



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103148827 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 18

(21) 申请号 201310074034. 0

(22) 申请日 2013. 03. 08

(73) 专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 石照耀 林虎

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

代理人 魏聿珠

(51) Int. Cl.

G01B 21/20(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101551240 A, 2009. 10. 07, 说明书第 2-7 页及图 1-7.

CN 101561349 A, 2009. 10. 21, 说明书第 1-4 页及图 1.

EP 0510431 A2, 1992. 10. 28, 全文.

JP 特开 2001-141444 A, 2001. 05. 25, 全文.

石照耀. 复杂螺旋曲面特征线测量的理论与技术研究. 《中国博士学位论文全文数据库》. 2002, 正文第 39-47 页.

审查员 王书伦

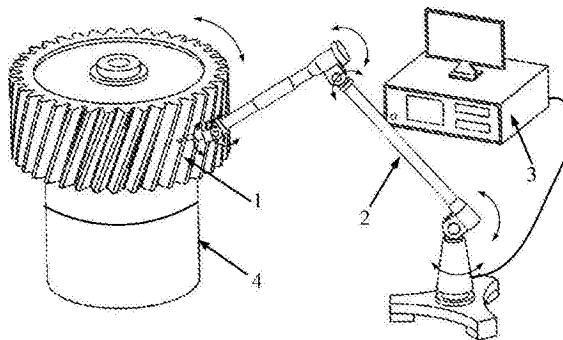
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于关节臂测量机的大齿轮测量方法

(57) 摘要

一种基于关节臂测量机的大齿轮测量方法, 属于齿轮测量技术领域。关节臂坐标测量机被安置于机床旁, 对在机被加工齿轮进行现场测量。通过关节臂坐标测量机可建立被测齿轮工件与测量仪器的位置关系, 利用测量仪器的测头在齿面上均布采点后, 得到实际齿面每个测量点对应的齿面起始角参数, 经过计算最后得到齿面齿形误差。通过机床回转平台驱动齿轮工件进行回转或者移动关节臂坐标测量机位置可实现大齿轮不同部位轮齿的测量。



1. 一种基于关节臂坐标测量机的大齿轮测量方法,其特征在于:采用“以小测大”的方式,把关节臂测量机(2)置于大齿轮加工机床旁,对大齿轮工件进行在机测量,测量方法包括有两种实现方式:

实现方式一:齿轮工件不动,关节臂测量机(2)围绕齿轮工件进行移站,即移动关节臂测量机(2)到下一个位置后对各个部位的轮齿进行测量;

实现方式二:关节臂测量机安装位置固定,齿轮工件由机床转台驱动旋转,利用关节臂测量机(2)对其测量空间范围内的轮齿进行测量;

在所述的实现方式一中,测量过程包括如下步骤:

1) 大齿轮工件(1)安置在机床回转平台(4)上,在加工机床旁标注4个标注点,作为关节臂测量机(2)的固定位置,4个标注点围绕大齿轮工件成对称分布;将关节臂测量机(2)安置于其中一个标注点上;

2) 利用关节臂测量机(2)在大齿轮工件(1)的设计基准面上采点,建立齿轮工件坐标系;

3) 通过计算机(3)确定测量坐标系和齿轮工件坐标系的坐标变换关系,所有后续测量点须转换到齿轮工件坐标系下;

4) 利用关节臂测量机(2)的测头在齿面上均布采集若干测量点,测量点坐标在齿轮工件坐标系下为 $R(x_i, y_i, z_i)$;

5) 计算大齿轮工件(1)的齿形误差

将步骤4)测量得到的齿面点坐标 $R(x_i, y_i, z_i)$ 代入公式:

$$\phi_i = \arccos \frac{x_i}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} + \arccos \frac{r_b}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} - \sqrt{\frac{x_i^2 + y_i^2}{r_b^2} - 1} + \frac{r_T}{r_b \cos \beta_b}$$

