



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118067005 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 09

(21) 申请号 202410459982.4
(22) 申请日 2024.04.17
(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 118067005 A
(43) 申请公布日 2024.05.24
(73) 专利权人 成都飞机工业(集团)有限责任公司
地址 610092 四川省成都市青羊区黄田坝
纬一路88号
(72) 发明人 喻龙 帅朝林 韩利亚 谢颖
刘春 李杰 宋金辉 薛广库
田长乐 郝龙 陈学振
(74) 专利代理机构 成都君合集专利代理事务所
(普通合伙) 51228
专利代理师 尹新路

(51) Int. Cl.
G01B 11/00 (2006.01)
G01B 11/26 (2006.01)
G01B 11/27 (2006.01)
(56) 对比文件
CN 104583709 A, 2015.04.29
CN 104708322 A, 2015.06.17
审查员 马煦

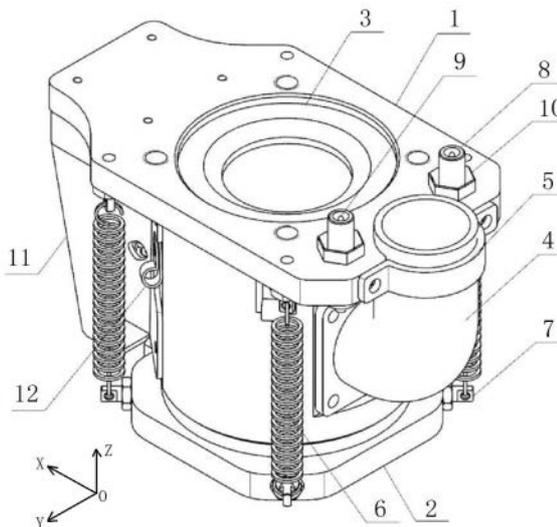
权利要求书2页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置及测量方法

(57) 摘要

本发明涉及测量技术领域,具体地说,涉及一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置及测量方法。所述测量装置设置有配合使用的点光源、二维位置传感器,仅采用一个传感器就能实现待测孔垂直度的测量,极大地简化了装置结构;而且,所述测量装置的主体采用球面连接副结构,不仅能够同时定位主轴的轴向和工件的制孔法矢,还能够安装在主轴上进行制孔法矢的实时测量。



1. 一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置,用于安装在制孔设备的主轴(100)上并测量工件的制孔法矢,其特征在于,所述测量装置包括基座(1)、角度调节块(2)、拉伸弹簧(6)、点光源(15)、二维位置传感器(13)和微控制器,所述点光源(15)、所述二维位置传感器(13)分别通过线缆与微控制器连接;

所述基座(1)设置有半球形型腔、第一主轴(100)通道和用于安装二维位置传感器(13)的第一凸台,用于安装在制孔设备的主轴(100)上进行主轴(100)轴向的定位,并使得二维位置传感器(13)的光敏面与主轴(100)的轴向垂直;

所述角度调节块(2)设置有半球形型面、第二主轴(100)通道和用于安装点光源(15)的第二凸台,用于连接工件后进行制孔法矢的定位,并使得点光源(15)的发射的线状光束能够落在二维位置传感器(13)的光敏面;

所述基座(1)和所述角度调节块(2)通过所述拉伸弹簧(6)连接成一体后,形成球面连接副;所述球面连接副中,半球形型腔与半球形型面贴合,且第一主轴(100)通道、第二主轴(100)通道共同构成供主轴(100)穿过的加工通道。

2. 根据权利要求1所述的一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置,其特征在于,所述角度调节块(2)上还设置有压脚(18);所述压脚(18)设置有三个凸起的用于直接接触工件的触脚,且相邻的触脚之间形成供气流通的缺口;三个所述触脚的顶点不共线且共同构成一个拟合平面,拟合平面的法向与点光源(15)的发射方向相同。

3. 根据权利要求2所述的一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置,其特征在于,所述角度调节块(2)的半球形型面具有球心O,球心O和所述角度调节块(2)的半球形型面位于所述拟合平面的两侧。

4. 根据权利要求1所述的一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置,其特征在于,所述基座(1)上还设置有外接吸尘设备的排屑管(4);所述排屑管(4)连通加工通道。

5. 根据权利要求4所述的一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置,其特征在于,所述基座(1)的第一主轴(100)通道的开口端设置有主轴密封圈(3)。

6. 根据权利要求4所述的一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置,其特征在于,所述基座(1)和所述角度调节块(2)的连接处设置有球副密封圈(17)。

7. 根据权利要求1所述的一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置,其特征在于,还包括用于保护点光源(15)、二维位置传感器(13)工作区域的保护罩(11)。

8. 根据权利要求1所述的一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置,其特征在于,还包括垫圈(14);所述垫圈(14)设置在所述二维位置传感器(13)和所述第一凸台之间,用于调节二维位置传感器(13)的位姿,使得自然状态下所述点光源(15)发射的线状光束能够垂直照射到所述二维位置传感器(13)的光敏面上,即所述点光源(15)的发射方向与所述二维位置传感器(13)的光敏面垂直。

9. 根据权利要求1-8任一项所述的一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置,其特征在于,所述基座(1)上设置有M个第一带孔螺钉,所述角度调节块(2)上设置有M个第二带孔螺钉,位置对应的一个第一带孔螺钉和一个第二带孔螺钉组成一组螺钉组件(7),并用于连接一个拉伸弹簧(6);M为不小于2的正整数。

10. 一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量方法,采用如权利要求1-9任一项所述的测量装置测量制孔法矢;其特征在于,所述测量方法具体包括以下步骤:

步骤1、安装测量装置；

具体是指，将所述测量装置安装到主轴(100)上，使得所述测量装置中二维位置传感器(13)的光敏面与主轴(100)的轴向垂直；

步骤2、标定零点；

具体是指，打开点光源(15)，使得点光源(15)发射的线状光束在二维位置传感器(13)上形成光斑，并设置此时光斑所在位置为零点P；

步骤3、测量制孔法矢；

具体是指，通过主轴(100)带动所述测量装置向待制孔的工件移动，直至角度调节块(2)与工件待制孔的壁面良好接触，打开点光源(15)，使得点光源(15)发射的线状光束在二维位置传感器(13)上形成光斑Q，微处理器获取二维位置传感器(13)采集的数据，进行制孔法矢的计算。

一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置及测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及测量技术领域,具体地说,涉及一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置及测量方法。

背景技术

[0002] 在飞机蒙皮自动制孔作业过程中,制孔垂直度是评价制孔质量的关键指标之一,是影响飞机蒙皮连接强度的重要因素。制孔法矢测量是保证制孔垂直度的关键。

[0003] 目前出现了很多制孔法矢测量方法和装置。如:专利公开号为CN102756138A的中国发明专利,公开了一种飞机壁板高精度制孔装置及方法,其利用四个电涡流传感器测量制孔法矢。又如:专利公开号为CN109489556A的中国发明专利,公开了一种用于飞机装配的接触式曲面法向测量装置及方法,其利用两个激光位移传感器测量摆动侧头旋转角度,利用两个光电接近开关判断转角方向。相比于传统制孔方式,以上两种装置和方法,都可有效测出制孔法矢,提高制孔垂直度精度,但都必须配置多个传感器,装置设计制造难度大、装配精度要求高,且多个传感器的数据处理非常复杂、测量速度慢,在大量制孔场景中不具优势。

发明内容

[0004] 本发明在现有技术的基础上,为了解决传感器多导致的结构复杂问题并满足实时测量反馈的需求,提出了一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置及测量方法。所述测量装置设置有配合使用的点光源、二维位置传感器,仅采用一个传感器就能实现待测孔垂直度的测量,极大地简化了装置结构;而且,所述测量装置的主体采用球面连接副结构,不仅能够同时定位主轴的轴向和工件的制孔法矢,还能够安装在主轴上进行制孔法矢的实时测量。

