



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105043190 B

(45)授权公告日 2017.05.31

(21)申请号 201510237819.4

(22)申请日 2015.05.11

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105043190 A

(43)申请公布日 2015.11.11

(73)专利权人 中工科安科技有限公司
地址 230022 安徽省合肥市肥东县店埠镇
包公大道广电大厦八楼

(72)发明人 刘新山 文长明 裴世聪

(74)专利代理机构 合肥市浩智运专利代理事务
所(普通合伙) 34124

代理人 方荣肖

(51)Int.Cl.

G01B 5/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 204854519 U,2015.12.09,

CN 101758418 A,2010.06.30,

CN 102259277 A,2011.11.30,

CN 103831665 A,2014.06.04,

CN 103365246 A,2013.10.23,

US 2004050139 A1,2004.03.18,

DE 29916325 U1,2000.01.20,

刘新上,等.一种双摆工作台式五轴联动机床动态精度的标定方法.《组合机床与自动化加工技术》.2013,(第5期),

张云.一种基于RTCP功能的五坐标动态精度检测工具.《制造技术与机床》.2012,(第11期),

审查员 杨建坤

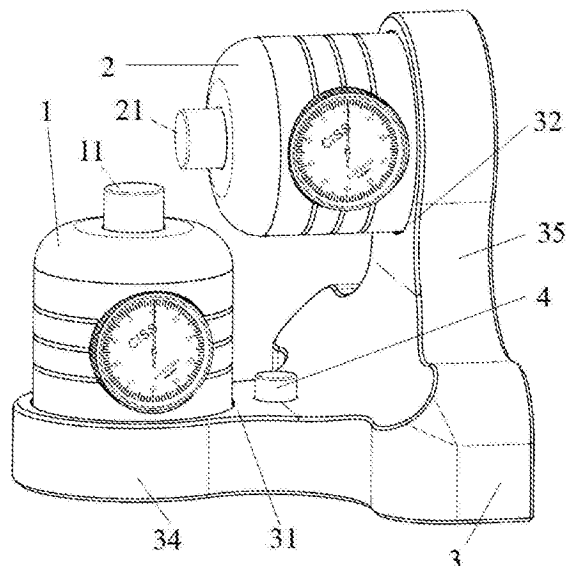
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54)发明名称

五轴联动机床RTCP动态精度标定装置及其标定方法

(57)摘要

本发明公开了一种五轴联动机床RTCP动态精度标定装置及其标定方法。该装置包括支架以及安装在支架上的面接触式千分表一与面接触式千分表二。两个面接触式千分表的中轴线相互垂直并在同一平面内,该装置满足以下公式: $d_1 = d_2 \leq r - 3\text{mm}$,其中, d_1 、 d_2 分别为两个面接触式千分表的测量端面到两个面接触式千分表的中轴线的垂直交叉点的距离, r 为标定所用仪器球头检棒的球头半径。本发明利用两个面接触式千分表在支架上的布局,避免复杂方程式的求解过程、常规千分表的计算误差和测量几何误差、现行标定方法下的复杂操作,从而大幅提高标定效率、标定精度。本发明还公开了该五轴联动机床RTCP动态精度标定装置的标定方法。



1. 一种五轴联动机床RTCP动态精度标定装置,其特征在于:其包括支架(3)以及安装在支架(3)上的面接触式千分表一(1)与面接触式千分表二(2);两个面接触式千分表的中轴线相互垂直并在同一平面内,该装置满足以下公式: $d_1=d_2\leq r-3\text{mm}$,其中, d_1 为面接触式千分表一(1)的测量端面到两个面接触式千分表的中轴线的垂直交叉点的距离, d_2 为面接触式千分表二(2)的测量端面到两个面接触式千分表的中轴线的垂直交叉点的距离, r 为标定用的球头检棒的球头半径。

2. 如权利要求1所述的五轴联动机床RTCP动态精度标定装置,其特征在于:支架(3)具有用于安装面接触式千分表一(1)的安装位一(31)、用于安装面接触式千分表二(2)的安装位二(32);两个安装位相互垂直构成二维空间。

3. 如权利要求2所述的五轴联动机床RTCP动态精度标定装置,其特征在于:支架(3)包括水平架(34)和垂直架(35),安装位一(31)设置在水平架(34)上,安装位二(32)设置在垂直架(35)上。

4. 如权利要求3所述的五轴联动机床RTCP动态精度标定装置,其特征在于:水平架(34)设为底座,该底座用于将该装置固定于机床的工作台上。

5. 如权利要求4所述的五轴联动机床RTCP动态精度标定装置,其特征在于:该底座为带有按钮式磁力开关的磁力座。

6. 如权利要求1所述的五轴联动机床RTCP动态精度标定装置,其特征在于:支架(3)设置有把手。

7. 如权利要求1所述的五轴联动机床RTCP动态精度标定装置,其特征在于:支架(3)为一体式结构。

8. 一种如权利要求1至7中任意一项所述的五轴联动机床RTCP动态精度标定装置的五轴联动机床RTCP精度标定方法,五轴包括第一直线轴、第二直线轴、第三直线轴、回转轴、摆动轴,其中,三个直线轴相互垂直,回转轴与摆动轴为分别以三个直线轴的其中两个直线轴为中心旋转的旋转轴;其特征在于:其包括以下步骤:

1) 将该装置吸附于机床的工作台上的适当位置,且使面接触式千分表二(2)的中轴线垂直于机床的摆动轴的回转轴线,运行机床主轴所在的伺服直线轴,使主轴上的球头检棒的球头球心大致位于两面接触式千分表中轴线的交点处为位置,启动机床RTCP功能,运行机床的回转轴 90° 后,将两个面接触式千分表读数置零;

2) 运行机床回转轴 180° ,读取面接触式千分表二(2)的读数值一,该读数值一的一半即为回转轴的回转轴线在摆动轴所绕第一直线轴方向上的误差代数值一;关闭机床RTCP功能,将此误差代数值一按相关数控系统的误差补偿规则写入系统内的相关参数中;

3) 启动机床RTCP功能,运行回转轴至初始位置,运行摆动轴 90° ,分别读取两个面接触式千分表的读数值二与读数值三,根据以下公式获得摆动轴的回转轴线在回转轴所绕第二直线轴和第三直线轴方向上的误差代数值二 ε_z 与误差代数值三 ε_y : $I_1=\varepsilon_y-\varepsilon_z$, $I_2=-\varepsilon_y+\varepsilon_z$,其中, I_1 、 I_2 分别表示面接触式千分表一(1)的读数值二和面接触式千分表二(2)的读数值三;关闭机床RTCP功能,将 ε_z 、 ε_y 按相关数控系统的误差补偿规则写入系统内的相关参数中;

