



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116766135 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 07

(21) 申请号 202311062306.5

(22) 申请日 2023.08.23

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 116766135 A

(43) 申请公布日 2023.09.19

(73) 专利权人 成都国营锦江机器厂
地址 610000 四川省成都市武侯区华锦路
100号

(72) 发明人 冯霞 黄磊 魏清 余鹏 王利玲
庞莉 骆洪益 梅鹏 付冰 高群

(74) 专利代理机构 成都智与研专利代理有限公司 51353
专利代理师 刘奇

(51) Int. Cl.
B25H 1/06 (2006.01)
B25H 1/08 (2006.01)
G01B 21/16 (2006.01)

(56) 对比文件
CH 460838 A, 1968.08.15
CN 104057612 A, 2014.09.24
CN 104897037 A, 2015.09.09
CN 105004241 A, 2015.10.28
CN 105817623 A, 2016.08.03

CN 107014342 A, 2017.08.04

CN 108692691 A, 2018.10.23

CN 109945835 A, 2019.06.28

CN 110977374 A, 2020.04.10

CN 112683131 A, 2021.04.20

CN 113310382 A, 2021.08.27

CN 115218855 A, 2022.10.21

CN 115265879 A, 2022.11.01

CN 116067326 A, 2023.05.05

CN 201848793 U, 2011.06.01

CN 202814299 U, 2013.03.20

CN 203587011 U, 2014.05.07

CN 210827621 U, 2020.06.23

CN 211317165 U, 2020.08.21

CN 211992602 U, 2020.11.24

CN 215725602 U, 2022.02.01

CN 216348300 U, 2022.04.19

CN 216348317 U, 2022.04.19

CN 217832554 U, 2022.11.18

CN 218443661 U, 2023.02.03

DD 245953 A1, 1987.05.20

JP 2002164274 A, 2002.06.07

JP H07270558 A, 1995.10.20

(续)

审查员 尚妍梅

权利要求书3页 说明书11页 附图5页

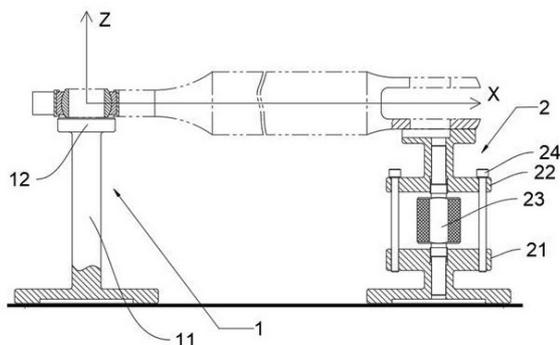
(54) 发明名称

一种直升机主减速器撑杆孔心距测量工装及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种直升机主减速器撑杆孔心距测量工装及方法,属于测量工具技术领域,包括:第一支撑组件,用于支撑主减速器撑杆的一端;第二支撑组件,所述第二支撑组件与第一支撑组件相配合,用于支撑主减速器撑杆的另一端;其中,所述第一支撑组件为高度固定的支撑结构;所述第二支撑组件为高度可调节的支撑结构。本发明能够测量万向孔与固定孔之间的孔心距,同时还能够减小孔心距测量过程中的误差,

使孔心距测量值更接近于真实值,提高精准度。



CN 116766135 B

[接上页]

(56) 对比文件

JP H10253437 A, 1998.09.25

KR 102521541 B1, 2023.04.14

US 2013239421 A1, 2013.09.19

US 2014096404 A1, 2014.04.10

陈小梅. 连杆平行度和中心距综合测量装置的分析. 内燃机与配件. 2017, (第22期), 全文.

王玉萍. 曲轴连杆轴颈中心距测量方法改进. 柴油机设计与制造. 2007, (第02期), 全文.

1. 一种直升机主减速器撑杆孔心距测量方法,其特征在于,采用直升机主减速器撑杆孔心距测量工装进行测量,所述直升机主减速器撑杆包括撑杆本体,以及分别设于所述撑杆本体两端的万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔;

所述直升机主减速器撑杆孔心距测量工装包括:

第一支撑组件,用于支撑主减速器撑杆的一端;

第二支撑组件,所述第二支撑组件与第一支撑组件相配合,用于支撑主减速器撑杆的另一端;

其中,所述第一支撑组件为高度固定的支撑结构;

所述第二支撑组件为高度可调节的支撑结构,包括:

第二支撑座,第二支撑部,以及设于所述第二支撑座与第二支撑部之间的高度调节件;

所述直升机主减速器撑杆孔心距测量方法包括以下步骤:

构建坐标系,以万向轴承孔的竖直方向上的中轴线为轴,以万向轴承孔的水平方向上的中轴线为X轴,以X轴与Z轴的相交点作为零点,以垂直于X轴及Z轴的方向作为Y轴;

若直升机主减速器撑杆与测量工装接触良好,所述工装调平步骤还包括:

获取直升机主减速器撑杆上多个测量点的坐标;

计算多个测量点之间的高度差;

根据高度差调平;

所述获取直升机主减速器撑杆上多个测量点的坐标步骤中,测量点的数量为两个,两个测量点分别位于第一固定孔的两侧,以靠近万向轴承孔的测量点作为第一测量点,另一测量点作为第二测量点,分别记第一测量点的坐标为 (X_1, Y_1, Z_1) ,第二测量点的坐标为 (X_2, Y_2, Z_2) ;

所述计算多个测量点之间的高度差步骤中,第一测量点与第二测量点之间的高度差 $\Delta Z = Z_2 - Z_1$;

所述根据高度差调平步骤为根据第一测量点与第二测量点之间的高度差,通过旋转高度调节件使第二支撑部上升或下降,包括:

若 ΔZ 大于0,则旋转高度调节件降低第二支撑部,调至 $Z_2 = Z_1$;

若 ΔZ 小于0,则旋转高度调节件升高第二支撑部,调至 $Z_2 = Z_1$;

若直升机主减速器撑杆与测量工装接触不良,所述工装调平步骤还包括:

放置量块,在第二支撑部上分别放置两组量块;

获取万向轴承、第一固定孔以及第二固定孔内多个测量点的坐标;

根据万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔内多个测量点的坐标计算分别计算万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标;

根据万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标计算万向轴承孔与第一固定孔以及万向轴承孔与第二固定孔之间的圆心距,

其中,分别记万向轴承孔与第一固定孔之间的圆心距为 H_1 ,万向轴承孔与第二固定孔之间的圆心距为 H_2 ;

根据圆心距调平;

根据第一固定孔以及第二固定孔的圆心偏移量调平,根据第一固定孔以及第二固定孔圆心的偏移量更换量块,

其中,记第一固定孔的圆心坐标为 (X_3, Y_3) ,第二固定孔的圆心坐标为 (X_4, Y_4) ,偏移量 $\Delta Y = Y_3 - Y_4$;

所述根据圆心距调平包括:

若 H_1 大于 H_2 ,则旋转高度调节件上升第二支撑部,调至 $H_1 = H_2$;

若 H_1 小于 H_2 ,则旋转高度调节件下降第二支撑部,调至 $H_1 = H_2$;

所述根据第一固定孔以及第二固定孔的圆心偏移量调平包括:

若 ΔY 大于0,则降低Y轴正方向上的量块高度或者增加Y轴负方向上的量块高度,调至 $Y_3 = Y_4$;

