



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114485531 A

(43) 申请公布日 2022. 05. 13

(21) 申请号 202210047527.4

(22) 申请日 2022.01.17

(71) 申请人 成都飞机工业(集团)有限责任公司

地址 610000 四川省成都市青羊区黄田坝
纬一路88号

(72) 发明人 杨明君 龙萍 李明锐 余厚云
曲正航

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

专利代理师 王志

(51) Int.Cl.

G01B 21/22 (2006.01)

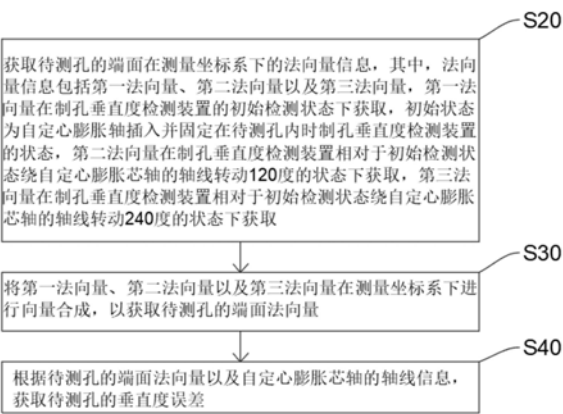
权利要求书3页 说明书11页 附图3页

(54) 发明名称

一种制孔垂直度检测方法、系统、存储介质及装置

(57) 摘要

本申请公开了一种制孔垂直度检测方法、系统、存储介质及装置,涉及几何量计量测试技术领域,应用于制孔垂直度检测装置,制孔垂直度检测装置包括自定心膨胀芯轴,自定心膨胀芯轴用于插入并固定在待测孔内,以模拟待测孔的轴线,方法包括以下步骤:获取待测孔的端面在测量坐标系下的法向量信息,其中,法向量信息包括第一法向量、第二法向量以及第三法向量;将第一法向量、第二法向量以及第三法向量在测量坐标系下进行向量合成,以获取待测孔的端面法向量;根据待测孔的端面法向量以及自定心膨胀芯轴的轴线信息,获取待测孔的垂直度误差,本申请通过获得更为精确的法向量信息来进行合成,获得更准确的垂直度误差,提升了垂直度检测的检测精度。



1. 一种制孔垂直度检测方法,其特征在于,应用于制孔垂直度检测装置,所述制孔垂直度检测装置包括自定心膨胀芯轴,所述自定心膨胀芯轴用于插入并固定在待测孔内,以模拟所述待测孔的轴线,所述方法包括以下步骤:

获取所述待测孔的端面在测量坐标系下的法向量信息,其中,所述法向量信息包括第一法向量、第二法向量以及第三法向量,所述第一法向量在所述制孔垂直度检测装置的初始检测状态下获取,所述初始状态为所述自定心膨胀轴插入并固定在所述待测孔内时所述制孔垂直度检测装置的状态,所述第二法向量在所述制孔垂直度检测装置相对于所述初始检测状态绕所述自定心膨胀芯轴的轴线转动120度的状态下获取,所述第三法向量在所述制孔垂直度检测装置相对于所述初始检测状态绕所述自定心膨胀芯轴的轴线转动240度的状态下获取;

将所述第一法向量、所述第二法向量以及所述第三法向量在所述测量坐标系下进行向量合成,以获取待测孔的端面法向量;

根据所述待测孔的端面法向量以及所述自定心膨胀芯轴的轴线信息,获取所述待测孔的垂直度误差。

2. 根据权利要求1所述的制孔垂直度检测方法,其特征在于,所述获取所述待测孔的端面的法向量信息的步骤,包括:

获取所述待测孔的端面轮廓点在测量坐标系下的坐标信息,其中,所述待测孔的端面轮廓点包括至少三个,且至少三个所述待测孔的端面轮廓点绕所述待测孔的轴线呈环形阵列分布;

将多个所述待测孔的端面轮廓点的坐标信息进行平面拟合,以获取所述待测孔的端面的法向量信息。

3. 根据权利要求2所述的制孔垂直度检测方法,其特征在于,所述获取所述待测孔的端面轮廓点在测量坐标系下的坐标信息的步骤,包括:

获取所述待测孔的端面轮廓点与所述制孔垂直度检测装置的测量点之间的距离信息,其中,所述距离信息在所述待测孔的端面轮廓点和所述制孔垂直度检测装置的测量点与所述待测孔的轴线处于同一水平面上时获取;

获取所述待测孔的端面轮廓点的旋转角度信息;

根据所述距离信息与所述旋转角度信息以及标定信息,获取所述待测孔的端面轮廓点在测量坐标系下的坐标信息。

4. 根据权利要求1所述的制孔垂直度检测方法,其特征在于,所述获取所述待测孔的端面的法向量信息的步骤之前,所述方法还包括:

根据所述制孔垂直度检测装置的测量点在所述自定心膨胀芯轴的轴线上的投影点,获取所述测量坐标系的原点;

根据所述自定心膨胀芯轴的轴线方向获取所述测量坐标系的Z轴;

根据所述制孔垂直度检测装置的起始测量角度方向获取所述测量坐标系的X轴;

基于所述测量坐标系的原点、所述测量坐标系的Z轴以及所述测量坐标系的X轴建立所述测量坐标系。

5. 一种制孔垂直度检测系统,其特征在于,应用于制孔垂直度检测装置,包括:

获取模块,用于获取待测孔的端面在测量坐标系下的法向量信息,其中,所述法向量信

息包括第一法向量、第二法向量以及第三法向量,所述第一法向量在所述制孔垂直度检测装置的初始检测状态下获取,所述初始状态为所述自定心膨胀轴插入并固定在所述待测孔内时所述制孔垂直度检测装置的状态,所述第二法向量在所述制孔垂直度检测装置相对于所述初始检测状态绕所述自定心膨胀芯轴的轴线转动120度的状态下获取,所述第三法向量在所述制孔垂直度检测装置相对于所述初始检测状态绕所述自定心膨胀芯轴的轴线转动240度的状态下获取;

合成模块,用于将第一法向量、第二法向量以及第三法向量在测量坐标系下进行向量合成,以获取待测孔的端面法向量;

确定模块,用于根据所述待测孔的端面法向量以及所述自定心膨胀芯轴的轴线信息,获取所述待测孔的垂直度误差。

6. 一种计算机可读存储介质,储存有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器加载执行时,实现如权利要求1-4中任一项所述的制孔垂直度检测方法。

