



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117464451 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 30

(21) 申请号 202311649834.0

(22) 申请日 2023.12.04

(71) 申请人 上海交大智邦科技有限公司

地址 201306 上海市浦东新区自由贸易试
验区临港新片区飞渡路66号1幢

申请人 上海交通大学

(72) 发明人 李欣欣 周明东 魏创 李东黎
张继昌 金一涵 唐钰哲(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限
公司 31236

专利代理师 胡晶

(51) Int. Cl.

B23Q 17/00 (2006.01)

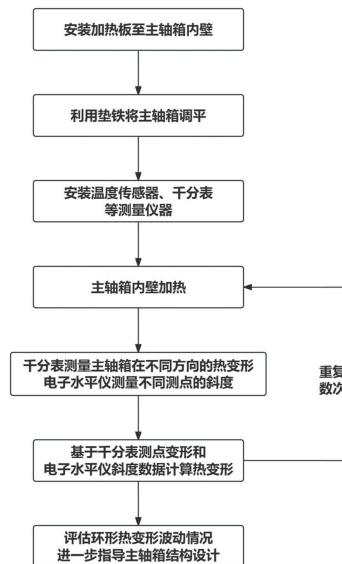
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

高精度坐标镗床主轴箱结构热变形的测量
装置及测量方法

(57) 摘要

本发明提供了一种高精度坐标镗床主轴箱结构热变形的测量装置及测量方法。所述测量装置包括主轴箱、加热板、垫铁、温控箱、水平仪、温度传感器、千分表。所述测量方法包括安装加热板至主轴箱内壁；利用垫铁将主轴箱调平；安装测量装置；进行主轴箱内壁加热并记录内壁温度变化；测量主轴箱在不同方向的热变形，测量不同测点的斜度；测量主轴箱端面一测点的热变形量，计算得到主轴箱端面其他测点的热变形量；重复加热测量数次。基于测点变形数据，后处理显示主轴箱热变形情况；评估环形热变形波动情况，进一步指导主轴箱结构设计。本发明满足了主轴箱电主轴发热及内壁热变形情况高精度的检测要求，确保坐标镗床的加工质量。



1. 一种高精坐标镗床主轴箱结构热变形的测量装置,其特征在于,包括主轴箱(1)、千分表(2)、温度传感器(3)、电子水平仪(4)、加热板(5)、垫铁(6)、加热板温控箱(7)、数据采集模块(8),其中:

千分表(2)、电子水平仪(4)安装在所述主轴箱(1)上;
加热板(5)、温度传感器(3)安装在所述主轴箱(1)内;
所述加热板温控箱(7)与加热板(5)通过线缆进行连接控制发热;
所述数据采集模块(8)连接温度传感器(3)连接,实时输送温度变化数据;
所述垫铁(6)用于调平所述主轴箱(1)。

2. 根据权利要求1所述的高精密坐标镗床主轴箱结构热变形的测量装置,其特征在于,所述温度传感器(3)温度采样频率为1Hz,千分表(2)记录频率为每隔30分钟测量一次。

3. 一种基于权利要求1或2所述的高精密坐标镗床主轴箱结构热变形的测量装置的测量方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤S1:安装加热板(5)至主轴箱(1)内壁;
步骤S2:利用垫铁(6)将主轴箱(1)调平;
步骤S3:安装千分表(2)及温度传感器(3)至主轴箱(1);
步骤S4:进行主轴箱(1)内壁加热并记录内壁温度变化;
步骤S5:千分表(2)测量主轴箱(1)在不同方向的热变形,电子水平仪(4)测量不同测点的斜度;

步骤S6:重复加热测量数次,基于测点变形数据,后处理显示主轴箱(1)热变形情况;
步骤S7:评估环形热变形波动情况,进一步指导主轴箱(1)结构设计。

4. 根据权利要求3所述的的测量方法,其特征在于,所述步骤S3中,温度传感器(3)设置有多,分布在加热板(5)与主轴箱内壁之间以及主轴箱端面。

5. 根据权利要求3所述的的测量方法,其特征在于,所述步骤S3中,千分表(2)设置有多,多个千分表(2)分布在主轴箱(1)的主轴箱(1)的X、Y、Z三个方向端面,记录主轴箱加热过程端面热变形的读数。

6. 根据权利要求5所述的的测量方法,其特征在于,所述步骤S5中,根据主轴箱(1)X、Y、Z三个方向端面千分表(2)读数进行热变形记录,使用电子水平仪(4)对主轴箱端面上的多个测点进行斜度检测,进一步估计热变形情况。

7. 根据权利要求6所述的的测量方法,其特征在于,所述步骤S5中的测点为主轴箱(1)圆周端面上进行均分的多个点,所述不同测点间的竖直高度差为基座底面长度乘水平仪读数。

8. 根据权利要求7所述的的测量方法,其特征在于,所述步骤S7中,评估环形热变形波动情况的过程包括:

步骤S701:电子水平仪(4)测量相邻两个测点P1-P2斜度,计算初始高度差;
步骤S702:加热载,用千分表(2)计算P1点竖直变形;
步骤S703:电子水平仪(4)测量相邻两个测点P1-P2斜度,计算加热后高度差;
步骤S704:由加热前P1测点值与斜度计算加热前每个测点值,由加热后千分表读数P1测点变形绝对值与斜度计算加热后每个测点值;
步骤S705:依次计算所有相邻测点的加热前后高度差,取最大值为热变形量,根据热变

形量建立波动图。

9. 根据权利要求8所述的的测量方法,其特征在于,所述步骤S7评估环形热变形波动情况时,对测点数据进行处理如下:

加热前使用千分表(2)测得测点P1值N01,使用电子水平仪(4)测量P1-P2两测点间读数即斜度K01,计算初始高度差 $H01 = \text{电子水平仪基座底面长度} L \times \text{水平仪读数} K01$,得加热前测点P2值 $N02 = N01 + H01$,使用电子水平仪(4)测量各测点间斜度K,根据各测点间斜度关系得到加热前各测点值;

加热后,使用千分表(2)测量P1测点的绝对变形量,得到加热后测点P1值N11,使用电子水平仪(4)测量P1-P2两测点间读数即斜度K11,高度差 $H11 = L \times K11$,得加热后测点P2值 $N12 = N11 + H11$ 使用电子水平仪(4)测量各测点间加热后斜度K,根据各测点间斜度得到加热后各测点值;

加热前后各测点值N之间相减,取最大值即各测点加热前后的热变形量,根据加热前后各测点热变形量建立环形波动图。

10. 根据权利要求3所述的的测量方法,其特征在于,所述步骤S7评估主轴箱(1)端面环形热变形波动情况后,根据主轴箱(1)不同方向端面热变形情况,针对性优化主轴箱(1)结构设计后,再次进行结构多次优化。

高精度坐标镗床主轴箱结构热变形的测量装置及测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及高精度坐标镗床主轴箱热变形技术领域,具体地,涉及一种高精度坐标镗床主轴箱结构热变形的测量装置及测量方法。

背景技术

[0002] 坐标镗床主轴箱热变形问题在机床加工过程中具有重要意义,它会对加工精度和机床性能产生显著影响。由于主轴箱在高速运转时产生的摩擦热导致温度升高,引发热变形从而影响加工精度,因此,精确测量热变形量对于控制加工精度和提高机床稳定性至关重要。

[0003] 专利号CN108548839B的一种高精度零部件热变形测试装置及测试方法以及专利号CN215115980U的一种高精度零部件热变形测试装置,在测试热变形的过程中对零件的形变不单只是视觉观测,而是通过传感器及压力计,有具体的数据支撑,但采用传感器及压力计数量较多,导致测试过程繁琐、复杂,同时也会引起较大的测量误差。

[0004] 为了解决上述问题,针对现有技术的不足,本发明提出了一种新的热变形测量方法。该方法只需使用千分表测出一个测点的热变形,然后通过电子水平仪测量不同测点之间的斜度进行扩充数据,即可准确地计算出其他测点的热变形量。与传统的测量方法相比,本发明的测量方法具有操作简便、测量时间短、结果准确、误差小等优点。此外,该方法还能够准确模拟真实场景,为实际加工过程中的热变形控制提供更加可靠的依据。

发明内容

[0005] 针对现有技术中的缺陷,本发明的目的是提供一种高精度坐标镗床主轴箱结构热变形的测量装置及测量方法。

[0006] 根据本发明提供的一种高精度坐标镗床主轴箱结构热变形的测量装置,包括主轴箱1、千分表2、电子水平仪4、温度传感器3、加热板5、垫铁6、加热板温控箱7、数据采集模块8,其中:

[0007] 千分表2、电子水平仪4安装在所述主轴箱1上;

[0008] 加热板5、温度传感器3安装在所述主轴箱1内;

[0009] 所述加热板温控箱7与加热板5通过线缆进行连接控制发热;

[0010] 所述数据采集模块8连接温度传感器3连接,实时输送温度变化数据;

[0011] 所述垫铁6用于调平所述主轴箱1。

[0012] 优选地,所述温度传感器3温度采样频率为1Hz,千分表2记录频率为每隔30分钟测量一次。

[0013] 根据本发明提供的一种基于上述的高精度坐标镗床主轴箱结构热变形的测量装置的测量方法,包括如下步骤:

[0014] 步骤S1:安装加热板5至主轴箱1内壁;

[0015] 步骤S2:利用垫铁6将主轴箱1调平;