[0005] 首先,本发明提供了一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置,用于安装在制孔设备的主轴上并测量工件的制孔法矢,所述测量装置包括基座、角度调节块、拉伸弹簧、点光源、二维位置传感器和微控制器,所述点光源、所述二维位置传感器分别通过线缆与微控制器连接;

[0006] 所述基座设置有半球形型腔、第一主轴通道和用于安装二维位置传感器的第一凸台,用于安装在制孔设备的主轴上进行主轴轴向的定位,并使得二维位置传感器的光敏面与主轴的轴向垂直;

[0007] 所述角度调节块设置有半球形型面、第二主轴通道和用于安装点光源的第二凸台,用于连接工件后进行制孔法矢的定位,并使得点光源的发射的线状光束能够落在二维位置传感器的光敏面;

[0008] 所述基座和所述角度调节块通过所述拉伸弹簧连接成一体后,形成球面连接副;所述球面连接副中,半球形型腔与半球形型面贴合,且第一主轴通道、第二主轴通道共同构成供主轴穿过的加工通道。

[0009] 本发明所述的测量装置利用一个二维位置传感器、一个点光源配合其他结构件就实现了孔垂直度测量功能。其中,所述二维位置传感器为PSD位置敏感探测器(Position Sensitive Detectors,PSD)或CCD电荷耦合器件(Charge Coupled Device,CCD);所述点光源为激光光源,或其他方向性较好的普通光源。

[0010] 进一步地,所述角度调节块上还设置有压脚;所述压脚设置有三个凸起的用于直接接触工件的触脚,且相邻的触脚之间形成供气流通的缺口;三个所述触脚的顶点不共线且共同构成一个拟合平面,拟合平面的法向与点光源的发射方向相同。

[0011] 进一步地,所述角度调节块的半球形型面具有球心O,球心O和所述角度调节块的半球形型面位于所述拟合平面的两侧。

[0012] 进一步地,所述基座上还设置有外接吸尘设备的排屑管;所述排屑管连通加工通道。

[0013] 进一步地,所述基座的第一主轴通道的开口端设置有主轴密封圈。

[0014] 进一步地,所述基座和所述角度调节块的连接处设置有球副密封圈。

[0015] 进一步地,所述测量装置还包括用于保护点光源、二维位置传感器工作区域的保护罩。

[0016] 进一步地,所述测量装置还包括垫圈;所述垫圈设置在所述二维位置传感器和所述第一凸台之间,用于调节二维位置传感器的位姿,使得自然状态下所述点光源发射的线状光束能够垂直照射到所述二维位置传感器的光敏面上,即所述点光源的发射方向与所述二维位置传感器的光敏面垂直。

[0017] 进一步地,所述基座上设置有M个第一带孔螺钉,所述角度调节块上设置有M个第二带孔螺钉,位置对应的一个第一带孔螺钉和一个第二带孔螺钉组成一组螺钉组件,并用于连接一个拉伸弹簧;M为不小于2的正整数。

[0018] 其次,本发明提供了一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量方法,采用上述的测量装置测量孔垂直度,并用孔垂直度表征该孔的制孔法矢。

[0019] 所述测量方法具体包括以下步骤:

[0020] 步骤1、安装测量装置;

[0021] 具体是指,将所述测量装置安装到主轴上,使得所述测量装置中二维位置传感器的光敏面与主轴的轴向垂直;

[0022] 步骤2、标定零点;

[0023] 具体是指,打开点光源,使得点光源发射的线状光束在二维位置传感器上形成光斑,并设置此时光斑所在位置为零点P;

[0024] 步骤3、测量制孔法矢;

[0025] 具体是指,通过主轴带动所述测量装置向待制孔的工件移动,直至角度调节块与工件待制孔的壁面良好接触,打开点光源,使得点光源发射的线状光束在二维位置传感器上形成光斑Q,微处理器获取二维位置传感器采集的数据,进行制孔法矢的计算。

[0026] 进一步地,还包括步骤4、先根据计算得到的制孔法矢和主轴轴向计算制孔孔轴偏移量,再进行是否满足加工要求的判断。如果不满足加工要求,制孔孔轴偏移量将作为调整依据,用于调整主轴位姿。

[0027] 进一步地,安装测量装置时,还需要通过垫圈调整二维位置传感器的位姿,使得点

光源的发射方向与所述二维位置传感器的光敏面垂直。

[0028] 本发明具有以下有益效果。

[0029] (1) 本发明提供的测量装置,利用球面轴承和配合设置的点光源、二维位置传感器,将孔垂直度偏差转化为二维位置传感器的平面位移,相对于采用多个位移计的测量装置,显著降低了测量装置的成本与体积,真正实现孔垂直度的便携式测量。

[0030] (2) 本发明提供的测量装置,通过在锥形芯轴的锥形测量头设置双层弹簧套组件进行待测孔中心轴的定位,解决了单层弹簧套结构伸入孔中容易自锁的问题,既有利于将锥形测量头插入待测孔进行轴孔定位操作,也有利于拔出锥形测量头进行退孔操作,保证了测量操作的顺畅性,有利于孔轴的高效、精确定位。

[0031] (3) 本发明提供的测量装置,其双层弹簧套组件的外层弹簧套能够在内层弹簧套外部沿轴向移动,配合锥形测量头的锥形结构,能够小范围补偿因待测孔孔径变化导致的锥形芯轴插入量变化,实现不同孔径公差的孔垂直度测量。

[0032] (4) 本发明提供的测量装置,其孔垂直度测量模块设置有显示器,能够直观显示测量结果,能够广泛适用于飞机结构装配现场。

附图说明

[0033] 图1 是本发明所述测量装置进行制孔法矢测量的原理示意图。

[0034] 图2 是 θ 、 α 、 β 的几何关系示意图。

[0035] 图3 是 α 计算几何图。

[0036] 图4 是本发明所述测量装置的整体结构示意图一。

[0037] 图5 是本发明所述测量装置的整体结构示意图二。

[0038] 图6 是本发明所述测量装置的剖面结构示意图。

[0039] 图7 是本发明所述测量装置连接吸尘装置时吸屑气流走向示意图。

[0040] 图8 是实施例3的压脚设计原理图。

[0041] 图9 是实施例5中二维位置传感器走线示意图。

[0042] 图10 是实施例5中激光发射器走线示意图。

[0043] 图11 是本发明所述测量装置安装在同轴工装上的使用状态示意图。

[0044] 其中,100、主轴;200、薄壁工件;300、同轴工装;

[0045] 1、基座;2、角度调节块;3、主轴密封圈;4、排屑管;5、卡箍;6、拉伸弹簧;7、螺钉组件;8、二维PSD线接头;9、激光器线接头;10、螺母;11、保护罩;12、线夹;13、二维位置传感器;14、垫圈;15、点光源;151、激光发射器;16、光源安装座;17、球副密封圈;18、压脚。

具体实施方式

[0046] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述,应当理解,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例,因此不应被看作是对保护范围的限定。基于本发明中的实施例,本领域普通技术工作人员在没有做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。

[0047] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“设置”“相

连”“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;也可以是直接相连,也可以是通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0048] 实施例1:

[0049] 首先,本实施例提供一种基于二维位置传感器的制孔法矢测量装置。如图1、图4、图5所示,所述测量装置包括基座1、角度调节块2、拉伸弹簧6、点光源15、二维位置传感器13和微控制器。

