

逆向工程

逆向工程技术在离心泵叶轮设计中的应用



更多精彩请扫描二维码

文 | 西安泵阀总厂有限公司 刘航泊 王辉

逆向工程技术，也被称作反求工程技术，是一种产品设计技术再现过程，是指利用一定的测量手段对实物或模型进行测量，根据测量数据通过 2D 或 3D 几何建模的方法重构实物模型的过程，实现从实际物体到几何模型的直接转化。与传统的正向设计，即由图纸加工出实物相比，逆向设计由实物通过扫描处理直接得到 3D 实体，克服了正向设计耗时长和效率低等缺点，缩短了产品研发周期，以适应市场形势的变化。逆向工程由离散数据获取、数据处理与曲面重构、快速制造三大部分组成，其流程包含 3D 数据测量、数据预处理和曲线曲面重构、3D 打印成型及熔模精铸等过程（图 1）。

近年来，随着科学技术的发展，逆向技术已广泛应用于汽车、航天工业、模具和机械加工领域并得到了较快的发展，在离心泵叶轮测量和加工中也得到了广泛应用，研究其相关课题凸显出重要意义。在产品的开发、设计和制造过程中，工程技术人员所获得的技术资料并不完全。利用逆向工程技术来对物体进行测量，不仅可在没有数据和设计图稿的情况下快速

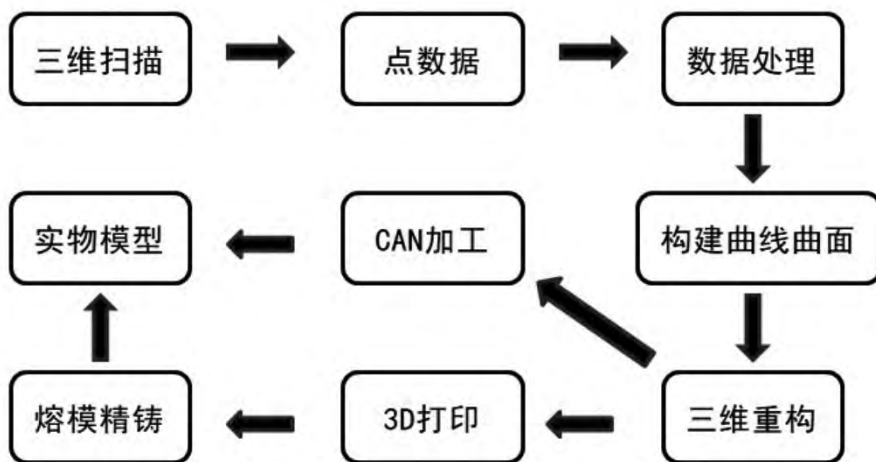


图 1 逆向工程流程图

构建出测量对象的轮廓，还能对测量对象进行数据处理，实现测量样品的快速加工。对于离心泵叶轮测量工作来说，如果在测量中适当引入逆向工程技术，利用 3D 扫描仪对叶轮进行扫描和数据处理，同样可在最短时间内构建出叶轮的外形轮廓，实现叶轮的快速测量和加工，并在一定程度上提高叶轮的加工质量与加工精度。

叶轮的 3D 数据采集

点云数据的好坏直接关系到曲面的质量，因此，获得高精度的点云数

据是逆向技术的首要内容。从目前国内外研究现状来看，逆向技术的测量方法分为接触式测量，如三坐标扫描仪；非接触式测量法，主要有光学法、声学法和电磁法等。而在我国，逆向工程研究中使用最为广泛的三坐标光学扫描仪，原理主要采用光学原理和激光原理，常见的扫描方式也只包括光学扫描和激光扫描。

本文采用逆向扫描设备由 ROMER 六轴绝对关节臂、触发式探针和 SCANWORKS 激光扫描头组成：

ROMER 绝对关节臂是一款拥有

绝对编码器的关节臂测量机，主轴可以无限制旋转，臂身的各个部分可以随时计算出它的准确位置。臂身采用集热稳定性及刚性于一身的碳纤维，与绝对编码器相结合使得关节臂精度可以达到 0.029 mm 以内。Zero-G 平衡杆系统使得机器在各位置均很容易达到平衡，从而稳定性非常好。

