



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110455244 B

(45) 授权公告日 2020.11.20

(21) 申请号 201910804104.0

G01B 11/26 (2006.01)

(22) 申请日 2019.08.28

审查员 司盟

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110455244 A

(43) 申请公布日 2019.11.15

(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 林家春 滕辰 吕浩 石照耀

(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 沈波

(51) Int. Cl.

G01B 21/16 (2006.01)

G01B 21/20 (2006.01)

G01B 21/30 (2006.01)

权利要求书2页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

一种利用粗糙度轮廓仪进行圆柱齿轮齿距偏差测量的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种利用粗糙度轮廓仪进行圆柱齿轮齿距偏差测量的方法,该方法在触针式粗糙度轮廓仪上安装齿轮高精度回转夹具,实现圆柱齿轮所有轮齿齿廓形状的获取,该夹具包括圆光栅、电机、旋转工作转台、转台横向轨道等。利用触针式粗糙度轮廓仪和齿轮高精度回转夹具对被测齿轮工件的齿廓进行测量,该方法在触针式粗糙度轮廓仪的基础上安装齿轮高精度回转夹具,使被测齿轮工件能够在电机的控制下沿纵向平面内进行旋转;该测量方法包括将测头测量所得数据与理论基准齿廓的拟合处理,并通过所有轮齿测量出的齿廓数据,在被测齿轮工件的理论分度圆上找出每个轮齿的齿距偏差角,进而求得被测齿轮工件的齿距偏差。



CN 110455244 B

1. 一种利用粗糙度轮廓仪进行圆柱齿轮齿距偏差测量的方法,该方法在触针式粗糙度轮廓仪上安装齿轮高精度回转夹具;触针式粗糙度轮廓仪包括触针测头系统、驱动箱、立柱和底座;所述驱动箱为横臂结构,驱动箱安装在立柱上,驱动箱的一端是触针测头系统,立柱安装在底座上;齿轮高精度回转夹具包括旋转工作转台、转台横向轨道、圆光栅角度传感器和电机;所述旋转工作转台能够使被测齿轮工件在纵向平面做旋转运动,用于完成对被测齿轮工件的装夹和旋转测量,并使用圆光栅角度传感器控制被测齿轮工件的转角精度;所述转台横向轨道为导轨结构,能够使旋转工作台作横向运动;所述电机用于控制被测齿轮工件的旋转运动;

其特征在于:利用触针式粗糙度轮廓仪和齿轮高精度回转夹具对被测齿轮工件的齿廓进行测量,该方法在触针式粗糙度轮廓仪的基础上安装齿轮高精度回转夹具,使被测齿轮工件能够在电机的控制下沿纵向平面内进行旋转;

该方法的实施过程如下:第一步,将被测齿轮工件安装并调整到指定的测量位置;第二步,使触针测头沿着被测齿轮工件的齿面从齿根指定位置测量到齿顶指定位置;第三步,待触针测头每测完一个轮齿的齿面,将齿轮旋转一定的角度: $i*\theta_r$,其中 $\theta_r=360^\circ/z$, z 为待测齿轮工件的齿数, $i\in[1,z-1]$;第四步,待测头测完所有齿廓数据,将实测齿廓数据拟合到理论基准齿廓模型上;第五步,在计算机中将所测量的齿廓数据进行处理,计算出被测齿轮工件的齿距偏差;

被测齿轮工件安装的方法实施步骤如下,第一步先将被测齿轮工件安装在旋转工作转台的旋转轴上,并推入到轴肩处,另一端使用螺母和轴套对其轴向夹紧;第二步移动转台横向轨道使触针测头调整在齿面的齿厚方向一半的位置上;第三步将第一个被测轮齿在电机的驱动下旋转至测量区域内,并使得被测轮齿齿面的齿根位置上的齿根成形点 F_f 与齿顶位置上的齿顶成形点 F_a 处在一个水平线上,其中:

$$\tan\alpha_F = \tan\alpha_n - 4 \frac{h_a^* - x}{z \sin 2\alpha_n} \quad (1)$$

$$d_{Ff} = d_b / \cos\alpha_F \quad (2)$$

$$d_{Fa} = d_a - 2h_k \quad (3)$$

α_F 为齿轮齿根成形点的压力角, α_n 为齿轮的法向压力角, z 为齿轮的齿数, x 为齿轮的变位系数, d_{Ff} 为齿轮有效齿根圆直径即渐开线起始处, h_a^* 为齿轮齿顶高系数, d_{Fa} 为齿轮齿顶成形圆直径即齿顶倒角起始处, d_b 为齿轮基圆直径, d_a 为齿轮齿顶圆直径, h_k 为齿轮齿顶倒角长度;

待被测齿轮工件安装完毕、齿面测量位置调整完毕后,即可进行齿廓数据的测量。

2. 根据权利要求1所述的一种利用粗糙度轮廓仪进行圆柱齿轮齿距偏差测量的方法,其特征在于:齿廓测量方法实施过程如下,待被测齿轮工件装夹、调整完毕,操作测头系统将触针测头放置在齿面齿根的位置上的 F_f 点处,使驱动箱拖动测头系统使触针测头从被测齿轮的齿根部位上沿着齿面缓慢移动到齿顶位置的 F_a 点处,使触针测头走完整个齿廓,触针测头的整个测量长度为 L ,然后将触针移出被测工件;待触针测头测量完一个齿面后,在圆光栅角度传感器和电机的控制下,使被测齿轮工件旋转 θ_r , $\theta_r=360^\circ/z$, z 为被测齿轮工件的齿数,继续重复下一个轮齿的齿面测量;每个齿廓的测量数据实时记录在计算机中,待所有轮齿测量完毕后,利用计算机软件对齿廓的测量数据进行拟合处理。

