(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2021 年 3 月 4 日 (04.03.2021)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2021/035781 A1

(51) 国际专利分类号:
G01B 21/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/104273

(22) 国际申请日: 2019 年 9 月 4 日 (04.09.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910796900.4 2019年8月27日 (27.08.2019) CN

(71) 申请人: 大连理工大学 (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。

(72) 发明人: 孙清超 (SUN, Qingchao); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 赵斌斌 (ZHAO, Binbin); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 汪云龙 (WANG, Yunlong); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 刘亮 (LIU, Liang); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 穆晓凯 (MU, Xiaokai); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 孙克鹏 (SUN, Kepeng); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(54) **Title:** TYPICAL ROTATIONAL PART CHARACTERIZATION METHOD BASED ON MEASURED RUNOUT DATA

(54) **发明名称:** 一种基于实测跳动数据的典型回转体零件表征方法

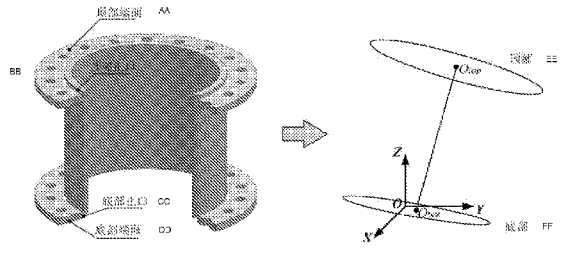


图 1

AA Top end face
BB Top rabbet
CC Bottom rabbet
DD Bottom end face
EE Top
FF Bottom

(57) **Abstract:** A typical rotational part characterization method based on measured runout data. With regard to rotational part characterization including shape data, a kind of matrix form characterization that takes micro runout data and a macro axial dimension into overall consideration is provided. In addition, the method can be applied to an assembly accuracy calculation process. A single part that includes a shape characteristic quantity can be characterized by only using one matrix M, thereby simplifying a calculation process of accuracy transfer, and providing an efficient calculation model for the prediction of assembly accuracy.

(57) **摘要:** 一种基于实测跳动数据的典型回转体零件表征方法, 针对包含形貌数据的回转体零件表征, 通过一种综合考虑微观跳动数据和宏观轴向尺寸的矩阵形式表征, 另外该方法可以应用到装配精度计算过程中, 仅采用一个矩阵M即可表征包含形貌特征量的单个零件, 简化了精度传递的计算过程, 为装配精度的预测提供了一种高效计算模型。

WO 2021/035781 A1

一种基于实测跳动数据的典型回转体零件表征方法

技术领域

本发明涉及一种包含过盈止口的回转体零件的表征方法，特别是针对基于实测配合面跳动数据的回转体零件表征。

背景技术

回转体零件是风电设备，发动机转子等旋转机械中的典型零部件，由于回转体零件配合面不是理想的平面，而是带有一定的形貌特征的表面，对回转体零件进行装配时，如果不考虑配合面形貌特征的影响，将会导致装配体精度的预测值与真实值之间产生一定的偏差，使得产品装配质量无法保证，甚至导致产品失效。因此在装配预测过程中，实现零件特征量的精确表征显得尤为重要。

长期以来，国内外学者对带有配合面形貌零件的表征开展了大量的研究。目前较为普遍的方法是对零件的每个配合面分别采用小位移旋量进行表征，但是一个零件往往具有多个配合表面，需要用多个小位移旋量矩阵才能完整的表征一个零件所有配合面处的微观形貌，另外，该表征方法只能实现配合面微观形貌的表征，忽略了零件本身宏观尺寸，而在装配过程中，零件宏观尺寸与配合面形貌之间的耦合作用将会对装配精度预测产生一定影响。因此，为了实现装配精度的精准高效预测，亟需一种既含有配合面微观形貌特征，又含有宏观关键尺寸的典型回转体零件的表征模型。