4) 启动机床RTCP功能,运行摆动轴至初始位置,运行回转轴 180° ,记录面接触式千分表(2)的读数值四,该读数值四的一半即为回转轴的回转轴线与摆动轴的回转轴线之间的正交距离误差代数值四;关闭机床RTCP功能,将误差代数值四按相关数控系统的误差补偿规

则写入系统内的相关参数中；

5) 上述四个步骤完成后,则机床的RTCP精度标定工作完成,然后在RTCP状态下综合运行机床五轴同时联动,检测机床的RTCP动态精度标定效果。

9. 如权利要求8所述的五轴联动机床RTCP精度标定方法,其特征在于:在步骤1)中,在机床的各种精度检测、补偿完成之后,运行机床使机床的各旋转轴置零位,将该装置放置于机床的工作台上,利用该装置外的千分表将该装置的两个测量端面打直,使两个测量端面与机床的X轴平行;将该装置固定在工作台上;运行机床的各伺服轴,使安装于机床的主轴上的球头检棒的球心大致位于两个面接触式千分表的中轴线的垂直交叉点即可。

10. 如权利要求8所述的五轴联动机床RTCP精度标定方法,其特征在于:每获得一个误差代数值,就先关闭机床的RTCP功能,将相应误差代数值写入数控系统的相关参数内;然后,在进行获得下一个误差代数值的步骤运行之前,再开启机床的RTCP功能。

五轴联动机床RTCP动态精度标定装置及其标定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种五轴联动机床RTCP (Rotation Tool Center Point, 五轴联动旋转刀尖点编程) 动态精度标定装置及其标定方法。

背景技术

[0002] 随着我国机床技术的发展,高精度、高效率的五轴机床越来越多地应用于航天、军工、汽车及一些民用企业等领域,国内也有不少机床制造商研发并生产了五轴机床。不管是在机床制造商调试五轴机床时,还是机床用户在对机床定期检测或维护时,五轴联动机床的RTCP精度是极为重要的一项精度指标,尤其是用户对机床的RTCP精度更是有专门、严格的定期精度检测规范,因为机床的RTCP精度直接影响到加工工件的加工精度。RTCP精度是衡量现代五轴联动机床动态精度的重要指标。所以如何提高RTCP的标定、检测精度和效率具有重大意义。

[0003] 对于五轴联动RTCP动态精度标定或检测,目前国内现行方法多是采用:在机床的不同方位多次架设百分表或千分表,并且需要在这些不同的方位中多次变换千分表的形态,然后使机床运行一定的程序动作,参考百分表或者千分表的读数差分析得出结果数值补入系统内。由于现行方法中所使用装置的制约,其标定或检测方法中存在不可避免的计算误差和测量几何误差,从而所得数据不能一次测量的十分准确,从而影响参数补偿的精确度和效率,而调试人员也不得不多次反复进行检测、补正,以对精度误差进行评估、校正。

[0004] 同时,发明人注意到:有个别著述提及专门的设计装置不用多次架设千分表,但却需要多次反复移动千分表的位置以使千分表对正球头检棒的球的极点位置,这样的装置同样没有摆脱现行方法中使用常规千分表的某些限制。

发明内容

[0005] 基于上述缺陷,本发明提供一种五轴联动机床RTCP动态精度标定装置及其标定方法,利用本发明进行五轴联动RTCP动态精度标定或检测,其过程非常简洁、方便,利用两个面接触式千分表在支架空间上的布局,巧妙地避免了复杂方程式的求解过程,避免了常规千分表的计算误差和测量几何误差;同时避免了现行标定方法下的复杂操作,从而大幅提高了标定效率,提高了标定精度。

[0006] 本发明的解决方案是:一种五轴联动机床RTCP动态精度标定装置,其包括支架(3)以及安装在支架(3)上的面接触式千分表一(1)与面接触式千分表二(2);两个面接触式千分表的中轴线相互垂直并在同一平面内,该装置满足以下公式: $d_1 = d_2 \leq r - 3\text{mm}$,其中, d_1 为面接触式千分表一(1)的测量端面到两个面接触式千分表的中轴线的垂直交叉点的距离, d_2 为面接触式千分表二(2)的测量端面到两个面接触式千分表的中轴线的垂直交叉点的距离, r 为标定所用的球头检棒的球头半径。

[0007] 作为上述方案的进一步改进,支架(3)具有用于安装面接触式千分表一(1)的安装位一(31)、用于安装面接触式千分表二(2)的安装位二(32);两个安装位相互垂直构成二维

空间。

[0008] 进一步地,支架(3)包括水平架(34)和垂直架(35),安装位一(31)设置在水平架(34)上,安装位二(32)设置在垂直架(35)上。

[0009] 优选地,水平架(34)设为底座,该底座用于将该装置固定于机床的工作台上。

[0010] 再优选地,该底座为带有按钮式磁力开关的磁力座。

[0011] 作为上述方案的进一步改进,支架(3)设置有把手。

[0012] 作为上述方案的进一步改进,支架(3)为一体式结构。

[0013] 本发明还提供上述任意五轴联动机床RTCP动态精度标定装置的五轴联动机床RTCP精度标定方法,五轴包括第一直线轴、第二直线轴、第三直线轴、回转轴、摆动轴,其中,三个直线轴相互垂直,回转轴与摆动轴为分别以三个直线轴的其中两个直线轴为中心旋转的旋转轴;该五轴联动机床RTCP精度标定方法包括以下步骤:

[0014] 1) 将该装置吸附于机床的工作台上的适当位置,且使面接触式千分表二(2)的中轴线垂直于机床的摆动轴的回转轴线,运行机床主轴所在的伺服直线轴,使主轴上的球头检棒的球头球心大致位于两面接触式千分表中轴线的交点处为位置,启动机床RTCP功能,运行机床的回转轴 90° 后,将两个面接触式千分表读数置零;

[0015] 2) 运行机床回转轴 180° ,读取面接触式千分表二(2)的读数值一,该读数值一的一半即为回转轴的回转轴线在摆动轴所绕第一直线轴方向上的误差代数值一;关闭机床RTCP功能,将此误差代数值一按相关数控系统的误差补偿规则写入系统内的相关参数中;

[0016] 3) 启动机床RTCP功能,运行回转轴至初始位置,运行摆动轴 90° ,分别读取两个面接触式千分表的读数值二与读数值三,根据以下公式获得摆动轴的回转轴线在回转轴所绕第二直线轴和第三直线轴方向上的误差代数值二 ε_z 与误差代数值三 ε_y : $I_1 = \varepsilon_y - \varepsilon_z$, $I_2 = -\varepsilon_y + \varepsilon_z$, 其中, I_1 、 I_2 分别表示面接触式千分表一(1)的读数值二和面接触式千分表二(2)的读数值三;关闭机床RTCP功能,将 ε_z 、 ε_y 按相关数控系统的误差补偿规则写入系统内的相关参数中;

