



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104655080 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 27

(21) 申请号 201510091994. 7

(22) 申请日 2015. 02. 25

(71) 申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市高新园区凌工路
2 号

(72) 发明人 凌四营 王立鼎 姜志峰 李克洪
王雪飞

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心
21200

代理人 关慧贞 梅洪玉

(51) Int. Cl.

G01B 21/20(2006. 01)

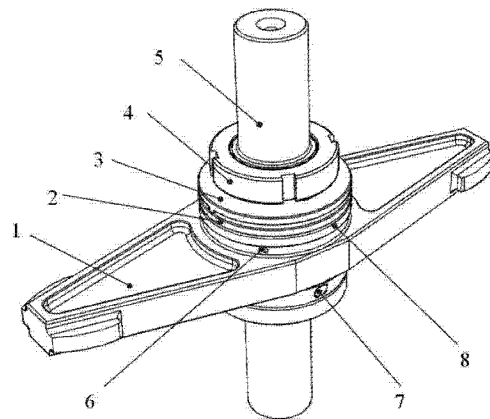
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种高精度径向可调式齿轮渐开线样板及调整方法

(57) 摘要

一种高精度径向可调式齿轮渐开线样板及调整方法,四个齿面中选择其中一个齿面不精磨,具有较大的齿廓形状偏差,用于检测仪器的频响特性、滤波效果与灵敏度;另外3个齿面经过精密加工,具有较小的齿廓形状偏差,并允许其中一个精加工面具有一定的齿廓倾斜偏差,用于检测仪器的放大倍数;其余的两个异侧齿面具有接近零的齿廓倾斜偏差,用于表征渐开线样板的精度等级及用于渐开线参数量值传递、确定并修正渐开线测量仪器的示值误差。本发明结构简单、调整方便,与样板芯轴的连接刚度高、连接可靠,精度高、尺寸稳定,能够同时满足渐开线测量仪器对频响特性、滤波效果、灵敏度、放大倍数的检测及修正仪器示值误差的需求。



1. 一种高精度径向可调式齿轮渐开线样板,其特征在于:四个齿面中选择其中一个齿面不精磨,具有较大的齿廓形状偏差,用于检测仪器的频响特性、滤波效果与灵敏度;另外3个齿面经过精密加工,具有较小的齿廓形状偏差,并允许其中一个精加工面具有一定的齿廓倾斜偏差,用于检测仪器的放大倍数;其余的两个异侧齿面具有接近零的齿廓倾斜偏差,用于表征渐开线样板的精度等级及用于渐开线参数量值传递、确定并修正渐开线测量仪器的示值误差;

上述的可调式渐开线样板,渐开线样板圆柱面或圆锥面上有上、下两组紧定螺钉;下面一组4个均布的细牙调整螺钉为主调整螺钉,位置与样板的对称轴线一致,螺纹的轴线与样板芯轴的轴线方向成 75° 夹角;上面一组4个螺钉为辅助紧定螺钉,方位与主调整螺钉成 45° 。

2. 根据权利要求1所述的高精度径向可调式齿轮渐开线样板,其特征在于:高精度径向可调式齿轮渐开线样板的外圆柱面上有粗糙度不高于 $Ra\ 0.2$,圆度不高于 $0.4\ \mu\text{m}$ 的径向参考基准面,用于精密测量可调式渐开线样板相对于样板芯轴的径向偏心率。

3. 用于权利要求1或2所述的高精度径向可调式齿轮渐开线样板的装配芯轴,其特征在于:装配芯轴靠近轴台位置加工出4个与样板芯轴轴线成 75° 的小平面;4个细牙螺钉拧紧力的径向分量用于渐开线样板的径向调整;轴向分量将渐开线样板压到样板芯轴的轴台上。

4. 根据权利要求3所述的装配芯轴,其特征在于:所述的样板芯轴的轴颈与可调式渐开线样板的内孔为间隙配合,间隙量为 $3\sim 5\ \mu\text{m}$;轴台平面相对于中心孔的端面偏摆不超过 $1\ \mu\text{m}$ 。