7. 一种制孔垂直度检测装置,其特征在于,包括处理器及存储器,其中,所述存储器用于存储计算机程序;

所述处理器用于加载执行所述计算机程序,以使所述制孔垂直度检测装置执行如权利要求1-4中任一项所述的制孔垂直度检测方法。

8. 根据权利要求7所述的制孔垂直度检测装置,其特征在于,所述装置还包括自定心膨胀芯轴,所述自定心膨胀芯轴包括同轴设置的基轴、锥形轴、夹紧螺母以及胀套,其中,

所述基轴的第一端连接所述锥形轴;

所述胀套连接在所述基轴的第一端,所述锥形轴的锥部位于所述胀套的内圈;

所述夹紧螺母套设在所述基轴上,并与所述基轴螺纹配合;

所述夹紧螺母向靠近所述基轴的第一端移动时,所述锥形轴的锥部深入所述胀套的内圈,以使所述胀套胀开。

9. 根据权利要求8所述的制孔垂直度检测装置,其特征在于,所述装置还包括旋转运动机构、测距机构以及角度测量机构,所述测距机构包括测量点,所述自定心膨胀芯轴活动贯穿所述旋转运动机构,并通过轴承与所述旋转运动机构转动连接,所述测距机构与所述角度测量机构均设置在所述旋转运动机构上,并跟随所述旋转运动机构绕所述基轴的轴线转动,以分别测量待测孔的端面轮廓点与所述测量点之间的距离信息和所述角度测量机构的旋转角度信息。

10. 根据权利要求9所述的制孔垂直度检测装置,其特征在于,所述测距机构还包括激光测距传感器,所述测量点为所述激光传感器的出射点,所述激光测距传感器的出射点光路与所述基轴的轴线位于同一平面。

11. 根据权利要求9所述的制孔垂直度检测装置,其特征在于,所述角度测量机构包括角度编码器,所述角度编码器包括码盘与读数头,所述码盘与所述自定心膨胀芯轴过盈配合,所述读数头设置在所述旋转运动机构上,并跟随所述旋转运动机构绕所述基轴的轴线转动,以测量所述读数头的旋转角度。

12. 根据权利要求9所述的制孔垂直度检测装置,其特征在于,所述装置还包括显示模块,所述显示模块分别与所述测距机构以及所述角度测量机构电连接;

所述测距机构与所述角度测量机构分别将采集到的所述距离信息与所述旋转角度信

息发送至所述显示模块；

所述显示模块用于接收并显示所述距离信息与所述旋转角度信息。

一种制孔垂直度检测方法、系统、存储介质及装置

技术领域

[0001] 本申请涉及几何量计量测试技术领域,具体涉及一种制孔垂直度检测方法、系统、存储介质及装置。

背景技术

[0002] 航空制孔是飞机制造中大多数零部件相互之间建立连接关系的基本工序,其中制孔垂直度直接影响到零部件之间的连接强度,并会通过影响连接结构的稳定性而进一步对飞机的组装质量产生影响。据统计,70%的飞机机体疲劳失效事故起因于结构连接部位,而其中有80%的疲劳裂纹发生于连接孔处。现有技术中对制孔垂直度检测的测量精度较低,因此,提高测量精度显得尤为重要。

发明内容

[0003] 本申请的主要目的在于提供一种制孔垂直度检测方法、系统、存储介质及装置,旨在解决现有技术中对制孔垂直度检测的测量精度较低的问题。

[0004] 为实现上述目的,本申请的实施例采用的技术方案如下:

[0005] 第一方面,本申请实施例提供了一种制孔垂直度检测方法,应用于制孔垂直度检测装置,制孔垂直度检测装置包括自定心膨胀芯轴,自定心膨胀芯轴用于插入并固定在待测孔内,以模拟待测孔的轴线,方法包括以下步骤:

[0006] 获取待测孔的端面在测量坐标系下的法向量信息,其中,法向量信息包括第一法向量、第二法向量以及第三法向量,第一法向量在制孔垂直度检测装置的初始检测状态下获取,初始状态为自定心膨胀轴插入并固定在待测孔内时制孔垂直度检测装置的状态,第二法向量在制孔垂直度检测装置相对于初始检测状态绕自定心膨胀芯轴的轴线转动120度的状态下获取,第三法向量在制孔垂直度检测装置相对于初始检测状态绕自定心膨胀芯轴的轴线转动240度的状态下获取;

[0007] 将第一法向量、第二法向量以及第三法向量在测量坐标系下进行向量合成,以获取待测孔的端面法向量;

[0008] 根据待测孔的端面法向量以及自定心膨胀芯轴的轴线信息,获取待测孔的垂直度误差。

[0009] 在第一方面的一种可能实现方式中,获取待测孔的端面的法向量信息的步骤,包括:

[0010] 获取待测孔的端面轮廓点在测量坐标系下的坐标信息,其中,待测孔的端面轮廓点包括至少三个,且至少三个待测孔的端面轮廓点绕待测孔的轴线呈环形阵列分布;

[0011] 将多个待测孔的端面轮廓点的坐标信息进行平面拟合,以获取待测孔的端面的法向量信息。

[0012] 在第一方面的一种可能实现方式中,获取待测孔的端面轮廓点在测量坐标系下的坐标信息的步骤,包括:

[0013] 获取待测孔的端面轮廓点与制孔垂直度检测装置的测量点之间的距离信息,其中,距离信息在待测孔的端面轮廓点和制孔垂直度检测装置的测量点与待测孔的轴线处于同一水平面上时获取;

[0014] 获取待测孔的端面轮廓点的旋转角度信息;

[0015] 根据距离信息与旋转角度信息以及标定信息,获取待测孔的端面轮廓点在测量坐标系下的坐标信息。

[0016] 在第一方面的一种可能实现方式中,获取待测孔的端面的法向量信息的步骤之前,方法还包括:

[0017] 根据制孔垂直度检测装置的测量点在自定心膨胀芯轴的轴线上的投影点,获取测量坐标系的原点;

[0018] 根据自定心膨胀芯轴的轴线方向获取测量坐标系的Z轴;

[0019] 根据制孔垂直度检测装置的起始测量角度方向获取测量坐标系的X轴;

[0020] 基于测量坐标系的原点、测量坐标系的Z轴以及测量坐标系的X轴建立测量坐标系。

[0021] 第二方面,本申请实施例提供了一种制孔垂直度检测系统,应用于制孔垂直度检测装置,包括:

[0022] 获取模块,用于获取待测孔的端面在测量坐标系下的法向量信息,其中,法向量信息包括第一法向量、第二法向量以及第三法向量,第一法向量在制孔垂直度检测装置的初始检测状态下获取,初始状态为自定心膨胀轴插入并固定在待测孔内时制孔垂直度检测装置的状态,第二法向量在制孔垂直度检测装置相对于初始检测状态绕自定心膨胀芯轴的轴线转动120度的状态下获取,第三法向量在制孔垂直度检测装置相对于初始检测状态绕自定心膨胀芯轴的轴线转动240度的状态下获取;

[0023] 合成模块,用于将第一法向量、第二法向量以及第三法向量在测量坐标系下进行向量合成,以获取待测孔的端面法向量;

[0024] 确定模块,用于根据待测孔的端面法向量以及自定心膨胀芯轴的轴线信息,获取待测孔的垂直度误差。

[0025] 第三方面,本申请实施例提供了一种计算机可读存储介质,储存有计算机程序,计算机程序被处理器加载执行时,实现如上述第一方面中任一项提供的制孔垂直度检测方法。

[0026] 第四方面,本申请实施例提供一种制孔垂直度检测装置,包括处理器及存储器,其中,

[0027] 存储器用于存储计算机程序;

[0028] 处理器用于加载执行计算机程序,以使制孔垂直度检测装置执行如述第一方面中任一项提供的制孔垂直度检测方法。

[0029] 在第四方面的一种可能实现方式中,装置还包括自定心膨胀芯轴,自定心膨胀芯轴包括同轴设置的基轴、锥形轴、夹紧螺母以及胀套,其中,

[0030] 基轴的第一端连接锥形轴;

[0031] 胀套连接在基轴的第一端,锥形轴的锥部位于胀套的内圈;

[0032] 夹紧螺母套设在基轴上,并与基轴螺纹配合;

[0033] 夹紧螺母向靠近基轴的第一端移动时,锥形轴的锥部深入胀套的内圈,以使胀套胀开。

[0034] 在第四方面的一种可能实现方式中,装置还包括旋转运动机构、测距机构以及角度测量机构,测距机构包括测量点,自定心膨胀芯轴活动贯穿旋转运动机构,并通过轴承与旋转运动机构转动连接,测距机构与角度测量机构均设置在旋转运动机构上,并跟随旋转运动机构绕基轴的轴线转动,以分别测量待测孔的端面轮廓点与测量点之间的距离信息和角度测量机构的旋转角度信息。

[0035] 在第四方面的一种可能实现方式中,测距机构还包括激光测距传感器,测量点为激光传感器的出射点,激光测距传感器的出射点光路与基轴的轴线位于同一平面。

[0036] 在第四方面的一种可能实现方式中,角度测量机构包括角度编码器,角度编码器包括码盘与读数头,码盘与自定心膨胀芯轴过盈配合,读数头设置在旋转运动机构上,并跟随旋转运动机构绕基轴的轴线转动,以测量读数头的旋转角度。

[0037] 在第四方面的一种可能实现方式中,装置还包括显示模块,显示模块分别与测距机构以及角度测量机构电连接;

[0038] 测距机构与角度测量机构分别将采集到的距离信息与旋转角度信息发送至显示模块;

[0039] 显示模块用于接收并显示距离信息与旋转角度信息。

[0040] 与现有技术相比,本申请的有益效果是:

[0041] 本申请实施例提出的一种制孔垂直度检测方法、系统、存储介质及装置,通过获取所述待测孔的端面的法向量信息,其中,所述法向量信息包括第一法向量、第二法向量以及第三法向量,所述第一法向量在所述制孔垂直度检测装置的初始检测状态下获取,所述第二法向量在所述制孔垂直度检测装置相对于初始检测状态绕所述待测孔的轴线转动120度的状态下获取,所述第三法向量在所述制孔垂直度检测装置相对于初始检测状态绕所述待测孔的轴线转动240度的状态下获取;将所述第一法向量、所述第二法向量以及所述第三法向量在测量坐标系下进行向量合成,以获取待测孔的端面法向量;根据所述待测孔的端面法向量并结合所述自定心膨胀芯轴的轴线信息,以获取所述待测孔的垂直度误差。本申请的方法首先通过分别获取制孔垂直度检测装置在初始状态下、相对于初始状态旋转120度以及相对于初始状态旋转240度的状态下的待测孔的端面法向量信息,以使获取到的法向量是能够覆盖制孔的端面360度范围内的状态数据,降低合成法向量时的误差度,其次将不同状态下的法向量信息进行合成,以消除垂直度检测装置参与检测时引入的系统误差,最后将合成得到的待测孔的端面法向量信息与自定心膨胀芯轴的轴线信息结合分析,能够快速判断出合成得到的待测孔的端面法向量与模拟的待测孔的轴线之间的偏差,从而获取到较为准确的待测孔的垂直度误差,提升了制孔垂直度检测的测量精度。

附图说明

[0042] 图1为本申请实施例涉及的硬件运行环境的制孔垂直度检测装置的结构示意图;

[0043] 图2为本申请实施例提供的一种制孔垂直度检测方法的流程示意图;

[0044] 图3为本申请实施例提供的一种制孔垂直度检测系统的功能模块示意图;

[0045] 图4为本申请实施例提供的一种制孔垂直度检测装置的结构示意图。

[0046] 图5为本申请实施例提供的一种制孔垂直度检测装置中角度测量机构的一种实施方式的结构示意图。

[0047] 图中标记:1-处理器,2-通信总线,3-网络接口,4-用户接口,5-存储器,101-电源模块,102-显示模块,104-基轴,105-夹紧螺母,106-胀套,107-旋转运动机构,108-测距机构,109-把手,110-读数头,111-码盘。

具体实施方式

[0048] 应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请,并不用于限定本申请。

[0049] 本申请实施例的主要解决方案是:提出一种制孔垂直度检测方法、系统、存储介质及装置,通过获取所述待测孔的端面在测量坐标系下的法向量信息,其中,所述法向量信息包括第一法向量、第二法向量以及第三法向量;将所述第一法向量、所述第二法向量以及所述第三法向量在所述测量坐标系下进行向量合成,以获取待测孔的端面法向量;根据所述待测孔的端面法向量以及所述自定心膨胀芯轴的轴线信息,获取所述待测孔的垂直度误差。