[0050] 所述基座1设置有半球形型腔、第一主轴通道和用于安装二维位置传感器13的第一凸台,用于安装在制孔设备的主轴100上进行主轴100轴向的定位,并使得二维位置传感器13的光敏面与主轴100的轴向垂直。所述角度调节块2设置有半球形型面、第二主轴通道和用于安装点光源15的第二凸台,用于连接工件后进行制孔法矢的定位,并使得点光源15发射的线状光束能够落在二维位置传感器13的光敏面。所述基座1和所述角度调节块2通过所述拉伸弹簧6连接成一体后,形成球面连接副;所述球面连接副中,半球形型腔与半球形型面贴合,且第一主轴通道、第二主轴通道共同构成供主轴100穿过的加工通道。

[0051] 本实施例中,所述测量装置的主体是由基座1、角度调节块2和拉伸弹簧6所组成的球面连接副。基座1、角度调节块2之间的连接结构类似于球头连接头,二者能够限位转动。如图1所示,将二维位置传感器13安装在基座1上、点光源15安装在角度调节块2上,以基座1固定不动作为参照物,通过角度调节块2接触工件表面进行制孔壁面的定位,此时角度调节块2会随着工件壁面的方位改变位姿,从而相对于基座1发生旋转,并带动点光源15的位姿发生变化,进而使得测量前后光斑位置发生变化。

[0052] 需要特别说明的是:配合使用的点光源15、二维位置传感器13,一个安装在用于定位主轴100轴向的基座1上、一个安装在用于定位制孔法矢的角度调节块2上,就能够利用光斑位置的变化量反馈制孔法矢。将二维位置传感器13安装在基座1上、点光源15安装在角度调节块2上,仅是一种具体产品的设置方式;将二维位置传感器13安装在角度调节块2上、点光源15安装在基座1上,也能实现相同的功能和效果,二者实质相同,不再赘述。

[0053] 激光发射器151发出的激光束是一种典型的线状光束,方向性极好,常常被用作能够发射线状光束的点光源15。本实施例以激光发射器151作为点光源15为例,对测量装置的结构及其使用方法进行详细说明。激光发射器151、二维位置传感器13分别通过线缆与微控制器连接,由微控制器控制激光发射器151的工作状态、获取二维位置传感器13采集的数据。

[0054] 基于“基座1上安装二维位置传感器13、角度调节块2上安装激光发射器151”的结构,进行说明:使用测量装置时,将所述基座1直接或者间接与制孔设备的主轴100连接,由于二维位置传感器13固定在基座1上,因此主轴100的轴线和二维位置传感器13的光敏面的相对位置关系也是固定的,因此能够用于定位主轴100的轴向。同理,使用测量装置时,所述角度调节块2直接或者间接与待测量制孔法矢的工件连接,由于激光发射器151固定安装在角度调节块2上,因此制孔处壁面的法矢方向和激光发射器151发射的线状光束的方向也是固定的,因此能够用于定位制孔法矢。当然为了简化计算过程,设计时通常按照同时满足以下三个条件进行方案设计:条件一、基座1的第一主轴通道的轴向与二维位置传感器13的光

敏面垂直；条件二、基座1通过第一主轴通道与主轴100同轴安装；条件三、角度调整块上用于接触工件开孔壁面的定位面与激光发射器151发射的线状光束方向垂直。这样的设计方案，使得测量装置安装到主轴100以后，二维位置传感器13的光敏面与主轴100的轴线垂直，且激光发射器151发射的线状光束方向与制孔法矢相同，从而降低后续制孔法矢的计算难度。

[0055] 在另一具体实施方式中，如图4所示，所述基座1上设置有M个第一带孔螺钉，所述角度调节块2上设置有M个第二带孔螺钉，位置对应的一个第一带孔螺钉和一个第二带孔螺钉组成一组螺钉组件7，并用于连接一个拉伸弹簧6；M为不小于2的正整数。通常，所述基座1和所述角度调节块2通过所述拉伸弹簧6连接成一体后，还需要进行检测。检测拉伸弹簧6自然状态下，基座1和角度调节块2二者的位姿是否符合设计要求，若不符合则需要进行调整。

[0056] 上述测量装置能够广泛用于常见工件，还能用于加工要求比较高的薄壁工件200。以上述的测量装置安装到制孔设备的主轴100上对薄壁工件200的制孔法矢进行测量为例，详细说明测量装置的使用方法，即制孔法矢的测量方法。所述测量方法具体包括以下步骤。

[0057] 步骤1、安装测量装置；

[0058] 具体是指，将所述测量装置安装到主轴100上，使得所述测量装置中二维位置传感器13的光敏面与主轴100的轴向垂直。

[0059] 步骤2、标定零点；

[0060] 具体是指，打开点光源15，使得点光源15发射的线状光束在二维位置传感器13上形成光斑，并设置此时光斑所在位置为零点P。

[0061] 步骤3、测量制孔法矢；

[0062] 具体是指，通过主轴100带动所述测量装置向待制孔的薄壁工件200移动，直至角度调节块2与薄壁工件200待制孔的壁面良好接触，打开点光源15，使得点光源15发射的线状光束在二维位置传感器13上形成光斑Q，微处理器获取二维位置传感器13采集的数据，进行制孔法矢的计算。

[0063] 依次实施上述步骤1、步骤2、步骤3，通过二维位置传感器13获取测量前后光斑位置的变化量，再由几何关系求解制孔法矢。

[0064] 进一步地，还包括步骤4、先根据步骤3计算得到的制孔法矢和主轴100轴向计算制孔轴偏移量，再进行是否满足加工要求的判断。如果不满足加工要求，制孔轴偏移量将作为调整依据，用于调整主轴100位姿。

[0065] 如图7所示，为上述测量装置安装在制孔装置的主轴100上对薄壁工件200的制孔法矢进行测量的使用状态示意图。如图11所示，上述测量装置还可以安装在同轴工装300上使用，测量原理和测量方法相似，故不再赘述。

[0066] 实施例2：

[0067] 本实施例在实施例1的基础上，基于所述测量装置的一种具体结构，详细说明制孔法矢的测量原理。

[0068] 首先，所述测量装置包括基座1、角度调节块2、拉伸弹簧6、点光源15、二维位置传感器13和微控制器，微控制器控制激光发射器151的工作状态、获取二维位置传感器13采集的数据；所述基座1设置有半球形型腔、第一主轴通道和用于安装二维位置传感器13的第一凸台；所述角度调节块2设置有半球形型面、第二主轴通道和用于安装点光源15的第二凸

台;所述基座1和所述角度调节块2通过所述拉伸弹簧6连接成一体后,形成球面连接副。第一主轴通道的轴向与安装在第二凸台上的二维位置传感器13的光敏面垂直,即二维位置传感器13的光敏面始终与参考轴垂直。第二主轴通道的轴向与第一凸台所在平面垂直,第二主轴通道的轴向与激光发射器151发射激光束的方向平行,且第二主轴通道的轴向、激光发射器151发射激光束的方向均与角度调节块2用于定位工件制孔壁面的平面垂直,因此激光发射器151发射激光束的方向始终与制孔法矢相同。

[0069] 初始状态时,拉伸弹簧6处于自然伸长状态,第一主轴通道、第二主轴通道同轴,激光发射器151发射的激光束垂直入射二维位置传感器13的光敏面,此时光斑位置记为零点P。测量时,基座1相对固定,角度调节块2与制孔壁面接触而发生适应性旋转,且角度调节块2始终围绕球心O点旋转。角度调节块2旋转时,安装在第二凸台上的激光发射器151跟随着一起旋转,从而改变了激光束在二维位置传感器13光敏面形成光斑的位置。