5. 权利要求3所述高精度径向可调式齿轮渐开线样板的调整方法,其特征在于:根据两齿面齿廓倾斜偏差(f_1^L 和 f_2^R)的差值推导出可调渐开线样板沿X轴的调整量 $e_x = (f_1^L - f_2^R)/2[\sin\alpha + \sin(\theta - \alpha)]$ (式中, α 为基圆起始位置与X轴的夹角; θ 为渐开线的测量展开角);根据两齿面齿廓倾斜变差的平均值推导出基圆的补偿量 $\Delta r_{b1} = (f_1^L + f_2^R)/2\theta$,沿Y轴正向发生的位移量 e_y ,通过公式 $\Delta r_{b2} = e_y[\cos\alpha - \cos(\theta + \alpha)]/2\theta$ 二次补偿到基圆上,最终样板的基圆半径补偿为 $r_b = r_{b0} + \Delta r_{b1} + \Delta r_{b2}$ 。

6. 权利要求4所述高精度径向可调式齿轮渐开线样板的调整方法,其特征在于:根据两齿面齿廓倾斜偏差(f_1^L 和 f_2^R)的差值推导出可调渐开线样板沿X轴的调整量 $e_x = (f_1^L - f_2^R)/2[\sin\alpha + \sin(\theta - \alpha)]$ (式中, α 为基圆起始位置与X轴的夹角; θ 为渐开线的测量展开角);根据两齿面齿廓倾斜变差的平均值推导出基圆的补偿量 $\Delta r_{b1} = (f_1^L + f_2^R)/2\theta$,沿Y轴正向发生的位移量 e_y ,通过公式 $\Delta r_{b2} = e_y[\cos\alpha - \cos(\theta + \alpha)]/2\theta$ 二次补偿到基圆上,最终样板的基圆半径补偿为 $r_b = r_{b0} + \Delta r_{b1} + \Delta r_{b2}$ 。

一种高精度径向可调式齿轮渐开线样板及调整方法

技术领域

[0001] 本发明属于精密机械制造与测试技术领域,涉及一种高精度径向可调式齿轮渐开线样板及调整方法。

背景技术

[0002] 齿轮渐开线样板作为渐开线测量仪器的标准计量器具,主要用于渐开线参数量值传递、确定并修正渐开线测量仪器的示值误差等。实用新型专利【ZL201020678898】公开的一种圆弧型非渐开线齿廓样板与【ZL201120083865】公开的一种双球非渐开线样板,用高精度球体上的圆弧代替渐开线对齿轮测量中心进行精度校准。发明专利【ZL201210051093】共公开了一种渐开线齿轮波度样板,实现对齿轮测量仪器滤波算法的评价。发明专利【CN201310057364】公开了一种多功能渐开线齿轮样板,在齿轮的齿面上加工出带有谐波、齿廓鼓形偏差、齿廓倾斜偏差、基节偏差的特殊齿轮样板,可对齿廓评价过程中滤波对齿廓评定的影响进行检定。以上公开的渐开线或非渐开线样板均没有涉及样板精度问题。