3. 根据权利要求1所述的一种利用粗糙度轮廓仪进行圆柱齿轮齿距偏差测量的方法, 其特征在于: 数据处理方法实施过程如下, 将实测齿廓数据拟合到理论基准齿廓模型上; 第一步根据被测齿轮工件的齿数、模数、压力角参数建立理论基准齿廓模型, 理论齿廓渐开线参数方程如下式:

$$\begin{cases} x_k = r_b \sin(u_k) - r_b u_k \cos(u_k) \\ y_k = r_b \cos(u_k) + r_b u_k \sin(u_k) \\ u_k = \theta_k + \alpha_k \end{cases} \quad (3)$$

式中 r_b 为基圆半径, θ_k 为展角, α_k 为压力角;

待所有轮齿齿面测量完成后, 此时已有 z 组齿廓数据; 第二步将所有轮齿的齿廓数据点绘制成齿廓曲线, 并选取所测量的第一个轮齿的齿廓曲线, 通过对实测齿廓曲线的平移、理论齿廓曲线的旋转并利用最小二乘法, 将实际测量的第一个齿廓曲线拟合到计算区域内的理论基准齿廓上;

对于实测曲线, 其平移矩阵表示为:

$$\mathbf{M}_T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_T \\ 0 & 1 & y_T \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

对于实测曲线, 其旋转矩阵表示为:

$$\mathbf{M}_R = \begin{bmatrix} \cos \theta_n & -\sin \theta_n & 0 \\ \sin \theta_n & \cos \theta_n & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

对于理论基准齿廓, 其方程矩阵表示为:

$$\mathbf{r}_n = [x_n \ y_n \ 1]^T \quad (6)$$

对于实际测量齿廓, 其方程矩阵表示为:

$$\mathbf{r}_m = [x_m \ y_m \ 1]^T \quad (7)$$

根据上式, 得到理论基准齿廓与实测齿廓的差值:

$$\begin{aligned} \mathbf{d} &= \mathbf{M}_T \cdot \mathbf{r}_m - \mathbf{M}_R \cdot \mathbf{r}_n \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_T \\ 0 & 1 & y_T \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_m \\ y_m \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \cos \theta_n & -\sin \theta_n & 0 \\ \sin \theta_n & \cos \theta_n & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \\ 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (8)$$

令 $s = \|\mathbf{d}\|$, 综上所述, 测量齿廓的拟合问题归纳为最小化 $s(x)$ 的问题, 其中 $x = (x_T, y_T, \theta_n)$, $x_T, y_T \in \mathbb{Z}$, $\theta_n \in [0, 2\pi)$; 通过获得测量齿廓与理论基准齿廓的拟合; 待实测齿廓数据与理论基准齿廓模型的拟合过程完成后, 即可对齿廓数据进行下一步处理, 用于计算齿距偏差。

一种利用粗糙度轮廓仪进行圆柱齿轮齿距偏差测量的方法

技术领域

[0001] 本发明属于精密测量领域,更具体的涉及齿轮齿距偏差的测量。本发明通过在触针式粗糙度轮廓仪安装齿轮高精度回转夹具实现圆柱齿轮所有轮齿齿廓形状的获取,通过数据处理可得到被测齿轮的齿距偏差。

背景技术

[0002] 齿轮是一种传动件,齿轮齿距用来表示任意圆周上相邻两齿同侧齿廓之间的弧线长度。单个齿距偏差(f_{pt})表示在端平面上,在接近齿高中部的一个与齿轮轴线同心的圆上,实际齿距与理论齿距的代数差;齿距累计偏差(F_{pk})表示任意 k 个齿距的实际弧长与理论弧长的代数差,理论上它等于这 k 个齿距的各单个齿距偏差的代数和;齿距累计总偏差(F_p)表示齿轮同侧齿面任意弧段($k=1$ 至 $k=z$)内的最大齿距累计偏差,它表现为齿距累计偏差曲线的总幅值,上述公式中 k 表示齿距数。如果齿距偏差较大,则导致齿轮的传动精度降低,并影响着齿轮之间啮合的平稳性。因此,齿轮齿距偏差是用来评估齿轮传动性能和齿轮几何精度参数的重要指标。

[0003] 现如今测量齿距的方法主要分为两大类:绝对测量法和相对测量法。绝对测量法又被称为角度转位法,通过应用一个高精度分度装置,用单测头测量齿轮的齿距偏差;相对测量法又称为比较测量法,通过置于同一截面上离齿轮轴线同一径向距离位置上的两个测头,测出其它齿距相对于基准齿距的偏差值。齿轮齿距偏差的测量大多基于三坐标测量机和齿轮测量中心,这两种测量仪器的测量原理都是在轮齿的齿高中部取一个点,然后计算齿距偏差,是一种以局部代替整体的测量方式。如果齿轮齿廓质量较差的话,容易出现齿距测量结果不准确的影响。