[0017] 4) 启动机床RTCP功能,运行摆动轴至初始位置,运行回转轴 180° ,记录面接触式千分表(2)的读数值四,该读数值四的一半即为回转轴的回转轴线与摆动轴的回转轴线之间的正交距离误差代数值四;关闭机床RTCP功能,将误差代数值四按相关数控系统的误差补偿规则写入系统内的相关参数中;

[0018] 5) 上述四个步骤完成后,则机床的RTCP精度标定工作完成,然后在RTCP状态下综合运行机床五轴同时联动,检测机床的RTCP动态精度标定效果。

[0019] 作为上述方案的进一步改进,在步骤1)中,在机床的各种精度检测、补偿完成之后,运行机床使机床的各旋转轴置零位,将该装置放置于机床的工作台上,利用该装置外的千分表将该装置的两个测量端面打直,使两个测量端面与机床的X轴平行;将该装置固定在工作台上;运行机床的各伺服轴,使安装于机床的主轴上的球头检棒的球心大致位于两个面接触式千分表的中轴线的垂直交叉点即可。

[0020] 作为上述方案的进一步改进,每获得一个误差代数值,就先关闭机床的RTCP功能,将相应误差代数值补入数控系统的相关参数内;然后,在进行获得下一个误差代数值的步骤之前,再开启机床的RTCP功能。

[0021] 与现行或传统的标定装置和检测方法相比,本发明装置和方法具有如下优点:操

作方便简易,省时、省力;标定或检测精度高;标定或检测效率高。

[0022] 本装置的优点具体表现如下:

[0023] 一、使用方便,应用范围广:装置简捷、结构紧凑,体积小,不仅适合小型五轴加工中心,不会产生干涉、超程等,又适合大型龙门等五轴机床;不仅适合双摆头式,还适合双摆工作台式和摆头加转台式的各类型五轴联动机床。原理一样,方法类似。外形简洁,且便于人手的取放;

[0024] 二、精度高,表现在:1.不需求解复杂的方程式,也不存在现行检测方法中的误差项,从而也就不需要对标定、检测结果进行反复检测、修正;2、不存在因千分表表尖的球头半径而引起的误差;3、不存在因为手动放置千分表,而使得测量表杆与相关直线轴不平行引起的误差;4、标定或测量全程无需手动对装置的干预,避免了外界施力因素对标定精度的干扰所带来的精度误差;

[0025] 三、操作方便简易,标定效率高,表现在:1、不需要反复移动千分表,以利用其峰值来找正球头检棒的球极点;2、不需要反复架设千分表在机床工作台上的位置和变换千分表的状态;3、不需要反复调整并且是在每个不同的位置都要调整千分表方位,以使表杆尽可能地平行于机床某伺服轴,本装置只需一次放置并将其侧面与机床某一直线轴平行即可;4、计算简单,独有的面接触式千分表装置及其检测方法避免了复杂的方程式的求解或近似取舍;同时由于不存在计算误差项及几何误差项,从而本标定方法不需要反复检测、修正结果。

附图说明

[0026] 图1是本发明五轴联动机床RTCP动态精度标定装置的立体结构示意图。

[0027] 图2为图1的主视图。

[0028] 图3为图1的应用示意图。

[0029] 图4为图3的部分动态过程示意图。

[0030] 图5为现行标定方法下的一项误差来源示意图。

[0031] 图6为图5的局部放大示意图。

具体实施方式

[0032] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0033] 请一并参阅图1及图2,本发明较佳实施例提出的五轴联动机床RTCP动态精度标定装置包括支架3以及安装在支架3上的面接触式千分表一1与面接触式千分表二2。

[0034] 两个面接触式千分表的中轴线相互垂直并在同一平面内,该装置满足以下公式: $d_1 = d_2 \leq r - 3\text{mm}$,其中, d_1 为面接触式千分表一1的测量端面11到两个面接触式千分表的中轴线的垂直交叉点的距离, d_2 为面接触式千分表二2的测量端面21到两个面接触式千分表的中轴线的垂直交叉点的距离, r 为动态精度标定所用的球头检棒的球头半径(一般为15mm)。以半径为15mm的球头检棒为例,两个测量端面11、12到交叉点的距离要 $<15\text{mm}$,并且要留有一定的裕量,这样才能保证当球头检棒的球头球心大致位于交叉点上时(准确地去将

球头检棒球心置于交叉点上是比较麻烦的,但是本装置的面接触式能保证即使球心与交叉点有一定的位置误差,也不影响精度标定或检测),同时将两个面接触式千分表的测量杆(即测量端面,测量端面位于的测量杆是可以伸缩的,只有压进去,千分表才有读数)压入一部分,从而使两个面接触式千分表就有了读数,并留有一定的行程裕量。

[0035] 只要在满足以上条件下,支架3就可以随意拓展设置。在本实施例中,支架3包括水平架34和垂直架35。水平架34设为底座,该底座用于将该装置定位在机床的工作台上。为了方便实用该装置,底座为带有按钮式磁力开关4的磁力座。这样,使用该装置时,只需要把底座放置在工作台上,工作台上一般都是金属材质,因此,等定好预计方位后,只需通过按钮式磁力开关4即可方便启动磁力座的磁性,就可使支架3稳定地、牢固地吸附于工作台上。磁力开关4的按钮式设计可以避免在开启磁力座的磁性功能时,因抖动产生的底座的偏移,引起不必要的标定误差、测量误差。

[0036] 支架3可具有用于安装面接触式千分表一1的安装位一31、用于安装面接触式千分表二2的安装位二32;两个安装位相互垂直构成二维空间。安装位一31可设置在水平架34上,安装位二32设置在垂直架35上。也就是说支架3的底面(即水平架34)和侧面(即垂直架35)相互垂直,面接触式千分表一1的测量端面平行于支架3底面,面接触式千分表二2的测量端面平行于支架3侧面。水平架34与垂直架35的过渡处可设置为光滑的过渡面,在支架3上甚至可以设置把手,方便携带,当然了,也可以适当延伸垂直架35作为一体结构的把手,增强该装置的结构稳定性。在其它实施方式中,水平架34还可以是中空结构,直接嵌入磁力座实现支架3的磁性功能。磁力开关4也不局限于按钮式设计,可以是触摸式设计,或遥控式设计等等。