[0003] 齿轮渐开线样板国家标准 GB/T 6467-2010 规定了齿轮渐开线样板的等级分 1 级和 2 级。1 级渐开线的齿廓形状偏差 f_{fca} 对应于基圆半径 $r_b \leq 100\text{mm}$ 、 $100\text{mm} < r_b \leq 200\text{mm}$ 、 $200\text{mm} < r_b \leq 300\text{mm}$ 和 $300\text{mm} < r_b \leq 400\text{mm}$ 分别为 $1.0\ \mu\text{m}$ 、 $1.4\ \mu\text{m}$ 、 $1.7\ \mu\text{m}$ 和 $2.1\ \mu\text{m}$ 。对应于上述范围的基圆半径,2 级渐开线的齿廓形状偏差 f_{fca} 分别为 $1.5\ \mu\text{m}$ 、 $2.0\ \mu\text{m}$ 、 $2.5\ \mu\text{m}$ 和 $3.0\ \mu\text{m}$ 。目前,我国商品渐开线样板的最高加工精度为 2 级。大连理工大学高精度齿轮研究室开发了对渐开线最佳成型原理的研究,设计的双滚轮-双导轨式渐开线样板的磨削与测试装置,能够实现齿廓形状偏差 f_{fca} 小于 $0.5\ \mu\text{m}$ 的超高等级的渐开线样板的精密加工。1 级精度渐开线样板要求样板必须结构对称或左右平衡,并在芯轴两侧对称位置或芯轴一侧应具有两个设计尺寸相同的异侧齿廓面。对于超高等级的渐开线样板也必须遵循此原则。由于加工工况的差异和装配误差的存在,难免会导致样板左右齿面渐开线齿廓倾斜偏差 f_{Hca} 产生不一致的现象。齿轮渐开线样板国家标准 GB/T 6467-2010 对修正后的齿廓倾斜偏差提出了不超过 $0.1\ \mu\text{m}$ 要求。对于 1 级以上精度的齿轮渐开线样板而言,同时让多个齿面的齿廓倾斜偏差都达到不超过 $0.1\ \mu\text{m}$ 要求是比较困难的。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种高精度径向可调式齿轮渐开线样板及其调整方法,通过精密调整,可同时让渐开线样板 2 个或 3 个齿面的渐开线齿廓倾斜偏差 f_{Hca} 趋于一致,确保了同一块渐开线样板基圆半径的一致性与齿廓形状偏差的高精度。本发明的可调式渐开线样板 4 个齿面都经过精密加工,且具有不同的功能,满足了仪器对频响特性、滤波效果、灵敏度、放大倍数的检测及修正仪器示值误差的需求。

[0005] 本发明的技术方案如下:

[0006] 渐开线样板相对于样板芯轴安装偏心主要会导致齿廓倾斜偏差发生变化,其次还会使渐开线形状偏差曲线产生细微的凸度或凹度误差。利用多齿面的齿廓倾斜偏差的差

异,推导出渐开线样板相对于芯轴的调整量与调整方位,可通过装配偏心补偿掉渐开线样板最多 3 个齿面的齿廓倾斜偏差的差异,使最终渐开线样板的基圆一致。并且还可以通过偏心调整,补偿 2 个表征渐开线样板精度等级的齿面齿廓形状偏差中的部分凸度或凹度误差,进一步减小渐开线样板的齿廓形状偏差。

[0007] 一种高精度的径向可调式齿轮渐开线样板,如图 2 所示。四个齿面中选择其中一个齿面不精磨,具有较大的齿廓形状偏差,用于检测仪器的频响特性、滤波效果与灵敏度。另外 3 个齿面经过精密加工,具有较小的齿廓形状偏差,并允许其中一个精加工面具有一定的齿廓倾斜偏差,用于检测仪器的放大倍数;其余的两个异侧齿面具有接近零的齿廓倾斜偏差,用于表征渐开线样板的精度等级及用于渐开线参数量值传递、确定并修正渐开线测量仪器的示值误差。

[0008] 上述的可调式渐开线样板,渐开线样板圆柱面或圆锥面上有上、下两组紧定螺钉。下面一组 4 个均布的细牙调整螺钉为主调整螺钉,位置与样板的对称轴线一致,螺纹的轴线与样板芯轴的轴线方向成 75° 夹角。上面一组 4 个螺钉为辅助紧定螺钉,方位与主调整螺钉成 45° ,主要起辅助调整及提高装配刚度的作用。外圆柱面上有粗糙度不高于 $Ra\ 0.2$,圆度不高于 $0.4\ \mu\text{m}$ 的径向参考基准面,用于精密测量可调式渐开线样板相对于样板芯轴的径向偏心量。

