DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.01.006

# 基于标准球在铸件基准传递上的方法研究

刘泗溢,张军威,刘　俊,杜海军
(北京百慕航材高科技有限公司 特检中心,北京 100094)

**摘　要**:通过标准球,实现三坐标测量和非接触式光学扫描测量数据的传递和验证,确定铸件基准。将标准球与铸件在同一坐标系中,使用非接触式光学扫描测量机进行扫描,根据产品三维模型进行拟合计算,得到理想的铸件尺寸状态,使标准球带有铸件坐标信息。根据标准球建立加工坐标系,通过基准目标的尺寸验证数据偏差是否满足加工要求,将理想的铸件尺寸状态传递给数控加工中心。结果表明,加工后,通过三坐标测量基准目标偏差,可以判定基准传递和加工结果是否符合要求。该方法可实现基准在铸件与零件加工过程准确、高效的传递。

**关键词**:基准加工;逆向测量;铸件检测;标准球;偏差分析

**中图分类号**:TG812　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)01-0022-03

## Method Based on Standard Ball Transfer in Casting Benchmark

LIU Siyi, ZHANG Junwei, LIU jun, DU Haijun
(Special Inspection Center, Baimtec Material Co., Ltd., Beijing 100094, China)

**Abstract**: The CMM and non-contact optical scanning measurement data were transmitted and verified by using the standard ball, and the casting reference was determined. The standard ball and the casting were in the same coordinate system, and the non-contact optical scanning measuring machine was used for scanning. According to the 3D model of the product, fitting calculation was carried out to obtain the ideal casting size state, so that the standard ball had the casting coordinate information. The machining coordinate system was established according to the standard ball, and the data deviation was verified to meet the machining requirements through the size of the reference target. The ideal casting size state was transferred to the CNC machining center. The results show that the target deviation of CMM benchmark can be used to determine whether the benchmark transfer and the machining results meet the requirements. The method can realize accurate and efficient transfer of datum in casting and parts processing.

**Key words**: processing benchmark; reverse measurement; casting inspect; standard ball; deviation analysis

标准球是高精度机械结构零件,一般由机械研磨加工制成,尺寸精度通常在 0.001 mm 以内,其球心无固定矢量方向便于数据获取。因此,广泛用于高精度量具校准的标准器具。

## 1　数字化量具的应用

### 1.1　基本原理

三坐标测量机的基本原理是将被测零件放在它允许的测量空间范围内,精准地测量出被测零件表面点的空间位置数据,将这些点的坐标数据经过计算机处理,拟合成测量元素,如圆、球、圆柱等,经过数学计算的方法得出形状、位置信息,精度最高可达 0.001 mm。

非接触式光学扫描测量机的基本原理是采用立体相机进行三角扫描，基于相机芯片上正弦曲线强度分布形成相移,通过软件计算,各相面元素转化成独立三维坐标,形成点云或面片数据。扫描测量机便于测量大型复杂工件，测量效率高，精度可以达到 0.02 mm。

### 1.2　工艺流程

标准球是高精度的基本几何元素，根据产品和加工中心的特点自由组合。标准球与铸件在同一坐标下,使用非接触式光学扫描测量机进行扫描,根据产品三维模型进行计算，得到符合图纸要求理想的铸件状态。加工厂通过带有铸件坐标信息的标准球建立加工坐标系，从而将理想状态的铸件尺寸信息传递给数控加工中心。标准球作为可靠的基准参考物对后工序加工提供支持。此方法,提供了一种铸件加工过程中基准传递的新方法，提升了铸件至零件加工过程中基准的传递效率和加工尺寸的准确性。图 1 是该方法的基本流程。

收稿日期:2020-10-23

作者简介:刘泗溢(1988-),北京人,学士,工程师.主要从事产品尺寸测量方面的工作.电话:13910930408,
E-mail:liusiyi@baimtec.com