[0037] 总之,最重要的是两个面接触式千分表的安装位置和方向:支架的底面和侧面相互垂直,两个面接触式千分表的中轴线必须相互垂直并在同一平面内,并且其中一个面接触式千分表的轴线和另一个面接触式千分表的测量端面的距离在0到15mm之间。两个面接触式千分表的测量端面11、21分别与支架3的底面和侧面相互平行,从而保证它们的测量端面也相互垂直。

[0038] 一般,数控机床的五轴包括第一直线轴、第二直线轴、第三直线轴、回转轴、摆动轴。其中,三个直线轴相互垂直,回转轴与摆动轴为分别以三个直线轴的其中两个直线轴为中心旋转的旋转轴。在本实施例中,数控机床的X、Y、Z三轴是三个相互垂直的直线轴,A、B、C三轴分别是围绕X、Y、Z三轴的旋转轴,五轴联动中的五轴指X、Y、Z三个直线轴加上A、B、C三个旋转轴的其中任意两个旋转轴,其中一个为回转轴,另一个为摆动轴。

[0039] 本发明的五轴联动机床RTCP精度标定方法包括以下步骤。

[0040] 1) 将该装置吸附于机床的工作台上的适当位置,且使面接触式千分表二2的中轴线垂直于机床的摆动轴的回转轴线。运行机床主轴所在的伺服直线轴,使主轴上的球头检棒的球头球心大致位于两面接触式千分表中轴线的交点处位置。启动机床RTCP功能,运行机床的回转轴 90° 后,将两个面接触式千分表读数置零。

[0041] 2) 运行机床回转轴 180° ,读取面接触式千分表二2的读数值一,该读数值一的一半即为回转轴的回转轴线在摆动轴所绕第一直线轴(如X轴)方向上的误差代数值一。关闭机床RTCP功能,将此误差代数值一按相关数控系统的误差补偿规则写入系统内的相关参数中。

[0042] 3) 启动机床RTCP功能,运行回转轴至初始位置,将两面接触式千分表读数置零,运行摆动轴 90° ,分别读取两个面接触式千分表的读数值二与读数值三,根据以下公式获得摆动轴的回转轴线在回转轴所绕第二直线轴(如Z轴)和第三直线轴(即除回转轴和摆动轴所绕直线轴外的第三轴,如Y轴)方向上的误差代数值二 ε_Z 与误差代数值三 ε_Y : $I_1 = \varepsilon_Y - \varepsilon_Z$, $I_2 = -\varepsilon_Y + \varepsilon_Z$,其中, I_1 、 I_2 分别表示面接触式千分表一1的读数值二和面接触式千分表二2的读数值三。关闭机床RTCP功能,将 ε_Z 、 ε_Y 按相关数控系统的误差补偿规则写入系统内的相关参数中。

[0043] 4) 启动机床RTCP功能,运行摆动轴至初始位置,将两面接触式千分表读数置零,运行回转轴 180° ,记录面接触式千分表2的读数值四,该读数值四的一半即为回转轴的回转轴线与摆动轴的回转轴线之间的正交距离误差代数值四。关闭机床RTCP功能,将误差代数值四按相关数控系统的误差补偿规则写入系统内的相关参数中。

[0044] 5) 上述四个步骤完成后,则机床的RTCP精度标定工作完成。然后可在RTCP状态下综合运行机床五轴同时联动,检测机床的RTCP动态精度标定效果。

[0045] 这四个误差值是标定所用的基本数值和关键数值,数控系统的参数写入,那是数控系统本身所带的固有的东西,不同的数控系统写入方式有所不同即相关参数会有所调整。例如有的数控系统相关参数指:误差代数值一表征回转轴的回转轴线在X轴方向上的误差参数,误差代数值二与误差代数值三分别表征摆动轴的回转轴线在Y轴方向和Z轴方向上的误差参数,误差代数值四表征回转轴的回转轴线与摆动轴的回转轴线的正交距离误差参数。而有的数控系统还需要额外的一些简单设置,不同的数控系统有不同的要求。本发明的装置和方法,就是将这四个关键的、基本的误差值检测出来。本领域技术人员就结合实际应用的数控系统的补偿规则,将这四个误差值写入数控系统的相关参数内。

[0046] 接下来,以双摆工作台式的五轴机床为例举例说明,此处五轴联动中的五轴指X、Y、Z三个直线轴加上A、C两个旋转轴,具体地这里C是回转轴,A是摆动轴。当然五轴机床也有可能是B、C轴的,或A、B轴的等等,本装置同样适用。

[0047] 请结合图3及图4,本实施例的五轴联动机床RTCP动态精度标定装置在标定时,将装置吸附于机床的工作台5上。运行机床将球头检棒6位于两个面接触式千分表的测量端面11、21两Z轴设定器测量端(即两个面接触式千分表的测量端面11、21)之间,使球头检棒6的球心位置大致位于两个面接触式千分表1、2的轴心交点处即可;运行机床,使之执行相关动作,分别记录两面接触式千分表的读数,并根据分析公式进行运算后,所得结果即为机床五轴联动RTCP精度误差值,将其写入机床相关参数内,即完成了一台五轴联动机床RTCP动态精度的标定。

[0048] 启动数控机床RTCP功能,使机床运行本方法所设计的各种动作:1)使吸附于其上的本装置的面接触式千分表二2的中轴线垂直于摆动轴的轴线(即X轴)方向,运行回转轴 90° 后千分表读数置零,然后运行回转轴 180° ,读取面接触式千分表二2的读数;2)运行回转轴至初始位置,运行摆动轴 90° ,读取两个面接触式千分表的读数,参见图4;3)运行摆动轴至初始位置,运行回转轴 180° ,记录面接触式千分表的读数。利用本方法的方程式对上述读数进行处理,即得到此五轴联动机床RTCP动态精度误差值,将其值按数控系统的补偿规则写入相关参数内,则标定完成。而上述第2)步是标定、检测的难点,也是本标定方法优于现行方法的最明显体现处之一:

[0049] 分析常规标定方法和本标定方法在上述第2)步的区别:

[0050] 首先分析利用常规装置和方法所得读数与其所测机床RTCP精度误差值之间的关系为,见图5及图6所示:

[0051] $I_1 = -\varepsilon_Y - \varepsilon_Z - \left[R - \sqrt{R^2 - (\varepsilon_Y - \varepsilon_Z)^2} \right] - \Delta 1$ ①

[0052] $I_2 = -\varepsilon_Y + \varepsilon_Z - \left[R - \sqrt{R^2 - (\varepsilon_Y + \varepsilon_Z)^2} \right] + \Delta 2$ ②。