[0004] 粗糙度轮廓仪是一种接触式综合测量仪器,既可用于检测工件的二维形位误差,又被广泛的应用于表面粗糙度、波纹度、原始轮廓等微观轮廓参数的检测。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供了一种可在粗糙度轮廓仪上进行齿距偏差测量的方法,本发明通过在触针式粗糙度轮廓仪安装齿轮高精度回转夹具,实现圆柱齿轮所有轮齿齿廓形状的获取,通过数据处理可得到被测齿轮的齿距偏差。该方法的优点是在计算齿距偏差时,将整条齿廓数据加以考虑,避免齿廓局部误差较大对齿距测量结果的影响。

[0006] 本发明提供了一种测量方法,通过在粗糙度轮廓仪上安装一种齿轮夹具,对齿轮的齿距偏差进行测量。

[0007] 本发明提供了一种数据处理方法,它可将测量数据拟合到齿廓对应的位置上,以进行下一步计算。

[0008] 为了实现在粗糙度轮廓仪上进行测量的目的,本发明采用的技术方案为一种利用粗糙度轮廓仪进行圆柱齿轮齿距偏差测量的方法,该方法在触针式粗糙度轮廓仪上安装齿轮高精度回转夹具;触针式粗糙度轮廓仪包括:触针测头系统、驱动箱、立柱和底座等。所述

驱动箱为横臂结构,驱动箱安装在立柱上,驱动箱的一端是触针测头系统,立柱安装在底座上。齿轮高精度回转夹具包括旋转工作转台、转台横向轨道、圆光栅角度传感器和电机等。所述旋转工作转台能够使被测齿轮工件在纵向平面做旋转运动,用于完成对被测齿轮工件的装夹和旋转测量,并使用圆光栅角度传感器控制被测齿轮工件的转角精度;所述转台横向轨道为导轨结构,能够使旋转工作台作横向运动;所述电机用于控制被测齿轮工件的旋转运动。

[0009] 利用触针式粗糙度轮廓仪和齿轮高精度回转夹具对被测齿轮工件的齿廓进行测量,该方法在触针式粗糙度轮廓仪的基础上安装齿轮高精度回转夹具,使被测齿轮工件能够在电机的控制下沿纵向平面内进行旋转。该方法的实施过程如下:第一步,将被测齿轮工件安装并调整到指定的测量位置;第二步,使触针测头沿着被测齿轮工件的齿面从齿根指定位置测量到齿顶指定位置;第三步,待触针测头每测完一个轮齿的齿面,将齿轮旋转一定的角度: $i*\theta_r$,如图4所示,其中 $\theta_r=360^\circ/z$, z 为待测齿轮工件的齿数, $i\in[1,z-1]$;第四步,待测头测完所有齿廓数据,将实测齿廓数据拟合到理论基准齿廓模型上;第五步,在计算机中将所测量的齿廓数据进行处理,计算出被测齿轮工件的齿距偏差。

附图说明

- [0010] 图1为本发明的三维结构示意图。
[0011] 图2为本发明的结构正视图。
[0012] 图3为本发明的被测齿轮齿廓测量长度示意图。
[0013] 图4为本发明的被测齿轮坐标系示意图。
[0014] 图5为本发明的齿廓拟合说明图。
[0015] 图6为本发明的齿廓测量流程图。
[0016] 图7为本发明的单个齿距偏差(f_{pt})检测报告示意图。

具体实施方式

[0017] 本发明提供了一种在触针式粗糙度轮廓仪上安装齿轮高精度回转夹具进行齿距偏差测量的方法,其中齿轮高精度回转夹具包括圆光栅角度传感器1、电机2、旋转工作转台3、被测齿轮工件4和转台横向轨道6。

[0018] 如图1所示,测头系统7由测量触针和传感器测杆组成,连接在驱动箱8上,使其可在C轴平面内(切向轴)沿被测表面运动,立柱9可使测头系统7和驱动箱8在Z轴(垂直轴)做上下运动,旋转工作转台3负责对齿轮工件的装夹和C轴平面内的旋转,转台横向轨道6负责旋转工作台3在Y轴(径向轴)上的运动,使被测齿轮工件4在其齿宽方向上做测量调整,圆光栅角度传感器1安装在旋转工作转台3中的旋转轴上,用于检测被测齿轮工件4在每次测量后的旋转角度。旋转轴左端通过联轴器连接在电机2上,右端连接被测齿轮工件4,被测齿轮工件4的一端通过轴肩进行限位,另一端通过螺杆、螺母和轴套进行轴向的夹紧固定,旋转轴两端通过轴承支撑固定在旋转工作转台3上。其中,电机轴、圆光栅角度传感器1、被测齿轮工件4三者同步转动。

[0019] 本发明提供了一种被测齿轮工件安装的方法。第一步先将被测齿轮工件4安装在旋转工作转台3的旋转轴上,并推入到轴肩处,另一端使用螺母和轴套对其轴向夹紧;第二

