕迹),内外转角及边沿处过渡圆滑。经游标卡尺(精度0.02 mm)对金属原型和快速原型的轮廓、槽等主要特征测量,对比发现快速原型尺寸误差最大在0.07 mm内,公差等级在IT9~IT10。这表明激光扫描、逆向重构原型、模型等比缩放打印后累计误差能控制在合理范围,基于激光扫描与杰魔重构的模型质量达到零件公差要求。

### 3 压铸模具设计

#### 3.1 铸件压铸工艺分析

信号放大器外壳材料采用YL112,尺寸为150 mm×127 mm×35 mm,平均壁厚2 mm,要求精度CT5(误差范围±0.3 mm)。零件整体上为较规则的长方形槽壳体,外置凸出螺纹孔(后期加工)和安装转轴,设有散热薄片和边沿安放密封胶的凹槽。结合该零件特征并根据分型面选择原则<sup>[14]</sup>,确定如图9a所示分型面。由于零件外表面含有较多竖直散热薄片,不宜选择中心浇注,故选择扁平侧浇口,见图9b。

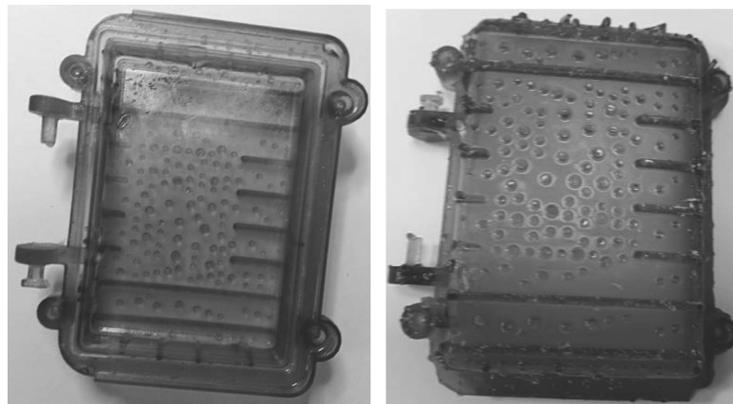
根据压铸件最大截面及浇排系统投影面积,结合40 MPa注射压力推荐值计算<sup>[15-16]</sup>,得锁模力1 099 kN,选用J1113G卧式冷室压铸机。然后经过压室实际容量的核算,选择 $\Phi 60$  mm满足设计要求。

#### 3.2 模具参数计算

压铸机决定压铸模厚度范围,压铸机动座板行程则决定取出压铸件所需的距离。根据铸件大小和所需安全值,压铸件脱模取出所需最小距离为85 mm,小于所选压铸机动模座板最大行程350 mm,符合要求;内浇道深度为1.8 mm,取扇形浇道入口厚度为10 mm,宽度为8.6 mm,测量开口角为60°,符合要求。根据零件结构,模具设计两个溢流槽,又根据铸件溢流槽的容积占比,确定溢流槽半径8 mm,溢流口长12 mm,厚0.8 mm。

#### 3.3 压铸模具装配

铝合金信号放大器压铸模见图10所示。定模12固定在浇口套9一侧的定模套板13上,动模14被固定在动模套板15上。压铸机工作时,模具合模,活塞压射铝液充满型腔,保压后直接开模,当动模和定模分开到

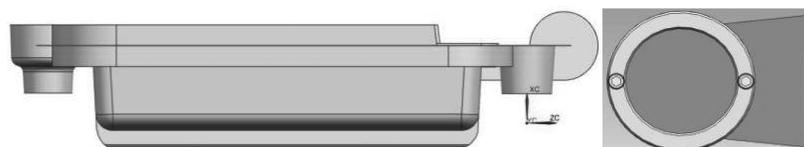


(a) 光固化原型(内侧)

(b) 光固化原型(外侧)

图8 光固化快速成形方法打印的模型

Fig. 8 Model printed by stereo lithography apparatus (SLA)

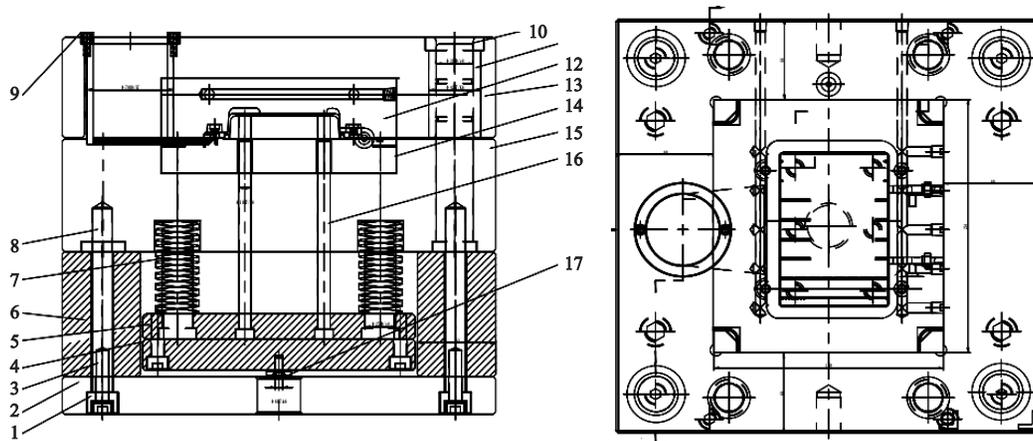


(a) 分型面

(b) 扁平侧浇道(顶视)