若 ΔY 小于0,则增加Y轴正方向上的量块高度或者降低Y轴负方向上的量块高度,调至 $Y_3 = Y_4$;

所述直升机主减速器撑杆孔心距测量方法还包括:

测量调平后万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标,

记万向轴承孔的坐标为 (X_a, Y_b) ,记第一固定孔的坐标为 (X_c, Y_d) ,记第二固定孔的坐标为 (X_e, Y_f) ;

孔心距计算,为根据万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标计算孔心距。

2.根据权利要求1所述的一种直升机主减速器撑杆孔心距测量方法,其特征在于,在孔心距计算步骤之前,所述直升机主减速器撑杆孔心距测量方法还包括:

误差补偿,对万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标值进行补偿。

3.根据权利要求2所述的一种直升机主减速器撑杆孔心距测量方法,其特征在于,所述误差补偿步骤包括:

计算测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ,

采用贝塞尔公式计算得单次实验标准偏差:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

其中,不确定度分量 $u_1 = s$;n为测量次数, \bar{x} 为第1次至第i次测量结果的平均值; x_i 分别为第1次至第i次的测量结果;

计算三坐标测量机示值误差引入的标准不确定度分量 u_2 ,

不确定度分量 $u_2 = a/k$

其中,a为区间半宽,k为包含因子;

计算三坐标测量探测误差引入的标准不确定度分量 u_3 ,

不确定度分量 $u_3 = a/k$

其中,a为区间半宽,k为包含因子;

计算被测件和三坐标测量机温度差引入的标准不确定度分量 u_4 ,

此步骤中,不确定度分量 $u_4 = L_s \times \alpha \times \Delta t / \sqrt{3}$,

其中, L_s 为长度变化量, α 为温度膨胀系数, Δt 为温度区间半宽;

计算调平方法引入的不确定度分量 u_5 ,

$u_5 = b/k$

其中,b为轴线平行度调节误差,k为包含因子;
合成标准不确定度 u_c ,

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2},$$

计算修正值U,分别计算X轴和Y轴方向上的修正值 $U=ku_c$,

其中,k=2或3;

分别记X轴方向上的修正值为 U_x ,分别记Y轴方向上的修正值为 U_y ;

计算修正后的万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标,根据万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标以及修正值U计算出修正后的万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标;

其中,修正以后的万向轴承孔的圆心坐标为 (X_a+U_x, Y_b+U_y) ,第一固定孔的圆心坐标为 (X_c+U_x, Y_d+U_y) ,第二固定孔的圆心的坐标为 (X_e+U_x, Y_f+U_y) 。

4.根据权利要求1所述的直升机主减速器撑杆孔心距测量方法,其特征在于,所述高度调节件为调节螺杆;

所述第二支撑部的顶部设有凸起,所述凸起为调节支撑部,其中,所述调节支撑部为C形结构,用于放置量块后将直升机主减速器撑杆进行调平;

所述第二支撑座与第二支撑部之间还连接有防转销。

一种直升机主减速器撑杆孔心距测量工装及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及测量工具技术领域,具体涉及一种直升机主减速器撑杆孔心距测量工装及方法。

背景技术

[0002] 图1为现有技术中直升机主减速器撑杆的结构示意图,包括撑杆本体101,以及分别设于所述撑杆本体101两端的万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401。

[0003] 直升机主减速器撑杆的在装配过程中,需要检测撑杆两端之间的孔心距,现有技术中,通常采用垫平固定、插芯轴方式,结合通用量具卡尺实现测量。

[0004] 然而发明人在测量万向轴承孔与固定孔之间的孔心距的过程中发现:万向轴承孔201的方向无法固定,导致万向轴承孔201的中轴线可能在任意方向,从而无法精准测量万向轴承孔201与第一固定孔301以及第二固定孔401之间的孔心距,存在测量方法准确性低等缺陷。另一方面,现有的测量方法可靠性低,测量过程中引入的测量不确定度大,也会影响测量结果的精准性,导致在对减速器撑杆修复时容易误判,从而增加了减速器撑杆的修理成本,甚至给直升机飞行带来安全风险。

发明内容

[0005] 为解决上述问题,本发明第一方面提供了一种直升机主减速器撑杆孔心距测量工装,其特征在于,包括:

[0006] 第一支撑组件,用于支撑主减速器撑杆的一端;

[0007] 第二支撑组件,所述第二支撑组件与第一支撑组件相配合,用于支撑主减速器撑杆的另一端;

[0008] 其中,所述第一支撑组件为高度固定的支撑结构;

[0009] 所述第二支撑组件为高度可调节的支撑结构,包括:

[0010] 第二支撑座,第二支撑部,以及设于所述第二支撑座与第二支撑部之间的高度调节件。

[0011] 在一些实施例中,所述高度调节件为调节螺杆;

[0012] 所述第二支撑部的顶部设有凸起,所述凸起为调节支撑部,其中,所述调节支撑部为C形结构,用于放置量块后将直升机主减速器撑杆进行调平;

[0013] 所述第二支撑座与第二支撑部之间还连接有防转销。

[0014] 本发明第二方面提供了一种直升机主减速器撑杆孔心距测量方法,采用直升机主减速器撑杆孔心距测量工装进行测量,包括以下步骤:

[0015] 构建坐标系,以万向轴承孔的竖直方向上的中轴线为轴,以万向轴承孔的水平方向上的中轴线为X轴,以X轴与Z轴的相交点作为零点,以垂直于X轴及Z轴的方向作为Y轴;

[0016] 若直升机主减速器撑杆与测量工装接触良好,所述工装调平步骤还包括:

[0017] 获取直升机主减速器撑杆上多个测量点的坐标;

[0018] 计算多个测量点之间的高度差；

[0019] 根据高度差调平。

[0020] 在一些实施例中,所述获取直升机主减速器撑杆上多个测量点的坐标步骤中,测量点的数量为两个,两个测量点分别位于第一固定孔的两侧,以靠近万向轴承孔的测量点作为第一测量点,另一测量点作为第二测量点,分别记第一测量点的坐标为 (X_1, Y_1, Z_1) ,第二测量点的坐标为 (X_2, Y_2, Z_2) ;

[0021] 所述计算多个测量点之间的高度差步骤中,第一测量点与第二测量点之间的高度差 $\Delta Z=Z_2-Z_1$;

[0022] 所述根据高度差调平步骤为根据第一测量点与第二测量点之间的高度差,通过旋转高度调节件使第二支撑部上升或下降,包括:

[0023] 若 ΔZ 大于0,则旋转高度调节件降低第二支撑部,调至 $Z_2=Z_1$;

[0024] 若 ΔZ 小于0,则旋转高度调节件升高第二支撑部,调至 $Z_2=Z_1$ 。

[0025] 在一些实施例中,若直升机主减速器撑杆与测量工装接触不良,所述工装调平步骤还包括:

[0026] 放置量块,在第二支撑部上分别放置两组量块;

[0027] 获取万向轴承、第一固定孔以及第二固定孔内多个测量点的坐标;

[0028] 根据万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔内多个测量点的坐标计算分别计算万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标;

[0029] 根据万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标计算万向轴承孔与第一固定孔以及万向轴承孔与第二固定孔之间的圆心距,

[0030] 其中,分别记万向轴承孔与第一固定孔之间的圆心距为 H_1 ,万向轴承孔与第二固定孔之间的圆心距为 H_2 ;

[0031] 根据圆心距调平;