- [0016] 步骤S3:安装千分表2及温度传感器3至主轴箱1;
- [0017] 步骤S4:进行主轴箱1内壁加热并记录内壁温度变化;
- [0018] 步骤S5:千分表2测量主轴箱1在不同方向的热变形,电子水平仪4测量不同测点的斜度;
- [0019] 步骤S6:重复加热测量数次,基于测点变形数据,后处理显示主轴箱1热变形情况;
- [0020] 步骤S7:评估环形热变形波动情况,进一步指导主轴箱1结构设计。
- [0021] 优选地,所述步骤S1中,加热板作为试验测量模拟热源代替镗床理论热源电主轴发热进行试验。
- [0022] 优选地,所述步骤S1中,加热板具有加热板温控箱,能够精确控制加热板加热温度变化情况,模拟实际电主轴发热。
- [0023] 优选地,所述步骤S2中,使用垫铁调平主轴箱,具体为使用三块可调节高度的垫铁及电子水平仪,先在主轴箱上端面处架设工装,在其上使用电子水平仪测量左右两测点,调节垫铁高度使电子水平仪的读数为0,再将工装旋转90°后使用电子水平仪测量上下两测点,调节垫铁高度使电子水平仪读数为0,确保主轴箱端面水平,避免测量热变形过程中误差影响。
- [0024] 优选地,所述步骤S3中,温度传感器3设置有多个,分布在加热板5与主轴箱内壁之间以及主轴箱端面。
- [0025] 优选地,所述步骤S3中,千分表2设置有多个,多个千分表2分布在主轴箱1的主轴箱1的X、Y、Z三个方向端面,记录主轴箱加热过程端面热变形的读数。
- [0026] 优选地,所述步骤S5中,根据主轴箱1X、Y、Z三个方向端面千分表2读数进行热变形记录,使用电子水平仪4对主轴箱端面上的多个测点进行斜度检测,进一步估计热变形情况。
- [0027] 优选地,所述步骤S5中的测点为主轴箱1圆周端面上进行均分的多个点,所述不同测点间的竖直高度差为基座底面长度乘水平仪读数。
- [0028] 优选地,所述步骤S7中,评估环形热变形波动情况的过程包括:
- [0029] 步骤S701:电子水平仪4测量相邻两个测点P1-P2斜度,计算初始高度差;
- [0030] 步骤S702:加热载,用千分表2计算P1点竖直变形;
- [0031] 步骤S703:电子水平仪4测量相邻两个测点P1-P2斜度,计算加热后高度差;
- [0032] 步骤S704:由加热前P1测点值与斜度计算加热前每个测点值,由加热后千分表读数P1测点变形绝对值与斜度计算加热后每个测点值;
- [0033] 步骤S705:依次计算所有相邻测点的加热前后高度差,取最大值为热变形量,根据热变形量建立波动图。
- [0034] 优选地,所述步骤S7评估环形热变形波动情况时,对测点数据进行处理如下:
- [0035] 加热前使用千分表(2)测得测点P1值N01,使用电子水平仪(4)测量P1-P2两测点间读数即斜度K01,计算初始高度差 $H01 = \text{电子水平仪基座底面长度} L \times \text{水平仪读数} K01$,得加热前测点P2值 $N02 = N01 + H01$,使用电子水平仪(4)测量各测点间斜度K,根据各测点间斜度关系得到加热前各测点值;
- [0036] 加热后,使用千分表(2)测量P1测点的绝对变形量,得到加热后测点P1值N11,使用电子水平仪(4)测量P1-P2两测点间读数即斜度K11,高度差 $H11 = L \times K11$,得加热后测点P2

值 $N_{12}=N_{11}+H_{11}$ 使用电子水平仪(4)测量各测点间加热后斜度 K ,根据各测点间斜度得到加热后各测点值;

[0037] 加热前后各测点值 N 之间相减,取最大值即各测点加热前后的热变形量,根据加热前后各测点热变形量建立环形波动图。

[0038] 优选地,所述步骤S7评估主轴箱1端面环形热变形波动情况后,根据主轴箱1不同方向端面热变形情况,针对性优化主轴箱1结构设计后,再次进行结构多次优化。

[0039] 与现有技术相比,本发明具有如下的有益效果:

[0040] 1、本发明通过提供的测量方法及测量装置,可以模拟镗床电主轴实际工作发热情况,满足精确测量主轴箱热变形的测量要求并指导主轴箱结构设计以满足设计要求。

[0041] 2、本发明中通过多处安装千分表及温度传感器,能够全方面表现主轴箱端面三个方向的热变形情况。

[0042] 3、本发明中通过温控箱及数据采集模块,可以精确控制加热温度及可视化温度变化曲线,可以对主轴箱热变形情况与温度变化情况有直观表现。

[0043] 4、本发明通过设置主轴箱端面的5个测点,设计了一种全新的测量主轴箱端面波动热变形情况的方法。这种方法不仅通过这5个测点精确计算出主轴箱的热变形情况,而且相较其他传统的测量主轴箱热变形方法更加简洁、方便且精确。传统的测量方法对于每个测点都需要使用千分表进行测量,本发明仅需使用一个千分表测得一个测点的热变形,配合电子水平仪测量斜度进行测点数据的扩充即可得到所有5个测点的热变形数据,从而极大地简化了测量过程,提高了测量效率,同时也降低了测量成本。这种创新的方法在保证测量精度的前提下,为主轴箱热变形的测量提供了新的解决方案,彰显了其独特的技术优势。