[0070] 如图2、图3、图4、图5所示,以角度调节块2的球心O为坐标原点,以O点所在平面中与二维位置传感器13光敏面平行的平面作为XY平面,以第一主轴通道的轴向为Z轴方向,建立右手坐标系。其中,Z轴也是用于确定或调节日制孔法矢的参考轴。记: L_x 表示二维位置传感器13上零点P与角度调节块2的球心O在XOZ平面上的距离,且OP连线相对于X轴的倾角为 γ_x ; L_y 表示二维位置传感器13上零点P与角度调节块2的球心O在YOZ平面上的距离,且OP连线相对于Y轴的倾角为 γ_y 。 θ 表示坐标系中制孔法矢与Z轴的夹角; α 表示制孔法矢与Z轴夹角在XOZ平面上的分量; β 表示制孔法矢与Z轴夹角在YOZ平面上的分量。在XOZ平面内,J点表示初始状态时点光源15激光发射器151的光源发射点;J'点表示测量时点光源15激光发射器151的光源发射点;P点表示初始状态时点光源15照射二维位置传感器13形成的光斑,即零点;P'点表示P点在XOY平面上绕O点旋转角度 α 所得的虚拟点;Q点表示测量时点光源15照射二维位置传感器13形成的光斑。图3为光斑位置发生变化时在XOZ平面呈现的位移变化示意图,在YOZ平面的位移变化与在XOZ平面的位移变化相似且未示出。测量时二维位置传感器13测得的位移为 ΔX , ΔY , ΔX 和 ΔY 带正负号。

[0071] 基于三角函数,由上述限定可知: $OP=L_x$, $\angle POP'=\alpha$, $\angle OPQ=\gamma_x$, $PQ=\Delta X$, 则:

$$[0072] \quad PP'=2L_x \sin \frac{\alpha}{2}, \quad \angle POP'=90^\circ + \alpha, \quad \angle PP'O=\gamma_x - \frac{\alpha}{2},$$

[0073] 在 $\triangle PP'O$ 中,根据正弦定理有式1:

$$[0074] \quad \frac{\Delta X}{\sin(\gamma_x - \frac{\alpha}{2})} = \frac{2L_x \sin \frac{\alpha}{2}}{\sin(90^\circ + \alpha)} \quad \text{式1}$$

[0075] 令 $m = \tan \frac{\alpha}{2}$,代入式1,得到式2:

$$[0076] \quad (2L_x \cos \gamma_x - \Delta X)m^2 - (2L_x \sin \gamma_x)m + \Delta X = 0 \quad \text{式2}$$

[0077] 解得:

$$[0078] \quad m = \frac{2L_x \sin \gamma_x \pm \sqrt{(2L_x \sin \gamma_x)^2 - 4\Delta X(2L_x \cos \gamma_x - \Delta X)}}{2(2L_x \cos \gamma_x - \Delta X)} \quad \text{式3}$$

[0079] 令 $n = \tan \frac{\beta}{2}$, 同理可得:

$$[0080] \quad n = \frac{2L_y \sin \gamma_y \pm \sqrt{(2L_y \sin \gamma_y)^2 - 4\Delta Y(2L_y \cos \gamma_y - \Delta Y)}}{2(2L_y \cos \gamma_y - \Delta Y)} \quad \text{式4}$$

[0081] 获知 m 、 n 后解得 α 和 β :

$$[0082] \quad \begin{cases} \alpha = 2 \tan^{-1} m \\ \beta = 2 \tan^{-1} n \end{cases} \quad \text{式5。}$$

[0083] 进一步地, 可根据实施例所述测量装置的实际角度量程对 α 和 β 的解做出取舍。

[0084] 利用公式 $\tan^2 \theta = \tan^2 \alpha + \tan^2 \beta$ 求得制孔法矢与 Z 轴夹角 θ 。规定当 $\theta \leq \theta_t$ 时, 主轴 100 不做调整; 当 $\theta > \theta_t$ 时, 调整主轴 100 轴线矢量, 保证制孔垂直度。其中 θ_t 为预设的阈值, 一般 $\theta_t = 0.5^\circ$ 。

[0085] 根据已知的 α 、 β 、 θ 可写出制孔法矢, 如下式所示:

$$[0086] \quad \vec{v} = \tan \alpha \cos \theta \cdot \mathbf{i} + \tan \beta \cos \theta \cdot \mathbf{j} + \cos \theta \cdot \mathbf{k} = \tan \alpha \cdot \mathbf{i} + \tan \beta \cdot \mathbf{j} + \mathbf{k}$$

[0087] 其中, \mathbf{i} 、 \mathbf{j} 、 \mathbf{k} 分别表示 X 轴正方向的单位向量、Y 轴正方向的单位向量、Z 轴正方向的单位向量; \vec{v} 为制孔法矢, 此法矢可作为主轴 100 轴线矢量调整依据。

[0088] 本实施例所述测量装置能够用于制孔过程中实时测量制孔法矢。使用时, 将安装好同轴刀具的主轴 100 插入基座 1 内, 并通过压紧主轴密封圈 3 将基座 1 与主轴 100 稳定连接。先基于实施例 1、实施例 2 所述方法进行零点标定, 并标定 L_x 、 γ_x 、 L_y 、 γ_y ; 然后主轴 100 带动测量装置一起向工件靠近, 使得测量装置的拟合平面与工件的壁面贴合。读取此时二维位置传感器 13 采集的位移, 利用三角函数求得 α 、 β 、 θ , 得到制孔法矢。

[0089] 本实施例的其他部分与实施例 1 相同, 故不再赘述。

[0090] 实施例 3:

[0091] 本实施例在实施例 1 或实施例 2 的基础上进行详细说明。

[0092] 为了能够更方便、更准确地定位到制孔的壁面, 如图 5、图 6、图 7 所示, 所述角度调节块 2 上还设置有压脚 18, 且所述压脚 18 设有三个凸起的用于直接接触工件的触脚, 相邻的触脚之间形成供气流通的缺口; 三个所述触脚的顶点不共线且共同构成一个拟合平面, 拟合平面的法向与点光源 15 的发射方向相同。

[0093] 本实施例中, 基于三个不共线的点能够在空间中确定一个平面的原理, 设置三个触脚用于直接接触工件的制孔壁面。三个触脚共同构成的拟合平面是虚拟的平面, 用于表征工件的制孔壁面。三个触脚的加工难度比实体平面的加工难度低, 更有利于提高测量精度。而且, 触脚为凸起结构, 相邻的触脚之间形成供气流通的缺口, 有利于加工过程的排屑。

[0094] 进一步地, 所述压脚 18 与所述角度调节块 2 可拆卸连接, 方便更换。

[0095] 在另一具体实施方式中, 所述角度调节块 2 的半球形型面具有球心 0, 球心 0 和所述角度调节块 2 的半球形型面位于所述拟合平面的两侧。需要特别说明的是: 本发明创造中描述的“半球形”并不是狭义的绝对半球结构, 而是广义的球形的一部分。但是为了提高角度调节块 2 转动灵敏度, 如图 8 所示, 本实施例进一步限定所述角度调节块 2 的半球形型面所对

应的结构小于绝对半球,这样的结构使得半球形型面的球心0位于半球形型面对应实体的外部。更进一步地,当角度调节块2上设置有压脚18时,角度调节块2的实体结构均位于拟合平面的一侧,而虚拟的球心0则位于拟合平面的另一侧。

[0096] 本实施例的其他部分与实施例1或实施例2相同,故不再赘述。

[0097] 实施例4:

[0098] 本实施例在实施例1—实施例3任一项的基础上进行优化设计。

[0099] 当所述测量装置用于制孔过程中实时测量制孔法矢时,还需要解决排屑的问题。本实施例中,如图4、图6、图7所示,所述基座1上设置有外接吸尘设备的排屑管4;所述排屑管4连通加工通道。此时,外部气体可以从相邻触脚之间的缺口进入第二主轴通道,而第二主轴通道、第一主轴通道、排屑管4依次连通,设置在排屑管4外端的吸尘设备工作时,便能将制孔产生的废屑吸走,排出制孔区域。

