

汽车发电机端盖的快速原型制造研究

李岩¹, 赵旭东², 孙志莹³

(1. 锦州师范高等专科学校 机械电子工程系, 辽宁 锦州 121001; 2. 辽宁工业大学 机械工程与自动化学院, 辽宁 锦州 121001; 3. 江苏科技大学 机械工程学院, 江苏 镇江 212003)

摘要:针对端盖外形特征及逆向重构中误差的主要来源进行了分析,为了获取较为精确的端盖实体模型并提高多孔类零件的建模效率,采用正逆向混合建模技术完成端盖的模型重构。重构中对端盖边界及深孔位置运用二次正向设计的方法修正了端盖在逆向建模中的误差,通过对重构后点云模型的精度校验验证了该方法的有效性,并借由3D打印技术得到了端盖的实物模型。

关键词:发电机端盖;正/逆向混合建模;二次正向设计;逆向精度;快速原型制造

中图分类号:TP391.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2020)03-0060-03

Research on Rapid Prototyping of Automobile Generator End Cover

LI Yan¹, ZHAO Xudong², SUN Zhiying³

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Jinzhou Normal college, Jinzhou 121001, China; 2. School of Mechanical Engineering and Automation, Liaoning University of Technology, Jinzhou 121001, China; 3. College of Mechanical Engineering, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

Abstract: This paper analyzes the shape characteristics of the end cap and the main source of error in reverse reconstruction. To obtain a more accurate end-face solid model and improve the modeling efficiency of the porous parts, the forward and reverse hybrid modeling technique is adopted in the modelling of the end cover. The errors of the end cover occurring in reverse modeling are corrected by using the method of secondary forward design for the end cover boundary and deep hole position in the reconstruction. The validity of the method is verified by the precision test of the reconstruction point cloud model, and the physical model of the end cover is obtained by 3D printing technology.

Keywords: generator end cover; forward and reverse modeling; secondary forward design; reverse precision; rapid prototyping manufacturing

0 引言

随着汽车工业的不断发展,逆向工程技术(reverse engineering)已成为一种消化吸收先进技术、实现产品创新设计和快速开发的重要手段^[1-3]。借由相关逆向工程软件完成产品的CAD模型重构,可为零件结构的再设计或轻量化设计提供用于求解的模型,并为快速成型制造或数控加工做好相关准备。然而以端盖为代表的具有复杂结构的多孔类零件快速原型制造过程中仍有不足之处。文献[4]在完成端盖模型逆向重构时,先采用曲线曲面对点云数据进行拟合,再将拟合得到的曲面数据进行缝合完成端盖的逆向重构,但此种方法在曲面间修剪与缝合次序中出现差错时极易造成模型重构后变为壳体而出现失败。文献[5]利用正逆向混合建模的方法实现了发电机端盖的逆向重构,但在对深孔及扫描边缘钝化位置并未给出较好的处理方法。文献[6]主要通过三维建模软件Pro/Engineer经正向设计后,通过SPS450B紫外光快速成型机实现了发电机端盖的快速原型设计研究。

本文以某进口发电机端盖为代表的多孔类零件为例,对其结构特征及逆向重构中误差的主要来源进行了分析。在逆向建模过程中对端盖边界及深孔位置运用二次正向设计的方法修正了端盖在逆向建模中的误差,提高了建模精度并借由3D打印技术完成了端盖逆向重构后样件的制作,验证了这一建模方法的可行性,同时在端盖样件试制过程中对模型打印精度及表面质量的控制上给出了相关的解决方法。

1 逆向工程技术

1.1 点云数据的获取与预处理

本例选用COMET L3D三维结构光扫描仪完成发电机端盖三维点云数据的获取,其扫描误差可控制在0.03 mm以内。发电机端盖实物模型如图1所示。将端盖内外表面经两次扫描获取的点云数据进行拼接并进行数据封装处理,得到发电机端盖点云数据如图2所示。