[0050] 目前在飞机装配中,虽然有制孔设备参与制孔工作,但受制于作业空间,仍有大量航空制孔工作依靠人工完成。制孔质量完全依赖于人工操作能力与经验,导致制孔的垂直度误差较大,即便采用制孔设备进行制孔,制出的孔任存在0.5度左右的垂直度误差,因此,无论人工制孔还是机器制孔,都需要对制孔垂直度进行检测。目前的检测手段至少存在以下任一方面的缺陷:其一,检测用设备体积过大,导致无法用于现场检测,其二,检测精度不高,只能做定性判断,无法获得更准确的垂直度误差。

[0051] 为此,本申请提供一种解决方案,通过制孔垂直度检测装置的自定心膨胀芯轴插入并固定在待测孔内,以模拟待测孔的轴线,再调整制孔垂直度检测装置相对于初始状态的选装角度,获取多个旋转角度下的制孔的端面法向量来进行合成,根据将合成后的端面法向量与模拟待测孔的轴线的自定心膨胀芯轴的轴线信息,获取待测孔的垂直度误差。解决了现有技术中制孔垂直度的检测精度较低的问题。

[0052] 参照附图1,附图1为本申请实施例方案涉及的硬件运行环境的制孔垂直度检测装置的结构示意图,该制孔垂直度检测装置可以包括:处理器1,例如中央处理器(Central Processing Unit,CPU),通信总线2、用户接口4,网络接口3,存储器5。其中,通信总线2用于实现这些组件之间的连接通信。用户接口4可以包括显示屏(Display)、输入单元比如键盘(Keyboard),可选用户接口4还可以包括标准的有线接口、无线接口。网络接口3可选的可以包括标准的有线接口、无线接口(如无线保真(Wireless-Fidelity,WI-FI)接口)。存储器5可选的可以是独立于前述处理器1的存储装置,存储器5可能高速的随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)存储器,也可能是稳定的非易失性存储器(Non-Volatile Memory,NVM),例如至少一个磁盘存储器;处理器1可以是通用处理器,包括中央处理器、网络处理器等,还可以是数字信号处理器、专用集成电路、现场可编程门阵列或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。

[0053] 本领域技术人员可以理解,附图1中示出的结构并不构成对制孔垂直度检测装置的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件布置。

[0054] 如附图1所示,作为一种存储介质的存储器5中可以包括操作系统、数据存储模块、

网络通信模块、用户接口模块以及电子程序。

[0055] 在附图1所示的制孔垂直度检测装置中,网络接口3主要用于与网络服务器进行数据通信;用户接口4主要用于与用户进行数据交互;本发明制孔垂直度检测装置中的处理器1、存储器5可以设置在制孔垂直度检测装置中,制孔垂直度检测装置通过处理器1调用存储器5中存储的制孔垂直度检测系统,并执行本申请实施例提供的制孔垂直度检测方法。

[0056] 参照附图2,基于前述实施例的硬件设备,本申请的实施例提供一种制孔垂直度检测方法,应用于制孔垂直度检测装置,包括以下步骤:

[0057] 制孔垂直度检测装置包括自定心膨胀芯轴,自定心膨胀芯轴用于插入并固定在待测孔内,以模拟待测孔的轴线,方法包括以下步骤:

[0058] S20:获取待测孔的端面在测量坐标系下的法向量信息,其中,法向量信息包括第一法向量、第二法向量以及第三法向量,第一法向量在制孔垂直度检测装置的初始检测状态下获取,初始状态为自定心膨胀轴插入并固定在待测孔内时制孔垂直度检测装置的状态,第二法向量在制孔垂直度检测装置相对于初始检测状态绕自定心膨胀芯轴的轴线转动120度的状态下获取,第三法向量在制孔垂直度检测装置相对于初始检测状态绕自定心膨胀芯轴的轴线转动240度的状态下获取;

[0059] 在具体实施过程中,待测孔为待检测垂直度的制孔,制孔垂直度检测装置为检测垂直度的数据测量设备,用于检测与测量垂直度相关的数据信息,自定心膨胀芯轴为制孔垂直度检测装置的一个具有轴线的轴类部件,其一端可以插入待测孔内,并且该端可以通过膨胀以使其在待测孔内稳定支撑,以模拟待测孔的轴线,通过转动调整自定心膨胀芯轴相对于待测孔的位置,从而获取到不同状态下的端面法向量,法向量为垂直于待测孔端面的直线所表示的向量,测量坐标系为提前建立的坐标系,用于将获取到的法向量信息直接表达为坐标形式。

[0060] 在具体实施过程中,为提升后续步骤向量合成得到的法向量的准确性,以自定心膨胀芯轴初始插入并固定在待测孔内时,制孔垂直度检测装置的状态为初始状态,此时获取第一法向量,表示为 $[A_1, B_1, C_1]^T$,将自定心膨胀芯轴松开并绕自身轴线旋转120度后再固定,此时获取第二法向量,表示为 $[A_2, B_2, C_2]^T$,将自定心膨胀芯轴再次松开,绕自身轴线旋转与前述旋转120度相同的旋转方向再旋转120度后固定,此时获取第三法向量,表示为 $[A_3, B_3, C_3]^T$,由于后续要在三维空间进行向量的合成,所以与平面合成需要的两个向量不同,在空间内需要三个向量进行合成,并且三个向量是在相隔120度的角度下获取,将360度的圆角等分,以保证三个向量合成得到的法向量跟契合待测孔的实际端面法向量,降低合成误差。

[0061] S30:将第一法向量、第二法向量以及第三法向量在测量坐标系下进行向量合成,以获取待测孔的端面法向量;

[0062] 在具体实施过程中,为消除自定心膨胀芯轴引入的系统误差,将第一法向量、第二法向量以及第三法向量在测量坐标系下进行合成,合成的方式可参考平面向量的合成方法,将空间中的向量依次首尾相连之后,再做一条从首端到尾端的向量即为合成得到的向量,本实施例中,在已建立有测量坐标系的前提下,还可以采用将三个法向量转换到同一坐标系下进行合成的方式,得到最终的待测孔的端面法向量,表示为 $[A, B, C]^T$,合成的公式为:

$$[0063] \quad \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \\ B_1 \\ C_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos(120^\circ) & -\sin(120^\circ) & 0 \\ \sin(120^\circ) & \cos(120^\circ) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_2 \\ B_2 \\ C_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos(240^\circ) & -\sin(240^\circ) & 0 \\ \sin(240^\circ) & \cos(240^\circ) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_3 \\ B_3 \\ C_3 \end{bmatrix}.$$