为了解决上述问题，本发明从点云拟合技术、齐次坐标变换技术入手，基于实测典型回转体零件配合面跳动数据，采用相应的拟合方法对实测端面跳动数据和径向跳动数据进行拟合，并提取相应的微观形貌特征量，结合零件自身的宏观公称尺寸，建立了用于表征带有止口的典型回转体零件的计算模型。

发明内容

本发明的主要目的是提供一种基于实测跳动数据的典型回转体零件的表征方法，从而实现后续的装配精度的精准、高效预测。

本发明的技术方案：

一种基于实测跳动数据的典型回转体零件表征方法，步骤如下：

1)采用圆柱度仪对回转体零件的配合面进行测量，获得底部端面跳动数据D_{bot}，底部止口径向跳动数据dR_{bot}，顶部端面跳动数据D_{top}，顶部止口径向跳动数据dR_{top}；

2)对步骤 1）获得的原始跳动数据进行预处理，由于圆柱度仪测量获得的数据只是n行 1 列的向量矩阵，即端面的数据为轴向的一维跳动值，止口处的数据为径向的一维跳动值；根据实际测量圆端面处的半径值r_{bot}、r_{top}，测量止口处的半径值R_{bot}、R_{top}，结合实测跳动数据，采用相应方法处理获得配合面处的空间三维坐标数据；

处理方法如下：

对于底部端面数据来说，令$\theta = \left[\frac{2\pi}{n}, \frac{4\pi}{n}, \frac{6\pi}{n}, \cdots, 2\pi\right]^T$，底部端面测点位置$X$向、$Y$向坐标为：

$$X_{Dbot\,(i)} = r_{bot} \times \cos\theta_{(i)}，\ i = 1、2 \cdots n-1、n$$

$$Y_{Dbot\,(i)} = r_{bot} \times \sin\theta_{(i)}，\ i = 1、2 \cdots n-1、n$$

综合底部端面测点位置X向、Y向坐标X_{Dbot}、Y_{Dbot}和底部端面跳动数据D_{bot}，获得处理后的底部端面空间坐标矩阵D'_{bot}，同理可得顶部端面空间坐标矩阵D'_{top}。

对于底部止口径向跳动数据来说，根据径向跳动数据dR_{bot}和测量半径值和R_{bot}，底部止口测点位置X向、Y向坐标为：

$$X_{Rbot\,(i)} = (R_{bot} + dR_{bot\,(i)}) \times \cos\theta_{(i)}$$

$$Y_{Rbot\,(i)} = (R_{bot} + dR_{bot\,(i)}) \times \sin\theta_{(i)}$$

由于止口在装配中其定心作用，主要关注它圆心的位置，因此令$Z_{Rbot} = \mathbf{0}_{n\times 1}$；综合底部止口跳动测量位置$X$向、$Y$向、$Z$向坐标$X_{Rbot}$、$Y_{Rbot}$、$Z_{bot}$，获得处理后的底部止口面空间坐标矩阵$dR'_{bot}$，同理可获得顶部止口面空间坐标矩阵$dR'_{top}$。

3)对步骤 2)获得的数据进行最小二乘法进行拟合，并提取相应的特征量；

提取方法如下：

对处理后的端面数据D'采用最小二乘平面进行拟合，拟合平面方程为：

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

该平面可看作一个理想平面分别绕X轴和Y轴旋转一定角度产生，相应偏转角度分别为：

$$d\theta_x = -\frac{B}{C};\ d\theta_y = \frac{A}{C}$$

一个典型回转体零件可以从处理后的止口面数据中提取 4 个偏心特征量，分别为：$dX_{bot}, dY_{bot}, dX_{top}, dY_{top}$。

对处理后的止口面数据dR'采用最小二乘圆进行拟合，拟合后的圆方程为：

$$R^2 = (x - dX_{bot})^2 + (y - dY_{bot})^2$$

一个典型回转体零件可以从处理后的止口面数据中提取 4 个偏心特征量，分别为：$dX_{bot}, dY_{bot}, dX_{top}, dY_{top}$。

因此，对于任意一个带有止口的回转体零件，通过对其配合面的实测跳动数据进行相应的数据处理可获得：回转体零件的上下两端面的偏转角特征量$d\theta_{x_bot}$、$d\theta_{y_bot}$、$d\theta_{x_top}$、$d\theta_{y_top}$，上下端零件止口处的偏心特征量dX_{bot}、dY_{bot}、dX_{top}、dY_{top}；