[0100] 进一步地,所述排屑管4的中上部伸出基座1,并通过卡箍5固定在基座1的外壁面。

[0101] 在另一具体实施方式中,如图7所示,所述基座1的第一主轴通道的开口端设置有主轴密封圈3。所述基座1通过主轴密封圈3安装在主轴100上,主轴密封圈3与主轴100紧密贴合,在测量装置内部形成一个相对密闭的腔体。将排屑管4与吸尘器连接,吸尘器工作,在排屑管4、第一主轴通道、第二主轴通道中进行抽吸,气流通过压脚18端面的缺口进入,将切屑带入上部的排屑管4,实现切屑的实时处理。

[0102] 在另一具体实施方式中,所述基座1和所述角度调节块2的连接处设置有球副密封圈17。所述球副密封圈17连接在基座1和角度调节块2上,一方面能够保护球面连接副免遭切屑破坏,另一方面也提高密封性。

[0103] 所述主轴密封圈3、所述球副密封圈17可采用高韧性的聚氨酯材料制造,满足密封和变形要求。

[0104] 本实施例的其他部分与实施例1—实施例3任一项相同,故不再赘述。

[0105] 实施例5:

[0106] 本实施例在实施例1—实施例4任一项的基础上进行优化设计。

[0107] 如图6所示,所述测量装置还包括用于保护激光发射器151、二维位置传感器13工作区域的保护罩11。安装保护罩11,能够将激光发射器151、二维位置传感器13所处的工作区域与外部隔离。一是,激光发射器151、二维位置传感器13的安装位置与测量结果有关,如果调零后激光发射器151、二维位置传感器13被无意触碰,则会影响测量结果的准确性;二是,激光发射器151、二维位置传感器13本身属于易损件,暴露在外部的环境中容易被损坏;三是,激光发射器151发出的激光有一定安全隐患;设置保护罩11后,能够同时解决上述三个问题,提高零部件的使用寿命,保障人员的安全。

[0108] 在另一具体实施方式中,为了方便安装保护罩11,通常将所述保护罩11与基座1或角度调整块固定连接,即:保护罩11安装在基座1上且不与角度调整块固定连接,或者保护罩11安装在角度调整块上且不与基座1固定连接。这样的结构能够使得保护罩11实现其防护功能又不影响测量过程中基座1、角度调整块二者的相互移动。

[0109] 在另一具体实施方式中,为了更贴合所述基座1和所述角度调整块的结构,还不影响测量装置使用过程中基座1和角度调整块二者位姿的变化,保护罩11通常采用异形结构。异形结构的零部件,可以采用3D打印技术进行制造,也可以采用传统的注塑技术等方法进

行制造。

[0110] 在另一具体实施方式中,如图6所示,所述激光发射器151通过光源安装座16固定在角度调节块2上。如图9、图10所示,所述二维位置传感器13通过线缆连接二维PSD线接头8,所述激光发射器151通过线缆连接激光器线接头9,二维PSD线接头8、激光器线接头9通过螺母10安装在基座1上,并能够通过线缆与微控制器、电源模块等器件连接。线缆通过线夹12进行走线固定。

[0111] 本实施例的其他部分与实施例1—实施例4任一项相同,故不再赘述。

[0112] 实施例6:

[0113] 本实施例在实施例1—实施例5任一项的基础上进行优化设计。

[0114] 为了方便调节二维位置传感器13的位姿,如图5所示,使得自然状态下所述点光源15发射的线状光束能够垂直照射到所述二维位置传感器13的光敏面上,所述测量装置在所述二维位置传感器13和所述第一凸台之间设置有垫圈14。通过选择或更换合适的垫圈14,使得点光源15的发射方向与所述二维位置传感器13的光敏面垂直。

[0115] 本实施例的其他部分与实施例1—实施例5任一项相同,故不再赘述。

[0116] 以上所述仅为本申请的优选实施例而已,并不用于限制本申请,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

[0117] 对于本领域技术人员而言,显然本申请不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本申请的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本申请。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本申请的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本申请内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

