



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110160464 B

(45) 授权公告日 2024.07.23

(21) 申请号 201910490623.4

(56) 对比文件

(22) 申请日 2019.06.06

CN 209961177 U.2020.01.17

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 能健

申请公布号 CN 110160464 A

(43) 申请公布日 2019.08.23

(73) 专利权人 上海市计量测试技术研究院

地址 200040 上海市静安区长乐路1226号

(72)发明人 钟亦林 蔡潇雨 魏佳斯 李源

(74) 专利代理机构 上海光华专利事务所(普通合伙) 31219

专利代理师 韩双宏

(51) Int.Cl.

G01B 11/24 (2006.01)

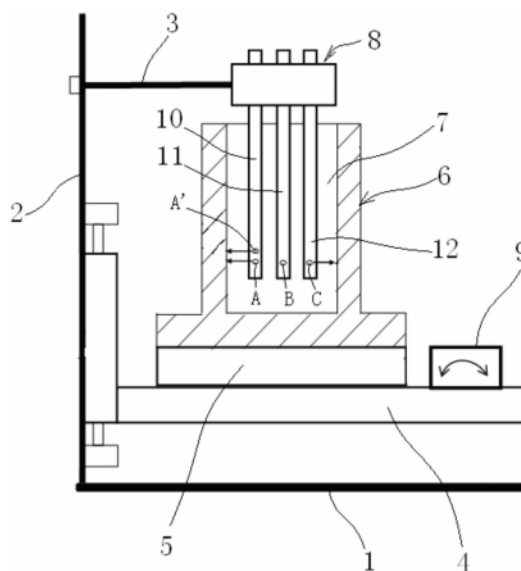
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

用于测量内孔圆柱度的装置及其使用方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于测量内孔圆柱度的装置及其使用方法,利用本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置对被测工件的被测内孔进行检测时,通过第一检测杆、第二检测杆和第三检测杆在不同测量截面检测得出测量值并计算出被测内孔在测量截面上的圆度误差,并根据每个测量截面处第一检测杆、第二检测杆、第三检测杆以及倾角传感器的测量值计算得出被测内孔中心线的直线度误差,根据所得出的各测量截面上的圆度误差及被测内孔中心线的直线度误差就能够计算得出被测内孔的圆柱度误差。由此可见,本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置及其使用方法能够方便地对工件的内孔参数进行检测。



1. 一种用于测量内孔圆柱度的装置,其特征是,包括升降平台,升降平台上设有旋转平台,所述旋转平台用于承载被测工件,被测工件安装在旋转平台上时,被测工件的被测内孔开口朝上,所述旋转平台的上方设有检测组件,所述检测组件固定设置,所述检测组件用于伸入到被测工件的被测内孔中进行检测;所述升降平台上设有用于检测升降平台升降过程中倾角变化的倾角传感器;

所述检测组件包括第一检测杆、第二检测杆和第三检测杆,第一检测杆具有沿高度方向距离为D的A检测点和A'检测点,第二检测杆具有B检测点,第三检测杆具有C检测点,所述A检测点、B检测点和C检测点位于同一高度位置,所述A检测点、A'检测点、B检测点和C检测点用于检测各自与所述被测内孔内壁之间的距离;

其中所述第一检测杆、第二检测杆和第三检测杆分别朝向被测内孔内壁的不同位置;
且所述A检测点位于B检测点和C检测点的中垂线上。

2. 一种用于测量内孔圆柱度的装置的使用方法,利用权利要求1所述的用于测量内孔圆柱度的装置进行作业,包括如下作业步骤:

1) 将被测工件安装到旋转平台上,并使得检测组件伸入到被测工件的被测内孔中的某一测量截面位置;

2) 在被测工件静止的状态,记录A检测点、A'检测点的测量值,并记录倾角传感器的测量值;

3) 旋转平台旋转一个步距角 θ ,在每间隔 θ 角度的位置记录第一检测杆、第二检测杆和第三检测杆的测量值,根据所得到的测量值计算被测内孔在测量截面上的圆度误差;

4) 升降平台移动一个步距长度s至另一测量截面;

5) 重复步骤2)至步骤4)而得到被测工件多个测量截面处第一检测杆、第二检测杆、第三检测杆以及倾角传感器的测量值;

6) 根据每个测量截面处第一检测杆、第二检测杆、第三检测杆以及倾角传感器的测量值计算被测内孔中心线的直线度误差;

7) 根据步骤3)中得到的圆度误差和步骤6)中得到的直线度误差计算得出被测内孔的圆柱度误差。

3. 根据权利要求2所述的用于测量内孔圆柱度的装置的使用方法,其特征是:

在所述步骤3)中,采用如下方法计算被测内孔在测量截面上的圆度误差:

31) 在被测内孔的测量截面处,第一检测杆、第二检测杆和第三检测杆的测量值分别设为 m_1 、 m_2 、 m_3 ,表达为:

$$\begin{cases} m_1(\theta) = P(\theta) + X_0(\theta) \\ m_2(\theta) = P(\theta + \alpha) + X_0(\theta) \cdot \cos(\alpha) + Y_0(\theta) \cdot \sin(\beta) \\ m_3(\theta) = P(\theta + \alpha + \beta) + X_0(\theta) \cdot \cos(\alpha + \beta) + Y_0(\theta) \cdot \sin(\alpha + \beta) \end{cases}, \theta = [0^\circ, 360^\circ]$$

其中, X_0 、 Y_0 为该测量截面圆心点O的坐标, α 为第一检测杆至O的连线与第二检测杆至O的连线之间的夹角, β 为第二检测杆至O的连线与第三检测杆至O的连线之间的夹角, θ 为旋转平台旋转的步距角,P为该测量截面的圆度误差;

32) 将步骤31)中的方程式离散化后做傅里叶变换,接着时延相移后再做傅里叶逆变换:

$$P(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \frac{DFT(m_k)}{W(n)} \cdot e^{2\pi j n / N}, k = 0, 1 \dots N-1$$

其中 $W(n)$ 为谐波加权函数, $W(n) = 1 + \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\beta)} \cdot e^{j\alpha/\theta n} + \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} \cdot e^{j(\alpha + \beta)/\theta n}$

即可得到被测内孔在测量截面上的圆度误差。

4. 根据权利要求2所述的用于测量内孔圆柱度的装置的使用方法,其特征是:

在所述步骤6)中,采用如下方法计算被测内孔中心线的直线度误差:

61) 第一检测杆上的A检测点和A'检测点之间的间距为D,在第一检测杆对被测内孔内壁轮廓线进行扫描的过程中,A检测点的测量值 v_1 和A'检测点的测量值 v_2 可由下式表达:

$$\begin{cases} v_1(z) = f(z) + S_x(z) \\ v_2(z) = f(z + D) + S_x(z) + D \cdot \sin(\phi) \end{cases}, z = [0, H]$$

其中, f 为过被测内孔内壁上对应于A检测点和A'检测点之间的轮廓线的直线度误差, S_x 为升降平台上下运动时水平方向的平移误差, ϕ 为倾角传感器测量值,将上式相减可得到:

$$v_2(z) - v_1(z) - D \sin(\phi) = f(z + D) - f(z)$$

62) 将上式做微分积分近似后即可得到直线度误差:

$$f(k) = \frac{s}{D} \sum_{n=0}^{N-1} (v_2(k) - v_1(k) - D \cdot \sin(\phi)), k = [0, N-1]$$

其中, s 为扫描过程中升降平台移动的步距长度。

5. 根据权利要求2所述的用于测量内孔圆柱度的装置的使用方法,其特征是:

在所述步骤1)中,初始状态时,检测组件伸入到被测工件的被测内孔中最下端的测量截面位置;

在所述步骤4)中,升降平台向上移动一个步距长度 s 至另一测量截面。

用于测量内孔圆柱度的装置及其使用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于测量内孔圆柱度的装置及其使用方法,属于在线检测技术领域。

背景技术

[0002] 在对圆孔工件得内孔进行精密加工过程中,内孔圆柱度误差是制造工艺的重要性能指标,为保证加工精度,需要对内孔进行圆柱度误差在线检测。而因为通常圆孔工件的内孔径较小,一般在10毫米至数十毫米,常规的在线检测仪器无法伸入内孔,导致测量困难。

[0003] 目前对圆孔工件的圆柱度检测大都采用圆柱度仪或三坐标测量仪,但是2者都常用于实验室的圆柱度检测,无法实现工业现场的在线检测。因此需要研制一种高精度的圆孔工件圆柱度在线测量方法,实现对圆孔工件圆柱度的现场快速测量。

[0004] CN207095512U专利中公开了一种内孔圆柱度检测装置,该装置将一根检测杆伸入内孔,定位系统用于对伸入内孔的深度进行定位,而检测杆上的位移检测器件用于检测内孔径向的变位,补偿因轴向进给而引入的导轨径向直线度误差。但是此方法忽略了轴向进给而引入的导轨俯仰角运动误差,而此误差会直接影响导轨径向的位移误差,降低了检测精度。