[0032] 根据第一固定孔以及第二固定孔的圆心偏移量调平,根据第一固定孔以及第二固定孔圆心的偏移量更换量块,

[0033] 其中,记第一固定孔的圆心坐标为 (X_3, Y_3) ,第二固定孔的圆心坐标为 (X_4, Y_4) ,偏移量 $\Delta Y=Y_3-Y_4$ 。

[0034] 在一些实施例中,所述根据圆心距调平包括:

[0035] 若 H_1 大于 H_2 ,则旋转高度调节件上升第二支撑部,调至 $H_1=H_2$;

[0036] 若 H_1 小于 H_2 ,则旋转高度调节件下降第二支撑部,调至 $H_1=H_2$ 。

[0037] 在一些实施例中,所述根据第一固定孔以及第二固定孔的圆心偏移量调平包括:

[0038] 若 ΔY 大于0,则降低Y轴正方向上的量块高度或者增加Y轴负方向上的量块高度,调至 $Y_3=Y_4$;

[0039] 若 ΔY 小于0,则增加Y轴正方向上的量块高度或者降低Y轴负方向上的量块高度,调至 $Y_3=Y_4$ 。

[0040] 在一些实施例中,所述直升机主减速器撑杆孔心距测量方法还包括:

[0041] 测量调平后万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标,

[0042] 记万向轴承孔的坐标为 (X_a, Y_b) ,记第一固定孔的坐标为 (X_c, Y_d) ,记第二固定孔的坐标为 (X_e, Y_f) ;

[0043] 孔心距计算,为根据万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标计算孔心距。

[0044] 在一些实施例中,在孔心距计算步骤之前,所述直升机主减速器撑杆孔心距测量方法还包括:

[0045] 误差补偿,对万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标值进行补偿。

[0046] 在一些实施例中,所述误差补偿步骤包括:

[0047] 计算测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ,

[0048] 采用贝塞尔公式计算得单次实验标准偏差:

$$[0049] \quad s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

[0050] 其中,不确定度分量 $u_1=s$;n为测量次数; \bar{x} 为第1次至第i次测量结果的平均值; x_i 分别为第1次至第i次的测量结果;

[0051] 计算三坐标测量机示值误差引入的标准不确定度分量 u_2 ,

[0052] 不确定度分量 $u_2=a/k$

[0053] 其中,a为区间半宽,k为包含因子;

[0054] 计算三坐标测量探测误差引入的标准不确定度分量 u_3 ,

[0055] 不确定度分量 $u_3=a/k$

[0056] 其中,a为区间半宽,k为包含因子;

[0057] 计算被测件和三坐标测量机温度差引入的标准不确定度分量 u_4 ,

[0058] 此步骤中,不确定度分量 $u_4=L_s \times \alpha \times \Delta t / \sqrt{3}$

[0059] 其中, L_s 为长度变化量, α 为温度膨胀系数, Δt 为温度区间半宽;

[0060] 计算调平方法引入的不确定度分量 u_5 ,

[0061] $u_5=b/k$

[0062] 其中,b为轴线平行度调节误差,k为包含因子;

[0063] 合成标准不确定度 u_c ,

$$[0064] \quad U_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2}$$

[0065] 计算修正值U,分别计算X轴和Y轴方向上的修正值 $U=ku_c$,

[0066] 其中,k=2或3;

[0067] 分别记X轴方向上的修正值为 U_x ,分别记Y轴方向上的修正值为 U_y ;

[0068] 计算修正后的万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标,根据万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标以及修正值U计算出修正后的万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标;

[0069] 其中,修正以后的万向轴承孔的圆心坐标为 (X_a+U_x, Y_b+U_y) ,第一固定孔的圆心坐标为 (X_c+U_x, Y_d+U_y) ,第二固定孔的圆心的坐标为 (X_e+U_x, Y_f+U_y) 。

[0070] 通过采用上述技术方案,本发明主要具有以下技术效果:

[0071] 1、通过设置第一支撑部刚性支撑万向轴承孔,将主减速器撑杆调平后通过万向轴

承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标来计算孔心距,一方面能够测量万向孔与固定孔之间的孔心距,另一方面还能够减小孔心距测量过程中的误差,提高了测量孔心距过程中的精准度;

[0072] 2、通过对万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标值进行补偿,使得万向轴承孔、第一固定孔以及第二固定孔的圆心坐标值更加接近于真实值,以减小孔心距计算过程中的误差,进而使孔心距测量值更接近于真实值,提高精准度。

附图说明

[0073] 图1为现有技术中直升机主减速器撑杆的结构示意图;

[0074] 图2为本发明一种直升机主减速器撑杆孔心距测量工装的结构示意图;

[0075] 图3为本发明一种直升机主减速器撑杆孔心距测量工装(另一状态)的结构示意图;

[0076] 图4为第一测量点与第二测量点的坐标示意图;

[0077] 图5为万向轴承孔与第一固定孔以及万向轴承孔与第二固定孔之间的圆心距的示意图;

[0078] 图6为第一固定孔与第二固定孔圆心坐标位置关系的示意图;

[0079] 图7为用计量标准等量块校准三坐标测量机的长度测量示值误差。

[0080] 其中,附图标记的含义如下:

[0081] 101、撑杆本体;201、万向轴承孔;301、第一固定孔;401、第二固定孔401;

[0082] 1、第一支撑组件;11、第一支撑座;12、第一支撑部;

[0083] 2、第二支撑组件;21、第二支撑座;22、第二支撑部;23、高度调节件;24、防转销。

实施方式

[0084] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明中的说明书附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0085] 在本文中提及“实施例”意味着,结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本发明的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例,也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是,本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

[0086] 实施例一:图2与图3是本发明一种直升机主减速器撑杆孔心距测量工装(不同状态下)的结构示意图。

[0087] 如图2及图3所示,本发明第一方面提供了一种直升机主减速器撑杆孔心距测量工装,包括:第一支撑组件1,用于支撑主减速器撑杆的一端;第二支撑组件2,所述第二支撑组件与第一支撑组件1相配合,用于支撑主减速器撑杆的另一端。

[0088] 在一些实施例中,所述第一支撑组件1为高度固定的支撑结构,用于支撑主减速器撑杆设有万向轴承孔201的一端。进一步地,所述第一支撑组件1包括第一支撑座11,以及设于所述第一支撑座11上的第一支撑部12,其中,所述第一支撑部12可以是圆形结构,其底部

与第一支撑座11的顶部相连,其顶部与主减速器撑杆设有万向轴承孔201的一端相抵接,以支撑主减速器撑杆设有万向轴承孔201的一端。

[0089] 在一些实施例中,所述第二支撑组件2为高度可调节的支撑结构,用于支撑主减速器撑杆设有第一固定孔301以及第二固定孔401的一端。进一步地,所述第二支撑组件2包括第二支撑座21,第二支撑部22,以及设于所述第二支撑座21与第二支撑部22之间的高度调节件23。其中,所述第二支撑部22的顶部与主减速器撑杆设有第一固定孔301以及第二固定孔401的一端相抵接,以支撑主减速器撑杆设有第一固定孔301以及第二固定孔401的一端。

[0090] 进一步地,所述高度调节件23用以调节第二支撑部22的高度,在一些实施例中,所述高度调节件23为调节螺杆。例如,所述调节螺杆可以是采用螺旋放大的原理制成,即调节螺杆在螺母中旋转一周,螺杆便沿着旋转轴线方向前进或后退一个螺距的距离。