4)对步骤 3)中提取的零件特征量采用矩阵形式进行表示，由于大部分的止口连接形式为短止口连接，且止口的测点位置与其临近的端面十分接近，与零

件的轴向高度Z相比，止口测点位置与临近端面的轴向距离忽略不计，因此将端面形貌特征量与止口形貌特征量耦合为一个空间上的圆平面；对于任何一个带有止口的回转体零件来说，包含底部和顶部两个空间上的圆平面，如图 1 所示，对应的底部圆平面和顶部圆平面分别表示为：

$$P_{bot}=\begin{bmatrix}1 & 0 & d\theta_{y_bot} & dX_{bot}\\ 0 & 1 & -d\theta_{x_bot} & dY_{bot}\\ -d\theta_{y_bot} & d\theta_{x_bot} & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$P_{top}=\begin{bmatrix}1 & 0 & d\theta_{y_top} & dX_{top}\\ 0 & 1 & -d\theta_{x_top} & dY_{top}\\ -d\theta_{y_top} & d\theta_{x_top} & 1 & Z\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

5)对步骤 4)获得的零件底部圆平面进行空间调心调倾处理，整个过程如图 2 所示，首先将底部圆平面的圆心位置调至绝对坐标原点，然后将底部圆平面的空间倾斜量调为 0；即底部平面由一个带有一定偏心量和偏斜量的空间圆平面变为一个圆心位于绝对坐标原点的理想圆平面，理想圆平面可用 4 阶单位矩阵E来表示，整个变换过程为：

$$P_{bot}\xrightarrow{T}E$$

即：

$$T\times P_{bot}=E$$

则顶部圆平面发生同样的变换，变换过程为：

$$P_{top}\xrightarrow{T}P'_{top}$$

即：

$$T\times P_{top}=P'_{top}$$

此时，底部圆平面已经变为理想圆平面，已经不包含形貌特征量，底部圆平面的形貌耦合到顶部圆平面上；

令$M = P'_{top}$，用矩阵M来表征一个包含微观形貌特征及宏观轴向高度的典型回转体零件，并用于以后的装配精度计算过程中。

本发明的有益效果：本发明针对包含形貌数据的回转体零件表征，提出了一种综合考虑微观跳动数据和宏观轴向尺寸的矩阵形式表征方法，另外该方法可以应用到装配精度计算过程中，仅采用一个矩阵M即可表征包含形貌特征量的单个零件，简化了精度传递的计算过程，为装配精度的预测提供了一种高效计算模型。

附图说明

图 1 为典型回转体零件的空间圆平面示意图。

图 2 为零件底部圆平面的变换过程。

图 3a 为航空发动机压气机转子零件实测端面跳动数据。

图 3b 为航空发动机压气机转子零件实测止口径向跳动数据。

图 4a 为最小二乘拟合平面。

图 4b 为最小二乘拟合圆。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案及优点描述的更加清楚，下面以一个典型的回转体零件（某型发动机转子零件）为例，结合本发明实例中的附图，对本发明中的技术方案进行完整的描述。

采用某公司现有的 iMap4 综合测量装配平台对该转子件进行测量，其中每一个端面测量内圈和外圈两组跳动数据，每一个止口只测量一组径向跳动数据，测量的数据如图 3 所示。

测试过程中的测点位置为：$r_{bot1} = 123$，$r_{bot2} = 133$，$r_{top1} = 168$，$r_{top2} = 178$，$R_{bot} = 120$,$R_{top} = 165$。零件的轴向高度$Z = 120$。采用步骤 2 中