[0005] CN103822593B专利中公开了利用分光镜形成两个相互垂直的光路,基于2个光电传感器分别检测竖直升降机构的平移和倾斜误差,进而对测得的内孔轮廓数据进行修正,通过误差补偿达到较高的测量精度。但是测头机构上安装的2个位移传感测头无法在有偏心运动的情况下得到高精度的圆度测量结果。此外,测量的实现原理和装置较为复杂,仅适用于现场环境较好以及内孔径较大的大尺寸工件测量。

[0006] CN107063158B专利中公开了一种基于双传感器误差分离的细长内孔直径与圆柱度测量方法。以标准环规作为校准件套装于双传感器测头,采用消一次谐波逼近法校准双传感器测头。将被测工件内孔套装于双传感器测头,沿内孔轴向和周向进行逐截面整周扫描测量,通过分别对两个传感器在每个截面的距离测量数据求取平均值并作差,实现对各截面处直线进给误差的计算与分离,再结合各截面的偏心误差分离,还原出被测内孔的轮廓,并利用圆柱度评价方法进行圆柱度计算。但是此方法必须选取高精度的回转工作台实施检测,提高了现场检测的成本。同时,对于精度要求在回转工作台的回转误差处于一个等级的情况下,工作台的回转误差不可忽略,也就无法使用此方法。

发明内容

[0007] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种用于测量内孔圆柱度的装置及其使用方法,能够方便地对工件的内孔参数进行检测。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供一种用于测量内孔圆柱度的装置,采用如下技术方案:一种用于测量内孔圆柱度的装置,包括升降平台,升降平台上设有旋转平台,所述旋转平台用于承载被测工件,被测工件安装在旋转平台上时,被测工件的被测内孔开口朝上,所

述旋转平台的上方设有检测组件,所述检测组件固定设置,所述检测组件用于伸入到被测工件的被测内孔中进行检测;所述升降平台上设有用于检测升降平台升降过程中倾角变化的倾角传感器;

[0009] 所述检测组件包括第一检测杆、第二检测杆和第三检测杆,第一检测杆具有沿高度方向距离为D的A检测点和A'检测点,第二检测杆具有B检测点,第三检测杆具有C检测点,所述A检测点、B检测点和C检测点位于同一高度位置,所述A检测点、A'检测点、B检测点和C检测点用于检测各自与所述被测内孔内壁之间的距离。

[0010] 优选地,所述第一检测杆、第二检测杆和第三检测杆分别朝向被测内孔内壁的不同位置。

[0011] 优选地,所述A检测点位于B检测点和C检测点的中垂线上。

[0012] 与本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置相应地,本发明还提供一种用于测量内孔圆柱度的装置的使用方法,利用上述技术方案或其任一优选的技术方案所述的用于测量内孔圆柱度的装置进行作业,包括如下作业步骤:

[0013] 1) 将被测工件安装到旋转平台上,并使得检测组件伸入到被测工件的被测内孔中的某一测量截面位置;

[0014] 2) 在被测工件静止的状态,记录A检测点、A'检测点的测量值,并记录倾角传感器的测量值;

[0015] 3) 旋转平台旋转一个步距角 θ ,在每间隔 θ 角度的位置记录第一检测杆、第二检测杆和第三检测杆的测量值,根据所得到的测量值计算被测内孔在测量截面上的圆度误差;

[0016] 4) 升降平台移动一个步距长度s至另一测量截面;

[0017] 5) 重复步骤2)至步骤4)而得到被测工件多个测量截面处第一检测杆、第二检测杆、第三检测杆以及倾角传感器的测量值;

[0018] 6) 根据每个测量截面处第一检测杆、第二检测杆、第三检测杆以及倾角传感器的测量值计算被测内孔中心线的直线度误差;

[0019] 7) 根据步骤3)中得到的圆度误差和步骤6)中得到的直线度误差计算得出被测内孔的圆柱度误差。

[0020] 优选地,在所述步骤3)中,采用如下方法计算被测内孔在测量截面上的圆度误差:

[0021] 31) 在被测内孔的测量截面处,第一检测杆、第二检测杆和第三检测杆的测量值分别设为 m_1 、 m_2 、 m_3 ,表达为:

$$[0022] \quad \begin{cases} m_1(\theta) = P(\theta) + X_0(\theta) \\ m_2(\theta) = P(\theta + \alpha) + X_0(\theta) \cdot \cos(\alpha) + Y_0(\theta) \cdot \sin(\beta) \\ m_3(\theta) = P(\theta + \alpha + \beta) + X_0(\theta) \cdot \cos(\alpha + \beta) + Y_0(\theta) \cdot \sin(\alpha + \beta) \end{cases}, \quad \theta = [0^\circ, 360^\circ]$$