附图说明

[0044] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0045] 图1为本发明的流程框式示意图;

[0046] 图2为使用垫铁调平主轴箱端面左右两测点示意图;

[0047] 图3为使用垫铁调平主轴箱端面上下两测点示意图;

[0048] 图4为本发明测量装置的结构示意图;

[0049] 图5为主轴箱端面的安装千分表Z向测点及电子水平仪示意图;

[0050] 图6为主轴箱安装千分表XY向测点及温度传感器示意图。

[0051] 图中示出:

[0052] 主轴箱 1

[0053] 工装 10

[0054] 第1千分表201

[0055] 第2千分表202

[0056] 第3千分表203

[0057] 第4千分表204

[0058] 第5千分表205

[0059] 第6千分表206

- [0060] 温度传感器3
- [0061] 第1温度传感器301
- [0062] 第2温度传感器302
- [0063] 第3温度传感器303
- [0064] 电子水平仪4
- [0065] 加热板 5
- [0066] 垫铁 6
- [0067] 加热板温控箱 7
- [0068] 数据采集模块 8
- [0069] P1测点101
- [0070] P2测点102
- [0071] P3测点103
- [0072] P4测点104
- [0073] P5测点105

具体实施方式

[0074] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变化和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0075] 如图1至图4所示,根据本发明提供的高精密坐标镗床主轴箱结构热变形的测量装置,包括主轴箱1、千分表2、电子水平仪4、温度传感器3、加热板5、工作台、垫铁6、加热板温控箱7、数据采集模块8,能够精确模拟主轴箱工作电主轴热变形情况。在所述主轴箱1内安装有加热板5、温度传感器3;所述加热板温控箱7与加热板5通过线缆进行连接控制发热;所述数据采集模块8与温度传感器3相连接,实时输送温度变化数据;所述温度传感器3温度采样频率为1Hz,千分表记录频率为每隔30分钟测量一次。

[0076] 具体地,如图2、图3所示,将加热板5安装至主轴箱内壁1上用于模拟电主轴发热,加热板5安装完成后。将主轴箱1通过垫铁6调平放置在工作台上,使用水平仪3验证调平后,进行千分表2和温度传感器3的安装。具体为使用三块可调节高度的垫铁6及电子水平仪4,先在主轴箱1上端面处架设工装,在其上使用电子水平仪4测量左右两测点,调节垫铁6高度使电子水平仪4的读数为0,再将工装旋转90°后使用电子水平仪4测量上下两测点,调节垫铁6高度使电子水平仪4读数为0,确保主轴箱端面水平,避免测量热变形过程中误差影响。温度传感器3数量为三个,在加热板5与主轴箱1内壁之间对称放置两个温度传感器301、302,在主轴箱端面放置一个温度传感器303。千分表2数量为六个,第2千分表202、第3千分表203放置在主轴箱端面,第5千分表205、第6千分表206放置在滑块安装面以及第1千分表201、第4千分表204设置在主轴箱侧面。将温度传感器3与数据采集模块8进行连接,设置采集仪配置,采集并存储数据。对于主轴箱1X、Y方向端面,使用千分表2直接测量加热前后不同测点的热变形量。对于主轴箱1Z方向端面,加热前使用千分表2测得测点P1值N01,使用电子水平仪4测量P1-P2两测点间读数即斜度K01,计算初始高度差H01=电子水平仪基座底面

长度 $L \times$ 水平仪读数 $K01$,得加热前测点 $P2$ 值 $N02 = N01 + H01$,使用电子水平仪4测量各测点间斜度 K ,根据各测点间斜度关系得到加热前各测点值;将加热板5调至 40°C ,实测受热 28°C ,对主轴箱1内壁进行加热,并使用温度传感器3记录主轴箱1内上表面、加热板近端内壁、加热板远端内壁的温度变化曲线。加热后,使用千分表2测量 $P1$ 测点的绝对变形量,得到加热后测点 $P1$ 值 $N11$,使用电子水平仪4测量 $P1-P2$ 两测点间读数即斜度 $K11$,高度差 $H11 = L \times K11$,得加热后测点 $P2$ 值 $N12 = N11 + H11$ 使用电子水平仪4测量各测点间加热后斜度 K ,根据各测点间斜度得到加热后各测点值,计算加热前后各测点高度差,取最大值即热变形量。重复进行加热试验数次,减小误差,根据热变形量绘制环形热变形波动情况曲线,基于测点变形数据,后处理显示主轴箱1三个方向端面的热变形,进一步指导主轴箱1结构设计。

[0077] 本发明还提供了一种高精密坐标镗床主轴箱结构热变形的测量方法,如图1所示,包括如下步骤:

[0078] S1、安装加热板至主轴箱内壁;

[0079] S2、利用垫铁将主轴箱调平;