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

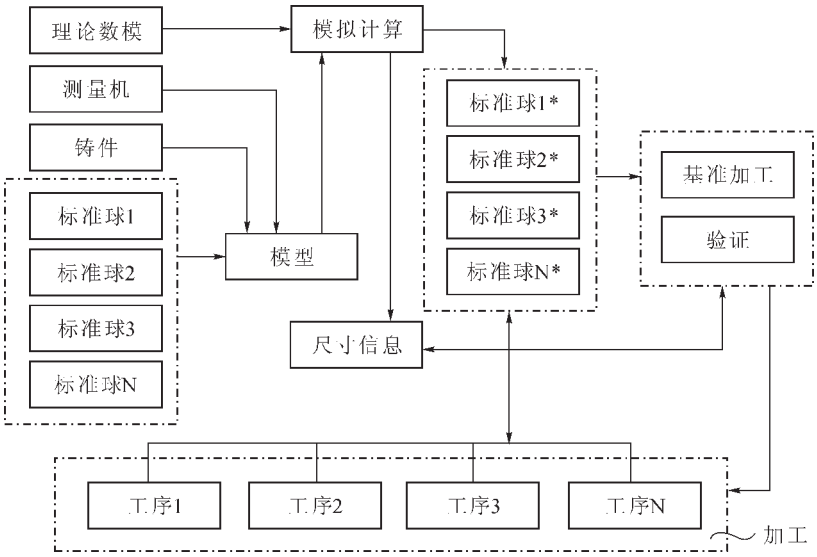



**图 1 标准球工艺流程**

Fig.1 Standard ball process flow

## 2 实施方案

### 2.1 三维数据对比分析

在测量铸件前,根据铸件的结构特点,将标准球固定在铸件上,标准球与铸件作为整体,在同一坐标系下被测量。标准球分布见图 2。




**图 2 标准球在铸件上的位置分布**

Fig.2 Distribution locations of standard ball on castings

使用非接触式光学测量机扫描铸件和标准球,逆向得到三维点云数据,最后将点云数据和理论数模在三维数据处理软件中进行拟合,使铸件尺寸与理论模型尺寸达到理想,满足铸件图纸要求的状态,此时标准球具有了在拟合状态下的坐标信息,并通过逆向计算出标准球心坐标和直径,球心坐标和直径作为铸件过程工艺基准,是理想铸件尺寸状态的传递媒介。3D 比较与基准目标点位置如图 3 所示。在 3D 对比数据中,通过标记点偏差值计算出铸件上基准目标点 A1、A2、A3…、B4 的理论坐标位置对应的矢量偏差值,并填入基准目标点测量信息表 1 中,为后续加工提供信息。基准目标点的分布应易于限制产品 6 个自由度,同时方便加工机床测量的原则。

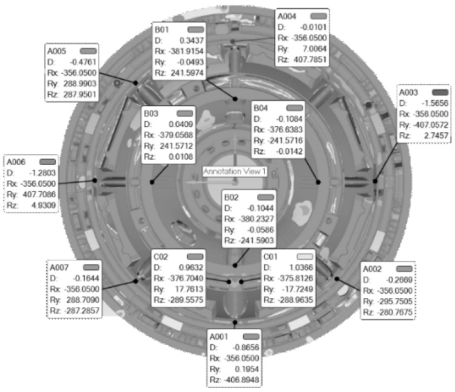


**图 3 3D 比较与基准目标点位置示意图**

Fig.3 Schematic diagram of 3D comparison with datum target position

### 2.2 基准加工与防错验证

铸件在加工前,机床通过测头或校表等方式测量标准球,并建立加工坐标系,通过平移、旋转坐标系,使加工坐标系与测量坐标系匹配一致。

为了防止粗大误差和控制精度,在机床的加工坐标系下,根据表 1 中基准目标点 A1、A2、A3…B4 的理论坐标值,测量实际铸件上基准目标点的矢量偏差值,填入测量信息表中,与扫描偏差值进行偏差分析,满足公差要求时再进行铸件基准加工。

为保证铸件基准加工的准确性,需要使用更高精度的三坐标进行复验。三坐标测量机通过铸件加工后的基准建立测量坐标系,测量铸件基准目标点 A1、A2、A3…B4 的坐标信息,将测量值填入测量信息表中,最终评价扫描与三坐标测量值的差值是否满足要求。表 1 中第 5 列其差值是实际测量系统的最大误差,包含了扫描精度允差、标准球圆度允差、机床测量误差、机加工精度允差和三坐标测量精度允差之和。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 基准目标点测量信息表
Tab.1 Reference target point measurement information