的方法对实测数据进行处理，可以获得端面处的空间点云数据$D_{bot_n\times3}$、$D_{top_n\times3}$和止口处的空间点云数据$dR_{bot_n\times3}$、$dR_{top_n\times3}$。

对处理后的端面处的空间点云数据进行最小二乘平面拟合，对处理后的止口处的空间点云数据进行最小二乘圆拟合，拟合效果如图 4 所示。

通过拟合可以提取相应的配合面形貌特征量，如表 1 所示：

形貌特征量	数值
$d\theta_{x_bot}\,(10^{-5}\mathrm{rad})$	0.5129
$d\theta_{y_bot}\,(10^{-5}\mathrm{rad})$	2.0986
$d\theta_{x_top}\,(10^{-5}\mathrm{rad})$	-1.0230
$d\theta_{y_top}\,(10^{-5}\mathrm{rad})$	1.5391
$dX_{bot}\,(10^{-6}\mathrm{m})$	-4.1
$dY_{bot}\,(10^{-6}\mathrm{m})$	-2.7
$dX_{top}\,(10^{-6}\mathrm{m})$	-2.2
$dY_{top}\,(10^{-6}\mathrm{m})$	3.5

将表 1 中的形貌特征量数据以及零件轴向高度Z分别代入到矩阵P_{bot}和P_{top}中，获得零件底部圆平面矩阵和顶部圆平面矩阵。

采用矩阵变换的方法对底部圆平面矩阵进行调心调倾，采用步骤 5 所叙述的方法，可以得到底部圆平面的变换矩阵$T = P_{bot}^{-1}$，令顶部圆平面矩阵P_{top}左乘矩阵T，即可获得变换后的顶部圆平面矩阵$P_{top}^{'}$。

$$P_{top}^{'} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.5595E^{-5} & 0.6E^{-6} \\ 0 & 1 & 1.5359E^{-5} & 6.8E^{-6} \\ 0.5595E^{-5} & -1.5359E^{-5} & 1 & 120 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

令$M = P_{top}^{'}$，用矩阵M来表征考虑零件配合面形貌特征及宏观轴向尺寸的发动机转子零件。

权利要求书

1.一种基于实测跳动数据的典型回转体零件表征方法，其特征在于，步骤如下：

1)采用圆柱度仪对回转体零件的配合面进行测量，获得底部端面跳动数据D_{bot}，底部止口径向跳动数据dR_{bot}，顶部端面跳动数据D_{top}，顶部止口径向跳动数据dR_{top}；

2)对步骤 1）获得的原始跳动数据进行预处理，由于圆柱度仪测量获得的数据只是n行 1 列的向量矩阵，即端面的数据为轴向的一维跳动值，止口处的数据为径向的一维跳动值；根据实际测量圆端面处的半径值r_{bot}、r_{top}，测量止口处的半径值R_{bot}、R_{top}，结合实测跳动数据，采用相应方法处理获得配合面处的空间三维坐标数据；

处理方法如下：

对于底部端面数据来说，令$\theta = \left[\frac{2\pi}{n}, \frac{4\pi}{n}, \frac{6\pi}{n}, \cdots, 2\pi\right]^T$，底部端面测点位置$X$向、$Y$向坐标为：

$$X_{Dbot\,(i)} = r_{bot} \times \cos\theta_{(i)}，\ i = 1、2 \cdots n-1、n$$

$$Y_{Dbot\,(i)} = r_{bot} \times \sin\theta_{(i)}，\ i = 1、2 \cdots n-1、n$$

综合底部端面测点位置X向、Y向坐标X_{Dbot}、Y_{Dbot}和底部端面跳动数据D_{bot}，获得处理后的底部端面空间坐标矩阵D'_{bot}，同理可得顶部端面空间坐标矩阵D'_{top}；