[0023] 其中, X_0 、 Y_0 为该测量截面圆心点O的坐标, α 为第一检测杆至O的连线与第二检测杆至O的连线之间的夹角, β 为第二检测杆至O的连线与第三检测杆至O的连线之间的夹角, θ 为旋转平台旋转的步距角,P为该测量截面的圆度误差;

[0024] 33) 将步骤31)中的方程式离散化后做傅里叶变换,接着时延相移后再做傅里叶逆变换:

$$[0025] \quad P(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \frac{DFT(m_k)}{W(n)} \cdot e^{2\pi j n / N}, k = 0, 1, \dots, N-1$$

$$[0026] \quad \text{其中} W(n) \text{ 为谐波加权函数, } W(n) = 1 + \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\beta)} \cdot e^{j\alpha/\theta n} + \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} \cdot e^{j(\alpha + \beta)/\theta n}$$

[0027] 即可得到被测内孔在测量截面上的圆度误差。

[0028] 优选地,在所述步骤6)中,采用如下方法计算被测内孔中心线的直线度误差:

[0029] 61) 第一检测杆上的A检测点和A'检测点之间的间距为D,在第一检测杆对被测内孔内壁轮廓线进行扫描的过程中,A检测点的测量值 v_1 和A'检测点的测量值 v_2 可由下式表达:

$$[0030] \quad \begin{cases} v_1(z) = f(z) + S_x(z) \\ v_2(z) = f(z + D) + S_x(z) + D \cdot \sin(\phi) \end{cases}, z = [0, H]$$

[0031] 其中,f为过被测内孔内壁上对应于A检测点和A'检测点之间的轮廓线的直线度误差, S_x 为升降平台上下运动时水平方向的平移误差, ϕ 为倾角传感器测量值,将上式相减可得到:

$$[0032] \quad v_2(z) - v_1(z) - D \cdot \sin(\phi) = f(z + D) - f(z)$$

[0033] 63) 将上式做微分积分近似后即可得到直线度误差:

$$[0034] \quad f(k) = \frac{s}{D} \sum_{n=0}^{N-1} (v_2(k) - v_1(k) - D \cdot \sin(\phi)), k = [0, N-1]$$

[0035] 其中,s为扫描过程中升降平台移动的步距长度。

[0036] 优选地,在所述步骤1)中,初始状态时,检测组件伸入到被测工件的被测内孔中最下端的测量截面位置;在所述步骤4)中,升降平台向上移动一个步距长度s至另一测量截面。

[0037] 如上所述,本发明涉及的一种用于测量内孔圆柱度的装置及其使用方法,具有以下有益效果:利用本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置对被测工件的被测内孔进行检测时,通过第一检测杆、第二检测杆和第三检测杆在不同测量截面检测得出测量值并计算出被测内孔在测量截面上的圆度误差,并根据每个测量截面处第一检测杆、第二检测杆、第三检测杆以及倾角传感器的测量值计算得出被测内孔中心线的直线度误差,根据所得出的各测量截面上的圆度误差及被测内孔中心线的直线度误差就能够计算得出被测内孔的圆柱度误差。由此可见,本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置及其使用方法能够方便地对工件的内孔参数进行检测。

附图说明

[0038] 图1显示为本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置的结构示意图。

[0039] 图2显示为从被检测内孔轴线观察的第一检测杆、第二检测杆和第三检测杆的示意图。

[0040] 图3显示为本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置的使用方法的流程图。

[0041] 元件标号说明

[0042] 1 底座

[0043] 2 立架

- [0044] 3 横杆
- [0045] 4 升降平台
- [0046] 5 旋转平台
- [0047] 6 被测工件
- [0048] 7 被测内孔
- [0049] 8 检测组件
- [0050] 9 倾角传感器
- [0051] 10 第一检测杆
- [0052] 11 第二检测杆
- [0053] 12 第三检测杆

具体实施方式

[0054] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式,熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效。

[0055] 须知,本说明书所附图式所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容得能涵盖的范围内。同时,本说明书中所引用的如“上”、“下”、“左”、“右”、“中间”及“一”等的用语,亦仅为了便于叙述的明了,而非用以限定本发明可实施的范围,其相对关系的改变或调整,在无实质变更技术内容下,当亦视为本发明可实施的范畴。