上式中, ϕ_i 为点 $R(x_i, y_i, z_i)$ 所对应的齿面起始角参数, r_b 为基圆半径, β_b 为基圆螺旋角, r_T 为测头的测球半径;

通过上式计算出每个测量点所对应的齿面起始角 ϕ_i , 最大的起始角用 $\max(\phi_i)$ 来表示, 最小的起始角用 $\min(\phi_i)$ 来表示, 那么齿面齿形误差 f 的计算公式为:

$$f = r_b \cdot [\max(\phi_i) - \min(\phi_i)]$$

6) 将关节臂坐标测量机(2)绕一个方向移动至下一个标注点位置并固定,重复上述第2)到第6)测量步骤,直至关节臂坐标测量机在4个标注点位置都完成测量;

所述的实现方式二中,测量过程包括如下步骤,

1) 将关节臂测量机(2)安置于大齿轮加工机床旁,大齿轮工件(1)安置在机床回转平台(4)上;

2) 利用关节臂测量机(2)在齿轮工件(1)的设计基准面上采点,建立齿轮工件坐标系;

3) 通过计算机(3)的测量软件确定测量坐标系和齿轮工件坐标系的坐标变换关系,所有后续测量点须转换到齿轮工件坐标系下;

4) 利用关节臂测量机(2)的测头在齿面上均布采集若干测量点,测量点坐标值为

$P(x_i, y_i, z_i)$:

5) 计算大齿轮工件 (1) 的齿形误差

将步骤 4) 测量得到的齿面点坐标 $P(x_i, y_i, z_i)$ 代入公式 :

$$\phi_i = \arccos \frac{x_i}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} + \arccos \frac{r_b}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} - \sqrt{\frac{x_i^2 + y_i^2}{r_b^2} - 1} + \frac{r_T}{r_b \cos \beta_b}$$

上式中, ϕ_i 为点 $P(x_i, y_i, z_i)$ 所对应的齿面起始角参数, r_b 为基圆半径, β_b 为基圆螺旋角, r_T 为测头的测球半径 ;

通过上式计算出每个测量点所对应的齿面起始角 ϕ_i , 最大的起始角用 $\max(\phi_i)$ 来表示, 最小的起始角用 $\min(\phi_i)$ 来表示, 那么齿面齿形误差 f 的计算公式为 :

$$f = r_b \cdot [\max(\phi_i) - \min(\phi_i)]$$

6) 驱动机床回转平台 (4) 带动齿轮工件 (1) 转动 90° 停止, 使用关节臂测量机 (2) 重复上述第 2) 到第 6) 测量步骤, 直至大齿轮工件 (1) 转动一圈。

一种基于关节臂测量机的大齿轮测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于关节臂测量坐标机的大齿轮测量方法,该方法简易高效,特别适合大齿轮的在机测量。属于精密测试技术及精密仪器领域。

背景技术

[0002] 大齿轮是指直径大于 500mm 的齿轮,它是大型装备的关键零部件。对于大齿轮而言,因参数、尺寸和重量较大,目前主要是以齿廓、螺旋线和齿距测量为基础的分析式测量,主要依靠电子展成法实现。

[0003] 电子展成测量是指通过由计算机、控制器、伺服驱动装置和传动装置组成的展成系统,取代机械展成法中的展成装置,形成某种特定轨迹曲线(螺旋线,齿廓线等),该轨迹曲线与被测齿轮的实际特征线作比较,来确定相应误差。

[0004] 基于电子展成法进行测量的仪器主要有 CNC 齿轮测量中心。

[0005] 齿轮测量中心一般配备旋转平台,齿轮工件被安装于旋转平台上,依靠齿轮工件的转动以及测头在轴向 / 切向方向协调移动进行螺旋线 / 齿廓测量,转动及平移运动要依据齿轮渐开线展成方程进行控制。