[0009] 装配芯轴,如图 2 所示。靠近轴台位置加工出 4 个与样板芯轴轴线成 75° 的小平面。4 个细牙螺钉拧紧力的径向分量用于渐开线样板的径向调整;轴向分量将渐开线样板压到样板芯轴的轴台上,增加了可调式渐开线样板与样板芯轴的连接刚度与连接可靠性。渐开线样板经过带锁紧螺母、十字垫圈和平垫圈,进一步将渐开线样板压向样板芯轴的轴台;最后通过渐开线样板上面的 4 个均布的辅助紧定螺钉将渐开线样板支撑到样板芯轴上。如上述所述的样板芯轴,轴颈与可调式渐开线样板的内孔为间隙配合,间隙量为 $3\sim 5\ \mu\text{m}$;轴台平面相对于中心孔的端面偏摆不超过 $1\ \mu\text{m}$ 。

[0010] 通过渐开线样板相对于样板芯轴的径向精密调整,可同时补偿掉渐开线样板 3 个齿面的齿廓倾斜偏差的差异,使最终使渐开线样板的基圆一致。并且还可以通过偏心调整,补偿 2 个齿面的齿廓形状偏差中的凸度或凹度误差,进一步减小渐开线样板的齿廓形状偏差。

[0011] 本发明的一种高精度径向可调式齿轮渐开线样板,具有结构简单、调整方便,与样板芯轴的连接刚度高、连接可靠,并具有精度高、尺寸稳定的优点,能够同时满足渐开线测量仪器对频响特性、滤波效果、灵敏度、放大倍数的检测及修正仪器示值误差的需求,具有良好的推广价值与市场应用前景。

附图说明

[0012] 图 1 渐开线样板装配图。

[0013] 图 2 高精度径向可调式齿轮渐开线样板结构图。

[0014] 图 3 渐开线样板芯轴结构图。

[0015] 图 4 渐开线样板调整方案图。

[0016] 图中:1 可调式渐开线样板;2 平垫圈;3 十字垫圈;4 锁紧螺母;5 样板芯轴;6 辅助紧定螺钉;7 主调整螺钉;8 径向测量基准面;

[0017] L_1 一齿的左齿面 ; L_2 二齿的左齿面 ; R_1 一齿的右齿面 ; R_2 二齿的右齿面。

具体实施方式

[0018] 本发明提供的高精度径向可调式渐开线样板的粗加工和半精加工在 Y7125 型或 Y7431 型大平面砂轮磨齿机上进行。磨削时断开机床的分度系统,并使用未精化的渐开线凸轮(面形误差 $2 \sim 3 \mu\text{m}$)对径向可调式渐开线样板的 4 个齿面进行精密磨削。磨削后渐开线样板的齿廓形状偏差可达到 $2 \sim 3 \mu\text{m}$,满足仪器对频响特性、滤波效果、灵敏度的检测要求。保留其中一个齿面(例如二齿的右齿面),其余三个齿面在公开专利【CN102941519A】提供的双滚轮—双导轨式渐开线凸轮磨削装置上进行精密加工。经过精加工的渐开线样板的齿廓形状偏差 $f_{f\alpha}$ 可达到 $0.5 \mu\text{m}$ 以下,但不同齿面的齿廓倾斜偏差会略有差异。如图 4 所示,一齿的左齿面 L_1 具有较大的齿廓总偏差;一齿的右齿面 R_1 具有较小的齿廓形状偏差和齿廓倾斜偏差 (f_1^L);二齿的左齿面 L_2 具有较小的齿廓形状偏差和齿廓倾斜偏差 (f_2^R);二齿的右齿面 R_2 具有较小的齿廓形状偏差和较大的齿廓倾斜偏差 (f_2^L)。