[0064] S30:根据待测孔的端面法向量以及自定心膨胀芯轴的轴线信息,获取待测孔的垂直度误差。

[0065] 在具体实施过程中,在获取了待测孔的端面法向量后,再将其与自定心膨胀芯轴的轴线做对比,根据两者之间的夹角 θ ,以夹角 θ 的度数或其三角函数值来作为待测孔的垂直度误差的表达,将垂直度误差量化表示,直观的通过度数大小或三角函数的数值大小反应垂直度误差的大小,由于夹角度数通常无法精准得出,并且在建立了测量坐标系的前提下,以端面法向量的坐标数值来计算三角函数值可以更准确地反映出垂直度情况,以夹角 θ 的余弦函数作为垂直度误差表示时为例,采用以下公式计算夹角 θ 的余弦值:

$$[0066] \quad \cos \theta = \frac{|C|}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}$$

[0067] 余弦值越小,说明夹角 θ 越大,也即垂直度偏差越大。

[0068] 在具体实施过程中,通过分别获取多个特定状态下的待测孔端面的法向量信息,再将多个法向量进行合成得到待测孔的端面法向量,以使该端面法向量能够有更高的准确度来作为垂直度检测所用,最后根据端面法向量与模拟待测孔的轴线的自定心膨胀芯轴的轴线信息,获取到较为准确的垂直度偏差,尤其针对薄壁件而言,采用模拟待测孔轴线的方法,受孔表面形状误差的影响减小,提升了制孔垂直度检测的检测精度。

[0069] 在一种实施例中,步骤S20:获取待测孔的端面轮廓点在测量坐标系下的坐标信息,包括:

[0070] S201:获取待测孔的端面轮廓点在测量坐标系下的坐标信息,其中,待测孔的端面轮廓点包括至少三个,且至少三个待测孔的端面轮廓点绕待测孔的轴线呈环形阵列分布。

[0071] 在具体实施过程中,待测孔的端面轮廓点为等角度间隔地在待测孔的端面上采集的沿端面轮廓线上分布的轮廓点,由于后续需要根据轮廓点坐标信息得到法向量信息,所以至少需要的轮廓点数 n 为3个,也即 n 为大于或等于3的正整数,端面轮廓点的坐标信息表示为 (x_i, y_i, z_i) ,其中 $1 \leq i \leq n$, i 也为正整数,当待测孔的端面曲率变化较大时,需要的轮廓点数 n 相应增大,获得的大量点云数据,使得本方法即便是面向复杂曲面零件也能够达到较高的测量精度。

[0072] S202:将多个待测孔的端面轮廓点的坐标信息进行平面拟合,以获取待测孔的端面的法向量信息。

[0073] 在具体实施过程中,平面拟合为一个最优化的过程,即求多个离散点到某个平面距离最小和的问题,有左逆矩阵、最小二乘法等,本申请实施例中以最小二乘法为例获取第一法向量,令平面方程为 $A_1x + B_1y + C_1z + 1 = 0$, A_1 、 B_1 、 C_1 分别为第一法向量的三轴坐标, x 、 y 、 z 分别为端面轮廓点的三轴坐标,拟合公式为:

$$[0074] \quad \begin{bmatrix} A_1 \\ B_1 \\ C_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum x_i^2 & \sum x_i y_i & \sum x_i z_i \\ \sum x_i y_i & \sum y_i^2 & \sum y_i z_i \\ \sum x_i z_i & \sum y_i z_i & \sum z_i^2 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -\sum x_i \\ -\sum y_i \\ -\sum z_i \end{bmatrix}$$

[0075] 第二法向量、第三法向量的获取步骤与之相同,并且在拟合之前可以筛选提出粗大误差以后在进行拟合。

[0076] 在具体实施过程中,利用最小二乘法,能够最小化误差的平方和寻找数据的最佳函数匹配,简便的求解未知数据,并使得这些数据与实际数据之间误差的平方和最小,间接提升垂直度检测的准确性。

[0077] 在一种实施例中,步骤S201:获取待测孔的端面轮廓点在测量坐标系下的坐标信息,包括:

[0078] S2011:获取待测孔的端面轮廓点与制孔垂直度检测装置的测量点之间的距离信息,其中,距离信息在待测孔的端面轮廓点和制孔垂直度检测装置的测量点与待测孔的轴线处于同一水平面上时获取。

[0079] 在具体实施过程中,测量点为制孔垂直度检测装置上设置的用于检测距离的位置点,如:采用测距传感器时,测量点为传感器所在位置,采用激光类的测距装置时,测量点为激光的出射点,为保证获取的距离信息能够在后续的拟合、合成中与自定心膨胀芯轴保持一致性,各个端面轮廓点需要在其与测量点、自定心膨胀芯轴的轴线三者处于同一平面上时获取端面轮廓点到测量点之间的距离信息,并表示为 d_i 。

[0080] S2012:获取待测孔的端面轮廓点的旋转角度信息。

[0081] 在具体实施过程中,由于端面轮廓点是绕自定心膨胀芯轴的轴线分布,在确定零度角位置,或者选择其中一个轮廓点的位置作为起始位置后,所有轮廓点的相对于零度角或起始位置的旋转角度均可确定,并表示为 α_i ,确定的方法可以是利用测量工具手动测量,或者是如本申请其他实施例中提供的角度编码器来自动检测。

[0082] S2013:根据距离信息与旋转角度信息以及标定信息,获取待测孔的端面轮廓点在测量坐标系下的坐标信息。

[0083] 在具体实施过程中,标定信息为预先标定出的用于计算端面轮廓点坐标的辅助信息,至少包括测量点绕自定心膨胀芯轴的轴线的旋转半径 R 、以及测量点、端面轮廓点、自定心膨胀芯轴的轴线在同一平面上时,测量点与端面轮廓点的连线与自定心膨胀芯轴的轴线之间的夹角 γ ,夹角 γ 可以调整,以使出射点光路投射在待测孔的端面的光斑点尽可能靠近待测孔,可以按照以下公式计算出待测孔的端面轮廓点坐标 (x_i, y_i, z_i) :

$$[0084] \quad \begin{cases} x_i = (R - d_i \cdot \sin \gamma) \cdot \cos \alpha_i \\ y_i = (R - d_i \cdot \sin \gamma) \cdot \sin \alpha_i \\ z_i = d_i \cdot \cos \gamma \end{cases}。$$

[0085] 在一种实施例中,在步骤S20:获取待测孔的端面的法向量信息的步骤之前,该方法还包括:

[0086] S101:根据制孔垂直度检测装置的测量点在自定心膨胀芯轴的轴线上的投影点,获取测量坐标系的原点。

[0087] 在具体实施过程中,将自定心膨胀芯轴插入并固定在待测孔内,由于自定心膨胀

芯轴、待测孔端面、测量点的旋转平面之间存在接近平行或垂直的关系,所以基于此来建立测量坐标系,由于自定心膨胀芯轴的移动最少,且处于两个面之间,以其作为一个坐标轴位置为优,测量点在其上的投影作为原点0。

[0088] S102:根据自定心膨胀芯轴的轴线方向获取测量坐标系的Z轴。

[0089] 在具体实施过程中,由于测量点、轮廓点的信息获取均是基于自定心膨胀芯轴获取,将其轴线作为Z轴,Z轴的正方向视具体情况,以便于数据处理简便的目的确定。

[0090] S103:根据制孔垂直度检测装置的起始测量角度方向获取测量坐标系的X轴。

[0091] 在具体实施过程中,制孔垂直度检测装置的起始测量角度方向根据实际情况确定,可以人工确定其中任一位置为起始位置,起始位置的方向即作为X轴正方向,也可以根据设置的角度测量机构来确定,如本申请其他实施例中采用角度编码器来测量旋转角度时,以角度编码器的零度方向作为起始测量角度方向的同时,还作为X轴正方向。

[0092] S104:基于测量坐标系的原点、测量坐标系的Z轴以及测量坐标系的X轴建立测量坐标系。

[0093] 在具体实施过程中,由于原点、X轴、Z轴已经确定,自然可以根据坐标轴的关系确定出Y轴所在,进而建立测量坐标系。

[0094] 参照附图3,基于与前述实施例中同样的发明构思,本申请实施例还提供一种制孔垂直度检测系统,应用于制孔垂直度检测装置,包括:

[0095] 获取模块,用于获取待测孔的端面在测量坐标系下的法向量信息,其中,法向量信息包括第一法向量、第二法向量以及第三法向量,第一法向量在制孔垂直度检测装置的初始检测状态下获取,初始状态为自定心膨胀轴插入并固定在待测孔内时制孔垂直度检测装置的状态,第二法向量在制孔垂直度检测装置相对于初始检测状态绕自定心膨胀芯轴的轴线转动120度的状态下获取,第三法向量在制孔垂直度检测装置相对于初始检测状态绕自定心膨胀芯轴的轴线转动240度的状态下获取;

[0096] 合成模块,用于将第一法向量、第二法向量以及第三法向量在测量坐标系下进行向量合成,以获取待测孔的端面法向量;

[0097] 确定模块,用于根据待测孔的端面法向量以及自定心膨胀芯轴的轴线信息,获取待测孔的垂直度误差。

[0098] 本领域技术人员应当理解,实施例中的各个模块的划分仅仅是一种逻辑功能的划分,实际应用时全部或部分集成到一个或多个实际载体上,且这些模块可以全部以软件通过处理单元调用的形式实现,也可以全部以硬件的形式实现,或是以软件、硬件结合的形式实现,需要说明的是,本实施例中制孔垂直度检测系统中各模块是与前述实施例中的制孔垂直度检测方法中的各步骤一一对应,因此,本实施例的具体实施方式可参照前述制孔垂直度检测方法的实施方式,这里不再赘述。

[0099] 基于与前述实施例中同样的发明构思,本申请的实施例还提供一种计算机可读存储介质,储存有计算机程序,计算机程序被处理器加载执行时,实现如本申请实施例提供的制孔垂直度检测方法。

[0100] 此外,基于与前述实施例中同样的发明构思,本申请的实施例还提供一种制孔垂直度检测装置,至少包括有处理器及存储器,其中,

[0101] 存储器用于存储计算机程序;

[0102] 处理器用于加载执行计算机程序,以使机器人辅助表面精整装置执行如本申请实施例提供的制孔垂直度检测方法。

[0103] 参照附图4,在一些实施例中,制孔垂直度检测装置还可以包括有自定心膨胀芯轴,自定心膨胀芯轴包括同轴设置的基轴104、锥形轴、夹紧螺母105以及胀套106,其中,基轴104的第一端连接锥形轴;胀套106连接在基轴104的第一端,锥形轴的锥部位于胀套106的内圈;夹紧螺母105套设在基轴104上,并与基轴104螺纹配合;夹紧螺母105向靠近基轴的第一端移动时,锥形轴的锥部深入胀套106的内圈,以使胀套106胀开。

[0104] 本实施例中,提供一种机械式的自定心膨胀芯轴,在其他实施例中,自定心膨胀芯轴还可以是液压式,其原理与机械式的类似,均是通过胀开基轴104插入待测孔的一端,以使自定心膨胀芯轴固定在待测孔内。

[0105] 在一种实施例中,参照附图4,装置还包括旋转运动机构107、测距机构108以及角度测量机构,测距机构108包括测量点,自定心膨胀芯轴活动贯穿旋转运动机构107,并通过轴承与旋转运动机构107转动连接,轴承可采用双轴承结构,两个轴承的内圈均与自定心膨胀芯轴的基轴过盈配合,以使其稳定地自由旋转,测距机构108与角度测量机构均设置在旋转运动机构107上,并跟随旋转运动机构107绕基轴104的轴线转动,以分别测量待测孔的端面轮廓点与测量点之间的距离信息和角度测量机构的旋转角度信息。

[0106] 本实施例中,通过设置旋转运动机构107来搭载各检测用的机构旋转,以获取不同角度方向上的端面轮廓点对应的测量数据,旋转运动机构107可做镂空设计,来减轻装置的总重,使其便于操作。

[0107] 在一种实施例中,测距机构108采用激光测距传感器来作为距离信息的测量工具,具有高精确度,可调整性好,并且光路可见,具有良好的可视化,测量点为激光传感器的出射点,激光测距传感器的出射点光路与基轴104的轴线位于同一平面,出射点光路如附图4中的虚线所示。

[0108] 在一种实施例中,如附图5所示,角度测量机构包括角度编码器,角度编码器包括码盘111与读数头110,码盘111与自定心膨胀芯轴过盈配合,读数头110设置在旋转运动机构107上,并跟随旋转运动机构107绕基轴104的轴线转动,以测量读数头111的旋转角度,采用上述设置,利用角度编码器来跟随装置的转动同步测量转动角度,并可以直接将转动角度信息转化为可用的数据信号发送、处理、显示。

[0109] 在一种实施例中,为装置增加显示模块102,显示模块102分别与测距机构108以及角度测量机构电连接;

[0110] 测距机构108与角度测量机构分别将采集到的距离信息与旋转角度信息发送至显示模块102;

