



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104070418 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201410310167.8

(22)申请日 2014.06.30

(73)专利权人 中国科学院长春光学精密机械与
物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888号

(72)发明人 代雷 闫丰 张健 隋永新
杨怀江

(74)专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务
所 22210

代理人 王丹阳

(51)Int.Cl.

B23Q 17/24(2006.01)

审查员 唐路璐

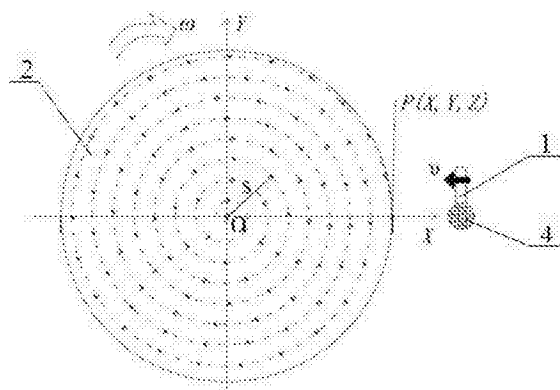
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

轴对称光学非球面面形在线测量方法

(57)摘要

轴对称光学非球面面形在线测量方法,涉及光学加工领域,解决了现有测量方法存在的工件需要重新定位、测量精度低、成本高的问题。该方法为:规划待测元件角速度、在线测高仪沿非球面母线运行速度和采样时间,生成螺旋线采样点空间坐标矩阵并转换为可执行的数控代码文件后执行,在线测高仪沿非球面母线由外向内半径扫描,按照采样时间采样测得该位置在垂直方向的面形高度,测量后会在指定坐标处通过在线测高仪得到新的待测元件的非球面在垂直方向的面形高度,待扫描完毕将全部采样点的三维坐标信息导入计算机分析,自动拟合求得非球面面形误差信息。本发明实现了在线测量,加工精度高,降低了重复定位误差,采样要求低,节约时间成本,效率高。



1. 轴对称光学非球面面形在线测量方法, 其特征在于, 该方法由以下步骤实现:

步骤一、将轴对称光学非球面面形方程 $z[f(X,Y)]$ 输入数控加工中心;

所述轴对称光学非球面面形方程 $z[f(X,Y)]$ 为:

$$z[f(X,Y)] = \frac{s^2 / r}{1 + \sqrt{1 - (K + 1)(s/r)^2}} + A_4 s^4 + A_6 s^6 + \dots + A_{2n} s^{2n} \setminus * \text{MERGEFORMAT (1)}$$

式(1)中, $z[f(X,Y)]$ 为待测元件的非球面在垂直方向的面形高度, s 为待测元件的非球面中心点 O 到采样点之间的水平距离, r 为待测元件的非球面曲率半径系数, K 为二次项系数, $A_4 \sim A_{2n}$ 为高次项系数, n 为正整数, $n \geq 2$;

步骤二、规划待测元件转动的角速度 ω 和在线测高仪沿待测元件的非球面母线方向运行速度 v , 选择合理的采样时间间隔 t , 生成螺旋线路径上采样点的空间坐标矩阵, 采样点的空间坐标矩阵如下:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ax(w, t) \\ ay(w, t) \\ f(X, Y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} vt \cdot \cos(wt) \\ vt \cdot \sin(wt) \\ f(X, Y) \end{bmatrix} \setminus * \text{MERGEFORMAT (2)}$$

式(2)中, a 为采样螺旋线之间的水平间距, ω 为待测元件转动的角速度, v 为在线测高仪沿待测元件的非球面母线方向运行速度, $f(X,Y)$ 满足轴对称光学非球面面形方程 $z[f(X,Y)]$;

步骤三、将生成的采样点的空间坐标矩阵转换为对应数控加工中心可执行的数控代码文件, 检查无误后开始执行, 此时, 待测元件随工件转轴沿运动轴 C 轴转动, 在线测高仪以速度 v 沿待测元件的非球面母线由外向内进行半径扫描, 每间隔 t 时间采样测得待测元件的非球面在垂直方向的面形高度 Z' , 同时将此处的坐标 (X,Y) 记录;

