

注塑机螺杆的逆向重构技术研究

潘俊兵¹,鲁腾飞²,李俊涛¹,乔女¹,徐家忠¹,宁栋³

(1. 陕西国防工业职业技术学院 智能制造学院,陕西 西安 710300;

2. 陕西汉来达智能装备科技有限公司,陕西 西安 710048;

3. 西安近现代化学研究所,陕西 西安 710065)

摘要:针对注塑机螺杆结构复杂、形状精度要求高、优化设计周期长等问题,运用逆向建模方法,利用 Win3D 型三维扫描仪及 Geomagic Wrap 软件采集该注塑机螺杆的点云数据,将其封装为曲面,导入逆向建模软件 Geomagic Design X 中,高精度创建其三维数字化模型,为注塑机螺杆的优化设计提供高精度模型。经误差分析软件 Geomagic Control 的检测,注塑机螺杆的逆向模型误差不超过 0.02 mm,满足工业设计要求。

关键词:反求工程;逆向设计;优化设计;注塑机

中图分类号:TG659, TP391.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2023)01-0163-03

Research on Reverse Reconstruction Technology of Injection Molding Machine Screw

PAN Junbing¹, LU Tengfei², LI Juntao¹, QIAO Nyu¹, XU Jiazhong¹, NING Dong³

(1. Institute of Intelligent Manufacturing, Shaanxi Institute of Technology, Xi'an 710300, China;

2. Shaanxi Hanlaida Intelligent Equipment Technology Co., Ltd., Xi'an 710048, China;

3. Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: In view of the complicated structure of the injection molding machine screw, its shape of high accuracy requirements and long cycle of optimization design, by reverse modeling method and with the Win3D three-dimensional scanner and Geomagic Wrap software, the point cloud data of the screw of the injection molding machine is collected, encapsulated into a curved surface and imported into the reverse modeling software Geomagic Design X to create its 3D digital model with high precision and provide high-precision model for the optimized design of the injection molding machine screw. The error analysis software Geomagic Control shows that the error of the reverse model of the injection molding machine screw does not exceed 0.02 mm, which meets the needs of the industry.

Keywords: reverse engineering; reverse design; optimization design; injection molding machine

0 引言

注塑机是模具发展的重要推动机具,注塑螺杆的传动精度直接影响注塑机的性能^[1-3]。然而注塑螺杆结构复杂,优化设计费时费力,效率低,不利于正向创新设计。近年来,我国在机械工业领域取得了长足的进步,计算机技术不断融入工业领域,机械设计也不再以传统的正向设计为主,逐渐进入以逆向设计为主^[4-6]。逆向设计具有研发成本低、设计周期短的特点。尤其对于复杂零件,逆向设计具有独特的优势,已被广泛应用于航空、汽车、电器、摩托车等产品的优化与创新设计^[7-9]以及相关零件的修复。逆向设计逐渐进化为消化、吸收先进技术的重要手段^[10-11]。本文运用上述技术,针对注塑机螺杆的重构技术展开研究,为提升注塑机的整体性能提供技术支持。

1 逆向设计的基本流程

逆向工程是将物体转化为数字化模型的专业技术,是新型产品设计的重要手段,尤其对于不规则零件。因此,近年来得到了快速发展^[12]。逆向设计的流程如图 1 所示。该方法结合了正、逆向设计的优势,是一种新型建模手段,可有效解决异形结构零件建模困难的问题。

2 注塑机螺杆的逆向设计方法

2.1 研究对象及设备

注塑机螺杆是注塑机的关键部件(图 2),用于传递位移。提高螺杆的形状精度,有利于提高注塑机的整体性能。本文以某注塑机螺杆作为研究对象,运用逆向设计技

基金项目:2019 年陕西高等教育教学改革研究重点项目(19GZ012);陕西省国家“双高计划”建设学校思政课题(SGKCSZ2020-827);陕西高等教育教学改革研究项目(17GY014)

第一作者简介:潘俊兵(1992—),男,甘肃天水人,博士研究生,研究方向为机械设计与智能制造。

术,高精度创建其数字化模型,可为优化设计提供模型保障,从而缩短螺杆的优化周期。此过程中主要使用的软硬件设备有 Win3D 型三维激光扫描仪、Geomagic Wrap 点云处理软件及 Geomagic Design X 逆向建模软件等。