[0019] 设名义基圆半径为 r_{b0} ,沿齿的方向为 X 轴,垂直齿的方向为 Y 轴,基圆起始位置与 X 轴的夹角为 α ,渐开线的测量展开角为 θ 。若沿 X 方向调整渐开线样板,则一齿的左右两齿面的齿廓倾斜偏差同时变大,二齿左右两齿面的齿廓倾斜同时偏差变小,推导出齿廓倾斜偏差 ($f_{H\alpha}$) 与沿 X 方向调整量 (e_x) 之间的关系为: $f_{H\alpha} = e_x [\sin \alpha + \sin(\theta - \alpha)]$ 。若沿 Y 方向调整渐开线样板,则一齿的左齿面 L_1 和二齿右齿面 R_2 的齿廓倾斜偏差变小,一齿的右齿面 R_1 和二齿左齿面 L_2 的齿廓倾斜偏差变大,推导出齿廓倾斜偏差 ($f_{H\alpha}$) 与调整量 (e_y) 之间的关系为: $f_{H\alpha} = e_y [\cos \alpha - \cos(\theta + \alpha)]$ 。

[0020] 首先在名义基圆 r_{b0} 下测量出 f_1^L 、 f_2^R 和 f_2^L 。根据 f_1^L 和 f_2^R 的差值推导样板沿 X 轴的调整量 $e_x = (f_1^L - f_2^R) / 2 [\sin \alpha + \sin(\theta - \alpha)]$;根据 f_1^L 和 f_2^R 的平均值推导基圆的补偿量 $\Delta r_{b1} = (f_1^L + f_2^R) / 2 \theta$,则样板的基圆半径补偿为 $r_b = r_{b0} + \Delta r_{b1}$ 。由于渐开线样板下面的 4 个细牙紧定螺钉的布置刚好与 X、Y 轴重合,所以方便将样板沿 X 轴方向或 X 轴方向调整。调整时,用两个分辨率为 $0.01 \mu\text{m}$ 的电感测微仪分别打在渐开线样板上的径向参考基准面的 X 方向和 Y 方向上,X 轴方向电感测微仪的差值便为样板的沿 X 轴方向上的调整量 e_x 。对于一齿面的右齿面 R_1 和二齿面的左齿面 L_2 这两个表征样板等级的精加工面而言,Y 方向上的位移量 e_y 会使 f_1^L 、 f_2^R 同时增大或减小,即改变了样板的基圆半径,此时需要渐开线样板的基圆半径进行二次补偿,补偿量 $\Delta r_{b2} = e_y [\cos \alpha - \cos(\theta + \alpha)] / 2 \theta$,最终样板的基圆半径 $r_b = r_{b0} + \Delta r_{b1} + \Delta r_{b2}$ 。但对于二齿的左齿面 L_2 而言,我们希望通过 Y 方向的调整量 e_y 使其获得较大一点的齿廓倾斜偏差(约 $1 \sim 2 \mu\text{m}$)以检测渐开线测量仪器的放大倍数。最终通过本发明提供的精密调整方法可使一齿面右齿面 R_1 和二齿面左齿面 L_2 的齿廓倾斜偏差接近 $0 \mu\text{m}$;二齿面左齿面 L_2 的齿廓倾斜偏差为 $f_2^L + e_y [\cos \alpha - \cos(\theta + \alpha)]$ 。为了增加样板芯轴 5 与可调式渐开线样板 1 之间的接触刚度,可让渐开线样板芯轴 5 在靠近 Y 轴方向或 Y 轴反方向与可调式渐开线样板 1 刚性接触。

[0021] 渐开线样板的径向测量基准面 8 的位置和径向调整位置分别布置在样板的上下两端,减小了样板受力变形对径向调整量准确测量的影响。调整应力释放完毕后,套上平垫圈 2 和十字垫圈 3,用锁紧螺母 4 进一步将可调式渐开线样板 1 压向样板芯轴 5 的轴台。最

后用 4 个辅助紧定螺钉 6 以约 20N 的力将可调式渐开线样板 1 支撑到样板芯轴 5 上。调整完毕后对样板和装配芯轴进行人工时效,以释放样板加工和调整时产生的内应力,增强样板的尺寸稳定性。