基金项目:江苏科技大学博士科研启动基金资助项目

第一作者简介:李岩(1982—),女,辽宁锦州人,讲师,硕士,研究方向为计算机辅助设计。



图1 发电机端盖
实物模型



图2 发电机端盖点
云数据

通常经扫描得到的点云数据都会掺杂一些诸如坏点、跳点等异常数据,Geomagic Studio 软件对扫描得到的初始点云模型具有强大的修复功能,可将初始点云数据经由这一软件完成初级修复。通过观察图2的点云数据不难发现内含多处黄色区域,即为扫描仪未扫到的几何特征。这一问题的出现主要是由于零件部分特征过深或是由于遮挡没有完全暴露在扫描仪的光线下导致的,并且在扫描过程中工件精加工面的边缘位置也极易出现钝化现象。为保证后续模型重构的顺利进行,对于黄色区域的几何特征可利用软件中的孔填充命令进行适当修复。根据建模经验修复后的深孔结构孔的外表面应至少保证有2/3的点云数据,这样在进行模型重构过程中可利用三点圆命令较为准确地拟合出深孔特征的圆心位置(因本刊为黑白印刷,如有疑问请咨询作者)。

模型经修复后在整个预处理的操作中,对于模型坐标系的正确构建是至关重要的,它将影响到后续 CAD 模型的建立能否满足重构精度的要求。点云数据建立坐标系时,可应用 Geomagic Studio 软件选择模型点云数据内表面拟合出端盖的回转轴,再以端盖口下表面拟合出最佳平面作为 xy 基准平面。由于发电机端盖从模型构建方式上为回转体零件,在坐标系建立过程中只需拟合出一个平面及与其垂直的轴线即可将端盖进行约束,再通过创建对的方式以确定发电机端盖在全局坐标系下的 xy 平面与 z 轴,从而合理创建出点云数据的坐标系。坐标系的建立如图3所示。

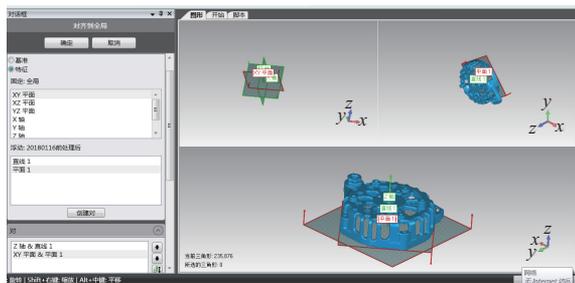


图3 创建坐标系

1.2 CAD 模型构建

完成点云数据预处理后即可进行模型重构。通过上文对图2的分析可知,由于非接触式扫描仪自身工作特点导致了扫描的点云数据出现了较多的破损及边缘钝化现象,且由于扫描得到的初始点云数据自身的缺陷无法进行模型快速原型制造。因此想要完成模型快速原型制造就需

要对点云数据进行二次重构。目前在曲线曲面拟合上,3次 B 样条曲线和 NURBS 样条曲线以其良好的光顺性以及可控性被广泛应用在 CAD 系统中^[7]。所以为了高效、准确地完成模型的重构,选择将发电机端盖的三维数字模型以 STL 格式导入 CATIA 中进行三维实体模型的创建。

目前,逆向工程中对于 CAD 模型的重构主要采用“正/逆向相结合”的混合建模思想^[5]。正/逆向混合建模的设计思想其精髓在于先利用零件设计模块中的凸台或旋转命令绘制出零件的大致形状,以经过预处理后得到的点云数据为零件设计的基准,在逆向点云编辑模块中获取零件点云模型截面的形状信息作为零件实体特征草绘的基准。再通过创成式外形设计模块以及逆向曲面重构模块中拉伸、旋转以及扫掠等相关命令,配合零件设计模块中的凸台、凹槽和圆角等命令完成对所需的实体特征及曲面的重建。在模型重构过程中为了保证模型的逆向精度,每次进行实体特征重构过程时可对底层草绘或拟合的曲面进行反复调整来提高模型重构时的拟合精度。

