• 应力控制与理化测试技术 Stress Control and Physicochemical Testing Technology •
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.08.021

面向机加工的异型复杂铸件三维扫描坐标基准匹配应用

岳小东[1],孟祥炜[2],蒋　清[2],张　妍[1],刘贞露[1],国建花[1],高鹏程[2],王　贺[2]
(1. 天津航天长征技术装备有限公司 铸造事业部,天津 300462;2.首都航天机械有限公司 24 车间,北京 100000)

摘　要:为了降低异型复杂铸件产品在检测方面的成本,提升铸件产品的加工合格率。采用三维扫描方法检测复杂铸件,并提取检测铸件坐标点,将相关坐标基准点传递到机械加工工序。结果表明,三维尺寸扫描不仅提高复杂铸件的检测精度,通过基准点传递,铸件产品的机加工效率及精度得到大幅提升,验证了三维扫描技术在铸件加工过程的坐标基准匹配的可靠性。

关键词:异型复杂铸件;三维扫描;坐标基准
中图分类号:TG115　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)08-0842-03

3D Scanning Coordinate Reference Matching Application for Machining of Complex and Irregular Castings

YUE Xiaodong[1], MENG Xiangwei[2], JIANG Qing[2], ZHANG Yan[1], LIU ZHenlu[2], GUO Jianhua[1], GAO Pengcheng[2], WANG He[2]
(1. Foundry Division, Tianjin Aerospace Changzheng Technology Equipment Co., Ltd., Tianjin 300462, China; 2. 24 Workshop, Capital Aerospace Machinery Co., Ltd., Beijing 100000, China)

Abstract: In order to reduce the cost of testing and improve the qualified rate of casting products. The 3D scanning method was used to detect the complex casting, and the coordinate points of the casting were extracted and detected. The results show that 3D scanning not only improves the detection accuracy of complex casting, through the transfer of reference point, the machining efficiency and accuracy of casting products have been greatly improved. The reliability of coordinate reference matching of 3D scanning technology in casting processing is verified.

Key words: shaped complex castings; three-dimensional scanning; coordinate reference

复杂发动机铸件采用近净形铸造，形状复杂。传统复杂铸件检验方法多采用手工划线检测,复杂曲面及叶片等位置检测精度低,可追溯性差。且铸件基准无法精确传递至机械加工工序,造成机械加工需反复协调,效率及加工精度低。

三维扫描技术采用非接触式测量方式,是一种通过测量空间物体表面点的三维坐标值,得到物体点云信息,并转化为计算机可以直接处理的三维模型[1]。不仅可提高铸件检测精度及效率,且可提取铸件坐标点传递至加工工序,实现铸造及机加工序尺寸基准的精确传递。

复杂发动机铸件如图 1 所示,铸件整体结构复杂,内部空间狭小,整体尺寸检测难度大,手工检测存在数据盲区。

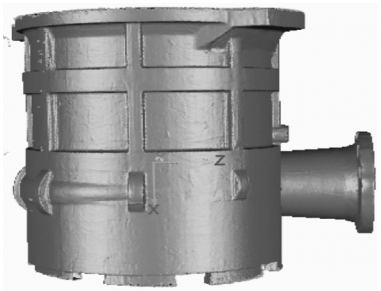


图 1　复杂发动机三维重建模型
Fig.1 3D Reconstruction Model of Complex Engine

1　扫描设备测量精度

现有的三维激光扫描仪测量精度可保证在 0.03 mm/m。为了验证设备精度,以 HandyScan700 扫描仪为例，进行专业机构的检测，通过检测 89.374 mm 与 233.378 mm 的标准球间距,扫描设备

收稿日期:2019-01-05
作者简介:岳小东(1993-),吉林扶余人,学士.主要从事铸造工艺及检测相关工作.电话 18332537958,E-mail:844484538@qq.com

精度可分别控制在 0.016 mm 与 0.018 mm 之内，具体测量值见表 1。

表 1 扫描设备检测误差值

Tab.1 The scanning device detects the error value

标准值 /mm	测量值 7 mm	误差 /μm	标准值 /mm	测量值 /mm	误差 /μm
	89.381	7		233.395	17
	89.385	11		233.372	-6
89.374	89.390	16	233.378	233.376	-2
	89.389	15		233.360	-18
	89.369	-5		233.360	-18