[0091] 在一些实施例中,所述第二支撑部22的顶部设有凸起,所述凸起为调节支撑部221,其中,所述调节支撑部221为C形结构,用于放置量块后将直升机主减速器撑杆进行调平,所述调平的过程将在下文进一步说明。

[0092] 在一些实施例中,所述第二支撑座21与第二支撑部22之间还连接有防转销24,以防止第二支撑座21与第二支撑部22发生相对旋转。

[0093] 实施例二:本发明第二方面提供了一种直升机主减速器撑杆孔心距测量方法,采用实施例一中所述的直升机主减速器撑杆孔心距测量工装进行测量,包括以下步骤:

[0094] (a)、待测工件放置;

[0095] 此步骤中,为首先将直升机主减速器撑杆孔心距测量工装放置在大理石平台上,然后将待测的直升机主减速器撑杆的两端分别放置于第一支撑组件1以及第二支撑组件2上。其中,主减速器撑杆设有万向轴承孔201的一端放置于第一支撑组件1上,主减速器撑杆设有第一固定孔301以及第二固定孔401的一端放置于第二支撑组件2上。

[0096] 在此需要说明的是,通过将设有万向轴承孔201的一端放置于第一支撑组件1上,万向轴承孔201在与第一支撑部12的顶部相抵接后,一方面利用第一支撑部12支撑万向轴承孔201,另一方面利用第一支撑部12对万向轴承孔201进行刚性支撑,避免万向轴承孔201发生旋转,使得所述万向轴承孔201的中轴线相对固定,从而提高测量孔心距过程中的精准度。

[0097] (b)、工装调平;

[0098] 此步骤中,是通过高度调节件23调节第二支撑部22的高度,使第一固定孔301以及第二固定孔401与万向轴承孔201处于同一水平面上,以测量孔心距。

[0099] 可以理解的是,由于加工过程中的不确定性,不同的直升机主减速器撑杆产品之间存在差异,例如,直升机主减速器撑杆可能是万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401不在同一平面上,第二固定孔401与第二支撑部22接触良好且垂直加工精度高的产品,或者是万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401不在同一平面上,且第二固定孔401与第二支撑部22接触不良且垂直度加工精度低的产品。

[0100] 所述工装调平步骤包括:

[0101] S1、构建坐标系;

[0102] 此步骤中,是以万向轴承孔201的竖直方向上的中轴线为Z轴,以万向轴承孔201的水平方向上的中轴线为X轴,以X轴与Z轴的相交点作为零点,以垂直于X轴及Z轴的方向作为

Y轴。

[0103] 在一些实施例中,若直升机主减速器撑杆为万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401不在同一平面上,第二固定孔401与第二支撑部22接触良好且垂直加工精度高的产品,所述工装调平步骤还包括:

[0104] S11、获取直升机主减速器撑杆上多个测量点的坐标;

[0105] 在一些实施例中,可以采用型号为reference700,精度MPEE为 $\pm(0.9+L/350)\mu\text{m}$ 的Leitz桥式三坐标机,通过测针与测量点相抵接以获取测量点的坐标。

[0106] 在一些实施例中,所述测量点的数量为两个,两个测量点分别位于第一固定孔301的两侧,以靠近万向轴承孔201的测量点作为第一测量点,另一测量点作为第二测量点,分别记第一测量点的坐标为 (X_1, Y_1, Z_1) ,第二测量点的坐标为 (X_2, Y_2, Z_2) 。

[0107] S12、计算多个测量点之间的高度差;

[0108] 此步骤中,第一测量点与第二测量点之间的高度差 $\Delta Z=Z_2-Z_1$;

[0109] S13、根据高度差调平;

[0110] 此步骤中,为根据第一测量点与第二测量点之间的高度差,通过旋转高度调节件23使第二支撑部上升或下降;所述根据高度差调平包括:

[0111] 若 ΔZ 大于0,则旋转高度调节件23降低第二支撑部22,调至 $Z_2=Z_1$;

[0112] 若 ΔZ 小于0,则旋转高度调节件23升高第二支撑部22,调至 $Z_2=Z_1$ 。

[0113] 如上原因在于,请参阅图4,图4为第一测量点与第二测量点的坐标示意图。若 ΔZ 大于0,则说明第二固定孔401远离万向轴承孔201的一侧高度高于另一侧的高度,则应当旋转高度调节件23来降低第二支撑部22将主减速器撑杆调平;若 ΔZ 小于0,则说明第二固定孔401远离万向轴承孔201的一侧高度低于另一侧的高度,则应当旋转高度调节件23来升高第二支撑部22将主减速器撑杆调平。

[0114] 可以理解的是,对于万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401不在同一平面上,第二固定孔401与第二支撑部22接触良好且垂直加工精度高的产品,当位于第二固定孔401两侧的第一测量点与第二测量点之间的高度差为0时,则说明工装已将直升机主减速器撑杆调平。

[0115] 在一些实施例中,若直升机主减速器撑杆为万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401不在同一平面上,且第二固定孔401与第二支撑部22接触不良且垂直度加工精度低的产品,所述工装调平步骤还包括:

[0116] S21、放置量块;

[0117] 此步骤中,为首先在C形调节支撑部221两侧放置分别各放置一组量块,然后将主减速器撑杆设有第一固定孔301以及第二固定孔401的一端放置在量块上,用于支撑主减速器撑杆设有第一固定孔301以及第二固定孔401的一端,以形成对主减速器撑杆的三点支撑。

[0118] 在一些实施例中,所述量块的高度为1mm。

[0119] S22、获取万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401内多个测量点的坐标;

[0120] 在一些实施例中,所述万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401内测量点的数量均为三组。

[0121] S23、根据万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401内多个测量点的坐标计算分别计算万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401的圆心坐标；

[0122] 此步骤中,可以根据多个测量点的在X轴以及Y轴上的坐标,确定圆心所在的X轴以及Y轴上坐标。

[0123] 在一些实施例中,通过测量万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401内三个测量点在X轴以及Y轴上的坐标,以确定圆心所在的X轴以及Y轴上坐标。

[0124] S24、根据万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401的圆心坐标计算万向轴承孔201与第一固定孔301以及万向轴承孔201与第二固定孔401之间的圆心距；

[0125] 此步骤中,是根据万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401在X轴以及Y轴上的坐标,计算圆心距,分别记万向轴承孔201与第一固定孔301之间的圆心距为 H_1 ,万向轴承孔201与第二固定孔401之间的圆心距为 H_2 。

[0126] S25、根据圆心距调平；

[0127] 此步骤中,为根据万向轴承孔201与第一固定孔301以及万向轴承孔201与第二固定孔401之间的圆心距,通过旋转高度调节件23使第二支撑部上升或下降;所述根据圆心距调平包括:

[0128] 若 H_1 大于 H_2 ,则旋转高度调节件23上升第二支撑部22,调至 $H_1=H_2$;

[0129] 若 H_1 小于 H_2 ,则旋转高度调节件23下降第二支撑部22,调至 $H_1=H_2$ 。

[0130] 如上原因在于,请参阅图5,图5为万向轴承孔与第一固定孔以及万向轴承孔与第二固定孔之间的圆心距的示意图,若 H_1 大于 H_2 ,则说明第二固定孔401远离万向轴承孔201的一侧高度低于另一侧的高度,则应当旋转高度调节件23升高第二支撑部22;若 H_1 小于 H_2 ,则说明第二固定孔401远离万向轴承孔201的一侧高度高于另一侧的高度,则应当旋转高度调节件23降低第二支撑部22。