在模型重构过程中也应注意,由于进行逆向重构的模型是铸件且已经是成型产品,零件在模具制造过程、铸造过程、机械加工过程以及装配过程中都会存在一定误差与损伤,且模型在扫描过程中即使扫描设备精度再高也避免不了误差的存在,因此所得到的点云数据与产品的最初设计尺寸间会存在一定差距,这就需要在模型重构过程中对一些细微特征进行模型底层草图的再设计,以求最真实地还原模型的最初设计结构。

通过观察端盖外部结构可发现:端盖整体结构为回转体零件,并且其上分布有多种不规则的散热孔及挂角。因此在模型重构过程中,可在逆向点云编辑模块中截切出端盖的最大截面作为实体旋转特征的草绘基准,而后转入零件设计模块中以截切到的截面形状为参照勾勒出草图,再进行旋转可得到端盖的实体外形。之后通过相同的截切办法可得到各散热孔的截面形状作为孔切除操作时的草绘基准,与此同时对于不规则孔可采用样条曲线与三点圆弧命令联合使用的方式完成孔特征的拟合,最后通过实体切除来创建端盖的孔特征。对于非通孔结构可利用创成式外形设计模块拟合出平面,建立孔特征时通过孔拉伸到面的方式完成非通孔特征的创建。对于扫描过程中的深孔特征,为了更加准确地拟合出孔的圆心位置应尽量采用三点圆命令进行拟合,在圆半径确定上应采用卡尺多次测量求均值与点云数据共同作为参考基准的方式完成深孔特征的创建。对于不易测量的深孔结构可采用硅胶翻模的方式获取其结构特征。此外对于模型点云数据中存在的边缘钝化问题,可在拟合过程中以直线直接逼近钝化位置的方式来解决。经模型重构后最终得到的 CAD 模型如图4所示。通过面提取命令提取出 CAD 模型的各个表面,与经预处理后的点云数据模型进行比较,精度检测云图如图5所示。由整体精度检测云图可看出,最大正值为 0.993 mm,最大负值为 -0.996 mm,因发电机端盖为铸件模型构建误差基本控制在 ± 0.5 mm 之间,因此精度完全满足其制造要求。

2 端盖的快速原型制造

在端盖样件的试制过程中,本例选用 FDM360mc 型工

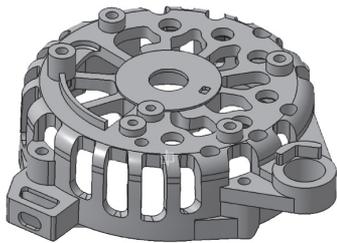


图4 端盖的CAD模型

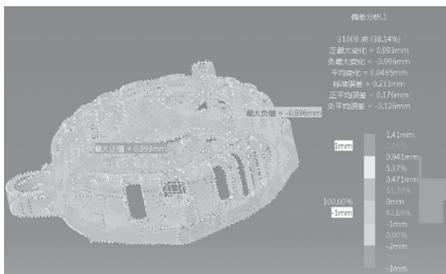


图5 精度检测云图

业级 3D 打印机完成发电机端盖的制作。3D 打印数据格式以 STL 格式最为常用^[8]。本例采用 STL 文件格式完成模型的分层与切片,在进行分层前应确保重构后的端盖 CAD 模型无实体相交及裂缝现象,并且生成的 STL 文件无漏洞。