2　铸件三维扫描基准传递流程

铸件三维扫描基准传递流程示意图见图 2，第 1 步，首先使用 PRO-E、CREO 等三维软件设计零件数模；第 2 步，将加工余量增加在零件数模上，设计铸件数模；第 3 步，通过铸造工艺流程压铸成品铸件；第四步，通过粗加工，性能检测，热处理等前期工序处理形成毛坯铸件后，利用三维数字扫描仪扫描铸件型腔或者表面，形成三角面片网格模型；第五步，将测量的三角面片模型与铸件数模进行拟合，运用精确移动形成匹配的最佳状态，通过观察铸件整体数据拟合结果，确定加工基准，提取坐标点数据；第六步，机加工序根据铸造工序提供的坐标基准，在机床上验证坐标点精度，验证后直接生成加工程序，执行机加工工艺[2]。

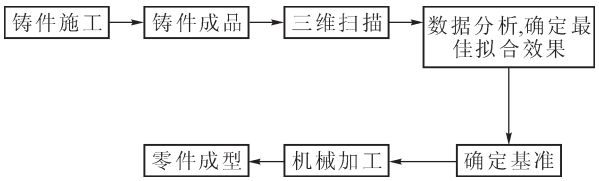


图 2 铸件三维扫描基准传递流程示意图

Fig.2 Schematic Diagram of 3D Scanning Datum Transfer Flow for Casting

传统的铸件加工方法，铸件厂家会依据二维图纸进行铸件手工划线，或者铸造特征的基准传递形式，这种传递方式具有简单、快速的特点，但是基准要素因其形状误差较大，后续追溯性差，具有一定局限性[3]。机加车间依据手工划线尺寸进行一次协调找正，确定加工基准进行加工。对于异性结构件，如铸件带有曲面的结构，传统的二维尺寸检测存在以下问题：对于结构复杂的曲面结构部分传统手工测量手段部分尺寸无法检测，导致部分区域数据无法提供，无法提供匹配的加工基准，由于基准协调一致性存在偏差，经常出现部分区域加工过薄，铸件产品报废的情况。

三维扫描数据基准匹配技术可以全面的重建铸件产品内墙或外表面形成三角面片网格图，减少数据盲区面积，提供协调基准，确保铸件产品加工合格率提升。

3　异性复杂发动机铸件三维扫描检测结果分析

本课题以复杂发动机为例，具体说明实现基准匹配的两个重要步骤。选取的三维扫描设备为便携式三维扫描仪，三维扫描数据结果分析软件为 Geomagic Control。

3.1　铸件产品基准确定与数据采集

首先由机加车间选择参考基准点位置，铸造车间依据参考点，在进行三维扫描前准备工作时，在参考位置粘贴定位反光标识点，作为以后基准匹配的加工依据。

使用便携式三维扫描仪对铸件进行整体三维扫描，得到铸件的三角面片数据模型(见图 3)。然后网格数据以及全局坐标系导入 Geomagic Control 软件进行网格优化处理，提高拟合精准度，将误差整体均匀化，避免部分区域尺寸超差，经过处理导出高品质铸件三维网格模型[2]。

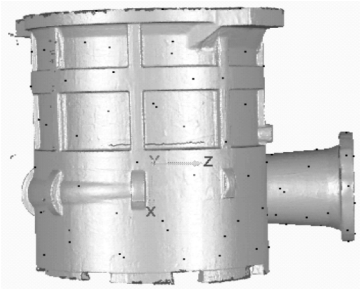


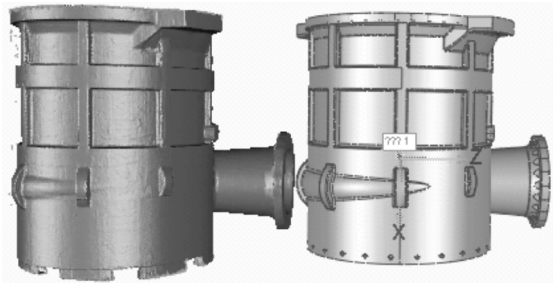
图 3 铸件的三维数据以及全局坐标点模型

Fig.3 Three-dimensional data and global coordinate point model of castings

将铸型三维模型和扫描优化网格模型导入三维比对软件，进行三维模型整体拟合分析。处理包括模型最佳拟合、偏差分析、协调找正、坐标矩阵对齐、坐标提取。模型拟合对齐后，扫描得到的三角面片模型以及全局坐标系与三维模型实现了坐标系的统一，见图 4。