步骤四、测量后会在指定坐标 (X,Y) 处通过在线测高仪得到新的待测元件的非球面在垂直方向的面形高度 Z' , 指定坐标 (X,Y) 处的面形误差 e 可直接通过式(3)计算得到, 待扫描完毕将测量的全部采样点的三维坐标信息导入计算机进行分析, 自动拟合求得非球面面形误差信息, 指定坐标 (X,Y) 处的面形误差公式如下:

$$e = Z' - Z \setminus * \text{MERGEFORMAT (3)}$$

式(3)中, e 为指定坐标 (X,Y) 处的面形误差, Z 为测量前待测元件的非球面在垂直方向的面形高度, Z' 为测量后新的待测元件的非球面在垂直方向的面形高度。

2. 根据权利要求1所述的轴对称光学非球面面形在线测量方法, 其特征在于, 采用等间距螺旋线采样, 测试过程中只有待测元件旋转与二维线性轴联动即可完成对于采样点的测量。

轴对称光学非球面面形在线测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光学加工技术领域,具体涉及一种轴对称光学非球面面形在线测量方法。

背景技术

[0002] 随着光学技术的发展以及对光学系统要求的不断提高,更少的光学元件、更好的成像质量、更简单和轻量化的光学系统成为未来发展方向,可以满足上述要求的光学非球面元件也得到越来越广泛的应用。因此对光学非球面元件的加工制造也提出了更高的要求,提高光学非球面元件的加工效率,降低加工成本显得尤为重要。

[0003] 目前,轴对称光学非球面元件制造主要使用数控加工中心,通过精确控制加工位置,去除得到满足精度要求的轴对称光学非球面元件。采用的加工策略一般为柔性加工,即通过检测面形误差指导后续的修正加工,使面形误差逐步降低,最终达到设计要求。现有的检测方法有接触式轮廓检测方法和非接触干涉检测方法,其中接触式轮廓检测方法使用接触式轮廓仪或三坐标测量机进行测量,不仅适用于铣磨表面同样可用于抛光表面;非接触干涉检测方法使用干涉仪与补偿器,生成理想的非球面波前,利用干涉原理测量抛光表面面形误差。但上述测量仪器价格昂贵,三坐标测量机与干涉仪对使用环境也提出了极高的要求;另外上述检测后再次加工都需要工件重新定位,重复定位误差对加工高精度的轴对称光学非球面面形是十分不利的。

发明内容

[0004] 为了解决现有测量方法存在的工件需要重新定位、测量精度低、成本高的问题,本发明提供一种轴对称光学非球面面形在线测量方法。

[0005] 本发明为解决技术问题所采用的技术方案如下:

[0006] 本发明的轴对称光学非球面面形在线测量方法,该方法由以下步骤实现:

[0007] 步骤一、将轴对称光学非球面面形方程 $z[f(X,Y)]$ 输入数控加工中心;

[0008] 步骤二、规划待测元件转动的角速度 ω 和在线测高仪沿待测元件的非球面母线方向运行速度 v ,选择合理的采样时间间隔 t ,生成螺旋线路径上采样点的空间坐标矩阵,采样点的空间坐标矩阵如下:

$$[0009] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ax(w, t) \\ ay(w, t) \\ f(X, Y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} vt \cdot \cos(wt) \\ vt \cdot \sin(wt) \\ f(X, Y) \end{bmatrix} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (2)}$$

[0010] 式(2)中, a 为采样螺旋线之间的水平间距, ω 为待测元件转动的角速度, v 为在线测高仪沿待测元件的非球面母线方向运行速度, $f(X,Y)$ 满足轴对称光学非球面面形方程 $z[f(X,Y)]$;

[0011] 步骤三、将生成的采样点的空间坐标矩阵转换为对应数控加工中心可执行的数控

代码文件,检查无误后开始执行,此时,待测元件随工件转轴沿运动轴C轴转动,在线测高仪以速度 v 沿待测元件的非球面母线由外向内进行半径扫描,每间隔 t 时间采样测得该位置在垂直方向的面形高度 Z' ,同时将此处的坐标 (X,Y) 记录;