[0056] 如图1至图2所示,本发明提供一种用于测量内孔圆柱度的装置,包括升降平台4,升降平台4上设有旋转平台5,所述旋转平台5用于承载被测工件6,被测工件6安装在旋转平台5上时,被测工件6的被测内孔7开口朝上,所述旋转平台5的上方设有检测组件8,所述检测组件8固定设置,所述检测组件8用于伸入到被测工件6的被测内孔7中进行检测;所述升降平台4上设有用于检测升降平台4升降过程中倾角变化的倾角传感器9;

[0057] 所述检测组件8包括第一检测杆10、第二检测杆11和第三检测杆12,第一检测杆10具有沿高度方向距离为D的A检测点和A'检测点,第二检测杆11具有B检测点,第三检测杆12具有C检测点,所述A检测点、B检测点和C检测点位于同一高度位置,所述A检测点、A'检测点、B检测点和C检测点用于检测各自与所述被测内孔7内壁之间的距离。

[0058] 利用本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置对被测工件6的被测内孔7进行检测时,通过第一检测杆10、第二检测杆11和第三检测杆12在不同测量截面检测得出测量值并计算出被测内孔7在测量截面上的圆度误差,并根据每个测量截面处第一检测杆10、第二检测杆11、第三检测杆12以及倾角传感器9的测量值计算得出被测内孔7中心线的直线度误差,根据所得出的各测量截面上的圆度误差及被测内孔7中心线的直线度误差就能够计算得出被测内孔7的圆柱度误差。由此可见,本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置及其使用方法能够方便地对工件的内孔参数进行检测。

[0059] 本发的一种用于测量内孔圆柱度的装置通过3个检测杆采集被测内孔7径向数据实现对被测内孔7测量截面的圆度误差检测,通过第一检测杆10上的A检测点和A'检测点所

测量的数据与倾角传感器9采集的被测内孔7轴向数据实现对被测内孔7的直线度误差检测。组合上述圆度误差和直线度误差的检测结果,得到被测内孔7的圆柱度误差。

[0060] 在本发的一种用于测量内孔圆柱度的装置中,所述第一检测杆10、第二检测杆11和第三检测杆12用于各自与测量被测内孔7内壁之间的距离,即第一检测杆10上的A检测点测量被测内孔7内壁与A检测点之间的距离,第一检测杆10上的A'点测量被测内孔7内壁与A'点之间的距离,第二检测杆11上的B检测点测量被测内孔7内壁与B检测点之间的距离,第三检测杆12上的C检测点测量被测内孔7内壁与C检测点之间的距离。倾角传感器9测量被测工件6在旋转过程中的倾角数据。第一检测杆10上的传感器为线位移传感器,该线位移传感器具有A检测点和B检测点,可以测量得到被测内孔7内壁上沿高度方向间隔为D的2个点的位移测量值。第二检测杆11和第三检测杆12上的传感器均为点位移传感器,可分别得到被测内孔7内壁上与分别与B检测点和C检测点对应的点的位移测量值。A检测点、B检测点和C检测点位于同一高度。A检测点、B检测点、C检测点的测量轴线相交于一点,各传感器的测量轴线均指向被测内孔7的内壁。

[0061] 在本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置中,如图1所示,被测工件6安装在旋转平台5上,旋转平台5安装在升降平台4上,升降平台4安装在立架2上,立架2固定在底座1上,立架2上固定有横杆3,横杆3上连接有检测组件8,被测工件6旋转或者升降的过程中,检测组件8固定不动,倾角传感器9能够检测被测工件6的倾角变化。

[0062] 作为一种优选的实施方式,如图2所示,所述第一检测杆10、第二检测杆11和第三检测杆12分别朝向被测内孔7内壁的不同位置,即第一检测杆10上的A检测点和A'检测点朝向同一方向,第二检测杆11上的B检测点朝向另一方向,第三检测杆12上的C检测点朝向其他方向。更为优选地,如图2所示,所述A检测点位于B检测点和C检测点的中垂线上。

[0063] 与本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置相应地,本发明还提供一种用于测量内孔圆柱度的装置的使用方法,利用上述技术方案或其任一优选的技术方案所述的用于测量内孔圆柱度的装置进行作业,请参考图1至图3,包括如下作业步骤:

[0064] 1) 将被测工件6安装到旋转平台5上,并使得检测组件8伸入到被测工件6的被测内孔7中的某一测量截面位置;

[0065] 2) 在被测工件6静止的状态,记录A检测点、A'检测点的测量值,并记录倾角传感器9的测量值;