[0006] 采用传统电子展成法对大齿轮测量具有如下缺点:1)展成系统形成的特定轨迹线必须严格控制在设定的测量面内(端平面或者分度圆柱面),因此对测量仪器瞄准定位精度要求很高。而大齿轮尺寸大,测量仪器的结构、体积相应增大,给仪器制造和装配带来很大的困难;2)使用旋转平台测量大齿轮,齿轮重量给转轴增加很大作用力,造成仪器几何变形;且齿轮惯性大,转动和停止难以精确控制,微小的角度偏差所引起的测量误差会随着被测齿轮尺寸的增大而增大,即存在所谓的“误差放大”效应。3)大型量仪不适合安放在生产现场而一般安装在计量室内,因此大齿轮需要加工完后搬运到计量室内检测,检测后再次运回到生产现场进行修正,其过程相当繁琐复杂。加之大型仪器价格昂贵,一般企业难以承受,影响了这类仪器的应用。

[0007] 综上所述,有必要利用现有经济型测量仪器并采用新的测量方法对大齿轮实现快速、准确测量。

发明内容

[0008] 本发明针对目前大齿轮生产现场,提出了一种基于关节臂测量机的大齿轮测量方法。

[0009] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案是:

[0010] 采用“以小测大”的思路,使用关节臂坐标测量机在机床旁对大齿轮进行齿形误差测量,大齿轮工件无需拆卸搬运至计量室,在加工现场即可完成测量。利用关节臂坐标测量机的测头在齿轮设计基准面上采集若干点,通过采集点坐标建立齿轮工件坐标系,进而确定齿轮工件和测量仪器的位置关系。通过关节臂坐标测量机的测头在齿面上均布采集点坐标,计算出每个测量点对应齿面起始角后,可计算得到齿轮的齿形误差值。

[0011] 齿轮测量一般在圆周均布的不少于 3 个齿的左右侧齿面进行测量。由于大齿轮尺寸较大,而关节臂测量坐标机测量空间有限,测量方法包括有两种实现方式:1)大齿轮处于静止状态,关节臂围绕齿轮工件进行移站(移动测量仪器位置)即可对 4 个对称位置的轮齿进行测量;2)关节臂测量机安装位置不变,齿轮工件由转台驱动依次旋转 90° 后实现 4 个对称位置的轮齿测量。

[0012] 一种基于关节臂坐标测量机的大齿轮测量方法,采用“以小测大”的方式,把关节臂坐标测量机置于大齿轮加工机床旁,对大齿轮工件进行在机测量,测量方法包括有两种实现方式:

[0013] 实现方式一:齿轮工件不动,关节臂测量机围绕齿轮工件进行移站,即移动测量仪器到下一个位置后对各个部位的轮齿进行测量;

[0014] 实现方式二:关节臂测量机安装位置固定,齿轮工件由机床转台驱动旋转,利用关节臂测量机对其测量空间范围内的轮齿进行测量。

[0015] 在所述的实现方式一中,测量过程包括如下步骤:

[0016] 1)大齿轮工件 1 安置在机床回转平台 4 上,在加工机床旁标注 4 个点,作为关节臂测量机的固定位置,4 个点围绕大齿轮工件成对称分布;将关节臂测量机 2 安置于其中一个标注点上;

[0017] 2)利用关节臂坐标机 2 在大齿轮工件 1 的设计基准面上采点,建立齿轮工件坐标系;

[0018] 3)通过计算机 3 确定测量坐标系和齿轮工件坐标系的坐标变换关系,所有后续测量点须转换到齿轮工件坐标系下;

[0019] 4)利用关节臂坐标机 2 的测头在齿面上均布采集若干测量点,测量点坐标在齿轮工件坐标系下为 $P_i(x_i, y_i, z_i)$;

[0020] 5)计算大齿轮工件 1 的齿形误差

[0021] 将步骤 4) 测量得到的齿面点坐标 $P_i(x_i, y_i, z_i)$ 代入公式:

$$[0022] \quad \phi_i = \arccos \frac{x_i}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} + \arccos \frac{r_b}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} \sqrt{\frac{x_i^2 + y_i^2}{r_b^2} - 1} + \frac{r_T}{r_b \cos \beta_b}$$