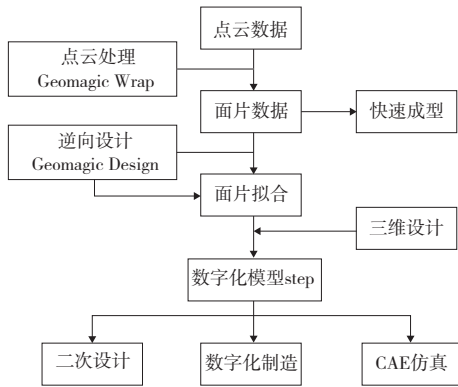


图1 逆向设计的基本流程图

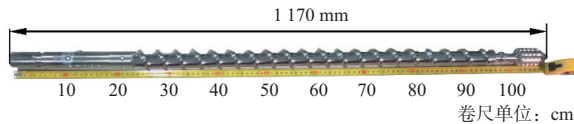


图2 注塑机螺杆

2.2 逆向建模方法

1) 总体思路

首先,用激光扫描仪采集注塑机螺杆表面的点云数据。由于螺杆长度超出了激光扫描仪的作业范围,故进行分段扫描,而后进行点云组合;其次,对点云数据进行修正处理,并以适当的算法合成光滑曲面;最后,对该曲面进行拟合,完成注塑机螺杆的高精度三维模型。

2) 扫描准备

激光扫描仪是点云采集的主要设备,其工作原理是利用光栅相位移测量技术,将光栅条纹投射到螺杆表面,光栅条纹的幅度和相位被调制,利用计算机采集调制后的条纹信号,获得螺杆表面点云数据^[13]。测量设备为 Win3D 型三维扫描仪,扫描距离为 600 mm,单幅扫描时间<3 s,扫描误差需调至 0.03 mm 以下,以满足注塑机螺杆的精度要求(图 3)。具体操作过程为:启动 Win3D 型扫描仪和 Geomagic Wrap 点云采集软件,点击 Geomagic Wrap 软件中的“扫描、标定切换”按钮,进入软件标定界面。通过调整相机参数中的曝光、增益与对比度等参数来调整扫描仪的采集亮度,以便获得高质量的成像。通过调整 Win3D 型三维扫描仪的高度及俯仰角,使黑、白色两个十字所代表的坐标系尽可能重合,从而实现扫描仪的精度标定。

3) 点云数据采集

点云数据采集是指通过激光扫描仪获取待测件表面的点云数据^[14]。点云的完整性、准确性及光顺程度都会影响逆向重构模型的精度^[15]。本文选用的 Win3D 型三

维激光扫描仪具有操作简便、精度较高的特点,扫描现场如图 4 所示。在仪器装调完成后,将均匀喷涂显像剂的注塑机螺杆模型置于标定盘上。由于注塑机螺杆的长度超出了激光扫描仪的扫描范围,因此采用分段扫描、再拼接的方法,以获得精度高、完整性优的点云数据。



图3 Win3D型扫描仪的精度标定

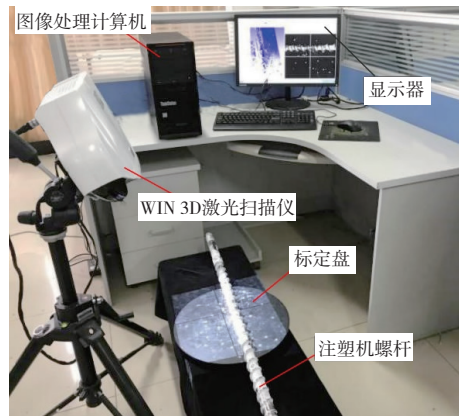


图4 注塑机螺杆点云数据扫描现场

4) 点云处理

注塑机螺杆的点云采集后,需进行优化处理,为逆向建模提供高质量数据。处理流程如图 5 所示,首先移除注塑机螺杆各段的噪点,得到螺杆的分段点云,而后依次拼接各段点云,获得注塑机螺杆的整体点云数据,将其封装形成相应的曲面文件。此过程采用最小二乘法进行点云降噪,如式(1)所示。该算法通过选择合适的区域,为点云区域建立合理的边界条件,以达到最佳的降噪效果。由于数据缺陷等原因,封装后的点云数据存在网格表面粗糙、表面质量差等问题。为了获得高精度的逆向模型,需对螺杆的点云曲面进行曲面修复,如孔洞修补、曲面光滑等处理操作,得到较为光滑的注塑机螺杆片体模型,并保存为*.stl格式,导入 Geomagic Design X 软件中进行逆向参数化建模。

$$\begin{cases} \hat{a} = \bar{y} - \hat{b}\bar{x} \\ \hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2} \end{cases} \quad (1)$$