[0066] 3) 旋转平台5旋转一个步距角 θ ,在每间隔 θ 角度的位置记录第一检测杆10、第二检测杆11和第三检测杆12的测量值,根据所得到的测量值计算被测内孔7在测量截面上的圆度误差;当被测工件6旋转一周后,得到 $360/\theta$ (假设为整数) 组位移传感器测量值;在计算被测内孔7在测量截面上的圆度误差时,可以使用3点法误差分离技术计算进行计算;

[0067] 4) 升降平台4移动一个步距长度s至另一测量截面;

[0068] 5) 重复步骤2) 至步骤4) 而得到被测工件6多个测量截面处第一检测杆10、第二检测杆11、第三检测杆12以及倾角传感器9的测量值;

[0069] 6) 根据每个测量截面处第一检测杆10、第二检测杆11、第三检测杆12以及倾角传感器9的测量值计算被测内孔7中心线的直线度误差;在计算被测内孔7中心线的直线度误差时,可以使用混合2点法误差分离技术计算;

[0070] 7) 根据步骤3) 中得到的圆度误差和步骤6) 中得到的直线度误差计算得出被测内

孔7的圆柱度误差。

[0071] 为了能够方便准确地计算出步骤3)中的圆度误差,优选地,在所述步骤3)中,采用如下方法计算被测内孔7在测量截面上的圆度误差:

[0072] 31) 在被测内孔7的测量截面处,第一检测杆10、第二检测杆11和第三检测杆12的测量值分别设为 m_1 、 m_2 、 m_3 ,表达为:

$$[0073] \quad \begin{cases} m_1(\theta) = P(\theta) + X_0(\theta) \\ m_2(\theta) = P(\theta + \alpha) + X_0(\theta) \cdot \cos(\alpha) + Y_0(\theta) \cdot \sin(\beta) \\ m_3(\theta) = P(\theta + \alpha + \beta) + X_0(\theta) \cdot \cos(\alpha + \beta) + Y_0(\theta) \cdot \sin(\alpha + \beta) \end{cases}, \theta = [0^\circ, 360^\circ]$$

[0074] 其中, X_0 、 Y_0 为该测量截面圆心点0的坐标, α 为第一检测杆10至0的连线与第二检测杆11至0的连线之间的夹角, β 为第二检测杆11至0的连线与第三检测杆12至0的连线之间的夹角, θ 为旋转平台5旋转的步距角, P 为该测量截面的圆度误差;

[0075] 34) 将步骤31)中的方程式离散化后做傅里叶变换,接着时延相移后再做傅里叶逆变换:

$$[0076] \quad P(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \frac{DFT(m_k)}{W(n)} \cdot e^{2\pi j n / N}, k = 0, 1, \dots, N-1$$

$$[0077] \quad \text{其中} W(n) \text{ 为谐波加权函数, } W(n) = 1 + \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\beta)} \cdot e^{j\alpha / \theta n} + \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} \cdot e^{j(\alpha + \beta) / \theta n}$$

[0078] 即可得到被测内孔7在测量截面上的圆度误差。

[0079] 为了能够方便准确地计算出步骤6)中的直线度误差,优选地,在所述步骤6)中,采用如下方法计算被测内孔7中心线的直线度误差:

[0080] 61) 第一检测杆10上的A检测点和A'检测点之间的间距为D,在第一检测杆10对被测内孔7内壁轮廓线进行扫描的过程中,A检测点的测量值 v_1 和A'检测点的测量值 v_2 可由下式表达:

$$[0081] \quad \begin{cases} v_1(z) = f(z) + S_x(z) \\ v_2(z) = f(z + D) + S_x(z) + D \cdot \sin(\phi) \end{cases}, z = [0, H]$$

[0082] 其中, f 为过被测内孔7内壁上对应于A检测点和A'检测点之间的轮廓线的直线度误差, S_x 为升降平台4上下运动时水平方向的平移误差, ϕ 为倾角传感器9测量值,将上式相减可得到:

$$[0083] \quad v_2(z) - v_1(z) - D \cdot \sin(\phi) = f(z + D) - f(z)$$

[0084] 64) 将上式做微分积分近似后即可得到直线度误差:

$$[0085] \quad f(k) = \frac{s}{D} \sum_{n=0}^{N-1} (v_2(k) - v_1(k) - D \cdot \sin(\phi)), k = [0, N-1]$$