步移动转台横向轨道6使触针测头调整在齿面的齿厚方向一半的位置上;第三步将第一个被测轮齿在电机2的驱动下旋转至测量区域内,并使得被测轮齿齿面的齿根位置上的齿根成形点 F_f 与齿顶位置上的齿顶成形点 F_a 处在一个水平线上,这样使触针测头系统的测量变动范围降至最小,以减少齿廓测量中的非线性误差,其中:

$$[0020] \quad \tan\alpha_F = \tan\alpha_n - 4 \frac{h_a^* - x}{z \sin 2\alpha_n} \quad (1)$$

$$[0021] \quad d_{Ff} = d_b / \cos\alpha_F \quad (2)$$

$$[0022] \quad d_{Fa} = d_a - 2h_k \quad (3)$$

[0023] 上述公式中, α_F 为齿轮齿根成形点的压力角, α_n 为齿轮的法向压力角, z 为齿轮的齿数, x 为齿轮的变位系数, d_{Ff} 为齿轮有效齿根圆直径即渐开线起始处, h_a^* 为齿轮齿顶高系数, d_{Fa} 为齿轮齿顶成形圆直径即齿顶倒角起始处, d_b 为齿轮基圆直径, d_a 为齿轮齿顶圆直径, h_k 为齿轮齿顶倒角长度。

[0024] 待被测齿轮工件4安装完毕、齿面测量位置调整完毕后,即可进行齿廓数据的测量。

[0025] 本发明提供了一种齿廓测量方法。待被测齿轮工件4装夹、调整完毕,操作测头系统7将触针测头放置在齿面齿根的位置上的 F_f 点处,使驱动箱8拖动测头系统7使触针测头从被测齿轮的齿根部位上沿着齿面缓慢移动到齿顶位置的 F_a 点处,使触针测头走完整个齿廓,如图3所示,触针测头的整个测量长度为 L ,然后将触针缓慢移出被测工件4附近,防止在旋转被测齿轮工件4时损坏触针测头系统的触针。待触针测头测量完一个齿面后,在圆光栅角度传感器1和电机2的控制下,使被测齿轮工件4旋转 θ_r ($\theta_r = 360^\circ / z$, z 为被测齿轮工件的齿数),继续重复下一个轮齿的齿面测量,如图4所示。每个齿廓的测量数据实时记录在计算机中,待所有轮齿测量完毕后,利用计算机软件对齿廓的测量数据进行拟合处理。

[0026] 本发明提供了一种数据处理方法,将实测齿廓数据拟合到理论基准齿廓模型上。第一步根据被测齿轮工件4的齿数、模数、压力角等参数建立理论基准齿廓模型,理论齿廓渐开线参数方程如下式:

$$[0027] \quad \begin{cases} x_k = r_b \sin(u_k) - r_b u_k \cos(u_k) \\ y_k = r_b \cos(u_k) + r_b u_k \sin(u_k) \\ u_k = \theta_k + \alpha_k \end{cases} \quad (3)$$

[0028] 式中 r_b 为基圆半径, θ_k 为展角, α_k 为压力角。

[0029] 待所有轮齿齿面测量完成后,此时已有 z 组齿廓数据。第二步将所有轮齿的齿廓数据点绘制成齿廓曲线,并选取所测量的第一个轮齿的齿廓曲线,通过对实测齿廓曲线的平移、理论齿廓曲线的旋转并利用最小二乘法(理论齿廓线与实际测量齿廓线的偏差平方和最小),将实际测量的第一个齿廓曲线拟合到计算区域内的理论基准齿廓上。如图5所示,齿廓线②即为参数方程式(3)的绘制结果示意。

[0030] 对于实测曲线,其平移矩阵表示为:

$$[0031] \quad M_T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_T \\ 0 & 1 & y_T \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

[0032] 对于实测曲线,其旋转矩阵表示为:

$$[0033] \quad M_R = \begin{bmatrix} \cos \theta_n & -\sin \theta_n & 0 \\ \sin \theta_n & \cos \theta_n & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

[0034] 对于理论基准齿廓,其方程矩阵表示为:

$$[0035] \quad r_n = [x_n \ y_n \ 1]^T \quad (6)$$

[0036] 对于实际测量齿廓,其方程矩阵表示为:

$$[0037] \quad r_m = [x_m \ y_m \ 1]^T \quad (7)$$

[0038] 根据上式,得到理论基准齿廓与实测齿廓的差值:

$$d = M_T \cdot r_m - M_R \cdot r_n$$

$$[0039] \quad = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_T \\ 0 & 1 & y_T \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_m \\ y_m \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \cos \theta_n & -\sin \theta_n & 0 \\ \sin \theta_n & \cos \theta_n & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \\ 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

[0040] 令 $s = ||d||$, 综上所述,测量齿廓的拟合问题可归纳为最小化 $s(x)$ 的问题,其中 $x = (x_T, y_T, \theta_n)$, $x_T, y_T \in Z, \theta_n \in [0, 2\pi)$ 。通过解决上述优化问题,可以获得测量齿廓与理论基准齿廓的最佳拟合。待实测齿廓数据与理论基准齿廓模型的拟合过程完成后,即可对齿廓数据进行下一步处理,用于计算齿距偏差。