[0080] S3、安装千分表及温度传感器等测量装置;

[0081] S4、进行主轴箱内壁加热并记录内壁温度变化;

[0082] S5、在主轴箱X、Y方向端面使用千分表测量得到主轴箱X、Y方向端面的热变形量,在主轴箱Z方向端面使用电子水平仪测量不同测点的斜度,使用千分表测量得主轴箱Z方向端面一测点的热变形量,计算得到主轴箱Z方向端面其他测点的热变形量;

[0083] S6、重复加热测量数次,减小误差。基于测点变形数据,后处理显示主轴箱热变形情况;

[0084] S7、评估环形热变形波动情况,进一步指导主轴箱结构设计。

[0085] 所述步骤S1中,加热板5作为试验测量模拟热源代替镗床实际热源电主轴发热进行试验。所述加热板5具有加热板温控箱8,能够精确控制加热板5加热温度变化情况,模拟实际电主轴发热。

[0086] 所述步骤S3安装温度传感器3的数量为三个,位置为在加热板5与主轴箱内壁之间对称布置两个温度传感器3,并在主轴箱端面布置一个温度传感器3。安装千分表2的数量为6个,位置分别为主轴箱的Z向端面1个、X向端面2个、Y向端面3个,记录主轴箱加热过程端面热变形的读数。安装温度传感器3完成后,将温度传感器3与采集仪温度模块9进行连接,实时反映主轴箱内上表面、加热板近端内壁、加热板远端内壁温度变化情况。

[0087] 所述步骤S4进行加热时,将加热板5温度调至真实电主轴发热温度,对主轴箱内壁进行加热,模拟真实电主轴发热温度情况。在进行加热时,通过温度传感器3与采集仪9将主轴箱1与加热板5温度变化曲线进行实时绘制及显示。

[0088] 所述步骤S5加热过程中,根据主轴箱1X、Y、Z三个方向端面千分表2读数进行热变形记录,主轴箱1X、Y方向端面根据千分表2测量读数得到主轴箱1X、Y方向端面热变形量,主轴箱1Z方向端面根据千分表2测量读数得到一测点热变形量,使用电子水平仪4对主轴箱Z方向端面上5个测点进行斜度检测,计算主轴箱1Z方向端面剩余测点热变形量。所述步骤S5中的测点为主轴箱1圆周端面上进行均分的5个点,分别为 $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ 、 $P4$ 、 $P5$ 。所述不同测点间的竖直高度差为基座底面长度乘水平仪读数。

[0089] 所述步骤S6进行多轮重复加热,记录多次加热后测点数据,有效模拟实际使用情

况中镗床主轴箱电主轴重复使用时热变形情况。所述步骤S6基于测点变形数据,后处理后基于三维软件可直观表现主轴箱1X、Y、Z三个方向、六个位置的端面热变形情况。

[0090] 所述步骤S7中的评估环形热变形波动情况的详细过程如下:

[0091] S701、电子水平仪测量P1-P2斜度,计算初始高度差;

[0092] S702、加热载,用千分表计算P1点竖直变形;

[0093] S703、电子水平仪测量P1-P2斜度,计算加热后高度差;

[0094] S704、由加热前P1测点值与斜度计算加热前每个测点值,由加热后千分表读数P1测点变形绝对值与斜度计算加热后每个测点值;

[0095] S705、依次计算P1-P2-P3-P4-P5测点加热前后高度差,取最大值为热变形量,根据热变形量建立波动图。

[0096] 所述步骤S7评估环形热变形波动情况时,对测点数据进行处理的过程如下:

[0097] 加热前使用千分表(2)测得测点P1值N01,使用电子水平仪(4)测量P1-P2两测点间读数即斜度K01,计算初始高度差 $H01 = \text{电子水平仪基座底面长度} L \times \text{水平仪读数} K01$,得加热前测点P2值 $N02 = N01 + H01$,使用电子水平仪(4)测量各测点间斜度K,根据各测点间斜度关系得到加热前各测点值;

[0098] 加热后,使用千分表(2)测量P1测点的绝对变形量,得到加热后测点P1值N11,使用电子水平仪(4)测量P1-P2两测点间读数即斜度K11,高度差 $H11 = L \times K11$,得加热后测点P2值 $N12 = N11 + H11$ 使用电子水平仪(4)测量各测点间加热后斜度K,根据各测点间斜度得到加热后各测点值;依次计算测点P1、P2、P3、P4、P5加热前后高度差,取最大值为热变形量,根据加热前后热变形量建立环形波动图。

[0099] 加热前后各测点值N之间相减,取最大值即各测点加热前后的热变形量,根据加热前后各测点热变形量建立环形波动图。

[0100] 评估主轴箱1端面环形热变形波动情况后,根据主轴箱1不同方向端面热变形情况,针对性优化主轴箱1结构设计后,再次进行本发明进行结构多次优化以达到设计要求。

[0101] 在本申请的描述中,需要理解的是,术语“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本申请和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本申请的限制。