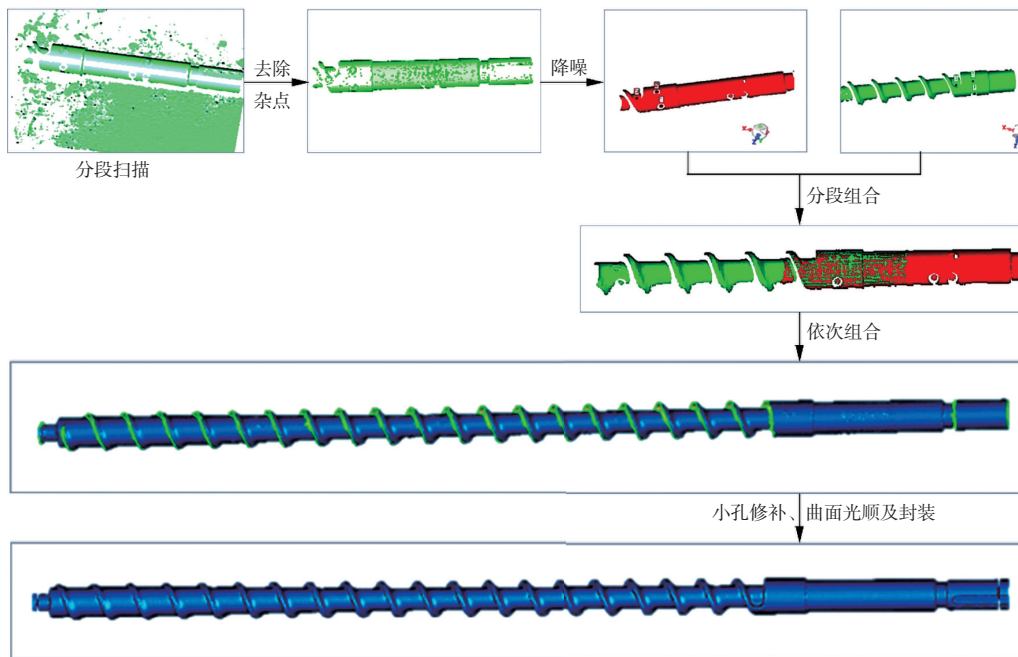


图5 注塑机螺杆点云处理流程

5) 逆向建模与误差分析

将注塑机螺杆的片体 *. stl 格式文件导入 Geomagic Design X 后,根据注塑螺杆的结构,可按照先进行螺杆基体建模,再进行螺纹结构建模,最后按二者布尔合成的思路进行逆向建模。至此,需分析该螺杆的基体直径和螺距分布,操作方法如图 6(a) 所示。根据螺杆结构,将片体文件划分为 18 段,分段测量直径和螺距,测量结果如图 6(b) 所示。由图 6(b) 可知,螺杆直径前 14 段分布均匀,均值为 21.76 mm;14~18 段直径线性增大,增长率为 1.29。同时可知,螺距均值为 35.99 mm,变异系数为 0.76%。

之间,精度较高,满足工程需求。该逆向模型可作为注塑机螺杆的三维模型用于数字化优化设计与制造,对于提高注塑机精度的研究具有重要意义。

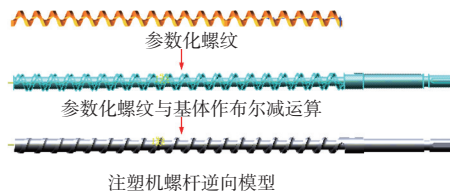
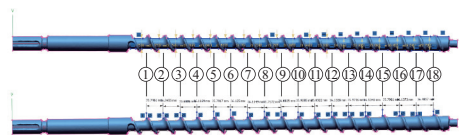
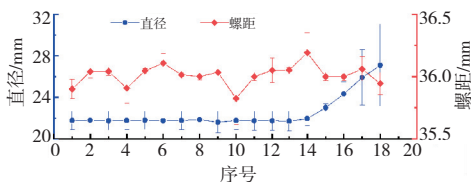