对于底部止口径向跳动数据来说，根据径向跳动数据dR_{bot}和测量半径值和R_{bot}，底部止口测点位置X向、Y向坐标为：

$$X_{Rbot\,(i)} = (R_{bot} + dR_{bot\,(i)}) \times \cos\theta_{(i)}$$

$$Y_{Rbot\,(i)} = (R_{bot} + dR_{bot\,(i)}) \times \sin\theta_{(i)}$$

由于止口在装配中其定心作用，主要关注它圆心的位置，因此令$Z_{Rbot} = \mathbf{0_{n\times 1}}$；综合底部止口跳动测量位置$X$向、$Y$向、$Z$向坐标$X_{Rbot}$、$Y_{Rbot}$、$Z_{bot}$，获得处理后的底部止口面空间坐标矩阵$dR'_{bot}$，同理可获得顶部止口面空间坐标矩阵$dR'_{top}$；

3)对步骤 2)获得的数据进行最小二乘法进行拟合，并提取相应的特征量；

提取方法如下：

对处理后的端面数据D'采用最小二乘平面进行拟合，拟合平面方程为：

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

该平面可看作一个理想平面分别绕X轴和Y轴旋转一定角度产生，相应偏转角度分别为：

$$d\theta_x = -\frac{B}{C};\ d\theta_y = \frac{A}{C}$$

一个典型回转体零件可以从处理后的端面数据中提取 4 个偏斜特征量，分别为：$d\theta_{x_bot}, d\theta_{y_bot}, d\theta_{x_top}, d\theta_{y_top}$；

对处理后的止口面数据dR'采用最小二乘圆进行拟合，拟合后的圆方程为：

$$R^2 = (x - dX)^2 + (y - dY)^2$$

一个典型回转体零件可以从处理后的止口面数据中提取 4 个偏心特征量，分别为：$dX_{bot}, dY_{bot}, dX_{top}, dY_{top}$；

因此，对于任意一个带有止口的回转体零件，通过对其配合面的实测跳动数据进行相应的数据处理可获得：回转体零件的上下两端面的偏转角特征量$d\theta_{x_bot}$、$d\theta_{y_bot}$、$d\theta_{x_top}$、$d\theta_{y_top}$，上下端零件止口处的偏心特征量dX_{bot}、dY_{bot}、dX_{top}、dY_{top}；

4)对步骤 3)中提取的零件特征量采用矩阵形式进行表示，由于大部分的止口连接形式为短止口连接，且止口的测点位置与其临近的端面十分接近，与零件的轴向高度Z相比，止口测点位置与临近端面的轴向距离忽略不计，因此将端面形貌特征量与止口形貌特征量耦合为一个空间上的圆平面；对于任何一个带有止口的回转体零件来说，包含底部和顶部两个空间上的圆平面，对应的底部圆平面和顶部圆平面分别表示为：

$$P_{bot}=\begin{bmatrix}1 & 0 & d\theta_{y_bot} & dX_{bot}\\ 0 & 1 & -d\theta_{x_bot} & dY_{bot}\\ -d\theta_{y_bot} & d\theta_{x_bot} & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$P_{top}=\begin{bmatrix}1 & 0 & d\theta_{y_top} & dX_{top}\\ 0 & 1 & -d\theta_{x_top} & dY_{top}\\ -d\theta_{y_top} & d\theta_{x_top} & 1 & Z\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