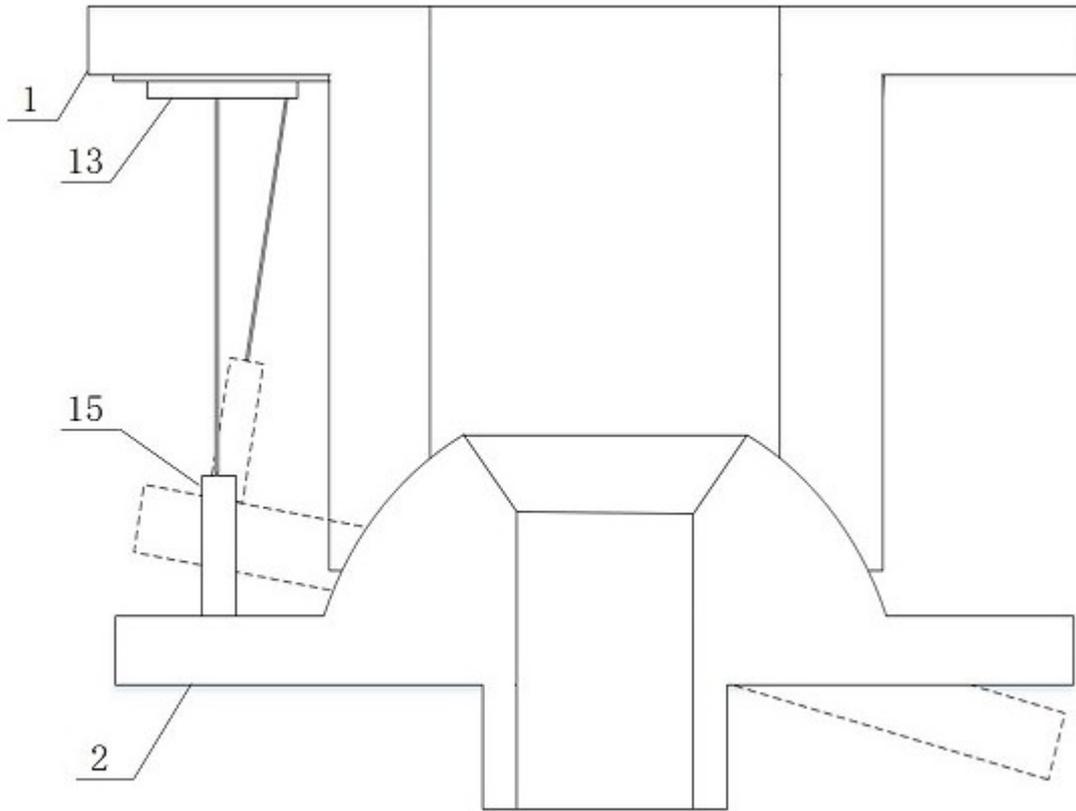


图1

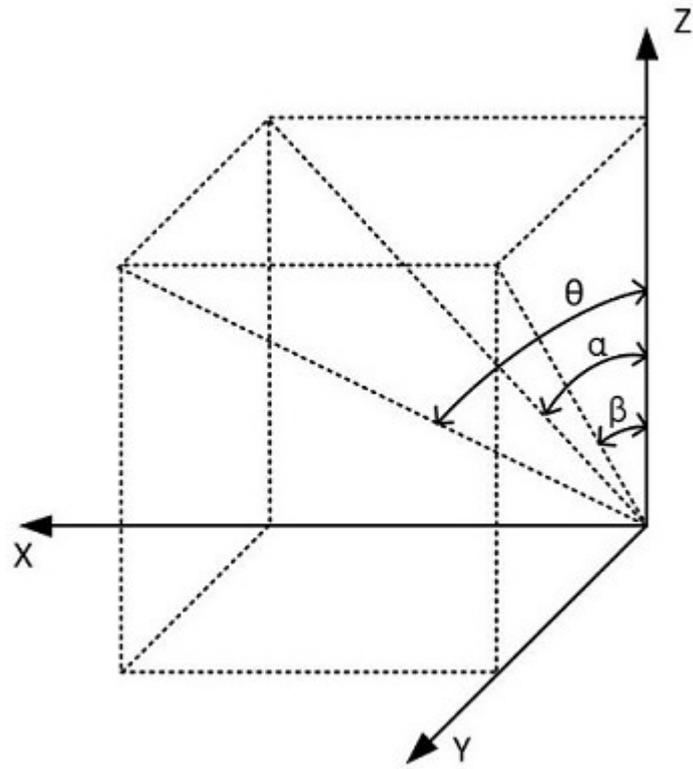


图2

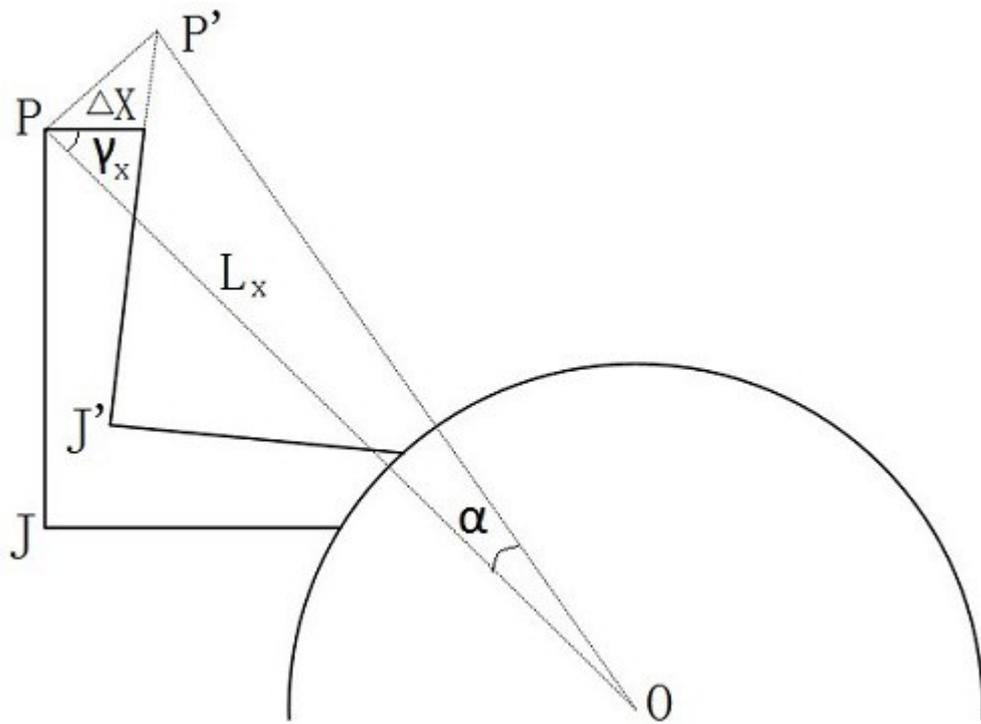


图3

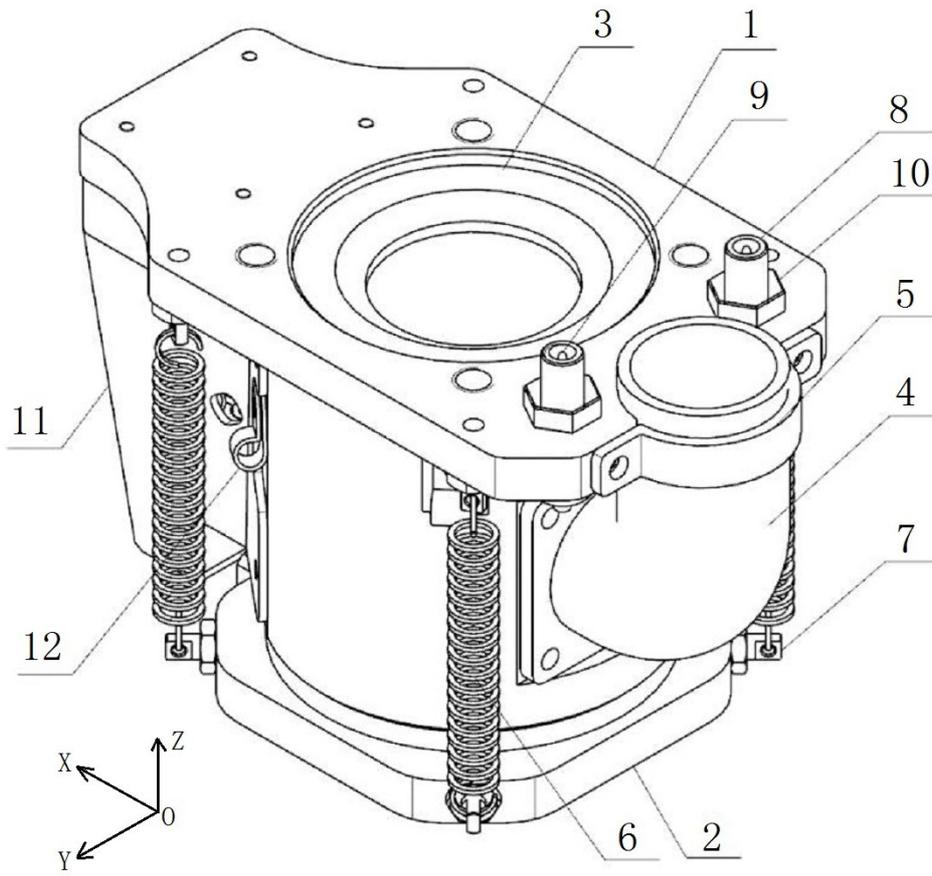