[0023] 上式中, ϕ_i 为点 $P_i(x_i, y_i, z_i)$ 所对应的齿面起始角参数, r_b 为基圆半径, β_b 为基圆螺旋角, r_T 为测头的测球半径;

[0024] 通过上式计算出每个测量点所对应的齿面起始角 ϕ_i , 最大的起始角用 $\max(\phi_i)$ 来表示, 最小的起始角用 $\min(\phi_i)$ 来表示, 那么齿面齿形误差 f 的计算公式为:

$$[0025] \quad f = r_b \cdot [\max(\phi_i) - \min(\phi_i)]$$

[0026] 6) 将关节臂坐标测量机 2 绕一个方向移动至下一个标注点位置并固定, 重复上述第 2) 到第 6) 测量步骤, 直至关节臂坐标测量机在 4 个固定点位置都完成测量。

[0027] 在所述的实现方式二中, 测量过程包括如下步骤:

[0028] 1) 将关节臂测量机 2 安置于大齿轮加工机床旁, 大齿轮工件 1 安置在机床回转平台 4 上;

[0029] 2) 利用关节臂坐标机 2 在齿轮工件 1 的设计基准面上采点, 建立齿轮工件坐标系;

[0030] 3) 通过计算机 3 的测量软件确定测量坐标系和齿轮工件坐标系的坐标变换关系, 所有后续测量点须转换到齿轮工件坐标系下;

[0031] 4) 利用关节臂坐标机 2 的测头在齿面上均布采集若干点, 测量点坐标值为 $P_i(x_i, y_i, z_i)$;

[0032] 5) 计算大齿轮工件 1 的齿形误差

[0033] 将步骤 4) 测量得到的齿面点坐标 $P_i(x_i, y_i, z_i)$ 代入公式:

$$[0034] \quad \phi_i = \arccos \frac{x_i}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} + \arccos \frac{r_b}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} - \sqrt{\frac{x_i^2 + y_i^2}{r_b^2} - 1} + \frac{r_T}{r_b \cos \beta_b}$$

[0035] 上式中, ϕ_i 为点 $P_i(x_i, y_i, z_i)$ 所对应的齿面起始角参数, r_b 为基圆半径, β_b 为基圆螺旋角, r_T 为测头的测球半径;

[0036] 通过上式计算出每个测量点所对应的齿面起始角 ϕ_i , 最大的起始角用 $\max(\phi_i)$ 来表示, 最小的起始角用 $\min(\phi_i)$ 来表示, 那么齿面齿形误差 f 的计算公式为:

$$[0037] \quad f = r_b \cdot [\max(\phi_i) - \min(\phi_i)]$$

[0038] 6) 驱动机床回转平台 4 带动齿轮工件 1 转动 90° 停止, 使用关节臂坐标测量机 2 重复上述第 2 到第 6 测量步骤, 直至大齿轮工件 1 转动一圈。

[0039] 本发明具有以下有益效果:

[0040] 1) 采用便携式关节臂测量机测量大齿轮, 大齿轮可在原加工机床上, 免除了把齿轮工件从机床上卸下并搬运至测量室开展测量的麻烦;

[0041] 2) 基于齿轮三维模型进行误差评定, 测量采样点位置无需严格限制于特定特征线。无需设置测量路径及测头触发方向, 极大地提高了齿轮的测量效率。

[0042] 3) 关节臂测量机经济且精度较高, 本发明方法拓展了其在齿轮测量领域中的应用。

[0043] 以下结合附图说明和具体实施方式对本发明作进一步的说明。

附图说明

[0044] 图 1 为使用关节臂测量坐标机测量大齿轮示意图;

[0045] 图 2 为使用关节臂测量坐标机建立齿轮工件坐标系;

[0046] 图 3 为齿面均布采样点分布;