[0041] 本发明提供了一种数据处理方法,用于计算齿距偏差。待所有轮齿齿廓拟合到计算区域内的理论基准齿廓上后,设第一条拟合齿廓曲线旋转到理论基准齿廓上的旋转角为 θ_1 ,余下的齿廓数据曲线按照轮齿的测量顺序,分别进行一定角度的平移、旋转,在理论基准齿廓位置处进行拟合,其拟合后的旋转角分别为 $\theta_2, \theta_3, \dots, \theta_z$ 。直到所有齿廓曲线拟合完毕,分别在每个轮齿上的分度圆处,根据公式: $\Delta \theta_1 = \theta_2 - \theta_1, \Delta \theta_2 = \theta_3 - \theta_2, \dots, \Delta \theta_{z-1} = \theta_z - \theta_{z-1}, \Delta \theta_z = \theta_1 - \theta_z$, 计算实际测量齿廓点和理论基准齿廓点的齿距偏差角 $\Delta \theta_1, \Delta \theta_2, \dots, \Delta \theta_z$, 根据分度圆上的齿距计算公式 $p = \pi * m$ (m 为被测齿轮模数) 和弧长公式 $\theta_r = p * r_d$ (r_d 为被测齿轮分度圆半径), 即可推导出分度圆上的单个齿距偏差 (f_{pt}) 公式:

$$[0042] \quad f_{pt} = \Delta \theta_n * r_d \quad (k, n \in [1, z]) \quad (9)$$

[0043] 如图5所示,②为计算区域内轮齿的理论基准齿廓位置,①、③为旋转到计算区域的两实际测量齿廓曲线,其中测量齿廓曲线①在分度圆上的齿距偏差角为 $\Delta \theta_1$, 测量齿廓曲线③在分度圆上的齿距偏差角为 $\Delta \theta_3$, 即可通过公式计算,轮齿①的齿距偏差 $f_{p1} = \Delta \theta_1 * r_d$, 轮齿③的齿距偏差 $f_{p3} = \Delta \theta_3 * r_d$, 测量流程图如图6所示。

[0044] 此外,根据圆柱齿轮精度制现行国家标准GB/T10095.1-2008中有关齿距偏差的规定:单个齿距偏差 (f_{pt}) 表示在端平面上,在接近齿高中部的一个与齿轮轴线同心的圆上,实际齿距与理论齿距的代数差;齿距累计偏差 (F_{pk}) 表示任意 k 个齿距的实际弧长与理论弧长的代数差,理论上它等于这 k 个齿距的各单个齿距偏差的代数和,通常 $k \approx z/8$; 齿距累计总偏差 (F_p) 表示齿轮同侧齿面任意弧段 ($k=1$ 至 $k=z$) 内的最大齿距累计偏差,它表现为齿距累计偏差曲线的总幅值,上述公式中 k 表示齿距数,齿距累计总偏差的计算方法如下式:

$$[0045] \quad F_p = \max. F_{pk} \quad (10)$$

[0046] 单个齿距偏差 (f_{pt}) 的检测报告示意图如图7所示。

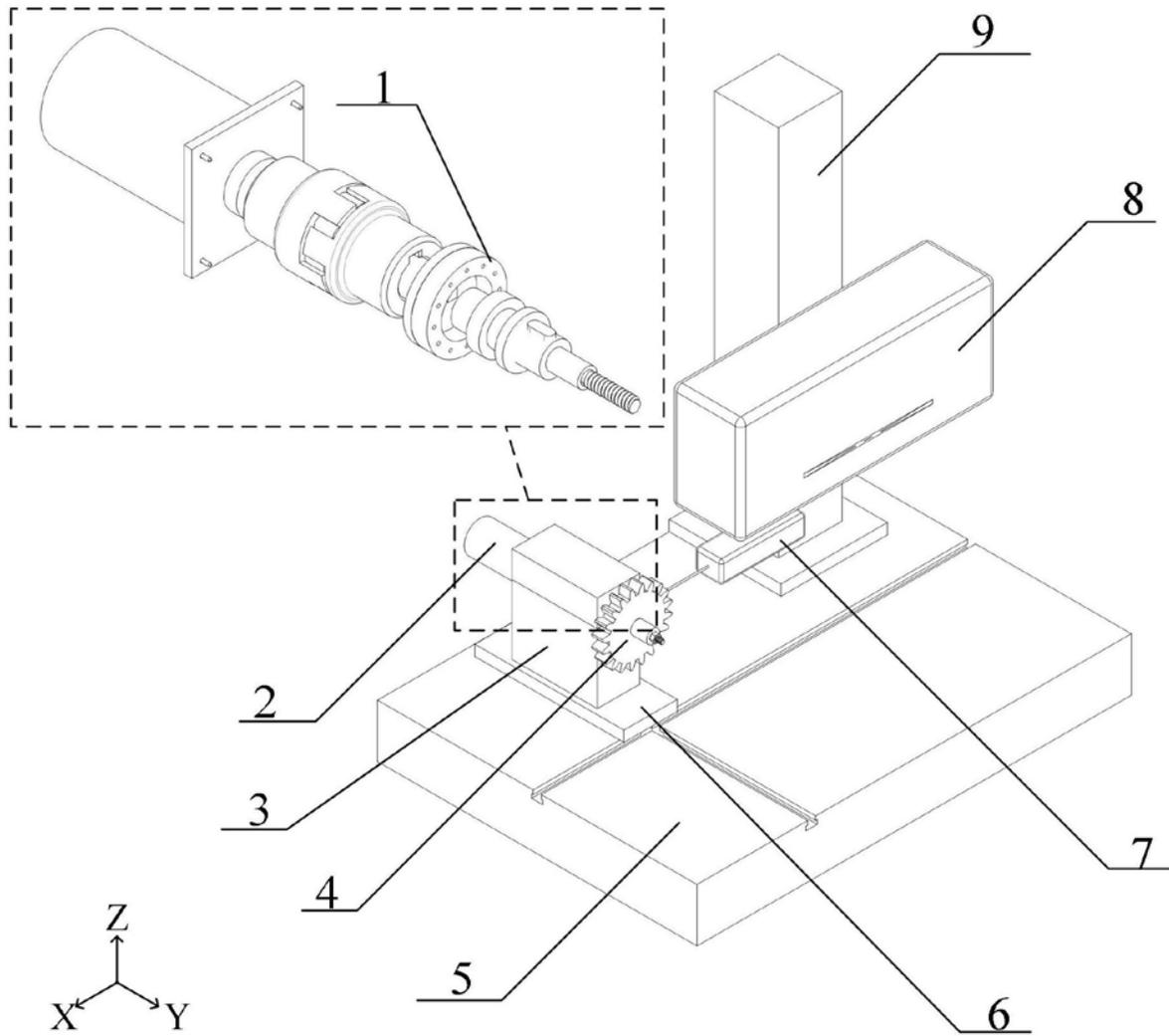


图1