[0131] S26、根据第一固定孔301以及第二固定孔401的圆心偏移量调平；

[0132] 此步骤中,是根据第一固定孔301以及第二固定孔401圆心的偏移量在C形更换支撑部221两侧的量块,例如将1mm的量块更换为高度大于或小于1mm的量块；

[0133] 其中,记第一固定孔301的圆心坐标为 (X_3, Y_3) ,第二固定孔401的圆心坐标为 (X_4, Y_4) ；

[0134] 偏移量 $\Delta Y=Y_3-Y_4$ ；

[0135] 所述根据第一固定孔301以及第二固定孔401的圆心偏移量调平包括:

[0136] 若 ΔY 大于0,则降低Y轴正方向上的量块高度或者增加Y轴负方向上的量块高度,调至 $Y_3=Y_4$ ；

[0137] 若 ΔY 小于0,则增加Y轴正方向上的量块高度或者降低Y轴负方向上的量块高度,调至 $Y_3=Y_4$ 。

[0138] 如上原因在于,请参阅图6,图6为第一固定孔301与第二固定孔401圆心坐标位置关系的示意图,若 ΔY 大于0,则说明主减速撑杆向Y轴正方向倾斜,应当减少Y轴正方向上的量块,或者增加Y轴负方向上的量块;若 ΔY 小于0,则说明主减速撑杆向Y轴负方向倾斜,应当增加Y轴正方向上的量块,或者减少Y轴负方向上的量块。

[0139] (c)、测量调平后万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401的圆心坐标；

[0140] 此步骤,为测量调平后万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401的圆心

在X轴以及Y轴上的坐标。

[0141] 其中,记万向轴承孔201的圆心在X轴以及Y轴上的坐标为 (X_a, Y_b) ,记第一固定孔301的圆心在X轴以及Y轴上的坐标为 (X_c, Y_d) ,记第二固定孔401的圆心在X轴以及Y轴上的坐标为 (X_e, Y_f) 。

[0142] (d)、孔心距计算;

[0143] 此步骤中,为根据万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401的圆心坐标计算孔心距。

[0144] 在一些实施例中,根据万向轴承孔201的圆心在X轴以及Y轴上的坐标 (X_a, Y_b) ,第一固定孔301的圆心在X轴以及Y轴上的坐标 (X_c, Y_d) ,第二固定孔401的圆心在X轴以及Y轴上的坐标 (X_e, Y_f) 以及坐标距离公式即可分别求出万向轴承孔201与第一固定孔301以及第二固定孔401的之间的孔心距。

[0145] 在一些实施例中,在孔心距计算步骤之前,所述直升机主减速器撑杆孔心距测量方法还包括:

[0146] (e)、误差补偿;

[0147] 此步骤中,是通过对万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401的圆心坐标值进行补偿的方式,使得万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401的圆心坐标值更加接近于真实值,以减小孔心距计算过程中的误差,进而使孔心距测量值更接近于真实值,提高精准度。

[0148] 在一些实施例中,所述误差补偿步骤包括:

[0149] S31、计算测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ;

[0150] 此步骤中,采用贝塞尔公式计算得单次实验标准偏差:

[0151]
$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

[0152] 其中,不确定度分量 $u_1=s$;n为测量次数; \bar{x} 为第1次至第i次测量结果的平均值; X_i 分别为第1次至第i次的测量结果。

[0153] 在一些实施例中,对直升机主减速器撑杆的第一固定孔301以及第二固定孔401在X轴以及Y轴上的坐标进行测量,在重复性测量条件下连续测量10次,测得结果如下表1所示,采用贝塞尔公式计算得单次实验标准偏差:

表 1

测量参数	测试数据 (mm)										平均值 \bar{X}	不确定度 s
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(mm)	(μm)
X	899.5021	899.5022	899.5024	899.5029	899.5020	899.5019	899.5021	899.5023	899.5022	899.5026	899.50227	0.292
Y	0.0041	0.0042	0.0045	0.0041	0.0046	0.0045	0.004	0.0041	0.0041	0.0045	0.00427	0.224

[0155] S32、计算三坐标测量机示值误差引入的标准不确定度分量 u_2 ;

[0156] 此步骤中,不确定度分量 $u_2=a/k$

[0157] 其中,a为区间半宽,k为包含因子;

[0158] 在一些实施例中,请参阅图7,图7为用计量标准3等量块校准三坐标测量机的长度

测量示值误差,测得三坐标测量机测量点800mm最大示值误差为+2.8 μm ,测量点300mm处最大示值误差为+0.9 μm ,因此三坐标测量机中X的区间半宽 $a=2.8\mu\text{m}$,Y的区间半宽 $a=0.9\mu\text{m}$,服从均匀分布, $k=\sqrt{3}$ 。

[0159] 不确定度分量 u_2 结果如表2所示:

表 2

[0160]	测量参数	a (μm)	u_2 (μm)
	X	2.8	1.617
	Y	0.9	0.520

[0161] S33、计算三坐标测量探测误差引入的标准不确定度分量 u_3 ;

[0162] 此步骤中,不确定度分量 $u_3=a/k$

[0163] 其中, a 为区间半宽, k 为包含因子;

[0164] 在一些实施例中,区间半宽 $a=0.6\mu\text{m}$,包含因子 $k=\sqrt{3}$;

[0165] $u_3=0.6/\sqrt{3}=0.346\mu\text{m}$ 。

[0166] S34、计算被测件和三坐标测量机温度差引入的标准不确定度分量 u_4 ;

[0167] 此步骤中,不确定度分量 $u_4=L_s \times \alpha \times \Delta t / \sqrt{3}$

[0168] 其中, L_s 为长度变化量, α 为温度膨胀系数, Δt 为温度区间半宽。

[0169] 在一些实施例中,虽然测量前被测件与三坐标测量机已充分等温,但实际测量时仍存在一定的温差,充分等温后 Δt 在 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 范围内均匀分布,则区间半宽 a 为 0.2°C ,主减速器撑杆的温度膨胀系数为 $11.5 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$,长度变化量 $L_s=110\text{mm}$,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则:

[0170] $u_4=L_s \times 11.5 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1} \times 0.2^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.254\mu\text{m}$

[0171] S35、计算调平方法引入的不确定度分量 u_5 ;

[0172] $u_5=b/k$

[0173] 其中, b 为轴线平行度调节误差, k 为包含因子;

[0174] 在一些实施例中,在调节万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401的轴线平行的过程中,轴线平行度调节误差为 0.001mm ,服从均匀分布, $k=\sqrt{3}$,则:

[0175] $u_5=1\mu\text{m} / \sqrt{3} = 0.577\mu\text{m}$

[0176] S36、合成标准不确定度 u_c

[0177] 此步骤中:

[0178] $u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2}$

[0179] 在一些实施例中,各标准不确定度分量的汇总如下表3所示:

表 3 各标准不确定度分量的汇总 (μm)

测量参数	不确定度来源				
	测量重复性 u_1	三坐标测量 机示值误差 u_2	三坐标测量 探测误差 u_3	温度差 u_4	调平方法误差 u_5
X	0.292	1.617	0.346	0.254	0.577
Y	0.224	0.520	0.346	0.254	0.577