图4

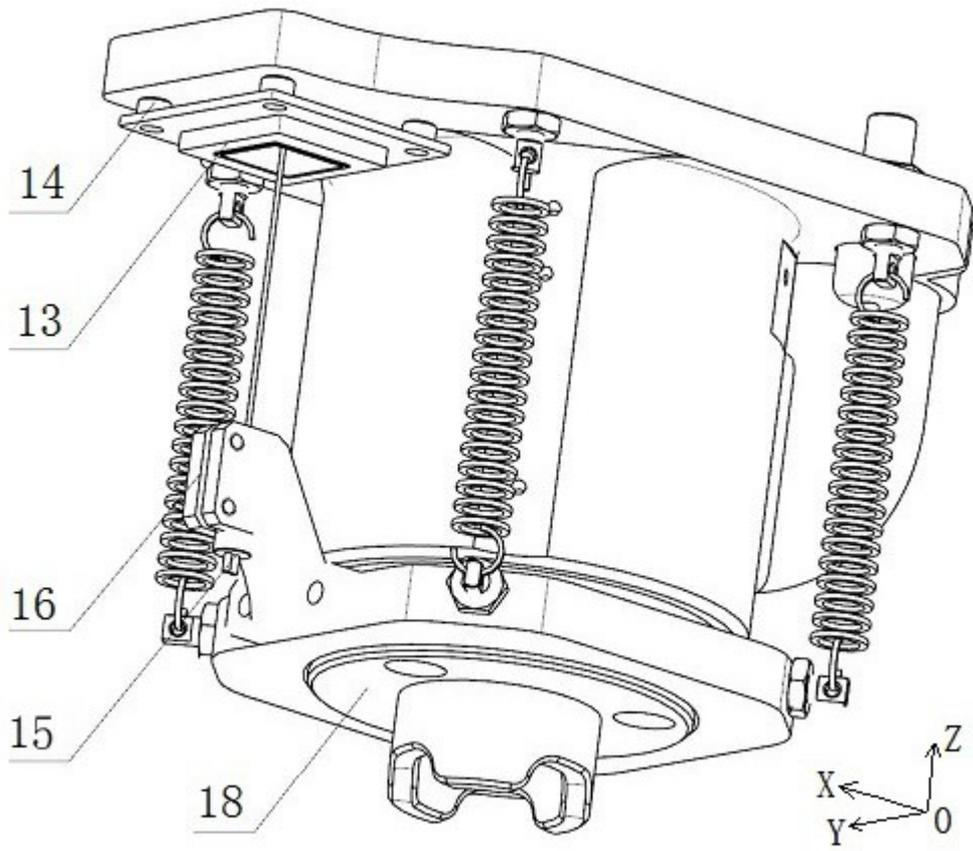


图5

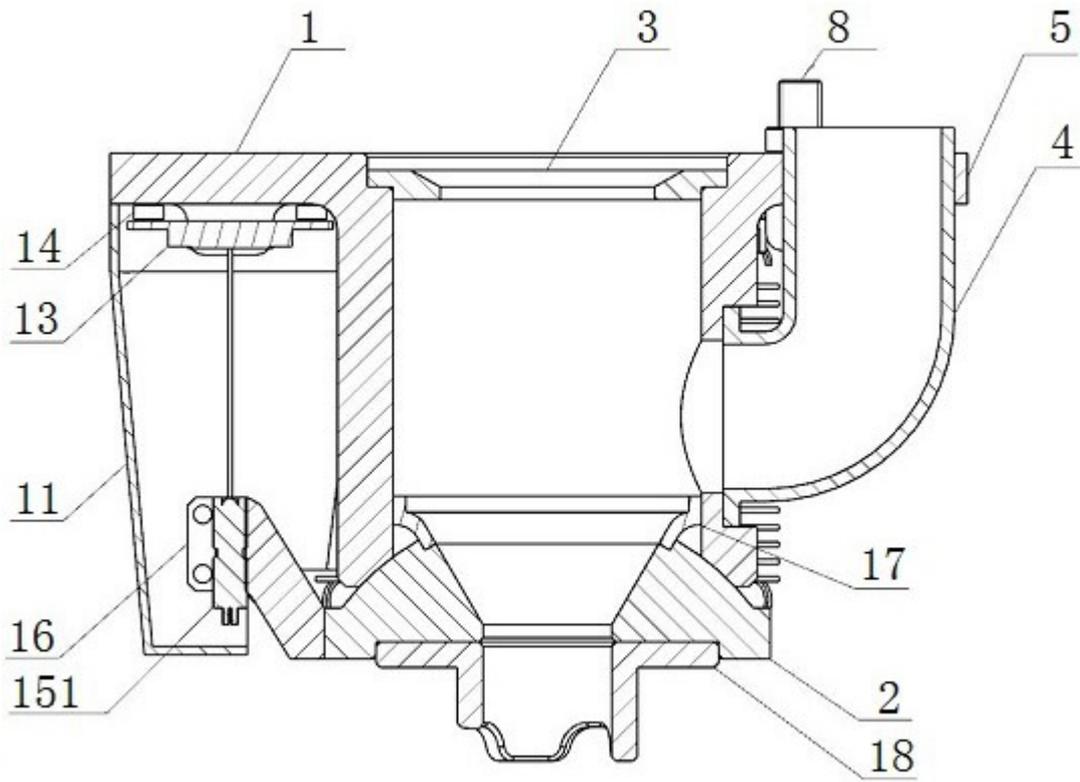


图6

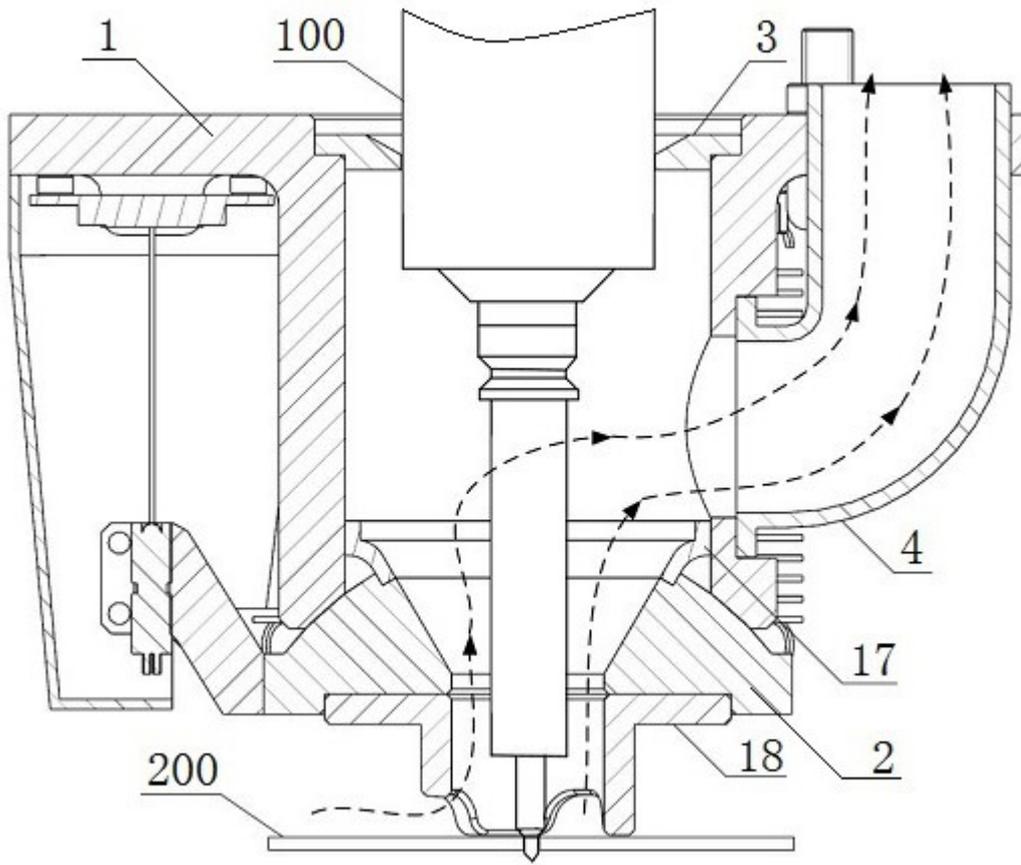


图7