图7 注塑机螺杆参数化建模



(a) 注塑机螺杆直径-螺距测量位置示意图

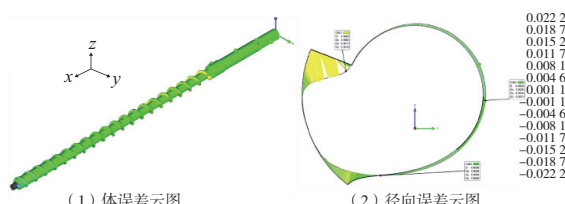


(b) 注塑机螺杆直径-螺距测量值

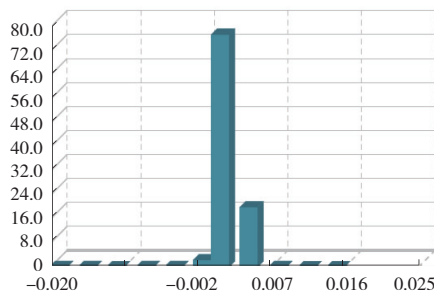
图6 注塑机螺杆点云封装数据中直径-螺距测量

根据测量结果,按图 7 所示步骤,在逆向建模软件 Geomagic Design X 绘制螺杆基体,在三维建模软件 NX12 中绘制螺纹特征,并导入 Geomagic Design X 中与螺杆基体进行布尔运算,获得注塑机螺杆的三维数字化模型。

逆向建模完成后,需进行误差检查,只有在误差许可范围内才是合格模型。运用 Geomagic Control 误差分析软件,对注塑机螺杆逆向模型进行检测,如图 8 所示。测得体积误差 < 0.02 mm,且 96% 的误差处于 -0.0011 ~ 0.0011 mm



(a) 注塑机螺杆体误差云图



(b) 注塑机螺杆体误差分布百分比

图8 注塑机螺杆误差云图

(下转第 214 页)

参考文献:

- [1] 陈宏,上官霞,郑钟,等. 基于营配数据融合的配电网运行状态评估的研究[J]. 国外电子测量技术,2019,38(4):111-115.
- [2] 刘道伟,李柏青,邵广惠,等. 基于大数据及人工智能的大电网智能调控系统框架[J]. 电力信息与通信技术,2019,17(3):14-21.
- [3] LIH, WANGX D, GAO Y J, et al. Evaluation research of the energy supply system in multi-energy complementary park based on the improved universal generating function method[J]. Energy Conversion and Management, 2018, 174:955-970.
- [4] 黎值源,林德山,祁永福. 基于电网设备运行健康状态实时监控评估技术研究[J]. 通信电源技术,2019,36(1):154-155.
- [5] AYZAZOĞLUYÜKSELÖ, FILIKÜB. Estimation methods of global solar radiation, cell temperature and solar power forecasting: areview and casestudy in eskişehir [J]. Renew able and Sustainable Energy Reviews, 2018, 91:639-653.
- [6] 陈国华,吴涛. 基于设备状态与调度运行的电网风险评估方法及应用[J]. 水电能源科学,2018,36(7):202-205,214.
- [7] LIU X N, HOU K, JIA H J, et al. The impact-increment state enumeration method based component level resilience indices of transmission system[J]. Energy Procedia, 2019, 158:4099-4103.
- [8] 陈卫东,梁朔,肖园园,等. 基于模糊最小二乘支持向量机的微电网群状态评估方法[J]. 电力系统自动化,2019,43(2):76-82.
- [9] THIMMAPURAM P R, KIMJ. Consumers' price elasticity of demand modeling with economic effects on electricity markets using an agent-based model [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2013, 4(1):390-397.
- [10] 洪雯,林涛,陈宝平. 基于短路容量裕度的电网运行状态评估方法研究[J]. 电测与仪表,2018,55(14):58-62.
- [11] 姚珺玉,谢国财. 面向运维的电网运行数据分析系统开发[J]. 广东电力,2016,29(10):92-96.
- [12] 沈玉兰,张璞,李翔宇,等. 基于多源数据融合的电网抗差状态估计[J]. 广东电力,2019,32(9):146-153.
- [13] 卢建刚,温柏坚,姜彩玉,等. 基于多源数据处理的EMS实时数据优选技术及其实现[J]. 电力系统自动化,2002,26(23):73-75.
- [14] 高振兴,郭创新,俞斌,等. 基于多源信息融合的电网故障诊断方法研究[J]. 电力系统保护与控制,2011,39(6):17-23.
- [15] 王少芳,刘广一,黄仁乐,等. 多采样周期混合量测环境下的主动配电网状态估计方法[J]. 电力系统自动化,2016,40(19):30-36.