模型与扫描数据模型对齐后需要进行偏差分析，铸件薄厚由色谱图体现，见图 5，红色区域为厚区，证明有加工余量，蓝色区域为薄区，表示没有加工余量，需要整体协调，通过借助厚区余量来均匀铸件整体误差。

在整体拟合对齐形成最佳状态，然后导出对齐后扫描网格矩阵坐标系，将全局坐标系(包括参考基准点)的坐标系载入保存的矩阵网格，形成扫描网格



(a)三维模型　　(b)数模拟合

图 4 铸件三维模型与数模拟合

Fig.4 Casting 3D Model and Numerical Simulation

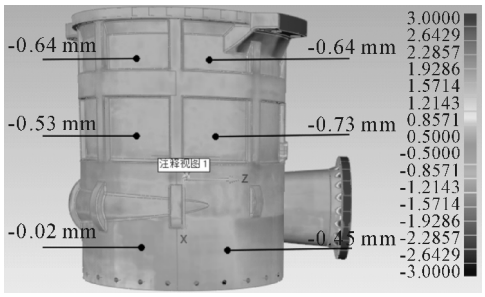


图 5 铸件拟合结果色谱图

Fig.5 Chromatogram of Casting Fitting Results

自由坐标系与铸件三维模型坐标系的统一。

根据扫描比对结果，三维对比软件可以生成各种格式的误差尺寸报告和检测结果，按照铸件设计参数要求，确定铸件是否具备加工条件。铸造工序向机加工序提供的模型最佳拟合后的坐标基准点坐标见图 6，左侧图为选取的基准点坐标，附带检测报告作为铸件具备加工条件的凭证，并辅助机加时依据坐标基准点对铸件的基准的协调找正。

点

	标签	X	Y	Z
1	Pt1	-205.2847	-159.4345	-36.208
2	Pt2	75.0772	-172.1637	-32.391
3	Pt3	-196.4686	-62.6017	150.992
4	Pt4	96.1748	-110.0353	134.914

清除表格　导出

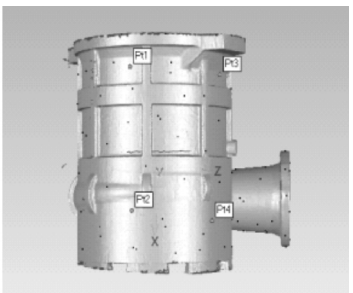


图 6 坐标点数据列表

Fig.6 Coordinate point data list

3.2 铸件基准坐标点的匹配与传递

铸件加工前，使用铸造工序提供的坐标基准点进行基准协调，然后进行加工。基准点提取以及传递:①三维扫描数据的采集；②铸件模型坐标系与扫描三角面片网格模型最佳拟合；③扫描数据全局坐标系载入网格矩阵；④提取基准坐标点；⑤坐标点传递。

(1)铸件放置在平台上，使用三维扫描仪进行铸件坐标点(包括参考基准点)采集与整体网格扫描。

(2)将扫描仪扫描得到的三维数据与铸件整体数据模型进行拟合，根据色谱图进行比对结果分析，通过精确调整使铸件整体壁厚状态保证在公差以内，此时，扫描铸件网格坐标系与数模坐标系保持统一，将扫描网格数据坐标矩阵导出。

(3)然后将扫描铸件网格数据坐标点载入已导出的矩阵坐标系，使之与网格坐标保持一致。

(4)提取参考坐标基准点，严格按照点坐标顺序进行坐标基准点提取，确保提取坐标点的准确性，导出后可传递机加车间直接进行协调找正。增加数据

(5)将坐标点输给机床，机床利用坐标基准点位置和坐标值进行整体装夹加工。

4 结语

利用三维数字扫描技术，无需传统的手工划线进行基准传递，扫描数据直接整体与数模文件进行最佳拟合，提取坐标基准点可直接传递给机加车间进行协调加工，实现了工序间的数字化，提高了基准传递的效率以及追溯性，提升了铸件合格率。

参考文献：

[1] 俱英翠，刘锡，万曙雄. 三维扫描技术在风电铸件尺寸检测中的应用[J]. 现代铸铁，2015(3)：86-89.

[2] 黄东，南海，赵嘉琪，等. 三维测量技术在精密铸件加工中的应用[J]. 特种铸造及有色合金，2015，35(2):172-173.

[3] 刘俊，刘泗溢，杜海军，等. 钛合金精密铸件基准传递形式应用综述[J]. 精密成型工程，2018(3):137-142.