5)对步骤 4)获得的零件底部圆平面进行空间调心调倾处理，首先将底部圆平面的圆心位置调至绝对坐标原点，然后将底部圆平面的空间倾斜量调为 0；即底部平面由一个带有一定偏心量和偏斜量的空间圆平面变为一个圆心位于绝对坐标原点的理想圆平面，理想圆平面可用 4 阶单位矩阵E来表示，整个变换过程为：

$$P_{bot}\xrightarrow{T}E$$

即：

$$T\times P_{bot}=E$$

则顶部圆平面发生同样的变换，变换过程为：

$$P_{top}\xrightarrow{T}P'_{top}$$

即：

$$T\times P_{top}=P'_{top}$$

此时，底部圆平面已经变为理想圆平面，已经不包含形貌特征量，底部圆平面的形貌耦合到顶部圆平面上；

令$M=P'_{top}$，用矩阵M来表征一个包含微观形貌特征及宏观轴向高度的回转体零件，并用于以后的装配精度计算过程中。

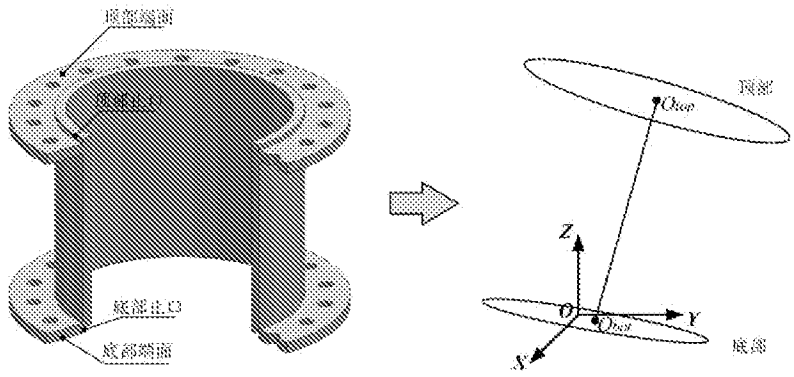

顶部端面
顶部止口
底部止口
底部端面
顶部
底部
Z
Y
X
O

图 1

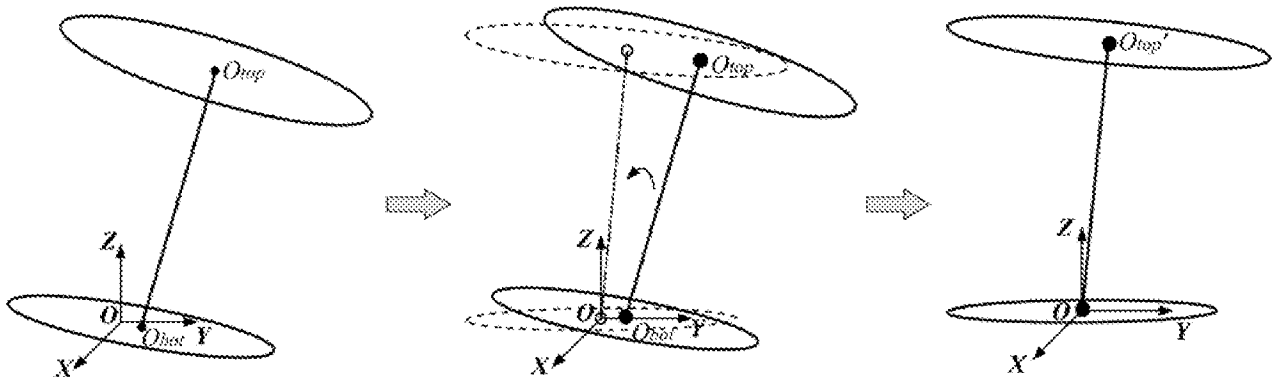

Z
Y
X
O

图 2

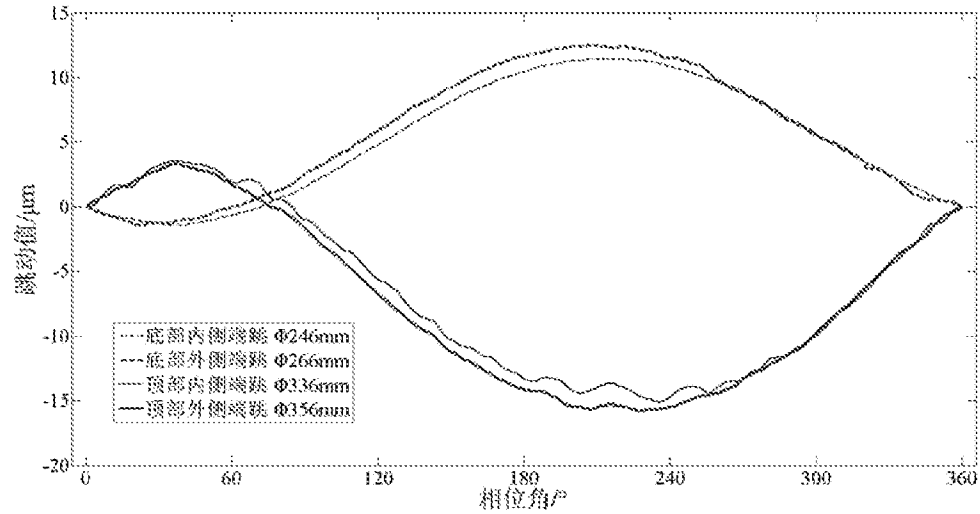

跳动值/μm
相位角/°
底部内侧端跳 Φ246mm
底部外侧端跳 Φ266mm
顶部内侧端跳 Φ336mm
顶部外侧端跳 Φ356mm

图 3a

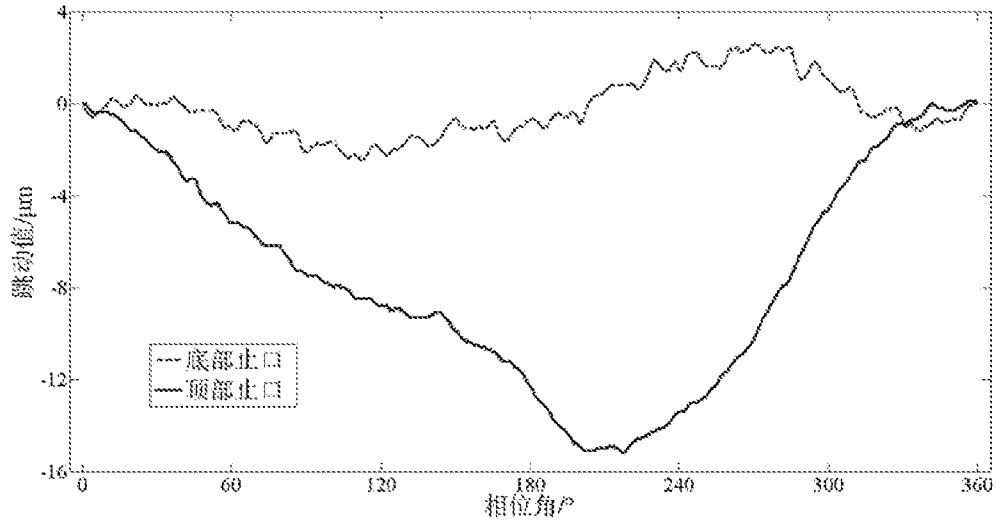

跳动值/μm
相位角/°
底部止口
顶部止口
4
0
-4
-8
-12
-16
0
60
120
180
240
300
360

图 3b

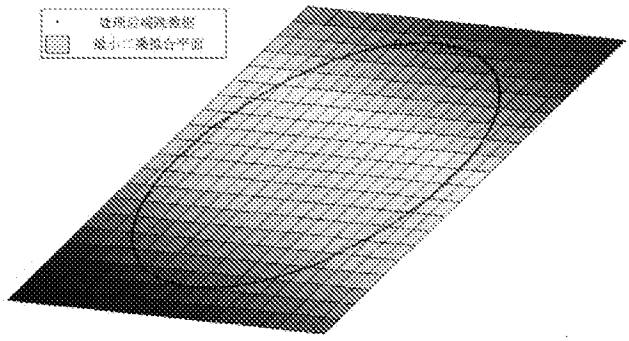


图 4a

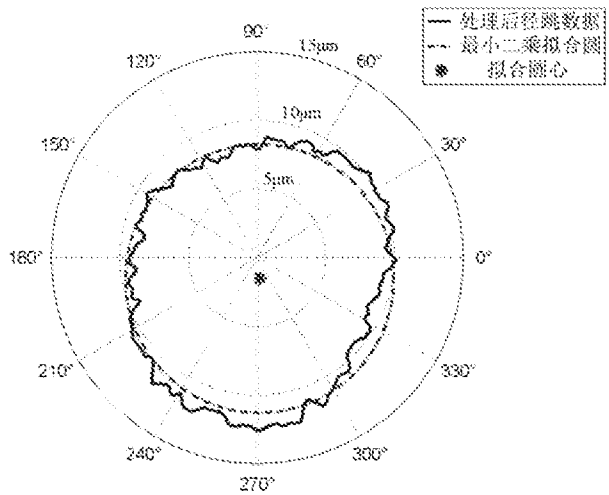

处理后径跳数据
最小二乘拟合圆
拟合圆心
15μm
10μm
5μm
90°
120°
60°
150°
30°
180°
0°
210°
330°
240°
300°
270°

图 4b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/104273

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B 21/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B ,B23Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNABS, CNTXT, SIPOABS, DWPI: 跳动数据, 回转体, 圆柱度, 矩阵, beat, data, solid, revolution, cylindricity, matrix