[0111] 显示模块102用于接收并显示距离信息与旋转角度信息。

[0112] 在本实施例中,为使采集的信息可视化,设置显示模块102,来作为信息展示平台,显示模块102可以是电脑、手机显示器,仅提供信息显示功能,也可以是触摸屏,可在显示模块102上对数据进行集中显示与操作。

[0113] 在一种实施例中,可以为装置增加电源模块101,以规避管线布设的麻烦,并为装置提供长时间的续航工作能力。

[0114] 在一种实施例中,在自定心膨胀芯轴的远离锥形轴的一端,设置把手109来便于操

作时把握。

[0115] 基于前述实施例提供的制孔垂直度检测装置,在进行检测时,装置的操作步骤如下:

[0116] 将自定心膨胀芯轴插入待测孔内,转动夹紧螺母105,推动锥形轴,使锥形轴进一步插入胀套106内,以使自定心膨胀芯轴在待测孔内胀紧并稳定支撑;

[0117] 将测距机构108通过旋转运动机构107旋转360度,等角度间隔地在待测孔的端面上采集对应轮廓点的距离信息,角度测量机构同步测得各轮廓点对应的角度值。

[0118] 在一些实施例中,计算机可读存储介质可以是FRAM、ROM、PROM、EPROM、EEPROM、闪存、磁表面存储器、光盘、或CD-ROM等存储器;也可以是包括上述存储器之一或任意组合的各种设备。计算机可以是包括智能终端和服务器在内的各种计算设备。

[0119] 在一些实施例中,可执行指令可以采用程序、软件、软件模块、脚本或代码的形式,按任意形式的编程语言(包括编译或解释语言,或者声明性或过程性语言)来编写,并且其可按任意形式部署,包括被部署为独立的程序或者被部署为模块、组件、子例程或者适合在计算环境中使用的其它单元。

[0120] 作为示例,可执行指令可以但不一定对应于文件系统中的文件,可以可被存储在保存其它程序或数据的文件的一部分,例如,存储在超文本标记语言(HTML,Hyper Text Markup Language)文档中的一个或多个脚本中,存储在专用于所讨论的程序的单个文件中,或者,存储在多个协同文件(例如,存储一个或多个模块、子程序或代码部分的文件)中。

[0121] 作为示例,可执行指令可被部署为在一个计算设备上执行,或者在位于一个地点的多个计算设备上执行,又或者,在分布在多个地点且通过通信网络互连的多个计算设备上执行。

[0122] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解到上述实施例方法可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件,但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质(如只读存储器/随机存取存储器、磁碟、光盘)中,包括若干指令用以使得一台多媒体终端设备(可以是手机,计算机,电视接收机,或者网络设备等)执行本申请各个实施例的方法。

[0123] 需要说明的是,在本文中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者系统不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者系统所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括该要素的过程、方法、物品或者系统中还存在另外的相同要素。

[0124] 上述本申请实施例顺序仅仅为了描述,不代表实施例的优劣。

[0125] 综上,本申请提供一种制孔垂直度检测方法、系统、存储介质及装置,通过获取所述待测孔的端面的法向量信息;将所述第一法向量、所述第二法向量以及所述第三法向量在测量坐标系下进行向量合成,以获取待测孔的端面法向量;根据所述待测孔的端面法向量并结合所述自定心膨胀芯轴的轴线信息,以获取所述待测孔的垂直度误差。本申请的方法提升了垂直度检测的检测精度,可广泛应用于航空制孔垂直度的检测工作,对飞机零部件连接质量的把控更加严密,本申请的装置体积小、结构紧凑、重量轻,便于携带和操作,

适用于现场原位检测。

[0126] 以上所述仅为本申请的较佳实施例,并不用以限制本申请,凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