[0053] 而利用本发明装置和方法,采用面接触式千分表的方式使得千分表的接触面在测量方向上时刻与球的极点保持接触,从而避免了上述方程式中的 $-\left[R - \sqrt{R^2 - (\varepsilon_Y - \varepsilon_Z)^2} \right]$ 项和 $-\left[R - \sqrt{R^2 - (\varepsilon_Y + \varepsilon_Z)^2} \right]$ 项(即图6中的e),并且消除了由于常规千分表的测量接触端是球头形状而非理想尖点而产生的误差 Δ 1和 Δ 2项。从而分析所得千分表读数与所测机床RTCP精度误差值之间的关系式为:

[0054] $I_1 = -\varepsilon_Y - \varepsilon_Z$ ③

[0055] $I_2 = -\varepsilon_Y + \varepsilon_Z$ ④

[0056] 上述四式中, I₁、I₂分别表示面接触式千分表的读数; ε_Y和ε_Z分别表示在所检测标定的RTCP精度中机床摆动轴轴心距在其Y向和Z向的误差; R表示球头检棒半径的大小(一般为15mm); Δ 1和 Δ 2分别表示由于常规千分表的测量接触端实际上是一球形而非理想尖点造成的几何误差,当然这个数一般是比较小的。由1式和2式可见:即使不考虑交较小的误差的 Δ 1和 Δ 2,其方程也是比较复杂的,要解其值是耗时、费力的。

[0057] 而3式和4式是利用本发明装置和方法所得的面接触式千分表读数和RTCP精度误差之间的关系式。可以看出,应用本装置和方法避免了现行方法下的误差项,从而大大简化了千分表读数和机床RTCP精度误差之间的关系。提高了标定精度和效率。

[0058] 五轴联动机床RTCP动态精度标定,也是其动态RTCP动态精度的检测过程。所以本标定装置和标定方法以同样的优越性应用于RTCP动态精度的检测。

[0059] 综上所述,在本实施例中,该装置的五轴联动机床RTCP精度标定方法包括以下步骤。

[0060] 第一步:在机床的各种常规精度检测、补偿完成之后,运行机床使机床的各旋转轴回零位,将该装置放置于机床的工作台上,利用常规千分表通过支架侧平面将该装置找正,使其两个测量端面与机床的X轴平行,将该装置吸附固定在工作台上,运行机床Z轴,使安装于机床的主轴上的球头检棒的球心大致位于两个面接触式千分表的中轴线的垂直交叉点即可。

[0061] 第二步:启动机床RTCP功能,运行机床的C轴90°,将两个面接触式千分表读数置零,此时面接触式千分表二2的轴线平行于X轴,其测量端面垂直于X轴,运行C轴180度,读取面接触式千分表二2的值为读数一,该读数一的一半即为机床的工作台亦即C轴的回转轴在X轴方向上的RTCP精度误差代数值一,关闭机床的RTCP功能,将该误差代数值一按机床的控制系统的补偿规则写入控制系统的相关参数内。

[0062] 第三步:启动机床RTCP功能,运行C轴90度,此时面接触式千分表二2的中轴线平行于Y轴,而其测量端面垂直于Y轴。将两个面接触式千分表的读数都置零,运行机床A轴旋转

90°,同时记录两个面接触式千分表的读数值二与读数值三,根据以下方式获得机床的A轴回转轴线在Y轴方向和Z轴方向上的误差代数值二 ε_Y 与误差代数值三 ε_Z , $I_1 = \varepsilon_Y - \varepsilon_Z$, $I_2 = -\varepsilon_Y + \varepsilon_Z$,其中, I_1 、 I_2 分别表示面接触式千分表一1的读数值二和面接触式千分表二2的读数值三。关闭机床的RTCP功能,将误差代数值二与误差代数值三按机床的控制系统的补偿规则写入控制系统的相关参数内。

[0063] 第四步:启动机床RTCP功能,运行机床的A轴返回零位,将面接触式千分表2的读数值置零,运行C轴旋转180°,读取面接触式千分表二2的值为读数值四,该读数值四的一半即为机床的工作台即C轴回转轴线与A轴回转轴线的正交距离误差代数值四,关闭RTCP功能,将该误差代数值四按数控系统的补偿规则写入控制系统的相关参数内。

[0064] 第五步:执行上述四步后,机床的RTCP精度标定完成,最后再次启动机床RTCP,综合运行机床的五轴同时联动,利用该装置检测机床RTCP动态精度的标定效果。

[0065] 如图3所示,首先将机床各伺服轴回零或置于适当位置。将本装置放置于机床的工作台的适当位置,利用常规千分表按其侧面找正,使装置侧面平行于机床的某一直线轴,亦即使测量端面2平行于机床某一直线轴。按下装置上的磁力开关4,则装置被牢固、稳定地吸附于机床工作台上。在这之后的整个RTCP精度标定或检测期间,无需再手动移动或调整本装置。

[0066] 可手动运行机床,将安装于机床主轴上的球头检棒6的球心大致运行至两个面接触式千分表的中轴线的交点处。此时两个面接触式千分表分别被压下3~5mm左右,这保证了所测量误差在正、负两个方向均有3~5mm的范围裕量(这对五轴RTCP精度误差来说足够,当然本发明装置的测量范围不局限于3~5mm)。

[0067] 由于装置采用了面接触式千分表,并设计成如图1、2所示的在支架3上的布局。装置本身底部面(即水平架34)与面接触式千分表一1的测量表面(即测量端面11)平行,即与面接触式千分表二2的测量表面(即测量端面21)垂直,且装置底面和侧面(即垂直架35)相互垂直,故两个面接触式千分表的测量端面11、21相互垂直,两个面接触式千分表的中轴线也分别与各自相关机床直线轴平行。当然了,本装置的支架3是底面(即水平架34)和侧面(即垂直架35)垂直,但是不局限于此,只要满足:使侧面的面接触式千分表的接触面平行于机床某一直线轴(如X轴)(也即其中轴线垂直于对应另一直线轴,如Y轴)。

[0068] 所以本装置的这种结构和布局,带来了以下优点:

[0069] 首先,装置本身的结构就决定了两个面接触式千分表的中轴线均与其相关机床伺服轴轴线平行。这就避免了现行检测装置和方法下人为操纵千分表表杆与相关机床伺服轴轴线不平行而带来的误差,同时降低了对操作人员技术水平要求;

[0070] 其次,采用的面接触式千分表及其布局,使得此时球头检棒6的球部与装置的两个测量端面11、21的接触点的自然就是球头检棒6球部的两个极点,这就避免了现行方法下的往复移动千分表以找正球的极点位置的繁琐动作,同时避免了装置受外界力影响而产生的误差;