[0102] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变化或修改,这并不影响本发明的实质内容。在不冲突的情况下,本申请的实施例和实施例中的特征可以任意相互组合。

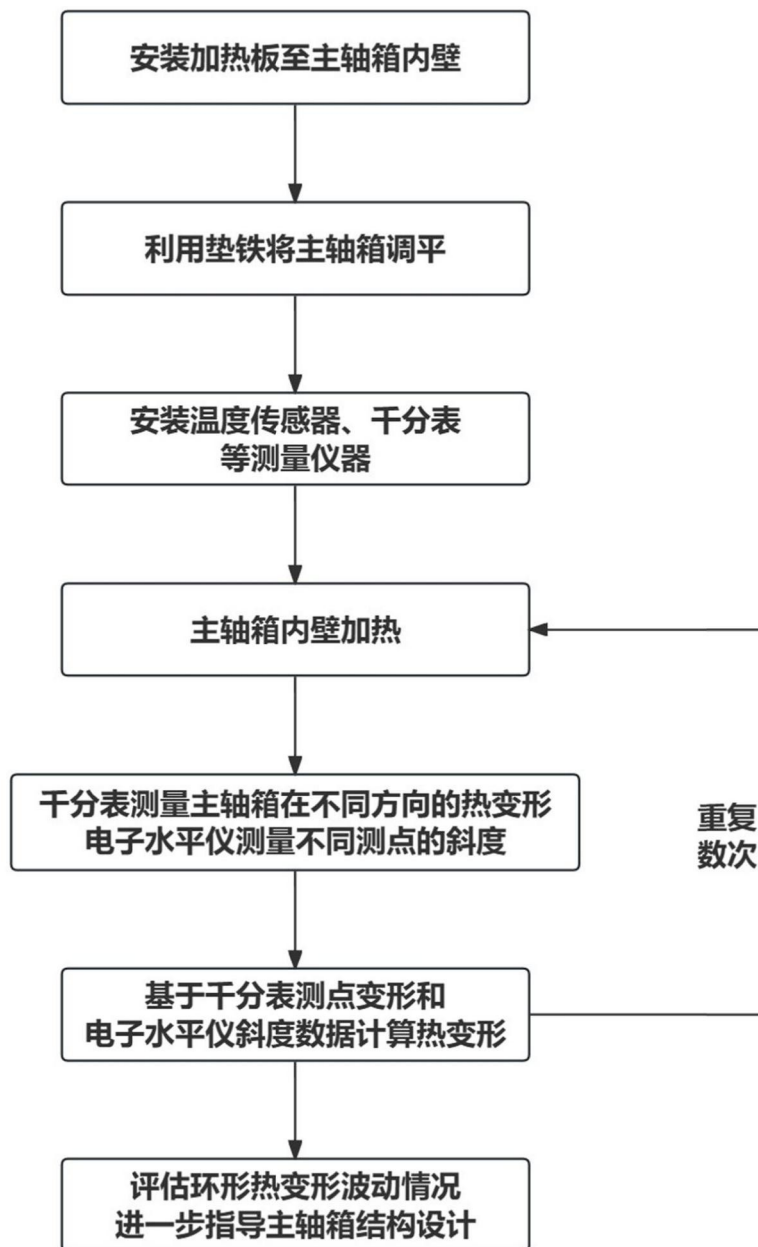


图1

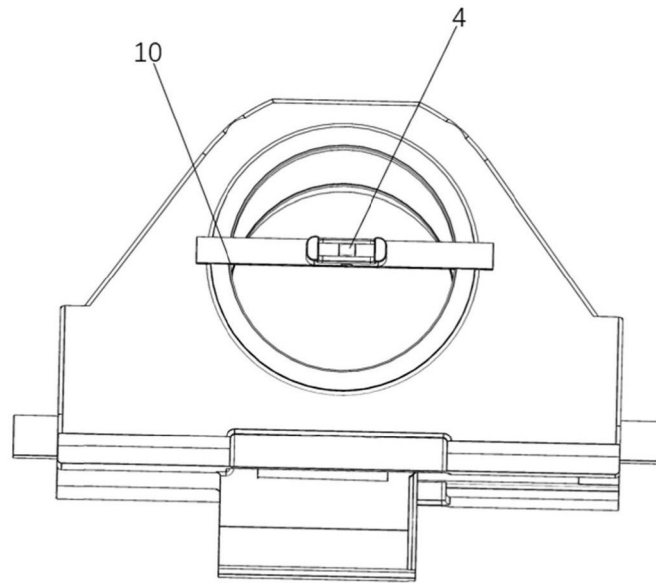


图2

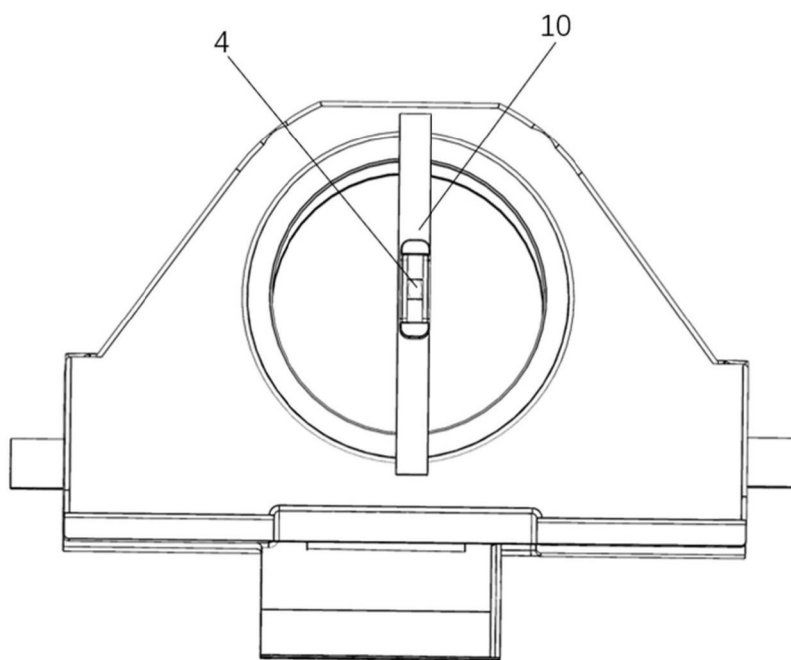


图3