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105423909 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 23 March 2016 (2016-03-23) claim 1	1,
A	CN 103481122 A (HARBIN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 01 January 2014 (2014-01-01) entire document	1,
A	CN 109977352 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 05 July 2019 (2019-07-05) entire document	1,
A	CN 104308663 A (XIANGTAN UNIVERSITY) 28 January 2015 (2015-01-28) entire document	1,
A	JP 57207813 A (DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH) 20 December 1982 (1982-12-20) entire document	1,

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
21 April 2020	**28 April 2020**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2019/104273

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 105423909 A	23 March 2016	None	
CN 103481122 A	01 January 2014	CN 103481122 B	04 May 2016
CN 109977352 A	05 July 2019	None	
CN 104308663 A	28 January 2015	None	
JP 57207813 A	20 December 1982	EP 0068082 B1	21 November 1985
		AT 16636 T	15 December 1985
		DE 3123489 A1	30 December 1982
		EP 0068082 A2	05 January 1983
		EP 0068082 A3	09 February 1983

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/104273

A. 主题的分类

G01B 21/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01B ,B23Q

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNKI,CNABS,CNTXT,SIPOABS,DWPI:跳动数据，回转体，圆柱度，矩阵，beat,data,solid,revolution,cylindricity,matrix

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 105423909 A (哈尔滨工业大学) 2016年 3月 23日 (2016-03-23) 权利要求1	1
A	CN 103481122 A (哈尔滨理工大学) 2014年 1月 1日 (2014-01-01) 全文	1
A	CN 109977352 A (哈尔滨工业大学) 2019年 7月 5日 (2019-07-05) 全文	1
A	CN 104308663 A (湘潭大学) 2015年 1月 28日 (2015-01-28) 全文	1
A	JP 57207813 A (HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES) 1982年 12月 20日 (1982-12-20) 全文	1

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2020年 4月 21日	2020年 4月 28日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 李莎莎 电话号码 62085375

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/104273

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105423909	A	2016年 3月 23日		无		
CN	103481122	A	2014年 1月 1日	CN	103481122	B	2016年 5月 4日
CN	109977352	A	2019年 7月 5日		无		
CN	104308663	A	2015年 1月 28日		无		
JP	57207813	A	1982年 12月 20日	EP	0068082	B1	1985年 11月 21日
				AT	16636	T	1985年 12月 15日
				DE	3123489	A1	1982年 12月 30日
				EP	0068082	A2	1983年 1月 5日
				EP	0068082	A3	1983年 2月 9日