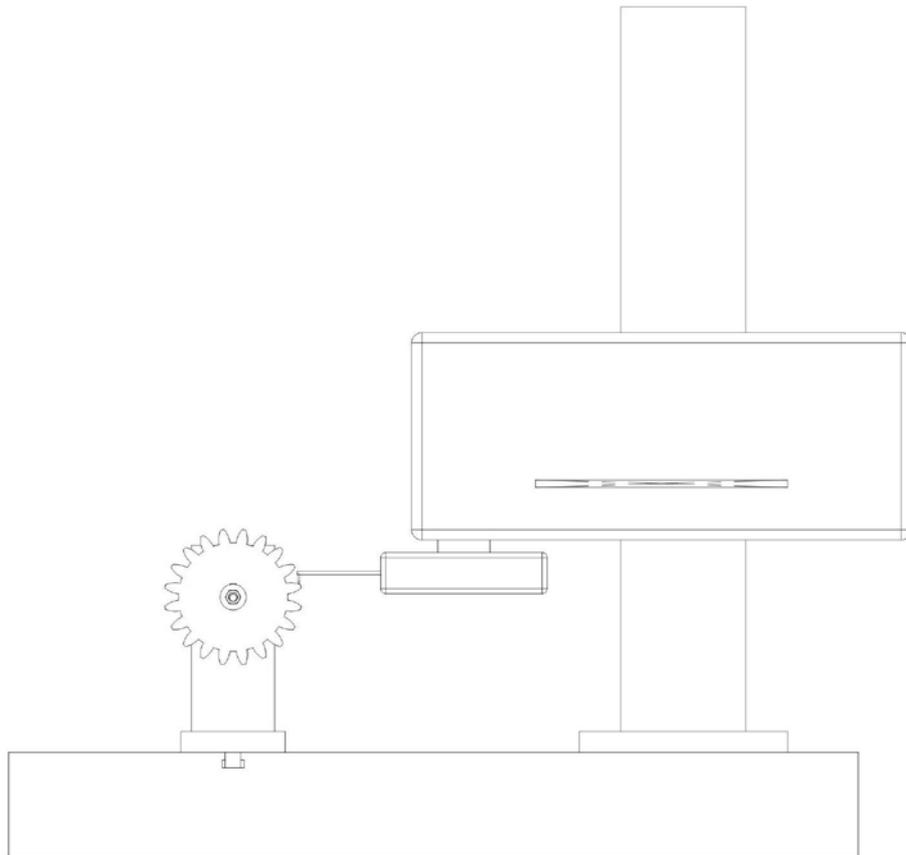


图2

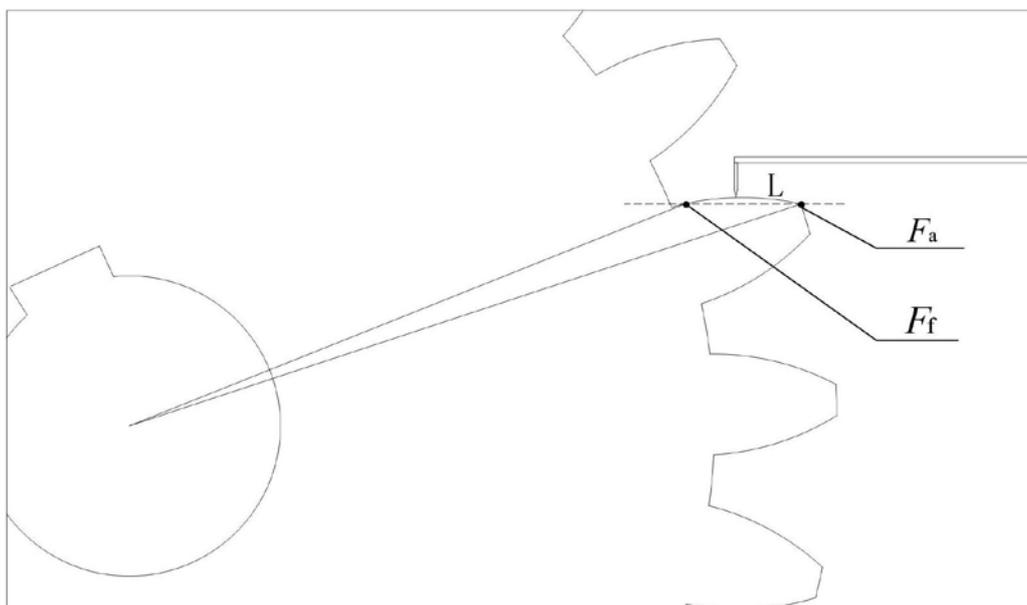


图3

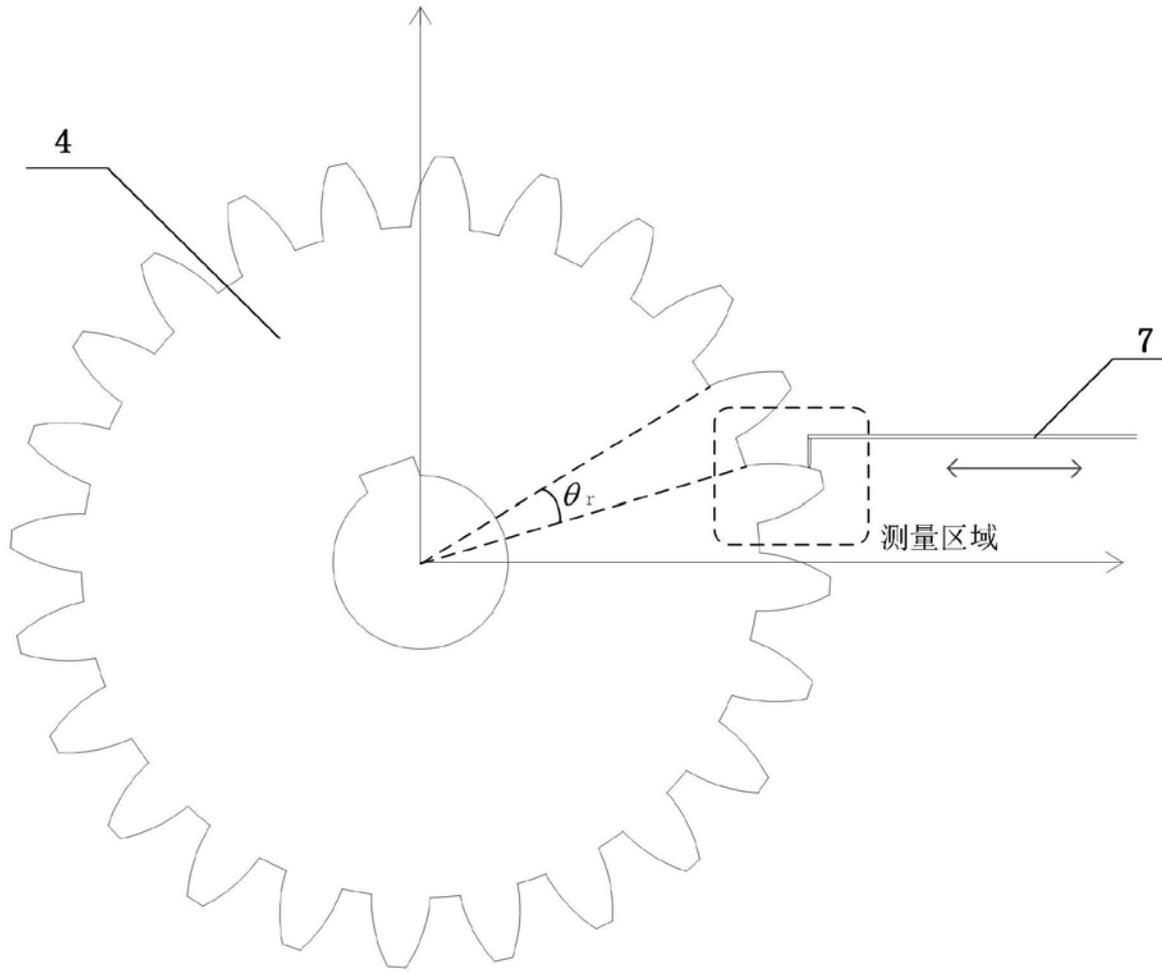


图4