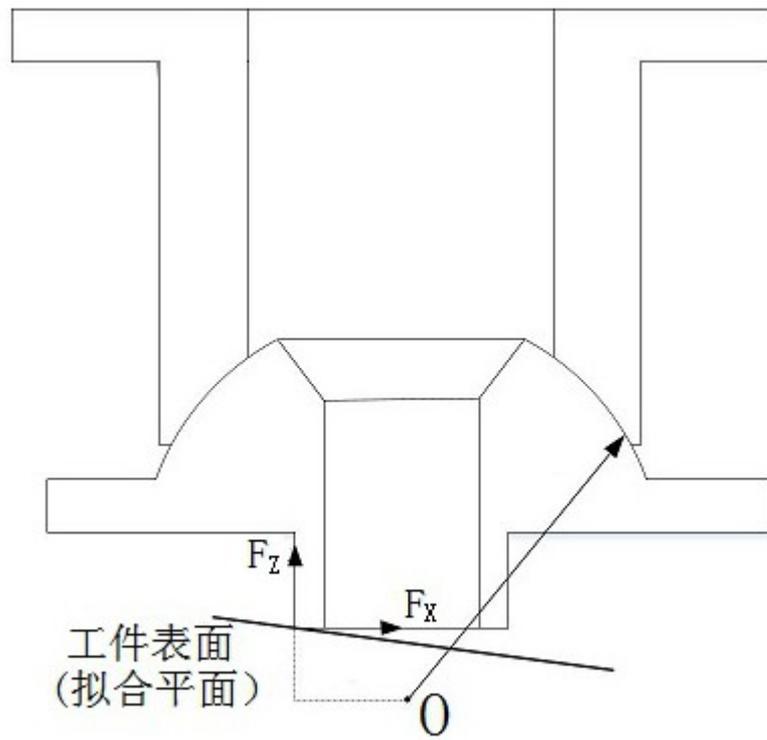


图8

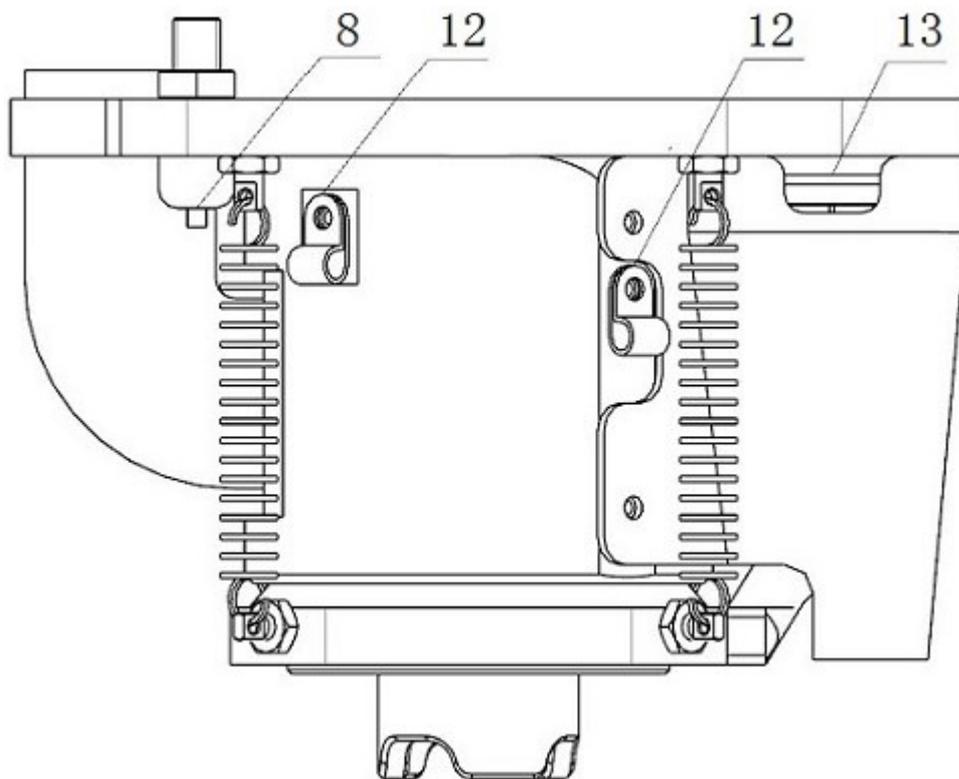


图9

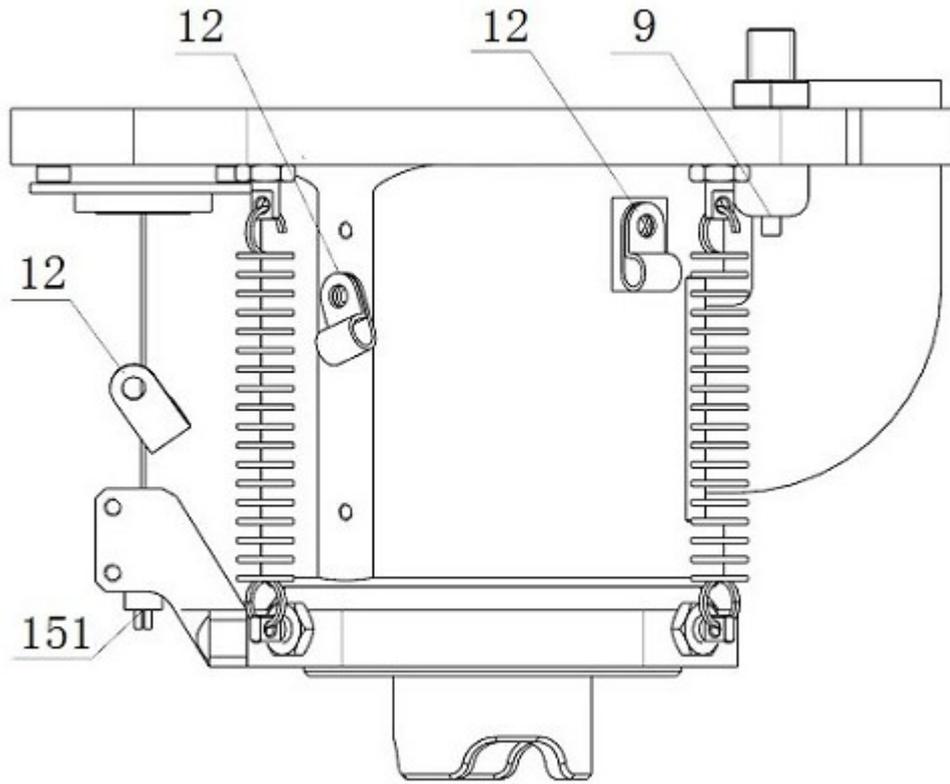


图10

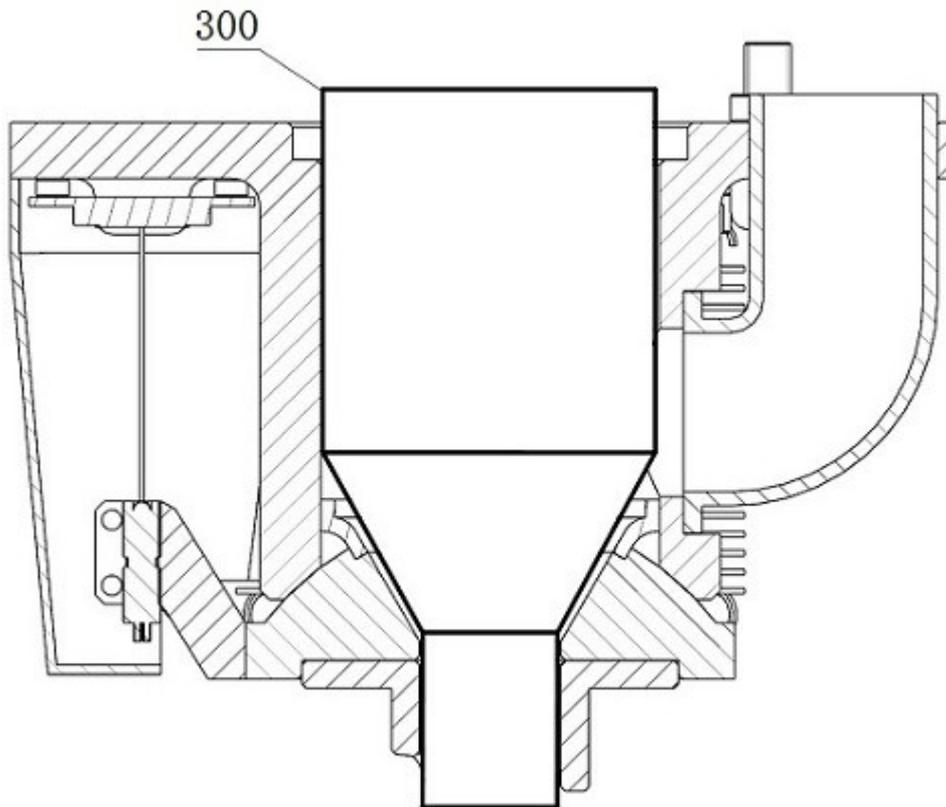


图11