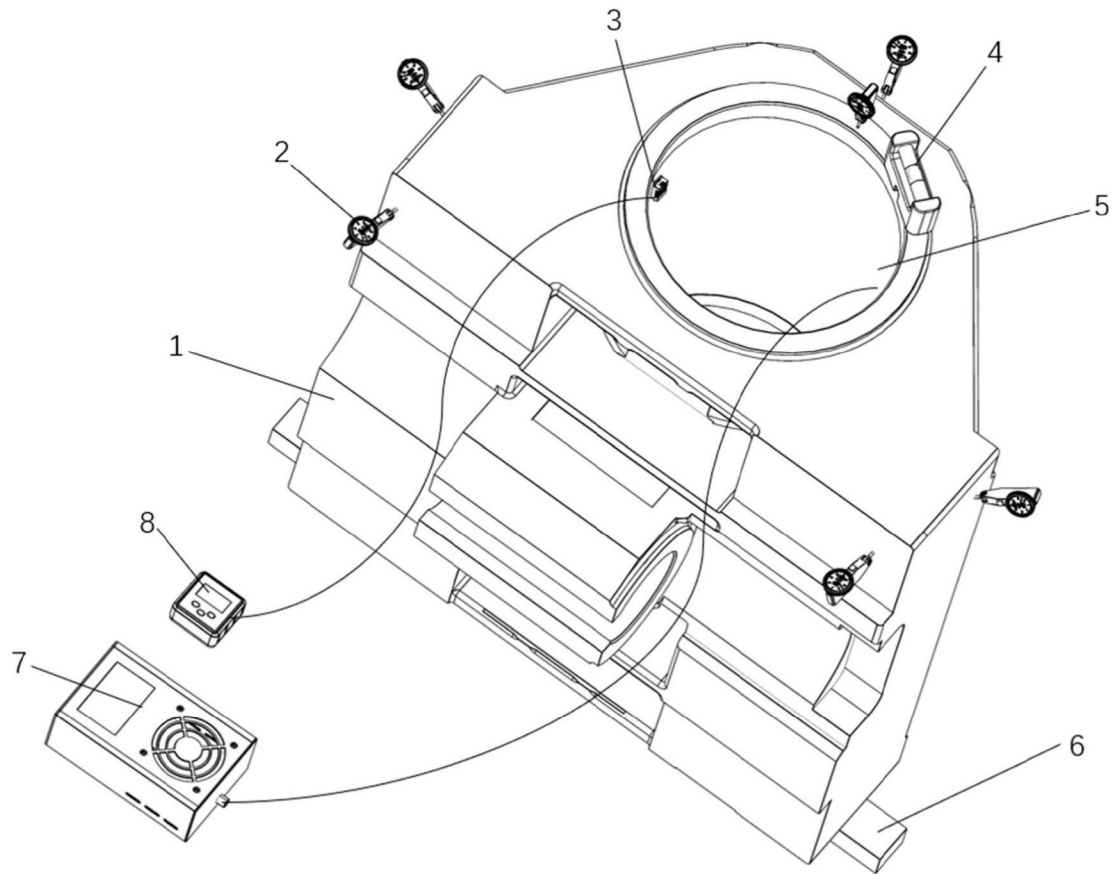


图4

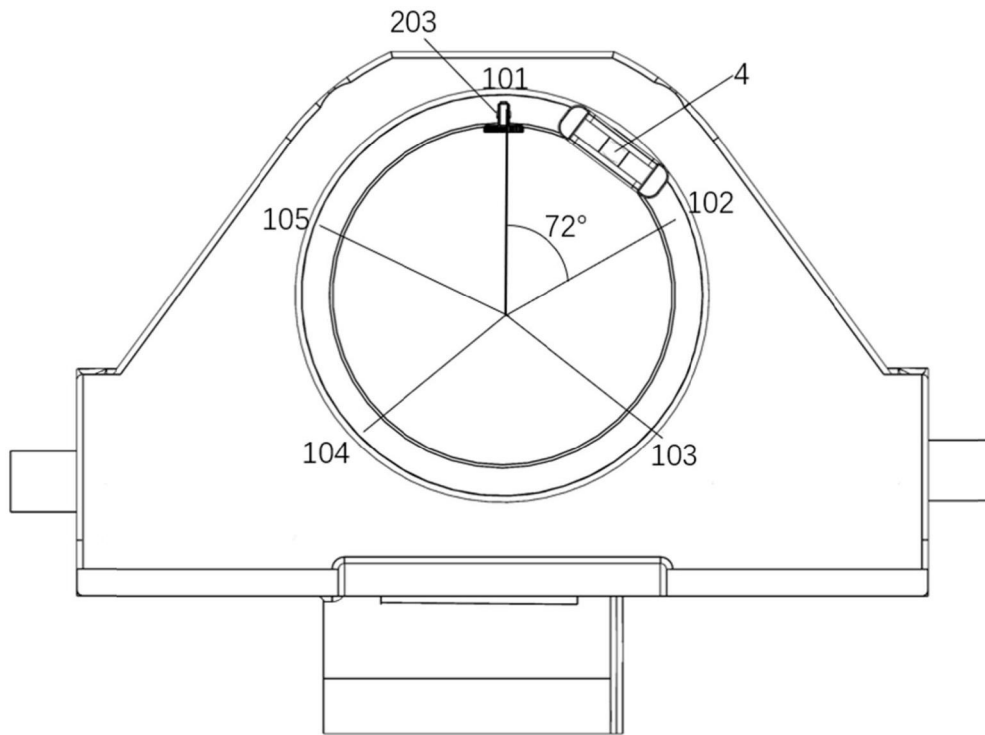


图5

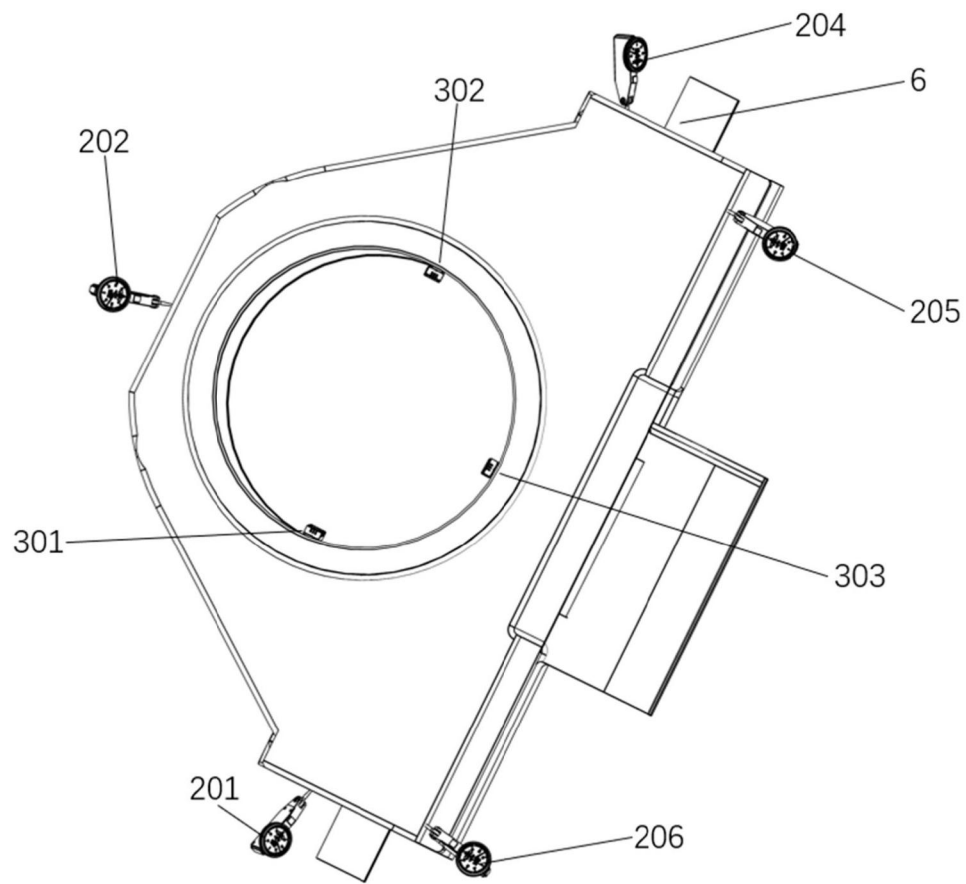


图6