[0181] 各参数的合成标准不确定度 u_c 评定结果如下表4所示:

表 4 合成标准不确定度结果汇总 (μm)

序号	测量参数	u_c
1	X	1.79
2	Y	0.92

[0183] S37、计算修正值U;

[0184] 此步骤中,分别计算X轴和Y轴方向上的修正值 $U=ku_c$;

[0185] 分别记X轴方向上的修正值为 U_x ,分别记Y轴方向上的修正值为 U_y ;

[0186] 其中,k值为包含因子,通常为2或者3,取决于被测量的重要性、效益和风险,本实施例中,当k=2时,置信水平为95%,当k=3时,置信水平为99%。

[0187] 在一些实施例中,k=2,扩展不确定度评定结果汇总如下表5所示:

表 5 扩展不确定度评定结果汇总 (μm)

序号	参数	U (k=2)
1	X	3.6
2	Y	1.8

[0189] S38、计算修正后的万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401的圆心坐标;

[0190] 此步骤中,是根据万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401的圆心坐标以及修正值U计算出修正后的万向轴承孔201、第一固定孔301以及第二固定孔401的圆心坐标;

[0191] 其中,修正以后的万向轴承孔的圆心坐标为 (X_a+U_x, Y_b+U_y) ,第一固定孔301的圆心坐标为 (X_c+U_x, Y_d+U_y) ,第二固定孔的圆心的坐标为 (X_e+U_x, Y_f+U_y) 。

[0192] 在一些实施例中,修正以后的万向轴承孔201的圆心坐标为 $(X_a+3.6, Y_b+1.8)$,第一固定孔301的圆心坐标为 $(X_c+3.6, Y_d+1.8)$,第二固定孔401的圆心的坐标为 $(X_e+3.6, Y_f+1.8)$ 。

[0193] 最后应说明的是:本发明实施例公开的仅为本发明较佳实施例而已,仅用于说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域

域的普通技术人员应当理解;其依然可以对前述各项实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或替换,并不使相应的技术方案的本
质脱离本发明各项实施例技术方案的精神和范围。