由数据处理之后得到的 STL 文件可能会存在“错误”。这些所谓的错误虽然在正常的建模软件中不会显示,但 3D 打印对于模型的质量要求较高,若 3D 打印机在打印过程中模型存在问题打印就会被迫中止,从而导致整个打印过程失败。为避免这一问题的出现,可在 Netfabb 软件中打开用于打印的模型文件进行校验。若模型全部为绿色显示并未出现红色的“叹号”警示标志时,表明端盖的 STL 文件没有漏洞等相关错误,可以直接用于打印。模型在打印前也应综合比较打印过程中打印材料与支撑材料的耗损和打印时间长短等问题来选择合适的放置方向,同时也要充分考虑到模型安装特征的精度、表面质量以及支撑去除难度等问题。本例选择端盖口朝下放置在工作台上,设定好相关的打印技术参数后开始依次执行模型件的分层、支撑创建和刀路轨迹生成等操作。分层后的模型刀路轮廓如图 6 所示。分层结束后为保证模型制备满足强度要求,可显示刀路宽度并可自底向上逐层查看刀路轨迹是否存在大面积空刀现象。若存在大面积空刀现象,可在其层厚允许的小范围内进行调整来实现空缺位置材料的填充。

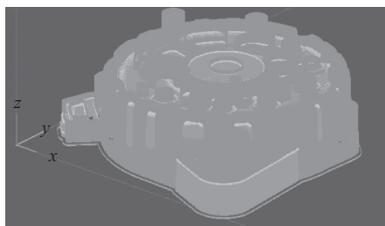


图6 模型刀路轮廓

在样件试制时选用的成型材料为 ABS,是目前产量最大且应用最为广泛的聚合物,其熔点较高,具有良好的热塑性。对于 3D 打印,模型分层厚度及打印过程中摆放方式对于模型表面粗糙度有较大影响。经实践证明,在层厚一定的条件下,将重要成型表面作为分层的最顶层完成打印,其表面质量将有较大改善。待打印结束后取出模型,将支撑结构完全溶解后得到的发电机端盖样件,如图 7 所示。

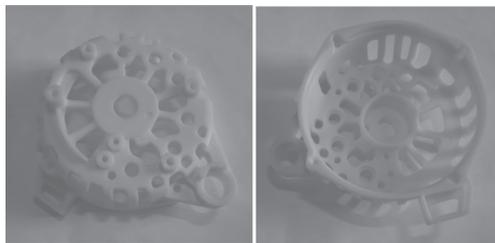


图7 发电机端盖样件

3 结语

快速原型制造技术对于小批量尤其是单件产品的制造具有显著的时间和成本优势。对于多孔类复杂零部件的逆向重构中,在运用正逆向混合建模技术完成模型重构时,对模型点云数据边界具有钝化及深孔的位置,运用二次正向设计的方法进行设计可有效提高模型的重构精度。对于铸件结构端盖的模型构建误差基本控制在 ± 0.5 mm 之间。在端盖样件的试制过程中,通过调节端盖摆放方式以及内部刀路轨迹能够使产品表面质量与强度得到一定保证。通过端盖样件的制备也验证了正/逆向混合建模与特殊结构二次正向设计联用的方法可提高模型重构精度的可行性,能够为多孔类复杂结构零部件的开发提供有效的设计手段。

参考文献:

- [1] 周小东,成思源,杨雪荣,等.基于逆向工程的参数化优化设计[J].组合机床与自动化加工技术,2016(3):37-40.
- [2] 王春香,康凯,梁亮,等.汽车转向节零件的参数化快速逆向设计[J].组合机床与自动化加工技术,2019(9):144-147.
- [3] 李庆,邢志勇.工业产品的逆向工程技术及应用[J].重庆文理学院学报(社会科学版),2016,35(2):102-105,115.
- [4] 李卫民,马平平.发电机端盖逆向重构技术研究[J].辽宁工业大学学报(自然科学版),2016,36(6):379-381.
- [5] 李卫民,赵文川,马平平,等.基于COMET L3D三维结构光扫描仪的逆向技术研究[J].机床与液压,2017,45(20):30-34.
- [6] 高奇,李卫民.汽车发电机端盖的快速成型制造技术研究[J].汽车工业研究,2017(6):48-50.
- [7] 唐兆丰.东安513型发动机密封性性能关键技术研究[D].锦州:辽宁工业大学,2019.
- [8] 黎鹏.基于三维扫描与3D打印的机件建模方法研究与实现[D].邯郸:河北工程大学,2016.

收稿日期:2019-09-30