[0012] 步骤四、测量后会在指定坐标 (X,Y) 处通过在线测高仪得到新的待测元件的非球面在垂直方向的面形高度 Z' ,指定坐标 (X,Y) 处的面形误差 e 可直接通过式(3)计算得到,待扫描完毕将测量的全部采样点的三维坐标信息导入计算机进行分析,自动拟合求得非球面面形误差信息,指定坐标 (X,Y) 处的面形误差公式如下:

[0013] $e = Z' - Z \backslash * \text{MERGEFORMAT}(3)$

[0014] 式(3)中, e 为指定坐标 (X,Y) 处的面形误差, Z 为测量前待测元件的非球面在垂直方向的面形高度, Z' 为测量后新的待测元件的非球面在垂直方向的面形高度。

[0015] 采用等间距螺旋线采样,测试过程中只有待测元件旋转与二维线性轴联动即可完成对于采样点的测量。

[0016] 步骤一中,所述轴对称光学非球面面形方程 $z[f(X,Y)]$ 为:

[0017]

$$z[f(x,y)] = \frac{s^2 / r}{1 + \sqrt{1 - (K + 1)(s/r)^2}} + A_4 s^4 + A_6 s^6 + \dots + A_{2n} s^{2n} \backslash * \text{MERGEFORMAT}(1)$$

[0018] 式(1)中, $z[f(X,Y)]$ 为待测元件的非球面在垂直方向的面形高度, s 为待测元件的非球面中心点 O 到采样点之间的水平距离, r 为待测元件的非球面曲率半径系数, K 为二次项系数, $A_4 \sim A_{2n}$ 为高次项系数, n 为正整数, $n \geq 2$ 。

[0019] 本发明的有益效果是:

[0020] 本发明的在线测量方法利用集成于数控加工中心运动轴上的在线测高仪,待测元件转动的同时在线测高仪沿轴对称非球面元件表面母线运动,测量非球面元件不同口径位置的空间坐标,拟合计算得到轴对称非球面元件面形误差,以指导后续加工与校正。

[0021] 本发明的在线测量方法可广泛应用于轴对称非球面元件的在线检测,实现在线测量,提高非球面加工精度,有效降低重复定位误差,减少光学元件损坏的风险;在线测高仪运动轨迹在非球面元件表面的投影为螺旋线,可降低采样要求,采样点数较少,节约测量时间,提高轴对称光学非球面加工的效率;无需引入额外测量设备,降低加工成本。

附图说明

[0022] 图1为本发明轴对称光学非球面面形在线测量方法的测量过程示意图。

[0023] 图2为本发明轴对称光学非球面面形在线测量方法的测量采样示意图。

[0024] 图中:1、在线测高仪,2、待测元件,3、工件转轴,4、测高仪测头。

具体实施方式

[0025] 以下结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0026] 如图1所示,待测元件2为轴对称光学非球面元件,待测元件2固定安装在工件转轴3上,待测元件2可随着工件转轴3沿运动轴C轴转动,在线测高仪1集成于数控加工中心,测量时,在线测高仪1位于待测元件2的非球面边缘,测高仪测头4与待测元件2的非球面接触。

[0027] 如图2所示,本发明的轴对称光学非球面面形在线测量方法,该方法由以下步骤实

现:

[0028] 步骤一、将轴对称光学非球面面形方程输入数控加工中心,轴对称光学非球面面形方程如下:

[0029]

$$z[f(x,y)] = \frac{s^2/r}{1 + \sqrt{1 - (K+1)(s/r)^2}} + A_4 s^4 + A_6 s^6 + \dots + A_{2n} s^{2n} \backslash * \text{MERGEFORMAT (1)}$$

[0030] 式(1)中, $z[f(X,Y)]$ 为待测元件2的非球面在垂直方向的面形高度, s 为待测元件2的非球面中心点0到采样点之间的水平距离, r 为待测元件2的非球面曲率半径系数, K 为二次项系数, $A_4 \sim A_{2n}$ 为高次项系数, n 为正整数, $n \geq 2$ 。