[0047] 图中: 1. 大齿轮工件, 2. 关节臂坐标测量机, 3 计算机。

具体实施方式

[0048] 下面结合附图对本实施例作进一步说明:

[0049] 1) 安装固定关节臂坐标测量机

[0050] 如图 1 所示, 被测大齿轮 1 安装于机床回转支撑平台 4 上, 将关节臂测量机 2 安置于大齿轮加工机床旁。测量系统由关节臂测量坐标机 2 和计算机 3 组成, 计算机 3 内装有测量机配套专用测量软件。

[0051] 2) 利用关节臂坐标测量机建立齿轮坐标系

[0052] 如图 2 所示, 利用关节臂测量机 2 在大齿轮工件 1 的设计基准 - 齿轮芯轴外圆采

集若干点,测量点坐标值通过最小二乘法可以拟合得到一个最小二乘圆及其圆心坐标。利用关节臂测量机 2 在大齿轮 1 的另一设计基准 - 齿轮上端平面上也采集若干点,由这些点的坐标值可确定齿轮 1 上端平面的方程及其法线方程。利用上述测量得到的圆心坐标及上端平面法线方程,可以计算得到齿轮坐标系的 Z 轴方程,Z 轴穿过最小二乘圆心并与上端平面垂直相交于坐标系原点。在齿轮上端平面上测量某一标记点,以该标记点与坐标系原点可确定一直线方程,该直线方程为 Y 轴,通过右手准则可以确定 X 轴方向。

[0053] 3) 建立测量仪器坐标系和齿轮坐标系的坐标变换关系

[0054] 由步骤 2) 建立齿轮坐标系后,关节臂坐标系和齿轮坐标系的坐标变换关系也随即确定。两坐标系的坐标变换关系由计算机 3 的内置专用测量软件内置算法实现。此后关节臂测量坐标机测量的点的坐标需全部转换到齿轮坐标系下显示并记录。

[0055] 4) 齿面坐标点采样

[0056] 如图 3 所示,利用关节臂测量机 2 在待测的齿面上均布采集若干点,测量点坐标值为 $P_i(x_i, y_i, z_i)$ 。

[0057] 5) 计算齿轮工件 1 的齿形误差

[0058] 将步骤 4) 得到的齿面点坐标值 $P_i(x_i, y_i, z_i)$ 代入公式:

$$[0059] \quad \phi_i = \arccos \frac{x_i}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} + \arccos \frac{r_b}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} - \sqrt{\frac{x_i^2 + y_i^2}{r_b^2} - 1} + \frac{r_T}{r_b \cos \beta_b}$$

[0060] 上式中, ϕ_i 为点 $P_i(x_i, y_i, z_i)$ 所对应的齿面起始角参数, r_b 为基圆半径, β_b 为基圆螺旋角, r_T 为测头的测球半径。

[0061] 通过上式计算出每个测量点所对应的齿面起始角 ϕ_i , 最大的起始角用 $\max(\phi_i)$ 来表示, 最小的起始角用 $\min(\phi_i)$ 来表示, 那么齿面齿形误差的计算公式为:

$$[0062] \quad f = r_b \cdot [\max(\phi_i) - \min(\phi_i)]$$

[0063] 6) 测量齿轮其它轮齿

[0064] 齿轮测量一般在圆周均布的不少于 3 个齿的左右侧齿面进行测量。这里对大齿轮 1 圆周均布 4 个位置的轮齿进行测量, 实现方式有两种:

[0065] i) 使用机床回转平台 4 驱动齿轮 1 依次回转 90° 后, 重复上述步骤 2) 到步骤 6), 直至齿轮各个轮齿都测量完毕。

[0066] ii) 在大齿轮 1 圆周均布 4 个位置做上标记点, 将关节臂坐标测量机依次安置于上述 4 个标记点位置, 重复上述步骤 1) 到步骤 6), 直至齿轮各个轮齿都测量完毕。