[0071] 再次,本装置同时采用了两个面接触式千分表在支架3上的这种布局结构,避免了在球头检棒6的不同方位多次架设千分表的繁琐操作。

[0072] 以上步骤可以看出,利用本标定装置及其标定方法,无需像现行方式下的多次移动千分表的位置,无需多次变换百分表或千分表的方位,也无需反复移动千分表从而通过

千分表的读数峰值来确定球头检棒的球的极点位置,无需求解复杂的方程式或进行多次反复检测以修正检测结果。

[0073] 本装置和方法在整个标定和检测全程只需进行初次安放找正即可,其后过程再无需人工对装置进行干预操作,并且计算极为简单,标定精度高。现行标定检测方式下,完成整个标定或检测过程,一般地需要一个小时左右,甚至数个小时。而应用本装置和检测方法10分钟内即可完成,大大提高了标定效率。

[0074] 以上所述仅为本发明创造的较佳实施例而已,并不用以限制本发明创造,凡在本发明创造的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明创造的保护范围之内。

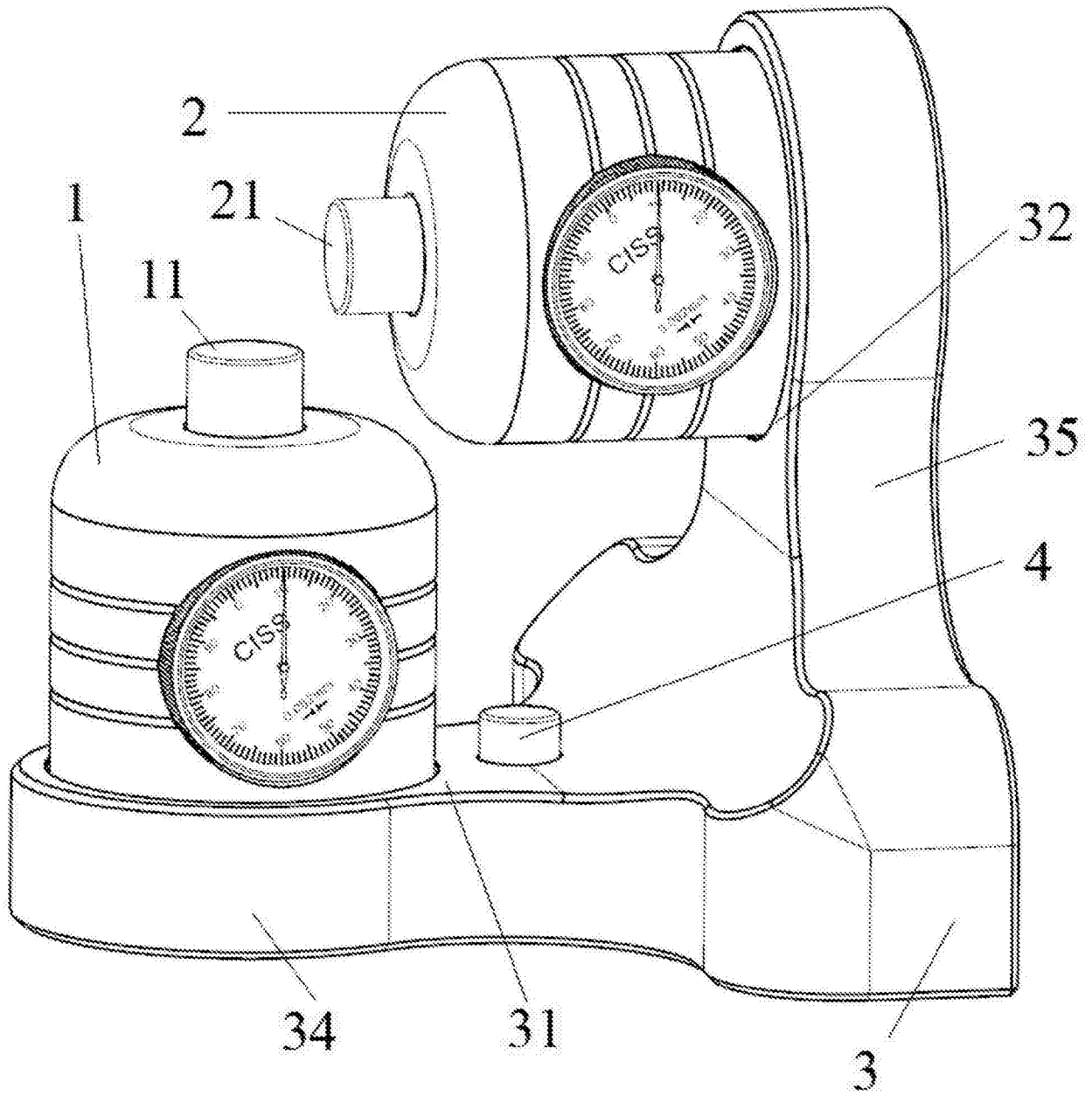