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 基准目标点测量信息表 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 图号 | | | | | 名称 | | | 检验员 | | | 备注 | | | | | |
| | 件号 | | | | | 时间 | | | | | | | | | | | |
| C | 基准 | 序号 | 扫描 | 三坐标 | 复验精度 <0.1 mm | 理论值坐标(固定期) | | | 基准加工时机床测量 实测值 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 扫描 | | 复验精度 <0.1 0 mm | 扫描 | | 复验精度 <0.1 0 mm | 扫描 | | 复验精度 <0.1 0 mm |
| D | | Name | Dev | Dev | | Ref X | Ref Y | Ref Z | Measured X | 机床测量 | | Measured Y | 机床测量 | | Measured Z | 机床测量 | |
| E | A | A1 | | | | | | | | | | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | A2 | | | | | | | | | | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | A3 | | | | | | | | | | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | A4 | | | | | | | | | | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | A5 | | | | | | | | | | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | A6 | | | | | | | | | | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | A7 | | | | | | | | | | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| F | C | C1 | | | | | | | N/A | N/A | N/A | | | | N/A | N/A | N/A |
| | | C2 | | | | | | | N/A | N/A | N/A | | | | N/A | N/A | N/A |
| G | B | B1 | | | | | | | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | | | |
| | | B2 | | | | | | | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | | | |
| | | B3 | | | | | | | N/A | N/A | N/A | | | | N/A | N/A | N/A |
| | | B4 | | | | | | | N/A | N/A | N/A | | | | N/A | N/A | N/A |

## 3 试验数据

在实践过程中,通过表 1 中第 5 列的扫描与三坐标的偏差值，统计了连续 10 件次共 130 个基准目标点进行了偏差分析,结果如表 2 所示。结果表明,59.2%点的偏差值在±0.04 mm 以内,97.7%点的偏差值在±0.1 mm 以内。本文中机匣铸件轮廓度公差±1.5 mm，按照本方法加工后的基准精度铸件公差的 1/15~1/20,满足要求。

表2 偏差分布
Tab.2 Deviation distribution

| >=Min | <Max | 点 | % |
|---|---|---|---|
| -0.1 | -0.12 | 0 | 0.00% |
| -0.08 | -0.1 | 1 | 0.77% |
| -0.06 | -0.08 | 4 | 3.08% |
| -0.04 | -0.06 | 8 | 6.15% |
| -0.02 | -0.04 | 7 | 5.38% |
| -0.02 | 0.02 | 36 | 27.69% |
| 0.02 | 0.04 | 34 | 26.15% |
| 0.04 | 0.06 | 18 | 13.85% |
| 0.06 | 0.08 | 13 | 10.00% |
| 0.08 | 0.1 | 6 | 4.62% |
| 0.1 | 0.12 | 3 | 2.31% |

## 4 总结

(1)在铸件测量过程中引入标准球,利用标准球的特点,可不限制于铸件结构复杂程度,省去了铸件预设工艺凸台或粗加工基准等工序，提高铸件工序过程能力。加工阶段,通过带有包含铸件尺寸状态的标准球,保证加工坐标系与测量坐标的一致性。

(2)通过基准目标点的校准验证,进行防错控制,保证加工尺寸的准确性,可以有效保证各工序中基准的转化衔接。

(3)使用三坐标验证铸件基准目标点的尺寸信息,可以将铸件从扫描测量到机床测量,再到三坐标测量,相互验证形成闭环,保证了最终尺寸的准确性。相对于传统预设铸件工艺凸台进行粗加工、铸件划线等方法,效率提升了 80%,精度提升至 0.1 mm内。

参考文献:

[1] 黄东,南海,赵嘉琪,等. 三维扫描技术在精密铸件加工中的应用[J]. 特种铸造及有色金属, 2015,35(2):172-1731.
[2] 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.
[3] 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.
[4] 岳小东,梦祥炜,蒋清,等. 面向机加工的异面复杂铸件三维扫描坐标基准匹配应用[J]. 铸造技术, 2019,40(8):842-844.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net