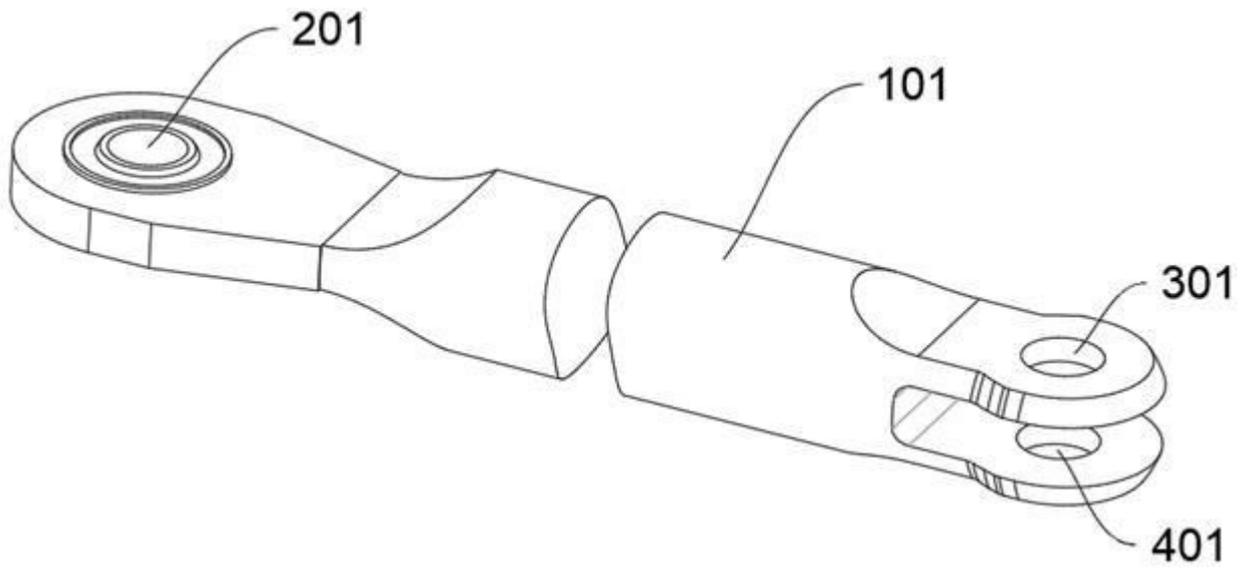


图 1

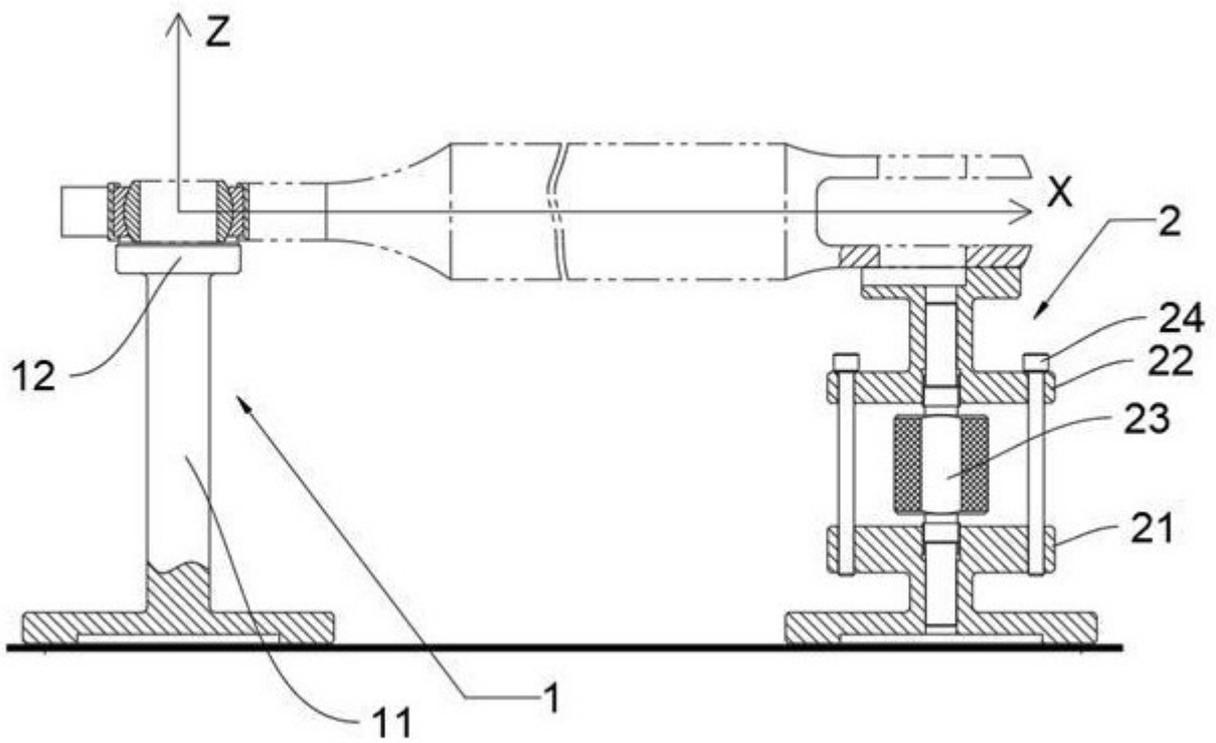


图 2

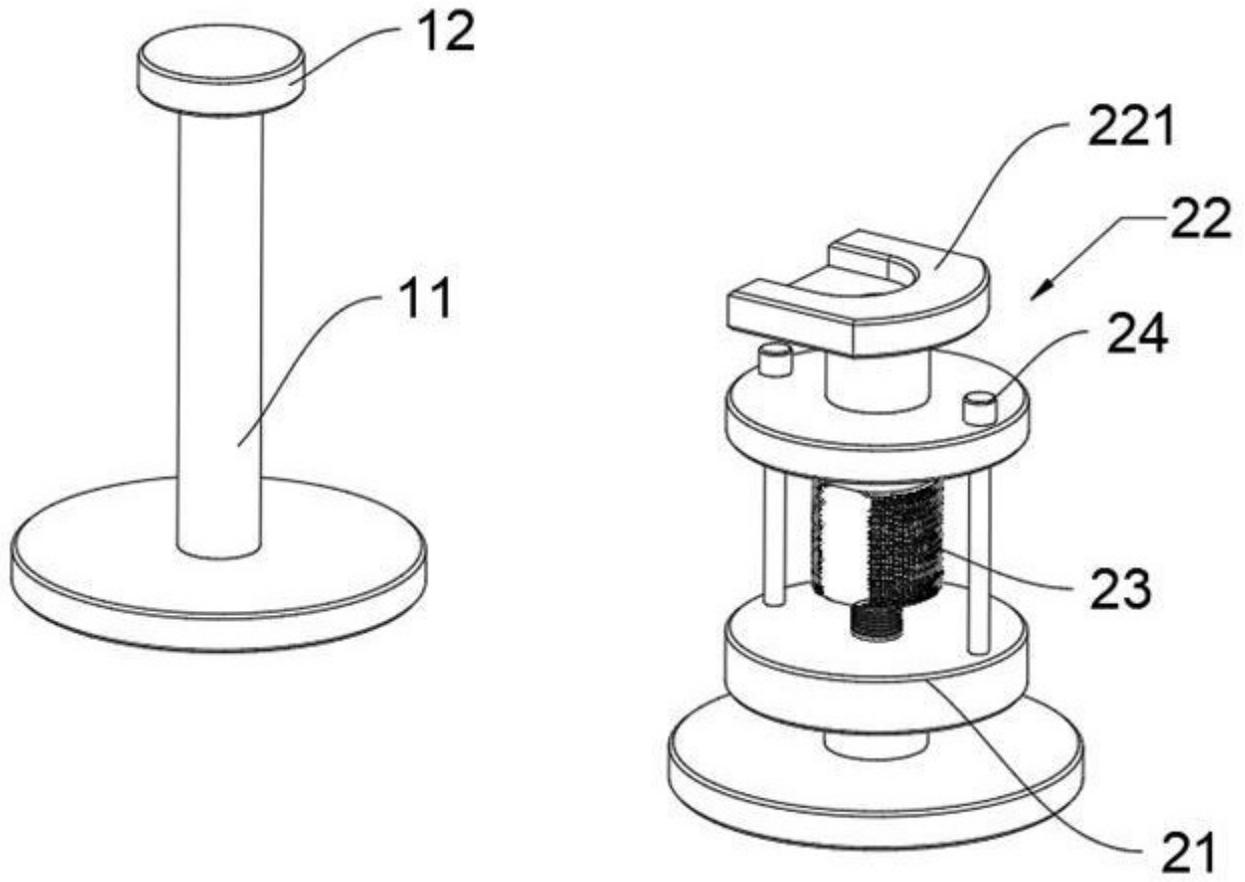


图 3

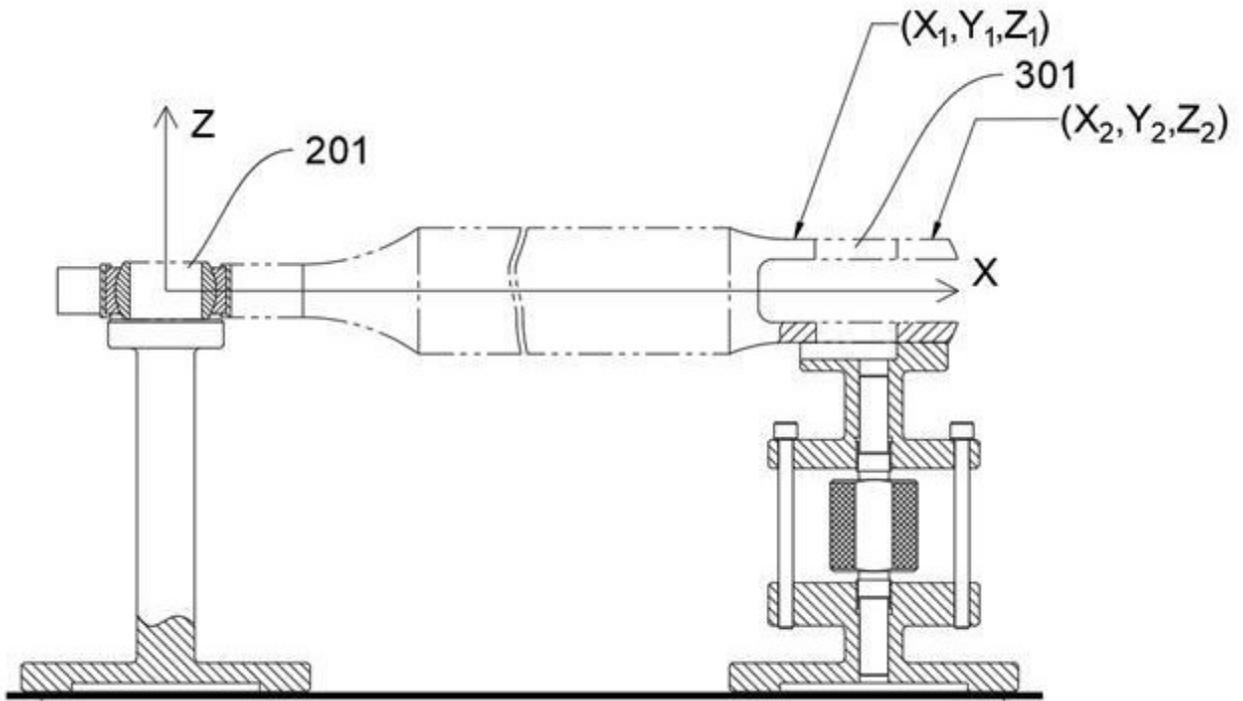


图 4

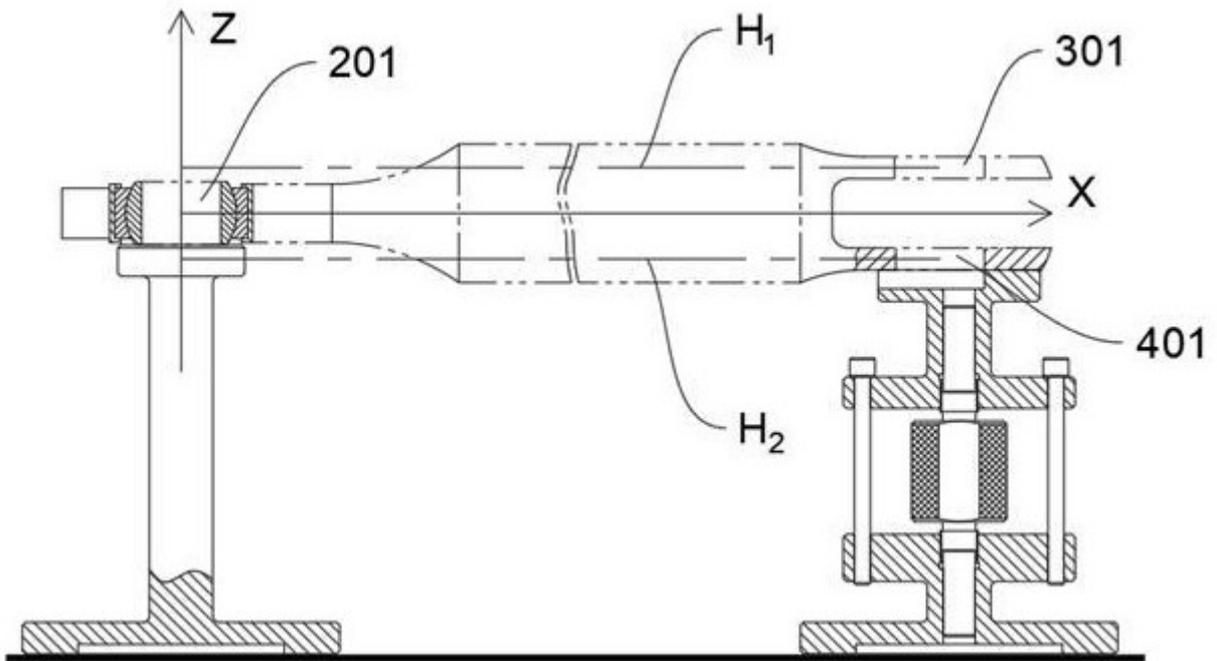


图 5

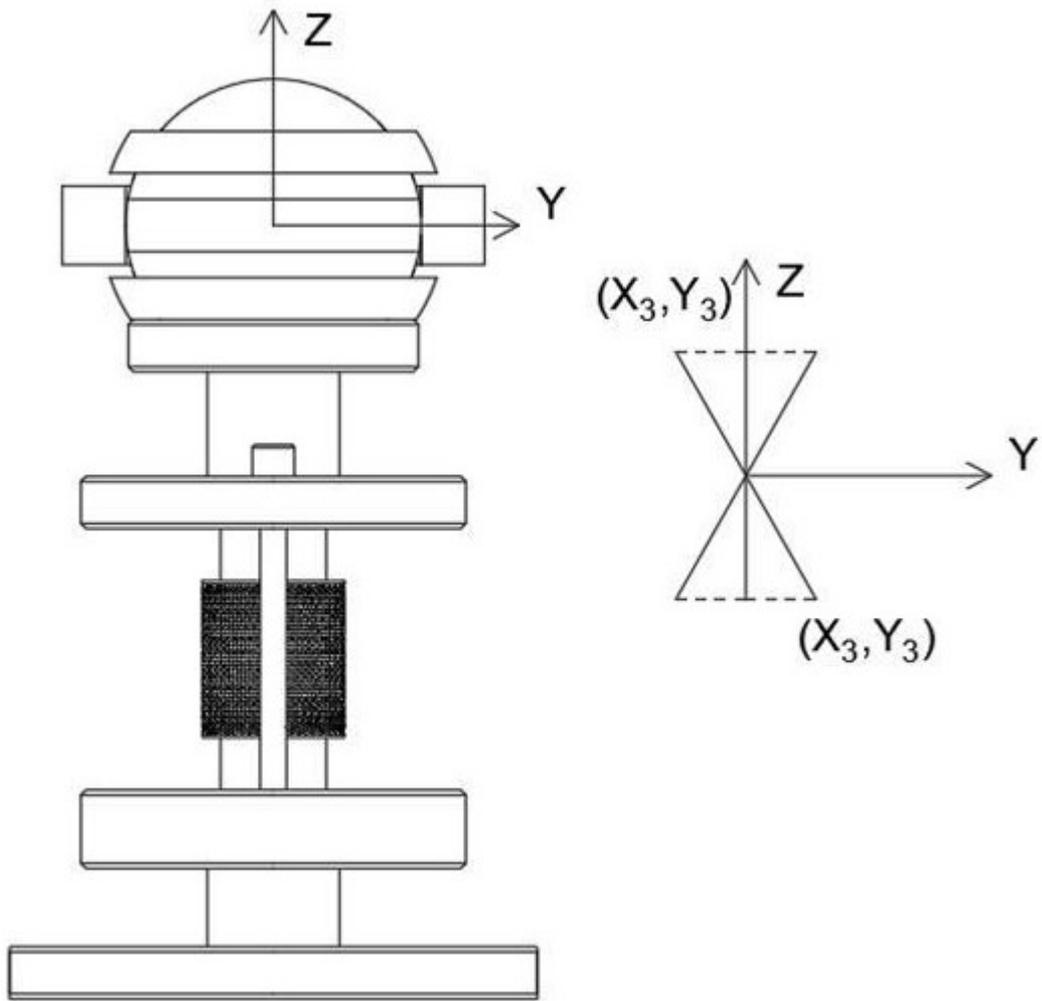


图 6

X轴	测量长度/mm		1000	500	300	200	30
	示值误差/ μm	一次	-3.2	-1	-0.9	-0.5	-0.5
		二次	-3	-1.3	-1	-0.4	-0.5
		三次	-3.1	-1.1	-1.1	-0.7	-0.4
Y轴	测量长度/mm		800	500	300	200	30
	示值误差/ μm	一次	2.8	1.1	0.7	-0.4	-0.3
		二次	2.7	1.4	1	-0.3	-0.4
		三次	2.5	1.2	1	-0.6	-0.5
Z轴	测量长度/mm		600	500	300	200	30
	示值误差/ μm	一次	2.2	-2.1	-1.2	0.3	0.7
		二次	2.3	-2	-1	0.4	0.8
		三次	2	-1.8	-1.1	0.6	0.6