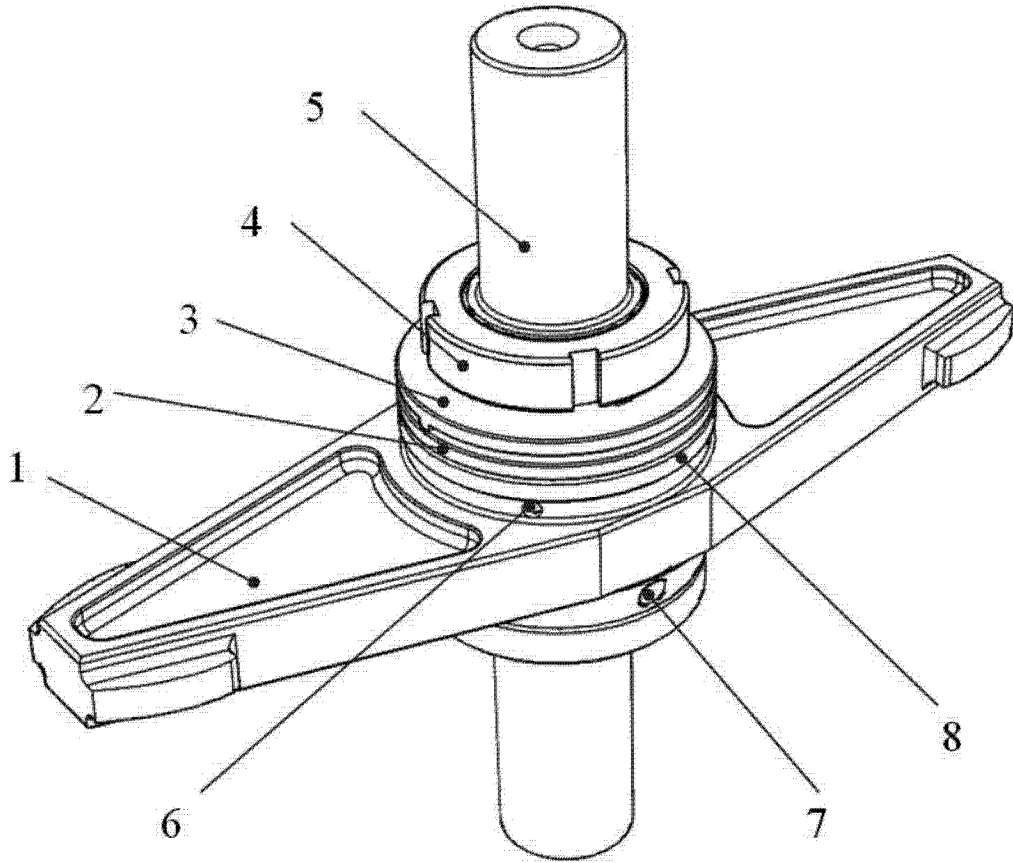


图 1

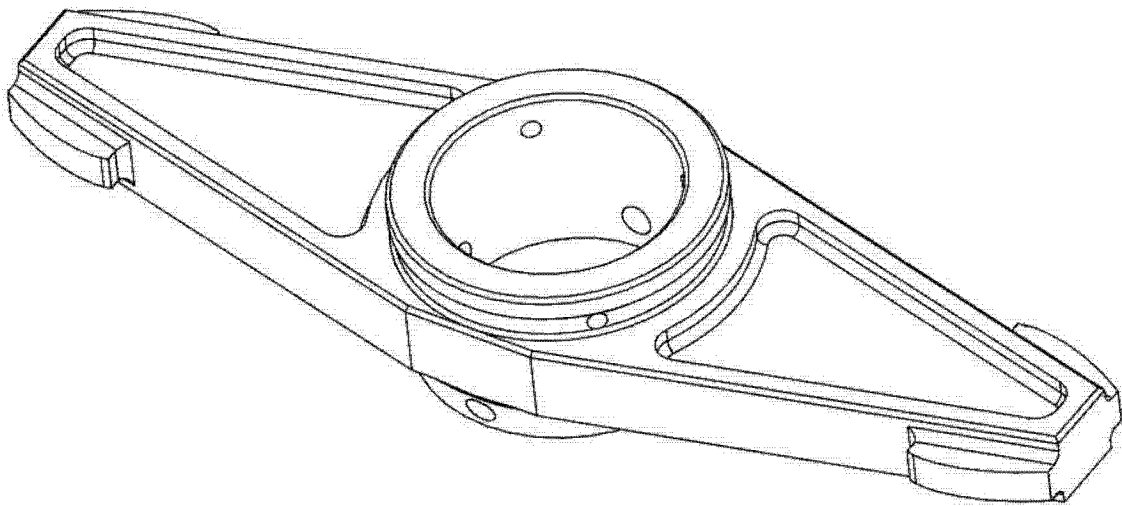


图 2