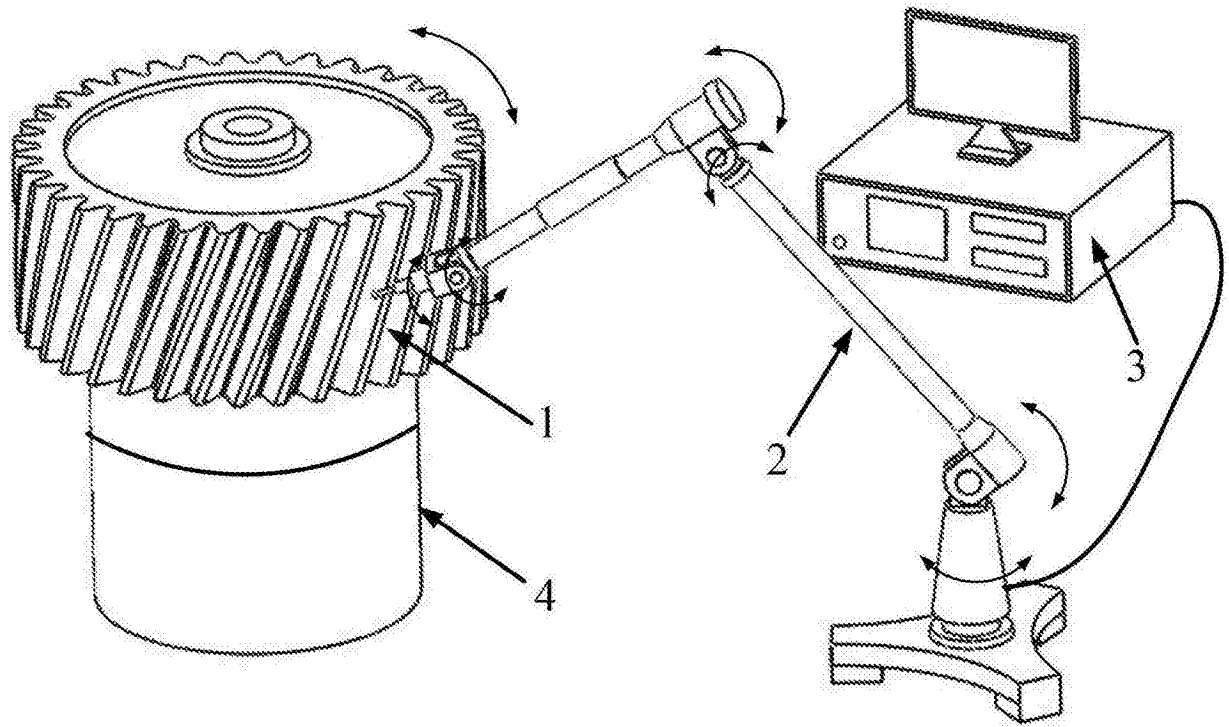


图 1

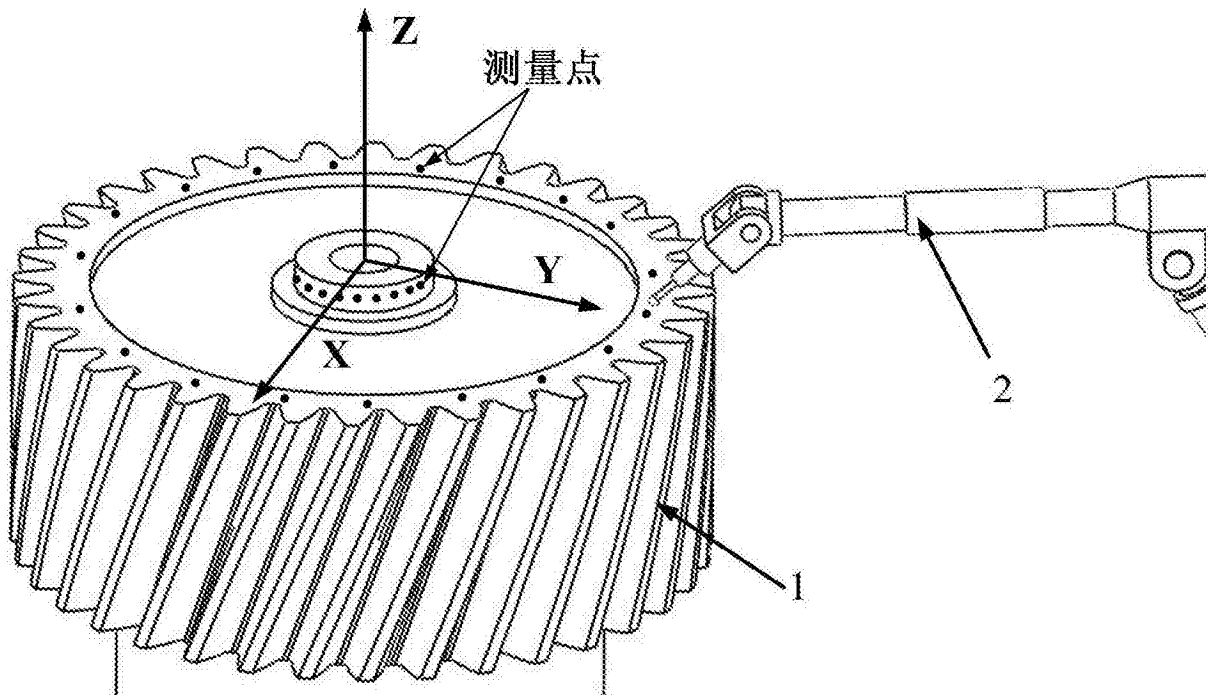