收稿日期:2021-09-08

(上接第165页)

3 结果与讨论

3.1 逆向建模

逆向建模是一种新型的建模方法。其一般过程为:通过激光扫描仪采集被测物体的点云数据,并对点云进行处理,获得对应的片体模型。运用逆向建模软件对曲面模型进行拟合,获得相应的参数化模型。该方法效率高,远快于传统正向建模方法,可大幅缩短产品设计周期。该方法在文物修复和人体骨骼修复中也具有重要的推广价值。

3.2 注塑机螺杆与逆向设计

注塑机螺杆是注塑机的关键部件,其精度直接影响注塑机的精度。提高螺杆的精度对于提升注塑机的性能具有重要意义,以往的研究多是采用正向设计的方法改善螺杆的传动精度,并取得了巨大成果,然而该方法投入高、效益低、设计周期长。本文采用逆向设计的方法,可设计出高精度注塑螺杆的结构,再进行正向优化,达到事半功倍的效果。

4 结语

注塑机螺杆是一种高精度传动部件,其精度直接影响注塑机的作业性能。为了提升螺杆的精度,本文对其进行了逆向建模,获得了体误差 <0.02 mm的螺杆数字化模型。该模型满足工程需求,可用于螺杆的数字化制造,也可为优化设计提供高精度的模型支撑。这种设计方法可解决异形零件的建模及优化设计的难题,具有效率高、效率高的特点,同时降低了设计成本,缩短了创新周期。此外,该方法在文物修复和人体骨骼修复中,也具有推广价值。

参考文献:

- [1] LI Z Y, HUANG M Y, HU H J, et al. Design and manufacturing of

- complex surface impeller based on RE[J]. Advanced Materials Research, 2011, 328/329/330:619-623.
- [2] 张晨亮,潘俊兵. 复杂曲面的逆向构造及五轴数控加工试验[J]. 机械研究与应用,2019,32(4):167-169.
- [3] 张晨亮,潘俊兵. 异形曲面的逆向设计与五轴加工技术研究[J]. 机械设计与研究,2020,36(2):87-90.
- [4] NEYTON L, BOILEAU P, NOVÉ-JOSSERAND L, et al. Glenoid bone grafting with a reverse design prosthesis [J]. Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 2007, 16(3):71-78.
- [5] YJ TSENG, YS CHEN. Closed-loop design model for sustainable manufacturing by integrating forward design and reverse design[J]. World Academy of Science, International Scholarly and Scientific Research & Innovation, 2015, 9(7):2277-2283.
- [6] ZHANG X W, ZHOU Z L, XU L Y, et al. Reverse design and finite element analysis of tractor panel based on CATIA [C]// 2011 Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation. Shenzhen, China: IEEE, 2011:162-165.
- [7] 王宝中,张富明,路春光,等. 正逆向设计在电动汽车外观曲面造型中的应用研究[J]. 机械设计与制造,2018(2):131-134.
- [8] 李卫民,唐兆丰,冯帅. 基于正/逆向技术的模型重构研究[J]. 机床与液压,2020,48(2):158-162.
- [9] 冯超超,成思源,杨雪荣,等. 基于 Geomagic Design X 的正逆向混合建模[J]. 机床与液压,2017,45(17):157-160.
- [10] 刘丹,钱应平,易国锋,等. 逆向工程中点云处理及拟合新方法的研究[J]. 机械设计与制造,2015(3):55-57.
- [11] 宋智丽,黄建斌,张永军,等. 基于逆向工程技术分析链轮磨损[J]. 煤矿机械,2014,35(11):134-135.
- [12] 刘小霞. 逆向工程在渐开线圆柱直齿锥齿测绘中的应用[J]. 煤矿机电,2019,40(5):67-70.
- [13] 孟强. 3D打印技术在产品逆向工程中的拓展性探究[J]. 金田,2014(7):411.
- [14] 同学文. Win3DD系列三维扫描系统单目使用手册[Z]. 北京:北京三维天下科技有限公司,2011.
- [15] 朱东丽,解洪伟. 基于点云数据的屋顶建模[J]. 地矿测绘,2019(5):123-124.

收稿日期:2021-09-13