[0031] 步骤二、规划待测元件2转动的角速度 ω 和在线测高仪1沿待测元件2的非球面母线方向运行速度 v ,选择合理的采样时间间隔 t ,生成螺旋线路径上采样点的空间坐标矩阵,采样点的空间坐标矩阵如下:

$$[0032] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ax(w,t) \\ ay(w,t) \\ f(X,Y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} vt \cdot \cos(wt) \\ vt \cdot \sin(wt) \\ f(X,Y) \end{bmatrix} \backslash * \text{MERGEFORMAT (2)}$$

[0033] 式(2)中, a 为采样螺旋线之间的水平间距, ω 为待测元件2转动的角速度, v 为在线测高仪1沿待测元件2的非球面母线方向运行速度, $f(X,Y)$ 满足式(1)。

[0034] 步骤三、将生成的采样点的空间坐标矩阵式(2)转换为对应数控加工中心可执行的数控代码文件,检查无误后开始执行,此时,待测元件2随工件转轴3沿运动轴C轴转动,在线测高仪1以速度 v 沿待测元件2的非球面母线由外向内进行半径扫描,每间隔 t 时间采样测得该位置在垂直方向的面形高度 Z' ,同时将此处的坐标 (X,Y) 记录。

[0035] 步骤四、测量后会在指定坐标 (X,Y) 处通过在线测高仪1得到新的待测元件2的非球面在垂直方向的面形高度 Z' ,指定坐标 (X,Y) 处的面形误差 e 可直接通过式(3)计算得到,并且可通过测得全部采样点的三维坐标信息重新拟合计算得到待测元件2的非球面实际的面形信息,待扫描完毕将测量的全部采样点的三维坐标信息导入计算机进行分析,自动拟合求得非球面面形误差信息,指定坐标 (X,Y) 处的面形误差公式如下:

$$[0036] e = Z' - Z \backslash * \text{MERGEFORMAT (3)}$$

[0037] 式(3)中, e 为指定坐标 (X,Y) 处的面形误差, Z 为测量前待测元件2的非球面在垂直方向的面形高度, Z' 为测量后新的待测元件2的非球面在垂直方向的面形高度。

[0038] 采用集成于数控加工中心的在线测高仪1,在线测高仪1可随数控加工中心运动轴三维运动,并可沿待测元件2非球面母线运动,测量非球面元件不同口径位置的空间坐标,拟合计算得到轴对称非球面元件面形误差,以指导后续加工与校正,实现对于非球面表面高度的在线测量,无需引入额外测量设备实现在线测量,无需对待测元件2重新定位装夹,测量采用螺旋线采样路径,极好的适应轴对称非球面面形误差检测,减少采样点数,降低采样要求,提高检测效率,通过采样点反馈的三维空间坐标矩阵,自动计算非球面面形误差。