图 2

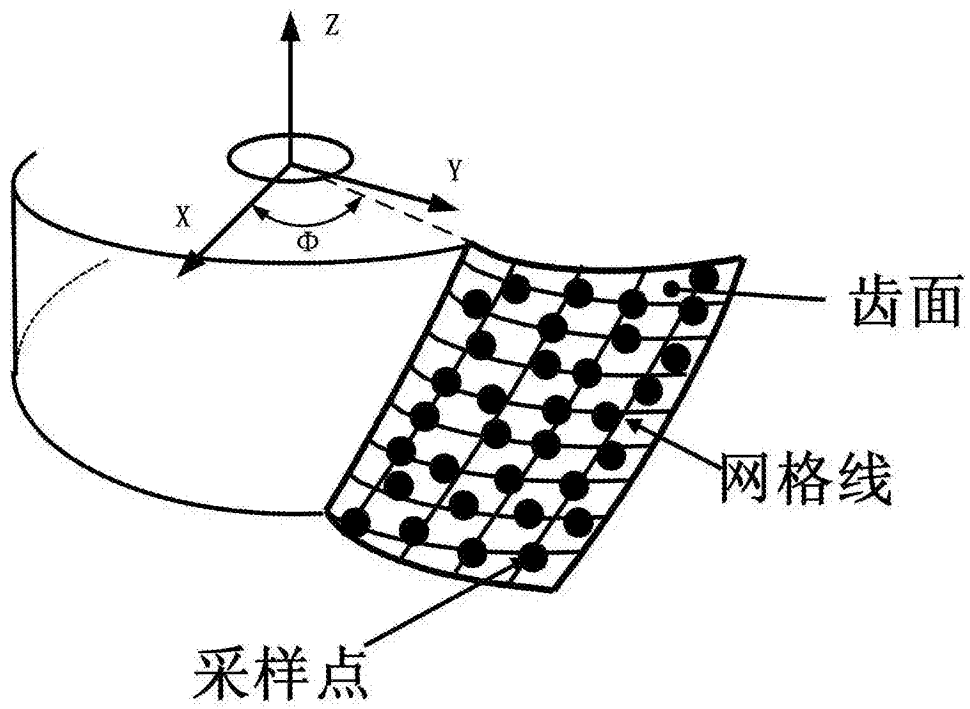


图 3