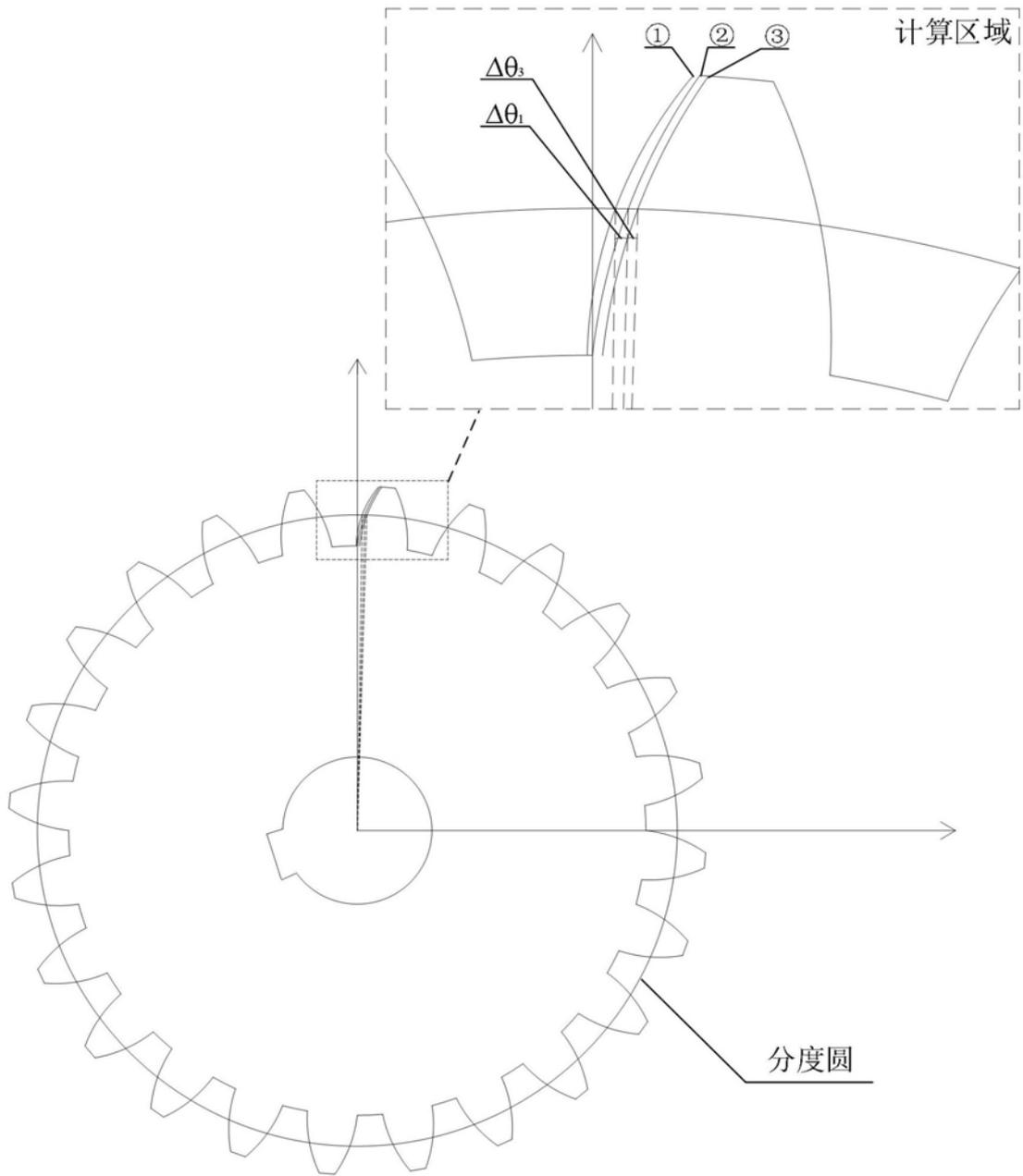


图5

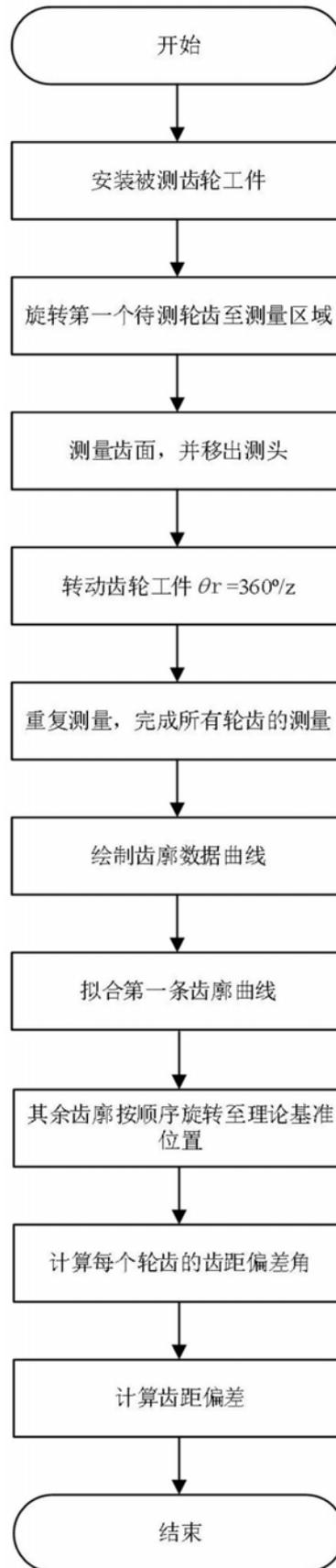


图6

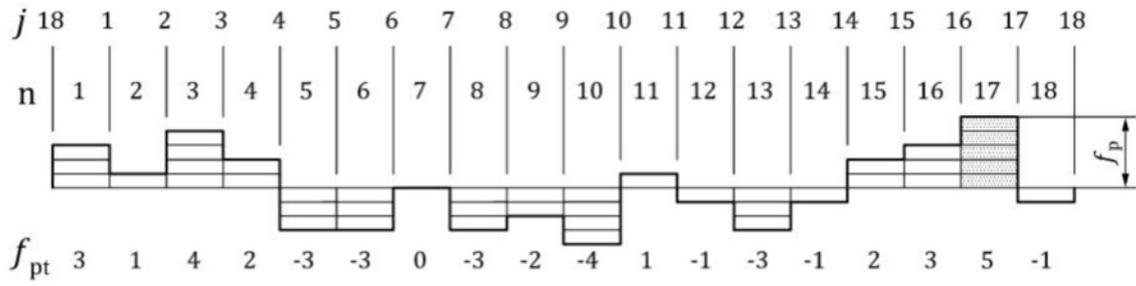


图7