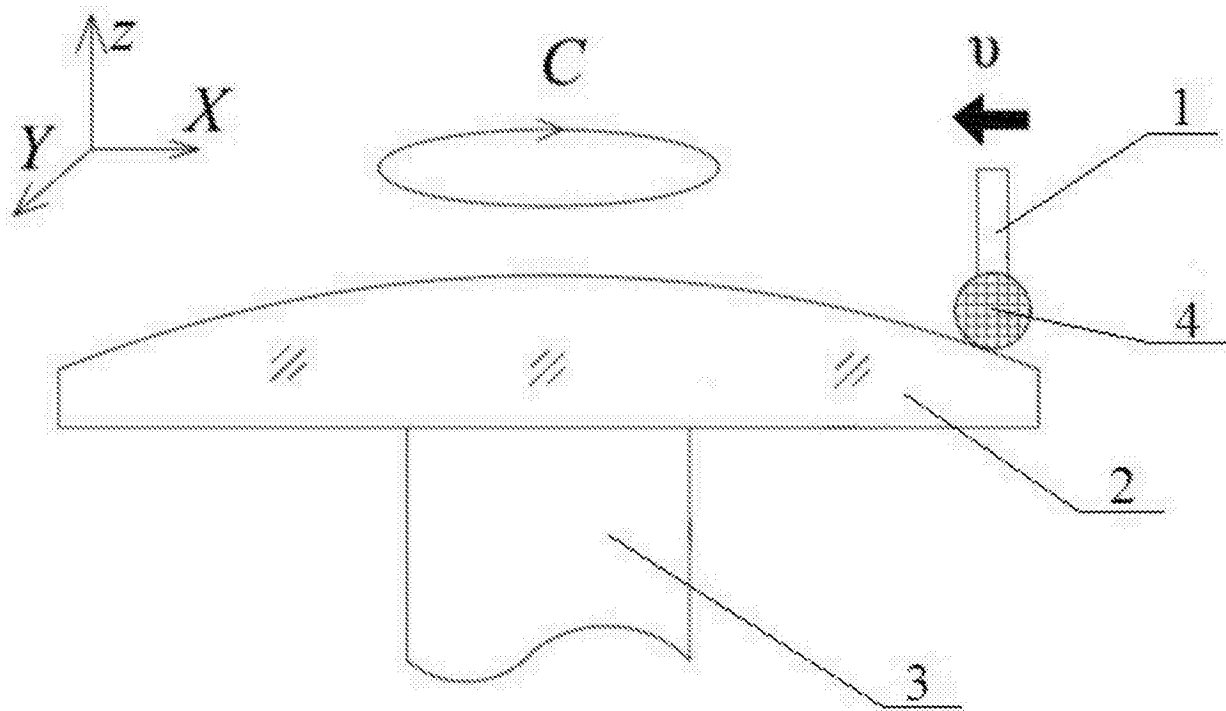


图1

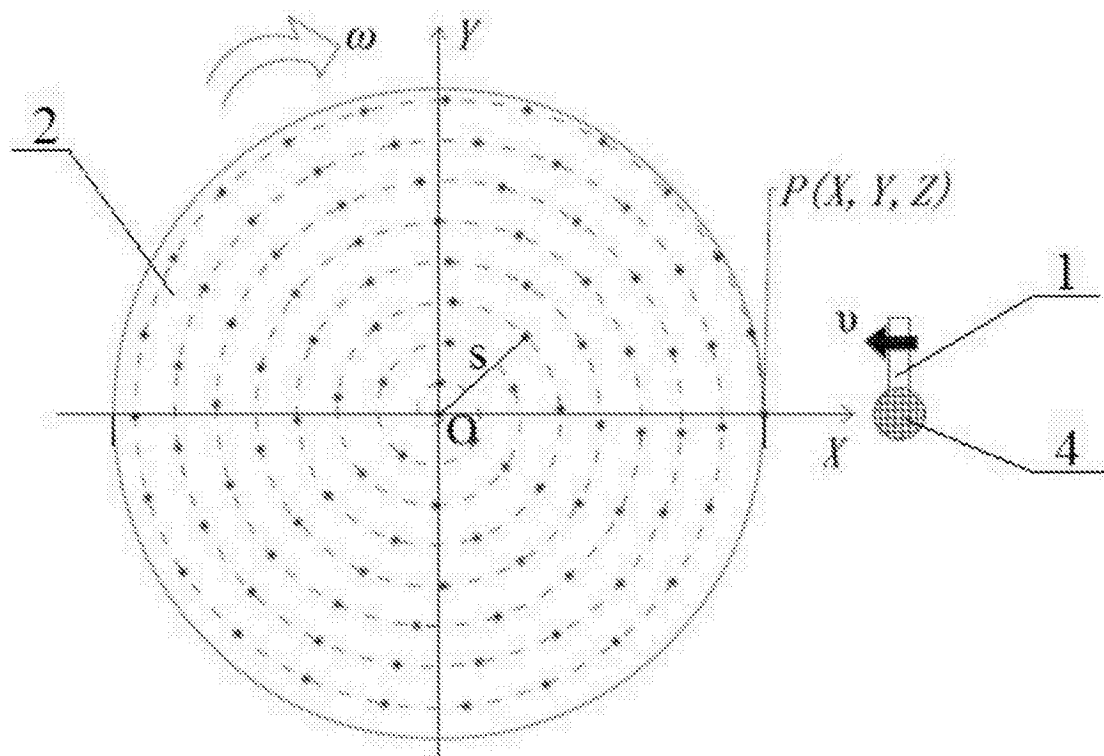


图2