空间1	测量长度/mm		600	500	300	200	30
	示值误差/ μm	一次	2.4	1.5	1	0.2	-0.7
		二次	2.2	1.8	1.1	0.3	-0.4
		三次	2.4	1.6	1	0.3	-0.6
空间2	测量长度/mm		600	500	300	200	30
	示值误差/ μm	一次	1.8	0.3	0.9	0.7	0.1
		二次	2	0.1	0.9	0.5	0.2
		三次	1.9	0.1	0.9	0.5	0.2
空间2	测量长度/mm		600	500	300	200	30
	示值误差/ μm	一次	1.8	0.3	0.9	0.7	0.1
		二次	2	0.1	0.9	0.5	0.2
		三次	1.9	0.1	0.9	0.5	0.2
空间3	测量长度/mm		600	500	300	200	30
	示值误差/ μm	一次	-2.4	-0.8	-1.1	-0.2	0.4
		二次	-2.1	-0.7	-1.4	-0.3	0.3
		三次	-2.1	-0.8	-1.3	-0.1	0.5
空间4	测量长度/mm		600	500	300	200	30
	示值误差/ μm	一次	-2	-1.9	1	0.5	0.8
		二次	-2.1	-1.7	0.9	0.2	0.6
		三次	-2.1	-1.9	0.7	0.2	0.9
测量不确定度为: $U=0.2\mu\text{m}+1.2\times 10^{-6}L$							

图 7