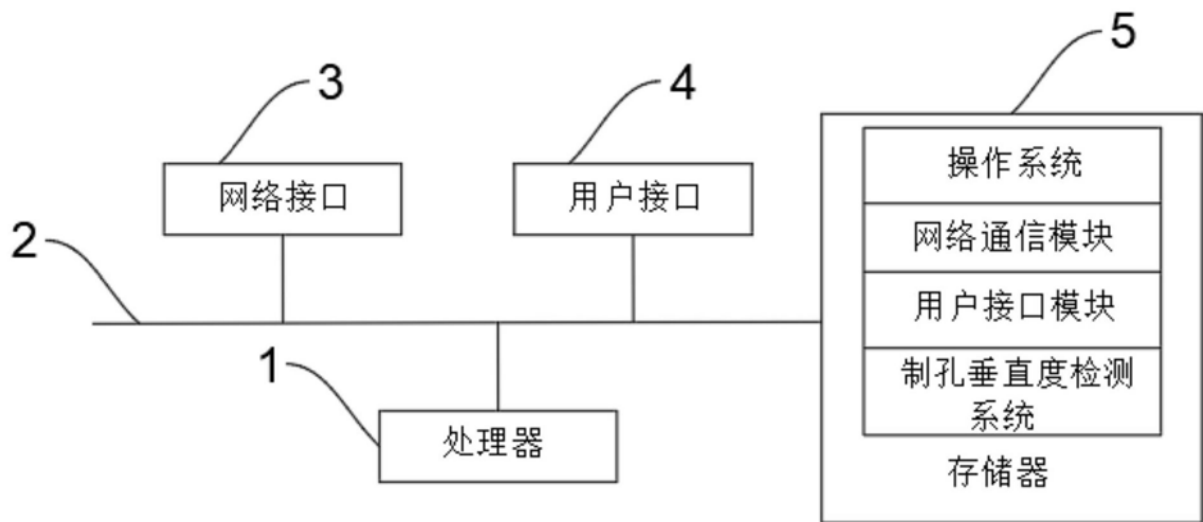


图1

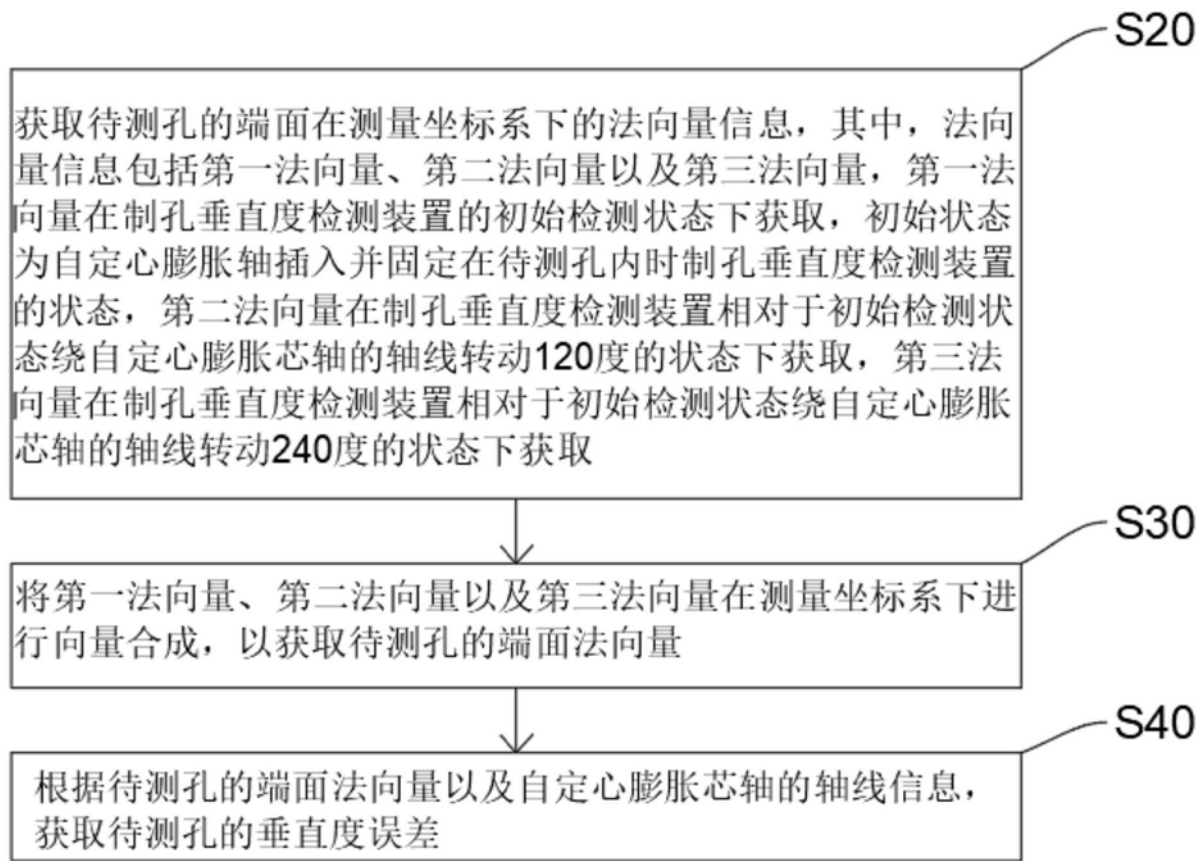


图2



图3

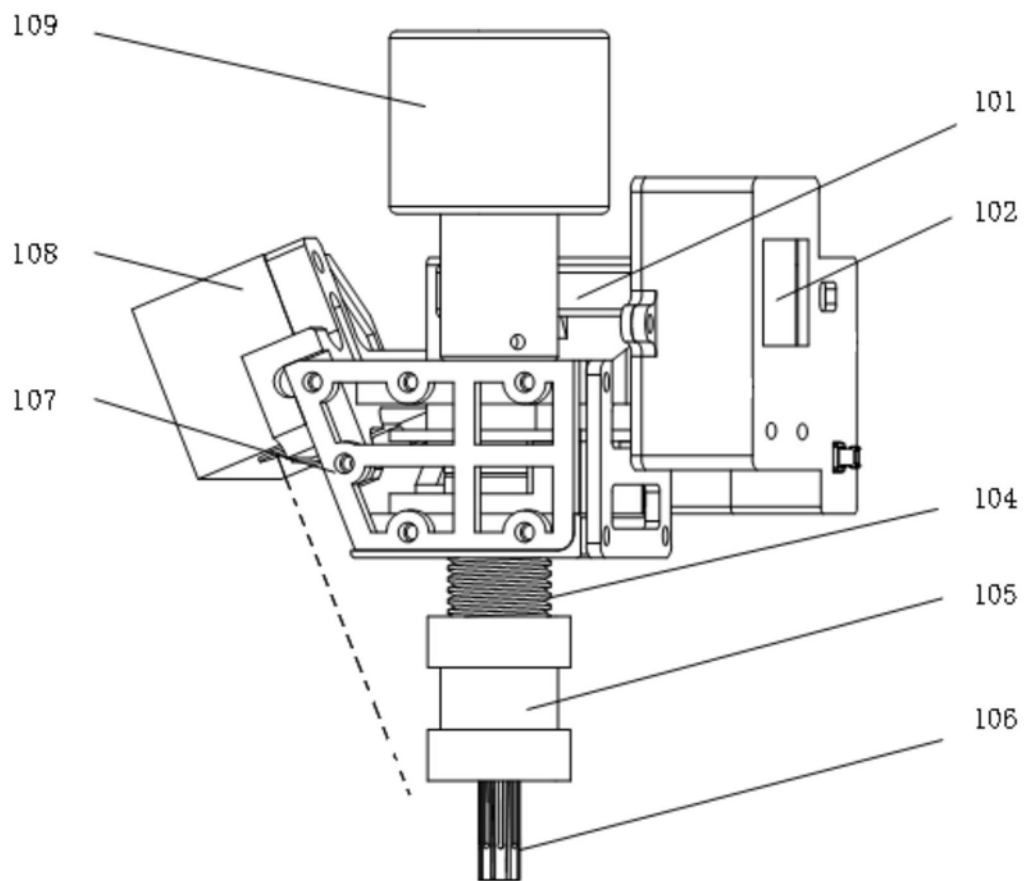


图4

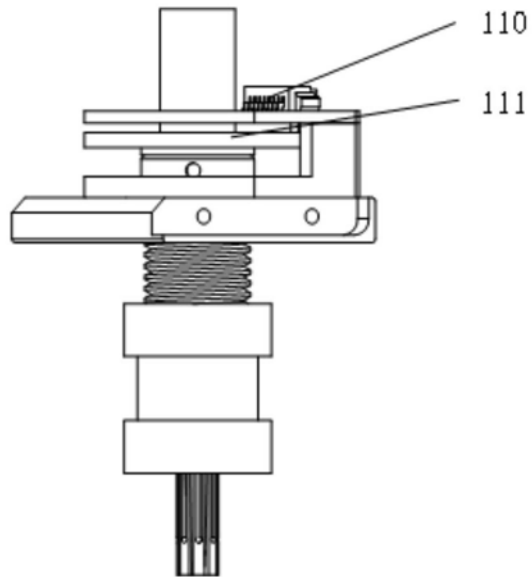


图5