图1

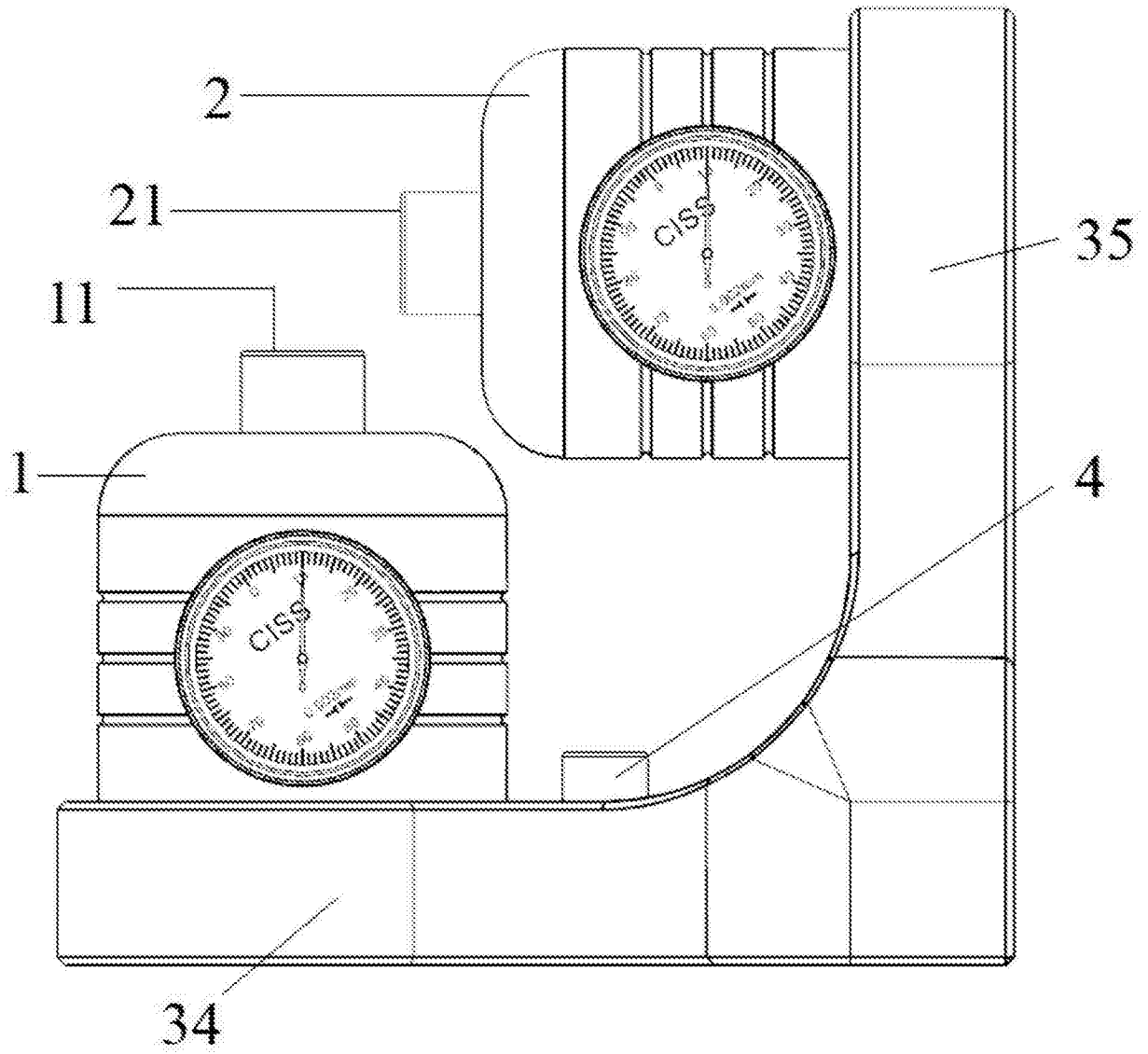


图2

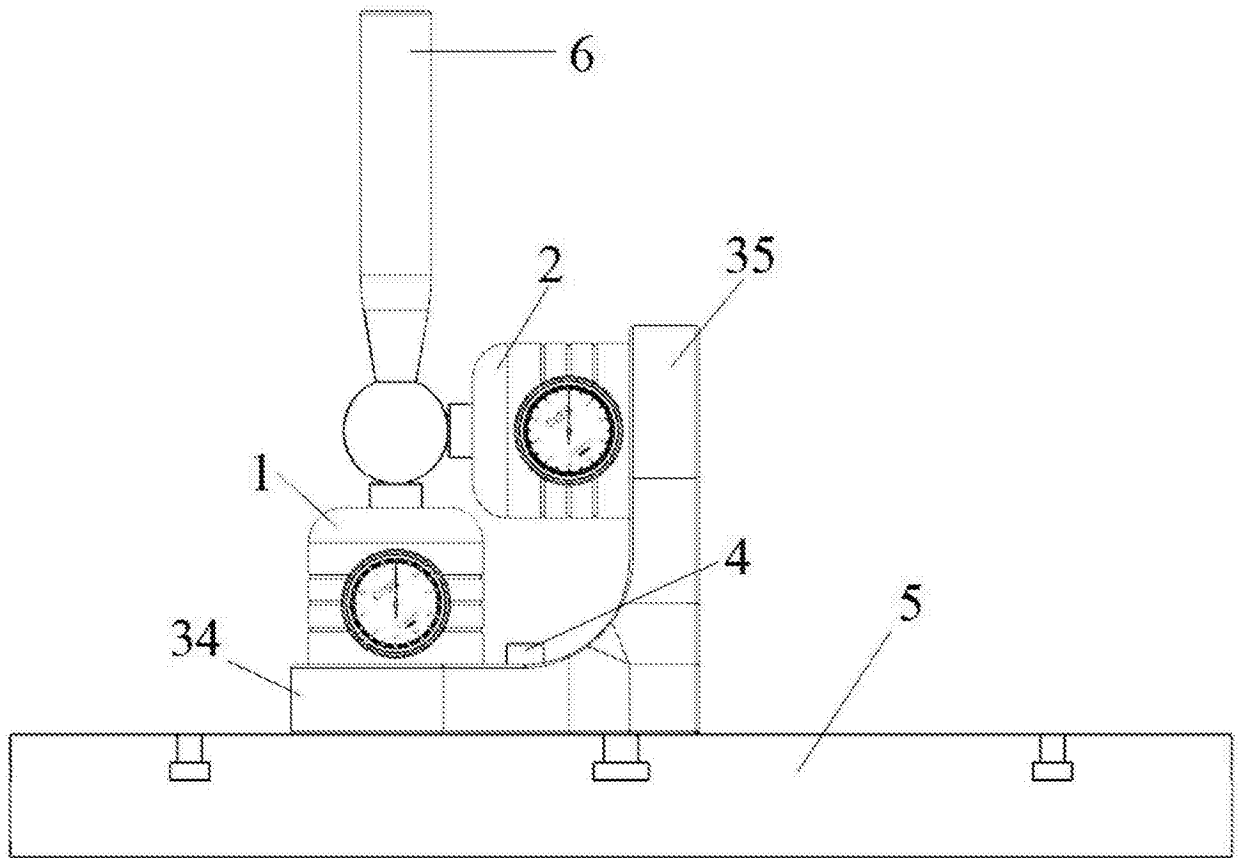


图3

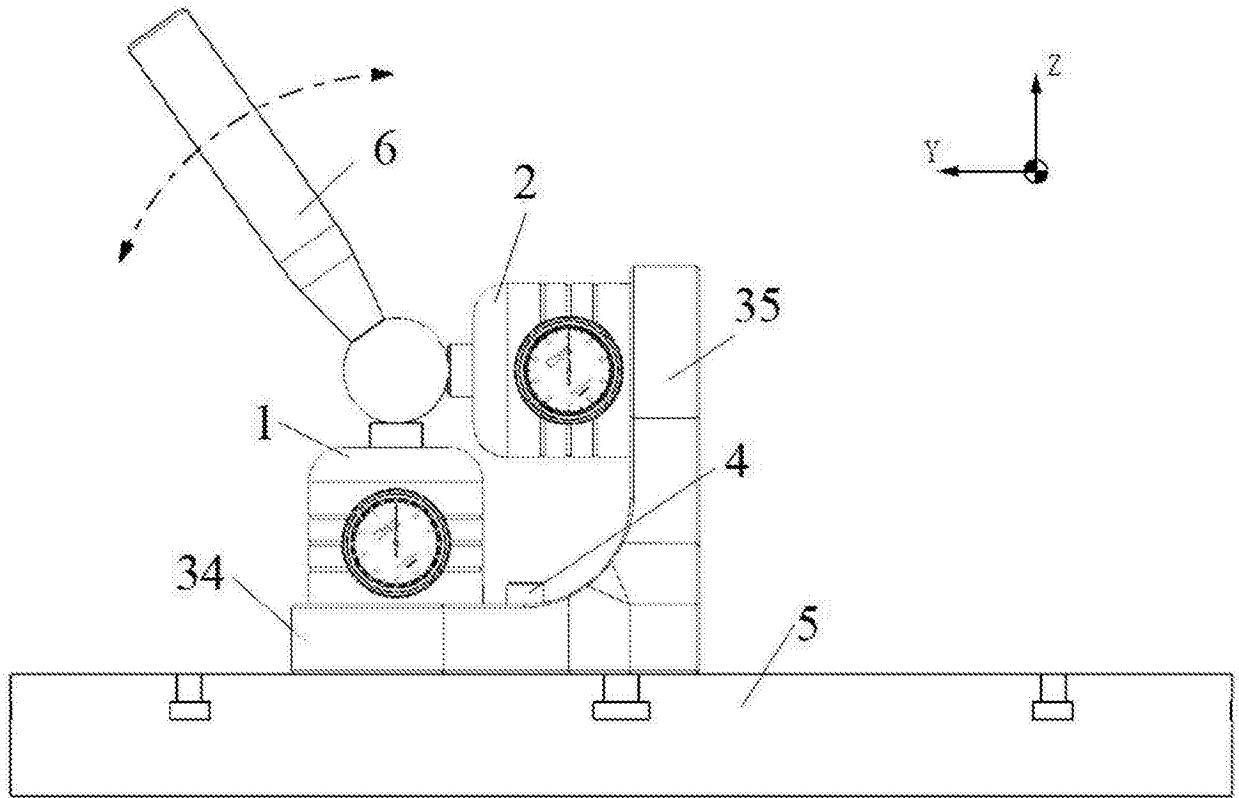


图4

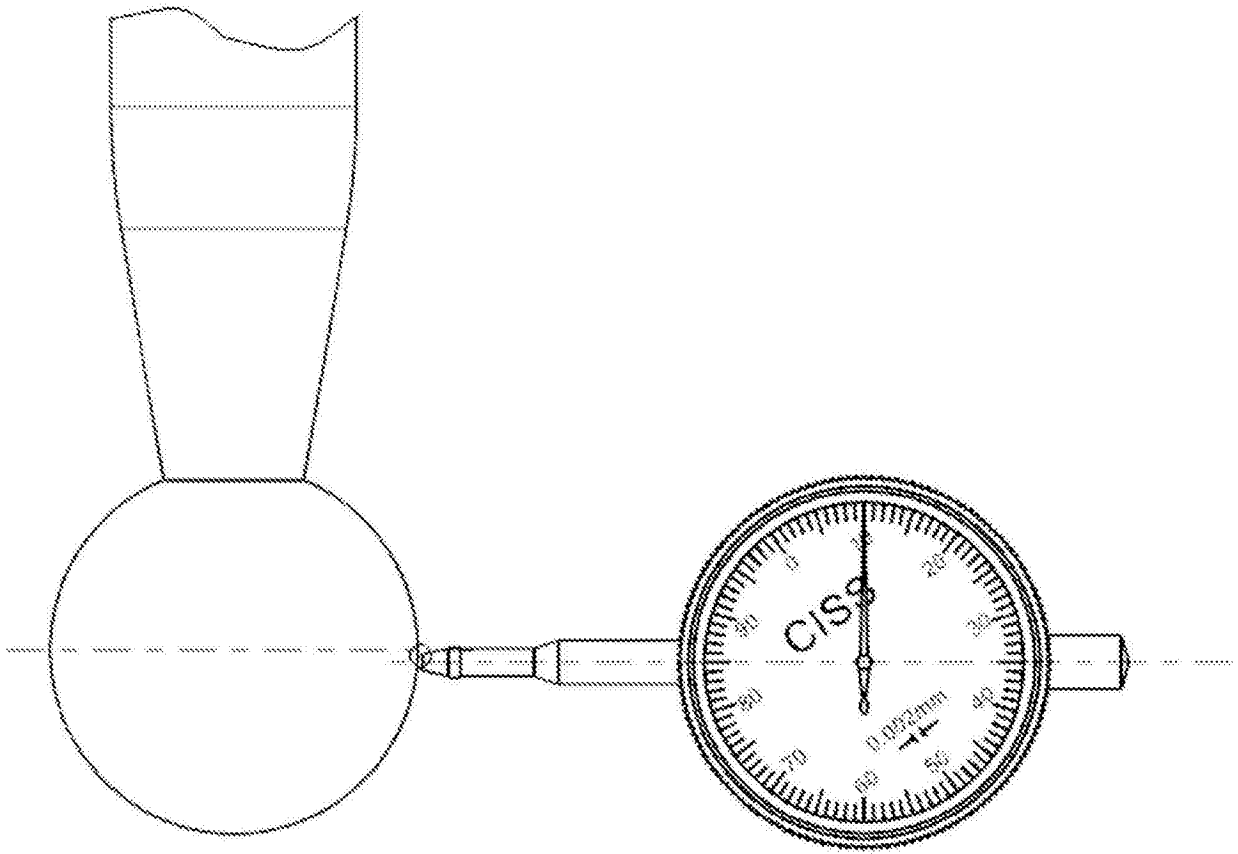


图5

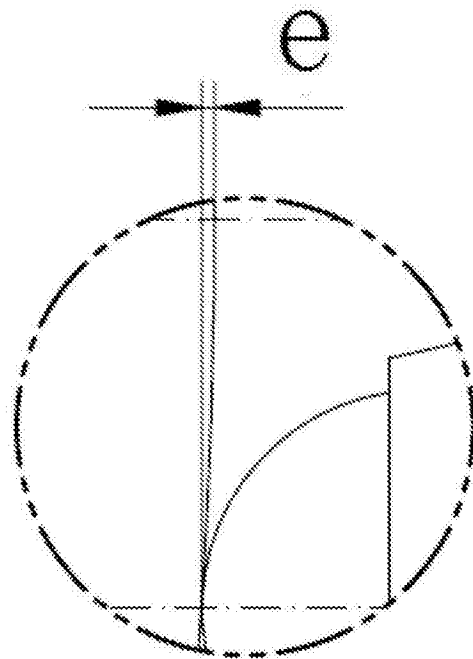


图6