图9 压铸件分型面确定及浇道设计

Fig. 9 Design of die-casting parting face and ingate



(a) 模具二维装配图 (主视图)

(b) 模具二维装配图 (俯视图)

1. 沉孔 2. 动模座板 3. 螺钉 4. 推板 5. 推杆固定板 6. 垫块 7. 复位弹簧 8. 套板螺钉 9. 浇口套  
10. 导柱 11. 导套 12. 定模 13. 定模套板 14. 动模 15. 动模套板 16. 推杆 17. 限位钉

图10 模具总装图

Fig. 10 Assembly drawing of die-casting die

能方便取出铸件的一定距离时停止<sup>[17]</sup>。然后，顶出机构通过顶杆固定板5和顶杆16传递推力将铸件顶出，最后动模14通过弹簧复位机构7复位。

## 4 结论

(1) ATOS蓝色光学扫描仪可通过喷涂和粘贴参考点准确获取金属零件点云数据，为逆向建模提供高精度几何参数。

(2) 基于杰魔可快速实现点云数据的预处理，并通过点云分区-定位-面片草图操作-拉伸-回转-修剪等系列操作实现建模，逆向模型符合零件公差要求。

(3) 通过ATOS扫描与杰魔建模的逆向工程可为产品研发和模具设计提供原型参数，提高研发效率和市场响应速度。

### 参考文献:

- [1] 谢婧. 四面抽芯盒体类铝合金压铸模设计 [J]. 模具制造, 2017 (11): 57-60.
- [2] SANTOS Silvano Leal dos, ANTUNES Renato Altobelli, SANTOS Sydney Ferreira. In fluence of injection temperature and pressure on the microstructure, mechanical and corrosion properties of a AlSiCu alloy processed by HPDC [J]. Materials and Design, 2015 (88): 1071-1081.
- [3] 朱思华, 王海雄. 剃刀架逆向工程建模与注射模设计 [J]. 模具制造, 2017 (11): 47-50.
- [4] 刘勇, 赖啸, 郭晟, 等. 基于Geomagic的叶轮逆向建模与再设计研究 [J]. 机械工程与自动化, 2017 (6): 51-52, 56.
- [5] 陈洋, 白日红, 丛广辉, 等. 基于ATOS Scan Box三维测量系统快速检测核电末级大叶片的研究 [J]. 内蒙古科技与经济, 2017 (13): 75-76.
- [6] 高志华, 刘旸, 潘春生, 等. 基于逆向工程的工业产品数字化设计与数控加工应用研究 [J]. 新技术新工艺, 2019 (6): 33-36.
- [7] 孟凡荣, 肖冰, 徐恒斌. 易变形件模具ATOS光学检测方法研究 [J]. 机械工程师, 2016 (7): 102-103.
- [8] 何静宇, 崇云雪. 逆向工程在塑料牙刷生产中的运用 [J]. 南方农机, 2019 (12): 184.
- [9] 许文全, 何文学, 陈国金. 反求工程技术及其应用 [J]. 铸造, 2005, 54 (8): 749-753.

- [10] 苏发. 影响ATOS系统测量误差因素的分析 [J]. 制造技术与机床, 2008 (10): 129-133.
- [11] 张潇予. 基于ATOS扫描的异形件形貌检测与逆向技术研究 [D]. 长春理工大学硕士学位论文, 2014: 22-24.
- [12] 林成辉, 鞠鲁粤, 应成勇. 基于逆向工程的点云采集与曲面重构 [J]. 现代机械, 2009 (1): 18-20.
- [13] 胡双喜. 基于逆向工程的个性化产品创新设计与模型制作 [J]. 机械工程与自动化, 2019 (5): 197-199.
- [14] 陈学美, 朱仁举. 铝合金后轮罩真空压铸工艺优化设计 [J]. 铸造, 2017, 66 (9): 952-957.
- [15] 朱灿. 铸铝电机转子压铸模具设计与工艺参数优化 [D]. 南京理工大学硕士学位论文, 2016: 20.
- [16] 张玉玺. 户外圆桌面铝合金扇形件压铸模具设计 [J]. 铸造, 2017, 66 (6): 586-589.
- [17] 朱楠, 丁林. 壳体组合件铝合金压铸模具设计 [J]. 特种铸造及有色合金, 2014, 34 (2): 178-180.

---

## Reverse Modeling and Die Casting Die Design of Aluminum Alloy Parts Based on Geomagic

GONG Hai-jun<sup>1</sup>, ZHOU Tao<sup>1</sup>, LI Huan<sup>1</sup>, PENG Jun<sup>2</sup>

(1. School of Mechatronics and Vehicle Engineering, Chongqing Jiao Tong University, Chongqing 400074, China; 2. Chongqing Deyun Mold Manufacturing Co., Ltd., Chongqing 402247, China)

### Abstract:

In the study, reverse modeling of an aluminum alloy signal amplifier shell and its die-casting die design were carried out to respond quickly to the market and improve R&D efficiency. Firstly, the measurement was done by using the ATOS blue laser scanning system, and then the point cloud data was processed and reverse modeling was carried out by the Geomagic Design X software. After the die casting process was analyzed, the die casting die was designed according to the reverse-derived prototype combining with the die casting die design theory and experience. The study process shows that the reverse modeling method based on the combination of laser scanning and Geomagic is effective and accurate, and the new product and its die casting die can be quickly developed through product reverse design and experienced method of die design.

### Key words:

reverse engineering; aluminum alloy die casting; die design; Geomagic Design X

---