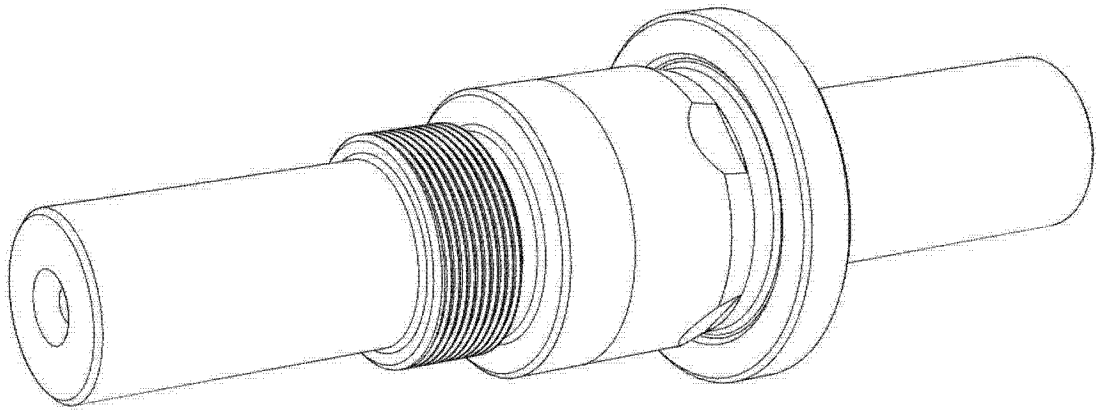


图 3

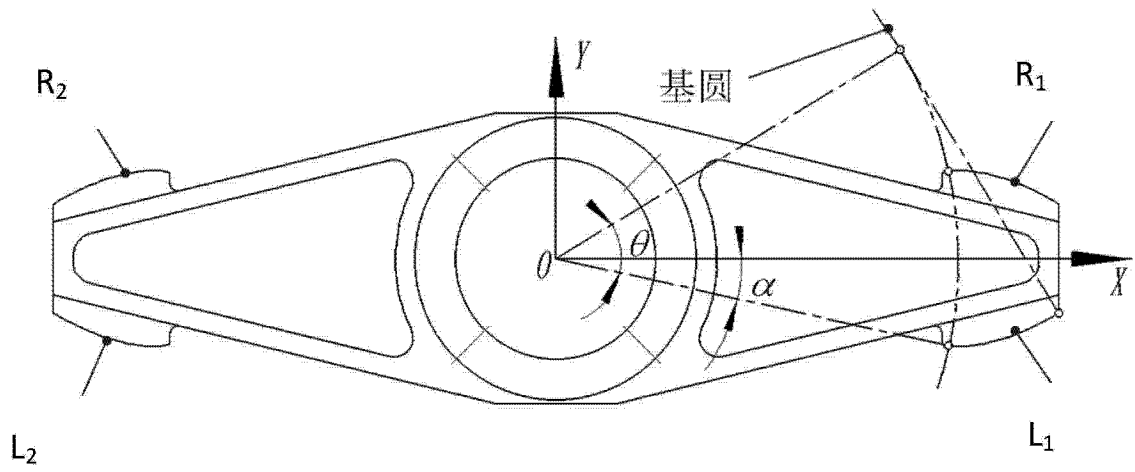


图 4