[0086] 其中, s 为扫描过程中升降平台4移动的步距长度。

[0087] 优选地,在所述步骤1)中,初始状态时,检测组件8伸入到被测工件6的被测内孔7中最下端的测量截面位置;在所述步骤4)中,升降平台4向上移动一个步距长度 s 至另一测量截面。

[0088] 基于上述实施例的技术方案,本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置及其使用方法能够方便地对工件的内孔参数进行检测,本发明的一种用于测量内孔圆柱度的装置及

其使用方法的有益效果在于：

[0089] 1) 第一检测杆10的传感器采用线位移传感器具有沿高度方向分布的A检测点和A'检测点,可同时取得被测内孔7内壁上沿轴向间隔一定距离的2个点的测量值,减小了伸入被测内孔7的检测组件8的复杂度,更适应于内径孔径较小的被测工件6。

[0090] 2) 使用倾角传感器9检测升降平台4移动过程中工件产生的倾角变化,从而更准确地分离圆孔工件侧壁轴向的直线度误差。

[0091] 3) 本方法使用的检测组件8安装简便,易于实施,适用于工业现场的在线圆柱度检测。

[0092] 综上所述,本发明有效克服了现有技术中的种种缺点而具高度产业利用价值。

[0093] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。

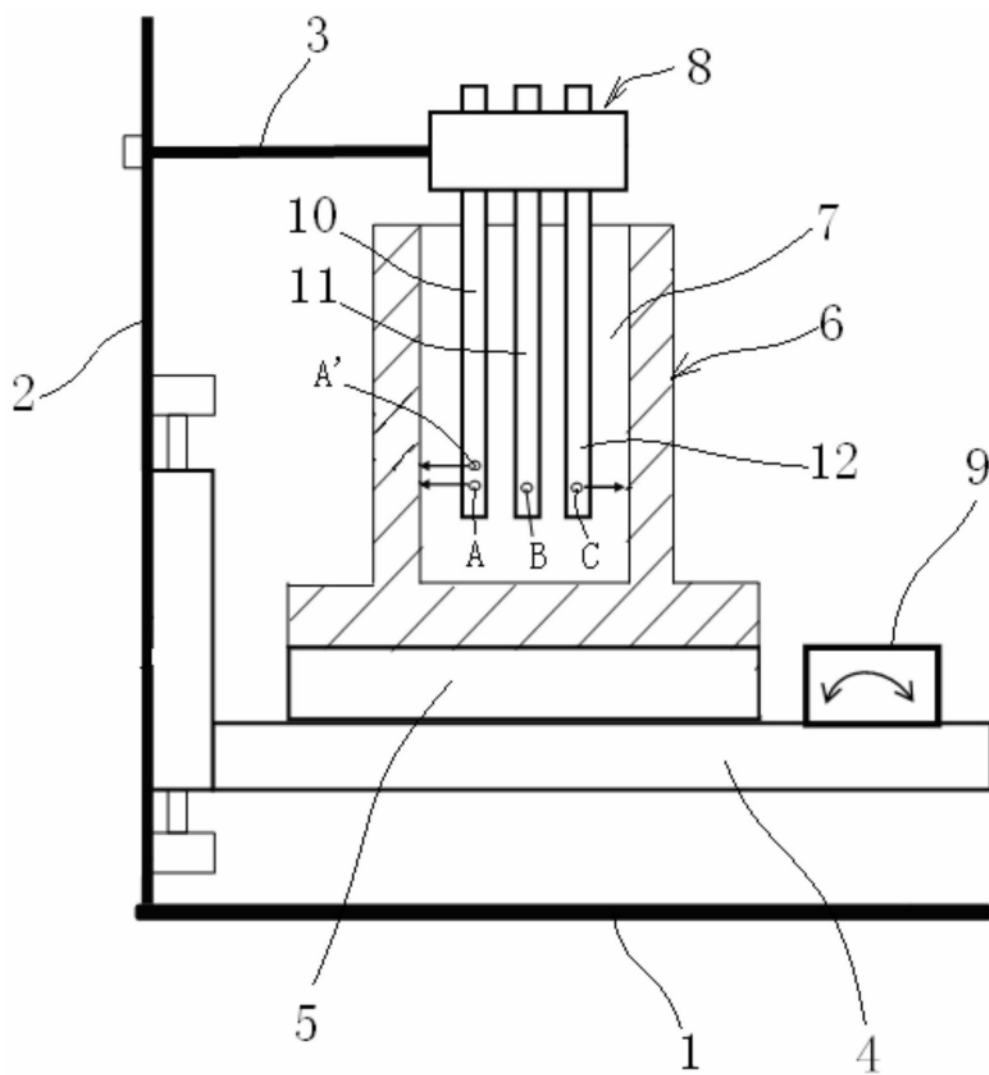


图1

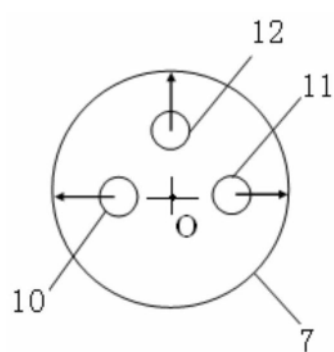


图2

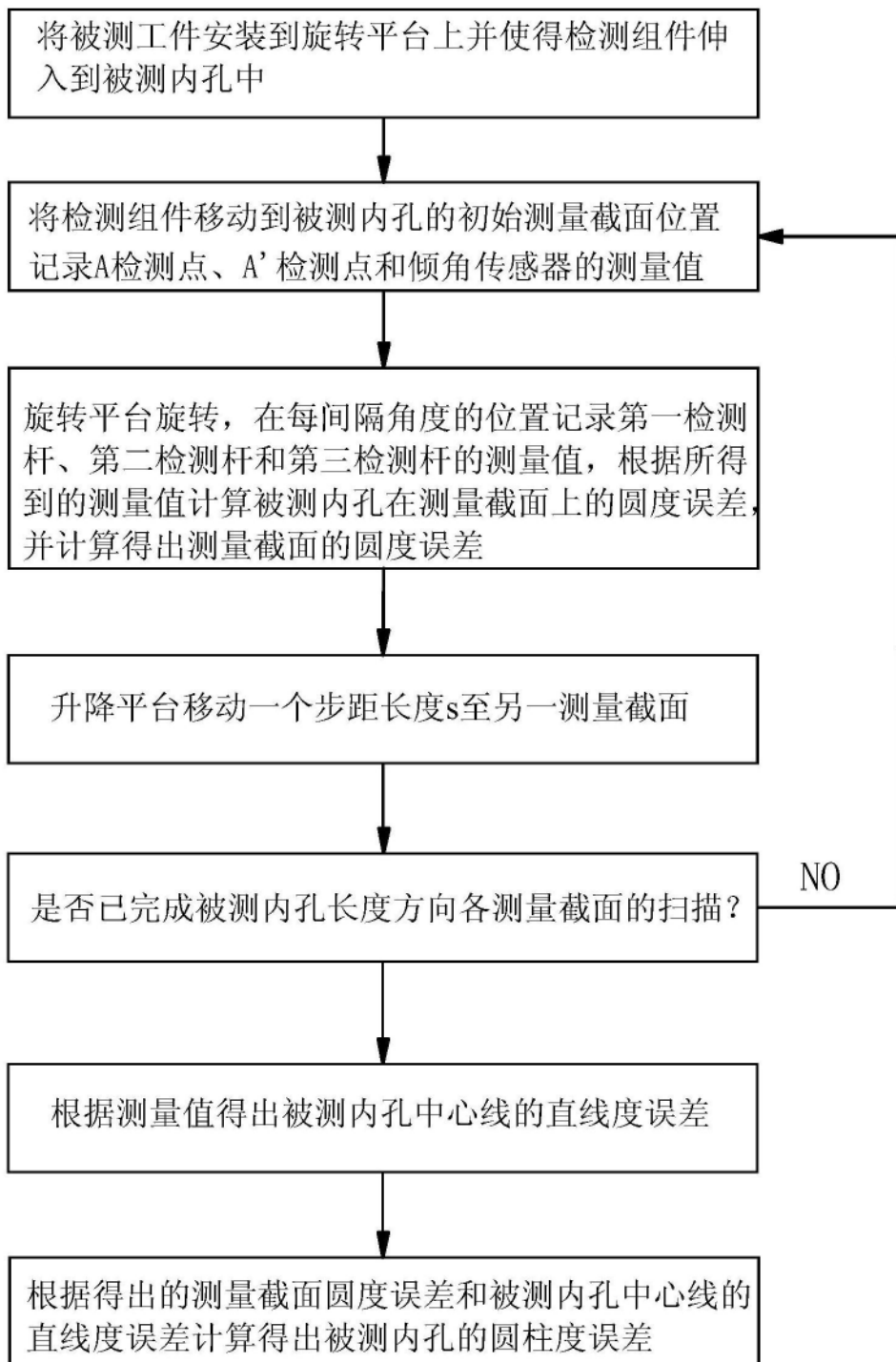


图3