SCANWORKS 激光扫描头是用在 ROMER 六轴绝对关节臂上的扫描设备，可以快速而精确地产生关于一个物体的数字化表示，它所产生的文件是代表了物体表面和特性的点云。可通过后期处理软件（Geomagic Studio 10、Rapidform XOR3 以及 3D 实体软件 Solid Edge）完成逆向工程的应用、检测、CAD 模型比较、造型以及其他更多的应用。SCANWORKS 3D 激光扫描系统采用非接触的激光扫描技术，通过快速数据点云采集而实现了特征的快速识别，快速完成曲面的扫描，对于一些容易变形的材料，能够进行非接触的测量。获得的工件点云数据可与其他触发式探针测得的特征数据配合，完成精确的测量任务。

点云数据预处理

非接触式测量方法测得的数据非常庞大，常带有许多杂点及噪声点，

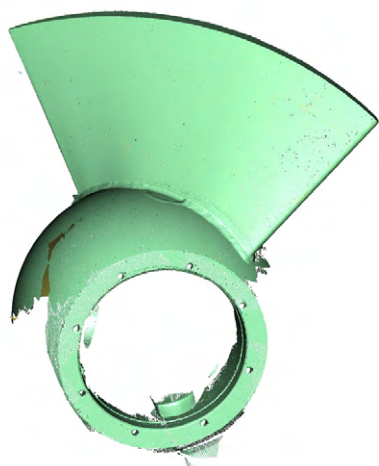


图 2 点云数据处理结果

影响后续的曲线、曲面创建过程。因此，需要在曲线构建前使用 Geomagic Studio 10 软件对点云进行一些必要的处理（图 2），以获得满意的数据，为曲面重构过程做好准备。点云预处理主要包括拆分组、合并点对象、删除非连接项、点云过滤及数据精简等。

三维模型重构

本文采用韩国 INUS Technology 公司推出的专业逆向工程软件 Rapidform XOR3。Rapidform XOR3 是基于 3D 扫描数据点云来构建曲线、曲面和多边形网格，最终获得无缺陷、高质量的多边形或自由曲面模型。

3D 模型重构使用软件 Rapidform XOR3 导入点云文件并运用面片精灵获得高质量的点云数据，利用领域划分获取同曲率面片，做出辅助基准，将叶轮点云进行方位对齐。根据叶轮外形特征，运用面片草图命令对叶轮平面和圆柱面进行拟合，运用 3D 面片草图命令对叶轮工作面及背面进行拟合，最后通过放样及布尔运算指令获得 3D 实体（图 3）。

利用该软件的色图检查功能，比较分析最终的重构 3D 模型和扫描的点云之间的偏差。将上下偏差设置为 0.1 mm 和 -0.1 mm，用球形检测工具进行检测。由图可以看出，所做实体基本都在许可公差带内，只有叶片顶缘与叶片根部超差，这是因为在实际铸造生产中叶片顶缘留有加工余量，叶片根部与轮毂存在圆角。

三维重建实体在加工中的应用

获得重建的 3D 模型后，将其导入 Lasercore 5300 快速成型机，利用 3D 打印技术，快速制造出叶轮的 3D 石蜡模具，最后通过熔模精铸获得的最终轴流泵叶轮（图 4）。3D 打印技术是使用 ABS 或者粉末金属作为打印的原材料，对需要的模型进行分层，逐层打印，堆叠形成最终的实物模型。3D

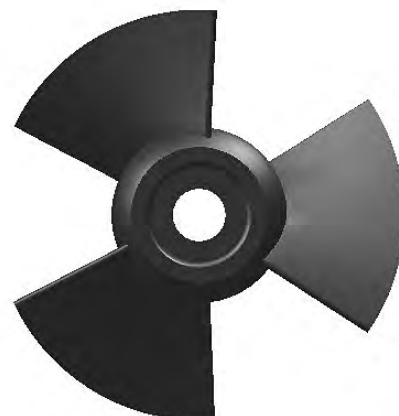


图 3 叶轮 3D 实体



图 4 3D 打印叶轮模具

打印技术的特点有原材料来源广泛（如石蜡、塑料和树脂砂等材料），材料利用率高约 100%，成型精度高、速度快，可成型任意复杂零件，生产成本较低，生产率较高，适合单件及小批量生产等。

利用逆向工程技术与 3D 打印技术的结合，不但可快速完成离心泵叶轮的测量工作，还能在一定程度上提高离心泵叶轮的加工精度，对现有产品的二次开发和优化提供了帮助，充分满足工业制造要求。为此得出，逆向工程技术可以大大缩短新产品的研制周期，降低新产品的研发成本，在以后的离心泵叶轮制造过程中，逆向工程技术或许会逐渐成为主流，同时为逆向工程技术在其它复杂型面的产品的制造中的应用奠定了一定的基础。MM